

Ropa Naftowa u Zmierzchu: Analiza Wyczerpania Zasobów, Kosztów Wydobywania i Konsekwencji dla Świata

Część I: Ropa Naftowa – Krwiobieg Współczesnej Cywilizacji

Wprowadzenie: Definicja i Skład "Czarnego Złota"

Ropa naftowa, często określana mianem "czarnego złota", jest w istocie skomplikowaną, ciekłą mieszaniną kilku tysięcy substancji chemicznych, która stanowi fundament współczesnej cywilizacji przemysłowej.¹ Jej geneza sięga milionów lat wstecz, kiedy to materia organiczna, głównie plankton i algi, osadzała się na dnie prehistorycznych mórz i oceanów. Pod wpływem wysokiego ciśnienia i temperatury, w warunkach beztlenowych, materia ta uległa powolnym procesom transformacji, tworząc węglowodory, które dziś eksploatujemy.

Podstawowy skład pierwiastkowy ropy naftowej jest stosunkowo prosty i obejmuje głównie węgiel (80–88%) oraz wodór (11–14,5%).³ Jednak to właśnie sposób, w jaki te atomy łączą się w niezliczone molekuły, decyduje o jej unikalnych właściwościach. Węglowodory, stanowiące do 95% masy ropy, dzielą się na trzy główne grupy: parafinowe (alkany), naftenowe (cykloalkany) oraz aromatyczne.³ Skład ten jest silnie uzależniony od miejsca wydobywania, co sprawia, że ropa z różnych części świata ma odmienne cechy – od lekkiej, jasnobrązowej cieczy, bogatej w lotne frakcje, po gęstą, niemal czarną maź.¹

Oprócz węglowodorów, ropa naftowa zawiera również związki organiczne z heteroatomami, takimi jak siarka (0,01–6%), tlen (do 1,2%) i azot (do 1,8%), a także śladowe ilości metali, w tym niklu i wanadu.³ Obecność tych dodatkowych składników, zwłaszcza siarki, ma kluczowe znaczenie dla procesów rafineryjnych i wartości handlowej surowca. Ropa o niskiej zawartości siarki (poniżej 0,5%), określana jako

"słodka" (sweet), jest bardziej pożądana i droższa, ponieważ jej przetwarzanie jest łatwiejsze i mniej kosztowne niż ropy "kwaśnej" (sour) o wysokiej zawartości tego pierwiastka.⁵

Surowa ropa naftowa, wydobywana ze złoża, jest praktycznie bezużyteczna. Dopiero w rafineriach, poprzez proces destylacji frakcyjnej, jest rozdzielana na poszczególne produkty o ogromnym znaczeniu gospodarczym.³ Proces ten wykorzystuje różnice w temperaturach wrzenia poszczególnych składników. W miarę podgrzewania ropy w piecu destylacyjnym, lżejsze frakcje o niższych temperaturach wrzenia parują i unoszą się do górnych części kolumny destylacyjnej, gdzie ulegają skropleniu. W ten sposób uzyskuje się całą gamę produktów: od gazów rafineryjnych (propan-butan), przez benzyny, naftę, oleje napędowe i opałowe, aż po ciężkie frakcje, takie jak oleje smarowe, parafiny, mazut i asfalt.⁴ Ta niezwykła zdolność do generowania tak szerokiego spektrum użytecznych substancji z jednego surowca jest źródłem jego strategicznej roli w gospodarce.

Strategiczne Znaczenie dla Globalnej Gospodarki

Od połowy XX wieku, kiedy to ropa naftowa zastąpiła węgiel na pozycji dominującego paliwa kopalnego, jej znaczenie dla globalnej gospodarki systematycznie rośnie, osiągając status surowca o fundamentalnym, strategicznym charakterze.⁷

Współczesny świat zużywa ponad 100 milionów baryłek ropy każdego dnia, co przekłada się na roczną wartość produkcji przemysłu naftowego rzędu 2,1 biliona USD – kwotę porównywalną z całą gospodarką Włoch i stanowiącą około 2,5% światowego PKB.⁷ Ropa naftowa zaspokaja ponad jedną trzecią globalnego zapotrzebowania na energię pierwotną, czyli energię pozyskiwaną bezpośrednio z zasobów naturalnych.⁷

Jej kluczowa rola wynika przede wszystkim z dominacji w sektorze transportu. Paliwa ropopochodne, takie jak benzyna, olej napędowy i paliwo lotnicze (kerozyna), napędzają niemal 94% globalnego transportu lądowego, morskiego i powietrznego, co czyni ropę naftową dosłownie "krwią w krwioobiegu światowej gospodarki".⁷ Bez niej globalne łańcuchy dostaw, międzynarodowy handel i codzienna mobilność miliardów ludzi uległyby natychmiastowemu paraliżowi.

Wpływ ropy na gospodarkę wykracza jednak daleko poza sektor transportu. Ceny tego surowca są jednym z najważniejszych czynników makroekonomicznych, kształtujących globalne trendy gospodarcze. Wzrost cen ropy bezpośrednio

przekłada się na wyższe koszty paliw, co z kolei podnosi koszty operacyjne niemal wszystkich przedsiębiorstw i koszty utrzymania gospodarstw domowych.¹³ Z tego powodu ropa naftowa jest jednym z najistotniejszych czynników inflacyjnych.⁷ Historia dobitnie pokazała, jak silna jest ta zależność. Szoki naftowe z lat 1973 i 1979, kiedy to kraje arabskie zrzeszone w OPEC użyły ropy jako broni politycznej, doprowadziły do skokowego wzrostu cen, niedoborów paliwa i wtrąciły kraje wysoko uprzemysłowione w najpoważniejszą recesję od czasów Wielkiego Kryzysu.⁷ Te wydarzenia trwale zmieniły postrzeganie ropy, uświadamiając światu jej strategiczne znaczenie i wrażliwość gospodarek na jej dostępność i cenę. Nawet dziś, wahania cen ropy, napędzane decyzjami OPEC, napięciami geopolitycznymi czy zmianami w globalnym popycie, mają bezpośredni wpływ na tempo wzrostu gospodarczego, decyzje banków centralnych i nastroje na rynkach finansowych.¹³

Wszechobecność Petrochemii: Od Plastik po Farmaceutyki

Choć w powszechnej świadomości ropa naftowa kojarzy się głównie z paliwami, jej rola jako surowca dla przemysłu chemicznego jest równie fundamentalna, a być może nawet trudniejsza do zastąpienia.² Przemysł petrochemiczny wykorzystuje frakcje ropy naftowej, takie jak nafta i gaz płynny, do produkcji podstawowych "cegiełek" chemicznych – olefin (etylen, propylen) i związków aromatycznych (benzen, toluen, ksyleny). Z tych związków, w dalszych procesach syntezy, powstaje niewyobrażalna gama produktów, które definiują materialny krajobraz naszej cywilizacji.⁵

Szacuje się, że ponad milion różnych wyrobów na świecie ma swoje źródło w ropie naftowej.¹⁵ Należą do nich przede wszystkim tworzywa sztuczne – od wszechobecnego polietylenu i polipropylenu (opakowania, części samochodowe, sprzęt AGD), przez polichlorek winylu (PCW), po polistyren i PET. Ropa jest również źródłem kauczuku syntetycznego do produkcji opon, włókien syntetycznych takich jak nylon i poliestr, z których szyje się odzież i tekstylia, a także detergentów, farb, lakierów i rozpuszczalników.⁵

Zależność od petrochemii sięga jednak znacznie głębiej. Ropa naftowa jest kluczowym surowcem do produkcji nawozów azotowych (choć głównym substratem jest gaz ziemny, jego rynek i ceny są ściśle powiązane z rynkiem ropy) oraz pestycydów, które umożliwiły rewolucję w rolnictwie i produkcję żywności na skalę zdolną wyżywić globalną populację.¹⁷ Co więcej, wiele substancji czynnych w farmaceutykach, w tym tak powszechnie stosowane leki jak aspiryna i inne środki przeciwbólowe, a także

konserwanty żywności, syntetyzuje się z wykorzystaniem związków pochodzenia petrochemicznego.¹⁶ Wazelina, parafina i inne produkty ropopochodne są podstawą wielu kosmetyków i maści.³ Nawet asfalt, którym pokryte są drogi, jest pozostałością po procesie rafinacji.⁶

Ta wszechobecność produktów petrochemicznych ujawnia głębszą, strukturalną zależność współczesnego społeczeństwa od ropy naftowej. Popyt na ten surowiec jest stosunkowo nieelastyczny cenowo, co oznacza, że nawet znaczne wahania cen nie prowadzą do proporcjonalnych zmian w konsumpcji.⁸ Nie jest to jedynie kwestia przyzwyczajenia, ale fundamentalnej roli, jaką ropa odgrywa jako unikalny nośnik energii i surowiec chemiczny. Oferuje ona niezrównaną kombinację wysokiej gęstości energetycznej, łatwości transportu i magazynowania w stanie ciekłym oraz wszechstronności chemicznej. Podczas gdy w sektorze produkcji energii elektrycznej istnieje wiele dojrzałych alternatyw (energia wiatrowa, słoneczna, jądrowa), substytuty dla ropy w transporcie ciężkim, lotnictwie, przemyśle morskim oraz jako surowca dla petrochemii są wciąż na znacznie wcześniejszym etapie rozwoju, są mniej wydajne i droższe. Wyzwanie transformacji energetycznej nie polega zatem jedynie na zastąpieniu "energii z ropy", ale na znalezieniu alternatyw dla jej unikalnych właściwości fizykochemicznych. Oznacza to, że nawet w scenariuszach agresywnej dekarbonizacji, popyt na ropę w specyficznych, trudnych do zelektryfikowania sektorach (tzw. "hard-to-abate sectors") może utrzymać się znacznie dłużej, niż sugerują uproszczone prognozy "końca ropy". To z kolei komplikuje strategie inwestycyjne i stwarza ryzyko dla państw i firm, które postawią na zbyt szybkie i całkowite odejście od tego surowca.

