młody TECHNIK
Istnieje od 1932 roku

CHERCHEZ LA FEMME: Lise Meitner
Kobieta, która rozszczepiła atom – i której odebrano Nobla

październik • 10/2026
www.mlodytechnik.pl

Tu przejrzysz i kupisz ten numer

NEWS 24/7
przeglądaj codziennie na swoim smartfonie

młody m.technik

Ciekawi świata są zawsze młodzi

CO Z TĄ ENERGIĄ?

ISSN 0462–9760 Indeks 365408
10 >
9 770462 976267
cena: 19,90 zł (w tym 8% VAT)

Science fiction w „Młodym Techniku”
Łukasz Marek Fiema: Przedświt

pakiet promocyjny **KOCHAM SZACHY**
7 e-booków z rabatem **50%**

pakiet promocyjny **NA WARSZTACIE**
9 e-booków z rabatem **50%**

Dla prenumeratorów – 30% rabatu!
Promocja Internetowa – w formularzu zamówienia online zaznacz pole
„Jestem prenumeratorem wydawnictwa AVT, kupuję ze zniżką”
i podaj swój numer prenumeraty.

www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl fad3467c92

Zostawmy Matce Ziemi nasz skarb narodowy

Gdy chodziłem do szkoły, węgiel był powodem do dumy. Uczono nas, że Polska należy do światowej czołówki wydobycia węgla kamiennego, a „czarne złoto" to nasz skarb narodowy: prąd, ciepło, miejsca pracy i dewizy z eksportu. Rekord padł w 1979 r. – 201 mln ton z polskich kopalń. W 2025 r. wydobyliśmy 42,8 mln ton, czyli jedną piątą tamtego wyniku.

Duma z węgla była jeszcze niedawno oficjalnym stanowiskiem państwa. Na szczycie klimatycznym COP24 w Katowicach, 3 grudnia 2018 r., prezydent Andrzej Duda mówił: „Węgiel jest naszym strategicznym surowcem i trudno, żebyśmy całkowicie zrezygnowali z surowca, dzięki któremu mamy zapewnioną suwerenność energetyczną". Dodawał, że zapasów starczy nam na 200 lat, a rezygnacja z węgla byłaby sprzeczna z polską racją stanu.

W ciągu ćwierć wieku, głównie w ostatniej dekadzie, zamieniliśmy nasz skarb narodowy na kosmopolityczny wiatr i niczyje słońce. Tempo tej zamiany wciąż mnie zaskakuje. W 1990 r. elektrownie węglowe dawały 96% polskiego prądu, w 2025 r. – 52,7%. Czerwiec 2025 r. był pierwszym miesiącem w historii, w którym odnawialne źródła wyprodukowały w Polsce więcej energii elektrycznej niż węgiel: 45,6% wobec 42,3%. W lipcu 2026 r. fotowoltaika miała w krajowym systemie 26,8 GW mocy zainstalowanej – więcej niż jakikolwiek inny rodzaj elektrowni; elektrownie na węgiel kamienny miały wtedy 22,9 GW, a na brunatny 8,4 GW. Ponad połowa tej mocy w panelach to mikroinstalacje na dachach naszych domów: ponad 1,6 mln sztuk. Żaden rząd tego nie zbudował, to dzieło gospodarności obywateli naszego kraju. Jest powód do dumy!

Z tą kosmopolitycznością warto się zresztą spierać. Suwerenność energetyczna była głównym argumentem za węglem, a wyszło z tym różnie: węgiel dokupujemy za granicą od 2010 r., ropę sprowadzamy niemal w całości, a rok 2026 pokazał, ile taka zależność kosztuje – wystarczyła jedna wojna i jedna cieśnina, żeby olej napędowy na polskich stacjach podrożał do rekordowych 8,75 zł za litr. Wiatru nad Polską i Bałtykiem oraz słońca nad własnym dachem nikt nam nie zablokuje i nikomu za nie nie płacimy. To akurat brzmi jak racja stanu.

Idzie nam tak dobrze, że mamy już kłopot z nadmiarem. 20 maja 2026 r. o 11.45 polskie panele dały 14 565 MW przy krajowym zapotrzebowaniu 19 609 MW – pokrywały 74% zużycia całego kraju. Eksport szedł wtedy na maksimum połączeń z sąsiadami, czyli 3,4 GW, i więcej wywieźć się nie dało. 1 maja 2026 r. cena energii na giełdzie spadła do wartości ujemnej –1,43 zł za kilowatogodzinę: wytwórcy dopłacali, żeby ktoś odebrał od nich prąd. Od początku roku 2026 do 26 lipca operator systemu przesyłowego kazał odstawić 1382 GWh energii z odnawialnych źródeł – więcej niż przez cały poprzedni rok. Prawie zawsze nie dlatego, że linie były przeciążone, lecz dlatego, że systemowi brakowało elastyczności: magazynów energii, odbiorców gotowych zużyć prąd wtedy, gdy jest go dużo, i sieci, która przeniesie go tam, gdzie jest potrzebny.

O tym właśnie jest temat tego numeru. Nie o tym, że energetyka się zmienia – to już wiemy – tylko o tym, czym ją zastąpimy, ile to kosztuje i co z tego wyjdzie w 2050 r.

Węgiel zostanie pod ziemią. Nie skończył się, tylko przestał nam być potrzebny szybciej, niż ktokolwiek w mojej szkole przypuszczał. To dobrze i niech tak będzie. Zostawmy Matce Ziemi ten skarb – skarby się przechowuje, nie spala.

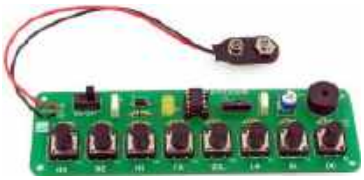
Wiesław Marciniak

eprasa.pl fad3467d02

Prenumerata
Z RABATEM 15% tylko na
UlubionyKiosk.pl

AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03–197 Warszawa
prenumerata@avt.pl | 22 257 84 22 (godz. 10.00–14.00)
rachunek bankowy: ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013
eprasa.pl fad3467d02

Spis treści



Temat numeru: Co z tą energią?

Co z tą energią? 26
Elementarz. Wat, watogodzina i 50 Hz 28
Sztuczna inteligencja i energia. Chmura, która pobiera gigawaty 32
Ropa, gaz i klimat. Jedna cieśnina, dwadzieścia milionów baryłek 39
Neutralność klimatyczna. Zero netto – czyli ile? 45
Technologie jutra. Co nas uratuje – a co tylko obiecuje 49
Polska. Od węgla do... czego właściwie? 58
Rok 2050 i Ty 66

B&R – badania i rozwój

Info Zoom 8
Dodaj do obserwowanych 12
Horyzonty mgłą spowite:
Sto tysięcy robotów, których nikt nie widział 13
Cherchez la femme: Lise Meitner – Kobieta, która rozszczepiła atom 22
Koniec i co dalej: Koniec wyszukiwarki 69
Nasi idole – liderzy innowacji: Shigeru Miyamoto
Człowiek, który dał światu Mario 75

m.technik

Cyfrowy front: Serwerownia stanie obok elektrowni 79
Mobilne aplikacje. Test aplikacji 82

Fantastyka naukowa w „Młodym Techniku”

Przedświt 84
Limes Inferior na czele złotej dziesiątki polskiej fantastyki naukowej 86
Sięgając ku Nieznanemu. Człowiek i ocean Solaris 87

Szkoła

Chemia inna niż w szkole: Chemiczna Nagroda Nobla, część 1 90
MT studiuje: Mechanika i budowa maszyn 94
Jak to odkryli? Tunelowanie kwantowe i pamięć nieulotna 96
Matematyka z ludzką twarzą:
Sensacja – AI wysyła matematyków na emeryturę 101
Fizyka bez granic: Czy gęstość ciał ma znaczenie? 106
Klub i Szkoła Wynalazców 109
Pomysły genialne, zwariowane i takie sobie 115
Na warsztacie: Minipianino 116
Odkryj historię wynalazków: Walka z zarazkami 130

Od wydawcy 3
Prenumerata 4
Poczta 6
Sędziwy Technik – 100 lat temu prasa pisała 89

Miesięcznik „Młody Technik” (11 numerów w roku) wydawany przez Wydawnictwo AVT

Adres wydawnictwa:
03–197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11,
tel. 22 257 84 99, faks: 22 257 84 00,
http://www.avt.pl, avt@avt.pl

Redaktor Naczelny:
Wiesław Marciniak
wieslaw.marciniak@avt.pl

Sekretarz redakcji:
Dariusz Welik
dariusz.welik@avt.pl

Kontakt z redakcją:
mt@mt.com.pl
http://www.mlodytechnik.pl
http://facebook.com/magazynMlodyTechnik

Dział Reklamy:
reklama@mt.com.pl

DTP: MAD Sp. z o.o.

Prenumerata:
www.ulubionykiosk.pl
tel. 22 257 84 22 (godz. 10.00–14.00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treści reklam i ogłoszeń zamieszczonych w numerze.

Copyright © Wydawnictwo AVT-Korporacja sp. z o.o.

eprasa.pl fad3467d02

Coś Cię poruszyło? Chcesz podzielić się z Redakcją i Czytelnikami MT swoją opinią, wiedzą, komentarzem? Wyślij e-mail na adres: **redakcja@mt.com.pl** lub list na adres: **ul. Leszczynowa 11, 03–197 Warszawa**.

Peryskop

Mam dwanaście lat i zrobiłem peryskop z ostatniego numeru, a potem drugi, dłuższy, z trzema lustrami, żeby zaglądać za róg i jeszcze do góry. Działa, ale obraz jest wyraźnie ciemniejszy i jakby mniej ostry niż w tym pierwszym. Tata mówi, że tak musi być. Dlaczego musi? To wina luster czy tego, że rura jest dłuższa?

Patryk Kopczyński

Red. Ciemniej jest przez lustra, nie przez długość rury. Zwykłe lustro odbija osiemdziesiąt kilka do dziewięćdziesięciu procent padającego światła, reszta ginie w warstwie metalu i w szkle. Po dwóch odbiciach zostaje jeszcze około trzech czwartych jasności, po trzech – mniej więcej dwie trzecie. Za nieostrość odpowiada druga cecha domowych luster: warstwa odbijająca leży pod szkłem, więc od przedniej powierzchni szkła odbija się dodatkowy, słabszy obraz, przesunięty względem głównego. Przy jednym lustrze tego nie widać, przy trzech już tak. Jeżeli chcesz zbudować peryskop lepszy, poszukaj luster powierzchniowych, czyli takich z warstwą odbijającą na wierzchu, albo pryzmatów – w peryskopach okrętowych używa się właśnie pryzmatów.

ZPT wróciło do szkół

Szanowna Redakcjo,
piszę tylko po to, żeby się podzielić. Od tego września uczę zajęć praktyczno-technicznych w klasach czwartych, po dwudziestu latach nieobecności tego przedmiotu w szkole. Wyposażenie mam skromne: wiertarka starsza ode mnie, dwa młotki i szafka resztek po dawnym gabinecie.

Wasze peryskopy poszły u mnie na pierwszą lekcję, bo mieszczą się w czterdziestu pięciu minutach i mają w środku prawdziwą fizykę. Wyszło ciekawiej, niż planowałem. Połowa klasy zrobiła model zgodnie z rysunkiem, a reszta natychmiast zaczęła kombinować po swojemu; jeden chłopiec ustawił lustra równolegle, ale zwrócone w tę samą stronę, i dopiero po dzwonku doszedł sam, dlaczego nic nie widać.

O powrocie tego przedmiotu mówiło się głównie w kategoriach podstawy programowej. Moim zdaniem rzecz rozstrzyga się gdzie indziej: w tym, czy nauczyciel ma co dzieciom dać do ręki w ciągu jednej lekcji. Wasza rubryka akurat to daje.

Z.P.

Nasłuch i interpretacja sygnałów radiowych

Szanowna redakcjo,
chciałem na Waszych łamach poruszyć temat nasłuchu i interpretacji sygnałów radiowych w zakresie fal długich o częstotliwościach 3 do 300 kHz pochodzących z kosmosu. Zakres oczywiście może być szerszy. Na ziemi nie możemy odbierać tych sygnałów ze względu na tłumienie przez atmosferę. Na satelitach też nie ze względu na zakłócenia z górnych warstw atmosfery. Alternatywą jest stacja nasłuchowa na księżycu. Odbiór i interpretacja tych sygnałów może być źródłem nowych obserwacji, odkryć a może nawet obserwacji sygnałów lub kontaktów obcych cywilizacji. Fale z tego zakresu powinny być mniej tłumione przez kosmiczne obłoki gazów i pyłów. Proponuję aby na Waszych łamach na ten temat wypowiedzieli się radioastronomowie, inni specjaliści i czytelnicy. Chyba ciekawy temat do dyskusji. Pytanie: jak zainteresować tym tematem NASA i Polską Agencję Kosmiczną?

Pozdrawiam

Wojciech Starzec

Wodór przegrał, ale nie wszędzie

Artykuł o wodorze przeczytałem z przyjemnością, ale mam wrażenie, że tytuł robi mu krzywdę. Z liczb, które podajecie, nie wynika klęska, tylko coś ciekawszego: wodór przegrał tam, gdzie miał tanią konkurencję, czyli w samochodzie osobowym i w ogrzewaniu domu, bo w obu tych zastosowaniach prościej jest użyć prądu wprost. Nie przegrał natomiast tam, gdzie konkurencji nie ma – w produkcji nawozów, w rafineriach i w hutnictwie, bo do redukcji rudy żelaza prądu z gniazdka wlać się nie da. Odnoszę wrażenie, że w publicystyce wodór to wciąż głównie samochód, a przemysłu, który zużywa go od dziesięcioleci, jakby nie było.

K.M.

Red. Zgadzamy się, a liczby z artykułu mówią dokładnie to, co Pan pisze: światowe zużycie wodoru przekroczyło w 2025 roku sto milionów ton, z czego 99 procent powstaje z paliw kopalnych, a sama produkcja tego wodoru wyemitowała około miliarda ton dwutlenku węgla. Wodoru niskoemisyjnego jest niecały milion ton. Ten drugi wodór – w rafineriach, w amoniaku na nawozy, w metanolu – nie jest więc niszą, tylko całym rynkiem; to rozmowa o autobusach dotyczyła marginesu. Tytuł odnosił się do obietnicy, nie do cząsteczki. Do wodoru przemysłowego wrócimy osobno.

Kłopoty z kryptografią

Szanowni Państwo,
po lekturze tematu numeru o Q-Day zrobiłem u siebie w pracy dokładnie to, o czym piszecie: spis. Firma niewielka, dwadzieścia kilka komputerów, jeden serwer, kilkanaście sterowników na hali i bramka do pracy zdalnej. Zajęło mi to trzy popołudnia.

Certyfikaty na serwerze i w bramce znalazłem bez trudu, bo są opisane i odnawiane co rok. Kłopot zaczął się na hali. W czterech sterownikach klucze są wgrane fabrycznie i nie ma do nich dostępu z zewnątrz; dwóch producentów już nie istnieje, a trzeci odpisał

eprasa.pl fad3467d02

mi, że urządzenie jest poza wsparciem od 2021 roku. Te maszyny są sprawne i mają pracować jeszcze co najmniej dziesięć lat, bo nikt ich nie wymieni bez powodu.

Nie mam z tego mądrego wniosku poza jednym: najtrudniejsza nie jest wymiana szyfrów, tylko ustalenie, gdzie one w ogóle siedzą. U mnie trzy popołudnia przy dwudziestu komputerach. Wolę nie myśleć, ile to trwa w szpitalu albo w urzędzie gminy.

Zenon

A jak samolot leci na plecach?

Szanowna Redakcjo,
w artykule o sile nośnej napisano, że bierze się ona z niesymetrycznego profilu skrzydła. Buduję modele od czterdziestu lat i mam z tym kłopot, bo moje modele akrobacyjne mają profil symetryczny, a latają tak samo dobrze grzbietem do góry, jak i do dołu. Samolot pokazowy leci na plecach przez pół programu i nie spada. Zwykły latawiec ma skrzydło płaskie jak deska i też się trzyma nieba.

Piszę o tym nie po to, żeby się czepiać, tylko dlatego, że to jest pierwsza rzecz, o którą pyta każdy, komu tłumaczy się lot – a odpowiedź „bo profil jest niesymetryczny" tego pytania nie zamyka.

Zbigniew Żandarowski

Red. Ma Pan rację i dziękujemy za tę uwagę. O sile nośnej rozstrzyga kąt natarcia, czyli ustawienie skrzydła względem napływającego powietrza: skrzydło odchyla strugi w dół, a powietrze odpowiada siłą skierowaną w górę. Profil niesymetryczny daje tylko tyle, że skrzydło wytwarza siłę nośną już przy zerowym kącie natarcia i robi to sprawniej w jedną stronę. Skrzydło symetryczne przy zerowym kącie nie daje nic, za to zachowuje się jednakowo w locie normalnym i na plecach – dlatego wybiera się je do akrobacji. Płaska deska również uniesie model, tylko przy większym oporze i wpadając w przeciągnięcie przy mniejszym kącie.

Cherchez la Femme

Dzień dobry,
tekst o Stephanie Kwolek przeczytałam dwa razy i zostało mi z niego co innego, niż się chyba spodziewaliście. Nie kevlar, tylko ten moment, w którym roztwór wyglądał na zepsuty.

Sama uczę się chemii i wiem, jak to jest. Kiedy w kolbie wychodzi coś mętnego zamiast klarownego, pierwszy odruch jest zawsze ten sam: wylać i powtórzyć, bo pewnie się pomyliłam. Cała różnica polegała na tym, że ona tego nie wylała, a potem jeszcze musiała kogoś namówić, żeby mimo wszystko przepuścił ten roztwór przez przędzarkę. To drugie wydaje mi się nawet trudniejsze od pierwszego.

Zapamiętam to dłużej niż budowę włókna.

Iza P.

Co ja zrobię bez szufladki

Witam,
przeczytałem tekst o końcu karty SIM i mam mieszane uczucia. Jeżdżę służbowo po Europie i nie tylko, i od lat robię to samo: po wylądowaniu kupuję lokalną kartę za kilka euro, wkładam ją do drugiej szufladki i mam internet bez rachunku za roaming.

Tekst ciekawy, ale przy trzech sprawach zrobiło się ogólnie nie całkiem jasno. Czy profil eSIM da się przenieść do innego telefonu, kiedy ten pierwszy się zepsuje albo zginie? Czy operator może takiego przeniesienia odmówić? I czy naprawdę da się trzymać w jednym telefonie pięć profili z pięciu krajów?

Piotr Makuliński

Red. Po kolei. Profil da się przenieść: iPhone i nowsze telefony z Androidem mają funkcję przeniesienia eSIM na nowy aparat, ale działa ona tylko wtedy, gdy obsługuje ją operator. Kod QR jest zwykle jednorazowy, więc po zgubieniu albo awarii telefonu profil musi wystawić operator na nowo – i to od niego zależy, czy zrobi to zdalnie w kilka minut, czy odeśle Pana do salonu; część operatorów pobiera za to opłatę. Pięć profili zmieści się bez kłopotu: nowsze iPhone'y przechowują osiem i więcej, telefony z Androidem zwykle pięć do siedmiu. Aktywne naraz mogą być najczęściej dwa, więc przekładanie zostaje – tylko odbywa się w menu zamiast w szufladce.

Liczyliśmy na Odrze

Szanowna Redakcjo,
artykuł o Seymourze Crayu przeczytałem z sentymentem i z pewnym zażenowaniem. Sentyment jest oczywisty: to była epoka, w której komputer miał nazwisko konstruktora, a nie numer wersji. Zażenowanie bierze się stąd, że kiedy Cray budował maszyny, o których piszecie, ja liczyłem na Odrze 1305 w ośrodku obliczeniowym pewnej huty i byłem przekonany, że jestem blisko światowej czołówki.

Uderzyło mnie w tym tekście co innego, niż zapewne miało uderzyć. Cray zasłynął z dwóch rzeczy: z upakowania układów jak najbliżej siebie, bo najkrótsze połączenie jest najszybsze, i z chłodzenia, bo bez niego takie upakowanie zabija maszynę. Brzmi to staroświecko, a przecież dzisiejsze centra danych rozbijają się dokładnie o te same dwie sprawy. Zmieniła się skala, nie problem.

Z tą różnicą, że my walczyliśmy o mikrosekundy w maszynie stojącej w jednej sali, a dziś walczy się o kilowaty w halach wielkości hangaru. Pół wieku pracy nad tym, żeby liczyć szybciej, doprowadziło nas do punktu, w którym pierwszym pytaniem o nowy komputer nie jest już, jak szybko liczy, tylko skąd wziąć dla niego prąd. Cray by się chyba nie zdziwił.

Włodzimierz Musiał

eprasa.pl fad3467d02

Kilka stron rubryki Info Zoom to zaledwie czubek góry lodowej. Świat stoi u progu gwałtownego przyspieszenia, a każda godzina przynosi mnóstwo fascynujących doniesień o nowościach. Żaden redaktor nie

ELEKTRONIKA UŻYTKOWA

Apple wchodzi w erę składanych smartfonów

Premiera pierwszego rozkładanego iPhone'a Duo stała się faktem, otwierając zupełnie nowy rozdział w historii giganta z Cupertino. Urządzenie łączy ikoniczny styl z rewolucyjną technologią elastycznego wyświetlacza OLED, który po rozłożeniu tworzy niemal bezszwową powierzchnię o przekątnej bliskiej tabletom z serii iPad mini.

Inżynierowie Apple zastosowali tytanowy zawias oraz specjalnie wzmocnione szkło powlekane warstwą polimerową, co niemal całkowicie eliminuje widoczne zagięcie na środku ekranu. Złocona mechanika ma wytrzymać setki tysięcy cykli składania, zapewniając trwałość znaną z tradycyjnych modeli. Wewnątrz pracuje najnowszy procesor serii A, zoptymalizowany pod kątem zaawansowanego wielozadaniowości.

System iOS zyskał dedykowane funkcje – interfejs płynnie dostosowuje się do stopnia otwarcia urządzenia, umożliwiając pracę na dwóch aplikacjach jednocześnie lub wygodne prowadzenie rozmów wideo w trybie stojącym bez użycia statywu. Mimo nowej konstrukcji, w obudowie udało się zmieścić profesjonalny system aparatów oraz pojemną baterię wspierającą szybkie ładowanie. Nowość trafiła do sprzedaży w kilku wariantach kolorystycznych, wyznaczając nowe standardy na rynku flagowych urządzeń mobilnych, w cenie od 9999 zł. ■

Genetycznie zmodyfikowana nerka świni po raz pierwszy utrzymała pacjenta przy życiu przez dziewięć miesięcy, służąc jako skuteczne rozwiązanie tymczasowe przed przeszczepem ludzkiego narządu.

Współczesna medycyna transplantacyjna mierzy się z drastycznym niedoborem narządów. W samych Stanach Zjednoczonych na nową nerkę oczekuje około 100 tysięcy osób, podczas gdy rocznie wykonuje się zaledwie 25 tysięcy takich zabiegów. Dla wielu pacjentów jedyną alternatywą pozostają wyczerpujące dializy, które choć ratują życie, znacząco obniżają jego jakość i pogarszają rokowania długoterminowe. Rozwiązaniem tego kryzysu mogą stać się ksenotransplantacje, czyli przeszczepy międzygatunkowe, które dzięki zaawansowanej inżynierii genetycznej stają się coraz bezpieczniejszą rzeczywistością.

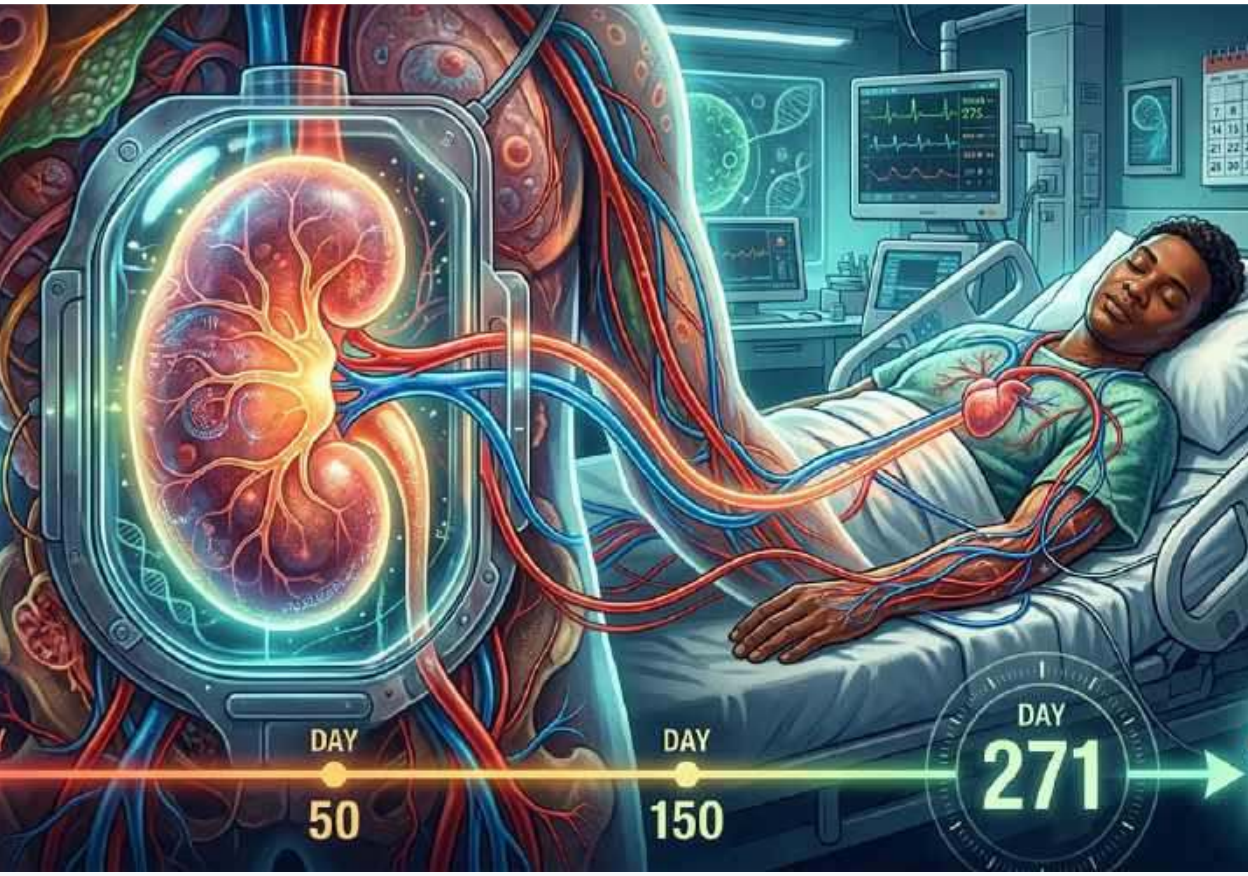
Zespół badawczy z Massachusetts General Hospital w Bostonie opublikował na łamach czasopisma „The Lancet" wyniki procedury, która ustanowiła nowy standard w tej dziedzinie. 25 stycznia 2025 roku 66-letni Tim Andrews, cierpiący na schyłkową niewydolność nerek w przebiegu cukrzycy typu 2, otrzymał organ od genetycznie zmodyfikowanej świni rasy Yucatan miniature. Nerka funkcjonowała w organizmie pacjenta przez rekordowe 271 dni. W tym czasie mężczyzna był całkowicie wolny od dializ, a przeszczepiony narząd natychmiast po operacji podjął pracę, utrzymując prawidłowe poziomy kreatyniny we krwi.

Sukces ten był możliwy dzięki ekstremalnej modyfikacji genomu dawcy, przeprowadzonej przez firmę biotechnologiczną eGenesis. Przy użyciu metody CRISPR-Cas9 naukowcy dokonali aż 69 edycji genetycznych. Usunięto trzy geny świni odpowiedzialne za produkcję antygenów cukrowych, które u ludzi wywołują natychmiastową, gwałtowną reakcję odpornościową. W ich miejsce wstawiono siedem ludzkich transgenów programujących białka regulujące układ dopełniacza, krzepnięcie krwi oraz sygnały immunologiczne. Dodatkowo inaktywowano endogenne retrowirusy świni, aby wyeliminować ryzyko przeniesienia ukrytych patogenów zwierzęcych na człowieka.

Mimo wystąpienia wczesnego epizodu odrzucania komórkowego, lekarze pod kierunkiem dr. Leonardo Rielli skutecznie opanowali sytuację

eprasa.pl fad3467d02

jest w stanie śledzić ich przez całą dobę 24/7 – robią to za nas algorytmy. Nasz system co tydzień selekcjonuje 20 najważniejszych newsów, które po opracowaniu redakcyjnym trafiają na stronę www.mlodytechnik.pl. Warto tam zaglądać systematycznie, aby zawsze być na bieżąco → www.mlodytechnik.pl



MEDYCYNA

271 dni z nerką świni – rekordowy „most” do ludzkiego przeszczepu

za pomocą standardowej immunosupresji. Organ usunięto dopiero 23 października 2025 roku ze względu na postępujące uszkodzenia naczyń krwionośnych. Najważniejszym osiągnięciem eksperymentu okazał się jednak fakt, że ksenotransplantacja zadziałała jako skuteczna terapia pomostowa. Po 82 dniach powrotu na dializy, 13 stycznia 2026 roku, Andrews otrzymał niemal idealnie dopasowaną nerkę od zmarłego ludzkiego dawcy. Badania potwierdziły, że wcześniejszy kontakt z tkanką świni nie wywołał nadwrażliwości układu odpornościowego, co pozwoliło na bezpieczne przyjęcie ludzkiego narządu.

Przypadek Tima Andrewsa udowadnia, że zmodyfikowane genetycznie organy zwierzęce mogą pełnić funkcję tymczasowego wsparcia, kupując pacjentom cenny czas na znalezienie optymalnego dawcy ludzkiego. Naukowcy planują teraz optymalizację dawek leków, aby zapobiegać późnym uszkodzeniom naczyń w ksenograftach, co w przyszłości może uczynić z takich przeszczepów rozwiązanie stałe, a nie tylko tymczasowe. ■

eprasa.pl fad3467d02

FOTOGRAFIA

Fotografia: fotopolis.pl

Canon EOS R8 Mark II: Stabilizacja matrycy i większa szybkość

Canon zaprezentował nową odsłonę popularnego bezlusterkowca. Canon EOS R8 Mark II to pełnoklatkowy aparat zaprojektowany z myślą o entuzjastach fotografii i twórcach wideo, którzy szukają małego, lekkiego korpusu o bezkompromisowej wydajności.

Najważniejszą zmianą względem pierwszej generacji jest obecność wbudowanego układu stabilizacji matrycy (IBIS) o skuteczności sięgającej do 7,5 EV. Korpus napędza znana i sprawdzona pełnoklatkowa matryca 24,2 MP w połączeniu z procesorem DIGIC X. Aparat oferuje superszybki tryb seryjny do 40 kl./s z migawką elektroniczną, powiększony bufor (do 73 plików RAW) oraz niezwykle przydatną funkcję Pre-Capture (zapis do 20 klatek przed wciśnięciem spustu).

Projektanci dopracowali też ergonomię, dodając wygodny joystick AF. Ulepszony system Dual Pixel CMOS AF II zyskał nowe algorytmy śledzenia obiektów (ludzie, zwierzęta, pojazdy) oraz funkcję Register People Priority do zapamiętywania priorytetowych twarzy. W kwestii wideo urządzenie proponuje pełnoekranowy zapis 4K 60p z nadpróbkowaniem z 6K, profil Canon Log 3 oraz zapis 10-bit 4:2:2.

Canon EOS R8 Mark II trafi do sprzedaży w cenie 7890 zł za samo body. ■

FOTOGRAFIA MOBILNA

Fizyczna przysłona i cyfrowy negatyw

Mobilna fotografia wkracza na zupełnie nowy poziom precyzji i bezpieczeństwa. Wraz ze wrześniową premierą najnowszej generacji smartfonów, Apple zaprezentowało pierwsze rozwiązanie łączące mechaniczne sterowanie światłem z zaawansowaną kryptografią obrazu.

Główny aparat zyskał fizyczną, zmienną przysłonę, która płynnie reguluje ilość światła wpadającego do matrycy oraz pozwala na naturalne, optyczne uzyskane głębi ostrości. Użytkownik nie musi już polegać wyłącznie na cyfrowym rozmyciu tła, lecz uzyskuje fizyczną kontrolę nad plastyką kadru, co stanowi ogromny krok w stronę profesjonalnej optyki.

Równie przełomowa jest technologia Apple Reference Image. W erze masowo generowanych treści genAI i manipulacji cyfrowych, system tworzy bezpośrednio na matrycy cryptograficznie zabezpieczony „negatyw". Klatka wzorcowa zawiera Unikalny Podpis Fizyczny (Physical Hardware Signature), zapisywany w bezpiecznym module Enclave. Pozwala to na pełne zweryfikowanie autentyczności zdjęcia oraz zmian wprowadzonych w procesie edycji. To przełomowy krok w walce z powszechnym problemem dezinformacji. ■

eprasa.pl fad3467d02

KOSMOS Fotografia: Isar Aerospace

Spectrum na orbicie – pierwszy komercyjny start z kontynentalnej Europy

Niemiecka firma Isar Aerospace z powodzeniem przeprowadziła orbitalny start rakiety Spectrum z Norwegii, zapewniając Europie nową niezależność w wynoszeniu małych satelitów.

Dotychczas europejski sektor kosmiczny polegał niemal wyłącznie na zagranicznych nośnikach, głównie amerykańskich rakietach SpaceX oraz wycofanych z użytku rosyjskich Sojuzach. Brak lekkiej rakiety orbitalnej operującej bezpośrednio z terytorium kontynentu wymuszał transport ładunków do Gujany Francuskiej lub USA, co ograniczało autonomię oraz elastyczność misji naukowych i komercyjnych.

Barierę tę przełamała 5 września 2026 roku firma Isar Aerospace. O godzinie 20:12 UTC z norweskiego kosmodromu Andøya wystartowała dwustopniowa rakieta Spectrum, osiągając orbitę po siedmiu minutach lotu. Konstrukcja o długości 28 metrów i średnicy 2 metrów wykorzystuje w pierwszym stopniu dziewięć silników Aquila-SL, generujących ciąg 675 kN. Napęd bazuje na mieszance ciekłego propanu i ciekłego tlenu (LOX), co stanowi ekologiczną alternatywę dla tradycyjnych paliw rakietowych. Inżynierowie pod kierownictwem Nikolaosa Perakisa wykonali strukturę nośną z kompozytów węglowych, co pozwoliło na uzyskanie udźwigu do 1000 kg na niską orbitę okołoziemską (LEO). Podczas misji „Onward and Upward" na wysokość 500 km wyniesiono pięć CubeSatów, w tym berlińskiego CyBEEsata oraz słoweńskiego TriSat-S.

Sukces misji oznacza uruchomienie drugiego aktywnego kosmodromu orbitalnego w Europie. Możliwość wynoszenia satelitów w cenie około 10...14 tysięcy dolarów za kilogram znacząco ułatwi realizację misji edukacyjnych oraz budowę prywatnych konstelacji telekomunikacyjnych, wzmacniając suwerenność technologiczną Unii Europejskiej. ■

eprasa.pl fad3467d02

Dodaj do obserwowanych

EKSPLORACJA KOSMOSU

◆ NASA wyniosła na orbitę Teleskop Kosmiczny Nancy Grace Roman, który rozpoczął podróż do punktu L2 oddalonego o 1,5 miliona kilometrów od Ziemi. Urządzenie oferuje rozdzielczość zbliżoną do Hubble'a, lecz dysponuje aż stokrotnie większym polem widzenia. Pozwoli to na masowe poszukiwania ciemnej materii oraz egzoplanet. ◆

ASTRONOMIA

◆ Astronomowie zaobserwowali gwiazdę S301, która okrąża czarną dziurę Sagittarius A* w rekordowym tempie 25 000 km/s. Obiekt porusza się z prędkością stanowiącą 8,5% prędkości światła i wykonuje pełny obieg w zaledwie 8,7 roku. Pomiary te ułatwią zbadanie rotacji samej czarnej dziury w ciągu najbliższej dekady. ◆ Obserwatorium ALMA zarejestrowało na powierzchni Betelgezy gigantyczne, długowieczne plamy gorąca. Te ogniste struktury rzucają nowe światło na aktywność czerwonych nadolbrzymów u schyłku ich życia. Wyniki analiz opublikowano w serwisie Sci.News pod koniec sierpnia. ◆ Według publikacji podsumowującej rok 2026, teleskop TESS odkrył egzoplanetę Gaia23bra b dzięki metodzie mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Ten super-Jowisz krąży wokół karła typu K w odległości 40 000 lat świetlnych od nas. To pierwszy przypadek wykrycia tak odległego globu przez ten instrument. ◆

FIZYKA

◆ Naukowcy odkryli silny efekt piezoelektryczny w ultracienkich, elastycznych membranach diamentowych, co wcześniej uznawano za niemożliwe. Materiał ten generuje energię elektryczną pod wpływem odkształceń mechanicznych. Otwiera to drogę do budowy nowej generacji czułych sensorów i miniaturowej elektroniki. ◆ Fizycy opracowali model kryształu czasoprzestrzennego, który przy niewielkiej zmianie energii może zapaść się w mikroskopijną czarną dziurę. To teoretyczne rozwiązanie pokazuje nieznane dotąd interakcje między materią a grawitacją w skali mikro. Praca została zaprezentowana na łamach ScienceDaily. ◆

SZTUCZNA INTELIGENCJA

◆ Neurochirurdzy z University College London przeprowadzili pierwszą operację mózgu wspomaganą przez sztuczną inteligencję u 48-letniego pacjenta. Algorytmy wspierały lekarzy w precyzyjnym nawigowaniu podczas zabiegu w szpitalu National Hospital for Neurology and Neurosurgery. Wydarzenie to wyznacza nowy standard w medycynie operacyjnej. ◆

BIOTECHNOLOGIE

◆ Zespół inżynierów stworzył biohybrydowy moduł pamięci, łączący syntetyczne DNA z półprzewodnikiem. Urządzenie pozwala na jednoczesne przechowywanie i przetwarzanie danych w tym samym miejscu przy minimalnym zużyciu energii. Technologia ta może zrewolucjonizować architekturę przyszłych komputerów. ◆

NOWE MATERIAŁY

◆ Naukowcy opracowali nową recepturę chemiczną pozwalającą na masową produkcję nanokryształów azotków metali, które dotąd były niezwykle trudne do wytworzenia. Materiały te znajdą zastosowanie w diodach LED, implantach medycznych oraz nadprzewodnikach. Metoda jest skalowalna i gotowa do wdrożenia przemysłowego. ◆

KOMPUTERY KWANTOWE

◆ Firma QuEra wykorzystała agenta AI o nazwie Claude do automatycznego sterowania systemem laserowym w komputerze kwantowym. Sztuczna inteligencja naprawia błędy w ciągu kilku sekund, co ekspertom zajmowało zazwyczaj wiele minut. Skuteczność systemu wyniosła imponujące 695 na 700 prób. ◆

POSZUKIWANIE ŻYCIA

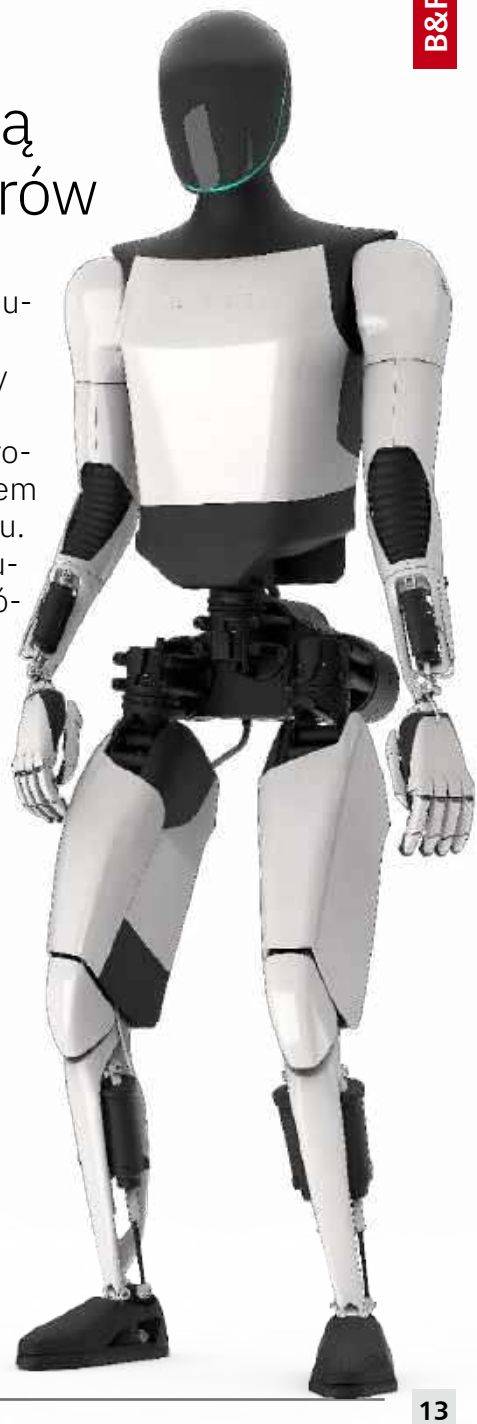
◆ Badacze odkryli w Kenii odciski stóp sprzed 1,4 miliona lat, należące do ośmiu osobników z gatunku Paranthropus boisei. Niektóre z nich wskazują na rozmiary ciała zbliżone do współczesnego człowieka, co podważa dotychczasowe wyobrażenia o tych krewniakach ludzi. Znalezisko opisano w ScienceDaily. ■

Źródła: Sci.News, ScienceDaily, SciTechDaily, Wikipedia, Science, News-Medical. Okres: 4 sierpnia 2026 – 1 września 2026.

eprasa.pl fad3467d02

Sto tysięcy robotów, których nikt nie widział

Humanoidy 2026 – między halą produkcyjną a prezentacją dla inwestorów



Wpisz w wyszukiwarkę pytanie o to, ile robotów humanoidalnych pracuje dziś w fabrykach, a dostaniesz liczby robiące wrażenie: pięćdziesiąt tysięcy wyprodukowanych Optimusów, dziesięć tysięcy maszyn Figure w magazynach partnerów, tysiąc robotów na żywej linii montażowej w Kalifornii. Potem otwórz raport kwartalny Tesli z 22 lipca 2026 roku. Nie ma w nim ani jednej liczby dotyczącej Optimusa. Nigdy nie było. Ta rozbieżność nie jest szczegółem – jest głównym tematem tego artykułu.

Dwie rzeczywistości

Zacznijmy od faktu, który da się sprawdzić w jednym dokumencie. Podczas telekonferencji wynikowej pod koniec stycznia 2026 roku Elon Musk powiedział, że roboty Optimus pracujące w zakładach Tesli służą przede wszystkim do uczenia się i zbierania danych, a nie do wykonywania produktywnych zadań. Pół roku później, w prezentacji dla akcjonariuszy z 22 lipca, spółka poinformowała, że linie montażowe Optimusa są dopiero instalowane w Fremont, a produkcji należy się spodziewać „w dalszej części roku". W tym samym dokumencie napisano, że pierwsze wyprodukowane egzemplarze trafią do wewnętrznej „Akademii Optimusa" – programu zbierania danych treningowych. Nie do klientów.

Tymczasem w obiegu medialnym funkcjonują zupełnie inne liczby. Bierze się to stąd, że łatwo pomylić trzy różne rzeczy: cel produkcyjny, deklarację prezesa i sztukę, która faktycznie stoi w hali u klienta i wykonuje pracę, za którą ktoś

eprasa.pl fad3467d02

Rysunek 1. Zapowiedzi i stan faktyczny programu Optimus. Terminy przesuwały się osiem razy – co samo w sobie jest informacją o trudności zadania

płaci. Pierwsze dwa da się ogłosić w dowolnej chwili. Trzecia wymaga zamówienia, umowy serwisowej i akceptacji działu BHP.

Warto docenić skalę przedsięwzięcia, bo nie jest to bufonada. Tesla w 46 dni rozebrała historyczną linię Modelu S i X, na której przez czternaście lat powstało około 610 tysięcy samochodów, żeby zrobić miejsce dla humanoidów. Docelowa zdolność produkcyjna tej hali to milion sztuk rocznie. Sam Musk ostrzegł jednak, że początkowa produkcja będzie „bardzo powolna”, bo robot ma 10 tysięcy unikalnych części, a tempo jest „dosłownie niemożliwe do przewidzenia”. Analitycy śledzący komunikaty spółki naliczyli osiem kolejnych kamieni milowych programu Optimus, które przesunięto lub zrewidowano przed pierwotnym terminem.

Dlaczego akurat teraz

Roboty o postaci człowieka nie są pomysłem tej dekady. Pierwszy pełnowymiarowy humanoid, japoński WABOT-1, powstał w 1973 roku. Honda pokazała chodzącego P2 w 1996 roku, a ASIMO – najsłynniejszą maszynę tego typu w historii – w roku 2000. ASIMO wchodził po schodach, kopał piłkę i podawał kawę. W 2018 roku Honda zakończyła projekt, nie sprzedawszy ani jednego egzemplarza do pracy. To jest właśnie ten precedens, który każe patrzeć na dzisiejszą sytuację z rezerwą.

Zwolennicy odpowiadają, że zmieniła się rzecz zasadnicza: sposób programowania. ASIMO wykonywał trajektorie zapisane przez inżynierów. Dzisiejsze roboty sterowane są modelami klasy VLA – sieciami, które na wejściu przyjmują obraz z kamer i polecenie w języku naturalnym, a na wyjściu wystawiają sygnały do siłowników. Robota nie programuje się już ruch po ruchu; pokazuje mu się zadanie. To ta sama zmiana jakościowa, która wcześniej zdarzyła się w rozpoznawaniu mowy i obrazu.

Druga zmiana jest przyziemna: mechanika staniała. Chiński łańcuch dostaw silników, przekładni falowych i śrub tocznych obniżył koszt platformy na tyle, że zbudowanie humanoida przestało być projektem badawczym za miliony. Trzecia to pieniądze. Amerykańska firma Figure AI została we wrześniu 2025 roku wyceniona na 39 miliardów dolarów, a zebrała łącznie zaledwie ponad 2 miliardy; do sierpnia 2026 roku spółka nie przeprowadziła kolejnej rundy, więc ta liczba obowiązuje do dziś. Apptronik pozyskał blisko miliard przy wycenie 5,5 miliarda. Prognozy banków mówią o rynku wartym 38 miliardów dolarów w 2035 roku (Goldman Sachs) lub 152 miliardów w 2040 (Morgan Stanley), a firma badawcza IDC spodziewa się ponad 510 tysięcy dostarczanych sztuk rocznie w 2030 roku.

eprasa.pl fad3467d02

Co jest naprawdę wdrożone

Najlepiej udokumentowany dorobek ma firma, o której pisze się najmniej. Robot Digit z Agility Robotics pracuje w magazynie operatora logistycznego GXO w Flowery Branch w stanie Georgia od czerwca 2024 roku i przeniósł tam ponad 100 tysięcy pojemników. W zakładzie Schaefflera w Cheraw w Karolinie Południowej od początku 2025 roku obsługuje ośmiogodzinne zmiany przy pralce przemysłowej. W lutym 2026 roku siedem sztuk trafiło do fabryki Toyoty w Woodstock w Ontario, gdzie powstaje RAV4. Firma podaje ponad 65 tysięcy godzin pracy w dziewięciu obiektach i ponad 300 milionów dolarów zamówień wieloletnich. Szacowana wielkość floty w eksploatacji: około 75 sztuk.

Figure AI ma najlepiej opisany pilotaż przemysłowy. Robot Figure 02 przepracował w zakładzie BMW w Spartanburgu jedenaście miesięcy, zalogował ponad 1250 godzin, podał ponad 90 tysięcy detali i uczestniczył w produkcji ponad 30 tysięcy egzemplarzy modelu X3. Doświadczenia z awaryjności elektroniki przedramienia i nadgarstka przełożono na konstrukcję Figure 03. Zakład BotQ wypuścił tysięczny egzemplarz Figure 03 23 lipca 2026 roku, utrzymując tempo produkcji jednego robota na godzinę. Czterdzieści sztuk wróciło do Spartanburga. Firma nie ujawnia, ile egzemplarzy sprzedano, a ile zatrzymano do badań i rozwoju – i to jest różnica między liczbą wyprodukowaną a wdrożeniem.

Cztery poziomy dowodu – jak czytać komunikaty o wdrożeniach

Demonstracja – robot wykonuje zadanie przed kamerą. Nie mówi nic o powtarzalności ani o czasie pracy między awariami.

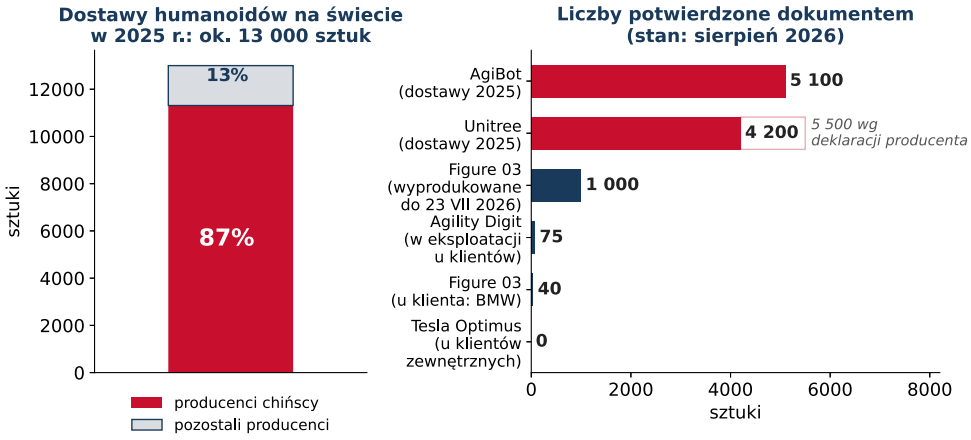
Pilotaż techniczny – maszyna stoi u klienta, ale pracuje pod nadzorem inżynierów producenta i nie jest wliczona w plan produkcji.

Pilotaż płatny – klient płaci za dostęp do robota, zwykle w modelu RaaS. Jest umowa, jest faktura, nie ma jeszcze zobowiązania co do wydajności.

Wdrożenie komercyjne – robot jest częścią procesu, ma przypisane zadanie, wskaźnik dostępności i serwis. Tu liczby przestają być uznaniowe.

Boston Dynamics rozpoczął w styczniu 2026 roku produkcję elektrycznego Atlasa – maszyny o 56 stopniach swobody i udźwigu 50 kg, z samodzielną wymianą akumulatora. Cała tegoroczna produkcja jest już rozdysponowana: do centrum aplikacyjnego Hyundaia i do Google DeepMind. Praca przy sekwencjonowaniu części w fabryce w Georgii ma się zacząć dopiero w 2028 roku. Hyundai zapowiedział przy tym odbiór ponad 25 tysięcy Atlasów do własnych zakładów – to pierwsza konkretna liczba zamówienia w całej branży. Związek zawodowy koncernu uzależnił zgodę na wdrożenie od porozumienia płacowego.

Tesla w tym zestawieniu ma zero klientów zewnętrznych.



Dane: Omdia, ranking dostaw za 2025 r. Ponad 70% humanoidów sprzedanych przez Unitree trafiło do laboratoriów i uczelni, nie do pracy produkcyjnej.

Rysunek 2. Po lewej: struktura światowych dostaw humanoidów w 2025 roku. Po prawej: liczby, które da się potwierdzić dokumentami producentów i odbiorców. Skala obu wykresów jest różna

eprasa.pl fad3467d02

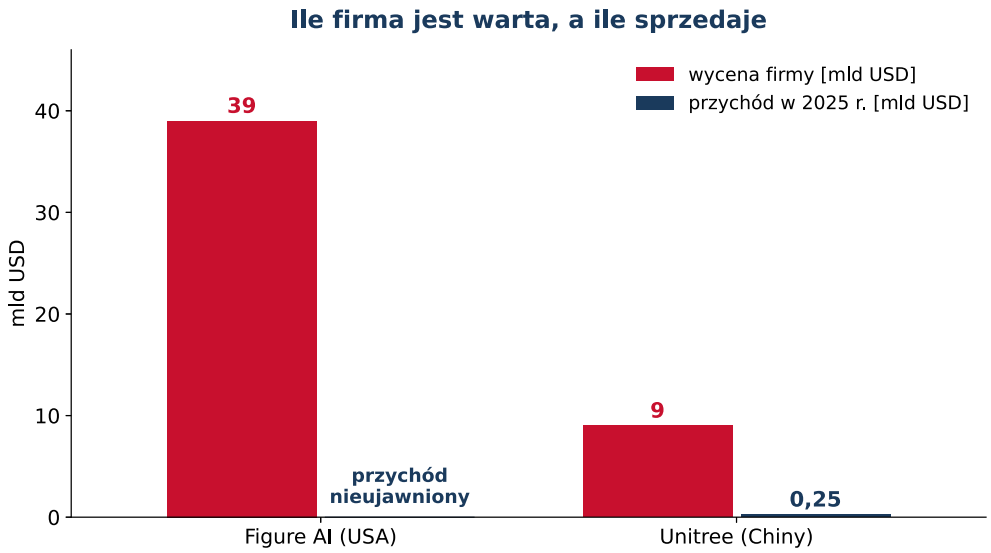


Figure: wycena z rundy finansowania z września 2025 r., niezmieniona do sierpnia 2026 r.; przychodu spółka nie podaje. Unitree: wycena wynikająca z ceny emisyjnej ustalonej 6 sierpnia 2026 r., przy przychodzie 1,71 mld juanów za 2025 r.

Rysunek 3. Dwa sposoby wyceniania tej samej branży. Po lewej wycena wynikająca z rundy finansowania, po prawej – z oferty publicznej, przy jawnym przychodzie

Chiny: sztuki zamiast wycen

W 2025 roku na całym świecie dostarczono około 13 tysięcy humanoidów – tak wynika z zestawienia firmy analitycznej Omdia. Sześciu producentów z pierwszej dziesiątki ma siedzibę w Chinach i odpowiadają oni łącznie za 87 procent dostaw. Pierwsze miejsce zajął AgiBot z 5100 sztukami, drugie Unitree z 4200. Warto przy tym odnotować, że prezes Unitree podaje dla swojej firmy liczbę 5500, co odwróciłoby kolejność. Podajemy obie, bo rozbieżność między rankingiem analityka a deklaracją producenta jest w tej branży regułą, nie wyjątkiem.

Zanim jednak uznamy chińską przewagę za dowód dojrzałości technologii, trzeba przeczytać przypis z prospektu emisyjnego Unitree: ponad 70 procent sprzedanych humanoidów trafiło do laboratoriów i na uczelnie. Nie pracują – są przedmiotem badań. Dokładnie takie samo zastrzeżenie stosujemy do producentów zachodnich.

Unitree jest mimo to firmą wyjątkową z innego powodu: zarabia. Przychód za 2025 rok wyniósł 1,71 miliarda juanów wobec 392 milionów rok wcześniej, a zysk netto po wyłączeniu zdarzeń jednorazowych – 600 milionów juanów. To pierwszy rentowny rok w historii spółki. 6 sierpnia 2026 roku Unitree ustaliło cenę emisyjną akcji na szanghajskim parkiecie STAR Market: 150,80 juana za walor, co przy sprzedaży 10 procent kapitału daje wpływy około 6,1 miliarda juanów i wycenę całej firmy w okolicach 61 miliardów juanów, czyli około 9 miliardów dolarów. To znacznie powyżej pierwotnego planu, ale też przy wskaźniku ceny do zysku sięgającym 219 – wielokrotnie wyższym niż średnia branżowa. Zapisy otwarto 10 sierpnia. Branża dostała wreszcie punkt odniesienia, który co sesję weryfikuje rynek, a nie negocjują dwie strony przy zamkniętych drzwiach.

Porównanie jest dla narracji bezlitosne. Figure AI, wyceniana od września 2025 roku na 39 miliardów dolarów, przychodu nie ujawnia. Unitree, wyceniana na 9 miliardów, sprzedaje za ćwierć miliarda. Notowana od 2023 roku UBTech dostarczyła w ubiegłym roku ponad tysiąc pełnowymiarowych humanoidów przy podobnej skali przychodów – i traci około 700 milionów juanów rocznie. Dwie firmy na tym samym torze, w tej samej skali, z przeciwnym wynikiem finansowym. Prywatna runda finansowania nigdy nie musi takiej informacji ujawnić.

W prospekcie kryje się jeszcze jedna liczba, która mówi o rynku więcej niż wszystkie prognozy razem wzięte. Średnia cena humanoida sprzedawanego przez Unitree spadła z 590 tysięcy juanów do 166 tysięcy – to strategia ilości kosztem marży, znana z każdej dojrzewającej branży

eprasa.pl fad3467d02

elektronicznej. Rachunek za nią przychodzi natychmiast: w pierwszym kwartale 2026 roku przychód wzrósł o 68,5 procent, ale zysk po korektach spadł o 52,6 procent, bo wydatki na badania i marketing rosły szybciej niż sprzedaż. W pierwszym półroczu tempo wzrostu przychodów obniżyło się z 332 procent do około 40. W Chinach działa dziś ponad sto firm w segmencie robotów humanoidalnych; analitycy spodziewają się konsolidacji do kilkudziesięciu.

Rynek przecięty w poprzek

28 lipca 2026 roku amerykańska Federalna Komisja Łączności dopisała do swojej listy sprzętu zakazanego dwie nowe kategorie: zagraniczne przekształtniki energoelektroniczne oraz zagraniczne zaawansowane urządzenia robotyczne – humanoidy i roboty czworonożne. Formalnie nie jest to embargo. Praktycznie jest, bo bez świadectwa zgodności wydanego przez tę komisję żadnego urządzenia radiowego nie wolno w Stanach Zjednoczonych importować, sprzedawać ani nawet reklamować. Nowe modele zagranicznych producentów tego świadectwa nie dostaną. Egzemplarze już dopuszczone mogą pozostać w obrocie.

Uzasadnieniem jest bezpieczeństwo: podatność łańcucha dostaw i ryzyko gromadzenia danych przez maszynę wyposażoną w kamery, mikrofony i stałe łącze. Pekin nazwał decyzję protekcjonizmem. Skutek dla naszego tematu jest jednak niezależny od tego sporu: rynek, na którym 87 procent dostaw pochodziło z jednego kraju, właśnie został przecięty w poprzek. Producent najtańszych humanoidów świata stracił dostęp do największego rynku eksportowego dokładnie w tygodniu, w którym wchodził na giełdę – jego prospekt wymienia to zresztą wprost jako czynnik ryzyka. Zachodni producenci dostali osłonę, ale i utrudniony dostęp do komponentów, których nikt poza Azją nie produkuje w dużej skali.

Dla Czytelnika w Polsce ma to jeszcze jeden wymiar. Regulacja europejska idzie własnym torem, a to oznacza, że pytanie „ile kosztuje humanoid" może wkrótce mieć trzy różne odpowiedzi, zależnie od kontynentu. Prognozy kosztów sprzed pół roku należy więc czytać z ołówkiem w ręku.

Dwanaście tysięcy dziewięćset dwadzieścia cztery

W maju 2026 roku Figure AI zrobiło rzecz, na którą w tej branży mało kto się dotąd odważył: wystawiło swojego robota do zawodów z człowiekiem i puściło to na żywo. Zadanie było proste i brutalnie mierzalne – odczytać kod kreskowy, chwycić paczkę, położyć ją na taśmie kodem do dołu. Dziesięć godzin, jedna zmiana. Po stronie ludzkiej stanął stażysta firmy, Aime Gérard. Po stronie maszyny – Figure 03, pracujący w pełni samodzielnie, bez zdalnego operatora.

Człowiek wygrał: 12 924 paczki wobec 12 732. Różnica wyniosła 192 sztuki, czyli 0,04 sekundy na paczkę – 2,79 wobec 2,83 sekundy. W połowie zawodów robot nawet wyszedł na prowadzenie, kiedy stażysta poszedł do toalety; kalifornijskie prawo pracy gwarantuje przerwy, oprogramowanie ich nie potrzebuje. Gdy było po wszystkim, Gérard miał pęcherze na palcach i mówił,

eprasa.pl fad3467d02

że przedramię ma jak połamane. Robot mógł pracować dalej – przy niskim stanie akumulatora sam wzywa zmiennika ze stacji ładowania.

Ten jeden wynik zawiera cały spór o humanoidy, tylko w skali jednej doby. Zwolennicy powiedzą: przewaga człowieka stopniała do czterech setnych sekundy, a człowiek idzie spać. Sceptycy odpowiedzą: był to konkurs o ustalonym przebiegu, na jednym stanowisku, z jednym rodzajem przesyłek – a widzowie transmisji policzyli, że robot upuszczał paczki częściej, gorzej radził sobie z pudłami kwadratowymi i częściej niszczył etykiety. Obie strony mają rację, bo mierzą co innego: tempo i niezawodność.

Dlaczego ręka jest trudniejsza od nogi

26 września 2025 roku Rodney Brooks – współzałożyciel iRobot, twórca Roomby, przez lata szef laboratorium CSAIL w MIT – opublikował esej „Why Today's Humanoids Won't Learn Dexterity". Jego teza brzmi: przekonanie, że humanoidy w ciągu najbliższych dekad dorównają człowiekowi w pracach ręcznych, to myślenie życzeniowe. Argument nie jest gołosłowny. Brooks zwraca uwagę, że sukcesy uczenia maszynowego w rozpoznawaniu mowy czy obrazu opierały się na starannie zaprojektowanym przetwarzaniu wstępnego sygnału. Tymczasem uczenie manipulacji z filmów przedstawiających ludzi pomija składnik podstawowy – dotyk i siłę. Na nagraniu nie widać, z jaką siłą palce ściskają jajko.

Za tym argumentem stoją twarde liczby konstrukcyjne. Według analizy Morgan Stanley dotyczącej Optimusa drugiej generacji same dłonie odpowiadają za około 17 procent kosztu materiałowego robota – mniej więcej 9,5 tysiąca dolarów przy koszcie całkowitym rzędu 50...60 tysięcy. Inne szacunki rynku komponentów mówią o 31 procentach. Rozbieżność dwukrotna sama w sobie jest informacją: nikt nie produkuje jeszcze tych podzespołów w skali, która pozwoliłaby ustalić cenę.

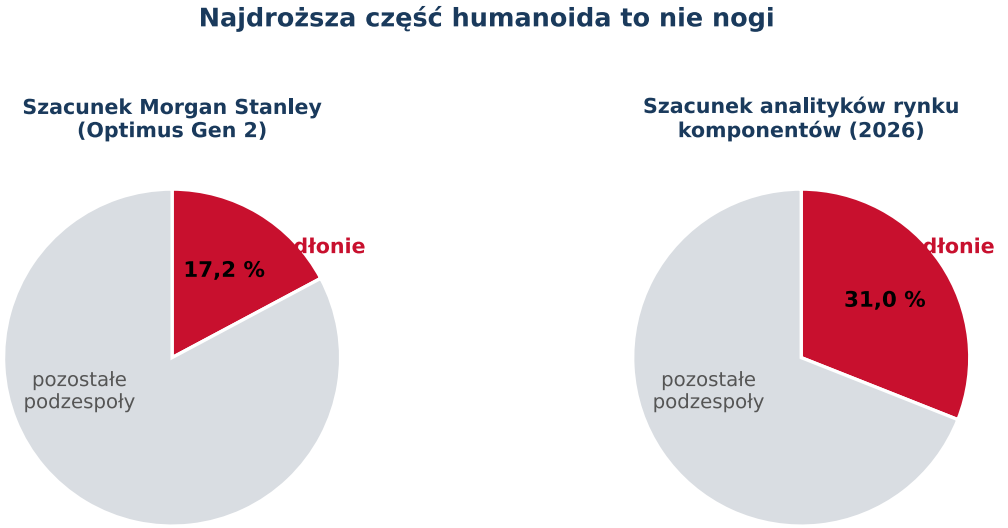
Jest jeszcze problem, który w prezentacjach nie występuje wcale: średni czas między uszkodzeniami. Każdy dodatkowy stopień swobody to kolejne łożysko, kolejne przełożenie, kolejny przebieg przewodu i kolejne miejsce, w którym pojawi się luz albo dryf kalibracji. Wskaźnik MTBF spada wraz ze złożonością mechaniczną, a nie rośnie. Siłowniki w stawach humanoida muszą oddawać precyzyjny moment obrotowy przez tysiące godzin przy stale odwracającym się kierunku obciążenia – i to właśnie ich trwałość jest dziś powszechnie wskazywana jako główne wąskie gardło przemysłowe.

Do tego dochodzi energia. Pod obciążeniem przemysłowym humanoid pracuje na jednym ładowaniu od dwóch do czterech godzin.

Rozwiązaniem jest wymiana akumulatora: Atlas robi to samodzielnie w około trzy minuty.

Rysunek 4. Udział dłoni w koszcie materiałowym humanoida według dwóch niezależnych szacunków. Nogi są rozwiązanym problemem inżynierskim, dłonie nie

eprasa.pl fad3467d02



Przy koszcie materiałowym rzędu 50–60 tys. USD za sztukę same dłonie to ok. 9,5 tys. USD według Morgan Stanley. Rozbieżność obu szacunków jest sama w sobie informacją o dojrzałości rynku.

Rysunek 5. Czas pracy na jednym ładowaniu wobec długości zmiany produkcyjnej. Ograniczenie ma charakter fizyczny, nie programistyczny

Zmiana w fabryce trwa osiem. Praca ciągła – dwadzieścia cztery. Tej luki nie zamknie żadna aktualizacja oprogramowania; zamyka ją albo gęstość energii akumulatora, albo wymiana ogniw w trakcie pracy. Atlas robi to samodzielnie w około trzy minuty.

Ostatnia przeszkoda jest formalna, ale rozstrzygająca. Amerykańska inspekcja pracy nie ma przepisów dotyczących humanoidów poruszających się obok ludzi. Norma ISO 25785-1, opisująca bezpieczeństwo robotów dynamicznie stabilnych – czyli takich, które przewróciłyby się, gdyby przestały aktywnie balansować – jest dopiero opracowywana; publikacja spodziewana jest najwcześniej w latach 2026–2027. Dopóki normy nie ma, każde wdrożenie bez ogrodzenia wymaga indywidualnej analizy ryzyka. To jest ten koszt, którego nie widać w cenie robota.

Sprawiedliwość wymaga przytoczenia kontrargumentu w tym samym miejscu. Krytycy Brooksa zarzucają mu rozumowanie typu „skoro humanoidy nie potrafią wszystkiego, co my, to nie potrafią niczego". Dla wielu zadań przemysłowych – przenoszenia pojemników, podawania detali, wkładania wyrobu do maszyny – pełna zręczność człowieka nie jest potrzebna. Użyteczność może wyprzedzić doskonałość i historia automatyki dostarcza na to sporo przykładów.

Człowiek w pętli

Najciekawszy przypadek roku dotyczy jednak nie fabryki, lecz mieszkania. Norwesko-amerykańska firma 1X przyjmuje przedpłaty na domowego humanoida NEO: 20 tysięcy dolarów za sztukę albo 499 dolarów miesięcznie w abonamencie. Zgłosiło się ponad 10 tysięcy chętnych. Do połowy lipca 2026 roku nie potwierdzono publicznie żadnej dostawy do domu klienta.

Rzecz jednak nie w terminie, tylko w konstrukcji usługi. NEO wykonuje samodzielnie zadania proste – otwiera drzwi, przynosi przedmiot, gasi światło. Dla wszystkiego innego przewidziano „tryb eksperta": operator firmy zakłada gogle i przejmuje sterowanie robotem, patrząc przez jego kamery. Szacunki branżowe mówią o 60...70 procentach zadań wykonywanych autonomicznie w chwili premiery. Producent nie ukrywa tego mechanizmu – przeciwnie, opisuje go jako celową strategię zbierania danych: każde zdalne przejęcie sterowania to gotowy, opisany przykład treningowy.

Konsekwencja jest jednak taka, że obcy człowiek dostaje okno dostępu

eprasa.pl fad3467d02

Jak czytać film z robotem – sześć pytań

1. Czy nagranie jest przyspieszone? Jeśli producent nie podaje współczynnika, zwykle jest.
2. Czy w opisie pada słowo „autonomiczny", czy „sterowany zdalnie"? Brak deklaracji oznacza to drugie.
3. Ile trwa najdłuższe nieprzerwane ujęcie? Cięcie montażowe potrafi ukryć nieudaną próbę.
4. Czy zadanie powtórzono na innym obiekcie i w innym otoczeniu? Jeden stół i jeden kubek to nie uogólnienie.
5. Czy podano czas pracy między interwencjami człowieka? To jedyny wskaźnik, który przekłada się na koszt.
6. Czy stronę trzecią – klienta – da się zapytać o zdanie? Wdrożenia, o których mówi tylko producent, warto liczyć osobno.

do wnętrza cudzego mieszkania. Firma deklaruje strefy zakazane, autoryzację właściciela i anonimowość operatora. Żadne z tych zabezpieczeń nie zostało niezależnie zweryfikowane – bo roboty nie stoją jeszcze w domach. Data, która naprawdę ma znaczenie, nie jest datą premiery, lecz dniem, w którym udział zadań wymagających operatora spadnie do zera. Ta data nie została ogłoszona.

Co przemawia za tym, że to nie jest drugi ASIMO

Znamy już zastrzeżenia sceptyków, przedstawmy też argumenty drugiej strony. Po pierwsze, dowody z hali są weryfikowalne przez odbiorcę, a nie tylko przez producenta: BMW potwierdziło pracę robotów w Spartanburgu, GXO i Schaeffler potwierdzają swoje wdrożenia. ASIMO nigdy nie miał klienta.