Część II: Paradoks Wyczerpania – Ile Ropy Zostało w Ziemi?

Zasoby kontra Rezerwy: Klucz do Zrozumienia Prognoz

Debata na temat przyszłości ropy naftowej jest często zdominowana przez pozornie proste pytanie: "na ile lat nam jej jeszcze wystarczy?". Odpowiedź na to pytanie jest jednak znacznie bardziej złożona i wymaga zrozumienia fundamentalnej różnicy

między dwoma pojęciami: "zasobami" a "rezerwami".²⁰

Zasoby to całkowita, szacunkowa ilość danego surowca znajdująca się w skorupie ziemskiej, niezależnie od możliwości technicznych i ekonomicznych jej wydobycia. Jest to wartość geologiczna, która w skali ludzkiego życia jest stała i maleje w miarę eksploatacji.

Rezerwy (a precyzyjniej: udowodnione rezerwy) to ta część zasobów, która została zidentyfikowana i której wydobycie jest ekonomicznie opłacalne przy obecnym poziomie cen i przy użyciu dostępnych technologii.²⁰ Rezerwy nie są więc wartością stałą. Mogą one rosnać na dwa sposoby: poprzez odkrywanie nowych, łatwo dostępnych złóż, lub – co jest dziś znacznie częstsze – poprzez rozwój technologii, który umożliwia eksploatację złóż wcześniej nieopłacalnych (np. ropa z łupków, złoża głębowodone), lub poprzez wzrost cen surowca, który czyni droższe wydobycie rentownym.

To rozróżnienie jest kluczowe, ponieważ wyjaśnia, dlaczego prognozy o rychłym końcu ropy regularnie okazywały się błędne. Zmiana technologiczna lub rynkowa może w krótkim czasie przekształcić ogromne ilości "nieopłacalnych zasobów" w "opłacalne rezerwy", dynamicznie zmieniając obraz globalnej podaży.

Globalny Bilans i Geograficzny Rozkład Rezerw

Według najnowszych danych Organizacji Krajów Eksportujących Ropę Naftową (OPEC) zawartych w raporcie "Annual Statistical Bulletin", na koniec 2023 roku światowe udowodnione rezerwy ropy naftowej wynosiły 1,570 miliarda baryłek.²¹ Z tej puli aż 1,241 miliarda baryłek, czyli blisko 80%, znajduje się na terytorium 12 państw członkowskich OPEC.²² Ta niezwykle koncentracja rezerw w rękach kartelu jest fundamentem jego siły rynkowej i wpływu na globalną politykę.

Geograficzny rozkład rezerw jest skrajnie nierównomierny. Ponad połowa światowych zasobów (55,5%) zlokalizowana jest na Bliskim Wschodzie.²³ Drugim najbardziej zasobnym regionem jest Ameryka Łacińska (21,9%), głównie za sprawą ogromnych złóż ciężkiej ropy w Wenezueli.²³ Pozostałe regiony świata dysponują znacznie mniejszymi rezerwami: Afryka (7,6%), Rosja (5,1%), pozostałe kraje Eurazji (2,5%) oraz kraje OECD w Ameryce Północnej (3,7%).²³

Analiza na poziomie poszczególnych państw jeszcze dobitniej ukazuje tę koncentrację.

Liderem pod względem wielkości udowodnionych rezerw jest Wenezuela, z zasobami szacowanymi na ponad 303 miliardy baryłek. Tuż za nią plasuje się Arabia Saudyjska (267 mld baryłek), a kolejne miejsca zajmują Iran (208,6 mld), Irak (145 mld), Kuwejt (101,5 mld) i Zjednoczone Emiraty Arabskie (113 mld).²² Ta dominacja państw Bliskiego Wschodu i Wenezueli w globalnym bilansie rezerw ma fundamentalne implikacje geopolityczne, czyniąc stabilność tych regionów kluczową dla bezpieczeństwa energetycznego całego świata.

Poniższa tabela przedstawia udowodnione rezerwy ropy naftowej w krajach dysponujących największymi zasobami na koniec 2023 roku.

Tabela 1: Udowodnione Światowe Rezerwy Ropy Naftowej (Koniec 2023 r.)

Kraj	Udowodnione Rezerwy (mld baryłek)	Udział w rezerwach światowych (%)	Wskaźnik R/P (lata)*
Wenezuela	303,01	24,41	>100
Arabia Saudyjska	267,23	21,53	63
Iran	208,60	16,80	120
Irak	145,02	11,68	136
Zjednoczone Emiraty Arabskie	113,00	9,10	73
Kuwejt	101,50	8,18	89
Rosja	80,00	5,10 (w skali świata)	~23
Libia	48,36	3,90	134
Nigeria	37,50	3,02	43
Stany Zjednoczone	58,27 (OECD Americas)	3,71 (OECD Americas)	~12
Suma OPEC	1 241,33	79,09	-
Suma Świat	1 569,52	100,00	~53

Źródło: Opracowanie własne na podstawie OPEC Annual Statistical Bulletin 2024 (dane za 2023 r.)²² oraz danych uzupełniających.²⁰ Wskaźnik R/P (stosunek rezerw do

produkcji) jest wartością szacunkową i dynamicznie się zmienia; dane dla poszczególnych krajów mogą się różnić w zależności od źródła.

Mit "50 Lat do Końca" – Dlaczego Proste Prognozy Zawodzą?

Powszechnie cytowane prognozy, takie jak "ropy wystarczy na około 50 lat", są zazwyczaj wynikiem prostego obliczenia: podzielenia aktualnej wielkości udowodnionych rezerw przez roczny poziom globalnej produkcji.²⁶ Taki wskaźnik, znany jako R/P (reserves-to-production ratio), choć intuicyjny, jest niezwykle mylącą i statyczną miarą, która konsekwentnie prowadzi do błędnych wniosków na temat przyszłości surowca.

Historia rynku naftowego jest cmentarzem nietrafionych prognoz opartych na wskaźniku R/P. W 1980 roku, przy rezerwach szacowanych na 683 miliardy baryłek, światu miało jej wystarczyć na zaledwie 30 lat.²⁸ Od tamtego czasu minęło ponad 40 lat, w ciągu których ludzkość wydobyla i zużyła blisko 1000 miliardów baryłek ropy – znacznie więcej, niż wynosiły całe ówczesne rezerwy. Mimo to, dzisiejsze udowodnione rezerwy są ponad dwukrotnie większe niż w 1980 roku i, według tego samego wskaźnika, mają wystarczyć na kolejne 50-70 lat.²⁸

Ten paradoks, w którym zasoby rosną szybciej niż wydobycie, wynika z dynamicznej natury "rezerw". Nieustanny postęp technologiczny w dziedzinie poszukiwań i eksploatacji pozwala sięgać po złoża wcześniej niedostępne lub nieopłacalne – takie jak ropa uwięziona w skałach łupkowych, ciężka ropa z piasków bitumicznych czy złoża znajdujące się na dużych głębokościach pod dnem oceanu.²⁰ Rewolucja łupkowa w Stanach Zjednoczonych jest tego najlepszym przykładem: technologia szczelinowania hydraulicznego w ciągu dekady przekształciła ogromne, nieeksploatowane zasoby w gigantyczne rezerwy, czyniąc USA największym producentem ropy na świecie.²⁹

Zatem, pytanie "kiedy fizycznie skończy się ropa?" jest źle postawione. Prawdziwym ograniczeniem nie jest geologia, lecz ekonomia i energia. Znacznie bardziej trafne pytanie brzmi: "ile jesteśmy w stanie zapłacić – w sensie finansowym, ekologicznym i energetycznym – za wydobycie ostatniej, najtrudniej dostępnej baryłki?". W miarę sięgania po coraz trudniejsze złoża, rosną nie tylko koszty finansowe, ale również nakłady energetyczne potrzebne do wydobycia każdej kolejnej jednostki energii. Wskaźnik EROEI (Energy Return on Energy Invested – zwrot energii z zainwestowanej

energii) dla nowych złóż jest coraz niższy. Oznacza to, że coraz większa część wydobytej energii jest "pochłaniana" przez sam proces produkcji.³⁰ Analizy wskazują, że udział energii zużywanej na produkcję ropy rośnie w tempie wykładniczym i do 2050 roku może pochłaniać równowartość połowy energii brutto uzyskanej z wydobywania.³⁰ Fizyczne wyczerpanie ropy jest więc perspektywą odległą. Znacznie wcześniej ludzkość dotrze do punktu, w którym koszt (finansowy i energetyczny) wydobywania kolejnej baryłki przewyższy jej użyteczność, a alternatywne źródła energii staną się bezwzględnie bardziej konkurencyjne. Koniec ery ropy nie będzie więc nagłym wydarzeniem, lecz procesem stopniowej "erozji ekonomicznej", w której najdroższe i najbardziej emisyjne źródła podaży będą sukcesywnie eliminowane z rynku w miarę spadku popytu i rozwoju alternatyw. Ostatecznie doprowadzi to do konsolidacji rynku w rękach tych producentów, którzy dysponują najtańszymi w wydobywaniu zasobami – głównie na Bliskim Wschodzie.

Część III: Zmierzch Ery Ropy: "Peak Oil" kontra "Peak Demand"

W dyskusji o przyszłości ropy naftowej od lat ścierają się dwie fundamentalnie różne koncepcje. Pierwsza, historycznie starsza, to "Peak Oil" – teoria szczytu wydobywania. Druga, która zdominowała debatę w ostatniej dekadzie, to "Peak Demand" – koncepcja szczytu popytu. Zrozumienie obu paradygmatów jest kluczowe dla oceny, jak i kiedy nastąpi zmierzch ery ropy.