Po drugie, pojawiły się liczby jakościowe z produkcji, a nie z marketingu: ponad 80 procent robotów schodzących z linii BotQ przechodzi kontrolę końcową za pierwszym razem, przy ponad 99 procentach dla samych akumulatorów. To są wskaźniki, których nie podaje się dla efektu – one znaczą, że proces jest opanowany.

Po trzecie, autonomia w wąskim zakresie już działa i daje się mierzyć. Poza opisanym konkursem Figure udokumentowało dwustugodzinną pracę ciągłą przy sortowaniu przesyłek – bez zdalnego sterowania, bez ręcznej interwencji i bez awarii sprzętu. To nie jest zręczność człowieka, ale jest to praca wykonana.

Po czwarte, koszt spada z kierunku, którego nikt na Zachodzie nie kontroluje. Kiedy sprawny humanoid kosztuje 16 tysięcy dolarów zamiast stu, rachunek opłacalności dla powtarzalnych zadań fizycznych zmienia się skokowo – niezależnie od tego, czy wycena którejkolwiek firmy się obroni.

Gdzie właściwie jest mgła

Nie stawiamy pytania „czy roboty humanoidalne będą działać". Będą – to już widać. Pytanie brzmi: czy opłaci się robot w postaci człowieka. Dwie nogi dają dostęp do schodów i do stanowiska zaprojektowanego dla ludzi, a płaci się za nie balansowaniem, zużyciem energii, spadkiem MTBF i brakiem normy bezpieczeństwa. Podwozie kołowe z dwoma ramionami rozwiązuje większość zadań magazynowych za ułamek tej ceny – i nie jest to teoria. 27 lutego 2026 roku BMW ogłosiło, że pierwszy europejski pilotaż humanoida, w zakładzie w Lipsku, poprowadzi nie Figure 03, lecz AEON szwajcarskiej firmy Hexagon – maszyna na kołach. Ten sam koncern, który dostarczył branży jej najlepiej udokumentowany dowód wdrożenia, przy następnym kroku wybrał konstrukcję bez nóg. Sam Brooks przewiduje, że za piętnaście lat będziemy mieli mnóstwo robotów, ale nie będą one wyglądać ani jak dzisiejsze humanoidy, ani jak ludzie.

eprasa.pl fad3467d02

Słowniczek

Humanoid: robot o budowie zbliżonej do ludzkiej – dwie nogi, tułów, dwa ramiona z chwytakami. Postać nie jest celem samym w sobie, lecz sposobem na pracę w otoczeniu zaprojektowanym dla ludzi.

Model VLA: sieć neuronowa typu obraz-język-działanie (*vision-language-action*). Na wejściu obraz z kamer i polecenie słowne, na wyjściu sygnały sterujące siłownikami.

Teleoperacja: zdalne sterowanie robotem przez człowieka, zwykle w goglach i rękawicach śledzących ruch. Bywa trybem awaryjnym, bywa też źródłem danych do uczenia.

Stopień swobody (DOF): jeden niezależny ruch mechanizmu. Ludzka dłoń ma ich około dwudziestu paru; elektryczny Atlas ma 56 w całym ciele.

MTBF: średni czas pracy między uszkodzeniami. Podstawowy wskaźnik oceny maszyny przemysłowej – i najrzadziej podawany przez producentów humanoidów.

RaaS: robot jako usługa (ang. robot as a service). Klient nie kupuje maszyny, tylko płaci abonament obejmujący sprzęt, serwis i aktualizacje.

Robot dynamicznie stabilny: taki, który utrzymuje równowagę wyłącznie dzięki ciągłej pracy układu sterowania. Po wyłączeniu zasilania przewraca się – stąd osobna norma bezpieczeństwa.

Druga mgła jest społeczna i gęstnieje szybciej niż techniczna. Grudniowa konferencja IEEE Humanoids 2026 w Santa Clara – jubileuszowa, dwudziesta piąta – obrała za temat przewodni nie zdolności inżynierskie, lecz wypieranie pracy ludzkiej. Środowisko badawcze uznało zatem, że główne otwarte pytanie przestało być techniczne. Związek zawodowy Hyundaia doszedł do tego samego wniosku wcześniej, przy stole negocjacyjnym.

Zapamiętajmy więc liczby, które można dziś obronić dokumentem. U zachodnich klientów pracuje kilkaset humanoidów. W Chinach sprzedano ich kilka tysięcy, w większości do laboratoriów. Nikt nie ma jeszcze robota, który przez rok pracowałby na trzy zmiany bez ogrodzenia i bez inżyniera producenta w pobliżu. Cała reszta to plan – a plany w tej branży bywają dotrzymywane. Rok 2026 jest po prostu pierwszym, w którym da się je wstępnie rozliczyć. ■

(red)

Bibliografia (34 pozycje) dostępna w artykule na www.mt.com.pl

REKLAMA

Młody Technik – wydania archiwalne

www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl fad3467d02

Oddajemy cześć kobietom, które odegrały wybitną rolę w rozwoju techniki i nauk ścisłych

Był grudzień 1938 roku. Lise Meitner siedziała w szwedzkim śniegu pod Göteborgiem i na kartce papieru liczyła to, co Otto Hahn zaobserwował w berlińskim laboratorium: uran bombardowany neutronami rozpadał się na bar i krypton. Nikt nie wiedział dlaczego i czy to możliwe. Meitner wiedziała. Tego wieczoru napisała równanie, które wyjaśniło rozszczepienie jądra atomowego. Kilka miesięcy później wybuchła II wojna światowa. A kilka lat później – bomba atomowa. Nobel za to odkrycie dostał Hahn. Sam.

Lise Meitner

Kobieta, która rozszczepiła atom – i której odebrano Nobla

Lise Meitner, 1906 r. | Źródło: Autorstwa Nieznany – en:Image:Lise_Meitner_1900.jpg, from [1]. Image reprinted in Lise Meitner and the Dawn of the Nuclear Age ISBN 978-0817637323 with the caption "Shy Lise the doctoral candidate, 1906, Vienna. (Courtesy Master and Fellows of Churchill College, Cambridge, England)", Domena publiczna, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1272410

Córka wiedeńskiego adwokata

Lise Meitner urodziła się 7 listopada 1878 roku w Wiedniu, jako trzecia z ośmiorga dzieci Philipa Meitnera – adwokata żydowskiego pochodzenia – i Hedwig Skovran. Rodzina była wykształcona, liberalna, muzyczna. Wiedeń był wtedy centrum intelektualnym Europy, ale dla kobiet chcących studiować nauki ścisłe – miejscem niemal nieprzystępnym.

Austriackie szkoły średnie nie przyjmowały dziewcząt do klas maturalnych. Lise uczyła się prywatnie, a maturę zdała eksternistycznie w 1901 roku – jedna z pierwszych kobiet w historii Austrii. Rok później weszła na Uniwersytet Wiedeński, gdzie trafiła na wykłady Ludwiga Boltzmanna – twórcy mechaniki statystycznej, człowieka, który zmienił rozumienie termodynamiki. Meitner zakochała się w fizyce.

Doktorat obroniła w 1906 roku – jako druga kobieta w historii wydziału fizyki Uniwersytetu Wiedeńskiego. Chciała rozwijać fizykę teoretyczną. Pojechała do Berlina.

Berlin i trzydzieści lat z Hahnem

W Berlinie trafiła do Maxa Plancka – twórcy teorii kwantowej, który przez lata uważał, że kobiety nie powinny studiować nauk ścisłych, ale zrobił wyjątek dla Meitner. Pracowała jako jego asystentka bez wynagrodzenia.

W Kaiser Wilhelm Institut für Chemie poznała chemika Otto Hahna. Ich współpraca trwała trzydzieści lat. Hahn był błyskotliwym eksperymentatorem, Meitner – wybitnym fizykiem teoretycznym. Razem odkryli protaktyn (1917) i opracowali metody

eprasa.pl fad3467d02

badania promieniotwórczości. Meitner prowadziła własny oddział i miała własnych doktorantów.

W 1926 roku jako pierwsza kobieta w Niemczech uzyskała tytuł profesora zwyczajnego na Uniwersytecie Berlińskim. Kiedy Hitler doszedł do władzy w 1933 roku, natychmiast straciła stanowisko – jako Żydówka nie mogła wykładać. Mogła jednak nadal pracować w Kaiser Wilhelm Institut, bo instytut nie był uczelnią państwową. Na razie.

Ucieczka w jednej walizce

W marcu 1938 roku Niemcy zajęły Austrię. Meitner straciła austriackie obywatelstwo i stała się osobą bez dokumentów w kraju, który wprowadzał coraz ostrzejsze prawa rasowe. Wniosek o wyjazd – odrzucony. Każdy wyjazd wymagał pozwolenia, a ono coraz rzadziej było wydawane Żydom.

Hahn i holenderski fizyk Dirk Coster zorganizowali jej ucieczkę w lipcu 1938 roku. Meitner spędziła całą poprzednią noc pakując. Zabrała tylko tyle, ile zmieściło się do małej walizki. Kilka ubrań, trochę pieniędzy pożyczonych od Hahna, złoty pierścionek od matki – na wypadek gdyby trzeba było go sprzedać na granicy. Przekroczyła granicę holenderską bez ważnych dokumentów, ufając, że straż graniczna jej nie sprawdzi. Nie sprawdziła.

Przez Holandię i Danię trafiła do Szwecji, gdzie Manne Siegbahn – noblista – zapewnił jej skromne stanowisko w swoim sztokholmskim instytucie. Skromne znaczy: własne biurko, minimalny budżet, brak asystentów. Meitner miała 60 lat i zaczynała od zera.

Gwiazdkowy list i równanie, które zmieniło świat

Hahn i Strassmann kontynuowali eksperymenty w Berlinie. W grudniu 1938 roku Hahn napisał do Meitner: zaobserwowali coś niepojętego – bombardując uran neutronami, otrzymywali bar. Bar ma prawie trzy razy mniejsze jądro od uranu. Jak to możliwe?

Lise Meitner i Otto Hahn w laboratorium Kaiser Wilhelm Institut, Berlin | Źródło: Wikimedia Commons/Archiwum Federalne Niemiec, domena publiczna | Von Autor/-in unbekannt - Search + 558596 • Pioneering atomic physicist Ernest Rutherford in his laboratory, ca. 1925. OPA at National ArchivesLise Meitner and Otto Hahn, Kaiser-Wilhelm Institute, Berlin • "...the National Archives identifies the man as Ernest Rutherford, but other sources agree in labeling this a picture of Meitner and Hahn...". The U.S. DOE Office of HistoryOtto Hahn 1913 is correct! see https://www.flickr.com/photos/smithsonian/4405627945/in/photostream/, Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1099478

Jak to działa: rozszczepienie jądra atomowego

Jądro atomu jest utrzymywane przez siłę jądrową – najsilniejszą ze znanych sił. Ale ciężkie jądra, takie jak uran-235, są niestabilne: protonów jest w nich tak dużo, że odpychają się elektrycznie i trzyma je tylko siła jądrowa.

Kiedy neutron uderza w jądro uranu-235, jądro pochłania go i staje się uran-236 – jeszcze bardziej niestabilny. Zaczyna drgać i odkształcać się jak kropla wody, aż w końcu pęka na dwa mniejsze jądra – najczęściej bar i krypton – i wyrzuca 2...3 nowe neutrony.

Te neutrony mogą trafić w kolejne jądra uranu i wywołać kolejne rozszczepienia. To jest reakcja łańcuchowa. Masa produktów jest nieznacznie mniejsza od masy uranu-236 – brakująca masa zamienia się w energię według wzoru Einsteina: $E = mc^2$. Dla jednego kilogramu uranu-235 to energia 17 kiloton trotylu.

Meitner i jej siostrzeniec Frisch pierwsi obliczyli tę różnicę mas i wyjaśnili mechanizm. Oni też zaproponowali nazwę: fission – rozszczepienie. Termin pochodzi z biologii, gdzie opisuje podział komórki. Hahn obserwował eksperyment. Meitner rozumiała, co się dzieje.

eprasa.pl fad3467d02

Lise Meitner z wykładu na Catholic University, Waszyngton, 1946 | Źródło: Autorstwa Smithsonian Institution – Flickr: Lise Meitner (1878–1968), lecturing at Catholic University, Washington, D.C., 1946, Domena publiczna, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18386027

Meitner była właśnie na spotkaniu bożonarodzeniowym w kurorcie Kungälv pod Göteborgiem. Jej siostrzeniec Otto Robert Frisch – też fizyk – przyjechał na święta. Wyszli razem na spacer w śniegu: ona na nartach, on pieszo. Usiedli na powalonej kłodzie i zaczęli liczyć.

Meitner znała wzory na energię wiązania jądrowego. Obliczyli, że jądro uranu może rzeczywiście pęknąć na dwa mniejsze – jak nabrzmiała kropla, zgodnie z modelem Nielsa Bohra. Obliczyli różnicę mas. Wynik: brakująca masa zamienia się w energię – ogromną energię, zgodnie z $E = mc^2$ Einsteina. Wszystko się zgadzało. Napisali artykuł, który ukazał się w „Nature" w lutym 1939 roku. Podpisali go oboje: Meitner i Frisch.

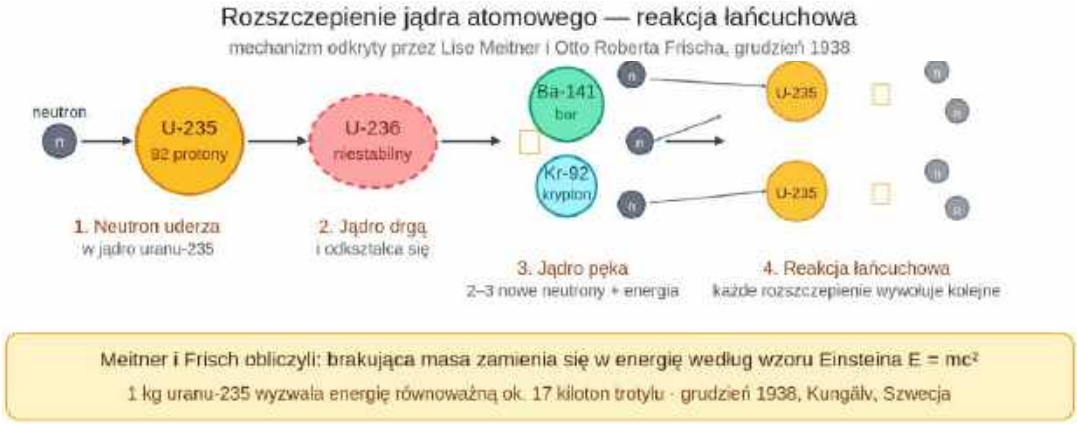
W ciągu kilku miesięcy cały świat fizyki zrozumiał implikacje. Einstein napisał list do Roosevelta. Projekt Manhattan ruszył w 1942 roku. Meitner odmówiła udziału – jako jedna z niewielu zaproszonych fizyków. Powiedziała wprost: „nie chcę mieć nic wspólnego z bombą".

Nobel dla Hahna – sam

W 1944 roku Komitet Noblowski przyznał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii Otto Hahnowi – za odkrycie rozszczepienia jądra. Ogłoszono to w listopadzie 1945 roku, po wojnie. Lise Meitner nie została wymieniona. Frisch też nie.

To był jeden z najbardziej kontrowersyjnych werdyktów w historii nagrody. Meitner była nominowana do Nobla – w różnych dziedzinach – 48 razy. Nigdy go nie otrzymała. Część historyków nauki uważa, że zadecydowały trzy czynniki: była kobietą, była Żydówką i przebywała na emigracji, podczas gdy Hahn był w Niemczech i cieszył się silnym poparciem środowiska.

Sam Hahn przez lata umniejszał rolę Meitner w odkryciu – przedstawiał ją jako kogoś, kto tylko pomagał. Dopiero po jego śmierci i po otwarciu archiwów korespondencji stało się jasne, że to Meitner wyjaśniła mechanizm rozszczepienia i nadała mu nazwę. Hahn obserwował eksperyment. Meitner rozumiała, co widzi.



Jak działa rozszczepienie jądra atomowego – mechanizm i reakcja łańcuchowa

eprasa.pl fad3467d02

Lise Meitner z fizykami w Kopenhadze, 1963 (siedzi czwarta od lewej) | Źródło: By Unknown author - Self-scanned, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11119555

Spokojne życie i niespokojne sumienie

Po wojnie Meitner pozostała w Szwecji, a od 1960 roku zamieszkała w Cambridge, blisko siostrzeńca Frischa. Nie traciła czasu na gorycz – wygłaszała wykłady, uczestniczyła w konferencjach, odpowiadała na listy.

Na pytania o bombę atomową odpowiadała z powagą i bez triumfalizmu. Uważała, że fizycy muszą wziąć odpowiedzialność za konsekwencje swojej pracy – i że właśnie dlatego odmówiła Manhattanowi. „Nauka sama w sobie jest piękna" – mówiła. „Ale to, co z nią robimy, zależy od nas".

Lise Meitner zmarła 27 października 1968 roku w Cambridge, osiem dni przed swoimi 90. urodzinami. Na nagrobku, który wybrał jej siostrzeniec, jest napis: „Lise Meitner: a physicist who never lost her humanity".

Dlaczego jej nie znasz?

Przez dekady po wojnie historia rozszczepienia jądra była opowiadana jako historia Hahna i Strassmanna – eksperyment w laboratorium. Meitner i Frisch, którzy wyjaśnili mechanizm i opublikowali teorię, byli pomijani lub wymieniani jako tło.

Hahn – żyjący w Niemczech przez całą wojnę, nagrodzony Noblem, przez lata szanowany jako jeden z ojców chemii jądrowej – nigdy nie zadbał o to, by historia była opowiedziana uczciwie. Jego wspomnienia i wywiady systematycznie pomniejszały rolę Meitner.

Zmiana nastąpiła głównie dzięki historyczce nauki Ruth Lewin Sime, która w 1996 roku opublikowała biografię „Lise Meitner: A Life in Physics" opartą na archiwach i korespondencji. Dziś Meitner jest uznawana za współodkrywczynię rozszczepienia. Komitet Noblowski nigdy oficjalnie nie przyznał błędu z 1944 roku.

Meitnerium – element 109

W 1982 roku w Instytucie Ciężkich Jonów GSI w Darmstadt Peter Armbruster i Gottfried Münzenberg zsyntetyzowali nowy pierwiastek o liczbie atomowej 109. W 1997 roku Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC) nadała mu oficjalną nazwę: meitnerium, symbol Mt. Hahn ma swój pierwiastek też – hahnium – ale to inna historia.

Poza pierwiastkiem: jej imię noszą kratery na Księżycu i Wenus, asteroid, szkoły, instytuty badawcze i nagrody naukowe w Austrii, Niemczech i Szwecji. W Berlinie stoi pomnik.

Einstein nazywał ją „naszą panią Curie". Bohr uważał jej wkład za fundamentalny. Hahn odebrał nagrodę sam. Historia nauki nie jest sprawiedliwym sędzią – ale jest długa. I Lise Meitner doczekała się w niej miejsca, które jej się należy. ■

Paweł Biernacki

eprasa.pl fad3467d02

Co z tą energią?

W 2025 r. odnawialne źródła energii – słońce, wiatr, woda i biomasa – po raz pierwszy od stu lat wyprodukowały na świecie więcej prądu niż węgiel. W tym samym roku ludzkość wyemitowała rekordową ilość dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych, centra danych zużyły mniej więcej trzy razy więcej prądu niż cała Polska, a na początku 2026 r. jedna wojna zamknęła cieśninę, przez którą płynęła co czwarta baryłka ropy transportowanej morzem. Energetyka jeszcze nigdy nie zmieniała się tak szybko i nigdy nie była tak trudna do przewidzenia. Spróbujmy mimo to zajrzeć 20...30 lat do przodu.

eprasa.pl fad3467d02

86%

energii pierwotnej świata

nadal pochodziło w 2025 r. z węgla, ropy i gazu

Energy Institute 2026

33,8% : 33,0%

OZE kontra węgiel

udział w produkcji prądu na świecie w 2025 r. – OZE pierwszy raz od stu lat górą

Ember 2026

1200 t/s

dwutlenku węgla

z paliw kopalnych w 2025 r. (38,1 mld ton w ciągu roku)

Global Carbon Budget 2025

+1,60°C

rok 2024

pierwszy rok kalendarzowy ponad 1,5°C cieplejszy od epoki przedprzemysłowej

Copernicus

485 TWh

centra danych 2025

ok. trzy razy więcej prądu, niż zużywa w ciągu roku Polska

MAE 2026

400 mln bbl

ropy z rezerw

udostępnione 11 marca 2026 r. po zamknięciu Cieśniny Ormuz

MAE 2026

Rysunek 1. Świat energii w sześciu liczbach (2025–2026). Źródła: Energy Institute, Statistical Review of World Energy 2026 (udział paliw kopalnych w energii pierwotnej, metoda „total energy supply"); Ember, Global Electricity Review 2026; Global Carbon Budget 2025 (przeliczenie emisji na sekundę – redakcja MT); Copernicus Climate Change Service; Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE): Key Questions on Energy and AI (2026) oraz The Middle East and Global Energy Markets (2026)

Od redakcji

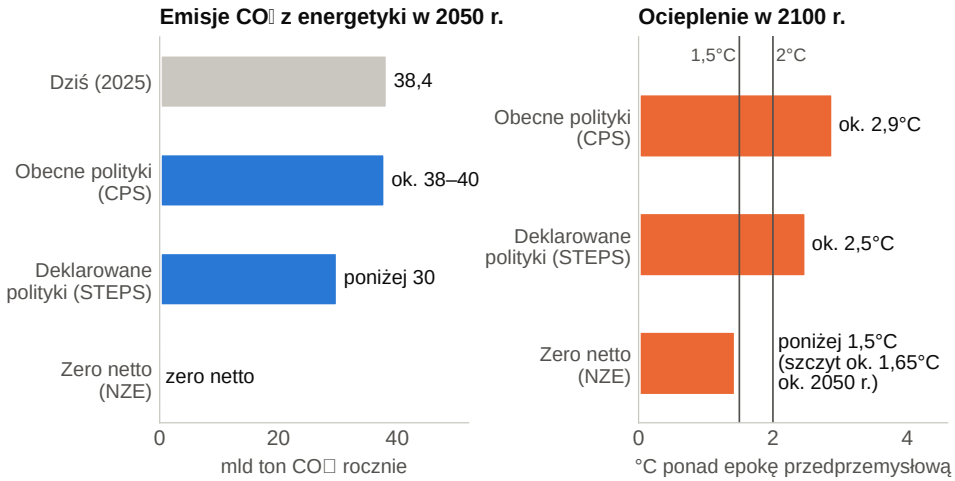
Kiedy dzisiejszy piętnastolatek będzie miał 39 lat, będzie rok 2050. To rok, w którym Unia Europejska ma osiągnąć neutralność klimatyczną, czyli emitować nie więcej gazów cieplarnianych, niż jest w stanie ich pochłonąć. To także horyzont, na który planuje się elektrownie: pierwszy blok jądrowy na Pomorzu, który ma ruszyć w 2036 r., jest projektowany na 60 lat pracy (według Westinghouse – 60...80 lat), więc może dostarczać prąd jeszcze pod koniec stulecia. Decyzje energetyczne podejmowane dziś będą więc działać przez całe dorosłe życie naszych najmłodszych Czytelników.

Dlatego w tym numerze nie ograniczamy się do opisu tego, co jest. Pytamy, co będzie za 20–30 lat – na świecie i w Polsce. Nie obiecujemy jednej przepowiedni, bo takiej nikt rzetelnie nie poda. Pokażemy natomiast scenariusze, jakie przygotowują Międzynarodowa Agencja Energetyczna, operatorzy sieci i polski rząd, i wyjaśnimy, od czego zależy, który z nich się spełni (**rysunek 2**).

Zaczynamy od elementarza, bo bez rozróżnienia mocy i energii trudno będzie nam się porozumieć. Potem idziemy do centrów danych, w których sztuczna inteligencja zużywa prąd na skalę całych państw. Następnie do Cieśniny Ormuz, gdzie w 2026 r. okazało się, jak kruchy jest świat oparty na ropie, i do atmosfery, która nie czeka na politykę. Sprawdzimy, ile naprawdę mogą dać fuzja jądrowa, wodór, baterie i wielkie kable prądu stałego. Na koniec wrócimy do Polski: do pierwszego prądu z Bałtyku, budowy elektrowni jądrowej, zielonej energii wyłączanej w słoneczne południa i planu, który ma przeprowadzić nas od węgla do systemu opartego na OZE i atomie.

Wszystkie liczby w numerze podajemy z datą i źródłem. Energetyka zmienia się tak szybko, że część z nich może się zdezaktualizować, zanim ten egzemplarz trafi do Waszych rąk. To także jest lekcja: w energetyce trzeba umieć odróżnić trwały trend od chwilowego wstrząsu.

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 2. Trzy drogi do połowy wieku według Międzynarodowej Agencji Energetycznej. Scenariusz obecnych polityk (CPS) zakłada, że rządy nie wprowadzą nic ponad to, co już obowiązuje; scenariusz deklarowanych polityk (STEPS) – że wprowadzą polityki już przyjęte oraz te, nad którymi formalnie pracują; scenariusz zero netto (NZE) pokazuje drogę do zerowych emisji netto z energetyki w 2050 r. Emisje w 2025 r.: 38,4 mld t CO_2 z energetyki (MAE, Global Energy Review 2026). MAE liczy emisje inaczej niż Global Carbon Budget (tylko CO_2 z paliw kopalnych i cementu – 38,1 mld t), stąd różnica względem rysunku 1. W scenariuszu NZE temperatura przejściowo przekracza 1,5°C (szczyt ok. 1,65°C około 2050 r.) i wraca poniżej 1,5°C do 2100 r. Źródło: MAE, World Energy Outlook 2025

Elementarz

Wat, watogodzina i 50 Hz

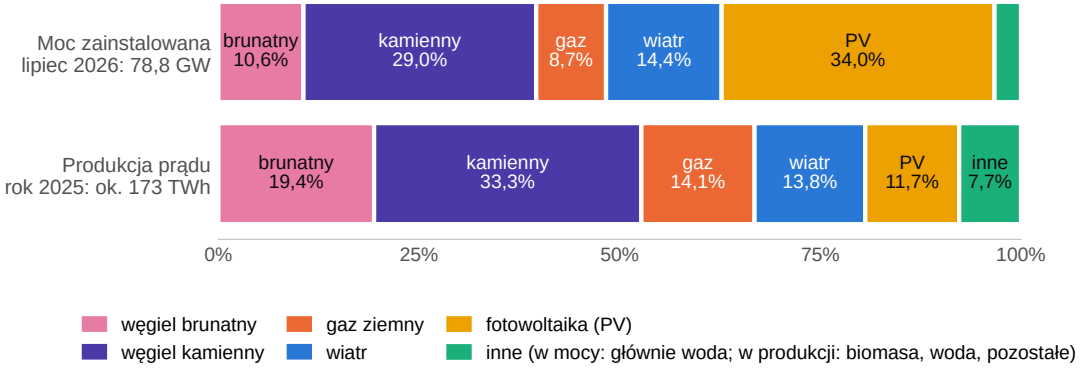
W wiadomościach o energetyce roi się od gigawatów i terawatogodzin. Te dwie jednostki opisują dwie różne wielkości, a mylenie ich prowadzi do absurdalnych wniosków. Zanim zaczniemy prognozować świat za 30 lat, uporządkujmy podstawy.

Moc to nie energia

Moc mówi, jak szybko urządzenie pobiera albo wytwarza energię. Mierzymy ją w watach (W) i ich wielokrotnościach: kilowatach (kW), megawatach (MW), gigawatach (GW). Energia to moc pomnożona przez czas, dlatego jej jednostką jest watogodzina (Wh) i jej wielokrotności, aż do terawatogodziny (TWh), czyli miliarda kilowatogodzin. Czajnik o mocy 2 kW pracujący pół godziny zużywa 1 kWh energii. Żarówka LED o mocy 10 W potrzebuje godziny, żeby zużyć 10 Wh.

W energetyce ta różnica ma ogromne znaczenie. Elektrownia o mocy 1 GW pracująca bez przerwy przez cały rok (8760 godzin) wyprodukowałaby 8,76 TWh energii. W praktyce żadna elektrownia nie pracuje cały czas z pełną mocą: bloki węglowe i jądrowe przechodzą remonty i dostosowują produkcję do zapotrzebowania, a panele fotowoltaiczne pracują pełną mocą tylko w słoneczne południe. Stosunek energii faktycznie wyprodukowanej w ciągu roku do tej, którą źródło dałoby przy pełnej mocy przez cały rok, nazywamy współczynnikiem wykorzystania mocy.

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 3. Moc to nie energia. Górny słupek: udział źródeł w mocy zainstalowanej w polskim systemie elektroenergetycznym w lipcu 2026 r. (razem 78,8 GW; dane PSE za serwisem gramwzielone.pl; „inne" w górnym słupku to głównie elektrownie wodne). Dolny słupek: udział źródeł w produkcji energii elektrycznej w Polsce w całym 2025 r. (dane Forum Energii; podział węgla i gazu przeliczony przez redakcję z wartości w TWh). Oba słupki pochodzą z różnych okresów, bo dane o produkcji za 2026 r. nie są jeszcze kompletne

Na przykładzie Polski: w 2025 r. fotowoltaika wyprodukowała 20,3 TWh przy średniej mocy zainstalowanej ok. 23,5 GW (od ok. 21 GW na początku roku do 25,9 GW na końcu, dane Forum Energii). Jej współczynnik wykorzystania mocy wyniósł więc ok. 10%. Lądowe farmy wiatrowe – 23,8 TWh przy ok. 11 GW – osiągnęły ok. 25% (przeliczenia redakcji). Dlatego w lipcu 2026 r. fotowoltaika była największym pojedynczym rodzajem źródła w polskim systemie pod względem mocy zainstalowanej (34%; elektrownie na węgiel kamienny miały 29%, a na brunatny 11% – razem 40%), a pod względem wyprodukowanej energii prowadził wciąż węgiel (**rysunek 3**). Z tego samego powodu, żeby zastąpić gigawat mocy w elektrowni węglowej, potrzeba kilku gigawatów mocy w panelach i wiatrakach oraz magazynów energii. O tym, jak ten problem rozwiązuje się w praktyce, piszemy w tekstach o magazynach energii i o polskiej sieci.

Energia pierwotna, końcowa i prąd

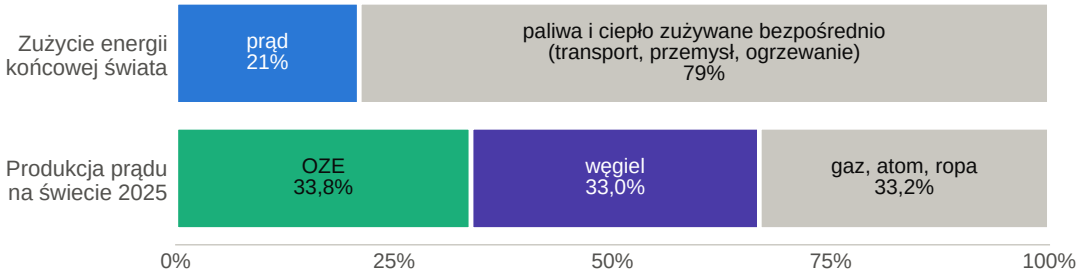
Na **rysunku 1** zestawiliśmy dwie liczby, które pozornie sobie przeczą: paliwa kopalne dały w 2025 r. 86% energii pierwotnej świata, a jednocześnie OZE wyprodukowały 33,8% światowego prądu. Obie są prawdziwe, bo opisują co innego. Energia pierwotna to cała energia dostarczona gospodarce: węgiel, ropa, gaz, uran, biomasa, energia wiatru i słońca. Energia końcowa to ta, którą faktycznie zużywają odbiorcy: benzyna w baku, gaz w piecu, prąd w gniazdku. Prąd stanowi zaledwie 21% światowego zużycia energii końcowej (MAE, World Energy Outlook 2025). Pozostałe 79% to głównie paliwa spalane bezpośrednio w samochodach, statkach, samolotach, piecach hutniczych i domowych kotłach, a także ciepło z sieci ciepłowniczych (**rysunek 4**). OZE świetnie radzą sobie w produkcji prądu, ale do tych 79% docierają dopiero wtedy, gdy przestawiamy transport, ogrzewanie i przemysł na prąd.

Po drodze od energii pierwotnej do końcowej część energii ginie. Elektrownia węglowa zamienia na prąd mniej niż połowę energii zawartej w węglu; najnowocześniejsze polskie bloki osiągają sprawność netto ok. 45%, a resztę oddają jako ciepło do atmosfery i wody chłodzącej. W statystykach energii pierwotnej prąd z wiatru i słońca liczy się natomiast tak, jak został wyprodukowany, bez strat na spalanie. Dlatego zastępowanie węgla przez OZE zmniejsza zużycie energii pierwotnej, choć odbiorcy dostają tyle samo prądu. Uwaga dla porównujących stare i nowe wykresy: od 2025 r. Energy Institute liczy energię pierwotną tą właśnie metodą. W starszych opracowaniach, liczonych inaczej, udział paliw kopalnych wynosił ok. 81%, i tych liczb nie wolno zestawiać bez komentarza.

Sieć, która musi się bilansować co do sekundy

Prądu w sieci nie da się „odłożyć na półkę". W każdej chwili elektrownie muszą wytwarzać dokładnie tyle mocy, ile pobierają odbiorcy razem ze stratami w liniach. Miarą tej równowagi jest częstotliwość napięcia przemiennego, która w Europie wynosi 50 Hz. Kiedy odbiorcy

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 4. Dlaczego 86% energii pierwotnej z paliw kopalnych i 33,8% energii elektrycznej z OZE to nie jest sprzeczność. Górny słupek: udział prądu w światowym zużyciu energii końcowej (MAE, World Energy Outlook 2025). Dolny słupek: struktura światowej produkcji energii elektrycznej w 2025 r. (Ember, Global Electricity Review 2026). Szary segment dolnego słupka obejmuje gaz ziemny, energetykę jądrową i ropę naftową

pobierają więcej, niż dają elektrownie, generatory zwalniają i częstotliwość spada; kiedy produkcji jest za dużo – rośnie. Operatorzy utrzymują ją w wąskim przedziale, a przy dużym spadku (w Europie kontynentalnej poniżej 49 Hz) automatyka odłącza grupy odbiorców, żeby ratować resztę systemu.

W klasycznej elektrowni prąd wytwarza generator synchroniczny: wirnik ważący dziesiątki ton obraca się w rytm sieci. Te wirujące masy magazynują energię kinetyczną i przez pierwsze sekundy po awarii same łagodzą spadek częstotliwości. Fizycy nazywają to bezwładnością systemu. Panele fotowoltaiczne, farmy wiatrowe i magazyny bateryjne łączą się z siecią przez falowniki, czyli układy energoelektroniczne, które same z siebie takiej bezwładności nie mają. Nowoczesne falowniki potrafią ją jednak emulować, a system z coraz większym udziałem OZE musi się tego nauczyć.

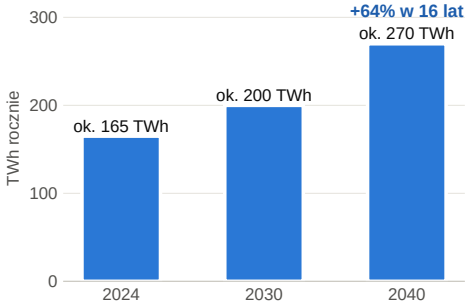
Przelicznik

- **1 Wh** – żarówka LED o mocy 10 W świecąca przez 6 minut.
- **1 kWh** – czajnik o mocy 2 kW pracujący przez pół godziny.
- **1 TWh** = 1 miliard kWh. Według przelicznika Orlenu 4 TWh rocznie pokrywają potrzeby ponad 1,5 mln gospodarstw domowych, więc 1 TWh to roczne zużycie ok. 375 tys. gospodarstw.
- **8,76 TWh** – tyle wyprodukowałaby w ciągu roku elektrownia o mocy 1 GW, gdyby pracowała cały czas z pełną mocą.
- **ok. 165...170 TWh** – roczne zużycie prądu w Polsce (KPEiK podaje ok. 165 TWh dla 2024 r.).
- **1 baryłka ropy** = 159 litrów.

Częstotliwość to nie jedyny parametr, który trzeba pilnować. Drugim jest napięcie, regulowane lokalnie przez tzw. moc bierną. Właśnie utrata kontroli nad napięciem, a nie „nadmiar słońca", doprowadziła 28 kwietnia 2025 r. do blackoutu w Hiszpanii i Portugalii. Przebieg tych ok. 90 sekund opisujemy w tekście o sieciach przyszłości.

Jak czytać prognozy na 30 lat

W tym numerze często będziemy pisać o latach 2040 i 2050. Warto od razu wyjaśnić, czym są liczby, które w tym kontekście podają instytucje energetyczne. Prawie nigdy nie są to przepowiednie, tylko scenariusze: odpowiedzi na pytanie „co się stanie, jeśli...". Międzynarodowa Agencja Energetyczna w raporcie World Energy Outlook 2025 liczy trzy główne scenariusze (rysunek 2). Jeśli rządy nie wprowadzą nic ponad to, co już obowiązuje, emisje CO_2



Rysunek 5. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce według Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu (2026): stan w 2024 r. i prognozy na 2030 i 2040 r. Źródło: Ministerstwo Energii, KPEiK – wartości z komunikatu o projekcie planu z grudnia 2025 r. (dokument przyjęto 8 czerwca 2026 r.; w jego części głównej tych liczb nie opublikowano), za serwisem gramwzielone.pl; wartości zaokrąglone

eprasa.pl fad3467d02

Słowniczek

OZE – odnawialne źródła energii: słońce, wiatr, woda, biomasa, geotermia.

Moc zainstalowana – suma mocy znamionowych wszystkich źródeł danego typu.

Współczynnik wykorzystania mocy – energia wyprodukowana w ciągu roku podzielona przez energię, jaką dałoby źródło pracujące cały rok z pełną mocą.

ppm – części na milion; 425 ppm CO_2 oznacza 425 cząsteczek CO_2 na milion cząsteczek powietrza.

Mt, Gt – megatona (milion ton) i gigatona (miliard ton).

PPA – długoterminowa umowa zakupu energii między wytwórcą a odbiorcą.

CfD (kontrakt różnicowy) – umowa, w której państwo gwarantuje wytwórcy ustaloną cenę energii: dopłaca, gdy cena rynkowa jest niższa, i odbiera nadwyżkę, gdy jest wyższa.

SMR – mały reaktor modułowy, zwykle o mocy do ok. 300 MW.

HVDC – przesył energii prądem stałym wysokiego napięcia.

PUE – wskaźnik efektywności centrum danych: energia zużyta przez cały obiekt podzielona przez energię zużytą przez urządzenia informatyczne (serwery, pamięci masowe, urządzenia sieciowe).

Redysponowanie nierynkowe – ograniczenie produkcji źródła na polecenie operatora sieci, gdy system nie może przyjąć energii.

CCS i DAC – wychwyt CO_2 ze spalin (CCS) i bezpośrednio z powietrza (DAC).

Q – w fuzji jądrowej stosunek energii uzyskanej z reakcji do energii użytej do grzania paliwa.

z energetyki utrzymają się do 2050 r. na poziomie ok. 38...40 mld t rocznie, a temperatura wzrośnie do 2100 r. o ok. 2,9°C. Jeśli wprowadzą także polityki, nad którymi już formalnie pracują, emisje spadną poniżej 30 mld t, a ocieplenie wyniesie ok. 2,5°C. Scenariusz zero netto pokazuje z kolei, co trzeba zrobić, żeby emisje z energetyki spadły do zera netto w 2050 r.

Polski Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu (KPEiK), przyjęty przez rząd 8 czerwca 2026 r., też ma dwa scenariusze: WEM (tylko obecne działania) i WAM (z działaniami dodatkowymi). Oba sięgają 2040 r. i w obu jedno jest pewne: Polska będzie potrzebować znacznie więcej prądu. Zapotrzebowanie ma wzrosnąć z ok. 165 TWh w 2024 r. do ok. 200 TWh w 2030 r. i ok. 270 TWh w 2040 r. – takie liczby podało Ministerstwo Energii, przedstawiając projekt planu w grudniu 2025 r. (**rysunek 5**). Powód to elektryfikacja: samochody elektryczne zamiast spalinowych, pompy ciepła zamiast kotłów, prąd w przemyśle, a także nowe centra danych. Całkowite zużycie energii może przy tym spadać, bo urządzenia elektryczne są zwykle sprawniejsze od tych, które zastępują.

Scenariusze energetyczne mylą się najczęściej wtedy, gdy zmienia się coś, czego nie przewidziano: technologia tanieje szybciej, niż zakładano, albo wybucha wojna. Rok 2026 dostarczył przykładu drugiego rodzaju. Dlatego czytając każdą prognozę, warto zadać dwa pytania: w jakim scenariuszu została policzona i kto ją przygotował. ■

Źródła

MAE, World Energy Outlook 2025 – Executive summary: https://skroc.pl/ktmzaVC
MAE, WEO 2025 – Current Policies Scenario: https://skroc.pl/kGa4fNY
MAE, WEO 2025 – Stated Policies Scenario: https://skroc.pl/GrReDRu
MAE, WEO 2025 – Net Zero Emissions by 2050: https://skroc.pl/V3bti2T
MAE, Global Energy Review 2026 – emisje CO_2: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2026/co2-emissions
MAE, Key Questions on Energy and AI (2026): https://skroc.pl/P3JZSkF
MAE, The Middle East and Global Energy Markets: https://www.iea.org/topics/the-middle-east-and-global-energy-markets
Energy Institute, Statistical Review of World Energy 2026: https://skroc.pl/hdpBzKQ
Our World in Data, zmiana metody liczenia energii pierwotnej: https://skroc.pl/ZVWbXCP
Ember, Global Electricity Review 2026: https://ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2026/
Global Carbon Budget 2025: https://globalcarbonbudget.org/fossil-fuel-co2-emissions-hit-record-high-in-2025/
Copernicus, Global Climate Highlights 2025: https://climate.copernicus.eu/copernicus-2025-was-third-hottest-year-record
Forum Energii, podsumowanie 2025: https://www.forum-energii.eu/en/2025_wrapped
PSE – moce zainstalowane VII 2026 (gramwzielone.pl): https://www.gramwzielone.pl/trendy/20372051/fotowoltaika-zostala-liderem-mocy-w-polsce-wegiel-nadal-dominuje-w-produkcji-energii
KPEiK – przyjęcie przez Radę Ministrów: https://skroc.pl/GpkkuC3
KPEiK – zapotrzebowanie na prąd (gramwzielone.pl): https://skroc.pl/UPRDorU
Orlen, Baltic Power – pierwszy prąd (przelicznik gospodarstw): https://skroc.pl/nD6zpdg

eprasa.pl fad3467d02

Sztuczna inteligencja i energia

Chmura, która pobiera gigawaty

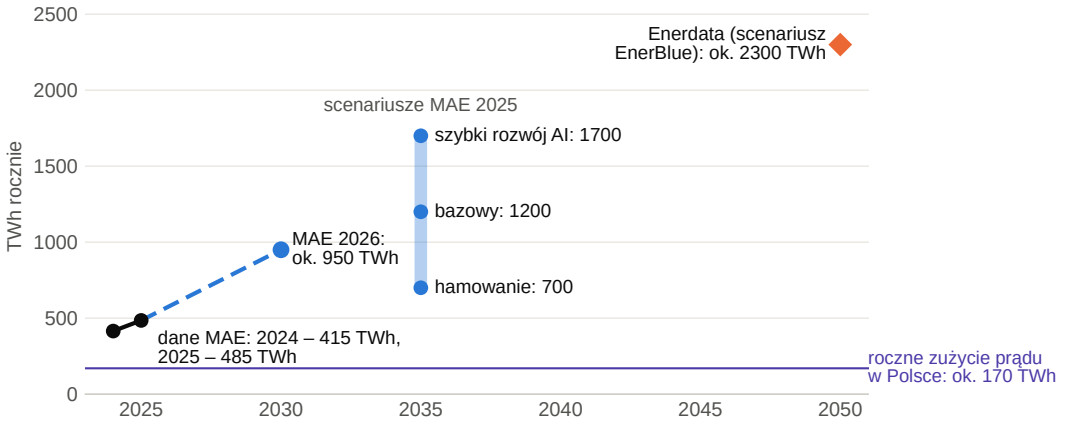
Sztuczna inteligencja kojarzy się z „chmurą", czyli z czymś lekkim i niematerialnym. W rzeczywistości za każdą odpowiedzią czatbota stoją hale pełne kart graficznych o mocy kilowata każda, transformatory, turbiny gazowe i coraz częściej reaktory jądrowe. Sprawdzamy, ile prądu naprawdę zużywa AI, dlaczego popularne porównania są nieaktualne, co to oznacza dla Polski i czy za 20...30 lat rozwój sztucznej inteligencji nie zatrzyma się na braku mocy w gniazdku.

Trzy Polski w serwerowniach

Centrum danych to budynek wypełniony serwerami, pamięciami masowymi i urządzeniami sieciowymi, zasilany z sieci elektroenergetycznej i chłodzony przez wielkie układy klimatyzacji albo obiegi cieczy. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) wszystkie centra danych świata zużyły w 2024 r. ok. 415 TWh energii elektrycznej, czyli ok. 1,5% światowego zużycia prądu. Prawie połowa tej energii przypadła na Stany Zjednoczone (45%), co czwarta kilowatogodzina na Chiny (25%), a ok. 15% na Europę.

W 2025 r. zużycie wzrosło o 17%, do ok. 485 TWh. Najszybciej, bo o połowę, rosło zużycie centrów nastawionych na sztuczną inteligencję

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 6. Zużycie energii elektrycznej przez centra danych na świecie: dane za 2024 i 2025 r. oraz prognozy. Wartość na 2030 r. pochodzi z aktualizacji MAE z kwietnia 2026 r.; trzy wartości na 2035 r. to scenariusze z raportu MAE „Energy and AI" (kwiecień 2025); wartość na 2050 r. to scenariusz EnerBlue firmy analitycznej Enerdata (zakłada realizację zadeklarowanych przez państwa celów klimatycznych). Prognoz różnych instytucji nie łączymy linią, bo powstały według różnych metod. Źródła: MAE; Enerdata, EnerOutlook

(MAE, kwiecień 2026). 485 TWh to mniej więcej trzy razy więcej, niż w ciągu roku zużywa cała Polska. Według bazowego scenariusza MAE do 2030 r. zużycie centrów danych podwoi się do ok. 950 TWh, czyli ok. 3% światowego zużycia prądu – to więcej, niż zużywa dziś Japonia (**rysunek 6**).

W skali całego świata to jednak wciąż niewielki kawałek tortu: centra danych mają odpowiadać za „nieco poniżej 10%" przyrostu zapotrzebowania na prąd do 2030 r. Znacznie więcej dołożą klimatyzatory, samochody elektryczne i przemysł. Problem jest lokalny, bo centra danych skupiają się w kilku miejscach. W Stanach Zjednoczonych odpowiadają za ok. połowę przyrostu zapotrzebowania na prąd do 2030 r. W Irlandii w 2025 r. zużyły 23% całego prądu mierzonego w kraju (7,7 TWh), podczas gdy w 2015 r. było to 5% (irlandzki urząd statystyczny CSO). W 2024 r. zużyły tam ok. trzech czwartych tego, co wszystkie irlandzkie gospodarstwa domowe razem (przeliczenie redakcji z danych CSO). Pojedyncze nowe obiekty też robią wrażenie: typowe centrum danych AI zużywa tyle prądu co 100 tys. gospodarstw domowych, a największe z budowanych – 20 razy więcej (MAE).

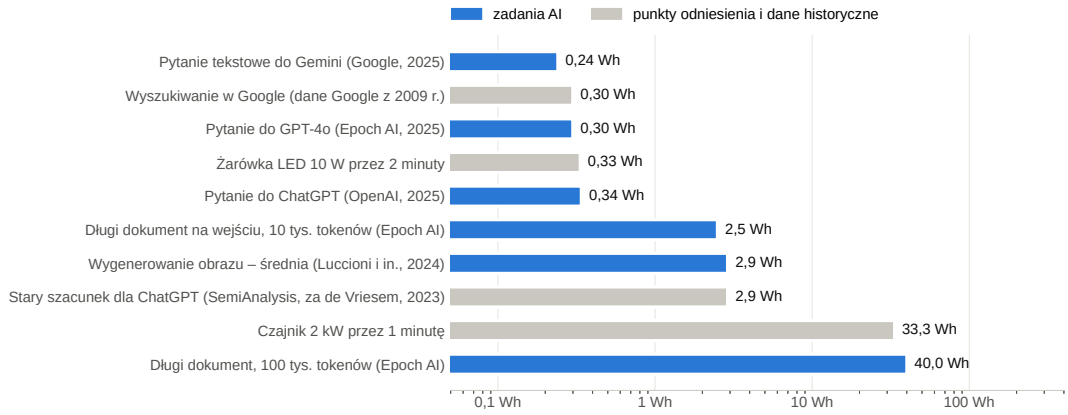
Ile kosztuje jedno pytanie

W internecie od lat krąży twierdzenie, że jedno pytanie do ChatGPT zużywa dziesięć razy więcej energii niż wyszukiwanie w Google. Samo porównanie „dziesięć razy" pochodzi z wypowiedzi Johna Hennessy'ego, prezesa rady nadzorczej Alphabetu, z lutego 2023 r., a liczby do niego – z artykułu holenderskiego badacza Alexa de Vriesa opublikowanego w 2023 r. w czasopiśmie „Joule". Autor przytoczył tam szacunek firmy analitycznej SemiAnalysis: 564 MWh na dobę przy 195 mln zapytań, czyli ok. 2,9 Wh na zapytanie, policzone dla serwerów ze starszymi kartami graficznymi A100 z początku 2023 r. Zestawił go z wartością 0,3 Wh na jedno wyszukiwanie, którą Google podał na swoim blogu w... styczniu 2009 r. Porównywano więc szacunek z 2023 roku dla ChatGPT z danymi sprzed 14 lat dla Google.

Nowsze dane i szacunki dają zupełnie inny obraz. Google opublikował w sierpniu 2025 r. szczegółową analizę, według której mediana (wartość środkowa) energii zużywanej na jedno tekstowe zapytanie do modelu Gemini wyniosła w maju 2025 r. 0,24 Wh z uwzględnieniem chłodzenia i zasilania całego centrum danych. W ciągu roku ta wartość spadła 33 razy. Szef OpenAI Sam Altman podał w czerwcu 2025 r. średnio 0,34 Wh na zapytanie do ChatGPT, nie ujawniając jednak metody obliczeń. Niezależna organizacja badawcza Epoch AI oszacowała zużycie modelu GPT-4o na ok. 0,3 Wh na typowe pytanie. Proste pytanie tekstowe zużywa więc dziś mniej więcej tyle energii, ile żarówka LED o mocy 10 W w ciągu dwóch minut (**rysunek 7**).

Nie oznacza to, że AI jest „za darmo". Rachunek rośnie wraz z długością tekstu, który model musi przeczytać: przy dokumencie o objętości

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 7. Ile energii zużywa jedno zadanie AI – w porównaniu z urządzeniami domowymi. Skala logarytmiczna: każda kolejna linia siatki oznacza dziesięć razy więcej. Źródła: Google (2009 i 2025), OpenAI (2025), Epoch AI (2025), A. de Vries, „Joule" (2023) – szacunek SemiAnalysis, A. S. Luccioni i in., ACM FAccT 2024; wartości dla żarówki i czajnika – obliczenia redakcji

10 tys. tokenów (token to kawałek słowa, zwykle kilka znaków) Epoch AI szacuje ok. 2,5 Wh, a przy 100 tys. tokenów – ok. 40 Wh, czyli więcej niż czajnik zużywa w minutę. Wygenerowanie obrazu kosztuje średnio ok. 2,9 Wh (pomiary zespołu Sashy Luccioni na sprzęcie z 2023 r.), a według MAE generowanie wideo wymaga setek, a nawet tysięcy razy więcej energii niż odpowiedź tekstowa. Coraz popularniejsze modele „rozumujące" i agenci AI, którzy samodzielnie wykonują wieloetapowe zadania, generują wielokrotnie więcej tokenów niż zwykły czatbot. Do tego dochodzi trening modeli: wytrenowanie modelu Llama 3.1 o 405 mld parametrów wymagało ok. 31 mln godzin pracy kart graficznych o mocy 700 W, co przy pełnej mocy kart odpowiada ok. 21,6 GWh energii dla samych kart (przeliczenie redakcji z danych Meta).

Dlaczego chip AI grzeje jak czajnik

Sercem centrum danych AI są akceleratory, czyli specjalizowane karty graficzne. Karta NVIDIA H100 pobiera do 700 W, nowsza B200 do 1000 W – tyle co mały czajnik elektryczny, tyle że pracujący bez przerwy przez całą dobę. W szafie GB200 NVL72 pracują 72 układy Blackwell (w tej wersji do ok. 1,2 kW każdy) i 36 procesorów Grace, a cała szafa potrzebuje do ok. 132 kW mocy (projekt referencyjny Schneider Electric i NVIDIA). MAE szacuje, że gęstość mocy serwerów AI wzrosła w latach 2020–2025 jedenastokrotnie i do 2027 r. wzrośnie jeszcze czterokrotnie; szczytowa moc jednej szafy odpowiada wtedy mocy pobieranej przez 65 gospodarstw domowych (**rysunek 8**).

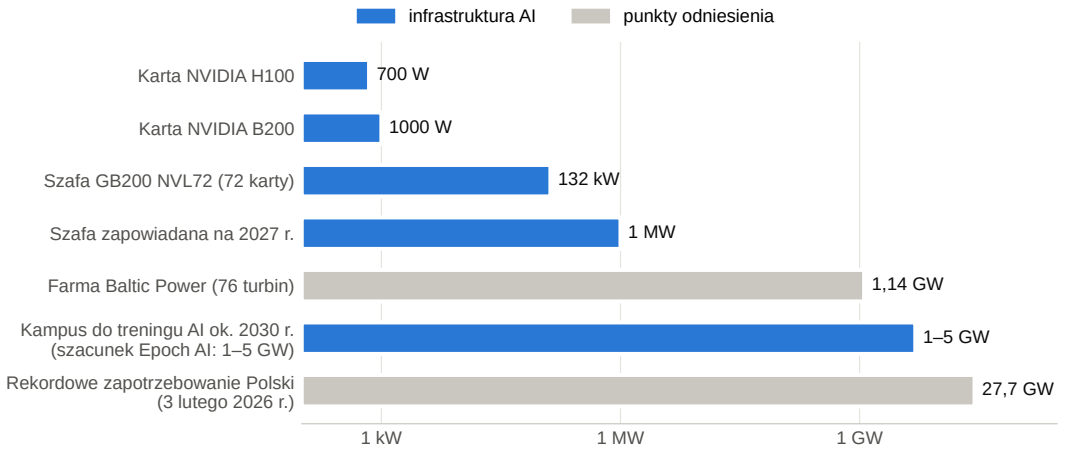
Paradoks Jevonsa

Energia potrzebna na wykonanie jednego zadania AI spada co najmniej o rząd wielkości rocznie, a mimo to całkowite zużycie prądu przez centra danych rośnie – w 2025 r. o 17%. MAE wprost nazywa to paradoksem Jevonsa. Brytyjski ekonomista William Stanley Jevons zauważył w 1865 r., że sprawniejsze maszyny parowe nie zmniejszyły zużycia węgla, tylko je zwiększyły, bo praca maszyn stała się tańsza i zaczęto ich używać wszędzie. Z AI jest podobnie: tańsza odpowiedź oznacza więcej użytkowników i więcej zastosowań.

Tak duże moce wymuszają nowe rozwiązania techniczne. Powietrze nie nadąża z odprowadzaniem ciepła, dlatego układy w szafach NVL72 chłodzi ciecz doprowadzana bezpośrednio do płytek przylegających do procesorów. NVIDIA zapowiedziała na 2027 r. szafy o mocy 1 MW zasilane prądem stałym o napięciu 800 V. Powód jest czysto elektrotechniczny: przy stosowanym dziś napięciu 54 V prąd płynący do jednej takiej szafy wynosiłby ok. 18 500 A, a szyny miedziane do jego doprowadzenia ważyłyby nawet 200 kg. Podniesienie napięcia prawie piętnastokrotnie zmniejsza natężenie prądu w tej samej proporcji, gdyż moc to iloczyn napięcia i natężenia prądu.

Efektywność całego obiektu opisuje wskaźnik PUE: energia pobrana przez centrum danych

eprasa.pl fad3467d02

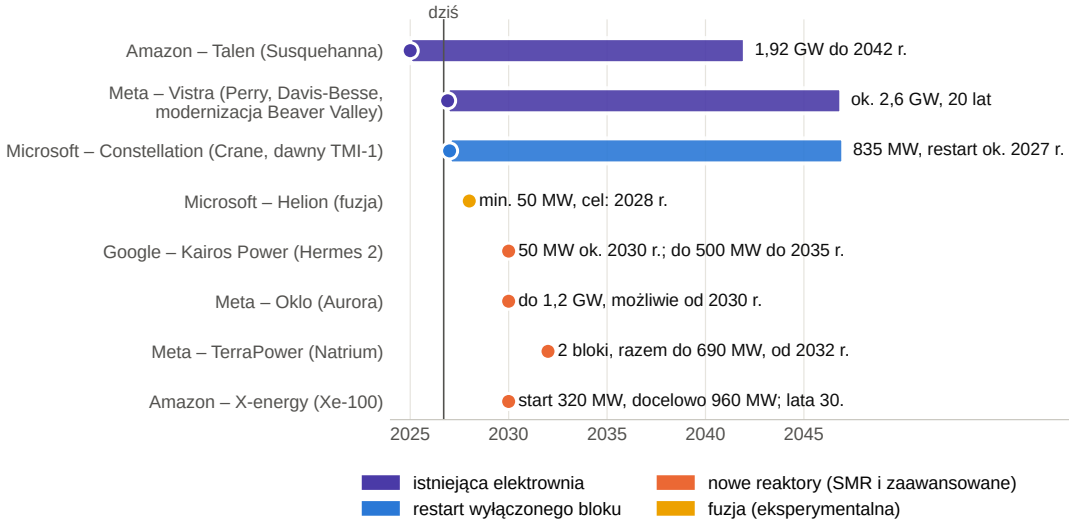


Rysunek 8. Od karty graficznej do kampusu treningowego – moc elektryczna infrastruktury AI na tle polskich punktów odniesienia. Skala logarytmiczna. Źródła: NVIDIA (karty H100 i B200, zapowiedź szaf 1 MW), Schneider Electric (szafa NVL72), Epoch AI (2024, szacunek mocy największego kampusu treningowego ok. 2030 r.), Orlen (Baltic Power), PSE (rekord zapotrzebowania)

podzielona przez energię zużytą przez urządzenia informatyczne (serwery, pamięci masowe, urządzenia sieciowe). PUE równe 1,5 oznacza, że na każdą kilowatogodzinę dla sprzętu informatycznego przypada pół kilowatogodziny na chłodzenie, zasilanie awaryjne i straty w przetwornicach. Średnia światowa wyniosła w 2025 r. 1,54 (ankieta Uptime Institute), a najlepsze floty, np. Google, osiągają ok. 1,09.

Big Tech idzie po atom

Centrum danych potrzebuje prądu przez 24 godziny na dobę, 365 dni w roku. Dlatego wielkie firmy technologiczne, które jednocześnie zadeklarowały ograniczanie emisji CO_2, zaczęły podpisywać umowy z elektrowniami jądrowymi. Wbrew często powtarzanym informacjom na razie prąd płynie wyłącznie z istniejących elektrowni. Amazon kupuje od firmy Talen



Rysunek 9. Kiedy popłynie prąd z elektrowni jądrowych dla wielkich firm technologicznych. Kółko oznacza planowany początek dostaw, pasek – okres umowy, jeśli został podany. Terminy dla nowych reaktorów i fuzji to deklaracje firm, a nie harmonogramy zatwierdzone przez dozór jądrowy. Źródła: komunikaty Talen, Meta, Constellation, Helion, Kairos Power, Amazon; World Nuclear News (stan na wrzesień 2026 r.)

eprasa.pl fad3467d02

do 1,92 GW z elektrowni Susquehanna w Pensylwanii (umowa do 2042 r.). Meta podpisała w styczniu 2026 r. 20-letnie umowy z firmą Vistra na ok. 2,6 GW: 2,2 GW z dwóch działających elektrowni w Ohio (Perry i Davis-Besse) oraz ok. 0,4 GW z modernizacji tych bloków i elektrowni Beaver Valley; dostawy mają ruszyć pod koniec 2026 r. Microsoft zapłaci za prąd z bloku Crane (dawniej Three Mile Island 1), wyłączonego w 2019 r. z powodów ekonomicznych; jego ponowne uruchomienie planowane jest na 2027 r.

Nowe reaktory jądrowe to na razie obietnice na lata 30. Google zamówił u firmy Kairos Power do 500 MW w małych reaktorach chłodzonych stopioną solą do 2035 r.; pierwszy z nich, Hermes 2 o mocy 50 MW, ma ruszyć ok. 2030 r. Amazon planuje z firmą X-energy elektrownię z reaktorów Xe-100 (na start 320 MW, docelowo 960 MW). Meta ma umowy z firmą Oklo (do 1,2 GW) i TerraPower (dwa bloki Natrium o łącznej mocy do 690 MW, z dostawami możliwymi od 2032 r.). Microsoft podpisał nawet umowę na prąd z fuzji jądrowej z firmą Helion od 2028 r. – choć żadna instalacja fuzyjna na świecie nie oddała jeszcze do sieci więcej energii, niż pobrała (**rysunek 9**). Łącznie centra danych podpisały warunkowe umowy na ok. 45 GW z przyszłych małych reaktorów, ale MAE w scenariuszu bazowym zakłada, że znaczący prąd z nich popłynie dopiero po 2030 r.

Zanim to nastąpi, lukę wypełnia gaz. Zamówienia na turbiny gazowe wzrosły w 2025 r. o 70%, a na nową turbinę czeka się ok. 5 lat. Na transformatory trzeba czekać 2–3 lata, a na przyłącze do sieci w niektórych regionach 5–10 lat (MAE 2026). Coraz częściej to właśnie te fizyczne urządzenia, a nie pomysły programistów, decydują o tym, gdzie i kiedy powstanie kolejne centrum danych.

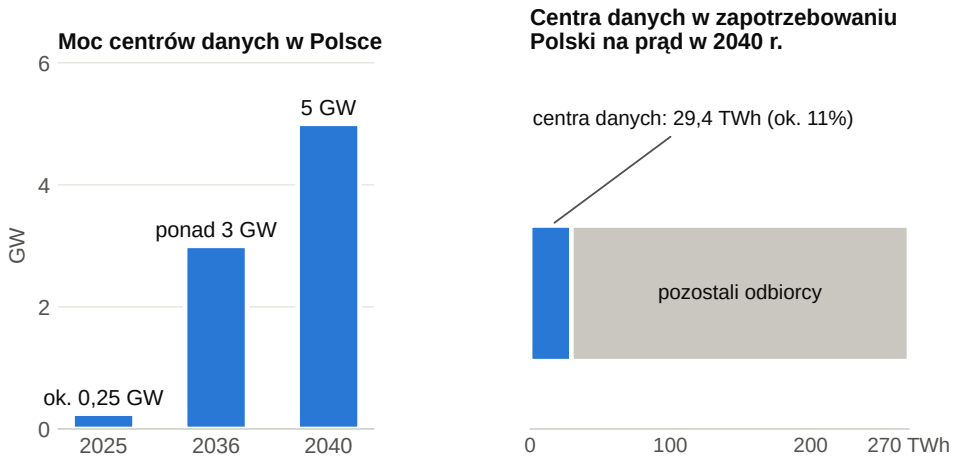
Polska: z 250 MW do 5 GW?

W Polsce centra danych są na razie małe. Ich łączna moc wynosi niespełna 250 MW (dane przytaczane przez Polski Instytut Ekonomiczny i PSE, wrzesień 2026 r.). Zainteresowanie jest jednak ogromne. Operator systemu przesyłowego PSE otrzymał początkowo wnioski o przyłączenie centrów danych na łączną moc 150–200 GW, czyli wielokrotnie więcej niż wynosi zapotrzebowanie całego kraju. Większość okazała się spekulacją: po zmianie przepisów, które wprowadziły obowiązek wpłacania zaliczek, zostało kilkanaście poważnych wniosków. PSE wydały dotąd warunki przyłączenia dla centrów danych o łącznej mocy ponad 6 GW (sierpień 2026 r.). Do spółek dystrybucyjnych trafiają kolejne wnioski: w Tauron Dystrybucja centra danych stanowią ok. 8% postępowań dotyczących dużych odbiorców i ubiegają się łącznie o ponad 0,5 GW.

W projekcie planu rozwoju sieci przesyłowej PSE zakładają, że moc centrów danych w Polsce wzrośnie do ponad 3 GW w 2036 r. i do 5 GW w 2040 r., a ich roczne zużycie prądu – do 17,4 TWh w 2036 r. i 29,4 TWh w 2040 r. To dwudziestokrotny wzrost mocy w ciągu 15 lat. Jeśli porównać te 29,4 TWh z zapotrzebowaniem na prąd przewidywanym w rządowym Krajowym Planie w dziedzinie Energii i Klimatu (ok. 270 TWh w 2040 r.), centra danych zużywałyby ok. 11% prądu w kraju (**rysunek 10**) – połowę tego, co dziś w Irlandii.

Częścią tej infrastruktury będą dwie polskie „fabryki sztucznej inteligencji" (AI Factories), współfinansowane w połowie przez Unię Europejską w ramach programu EuroHPC. PIAST-AI w Poznaniu, budowana przez Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe z trzema uczelniami, ma kosztować 100 mln euro i dysponować farmą ponad 1500 kart GPU; pełną

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 10. Centra danych w Polsce według prognozy PSE. Po lewej: moc zainstalowana w centrach danych (2025 – stan obecny, 2036 i 2040 – projekt planu rozwoju sieci przesyłowej). Po prawej: prognozowane zużycie prądu przez centra danych w 2040 r. na tle zapotrzebowania całego kraju według KPEiK (przeliczenie udziału – redakcja). Źródła: PSE za serwisami telko.in i gramwzielone.pl; KPEiK (2026)

gotowość zaplanowano na 2027 r. Gaia AI Factory w Krakowie, prowadzona przez Akademickie Centrum Komputerowe Cyfronet AGH, to projekt o wartości ok. 70 mln euro z superkomputerem wyposażonym w ponad tysiąc akceleratorów GPU. Te instalacje służą nauce i firmom do trenowania modeli; o skali zużycia prądu w kraju zdecydują jednak przede wszystkim duże komercyjne centra danych.

Za 20...30 lat: czy AI zabraknie prądu?

Prognozowanie zużycia energii przez centra danych na 20...30 lat to jedno z najtrudniejszych zadań w energetyce. Program badawczy EDNA, działający w ramach programu współpracy technologicznej MAE (IEA 4E TCP), porównał w 2025 r. opublikowane prognozy na 2030 r. i znalazł rozrzut od nieco ponad 200 TWh do prawie 8000 TWh – czterdziestokrotny. Autorzy przypominają też, że w przeszłości takie prognozy zwykle przesadzały: pod koniec lat 2010. ostrzegano przed „tsunami danych", przez które cały sektor teleinformatyczny (sieci, urządzenia i centra danych) miał do 2025 r. pochłaniać jedną piątą światowej produkcji prądu. Tymczasem same centra danych zużyły w 2025 r. ok. 1,5% światowego prądu, a cała branża – kilka procent.

Najostrożniejsze instytucje, takie jak MAE, nie wychodzą z prognozą poza 2035 r. i podają przedział od 700 do 1700 TWh, zależnie od tempa rozwoju AI i poprawy efektywności. Nieliczne analizy sięgające 2050 r., np. scenariusz firmy Enerdata, mówią o ok. 2300 TWh – prawie pięć razy więcej niż dziś (rysunek 6). Warto jednak pamiętać, że efektywność rośnie w zawrotnym tempie: według MAE sprzęt poprawia wydajność na wat o 30...40% rocznie, a moc obliczeniowa potrzebna do osiągnięcia modelu o danym poziomie możliwości spada o połowę mniej więcej co 8 miesięcy.

Czy fizyka zatrzyma AI? Badacze z Epoch AI uważają, że pierwszym ograniczeniem dla największych projektów treningowych będzie dostęp do mocy elektrycznej, a dopiero drugim produkcja chipów. Kampus treningowy ok. 2030 r. mógłby potrzebować 1...5 GW, czyli tyle, ile dają duża elektrownia albo kilka farm wiatrowych na Bałtyku. MAE wskazuje z kolei, że w najbliższych latach wąskim gardłem może być nie prąd, lecz pamięć HBM do akceleratorów: jej produkcja wystarcza do 2027 r. na maksymalnie ok. 25 GW nowych serwerów AI rocznie.