Teoria "Peak Oil": Widmo Fizycznego Wyczerpania

Koncepcja "Peak Oil" została po raz pierwszy sformułowana w 1956 roku przez amerykańskiego geofizyka M. Kinga Hubberta.³¹ Jego model, znany jako "krzywa Hubberta", zakładał, że tempo wydobywania ropy naftowej z dowolnego złoża, regionu, a w konsekwencji i całego świata, podąża za przewidywalną, dzwonowatą trajektorią. Produkcja początkowo rośnie powoli, następnie gwałtownie przyspiesza, osiąga maksimum (szczyt, czyli "peak"), a po jego przekroczeniu wchodzi w fazę nieodwracalnego, terminalnego spadku.³¹

Teoria Hubberta zyskała ogromną wiarygodność, gdy jego prognoza dotycząca

szczytu wydobycia w Stanach Zjednoczonych (z wyłączeniem Alaski) sprawdziła się z niezwykłą precyzją – przewidział on szczyt między 1965 a 1970 rokiem, a faktycznie nastąpił on w roku 1971.³¹ Ten sukces sprawił, że model Hubberta zaczęto stosować do prognozowania globalnego szczytu produkcji. Sam Hubbert przewidywał, że nastąpi to około roku 2000.³¹

Przez wiele lat perspektywa "Peak Oil" była postrzegana jako największe zagrożenie dla cywilizacji przemysłowej. Konsekwencje miały być katastrofalne: chroniczne niedobory energii, gwałtownie rosnące ceny paliw, globalny kryzys gospodarczy, upadek złożonych łańcuchów dostaw, wojny o kurczące się zasoby i proces deglobalizacji.¹⁵ Jednak globalny szczyt wydobycia przewidywany przez Hubberta i jego następców nie nadszedł w prognozowanym czasie. Główną przyczyną tej pomyłki było niedocenienie dwóch czynników: potęgi innowacji technologicznych oraz wpływu cen na podaż. Rozwój technik wydobycia z niekonwencjonalnych złóż (łupki, piaski roponośne, złoża głębokowodne) oraz wysokie ceny ropy w pierwszej dekadzie XXI wieku uruchomiły produkcję z zasobów, które wcześniej uznawano za nieopłacalne, odsuwając widmo fizycznego wyczerpania w czasie.²⁸

Nowy Paradygmat: "Peak Demand" – Szczyt Popytu

W ostatnich latach debata o przyszłości ropy przeszła fundamentalną transformację. Coraz rzadziej mówi się o ograniczeniach podaży, a coraz częściej o ograniczeniach po stronie popytu. Nowy paradygmat, "Peak Demand", zakłada, że globalne zapotrzebowanie na ropę naftową osiągnie swój historyczny szczyt, a następnie zacznie systematycznie spadać, niezależnie od tego, jak wiele surowca wciąż pozostaje w ziemi.³⁰ Koniec ery ropy nie będzie więc spowodowany brakiem surowca, ale brakiem zapotrzebowania na niego. Zgodnie ze słynnym powiedzeniem byłego saudyjskiego ministra ropy, Zakiego Yamaniego: "Epoka kamienia nie skończyła się z powodu braku kamieni, a era ropy naftowej skończy się na długo przed tym, zanim na świecie zabraknie ropy".²⁸

Za tym zwrotem w myśleniu stoi kilka potężnych, wzajemnie wzmacniających się trendów:

- **Transformacja w transporcie:** Najważniejszym czynnikiem jest szybki rozwój i upowszechnianie się pojazdów elektrycznych (EV). Każdy samochód elektryczny, który zastępuje pojazd z silnikiem spalinowym, trwale eliminuje z rynku popyt na

benzynę lub olej napędowy. Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) wskazuje, że rosnąca flota EV jest jednym z kluczowych hamulców wzrostu zapotrzebowania na ropę.³⁴

- **Efektywność energetyczna:** Nowe, bardziej wydajne silniki spalinowe, lepsza aerodynamika pojazdów, a także poprawa efektywności energetycznej w przemyśle i budownictwie sprawiają, że do wykonania tej samej pracy lub osiągnięcia tego samego poziomu komfortu potrzeba coraz mniej energii. Te stopniowe, ale konsekwentne ulepszenia ograniczają naturalny wzrost zapotrzebowania na energię.³⁴
- **Polityka klimatyczna i regulacje:** Rządy na całym świecie, zwłaszcza w krajach rozwiniętych, wprowadzają coraz bardziej rygorystyczne regulacje mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Należą do nich normy emisji spalin dla pojazdów, systemy handlu emisjami (ETS), podatki od węgla oraz bezpośrednie wsparcie dla technologii niskoemisyjnych. Te działania polityczne systematycznie zmniejszają konkurencyjność paliw kopalnych i przyspieszają przejście na alternatywy.³⁷
- **Zmiany strukturalne i demograficzne:** Globalny wzrost gospodarczy zwalnia, a jego motory się zmieniają. Gospodarka Chin, przez dwie dekady główny motor wzrostu popytu na ropę, wchodzi w fazę wolniejszego, bardziej zrównoważonego rozwoju, a kryzys w sektorze nieruchomości dodatkowo osłabia popyt.³⁴ Rynki w krajach rozwiniętych (OECD) są już nasycone, a popyt na ropę w tym regionie spada od 2005 roku.²⁰

Konfrontacja Prognoz: Kiedy Nastąpi Szczyt?

Moment, w którym globalny popyt na ropę osiągnie swój szczyt, jest przedmiotem intensywnej debaty, a prognozy wiodących agencji analitycznych znacznie się od siebie różnią, odzwierciedlając odmienne założenia co do tempa i skali globalnej transformacji energetycznej.

- **Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA):** Jest to instytucja, która w swoich prognozach najsilniej akcentuje perspektywę "Peak Demand". W raporcie "Oil 2024" IEA stwierdza, że globalny popyt na ropę, po gwałtownym spowolnieniu wzrostu, osiągnie szczyt i wejdzie w fazę plateau przed końcem obecnej dekady, czyli przed 2030 rokiem.⁴⁰ Agencja prognozuje, że wzrost popytu w 2024 i 2025 roku będzie wynosił już tylko około 1 milion baryłek dziennie, co jest znacznym spowolnieniem w porównaniu z 2,3 mln baryłek dziennie w 2023 roku.³⁴

- **OPEC:** Jako kartel producentów, których model biznesowy opiera się na długoterminowym popycie na ropę, OPEC przedstawia znacznie bardziej optymistyczne prognozy. W swoich długoterminowych scenariuszach organizacja przewiduje, że globalny popyt będzie rósł aż do 2045 roku, napędzany głównie przez rosnące gospodarki krajów rozwijających się. Jednak nawet OPEC jest zmuszony do korygowania swoich prognoz w dół w odpowiedzi na bieżące dane, takie jak spowolnienie gospodarcze w Chinach.³⁹
- **BP:** W swoich corocznych raportach "Energy Outlook" firma BP analizuje różne scenariusze przyszłości energetycznej. We wszystkich scenariuszach, nawet tych zakładających wolniejsze tempo transformacji, globalny popyt na ropę osiąga szczyt w ciągu najbliższych kilkunastu lat. Data tego szczytu jest uzależniona od determinacji rządów we wdrażaniu polityk klimatycznych.³⁶

Ta rozbieżność prognoz pokazuje, że przyszłość ropy nie jest już zdeterminowana przez geologię, ale przez politykę, technologię i ekonomię. Jednak niezależnie od dokładnej daty, konsensus analityczny jest jasny: era nieustannego wzrostu popytu na ropę dobiegła lub właśnie dobiega końca.

Co istotne, koniec ery ropy nie będzie wydarzeniem globalnie synchronicznym. Będziemy świadkami narastającej dywergencji między dwiema grupami krajów. Z jednej strony kraje rozwinięte (OECD), gdzie popyt na ropę już spada lub osiąga szczyt w wyniku nasycenia rynku, elektryfikacji transportu i ambitnej polityki klimatycznej.³⁴ Z drugiej strony kraje rozwijające się, określane jako Globalne Południe, gdzie rosnąca populacja, urbanizacja i dążenie do poprawy standardów życia będą podtrzymywać wzrost popytu na tanią i dostępną energię, w tym ropę, przez wiele kolejnych lat.⁹ Globalny "peak demand" będzie więc wypadkową tych dwóch przeciwstawnych trendów. Oznacza to, że rynek ropy będzie się stopniowo kurczył, ale nie zniknie, a jego centrum grawitacji w całości przesunie się w kierunku Azji, Afryki i Ameryki Łacińskiej. Ta asymetria może stać się źródłem nowych napięć geopolitycznych i etycznych. Kraje rozwinięte, które zbudowały swoje bogactwo na paliwach kopalnych i są odpowiedzialne za większość historycznych emisji, będą naciskać na globalną dekarbonizację. Kraje rozwijające się mogą postrzegać te naciski jako próbę "podniesienia drabiny" i zablokowania im dostępu do taniej energii, niezbędnej do rozwoju gospodarczego. Może to prowadzić do głębokich podziałów i konfliktów na linii Północ-Południe w ramach przyszłych negocjacji klimatycznych i handlowych.

Część IV: Ekonomia Wydobycia – Rosnące Koszty w Drodze do

Ostatniej Baryłki

Ewolucja Kosztów: Od Taniej Ropy Konwencjonalnej po Drogie Złoże Niekonwencjonalne

Świat ropy naftowej nie jest monolitem. Poszczególne złoża i metody wydobycia charakteryzują się drastycznie różnymi kosztami, co tworzy wyraźną hierarchię ekonomiczną na globalnym rynku. U podstaw tej hierarchii leży ropa konwencjonalna – surowiec uwięziony w porowatych skałach zbiornikowych, z których może być stosunkowo łatwo wydobyty za pomocą tradycyjnych szybów wiertniczych. Najtańsze tego typu złoża znajdują się na lądzie w regionie Zatoki Perskiej. Koszt krańcowy wydobycia jednej baryłki ropy w Arabii Saudyjskiej czy Kuwejcie szacowany jest na zaledwie kilka dolarów, a próg rentowności (uwzględniający wszystkie koszty) nie przekracza 20 dolarów.⁴⁴ Ta niezwykle niska baza kosztowa daje tym krajom ogromną przewagę konkurencyjną i pozwala im czerpać zyski nawet przy bardzo niskich cenach na rynkach światowych.

Jednak w miarę jak te najtańsze, "łatwe" złoża są eksploatowane, światowa gospodarka staje się coraz bardziej zależna od droższych źródeł podaży. Należą do nich złoża konwencjonalne zlokalizowane na morzu (offshore), zwłaszcza te na dużych głębokościach (deepwater), oraz przede wszystkim ropa niekonwencjonalna. Termin ten obejmuje węglowodory uwięzione w formacjach skalnych o niskiej przepuszczalności, takich jak łupki, lub występujące w postaci gęstego bitumu zmieszanego z piaskiem. Ich wydobycie wymaga zaawansowanych, kapitałochłonnych i energochłonnych technologii, co wprost przekłada się na znacznie wyższe koszty produkcji.⁴⁷ Ta ewolucja od taniej ropy konwencjonalnej do drogiej ropy niekonwencjonalnej jest kluczowym czynnikiem kształtującym dzisiejszy rynek i jego przyszłość.

Rewolucja Łupkowa w USA: Technologia, Ekonomia i Ograniczenia

Prawdziwym przełomem, który w ostatniej dekadzie zredefiniował globalny rynek ropy,

była rewolucja łupkowa w Stanach Zjednoczonych. Połączenie dwóch technologii – poziomego wiercenia i szczelinowania hydraulicznego (frackingu) – umożliwiło komercyjną eksploatację ogromnych zasobów ropy i gazu uwięzionych w skałach łupkowych, zwłaszcza w basenach takich jak Permian w Teksasie i Nowym Meksyku oraz Bakken w Dakocie Północnej.⁴⁸ W rezultacie, produkcja ropy w USA wzrosła z poniżej 5 mln baryłek dziennie w 2008 roku do rekordowych poziomów przekraczających 13 mln baryłek dziennie, czyniąc Stany Zjednoczone największym producentem ropy na świecie, wyprzedzającym Rosję i Arabię Saudyjską.²⁹

Sukces ten ma jednak swoją cenę, a produkcja z łupków jest znacznie bardziej wrażliwa na warunki rynkowe niż wydobywanie konwencjonalne. Próg rentowności (breakeven price) dla odwiertów łupkowych jest znacznie wyższy. Choć na najlepszych, najbardziej produktywnych obszarach (tzw. "sweet spots") może on wynosić około 50 USD za baryłkę, to na terenach marginalnych koszty rosną, a rentowność wymaga cen rzędu 96 USD za baryłkę lub więcej.⁴⁶ Oznacza to, że przy cenach światowych spadających poniżej pewnego poziomu, np. 50-60 USD, wiele operacji łupkowych staje się nieopłacalnych.⁴⁸ Prowadzi to do gwałtownego ograniczania inwestycji, spadku liczby aktywnych wież wiertniczych i w konsekwencji do spadku produkcji.⁵²

Poza wrażliwością na ceny, wydobywanie z łupków boryka się z innymi wyzwaniami. Jednym z najpoważniejszych jest problem wody. Proces szczelinowania hydraulicznego wymaga wtłoczenia pod ziemię ogromnych ilości wody pod wysokim ciśnieniem. Woda ta powraca na powierzchnię zanieczyszczona chemikaliami i solami, a jej utylizacja jest kosztowna. W niektórych rejonach na każdą wydobytą baryłkę ropy przypada nawet 12 baryłek zanieczyszczonej wody. Koszt jej usunięcia może wzrosnąć z około 2 dolarów na baryłkę ropy (przy stosunku wody do ropy 4:1) do nawet 8 dolarów (przy stosunku 12:1), co znacząco podnosi całkowite koszty operacyjne.⁵¹

Piaski Roponośne w Kanadzie: Dylemat Energetyczny i Środowiskowy

Drugim filarem rewolucji niekonwencjonalnej są kanadyjskie piaski roponośne (bitumiczne), zlokalizowane głównie w prowincji Alberta.⁵⁴ Są to mieszaniny piasku, gliny, wody i niezwykle gęstej, lepkiej formy ropy naftowej zwanej bitumem. Kanada posiada trzecie co do wielkości rezerwy ropy na świecie, właśnie dzięki tym zasobom, i jest szóstym największym producentem.²⁴

Wydobycie z piasków roponośnych jest jednak jednym z najdroższych i najbardziej szkodliwych dla środowiska sposobów pozyskiwania ropy naftowej na świecie. Proces ekstrakcji jest niezwykle złożony i energochłonny. Wymaga albo wydobycia odkrywkowego i oddzielenia bitumu od piasku za pomocą gorącej wody, albo wtłaczania pary wodnej pod ziemię w celu upłynnienia bitumu i wypompowania go na powierzchnię. Obie metody zużywają ogromne ilości wody i energii (głównie z gazu ziemnego).⁵⁴

Wysokie nakłady inwestycyjne i operacyjne sprawiają, że próg rentowności dla tego typu produkcji jest bardzo wysoki. Utrzymanie istniejących, już zamortyzowanych projektów wymaga cen ropy na poziomie 50-70 USD za baryłkę. Natomiast nowe, wielomiliardowe inwestycje stają się opłacalne dopiero, gdy ceny ropy naftowej przekraczają 80 USD, a w niektórych przypadkach nawet 115 USD za baryłkę.⁵⁷ W okresach niskich cen, jak np. w 2016 roku, kanadyjscy producenci sprzedawali swoją ropę ze stratą sięgającą nawet 15 dolarów na baryłce, co prowadziło do masowego zamrażania i odwoływania nowych projektów inwestycyjnych.⁵⁷

Dodatkowym obciążeniem jest ogromny wpływ na środowisko. Emisje gazów cieplarnianych na baryłkę ropy z piasków bitumicznych mogą być nawet o 30% wyższe niż w przypadku ropy konwencjonalnej.⁵⁶ Najnowsze badania naukowe wykazały, że rzeczywiste zanieczyszczenie powietrza szkodliwymi związkami organicznymi w rejonie eksploatacji jest wielokrotnie (nawet o ponad 6000%) wyższe, niż oficjalnie raportuje przemysł, co ma katastrofalne skutki dla zdrowia lokalnych społeczności.⁵⁶

Poniższa tabela syntetyzuje koszty krańcowe wydobycia ropy z różnych źródeł, ilustrując ekonomiczną hierarchię na rynku.

Tabela 2: Porównanie Kosztów Krańcowych Wydobycia Baryłki Ropy Naftowej (szacunkowy próg rentowności, 2023-2024)

Typ Złoża / Metoda Wydobycia	Szacowany Próg Rentowności (USD/baryłka)
Ropa konwencjonalna lądowa (Bliski Wschód)	< 20
Ropa z łupków (USA - najlepsze lokalizacje)	45 - 55
Ropa konwencjonalna morska (płytkie wody)	50 - 60
Ropa z łupków (USA - obszary marginalne)	65 - 95+

Ropa z piasków roponośnych (Kanada - utrzymanie produkcji)	50 - 70
Ropa głębokowodna (Deepwater)	70 - 90
Ropa z piasków roponośnych (Kanada - nowe projekty)	80 - 115+

Źródło: Opracowanie własne na podstawie syntezy danych z.⁴⁴ Wartości są szacunkowe i mogą się różnić w zależności od konkretnego projektu i warunków rynkowych.

Rewolucja łupkowa fundamentalnie zmieniła dynamikę globalnego rynku, wprowadzając nowe, elastyczne źródło podaży. W przeciwieństwie do tradycyjnych projektów naftowych, których cykl inwestycyjny trwa wiele lat, produkcja z łupków może być uruchomiona lub wstrzymana w ciągu kilku miesięcy. To sprawiło, że amerykańska ropa łupkowa zaczęła pełnić rolę globalnego "amortyzatora cenowego". Gdy ceny ropy rosną, producenci łupkowi szybko zwiększają liczbę odwiertów i produkcję, co ogranicza dalszy wzrost cen.⁶⁰ Kiedy ceny spadają poniżej progu rentowności, inwestycje są wstrzymywane, a produkcja maleje, co z czasem tworzy presję na ponowny wzrost cen.⁵² W ten sposób ropa łupkowa, działając jak niestabilny bufor, ogranicza zdolność kartelu OPEC do długoterminowego utrzymywania bardzo wysokich cen. Jednak ta nowa dynamika, w połączeniu z rosnącą perspektywą "peak demand", tworzy ogromną niepewność inwestycyjną. Firmy naftowe obawiają się angażować w długoterminowe, kosztowne projekty (np. głębokowodne), bojąc się, że popyt na ropę zniknie, zanim inwestycja zdąży się zwrócić. Z drugiej strony, chroniczne niedoinwestowanie w nowe moce produkcyjne grozi wystąpieniem gwałtownych szoków podaży i skoków cen w okresie przejściowym. Ta "pułapka inwestycyjna" może sama w sobie stać się czynnikiem przyspieszającym odejście od ropy, ponieważ jej niestabilność cenowa czyni długoterminowe inwestycje w odnawialne źródła energii bardziej przewidywalnymi i atrakcyjnymi.

Część V: Świat w Okresie Przejściowym – Konsekwencje Końca Ery Ropy

Wizja świata po ropie naftowej lub świata, w którym dostęp do niej jest drastycznie ograniczony i drogi, wykracza daleko poza niedogodności związane z wyższymi

cenami na stacjach benzynowych. Ze względu na głębokie, systemowe wplecenie ropy w niemal każdy aspekt funkcjonowania współczesnej cywilizacji, jej zmierzch grozi kaskadowymi kryzysami o trudnych do przewidzenia skutkach.

Transport i Logistyka: Paraliż Globalnych Łańcuchów Dostaw?

Sektor transportu jest piętą achillesową gospodarki opartej na ropie naftowej. W skali globalnej transport zużywa około 65% całej wydobywanej ropy, a jego zależność od paliw ropopochodnych jest niemal absolutna – w Unii Europejskiej sięga 94%.¹¹ Nagły i drastyczny wzrost cen ropy lub, w bardziej ekstremalnym scenariuszu, fizyczne ograniczenie jej dostępności, doprowadziłby do natychmiastowego paraliżu globalnej mobilności i handlu.