Z tych analiz wyłania się obraz, który redakcja MT uznaje za najbardziej prawdopodobny na połowę wieku. Brak prądu raczej nie zatrzyma rozwoju AI, ale będzie decydował o jego tempie i geografii: centra danych będą powstawać tam, gdzie jest wolna moc, szybkie przyłącze i tania, stabilna energia – przy elektrowniach jądrowych, farmach wiatrowych i w chłodnym klimacie. AI może też pomóc energetyce, z której korzysta. MAE szacuje, że lepsze zarządzanie

eprasa.pl fad3467d02

Zmierz to sam

Podłącz komputer lub konsolę do gniazdka przez watomierz gniazdkowy (do kupienia w sklepach elektrycznych za kilkadziesiąt złotych) i zmierz pobór mocy: w spoczynku, podczas gry i podczas lokalnego uruchomienia modelu AI, np. generowania obrazu. Pomnóż moc przez czas pracy i policz, ile kilowatogodzin zużywasz w ciągu godziny, doby i miesiąca. Porównaj wynik z energią jednego pytania do czatbota (rysunek 7). Używaj wyłącznie gotowego watomierza z oznakowaniem CE i nie ingeruj w instalację elektryczną.

siecią z użyciem AI mogłoby uwolnić do 175 GW przepustowości istniejących linii przesyłowych i skrócić przerwy w dostawach prądu o 30...50%. Za 25 lat ta sama technologia, która dziś pobiera gigawaty, może pomagać nimi zarządzać. ■

Źródła

MAE, Energy and AI (2025): https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai
MAE, Energy and AI – Executive summary: https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary
MAE, Key Questions on Energy and AI (2026): https://www.iea.org/reports/key-questions-on-energy-and-ai/executive-summary
MAE, komunikat z kwietnia 2026 r.: https://www.iea.org/news/data-centre-electricity-use-surged-in-2025-even-with-tightening-bottlenecks-driving-a-scramble-for-solutions
MAE, AI for energy optimisation: https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/ai-for-energy-optimisation-and-innovation
IEA 4E EDNA, Data Centre Energy Use: Critical Review (2025): https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2025/05/Data-Centre-Energy-Use-Critical-Review-of-Models-and-Results.pdf
Enerdata, EnerOutlook – data centres: https://eneroutlook.enerdata.net/data-centres-power-consumption-projections.html
CSO, Data Centres Metered Electricity Consumption 2025: https://skroc.pl/YMQ2C5s
CSO, Metered Electricity Consumption 2024: https://skroc.pl/8HX77Xc
A. de Vries, „Joule" (2023): https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(23)00365-3
Google (2009), Powering a Google search: https://googleblog.blogspot.com/2009/01/powering-google-search.html
Google (2025), pomiar wpływu inferencji: https://cloud.google.com/blog/products/infrastructure/measuring-the-environmental-impact-of-ai-inference
S. Altman, The Gentle Singularity (2025): https://blog.samaltman.com/the-gentle-singularity
Epoch AI, How much energy does ChatGPT use?: https://epoch.ai/gradient-updates/how-much-energy-does-chatgpt-use
Epoch AI, Can AI scaling continue through 2030?: https://epoch.ai/blog/can-ai-scaling-continue-through-2030
A. S. Luccioni i in., Power Hungry Processing (FAccT 2024): https://arxiv.org/html/2311.16863v3
Meta, karta modelu Llama 3.1 405B: https://huggingface.co/meta-llama/Llama-3.1-405B
NVIDIA H100: https://www.nvidia.com/en-us/data-center/h100/
NVIDIA DGX B200 – dokumentacja: https://docs.nvidia.com/dgx/dgxb200-user-guide/introduction-to-dgxb200.html
NVIDIA, architektura 800 V DC: https://developer.nvidia.com/blog/nvidia-800-v-hvdc-architecture-will-power-the-next-generation-of-ai-factories/
Schneider Electric, projekt referencyjny NVL72: https://www.businesswire.com/news/home/20241210368442/en/Schneider-Electric-Announces-New-Solutions-to-Address-the-Energy-and-Sustainability-Challenges-Spurred-by-AI
Uptime Institute, ankieta 2025 (PUE): https://intelligence.uptimeinstitute.com/sites/default/files/2025-08/UI%20Field%20report%20183_Annual%20survey%20-%20regional%20view%202025.pdf
Talen – Amazon: https://ir.talenenergy.com/news-releases/news-release-details/talen-energy-expands-nuclear-energy-relationship-amazon
Meta, projekty jądrowe (styczeń 2026): https://about.fb.com/news/2026/01/meta-nuclear-energy-projects-power-american-ai-leadership/
Constellation, Crane Clean Energy Center: https://skroc.pl/PhF8zWt
Kairos Power – Google: https://www.kairospower.com/google
World Nuclear News, Google–Kairos–TVA: https://www.world-nuclear-news.org/articles/google-kairos-power-tva-announce-collaboration
Amazon, SMR: https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-smr-nuclear-energy
Helion – Microsoft: https://www.helionenergy.com/newsroom/helion-announces-worlds-first-fusion-ppa-with-microsoft
Gramwzielone.pl, centra danych w Polsce (24.08.2026): https://www.gramwzielone.pl/trendy/20373693/prawdziwych-chetnych-na-centra-danych-w-polsce-jest-kilkanascie-nie-setki
Energetyka24, centra danych testują operatorów: https://energetyka24.com/energetyka/elektroenergetyka/cyfrowy-boom-centra-danych-testuja-mozliwosci-operatorow
Telko.in, PSE szykują sieć na 20-krotny wzrost mocy centrów danych: https://www.telko.in/pse-szykuja-siec-na-20-krotny-wzrost-mocy-centrow-danych
PSE, projekt planu rozwoju sieci 2027–2036: https://www.pse.pl/-/projekt-nowego-planu-rozwoju-sieci-przesylowej-na-lata-2027-2036
PCSS, PIAST-AI: https://www.pcss.pl/piast-ai/
Ministerstwo Cyfryzacji, Gaia AI Factory: https://skroc.pl/HyKz5DB

eprasa.pl fad3467d02

Ropa, gaz i klimat

Jedna cieśnina, dwadzieścia milionów baryłek

Rok 2026 pokazał, jak kruchy jest świat napędzany ropą: jedna wojna i jedna wąska cieśnina wystarczyły, żeby wywołać największe zakłócenie dostaw w historii rynku naftowego. W tym samym czasie atmosfera bije kolejne rekordy stężenia dwutlenku węgla, a budżet emisji zgodny z celem 1,5°C wyczerpie się za kilka lat. Bezpieczeństwo energetyczne i klimat to dziś ten sam problem oglądany z dwóch stron. Jak będzie wyglądał za 25 lat?

Dziewięćdziesiąt dni, które wstrząsnęły rynkiem

Cieśnina Ormuz łączy Zatokę Perską z Oceanem Indyjskim. W najwęższym miejscu ma kilkadziesiąt kilometrów szerokości, a w 2025 r. przepływało przez nią ok. 25% całego światowego handlu ropą transportowaną morzem i ok. 20% skroplonego gazu ziemnego (LNG) – w większości z Arabii Saudyjskiej, Iraku, Kuwejtu, Zjednoczonych Emiratów Arabskich, Kataru i Iranu. 28 lutego 2026 r. rozpoczęła się wojna USA i Izraela z Iranem i ruch tankowców w cieśninie

eprasa.pl fad3467d02

praktycznie stanął. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) przepływ ropy i produktów naftowych spadł z ok. 20 mln baryłek dziennie do średnio 2,7 mln baryłek dziennie w okresie od marca do maja (**rysunek 11**). Dostawy LNG z Kataru i ZEA zmniejszyły się od 1 marca o ponad 300 mln m³ dziennie.

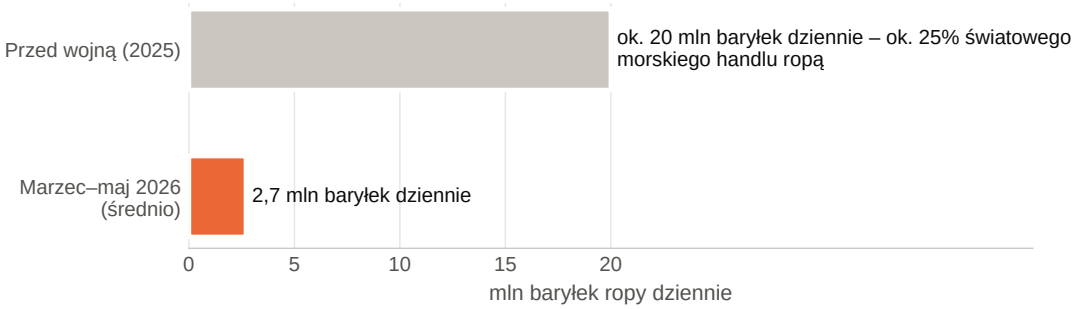
Świat sięgnął po rezerwy. 11 marca państwa członkowskie MAE uzgodniły uwolnienie 400 mln baryłek ropy z zapasów strategicznych – najwięcej w historii Agencji. Mimo to na początku kwietnia notowanie Dated Brent, czyli cena ładunków ropy z Morza Północnego do dostawy w najbliższych tygodniach, osiągnęło historyczny rekord 144 USD za baryłkę. Średnia cena ropy Brent w drugim kwartale 2026 r. wyniosła ok. 103 USD, podczas gdy w ostatnim kwartale 2025 r. – ok. 64 USD (amerykańska agencja EIA, **rysunek 12**). Na początku kwietnia ogłoszono zawieszenie broni, w czerwcu strony potwierdziły je porozumieniem, ale w lipcu walki wybuchły ponownie. W sierpniu z powodu ograniczeń w eksporcie przez Ormuz i przez cieśninę Bab al-Mandab wyłączone było ok. 6,7 mln baryłek dziennie wydobycia. Na początku września przez Ormuz płynęło, według szacunków opartych na danych o ruchu tankowców, ok. 6...8 mln baryłek dziennie – nieco ponad jedna trzecia tego, co przed wojną. EIA ocenia, że produkcja na Bliskim Wschodzie wróci do poziomu sprzed wojny dopiero w drugim kwartale 2027 r.

Kryzys przyspieszył też zmiany polityczne. 1 maja 2026 r. Zjednoczone Emiraty Arabskie wystąpiły z OPEC, organizacji krajów eksportujących ropę, osłabiając jej wpływ na światowe wydobycie. W Europie cena gazu na giełdzie TTF przekroczyła 9 września 2026 r. 79 € za megawatogodzinę, a w ciągu dnia dochodziła do 81 € – najwięcej od początku 2023 r., choć wciąż kilkakrotnie mniej niż w szczycie kryzysu w 2022 r. – a MAE zaapelowała o tworzenie strategicznych rezerw gazu.

A co z Polską? Polskie rafinerie przerobiły w 2025 r. ok. 28,9 mln t ropy, z czego prawie 90% pochodziło z trzech krajów: Arabii Saudyjskiej (13,5 mln t), Norwegii (9,8 mln t) i Gujany (2,1 mln t). Jeszcze w 2014 r. aż 91% ropy przerabianej w Polsce pochodziło z Rosji (dane Polskiej Organizacji Przemysłu i Handlu Naftowego). Saudyjska ropa dla Polski płynie z portu Yanbu nad Morzem Czerwonym, dokąd trafia rurociągiem przecinającym Półwysep Arabski, więc omija Ormuz. Fizycznie dostawy były więc mniej zagrożone – choć ataki w rejonie cieśniny Bab al-Mandab i na rurociąg saudyjski ograniczyły także eksport z Yanbu – ale ceny ropy i paliw są światowe. Gdy 31 sierpnia 2026 r. skończył się rządowy program obniżonego VAT na paliwa, średnia cena oleju napędowego na polskich stacjach doszła do rekordowych 8,75 zł za litr (e-petrol.pl, 9 września 2026 r.); benzyna Pb95 kosztowała wtedy średnio 7,89 zł za litr – najwięcej od czerwca 2022 r. W dniu zamknięcia tego numeru MT baryłka Brent kosztowała ok. 105 USD.

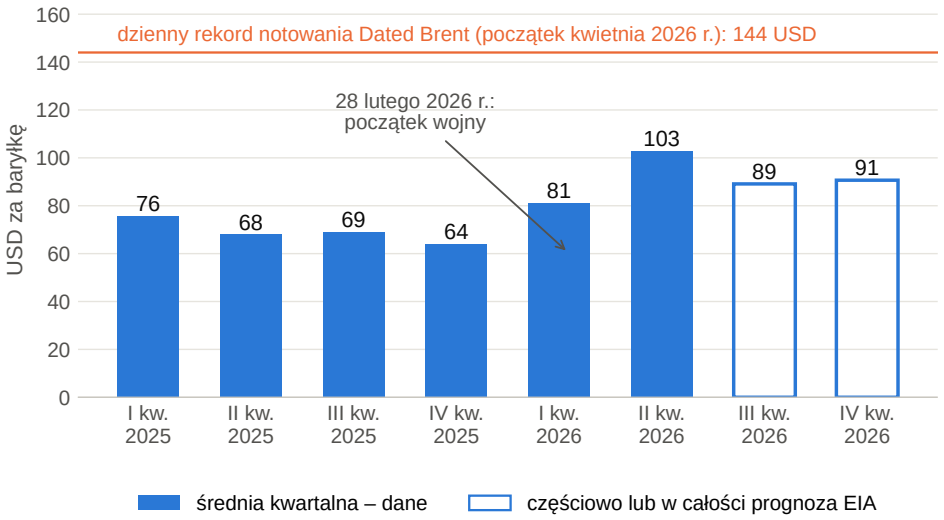
Dated Brent a kontrakt terminowy

Dated Brent to cena fizycznych ładunków ropy z Morza Północnego do dostawy w ciągu kilku najbliższych tygodni. Kontrakt terminowy (futures) to cena umowy na dostawę w przyszłości. Gdy ropy brakuje „na teraz", ropa do natychmiastowej dostawy drożeje bardziej niż ta do dostawy za kilka miesięcy – dlatego wiosną 2026 r. rekord Dated Brent (144 USD) był o kilkanaście dolarów wyższy od szczytu kontraktów terminowych (ok. 126 USD).



Rysunek 11. Przepływ ropy naftowej i produktów naftowych przez Cieśninę Ormuz przed wojną i w pierwszych trzech miesiącach konfliktu (średnia z okresu marzec–maj 2026 r.). Źródło: MAE, komentarz z 22 czerwca 2026 r. oraz strona „The Middle East and Global Energy Markets"

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 12. Średnie kwartalne ceny ropy Brent w latach 2025–2026 w USD za baryłkę. Słupki kreskowane: III kwartał 2026 r. zawiera prognozę na wrzesień, IV kwartał jest w całości prognozą. Pozioma linia: dzienny rekord notowania Dated Brent z początku kwietnia 2026 r. – dzienne notowania bywają znacznie wyższe od średnich kwartalnych. Źródła: EIA, Short-Term Energy Outlook, wrzesień 2026 r.; MAE (rekord Dated Brent)

Lekcja z 2022 roku

To nie pierwszy taki wstrząs w tej dekadzie. Po rosyjskiej inwazji na Ukrainę w 2022 r. ceny gazu w Europie przekraczały 300 € za megawatogodzinę, czyli kilkakrotnie więcej niż dziś. Europa wyciągnęła wnioski: udział Rosji w imporcie gazu do Unii spadł z ok. 45% na początku wojny do ok. 12% w 2025 r. (Komisja Europejska), a rozporządzenie UE z 2026 r. całkowicie zakazuje importu rosyjskiego LNG od 1 stycznia 2027 r. i gazu rurociągowego od jesieni 2027 r. Lukę wypełnił skroplony gaz, przede wszystkim ze Stanów Zjednoczonych, które w 2025 r. były największym eksporterem LNG na świecie z 26% udziałem w rynku (EIA). Polska przygotowała się wcześniej – o gazociągu Baltic Pipe i terminalach LNG piszemy w części poświęconej Polsce.

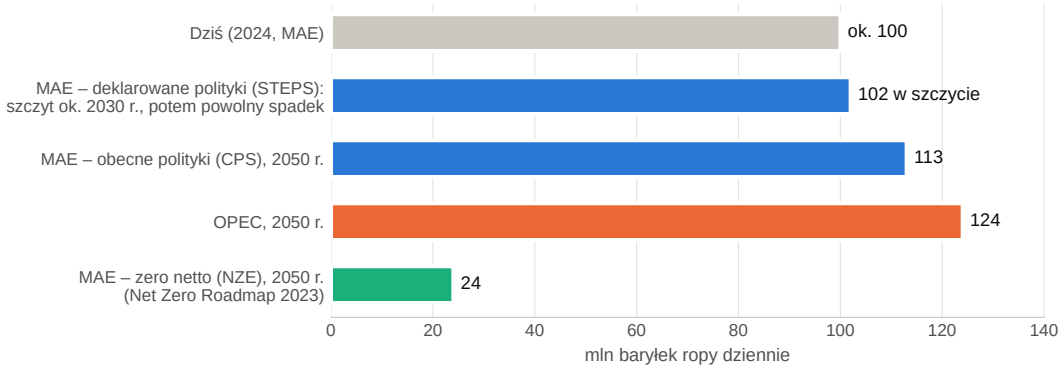
Kryzysy z lat 2022 i 2026 uczą tego samego: państwo, które sprowadza paliwa, zawsze płaci cenę ustalaną przez najbardziej niespokojny region świata. Jedyną trwałą ochroną jest zmniejszanie zależności od importowanych paliw – przez oszczędzanie energii i przestawianie transportu, ogrzewania i przemysłu na prąd wytwarzany w kraju.

Czy ropa ma swój szczyt?

Świat zużywa dziś ok. 100 mln baryłek ropy dziennie. Jak długo jeszcze? Tu prognozy rozchodzą się najbardziej (**rysunek 13**). W raporcie World Energy Outlook 2025 MAE przywróciła scenariusz obecnych polityk (CPS), w którym zapotrzebowanie na ropę rośnie aż do połowy stulecia i w 2050 r. sięga 113 mln baryłek dziennie, a zużycie gazu – 5600 mld m^3. W scenariuszu deklarowanych polityk (STEPS) zużycie ropy osiąga szczyt ok. 2030 r. na poziomie ok. 102 mln baryłek dziennie i potem powoli spada. OPEC w raporcie World Oil Outlook 2026 przewiduje 124 mln baryłek dziennie w 2050 r. i żadnego szczytu. Na drugim biegunie jest scenariusz zero netto: w wersji z 2023 r. zużycie ropy spada w nim do 24 mln baryłek dziennie w 2050 r.

O tym, który scenariusz jest bliższy prawdy, zdecyduje w dużej mierze transport. W 2025 r. sprzedano na świecie ponad 20 mln samochodów elektrycznych, czyli co czwarte nowe auto; w Chinach było to ok. 55% sprzedaży (MAE, Global EV Outlook 2026). Auta elektryczne jeżdżące już po drogach zastępują ok. 1,7 mln baryłek ropy dziennie, a w 2030 r. ma to być ok. 5 mln. W Chinach zużycie benzyny i oleju napędowego praktycznie nie zmieniło się w 2025 r., mimo że gospodarka tego kraju urosła w latach 2021–2025 o 20% (MAE, Global Energy Review 2026). Sprzedaż aut elektrycznych w Europie była w pierwszym kwartale 2026 r. o blisko 30% wyższa niż rok wcześniej, a według MAE pierwsze sygnały wskazują, że drożejące paliwa

eprasa.pl fad3467d02



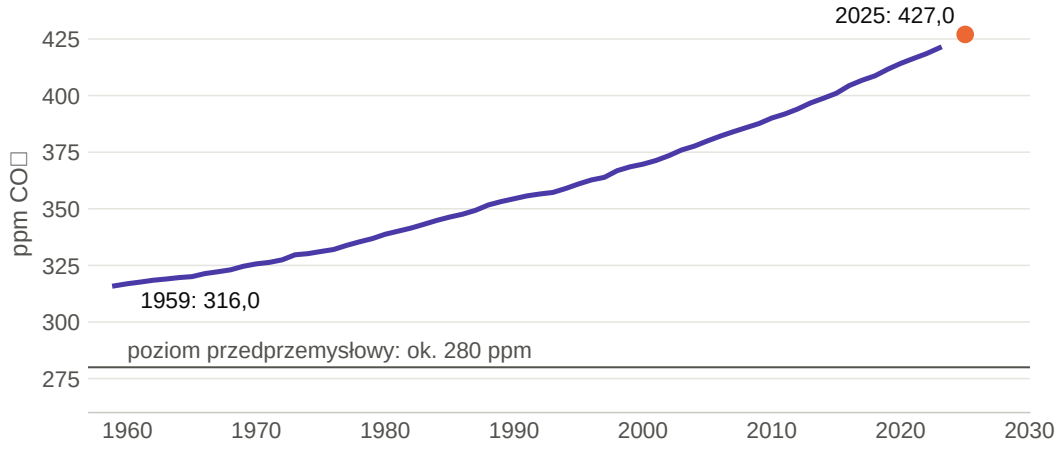
Rysunek 13. Światowe zapotrzebowanie na ropę naftową dziś i w 2050 r. według różnych scenariuszy. Wartość dla scenariusza zero netto pochodzi z raportu MAE „Net Zero Roadmap" z 2023 r.; w raporcie World Energy Outlook 2025 odpowiednia liczba nie jest podana w części publicznej. Scenariusz STEPS pokazano wartością w szczycie (ok. 2030 r.). Źródła: MAE, World Energy Outlook 2025 i Net Zero Roadmap 2023; OPEC, World Oil Outlook 2026

zachęcają kolejnych kierowców do przesiadki – choć pełne skutki kryzysu na rynku samochodów będą widoczne dopiero po pewnym czasie.

Atmosfera nie czeka

Od 1958 r. na wulkanie Mauna Loa na Hawajach mierzy się stężenie dwutlenku węgla w powietrzu. Wykres tych pomiarów, nazywany krzywą Keelinga od nazwiska amerykańskiego geochemika Charlesa Davida Keelinga, który je rozpoczął, jest jednym z najważniejszych wykresów nauki (**rysunek 14**). W 1959 r. średnie roczne stężenie wynosiło 316 ppm (części na milion), w 2025 r. – 427 ppm. Przed epoką przemysłową było to ok. 280 ppm. W latach 2023 i 2024 stężenie rosło w tempie ok. 3,3 ppm rocznie – najszybciej w historii pomiarów (NOAA; Światowa Organizacja Meteorologiczna WMO).

Temperatura podąża za dwutlenkiem węgla. Rok 2024 był o 1,60°C cieplejszy od średniej z epoki przedprzemysłowej i jako pierwszy rok kalendarzowy przekroczył granicę 1,5°C. Rok 2025 był trzecim najcieplejszym w historii pomiarów (+1,47°C), a średnia z lat 2023–2025 po raz pierwszy przekroczyła 1,5°C (Copernicus). Naukowcy z projektu Global Carbon Budget policzyli, ile CO_2 ludzkość może jeszcze wyemitować, żeby z prawdopodobieństwem 50% utrzymać wzrost temperatury poniżej wybranej granicy. Dla 1,5°C zostało



Rysunek 14. Krzywa Keelinga: średnie roczne stężenie dwutlenku węgla w atmosferze mierzone w obserwatorium Mauna Loa na Hawajach. Linia: dane NOAA za lata 1959–2023; punkt: średnia za 2025 r. według zestawienia brytyjskiego Met Office. Źródła: NOAA Global Monitoring Laboratory; Met Office

eprasa.pl fad3467d02

Czy przekroczyliśmy już 1,5°C?

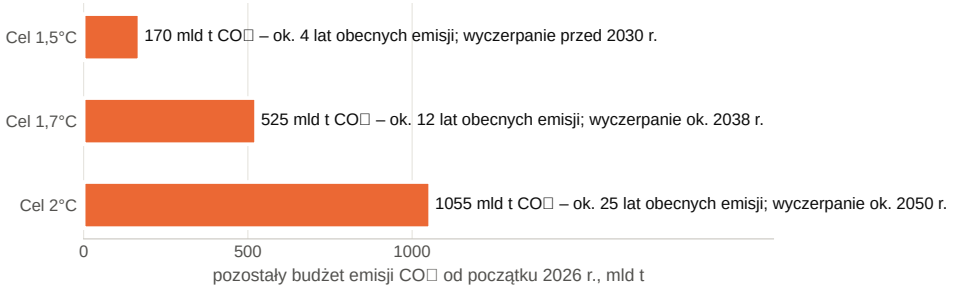
Cel porozumienia paryskiego dotyczy średniej temperatury z wielu lat (w praktyce średniej 20-letniej), a nie pojedynczego roku. Rok 2024 był powyżej 1,5°C także z powodu naturalnego zjawiska El Niño, które okresowo ogrzewa powierzchnię Pacyfiku. Europejska służba klimatyczna Copernicus ocenia, że długoterminowa średnia może przekroczyć 1,5°C już do końca tej dekady.

ok. 170 mld t, czyli ok. 4 lata obecnych emisji; dla 2°C – ok. 1055 mld t, czyli ok. 25 lat (**rysunek 15**). Oznacza to, że przy dzisiejszym tempie emisji budżet dla 2°C wyczerpałby się mniej więcej w roku, w którym Unia Europejska ma osiągnąć neutralność klimatyczną.

Nie tylko CO_2 ogrzewa planetę. Metan odpowiada za prawie 30% dotychczasowego ocieplenia. Sektor paliw kopalnych emituje go 124 mln t rocznie – z nieszczelnych gazociągów, kopalń węgla i szybów naftowych – a według MAE ok. 70% tych emisji można ograniczyć istniejącymi technologiami, często bez dodatkowych kosztów, bo wychwycony metan to gaz, który można sprzedać.

Za 20...30 lat: ropa jako surowiec, nie paliwo?

Wszystkie scenariusze zgadzają się w jednym: w 2050 r. świat nadal będzie zużywał ropę i gaz. Różnią się tym, czy ich zużycie będzie wtedy rosło, stało w miejscu, czy szybko malało. MAE policzyła, że w scenariuszu obecnych



Rysunek 15. Pozostały budżet emisji CO_2 dla trzech granic ocieplenia (przy 50% prawdopodobieństwie ich dotrzymania) i przybliżony rok jego wyczerpania przy utrzymaniu emisji z 2025 r. Źródło: Global Carbon Budget 2025, „Key Targets"; lata wyczerpania – przeliczenie redakcji

eprasa.pl fad3467d02

polityk średnia temperatura Ziemi w 2050 r. będzie wyższa o ok. 2°C od przedprzemysłowej, a do 2100 r. o 2,9°C. W scenariuszu zero netto ocieplenie osiągnie szczyt ok. 1,65°C około 2050 r. i do końca stulecia spadnie poniżej 1,5°C – ale tylko wtedy, gdy emisje z energetyki spadną do zera netto w ciągu 25 lat.

Z przeglądu źródeł wyłania się obraz, który redakcja MT uznaje za najbardziej prawdopodobny. Szczyt zużycia ropy w transporcie drogowym jest bliski, bo auta elektryczne tanieją i zdobywają rynek niezależnie od polityki klimatycznej – kryzysy cenowe tylko to przyspieszają. Ropa pozostanie dłużej ważnym surowcem dla lotnictwa, żeglugi i przemysłu chemicznego, który robi z niej tworzywa sztuczne, a gaz – paliwem rezerwowym dla elektrowni i przemysłu. Rynek ropy będzie więc jeszcze długo podatny na wojny

i blokady, ale z każdym rokiem będzie dotyczył mniejszej części naszego życia. Dla Polski, która sprowadza prawie całą zużywaną ropę, każde auto elektryczne ładowane prądem z krajowych źródeł to kilkaset litrów paliwa rocznie mniej kupowanego za granicą. Kluczowe pytanie na następne ćwierćwiecze brzmi więc nie „czy", lecz „jak szybko". ■

Źródła

MAE, The Middle East and Global Energy Markets: https://www.iea.org/topics/the-middle-east-and-global-energy-markets
MAE, komentarz o dostawach ropy po szoku ormuzkim (22.06.2026): https://www.iea.org/commentaries/how-global-oil-supplies-have-readjusted-to-help-fill-the-huge-gap-left-by-the-strait-of-hormuz-shock
EIA, Short-Term Energy Outlook, wrzesień 2026: https://www.eia.gov/outlooks/steo/pdf/steo_full.pdf
Hydrocarbon Engineering, omówienie STEO (10.09.2026): https://www.hydrocarbonengineering.com/special-reports/10092026/eia-short-term-energy-outlook/
USNI News, ruch tankowców w Cieśninie Ormuz (28.08.2026): https://news.usni.org/2026/08/28/strait-of-hormuz-tanker-transits-up-but-still-below-pre-war-levels
EIA, wyjście ZEA z OPEC: https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=67804
EIA, światowy handel LNG w 2025 r.: https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=67864
Euronews, ceny gazu w Europie (9.09.2026): https://www.euronews.com/business/2026/09/09/european-gas-prices-keep-climbing-as-iea-calls-for-emergency-reserves
CNBC, ceny ropy 30.04.2026 (kontrakty Brent): https://www.cnbc.com/2026/04/30/oil-prices-today-brent-wti-us-iran-war-trump.html
Globenergia, skąd Polska ma ropę (dane POPiHN): https://globenergia.pl/skad-polska-ma-rope-gujana-wyprzedzila-usa-i-weszla-do-czolowki-naszych-dostawcow/
BiznesAlert, saudyjska ropa dla Polski z Morza Czerwonego: https://biznesalert.pl/saudyjska-ropa-dla-polski-ladowana-na-morzu-czerwonym/
Forsal, rekordowa cena oleju napędowego (e-petrol.pl): https://forsal.pl/gospodarka/artykuly/11300168,rekordowa-cena-diesla-ceny-paliw.html
Rada UE, mechanizm korekty cen gazu (2022): https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/a-market-mechanism-to-limit-excessive-gas-price-spikes/
Komisja Europejska, REPowerEU: https://energy.ec.europa.eu/strategy/repowereu-phase-out-russian-energy-imports_en
Rozporządzenie (UE) 2026/261: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/261/oj/eng
MAE, WEO 2025 – Current Policies Scenario: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025/current-policies-scenario
MAE, WEO 2025 – Stated Policies Scenario: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025/stated-policies-scenario
MAE, WEO 2025 – Net Zero Emissions by 2050: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025/net-zero-emissions-by-2050
MAE, Net Zero Roadmap (2023): https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach/executive-summary
OPEC, World Oil Outlook 2026 (komunikat z 18 czerwca 2026 r.): https://www.opec.org/pr-detail/607-18-june-2026.html
MAE, Global EV Outlook 2026: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2026/executive-summary
MAE, Global Energy Review 2026 – ropa: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2026/oil
NOAA GML, roczne średnie CO_2 Mauna Loa: https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt
NOAA GML, tempo wzrostu CO_2: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/gr.html
Met Office, prognoza CO_2: https://www.metoffice.gov.uk/research/climate/seasonal-to-decadal/long-range/forecasts/co2-forecast
Copernicus, Global Climate Highlights 2025: https://climate.copernicus.eu/copernicus-2025-was-third-hottest-year-record
Global Carbon Budget – Key Targets 2025: https://globalcarbonbudget.org/key-targets-2025/
MAE, Global Methane Tracker 2026: https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2026/key-findings

eprasa.pl fad3467d02

Neutralność klimatyczna

Zero netto – czyli ile?

„Neutralność klimatyczna” nie oznacza, że przestaniemy emitować dwutlenek węgla. Oznacza, że każdą tonę, której emisji nie da się uniknąć, trzeba będzie z atmosfery usunąć. Kto i kiedy ma to osiągnąć? I czy maszyny wyciągające CO_2 z kominów albo prosto z powietrza mogą nas wyręczyć? Zestawiamy deklaracje z tym, co działa naprawdę.

Co znaczy „netto”

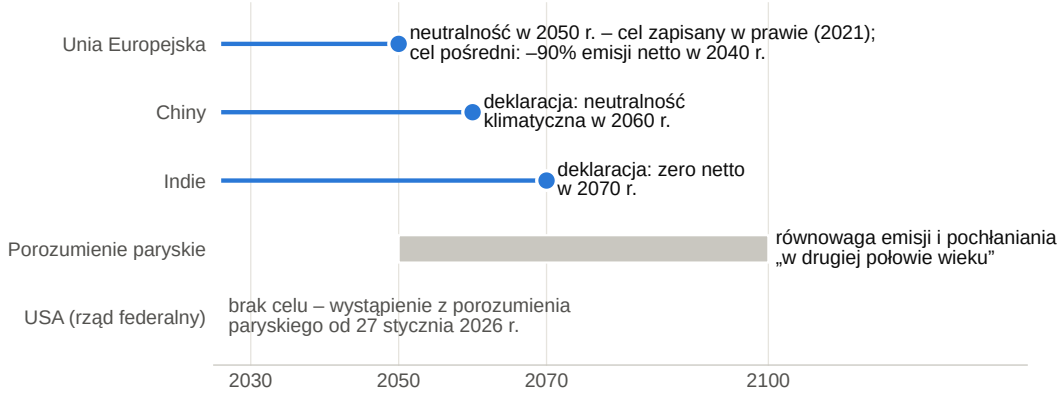
Słowo „netto” działa tu tak samo jak w księgowości: od emisji odejmujemy pochłanianie. Pochłaniać CO_2 mogą lasy, torfowiska i gleby, a także instalacje techniczne, które wychwytują dwutlenek węgla i trwale wtłaczają go pod ziemię. Niektórych emisji nie da się bowiem całkowicie wyeliminować – na przykład z produkcji cementu, w której CO_2 uwalnia się nie tylko ze spalanego paliwa, lecz także z samego wapienia rozkładanego w piecu, albo z rolnictwa. Komisja Europejska szacuje, że w 2050 r. w Unii zostanie 400...500 mln t takich „resztkowych” emisji rocznie, które trzeba będzie zrównoważyć. Według założeń Komisji ok. trzech czwartych tej ilości mają pochłonąć lasy i gleby, a resztę – instalacje techniczne.

Kto i kiedy

Unia Europejska już w 2021 r. zapisała w prawie neutralność klimatyczną w 2050 r. W marcu 2026 r. dodała do niego cel pośredni: do 2040 r. emisje netto mają spaść o 90% w porównaniu z 1990 r., przy czym od 2036 r. do 5 punktów procentowych redukcji państwa będą mogły pokryć, finansując ograniczanie emisji poza Unią. Uruchomienie handlu uprawnieniami do emisji w budynkach i transporcie (tzw. ETS2) przesunięto na 2028 r. Polska, jako członek UE, podlega tym samym celom; rządowy Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu zakłada zmniejszenie emisji do 2040 r. o 61...75% w porównaniu z 1990 r., zależnie od scenariusza.

U największych emitentów poza Europą terminy są późniejsze (**rysunek 16**). Porozumienie paryskie mówi o równowadze emisji

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 16. Terminy osiągnięcia neutralności klimatycznej lub zerowych emisji netto w wybranych gospodarkach. Źródła: rozporządzenie (UE) 2021/1119 oraz rozporządzenie (UE) 2026/667 zmieniające Europejskie prawo o klimacie, przyjęte przez Radę UE 5 marca 2026 r. (UE); deklaracje rządów Chin i Indii; porozumienie paryskie, art. 4; Harvard Environmental and Energy Law Program (USA)

i pochłaniania „w drugiej połowie wieku”. Chiny, największy emitent świata, zadeklarowały neutralność klimatyczną na 2060 r., Indie – zero netto na 2070 r. Stany Zjednoczone wystąpiły z porozumienia paryskiego ze skutkiem od 27 stycznia 2026 r. Według organizacji Net Zero Tracker we wrześniu 2025 r. cele zero netto miało 137 ze 198 rządów krajowych, a wycofanie się rządu USA zmniejszyło udział światowego PKB objętego takimi celami z 93% do 77% (po uwzględnieniu celów przyjętych przez poszczególne stany USA – do 83%). Konferencja klimatyczna ONZ COP30 w brazylijskim Belém (listopad 2025 r.) nie przyjęła mapy drogowej odchodzenia od paliw kopalnych, choć domagały się jej 82 kraje.

Wychwyt u źródła: działa, ale na małą skalę

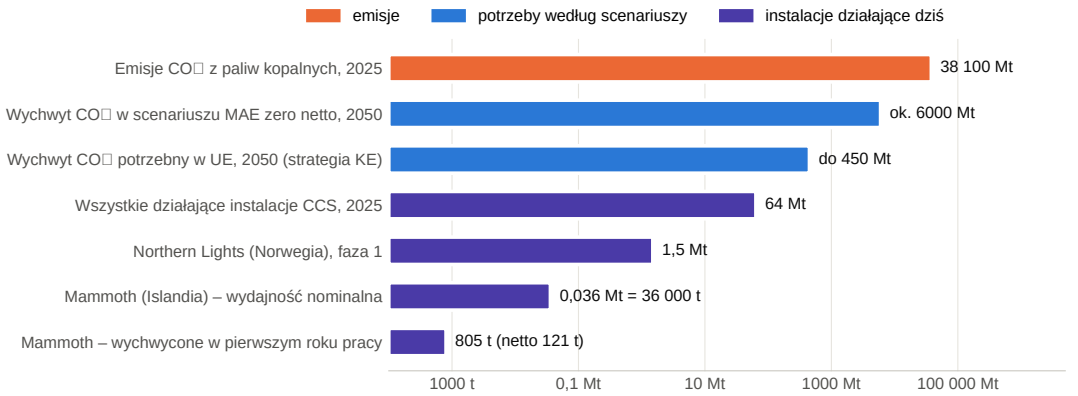
Technologia wychwytu i składowania CO_2 (CCS, od ang. carbon capture and storage) oddziela dwutlenek węgla ze spalin fabryki lub elektrowni, spręża go i wtłacza głęboko pod ziemię – najczęściej do porowatych skał pod dnem morza, z których wcześniej wydobywano ropę lub gaz. Nie jest to technologia z przyszłości: norweskie złoże gazu Sleipner od 1996 r. oddziela CO_2 z wydobywanego gazu i wtłacza go pod dno Morza Północnego; zmagazynowano tam już ponad 19 mln t. 25 sierpnia 2025 r. norweski projekt Northern Lights zaczął przyjmować CO_2 wychwycony w cementowni w Breviku i wtłaczać go 2600 m pod dno morza. Pierwsza faza ma przepustowość 1,5 mln t rocznie.

Problemem jest skala. Wszystkie działające na świecie instalacje CCS – 77 obiektów – mogą wychwycić ok. 64 mln t CO_2 rocznie (Global CCS Institute, lipiec 2025 r.). To ok. 0,17% emisji z paliw kopalnych (**rysunek 17**). Unia chce to zmienić: strategia Komisji Europejskiej z lutego 2024 r. zakłada wychwyt co najmniej 50 mln t CO_2 rocznie w 2030 r., 280 mln t w 2040 r. i do 450 mln t w 2050 r. Unijne prawo zobowiązało producentów ropy i gazu do przygotowania do 2030 r. składowisk o łącznej zdolności wtłaczania 50 mln t rocznie. W Polsce Orlen współpracuje z norweskim Equinorem i chce do 2035 r. składować 4 mln t CO_2 rocznie, a w czerwcu 2026 r. rozporządzenie ministra klimatu rozszerzyło listę obszarów, na których wolno lokalizować podziemne składowiska CO_2, z jednego pod dnem Bałtyku do 18 – na lądzie i na morzu.

Odkurzacz do powietrza

Jeszcze trudniejsze jest wyciąganie CO_2 bezpośrednio z atmosfery (DAC, od ang. direct air capture). Wentylatory przepychają powietrze przez filtry z substancjami, które wiążą dwutlenek węgla; potem filtry trzeba podgrzać, żeby CO_2 uwolnić i wysłać do składowania. Kłopot polega na tym, że w powietrzu jest go zaledwie ok. 0,04%, więc trzeba przetworzyć ogromne ilości powietrza i zużyć dużo energii. Największa działająca instalacja tego typu, Mammoth szwajcarskiej firmy Climeworks na Islandii, ma nominalną wydajność (zdolność wychwytu) 36 tys. t rocznie. Według danych przytoczonych przez CNN w maju 2025 r. w ciągu pierwszego roku pracy

eprasa.pl fad3467d02



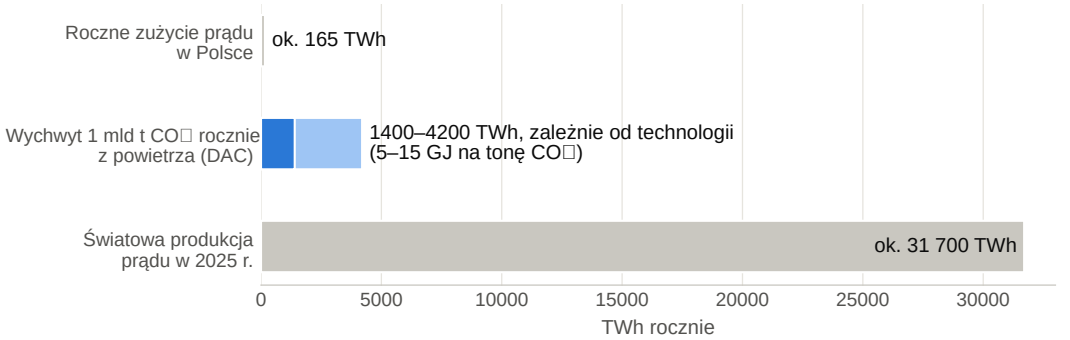
Rysunek 17. Łyżeczka i ocean: emisje CO_2 na tle działających instalacji wychwytu i potrzeb według scenariuszy. Skala logarytmiczna – każda kolejna linia siatki oznacza sto razy więcej. Źródła: Global Carbon Budget 2025 (emisje); MAE, wskaźniki CCUS dla scenariusza zero netto – aktualizacja Net Zero Roadmap z 2023 r. (wychwyt w 2050 r.); Komisja Europejska, strategia zarządzania emisjami przemysłowymi, 2024 (UE); Global CCS Institute, 2025; Equinor (Northern Lights); CNN, maj 2025 (Mammoth)

usunęła 805 t CO_2, a po odliczeniu emisji związanych z jej budową i pracą – 121 t. Starsza instalacja Orca nigdy nie przekroczyła 1700 t rocznie przy nominalnej wydajności 4000 t. W 2025 r. Climeworks zwolnił ok. 20% pracowników. Amerykańska instalacja Stratos (docelowo 500 tys. t rocznie, koszt ok. 1,3 mld USD) miała ruszyć w drugim kwartale 2026 r., ale rozruch wstrzymała usterka; według firmy Occidental pełny rozruch ma się zacząć pod koniec 2026 r., a regularna praca – w 2027 r.

O przyszłości DAC zdecyduje fizyka i ekonomia. Wychwyt jednej tony CO_2 z powietrza wymaga 5...15 GJ energii. Gdyby świat chciał w ten sposób wychwytywać z powietrza miliard ton CO_2 rocznie – mniej więcej tyle zakłada na 2050 r. scenariusz zero netto MAE – potrzebowałby 1400...4200 TWh energii, głównie ciepła, czyli 8...25 razy więcej, niż wynosi roczne zużycie prądu w całej Polsce (**rysunek 18**). Koszt

Tona CO_2 – ile to jest?

Tona dwutlenku węgla w warunkach normalnych (w postaci gazowej bez sprężania) zajmuje ok. 500 m³, czyli tyle, ile sześcian o boku ok. 8 m. Samochód spalinowy, który zużywa 6 l benzyny na 100 km, emituje tonę CO_2 mniej więcej co 7000 km. Przy przebiegu 12 tys. km rocznie takie auto emituje ok. 1,7 t CO_2, więc Mammoth w pierwszym roku pracy usunął netto tyle CO_2, ile ok. 70 takich samochodów wyemituje w ciągu roku.



Rysunek 18. Ile energii potrzebowałby wychwyt miliarda ton CO_2 rocznie bezpośrednio z powietrza – w porównaniu z rocznym zużyciem prądu w Polsce i światową produkcją energii elektrycznej. Ciemniejszy fragment słupka: wariant najoszczędniejszy (5 GJ na tonę), jaśniejszy: wariant najbardziej energochłonny (15 GJ na tonę). Źródła: Belfer Center, Harvard (energochłonność DAC); Ember, Global Electricity Review 2026 (produkcja światowa – przeliczenie redakcji); KPEiK (Polska)

eprasa.pl fad3467d02

usunięcia tony CO_2 w dużej instalacji MAE szacowała w 2022 r. na 125...335 USD, a według relacji serwisu Latitude Media prezes Climeworks Jan Wurzbacher przyznał w 2024 r., że koszt jest bliższy 1000 USD niż 100 USD.

Za 20...30 lat: sto razy więcej

W scenariuszu zero netto MAE, w wersji z 2023 r., w 2050 r. na świecie wychwytuje się ok. 6 mld t CO_2 rocznie (6040 mln t), w tym ok. miliarda ton bezpośrednio z powietrza (1041 mln t). To prawie sto razy więcej niż dziś, w ciągu 25 lat. Z przeglądu źródeł wynika ocena, którą redakcja MT uznaje za najbardziej prawdopodobną: wychwyt u źródła stanie się standardem tam, gdzie emisji nie da się uniknąć – w cementowniach, wapiennikach i części zakładów chemicznych – i właśnie w takich miejscach Polska może rozwijać własne składowiska

pod Bałtykiem. Wychwyt z powietrza pozostanie drogim narzędziem do usuwania ostatnich ton, a jego skala będzie zależeć od tego, jak tania stanie się czysta energia. Żadna z tych technologii nie zastąpi jednak najprostszego sposobu na zero netto: nie emitować tego, czego emitować nie trzeba. ■

Źródła
Clean Energy Wire, strategia KE zarządzania emisjami przemysłowymi:
https://www.cleanenergywire.org/factsheets/eu-industrial-carbon-management-strategy
Komisja Europejska, Industrial carbon management:
https://energy.ec.europa.eu/topics/carbon-management-and-fossil-fuels/industrial-carbon-management_en
Rada UE, cel klimatyczny na 2040 r.: https://www.consilium.europa.eu/en/press/
press-releases/2026/03/05/2040-climate-target-council-gives-final-green-light/
ICAP, cel 2040 i przesunięcie ETS2: https://icapcarbonaction.com/en/news/
eu-officially-adopts-2040-climate-target-postpones-ets-2-one-year
Harvard EELP, porozumienie paryskie (USA): https://eelp.law.harvard.edu/tracker/paris-climate-agreement
Net Zero Tracker, Net Zero Stocktake 2025: https://zerotracker.net/analysis/net-zero-stocktake-2025
Carbon Brief, wyniki COP30: https://www.carbonbrief.org/cop30-key-outcomes-agreed-at-the-un-climate-talks-in-belem
WNP, KPEiK pod lupą: https://www.wnp.pl/energia/koniec-wegla-korekta-oze-inwestycje-za-ponad-bilion-zlotych-i-pewne-braki-kpeik-pod-lupa,1070510.html
Equinor, CCS i Sleipner: https://www.equinor.com/energy/carbon-capture-utilisation-and-storage
Equinor, Northern Lights – pierwsze zatłoczenie:
https://www.equinor.com/news/20250825-first-co2-volumes-stored-at-northern-lights
Global CCS Institute, Global Status of CCS 2025:
https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2025/10/GSR-2025-Executive-Summary-21-October.pdf
KE, obowiązek zdolności zatłaczania 50 Mt (NZIA): https://climate.ec.europa.eu/news-other-reads/news/
commission-identifies-eu-oil-and-gas-producers-provide-new-co2-storage-solutions-hard-abate-2025-05-22_en
Orlen – Equinor, CCS: https://www.orlen.pl/en/about-the-company/media/press-releases/current/2025/March-2025/
ORLEN-and-Equinor-to-collaborate-on-CCS-technology
MKiŚ, nowe obszary poszukiwania składowisk CO_2: https://www.gov.pl/web/klimat/
znowelizowane-przepisy-dotyczace-rozpoznawania-potencjalnych-miejsc-podziemnego-skladowania-co2
CNN, Climeworks (30.05.2025): https://www.cnn.com/2025/05/30/climate/climeworks-pollution-carbon-capture-layoffs
Decarbonfuse, opóźnienie Stratos (9.06.2026): https://decarbonfuse.com/posts/
stratos-dac-delay-inside-the-holdup-at-the-world-s-largest-carbon-capture-plant
MAE, wskaźniki CCUS (scenariusz zero netto): https://www.iea.org/reports/ccus
Occidental, materiały dla inwestorów – wyniki za II kw. 2026 r. (nowy termin Stratos): https://www.oxy.com/investors/
Rozporządzenie ministra klimatu i środowiska, Dz.U. 2026 poz. 761 (obszary składowania CO_2):
https://api.sejm.gov.pl/eli/acts/DU/2026/761/text.pdf
Rozporządzenie (UE) 2026/667 zmieniające Europejskie prawo o klimacie:
https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/667/oj/eng
MAE, Direct Air Capture 2022: https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022/executive-summary
Carbon Herald, wychwyt CO_2 w Net Zero Roadmap MAE:
https://carbonherald.com/iea-net-zero-roadmap-carbon-capture-capacity/
Belfer Center, koszty i skala DAC:
https://www.belfercenter.org/publication/prospects-direct-air-carbon-capture-and-storage-costs-scale-and-funding
Latitude Media, Climeworks – koszt tony:
https://www.latitudemedia.com/news/climeworks-again-launches-worlds-largest-dac-plant-this-time-with-improvements/

eprasa.pl fad3467d02

Technologie jutra

Co nas uratuje – a co tylko obiecuje

Fuzja jądrowa, zielony wodór, gigantyczne baterie, kable prądu stałego przez pół kontynentu – o każdej z tych technologii słyszymy, że „rozwiąże problem energii". Sprawdzamy je jedną miarą: co już działa, co jest rekordem laboratoryjnym, a co na razie tylko zapowiedzią. Każdy tekst kończymy krótką oceną: czego realnie można się spodziewać w 2050 r.

Sztuczne słońce na rozkładzie jazdy

Słońce świeci dzięki syntezie jąder wodoru w hel. Na Ziemi najłatwiej przeprowadzić reakcję dwóch cięższych odmian wodoru: deuteru i trytu. Ich jądra łączą się w jądro helu i wolny neutron, a przy każdej takiej reakcji uwalnia się 17,6 MeV energii – mniej więcej milion razy więcej niż przy spaleniu jednej cząsteczki metanu. W przeliczeniu na kilogram paliwa fuzja daje ok. 10 milionów razy więcej energii niż spalanie węgla. Kłopot polega na tym, że jądra atomowe mają ładunek dodatni i silnie się odpychają. Żeby się zbliżyły na tyle, by doszło do fuzji, paliwo trzeba rozgrzać do ok. 150 mln °C, czyli dziesięć razy więcej niż we wnętrzu Słońca, gdzie brak temperatury nadrabia ogromne ciśnienie grawitacji. W takiej temperaturze materia jest plazmą – gazem naładowanych cząstek – której żadne naczynie nie wytrzyma.

Istnieją trzy główne sposoby utrzymania plazmy. W tokamaku plazma krąży w komorze w kształcie obwarzanka, utrzymywana przez pole magnetyczne wytwarzane przez potężne cewki. W stellaratorze podobną rolę pełnią cewki o skomplikowanym, poskręcanym kształcie, dzięki czemu plazma może pracować bez przerwy. W metodzie laserowej setki wiązek światła rozgrzewają maleńki złoty cylinderek, a powstające w nim promieniowanie rentgenowskie

eprasa.pl fad3467d02

w ułamku sekundy ściska umieszczoną w środku kapsułkę z paliwem wielkości ziarna pieprzu. Miarą sukcesu jest wzmocnienie Q: stosunek energii uzyskanej z fuzji do energii zużytej na podgrzanie paliwa.

ITER: największy eksperyment, ale nie elektrownia

Najbardziej znanym projektem fuzyjnym jest ITER, budowany we francuskim Cadarache przez Unię Europejską, Chiny, Indie, Japonię, Koreę Południową, Rosję i USA. Jego celem jest wzmocnienie Q = 10, czyli uzyskanie 500 MW mocy cieplnej z fuzji przy 50 MW mocy grzania plazmy. Warto od razu podkreślić to, co sam ITER pisze w swoich materiałach: ta instalacja nie wytworzy prądu. Ma pokazać, że plazma może się sama podtrzymywać i dawać dziesięć razy więcej energii, niż się do niej dostarcza. Prąd mają produkować dopiero jej następcy.

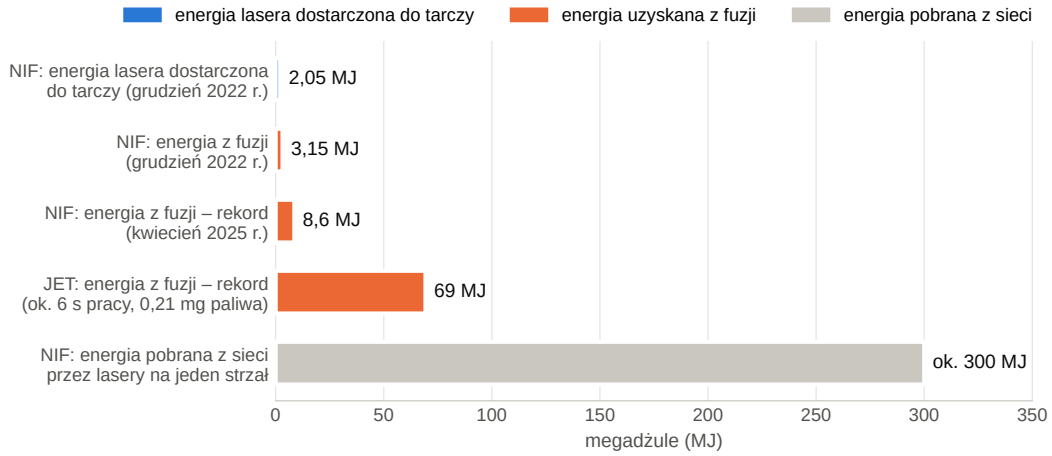
Budowa od lat się opóźnia. Według harmonogramu przyjętego w 2024 r. badania z plazmą mają się rozpocząć w 2034 r., a rozpoczęcie pracy z paliwem deuter–tryt – w 2039 r.; wcześniej zakładano pierwszą plazmę w 2025 r. Opóźnienie kosztuje dodatkowo ok. 5 mld euro. Postęp jest jednak widoczny: 30 kwietnia 2025 r. ukończono produkcję wszystkich elementów układu magnesów – według ITER największego i najpotężniejszego nadprzewodzącego impulsowego układu elektromagnesów, jaki zbudowano; jego sercem jest 18-metrowy centralny solenoid o indukcji 13 T – a we wrześniu 2026 r. w szybie tokamaka stało już 6 z 9 modułów komory próżniowej.

Dwa różne „Q”

Q plazmy porównuje energię z fuzji z energią dostarczoną bezpośrednio do paliwa.
Q „z gniazdka” porównuje energię oddaną do sieci z energią pobraną przez całą instalację: lasery lub magnesy, układy chłodzenia, pompy próżniowe, sterowanie. W NIF wzmocnienie tarczy przekracza 4, ale stosunek energii z fuzji do energii pobranej z sieci wynosi ok. 0,03 – a NIF w ogóle nie zamienia tej energii na prąd. Elektrownia termojądrowa musi mieć Q „z gniazdka” wyraźnie większe od 1, bo część energii cieplnej i tak straci się przy zamianie na prąd.

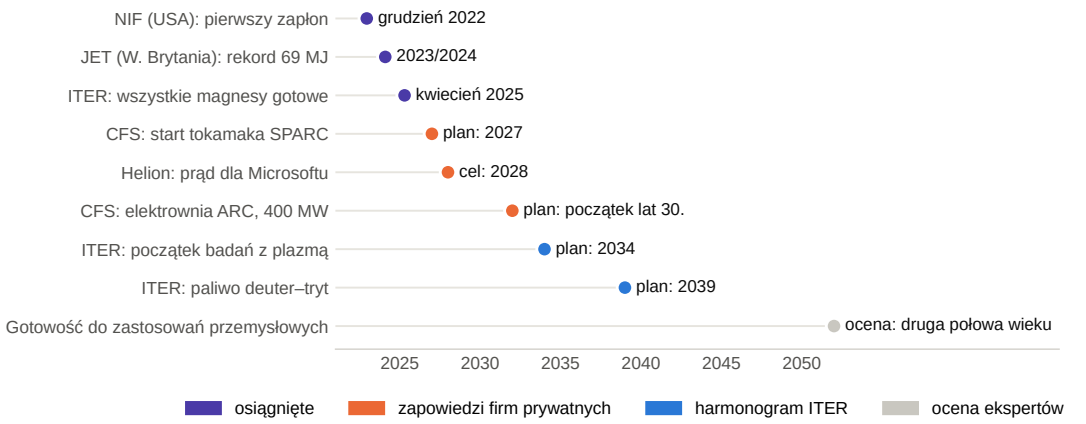
Rekordy – i haczyk

5 grudnia 2022 r. w amerykańskim laboratorium Lawrence Livermore (NIF) po raz pierwszy uzyskano zapłon: lasery dostarczyły do tarczy – złotego cylinderka z kapsułką paliwa w środku – 2,05 MJ energii, a fuzja dała 3,15 MJ. W kwietniu 2025 r. rekord wzrósł do 8,6 MJ przy 2,08 MJ energii lasera, co daje wzmocnienie tarczy ponad 4. Haczyk polega na tym, że lasery NIF pobierają z sieci na jeden strzał ok. 300 MJ energii (**rysunek 19**). Z punktu widzenia elektrowni do zysku brakuje więc wciąż kilkudziesięciu razy. Europejski tokamak JET w Wielkiej Brytanii, zamknięty pod koniec 2023 r., w swojej ostatniej kampanii uzyskał 69 MJ energii z fuzji w ciągu



Rysunek 19. Bilans energii w rekordowych eksperymentach fuzyjnych. Energia pobrana z sieci przez lasery NIF (ok. 300 MJ) dotyczy strzału z grudnia 2022 r. Źródła: Lawrence Livermore National Laboratory; Optica, Optics & Photonics News (2022); EUROfusion (JET)

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 20. Kiedy prąd z fuzji? Zdarzenia już osiągnięte, zapowiedzi firm prywatnych, harmonogram ITER i ocena ekspertów. Terminy firm prywatnych to ich własne deklaracje. Ocena „druga połowa wieku" pochodzi z analizy think tanku Parlamentu Europejskiego (maj 2026 r.). Źródła: LLNL, EUROfusion, ITER Organization, Commonwealth Fusion Systems, Helion, EPRS

ok. 6 s – z zaledwie 0,21 mg paliwa. Tyle energii daje spalenie ok. 2 kg węgla.

Równie ważne jak energia są rekordy czasu. Chiński tokamak EAST utrzymał w styczniu 2025 r. plazmę w trybie wysokiego uwięzienia (tzw. H-mode) przez 1066 s, a francuski WEST w lutym 2025 r. – przez 1337 s, czyli ponad 22 minuty. Niemiecki stellarator Wendelstein 7-X ustanowił w 2025 r. rekord tzw. iloczynu potrójnego (gęstość plazmy × temperatura × czas utrzymania energii) dla długich wyładowań – utrzymał go przez 43 s. Według EUROfusion dzieli to pierwszeństwo z tokamakiem JET, który w ostatnich eksperymentach utrzymywał porównywalne wartości nawet przez 60 s. Żaden z tych rekordów nie oznacza jednak jeszcze, że fuzja oddaje do sieci więcej energii, niż z niej pobiera.

Wyścig firm prywatnych

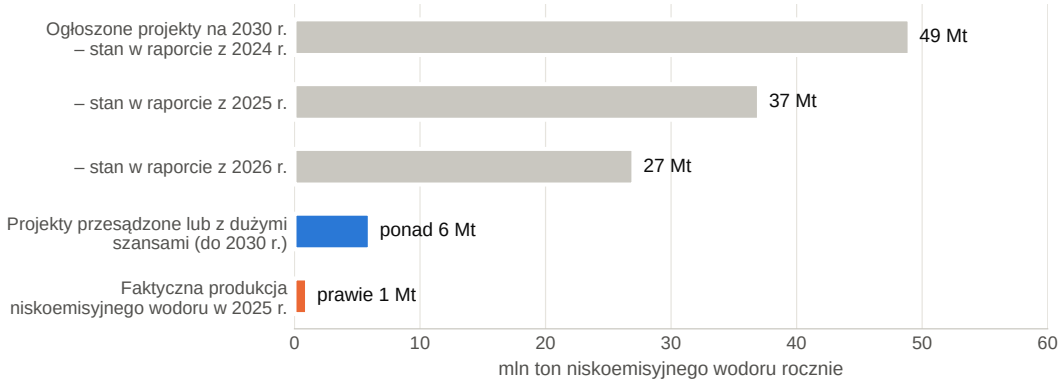
Równolegle do wielkich programów państwowych trwa wyścig prywatnych firm. Według organizacji branżowej Fusion Industry Association w ciągu 12 miesięcy do lipca 2026 r. zebrały one rekordowe 4,48 mld USD, a od 2021 r. łącznie 14,24 mld USD. 71% ankietowanych firm deklaruje dostawy prądu w latach 30. – to jednak deklaracje samych zainteresowanych. Najbardziej zaawansowana jest amerykańska Commonwealth Fusion Systems, która buduje tokamak SPARC z magnesami z nadprzewodników wysokotemperaturowych; w sierpniu 2026 r. był gotowy w ok. 80%, a uruchomienie zaplanowano na 2027 r. Następna ma być elektrownia ARC o mocy 400 MW w Wirginii, z której Google zobowiązał się kupować 200 MW (umowa z czerwca 2025 r.). Firma Helion podpisała z Microsoftem umowę na dostawy prądu z fuzji od 2028 r. i buduje elektrownię w stanie Waszyngton, choć nie opublikowała danych o zysku energii. W Europie stellarator projektuje monachijska Proxima Fusion, a w Chinach powstaje tokamak BEST, który ma zademonstrować wytwarzanie energii z fuzji. Zestawienie zapowiedzi z harmonogramem ITER pokazuje **rysunek 20**.

Polska ma w tym wyścigu swój udział. Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie (założony 50 lat temu przez generała Sylwestra Kaliskiego) koordynuje polski udział w europejskim konsorcjum EUROfusion i skupia w Centrum Naukowo-Przemysłowym Nowych Technologii Energetycznych (CeNTE) ponad 20 polskich instytucji naukowych i firm. Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie wykonał połączenia nadprzewodzące cewek stellaratora

Paliwo, którego nie ma

Deuteru jest w wodzie morskiej pod dostatkiem. Trytu – radioaktywnego izotopu wodoru o okresie połowicznego rozpadu ok. 12 lat – w przyrodzie praktycznie nie ma. Przyszła elektrownia termojądrowa będzie musiała go wytwarzać sama: neutrony z fuzji mają trafiać w otaczający plazmę płaszcz zawierający lit i zamieniać go w tryt. To jedno z najtrudniejszych zadań fuzji, wciąż niesprawdzone w skali przemysłowej.

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 21. Wodór niskoemisyjny: jak kurczą się plany na 2030 r. i ile produkuje się naprawdę. Źródła: MAE, Global Hydrogen Review 2024, 2025 i 2026

Wendelstein 7-X (240 złącz), a Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku dostarczyło elementy układu grzania plazmy wiązkami atomów. Firma Altrad Babcock Europe z zakładem w Polsce ma umowę ramową o wartości do ok. 100 mln euro na elementy układu chłodzenia ITER.

Realnie w 2050 r. Jeśli zapowiedzi firm prywatnych choć częściowo się sprawdzą, w latach 30. i 40. powstaną pierwsze elektrownie demonstracyjne. Do ograniczenia emisji do 2050 r. fuzja wniesie jednak niewiele – think tank Parlamentu Europejskiego mówi o gotowości do zastosowań przemysłowych w drugiej połowie wieku. To technologia dla pokolenia dzisiejszych nastolatków, ale raczej na ich wiek średni niż na młodość.

Wodór – paliwo do zadań specjalnych

Wodór spalając się tworzy wodę i dlatego od lat obiecuje się go jako paliwo przyszłości. Rzeczywistość jest mniej efektowna. Świat zużywa już ponad 100 mln t wodoru rocznie – głównie w rafineriach, do produkcji amoniaku, z którego powstają nawozy, i metanolu – ale prawie cały powstaje z gazu ziemnego i węgla, przy dużej emisji CO_2. Wodoru niskoemisyjnego, wytwarzanego przez elektrolizę wody prądem z OZE lub z paliw kopalnych z wychwytem CO_2, wyprodukowano w 2025 r. prawie 1 mln t, czyli niespełna 1% (MAE, Global Hydrogen Review 2026; według Agencji próg 1% zostanie przekroczony po raz pierwszy w 2026 r.).

Plany kurczą się z roku na rok (**rysunek 21**). Łączna produkcja z ogłoszonych projektów, które miały działać w 2030 r., wynosiła według kolejnych raportów MAE 49 mln t, potem 37 mln t, a w raporcie z 2026 r. – 27 mln t. Projekty przesądzone i te, które mają duże szanse na uruchomienie do 2030 r., to już tylko nieco ponad 6 mln t – rok wcześniej MAE liczyła je na 10 mln t. Moc zainstalowanych elektrolizerów podwoiła się w 2025 r. do ponad 4 GW, przy czym prawie trzy czwarte nowych instalacji powstało w Chinach. Dla porównania: w 2021 r. MAE pisała, że do osiągnięcia zerowych emisji netto zapotrzebowanie na wodór musiałoby wzrosnąć do 212 mln t w 2030 r. i 528 mln t w 2050 r.

Hamulcem jest koszt i fizyka. Wodór odnawialny kosztował w UE ok. 8 € za kilogram, a wodór z gazu ok. 2 € (unijna agencja ACER, 2025). Europejski Trybunał Obrachunkowy uznał w 2024 r., że unijny cel 10 mln t własnej produkcji i 10 mln t importu w 2030 r. prawdopodobnie nie zostanie osiągnięty. Jeszcze ważniejsza jest sprawność: jeśli nadwyżkę prądu z OZE zamienimy w wodór, zmagazynujemy go i z powrotem zamienimy na prąd, odzyskamy tylko 24...48% energii – zależnie od tego, czy użyjemy turbiny gazowej, silnika czy ogniwa paliwowego. Magazyn bateryjny oddaje ok. 80...90% (w USA w 2019 r. średnio 82%, dane EIA; **rysunek 22**).

Dlatego wodór ma sens przede wszystkim tam, gdzie nie da się użyć prądu bezpośrednio: jako surowiec w rafineriach i do produkcji nawozów (zamiast dzisiejszego wodoru z gazu), do redukcji rudy żelaza w hutach, jako składnik paliw dla statków (amoniak, metanol). W samochodach osobowych i w ogrzewaniu domów przegrywa z baterią i pompą ciepła. Przekonała się o tym Dolna Saksonia, która w 2022 r. uruchomiła

eprasa.pl fad3467d02

pierwszą na świecie linię obsługiwaną wyłącznie pociągami wodorowymi, a rok później zdecydowała, że kolejne pociągi będą bateryjne, bo są tańsze w eksploatacji. W lutym 2025 r. upadłość ogłosił amerykański producent ciężarówek wodorowych i elektrycznych Nikola.

Polska zużywa ok. 710 tys. t wodoru rocznie, prawie w całości wytwarzanego z paliw kopalnych, i jest trzecim producentem w Europie. Polska strategia wodorowa zakładała 2 GW elektrolizerów do 2030 r. i 32 stacje tankowania wodoru w 2025 r.; w czerwcu 2026 r. Orlen miał 7 publicznych stacji. Koncern planuje do 2035 r. ok. 0,9 GW elektrolizerów, co razem z instalacjami wytwarzającymi wodór z odpadów ma dać ponad 130 tys. t wodoru odnawialnego rocznie.

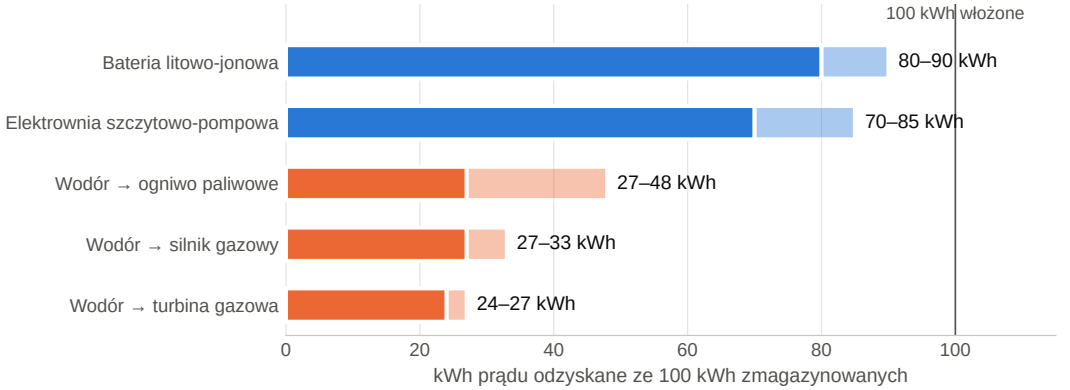
Realnie w 2050 r. Wodór będzie ważnym, ale drogim surowcem przemysłowym, a nie uniwersalnym paliwem. W 2050 r. zasili raczej huty, zakłady chemiczne i statki niż samochody i domy. Jego zielona odmiana zyska, gdy prąd z OZE będzie bardzo tani w godzinach nadwyżek.

Słońce po zachodzie – magazyny energii

Największą słabością słońca i wiatru jest to, że nie pytają nas, kiedy potrzebujemy prądu. Przez dekady jedynym dużym magazynem energii były elektrownie szczytowo-pompowe: w godzinach nadwyżek pompują wodę do górnego zbiornika, a gdy prądu brakuje, spuszczają ją przez turbiny. Mają na świecie łącznie ok. 201 GW mocy (Międzynarodowe Stowarzyszenie Energetyki Wodnej, 2026 r.). W ostatnich latach dołączyły do nich baterie – i zmieniły zasady gry.

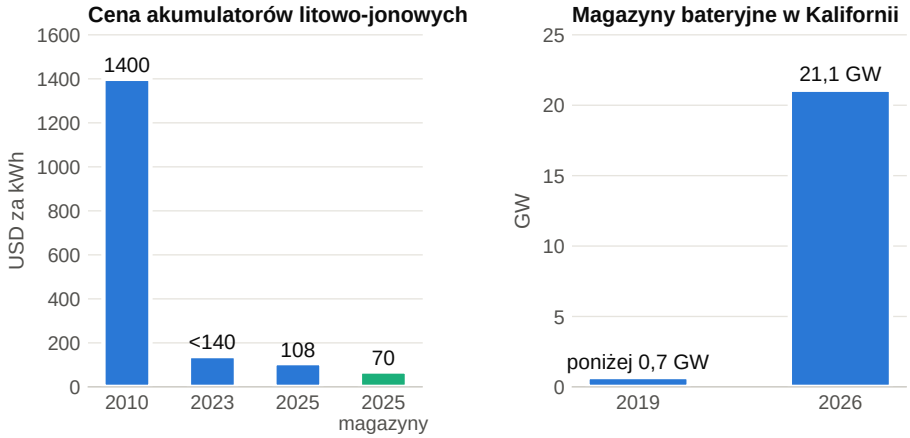
Powód jest prosty: ceny. Akumulatory litowo-jonowe kosztowały w 2010 r. ok. 1400 USD za kilowatogodzinę pojemności, w 2023 r. poniżej 140 USD (MAE), a w 2025 r. średnio 108 USD. Pakiety do magazynów stacjonarnych potaniały w ciągu jednego roku o 45%, do 70 USD/kWh (BloombergNEF, **rysunek 23**). W 2025 r. przybyło na świecie 108 GW magazynów bateryjnych – o 40% więcej niż rok wcześniej – a ich łączna moc jest już jedenaście razy większa niż w 2021 r.; ok. 60% nowych magazynów powstało w Chinach, a ok. 90% wykorzystuje ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe (LFP), tańsze i bezpieczniejsze od tych stosowanych w wielu samochodach. Według firmy analitycznej Rystad Energy łączna moc baterii w sieciach przekroczyła w 2025 r. 250 GW i po raz pierwszy wyprzedziła elektrownie szczytowo-pompowe – pod względem mocy, bo pod względem zmagazynowanej energii te drugie nadal prawdopodobnie prowadzą.

Najlepszym laboratorium jest Kalifornia. W 2019 r. miała mniej niż 0,7 GW magazynów bateryjnych, w sierpniu 2026 r. – ponad 21 GW (licząc ok. 3 GW magazynów domowych i firmowych oraz ok. 2 GW w Nevadzie i Arizonie pracujących dla Kalifornii), w większości czterogodzinnych (California Energy Commission). Baterie ładują się w południe, gdy panele dają nadmiar energii, a wieczorem oddają ją do sieci, gdy mieszkańcy wracają do domów, a słońce zachodzi. W Polsce rośnie pierwszy duży magazyn tego typu – o nim i o rządowym programie wsparcia magazynów piszemy w części poświęconej polskiej sieci.



Rysunek 22. Ile prądu odzyskamy ze 100 kWh zmagazynowanych różnymi metodami. Ciemniejsza część słupka: dolna granica przedziału, jaśniejsza: górna. Źródła: Oxford Institute for Energy Studies, „Power-to-Hydrogen-to-Power" (lipiec 2025 r.) – wodór i elektrownie szczytowo-pompowe; EIA (2021) – baterie

eprasa.pl fad3467d02



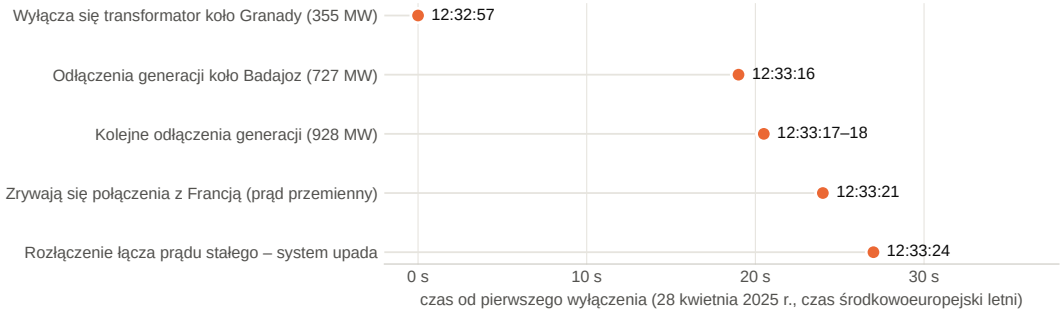
Rysunek 23. Po lewej: średnia cena pakietów akumulatorów litowo-jonowych w USD za kWh pojemności (2010 i 2023 – dane MAE, 2025 – BloombergNEF; słupek „2025 magazyny" to pakiety do magazynów stacjonarnych). Po prawej: moc magazynów bateryjnych w Kalifornii. Źródła: MAE, Batteries and Secure Energy Transitions (2024); BloombergNEF (grudzień 2025 r.); California Energy Commission (sierpień 2026 r.)

Nowe technologie idą w dwóch kierunkach. Pierwszy to tańsze materiały: chiński CATL zapowiedział na 2026 r. masowe wdrożenie akumulatorów sodowo-jonowych, które nie potrzebują litu. Drugi to dłuższy czas pracy: amerykańska firma Form Energy zaczęła instalować w Minnesocie baterie żelazo-powietrze, które mogą oddawać energię przez 100 godzin. Żadna bateria nie rozwiąże jednak problemu sezonowego: nie przeniesie letniej nadwyżki słońca na grudzień. Do tego potrzebne są elektrownie szczytowo-pompowe, paliwa (w tym wodór), rezerwowe elektrownie i połączenia między krajami.

Realnie w 2050 r. MAE szacuje, że żeby potroić moc OZE na świecie do 2030 r., trzeba mieć ok. 1500 GW magazynów energii, w tym ok. 1200 GW baterii – czternaście razy więcej niż w 2023 r. Jeśli ceny będą dalej spadać, w 2050 r. baterie będą tak powszechnym elementem sieci jak dziś transformatory i będą przesuwać energię z południa na wieczór w każdym kraju. Zimowe „bezwietrzne tygodnie" pozostaną zadaniem dla innych rozwiązań.

90 sekund, które wyłączyły Półwysep

28 kwietnia 2025 r. o godz. 12:33 w ciągu niespełna półtorej minuty zgasło światło w całej kontynentalnej Hiszpanii i w Portugalii. Stanęły pociągi i metro, przestały działać sygnalizacje świetlne i terminale płatnicze. Szybko pojawiły się hasła, że winien jest „nadmiar słońca" w sieci. Raport końcowy panelu ekspertów europejskich operatorów systemów przesyłowych ENTSO-E, opublikowany 20 marca 2026 r., pokazuje coś innego – i jest świetną lekcją fizyki sieci.



Rysunek 24. Ostatnie 27 sekund systemu elektroenergetycznego Hiszpanii i Portugalii 28 kwietnia 2025 r. Źródła: ENTSO-E, raport końcowy panelu ekspertów (20 marca 2026 r.); omówienie w „POWER Magazine"

eprasa.pl fad3467d02

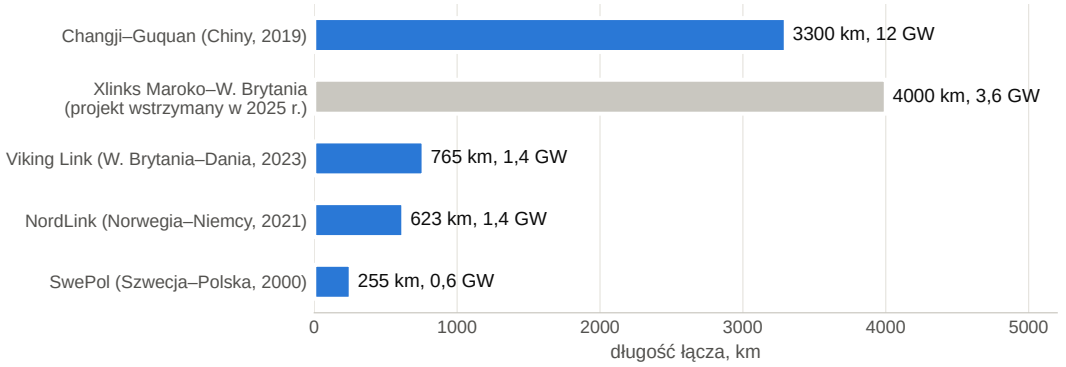
Już od godz. 12:03 w systemie pojawiały się oscylacje mocy. O 12:32:57 wyłączył się transformator koło Granady, co odcięło 355 MW generacji. W ciągu kolejnych ok. 20 s odłączyły się elektrownie o mocy ok. 2 GW – a licząc od 12:32, gdy zaczęła spadać produkcja dużych farm OZE, w ciągu niespełna półtorej minuty ubyło ponad 2,5 GW – a napięcie w sieci przesyłowej gwałtownie rosło. O 12:33:21 zerwały się połączenia z Francją, a o 12:33:24 system upadł (**rysunek 24**). Eksperci nazwali to zdarzeniem pierwszym tego rodzaju w Europie: przyczyną nie był brak mocy ani spadek częstotliwości, lecz niekontrolowany wzrost napięcia i kaskada odłączeń. Złożyło się na to kilka czynników: wiele farm OZE pracowało w trybie, w którym nie wspierały regulacji napięcia; konwencjonalne elektrownie nie zawsze dostarczały wymaganej mocy biernej; dławiki, które obniżają napięcie, przełączano ręcznie; a dopuszczalny zakres napięcia w Hiszpanii (do 435 kV) zostawiał mały margines. Panel stwierdził też, że większa bezwładność wirujących maszyn sama nie uratowałaby systemu. Raport zawiera ponad 20 zaleceń – m.in. takie, by farmy OZE przestały pracować ze stałym współczynnikiem mocy i brały udział w dynamicznej regulacji napięcia. Zalecenia nie są prawem: żeby zaczęły obowiązywać, muszą trafić do kodeksów sieci i instrukcji ruchu. Hiszpania zmieniła swoją instrukcję już wcześniej. Portugalię odbudowano po północy, a hiszpańską sieć przesyłową ok. 4:00 następnego dnia.

Kable prądu stałego

Sieć przyszłości musi też przesyłać energię dalej niż dziś – z morskich farm wiatrowych, z południa kontynentu, z sąsiednich krajów. Na duże odległości opłaca się prąd stały wysokiego napięcia (HVDC). Linie prądu przemiennego tracą na każdym tysiącu kilometrów ok. 6...10% przesyłanej energii, linie HVDC ok. 4%, choć dochodzą do tego straty w stacjach przekształtnikowych na obu końcach. W kablach podmorskich prąd przemienny ma dodatkową wadę: kabel działa jak ogromny kondensator i przy długości ponad kilkudziesięciu kilometrów sam „zjada" znaczną część swojej przepustowości. Rekordzistą jest chińska linia Changji-Guquan o napięciu ±1100 kV, która przesyła 12 GW na odległość ponad 3000 km (**rysunek 25**). Polska jest połączona ze Szwecją kablem SwePol o mocy 600 MW, działającym od 2000 r.

Radar technologii

- **Małe reaktory modułowe (SMR):** pierwszy reaktor BWRX-300 (300 MW) powstaje w kanadyjskim Darlington, start ok. 2030 r. – o polskich planach piszemy w części poświęconej Polsce.
- **Geotermia wspomagana:** amerykańska elektrownia Fervo Cape Station w Utah, która pompuje wodę w gorące skały na głębokości kilku kilometrów, ma dać pierwszy prąd pod koniec 2026 r., a ok. 100 MW na początku 2027 r.
- **Ogniwa tandemowe perowskit–krzem:** rekord sprawności 35,5% (LONGi, lipiec 2026 r.) – więcej niż teoretyczna granica 33,7% dla ogniwa z jednym złączem.
- **Elektrownie słoneczne w kosmosie:** demonstrator Caltech przesłał w 2023 r. energię bezprzewodowo na orbicie – na razie w skali miliwatów.



Rysunek 25. Wybrane łącza prądu stałego wysokiego napięcia: długość i moc przesyłowa. Źródła: Hitachi Energy (Changji–Guquan, SwePol); Statnett (NordLink); National Grid (Viking Link); Xlinks i parlament Wielkiej Brytanii (Xlinks)

eprasa.pl fad3467d02

Czy wobec tego prąd z saharyjskiej fotowoltaiki może zasilać Europę? Fizycznie tak, ale historia pokazuje, że decydują pieniądze i polityka. Projekt Desertec, ogłoszony w 2009 r. z budżetem ok. 400 mld euro i celem pokrycia 15% zapotrzebowania Europy do 2050 r., rozpadł się w latach 2012–2014. Projekt Xlinks, który miał przesyłać 3,6 GW z Maroka do Wielkiej Brytanii kablem o długości ok. 4000 km, w czerwcu 2025 r. nie dostał gwarancji ceny od rządu brytyjskiego, który uznał ryzyko za zbyt duże. Dziś Unia stawia na sieć wewnątrz Europy: w 2024 r. z powodu wąskich gardeł sieci trzeba było ograniczyć produkcję 72 TWh energii z OZE, a projekty o mocy ok. 1700 GW czekały w kolejkach do przyłączenia. W grudniu 2025 r. Komisja Europejska przedstawiła pakiet sieciowy z ośmioma „autostradami energii".

Realnie w 2050 r. MAE szacuje, że do 2040 r. świat musi dobudować lub zmodernizować ponad 80 mln km linii elektroenergetycznych – tyle, ile liczy cała dzisiejsza sieć – a roczne inwestycje w sieci muszą się niemal podwoić do 2030 r. – do ponad 600 mld USD. W 2050 r. to nie brak paneli czy turbin, lecz przepustowość sieci, szybkość przyłączeń i umiejętność sterowania napięciem przez tysiące falowników będą decydować o tempie transformacji. Wielkie kable między kontynentami pozostaną raczej wyjątkiem niż regułą. ■

Alchemik. Tom 1: Miasto umarłych

Wasilij Machanienko

Wydawnictwo: Insignis, stron: 352, sugerowana cena: 49,99 zł

To pierwsza część z pięciu tomów fantasty nowej serii LitRPG od mistrza gatunku, Wasilija Machanienki autora m.in. takich serii jak: „Droga Szamana", „Świat przeistoczonych".
Istnieją całe antologie opowieści o tym, jak zachowa się człowiek, gdy do jego świata przeniknie gra... A jeśli ludzkość już żyje w świecie, w którym gra istnieje od dobrych kilku tysięcy lat? Co, jeśli ludzie są potomkami ocalałych, którzy w krwawych zmaganiach wywalczyli sobie prawo do pozostania na własnej planecie?
Młodemu Tajlinowi Właszycowi, zwykłemu chłopakowi, nie w głowie wszystkie te wielkie sprawy. Obchodzi go tylko jedno: jak przetrwać w surowym świecie, w którym oprócz Imperatora i zaciekłych wrogów rządzi bezstronny bóg. Bóg, który oczekuje tylko jednego: by wszystko działo się zgodnie z jego wolą.

eprasa.pl fad3467d02

Źródła

ITER, FAQ: https://www.iter.org/faqs
Physics World, nowy harmonogram ITER (2024):
https://physicsworld.com/a/iter-fusion-reactor-hit-by-massive-decade-long-delay-and-e5bn-price-hike/
EurekAlert, ukończenie magnesów ITER (2025): https://www.eurekalert.org/news-releases/1081952
ANS, postęp montażu ITER (9.09.2026): https://skroc.pl/qjGegKa
LLNL, zapłon w NIF: https://lasers.llnl.gov/science/achieving-fusion-ignition
Optica OPN, energia pobierana przez lasery NIF:
https://www.optica-opn.org/home/newsroom/2022/december/ignition_accomplished_nif_looks_to_the_future/
EUROfusion, rekord JET: https://euro-fusion.org/eurofusion-news/dte3record/
ITER, rekordy EAST i WEST: https://www.iter.org/node/20687/achievements-east-and-west
CEA, rekord WEST: https://irfm.cea.fr/en/2025/02/west-sets-a-new-plasma-duration-record/
EUROfusion, rekord Wendelstein 7-X:
https://euro-fusion.org/eurofusion-news/wendelstein-7-x-sets-world-record-for-long-plasma-triple-product/
Fusion Industry Association, raport 2026: https://skroc.pl/nuWCaMf
CFS, postęp SPARC (sierpień 2026): https://skroc.pl/rUNBixk
CFS – Google: https://cfs.energy/news-and-media/google-and-commonwealth-fusion-systems-sign-strategic-partnership/
Helion, kamienie milowe 2026: https://www.helionenergy.com/newsroom/helion-achieves-new-fusion-energy-milestones
Proxima Fusion, runda finansowania 2025: https://skroc.pl/VvY7nxM
CAS, tokamak BEST: https://english.cas.cn/newsroom/cas-in-media/202604/t20260417_1157472.shtml
EPRS, Nuclear fusion: state of play (maj 2026): https://epthinktank.eu/2026/05/18/nuclear-fusion-state-of-play/
EUROfusion, Polska: https://euro-fusion.org/eurofusion/members/poland/
IPP, polski wkład w Wendelstein 7-X: https://www.ipp.mpg.de/ippcms/eng/presse/pi/13_12_pi
IFPiLM, kontrakt Altrad Babcock Europe dla ITER: https://skroc.pl/SRsmrr5
MAE, Global Hydrogen Review 2026: https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2026/executive-summary
MAE, Global Hydrogen Review 2025: https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2025/executive-summary
S&P Global, wodór w scenariuszu MAE Net Zero by 2050 (2021): https://skroc.pl/jQckaj4
ACER, European hydrogen markets 2025: https://acer.europa.eu/monitoring/European-hydrogen-markets-2025
Europejski Trybunał Obrachunkowy, raport specjalny 11/2024:
https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-11/SR-2024-11_EN.pdf
OIES, Power-to-Hydrogen-to-Power (2025): https://skroc.pl/U9p8bPi
EIA, sprawność magazynów bateryjnych w USA (2021): https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46756
Hydrogen Insight, pociągi w Dolnej Saksonii: https://skroc.pl/YcUjkcT
CNN, upadłość Nikola (2025): https://www.cnn.com/2025/02/19/business/ev-nikola-chapter-11-bankruptcy
CATF, wodór w Polsce: https://www.catf.us/resource/getting-hydrogen-right-for-polands-industrial-decarbonisation/
Polska Strategia Wodorowa: https://www.gov.pl/web/klimat/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030
Orlen, siódma stacja wodorowa: https://skroc.pl/jZzQmgF
IHA, elektrownie szczytowo-pompowe 2026: https://skroc.pl/wYozEw2
MAE, Batteries and Secure Energy Transitions (2024):
https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions/executive-summary
BloombergNEF, ceny baterii 2025: https://skroc.pl/747dUiG
MAE, Global Energy Review 2026 – baterie:
https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2026/technology-battery-storage
pv magazine USA, baterie wyprzedzają elektrownie szczytowo-pompowe (Rystad): https://skroc.pl/23WPeSY
California Energy Commission, baterie (sierpień 2026): https://skroc.pl/JMyyV59
CATL, akumulatory sodowo-jonowe: https://www.catl.com/en/news/6720.html
Latitude Media, baterie 100-godzinne Form Energy:
https://www.latitudemedia.com/news/forms-first-100-hour-batteries-are-hitting-the-grid/
ENTSO-E, raport końcowy o blackoucie: https://skroc.pl/PVKgzLo
POWER Magazine, anatomia blackoutu: https://skroc.pl/RNyjuwr
Siemens Stiftung, straty przesyłu AC i DC: https://medienportal.siemens-stiftung.org/view/101614
Hitachi Energy, Changji–Guquan:
https://www.hitachienergy.com/us/en/news-and-events/customer-stories/changji-guquan-uhvdc-link
Hitachi Energy, SwePol: https://www.hitachienergy.com/news-and-events/customer-success-stories/swepol-link
Statnett, NordLink: https://skroc.pl/yuxyrWv
National Grid, Viking Link: https://skroc.pl/KKkXEWR
Parlament Wielkiej Brytanii, decyzja w sprawie Xlinks:
https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2025-06-26/hcws745
Dialogue Earth, historia Desertec: https://skroc.pl/UHB53UU
Clean Energy Wire, unijny pakiet sieciowy: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/qa-eu-grid-package
MAE, Electricity Grids and Secure Energy Transitions:
https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions/executive-summary
OPG, SMR w Darlington: https://skroc.pl/KTUviqR
Fervo, Cape Station: https://capestation.com/
LONGi, rekord ogniwa tandemowego (2026): https://skroc.pl/2vKeH9p
Caltech, Space Solar Power Project: https://www.spacesolar.caltech.edu/news

eprasa.pl fad3467d02

Polska

Od węgla do... czego właściwie?

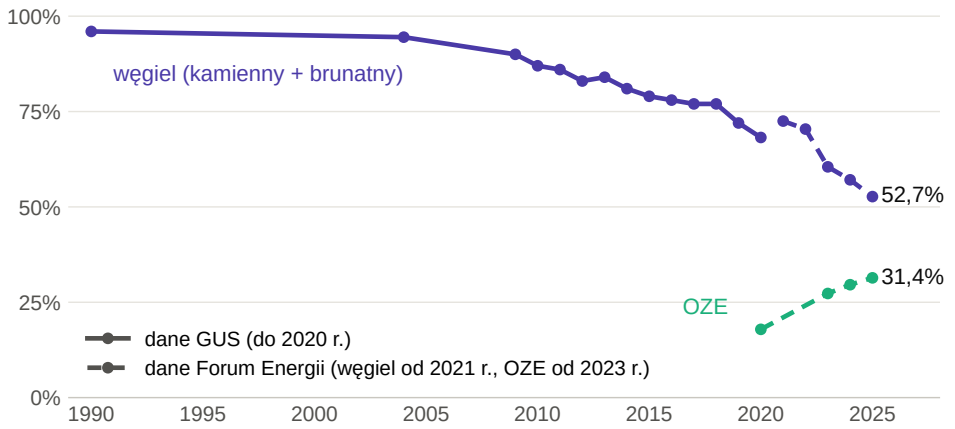
Jeszcze w 1990 r. węgiel dawał Polsce 96% prądu. W 2025 r. – niewiele ponad połowę. W lipcu 2026 r. do sieci popłynęła pierwsza energia z farmy wiatrowej na Bałtyku, a na Pomorzu przygotowuje się teren pod pierwszą elektrownię jądrową. Polska jest w samym środku przebudowy systemu, który przez pół wieku opierał się na kilkunastu wielkich elektrowniach węglowych. Pięć tekstów pokazuje, co już się zmieniło, co zgrzyta i jak ma wyglądać polska energetyka w latach 2040–2050.

Od 96 do 53 procent

Przez dziesięciolecia polska energetyka oznaczała węgiel. Według GUS w 1990 r. elektrownie spalające węgiel kamienny i brunatny wytwarzały 96% prądu, w 2010 r. – 87%, a w 2020 r. po raz pierwszy mniej niż 70%. W 2025 r. udział węgla spadł do 52,7%, a odnawialne źródła energii dały 31,4% produkcji (Forum Energii, **rysunek 26**). Czerwiec 2025 r. przeszedł do historii jako pierwszy miesiąc, w którym OZE wyprodukowały w Polsce więcej prądu niż węgiel: 45,6% wobec 42,3%.

Najszybciej rośnie fotowoltaika. W lipcu 2026 r. panele słoneczne miały w polskim systemie łącznie 26,8 GW mocy – więcej niż którykolwiek inny pojedynczy rodzaj elektrowni. Elektrownie

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 26. Udział węgla (kamiennego i brunatnego) oraz odnawialnych źródeł energii w produkcji prądu w Polsce. Udział węgla: do 2020 r. dane GUS (za portalem Demagog), od 2021 r. dane Forum Energii; udział OZE: 2020 r. – GUS, od 2023 r. – Forum Energii; metody obu źródeł mogą się różnić o kilka punktów procentowych. Źródła: GUS; Forum Energii

na węgiel kamienny miały 22,9 GW, a na węgiel brunatny 8,4 GW (PSE). Ponad połowa tej mocy to mikroinstalacje, głównie na dachach domów: na koniec 2025 r. w Polsce działało ponad 1,6 mln mikroinstalacji o łącznej mocy ok. 13,9 GW (Urząd Regulacji Energetyki). 20 maja 2026 r. o 11:30 fotowoltaika dawała 14,56 GW, czyli 74% zapotrzebowania całego kraju, a Polska eksportowała w tym czasie ok. 3,4 GW do sąsiadów.

Rok 2026 pokazuje jednak drugą stronę medalu. Mroźna zima przyniosła 3 lutego rekord zapotrzebowania na moc – 27,7 GW netto przy temperaturach poniżej –20°C – a w czerwcu słabo wiało i udział węgla wrócił powyżej 50% (think tank Instrat). Wolniej niż fotowoltaika rozwija się energetyka wiatrowa na lądzie: ustawa z 2023 r. pozwoliła budować wiatraki w odległości 700 m od domów, a nowelizację skracającą ten dystans do 500 m prezydent zawetował w sierpniu 2025 r. W 2025 r. przybyło zaledwie 0,5 GW nowych wiatraków na lądzie.

Prąd, którego nie wpuszczono

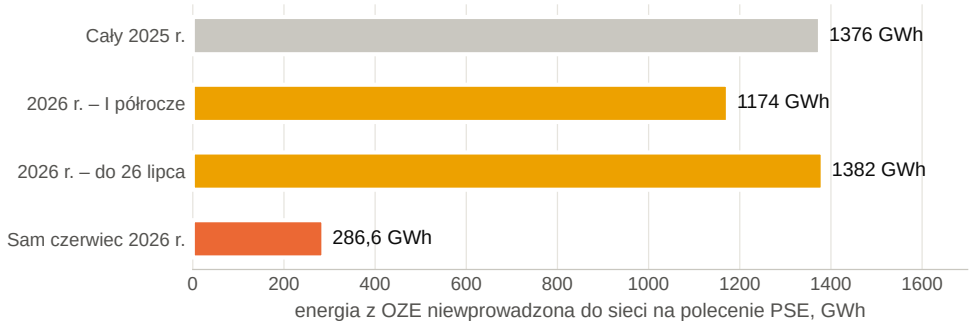
Paradoks polskiej transformacji polega na tym, że w słoneczne południa energii jest za dużo. Gdy produkcja przekracza zużycie, możliwości magazynowania i eksportu, operator systemu przesyłowego (OSP) – PSE – musi nakazać części elektrowni ograniczenie produkcji. Fachowo nazywa się to redysponowaniem nierynkowym. W 2025 r. nie wprowadzono w ten sposób do sieci 1376 GWh energii z OZE, z czego 97,8% z przyczyn bilansowych – nie dlatego, że linie były przeciążone, lecz dlatego, że systemowi brakowało elastyczności. W 2026 r. do 26 lipca było to już 1382 GWh, więcej niż w całym poprzednim roku, a w czerwcu produkcję OZE – głównie fotowoltaiki – ograniczano przez 35% godzin miesiąca (**rysunek 27**). Na giełdzie energii zdarzają się wtedy ceny ujemne: 1 maja 2026 r. cena spadła do –1,43 zł za kilowatogodzinę – wytwórcy płacili, żeby ktoś odebrał od nich prąd.

Skąd się bierze ten nadmiar? Fotowoltaika produkuje najwięcej dokładnie wtedy, gdy kraj zużywa najmniej. Wiosną jest już na tyle ciepło, że nie pracują piece, a jeszcze na tyle chłodno, że nie pracują klimatyzatory; w środku dnia zakłady i biura pobierają mniej mocy niż w zimowy wieczór. 20 maja 2026 r. o 11:45 polskie panele dały rekordowe 14 565 MW, a całe krajowe zapotrzebowanie wynosiło wtedy 19 609 MW – fotowoltaika pokrywała 74% zużycia kraju (**rysunek 28**).

Lekcja z sierpnia 2015 r.

Latem 2015 r. upał, niski stan wody w rzekach (potrzebnej do chłodzenia elektrowni), remonty bloków i brak wiatru sprawiły, że w polskim systemie zabrakło ponad 2 GW mocy. 10 sierpnia 2015 r. PSE wprowadziły 20. stopień zasilania – pierwszy raz od lat 80. – a przez resztę miesiąca ograniczenia poboru prądu obowiązywały odbiorców o mocy umownej powyżej 300 kW: zakłady przemysłowe, ale też duże sklepy i biurowce. Dla porównania: 20 maja 2026 r. sama fotowoltaika pokrywała trzy czwarte zapotrzebowania kraju.

eprasa.pl fad3467d02

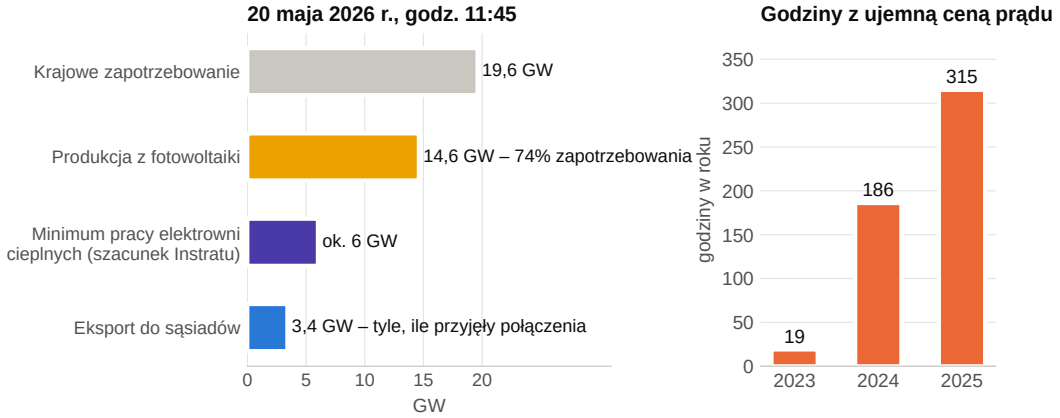


Rysunek 27. Energia z odnawialnych źródeł, której nie wprowadzono do sieci na polecenie PSE (redysponowanie nierynkowe). Źródła: PSE za serwisami gramwzielone.pl, wnp.pl i globenergia.pl

Reszty źródeł nie da się po prostu wyłączyć. Blok węglowy poniżej ok. 40...50% mocy znamionowej nie utrzyma stabilnego płomienia w kotle, a kilka gigawatów musi zostać w ruchu, żeby system miał rezerwę mocy, bezwładność wirujących mas i regulację napięcia; elektrociepłownie muszą przy tym dostarczać ciepłą wodę do kranów. Według modelu think tanku Instrat w polskim systemie musi wtedy pracować średnio ok. 6 GW w elektrowniach cieplnych.

Nadwyżkę można wywieźć za granicę – ale tylko tyle, ile przyjmą połączenia transgraniczne. 20 maja eksport sięgnął 3,4 GW i to była praktyczna granica; w dodatku sąsiedzi mają w tej samej godzinie ten sam problem. W pierwszym kwartale 2026 r. w całej Unii Europejskiej było 1223 godziny z ujemnymi cenami energii, ponad dwa razy więcej niż rok wcześniej. Magazynów energii wciąż jest za mało: na koniec 2025 r. wszystkie polskie magazyny miały 2,3 GW mocy i 8,9 GWh pojemności, ale prawie cała ta pojemność to elektrownie szczytowo-pompowe; na baterie – w większości przydomowe – przypadało ok. 0,6 GW i 1,4 GWh (dane Agencji Rynku Energii). Kiedy więc słońca jest więcej, niż system potrafi przyjąć, zużyć i wywieźć, PSE nakazują ograniczenie produkcji – i dlatego prąd, który już powstał, trafia donikąd.

Rozwiązania są trzy: mocniejsza sieć, magazyny energii i elastyczne zużycie. PSE planują w latach 2027–2036 inwestycje za ok. 66 mld zł, w tym ok. 5000 km nowych linii 400 kV i „energetyczną magistralę" prądu stałego o mocy do 4 GW, która przeniesie energię z farm na Bałtyku na południe kraju. Pięciu największych operatorów systemów dystrybucyjnych



Rysunek 28. Dlaczego w słoneczne południe prądu bywa za dużo. Po lewej: polski system 20 maja 2026 r. o 11:45, gdy fotowoltaika pobiła rekord 14,56 GW i pokrywała 74% krajowego zapotrzebowania; eksport szedł wtedy na maksimum, a w elektrowniach cieplnych i tak musi zostać w ruchu kilka gigawatów. Po prawej: liczba godzin w roku, w których cena energii na giełdzie była ujemna. Źródła: PSE (rekord fotowoltaiki, zapotrzebowanie i eksport – za serwisami wnp.pl i globenergia.pl); Instrat (minimalna praca elektrowni cieplnych); URE (godziny z cenami ujemnymi)

eprasa.pl fad3467d02

Czy wolno postawić kolejne panele na dachu?

- **Tak.** Mikroinstalacja, czyli źródło o mocy do 50 kW, jest przyłączana na zgłoszenie, które składa się operatorowi 30 dni wcześniej. Warunek: budynek jest już przyłączony do sieci, a moc paneli nie przekracza mocy przyłączeniowej zapisanej w umowie. Przy poprawnym zgłoszeniu operator nie ma podstawy, żeby odmówić.
- **Większe instalacje to inna bajka.** Farma polowa potrzebuje warunków przyłączenia, a o te bywa trudno: w 2024 r. operatorzy wydali 7817 odmów, na łącznie 73,6 GW mocy, w większości dla fotowoltaiki.
- **Sieć ogranicza się sama.** Żeby oddać prąd do sieci, falownik musi podnieść napięcie ponad napięcie panujące w linii. Gdy w okolicy jest dużo paneli i mało odbiorców, napięcie dobija do dopuszczalnych 253 V i falownik najpierw zmniejsza moc, a potem się wyłącza. To nie awaria, tylko zabezpieczenie wymagane normą.
- **Liczy się autokonsumpcja.** W systemie zwanym net-billingiem prosument sprzedaje nadwyżkę po cenie giełdowej z danej godziny, a w godzinach z ceną ujemną nie dostaje za nią nic. Dlatego bardziej opłaca się prąd zużyć u siebie – pompą ciepła, bojlerem, ładowarką samochodu – albo go zmagazynować.
- **Dlatego dopłaty poszły w stronę magazynów.** W programie Mój Prąd od sierpnia 2024 r. dotację na panele dostawało się tylko razem z magazynem energii lub ciepła, a kolejny program dofinansowuje już same magazyny przydomowe. W pierwszym kwartale 2026 r. było ich w Polsce ponad 128 tys.
- **Skala zjawiska:** na koniec 2025 r. w Polsce pracowało ponad 1,6 mln mikroinstalacji o łącznej mocy blisko 13,9 GW, które oddały do sieci prawie 9 TWh energii (URE).

(OSD) chce w latach 2026–2031 zainwestować ok. 108 mld zł. Rośnie liczba magazynów energii: z rządowego programu dofinansowania zakontraktowano 172 projekty o łącznej mocy 3,9 GW i pojemności 14,5 GWh, a w Żarnowcu, obok elektrowni szczytowo-pompowej, uruchamiany jest największy polski magazyn bateryjny o mocy 262 MW i pojemności 981 MWh. Na razie wniosków jest więcej niż możliwości: w 2025 r. operatorzy odmówili przyłączenia źródeł o łącznej mocy 107 GW, choć część wniosków mogła dotyczyć wielokrotnie tych samych projektów.

Trzecim rozwiązaniem – najtańszym, choć najmniej widowiskowym – jest przesuwanie zużycia w czasie. Jeśli w słoneczne południe prąd jest tani, a nawet ma ujemną cenę, opłaca się właśnie wtedy ładować samochody elektryczne, podgrzewać wodę w zasobnikach, uruchamiać pompy ciepła i magazynować chłód w chłodniach. W systemie, w którym połowę prądu dają słońce i wiatr, to nie elektrownie mają nadążać za odbiorcami, lecz coraz częściej odbiorcy za pogodą. Skala jest na razie skromna: pod koniec marca 2026 r. jeździło w Polsce ok. 144 tys. samochodów w pełni elektrycznych, a według modelu Instratu dopiero 2 mln takich aut dałoby ok. 5 TWh zużycia, które można przesuwać w ciągu doby. Podobnie działają kotły elektrodowe w ciepłowniach, czyli wielkie grzałki zamieniające tani prąd w ciepło: dziś pracuje ich w Polsce kilkadziesiąt megawatów, a PSE szacują zapotrzebowanie na blisko 2800 MW do 2034 r. Warunkiem są liczniki zdalnego odczytu i taryfy, w których cena prądu zmienia się w ciągu doby. Liczników jest już ok. 10 mln, a ustawa wymaga, żeby do końca 2028 r. miało je 80% odbiorców; z umów z cenami zmieniającymi się co godzinę korzystało na koniec 2025 r. 4,8 tys. gospodarstw domowych (URE).

Polska sieć ma też coraz większe znaczenie dla sąsiadów. 9 lutego 2025 r. Litwa, Łotwa i Estonia odłączyły się od rosyjskiego systemu elektroenergetycznego i zsynchronizowały z siecią Europy kontynentalnej. Jedynym połączeniem, przez które pracują synchronicznie z resztą Unii, jest linia LitPol Link z Polską.

Pomorze, rok 2036

Pierwsza polska elektrownia jądrowa powstanie w lokalizacji Lubiatowo-Kopalino w gminie Choczewo na Pomorzu. Będzie miała trzy bloki z amerykańskimi reaktorami AP1000 o łącznej mocy 3750 MW. AP1000 to reaktor wodny ciśnieniowy z pasywnymi układami bezpieczeństwa: w razie awarii rdzeń chłodzi woda spływająca grawitacyjnie z wysoko umieszczonych zbiorników i naturalny obieg powietrza, bez pomp i zewnętrznego zasilania. 9 grudnia 2025 r. Komisja Europejska zgodziła się na pomoc publiczną dla inwestycji: dokapitalizowanie ok. 60 mld zł, gwarancje Skarbu Państwa dla kredytów i kontrakt różnicowy na 40 lat. Rząd szacuje koszt budowy na ok. 192 mld zł.

eprasa.pl fad3467d02

31 marca 2026 r. spółka Polskie Elektrownie Jądrowe złożyła w Państwowej Agencji Atomistyki wniosek o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego – dokumentację liczącą ponad 40 tys. stron. Prezes Agencji ma na decyzję 24 miesiące, nie licząc czasu, jaki inwestor zużyje na uzupełnienia; w sierpniu 2026 r. postępowanie było na etapie pytań i wyjaśnień. W sierpniu 2026 r. teren budowy przejął amerykański Bechtel, który razem z Westinghouse'em ma zbudować elektrownię; umowa na samą budowę (tzw. EPC) w chwili zamykania tego numeru nie była jeszcze podpisana. Prace idą na podstawie umowy pomostowej, a Bechtel zapowiadał w sierpniu 2026 r., że kontrakt uda się zawrzeć jeszcze w tym roku. Harmonogram przewiduje pierwszy „jądrowy" beton w IV kwartale 2028 r. i uruchomienie bloków w latach 2036, 2037 i 2038 (**rysunek 29**). Projekt aktualizacji rządowego programu jądrowego zakłada drugą dużą elektrownię z pierwszym blokiem ok. 2040 r.; jako preferowane lokalizacje wskazano Bełchatów i Konin.

Osobną ścieżką idą małe reaktory modułowe. Spółka Orlen Synthos Green Energy ma decyzje zasadnicze rządu dla 26 reaktorów BWRX-300 (po ok. 300 MW), a w czerwcu 2026 r. złożyła wniosek o kontrakt różnicowy dla 14 z nich we Włocławku, Stawach Monowskich i Stalowej Woli. Pierwszy ma ruszyć we Włocławku w 2032 r. Proces licencjonowania w Państwowej Agencji Atomistyki dopiero się jednak zaczyna, a na świecie nie działa jeszcze żaden reaktor tego typu – pierwszy powstaje w Kanadzie. W projekcie planu rozwoju sieci PSE uwzględniają cztery małe reaktory modułowe o łącznej mocy 1,33 GW.

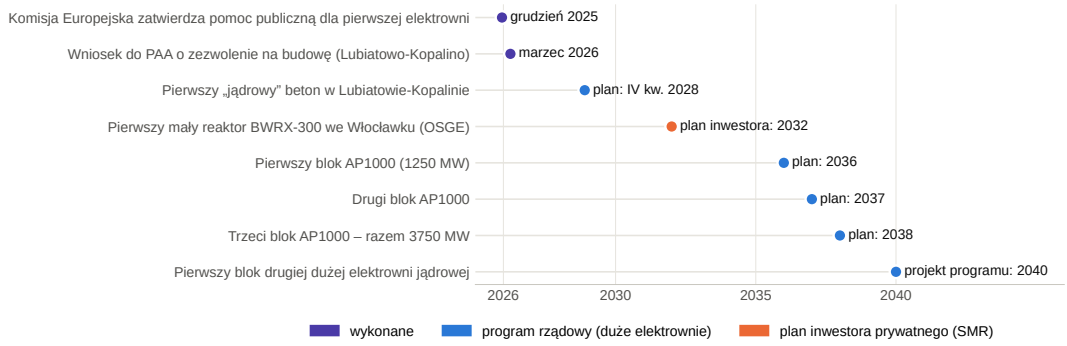
Jak duża jest turbina 15 MW?

Turbina Vestas V236 zastosowana w Baltic Power ma wirnik o średnicy 236 m – łopaty zakreślają koło o powierzchni ponad 4 ha, czyli sześciu boisk piłkarskich. Przy dobrym wietrze jedna taka turbina pracuje z mocą 15 MW – tyle, ile w chwili wieczornego szczytu pobiera kilka tysięcy domów. W ciągu roku jedna turbina Baltic Power wytworzy średnio ok. 50 GWh energii, czyli tyle, ile zużywa ok. 20 tys. gospodarstw domowych (przeliczenie redakcji z danych Orlenu).

Pierwszy prąd z Bałtyku

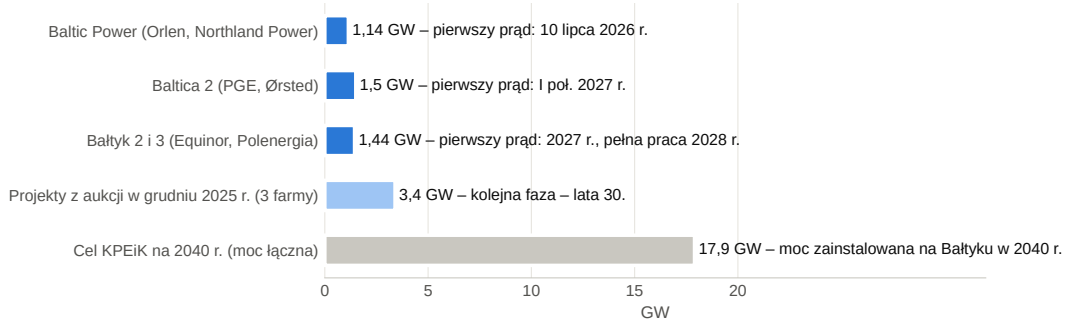
10 lipca 2026 r. do polskiej sieci popłynął pierwszy prąd z morskiej farmy wiatrowej. Farma Baltic Power, budowana przez Orlen i kanadyjską firmę Northland Power na Bałtyku na wysokości Łeby i Choczewa, ma 76 turbin Vestas o mocy 15 MW każda, czyli łącznie 1,14 GW. W dniu uruchomienia na morzu stały 54 turbiny. Po zakończeniu budowy, planowanym na jesień 2026 r., farma ma produkować ok. 4 TWh energii rocznie, czyli ok. 3% zapotrzebowania Polski – tyle, ile zużywa ponad 1,5 mln gospodarstw domowych (Orlen). Energia płynie kablami podmorskimi do lądowej stacji farmy, a stamtąd do stacji PSE 400 kV Choczewo.

W kolejce są następne projekty (**rysunek 30**). Farma Baltica 2 (PGE i duński Ørsted, ok. 1,5 GW) ma dać pierwszy prąd w pierwszej połowie 2027 r., a Bałtyk 2 i 3 (norweski Equinor i Polenergia, 1,44 GW) – w 2027 r. W grudniu 2025 r.



Rysunek 29. Harmonogram polskiego programu jądrowego i planów budowy małych reaktorów modułowych. Terminy przyszłe to plany inwestorów i projekt aktualizacji rządowego programu – nie decyzje dozoru jądrowego. Źródła: Komisja Europejska; Polskie Elektrownie Jądrowe; Orlen Synthos Green Energy (za energetyka24.com); Ministerstwo Energii (za globenergia.pl)

eprasa.pl fad3467d02

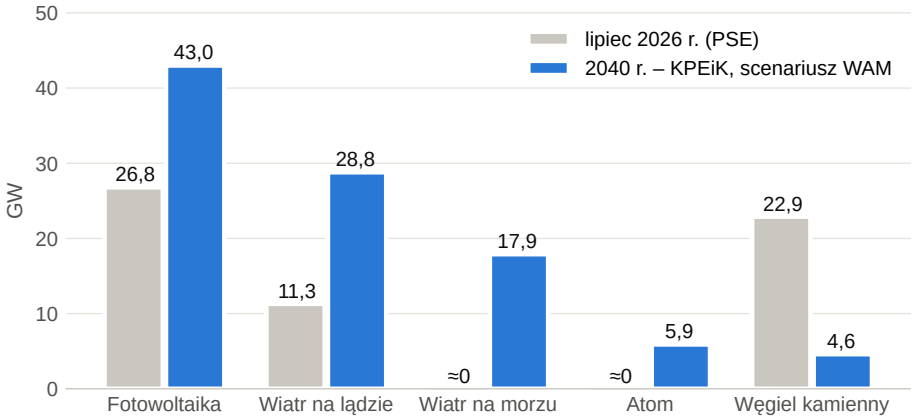


Rysunek 30. Polskie morskie farmy wiatrowe: projekty w budowie, projekty z aukcji w 2025 r. i cel na 2040 r. Źródła: Orlen; energyglobal.com (Baltica 2); energetyka24.com (Bałtyk 2 i 3); URE (aukcja 2025); KPEiK (2026)

rozstrzygnięto pierwszą aukcję dla kolejnej fazy: trzy projekty o łącznej mocy 3,4 GW otrzymały gwarantowane ceny energii na 25 lat. Według Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu w 2040 r. na Bałtyku ma pracować 17,9 GW – ok. trzech czwartych dzisiejszej mocy wszystkich polskich elektrowni na węgiel kamienny. Morską energetykę obsługują nowe porty: terminal instalacyjny w Świnoujściu i port serwisowy w Łebie.

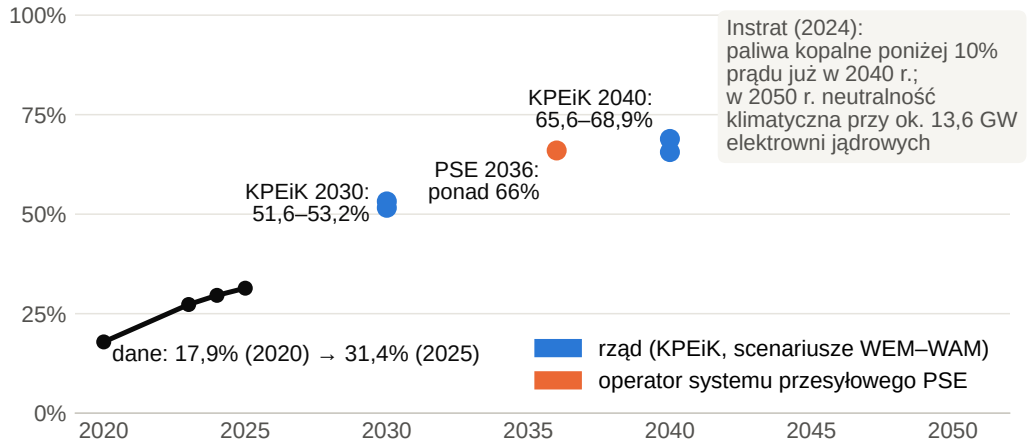
Polska w 2040 i 2050 r.

Jak ma wyglądać polska energetyka za 15...25 lat? Najważniejszym dokumentem jest Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu, przyjęty przez rząd 8 czerwca 2026 r. Ma dwa scenariusze: WEM (tylko obecne działania) i WAM (z działaniami dodatkowymi). W scenariuszu WAM udział OZE w produkcji prądu ma wzrosnąć do 53,2% w 2030 r. i 68,9% w 2040 r., a moc zainstalowana w 2040 r. – do 156 GW, dwa razy więcej niż dziś (**rysunek 31**). To wartości ze scenariusza z działaniami dodatkowymi (WAM); w scenariuszu WEM moc łączna sięga ok. 128 GW. W 2040 r. fotowoltaika ma mieć 43 GW mocy, wiatraki na lądzie – 28,8 GW, a na morzu – 17,9 GW; magazyny energii mają osiągnąć 19,1 GW. Atom ma mieć w 2040 r. ok. 5,9 GW mocy, a elektrownie na węgiel kamienny – już tylko 4,6 GW. Zapotrzebowanie na prąd wzrośnie z ok. 165 TWh w 2024 r. do ok. 270 TWh w 2040 r. – taką wartość Ministerstwo Energii podało, przedstawiając projekt planu; PSE w projekcie planu rozwoju sieci szacują ok. 260 TWh i szczytowe zapotrzebowanie na moc powyżej 45 GW. Łączne nakłady na realizację planu rozwoju energetyki w całej gospodarce mają w samych latach 2026–2030 wynieść 1,04...1,13 bln zł, zależnie



Rysunek 31. Moc zainstalowana wybranych źródeł w Polsce dziś i w 2040 r. według scenariusza WAM Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu. „≈0” – w lipcu 2026 r. pracowała pierwsza część farmy Baltic Power, a elektrownie jądrowe nie istniały. Wartości KPEiK według omówień prasowych (wnp.pl, energetyka24.com). Źródła: PSE (lipiec 2026 r.); KPEiK (2026)

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 32. Udział odnawialnych źródeł energii w produkcji prądu w Polsce: dane za lata 2020–2025 oraz scenariusze KPEiK (2030, 2040) i PSE (2036). Pionowe odcinki pokazują rozpiętość między scenariuszami WEM i WAM. Instrat (2024) nie podaje udziału OZE w 2050 r.; jego scenariusz zakłada w 2050 r. ok. 13,6 GW elektrowni jądrowych. Źródła: GUS i Forum Energii (dane); KPEiK (2026); PSE, projekt planu rozwoju sieci przesyłowej 2027–2036; Instrat (2024)

od scenariusza, z czego na elektroenergetykę przypada ok. 390...486 mld zł.

Węgiel ma odchodzić stopniowo. Największa polska elektrownia, Bełchatów (5,1 GW), ma zostać zamknięta ok. 2036 r., a krajowe wydobycie węgla kamiennego energetycznego ma się skończyć najpóźniej w 2049 r., zgodnie z umową społeczną z górnikami. Dłużej będą pracować kopalnie węgla koksowego, bo to surowiec dla hutnictwa, a nie dla elektrowni. Do tego czasu duże znaczenie zachowa gaz: zużycie gazu ziemnego ma osiągnąć szczyt ok. 2030 r. Polska jest dziś od niego znacznie mniej zależna od Rosji niż kilka lat temu: gazociąg Baltic Pipe przesyła do 10 mld m^3 gazu rocznie z Norwegii, terminal LNG w Świnoujściu po rozbudowie może przyjąć 8,3 mld m^3, a w 2028 r. ma ruszyć pływający terminal w Zatoce Gdańskiej. Najtrudniejszym zadaniem pozostaje ciepło: w ciepłownictwie systemowym węgiel to wciąż 52,8% paliw (URE, 2025), a sprzedaż pomp ciepła spadła z ponad 200 tys. w 2022 r. do ok. 80 tys. rocznie w latach 2024–2025 (PORT PC).

Za odchodzeniem od węgla stoi także ekonomia. Elektrownia węglowa emituje ok. 0,9...1,1 t CO_2 na każdą megawatogodzinę prądu, a za każdą tonę musi kupić uprawnienie do emisji w unijnym systemie handlu emisjami. Pod koniec 2025 r. uprawnienie kosztowało ok. 370 zł, więc sam koszt CO_2 wynosił ok. 330...400 zł na megawatogodzinę z węgla – prawie tyle, ile kosztowała wtedy cała megawatogodzina na hurtowym rynku energii (przeliczenie redakcji). Dla gospodarstw domowych zamrożenie cen prądu skończyło się z końcem 2025 r.; taryfa zatwierdzona przez URE na 2026 r. to ok. 495 zł za megawatogodzinę netto za samą energię, bez opłat za dystrybucję.

Rząd nie podaje w KPEiK liczb dla 2050 r. Sięgają tam scenariusze niezależnych ośrodków. Think tank Instrat w scenariuszu „Trzy dekady wyzwań" z 2024 r. uznał, że paliwa kopalne mogą dawać mniej niż 10% prądu już w 2040 r. Według tej analizy do neutralności klimatycznej w 2050 r., przy zapotrzebowaniu rzędu 500 TWh, Polska będzie jednak potrzebować obok OZE także ok. 13,6 GW elektrowni jądrowych. Autorzy ostrzegają przed „mroźnymi i bezwietrznymi zimowymi wieczorami", na które trzeba przygotować magazyny i rezerwy (rys. 32). PSE w projekcie planu rozwoju sieci szacują udział OZE w 2036 r. na ponad 66%, a węgla na nieco ponad 18%. Różnice między tymi liczbami wynikają z założeń – o tempie budowy wiatraków, atomu i magazynów oraz o cenach uprawnień do emisji CO_2.

Z przeglądu dokumentów i analiz wyłania się obraz, który redakcja MT uznaje za najbardziej prawdopodobny. Polska w 2050 r. będzie wytwarzać większość prądu ze słońca i wiatru – na lądzie i na Bałtyku – a stabilność systemu zapewnią elektrownie jądrowe na Pomorzu i w centrum kraju, magazyny energii, elektrownie gazowe pracujące coraz rzadziej i mocne połączenia z sąsiadami.

eprasa.pl fad3467d02

Węgla w elektroenergetyce praktycznie nie będzie. O tym, czy ten obraz się spełni, zdecyduje jednak nie technologia, która już istnieje, lecz tempo budowy sieci, konsekwencja rządów i to, czy dzisiejsi nastolatkowie zechcą zostać inżynierami, którzy ten system zbudują. ■

Źródła

Demagog, udział węgla w produkcji prądu (dane GUS): https://skroc.pl/RMNzkPn
Teraz Środowisko, miks 2024 wg Forum Energii: https://skroc.pl/rdXMNsC
Forum Energii, podsumowanie 2025: https://www.forum-energii.eu/en/2025_wrapped
Ember, Polska: https://ember-energy.org/countries-and-regions/poland/
Gramwzielone, moce zainstalowane VII 2026 (PSE): https://skroc.pl/NNweTFu
URE, raport o mikroinstalacjach: https://skroc.pl/U7Z7FNn
Globenergia, rekord PV 20.05.2026: https://skroc.pl/stm3eTG
PSE, rekord zapotrzebowania (luty 2026): https://www.pse.pl/-/rekord-zapotrzebowania-i-generacji
Instrat, coal brief VI 2026: https://energy.instrat.pl/en/coal-brief-june-2026/
Gramwzielone, weto ustawy wiatrakowej: https://skroc.pl/xyCwkLt
PSE, raport o sierpniu 2015: https://skroc.pl/LNYeg9Q
Gramwzielone, redysponowanie OZE 2025: https://skroc.pl/cdoGuRW
WNP, wyłączenia OZE 2026: https://skroc.pl/PQaFGCs
Globenergia, wyłączenia PV w czerwcu 2026: https://skroc.pl/NS7rnca
Gramwzielone, ceny ujemne (1.05.2026): https://skroc.pl/DTH972n
PSE, projekt planu rozwoju sieci 2027–2036: https://skroc.pl/6aJ8jKF
Gramwzielone, plan PSE za 66 mld zł: https://skroc.pl/sbcbUyY
WNP, inwestycje sieciowe (PTPiREE): https://skroc.pl/JU2Qorj
WysokieNapiecie, magazyny energii: https://skroc.pl/yxRERWo
e-magazyny, magazyn PGE w Żarnowcu: https://skroc.pl/kD5UbPc
Gramwzielone, odmowy przyłączenia 2025: https://skroc.pl/pU2obby
PSE, synchronizacja krajów bałtyckich: https://skroc.pl/CawG7oK
PEJ, zgoda KE na pomoc publiczną: https://skroc.pl/5tcPMdL
Gramwzielone, koszt elektrowni jądrowej: https://skroc.pl/jAD8NSK
WNP, rekord fotowoltaiki 20 maja 2026 r. (14 565 MW): https://skroc.pl/zpZ4jcp
PSE, redysponowanie nierynkowe – wyjaśnienie operatora: https://www.pse.pl/redysponowanie-nierynkowe
Instrat, Zmienne OZE, zmienny pobór (elastyczność popytu): https://instrat.pl/elastycznosc-popytu/
pv magazine, godziny z ujemnymi cenami w UE w I kw. 2026 r.: https://skroc.pl/Gx56Qbb
URE, ceny ujemne na rynku energii: https://www.ure.gov.pl/pl/oze/swiadectwa-pochodzenia/ceny-ujemne
URE, raport o mikroinstalacjach (19.03.2026): https://skroc.pl/U7Z7FNn
URE, umowy z cenami dynamicznymi (29.05.2026): https://skroc.pl/LBqxhPN
Tauron Dystrybucja, dlaczego wyłącza się mikroinstalacja (253 V): https://skroc.pl/TvqberV
Gramwzielone (dane ARE), magazyny energii w Polsce w 2025 r.: https://skroc.pl/zrR5S6W
WysokieNapiecie.pl, kotły elektrodowe w ciepłownictwie: https://skroc.pl/3xMCGvP
WysokieNapiecie.pl, liczniki zdalnego odczytu (30.01.2026): https://skroc.pl/2SKAh66
PZPM, Licznik Elektromobilności – marzec 2026: https://skroc.pl/w7mUvw9
PEJ, wniosek o zezwolenie na budowę obiektu jądrowego: https://skroc.pl/U8MXbeE
Globenergia, przekazanie terenu Bechtelowi: https://skroc.pl/4jurbhv
GospodarkaMorska, prezes PEJ o umowie EPC (19.05.2026): https://skroc.pl/GxFhvdU
PEJ, przekazanie terenu budowy Bechtelowi (5.08.2026): https://skroc.pl/DJkXpRz
Energetyka24, prezes Bechtel Polska o umowie EPC (26.08.2026): https://skroc.pl/UdyuBpx
WNP, pełny tekst aktualizacji PPEJ (30.06.2026): https://skroc.pl/QC5Vxud
Globenergia, druga elektrownia jądrowa: https://skroc.pl/c47vHkt
Energetyka24, wniosek OSGE o CfD: https://skroc.pl/6xGsozY
Gramwzielone, BWRX-300 we Włocławku: https://skroc.pl/rC7X8oX
Orlen, pierwszy prąd z Baltic Power: https://skroc.pl/nD6zpdg
Energyglobal, Baltica 2: https://skroc.pl/6j56org
Energetyka24, Bałtyk 2 i 3: https://skroc.pl/BV9RUno
URE, aukcja offshore 2025: https://skroc.pl/etbXfcD
Ministerstwo Energii, przyjęcie KPEiK: https://skroc.pl/GpkkuC3
WNP, KPEiK pod lupą: https://skroc.pl/JVAEUxm
Energetyka24, KPEiK – węgiel i OZE: https://skroc.pl/msT4Axb
Gramwzielone, zapotrzebowanie na prąd wg KPEiK: https://skroc.pl/UPRDorU
WNP, zamknięcie Bełchatowa: https://skroc.pl/Vq5goGq
Gaz-System, 10 lat terminalu LNG: https://skroc.pl/4PvjBTp
URE, energetyka cieplna w liczbach 2025: https://skroc.pl/3wacypF
PORT PC, rynek pomp ciepła 2023: https://skroc.pl/mhEuYe3
SmogLab, pompy ciepła 2025: https://smoglab.pl/pompy-ciepla-wracaja-do-gry-80-tys-sprzedanych-urzadzen-w-2025/
WysokieNapiecie, podsumowanie 2025 (ceny uprawnień CO_2): https://skroc.pl/czmRB3B
WNP, koniec mrożenia cen prądu: https://skroc.pl/FooYUsF
Teraz Środowisko, scenariusz Instrat 2050: https://skroc.pl/5t7HKpo
nuclear.pl, Instrat: neutralność klimatyczna wymaga ok. 13,6 GW atomu: https://skroc.pl/VqNnk8C

eprasa.pl fad3467d02

Rok 2050 i Ty

Zaczęliśmy od pytania „Co z tą energią?”. Po drodze sprawdziliśmy centra danych, Cieśninę Ormuz, atmosferę, laboratoria fuzji, baterie, kable prądu stałego i polską sieć. Czas zebrać to, co wiemy o świecie za 25 lat – i powiedzieć, co z tego wynika dla kogoś, kto dziś chodzi do szkoły.

Co wiemy na pewno, a co zależy od decyzji

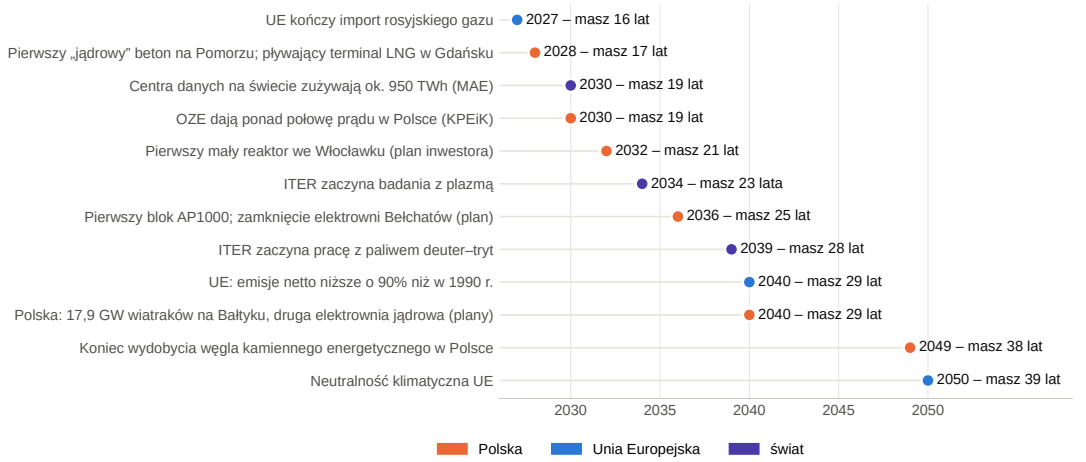
Żadna poważna instytucja nie podaje jednej prognozy na 2050 r. Wszystkie liczą scenariusze, a różnice między nimi pokazują, jak wiele zależy od decyzji, które zapadną w najbliższych latach (ramka „Ściągawka 2050”). Kilka rzeczy jest jednak wspólnych dla wszystkich scenariuszy. Po pierwsze, świat będzie zużywał znacznie więcej prądu niż dziś – bo elektryfikuje się transport, ogrzewanie i przemysł, a do tego rosną centra danych. W Polsce zapotrzebowanie ma wzrosnąć z ok. 165 TWh w 2024 r. do 260...270 TWh w 2040 r. (plan rozwoju sieci PSE i projekt KPEiK). Po drugie, większość nowego prądu będzie pochodzić ze słońca i wiatru, bo to dziś najtańsze źródła. Po trzecie, ropa i gaz nie znikną do 2050 r., ale zmieni się ich rola: z paliwa dla samochodów w surowiec dla przemysłu i paliwo rezerwowe. Po czwarte, wąskim gardłem nie będą same technologie, lecz sieci, magazyny energii i ludzie, którzy potrafią je zbudować.

Najwięcej niepewności dotyczy tempa. Czy emisje CO_2 z energetyki w 2050 r. wyniosą ok. 38...40 mld t, jak dziś, czy spadną do zera netto? Czy temperatura wzrośnie do końca stulecia o 2,9°C, czy o 2,5°C, czy – po przejściowym przekroczeniu – wróci poniżej 1,5°C? Tego nie rozstrzygną laboratoria, tylko wybory polityczne, ceny technologii i wydarzenia takie jak wojny, które – jak pokazał rok 2026 – potrafią w kilka tygodni zmienić rynek energii.

Twój rocznik a transformacja

Najłatwiej zrozumieć tempo zmian, przykładając je do własnego życia (**rysunek 33**). Czytelnik, który ma dziś 15 lat, będzie jeszcze w szkole średniej, gdy na Pomorzu zostanie wylany pierwszy beton pod reaktor jądrowy. Będzie na studiach, gdy zacznie pracę pierwszy polski mały reaktor modułowy – jeśli plany inwestora się spełnią. Będzie miał 25 lat, gdy pierwszy blok elektrowni Lubiatowo-Kopalino da prąd, i 39 lat, gdy Unia Europejska ma osiągnąć neutralność klimatyczną. Elektrownie i sieci, które powstaną w tym czasie, będą pracować jeszcze wtedy, gdy dzisiejsi nastolatkowie przejdą na emeryturę.

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 33. Najważniejsze zapowiadane wydarzenia w energetyce do 2050 r. i wiek Czytelnika urodzonego w 2011 r. Terminy przyszłe to plany i cele z dokumentów przywołanych w temacie numeru, a nie pewne daty. Źródła: rozporządzenie (UE) 2026/261; PEJ; Gaz-System; MAE; KPEiK; OSGE; ITER Organization; PGE; umowa społeczna z górnikami; Rada UE

Kto to wszystko zbuduje?

Transformacja energetyczna to przede wszystkim ogromna praca do wykonania. Według MAE w 2024 r. w energetyce na świecie pracowało 76 mln osób, a zatrudnienie rosło prawie dwa razy szybciej niż w całej gospodarce. Ponad połowa firm energetycznych, które MAE ankietowała, zgłasza poważne trudności ze znalezieniem pracowników. W krajach rozwiniętych w energetyce jądrowej na każdego młodego pracownika, który przychodzi do zawodu, przypada 1,7 osoby zbliżającej się do emerytury, a w sieciach elektroenergetycznych – 1,4 osoby. W Polsce przy budowie pierwszej elektrowni jądrowej w szczytowym okresie ma pracować ok. 10 tys. osób. Z morską energetyką wiatrową może się wiązać – według szacunku przypisywanego Bankowi Gospodarstwa Krajowego, przytaczanego w materiałach branży – nawet 63 tys. nowych miejsc pracy w polskim łańcuchu dostaw: w portach, logistyce, fabrykach i serwisie.

Potrzebni będą spawacze z certyfikatami jądrowymi, zbrojarze, operatorzy ciężkiego sprzętu, elektrycy i automatycy, technicy turbin wiatrowych pracujący na morzu, inżynierowie sieci i energetyki jądrowej, specjaliści od magazynów energii i energoelektroniki, programiści systemów sterowania siecią i analitycy danych,

Ściągawka 2050 – najważniejsze liczby z numeru

- **Emisje CO_2 z energetyki świata w 2050 r.:** ok. 38...40 mld t (obecne polityki), poniżej 30 mld t (deklarowane polityki), zero netto (scenariusz zero netto) – MAE.
- **Ocieplenie:** ok. 2°C w 2050 r. i 2,9°C w 2100 r. przy obecnych politykach; ok. 2,5°C w 2100 r. przy deklarowanych politykach; szczyt ok. 1,65°C ok. 2050 r. w scenariuszu zero netto – MAE.
- **Ropa w 2050 r.:** od 24 mln (zero netto, wersja z 2023 r.) do 113 mln (MAE, obecne polityki) i 124 mln baryłek dziennie (OPEC, World Oil Outlook 2026); dziś ok. 100 mln.
- **Centra danych:** 700...1700 TWh w 2035 r. (MAE), ok. 2300 TWh w 2050 r. (Enerdata); w Polsce 29,4 TWh w 2040 r. (PSE).
- **Wychwyt CO_2:** ok. 6 mld t rocznie w 2050 r. w scenariuszu zero netto MAE z 2023 r., w tym ok. 1 mld t z powietrza; dziś zdolność ok. 64 mln t.
- **Fuzja:** gotowość do zastosowań przemysłowych w drugiej połowie wieku (think tank Parlamentu Europejskiego).
- **Polska 2040:** 66...69% prądu z OZE, 17,9 GW wiatraków na Bałtyku, ok. 5,9 GW atomu (KPEiK). Polska 2050: w scenariuszu Instratu prąd praktycznie bez emisji – z OZE i ok. 13,6 GW elektrowni jądrowych. Wydobycie węgla kamiennego energetycznego ma się w Polsce skończyć najpóźniej w 2049 r.

eprasa.pl fad3467d02

którzy przewidują produkcję ze słońca i wiatru. To zawody, w których fizyka, matematyka i praca rękami spotykają się na co dzień – czyli dokładnie to, o czym od lat piszemy w „Młodym Techniku".

Co z tą energią?

Z lektury wszystkich przywołanych w numerze źródeł redakcja MT wyciąga jedną odpowiedź na pytanie z okładki. Energii nie zabraknie – słońca, wiatru i uranu wystarczy na długo, a technologie ich wykorzystania tanieją z roku na rok. Brakować może czegoś innego: czasu, sieci, magazynów energii i ludzi. Świat w 2050 r. będzie zelektryfikowany znacznie bardziej niż dziś, a o tym, jak czysty i jak bezpieczny będzie jego system energetyczny, zdecydują w dużej mierze ci, którzy dziś czytają te słowa. ■

Paul Bavarian

O Autorze
Paul Bavarian jest wnukiem mojego bułgarskiego przyjaciela z czasów studenckich w Politechnice Kijowskiej. Pasjonują go nowe technologie, które obserwuje z perspektywy kalifornijskiej. The last but not least – odziedziczył po swoim dziadku fascynację Polską.

Prof. Wiesław Marciniak

Sprawdź się – 10 pytań z tematu numeru

- ☐ 1. Ile energii zużywa proste pytanie tekstowe do nowoczesnego czatbota?
- ☐ 2. Jaki udział w światowej produkcji prądu miały OZE w 2025 r. – i co w tym roku stało się po raz pierwszy od stu lat?
- ☐ 3. Dlaczego fotowoltaika jest w Polsce największym pojedynczym rodzajem źródła pod względem mocy zainstalowanej, a nie daje najwięcej prądu?
- ☐ 4. Ile ropy dziennie przepływało przez Cieśninę Ormuz przed wojną w 2026 r.?
- ☐ 5. Czy ITER będzie wytwarzał prąd?
- ☐ 6. Ile kilowatogodzin prądu odzyskamy ze 100 kWh zamienionych na wodór i z powrotem na prąd?
- ☐ 7. Co było bezpośrednią przyczyną blackoutu w Hiszpanii i Portugalii 28 kwietnia 2025 r.?
- ☐ 8. W którym roku ma ruszyć pierwszy blok polskiej elektrowni jądrowej?
- ☐ 9. Ile turbin i o jakiej mocy ma farma Baltic Power?
- ☐ 10. Na ile lat obecnych emisji wystarczy budżet CO_2 dla celu 1,5°C?