Wzrost kosztów transportu morskiego i lotniczego uderzyłby w fundamenty globalizacji, czyniąc międzynarodowe łańcuchy dostaw nieopłacalnymi. Produkty, których wytworzenie opiera się na komponentach z różnych części świata, stałyby się drastycznie droższe lub niedostępne. Transport drogowy, kluczowy dla dystrybucji towarów na poziomie krajowym i lokalnym, również stanąłby w obliczu kryzysu, co bezpośrednio zagroziłoby zaopatrzeniu sklepów, szpitali i fabryk.⁶¹ Perspektywa wyczerpania zasobów lub ich drastycznego ograniczenia zmusza do fundamentalnej rewizji całego paradygmatu transportowego i intensywnych poszukiwań paliw alternatywnych, które mogłyby zastąpić benzynę, olej napędowy i kerozynę.⁶²

Rolnictwo i Bezpieczeństwo Żywnościowe: Groźba Globalnego Głodu

Jednym z najmniej uświadamianych, a jednocześnie najbardziej niebezpiecznych aspektów zależności od ropy jest jej kluczowa rola w globalnym systemie produkcji żywności. Współczesne, wysoko wydajne rolnictwo przemysłowe można w uproszczeniu opisać jako system transformacji energii z paliw kopalnych w kalorie żywności. Szacuje się, że do wyprodukowania i dostarczenia na stół jednej kalorii żywności potrzeba średnio aż dziesięciu kalorii energii pochodzącej z paliw kopalnych.¹⁸

Ta zależność jest wielowymiarowa i dotyczy każdego etapu produkcji żywności¹⁸:

- **Nawozy sztuczne:** Zielona Rewolucja, która pozwoliła na skokowy wzrost produkcji rolnej i wyżywienie rosnącej populacji świata, była w dużej mierze rewolucją nawozową. Nowoczesne nawozy azotowe, kluczowe dla uzyskania wysokich plonów, produkowane są w energochłonnym procesie Habera-Boscha, który jako surowiec wykorzystuje gaz ziemny – paliwo kopalne, którego cena jest ściśle powiązana z ceną ropy.¹⁸
- **Pestycydy i herbicydy:** Środki ochrony roślin, które chronią uprawy przed szkodnikami i chwastami, są w przeważającej większości produktami syntezy petrochemicznej.¹⁷
- **Mechanizacja:** Wszystkie maszyny rolnicze – ciągniki, kombajny, siewniki, opryskiwacze – są napędzane silnikami diesla, czyli zużywają olej napędowy.¹⁸
- **Nawadnianie:** Systemy irygacyjne, niezbędne na wielu obszarach rolniczych, są zasilane pompami, które często napędzane są energią elektryczną z elektrowni na paliwa kopalne lub bezpośrednio silnikami spalinowymi.
- **Dystrybucja, przetwarzanie i przechowywanie:** Po zbiorach żywność musi być przetransportowana (ciężarówkami, statkami), często na tysiące kilometrów, przetworzona, zapakowana (w dużej mierze w plastik pochodzenia ropopochodnego) i przechowywana w warunkach chłodniczych, co również wymaga ogromnych nakładów energii.¹⁸

Bez taniej i powszechnie dostępnej ropy naftowej i gazu ziemnego, cały ten system uległby załamaniu. Koszty produkcji żywności poszybowałyby w górę, a wydajność rolnictwa drastycznie by spadła, co wprost zagroziłoby globalnym bezpieczeństwem żywnościowym i mogłoby doprowadzić do klęski głodu na niewyobrażalną skalę.¹⁵

Przemysł Chemiczny i Farmaceutyczny: W Poszukiwaniu Nowej Bazy Surowcowej

Ropa naftowa jest nie tylko dominującym źródłem energii, ale także fundamentalnym surowcem dla przemysłu chemicznego i farmaceutycznego.² Jak wspomniano wcześniej, niemal wszystkie tworzywa sztuczne, włókna syntetyczne, rozpuszczalniki, farby, smary i detergenty są produktami petrochemicznymi.⁵ Koniec ery ropy oznaczałby konieczność znalezienia zupełnie nowej bazy surowcowej dla tych gałęzi przemysłu.

Wyzwanie to dotyczy również sektora farmaceutycznego. Wiele leków, w tym te najpowszechniejsze, jest syntetyzowanych z wykorzystaniem związków chemicznych pochodzących z ropy.¹⁶ Zastąpienie tej bazy surowcowej jest zadaniem niezwykle

trudnym i kosztownym. Choć teoretycznie możliwe jest wytwarzanie tych samych związków z biomasy (tzw. "zielona chemia"), procesy te są często mniej wydajne, droższe i same wymagają znacznych nakładów energii oraz gruntów rolnych, co z kolei rodzi konflikt z produkcją żywności.

Te głębokie, systemowe zależności tworzą sieć wzajemnych powiązań, gdzie szok w systemie energetycznym może wywołać kaskadę awarii w innych, pozornie niezwiązanych systemach – żywnościowym, materialnym, a nawet zdrowotnym. Ryzyko systemowe jest tu znacznie większe niż suma jego poszczególnych części. Gwałtowny wzrost cen ropy, wywołany na przykład konfliktem geopolitycznym, uruchomiłby niszczycielską lawinę. Efektem pierwszego rzędu byłby wzrost kosztów transportu. Efektem drugiego rzędu byłaby eksplozja cen żywności, spowodowana droższym paliwem do maszyn, wyższymi kosztami transportu i rosnącymi cenami nawozów. Jednocześnie produkcja plastiku, leków i innych kluczowych materiałów stałaby się prohibitwnie droga. Efektem trzeciego rzędu byłby wybuch masowych niepokojów społecznych, fala protekcjonizmu (kraje zamykające granice dla eksportu żywności) i, w skrajnych przypadkach, ryzyko upadku państw, zwłaszcza tych, które są importerami netto zarówno energii, jak i żywności. Prawdziwe zagrożenie związane z końcem ery ropy to nie tyle brak możliwości dojazdu do pracy, co groźba rozpadu złożonych systemów społeczno-gospodarczych, które dziś uznajemy za oczywiste.

Poniższa tabela syntetyzuje zależność kluczowych sektorów gospodarki od ropy naftowej.

Tabela 3: Zależność Kluczowych Sektorów Gospodarki od Ropy Naftowej i Jej Pochodnych

Sektor Gospodarki	Kluczowe Produkty/Zastosowania Pochodzące z Ropy	Poziom Zależności / Trudność Substytucji
Transport	Benzyna, olej napędowy, paliwo lotnicze (kerozyna), oleje smarowe, asfalt	Bardzo wysoki / Bardzo trudna (zwłaszcza w transporcie ciężkim, morskim i lotniczym)
Rolnictwo	Paliwo do maszyn rolniczych, nawozy (pośrednio przez gaz ziemny), pestycydy, herbicydy, opakowania z tworzyw sztucznych	Bardzo wysoki / Bardzo trudna (wymaga zmiany całego modelu produkcji żywności)

Przemysł Chemiczny	Tworzywa sztuczne (polietylen, PVC, PET), kauczuk syntetyczny, rozpuszczalniki, farby, detergenty, włókna syntetyczne	Bardzo wysoki / Bardzo trudna (wymaga rozwoju nowej bazy surowcowej, np. "zielonej chemii")
Budownictwo	Asfalt drogowy, materiały izolacyjne (styropian), farby, lakiery, kleje, rury z tworzyw sztucznych	Wysoki / Trudna
Farmaceutyka i Medycyna	Surowce do syntezy wielu leków, jednorazowy sprzęt medyczny z tworzyw sztucznych, rozpuszczalniki	Wysoki / Bardzo trudna (wpływa na koszty i dostępność opieki zdrowotnej)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie syntezy danych z.¹¹

Część VI: Horyzont Post-Naftowy – Strategie Przetrwania i Nowy Porządek Świata

Globalna Transformacja Energetyczna: Wyzwania i Skala Inwestycji

Odejście od gospodarki opartej na ropie naftowej i innych paliwach kopalnych jest największym wyzwaniem technologicznym, ekonomicznym i społecznym XXI wieku. Skala tego przedsięwzięcia jest gigantyczna. Szacuje się, że aby osiągnąć cele klimatyczne Porozumienia Paryskiego i ograniczyć globalne ocieplenie, światowe roczne inwestycje w transformację energetyczną muszą wzrosnąć ponad trzykrotnie – z około 1,1 biliona USD w 2022 roku do ponad 3,5 biliona USD.⁶⁴

Proces ten, określany mianem transformacji energetycznej, opiera się na dwóch filarach: radykalnym zwiększeniu efektywności energetycznej oraz zastąpieniu paliw kopalnych odnawialnymi źródłami energii (OZE) i technologiami niskoemisyjnymi.³⁷ Jednak droga ta jest najeżona fundamentalnymi wyzwaniami, które wykraczają poza

same finanse ⁶⁴:

- **Nowe zależności surowcowe:** Transformacja nie eliminuje zależności od zasobów naturalnych, lecz zastępuje jedną (od ropy, gazu i węgla) nową, bardziej złożoną zależnością od tzw. minerałów krytycznych. Technologie takie jak baterie do pojazdów elektrycznych i magazynów energii, turbiny wiatrowe i panele fotowoltaiczne wymagają ogromnych ilości litu, kobaltu, niklu, miedzi, grafitu i metali ziem rzadkich. Zabezpieczenie dostaw tych surowców, których wydobycie i przetwarzanie jest często skoncentrowane w kilku krajach (np. Chiny), staje się nowym priorytetem strategicznym.⁴⁹
- **Problem magazynowania energii:** Największym mankamentem wiodących technologii OZE – energii słonecznej i wiatrowej – jest ich niestabilność i zależność od warunków pogodowych. Aby zapewnić stabilność systemu energetycznego opartego na OZE, kluczowe staje się rozwinięcie na masową skalę technologii magazynowania energii. Obejmuje to zarówno magazyny krótkoterminowe (baterijne, elektrownie szczytowo-pompowe), stabilizujące sieć w cyklu dobowym, jak i magazyny długoterminowe (sezonowe), zdolne przechowywać energię przez wiele dni lub tygodni (np. w postaci zielonego wodoru lub jego pochodnych, jak amoniak).⁶⁴
- **Przebudowa infrastruktury:** Transformacja wymaga budowy zupełnie nowej infrastruktury energetycznej, w tym rozbudowy i modernizacji sieci przesyłowych, budowy milionów publicznych i prywatnych stacji ładowania pojazdów elektrycznych, a w przyszłości także infrastruktury do produkcji, transportu i tankowania wodoru.³⁷

Alternatywy w Transporcie: Wyścig Technologiczny

Sektor transportu, jako najbardziej uzależniony od ropy, jest w centrum technologicznego wyścigu o znalezienie realnych alternatyw. Obecnie na czoło wysuwają się trzy główne ścieżki rozwoju, każda z własnym zestawem zalet i wad.