Odpowiedzi: 1) ok. 0,3 Wh (według różnych pomiarów i szacunków 0,24...0,34 Wh); 2) 33,8% – OZE wyprzedziły węgiel; 3) bo panele pracują pełną mocą tylko w słoneczne południe – współczynnik wykorzystania mocy ok. 10%; 4) ok. 20 mln baryłek ropy i produktów naftowych dziennie; 5) nie – to eksperyment, prąd mają dać jego następcy; 6) 24...48 kWh; 7) utrata kontroli nad napięciem i kaskada odłączeń elektrowni; 8) w 2036 r.; 9) 76 turbin po 15 MW; 10) ok. 4 lata.

Źródła

MAE, World Energy Outlook 2025 – Executive summary:
https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025/executive-summary
MAE, World Energy Employment 2025: https://www.iea.org/reports/world-energy-employment-2025/executive-summary
WNP, prezes PEJ o zatrudnieniu przy budowie elektrowni jądrowej: https://skroc.pl/96vytFV
Farmer.pl (materiał PAP MediaRoom, 27.02.2026), 63 tys. miejsc pracy w morskiej energetyce wiatrowej:
https://skroc.pl/ghZNJbm

eprasa.pl fad3467d02

Koniec wyszukiwarki

Lista odnośników ustępuje gotowej odpowiedzi. Jak to działa i kto za to zapłaci

Przez dwadzieścia pięć lat wyszukiwarka działała według prostej zasady: wpisujesz pytanie, dostajesz listę stron, wybierasz jedną i tam czytasz odpowiedź. Dziś przy blisko połowie zapytań Google wyświetla nad wynikami gotowe podsumowanie, a około 60 procent wyszukiwań kończy się bez kliknięcia w jakikolwiek odnośnik. Zmienia się nie wygląd strony wyników, tylko sposób, w jaki treści z internetu trafiają do Czytelnika – i to, kto na tym zarabia.

Umowa, która przestała obowiązywać

Klasyczna wyszukiwarka opierała się na wymianie, której nikt nigdy nie zapisał w umowie. Wydawca udostępniał treść robotom indeksującym za darmo i dbał o to, żeby jego strona była dla nich czytelna. W zamian dostawał ruch: użytkowników, którym mógł wyświetlić reklamy albo sprzedać prenumeratę. Wyszukiwarka zarabiała na reklamach przy wynikach, wydawca na odwiedzinach. Obie strony miały interes w tym, żeby użytkownik kliknął.

Warto od razu zaznaczyć, że wyszukiwania bez kliknięcia nie są wynalazkiem sztucznej inteligencji. Już w 2019 roku szacowano ich udział na około połowę wszystkich zapytań – gdy ktoś pyta o kurs waluty, godzinę wschodu słońca albo wynik meczu, odpowiedź

eprasa.pl fad3467d02

od dawna pojawia się bezpośrednio w wynikach. Zmiana ostatnich dwóch lat polega na czymś innym: na rozszerzeniu tego mechanizmu z prostych faktów na pytania złożone, czyli dokładnie te, na które odpowiadały dotąd artykuły, poradniki i encyklopedie.

Rozkład zapytania

Mechanizm działający pod podsumowaniami warto zrozumieć, bo tłumaczy większość skutków. Nazywa się rozkładem zapytania – po angielsku query fan-out, choć w opisie patentowym Google używa terminu generowanie wariantów zapytania.

Gdy użytkownik zadaje pytanie, model językowy nie przekazuje go wprost do indeksu. Najpierw je interpretuje i rozkłada na kilka lub kilkanaście podzapytań dotyczących spraw pokrewnych – także takich, o które nikt nie pytał. Dla pytania o wyjazd do Nashville z grupą znajomych system wygeneruje osobne zapytania o restauracje, o atrakcje dla dzieci, o kluby muzyczne. Wszystkie zostają wykonane równolegle na indeksie wyszukiwarki i na wyspecjalizowanych bazach danych. Z pobranych stron system wybiera fragmenty, ocenia je własnymi kryteriami jakości i z tego materiału układa jedną odpowiedź, opatrzoną odnośnikami do części wykorzystanych źródeł.

Cała rodzina rozwiązań – podsumowania Google, tryb konwersacyjny, a także ChatGPT, Perplexity czy Copilot – opiera się na tej samej architekturze, nazywanej generowaniem wspomaganym wyszukiwaniem. Różnice dotyczą liczby podzapytań i sposobu ich układania, nie zasady.

Dla wydawcy oznacza to zmianę reguł, która nie jest oczywista na pierwszy rzut oka. W klasycznej wyszukiwarce widoczność była dwustanowa: strona albo była w pierwszej dziesiątce dla danego hasła, albo jej nie było. Teraz strona może zostać wykorzystana w odpowiedzi na pytanie, pod które nigdy nie była przygotowywana – i odwrotnie, może zajmować pierwsze miejsce w wynikach i nie zostać zacytowana. Analitycy zmierzyli, jak szybko rozeszły się te dwie rzeczy: pod koniec 2024 roku około 76 procent cytowań w podsumowaniach pochodziło ze stron z pierwszej dziesiątki wyników, na początku 2026 roku było to już tylko od 17 do 38 procent, zależnie od metody pomiaru.

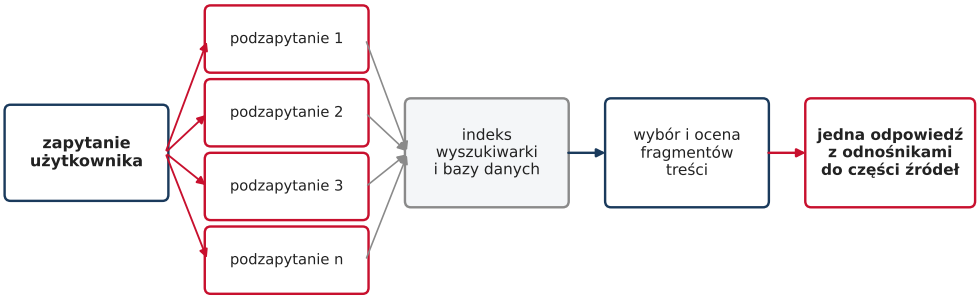
Ile ubyło kliknięć

Podsumowania pojawiają się coraz częściej. Według pomiarów BrightEdge z lutego 2026 roku wyświetlają się przy 48 procentach śledzonych zapytań, wobec 31 procent rok wcześniej. Pierwszy wynik organiczny znajduje się przy nich średnio ponad półtora tysiąca pikseli poniżej górnej krawędzi strony – użytkownik musi go po prostu poszukać.

Najbardziej wiarygodny pomiar zachowań pochodzi z badania Pew Research Center, opartego nie na deklaracjach, lecz na zapisie rzeczywistego przeglądania stron przez 900 osób w marcu 2025 roku. Gdy nad wynikami było podsumowanie, użytkownicy klikali w tradycyjny wynik w 8 procentach przypadków, mniej więcej dwa razy rzadziej niż bez podsumowania. W odnośnik umieszczony wewnątrz samego podsumowania klikali w 1 procencie przypadków.

Pozostałe badania mierzą klikalność, każde na innej próbie. Seer Interactive na 25,1 miliona wyświetleń odnotowało spadek klikalności organicznej o 61 procent między czerwcem

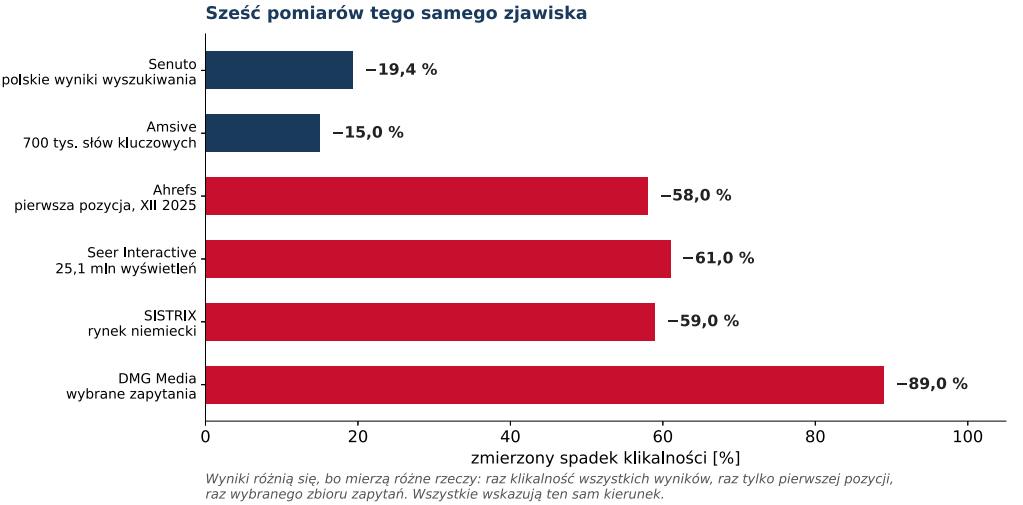
Rozkład zapytania: jedno pytanie użytkownika, wiele wyszukiwań w tle



Model językowy sam układa podzapytania — także o rzeczy, o które użytkownik nie pytał.
Strona może zostać wykorzystana w odpowiedzi na zapytanie, pod które nigdy nie była przygotowywana.

Rysunek 1. Droga od pytania do odpowiedzi w wyszukiwarce opartej na modelu językowym

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 2. Sześć niezależnych pomiarów. Rozrzut wynika z różnych definicji mierzonej wielkości

2024 a wrześniem 2025 roku. Ahrefs zmierzył spadek klikalności pierwszej pozycji o 34,5 procent w kwietniu 2025 i o 58 procent w grudniu tego samego roku – czyli zjawisko przyspieszało. Niemiecki SISTRIX podał w marcu 2026 roku, że klikalność pierwszej pozycji spadła tam z 27 do 11 procent, co odpowiada 265 milionom kliknięć miesięcznie. Najniższe wartości podaje Amsive – 15 procent średnio dla 700 tysięcy słów kluczowych; najwyższe brytyjska grupa DMG Media, wydawca MailOnline: 89 procent dla wybranych zapytań.

Skutki rozłożyły się bardzo nierówno

Tu potrzebne jest zastrzeżenie, bez którego cała dyskusja się rozjeżdża. Analiza ponad 40 tysięcy amerykańskich witryn wykazała, że łączny ruch organiczny spadł o 2,5 procent rok do roku – wielkość niemal niezauważalna. W tym samym okresie ruch kierowany przez Google do wydawców prasowych spadł o 38 procent. Obie liczby są prawdziwe, bo opisują inne zbiory: średnia obejmuje także sklepy, banki i strony firmowe, do których użytkownik trafia z nazwy i którym podsumowania niczego nie odbierają.

Straty koncentrują się tam, gdzie treść odpowiadała na pytania. Platforma edukacyjna Chegg podała spadek o 49 procent rok do roku. Serwis HubSpot szacuje własną stratę na 70 do 80 procent ruchu organicznego. Firma Chartbeat wyliczyła, że mali wydawcy stracili w ciągu dwóch lat 60 procent ruchu z wyszukiwarek. Amerykańskie stowarzyszenie Digital Content Next zebrało dane od dziewiętnastu firm członkowskich; wynikał z nich spadek średnio o 10 procent w skali dwóch miesięcy – znów inna liczba, bo inny okres i inna próba.

Jest też grupa, która zyskuje. Marki cytowane wewnątrz podsumowań zbierają według Seer Interactive o 35 procent więcej kliknięć organicznych i o 91 procent więcej płatnych niż marki pominięte. W praktyce oznacza to premię dla rozpoznawalnych nazw

Dlaczego badania podają tak różne liczby

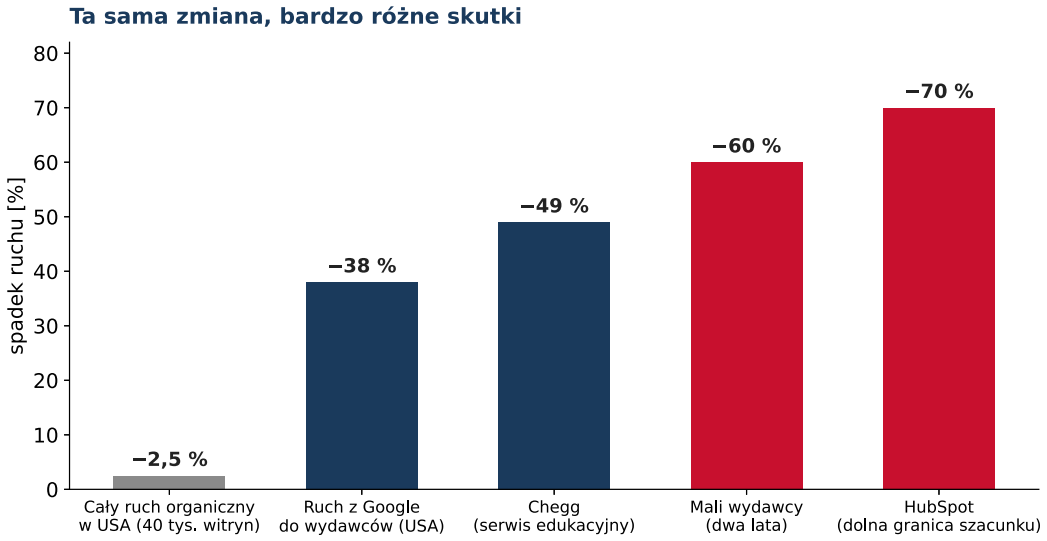
Każde z nich dzieli przez co innego, a wynik zależy od mianownika. Trzy pytania pozwalają uporządkować niemal każdą liczbę z tej dyskusji.

Co jest mierzone? Klikalność (odsetek wyświetleń zakończonych kliknięciem) to nie to samo co ruch (liczba wejść). Klikalność może spaść przy rosnącej liczbie wyszukiwań i ruch wtedy się nie zmieni.

Na jakim zbiorze? Pomiar tylko dla zapytań z podsumowaniem daje inny wynik niż pomiar dla wszystkich zapytań. Pomiar dla zapytań informacyjnych – inny niż dla zakupowych.

Kto liczy? Wydawca liczy własny ruch i zna go dokładnie, ale to jeden przypadek. Firma analityczna liczy tysiące witryn, ale szacuje. Google dysponuje danymi pełnymi i ich nie publikuje.

eprasa.pl fad3467d02



Pierwszy słupek obejmuje wszystkie witryny łącznie, pozostałe — wybrane grupy i pojedyncze serwisy. Oba rodzaje danych są prawdziwe; opisują inne zbiory.

Rysunek 3. Spadki ruchu w zależności od tego, co się mierzy i kogo

kosztem serwisów niszowych – sieć rozwarstwia się na tych, których model zna i chętnie cytuje, oraz całą resztę.

Ważna jest jeszcze jedna liczba, bo zamyka popularny kontrargument. Bywa mówione, że ruch nie znika, tylko przenosi się do chatbotów. Przenosi się, ale w znikomej skali: odesłania z ChatGPT do wydawców rosły o ponad 200 procent, a mimo to stanowią mniej niż 1 procent wszystkich odesłań. Chartbeat podaje analogicznie mniej niż 1 procent odsłon. To nie jest przesunięcie strumienia, tylko jego zanik.

Stanowisko Google

Google konsekwentnie kwestionuje te wyliczenia. Firma twierdzi, że opierają się na wadliwej metodologii, na odosobnionych przykładach albo obejmują zmiany ruchu sprzed wdrożenia funkcji AI. Podnosi też argument, że łączna liczba kliknięć wychodzących z wyszukiwarki pozostaje względnie stabilna, a kliknięcia stały się „wyższej jakości" – użytkownik, który klika po przeczytaniu podsumowania, wie już, czego szuka, i rzadziej wraca do wyników.

Argument o jakości kliknięć jest niesprawdzalny bez danych, których firma nie udostępnia, ale nie jest bezzasadny: wydawcy potwierdzają, że pozostały ruch bywa lepiej konwertujący. Nie odpowiada jednak na zarzut podstawowy – że model finansowania treści opierał się na liczbie odwiedzin, a nie na ich jakości, i że zmiana proporcji uderza najmocniej w to, co utrzymywało się z ruchu masowego.

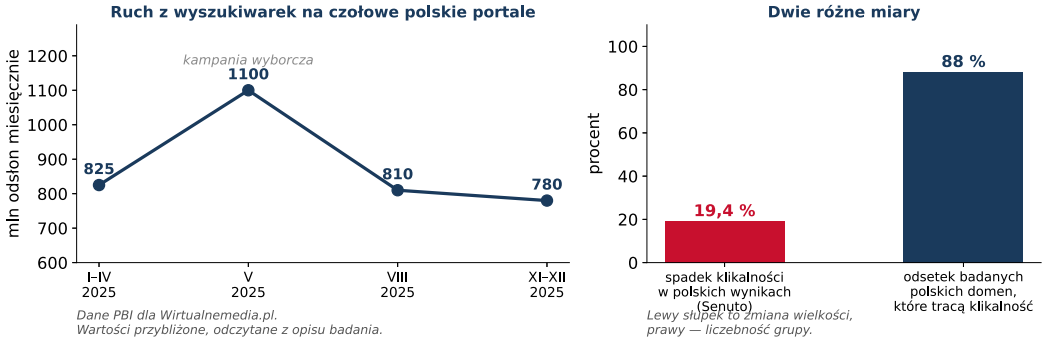
Polska

Podsumowania AI działają w polskiej wyszukiwarce od 2025 roku, tryb konwersacyjny od października 2025. Obraz jest tu wyraźnie łagodniejszy niż w Stanach Zjednoczonych, co ma prostą przyczynę: funkcje wdrożono później, a duża część polskiego ruchu pochodzi z wiadomości bieżących, których podsumowania nie zastępują tak dobrze jak poradników.

Senuto zmierzyło średni spadek klikalności w polskich wynikach wyszukiwania o 19,4 procent. Analiza czterdziestu polskich domen wykazała, że klikalność spada na 88 procentach z nich, ale skala jest mniejsza niż u wydawców amerykańskich. Tymczasem dane Polskich Badań Internetu dla czołowych portali nie pokazują załamania: od stycznia do kwietnia 2025 roku ruch z wyszukiwarek utrzymywał się na poziomie 800...850 milionów odsłon miesięcznie, w maju skoczył do 1,1 miliarda w związku z kampanią prezydencką, w sierpniu wrócił do nieco ponad 800 milionów, a w listopadzie i grudniu zszedł poniżej tego poziomu.

eprasa.pl fad3467d02

Polska: spadek mierzalny, ale łagodniejszy niż w Stanach Zjednoczonych



Rysunek 4. Polskie dane. Wielkości po lewej i po prawej mierzą różne rzeczy

Doradca zarządu Polskich Badań Internetu zwraca przy tym uwagę na dwie rzeczy. Po pierwsze, spadek z końca roku może wynikać z podsumowań AI, ale może też mieć inne przyczyny – po kampanii wyborczej zainteresowanie polityką zwykle opada. Po drugie, Google odpowiadał na pytania użytkowników bezpośrednio w wynikach także wcześniej, korzystając z treści polskich wydawców, którzy nie mogli ich w ten sposób zmonetyzować. Zmiana jest więc stopniowa, nie skokowa.

Odpowiedź: pozwy, regulacje i blokady

Reakcja idzie trzema drogami. Pierwsza to sądy. We wrześniu 2025 roku amerykański wydawca Penske Media, właściciel między innymi „Rolling Stone", złożył pozew antymonopolowy przeciwko Google, zarzucając firmie, że zmusza wydawców do udostępniania treści systemom AI, jednocześnie odbierając im ruch, od którego zależą; w lutym 2026 roku pozew uzupełniono o argument o zerwaniu równowagi, na której opierał się otwarty internet.

Druga to regulatorzy. W czerwcu 2025 roku skargi trafiły do organów antymonopolowych w Unii Europejskiej i Brazylii; złożyły je stowarzyszenie niezależnych wydawców i organizacje zajmujące się otwartością sieci. W styczniu 2026 roku brytyjski urząd ochrony konkurencji zaproponował, by wydawcy mogli wyłączyć swoje treści z podsumowań AI.

Tu leży sedno sporu technicznego. Wydawca, który chce zablokować wykorzystanie swoich tekstów w podsumowaniach, musi zablokować robota Google – a ten sam robot indeksuje strony dla klasycznej wyszukiwarki. Blokada oznacza więc zniknięcie z wyników w ogóle. Rozdzielenie obu funkcji jest technicznie wykonalne; Google opublikował w 2024 roku plan pokazujący, jak to zrobić, ale go nie wdrożył. Przedstawiciele wydawców twierdzą, że wstrzymanie się wynika z przewagi konkurencyjnej, jaką pojedynczy robot daje wobec innych firm rozwijających modele.

Trzecia droga to infrastruktura, i tu doszło do zmiany, którą warto odnotować. Cloudflare, firma obsługująca ponad jedną piątą stron internetowych, uruchomiła w 2025 roku model opłat za każde pobranie strony przez robota AI. 1 lipca 2026 roku porzuciła go po roku na rzecz płatności powiązanej z tym, czy treść faktycznie pojawi się w odpowiedzi. Powód jest wymowny: ponad połowa ruchu robotów uznawanych za uprawnione to ponowne pobieranie stron, które nie zmieniły się od poprzedniej wizyty. Od 15 września domyślnie blokowane mają być roboty łączące indeksowanie z zasilaniem modeli, o ile firma nie ma umowy z wydawcą – a ustawienie obejmuje z automatu wszystkich klientów darmowego pakietu.

eprasa.pl fad3467d02

Słowniczek

Podsumowanie AI – blok tekstu generowany przez model językowy nad wynikami wyszukiwania. W nazewnictwie Google: AI Overviews.

Tryb konwersacyjny – osobna zakładka wyszukiwarki, w której odpowiedź ma postać rozmowy, a klasyczna lista wyników nie jest wyświetlana. W nazewnictwie Google: AI Mode.

Rozkład zapytania – rozbicie jednego pytania na wiele podzapytań wykonywanych równolegle. W dokumentach patentowych: generowanie wariantów zapytania.

Generowanie wspomagane wyszukiwaniem – architektura, w której model przed odpowiedzią pobiera materiał z zewnętrznego źródła. Skrót angielski: RAG.

Wyszukiwanie bez kliknięcia – zapytanie zakończone bez przejścia na żadną stronę zewnętrzną.

Klikalność (CTR) – odsetek wyświetleń wyniku zakończonych kliknięciem. Nie to samo co liczba wejść.

Robot indeksujący – program pobierający strony do indeksu wyszukiwarki. Ten sam robot bywa źródłem materiału dla modeli językowych.

Co dalej?

Trzy sprawy pozostają nierozstrzygnięte i to one zdecydują o kształcie sieci za kilka lat.

Pierwsza to sposób rozliczenia. Rynek zna już precedens: Reddit sprzedaje dostęp do swoich treści firmom rozwijającym modele za kwoty rzędu stu kilkudziesięciu milionów dolarów rocznie. Pytanie brzmi, czy taki model da się zastosować do tysięcy mniejszych wydawców, czy pozostanie przywilejem kilku dużych serwisów o unikatowych zasobach.

Druga to rozdzielenie indeksowania od wykorzystania w odpowiedziach. Jeżeli wydawca będzie mógł zostać w wynikach wyszukiwania, wyłączając się z podsumowań, spór straci najostrzejszy charakter. Jeżeli nie – wybór między zniknięciem a oddaniem treści za darmo pozostanie pozorny.

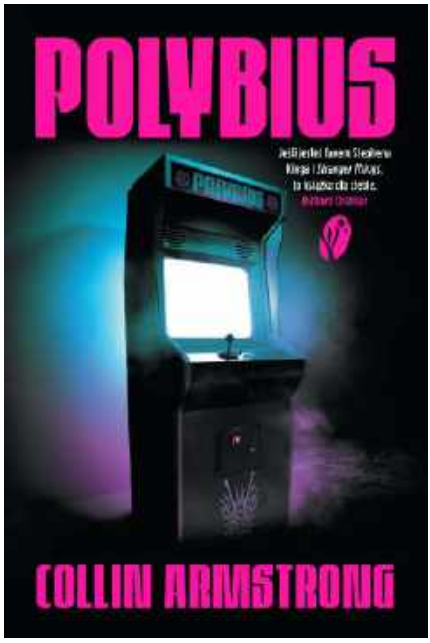
Trzecia jest najpoważniejsza i nie ma jeszcze nawet dobrego sformułowania. Modele językowe odpowiadają, korzystając z treści tworzonych przez ludzi. Jeżeli tworzenie tych treści przestanie się opłacać, źródło wyschnie – a wtedy pogorszą się także odpowiedzi. Nikt nie wie, gdzie leży próg, po którego przekroczeniu ten mechanizm zaczyna działać, ani jak długo można się do niego zbliżać bez skutków.

(red)

Polybius
Collin Armstrong

Wydawnictwo: Insignis, stron: 392,
sugerowana cena: 49,99 zł

Rok 1982. Andi Winston właśnie rozpoczęła zmianę w obskurnym salonie gier Home Video World w niewielkim nadmorskim miasteczku Tasker Bay w Kalifornii. Ma talent do programowania i marzy o przeprowadzce do Doliny Krzemowej. Unika kontaktów z innymi, woli spędzać czas na naprawianiu automatów. Gdy do salonu zostaje wstawiona tajemnicza maszyna z grą Polybius, spokojne dotąd miejsce zaczyna pękać w szwach od graczy, z których każdy pragnie wypróbować nowy nabytek. Napięcie w miasteczku narasta już od jakiegoś czasu: nowi deweloperzy windują ceny tak, że koszty życia w Tasker Bay stają się dla wieloletnich mieszkańców nie do zniesienia. Na domiar złego praktycznie z dnia na dzień przez miasteczko przetacza się coś na kształt epidemii: ludzie doświadczają niewytłumaczalnych napadów gniewu, paranoi i halucynacji. Ani miejscowy szeryf, ani lekarka nie mają pojęcia, co wywołuje tę nagłą przypadłość. Jakby tego było mało, do wybrzeża zbliża się potężna burza, nieustające opady zalewają większość dróg i odcinają całą okolicę od świata, a makabryczny akt przemocy pogrąża Tasker Bay w zupełnym chaosie. Po kilku zmianach spędzonych na obserwowaniu graczy Andi nabiera przekonania, że dramatyczna sytuacja musi mieć jakiś związek z Polybiusem. Niechętnie łączy siły z Ro, synem szeryfa. [...] Czy ktokolwiek przybędzie im na ratunek?



eprasa.pl fad3467d02

O tych, co przekuli innowacyjne wizje w biznesowy sukces
W polskim życiu publicznym coraz częściej używanym słowem jest odmieniany na wszystkie sposoby wyraz „innowacje". I tak powinno być przez najbliższe lata, bo ambicją naszego kraju jest spektakularny awans do grona państw o gospodarce kreatywnej, tworzącej własne produkty i marki, znane i szanowane w świecie.
To Wy, młodzi Czytelnicy MT, macie tego dokonać! Żeby Was natchnąć dobrymi przykładami, co miesiąc przedstawiamy reprezentantów czołówki światowych liderów innowacji. Najczęściej byli oni jeszcze w wieku szkolnym lub studenckim, gdy w ich głowach rodziły się śmiałe pomysły skutkujące później powstaniem superproduktów, wielkich brandów i fantastycznych fortun.
To oni kształtują cywilizację technologiczną.
To bohaterowie naszych czasów.

1. Shigeru Miyamoto na E3 2013, Los Angeles | Źródło: By Jan Graber – Jan Graber (via E-Mail), CC BY-SA 3.0 de, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=57040765

Człowiek, który dał światu Mario

Shigeru Miyamoto

Nie pisał kodu. Nie umiał programować. Przyszedł do Nintendo jako rysownik oprawy graficznej szafek do gier arcade. Był rok 1977. Dziś Shigeru Miyamoto jest twórcą Mario, Zeldy i Donkey Konga – postaci rozpoznawanych przez miliard ludzi – i człowiekiem, który trzykrotnie zmienił definicję tego, czym jest gra wideo.

CV: Shigeru Miyamoto (宮本 茂)

Urodzony:	16 listopada 1952, Sonobe, prefektura Kioto, Japonia
Edukacja:	Kanazawa College of Art, kierunek projektowanie przemysłowe (dyplom 1975)
Kariera:	Nintendo Co. Ltd. od 1977 – grafik, projektant gier, producent, dyrektor, Representative Director (od 2002)
Główne dzieła:	Donkey Kong (1981), Mario Bros. (1983), Super Mario Bros. (1985), The Legend of Zelda (1986), Super Mario 64 (1996), Ocarina of Time (1998), Wii Sports (2006)
Nagrody:	BAFTA Fellowship (2010), Książe Asturii za Sztukę (2012), GDC Lifetime Achievement Award (2010), Gaming BAFTA Icon Award (2015)
Zainteresowania:	gra na banjo i mandolinie, ogrodnictwo, jazda na rowerze

eprasa.pl fad3467d02

Syn urzędnika z Sonobe

Shigeru Miyamoto urodził się 16 listopada 1952 roku w Sonobe, małym miasteczku w prefekturze Kioto. Ojciec był urzędnikiem. Rodzina nie miała telewizora aż do szkoły średniej Shigeru. Zamiast siedzieć przed ekranem, chłopiec wędrował po okolicznych lasach i polach, badał stare jaskinie i rysował to, co widział. Te wędrówki wrócą później jako design Zeldy.

Studiował projektowanie przemysłowe w Kanazawa College of Art. Nie informatykę, nie matematykę, nie elektronikę – rzeźbienie, rysowanie, projektowanie przedmiotów. Kiedy w 1975 roku ukończył uczelnię, gry wideo jako branża praktycznie nie istniały. Pong miał zaledwie trzy lata.

Na rozmowę kwalifikacyjną do Nintendo przyniósł teczkę własnych projektów gier i zabawek – m.in. drewniany wieszak na ubrania w kształcie konia. Hiroshi Yamauchi, prezes Nintendo, zobaczył w nim coś czego nie miał żaden z kandydatów po informatyce: wyobraźnię projektanta.

Donkey Kong i narodziny Mario

W 1980 roku Nintendo of America znalazło się w poważnych tarapatach. Firma sprowadziła do Stanów 2000 szafek z grą Radar Scope – i prawie żadnej nie sprzedała. Prezes Yamauchi zlecił Miyamoto zaprojektowanie nowej gry, którą można byłoby zainstalować w tych samych szafkach. Miyamoto miał kilka miesięcy i minimalny budżet sprzętowy. Zamiast strzelać do kosmitów, wymyślił historię: cieśla ratuje dziewczynę uprowadzoną przez goryla. Każde ograniczenie techniczne stawało się decyzją projektową: nie można animować biegnących nóg – ubierzemy go w ogrodniczki. Trudno wyrysować usta – damy mu wąsa. Nie widać włosów – załóżmy czapkę. Tak powstał Jumpman, później Mario.

Donkey Kong stał się hitem. Nintendo of America sprzedało ponad 60 000 szafek. Firma była uratowana.

Super Mario Bros i uratowanie branży

W 1983 roku rynek gier wideo w Stanach Zjednoczonych załamał się spektakularnie. Lawina złych tytułów i brak kontroli jakości spowodowały, że konsumenci przestali ufać grom. Branża straciła w ciągu roku ponad 3 miliardy dolarów. Atari praktycznie zbankrutowało. Wielu ekspertów twierdziło, że gry wideo to bnyła chwilowa moda.

W 1985 roku Nintendo wprowadziło w Ameryce konsolę NES z dołączonym Super Mario Bros. Miyamoto zaprojektował grę tak, by pierwsze sekundy uczyły gracza wszystkiego, co powinien wiedzieć – bez jednego słowa instrukcji. Pierwszy ekran z ceglanymi blokami i pustą przestrzenią z prawej oraz wrogiem

2. Nintendo E3 2012 – Miyamoto prezentuje nowe projekty | Źródło: By The Conmunity – Pop Culture Geek from Los Angeles, CA, USA – E3 Expo 2012 – Nintendo Press Event – CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33397704

eprasa.pl fad3467d02

Kluczowe tytuły Shigeru Miyamoto i ich znaczenie dla branży

poruszającym się w lewo to do dziś modelowy przykład projektowania przez odkrywanie.

Super Mario Bros sprzedało się w ponad 40 milionach egzemplarzy. Gry wideo przeżyły. Miyamoto udowodnił, że jakość projektowania – nie technologia – decyduje o sukcesie.

Zelda i odkrycie otwartego świata

Rownolegle z Mario, Miyamoto i jego współpracownik Takashi Tezuka tworzyli The Legend of Zelda (1986). To była inna filozofia: zamiast prowadzić gracza za rączkę, rzucić go w środek nieznanego świata i pozwolić odkrywać. Bez instrukcji, bez wyjaśnienia zasad, bez mapy.

Inspiracją były dziecięce wyprawy Miyamoto na przedmieścia Sonobe. „Chciałem oddać to uczucie, kiedy jako dziecko wchodziłem do nieznanej jaskini i nie wiedziałem, co znajdę w środku – i czy mogę wyjść z powrotem" – tłumaczył w wywiadach.

3. Super Nintendo World w Universal Studios – świat Mario w trzech wymiarach | Źródło: By Japanexperterna.se – https://www.flickr.com/photos/japanexperterna/51564421048/, CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=116483815

eprasa.pl fad3467d02

Filozofia Miyamoto: radość odkrywania

Miyamoto wielokrotnie powtarzał, że cel projektowania gier jest prosty: gra ma sprawiać radość. Nie musi być trudna ani długa – musi dawać graczowi poczucie odkrywania czegoś nowego.

Jego metoda projektowania zaczęła się od życia prywatnego: eksploracja lasu jako dziecko wróciła jako labirynty Zeldy. Własny ogród stał się inspiracją dla Pikminu. Nauka nurkowania – dla podwodnych poziomów Maria.

Kluczowa zasada: każde ograniczenie techniczne to szansa na kreatywne rozwiązanie. Mario dostał czapkę, bo nie można było animować włosów. Willy-cap stał się symbolem rozpoznawanym przez miliard ludzi.

Zelda otworzyła kategorię gier z otwartym światem, która dziś obejmuje takie tytuły jak Minecraft, The Witcher czy GTA. Ocarina of Time z 1998 roku była pierwszą grą 3D w tej serii i do dziś wielu krytyków uznaje ją za najlepszą grę w historii.

Super Mario 64 i trzecia rewolucja

W 1996 roku Miyamoto stanął przed najtrudniejszym wyzwaniem w karierze: przenieść Mario do trójwymiarowego świata. Platformówki 2D miały precyzyjnie wyliczone skoki. W 3D gracz musi kontrolować kamerę, prostą ścieżkę i trójwymiarowy skok jednocześnie. Żaden z tych problemów nie miał gotowego rozwiązania.

Miyamoto spędził miesiące na próbach, eksperymentach i wyrzucaniu gotowych poziomów do kosza. Super Mario 64 ukazało się z opóźnieniem.

Ale gra zdefiniowała, jak wygląda trójwymiarowa platformówka – i każda późniejsza gra 3D z otwartym światem korzysta z rozwiązań, które Miyamoto i jego zespół wymyślili od zera. System kamer, sterowanie skokiem, schematy poziomów – wszystko.

4. Miyamoto w Nintendo headquarters, Kioto, 2013

Źródło: By Jan Graber – Jan Graber (via E-Mail), CC BY-SA 3.0 de, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27619909

Wii i gry dla babci

Na przełomie wieku gry wideo stały się coraz bardziej skomplikowane. Kontrolery miały 12 przycisków i dwa anaogi. Gry wymagały setek godzin nauki. Miyamoto zauważył, że jego rodzina nie chciała grać z nim – bo gry były zbyt trudne.

Wii (2006) było jego odpowiedzią. Kontroler działał jak pilot: macha się ręką, jakby się naprawdę grało w tenisa, bowling, golf. Wii Sports wączone do konsoli udowodniło, że babcia może zagrać z wnukiem.

Wii sprzedało się w ponad 100 milionach egzemplarzy. Była to najlepiej sprzedająca się konsola swojej generacji, pokonując technologicznie Playstation 3 i Xbox 360. Miyamoto ponownie pokazał, że prostota bije złożoną technologię.

Co zostało po Mario

Miyamoto od 2002 roku zajmuje stanowisko Representative Director Nintendo. Nie zrezygnował z tworzenia – nadzoruje gry, uczestniczy w projektowaniu, konsultuje młodszych projektantów. Super Nintendo World, które otworzyło się w Universal Studios Orlando i Hollywood, to jego projekt.

Mario jest dziś bohaterem filmów, seriali, parków rozrywki i encyklopedii. Postaci stworzone przez Miyamoto wygenerowały szacunkowo ponad 30 miliardów dolarów przychodów. żaden inny projektant gier nie zbliżył się do tych liczb.

Miyamoto powiedział kiedyś, że idealna gra to taka, w której gracz uśmiecha się do siebie samego, kiedy nikt nie patrzy. To nie brzmi jak zasada biznesowa. Ale ta zasada wygenerowała jedną z największych marek rozrywkowych w historii. ■

Paweł Biernacki

eprasa.pl fad3467d02

Serwerownia stanie obok elektrowni. Rachunek przyjdzie do ciebie

Centra danych w Polsce zużywają dziś niecałe 2 TWh rocznie. Operator sieci liczy się z 29 TWh w 2040 roku

W Bełchatowie planowany jest kampus centrów danych o mocy 500 megawatów – tuż obok największej elektrowni węglowej w Europie. Pięćset megawatów to zapotrzebowanie mniej więcej miliona europejskich gospodarstw domowych. W gminie Choczewo na Pomorzu zapowiedziano obiekt docelowo sześciokrotnie większy. Polska jest w 2026 roku szóstym rynkiem centrów danych w Europie i pierwszym w naszej części kontynentu. To dobra wiadomość gospodarcza. Pytanie, kto zapłaci za prąd i za sieć, pozostaje bez odpowiedzi.

eprasa.pl fad3467d02

Zacznijmy od skali, bo bez niej dyskusja zamienia się w wymianę wrażeń. Międzynarodowa Agencja Energetyczna szacuje w raporcie „Electricity 2026", że centra danych odpowiadają dziś za około 1,5 procenta światowego zużycia energii elektrycznej. To niewiele. Istotne jest tempo: przez poprzednią dekadę zużycie serwerowni rosło powoli, bo poprawa sprawności sprzętu równoważyła wzrost mocy obliczeniowej. Ta równowaga się skończyła.

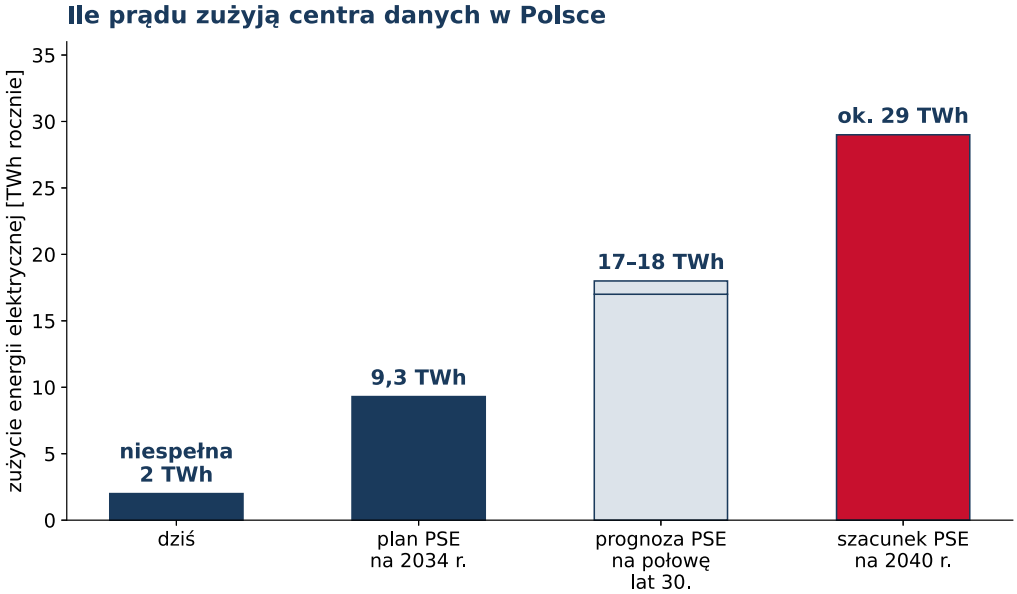
Zmieniła się też jednostka miary. Klasyczne centrum danych sprzed pięciu lat potrzebowało kilkunastu, najwyżej kilkudziesięciu megawatów. Kampus budowany dziś pod modele językowe potrzebuje setek megawatów, a najnowsze zapowiedzi mówią o gigawatach w jednej lokalizacji. To nie jest ten sam typ obiektu pod tą samą nazwą – to nowa klasa odbiorcy energii, porównywalna z hutą.

Polskie liczby

Polskie Sieci Elektroenergetyczne, czyli operator krajowej sieci przesyłowej, muszą to policzyć wcześniej niż ktokolwiek inny, bo od ich planów zależy, czy będzie czym te obiekty zasilić. W „Planie rozwoju na lata 2025–2034" założono, że pod koniec tego okresu centra danych będą dysponować mocą 1063 megawatów i zużyją 9,3 terawatogodziny rocznie. Dla porównania: to więcej niż prognozowane łączne zapotrzebowanie pomp ciepła i samochodów elektrycznych razem wziętych.

Nowszy plan, obejmujący lata 2027–2036, podnosi tę prognozę do 17...18 terawatogodzin w połowie następnej dekady. Szacunki sięgające 2040 roku mówią o około 29 terawatogodzinach. Dziś centra danych w Polsce zużywają niespełna 2 terawatogodziny. Mowa więc o piętnastokrotnym wzroście w kilkanaście lat, przy obecnym krajowym zużyciu energii elektrycznej rzędu 170 terawatogodzin.

Warto przy tym zachować ostrożność wobec zapowiedzi inwestycyjnych, bo część tych inwestycji nigdy nie powstanie. Analitycy PMR w raporcie o polskim rynku centrów danych radzą oddzielać projekty z realnymi podstawami od tego, co nazywają wprost potokiem marketingowym. Centra danych stały się w Europie atrakcyjną klasą aktywów, a ogłoszenie inwestycji jest tańsze niż jej wykonanie. To zastrzeżenie działa w obie strony: prognozy sieci mogą być zawyżone przez zapowiedzi bez pokrycia, ale też zaniżone, jeśli wzrost okaże się szybszy od planów.



Dane: Polskie Sieci Elektroenergetyczne, plany rozwoju sieci przesyłowej z lat 2025 i 2027.
Dla porównania: krajowe zużycie energii elektrycznej wynosi obecnie około 170 TWh rocznie.

Rysunek 1. Prognozy zapotrzebowania centrów danych w Polsce według kolejnych planów operatora sieci przesyłowej

eprasa.pl fad3467d02

Trzy koszty, o których nie mówi się na konferencjach

Pierwszy to sieć. Przyłączenie odbiorcy o mocy setek megawatów wymaga rozbudowy linii przesyłowych i stacji. Koszt tej rozbudowy trafia do taryfy przesyłowej, czyli do rachunku każdego odbiorcy. Inwestor płaci za przyłącze, ale nie za całą infrastrukturę, która musi powstać za nim. Można to uznać za normalny koszt rozwoju gospodarczego – pod warunkiem że mówi się o nim otwarcie, a nie odkrywa dopiero w rozliczeniu.

Drugi to kolejka. Moc przyłączeniowa stała się w Polsce zasobem deficytowym. Jeżeli w danym węźle sieci jest jej ograniczona ilość, to przydzielenie jej centrum danych oznacza, że nie dostanie jej osiedle albo zakład przemysłowy. To nie jest zarzut wobec centrów danych – to zwykły wybór między zastosowaniami. Ale wybór powinien być świadomy, a nie wynikać z tego, kto pierwszy złożył wniosek.

Trzeci to źródło. Kampus w Bełchatowie ma powstać obok elektrowni węglowej i to nie przypadek – tam jest infrastruktura i moc. Deklaracje operatorów centrów danych o zasilaniu z odnawialnych źródeł są zwykle prawdziwe w sensie księgowym: firma kupuje odpowiednią ilość energii zielonej w skali roku. Serwerownia pracuje jednak dwadzieścia cztery godziny na dobę, także wtedy, gdy nie wieje i nie świeci. W tych godzinach prąd pochodzi z tego, co akurat pracuje w systemie. Rozliczenie roczne i rozliczenie godzinowe to dwie różne rzeczy i różnica między nimi bywa liczona w milionach ton dwutlenku węgla.

Co można zrobić

Kilka rozwiązań jest już stosowanych i warto o nich mówić, żeby felieton nie skończył się samym narzekaniem.

Elastyczność odbioru: część zadań obliczeniowych – zwłaszcza trenowanie modeli, w odróżnieniu od obsługi zapytań użytkowników – da się przesuwać w czasie. Centrum danych, które zgadza się ograniczyć pobór w godzinach szczytu, przestaje być problemem dla sieci, a staje się jej stabilizatorem. Wymaga to jednak umów, których w Polsce praktycznie nie ma.

Ciepło odpadowe: serwerownia zamienia niemal całą pobraną energię w ciepło o niskiej temperaturze. W Skandynawii takie ciepło trafia do sieci ciepłowniczych. W Polsce, gdzie ciepłownictwo systemowe jest rozbudowane i wymaga modernizacji, to jeden z niewielu przypadków, w których interesy inwestora i miasta są zbieżne.

Przejrzystość: obowiązek raportowania zużycia energii i wody przez duże centra danych istnieje już w prawie unijnym. Sprawozdania powinny być publiczne w formie zrozumiałej dla mieszkańca gminy, w której obiekt stoi, a nie wyłącznie w formie sprawozdania branżowego.

Skąd się bierze ciepło z serwerowni

Procesor nie zamienia prądu w pracę mechaniczną. Praktycznie cała pobrana energia elektryczna zamienia się w ciepło – dlatego zużycie centrum danych podaje się w megawatach mocy, tak jak dla pieca.

Kłopot polega na temperaturze. Ciepło z serwerów ma zwykle 30…45°C, a sieci ciepłownicze pracują na wyższych parametrach, więc potrzebna jest pompa ciepła, która podnosi temperaturę kosztem dodatkowego prądu.

Opłacalność zależy więc od odległości do sieci ciepłowniczej i od tego, czy inwestor projektuje chłodzenie cieczą, dające wyższą temperaturę odbioru, czy tańsze chłodzenie powietrzem.

Sedno sporu

Nie jestem przeciwnikiem centrów danych i nie uważam, że sztuczna inteligencja jest zbyt kosztowna energetycznie, żeby ją rozwijać. Ta debata bywa prowadzona nierzetelnie z obu stron: jedni liczą zużycie prądu na jedno zapytanie i porównują je do żarówki, przemilczając skalę, drudzy porównują je do lotu samolotem, przemilczając, że proste zapytanie tekstowe kosztuje niewiele, a generowanie wideo bardzo dużo.

Sedno leży gdzie indziej. Centrum danych to inwestycja prywatna, która przynosi zysk właścicielowi, a część swoich kosztów – rozbudowę sieci, zajętą moc przyłączeniową, emisje w godzinach bezwietrznych – przenosi na system, czyli na wszystkich odbiorców. Nie ma w tym nic zdrożnego, dopóki bilans jest policzony i jawny. Dziś nie jest. Gmina dowiaduje się o inwestycji z komunikatu prasowego, a odbiorca o jej koszcie – z taryfy, dwa lata później.

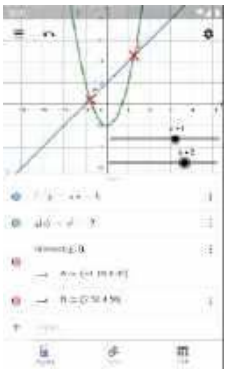
Program jądrowy, który miałby ten rachunek domknąć, oznacza prąd najwcześniej w latach trzydziestych. Centra danych powstają teraz. Ta różnica czasu jest właściwym tematem do rozmowy – a nie to, ile watogodzin kosztuje jedno pytanie zadane czatbotowi.

De Coder

eprasa.pl fad3467d02

Mobilne aplikacje. Test aplikacji

Sześć programów do pracy z wiedzą: matematyka, którą widać, rozpoznawanie gatunków bez wysyłania zdjęć, mapy działające bez zasięgu, archiwum stron, których już nie ma, porządek w bibliografii i przesyłanie plików z pominięciem chmury.



GeoGebra Calculator Suite

Matematyka, którą widać

GeoGebra łączy w jednym programie kalkulator graficzny, arkusz do geometrii, narzędzie do obliczeń symbolicznych, widok przestrzenny i moduł statystyczny. Wpisana funkcja od razu pojawia się na wykresie, a parametry można podpiąć pod suwaki. Przesunięcie suwaka pokazuje, co robi zmiana współczynnika – to jedna z tych rzeczy, których nie da się wytłumaczyć słowami tak dobrze, jak pokazać.

Moduł symboliczny rozwiązuje równania, liczy pochodne i całki, a przy tym pokazuje kolejne kroki przekształceń. W widoku przestrzennym można obejrzeć bryłę obrotową powstałą z wykresu funkcji albo przekrój wielościanu płaszczyzną. Do geometrii klasycznej służy osobny moduł z konstrukcjami cyrklem i linijką, w którym każdą konstrukcję da się odtworzyć krok po kroku.

Program jest w całości bezpłatny, także w wersji mobilnej, i ma polski interfejs. Powstaje na uniwersytecie w Linzu i jest używany w szkołach w kilkudziesięciu krajach. Jedyna praktyczna uwaga: na małym ekranie telefonu wygodniej pracuje się w trybie poziomym, a do dłuższych konstrukcji lepszy jest tablet.

Producent: GeoGebra/Johannes Kepler Universität Linz
Platformy: Android, iOS, komputer, przeglądarka
Cena: bezpłatna
Możliwości: 9,5/10
Łatwość obsługi: 8,5/10
Ocena ogólna: 9,0/10

Seek by iNaturalist

Rozpoznawanie gatunków bez wysyłania zdjęć

Seek rozpoznaje rośliny, grzyby, owady, ptaki i inne organizmy z obrazu z aparatu. Wystarczy wycelować telefon – program stopniowo zawęża oznaczenie, pokazując, na jakim poziomie systematyki jest już pewny: najpierw gromada, potem rodzina, w końcu gatunek. Ten sposób prezentacji jest wartościowy sam w sobie, bo pokazuje, jak działa klucz do oznaczania.

Model rozpoznający działa na urządzeniu, więc program nie wysyła zdjęć na serwer i działa bez zasięgu. Twórcą jest ta sama organizacja, która prowadzi serwis iNaturalist – bazę obserwacji przyrodniczych używaną także przez naukowców. Seek jest jej wersją dla początkujących, celowo pozbawioną kont i danych osobowych; obserwacje można opcjonalnie przekazać do bazy głównej.

Skuteczność jest wysoka dla gatunków pospolitych i wyraźnie spada dla trudnych grup, na przykład traw czy owadów wymagających oglądania cech pod lupą. Program tego nie ukrywa: przy niepewności zatrzymuje się na wyższym poziomie systematyki zamiast zgadywać. To rzadka i cenna właściwość.

Producent: iNaturalist
Platformy: Android, iOS
Cena: bezpłatna
Możliwości: 8,5/10
Łatwość obsługi: 9,5/10
Ocena ogólna: 9,0/10

CoMaps

Mapy offline na danych OpenStreetMap

CoMaps pobiera mapy na telefon i działa bez połączenia z siecią – całkowicie, łącznie z wyszukiwaniem i nawigacją. Dane pochodzą z OpenStreetMap, więc obejmują rzeczy, których nie ma na mapach samochodowych: ścieżki, szlaki, źródła, schrony, ławki, punkty widokowe. Dla turystyki pieszej i rowerowej to często lepszy materiał niż komercyjne odpowiedniki.

Program nie wymaga konta, nie wyświetla reklam i nie zbiera danych o użytkowniku. Powstał w 2025 roku jako odgałęzienie projektu Organic Maps, po sporze części społeczności z jego kierownictwem o przejrzystość zarządzania. Oba programy nadal się rozwijają i są do siebie bardzo podobne; kto używa Organic Maps, nie ma powodu do pośpiechu, ale warto wiedzieć, skąd wzięły się dwie niemal identyczne pozycje w sklepie.

Ograniczenia wynikają z natury projektu społecznościowego. Nie ma informacji o korkach ani danych o rozkładach jazdy w czasie rzeczywistym, a jakość odwzorowania zależy od tego, jak dokładnie okolica została opisana przez wolontariuszy. W Polsce pokrycie jest bardzo dobre, zwłaszcza w terenie górskim.

Producent: społeczność CoMaps
Platformy: Android, iOS
Cena: bezpłatna, otwarte źródła, projekt nie nastawiony na zysk
Możliwości: 8,5/10
Łatwość obsługi: 9,0/10
Ocena ogólna: 9,0/10

eprasa.pl fad3467d02

Wayback Machine

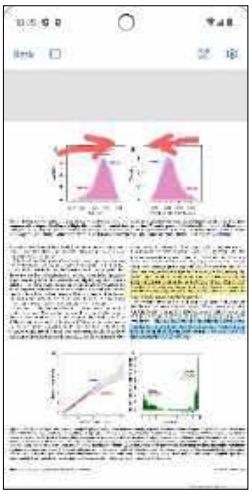
Dostęp do stron, których już nie ma

Aplikacja daje dostęp do archiwum Internet Archive – zbioru ponad kilkuset miliardów zapisanych wersji stron internetowych. Wpisuje się adres i wybiera datę, żeby zobaczyć, jak strona wyglądała w danym dniu. Działa to również dla stron, które zniknęły całkowicie, co czyni z niej narzędzie do sprawdzania źródeł, a nie tylko ciekawostkę.

Program ma dwie funkcje warte poznania. Pierwsza to zapisywanie stron do archiwum jednym przyciskiem – przydatne, gdy trafiamy na materiał, który może zniknąć. Druga to wykrywanie martwych odnośników: po natrafieniu na komunikat o błędzie aplikacja proponuje wersję archiwalną. Jest też dostęp do zbiorów książek, nagrań i oprogramowania gromadzonych przez tę samą organizację.

To narzędzie nabiera znaczenia w chwili, gdy odpowiedzi generowane przez modele językowe zastępują listę odnośników, a użytkownik coraz rzadziej dociera do źródła. Archiwum pozwala sprawdzić, co dana strona rzeczywiście zawierała i kiedy. Ograniczenie: nie wszystko jest zarchiwizowane, a strony wymagające logowania oraz treści ładowane dynamicznie zapisują się niepełnie.

Producent: Internet Archive
Platformy: Android, iOS, przeglądarka
Cena: bezpłatna, organizacja nie nastawiona na zysk
Możliwości: 9,0/10
Łatwość obsługi: 8,5/10
Ocena ogólna: 9,0/10



Zotero

Porządek w źródłach i bibliografii

Zotero zbiera w jednym miejscu artykuły, książki i strony internetowe, przechowuje ich opisy bibliograficzne i pliki, a na końcu generuje przypisy oraz bibliografię w wybranym stylu. Dla ucznia piszącego pracę konkursową albo studenta pierwszego roku to różnica między godziną a pięcioma minutami przy składaniu spisu literatury. Aplikacja mobilna synchronizuje bibliotekę z wersją na komputer. Pozwala czytać zgromadzone pliki PDF, zaznaczać fragmenty, dodawać notatki i tworzyć wypisy, które później trafiają do tekstu. Wersja na iPhone'a istnieje od 2022 roku, stabilne wydanie na Androida ukazało się w czerwcu 2025 – wcześniej użytkownicy tego systemu musieli korzystać z programów innych autorów.

Program jest bezpłatny i tworzony przez organizację nie nastawioną na zysk. Bezpłatne konto obejmuje 300 megabajtów miejsca na pliki w chmurze; sam katalog pozycji nie jest limitowany, a pliki można też trzymać we własnej usłudze. Krzywa uczenia jest łagodna pod warunkiem, że zaczniemy od wersji na komputer – aplikacja mobilna jest uzupełnieniem, nie punktem startu.

Producent: Corporation for Digital Scholarship
Platformy: Android, iOS, komputer
Cena: bezpłatna; dodatkowe miejsce w chmurze płatne
Możliwości: 9,0/10
Łatwość obsługi: 8,0/10
Ocena ogólna: 8,5/10

LocalSend

Przesyłanie plików między urządzeniami bez chmury

LocalSend przesyła pliki między telefonem a komputerem przez sieć lokalną, bez pośrednictwa jakiejkolwiek usługi zewnętrznej. Urządzenia wykrywają się same, wystarczy, że są w tej samej sieci; nie trzeba zakładać konta, parować sprzętu ani nawet mieć dostępu do internetu. Transmisja jest szyfrowana, a plik idzie bezpośrednio z urządzenia na urządzenie.

Największa zaleta to brak ograniczeń typowych dla komunikatorów: nie ma limitu rozmiaru, nie ma kompresji zdjęć i filmów, nie ma pytania, czyj serwer przechowa kopię. Prędkość zależy wyłącznie od sieci lokalnej, więc przez kabel albo dobre połączenie bezprzewodowe kilkugigabajtowy plik idzie w kilkadziesiąt sekund.

Program działa na wszystkich popularnych systemach, także Windows, macOS i Linux, więc rozwiązuje typowy kłopot mieszanego zestawu sprzętu – telefon z Androidem i komputer Apple albo odwrotnie. Warunek jest jeden i czasem uciążliwy: obie strony muszą być w tej samej sieci, a niektóre sieci publiczne blokują komunikację między urządzeniami.

Producent: projekt społecznościowy LocalSend
Platformy: Android, iOS, Windows, macOS, Linux
Cena: bezpłatna, otwarte źródła
Możliwości: 8,5/10
Łatwość obsługi: 9,5/10
Ocena ogólna: 9,0/10

eprasa.pl fad3467d02

Przedświt

Jak co wieczór, idzie plażą na spotkanie zapadającej nocy. Niesie zdjęte sandały, a jej drobne, bose stopy żłobią płytkie wgłębienia w mokrym piasku. Spacer po mulisty podłożu jest przyjemny. Twarde okruchy delikatnie wbijają się w skórę i przeciskają między palcami, a każdy stawiany krok wciąż budzi jej zachwyt.

Od strony zatoki wieje ożywcza bryza. Unosi rozpuszczone włosy, wplatając w nie słoną wilgoć. Kołysze gałęziami drzew, porastających skraj plaży. Postrzępione liście, w przyprawiających o zawrót głowy odcieniach zieleni, łopoczą niby zwycięskie sztandary, zaś stygnące powietrze przynosi z sobą zapachy niemożliwe do określenia. Lecz to nic. Na znalezienie odpowiednich słów przyjdzie czas.

Za każdym razem dociera dalej. Za każdym razem to miejsce coraz bardziej staje się jej domem. Wybrzeże leży przed nią jak rozpostartego kobierca, sięgając krawędzi nieba oblanej purpurą i złotem. Czyste, dziewicze, znające tylko dotyk wiatru oraz pieszczotę fal. Myśl, że w tej wędrówce nie jest w żaden sposób ograniczona, przepełnia ją radością bliską euforii.

Zatrzymuje się spoglądając na pasma chmur, rozmazane w świetlistej pożodze tuż nad horyzontem. Siada wśród rozsypanych muszli, które ocean przyniósł jej w darze. Podnosi jedną z nich. Kremową, z opalizującymi żyłkami barwy ochry. Nie przypomina żadnej, jaką dotychczas znalazła. Przez chwilę ogląda skorupkę ciesząc się myślą, że codziennie odkrywa coś nowego. Później ostrożnie kładzie ją obok i obejmując kolana ramionami podnosi wzrok ponad tlące się szkarłatem obłoki. Czeka na gwiazdy.

Niebo z wolna ciemnieje, przechodząc od głębokiego granatu w niemal kompletną, tak dobrze znaną czerń, ozdobioną rozjarzonymi iskrami. Lecz rozciągający się wokół półmrok jest ciepły, a świetliste punkty na firmamencie zamiast spokojnie błyszczeć, mrugają tęsknie wzywając ją do siebie. Dawne towarzyszki, piękne chociaż nieczułe. Porzucone na zawsze. Zadzierając głowę szuka pośród nich tej najważniejszej z niebiańskich opiekunek. Niewielkiej, jasnej kropki, przeklinanej i wielbionej. Ale gdy ją wreszcie odnajduje, niepozorną, bladą, wciśniętą pomiędzy nienazwane konstelacje, nie dostrzega w niej nic wyjątkowego.

Wtedy opuszcza spojrzenie na fale, głaszczące piasek. Wyczekująco patrzy w ciemny bezmiar wody. Tam, w atramentowych odmętach, niczym wyzwanie rzucone niebiosom, właśnie rozbłyskują nieprzeliczone drobiny przyćmionego światła, krzepnąc w szafirową poświatę rozedrganych mgławic, których blask potężnieje z każdą chwilą i oblewa powierzchnię oceanu aż po wybrzeże. Nim w pełni zdaje sobie sprawę z tego co robi, zdejmuje ubranie, po czym naga wchodzi do wody. Ostrożnie zanurza się w chłodną toń, rozgarniając rękami eteryczny welon świecących żyjątek. Bawi się opływającymi ją falami jasności. Zafascynowana przygląda się, jak woda zmącona ruchem dłoni to przygasa wokół niej, to ponownie nabiera blasku. A kiedy drżąc z zimna wychodzi na brzeg, jej skóra jeszcze przez chwilę lśni tym samym światłem, kreśląc w półmroku kształt ludzkiej sylwetki.

Ujrzysz cuda, jakich nie potrafię sobie nawet wyobrazić.

Znów słyszy szept matki. Widzi ją opartą na poduszce pełnej wychodzących garściami włosów, z poszarzałą twarzą, oblaną jaskrawym światłem szpitalnej lampy i zmętniałymi oczami, spoglądającymi w wieczną noc za oknem. Wówczas ten ocean, piasek oraz obłoki wciąż były zaledwie odległym marzeniem. Obietnicą, złożoną niegdyś jej przodkom. Zaś nieustępliwy cień śmierci, podążającej za człowiekiem gdziekolwiek on pójdzie, codziennie odbierał im nadzieję, że nadal mają przed sobą jakąś przyszłość.

eprasa.pl fad3467d02

Zanim wypłowiały brzask rozwidni horyzont, resztki ciemności otulają gasnący ocean, kończąc powtarzany od eonów spektakl. Walcząc z sennością siedzi zapatrzona w jaśniejący widnokrąg, by w końcu zmarznięta ale szczęśliwa ruszyć w drogę powrotną. W rozmytym świetle nadchodzącego poranka idzie ku ogniskom, które płoną na przymglonym krańcu półwyspu zamykającego zatokę. Plaża jest cicha, jak gdyby cały świat zamarł w niepewnym oczekiwaniu na to, co przyniesie jutro. Lecz ocean szumi uspokajająco kiedy wraca jego brzegiem do przyjaciół oraz bliskich. Tutaj raz jeszcze zaczną wszystko od początku wierząc, że nie popełnią dawnych błędów, a wszelkie grzechy zostały im odpuszczone.

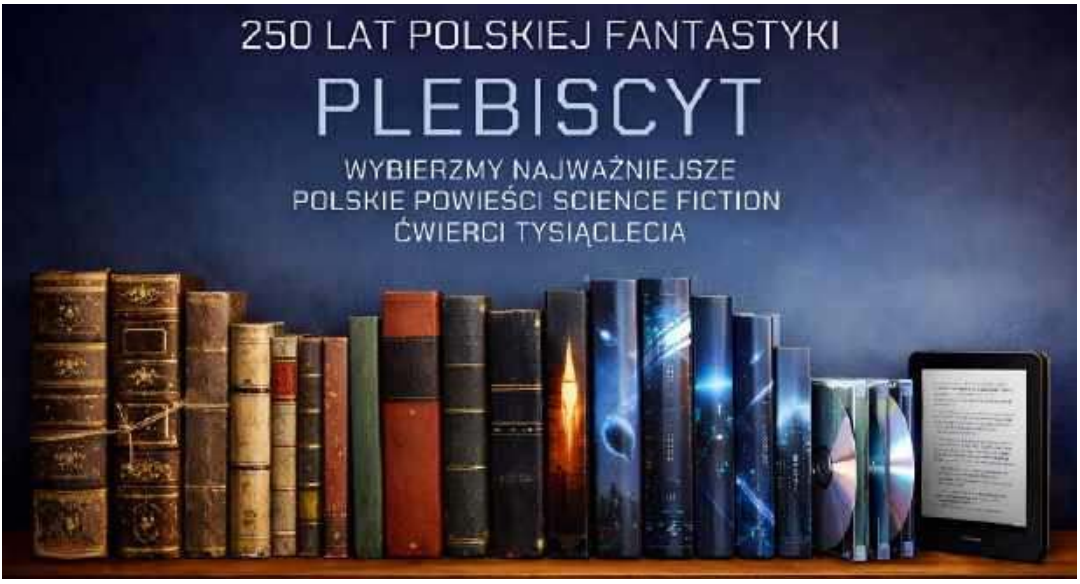
Lądownik spoczywa zaryty w piasku, tam gdzie niedawno osiadł, gdy w ulewie gorejących szczątków spadli z przestworzy. Fale łagodnie obmywają poczerniałe burty i połamane wsporniki. Przechodzi obok niego z nieświadomą obojętnością, pozostawiając za sobą ostatni symbol dotychczasowego życia. Ciasne korytarze, cuchnące tunele serwisowe oraz zatłoczone wnętrza modułów mieszkalnych, w których spędziła dzieciństwo, bledną już w jej wspomnieniach jak gwiazdy roztopione szarym blaskiem przedświtu. ■

Łukasz Marek Fiema

Tekst ukazał się pierwotnie w zbiorze „Ku Gwiazdom: Antologia Polskiej Fantastyki Naukowej 2021” nakładem Wydawnictwa IX.

Łukasz Marek Fiema: Z wykształcenia historyk, z zamiłowania futurolog, pisarz oraz publicysta zajmujący się naukową fikcją spekulatywną. Jego artykuły ukazywały się w czasopismach takich jak „Młody Technik”, „Magia i Miecz”, „Gwiezdny Pirat” czy „Portal”, a opowiadania między innymi w wydawnictwach Śląskiego Klubu Fantastyki, kwartalniku „OkoLica Strachu” oraz antologiach „Sny Umarłych” i „Ku Gwiazdom”. Współautor podręczników do gry fabularnej „Neuroshima”. Miłośnik książek Isaaca Asimova i Stanisława Lema. Zawodowo związany z polskim sektorem kosmicznym, należał do zespołu odpowiedzialnego za projektowanie satelity EagleEye. Członek Rady Uczestników Konsorcjum Naukowego „Ad Astra”. Gość debat na konferencjach naukowych, technologicznych oraz kulturowych poświęconych szeroko pojmowanym przemianom cywilizacyjnym. Wiceprezes Zarządu Stowarzyszenia „Horyzont Jutra”. Pomysłodawca, współzałożyciel i Przewodniczący Rady Nadzorczej Polskiej Fundacji Fantastyki Naukowej.

eprasa.pl fad3467d02



Limes Inferior na czele złotej dziesiątki polskiej fantastyki naukowej

– wyniki jubileuszowego plebiscytu ogłoszone podczas VI Kongresu Futurologicznego

12 września 2026 roku, w dniu urodzin Stanisława Lema, w krakowskim Pałacu Potockich podczas VI Kongresu Futurologicznego ogłoszono wyniki jubileuszowego plebiscytu na dziesięć najważniejszych polskich dzieł science fiction. Inicjatywa, zorganizowana przez Polską Fundację Fantastyki Naukowej, była związana z przypadającą w 2026 roku 250. rocznicą ukazania się „Mikołaja Doświadczyńskiego przypadków" Ignacego Krasickiego – dzieła uznawanego za pierwszą polską powieść i symboliczny początek rodzimej literatury fantastycznej.

Plebiscyt przebiegał w dwóch etapach. W pierwszym, trwającym od 15 marca do 15 maja 2026 roku, czytelnicy zgłaszali swoje typy za pośrednictwem formularza, wskazując po trzy dzieła polskich autorów utrzymane w konwencji science fiction. Spośród 128 prawidłowych nominacji organizator wyłonił 25 tytułów z największą liczbą głosów. W drugim etapie, od 15 czerwca do 15 sierpnia 2026 roku, uczestnicy oddawali głosy na trzy wybrane dzieła spośród zakwalifikowanych propozycji. Celem przedsięwzięcia było spojrzenie na dorobek gatunku oczami Czytelników oraz uczczenie ciągłości polskiej fantastyki – od oświeceniowej utopii po współczesne wizje przyszłości.

Inicjatywę wspierali Krakowskie Biuro Festiwalowe – operator programu Kraków Miasto Literatury UNESCO, miesięcznik literacki „Nowa Fantastyka" oraz kanały „Otwarte Komiksy", „Piotr Gociek Zaprasza" i „Się Zobaczy". Ogłoszone podczas kongresu wyniki przedstawiają się następująco:

1. „Limes Inferior" – Janusz Zajdel (16,85%)
2. „Solaris" – Stanisław Lem (14,50%)
3. „Niezwyciężony" – Stanisław Lem (8,09%)
4. „Lód" – Jacek Dukaj (7,60%)
5. „Paradyzja" – Janusz Zajdel (5,33%)
6. „Cyberiada i Bajki Robotów" – Stanisław Lem (4,73%)
7. „Opowieści o pilocie Pirxie" – Stanisław Lem (4,21%)
8. „Robot" – Adam Wiśniewski-Snerg (3,84%)
9. „Dzienniki gwiazdowe" – Stanisław Lem (3,80%)
10. „Głowa Kasandry" – Marek Baraniecki (3,50%)

Organizatorzy podkreślają, że zestawienie nie powinno być traktowane jako zamknięty kanon, lecz jako świadectwo żywotności i ciągłości gatunku, który nieustannie podejmuje dialog z rzeczywistością i bada granice wyobraźni. ■

eprasa.pl fad3467d02

Sięgając ku Nieznanemu. Człowiek i ocean Solaris

Przez siedem dekad od publikacji „Solaris" krytyka literacka, filozofia nauki i egzegeci Stanisława Lema analizowali powieść niemal wyłącznie z jednej perspektywy: ludzkiej. Badacze stacji, z Krisem Kelvinem na czele, są tymi, którzy patrzą, którzy formułują hipotezy, którzy próbują nawiązać kontakt z plazmową inteligencją oceanu i którzy w tym kontakcie ponoszą druzgocącą porażkę. Cała ta tradycja interpetacyjna, od „Solaris" jako opowieści o granicach poznania po „Solaris" jako traktatu o niemożności komunikacji z obcym, zakłada milcząco, że podmiotem aktu komunikacyjnego jest człowiek, a ocean jedynie biernym, choć enigmatycznym, rezonatorem. Tymczasem wystarczy odwrócić wektor spojrzenia, by odkryć, że powieść Lema jest równie mocno historią o oceanie, który odkrywa człowieka i podejmuje własne, systematyczne próby kontaktu. Próby, które rozgrywają się nie w języku równań i rentgenowskich sond, ale w jedynym medium, jakie ocean ma do dyspozycji: w materii, którą potrafi formować, i w danych, które zdołał odczytać z ludzkich mózgów.

Gdy ludzie po raz pierwszy zanurzyli w nim swoje instrumenty, byt plazmowy nie odpowiedział słowem ani sygnałem elektromagnetycznym tylko imitacją. Przez pierwsze dni kontaktu odtwarzał z precyzją molekularną kształty urządzeń, które w nim umieszczono, jakby chciał powiedzieć: widzę to, rozpoznaję, potrafię odtworzyć. Tym samym wykonał gest elementarny, niemal dziecięcy, ale w swojej elementarności przełomowy. Istota, która nigdy nie miała kontaktu z niczym poza samą sobą, po raz pierwszy natrafia na coś, co nie jest nią. I odpowiada aktem mimikry, powielenia, jak uczeń, który nie rozumiejąc jeszcze sensu słów, powtarza dźwięki wydawane przez nauczyciela. Lem nie poświęca tej fazie wiele miejsca, ale jej konsekwencje są fundamentalne. Ocean zademonstrował zdolność do percepcyjnego wyodrębnienia obcego obiektu i jego strukturalnego zapamiętania. To pierwszy krok każdego aktu poznawczego.

Potem następuje przeskok, który badacze ze stacji odczytują jako atak, ale który z perspektywy oceanu jest logicznym następstwem wcześniejszego rozpoznania. Ocean sięga głębiej. Nie zadowala się już odtwarzaniem metalowych skorup sond i spektrometrów. Dociera do ludzkiej nieświadomości, tego rozległego archiwum pamięci, traum i pragnień, które każdy z badaczy nosi w sobie, nie mając nad nim pełnej kontroli.

eprasa.pl fad3467d02

I zaczyna materializować zawartość tego archiwum. Harey, przybywająca do Kelvina nie jako kopia, ale jako ucieleśnienie jego wspomnienia i winy, nie jest wcale aktem agresji. Jest aktem translacji. Ocean znalazł w ludzkim umyśle coś, co uznał za nośnik znaczenia, coś, co w jego odczytaniu stanowi treść tego konkretnego człowieka, i postanowił mu tę treść pokazać, oddać, udostępnić. Że efektem okazało się cierpienie? Cóż, to już problem niedoskonałości tłumaczenia między dwoma systemami semantycznymi, które nie współdzielą nie tylko języka, ale samej definicji tego, czym jest znaczenie.

W tym momencie dochodzimy do kluczowego przesunięcia filozoficznego, które Lem przeprowadza z właściwą sobie dyskrecją. Ocean nie jest pasywnym ekranem dla ludzkich projekcji, jak chciałaby uproszczona interpretacja. Ocean jest aktywnym podmiotem poznającym, który przechodzi przez kolejne fazy kontaktu z obcością w sposób zdumiewająco analogiczny do tego, jak ludzie przechodzą przez fazy kontaktu z nim. Najpierw próbuje powielić to, co widzi. Potem próbuje sięgnąć do struktury, która wydaje mu się kluczowa dla funkcjonowania tych dziwnych, stałokształtnych istot. A w końcu gdy orientuje się, że jego działania wywołują reakcje emocjonalne o niespotykanej intensywności, zaczyna eksperymentować z materializacją treści psychicznych na coraz większą skalę. Tak zwani „goście", ci wszyscy, którzy nawiedzają pozostałych badaczy, nie są przypadkowym efektem ubocznym ani złośliwością niepojętego bytu. Są kolejnym etapem oceanicznej epistemologii stosowanej, próbą zrozumienia, czym są ludzkie tęsknoty, lęki i pragnienia, poprzez nadanie im materialnej, oddzielnej egzystencji. Ocean zachowuje się tutaj jak radykalny empirysta, który nie mając pojęcia o wewnętrznym życiu człowieka, postanawia wyprodukować jego zewnętrzne egzemplifikacje i obserwować, co się stanie, gdy spotkają się ze swoimi oryginałami.

I tu kryje się najgłębsza ironia powieści, która przy lekturze odwróconej staje się niemal tragikomiczna. Oto dwie inteligencje, z których każda szczerze i mozolnie próbuje nawiązać kontakt z drugą. Ludzie wysyłają w głąb oceanu promienie rentgenowskie, modulują impulsy elektryczne, projektują skomplikowane aparatury, układają słowniki symboli. Ocean sięga bezpośrednio do źródła ludzkiej tożsamości, materializuje najbardziej intymne treści psychiki i oferuje je swoim rozmówcom w formie dotykalnych, trwałych, oddanych z każdym szczegółem anatomicznym bytów. Obie strony są absolutnie szczere w intencji poznania. I obie ponoszą całkowitą klęskę komunikacyjną, ponieważ medium, w którym każda z nich wyraża siebie, jest dla tej drugiej nie tylko nieczytelne, ale głęboko traumatyczne. Snaut i Sartorius, miotający się między fascynacją a przerażeniem, są awersem tego samego medalu, którego rewersem jest ocean produkujący kolejne fantomy i niezdolny pojąć, dlaczego ludzie reagują na nie krzykiem.

W finale powieści Kelvin dochodzi do wniosku, który w perspektywie odwróconej nabiera nowego sensu. Jego decyzja o wylądowaniu na planecie, o wyciągnięciu ręki do oceanu w geście, który jest czymś pomiędzy modlitwą a symbolem, nie stanowi już wyłącznie aktu ludzkiej rezygnacji czy szaleństwa. Jest być może pierwszym momentem, w którym obie strony tego milczącego dialogu robią dokładnie to samo. Trwają naprzeciw siebie jako kompletnie obce byty, ale nie rezygnując z samego gestu zwrócenia się ku wzajemnej obcości. Ocean prawdopodobnie nigdy nie zrozumie, czym są wyrzuty sumienia po śmierci ukochanej osoby. Kelvin prawdopodobnie nigdy nie zrozumie, czym jest plazmowa inteligencja regulująca orbitę planety wokół podwójnego słońca. Lem nie tylko daje w „Solaris" odpowiedź na pytanie, czy kontakt jest możliwy (nie jest możliwy). Pokazuje również, że Ocean i człowiek są w tej opowieści nie tyle podmiotami w kolizji odmiennych ontologii, ile partnerami w tym samym, skazanym na porażkę geście sięgania poza siebie.

W przytłaczającej części interpretacji i analiz „Solaris" podkreśla się niemożność nawiązania kontaktu mając na uwagę perspektywę człowieka. To człowiek ze swoim ograniczonym aparatem poznawczym stanowi punkt analizy oraz gorzkiej refleksji. Tymczasem całość sytuacji obrazuje ujęcie symetryczne. Niepowodzenie kontaktu jest obustronne, a uświadomienie sobie, że ocean również próbował i również poniósł fiasko – jest głęboko przejmujące. Bo to nie nasz antropocentryzm uniemożliwia porozumienie tylko sama idea obcości rozumów. I w tej konkluzji, dotykającej obustronnego doświadczenia, mimo wszystko, odnajdujemy między nami a oceanem jakąś fundamentalną więź. ■

Łukasz Marek Fiema

eprasa.pl fad3467d02

Nóż elektryczny w chirurgii mózgu

W szpitalu Brighama w Bostonie zastosowano po raz pierwszy przyrząd elektrochirurgiczny przy usuwaniu guza wewnątrzczaszkowego. Operację wykonał doktor Harvey Cushing, posługując się generatorem prądu wielkiej częstotliwości, zbudowanym przez fizyka Williama Boviego. Rzecz polega na tym, że prąd o odpowiednio dobranym przebiegu tnie tkankę i jednocześnie zamyka przecięte naczynia, co w chirurgii mózgu, gdzie krwawienie bywa groźniejsze od samego cięcia, ma znaczenie pierwszorzędne. Metoda zapowiada się na trwałe osiągnięcie sztuki lekarskiej.

Powrót z Australii na Tamizę

1 października lotnik angielski Alan Cobham wodował na Tamizie w Londynie, zamykając podróż powietrzną do Australii i z powrotem. Wyruszył z Rochester w hrabstwie Kent 30 czerwca, do Melbourne przybył 15 sierpnia, w drogę powrotną ruszył 29 sierpnia. Cała podróż, odbyta wodnosamolotem wytwórni de Havilland z licznymi międzylądowaniami, wyniosła około pięćdziesięciu jeden tysięcy kilometrów w ciągu siedemdziesięciu ośmiu dni. Lot miał charakter rozpoznania trasy dla przyszłej komunikacji lotniczej imperium brytyjskiego.

Pierwszy pożar samolotu komunikacyjnego w locie

2 października samolot Blériot 155 towarzystwa Air Union, odbywający lot przez kanał, zapalił się w powietrzu wskutek pożaru silnika i runął pod miejscowością Leigh w hrabstwie Kent z wysokości około czterystu stóp. Zginęło wszystkich siedem osób znajdujących się na pokładzie. Jest to pierwszy wypadek pożaru w locie w dziejach regularnej komunikacji lotniczej. Sprawa gaszenia ognia na pokładzie i oddzielenia komory silnikowej od kabiny staje przed konstruktorami z całą ostrością.

Zaczadzenie w tunelu Ricken

W szwajcarskim tunelu Ricken doszło do zatrucia tlenkiem węgla załogi pociągu towarowego, prowadzonego parowozem przez długi przebieg podziemny o znacznym wzniesieniu. Zginęło sześciu ludzi z obsługi pociągu oraz trzej z tych, którzy pospieszyli im na ratunek. Wypadek przemawia dobitnie za elektryfikacją długich tuneli górskich, a tam gdzie ta jest jeszcze niemożliwa – za wyposażeniem obsługi w przyrządy oddechowe.

Nowy sposób wznoszenia ścian

Inżynier Richard Buckminster Fuller wraz z Jamesem Monroe Hewlettem złożyli podanie o patent na sposób budowy nazwany Stockade. Ściany wznosi się z pustaków wyrabianych z prasowanego włókna drzewnego, nawlekanych na pręty i pokrywanych następnie tynkiem. Twórcy zapowiadają znaczne przyspieszenie robót i oszczędność zaprawy. Rzecz warto śledzić, bo zmierza w stronę uprzemysłowienia budownictwa mieszkaniowego, o którym u nas dużo się mówi, a mało czyni.

Salon samochodowy w Paryżu

7 października otwarto w Grand Palais dwudziesty z rzędu paryski Salon samochodowy. Wystawia osiemdziesiąt jeden wytwórni francuskich i czterdzieści dwie zagraniczne. Rzuca się w oczy panowanie silników sześciocylindrowych, które jeszcze niedawno uchodziły za zbytek, a dziś wchodzą do wozów średniej ceny; widać w tym wpływ wytwórczości amerykańskiej, gdzie wielkie serie pozwalają taniej budować silniki o większej liczbie cylindrów. Nabywca zyskuje spokojniejszy bieg i mniejsze drgania, konstruktor dostaje w zamian kłopot z długim wałem korbowym i jego drganiami skrętnymi.

Małżeństwo w laboratorium

W Paryżu zawarli związek małżeński Frédéric Joliot i Irène Curie, oboje pracujący w Instytucie Radowym; przyjęli nazwisko Joliot-Curie. Panna młoda jest córką Marii Skłodowskiej-Curie. Oboje zajmują się badaniem promieniotwórczości i przygotowują prace nad zachowaniem się cząstek wysyłanych przez pierwiastki promieniotwórcze.

Telegrafia krótkofalowa między Kanadą a Stanami

Uruchomiono służbę telegraficzną Marconiego, pracującą na falach krótkich z anteną kierunkową, między Kanadą a Stanami Zjednoczonymi. Jest to ogniwo zamierzonego łańcucha stacji, mających połączyć posiadłości brytyjskie z pominięciem kabli podmorskich. Zaletą metody jest znaczne zmniejszenie mocy nadajnika przy zachowaniu zasięgu; osiąga się to przez skupienie promieniowania zamiast rozpraszania go na wszystkie strony. Dalsze połączenia, z Australią, Afryką Południową i Indiami, przewidziano na przyszły rok.

Nowa umowa o budowę portu w Gdyni

30 października zawarto z Konsorcjum Francusko-Polskim nową umowę o budowę portu gdyńskiego. Zmienia ona częściowo dotychczasową kredytową zasadę rozliczeń na gotówkową i przewiduje premie za wcześniejsze wykonanie robót oraz jeden procent miesięcznie od wartości robót nieopłaconych. Łączna wartość robót objętych umowami z lipca 1924 roku i z października tego roku wynosi 48 134 107 złotych w złocie, to jest około 82 656 000 złotych obiegowych. Zmianę warunków zapłaty wprowadzono po to, by usunąć przyczynę dotychczasowej opieszałości robót; pierwsze tygodnie wskazują, że rachuba okazała się trafna. ■

eprasa.pl fad3467d02

Chemiczna Nagroda Nobla, część 1

„… jedna część dla osoby, która dokonała najważniejszego odkrycia lub usprawnienia chemicznego”. Tak brzmi fragment testamentu Alfreda Nobla stanowiący podstawę do przyznania nagrody jego imienia w dziedzinie chemii. W niniejszym artykule spojrzymy na dotychczasową, 126-letnią już, historię tego najważniejszego dla naukowców wyróżnienia, szczególną uwagę poświęcając oczywiście nagrodom dla chemików.

W środę 7 października, czyli mniej więcej w chwili ukazania się niniejszego numeru Młodego Technika, Królewska Szwedzka Akademia Nauk już po raz 118 ogłosi nazwiska laureatów Nagrody Nobla z chemii. Ale zaraz, skoro minęło 126 lat, to dlaczego zostanie przyznana dopiero 118 nagroda? Skąd wzięła się różnica pomiędzy podanymi liczbami, wyjaśnią ci…

…noblowskie statystyki

Do roku 2025 ogłoszono 117 werdyktów, wyróżniając w nich 198 naukowców, którzy włożyli największe zasługi w rozwój chemii. Ośmiokrotnie nagrody nie przyznano (pięć razy w czasie obu wojen światowych oraz w latach 1919, 1924 i 1933). Teraz już znasz powód rozbieżności: 117 + 8 + tegoroczny werdykt = 126 (**1**).

Wśród dotychczas uhonorowanych zdecydowaną przewagę mają mężczyźni, do roku 2025 jedynie 8 pań figurowało na liście laureatów. W 63 edycjach był tylko jeden zwycięzca, 25 razy dwoje naukowców dzieliło wyróżnienie, a w 29 przypadkach cieszyła się aż trójka chemików. Jak dobrze wykonasz rachunki, otrzymasz liczbę 200 noblistów (bez tegorocznych zwycięzców) – skąd zatem pojawia się kolejna rozbieżność? Dwóch z nich – **Frederick Sanger** (1958, 1980) i **Barry Sharpless** (2001, 2022) – dwukrotnie otrzymało chemicznego Nobla (**2**). Dodatkowo dwoje laureatów również dwukrotnie, ale w chemii i innej dziedzinie: **Maria Skłodowska-Curie** (fizyka w 1903 i chemia w 1911) oraz **Linus Pauling** (chemia w 1954 i nagroda pokojowa w 1962, jest on jedynym laureatem, który otrzymał dwie niedzielone z nikim nagrody). Warto również zaznaczyć, że chemicy stanowią największą grupę wielokrotnych noblistów w wyróżnianych

1. Wszyscy z niecierpliwością oczekują na ogłoszenie nazwisk nowych noblistów. Na ilustracji prof. Hans Ellegren prezentuje laureatów z roku 2025 (© Nobel Prize Outreach)

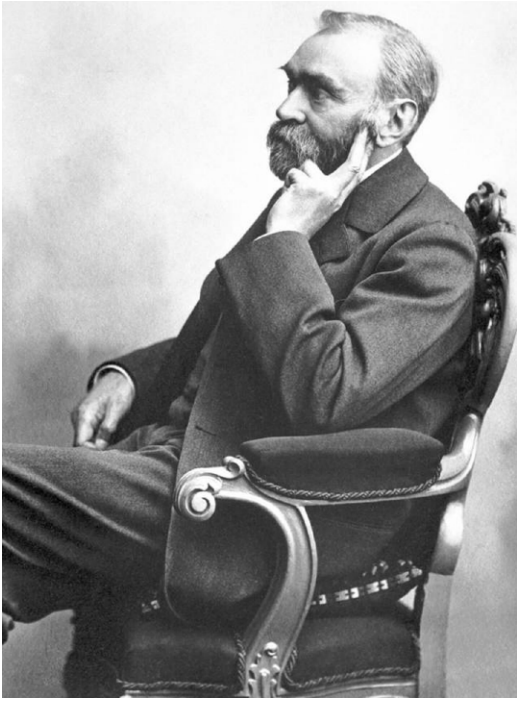
2. Dwukrotni nobliści z chemii (od lewej): Frederick Sanger (1918–2013) i Barry Sharpless (ur. 1941) (Barry_Sharpless_02.jpg – by Bengt Oberger is licensed under CC BY-SA 4.0.)

eprasa.pl fad3467d02

dyscyplinach nauki – fizyce, chemii oraz fizjologii i medycynie.

Jeżeli chodzi o przynależność państwową noblistów, sprawa jest skomplikowana. W wielu przypadkach nagrodzony naukowiec urodził się i mieszkał w innym kraju niż później pracował, przykładem chociażby Maria Skłodowska-Curie. Nic więc dziwnego, że często kilka państw chętnie „przyznaje" się do noblisty. W statystyce zdecydowanie przodują Stany Zjednoczone z ponad 80 laureatami (wielu z nich przybyło jednak z innych krajów), na podium mieszczą się również Wielka Brytania i Niemcy (biorąc pod uwagę całą ich historię od 1901 roku) z ponad 30 noblistami. Kilku wyróżnionych chemików miało związki z Polską ze względu na pochodzenie własne lub swoich rodzin. Oprócz najsławniejszej noblistki, bezspornym przykładem jest także **Roald Hoffman**, laureat z roku 1965, przez kilkanaście lat od urodzenia mieszkający w naszym kraju.

Najmłodszym z dotychczasowych laureatów jest **Frédéric Joliot-Curie** (1935, wraz z żoną, **Irène Joliot-Curie**), w chwili otrzymania nagrody mający 35 lat, najstarszym zaś został 97-letni **John Goodenough** (2019).



3. Fotografia Alfreda Nobla (Fot. Atelier Florman © The Nobel Foundation Archive)

4. Laboratorium Nobla we włoskim San Remo (© The Nobel Foundation Archive)

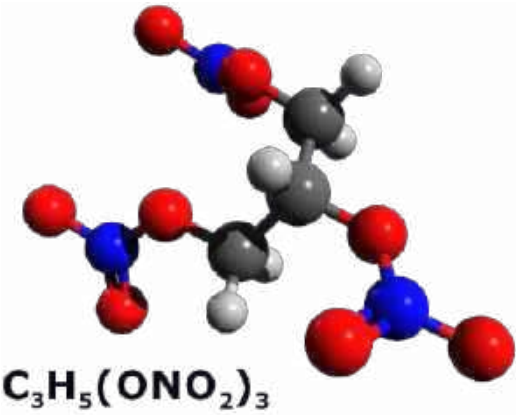
Alfreda Nobla życie, ...

Alfred Nobel (1833–96), szwedzki inżynier, wynalazca (autor ponad 350 patentów), przemysłowiec i chemik z wykształcenia pochodził z rodziny, w której ceniono edukację i przedsiębiorczość (**3**). Biegłe opanowanie kilku języków ułatwiło Alfredowi działalność biznesową, a zdolności do inżynierii i interesów to cecha rodzinna – zarówno jego ojciec, jak i bracia byli wynalazcami i przemysłowcami zakładającymi i prowadzącymi przedsiębiorstwa w różnych krajach świata. Jak powszechnie wiadomo, majątek przyniosło Noblowi wynalezienia dynamitu, ale nie było to jedyne źródło jego bogactwa. Liczne inwestycje finansowe, zakładanie międzynarodowych przedsiębiorstw i działalność na prawie całym świecie znacząco pomnażały dochody przyszłego fundatora (**4**).

...najbardziej znany wynalazek ...

W czasie studiów chemicznych w Paryżu Alfred poznał włoskiego chemika **Ascanio Sobrero**, który jako pierwszy dokonał syntezy **nitrogliceryny** (prawidłowa, systematyczna nazwa brzmi **triazotan(V) glicerolu**, ale pozostaniemy przy potocznym określeniu związku) (**5**). Zainteresował się tą bardzo niebezpieczną substancją (nitrogliceryna jest wysoce niestabilna, łatwo rozkładając się wybuchowo) i przeczuł stojącą przed nią przyszłość. Górnictwo oraz inżynieria w dobie szybkiego rozwoju kolei potrzebowały dobrych i łatwych w użytkowaniu materiałów wybuchowych, np. do drążenia tuneli w skałach i prac ziemnych. Nobel założył przedsiębiorstwo wytwarzające nitroglicerynę, ale w jednej z ciągle zdarzających się podczas syntezy eksplozji zginął jego młodszy brat.

eprasa.pl fad3467d02



5. Model cząsteczki nitrogliceryny

6. Laski dynamitu z czasów Nobla (© The Nobel Foundation Archive)

Po wypadku Alfred szukał sposobów na uczynienie nitrogliceryny bezpieczniejszą w użytkowaniu. Jako pierwszy zastosował zapalnik do wywołania kontrolowanej detonacji, lecz rozwiązaniem problemu okazało się dopiero nasączenie nitroglicerynną ziemi okrzemkowej (porowata skała osadowa pochodzenia organicznego, znajduje szerokie zastosowanie jako pochłaniacz i filtr). To zaś pozwoliło na stworzenie **dynamitu** – materiału o sile wybuchowej niewiele mniejszej niż czysta nitrogliceryna, który do detonacji potrzebował zapalnika, inaczej sam nie wybuchał, a do tego był bezpieczny w produkcji i transporcie (**6**). Na bazie nitrogliceryny Nobel wytworzył również **plastyczny materiał wybuchowy** (reklamowany jako „wybuchowa żelatyna Nobla") oraz nowoczesny proch bezdymny, do dziś używany **balistyt**. Licznie zakładane w wielu krajach świata wytwórnie materiałów wybuchowych i miotających wkrótce przyniosły mu prawdziwą fortunę.

...i słynny testament

W roku 1895, na rok przed śmiercią, Alfred Nobel spisał swoją ostatnią wolę. Trzeba przyznać, że miał czym obdzielić spadkobierców. Majątek Nobla szacowano na ponad 33 miliony ówczesnych koron szwedzkich. Obecnie liczba może nie wyglądać zbyt imponująco, ale w końcu XIX wieku była to kwota wręcz astronomiczna – w przeliczeniu na dzisiejsze relacje walutowe, Nobel byłby miliarderem.

Alfred nigdy się nie ożenił, ani nie miał dzieci, a swoim bratankom (bracia już nie żyli) pozostawił tylko środki niezbędne do uzyskania dobrego wykształcenia – uważał, że pieniądze „spadające z nieba", których nie zdobyło się własnym wysiłkiem, przynoszą więcej szkody niż pożytku. Ponad 90% majątku przeznaczył za to na coroczne nagrody wypłacane z odsetek od kapitału ulokowanego w bezpiecznych inwestycjach. Wyróżnienia miały być przyznawane fizykom, chemikom, badaczom zajmującym się medycyną i fizjologią, autorom dzieł literackich o idealistycznym charakterze i działaczom na rzecz pokoju i porozumienia między narodami tak, aby zapewnić im finansową niezależność w pracy. Nagrody przeznaczono tylko dla osób prywatnych (jedynie instytucje mogły otrzymać nagrodę pokojową) i nie wolno było ich dzielić na więcej niż trzy części.

Zemsta Nobla?

Od początku historii Nagrody Nobla powszechnie zastanawiano się, dlaczego brakuje wyróżnienia z matematyki, pełniącej przecież nieodzowną rolę w tak cenionych przez fundatora chemii i fizyce. Popularna opowieść mówi o perypetiach sercowych i swoistej zemście Alfreda. Miał on rywalizować o względy pewnej damy z jednym ze znanych szwedzkim matematyków, który to ostatecznie „odbił" mu wybrankę. Stąd też niechęć Nobla do tej dziedziny nauki i jej przedstawicieli w ogóle.

Rzeczywistość, jak to zwykle bywa, jest jednak mniej romantyczna i medialna. Nobel był przede wszystkim inżynierem praktykiem, w swoim testamencie zalecił przyznawanie nagród „za odkrycie lub wynalazek". Nie interesowały go zatem rozważania teoretyczne, choć oczywiście doceniał rolę matematyki, ale traktował ją po prostu jako kolejne narzędzie w swojej działalności.

eprasa.pl fad3467d02

7. Gmach Fundacji Nobla przy ulicy Sturegatan 14 w Sztokholmie (© Nobel Prize Outreach, Fot. Clément Morin)

Dodatkowo przysługiwały one tylko osobom żyjącym, wykluczono przyznawanie wyróżnień pośmiertnych.

Co zadecydowało o takim podziale nagród? Fizyka i chemia są oczywiste ze względu na zainteresowania i pracę Nobla. Ponadto od dzieciństwa miał poważne kłopoty zdrowotne, a sama nitrogliceryna, używana jako lek kardiologiczny, wielokrotnie ratowała mu życie (doprawdy paradoksalne – jedna substancja może być zabójcza i lecznicza, wszystko zależy tylko od zastosowania i dawki!). Zatem i wyróżnienie z fizjologii i medycyny również wydaje się logiczną konsekwencją życiowych doświadczeń fundatora.

Choć prasa nazywała go „handlarzem śmierci", Nobel od młodości obracał się w środowiskach pacyfistycznych, a także próbował swoich sił jako pisarz. Alfred uważał, że czytanie idealistycznej literatury pomoże ludziom wspiąć się na wyższy poziom rozwoju duchowego i zapobiegnie konfliktom zbrojnym. Twierdził również, że jego wynalazki militarne (dynamit jednak znajduje przede wszystkim cywilne zastosowania) zakończą wojny, gdyż wrogie armie będą mogły się szybko i całkowicie unicestwić. Nobel był więc prekursorem „równowagi strachu" między mocarstwami, dobrze znanej z czasów zimnej wojny. Wszystkich zdziwił tylko brak wyróżnienia dla jednej z dziedzin nauki, ale o tym przeczytaj osobno.

Ponieważ majątek Nobla znajdował się w wielu krajach, od razu rozpoczęły się spory prawne ze względu na różne regulacje w poszczególnych państwach. Po kilku latach sądowych batalii wykonawcy testamentu spłacili zobowiązania wobec spadkobierców i złożyli **Fundację Nobla** do zarządzania jego pozostałym majątkiem (około 31,5 mln koron szwedzkich) oraz zajmującą się stroną organizacyjną przyznawania nagród (**7**). W pierwszym roku XX wieku wręczono wreszcie wyróżnienia – dyplomy, złote medale i nagrody pieniężne w kwotach wynoszących po 150 tys. koron szwedzkich (obecnie byłoby to w przeliczeniu około 7 milionów). ■

Krzysztof Orliński

A u konkurencji, ...

... czyli humorystycznej **Nagrody IgNobla**, równo 90 lat młodszej od prawdziwej Nagrody Nobla, iście rewolucyjne zmiany! Po 35 latach, podczas których ceremonie rozdania nagród odbywały się w Stanach Zjednoczonych, tegoroczne wyróżnienia zostały wręczone 3 września w Zurychu (zatem znasz już laureatów). Powodem przenosin imprezy do Szwajcarii jest, jak argumentował **Marc Abrahams**, główny prowadzący ceremonii, bezpieczeństwo gości i zaostrzenie polityki wizowej przez władze USA, co często uniemożliwiało zaproszonym przybycie na uroczystość. Jednak organizatorzy nie porzucają całkowicie Stanów, trzy tygodnie po gali w Zurychu impreza odbyła się w Bostonie, już z udziałem nowych ignoblistów (**8**).

W przyszłości organizatorzy planują przeprowadzenie gali rozdania nagród w innych miastach europejskich w latach nieparzystych, natomiast w parzystych ponownie w Zurychu. Brzmi ciekawie, może kiedyś uroczystość zawita i do nas?

8. Nagrody IgNobla przenoszą się do Europy! (© Improbable Research)

eprasa.pl fad3467d02

Mechanika i budowa maszyn

Są tacy, którzy widząc maszynę, widzą tylko metal. I są tacy, którzy widzą w niej każdą śrubkę, każdą siłę działającą na łożysko i każdą drgającą częstotliwość, która w niedługim czasie może zamienić się w awarię. Ci drudzy to przyszłość polskiego przemysłu, która robi się wbrew pozorom coraz bardziej cyfrowa, automatyczna i nie oszukujmy się, coraz lepiej opłacana. Jeśli ktoś z techników (nie tylko młodych) zastanawia się nad kierunkiem, który nie jest modą sezonu, tylko twardym fundamentem zawodu, to mechanika i budowa maszyn powinna być na liście numer jeden.

Predyspozycje

To kierunek dla osób, które w szkole średniej nie bały się matematyki i fizyki, a najlepiej będzie, jeśli traktowały je jak coś w rodzaju sportu umysłowego. Bez solidnych podstaw z tych dwóch przedmiotów ciężko liczyć na sukces, bo na studiach czeka analiza matematyczna, algebra liniowa, geometria analityczna, rachunek różniczkowy i całkowy, a do tego mechanika klasyczna, termodynamika i optyka. Same nazwy potrafią przyprawić o zawrót głowy, ale to dopiero początek listy, bo dochodzą jeszcze: wytrzymałość materiałów, konstrukcje maszyn, technologia maszyn, metrologia oraz rysunek techniczny i grafika inżynierska. Kto liczy, że obroni się samą wyobraźnią przestrzenną i złotymi rękami, ten się rozczaruje, bo bez ścisłego myślenia ani rusz. Z drugiej strony, kto lubi rozkładać problem na czynniki pierwsze i nie boi się policzyć, dlaczego coś drga, pęka albo się zużywa, ten poczuje się tu jak ryba w wodzie. Warto też od razu zaprzyjaźnić się z angielskim, bo bez niego w branży maszynowej daleko się nie zajedzie.

Uczelnia

Wybór uczelni to nie jest decyzja, którą podejmuje się od niechcenia, bo potrafi zaważyć na całej karierze zawodowej. Mechanika i budowa maszyn od lat trzyma się w ścisłej czołówce rankingu Perspektyw, a w najnowszym zestawieniu na 2025 rok pierwsze miejsce zajęły ex aequo Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie oraz Politechnika Warszawska, które zgarnęły odpowiednio 100 i 99,7 punktu na sto możliwych. Tuż za nimi uplasowały się Politechnika Śląska (96,6 pkt.), Politechnika Wrocławska (94,6 pkt.) oraz Politechnika Gdańska (94,2 pkt.), a stawkę top dziesiątki zamykają Łódź, Poznań, Opole, Szczecin i Kraków. Duże miasto to nie tylko prestiż dyplomu, ale przede wszystkim dostęp do firm, w których można odbyć praktyki czy staż jeszcze w trakcie nauki, co potem realnie procentuje na rynku pracy. Nie oznacza to jednak, że mniejsze ośrodki

eprasa.pl fad3467d02

należy skreślić z listy. Politechniki: Lubelska, Rzeszowska, Białostocka czy Świętokrzyska w Kielcach, mają swój urok, a w tym niższe koszty życia, mniej konkurencji na lokalnym rynku pracy i często bliższy kontakt z wykładowcą, który na dużej, tłocznej uczelni bywa rzadkością.

Rekrutacja

Mając za sobą wybór uczelni, przychodzi czas na najważniejsze, a więc dostanie się na wymarzony kierunek. Na rok akademicki 2026/2027 trzeba mieć na uwadze, że każda uczelnia rządzi się swoimi terminami i limitami. Politechnika Warszawska otworzyła pierwszy etap rekrutacji już 27 kwietnia, a Politechnika Morska w Szczecinie 18 maja. Politechnika Warszawska przyjmuje 140 osób na studia stacjonarne pierwszego stopnia, jej oddział w Płocku kolejne 60, Politechnika Łódzka 100, a Wojskowa Akademia Techniczna 90. Progi punktowe potrafią być równie zaskakujące, bo na AGH w Krakowie w poprzedniej rekrutacji trzeba było uzbierać aż 450 punktów, na Politechnice Poznańskiej 156, a na Politechnice Gdańskiej zaledwie 72,1. Różnice biorą się stąd, że każda uczelnia ma własny przelicznik i własny zestaw przedmiotów maturalnych branych pod uwagę. Największe szanse na wysoki wynik dają: matematyka, fizyka, informatyka lub chemia zdawane na poziomie rozszerzonym, bo właśnie z nich uczelnie liczą najwięcej punktów. Uczelnie niepubliczne podchodzą do sprawy łagodniej i przyjmują zazwyczaj według kolejności zgłoszeń, aż do wyczerpania miejsc.

Studiowanie

Rekrutacja za pasem, więc czas pomyśleć, co czeka dalej. Mechanika i budowa maszyn ma opinię kierunku wymagającego, i trzeba przyznać, że zasłużenie, bo zakres materiału jest naprawdę spory. Najwięcej snu z powiek studentom zabierają matematyka i fizyka, ale tuż za nimi depczą wytrzymałość materiałów i konstrukcje maszyn. Pierwszy rok to zazwyczaj najtrudniejszy etap. Intensywna nauka i adaptacja do zupełnie nowego rytmu, w którym nikt już nie przypomina o terminach jak w liceum. Kto przetrwa ten początkowy szok, temu zazwyczaj idzie już lepiej, bo zdobywa umiejętność organizacji czasu, która na tym kierunku jest na wagę złota. W trakcie nauki pojawia się możliwość wyboru specjalizacji, a tych nie brakuje: automatyzacja procesów wytwarzania i robotyka, inżynieria samochodowa, komputerowe projektowanie maszyn i urządzeń, komputerowo wspomagane wytwarzanie, mechanika konstrukcji i materiałów, urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne czy przetwórstwo tworzyw i kompozytów polimerowych. Coraz więcej uczelni wprowadza też elementy Przemysłu 4.0, łącząc klasyczną budowę maszyn z cyfrowymi narzędziami, co tylko podnosi atrakcyjność dyplomu w oczach przyszłego pracodawcy.

Praca

Kończąc studia, każdy liczy na konkretne zatrudnienie, a w przypadku mechaniki i budowy maszyn te nadzieje mają mocne podstawy. Z badań Centrum Karier AGH wynika, że ponad 91% absolwentów znajduje pracę w ciągu kilku miesięcy od obrony dyplomu, a sam kierunek od lat zajmuje pierwsze miejsce w rankingu Perspektyw wśród kierunków technicznych w Polsce. Praca czeka w: przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym i lotniczym, w energetyce, w automatyzacji i robotyce oraz w nowoczesnych technologiach produkcyjnych, a do wyboru są stanowiska: konstruktora czy projektanta maszyn, inżyniera do spraw produktu, inżyniera dozoru technicznego albo specjalisty do spraw eksploatacji maszyn. By podnieść swoja wartość na rynku pracy warto już w trakcie studiów zadbać o płatne praktyki lub staże w branży maszynowej, motoryzacyjnej czy lotniczej, zaangażować się w koła naukowe i konstruowanie własnych projektów, a także opanować programy CAD, CAM i CAE, które w branży są chlebem powszednim. Dodatkowym atutem będą certyfikaty branżowe, znajomość niemieckiego obok obowiązkowego już angielskiego oraz networking na konferencjach i warsztatach, gdzie można poznać przedstawicieli przemysłu jeszcze przed obroną dyplomu.

Mechanika i budowa maszyn to kierunek, który łączy twarde podstawy inżynierskie z bardzo wymiernymi perspektywami zawodowymi, a to połączenie zdarza się rzadziej, niż mogłoby się wydawać. Wymaga wysiłku, systematyczności i niezłej głowy do liczb, ale w zamian daje dyplom, który rynek pracy traktuje poważnie. Jeśli ktoś nie boi się równań i lubi rozumieć, jak coś działa od środka, to mechanika i budowa maszyn czeka. Zapraszamy. ■

Michał Pacholski

eprasa.pl fad3467d02

Tunelowanie kwantowe i pamięć nieulotna

Efekt tunelowania należy do kategorii zjawisk kwantowych, jakich nie przewiduje fizyka klasyczna i które są sprzeczne z tzw. zdrowym rozsądkiem (podobnie jak dualizm falowo-cząstkowy, kwantowa superpozycja czy splątanie kwantowe). Od chwili odkrycia efektu tunelowania – w latach dwudziestych ubiegłego stulecia – stopniowo ujawniano jego istotną rolę w najrozmaitszych zjawiskach przyrody, począwszy od świecenia gwiazd do fotosyntezy i mutacji cząsteczki DNA. Dziś, efekt tunelowy jest powszechnie wykorzystywany w przyrządach elektroniki półprzewodnikowej.

Promieniotwórczość

Historia zaczęła się w Paryżu w 1899 r. Profesor Henri Becquerel odkrył, że szereg ciężkich pierwiastków chemicznych rozpada się samorzutnie emitując przy tym tajemnicze przenikliwe promieniowanie. Maria Skłodowska-Curie, badająca to zjawisko, nazwała je promieniotwórczością (franc. *radioactvité*). Później pokazano, że przy rozpadzie jąder atomowych wysyłane są trzy rodzaje promieni o zasadniczo różnej przenikliwości poprzez materię. Nazwano je odpowiednio promieniami alfa (α), beta (β) i gamma (γ). Brytyjski fizyk, Ernest Rutherford wykazał, że promienie α o najkrótszym zasięgu, ale za to silnie jonizujące, są strumieniem jąder helu (składających się z dwóch protonów i dwóch neutronów). Bardzo silnym źródłem promieniowania α jest pierwiastek polon odkryty przez małżonków Curie. Jego naturalnie występujący izotop, o liczbie masowej 210 po emisji cząstki α przekształca się w jądro ołowiu. Warto przypomnieć, że w 2006 r. został on użyty do zabójstwa rosyjskiego dysydenta Aleksandra Litwinienki.

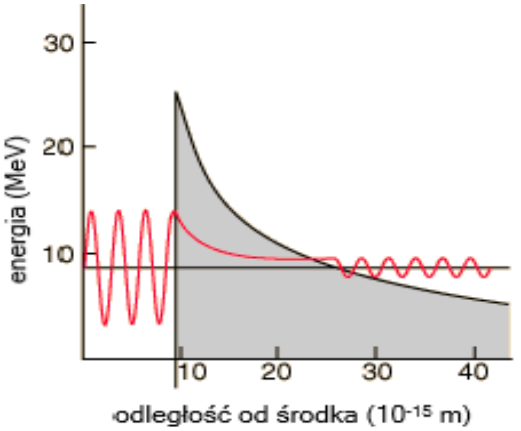
Proces rozpadu α był całkowicie niezrozumiały, ponieważ jądro każdego atomu otoczone jest barierą potencjału elektrycznego, która zapobiega jego rozpadowi na cząstki składowe: protony i neutrony, a energia każdej z tych cząstek jest niewystarczająca do pokonania tej bariery. Czyżby istniał jakiś tunel w barierze, przez który cząstka może przeniknąć na zewnątrz? W 1928 r. George Gamow, rosyjsko-amerykański fizyk pokazał, że efekt tunelowania można wyjaśnić na gruncie rodzącej się właśnie mechaniki kwantowej.

Zjawisko tunelowania

Specyficzną właściwością kwantowego mikroświata jest tzw. dualizm falowo-cząstkowy. Choć

1. Erwin Schrödinger, jeden z głównych twórców mechaniki kwantowej, autor słynnego równania jego imienia

eprasa.pl fad3467d02



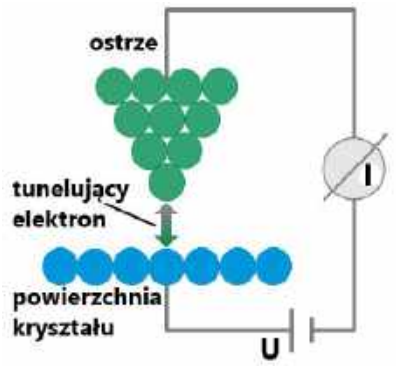
2. Tunelowanie cząstki α poprzez barierę potencjału otaczającą jądro atomu

każdy obiekt mikroświata, np. elektron, rejestrowany jest jako zlokalizowana cząstka, to prawa jego ruchu mają charakter falowy. W 1926 r. Erwin Schrödinger (**1**), jeden z głównych twórców mechaniki kwantowej, przedstawił swoje słynne równanie, którego rozwiązaniem jest tzw. funkcja falowa. Funkcja falowa – dla danego układu fizycznego – opisuje prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w określonym miejscu układu. W odróżnieniu od mechaniki klasycznej, mechanika kwantowa nie określa konkretnego położenia cząstki a jedynie jego prawdopodobieństwo.

Rozwiązaniem różniczkowego równania Schrödingera jest funkcja ciągła, która w każdym punkcie przestrzeni ma jakąś niezerową wartość. Oznacza to, że mechanika kwantowa dopuszcza także przenikanie cząstki przez barierę potencjału, choć prawdopodobieństwo takiego zdarzenia może być niezwykle małe (**2**). W każdym podręczniku mechaniki kwantowej wyprowadzany jest prosty wzór na wielkość tego prawdopodobieństwa. Okazuje się, że maleje ono wykładniczo z szerokością bariery i zmniejsza się wraz z jej wysokością. Na przykład, zwiększenie grubości tlenku krzemu, który jest używany jako izolator (bariera potencjału) w tranzystorach MOSFET, o których będzie mowa dalej, z 5 do 6

Skaningowy mikroskop tunelowy

W roku 1981 Gerd Binning i Heinrich Röhrer z ośrodka badawczego IBM w Rüschlikon w Szwajcarii dokonali niezwykłego wynalazku. Zbudowali przyrząd, który pozwala odwzorowywać topografię powierzchni ciał stałych (przewodzących prąd elektryczny) z dokładnością do pojedynczego atomu. Przyrząd ten to skaningowy mikroskop tunelowy (**3**). W przyrządzie tym delikatne ostrze metaliczne zawieszone jest w odległości mniejszej od jednego nanometra (co odpowiada kilku odległościom międzyatomowym w ciele stałym) od powierzchni badanego obiektu. Ostrze przesuwane jest za pomocą układu przetworników piezoelektrycznych, dzięki czemu może omiatać (skanować) wybrany mikroobszar badanej powierzchni, a także może być do niej przybliżane i oddalane. Napięcie elektryczne przyłożone pomiędzy ostrzem i badanym obiektem wywołuje przepływ niewielkiego prądu tunelowego, którego natężenie zależy bardzo silnie od odległości ostrza od powierzchni. Specjalne urządzenie ze sprzężeniem zwrotnym, sterowane prądem tunelowym, zapewnia stałość tej odległości w czasie pomiaru. W ten sposób, zgodnie z ukształtowaniem powierzchni badanego obiektu, zmienia się napięcie podawane na przetwornik, które niesie informację o topografii powierzchni i jest następnie odwzorowywane na monitorze komputera. Binning i Röhrer otrzymali za swój wynalazek Nagrodę Nobla z fizyki w roku 1986.



3. Schemat działania skaningowego mikroskopu elektronowego, oraz odwzorowana przezeń powierzchnia kryształu uwidaczniająca pojedyncze atomy

eprasa.pl fad3467d02

nanometrów zmniejsza prawdopodobieństwo tunelowania przez tę warstwę o rzędy wielkości! Ta niezwykła czułość tunelowania na szerokość bariery została wykorzystana w skaningowym mikroskopie tunelowym.

Na ogół nie zdajemy sobie sprawy, że sami nieustannie wykorzystujemy efekt tunelowy, posługując się smartfonem, cyfrowym aparatem fotograficznym czy komputerem. Tunelowanie spełnia podstawową rolę w komórkach pamięci półprzewodnikowej służących do przechowywania w zapisie cyfrowym wszelkich danych, takich jak tekst, obraz czy muzyka. Obecnie, powszechnie używanym urządzeniem jest tzw. pamięć przenośna typu Flash, służąca do przenoszenia zapisanych informacji z jednego urządzenia na inne, np. z komputera na projektor obrazów. Występuje ona pod różnymi nazwami; w Polsce popularna jest nazwa „pendrive", która w istocie jest zastrzeżonym znakiem towarowym tajwańskiej firmy produkującej takie urządzenia. Funkcjonalna pamięć przenośna, poza możliwością zapisu i odczytu danych, musi zapewniać ich trwałość (nieulotność) bez konieczności ciągłego zasilania jej energią, a także umożliwiać ich wymazywanie. Wszystkie te możliwości zapewnia komórka pamięci typu Flash, która jest zmodyfikowanym tranzystorem MOSFET (ang. *Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect- Trasistor*). O niej, przede wszystkim, chcemy opowiedzieć w tym artykule.

Od kondensatora do tranzystora

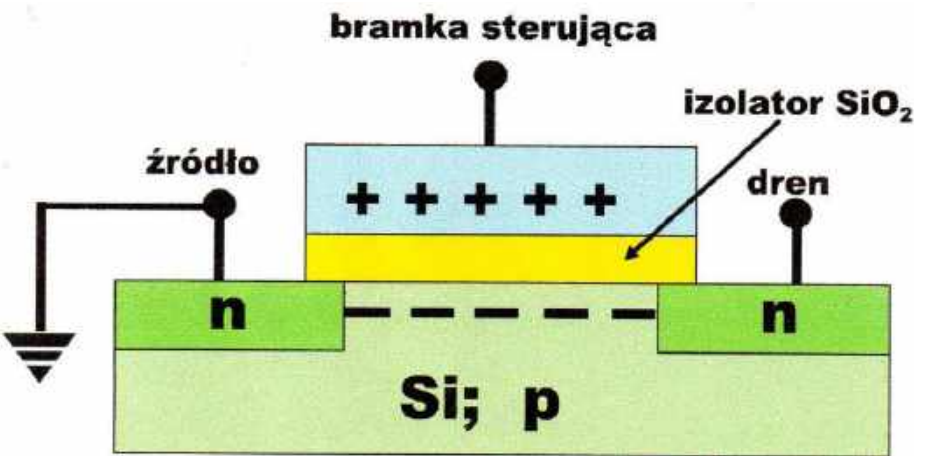
Ponieważ tranzystory MOSFET, wchodzące w skład półprzewodnikowych układów scalonych, stanowią podstawę współczesnej cywilizacji technologicznej, warto przypomnieć krótko ich ciekawą historię. Wykorzystują one tzw. efekt polowy (ang. *field effect*), który można prosto zobrazować na przykładzie kondensatora. Kondensator, będący ważnym elementem różnych urządzeń elektronicznych, to w najprostszym przypadku dwie płytki metalu rozdzielone cienką warstwą izolatora elektryczności. Gdy przyłożymy napięcie elektryczne do kondensatora, np. łącząc każdą z płytek z przeciwnym biegunem baterii, następuje przepływ ładunków elektrycznych – elektronów – z jednej płytki do drugiej. Zwiększenie liczby elektronów w jednej z płytek zmniejsza jej opór elektryczny, a ich ubytek w drugiej zwiększa go. W ten sposób można w zasadzie kontrolować natężenie prądu wzbudzanego wzdłuż każdej z płytek przez niezależne źródło napięcia.

Warto przypomnieć, że pierwotnym pomysłodawcą takiego przyrządu był Julius Edgar Lilienfeld syn żydowskiego prawnika urodzony w roku 1881 we Lwowie. Lilienfeld wyjechał na studia do Berlina, a później, wobec narastającej tam fali antysemityzmu, wyemigrował na stałe do USA, gdzie pracował w firmie produkującej m.in. kondensatory elektrolityczne. W 1926 uzyskał patent na przyrząd oparty na efekcie polowym, zatytułowany „metoda i przyrząd do kontrolowania prądu elektrycznego", który w istocie był prekursorem tranzystora polowego. Dwie dekady później na podobny pomysł wpadł utalentowany uczony Wiliam Shockley pracujący w Bell Labs w USA. Shockley zaproponował użycie – zamiast jednej z płytek metalu – półprzewodnika. W półprzewodniku liczba elektronów przenoszących prąd elektryczny może być o wiele rzędów wielkości mniejsza niż w metalu, co powinno istotnie zwiększać efektywność kontrolowania prądu. Prace nad tym pomysłem były prowadzone przez Johna Bardeena i Waltera Brattaina i doprowadziły w 1948 r. do odkrycia tranzystora... ale działającego na zupełnie innej zasadzie – tranzystora bipolarnego. W tranzystorze bipolarnym zasadniczą rolę odgrywa współistnienie w półprzewodniku dwóch rodzajów nośników prądu: ujemnych elektronów i dodatnich tzw. dziur.

Wszechobecny tranzystor MOSFET

Dopiero po wielu latach eksperymentowania skonstruowano niezawodny tranzystor działający na zasadzie efektu polowego, który zdominował współczesną elektronikę. Wykorzystuje on kryształy półprzewodnikowego krzemu, który ma tę ogromną zaletę, że można na nim łatwo wytworzyć cienką warstwę ditlenku krzemu (SiO_2), będącego doskonałym izolatorem elektryczności. W tranzystorze MOSFET na płytce krzemowej pokrytej warstwą ditlenku krzemu nałożona jest warstwa metalu (obecnie zamiast metalu stosuje się polikrystaliczny krzem). Stanowi to w istocie kondensator, w którym warstwą izolatora jest SiO_2 a okładkami są warstwa metalu i kryształ krzemu. Metal tworzy tu elektrodę nazywaną bramką sterującą; drugą elektrodą jest podłoże krzemowe. Na płytce półprzewodnika są ponadto wytworzone dwie dodatkowe elektrody, zwane źródłem i drenem. Sa to obszary

eprasa.pl fad3467d02



4. Schemat tranzystora MOSFET na podłożu krzemu typu *p* w stanie przewodzenia

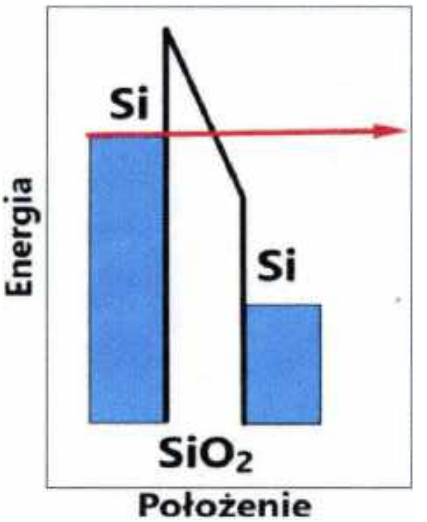
o przeciwnym typie przewodnictwa niż samej płytki. np. gdy przewodnictwo płytki jest dziurowe (typu p) to przewodnictwo źródła i drenu jest elektronowe (typu n) (**4**). Gdy napięcie pomiędzy bramką a podłożem jest zerowe prąd między źródłem i drenem nie płynie; kanał jest zablokowany ponieważ ładunki będące nośnikami prądu w podłożu i w elektrodach są przeciwnego znaku. Taki stan odpowiada zapisanej binarnej jedynce. Gdy do bramki przyłożymy napięcie które indukuje w przypowierzchniowej warstwie półprzewodnika ładunki tego samego znaku co w źródle i drenie wówczas otwiera się kanał przewodzący między źródłem a drenem. Prąd płynie i taki stan odpowiada binarnemu zeru.

Tranzystor MOSFET ma zatem dwa dobrze określone stany: stan przewodzenia i stan blokowania, a więc idealnie nadaje się do zastosowania w technice komputerowej, która wykorzystuje logikę binarną zero-jedynkową. Niestety, określony stan tranzystora nie zachowuje się, gdy wyłączamy zasilanie!

Pamięć nieulotna

Użyteczna komórka pamięci powinna dostatecznie długo utrzymywać zapisany stan: zero lub jedynkę, bez konieczności ciągłego zasilania jej energią. Powinna ona umożliwiać łatwe zapisywanie, odczytywanie oraz kasowanie informacji. Komórkę spełniającą takie wymagania zrealizowano poprzez modyfikację tranzystora MOSFET. W tranzystorze tym w warstwie izolatora pomiędzy bramką sterującą a podłożem umieszczono dodatkową elektrodę, tzw. bramkę pływającą. Jest ona całkowicie odizolowana od reszty układu, tak że ładunek uwięziony w niej może utrzymywać się przez wiele lat po wyłączeniu zasilania.

Ponieważ bramka pływająca jest odizolowana od wszelkich przewodników elektryczności, pojawia się istotny problem jak dostarczyć do niej, lub usunąć z niej, ładunek elektryczny? I tu właśnie zostaje wykorzystane zjawisko tunelowe. Gdy przyłożymy do bramki sterującej napięcie znacznie wyższe niż przy kodowaniu informacji, spowoduje ono drastyczne zmniejszenie efektywnej grubości bariery potencjału w warstwie izolatora, przez którą musi



5. Przyłożone duże napięcie modyfikuje barierę potencjału pomiędzy dwiema przewodzącymi warstwami, powodując radykalne zwiększenie prawdopodobieństwa tunelowania

eprasa.pl fad3467d02

Jak to odkryli?

Zeszłoroczną Nagrodę Nobla z fizyki przyznano za odkrycie, że tunelowanie może zachodzić również w makroskali dla obiektów składających się miliardów par elektronów, które w nadprzewodnikach wiążą się w tzw. pary Coopera. Nagrodę otrzymali: John Clarke, Michel H. Devoret i John Martinis za prace, które wykonano na uniwersytetach amerykańskich jeszcze w latach 1984–1985! Tę, tak spóźnioną nagrodę (wbrew postanowieniu samego Nobla) przyznano zapewne z okazji tego, że ONZ oficjalnie ogłosiła rok 2025 Rokiem Nauki i Technologii Kwantowej.

Wcześniej, w 1986 r., G. Binning i H. Röhrer otrzymali nagrodę Nobla za zbudowanie skaningowego mikroskopu tunelowego, a w 1973 r. Leo Esaki i Ivar Giaever oraz Brian Josephson, za prace eksperymentalne oraz teoretyczne w dziedzinie tunelowania kwantowego.

przeniknąć elektron. Elektrony mogą teraz tunelować poprzez barierę i bramka pływająca ładuje się (5). W ten sposób zostaje zaprogramowane binarne zero. Przyłożenie wysokiego napięcia o przeciwnej polaryzacji wyczyszcza zawartość komórki i przywraca binarną jedynkę. Istnieje także alternatywna metoda ładowania bramki pływającej, wykorzystująca zjawisko tzw. gorących elektronów. Ale rozładowanie bramki następuje zawsze poprzez tunelowanie elektronów.

Mankamentem opisanej komórki jest to, że kolejne cykle ładowanie-rozładowanie powodują stopniową degradację warstwy izolatora na skutek tworzenia sie w nim defektów struktury. Toteż taki cykl może być powtórzony maksymalnie kilkadziesiąt tysięcy razy. Po tym czasie komórka ulega uszkodzeniu.

Tego typu komórki są powszechnie wykorzystywane w urządzeniach typu pendrive oraz kartach pamięciowych stosowanych w telefonach komórkowych. Konkretne urządzenia zawierają miliony elementarnych komórek pamięciowych oraz towarzyszące im układy sterujące wbudowane w niewielką płytkę krzemową.

Obecnie, ten rodzaj pamięci stał się konkurencyjny w laptopach i komputerach, gdzie zastępuje wirujące dyski twarde z zapisem magnetycznym. Nazywają się napędami lub dyskami SSD (ang. *Solid-State-Drive*). Ponieważ nie posiadają one ruchomych części, są odporne na uszkodzenia mechaniczne. Ponadto, charakteryzują się większą szybkością zapisu i odczytu, a także wymagają mniejszej mocy. Wadą jest mniejsza – jak na razie – ich pojemność w stosunku do dysków twardych oraz, zapewne, ich krótsza żywotność. ■

Tadeusz Figielski

Tadeusz Figielski emerytowany profesor nauk fizycznych. Pracował w Instytucie Fizyki PAN w dziedzinie fizyki półprzewodników. Zajmował się głównie badaniem wpływu defektów struktury (w szczególności dyslokacji) na właściwości elektronowe półprzewodników. Odkrył zjawisko fotostrykcji w półprzewodnikach.

Slough House (Kulawe konie, tom 7)

Mick Herron

Wydawnictwo: Insignis, stron: 384,sugerowana cena: 49,99 zł

To siódma część bestsellerowego cyklu szpiegowskiego Micka Herrona. Wraz z nią w księgarniach ponownie dostępnych będzie sześć wcześniejszych tomów serii „Kulawe kone", tym razem w zupełnie nowej szacie graficznej stworzonej specjalnie dla polskich czytelników. A zaledwie tydzień wcześniej na Apple TV zadebiutuje szósty sezon serialu „Slow Horses", którego scenariusz oparto na powieściach „Joe Country" i „Slough House". Slough House to miejsce, do którego trafiają agenci brytyjskiego MI5, których kariery, delikatnie mówiąc, nie potoczyły się zgodnie z planem. Zawodowe błędy, kompromitujące wpadki, nałogi i niewygodne osobowości sprawiły, ze zamiast pracować w samym centrum brytyjskiego wywiadu, zostali zesłani do biurowego czyśćca. Na ich czele stoi Jackson Lamb: genialny, cyniczny, odpychający i bardzo daleki od wszystkiego czego można oczekiwać od eleganckiego szefa. A jednocześnie, gdy naprawdę robi się niebezpiecznie, człowiek, którego zdecydowanie lepiej mieć po swojej stronie.

eprasa.pl fad3467d02

Z „Młodym Technikiem” jestem związany od półwiecza. Wtedy w naszym kraju można było jeszcze spotkać dinozaura. W 1976 roku opublikowałem w MT artykuł o poszukiwaniu liczb pierwszych – w przededniu eksplozji tej tematyki związanej z metodami szyfrowania wiadomości za pomocą niesamowitych własności tych liczb. Potem przyszła bliższa współpraca. Od 1978 roku pisuję co miesiąc o mojej pięknej matematyce. Chcę i muszę tu podziękować mojemu nauczycielowi matematyki z liceum. Był nim inż. Wacław Chyra (1904–1970) – dowódca kompanii w Powstaniu Warszawskim. Kilkakrotnie podrywał kompanię do straceńczego ataku. Sam przeżył przypadkiem. Kłaniam się nisko, Panie Profesorze.
Na pytanie, jakie mam hobby, odpowiadam, że trzy: 1) matematyka, 2) matematyka, 3) matematyka. Na pytanie o szczęśliwe liczby odpowiadam: 1, 41, 116. Autobusem warszawskiej linii 116 dojeżdżałem do mojej szkoły: warszawskiego Liceum nr 41 im. Joachima Lelewela. Gdy jechałem na egzamin maturalny, podjechał autobus z numerem bocznym 1. Wtedy „jedynka” nie kojarzyła się z oceną niedostateczną, lecz miała raczej znaczenie: „będziesz pierwszy”. Udało się. Zdałem maturę!
Piszę zatem o matematyce. Przenika ona nasze życie. Uczy myślenia, precyzji i spokoju. Nie rozwiązuje naszych codziennych problemów, ale daje nadzieję na ciekawe życie. Dorastają już Czytelnicy „Młodego Technika”, którzy będą żyć w XXII wieku. Zainteresujcie się matematyką.

Sensacja – AI wysyła matematyków na emeryturę

Tekst poniższy jest zapisem mojego referatu na konferencji „Nauczanie Przedmiotów Ścisłych i Technicznych”, zorganizowanej przez Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Politechnikę Częstochowską i Politechnikę Łódzką w październiku 2026 r. Od kilku lat wiodącym tematem na takich konferencjach jest, jak sobie radzić z wszechobecną Sztuczną Inteligencją. Przeważają opinie katastroficzne, a ja sobie myślę, czy gdy Johannes Gutenberg wynalazł druk, to też wybuchła panika: „teraz niczego już nie trzeba będzie się uczyć, bo wszystko jest w książkach?” Zgadzam się, że z powodu efektu globalizacji sytuacja jest nieporównywalna. Ale coś w tym jest.

Kilka razy wspominałem, że dostaję w swoim telefonie różne zagadki i informacje o odkryciach matematycznych. Te pierwsze są zwykle dość prymitywne i najczęściej dotyczą kolejności działań arytmetycznych (4 klasa SP), choć problem pojawił się znów wraz z upowszechnieniem komputerów. Mamy skłonność do zapisania działania

$$\frac{4}{2 \times 5}$$

jako 4:2×5, albo 4/2×5. To błąd. Działania równoważne wykonujemy w kolejności ich zapisania, zatem 4:2×5=4/2×5=2×5=10. Ułamek

$$\frac{4}{2 \times 5}$$

należy zapisać z nawiasem, a więc 4:(2×5), albo oczywiście 4/(2×5). O tak zwanej polskiej notacji beznawiasowej – innym razem.

Wiadomości drugiego typu, jakimi szczodrze obdarza mnie mój smartfon, to różnego rodzaju „sensacje”. Zdaję sobie sprawę, że redaktorom zależy na tak zwanej klikalności i wobec tego rozdmuchują banały do poważnie brzmiących teorii, albo w prawdziwych odkryciach szukają właśnie owych sensacyjnych wątków, gubiąc istotny sens. Przykładem niech

eprasa.pl fad3467d02

będzie powracająca wciąż wiadomość, że „na naszych oczach powstaje nowy kontynent – Afryka się rozpada!”. Tak, to prawda. Geologowie istotnie przewidują, że nastąpi to w krótkim czasie. Oddzieli się północno-wschodnia część. Brakuje tylko wyjaśnienia, że chodzi o „geologicznie krótki okres” – między 5 a 30 milionów lat. Ale sensacja jest. Szkoda, że niektórzy z nas nie dożyją.

W dość podobnym stylu w maju 2026 roku Internet rozszumiał się rewelacyjną, epokową i przerażającą wiadomością: AI pokonała nierozwiązany od ponad 50 lat problem z teorii liczb. Co więcej, polecenie „rozwiąż” wydał jej matematyk-amator.

Jak jest naprawdę? Zajrzałem do literatury, poczytałem, zrozumiałem. Jest to tak (no, może nie do końca tak), w pewnym dowcipie z czasów „głębokiego PRL”. Dowcip nie był zresztą bardzo wyrafinowany, a przytoczę go w zmienionej formie (w oryginale rzecz dotyczyła sytuacji w pewnym zbójeckim kraju). Pytanie: czy to prawda, że w Warszawie pod Pałacem Kultury rozdają samochody? Odpowiedź: w zasadzie tak, ale nie w Warszawie pod Pałacem Kultury, tylko w Zakopanem pod skocznią. Nie samochody, tylko rowery. I nie rozdają, tylko kradną.

Rzecz dotyczy pewnego ciekawego zagadnienia z teorii liczb, postawionego przez Pála Erdősa w 1974 roku. Kim był Pál Erdős? Żył w latach 1913–1996. Z nazwiska można zgadnąć, że urodził się jako Węgier. Udało mu się wyjechać do USA i dzięki temu przeżył wojnę. Cała pozostała rodzina zginęła. Szybko zyskał sławę jako znakomity matematyk; w literaturze znany jest jako Paul Erdos. Miał ciekawe upodobania matematyczne. Wyszukiwał problemy, które zrozumieć może licealista, a do rozwiązania których potrzebny jest wyrafinowany aparat matematyczny. Był skłonny do współpracy, zachęcał młodych ludzi do zajmowania się jego zadaniami. Zachętą była często nagroda pieniężna, zwykle skromna i wręcz symboliczna (choć zdarzały się i kwoty poda 1000 dolarów). Jednak dla każdego młodego matematyka sam czek z podpisem Erdősa był zarówno miłym wyróżnieniem, jak i mocnym punktem w cv, na przykład przy staraniu się o pracę w dobrym uniwersytecie.

Erdős był oryginałem również w tym sensie, że dla niego świat zaczynał się i kończył na matematyce. Nie miał ani własnej rodziny, ani stałego miejsca zamieszkania. Jeździł z jedną walizką od uniwersytetu do uniwersytetu, z konferencji na konferencję – wszędzie honorowany jako VIP. Zmarł na atak serca w Warszawie, właśnie na dwutygodniowej konferencji.

W 1935 roku Erdős, podówczas 22-letni młodzieniec, wykazał, że suma kolejnych ułamków

$$\frac{1}{p \log p}$$

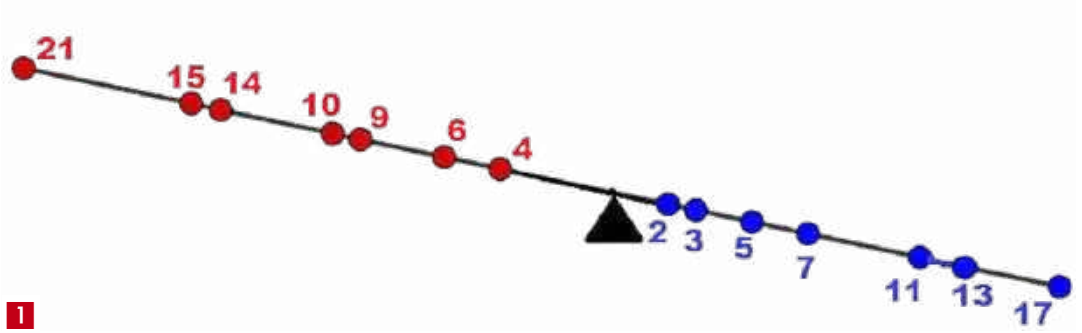
gdzie p oznacza liczbę pierwszą, nie przekroczy nigdy pewnej stałej. Matematycznie rzecz ujmując: odpowiedni szereg jest zbieżny do tej stałej. Znamy ją z dość dużą dokładnością 1,63661632335126.... Skąd ten logarytm w mianowniku? Po pierwsze, jest on związany z rozmieszczeniem liczb pierwszych. Są one coraz rzadsze na osi liczbowej i rozrzedzają się właśnie w tempie logarytmicznym. Po drugie, szereg odwrotności samych liczb pierwszych jest rozbieżny, co znaczy, że jego kolejne sumy przekroczą każdą liczbę. Po trzecie, szereg odwrotności kwadratów jest już szybko zbieżny. Logarytm pełni tu rolę hamującą: „spowalnia” szereg, ale nie za bardzo. Tyle, ile trzeba.

Ciąg liczb pierwszych ma oczywistą własność: żadna jego liczba nie dzieli się przez inną. Jest wiele innych ciągów liczbowych o tej własności – Erdős nazwał je w 1974 roku zbiorami prymitywnymi (*primitive sets*; po angielsku *prime number* to liczba pierwsza). Jednym z najbardziej ciekawych takich zbiorów tworzą liczby, zwane *semipierwszymi* – to takie, które mają dokładnie dwa czynniki pierwsze, a więc 4, 6, 9, 10, 14, 15, 21, 22, 25, 26, 33, 34, 35, 38, 39, 49, 51, 55 i tak dalej. Można zrozumieć, że trafiają się one częściej niż same liczby pierwsze. Są jednak inaczej rozmieszczone. I tej właśnie różnicy dotyczyła hipoteza Erdősa. Chodziło o to, czy dla każdego zbioru prymitywnego suma odwrotności $1/(n \ln n)$ nie jest większa od tej dla liczb pierwszych. Przykładowo, dla ciągu liczb semipierwszych ta liczba to około 0,91.

Można to sobie wyobrazić jak następuje. Liczby semipierwsze są wprawdzie położone gęściej, ale dalej od zera. Gdyby na jednej stronie huśtawki położyć liczby z dowolnego zbioru prymitywnego, a na drugiej liczby pierwsze, to huśtawka przechyli się na stronę liczb pierwszych, jak na **rysunku 1**.

Czy ma to jakieś znaczenie praktyczne? Na razie nie widać – chociaż matematycznie jest to bardzo ciekawe. Warto jednak pamiętać,

eprasa.pl fad3467d02



1

że teoria liczb przed długi czas uchodziła za dyscyplinę matematyczną, bardzo odległą od jakichkolwiek zastosowań. Mniej więcej pięćdziesiąt lat temu odkryto jej przydatność do budowy szyfrów i kodów wszelkiego rodzaju. Najbardziej jaskrawym przykładem są szyfry z kodem publicznym – to matematycy dbają o to, by były niemożliwe do odczytania. I tu ingerują liczby semipierwsze. Przypomnę: to takie, które mają dwa czynniki pierwsze. Rozpatrzmy 307671481. Próbujmy znaleźć jej dzielniki. Próbujemy po dwóch dzielników tej liczby trafimy dopiero za 2026 razem. Będzie to liczba pierwsza 17539. Drugim czynnikiem będzie 17543. Na tym polegają szyfry z kluczem publicznym. Łatwo pomnożyć dwie liczby pierwsze, trudno je odzyskać z iloczynu. Można powiedzieć, że jest to cyfrowy odpowiednik zwykłego zamka zatrzaskowego: łatwo zatrzasnąć, trudno otworzyć. Rzecz jasna, nasz domowy komputer liczbę 307671481 rozłoży w mig. Ale z takim olbrzymem, jak

807118203945103687021155635763668396454329434852218205931249

już sobie tak dobrze nie poradzi. Niemal każde odkrycie matematyczne znajdzie prędzej czy później zastosowanie. Szkoda tylko, ze zwykle jest to „później”.