- **Pojazdy elektryczne (BEV - Battery Electric Vehicles):**
 - **Zalety:** Charakteryzują się bardzo wysoką sprawnością energetyczną całego cyklu ("well-to-wheel"), sięgającą 70-80%. Są zeroemisyjne w miejscu użytkowania, ciche i tańsze w eksploatacji ze względu na niższy koszt energii elektrycznej w porównaniu do paliw oraz prostszą budowę mechaniczną (mniej części wymagających serwisu).⁶⁵
 - **Wady:** Głównymi barierami pozostają: wciąż wyższa cena zakupu,

ograniczony zasięg (choć systematycznie rosnący), długi czas ładowania w porównaniu do tankowania, duża masa i koszt baterii oraz obciążenie, jakie masowa elektryfikacja stanowi dla sieci energetycznych, zwłaszcza w godzinach szczytu.⁶⁵

- **Pojazdy wodorowe (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicles):**

- **Zalety:** Oferują one doświadczenie użytkowania zbliżone do samochodów spalinowych: szybkie tankowanie (3-5 minut) i duży zasięg (ponad 500-600 km). Podobnie jak BEV, są zeroemisyjne w miejscu użytkowania – jedynym produktem ubocznym pracy ogniwa paliwowego jest para wodna.⁶⁷
- **Wady:** Największym problemem jest bardzo niska sprawność energetyczna całego cyklu. Produkcja "zielonego" wodoru metodą elektrolizy wody, jego sprężenie, transport i konwersja z powrotem na prąd w ogniwie paliwowym wiążą się z ogromnymi stratami – do kół pojazdu dociera zaledwie 25-35% pierwotnej energii. To sprawia, że wodór jest i pozostanie znacznie droższym "paliwem" niż prąd z sieci. Dodatkowo, technologia jest droga, a infrastruktura do tankowania praktycznie nie istnieje.⁶⁵

- **Biopaliwa:**

- **Zalety:** Ich główną zaletą jest możliwość wykorzystania w istniejącej infrastrukturze i w zmodyfikowanych silnikach spalinowych. Biopaliwa zaawansowane, produkowane z odpadów (rolniczych, komunalnych, leśnych), nie konkurują z produkcją żywności i mogą przyczynić się do rozwiązania problemu zagospodarowania odpadów.⁶⁹
- **Wady:** Biopaliwa pierwszej generacji (produkowane np. z rzepaku czy kukurydzy) budzą ogromne kontrowersje etyczne i ekologiczne ze względu na konkurencję o grunty rolne (konflikt "żywność czy paliwo"), co może prowadzić do wzrostu cen żywności i wylesiania.⁷¹ Produkcja biopaliw zaawansowanych jest wciąż na wczesnym etapie rozwoju, technologicznie trudna i kosztowna, a jej potencjał ilościowy jest ograniczony.⁷²

Poniższa tabela przedstawia syntetyczne porównanie kluczowych technologii napędowych.

Tabela 4: Porównanie Alternatywnych Technologii Napędowych w Transporcie

Cecha	Silnik Spalinowy (ICE)	Pojazd Elektryczny (BEV)	Pojazd Wodorowy (FCEV)	Biopaliwa
Sprawność	Niska	Bardzo wysoka	Bardzo niska	Niska do

energetyczna (Well-to-Wheel)	(~20-30%)	(~70-80%)	(~25-35%)	średniej
Czas tankowania/ładowania	2-5 minut	30 min - 8 godzin	3-5 minut	2-5 minut
Dostępność infrastruktury	Bardzo wysoka	Średnia, szybko rosnąca	Znikoma	Wysoka (istniejące stacje)
Koszt pojazdu (względny)	Niski (referencyjny)	Wysoki	Bardzo wysoki	Niski do średniego
Koszt paliwa/energii (względny)	Wysoki, zmienny	Niski	Bardzo wysoki	Wysoki
Kluczowe wyzwania	Emisje CO2 i zanieczyszczeń	Zasięg, czas ładowania, koszt i degradacja baterii, obciążenie sieci	Koszt i sprawność produkcji wodoru, brak infrastruktury	Konkurencja o grunty, niska wydajność, koszty produkcji

Źródło: Opracowanie własne na podstawie syntezy danych z.⁶⁵

Geopolityczne Przetaskowanie: Upadek Petro-Państw i Nowi Liderzy

Transformacja energetyczna to nie tylko zmiana technologiczna, ale przede wszystkim fundamentalne przetaskowanie na globalnej mapie siły. Koniec ery ropy oznacza egzystencjalne zagrożenie dla tzw. petro-państw – krajów, których gospodarki, budżety państwowe i stabilność społeczna są niemal całkowicie uzależnione od dochodów z eksportu ropy i gazu. Dotyczy to w szczególności krajów Zatoki Perskiej (Arabia Saudyjska, ZEA, Kuwejt, Katar), Rosji, Nigerii, Angoli czy Wenezueli.⁷⁴

Międzynarodowy Fundusz Walutowy (MFW) ostrzega, że w scenariuszu szybkiego spadku globalnego popytu na ropę, obecne bogactwo finansowe krajów Zatoki Perskiej może zostać wyczerpane w ciągu zaledwie kilkunastu lat, jeśli nie przeprowadzą one głębokich i bolesnych reform.⁷⁶

W odpowiedzi na to zagrożenie, kraje te podejmują próby adaptacji. Arabia Saudyjska

realizuje ambitny program "Vision 2030", mający na celu dywersyfikację gospodarki poprzez inwestycje w turystykę, technologię i finanse.⁷⁸ Zjednoczone Emiraty Arabskie inwestują miliardy dolarów w projekty energii odnawialnej na całym świecie.⁷⁴ Jednocześnie kraje te stawiają na produkcję "niebieskiego" wodoru i amoniaku (produkowanych z gazu ziemnego z wychwytywaniem CO₂) oraz dążą do maksymalizacji wydobycia taniej ropy, by w kurczącym się rynku utrzymać pozycję "producenta ostatniej instancji".⁷⁴

W nowym porządku energetycznym siła geopolityczna przesunie się od posiadaczy rezerw ropy do tych, którzy kontrolują nowe, kluczowe aktywa: złoża minerałów krytycznych, technologie produkcji OZE i magazynowania energii oraz know-how w zakresie integracji systemów. Może to znacząco wzmocnić pozycję Chin, które dziś dominują w globalnych łańcuchach przetwarzania metali ziem rzadkich oraz produkcji paneli fotowoltaicznych i baterii.⁴⁹ Nowymi ważnymi graczami mogą stać się również kraje Ameryki Łacińskiej (tzw. "trójkąt litowy": Argentyna, Boliwia, Chile) czy Afryki (Demokratyczna Republika Konga jako główny dostawca kobaltu), choć grozi im to wpadnięciem w nową formę "klątwy surowcowej".

Ta transformacja, choć motywowana szczytnymi celami ekologicznymi, nie prowadzi do świata mniejszej rywalizacji o zasoby, lecz do nowej, bardziej złożonej gry geopolitycznej. Zastępuje ona jedną, dobrze znaną i relatywnie stabilną zależność (od ropy z Bliskiego Wschodu) wieloma nowymi, bardziej skomplikowanymi i potencjalnie niestabilnymi zależnościami – od chińskich technologii, kongijskiego kobaltu i chilijskiego litu. W odpowiedzi na to ryzyko, największe bloki gospodarcze – USA, UE i Chiny – już dziś prowadzą intensywną politykę przemysłową (jak amerykański Inflation Reduction Act czy europejski Green Deal Industrial Plan), mającą na celu zabezpieczenie własnych łańcuchów dostaw i rozwój krajowych technologii. "Bezpieczeństwo energetyczne" zostaje redefiniowane jako "bezpieczeństwo surowcowe dla transformacji". W skrajnym scenariuszu może to doprowadzić do fragmentacji świata na rywalizujące ze sobą bloki technologiczno-surowcowe, co paradoksalnie utrudniłoby globalną współpracę w kwestiach, które legły u podstaw całej transformacji, czyli w walce ze zmianami klimatu. "Zielony" świat może okazać się bardziej, a nie mniej, podzielony i skonfliktowany niż świat ery ropy naftowej.

Wnioski Końcowe: Nawigując w Niepewności

Analiza obecnego stanu wiedzy na temat ropy naftowej, jej zasobów, kosztów i roli w globalnym systemie prowadzi do kilku fundamentalnych wniosków, które powinny kształtować myślenie o przyszłości energetycznej świata.

Po pierwsze, koniec ery ropy naftowej jest nieunikniony, ale jego natura będzie inna, niż powszechnie sądzono. Nie nastąpi on z powodu geologicznego wyczerpania zasobów – "peak oil" – lecz w wyniku erozji popytu napędzanej przez postęp technologiczny, presję polityki klimatycznej i zmieniającą się ekonomię – "peak demand". Pytanie "kiedy skończy się ropa?" jest bezprzedmiotowe. Kluczowe pytanie brzmi: "kiedy świat przestanie jej potrzebować w obecnej skali?". Konsensus analityczny wskazuje, że ten moment jest już bardzo blisko, prawdopodobnie nastąpi przed końcem obecnej dekady.