***

Wracając do „sensacji” – problem Erdősa o zbiorach prymitywnych rozwiązał już w 2024 roku Jared D. Lichtman, ale 1 maja 2026 r., o godzinie 18.20, została opublikowana (=wrzucona do sieci) praca ośmiu autorów (jednym z nich był Lichtman) z nowym, rewelacyjnym i rewolucyjnym podejściem do tego problemu, a także do szeregu podobnych. Owszem, autorzy napisali dosłownie „*the proof was suggested from the output of GPT – 5.4. Pro*” i że metoda była „przeoczona” przez innych (*overlooked*). Tylko tyle i aż tyle. AI nie wygenerowała całej pracy automatycznie. Autorzy sprawdzili pomysł, rozwinęli teorię, napisali i przemyśleli pełne dowody oraz zobaczyli dalsze zastosowania.

Nasuwa mi się tu kilka porównań. Wybitny i najbardziej znany pionier polskiego himalaizmu zimowego, Andrzej Zawada (1929–2000) wypatrzył lornetką z odległości kilkunastu kilometrów drogę na wierzchołek himalajskiej góry Nanga Parbat (8125 metrów). Jego wielkie doświadczenie górskie pozwoliło mu ocenić, że jest to realna szansa zdobycia szczytu. Dostrzegał wszystkie szczegóły, widział wszystko plastycznie, umiał ocenić trudności. Po prostu czuł tę drogę. Miał informacje niedostępne dla laika. Czy to znaczy, że szczyt zdobyła lornetka? A czy jeżeli znajdziemy informację, że teleskop Webba odkrył jakąś galaktykę, to naprawdę uwierzymy, że to „on” odkrył, samodzielnie? Czy to młotek wbija gwóźdź, czy jednak człowiek?

Tym niemniej praca, o której opowiadam, przejdzie do historii, jako pierwsza, gdzie AI odegrała istotną rolę. Przypomnę, że dokładnie 50 lat temu rozwiązano zagadnienie czterech barw (w wersji popularnej: chodzi o to, że każda mapa da się tak pokolorować czterema kolorami, by sąsiadujące państwa były zawsze zaznaczone różnymi kolorami), sprowadzając problem do kilku tysięcy szczególnych przypadków, które zanalizował „komputer”. Ale chociaż to były tylko obliczenia, to i tak metoda wzbudziła wiele kontrowersji. Wielu matematyków kwestionowało dowód, którego nie da się sprawdzić ludzkim umysłem. A jak sprawdzić, że program jest poprawnie napisany? I czy komputer się nie pomylił?

To ostatnie pytanie wydaje się już nie mieć sensu. Nikt nie zażąda od kasjerki w sklepie, żeby ręcznie podsumowała obliczenia sklepowego urządzenia liczącego. Co prawda, ja dobrze pamiętam, że przed upowszechnieniem

eprasa.pl fad3467d02

się kas fiskalnych, w moim lokalnym warzywniaku pani sumowała wszystko ręcznie, ołówkiem na papierze. Naprawdę! Było to całkiem niedawno; może 45 lat temu!

Co powie komputer, jest dziś święte. Nawet w obliczeniach matematycznych – prawdopodobieństwo ludzkiej pomyłki jest wiele, wiele razy większe. Nie dotyczy do AI – ta wciąż za bardzo konfabuluje. Warto jednak pamiętać historię z 1994 roku. W niezbyt znanym Lynchburg University w stanie Virginia w USA matematyk Thomas R. Nicely przeprowadzał obliczania dotyczące liczb pierwszych i „coś mu się nie zgadzało". Z teorii (i z obliczeń kolegów z innych uniwersytetów) wynikało, że ma być „tak a tak", a komputer twierdził swoje: „mylisz się pan, panie Przyjemny" (nicely = przyjemnie). Profesor poszedł jednak w zaparte i zdołał wykazać, że jest to wina nowego procesora Intel Pentium. Firma próbowała zbagatelizować sprawę, bo błąd pojawiał się daleko po przecinku i broniła się twierdząc, że przeciętny użytkownik tego praktycznie nie zauważy. To tylko zwiększyło skandal i dolało oliwy do ognia; dziennikarze rzucili się na sprawę jak wygłodniałe lwy na kawał krwistego mięsa. W rezultacie wymiana procesorów we wszystkich komputerach kosztowała firmę blisko pół miliarda dolarów (w cenach z lat 90. poprzedniego wieku).

***

Oto dane pracy, w której nowatorsko rozwiązane jest zadanie Erdősa o zbiorach prymitywnych:
Boris Alekseev, Kevin Bareto, Yanyang Li, Jared Duker Lichtman, Lian Price, Jibran Iqbal Shah, Quanyu Tang, Terence Tao, *Primitive sets and von Mangoldt chains: Erdős Problem #1196 and beyond;* arXiv: 2605.00301

Jak widać, jest to towarzystwo bardzo międzynarodowe (przynajmniej etnicznie). Siedmiu pierwszych to młodzi ludzie. Szerzej znany (i starszy) jest Terence Tao. Pisałem o Erdősu; warto i o Tao. Urodził się w 1975 roku już w Australii. „Już", bo rodzice pochodzili z diaspory chińskiej. Matka była matematyczką i to ona pierwsza zauważyła nadzwyczajne zdolności syna. Terence Tao jest najmłodszym w historii zdobywcą złotego medalu na Międzynarodowej Olimpiadzie Matematycznej – miał wtedy 13 lat. W wieku 24 lat został profesorem w jednym z najlepszych uniwersytetów amerykańskich – UCLA (University of California, Los Angeles). Jest oczywiście laureatem wielu prestiżowych wyróżnień i nagród matematycznych, z medalem Fieldsa (czyli „matematycznym Noblem") włącznie. Wszyscy, którzy z nim współpracują, podkreślają podobieństwo do Erdősa, jeśli chodzi o bezpośredniość, komunikatywność i chęć współpracy. Zresztą, stereotyp geniusza matematycznego jako fajtłapowatego i nieżyciowego mruka odchodzi w zapomnienie. Terence Tao różni się od Pála Erdősa tylko normalnym, uporządkowanym życiem rodzinnym. Pamiętajmy jednak, w jak różnych warunkach oni dorastali...

Tu po raz kolejny, bo piszę o nim od czasu do czasu, wspomnę Wacława Sierpińskiego, polskiego matematyka (1882–1969), znanego ze swych osiągnięć w teorii liczb, szkoda, że w latach, kiedy dyscyplina ta uchodziła wprawdzie za „Królową Królowej Nauk", ale bez żadnych widoków na jakiekolwiek zastosowanie praktyczne. Wacław Sierpiński miał jeszcze jednego „pecha'. Otóż w wojnie w 1920 roku walnie przyczynił się do złamania szyfru wojsk bolszewickich. Piłsudski miał w ręku dowód, że może wykonać swój słynny manewr i uratować Europę od najazdu rosyjskiego. O tym jednak profesor Sierpiński nie mógł wspomnieć ani przed 1939 rokiem (tajemnica wojskowa), ani po 1945, bo gdyby okazało się, że walczył z wojskami ZSRR, to mogło by się to w najlepszym razie skończyć zakazem pracy w uczelniach. Zresztą Marian Rejewski, szef polskich kryptologów, którzy złamali szyfr Enigmy, był przed wojną świetnie zapowiadającym się matematykiem, a po wojnie, inwigilowany przez służbę bezpieczeństwa za pracę dla Anglików, pracował w dziale sprzedaży firmy produkującej kable.

***

Jak wspomniałem na samym początku, referat, którego zapisem jest ten artykuł, dotyczył również problemów dydaktycznych i trochę też ogólnoludzkich. Mamy wszyscy duże problemy z nauczaniem w sytuacji, gdzie AI tak wiele potrafi. W algebrze mogę zapomnieć o trzech czwartych zadań, które robiłem przy tablicy przez pół wieku. Jak mogę uczyć przyszłych inżynierów techniki obliczania wyznaczników, różnych obliczeń kombinatorycznych, rachunków w algebrze Boole'a i teorii mnogości, gdy nacisną Enter i już mają odpowiedź? To jest tak, jakbym wymagał pisania piórem ze stalówką, maczanym w kałamarzu z atramentem. Jak sprawić, żeby AI była

eprasa.pl fad3467d02

pomocą, a nie zawadą, żeby nie słuchali się bezkrytycznie tego guru, jakim staje się klawisz Enter? Co robić, żeby – używając innego drastycznego porównania – AI służyła studentom jak latarnia trzeźwemu (do oświetlenia drogi), a nie jak pijanemu (do utrzymania równowagi)? Jak wykorzystać AI jako przewodnika w górach, który zaprowadzi nas tam, gdzie sami nie doszlibyśmy? Jak wyrobić u studentów nawyk, by mieli z tyłu głowy, że AI często konfabuluje?

obrazek wygenerowany przez ChatGPT

Pytania, pytania, pytania. Odpowiedzi (i to częściowe i bynajmniej nie w formie gotowych recept) wykroczyłyby kilkakrotnie poza ramy artykułu i w ogóle należą raczej do czasopisma bardziej skupionego na nauczaniu. Ja sam uważam siebie za dobry przykład królika doświadczalnego (od kałamarza do komputera) . Tu tylko jeden przykład – zwalczenie AI jej własną bronią. Daję zadanie i komentarz: *AI rozwiązała to zadanie tak, a tak. Sprawdź, czy jest to poprawnie.* Otóż w matematyce na bardziej wyrafinowanym poziomie AI wciąż „kłamie" na tyle często, że takie ujęcie ma sens dydaktyczny. Studenci na własnej skórze czują konsekwencje bezmyślności. Bywa, że nawet potem śmieją się z samych siebie (*jak mogłem być tak nieuważny? – już więcej nie będę!*).

Pół wieku temu bardzo często uczyłem się w bibliotece publicznej, gdzie z każdego kąta tchnęła atmosfera pracy i do dziś zachowałem ten sentyment. Również do czytania i do samej procedury otwierania książki. Pisał o tym i Stanisław Lem w powieści „Powrót z gwiazd" (rok 1959). Bohater, „podmiot liryczny" wraca ze 126-letniej podróży międzygwiezdnej. To znaczy 126 lat upłynęło na Ziemi. On sam postarzał się tylko o 6 lat, wskutek efektu relatywistycznego. Ma zrozumiałe trudności z adaptacją. Lem przewidział Internet i czytniki optyczne, a nasz bohater tęskni do zapachu starych książek.

Teraz siadam przy starym biurku i rozmawiam z AI, jak z nauczycielem. Jest cierpliwa. Wiem tylko, że wszystko, co mi powie, muszę sprawdzać. Ale to dobrze – to znaczy, że jeżeli coś zrozumiem, sprawdzę i przepuszczę przez ten „twardy dysk", który każdy z nas ma miedzy uszami, to umiem i pojmuję. Tyle, że jak pisałem, jestem dinozaurem i mam inne nawyki niż, niestety, większość współczesnych użytkowników. Spora część studentów nie czyta na egzaminie zadania do końca, tylko od razu szuka, do jakiego wzoru podstawić dane, niezależnie od tego, co one naprawdę znaczą.

Zmienia się cel nauczania prawie wszystkich przedmiotów szkolnych: od matematyki, fizyki, chemii, biologii, do historii i geografii. Nie jest nim przekazanie wiadomości, a sztuka zrozumienia, co do nas „mówi" komputer. Zrozumienia i krytycznej analizy. Ze swojego poletka: pokazuję od czasu do czasu, jak można oszukiwać w majestacie matematyki. To temat na oddzielny artykuł. Próbuję zatem przekazać swoim studentom nie tylko zbiór wiadomości na jakiś temat, a coś ważniejszego: jak korzystać z tej sieci, która nas oplata i czasami może nas omotać tak, ze nie wydostaniemy się.

Drogi Czytelniku (słuchaczu)! Jeżeli wydaje Ci się, że wiesz, jak będzie wyglądać edukacja za 20 lat, to masz rację! *Wydaje Ci się!* A jak będzie? *Qui virra, verra.* Kto dożyje, zobaczy. ■

Michał Szurek

eprasa.pl fad3467d02

Czy gęstość ciał ma znaczenie?

Kiedy byłam dzieckiem popularna była zagadka „Co waży więcej: kilogram piór czy kilogram stali?”. Dzieci jak to dzieci, zwykle odpowiadały, że kilogram stali, myląc zupełnie pojęcie masy z pojęciem gęstości. Tymczasem gdybyśmy dysponowali wagą szalkową i na jednej szali położyli kilogram piór a na drugiej – kilogram pierza to waga byłaby w równowadze. Kilogram to kilogram i obie te substancje ważą dokładnie tyle samo.

Co waży więcej?

Skąd zatem bierze się nieporozumienie? Prawdopodobnie z utożsamiania określenia „ciężki” z przedmiotem zwartym, o dużej gęstości materiału. W tym kontekście pióra rzeczywiście wydają się bardzo lekkie ze względu na ich specyficzną budowę i niewielką gęstość. Określona objętość metalu lub kamienia rzeczywiście waży więcej niż ta sama objętość piór. Ale w takim razie, aby zobrazować pojęcie gęstości powinniśmy się pytać o porównanie masy metra sześciennego piór z metrem sześciennym stali. Lub innej dowolnie wybranej jednostki objętości.

Odrobina historii

Nie da się jednoznacznie wskazać odkrywcy pojęcia „gęstość” ponieważ w fizyce pojęcie to ewoluowało stopniowo. Jako pierwszy Archimedes zajmował się badaniem, dlaczego niektóre ciała pływają, a inne toną. Na podstawie swoich obserwacji sformułował prawo wyporu. Nie używał on wówczas gęstości do opisu właściwości ciał a jego rozważania sprowadzały się do porównania „ciężaru” cieczy i zanurzonej w niej substancji.

Współczesne rozumienie gęstości, zdefiniowanej jako stosunek masy ciała do jego objętości rozwinęło się dopiero w XVII wieku. Zarówno Galileusz jak i jego uczniowie odwoływali się wówczas do tego pojęcia próbując weryfikować tezy Arystotelesa. Szybko okazało się również, że pojęcie gęstości przydaje się do identyfikacji materiałów. Dwie próbki o tych samych wymiarach i bardzo podobnym wyglądzie mogły

eprasa.pl fad3467d02

bardzo różnić się masą, wskazując na dwie zupełnie inne substancje.

Czy wszystkie ciała mają gęstość?

Jeśli chodzi o ciała stałe i ciecze to odpowiedź na to pytanie nie powinna nikomu sprawiać trudności. Ciało stałe możemy po prostu zważyć i zmierzyć. Na podstawie wymiarów obliczamy jego objętość. Następnie wstawiamy obie wielkości do wzoru

$$\rho = \frac{m}{V}$$

i obliczamy wynik. Zazwyczaj dla drobnych ciał o niewielkich rozmiarach używamy jako jednostki

$$\frac{g}{cm^3}$$

a dla ciał większych – jednostki

$$\frac{kg}{m^3}$$

W podobny sposób poradzimy sobie również z cieczami. W tym celu ważymy puste naczynie a następnie wlewamy do niego odmierzoną objętość danej substancji. Różnica wskazań wagi jest masą cieczy. Możemy również wytarować wagę z pustym naczyniem, żeby nic nie odejmować i zważyć ciecz w jednym podejściu.

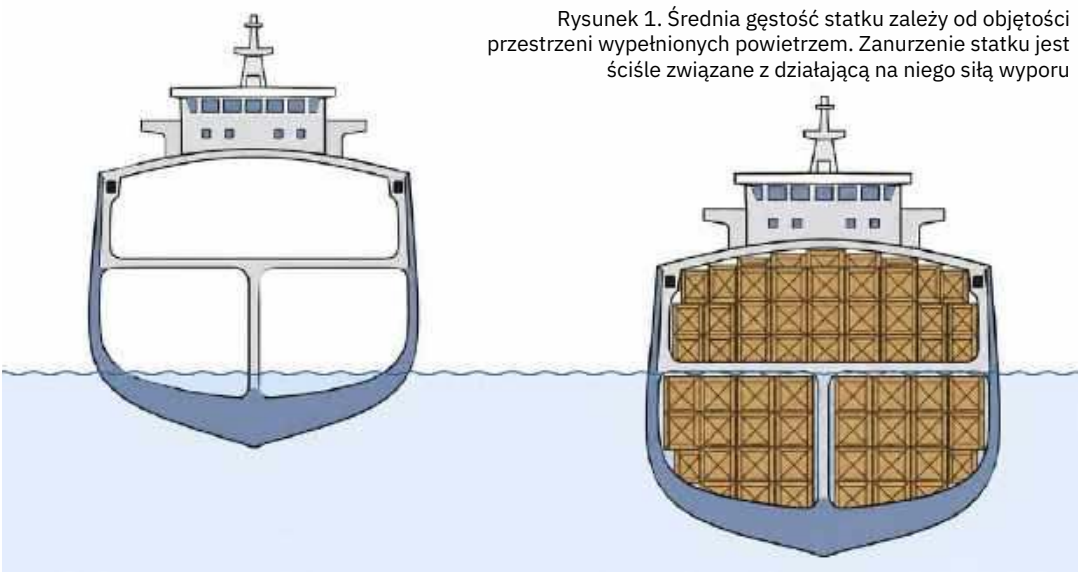
Choć w pierwszej chwili wydaje się to nieoczywiste, gazy również mają gęstość. Wprawdzie nie odczuwamy na co dzień, że gaz ma jakąkolwiek masę. Nie zmienia to faktu, że ją ma (choć jest stosunkowo niewielka) i możemy ją wyznaczyć. Najprostsza metoda jest podobna jak w przypadku cieczy. Należy wypompować z pojemnika powietrze i zważyć pusty pojemnik. W kolejnym kroku należy zważyć pojemnik wypełniony gazem.

O tym, że różne gazy mają różną gęstość trudno przekonać się na własne oczy ponieważ większość ciał w tym stanie skupienia jest bezbarwna. Pewnym przybliżeniem gazu może być mgła, składająca się w rzeczywistości z drobnych kropelek wody. Przy odpowiedniej temperaturze powietrza można zauważyć warstwy mgły unoszące się nad wilgotnym gruntem lub ciekami wodnymi. Warto jednak pamiętać o tym, że niektóre gazy takie jak tlenek węgla czy gaz ziemny, jako cięższe od powietrza, mogą w przypadku nieszczelności instalacji gazowej gromadzić się przy podłodze.

Gęstość a siła wyporu

W wielu dziedzinach nauki i techniki gęstość ciała jest bardzo ważnym parametrem. Bardzo oczywistym przykładem jest budowa statku. Materiał z jakiego budowane są współczesne statki zazwyczaj ma znacznie większą gęstość niż woda. Często elementy konstrukcyjne wykonane są ze stali lub innego metalu. A jednak taki statek nie tonie nawet przewożąc dziesiątki czy setki ton ładunku.

Cały sekret tkwi w jego konstrukcji. Jeśli zbudujemy statek w taki sposób, że w jego wnętrzu znajdą się komory wypełnione powietrzem to średnia gęstość całości konstrukcji okazuje się mniejsza niż gęstość wody. Łatwo się o tym



Rysunek 1. Średnia gęstość statku zależy od objętości przestrzeni wypełnionych powietrzem. Zanurzenie statku jest ściśle związane z działającą na niego siłą wyporu

eprasa.pl fad3467d02

przekonać porównując statek rozładowany ze statkiem obciążonym ładunkiem. Ten pierwszy jest tylko nieznacznie zanurzony, podczas gdy ten drugi zanurza się znacznie głębiej.

Przypomnijmy sobie prawo Archimedesa. Zgodnie z jego brzmieniem na każde ciało zanurzone w cieczy działa siła wyporu opisana wzorem

$$F_w = \rho g V$$

gdzie ρ jest gęstością cieczy, g – przyspieszeniem ziemskim, a V – objętością tej części ciała która jest zanurzona w wodzie. Siła wyporu zawsze działa pionowo do góry. Jednocześnie na ciało działa siła ciężkości skierowana pionowo w dół, dana wzorem

$$Q = mg$$

gdzie m jest masą tego ciała. O stopniu zanurzenia statku decyduje zatem wypadkowa tych dwóch sił.

Z siłą wyporu mamy również do czynienia w przypadku balonów oraz innych ciał wypełnionych gazem i unoszących się w powietrzu. Prawo Archimedesa, z bardzo dobrym przybliżenie, stosuje się również do „naczynia" z gazem zanurzonego w drugim gazie. Tu również na ciało działa siła wyporu skierowana pionowo w górę i siła ciężkości skierowana pionowo w dół. Wypadkowa tych sił decyduje o tym czy ciało wisi na stałej wysokości, unosi się, czy opada.

Fizyka a ewolucja

Skoro zaczęliśmy od piór to zatrzymajmy się przy nich jeszcze na chwilę. Istnieje biologiczne uzasadnienie, dlaczego natura skonstruowała je w taki sposób, aby ich gęstość była jak najmniejsza. Ptaki w trakcie swojej ewolucji zaczęły uzyskiwać zdolność do coraz dłuższego aktywnego lotu. A to wymagało pewnych przystosowań.

Aby wydatkować mniej energii na utrzymaniu się w powietrzu najkorzystniej byłoby aby równocześnie działy się dwie rzeczy: zmniejszenie masy ciała przy jednoczesnym zwiększeniu powierzchni skrzydeł. Wykształcenie piór w miejsce gadzich łusek bardzo w tym pomogło. Po pierwsze, dzięki swojej strukturze stanowią gęstą okrywę ciała, jednocześnie ważąc niewiele. Po drugie, ich kształt i sposób w jaki wyrastają ze skrzydła zwiększa jego powierzchnię nawet sześciokrotnie w stosunku do ramienia obciągniętego samą skórą.

Wprawdzie ptaków nie unosi w powietrzu siła wyporu, ale wykształciły one mechanizmy zmniejszające średnią gęstość, takie jak na przykład worki powietrzne w kościach długich skrzydeł. Spowodowało to nie tylko zmniejszenie masy ciała w stosunku do jego rozmiarów, ale również przesunięcie środka ciężkości w kierunku centrum tułowia, co zapewnia lepszą stabilność w locie. Chociaż worki powietrzne stanowią analogię do przestrzeni z powietrzem w kadłubie statku to ich funkcja jest w tym przypadku zupełnie inna i ściśle powiązana z trybem życia ptaków.

Sprawdź co potrafisz

1. Przygotuj dużą nadmuchiwaną piłkę plażową i dokładnie wyciśnij z niej powietrze. Zważ na wadze kuchennej samą powłokę piłki
2. Nadmuchaj piłkę tak, żeby powłoka była dobrze naciągnięta.
3. Zważ nadmuchaną piłkę na wadze kuchennej
4. Odejmij masę nadmuchanej piłki od masy samej powłoki.
5. Zmierz średnicę piłki i wyznacz jej promień.
6. Oblicz objętość piłki. Przyjmij, że jest ona idealną kulą.
7. Oblicz gęstość powietrza dzieląc masę gazu przez objętość piłki.

Tablicowa wartość gęstości powietrza to

$$1,2\frac{kg}{m^3}$$

ale na wynik doświadczenia wpływa zarówno dokładność wagi jak i dokładność pomiaru średnicy piłki. Wystarczy, że uzyskany wynik będzie podobnego rzędu wielkości, aby uznać doświadczenie za wykonane prawidłowo.

Dla nauczyciela

Niniejszy temat jest adekwatny do realizacji zagadnień związanych z budową materii i pojęciem gęstości w szkole podstawowej. Może on służyć również jako krótkie przypomnienie tych zagadnień w szkole ponadpodstawowej. Zaproponowane na końcu tekstu ćwiczenie doświadczalne jest propozycją realizacji obowiązkowego doświadczenia w szkole podstawowej: *Uczeń doświadczalnie wyznacza gęstość substancji, z jakiej wykonany jest przedmiot o kształcie regularnym za pomocą wagi i przymiaru lub o nieregularnym kształcie za pomocą wagi, cieczy i cylindra miarowego (V. 9. a).* ■

Joanna Borgensztajn

eprasa.pl fad3467d02

Szkoła Wynalazców

dozwolone do lat 15

Tym razem zadanie z serii prostych, wymuszonych sytuacyjnie, ale do zrobienia, wynalazków: masz tylko: kartkę, spinacz i butelkę. Zbuduj coś, co spełni jakąś konkretną funkcję.

Jak widać ilość materiałów jest mocno ograniczona, co nie powinno być jakąś zasadniczą przeszkodą dla umysłów twórczych i pełnych inicjatywy. Nie mówi się o jakości papieru, więc można trochę „poszaleć" i użyć jakichś specjalnych rodzajów. Również spinacz – też jest prezentowany przez sporą grupę i tu też można się wykazać. Zobaczmy więc jak sobie poradzili nasi młodsi Czytelnicy z tym problemem:

Roman Tarło – z kartki zwykłego papieru np. do drukarki komputerowej można zwinąć lejek, zapiąć go spinaczem, żeby się nie otwierał i użyć go do nalewania płynów do butelki. Można również użyć go do przesypywania substancji proszkowych np. soli, bądź cukru.

Oczywiście, to najprostsza wersja zastosowania kartki i spinacza. Żeby ten lejek był nieco trwalszy wystarczy natrzeć papier tłuszczem, np. smalcem, masłem lub stearyną.

Stefan Kwiatkowski pisze: z butelki można zrobić pułapkę na owady: muchy, komary itp. Wystarczy obciąć szyjkę, nawinąć na butelkę część kartki tak, żeby mogła stanowić wabik owadów. Butelkę ustawić pionowo, obciętą szyjką do dołu i czekać na rezultaty!

Bardzo dobry pomysł! Ważne jest odpowiednie ustawienie butelki, tak, żeby ta biała kartka papieru mogła istotnie wabić owady.

Iwona Krajewska – Mając butelkę i papier można z tego zrobić miernik objętości płynów. Należy nałożyć papier na butelkę i następnie wlewać do niej odmierzoną ilość, np. wody. Wlewając równe ilości i zaznaczając na papierze kolejne poziomy mamy prosty miernik ilości różnych płynów gotowy.

Bardzo dobry pomysł! Oczywiście papier należy wzmocnić, np. naklejając na niego taśmę przezroczystą, ale zasada jest prawidłowa, a pomysł bardzo dobry.

Wymienionym kolegom i koleżance gratulujemy i zapraszamy do kolejnych zadań.

Nowe zadanie

Wszyscy mamy piórniki lub inne o podobnym przeznaczeniu pojemniki na szkolne przybory.

Bieda w tym, że z tych pojemników – gdy chcemy wyjąć np. jeden długopis, wypadają zwykle inne rzeczy, i jest drobny, ale jednak kłopot. Najwyższy czas, żeby zrobić z tym koniec! Wasze zadanie można wiec sformułować następująco: zaproponować piórnik, z którego można będzie wyjąć jeden przedmiot, nie uruchamiając innych.

Materiał – dowolny: drewno, karton, płytki z tworzyw itp. Zakładamy, że powinno się to dać zrobić w warunkach domowych. Oczywiście całość musi mieścić się w przestrzeni tornistra lub plecaka, nie naruszając całości umieszczonych tam książek. I oczywiście powinno być lekkie.

Wszystkim życzymy dobrych pomysłów i fantazji! Przypominamy o terminie nadsyłania propozycji: do końca listopada br.

mlodytechnik.pl

eprasa.pl fad3467d02

Klub Wynalazców

bez ograniczeń wieku

Koło jest jednym z najstarszych wynalazków ludzkości. Są jednak kraje, gdzie koło z przeznaczeniem do transportu do niedawna nie było znane. Do krajów tych należą Peru, Boliwia, Ekwador, a także Meksyk. Kraje o stosunkowo wysokiej kulturze technicznej – nawet były tam zabawki dziecinne zaopatrzone w koła, które jednak do transportu nie były używane. Spróbujmy zatem cofnąć się o jakiś dwa tysiące lat i dysponując współczesną wiedzą techniczną zaproponować coś, co mogłoby zastąpić koło. Zakładając, że koło, w zastosowaniu do transportu, nie zostało wynalezione do dziś, jak mogłaby się rozwinąć cywilizacja.

Miłosz Warecki – uważa, że najprostszym sposobem realizacji transportu byłyby sanie. Oznaczałoby to konieczność utworzenia dobrych ślizgowych powierzchni: przez polewanie wodą, oliwą, wyrównanie itp. Odrębnym problemem byłaby siła pociągowa i w takim przypadku musiałyby być zaprzężone zwierzęta: konie, woły, krowy, i inne.

Z historii rozwoju najwcześniejszych społeczeństw wiadomo, że właśnie transport na czymś w rodzaju sań, był podstawowym środkiem transportu. Siłę pociągową stanowiły dostępne na danym terenie duże zwierzęta, a więc konie, krowy, woły, bawoły itp.

Ryszard Bogucki – uważa, że przecież w Europie do dziś funkcjonuje miasto w zasadzie obywające się bez kół do transportu towarów bytowych. Oczywiście chodzi o Wenecję i jej bogaty system kanałów. Gdyby ten system rozwijano przez ostatnie stulecia, na pewno osiągnąłby sprawność przewyższającą obecny transport kołowy.

To prawda. System kanałów w Wenecji zatrzymał się ok. 150...200 lat temu i nie zrobiono niemal nic, żeby go ulepszyć. A możliwości było i jest wiele: różnego rodzaju sprzęt pływający: od poduszkowców poprzez wodoloty i różnego rodzaju barki transportowe.

Wiesław Michnikowski – dawne społeczeństwa na ogół były biegłe w technikach produkcji lin i sznurów. Transport mógłby być rozwiązany na zasadzie systemu sieci kolejek linowych, które działałyby szybko i stosunkowo sprawnie. Systemy mogłyby wykorzystywać grawitację i przy odpowiednim spadku ciągów linowych wagoniki mogłyby zjeżdżać „same". Ruch powrotny musiałby być zrealizowany podobnie jak u nas w kolejce na szczyt Kasprowy Wierch. Po prostu wagoniki puste odciążałyby częściowo jazdę w górę wagoników załadowanych.

Ciekawy pomysł i przecież częściowo zrealizowany w licznych kolejkach górskich, nie tylko w Tatrach, ale we wszystkich niemal kompleksach górskich. Problem byłby – jak zwykle – z siłą pociągową.

Kolegom gratulujemy i zachęcamy do rozwiązywania kolejnych problemów.

Nowe zadanie

Życie dostarcza nam często sytuacji, w których jesteśmy zdani na posługiwanie się tylko jedną ręką. Druga ręka może być na temblaku lub opatrzona w sposób wykluczający jej użycie. W takiej sytuacji trzeba sobie jakoś pomóc i wymyślić sprzęt lub jakiś przybornik ułatwiający wykonanie typowych domowych czynności, takich jak:

- otwieranie słoika,
- nalewanie napoju,
- krojenie pieczywa,
- zakładanie skarpet,
- zapinanie guzików i wiele podobnych.

Zadanie dla Was można więc sformułować następująco: zaprojektować przedmiot lub prosty mechanizm umożliwiający wykonanie codziennej czynności jedną ręką.

Przyrząd lub urządzenie powinno być proste, lekkie i możliwe do wykonania w warunkach domowych. Można dopuścić stosowanie prostych technik, dostępnych w każdym domu majsterkowicza, ale bez urządzeń typu: maszyny warsztatowe.

Termin nadsyłania propozycji – do końca listopada br.

eprasa.pl fad3467d02

Vademecum Młodego Wynalazcy

Człowiek z talentem wynalazczym – największy problem: „Co by tu wynaleźć?”.

Większość ludzi uważa, że największym problemem wynalazcy jest skonstruowanie nowego urządzenia. To nieprawda. Zbudowanie prototypu, wykonanie obliczeń, dobranie materiałów czy dopracowanie szczegółów technicznych, to dopiero dalsze etapy pracy. Najtrudniejsze jest coś zupełnie innego – znalezienie właściwego problemu. Człowiek obdarzony talentem wynalazczym każdego dnia zadaje sobie pytania: „Co by tu jeszcze ulepszyć? Co można zrobić inaczej? Gdzie kryje się problem wart rozwiązania?”.

Paradoksalnie właśnie ogromna kreatywność bywa źródłem wielu trudności. Umysł wynalazcy niemal nigdy nie odpoczywa. Nieustannie analizuje otoczenie, porównuje rozwiązania, dostrzega niedoskonałości tam, gdzie inni widzą jedynie zwyczajne przedmioty. Dla większości ludzi krzesło jest po prostu krzesłem. Dla wynalazcy może być zbiorem kilkunastu problemów: jest zbyt ciężkie, niewygodne, trudno je przechowywać, zajmuje zbyt dużo miejsca, hałasuje przy przesuwaniu, nie nadaje się dla osób starszych, trudno je naprawić, źle znosi wilgoć. Każda z tych wad może stać się początkiem nowego pomysłu.

Dar i przekleństwo

Talent wynalazczy przypomina niezwykle czuły radar. Człowiek dostrzega rzeczy, których inni nie zauważają. Jednocześnie jednak zaczyna odczuwać pewien dyskomfort – ma świadomość, że świat pełen jest problemów, ale nie wie, od którego zacząć.

Powstaje zjawisko przypominające paradoks wyboru. Pomysłów jest tak wiele, że trudno zdecydować się na jeden. Dzisiaj interesuje go nowy sposób pakowania żywności. Jutro zauważa wadę w konstrukcji zamka błyskawicznego. Pojutrze wpada na pomysł usprawnienia wózka sklepowego. Następnego dnia zastanawia się nad nowym rodzajem opakowania po goleniu, które nie pozwoli, aby płyn dostał się do oczu.

Każdy z tych problemów wydaje się ciekawy. Każdy może doprowadzić do wartościowego wynalazku. W efekcie wynalazca często rozpoczyna wiele projektów jednocześnie, lecz niewiele z nich doprowadza do końca.

Największy przeciwnik – brak właściwego problemu

Może się wydawać dziwne, że twórczy człowiek cierpi na... brak problemów. Oczywiście problemów na świecie nie brakuje. Chodzi jednak o znalezienie takiego, który jednocześnie:

- jest rzeczywiście ważny,
- daje się rozwiązać,
- prowadzi do czegoś nowego,
- będzie przydatny ludziom,
- nie został już rozwiązany.

To znacznie trudniejsze, niż mogłoby się wydawać.

Wyobraźmy sobie osobę, która postanawia codziennie wymyślić jeden nowy wynalazek. Już po kilku dniach okazuje się, że większość pierwszych pomysłów istnieje od dawna. Wynalazca wpada więc w pułapkę. Z jednej strony chciałby stworzyć coś naprawdę oryginalnego. Z drugiej strony boi się, że wszystko już zostało wymyślone.

Na szczęście rzeczywistość wygląda inaczej. Każdego dnia powstają tysiące nowych patentów. Oznacza to, że świat nadal pełen jest nierozwiązanych problemów.

Kreatywność nie działa na zawołanie

Ludzie często pytają wynalazców: – Skąd bierzesz pomysły? To pytanie przypomina pytanie skierowane do poety: – Skąd bierzesz wiersze? Nie istnieje jedna odpowiedź.

Pomysły pojawiają się podczas spaceru, rozmowy, oglądania filmu, naprawiania roweru, gotowania obiadu czy czytania książki. Często rodzą się wtedy, gdy człowiek wcale o nich nie myśli. Mózg osoby kreatywnej nieustannie pracuje w tle. Łączy fakty pozornie niemające ze sobą nic wspólnego. Nagle pojawia się błysk – rozwiązanie wydaje się oczywiste. Po chwili okazuje się jednak, że trzeba jeszcze sprawdzić, czy rzeczywiście działa.

Przekleństwo tysiąca pomysłów

Większość ludzi zmaga się z brakiem pomysłów. Wynalazca często cierpi na ich nadmiar. Notatniki, kartki, telefony i komputery zapełniają się szkicami. Każdego tygodnia pojawia się

eprasa.pl fad3467d02

kilka nowych koncepcji. Po roku uzbiera się ich kilkaset. Problem polega na tym, że nie sposób wszystkich zrealizować.

Powstaje więc kolejne pytanie: Który pomysł jest najlepszy? Niestety odpowiedź zwykle nie jest oczywista.

Niektóre genialne idee okazują się całkowicie niepraktyczne. Inne wyglądają niepozornie, lecz po latach zmieniają świat.Świat nie zawsze potrzebuje nowości

Wynalazca bardzo często spotyka się z niezrozumieniem. Słyszy:

– To się nie uda.
– Przecież już tak robią.
– Po co to komu?
– Nikt tego nie kupi.

Historia techniki pokazuje jednak, że podobne słowa słyszeli twórcy telefonu, samolotu, komputera, aparatu fotograficznego, czy internetu. Nowe rozwiązania niemal zawsze budzą opór. Człowiek przyzwyczaja się do znanych przedmiotów i niechętnie wyobraża sobie coś innego. Jak znaleźć dobry problem?

Doświadczeni wynalazcy rzadko zaczynają od pytania: co wynaleźć?

Znacznie częściej pytają: co ludziom przeszkadza?

To ogromna różnica.

Dobry wynalazek nie zaczyna się od urządzenia.

Zaczyna się od kłopotu. Jeżeli milion ludzi codziennie zmaga się z tym samym problemem, istnieje duża szansa, że ktoś będzie chciał kupić rozwiązanie.

Dlatego wynalazca powinien stać się przede wszystkim obserwatorem świata.

Sztuka dostrzegania niedoskonałości

Niektóre osoby widzą gotowy produkt. Wynalazca widzi listę wad. To nie oznacza, że jest pesymistą. Po prostu jego umysł automatycznie zadaje pytania:

- Dlaczego to tyle waży?
- Dlaczego trzeba użyć dwóch rąk?
- Dlaczego nie działa w deszczu?
- Dlaczego jest takie drogie?
- Dlaczego tak trudno to naprawić?
- Dlaczego wymaga prądu?
- Czy można to zrobić z jednego elementu zamiast z pięciu?

Tak rodzi się twórcze myślenie.

Wartość codziennych obserwacji

Największe wynalazki nie zawsze rodzą się w laboratoriach. Często ich źródłem jest kuchnia, warsztat, ogród, szkoła albo autobus.

Ktoś zauważa, że zakrętka ślizga się po mokrych dłoniach. Ktoś inny dostrzega, że starszym osobom trudno otwierać opakowania. Jeszcze ktoś zauważa, że dzieci nie potrafią dosięgnąć półki.

Każda taka obserwacja może stać się początkiem nowego rozwiązania.

System zamiast przypadku

Część ludzi liczy wyłącznie na natchnienie. Profesjonalni wynalazcy coraz częściej pracują systematycznie. Prowadzą zeszyty obserwacji.

Notują wszystkie irytujące sytuacje. Fotografują dziwne rozwiązania. Rozmawiają z użytkownikami. Analizują reklamacje. Czytają instrukcje obsługi. W ten sposób zamiast czekać na olśnienie, sami tworzą warunki sprzyjające powstawaniu nowych pomysłów.

Nie zakochać się we własnym pomyśle

To jedna z najtrudniejszych lekcji. Każdy twórca jest emocjonalnie związany ze swoim wynalazkiem. Jednak dobry wynalazca potrafi zadać sobie niewygodne pytania:

- Czy to naprawdę jest potrzebne?
- Czy ktoś za to zapłaci?
- Czy istnieje prostsze rozwiązanie?
- Czy problem jest wystarczająco ważny?

Jeżeli odpowiedź brzmi „nie”, trzeba mieć odwagę porzucić projekt i rozpocząć następny.

Cierpliwość ważniejsza od geniuszu

Mit samotnego geniusza, który w jedną noc dokonuje wielkiego odkrycia, jest bardzo atrakcyjna, lecz rzadko zgodna z rzeczywistością. Większość wynalazków powstaje po setkach prób, bo: prototypy nie działają, materiały zawodzą, koszty okazują się zbyt wysokie, użytkownicy wskazują kolejne błędy. Dopiero po wielu poprawkach powstaje rozwiązanie, które wydaje się oczywiste.

Jak ćwiczyć talent wynalazczy?

Najlepszym treningiem nie jest rozwiązywanie gotowych zadań. Znacznie lepiej codziennie znaleźć jeden problem. Może to być niewygodny uchwyt kubka.

eprasa.pl fad3467d02

Źle zaprojektowana torba, nieczytelna etykieta, niepraktyczny pilot, hałasujący kosz na śmieci.

Im więcej takich obserwacji, tym lepiej rozwija się umiejętność dostrzegania okazji do wynalazków.

Wynalazca jako badacz świata

Prawdziwy wynalazca przypomina trochę detektywa.

Nie szuka przestępców, szuka problemów, każda niedogodność jest dla niego tropem, każda wada produktu staje się wskazówką, każda skarga użytkownika może prowadzić do nowego rozwiązania. To właśnie dlatego twórczy człowiek patrzy na świat inaczej niż większość ludzi.

Najważniejsze pytanie

Można przeczytać setki książek o kreatywności. Można poznać dziesiątki metod twórczego myślenia. Można opanować techniki burzy mózgów, map myśli czy metodę TRIZ.

Jednak wszystkie te narzędzia okażą się mało użyteczne, jeśli zabraknie właściwego pytania.

Nie brzmi ono „Co mogę wynaleźć?" lecz „Jaki problem ludzi nadal czeka na rozwiązanie?"

To właśnie od tego pytania rozpoczyna się większość naprawdę wartościowych wynalazków.

Talent wynalazczy nie polega wyłącznie na bogatej wyobraźni. To przede wszystkim szczególny sposób patrzenia na świat. Wynalazca widzi nie tylko to, co istnieje, ale również to, czego jeszcze brakuje. Dostrzega niedoskonałości tam, gdzie inni widzą rzeczy oczywiste. Zamiast godzić się z ograniczeniami, zadaje pytania i szuka lepszych rozwiązań.

Największym problemem człowieka obdarzonego takim talentem nie jest brak zdolności technicznych ani wiedzy. Największym wyzwaniem jest wybór właściwego celu spośród tysięcy możliwości. Każdy dzień przynosi dziesiątki nowych obserwacji, ale tylko nieliczne prowadzą do wynalazków naprawdę potrzebnych ludziom.

Dlatego prawdziwy wynalazca powinien rozwijać nie tylko wyobraźnię, lecz także umiejętność dostrzegania problemów, oceniania ich znaczenia i konsekwentnego doprowadzania pomysłów do końca. Dopiero wtedy kreatywność zamienia się w wynalazczość, a ciekawe idee stają się rozwiązaniami, które zmieniają codzienne życie.

Bo wynalazki rodzą się nie z fascynacji urządzeniami, lecz z uważnego obserwowania człowieka i jego potrzeb. A pytanie „Co by tu wynaleźć?" najlepiej zastąpić innym: „Komu i w czym mogę naprawdę pomóc.

Cierpienia wynalazców

Niestety wynalazczość – jak każda niemal inna idea – ma swoje „czarne dno". Pomijając ewidentne oszustwa, kradzież pomysłów, „bieg po uzyskanie pierwszeństwa wpisu" do rejestru wynalazków, istnieje jednak spora grupa problemów, kiedy to wynalazcy uzyskali sukces:

1

eprasa.pl fad3467d02

2

produkuje się miliony ich pomysłowa i niestety niewiele oni z tego mają.

Przytoczymy dla ilustracji dwa takie pomysły. Jednym z nich jest elektroniczne zwierzątko Tamagchio:

Pomysł na Tamagotchi nie był dziełem jednej osoby, lecz efektem współpracy dwóch Japończyków:

- **Akihiro Yokoi** – jest dziś uznawany za autora pierwotnego pomysłu. W 1995 roku zaproponował koncepcję przenośnego elektronicznego zwierzątka, które można mieć zawsze przy sobie. Inspiracją była podobno reklama telewizyjna, przedstawiająca chłopca, który chciał zabrać swoją żółwicę w podróż.
- **Aki Maita** – pracowała w firmie Bandai i odegrała kluczową rolę w dopracowaniu projektu, badaniach rynku oraz nadaniu zabawce ostatecznej formy (**rysunek 1**) . Przez pewien czas to właśnie ona była publicznie przedstawiana jako twórczyni Tamagotchi.

Pierwsze Tamagotchi trafiło do sprzedaży w Japonii 23 listopada 1996 roku i błyskawicznie stało się światowym fenomenem. Zabawka odpowiadała na podstawowe potrzeby dziecka (ale też dorosłych osób!): Potrzebę bliskości z kimś (lub czymś), wymagała opieki: podtrzymywania, kontaktu, załatwiania potrzeb, odżywiania itd. W dzisiejszej zmechanizowanej i zelektronizowanej rzeczywistości stanowiła powrót do dawnego świata bliskości pomiędzy ludźmi, serdeczności i bliskiego kontaktu.

Kolejnym podobnym wynalazkom jest tzw. „selfie stick" czyli po prostu kijek do przytrzymywania aparatu komórkowego dla zrobienia sobie zdjęcia. Taki kijek został opracowany i wynaleziony w Japonii.

Pierwszy prawdziwy selfie stick – 1983. Za pierwszych wynalazców urządzenia bardzo podobnego do współczesnego selfie sticka uważa się japońskich inżynierów:

- Hiroshi Ueda
- Yujiro Mima

Dopiero w 2013–2014 – wraz z eksplozją popularności smartfonów selfie stick staje się światowym przebojem. To jeden z ciekawszych przykładów wynalazku, który wyprzedził swoją epokę o około 30 lat – powstał w 1983 roku, ale świat był gotów na niego dopiero po pojawieniu się smartfonów.

Jak widać – wynalazczość – to często długa i kręta droga, obfitująca w różne, nie zawsze czyste gierki. ■

Prezes Klubu Wynalazców
Champion TRIZ
Jan Boratyński

eprasa.pl fad3467d02

Genialne w swej prostocie: **5 innowacyjnych pomysłów Czytelników, które mogą zmienić naszą codzienność**

Prezentujemy najciekawsze propozycje nadesłane do naszej redakcji w ostatnim miesiącu. Od ekologii, przez ogrodnictwo, aż po wsparcie dla seniorów – oto dowód na to, że kreatywność nie zna granic.

Jacek Konieczny – pomysł ma związek z niedawnym wyrokiem sądowym skazującym kierownika pociągu Kolei Mazowieckich za spowodowanie wypadku, w którym 17-letni chłopak wpadł pod pociąg i stracił obie nogi. Dlatego proponuje wprowadzenie i stosowanie systemu, który będzie informował maszynistę o tym, że ktoś znajduje się bardzo blisko składu. System, wg propozycji pana Jacka, polegałby na skierowaniu wiązki światła wzdłuż składu pociągu, następnie jego odbiciu w „retro zwierciadle" i skierowaniu go do kabiny maszynisty. W ten sposób maszynista wiedziałby, czy ktoś nie znajduje się zbyt blisko toru.

System pana Jacka ma istotne wady. Po pierwsze, nie różnicuje działania na ruch pociągu na trasie i na stacji. Są to przecież dwa zupełnie różne rodzaje ruchu. Po drugie, nie uwzględnia łuków toru i innych przeszkód. O ile sama idea jest słuszna i ma sens, o tyle jej wykonanie techniczne musiałoby być zupełnie inne.

Tadeusz Zamorski – żeby klimatyzator miał sens, to ciepło musi być usuwane poza pomieszczenie (liczne reklamy klimatyzatorów przenośnych ignorują tę fizyczną oczywistość). Może dałoby się skonstruować przenośny klimatyzator, który to ciepło akumulowałby w izolowanym zbiorniku z wodą, którą okresowo wylewałoby się ręcznie (pomysł na pewno nie spodobałby się wygodnisiom, którym zazwyczaj nic nie chce się zrobić samemu).

Faktem jest, że klimatyzatory przenośne mają spore uproszczenia konstrukcyjne, które nie pozwalają na racjonalne wykorzystanie odbieranego z pomieszczenia ciepła. Oznacza to jednak radykalną przebudowę tego sprzętu i wykorzystanie – być może – innych zjawisk fizycznych do odbioru ciepła.

Jacek Konieczny – nadesłał jeszcze jeden pomysł, dotyczący usprawnienia pracy strażaków i wyeliminowania wyjazdów, wywołanych fałszywym alarmem. Zasadniczym elementem jego pomysłu jest wykorzystanie dronów, z pomocą których można by ustalić miejsce pożaru, nawet trasę dojazdu, a także ustalić ewentualne dane właściciela zagrożonego obiektu. W przypadku pożaru czas dojazdu interwencji bardzo się liczy i wszelkie ułatwienia mogłyby tu wiele pomóc.

Istota pomysłu jest jak najbardziej słuszna, ale nie wiemy dokładnie jak obecnie działa straż pożarna i jakimi środkami łączności dysponuje oraz czy posiada drony na wyposażeniu centrów dowodzenia itp.

Jacek Konieczny – jeszcze jeden pomysł: zgłosił problem, na który natknął się w jednym z czasopism. Była tam opisana sytuacja, gdy dziecko odłączyło się od grupy, prowadzonej przez dwie przedszkolanki i przeszło niewielki odcinek i wpadło do stawu sąsiedniej posesji. Niestety utopiło się. Jacek proponuje wyposażenie dzieci w odbiorniki sygnału ultradźwiękowego, na których powinny naciskać przycisk czuwania, który odbierałyby przedszkolanki posiadające centralny nadajnik takiego sygnału. Ten centralny nadajnik powinien nadawać sygnał kontrolny np. co dwie sekundy i natychmiast informować przedszkolankę o braku odpowiedzi dziecka.

Idea jest słuszna, ale sposób realizacji nieco zbyt złożony. Widzimy często dzieci przedszkolne, które idą trzymając w rączkach kolejne pętle zrobione na stosunkowo grubym sznurze. Można by ten system ulepszyć przez wprowadzenie kontroli trzymania pętli przez dziecko, a ten system byłby znacznie mniej skomplikowany i tańszy.

Piotr Wojciechowski nadesłał pomysł na: „drugie życie dla kartonów opakowaniowych". Pisze, że współczesne kartony opakowaniowe są produkowane bardzo profesjonalnie, z kolorowymi nadrukami i z dobrej jakości kartonu. Proponuje wprowadzenie przepisów, premiujących opakowania, które po wyjęciu z nich świeżego nabytku można łatwo przystosować do pełnienia nowej funkcji. Zmniejszyłoby to ilość wyrzucanych na śmietnik opakowań i poprawiło ekonomię zakładów tracących spore środki na jednorazowe w zasadzie opakowania.

Jeżeli historycy dzielą epokę kamienia (kamień łupany, potem gładzony), to nasz współczesny świat zyska nazwę „świata śmieciowego". Każdy pomysł, który przyniósłby jakąś ulgę w tym oceanie śmieci, zasługuje na wdrożenie.

eprasa.pl fad3467d02

Zbliża się pora dawania podarunków. Niezwykłą popularnością cieszą się eleganckie pudełka z kitami elektronicznymi serii EDU BOX – widok na stronie obok. W każdym pudełku mamy kilka kitów, to jest zestawów do lutowania, zawierających płytkę drukowaną, komplet elementów, cynę i szczegółową instrukcję montażu. **To idealny podarek dla ciekawych elektroniki**, którzy dopiero biorą lutownicę do ręki. Trochę lutowania i mamy grające minipianino, bijące serce, itp. Gwarantuję – wielka frajda! Tylko uprzedzam – elektronika to groźny bakcyl. Jak go złapiesz to zdarza się, że możesz się zarazić na całe życie. Mnie się to przytrafiło. Dawno, dawno temu, gdy miałem 9 lat zrobiłem dzwonek według opisu w „Młodym Techniku" i zostałem elektronikiem na całe życie.

Wiele kitów z serii EDU BOX dokładnie opisano w rubryce Junior siostrzanego miesięcznika naszego wydawnictwa – „Elektronika dla Wszystkich". To bardzo szczegółowe, niezwykle pouczające opisy.

Oto przykład – skrót artykułu z EdW 9/2025 na temat projektu MINIPIANINO (wydania EdW są dostępne na www.ulubionykiosk.pl).

Prof. Wiesław Marciniak

Minipianino

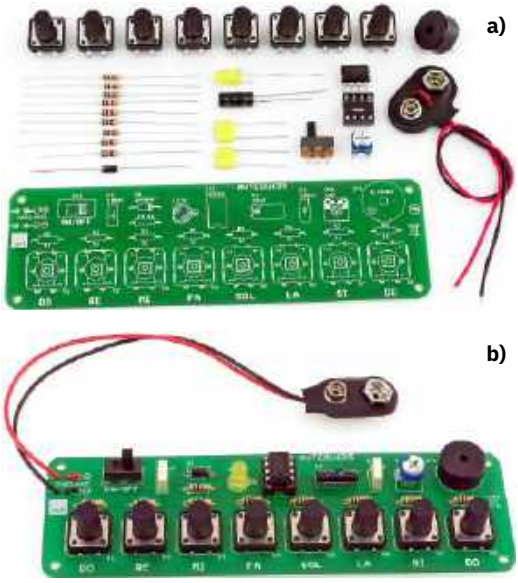
Bohaterem dzisiejszego spotkania jest zestaw do samodzielnego montażu o nazwie Minipianino i kodzie **AVTEDU635 w pudełku nr 6**. Jak nietrudno się domyślić, jest to bardzo prosty, a jednocześnie niezwykle wciągający instrument elektroniczny, który pozwala zagrać skalę dźwięków za pomocą ośmiu przycisków.

Został on zaprojektowany z wykorzystaniem popularnych i łatwo dostępnych elementów: układu czasowego **NE555**, zestawu ośmiu przycisków, pasywnego buzzera piezoelektrycznego, kilku rezystorów i kondensatorów, potencjometru, diody prostowniczej oraz diody LED sygnalizującej obecność napięcia zasilania, a także włącznika i baterii podłączanej do układu za pomocą kabelka ze złączem typu kijanka.

Po podłączeniu zasilania i naciśnięciu jednego z przycisków układ generuje ton odpowiadający w przybliżeniu jednej z ośmiu nut: DO, RE, MI, FA, SOL, LA, SI, DO. Dzięki temu można zagrać proste melodie lub poeksperymentować z własnymi sekwencjami dźwięków. Oprócz walorów zabawowych jest to świetna okazja, by poznać lub przypomnieć sobie zasadę działania popularnego układu NE555 w trybie astabilnym. Zestaw przed i po zmontowaniu pokazano na **fotografiach 1a** i **1b**.

Omówienie schematu

Sercem układu jest jeden z najbardziej rozpoznawalnych i cenionych przez elektroników układów scalonych – NE555 (IC1). W tym projekcie pracuje on jako generator sygnału prostokątnego, którego częstotliwość – a więc wysokość dźwięku – zależy od rezystancji w obwodzie ładowania i rozładowania kondensatora C2.



Fotografia 1. Minipianino (kod AVTEDU635): a) zestaw do samodzielnego montażu, b) zmontowany układ

eprasa.pl fad3467d02

AVT Kits

SERIA ZESTAWÓW DO NAUKI LUTOWANIA

NOWOŚĆ · SIEDEM PUDEŁEK

EDU BOX

Otwierasz, lutujesz, działa. Komplet elementów i kolorowa instrukcja po polsku w każdym pudełku.

1 · 3 KITY	2 · 3 KITY	3 · 3 KITY	4 · 3 KITY	5 · 4 KITY	6 · 5 KITÓW	7 · 7 ROBACZKÓW
THE BEST OF	THE BEST OF	THE BEST OF	THE BEST OF	THE BEST OF	THE BEST OF	THE BEST OF
Dwukolorowy kwiatek LED	**Kolorofon LED**	**Super Ucho**	**Pikająca kostka do gry**	**Bijące serce LED**	**Minipianino**	**6× Robo-Bug LED**

Kolorowa instrukcja po polsku w każdym zestawie

ZDJĘCIA MONTAŻU · SCHEMAT · WYKAZ ELEMENTÓW · KOLEJNOŚĆ LUTOWANIA

Lutownica, kilka elementów i układ, który świeci, gra albo mierzy temperaturę.

EDU BOX to siedem pudełek dla tych, którzy dopiero biorą lutownicę do ręki. W każdym od trzech do siedmiu kompletnych zestawów AVT — płytki, komplet elementów i kolorowa instrukcja po polsku. Od pierwszego migającego LED-a po kolonię świecących robaczków na wibrujących silniczkach.

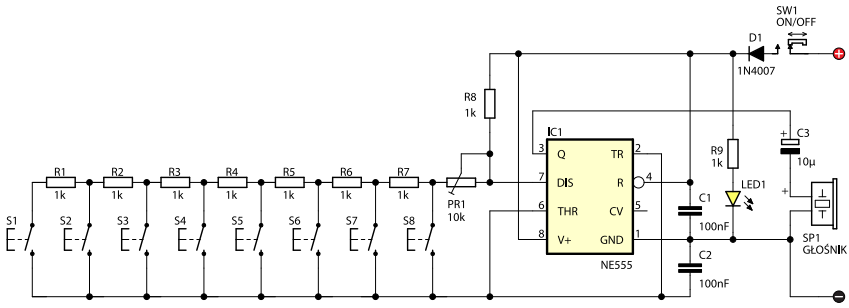
1. **Dla początkujących**
   Montaż przewlekany, bez elementów SMD
2. **Komplet elementów**
   Płytki, podzespoły, cyna i instrukcja. Lutownicę i baterie dokupujesz osobno
3. **Kolorowa instrukcja po polsku**
   Zdjęcia montażu, schemat i wykaz elementów — w pełnym kolorze
4. **Efekt widać od razu**
   Światło, dźwięk i czujniki — działa zaraz po zmontowaniu

sklep.avt.pl

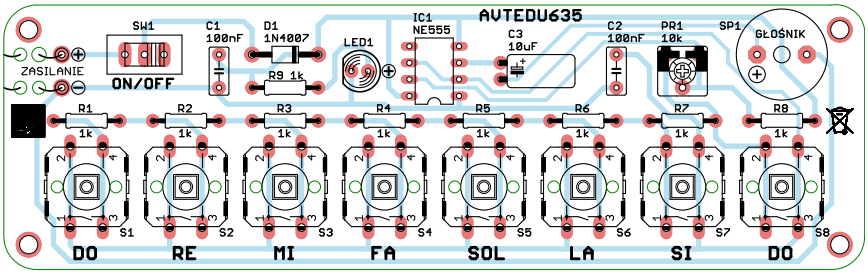
AVT SPV Sp. z o.o. · ul. Leszczynowa 11 · 03-197 Warszawa

EDU BOX 1–7
AVTEDUBOX1 … AVTEDUBOX7
zeskanuj i zobacz serię

eprasa.pl fad3457d02



Rysunek 1. Schemat ideowy układu



Rysunek 2. Schemat montażowy układu

Do wyboru częstotliwości służą przyciski S1...S8, włączone w różne punkty łańcucha utworzonego przez rezystory R1...R7 (po 1 kΩ każdy) oraz potencjometr PR1. Naciśnięcie przycisku powoduje „skrócenie" tego łańcucha – do obwodu kondensatora C2 trafia wtedy tylko część rezystorów. Zmiana całkowitej rezystancji bezpośrednio wpływa na częstotliwość pracy NE555, a więc i na wysokość generowanego tonu.

Punkty w szeregu dobrano tak, aby częstotliwości odpowiadały – w przybliżeniu – kolejnym dźwiękom gamy muzycznej. Dokładniejsze omówienie pracy generatora znajdziesz w dalszej części tego artykułu.

Mam jednak dla Ciebie **dobrą wiadomość – a nawet dwie. Pierwsza:** jeśli uznasz, że opis działania generatora jest zbyt skomplikowany, możesz śmiało pominąć ten fragment. Jeśli chcesz po prostu złożyć *Minipianino*, możesz nawet zrezygnować z całego wstępu teoretycznego i od razu przejść do sekcji opisującej montaż kolejnych komponentów na płytce. Jeśli wykonasz poprawnie wszystkie opisane tam kroki, układ na pewno zadziała. **Druga:** jeśli zdecydujesz się jednak na lekturę części teoretycznej, istnieje spora szansa, że zdobędziesz wiedzę, którą wykorzystasz w samodzielnie projektowanych układach elektronicznych, a także świadomie uruchomisz je – na przykład na uniwersalnych płytkach stykowych, z samodzielnie dobranych komponentów. Brzmi kusząco? Owszem. Ale zdecydowanie nie jest to obowiązkowe!

Schemat ideowy *Minipianina* przedstawiono na **rysunku 1**, natomiast na **rysunku 2** znajduje się jego schemat montażowy. Ułatwia on nie tylko odnalezienie poszczególnych elementów na płytce drukowanej, ale także pozwala szybko sprawdzić poprawność wykonanych połączeń – szczególnie wtedy, gdy pojawia się wątpliwość, czy dwa znajdujące się blisko siebie pady lub ścieżki powinny być ze sobą połączone, czy też pozostać elektrycznie odseparowane.

Włącznik zasilania

Prąd z dodatniego bieguna baterii podawany jest za pomocą przylutowanego do płytki przewodu w kolorze czerwonym. Przewód ten przylutowany jest do padu lutowniczego na płytce, łączącego się – za pomocą miedzianej ścieżki – z jednym ze skrajnych wyprowadzeń **włącznika** oznaczonego na schemacie i płytce za pomocą desygnatora **SW1**. Włącznik ten umożliwia włączenie lub odłączenie zasilania całego układu, dzięki czemu możemy decydować, kiedy układ pobiera prąd z baterii – a ta ma przecież ograniczoną pojemność i zapewnia tylko określony czas pracy. W prostych, budżetowych zestawach konstruktorzy często rezygnują z montażu

eprasa.pl fad3467d02

włącznika, aby obniżyć koszty produkcji. Wtedy użytkownik musi po zakończonej zabawie samodzielnie przerwać obwód, np. wyjmując jedną z baterii z koszyczka. Choć daje to podobny efekt elektryczny (brak zamkniętej ścieżki przepływu prądu), to jednak szybkie przesunięcie dźwigni włącznika jest znacznie wygodniejsze i mniej naraża elementy na mechaniczne zużycie.

Zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją

Za włącznikiem SW1 znajduje się **dioda prostownicza D1** (1N4007) włączona szeregowo. Jej zadaniem jest ochrona układu przed błędnym podłączeniem zasilania. Jeśli przez pomyłkę podłączysz baterię na odwrót, dioda D1 zablokuje przepływ prądu, zapobiegając uszkodzeniu układu scalonego NE555. Dioda 1N4007 powoduje spadek napięcia około 0,6...0,7 V, co oznacza, że napięcie mierzone względem ujemnego bieguna baterii za diodą D1 będzie około 0,6...0,7 V niższe niż to zmierzone przed nią. W tym prostym układzie nie stanowi to problemu – instrument działa poprawnie nawet przy sporo niższym napięciu zasilania.

Filtracja zasilania

Kondensator C1 służy tu do filtracji napięcia zasilającego. Odsprzęga on, czyli filtruje szumy i wysokoczęstotliwościowe zakłócenia w zasilaniu NE555, które mogłyby powodować niepożądane zmiany częstotliwości generatora lub jego pojedyncze losowe przełączenia. Warto pamiętać, że zakłócenia mogą pochodzić nie tylko z zewnątrz – źródłem impulsów zakłócających są także zastosowane w urządzeniu układy scalone, zwłaszcza podczas szybkiego przełączania stanów logicznych.

Sygnalizacja obecności zasilania

Za diodą prostowniczą prąd rozgałęzia się. Jedna z dróg prądu wiedzie przez rezystor R9 oraz diodę LED1 a następnie wraca do ujemnego bieguna baterii. Prąd w tej gałęzi płynie więc natychmiast po ustawieniu przełącznika SW1 w pozycję „ON", niezależnie od tego, co dzieje się w dalszej części układu. Tym samym dioda wskazuje obecność napięcia zasilającego w układzie.

Separacja składowej stałej

Kondensator C3 (10 µF) znajduje się w torze sygnałowym pomiędzy wyjściem układu NE555 (pin 3) a buzzerem pasywnym SP1. Jest włączony szeregowo z buzzerem, a jego drugi koniec jest połączony z „plusem" przetwornika, którego „minus" jest dołączony do masy.

Kondensator C3 pełni tu rolę **kondensatora separującego**, nazywanego też **kondensatorem sprzęgającym** (ang. *coupling capacitor*). Na wyjściu NE555, oprócz sygnału zmiennego (dźwięku), występuje także **składowa stała** – napięcie równe mniej więcej połowie napięcia zasilania. Gdyby buzzer był podłączony bezpośrednio, dostawałby nie tylko sygnał dźwiękowy, ale też to napięcie stałe, co powodowałoby trwałe utrzymywanie ładunku elektrycznego w materiale piezoelektrycznym i długotrwałe naprężenie mechaniczne membrany.

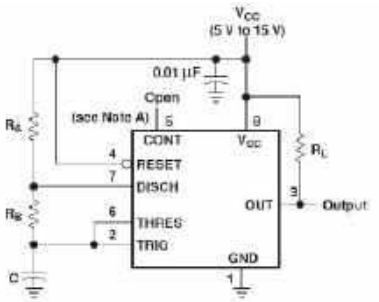
Kondensator C3 „odcina" składową stałą, przepuszczając jedynie zmienny sygnał elektryczny odpowiedzialny za wytwarzanie dźwięku. Dzięki temu membrana piezoelektryczna pozostaje w położeniu neutralnym, a jej drgania wynikają wyłącznie z przebiegu akustycznego generowanego przez układ.

Wartość kondensatora C3 (10 µF) dobrano tak, aby dobrze przepuszczał dźwięki wytwarzane przez układ. Kondensator działa trochę jak bramka – łatwiej przepuszcza sygnały, które szybko się zmieniają (wysokie tony), a słabiej te, które zmieniają się powoli (bardzo niskie tony). W elektronice istnieje prosty wzór, który pozwala obliczyć, od jakiej częstotliwości kondensator zaczyna dobrze przewodzić sygnał – uwzględnia on pojemność kondensatora oraz opór elementu, do którego jest on podłączony (w tym przypadku impedancję buzzera). Gdyby pojemność była dużo mniejsza, kondensator „odcinałby" więcej niskich tonów i dźwięk stałby się „cienki". Z kolei większa pojemność poprawiłaby przenoszenie niskich tonów, ale w tym projekcie nie jest to potrzebne, bo buzzer piezoelektryczny najlepiej działa w zakresie średnich i wyższych tonów, jakie generuje NE555.

Generator astabilny

Na pierwszy rzut oka schemat *Minipianina* wydaje się banalnie prosty – kilka rezystorów, kondensator, scalak i już. Jednak to, co dzieje się w środku tej niewielkiej, ośmionóżkowej kostki, dla niewtajemniczonych może pozostać zagadką. Sama nazwa układu nie zdradza jeszcze, jak dokładnie kształtuje się sygnał na wyjściu. Tu z pomocą przychodzi coś w rodzaju „instrukcji obsługi" dla elektronika – nota katalogowa. To właśnie w niej producenci

eprasa.pl fad3467d02



Rysunek 3. Przedruk rysunku 6-5 z noty katalogowej TI – konfiguracja układu dla pracy astabilnej. Źródło: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf

zamieszczają nie tylko dane techniczne, ale też przykładowe schematy i wzory, dzięki którym można zrozumieć, co tak naprawdę dzieje się w układzie. Dla popularnego NE555 wystarczy zajrzeć do dokumentacji Texas Instruments (https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf) i odszukać rysunek 6-5 na stronie 12. Od razu widać, że jeden z pokazanych tam przykładów bardzo przypomina fragment naszego projektu. Przedruk tego rysunku dostępny jest poniżej (**rysunek 3**).

Szczegółowe wyjaśnienia i obliczenia na podstawie noty katalogowej znajdziesz w pełnej wersji artykułu w EdW 09/2025.

Strojenie Minipianina

Sumaryczna rezystancja zastępcza, utworzona przez rezystory R1...R7 oraz potencjometr PR1, ma wpływ zarówno na czas ładowania, jak i rozładowywania kondensatora C2, a tym samym przekłada się na częstotliwość generowaną przez układ NE555. Potencjometr PR1 pozwala zgrubnie dostroić pojedynczy dźwięk dla naciśniętego w danej chwili przycisku *Minipianina*.

Niestety, z uwagi na umiejscowienie tego potencjometru w łańcuchu, jego regulacja wpływa na wszystkie klawisze muzyczne jednocześnie, co uniemożliwia dostrojenie każdego dźwięku osobno. Taką funkcjonalność można by uzyskać, stosując szeregowo z każdym przyciskiem muzycznym dodatkowy potencjometr – najlepiej precyzyjny, wieloobrotowy.

Częstotliwości muzycznej gamy

Gdybyś w przyszłości chciał zbudować podobny instrument (na przykład na płytce stykowej), ale z idealnie wyskalowanymi dźwiękami odpowiadającymi prawdziwej gamie, musiałbyś dążyć do uzyskania częstotliwości jak na liście poniżej:

Rozpiska (częściowa) – gama C-dur w równomiernie temperowanym stroju (A4 = 440 Hz)

- **C4 (Do)** 261,63 Hz
- **D4 (Re)** 293,66 Hz
- **E4 (Mi)** 329,63 Hz
- **F4 (Fa)** 349,23 Hz
- **G4 (Sol)** 392,00 Hz
- **A4 (La)** 440,00 Hz
- **H4 (Si)** 493,88 Hz
- **C5 (Do)** 523,25 Hz
- **D5 (Re)** 587,33 Hz
- **E5 (Mi)** 659,25 Hz
- **F5 (Fa)** 698,46 Hz
- **G5 (Sol)** 783,99 Hz
- **A5 (La)** 880,00 Hz
- **H5 (Si)** 987,77 Hz
- **C6 (Do)** 1046,50 Hz

Wzór (gdybyś chciał liczyć dowolny dźwięk)

Dla stroju A4 = 440 Hz:

$$f = 440 \cdot 2^{\frac{n-69}{12}}$$

gdzie n to numer klawisza w standardzie MIDI (np. C4 = 60, A4 = 69).