Po drugie, przejście od gospodarki opartej na ropie do systemu niskoemisyjnego nie będzie procesem płynnym i bezbolesnym. Będzie to okres naznaczony podwyższoną zmiennością i niepewnością. "Pułapka inwestycyjna", w której firmy naftowe boją się inwestować w nowe, drogie projekty z obawy o przyszły popyt, grozi wystąpieniem gwałtownych szoków podażyowych i skoków cen w nadchodzących latach. Jednocześnie głębokie, systemowe powiązania między sektorem energetycznym a rolnictwem, przemysłem chemicznym i globalną logistyką tworzą ryzyko kaskadowych kryzysów, w których szok na rynku ropy może wywołać lawinę problemów w systemie żywnościowym czy materialnym.

Po trzecie, transformacja energetyczna fundamentalnie przetasuje globalny porządek geopolityczny. Władza i wpływy przesuną się od tradycyjnych petro-państw do krajów i korporacji kontrolujących technologie odnawialne i łańcuchy dostaw minerałów krytycznych. Choć transformacja jest motywowana dążeniem do zrównoważonego rozwoju, sama w sobie tworzy nowe areny rywalizacji o zasoby i wpływy. "Zielona" geopolityka może okazać się równie bezwzględna jak ta oparta na ropie, prowadząc do fragmentacji świata na rywalizujące bloki technologiczno-surowcowe.

Nawigowanie w tej epoce niepewności wymaga od decydentów politycznych, liderów biznesu i społeczeństw strategicznego myślenia, odwagi w podejmowaniu trudnych decyzji i gotowości na fundamentalne zmiany. Era ropy naftowej, która przez ponad sto lat kształtowała świat, dobiega końca. Wyzwanie polega na tym, by jej zmierzch nie stał się początkiem chaosu, lecz świadomie zarządzanym przejściem w kierunku bardziej zrównoważonej i odpornej przyszłości.

Cytowane prace

1. Destylacja węgla kamiennego i ropy naftowej – Świat pod lupą – zpe.gov.pl,

- otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://zpe.gov.pl/a/destylacja-wegla-kamiennego-i-ropy-naftowej/D8z7qWhi8>
2. Ropa naftowa jako główny surowiec energetyczno-przemysłowy - Nafta-Gaz - ICM UW, otwierano: czerwca 24, 2025,
<http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1b4dd791-a7cd-4df8-9940-d6b0005bb757>
 3. Ropa naftowa – Wikipedia, wolna encyklopedia, otwierano: czerwca 24, 2025,
https://pl.wikipedia.org/wiki/Ropa_naftowa
 4. Charakterystyka ropy naftowej - Chemia organiczna - Bryk.pl, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://www.bryk.pl/wypracowania/chemia/chemia-organiczna/12682-charakterystyka-ropy-naftowej.html>
 5. Ropa naftowa – kluczowy surowiec energetyczny i przemysłowy - Giełda odpadów, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://giełda-odpadow.pl/strefa-wiedzy/katalog/ropa-naftowa/>
 6. Ropa naftowa - Geologia, górnictwo i surowce dla społeczeństwa, otwierano: czerwca 24, 2025, https://gospodarkasurowcami.pl/ropa_naftowa
 7. Rynek ropy naftowej z perspektywy branży morskiej - Archiwalna strona Ministerstwa Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej - Gov.pl, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://www.gov.pl/web/gospodarkamorska/rynek-ropy-naftowej-z-perspektywy-branzы-morskiej>
 8. Ropa naftowa jako strategiczny surowiec gospodarki światowej - ResearchGate, otwierano: czerwca 24, 2025,
https://www.researchgate.net/profile/Sylwia-Pangsy-Kania/publication/334231597_Ropa_naftowa_jako_strategiczny_surowiec_gospodarki_swiatowej_przyczyny_i_skutki_wahan_cen_w_latach_1970-2017_Brent_oil_as_a_strategic_source_of_world_economy_causes_and_effects_of_price_fluctuations_i/links/5d1f1488a6fdcc2462c13172/Ropa-naftowa-jako-strategiczny-surowiec-gospodarki-swiatowej-przyczyny-i-skutki-wahan-cen-w-latach-1970-2017-Brent-oil-as-a-strategic-source-of-world-economy-causes-and-effects-of-price-fluctuations-i.pdf
 9. Statistical Review of World Energy - Energy Institute, otwierano: czerwca 24, 2025,
https://www.energyinst.org/_data/assets/pdf_file/0006/1542714/684_EI_Stat_Review_V16_DIGITAL.pdf
 10. Ropa naftowa jako strategiczny surowiec gospodarki światowej - International Entrepreneurship Review, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://ier.uek.krakow.pl/index.php/pm/article/download/1814/pdf/6536>
 11. Ropa naftowa w gospodarce światowej – znaczenie dla Polski - Biblioteka Nauki, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://bibliotekanauki.pl/articles/957949.pdf>
 12. ekonomika transportu - teoria dla praktyki - Instytut Studiów Międzynarodowych i Bezpieczeństwa - Uniwersytet Wrocławski, otwierano: czerwca 24, 2025,
https://www.ism.uni.wroc.pl/attachments/Monografia_-Ekonomika-Transportu_2018-12-03_12-28-25.pdf

13. Dlaczego rosną ceny ropy? I co to oznacza dla rynków i gospodarki? - Analizy.pl, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.analizy.pl/blog-rafala-boguslawskiego/35291/dlaczego-rosna-ceny-ropy-i-co-to-oznacza-dla-rynkow-i-gospodarki>
14. Kurs ropy naftowej i przyszłość paliw kopalnych - SP 7, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.sp-7.pl/kursy-ropa/>
15. NOWOCZESNA ELEKTRYKA REWOLUCJONIZUJE GOSPODARKE - CIRE, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.cire.pl/pliki/2/KrzyszPulapkaCIRE08102010.pdf>
16. Chemia w przemyśle paliwowym - Grupa PCC, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.products.pcc.eu/pl/k/przemysl-paliwowy/>
17. Ropa naftowa i produkty naftowe - Nauka o geologii, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://pl.geologyscience.com/ga%C5%82%C4%99zie-geologii/geologia-ropy-naftowej/produkty-naftowe%C2-ropa-naftowa/>
18. Ropa - niezastąpione źródło energii - Ziemia na rozdrożu, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://ziemianarozdrozu.pl/ropa-niezastapione-zrodlo-energii/>
19. Jakie produkty uzyskuje się z ropy naftowej? - Renovables, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://renovables.blog/pl/blog/Jakie-produkty-uzyskuje-si%C4%99-z-ropy-naftowej%3F/>
20. Rynek ropy się zmienia - Inzynieria.com, otwierano: czerwca 24, 2025, https://inzynieria.com/uploaded/magazines/pdf/pe11_rynek_ropy_sie_zmienia.pdf
21. Total world crude oil production increased in 2023 by 0.42 million barrels/day (mb/d), or 0.6%, compared to 2022. - OPEC Digital Publications - Annual Statistical Bulletin, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://publications.opec.org/asb/about/2192>
22. Oil data: upstream - OPEC Digital Publications - Annual Statistical Bulletin, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://publications.opec.org/asb/chapter/show/123/2113/2116>
23. Oil data: upstream - OPEC Digital Publications - Annual Statistical Bulletin, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://publications.opec.org/asb/chapter/show/123/2113>
24. ŚWIATOWY RYNEK ROPY NAFTOWEJ – ZASOBY, KONSUMPCJA, KIERUNKI PRZEPŁYWU, otwierano: czerwca 24, 2025, https://repozytorium.uwb.edu.pl/jspui/bitstream/11320/978/1/11_Zofia%20TOMCZONEK.pdf
25. OPEC – Wikipedia, wolna encyklopedia, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://pl.wikipedia.org/wiki/OPEC>
26. Ropa naftowa nie zawsze oznacza bogactwo. Które kraje dysponują jej największymi zasobami? - Forsal, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://forsal.pl/biznes/energetyka/artykuly/9290439,ropa-naftowa-nie-zawsze-oznacza-bogactwo-ktore-kraje-dysponuja-jej-na.html>
27. determinanty rozwoju światowego rynku ropy naftowej, otwierano: czerwca 24, 2025,

http://www.wbc.poznan.pl/Content/115817/PDF/Wieclaw_Tomasz-rozprawa_doktorska.pdf

28. Światowe zasoby ropy rosną szybciej, niż wydobywanie - Energetyka24.com, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://energetyka24.com/swiatowe-zasoby-ropy-rosna-szybciej-niz-wydobywanie>
29. WYDOBYCIE ROPY NAFTOWEJ - LISTA KRAJÓW, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://pl.tradingeconomics.com/country-list/crude-oil-production>
30. Peak oil and the low-carbon energy transition: A net-energy perspective - ResearchGate, otwierano: czerwca 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/354885905_Peak_oil_and_the_low-carbon_energy_transition_A_net-energy_perspective
31. Peak oil - Wikipedia, wolna encyklopedia, otwierano: czerwca 24, 2025, https://pl.wikipedia.org/wiki/Peak_oil
32. Peak oil: The four stages of a new idea | Request PDF - ResearchGate, otwierano: czerwca 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/223566283_Peak_oil_The_four_stages_of_a_new_idea
33. BEZPIECZEŃSTWO - Biuro Bezpieczeństwa Narodowego, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.bbn.gov.pl/download/1/17032/111-131sPawelTurowski.pdf>
34. Oil Market Report - July 2024 - Analysis - IEA, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-july-2024>
35. Oil Market Report - January 2024 - Analysis - IEA, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-january-2024>
36. bp Energy Outlook: 2024 edition, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>
37. Na czym polega transformacja energetyczna? - mLeasing, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://mleasing.pl/blog/na-czym-polega-transformacja-energetyczna/>
38. Renewable Energy Sources vs. an Air Quality Improvement in Urbanized Areas - Frontiers, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2021.767418/epub>
39. OPEC tnie prognozy dotyczące ropy. Wszystko przez Chiny - Business Insider, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/opec-tnie-prognozy-dotyczace-ropy-wszystko-przez-chiny/9kq34br>
40. Oil 2024 - Analysis - IEA, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.iea.org/reports/oil-2024>
41. aktualności - 16 grudnia 2024 - Surowcowe.info, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://surowcowe.info/aktualnosci-16-grudnia-2024/>
42. Home | Statistical Review of World Energy, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.energyinst.org/statistical-review>
43. Assessing the Case for War in Afghanistan - Council on Foreign Relations, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.cfr.org/report/assessing-case-war-afghanistan>