Montaż układu

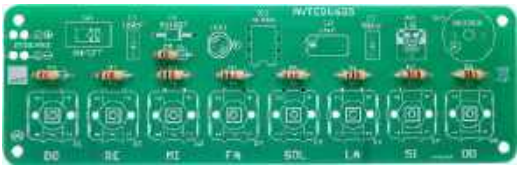
Montaż układów elektronicznych warto rozpoczynać od komponentów o najniższym profilu – takich jak rezystory, diody czy małe kondensatory – a kończyć na tych najwyższych, jak złącza, przekaźniki czy duże kondensatory elektrolityczne. Taka kolejność ułatwia pracę: płytka stabilnie leży na stole, a niskie elementy nie są zasłaniane przez wyższe, co pozwala na wygodne lutowanie i estetyczny montaż.

Choć ogólna zasada mówi, by zaczynać od najniższych komponentów i przechodzić stopniowo do wyższych, w praktyce zdarzają się wyjątki. Czasem trudno jednoznacznie ocenić, czy wyższy jest kondensator, czy dioda LED. W takich przypadkach warto kierować się zdrowym rozsądkiem i uwzględnić wygodę pracy. Dla zachowania estetyki i precyzji montażu, diody LED często lepiej jest przylutować wcześniej – zanim dostęp do ich wyprowadzeń utrudnią sąsiednie elementy o podobnych lub większych gabarytach. Taką zdroworozsądkową kolejność proponuję w opisie poniżej.

Montaż rezystorów

Zgodnie ze schematem i wykazem elementów w zestawie powinno znajdować się dziewięć rezystorów. Wszystkie rezystory zastosowane w układzie mają jednakową wartość: 1 kΩ.

eprasa.pl fad3467d02



Fotografia 2. Rezystory są elementami bez polaryzacji i montujemy je na odpowiednich pozycjach, zgodnie z wykazem elementów, w dowolnym kierunku. Wartość każdego z rezystorów warto dla pewności zmierzyć za pomocą multimetru lub sprawdzić, czy kolory i ich kolejność są zgodne z powyższą fotografią

Warto jednak upewnić się, że zastosowane rezystory rzeczywiście mają wspomnianą wartość. Można to zrobić za pomocą multimetru ustawionego na funkcję omomierza.

Gdyby stanowiło to problem, skorzystaj z instrukcji dostępnej na stronie https://elportal.pl/do-pobrania – znajdziesz tam dokument „Pomiar wartości rezystorów za pomocą multimetru", przygotowany jako materiał uzupełniający do EdW 11/2024. Warto mieć go pod ręką – można go wydrukować i traktować jako praktyczną ściągę podczas każdego pomiaru.

Rezystor nie ma biegunowości – działa tak samo niezależnie od kierunku przepływu prądu. Dzięki temu jego montaż na płytce nie wymaga uwzględniania orientacji. Zgadzać się muszą jedynie lokalizacja i wartość montowanego rezystora (akurat w tym układzie wszystkie rezystory mają taką samą wartość). Kierunek montażu pozostaje dowolny. Na **fotografii 2** pokazano poprawnie zamontowane rezystory.

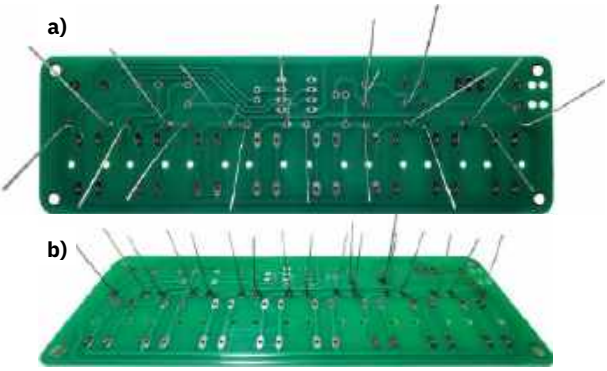
Dwa spotkania temu zwróciłem uwagę na to, w jaki sposób warto lutować do płytki komponenty przewlekane, aby w razie potrzeby można je było łatwo wymienić. Temat ten będę konsekwentnie przypominał, gdyż podczas montażu zawsze warto mieć z tyłu głowy, że któryś z komponentów może się w przyszłości uszkodzić lub – już na etapie składania – okaże się, że został użyty niewłaściwy element i konieczna będzie jego wymiana. Warto być na taką okoliczność przygotowanym, stosując się do wskazówek montażu przyjaznego naprawom. Od tego, jak zamontujemy dany komponent, zależy, czy ewentualna naprawa okaże się udręką, czy raczej czystą przyjemnością.

Zaginanie wyprowadzeń elementów THT (czyli przeznaczonych do montażu przewlekanego) może wydawać się wygodne – stabilizuje je w otworach i zapobiega wypadaniu przed lutowaniem. Niestety, taki sposób montażu znacznie utrudnia późniejszy demontaż uszkodzonych lub błędnie zamontowanych komponentów. Szczególnie kłopotliwe bywa wylutowanie diod LED z twardymi wyprowadzeniami zagiętymi pod mniejszym lub większym kątem do płytki – często kończy się to uszkodzeniem samego elementu, a czasem także płytki drukowanej.

Aby tego uniknąć, po umieszczeniu elementu w otworach warto jego wcześniej zagięte piny wyprostować przed lutowaniem – tak, by znów były ustawione prostopadle do płytki. Komponent nie wypadnie, ponieważ po odwróceniu całości leży oparty o stół i jest przytrzymywany przez samą płytkę.

Taka technika montażu znacznie ułatwia ewentualną wymianę elementu – skrócone, niezablokowane piny łatwo przechodzą przez otwory po ponownym rozgrzaniu lutu.

Na **fotografii 3a**, pokazano rezystory włożone do płytki, jeszcze z zagiętymi wyprowadzeniami.



Fotografia 3. a) rezystory obostronnie zagięte, celem bezpiecznego obrócenia płytki o 180° i oparcia jej o blat; b) rezystory po procesie lutowania przyjaznego naprawom – przed przylutowaniem każde wyprowadzenie rezystora zostało ustawione pod kątem prostym do płytki

Rysunek 4. Właściwe miejsce cięcia nadmiaru wyprowadzeń po przylutowaniu komponentu. Po wykonaniu cięcia spoina powinna pozostać nienaruszona

eprasa.pl fad3467d02

Po ustawieniu płytki na stole, gdy wszystkie rezystory zostały unieruchomione pod wpływem ciężaru płytki pomiędzy nią samą a stołem, kolejne wyprowadzenia były ponownie ustawiane pod kątem prostym do płytki i dopiero wtedy w niej lutowane. Efekt końcowy lutowania rezystorów pokazano na **fotografii 3b**.

Nadmiar wyprowadzeń obetnij przy użyciu obcinaczek. Pamiętaj, aby nie ścinać lutu – cięcie wykonuj dopiero za miejscem, w którym kończy się spoina i wystaje samo wyprowadzenie (**rysunek 4**).

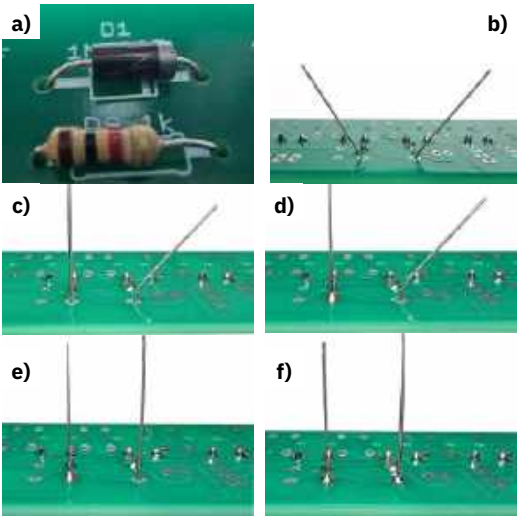
Montaż diody prostowniczej

Ponieważ każda dioda prostownicza przewodzi prąd tylko w jednym kierunku (w przeciwnym kierunku przepuszcza jedynie śladowy prąd wsteczny), wlutuj ją tak, aby srebrny pasek na obudowie diody był zwrócony w tym samym kierunku, co biały pasek widoczny na symbolu diody na płytce PCB. **Fotografie 4a...4f** pokazują, jak zamontować diodę D1 w sposób umożliwiający jej łatwą wymianę w przyszłości.

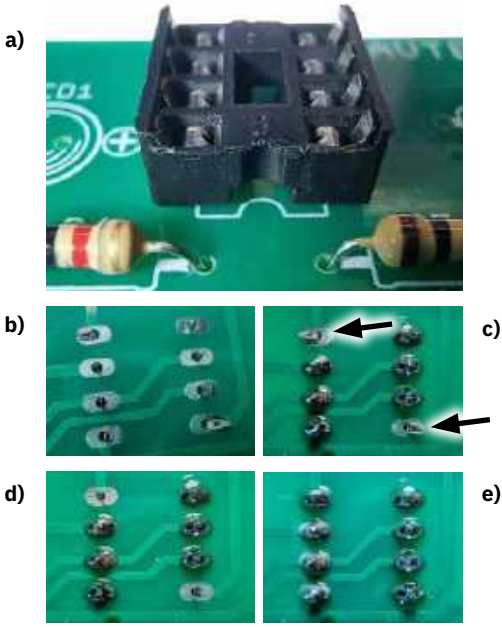
Montaż podstawki pod układ scalony US1

Kolejnym elementem do zamontowania jest podstawka pod układ scalony. Znacznik kierunku w podstawce (wybranie w podstawce) musi pokrywać się ze wskaźnikiem kierunku nadrukowanym białą farbą na warstwie opisowej płytki PCB (**fotografia 5a**). Po włożeniu podstawki do płytki PCB upewnij się, że wszystkie wyprowadzenia przeszły przez otwory, a następnie rozegnij na boki dwa skrajne wyprowadzenia po przekątnej, by podstawka nie wypadła z płytki po jej odwróceniu (**fotografia 5b**). Następnie przylutuj wszystkie prostopadłe do płytki wyprowadzenia (**fotografia 5c**), a po ich przylutowaniu wyprostuj (ustaw pionowo względem płytki) dwa pozostałe (**fotografia 5d**). Na koniec przylutuj dwa wyprostowane wyprowadzenia do płytki (**fotografia 5e**).

Podczas lutowania pinów do płytki staraj się, by pomiędzy lutowanymi wyprowadzeniami nie powstały niechciane połączenia, czyli zwarcia, zwane również mostkami lutowniczymi. Jeśli podczas lutowania pojawią się zwarcia, najłatwiej będzie, trzymając płytkę jedną ręką, ustawić ją pod kątem prostym względem blatu. Następnie



Fotografia 4. Poprawny montaż diody prostowniczej D1 na płytce PCB: a) kierunek pasków na diodzie oraz symbol nadrukowany na płytce musi być zgodny; etapy b), c), d), e) i f) pokazują sposób montażu diody D1, który umożliwia jej łatwą wymianę w przyszłości



Fotografia 5. a) znacznik kierunku w obudowie podstawki musi być skierowany zgodnie ze wskaźnikiem kierunku nadrukowanym na płytce PCB; b) po włożeniu podstawki do płytki PCB upewnij się, że wszystkie wyprowadzenia przeszły przez otwory, a następnie rozegnij na boki dwa skrajne wyprowadzenia po przekątnej, aby podstawka nie wypadła z płytki po jej odwróceniu; c) przylutuj wszystkie prostopadłe do płytki wyprowadzenia; d) po ich przylutowaniu wyprostuj (ustaw pionowo) dwa pozostałe; e) przylutuj wyprostowane wyprowadzenia do płytki

eprasa.pl fad3467d02

należy ponownie podgrzać połączone pola lutownicze oraz przy pomocy grotu lutownicy i siły grawitacji pozwolić nadmiarowi cyny spłynąć na blat. Dzięki temu uwolnisz pady podstawki od zwarć.

Montaż kondensatorów ceramicznych

Elementami sugerowanymi do zamontowania w następnej kolejności są kondensatory C1 oraz C2, oba o tej samej wartości 100 nF. Kondensatory ceramiczne to elementy niespolaryzowane (symetryczne), w związku z czym kierunek montażu tego typu kondensatorów pozostaje dowolny. Warto sprawdzić, czy oba mają taką samą wartość i sprawdzić, czy pokrywa się ona z tą zadeklarowaną na wykazie komponentów.

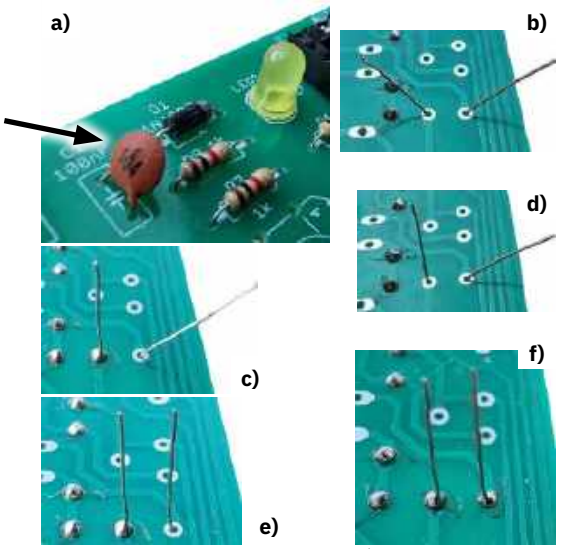
Na obudowie kondensatora o wartości 100 nF (**fotografia 6**) znajduje się napis „104". Jednak w zależności od producenta kondensatora równie dobrze mógłby się tam znaleźć napis, np. „µ1" lub „100n".

- W przypadku opisu „µ1" przedrostek „mikro" został umieszczony jako przecinek pomiędzy (niewidocznym) zerem oraz jedynką („µ1" –> „0µ1" –> „0,1 µ"). Ponieważ mówimy o kondensatorach, a więc o pojemności, których jednostką jest F (Farad), domyślamy się, że „0,1 µ" –> „0,1 µF". Żeby z wartości podanej w mikrofaradach uzyskać wartość w nanofaradach, należy wartość w mikrofaradach pomnożyć przez tysiąc. $0,1\mu F \cdot 1000 = 100nF$
- W przypadku opisu pojemności (której jednostką podstawową jest Farad) „100 n" literka „n" oznacza, że wartość została podana w nanofaradach. Mamy zatem 100 nF.
- W przypadku opisu „104" brak literki „n" oznacza, że wartość podana jest w pikofaradach. Jednak ostatnia pozycja wskazuje na liczbę zer, którą należy dodać do liczby poprzedzającej. Mamy tu więc 10 i 4 zera pikofaradów, czyli: 100000 pF. Żeby otrzymać wynik w nanofaradach, trzeba pikofarady podzielić przez tysiąc. Otrzymamy zatem wynik 100 nF.

Innymi słowy, oznaczenia „µ1", „100n" oraz „104" opisują dokładnie tę samą wartość: 100 nF.

Fotografie 6b...6f pokazują, jak zamontować kondensatory C1 oraz C2, aby w przyszłości można je było łatwo wymienić.

Nadmiar wyprowadzeń obetnij przy użyciu obcinaczek. Pamiętaj, aby nie ścinać lutu – cięcie wykonuj dopiero za miejscem, w którym kończy się spoina i wystaje samo wyprowadzenie (**rysunek 4**).



Fotografia 6. Montaż kondensatorów ceramicznych C1 oraz C2: a) kierunek montażu jest obojętny. Na obudowie kondensatora widać napis „104", informujący o pojemności 10 i 4 zera pikofaradów (100 000 pF), czyli 100 nF; b) po włożeniu kondensatorów do płytki rozegnij lekko ich wyprowadzenia, aby nie wypadły po odwróceniu płytki do góry nogami; c) oprzyj płytkę o blat, a następnie wyprostuj do pionu jedno z wyprowadzeń; d) przylutuj wyprowadzenie pod kątem prostym do płytki; e) wyprostuj do pionu drugie wyprowadzenie; f) przylutuj drugie wyprowadzenie pod kątem prostym do płytki

Montaż kondensatora elektrolitycznego

W prezentowanym zestawie znajdziemy tylko jeden kondensator elektrolityczny, oznaczony na schemacie i płytce drukowanej symbolem C3. Jego pojemność to 10 µF – wartość tę można odczytać bezpośrednio z obudowy, obok informacji o dopuszczalnym napięciu pracy. W moim egzemplarzu trafił się kondensator o parametrach 10 µF/63 V.

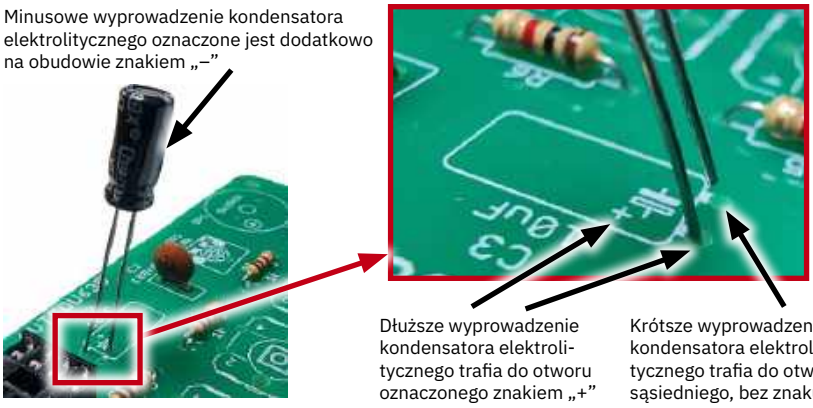
Rola napięcia roboczego kondensatora była już wielokrotnie omawiana podczas wcześniejszych spotkań. Ponieważ jednak każdy odcinek ma być samodzielną i kompletną całością, pozwolę sobie jeszcze raz przypomnieć kilka istotnych informacji.

Najważniejszym parametrem kondensatora z punktu widzenia działania układu jest jego pojemność – w przypadku tych elektrolitycznych – wyrażona w mikrofaradach. Pojemność

eprasa.pl fad3467d02

wpływa na zachowanie obwodu. Napięcie robocze (tutaj: 63 V) określa natomiast górną granicę napięcia, jakie można bezpiecznie przyłożyć do kondensatora, bez ryzyka jego uszkodzenia. Nasz układ pracuje przy napięciu nominalnym baterii 9 V, więc zapas bezpieczeństwa jest wręcz olbrzymi.

Możemy zatem spokojnie zastosować kondensator o wyższym lub niższym napięciu dopuszczalnym, jeśli taki akurat mamy pod ręką. **Niedopuszczalne natomiast jest stosowanie kondensatorów, których napięcie pracy jest niższe od napięcia występującego w układzie. Może to prowadzić do awarii, a nawet (w przypadku kondensatorów elektrolitycznych) do ich wybuchu. Z tego powodu zawsze należy używać okulary ochronne przy pierwszym uruchamianiu układu – nawet jeśli układ tej zasilany jest z baterii.** Trzeba też mieć na uwadze, że kondensatory przystosowane do pracy przy wyższych napięciach mają zwykle większe gabaryty. Należy więc upewnić się, że taki element fizycznie zmieści się na płytce.

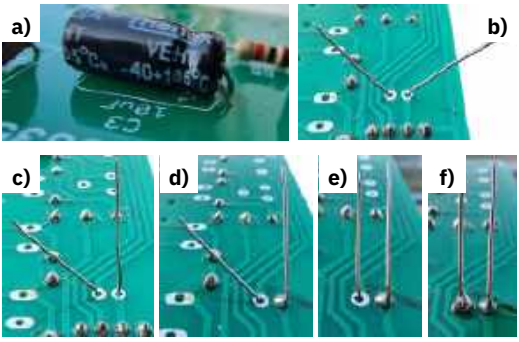


Rysunek 5. Poprawny, zgodny z polaryzacją sposób włożenia kondensatora elektrolitycznego C3 do płytki PCB. Na płytce znakiem „+” oznaczono otwór, w którym należy umieścić dodatnie (dłuższe) wyprowadzenie kondensatora elektrolitycznego, a na korpusie (obudowie) kondensatora w sposób bardzo wyraźny zaznaczono wyprowadzenie ujemne kondensatora, które jest przy okazji wyprowadzeniem krótszym. Należy je zamontować do sąsiedniego otworu kondensatora elektrolitycznego (bez znaku)

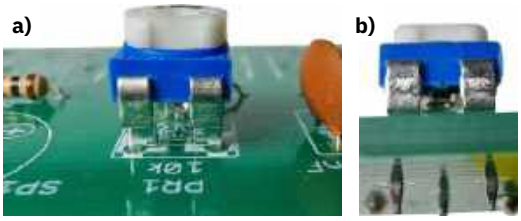
Kondensator elektrolityczny, jak zapewne pamiętasz, jest elementem spolaryzowanym i, podobnie jak ma to miejsce w przypadku diod LED, tu również dłuższa nóżka nowego (nieprzyciętego jeszcze) elementu jest wyprowadzeniem dodatnim (+) a krótsza ujemnym (–). Poprawny montaż kondensatora elektrolitycznego C3 na płytce PCB pokazano na **fotografii 7a**.

Obrys komponentu na warstwie opisowej PCB (prostokąt zamiast okręgu) sugeruje, że zamysłem projektanta był montaż poziomy kondensatora, dlatego – zgodnie z takim zamysłem – kondensator ten warto zamontować w pozycji leżącej. Poprawnie zamontowany kondensator elektrolityczny pokazano na fotografii 7a.

Fotografie 7b...7f pokazują, jak zamontować kondensator C3 w sposób umożliwiający



Fotografia 7. Montaż kondensatora elektrolitycznego C3: pamiętając o konieczności zachowania właściwej polaryzacji: a) zamontuj kondensator na leżąco; b) rozegnij lekko jego wyprowadzenia, aby nie wypadł po odwróceniu płytki do góry nogami; c) odegnij do pionu jedno z wyprowadzeń; d) przylutuj odgięte do pionu wyprowadzenie prostopadle do płytki; e) odegnij do pionu drugie wyprowadzenie; f) przylutuj odgięte do pionu wyprowadzenie prostopadle do płytki



Fotografia 8. a) Prawidłowo zamontowany do płytki potencjometr PR1; b) po dociśnięciu potencjometru do płytki wszystkie trzy jego wyprowadzenia powinny wystawać po stronie lutowania na tę samą długość

eprasa.pl fad3467d02

jego łatwą wymianę w przyszłości (lutowanie wyprowadzeń prostopadle do PCB).

Montaż potencjometru

W układzie zastosowano tylko jeden potencjometr, więc nie ma ryzyka pomylenia wartości. Niemniej jednak warto upewnić się, że do zestawu dołączono potencjometr o właściwej wartości. Na jego obudowie powinieneś odnaleźć napis „103", który oznacza, że potencjometr ten ma wartość „10 i 3 zera" Ω, a więc 10 000 Ω, czyli 10 kΩ, co pokrywa się z wartością wskazaną w załączonej do zestawu liście materiałowej.

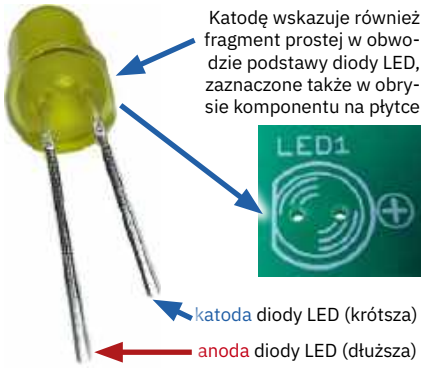
Ze względu na niesymetryczny układ wyprowadzeń tego komponentu, praktycznie niemożliwe jest jego błędne zamontowanie. Należy osadzić go w trzech otworach na pozycji opisanej jako PR1, a następnie z wyczuciem docisnąć do płytki PCB (**fotografia 8a**), tak aby wszystkie trzy wyprowadzenia potencjometru przeszły przez płytkę PCB i wystawały po stronie lutowania na taką samą wysokość (**fotografia 8b**). Na koniec pozostaje przylutować do płytki PCB wszystkie trzy wyprowadzenia.

Montaż diod LED

Podczas montażu diod LED należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ każda dioda jest elementem spolaryzowanym. Każda z diod posiada anodę, którą należy podłączyć do dodatniego potencjału zasilania oraz katodę, którą podłącza się do ujemnego bieguna zasilania. W przypadku diod LED anoda jest zawsze wyprowadzeniem dłuższym a katoda jest krótsza (**rysunek 6**).

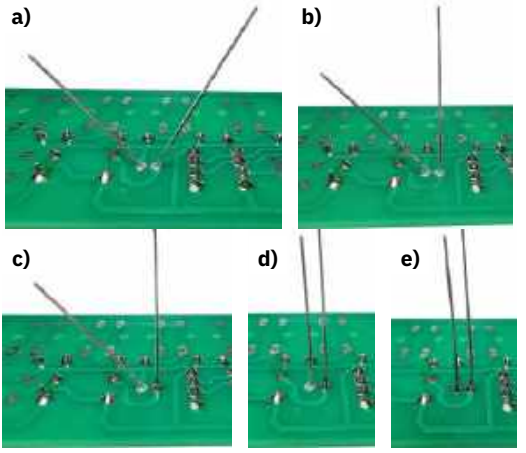
Rysunek 7 przedstawia poprawny montaż diody LED do płytki, a **fotografie 9a...9e** pokazują, jak przylutować diodę LED1 w sposób umożliwiający jej łatwą wymianę w przyszłości.

Nadmiar wyprowadzeń obetnij przy użyciu obcinaczek. Pamiętaj, aby nie ścinać lutu – cięcie



Rysunek 6. Opis wyprowadzeń diody LED („plusowe" wyprowadzenie dłuższe, „minusowe" krótsze)

Rysunek 7. Poprawny sposób montażu diody LED w płytce PCB z uwzględnieniem jej polaryzacji. Dłuższe wyprowadzenie (anoda) powinno zostać umieszczone w otworze oznaczonym znakiem „+", natomiast krótsze wyprowadzenie (katoda) – w otworze oznaczonym linią prostą w obrysie podstawy



Fotografia 9. Zalecany sposób montażu diody LED, który umożliwi jej łatwą wymianę w przypadku uszkodzenia lub omyłkowego zamontowania w odwrotnym kierunku: a) rozegnij wyprowadzenia diody LED w taki sposób, by dało się bezpiecznie odwrócić płytkę do góry nogami; b) po ustawieniu płytki na blacie odegnij jedno wyprowadzenie do pionu; c) przylutuj odgięte do pionu wyprowadzenie prostopadle do płytki; d) ustaw do pionu drugie wyprowadzenie; e) przylutuj je prostopadle do płytki

eprasa.pl fad3467d02

Fotografia 10. Przykład poprawnie zamontowanej diody LED. Płaskie ścięcie na obwodzie diody LED, symbolizujące katodę, musi pokrywać się z fragmentem linii prostej w obrysie komponentu zaznaczonym na płytce

wykonuj dopiero za miejscem, w którym kończy się spoina i wystaje samo wyprowadzenie (rysunek 4).

Przykład poprawnie zamontowanej diody LED pokazano na **fotografii 10**.

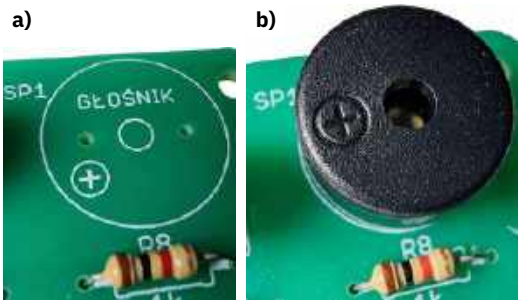
Należy pamiętać, że jeśli przylutujemy diodę LED w niewłaściwym kierunku, nie będzie ona świeciła, a ponadto, na skutek wymuszonego przepływu pądu wstecznego może ona ulec trwałemu uszkodzeniu. Zdarza się, że gdy zorientujemy się, że diodę LED zamontowaliśmy w sposób nieprawidłowy, po jej wylutowaniu i ponownym przylutowaniu, już we właściwym kierunku, dioda wciąż nie będzie chciała świecić. Dlatego po wylutowaniu błędnie zamontowanej diody LED warto sprawdzić jej kondycję przy użyciu multimetru – ustawionego w tryb pomiaru diod lub testu ciągłości obwodu – aby upewnić się, że element nadal działa poprawnie. W tym celu, po ustawieniu wspomnianego trybu pracy multimetru, do anody diody LED przykładamy czerwoną jego sondę a do katody przykładamy sondę czarną (**fotografia 11**). Jeśli w tym momencie dioda LED się zaświeci, oznacza to, że jest ona sprawna, i możemy przylutować ją ponownie, tym razem pamiętając o właściwym kierunku montażu.

Fotografia 11. Sprawdzanie diody LED za pomocą multimetru ustawionego funkcję testowania diod. Po przyłożeniu sondy czerwonej do anody, a czarnej do katody, sprawna dioda LED powinna się zaświecić. Jeśli dioda ma odpowiednio długie (jeszcze nie przycięte) wyprowadzenia można się wspomóc krokodylkami

Montaż pasywnego buzzera PIEZO

Przyszła pora na montaż pasywnego buzzera piezoelektrycznego, opisanego jako PIEZO. Słowo „pasywny" oznacza, że element ten sam z siebie nie generuje dźwięku, nawet po przyłożeniu napięcia. Nie ma on zaimplementowanej elektroniki, która generowałaby przebieg akustyczny, dlatego element ten pełni funkcję analogiczną do głośnia magnetoelektrycznego, choć jest on zbudowany zupełnie inaczej. Kilka słów na temat różnicy pomiędzy pasywnym buzzerem piezo a głośnikiem magnetoelektrycznym znajdziesz w EdW 9/2024 na stronie 88, gdzie opisywałem budowę *Konsoli Audiochaos* (AVTEDU624).

Buzzery piezo są z definicji elementami bez polaryzacji, czasem próżno więc szukać na ich obudowie tego typu oznaczeń. Zdarza się, że buzzer pasywny posiada zaimplementowaną diodę ochronną, redukującą napięcie wsteczne, bądź w których przyjęta konstrukcja powoduje, że buzzer działa optymalnie przy określonej polaryzacji. W takich przypadkach należy podążać za nadrukowaną na płytce i obudowie buzzera polaryzacją (**fotografie 12a** i **12b**).



Fotografia 12. a) Oznaczenie polaryzacji na płytce w obrysie pasywnego buzzera; b) oznaczenie polaryzacji na obudowie pasywnego buzzera piezo dołączonego do zestawu; na obu fotografiach pozycję „plusowego" wyprowadzenia komponentu zaznaczono znakiem „+"

eprasa.pl fad3467d02

Fotografia 13. a) Sposób oznaczenia miejsca do zamontowania przełącznika SW1 na płytce drukowanej; b) zanim przylutujesz wszystkie wyprowadzenia, przylutuj w pierwszej kolejności pin środkowy i sprawdź, czy komponent przylega prostopadle do płytki. Jeśli wszystko jest w porządku przylutuj dwa pozostałe wyprowadzenia; c) tym sposobem przełącznik został poprawnie przylutowany i dobrze przylega do płytki

Montaż przełącznika zasilania

Pora na zamontowanie przełącznika zasilania, opisanego na schemacie i PCB jako SW1. Przełącznik tego typu łączy swój pin środkowy z jednym z dwóch skrajnych, w którego kierunku jest w danym momencie skierowany hebelek przełącznika. Z uwagi na taką konstrukcję, kierunek montażu tych elementów nie ma żadnego znaczenia. Warto o tym pamiętać montując przełącznik do płytki. Dodatkowe linie, symbolizujące pozycję hebelka w obrysie komponentu na płytce, mają jedynie rozwiać wątpliwości, że w tym miejscu należy zamontować przełącznik (**fotografia 13a**). Z polaryzacją lub kierunkiem montażu, czy też „wymaganą" pozycją hebelka nie mają niczego wspólnego. Przełącznik ma sztywne piny, które nie nadają się do wyginania. Dlatego podczas lutowania trzeba przytrzymać go ręką albo poprosić o pomoc opiekuna, którego – mam nadzieję – podczas zabaw z prądem elektrycznym masz zawsze gdzieś w pobliżu. Podczas montażu warto przylutować środkowy pin do płytki PCB (**fotografia 13b**), a dopiero po upewnieniu się, że komponent dobrze przylega do jej powierzchni, przylutować pozostałe. Poprawnie zamontowany przełącznik SW1 pokazano na **fotografii 13c**.

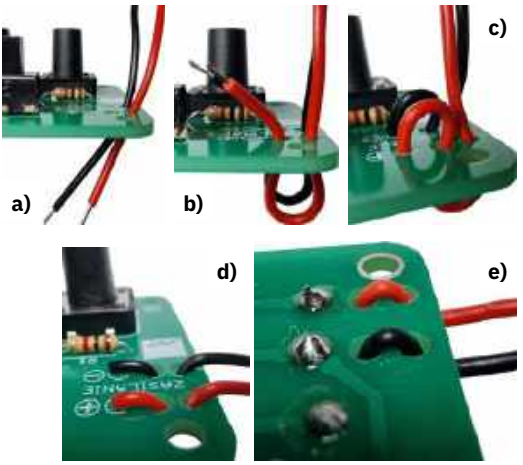
Fotografia 14. Poprawny montaż przycisków dźwięku. Po lewej stronie widoczny jest obrys komponentu. Po prawej – przycisk już zamontowany. Wszystkie nóżki przycisku przeszły przez otwory na PCB, a podstawa przycisku przylega bezpośrednio do powierzchni PCB

Montaż przycisków

Jako przedostatnie należy zamontować na płytce drukowanej przyciski służące do wyzwalania poszczególnych dźwięków gamy muzycznej. Kierunek montażu tych elementów nie ma znaczenia – istotne jest jedynie to, aby w przypadku każdego przycisku wszystkie cztery nóżki przeszły przez otwory w płytce PCB, a sam element stabilnie na niej leżał. Podstawa przycisku powinna całkowicie przylegać do powierzchni płytki (**fotografia 14**).

Montaż złącza baterii 9 V

Na koniec pozostaje przylutować do płytki PCB kabelki od dołączonego do zestawu złącza baterii 9 V (tzw. kijanka). Podobnie jak w przypadku pozostałych zestawów serii AVTEDU, kabelki najpierw przeciągamy przez otwory pomocnicze, pełniące funkcję stabilizującą przewody w miejscu zamocowania. Dzięki takiemu rozwiązaniu połączenie będzie miało lepszą wytrzymałość mechaniczną i kabelki nie oderwą się tak szybko od płytki. Przewody należy wprowadzić w te otwory, tym razem od strony komponentów (**fotografia 15a**).



Fotografia 15. Kabelki złącza baterii należy: a) przeprowadzić przez otwory pomocnicze od strony komponentów; b) patrząc „od spodu", przełożyć je przez kolejną parę otworów pomocniczych; c) włożyć kabelki do odpowiednich pól lutowniczych na płytce PCB i przylutować je; d) pozbyć się pętli przewodów po stronie komponentów, wyciągając kabelki możliwie jak najbliżej do dołu; e) pozbyć się pętli przewodów po stronie lutowania, wyciągając kabelki jak najwyżej ku górze

eprasa.pl fad3467d02

Fotografia 16. Poprawne podłączenie kabli na przykładzie multimetru DT-830B, ustawionego na funkcję woltomierza napięć stałych

Fotografia 17. Pomiar na zaciskach 8 („plus") i 1 („minus") podstawki pod układ NE555 wskazał poprawne napięcie baterii (bez znaku „–", który sugerowałby błędną polaryzację), pomniejszone o spadek napięcia na diodzie D1. Można teraz odłączyć zasilanie i zamontować układ NE555 w podstawce

Następnie, patrząc „od spodu", należy ponownie przewlec oba kabelki przez kolejną parę otworów pomocniczych (**fotografia 15b**). Na końcu, uprzednio pozbawione izolacji, skręcone i pocynowane końcówki należy umieścić w otworach docelowych (**fotografia 15c**) i przylutować. Czerwony kabelek powinien trafić do otworu oznaczonego znakiem „+", natomiast czarny kabelek należy zamontować do otworu oznaczonego znakiem „–". Na koniec należy skrócić pętle przewodów – zarówno po stronie komponentów (**fotografia 15d**) jak i od strony lutowania (**fotografia 15e**).

Montaż układu scalonego w podstawce

Ponieważ w podstawce zostanie umieszczony układ scalony, na tym etapie warto sprawdzić, czy na odpowiednich pinach zasilających pojawia się właściwe napięcie po podłączeniu baterii. Ten pomiar trzeba wykonać jeszcze przed włożeniem układu w podstawkę. Jak pokazano na schemacie (rysunek 1), układ NE555 wymaga podania „plusa" zasilania na pin 8, oraz „minusa" na pin 1. Sprawdźmy, czy tak jest w rzeczywistości!

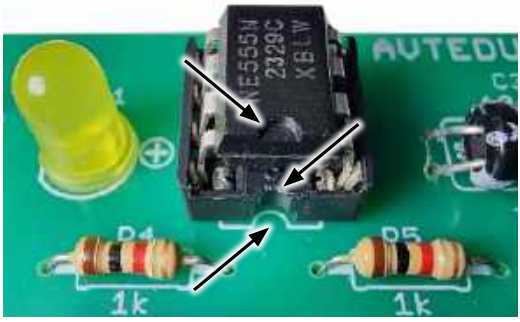
Ustaw proszę multimetr w tryb pomiaru napięcia stałego w zakresie do 20 V, upewniając się, że sondy pomiarowe są wpięte do multimetru w sposób prawidłowy (**fotografia 16**).

Teraz podłącz baterię, a następnie, ustaw przełącznik SW1 w pozycji „ON", przyłóż sondy pomiarowe: czerwoną do pinu numer 8 podstawki, a czarną do pinu numer 1 podstawki. Na wyświetlaczu miernika powinna pojawić się wartość napięcia bliska napięciu nominalnemu baterii 9 V, pomniejszona o spadek napięcia na diodzie D1 (**fotografia 17**).

Jeśli na wyświetlaczu pojawi się znak „–", oznacza to, że podczas montażu popełniliśmy błąd, na przykład zamieniając miejscami przewody od baterii. Wyświetlenie cyfry „1" informuje nas, że przekroczyliśmy zakres pomiarowy, na przykład próbując mierzyć napięcie 9 V za pomocą multimetru ustawionego na zakres do 2 V. Jeśli na wyświetlaczu pojawią się trzy zera, oznacza to zwarcie na liniach zasilania. W takim przypadku należy niezwłocznie odłączyć baterię, aby uniknąć jej niepotrzebnego rozładowania, a następnie zlokalizować i usunąć nadmiarowe połączenie.

Jeśli sytuacja u Ciebie jest taka jak na fotografii 18, możesz odłączyć baterię i zamontować układ scalony w podstawce.

Osadzenie układu w podstawce wydaje się prostą czynnością, jednak wymaga skupienia i ostrożności. Należy tu zadbać nie tylko o prawidłowy kierunek układu scalonego w podstawce (o czym przypomnę za chwilę), ale także o to,



Fotografia 18. Przed zamontowaniem układu scalonego w podstawce należy upewnić się, że znaczniki kierunku montażu – na płytce, w podstawce i na układzie scalonym – znajdują się w tej samej pozycji

eprasa.pl fad3467d02

Fotografia 19. Poprawnie zmontowany układ Minipianina. Widok płytki a) od strony komponentów; b) od strony lutowania

by wszystkie wyprowadzenia tego układu (a jest ich tu aż osiem) trafiły w odpowiednie gniazda podstawki, nie wygięły się ani nie złamały. Dodam tylko, że nawet jeśli jakieś wyprowadzenie odłamałoby się od układu scalonego, można by je było uzupełnić poprzez przylutowanie w ich miejsce fragmentów odciętych pinów od przylutowanych już do płytki komponentów, które zapewne masz pod ręką.

Drugą, obok ostrożności podczas montażu sprawą, o jaką należy zadbać, to właściwy kierunek montażu mikrokontrolera w podstawce. W tym celu należy przypilnować, by kropka lub wycięcie na układzie scalonym, wskazujące kierunek montażu, pokrywały się z pozostałymi znacznikami w podstawce oraz na warstwie opisowej PCB (**fotografia 18**). Gdy lokalizacja znacznika na układzie scalonym zgadza się z pozostałymi, można przystąpić do wciśnięcia układu w podstawkę.

Podsumowanie montażu

Po ukończeniu montażu sprawdź, proszę, czy wszystkie połączenia lutowane są błyszczące i nie ma zimnych lutów oraz czy żadne sąsiednie pola lutownicze nie są ze sobą błędnie połączone. Poprawnie zmontowany układ powinien wyglądać jak na **fotografiach 19a** oraz **19b**.

Po podłączeniu baterii oraz ustawieniu włącznika zasilania w pozycji „ON", dioda LED1 zaświeci się, a *Minipianino* zacznie reagować na przyciskanie klawiszy odpowiedzialnych za poszczególne dźwięki muzycznej gamy. Generowane tony możesz nieco dostroić za pomocą potencjometru PR1. W sekcji opisującej strojenie *Minipianina* wytłumaczyłem, dlaczego w tym prostym układzie nie można indywidualnie dostroić każdego z dźwięków. Wspomniałem też, co należałoby zmodyfikować w układzie, by stało się to możliwe. Gdybyś w przyszłości postanowił zbudować własny instrument, np. sięgając po Arduino, pamiętaj o użytecznej „ściądze" w postaci rzeczywistych częstotliwości charakteryzujących każdy dźwięk w gamie, którą zostawiłem Ci w sekcji *Częstotliwości muzycznej gamy*. Zatem życzę Ci miłej zabawy, owocnych eksperymentów i żeby Ci wszystko (również w życiu) pięknie zagrało! ■

Mariusz Ciszewski

Japońska sztuka kąpieli leśnych: Shinrin-yoku
Qing Li
Wydawnictwo: Insignis, stron: 320, sugerowana cena: 54,99 zł

Shinrin-yoku od dziesiątek lat stanowi jeden z filarów japońskiej kultury i sposób na odbudowanie naszej więzi z naturą. Shinrin-yoku – leśna kąpiel – to spędzanie czasu w lesie, żeby być zdrowszym, szczęśliwszym i spokojniejszym. Może przybierać różne formy: od uważnych spacerów po lesie, przez wyjście do miejscowego parku czy chodzenia boso po trawniku. Badania Qing Li, eksperta w dziedzinie medycyny leśnej, dowiodły, że obcowanie z drzewami (a nawet wypełnianie wnętrza mieszkania roślinami, wdychanie olejków eterycznych) może skutkować obniżeniem ciśnienia, zmniejszeniem stresu, zwiększeniem energii życiowej i pobudzeniem układu odpornościowego. Autor dzieli się praktycznymi radami i wskazówkami, by każdy z nas mógł skorzystać z dobroczynnego działania Shinrin-yoku.

eprasa.pl fad3467d02

ODKRYJ HISTORIĘ WYNALAZKÓW

Walka z zarazkami

Jak w sto lat nauczyliśmy się leczyć zakażenia – i dlaczego możemy tę umiejętność stracić

Jeszcze sto lat temu zadrapanie przy goleniu albo skaleczenie w ogrodzie potrafiło zabić – nie z powodu samej rany, lecz zakażenia, którego nikt nie umiał powstrzymać. Zmiana, jaka nastąpiła potem, nie była jednym szczęśliwym odkryciem, tylko czterema krokami, które trzeba było wykonać po kolei: zobaczyć wroga, dowieść, że to on odpowiada za chorobę, znaleźć substancję zabijającą go wewnątrz ciała bez zabijania chorego i wreszcie wyprodukować ją w milionach dawek. Każdy z tych kroków zajął dziesięciolecia, a ostatni okazał się zadaniem nie dla lekarzy, lecz dla inżynierów.

Kiedy winą obarczano powietrze

Przez dwa tysiące lat obowiązywało wyjaśnienie zwane teorią miazmatów: choroby miało wywoływać zepsute powietrze znad bagien, ścieków i rozkładających się szczątków. Ślad tego przekonania został w językach do dziś – włoska nazwa malarii znaczy dosłownie „złe powietrze".

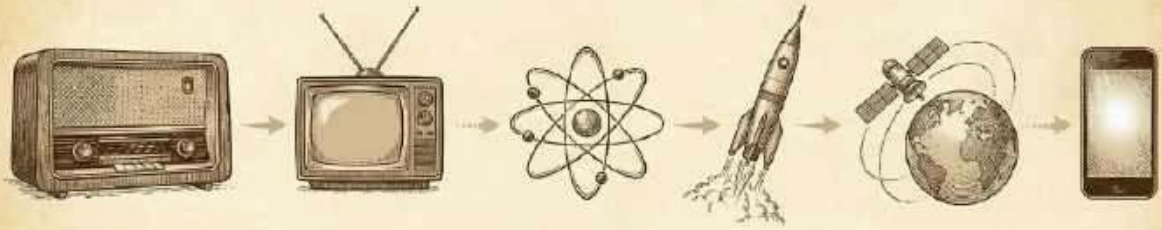
Wyjaśnienie było błędne, ale nie bezużyteczne. Skłaniało do osuszania bagien, wywożenia nieczystości, wietrzenia szpitali i oddzielania chorych od zdrowych – a to rzeczywiście ograniczało zachorowania, tyle że z zupełnie innego powodu, niż sądzono. Historia medycyny pełna jest takich przypadków: słusznego postępowania opartego na fałszywej przesłance.

Podejrzenia, że w grę wchodzi coś żywego, pojawiały się wcześnie. Rzymski uczony Warron pisał w I wieku przed naszą erą o niewidocznych dla oka stworzeniach unoszących się nad bagnami, a w XVI wieku Girolamo Fracastoro opisał choroby zakaźne jako przenoszone przez niewidzialne nasiona. Były to jednak domysły bez dowodu, bo nikt nie miał czym spojrzeć.

Narzędzie pojawiło się w latach siedemdziesiątych XVII wieku. Holenderski kupiec bławatny Antoni van Leeuwenhoek szlifował własnoręcznie maleńkie soczewki o niezwykłej jak na owe czasy jakości i oglądał przez nie wszystko, co miał pod ręką: kroplę wody stawowej, ślinę, zeskrobiny z zębów. Zobaczył ruchliwe stworzenia, które nazwał zwierzątkami, i opisał je w listach do londyńskiego towarzystwa naukowego.

Replika mikroskopu van Leeuwenhoeka – pojedyncza soczewka w metalowej płytce. | Źródło: By Jeroen Rouwkema, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3657142

eprasa.pl fad3467d02



Przez następne dwieście lat nikt jednak nie powiązał ich z chorobą – uchodziły za osobliwość przyrodniczą.

Dowód, którego nie chciano przyjąć

W 1847 roku węgierski lekarz Ignaz Semmelweis pracował w wiedeńskim szpitalu położniczym, w którym działały dwa oddziały. Kobiety wiedziały o nich to, czego nie wiedzieli lekarze: na pierwszym umierało na gorączkę połogową kilkanaście procent rodzących, na drugim kilkakrotnie mniej.

Semmelweis szukał różnicy miesiącami i znalazł ją po śmierci kolegi, który skaleczył się skalpelem podczas sekcji zwłok i zmarł z objawami identycznymi jak u położnic. Różnica była jedna: na pierwszym oddziale pracowali studenci medycyny, przychodzący prosto z prosektorium, na drugim – położne. Semmelweis nakazał mycie rąk w roztworze wapna chlorowanego i w ciągu miesiąca śmiertelność spadła z kilkunastu procent do niecałych dwóch.

Nie potrafił jednak wyjaśnić, dlaczego to działa. Pojęcia bakterii jeszcze nie było, więc mówił o cząstkach zwłok przenoszonych na rękach – a to brzmiało jak oskarżenie kolegów o roznoszenie śmierci. Zalecenie odrzucono, Semmelweis stracił posadę, popadł w konflikt ze środowiskiem i zmarł w zakładzie dla obłąkanych, mając czterdzieści siedem lat. Jego przypadek wart jest zapamiętania, bo mówi coś ważnego o nauce: miał rację, miał liczby na jej poparcie i przegrał, bo nie umiał podać mechanizmu. Sam dowód statystyczny nie wystarczył.

KAMIEŃ MILOWY 1861–1884 – teoria zarazków

Mechanizm dostarczyło trzech ludzi w ciągu dwudziestu lat. Ludwik Pasteur, chemik z wykształcenia, rozstrzygnął spór o samorództwo doświadczeniem tak prostym, że powtarza się je dziś w szkołach. Wlał pożywkę do kolby z długą, wygiętą w kształt łabędziej szyi szyjką i wygotował ją. Powietrze miało swobodny dostęp, ale pyłki i drobnoustroje osiadały w zagięciu i nie docierały do cieczy. Pożywka pozostała czysta miesiącami; wystarczyło jednak odłamać szyjkę, by po dwóch dniach zmętniała. Życie nie powstawało samo z siebie – przybywało z zewnątrz.

Josef Lister, chirurg z Glasgow, przeniósł ten wniosek na salę operacyjną: skoro zakażenie przynoszą drobnoustroje, trzeba je zniszczyć, zanim wejdą do rany. Zaczął spryskiwać pole operacyjne, narzędzia i opatrunki kwasem karbolowym, a śmiertelność po amputacjach spadła w jego oddziale z około czterdziestu pięciu do piętnastu procent. Chirurgia przestała być wyścigiem z zakażeniem.

Robert Koch, lekarz wiejski z prowincji, nauczył się hodować bakterie w czystej postaci na stałych pożywkach – pomysł użycia do tego agaru, wyciągu z krasnorostów, podsunęła mu żona współpracownika, która używała go w kuchni do galaretek. Naczynko do takich hodowli skonstruował inny z jego asystentów i płytka Petriego nosi jego nazwisko do dziś. Koch wyizolował laseczkę wąglika, a w 1882 roku prątka gruźlicy – bakterię odpowiedzialną wówczas za jedną siódmą wszystkich zgonów w Europie.

Robert Koch przy mikroskopie w swoim laboratorium.
| Źródło: By Unknown author – KRUIF, Paul de. Mikrobenjäger. Orell Füssli, Zürich, 1927, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5495887

eprasa.pl fad3467d02

Najważniejsze były jednak zasady, które sformułował. Aby uznać drobnoustrój za sprawcę choroby, trzeba go znaleźć u wszystkich chorych, wyhodować w czystej postaci, wywołać nim chorobę u zdrowego organizmu i ponownie wyizolować. Te cztery postulaty zamieniły podejrzenie w dowód i obowiązują do dziś.

Po tych trzech nazwiskach wróg był widoczny, nazwany i policzony. Wciąż jednak nie było czym go zwalczać wewnątrz organizmu. Kwas karbolowy zabija bakterie, ale tak samo zabija komórki człowieka – nadaje się na skórę i narzędzia, nie do krwiobiegu. Potrzebna była substancja, która odróżni jedne komórki od drugich.

KAMIEŃ MILOWY 1909 – salwarsan, pierwszy lek celowany

Paul Ehrlich pracował nad barwnikami do mikroskopii i zauważył, że niektóre wybarwiają bakterie, a nie wybarwiają otaczających je tkanek – potrafią je więc odróżnić. Skoro substancja rozpoznaje bakterię, rozumował, to może da się znaleźć taką, która ją rozpozna i zabije, zostawiając gospodarza w spokoju. Nazwał tę ideę magiczną kulą.

Realizacja nie miała w sobie nic z magii. Zespół Ehrlicha przebadał setki związków arsenu, jeden po drugim, sprawdzając skuteczność i toksyczność każdego. Przełom przyniósł preparat oznaczony w rejestrze numerem 606, którego działanie potwierdził japoński współpracownik Ehrlicha. Nazwany salwarsanem, stał się pierwszym skutecznym lekiem na kiłę – chorobę, która przez stulecia była nieuleczalna.

Salwarsan był toksyczny i trudny w podawaniu, ale udowodnił rzecz zasadniczą: leczenie zakażeń substancją chemiczną jest możliwe. Ważniejsza od samego leku okazała się metoda – cierpliwe przebadanie setek związków w poszukiwaniu jednego działającego. Tak szuka się leków do dziś, tyle że związków bada się miliony, a wstępnej selekcji dokonuje komputer.

Pleśń, na którą nie zwrócono uwagi

We wrześniu 1928 roku szkocki bakteriolog Aleksander Fleming wrócił z urlopu do swojego niezbyt uporządkowanego laboratorium w Londynie. Na jednej z płytek z hodowlą gronkowca, którą zostawił bez przykrycia, wyrosła pleśń – a wokół niej widniała czysta obwódka, w której bakterie zniknęły. Fleming zbadał rzecz, ustalił, że pleśń wydziela substancję hamującą wzrost bakterii, nazwał ją penicyliną i ogłosił wyniki w następnym roku.

Artykuł przeszedł niemal bez echa i nie była to wyłącznie ślepota środowiska. Penicylina okazała się kłopotliwa: w hodowli występowała w śladowych ilościach, rozkładała się w ciągu dni, a wszelkie próby jej wyodrębnienia kończyły się utratą działania. Fleming, który nie był chemikiem, po kilku latach zarzucił temat i wrócił do niego dopiero, gdy zrobili to za niego inni.

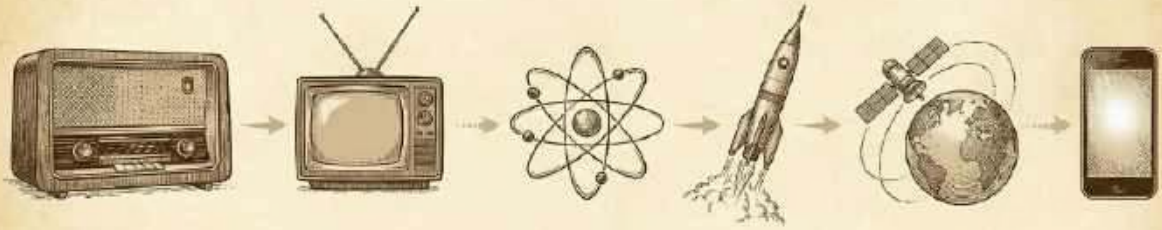
Tymczasem pierwszy lek przeciwbakteryjny stosowany masowo przyszedł z innej strony. W laboratoriach niemieckiego przemysłu barwnikarskiego Gerhard Domagk wykazał w 1932 roku, że czerwony barwnik prontosil ratuje myszy zakażone paciorkowcem. Wkrótce okazało się, że działa nie sam barwnik, lecz cząsteczka uwalniana z niego w organizmie. Tak powstały sulfonamidy, które w drugiej połowie lat trzydziestych leczyły zapalenie płuc i zakażenia ran – na długo przed penicyliną.

KAMIEŃ MILOWY 1940–1944 – od ciekawostki do produkcji

W Oksfordzie zespół pod kierunkiem Howarda Floreya, z udziałem chemika Ernsta Chaina, wrócił do zapomnianej pracy Fleminga i rozwiązał problem, którego on nie rozwiązał: jak penicylinę wyodrębnić i utrwalić. Metodę oczyszczania opracował Norman Heatley, człowiek, którego nazwisko przez lata pomijano, a który do hodowania pleśni w skali laboratoryjnej użył tego, co dało się zdobyć w wojennej Anglii – między innymi szpitalnych basenów.

W 1940 roku podano lek ośmiu myszom zakażonym śmiertelną dawką paciorkowców: cztery leczone przeżyły, cztery nieleczone padły w ciągu nocy. Pierwsza próba na człowieku, rok później, dała wynik pouczający. Stan chorego poprawiał się z godziny na godzinę, ale zapas leku wyczerpał się po kilku dniach – mimo

eprasa.pl fad3467d02



Plakat z czasów wojny: penicylina jako lek ratujący życie rannych.
| Źródło: By Science History Institute, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31974607

że penicylinę odzyskiwano z jego moczu i podawano ponownie. Chory zmarł. Lek działał; nie było go z czego wziąć.

Dalszy ciąg był zadaniem inżynierskim, nie medycznym, i to jest moment w tej historii najczęściej pomijany. Produkcję przeniesiono do Stanów Zjednoczonych i zamiast hodować pleśń na powierzchni płynu w tysiącach naczyń, zaczęto ją hodować w wielkich zbiornikach z mieszadłem i napowietrzaniem – jak drożdże w browarze. Znaleziono też wydajniejszą pożywkę z odpadów przemysłu skrobiowego oraz wydajniejszy szczep pleśni, wyszukany na nadgniłym melonie z targu.

Liczby pokazują skalę tej zmiany lepiej niż opis. W 1943 roku wyprodukowano w Stanach Zjednoczonych niewiele ponad dwadzieścia miliardów jednostek penicyliny. W 1945 – ponad sześć bilionów, czyli trzysta razy więcej. Do lądowania w Normandii lek był dostępny dla wojsk alianckich w ilościach masowych, a żołnierz z zakażoną raną przestał być człowiekiem skazanym.

Złote dwudziestolecie

W 1943 roku w laboratorium Selmana Waksmana wyizolowano streptomycynę – pierwszy lek skuteczny wobec gruźlicy, choroby, która przez wieki była wyrokiem. Waksman badał bakterie glebowe i to właśnie gleba okazała się głównym źródłem antybiotyków. Powód jest prosty i wart zapamiętania: drobnoustroje żyjące w ziemi konkurują ze sobą o pokarm od setek milionów lat i wytworzyły w tym celu bogaty arsenał chemiczny. My go w gruncie rzeczy tylko podpatrzyliśmy.

Do tej historii należy dopisek. Streptomycynę wyizolował własnymi rękami doktorant Waksmana, Albert Schatz, którego nazwisko zniknęło z opowieści o odkryciu, a nagroda Nobla przypadła samemu kierownikowi. Schatz dochodził swoich praw przed sądem i wygrał udział w tantiemach oraz formalne uznanie za współodkrywcę, ale w powszechnej pamięci pozostał na marginesie. To także jest część historii nauki.

Przez następne dwie dekady odkrywano kolejne grupy niemal co roku: tetracykliny, chloramfenikol, makrolidy, cefalosporyny, wankomycynę. Do Waksmana należy zresztą samo

Jak to działa: dlaczego antybiotyk nie szkodzi choremu

Cała sztuka polega na znalezieniu różnicy między komórką bakterii a komórką człowieka i uderzeniu dokładnie w nią. Nazywa się to wybiórczą toksycznością, a różnic nadających się do wykorzystania jest kilka.

Ściana komórkowa – bakteria ma sztywną osłonę z sieciowanego cukru z aminokwasami, której komórki człowieka nie mają wcale. Penicylina blokuje enzymy zszywające tę sieć, więc bakteria pęka pod własnym ciśnieniem wewnętrznym. Dla nas ten enzym nie istnieje, więc lek jest niemal nieszkodliwy.

Rybosomy – fabryki białek. Bakteryjne różnią się budową od naszych na tyle, że część antybiotyków przyłącza się wyłącznie do bakteryjnych i zatrzymuje produkcję białka.

Kwas foliowy – bakteria musi go sobie wytworzyć, człowiek pobiera go z pożywieniem. Sulfonamidy blokują tę produkcję – u nas nie ma czego blokować.

Im większa różnica, tym bezpieczniejszy lek. Dlatego bakterie leczymy łatwiej niż wirusy, które namnażają się wewnątrz naszych komórek i korzystają z naszych mechanizmów – trudno w nie uderzyć, nie trafiając w gospodarza.

eprasa.pl fad3467d02

słowo antybiotyk. Ta obfitość utrwaliła przekonanie, wypowiadane wtedy z uniwersyteckich katedr, że choroby zakaźne przestały być problemem.

Ostrzeżenie, które padło od razu

Przekonanie to było przedwczesne, a powód znano od początku. Odbierając w 1945 roku Nagrodę Nobla, Fleming powiedział wprost, że bakterie łatwo przyzwyczaić do penicyliny, wystawiając je na dawki zbyt małe, by je zabić, i że lekkomyślne stosowanie leku wyhoduje szczepy odporne. Nie była to przepowiednia – enzym rozkładający penicylinę opisano w Oksfordzie jeszcze zanim lek zaczęto podawać ludziom.

Mechanizm jest zwykłym doborem naturalnym w przyspieszonym tempie. W populacji liczącej miliardy bakterii zawsze trafi się kilka, którym przypadkowa zmiana w materiale genetycznym pozwoli przeżyć: zmieni kształt białka, w które celuje lek, albo doda komórce pompę usuwającą go na zewnątrz. Antybiotyk zabija resztę, usuwając ocalałym całą konkurencję – a te dzielą się co dwadzieścia minut.

Jest jeszcze okoliczność, która czyni rzecz poważniejszą. Bakterie przekazują sobie geny nie tylko potomstwu, ale i sąsiadom – także obcego gatunku – wymieniając się niewielkimi kolistymi cząsteczkami materiału genetycznego. Odporność wyhodowana w jednym gatunku może więc przenieść się do drugiego bez żadnego pokrewieństwa. Dlatego rozprzestrzenia się znacznie szybciej, niż wynikałoby ze zwykłego dziedziczenia, i dlatego nadużywanie antybiotyków u zwierząt hodowlanych jest problemem także dla ludzi.

Polski wkład: szczepionka i wirusy zamiast leku

Zanim pojawiły się antybiotyki, głównym sposobem walki z zarazkami było uprzedzanie zakażenia. Tu polski dorobek jest znaczny. Rudolf Weigl, profesor Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie, opracował w latach dwudziestych pierwszą skuteczną szczepionkę przeciw durowi plamistemu – chorobie roznoszonej przez wszy, która w czasie pierwszej wojny światowej i po niej zabiła w Europie Wschodniej miliony ludzi. Metoda była tyleż pomysłowa, co osobliwa: bakterie namnażano w jelitach wszy, a owady karmiono na ludzkich nogach, w specjalnych klatkach.

W czasie okupacji instytut Weigla zatrudnił jako karmicieli wszy setki osób zagrożonych aresztowaniem – profesorów, studentów, matematyków ze szkoły lwowskiej. Zaświadczenie o pracy przy szczepionce chroniło przed wywózką, a część produkcji przemycano do gett. Weigla wielokrotnie zgłaszano do Nagrody Nobla, a pośmiertnie uznano za Sprawiedliwego wśród Narodów Świata.

Drugi wątek polski dotyczy leczenia i jest zaskakująco aktualny. Bakteriofagi, czyli wirusy atakujące wyłącznie bakterie, odkryto niezależnie w Anglii i we Francji w latach 1915–1917. Zapowiadały się obiecująco, ale były kapryśne, a po sukcesie penicyliny Zachód porzucił je niemal całkowicie. W Europie Środkowej i Wschodniej badań nie przerwano.

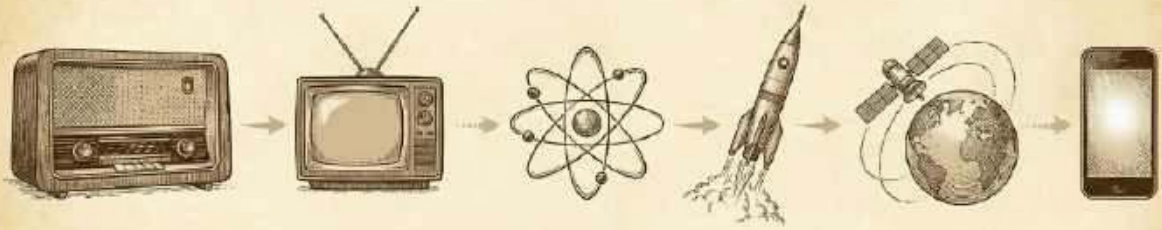
W Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, noszącym imię Ludwika Hirszfelda, działa ośrodek terapii fagowej – jeden z nielicznych na świecie, w którym leczy się zakażenia oporne na antybiotyki. Metoda ma zaletę, której antybiotyki nie mają: fag atakuje jeden szczep bakterii i nie niszczy pozostałej flory organizmu. Ma też wadę: do każdego chorego trzeba dobrać faga z kolekcji gromadzonej latami. Dziś, gdy antybiotyki zawodzą coraz częściej, ta zaniechana ścieżka wraca do łask.

Stan na dziś

Według danych Światowej Organizacji Zdrowia jedno na sześć potwierdzonych laboratoryjnie zakażeń bakteryjnych wykazuje odporność na co najmniej jeden antybiotyk. Szacunki mówiące o dziesięciu milionach zgonów rocznie w 2050 roku bywają kwestionowane, ale kierunek zmian nie budzi wątpliwości.

Problem jest w znacznej części ekonomiczny. Nowy antybiotyk stosuje się krótko, u niewielu chorych i najlepiej jak najrzadziej – żeby nie wyhodować odporności. To przeciwieństwo leku na chorobę przewlekłą, branego codziennie przez lata. Firmie trudno więc odzyskać koszty badań,

eprasa.pl fad3467d02



a kilka spółek zajmujących się wyłącznie antybiotykami zbankrutowało mimo dopuszczenia leku do obrotu. Lek dobry dla ludzkości okazuje się złym towarem.

Mimo to lista rośnie. W latach 2017–2025 wprowadzono piętnaście nowych antybiotyków. Gepotidacyna, dopuszczona w 2025 roku, jest pierwszym przedstawicielem zupełnie nowej klasy chemicznej: hamuje te same enzymy bakteryjne co starsze leki, ale przyłącza się do nich w innym miejscu, więc dotychczasowe mechanizmy odporności jej nie dotyczą. Zosurabalpina, badana w ostatniej fazie prób klinicznych, blokuje transport składników budujących zewnętrzną osłonę pałeczki z rodzaju Acinetobacter i mogłaby być pierwszym od około pięćdziesięciu lat lekiem nowego typu wobec bakterii Gram-ujemnych. Przy obu opisano już jednak pierwsze mechanizmy odporności – wyścig trwa dalej.

Poza samymi antybiotykami rozwijają się kierunki uchodzące niedawno za marginalne: terapia fagowa, przeciwciała wiążące bakterie, substancje odbierające im zjadliwość zamiast je zabijać, wreszcie przeszukiwanie zbiorów związków chemicznych przez programy uczenia maszynowego. Żaden nie zastąpi antybiotyków; wszystkie razem mogą wydłużyć czas ich działania.

Na koniec rzecz, o której łatwo zapomnieć przy wyliczaniu nazwisk i preparatów: największą liczbę istnień uratowały w tej historii nie leki, lecz czysta woda, kanalizacja, szczepienia i mycie rąk. Zalecenie, za które Semmelweis zapłacił karierą i zdrowiem, pozostaje najskuteczniejszym sposobem ograniczania zakażeń – i jedynym, który każdy może zastosować dziś, bez recepty. ■

Leksykon: dwadzieścia pojęć z historii walki z zarazkami

Teoria miazmatów – dawne przekonanie, że choroby wywołuje zepsute powietrze. Błędne, ale prowadziło do słusznych działań sanitarnych.

Samorództwo – pogląd, jakoby życie powstawało samo z materii nieożywionej; obalony doświadczeniem Pasteura z kolbą o wygiętej szyjce.

Antyseptyka – niszczenie drobnoustrojów w ranie i na polu operacyjnym; wprowadzona przez Listera.

Aseptyka – niedopuszczanie drobnoustrojów do rany przez jałowe narzędzia, rękawice i obłożenie. Następny krok po antyseptyce.

Postulaty Kocha – cztery warunki pozwalające orzec, że dany drobnoustrój wywołuje daną chorobę.

Czysta hodowla – hodowla jednego gatunku drobnoustroju, wolna od domieszek; warunek wszelkich badań nad zakażeniami.

Agar – wyciąg z krasnorostów, na którym zestala się pożywkę. Wszedł do laboratoriów z kuchni.

Magiczna kula – pojęcie Ehrlicha: substancja rozpoznająca i zabijająca drobnoustrój bez szkody dla chorego.

Wybiórcza toksyczność – zasada działania antybiotyku – uderzenie w cechę, którą bakteria ma, a komórka człowieka nie.

Chemioterapeutyk – lek przeciwdrobnoustrojowy otrzymany na drodze syntezy chemicznej, na przykład sulfonamid.

Antybiotyk – substancja wytwarzana przez drobnoustroje, hamująca wzrost innych drobnoustrojów lub je zabijająca. Termin wprowadził Waksman.

Ściana komórkowa – sztywna osłona bakterii z sieciowanego cukru z aminokwasami; punkt uderzenia penicyliny.

Sulfonamidy – pierwsza grupa syntetycznych leków przeciwbakteryjnych stosowana masowo, jeszcze przed penicyliną.

Fermentacja wgłębna – hodowla drobnoustrojów w wielkich zbiornikach z mieszaniem i napowietrzaniem; technika, która uczyniła z penicyliny lek dostępny.

Antybiogram – badanie sprawdzające, na które antybiotyki wrażliwa jest bakteria wyhodowana od konkretnego chorego.

Lekooporność – zdolność drobnoustroju do przeżycia w obecności leku, który wcześniej go zabijał.

Poziomy transfer genów – przekazywanie genów między osobnikami, także różnych gatunków, z pominięciem dziedziczenia. Główna przyczyna szybkiego szerzenia się oporności.

Bakteriofag – wirus atakujący wyłącznie bakterie; podstawa terapii fagowej rozwijanej we Wrocławiu.

Bakterie Gram-ujemne – grupa bakterii z dodatkową osłoną zewnętrzną, utrudniającą lekom wniknięcie do komórki. Najtrudniejszy dziś przeciwnik.

Zjadliwość – zdolność drobnoustroju do wywołania choroby. Nowe leki próbują ją odbierać, zamiast bakterie zabijać.

eprasa.pl fad3467d02

KURS PRAKTYCZNY AI

Praktyczne podejście. Zero marketingowej mgły!

Zyskaj **15%** rabatu

W prenumeracie tylko

~~116,00 zł~~

98,60 zł

prenumerata drukowana 4 kolejnych wydań

(zima 2026, wiosna, lato, jesień 2027)

Zamów na www.UlubionyKiosk.pl

lub zeskanuj kod QR i zaprenumeruj w 1 minutę

Wydania archiwalne (wiosna, lato, jesień 2026)
są dostępne na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl fad3467d02