44. Sieczyn: wydobywanie ropy z łupków w USA jest nieopłacalne z powodu niskich cen ropy naftowej - SERWIS INFORMACYJNY CIRE 24, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/156875-sieczyn-wydobywanie-ropy-z-lupkow-w-usa-jest-nieoplacalne-z-powodu-niskich-cen-ropy-naftowej>
45. Ile ropy jeszcze nam zostało? - Biznes w INTERIA.PL, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://biznes.interia.pl/gieldy/aktualnosci/news-ile-ropy-jeszcze-nam-zostalolnld3746142>
46. Najwięksi producenci ropy naftowej na świecie w 2023 roku - Obserwator Gospodarczy, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://obserwatorgospodarczy.pl/2023/10/14/najwieksi-producenci-ropy-naftowej-na-swiecie-nie-prowadzi-ani-arabia-saudyjska-ani-rosja/>
47. Scenariusze dla energetyki w unijnych dokumentach - PortalKomunalny.pl -, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://portalkomunalny.pl/plus/artykul/scenariusze-dla-energetyki-w-unijnych-dokumentach/>
48. Amerykańska ropa z łupków ustabilizuje światowy rynek surowca | Obserwator Finansowy, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/amerykanska-ropa-z-lupkow-ustabilizuje-swiatowy-rynek-surowca/>
49. Geopolityczne szachy a rynki kapitałowe w 2025 roku - Analizy.pl, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.analizy.pl/komentarze-i-prognozy/36934/geopolityczne-szachy-a-rynki-kapitalowe-w-2025-roku>
50. Produkcja ropy naftowej w Stanach Zjednoczonych | 1920-2025 Dane, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://pl.tradingeconomics.com/united-states/crude-oil-production>
51. Amerykańska ropa z łupków coraz droższa - Monitor Chicago, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.monitorlocalnews.com/amerykanska-ropa-z-lupkow-coraz-drozsza>
52. USA prognozują spadek wydobywania ropy naftowej pomimo obietnic Trumpa - UA.News, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://ua.news/pl/world/ssha-prognozuiut-padinnia-vidobutku-nafti-popri-obitsi-anki-trampa>
53. Wydobywanie z łupków w USA zwalnia, a ceny ropy spadają - E-Petrol, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.e-petrol.pl/wiadomosci-swiat/119447/wydobywanie-z-lupkow-w-usa-zwalnia-a-ceny-ropy-spadaja>
54. UE idzie na rękę Kanadzie ws. ropy z piasków. Z dyrektywy zniknął zapis - TVN24 Biznes, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://tvn24.pl/biznes/najnowsze/ue-idzie-na-reke-kanadzie-ws-ropy-z-piaskow-z-dyrektywy-zniknal-zapis-ra475740-ls4447559>
55. Kanadyjscy producenci ropy naftowej chcą podwoić wydobywanie tego surowca - SERWIS INFORMACYJNY CIRE 24, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/79419-kanadyjscy-produ>

- [cenci-ropy-naftowej-chca-podwoic-wydobycie-tego-surowca](#)
56. Roponośne piaski trują Kanadę. Zanieczyszczenia wielokrotnie większe, niż wcześniej podawano - 300Gospodarka.pl, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://300gospodarka.pl/news/roponosne-piaski-truja-kanade-zanieczyszczenia-setki-razy-wieksze-niz-wczesniej-podawano>
 57. Piaski roponośne w Kanadzie przynoszą straty do 15 dolarów na baryłce - SERWIS INFORMACYJNY CIRE 24, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/109110-piaski-roponosne-w-kanadzie-przynosza-straty-do-15-dolarow-na-barylce>
 58. Tania ropa szkodzi wydobywaniu z piasków roponośnych - Biznes Alert, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://biznesalert.pl/tania-ropa-szkodzi-wydobywaniu-z-piaskow-roponosnych/>
 59. Kanada: mniej ropy naftowej, więcej energii odnawialnej - GospodarkaMorska.pl, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.gospodarkamorska.pl/kanada-mniej-ropy-naftowej-wiecej-energii-odnawialnej-52323>
 60. Jak ważny jest rynek ropy naftowej dla gospodarki światowej? | Obserwator Finansowy, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/jak-wazny-jest-rynek-ropy-naftowej-dla-gospodarki-swiatowej/>
 61. konsekwencje rosnącego uzależnienia transportu w polsce od ropy naftowej, otwierano: czerwca 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/309292911_KONSEKWENCJE_ROSNACEGO_UZALEZNIENTA_TRANSPORTU_W_POLSCE_OD_ROMY_NAFTOWEJ
 62. Wpływ zastosowania paliwa z dodatkiem etanolu do zasilania silników spalinowych na skład spalin - Media LOGISTYKA, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.logistyka.net.pl/bank-wiedzy/transport-i-spedycja/item/85577-wplyw-w-zastosowania-paliwa-z-dodatkiem-etanolu-do-zasilania-silnikow-spalinowych-na-sklad-spalin>
 63. DEPENDENCY OF AGRICULTURE ON CHEMICAL INDUSTRY PRODUCTS DERIVED FROM CRUDE OIL AND NATURAL GAS UZALEŻNIENIE ROLNICTWA OD PRODUKTÓW PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO WYTWARZANYCH Z ROMY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO STANISŁAW SZAREK - ResearchGate, otwierano: czerwca 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/390404299_DEPENDENCY_OF_AGRICULTURE_ON_CHEMICAL_INDUSTRI_PRODUCTS_DERIVED_FROM_CRUDE_OIL_AND_NATURAL_GAS_UZALEZNIENTE_ROLNICTWA_OD_PRODUKTOW_PRZEMYSLU_CHEMICZNEGO_WYTWARZANYCH_Z_ROMY_NAFTOWEJ_I_GAZU_ZIEMNEGO_S
 64. Siedem wyzwań dla sektora energetycznego | EY - Polska, otwierano: czerwca 24, 2025, https://www.ey.com/pl_pl/insights/climate-change-sustainability-services/siedem-wyzwan-dla-sektora-energetycznego-esg-fy24
 65. Samochody elektryczne vs. auta wodorowe – na co się zdecydować? - AmperGo.pl, otwierano: czerwca 24, 2025,

<https://ampergo.pl/baza-wiedzy/samochody-elektryczne-vs-auta-wodorowe-na-co-sie-zdecydowac>

66. Który napęd wygra wyścig przyszłości: elektryczny, wodorowy czy inny?,
otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://www.dskrakow.pl/ktory-naped-wygra-wyscig-przyszlosci-elektryczny-wo-dorowy-czy-inny>
67. Auta Na Wodór – Wady I Zalety - Elektromobilni.pl, otwierano: czerwca 24, 2025,
https://elektromobilni.pl/strefa_wiedzy/auta-na-wodor-wady-i-zalety/
68. Zalety i wady paliwa wodorowego do samochodu - Knauf Industries Automotive,
otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://knaufautomotive.com/pl/zalety-i-wady-paliwa-wodorowego-do-samocho-du/>
69. Alternatywne źródła energii – czym są i jakie są ich przykłady? - SolarSpot,
otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://solarspot.com.pl/alternatywne-zrodla-energii-czym-sa-i-jakie-sa-ich-przy-klady/>
70. Biopaliwa z odpadów – rewolucja w zrównoważonym rozwoju - Green Spark,
otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://greenspark.com.pl/biopaliwa-z-odpadow-rewolucja-w-zrownowazonym-rozwoju/>
71. Zagrożenia rynku biopaliw - jak wpasować go w gospodarkę zrównoważoną? - GlobEnergia, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://globenergia.pl/zagrozenia-ryнку-biopaliw-jak-wpasowac-go-w-gospodar-ke-zrownowazona/>
72. Dyrektywa RED II a wyzwania dla polskiego sektora biopaliw - Teraz-Srodowisko,
otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/dyrektywa-RED-II-polski-sektor-bio-paliw-Stepien-11821.html>
73. Wyzwania Dla Sektora Biopaliw W Kontekście Polityki Klimatyczno-Energetycznej Unii Europejskiej - AgEcon Search, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://ageconsearch.umn.edu/record/293493/?ln=en>
74. Energy and Geopolitics - per Concordiam, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://perconcordiam.com/energy-and-geopolitics/>
75. Middle East Outlook: The Energy Transition Roils the Land of Oil - Baker Institute,
otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://www.bakerinstitute.org/research/middle-east-outlook-energy-transition-r-oils-land-oil>
76. Koniec epoki ropy to koniec bogactwa Bliskiego Wschodu? MFW: Do 2034 r. kraje regionu stracą 2 bln dol. - Forsal, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://forsal.pl/artykuly/1454507.koniec-epoki-ropy-to-koniec-bogactwa-bliskie-go-wschodu-mfw-do-2034-r-kraje-regionu-straca-2-bln-dol.html>
77. The Future of Oil and Fiscal Sustainability in the GCC Region, otwierano: czerwca 24, 2025,
<https://www.imf.org/en/Publications/Departmental-Papers-Policy-Papers/Issues/2020/01/31/The-Future-of-Oil-and-Fiscal-Sustainability-in-the-GCC-Region-4893>

78. The Energy Transition in the Middle East: Navigating Through Change - Georgetown Law, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://www.law.georgetown.edu/environmental-law-review/blog/the-energy-transition-in-the-middle-east-navigating-through-change/>
79. The New Geopolitics of Energy Transition in the Middle East, otwierano: czerwca 24, 2025, <https://iaee.org/en/publications/proceedingsabstractpdf.aspx?id=17987>