



**EXPLORING  
THE DIGITAL LANDSCAPE:  
INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVES**



# **EXPLORING THE DIGITAL LANDSCAPE: INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVES**

*Monograph*

*Edited by Olha Blaha  
and Iryna Ostopolets*

**The University of Technology in Katowice Press**

**2024**

**Editorial board :**

*Zhanna Bogdan – PhD, Associate Professor,  
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (Ukraine)*  
*Olha Blaha – PhD, Associate Professor, Ivano-Frankivsk Educational and Scientific  
Law Institute of the National University «Odesa Law Academy» (Ukraine)*  
*Nadiya Dubrovina – CSc., PhD, Associate Professor,  
Bratislava University of Economics and Management (Slovakia)*  
*Yuliana Irkhina – PhD, Associate Professor,  
South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky (Ukraine)*  
*Tamara Makarenko – PhD, Associate Professor,  
Berdyansk State Pedagogical University (Ukraine)*  
*Tetyana Nestorenko – Professor AS, PhD, Academy of Silesia,  
Associate Professor, Berdyansk State Pedagogical University (Ukraine)*  
*Aleksander Ostenda – Professor AS, PhD, Academy of Silesia*  
*Iryna Ostopolets – PhD, Associate Professor,  
Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University (Ukraine)*

**Scientific reviewers :**

*Antonina Kalinichenko – DSc, Professor, University of Opole*  
*Oleksandr Nestorenko – PhD, Academy of Silesia*  
*Iryna Yemchenko – DSc, Professor, Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

The authors bear full responsible for the text, data, quotations, and illustrations.

Copyright by Academy of Silesia, Katowice, 2024

**ISBN 978-83-969890-9-3**

**DOI: 10.54264/M036**

**Editorial compilation :**

The University of Technology in Katowice Press  
43 Rolna str., 40-555 Katowice, Silesia Province, Poland  
tel. (32) 202 50 34; fax: (32) 252 28 75  
email: kontakt@wydawnictwo.wst.pl  
www.wst.pl, www.wydawnictwo.wst.pl

### 3.8. Breaking social anxiety – green light for nuclear power plants

#### Przełamanie niepokoju społecznego – zielone światło dla elektrowni atomowych

##### 1. Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie należy traktować jako przyczynek do refleksji nad problemem przełamania niepokoju społecznego, które zakorzeniły się w wyniku wcześniej wspomnianych awarii w elektrowniach atomowych. Ponadto jako przybliżenie dla szerszego ogółu, problematyki znaczenia i dalszego rozwoju energetyki jądrowej, jako jednej z alternatyw produkcji «czystej» energii elektrycznej.

Elektrownie jądrowe nazywane są też atomowymi. Zdaniem fizyków, różnica polega jednak na tym, że elektrownie jądrowe wykorzystują procesy na poziomie jądra atomowego, a elektrownie konwencjonalne – na poziomie powłok elektronowych atomu. Potocznie określeń «jądrowa» i «atomowa» używamy wymiennie, dla większości z nas to synonimy. Okazuje się, że przymiotniki «jądrowy» i «atomowy» zawierają pewne różnice znaczeniowe, dla niektórych dość istotne. Elektrownia jądrowa bowiem to obiekt przemysłowo-energetyczny wytwarzający energię elektryczną lub ciepłą poprzez wykorzystanie energii pochodzącej z rozszczepienia ciężkich jąder atomów (najczęściej uranu naturalnego wzbogaconego w izotop  $^{235}\text{U}$  do 3-5%). Nie ma więc wątpliwości – elektrownia jądrowa jest «jądrowa», bo uzyskuje się w niej energię z procesu zachodzącego w jądrze atomowym.

Zatem wszystkie procesy chemiczne są procesami atomowymi w tym sensie, że zachodzą z udziałem powłok elektronowych atomu. Ściśle mówiąc – reakcje chemiczne to domena zewnętrznych powłok elektronowych, z elektronami walencyjnymi. Tak więc każde spalanie, które jest gwałtownym utlenianiem, to reakcja chemiczna pomiędzy atomami. A więc bardzo formalnie rzecz biorąc, elektrownią atomową jest też każda elektrownia spalająca: węgiel kamienny, brunatny, gaz, biomasę lub odpady komunalne.

Badania zjawiska promieniotwórczości doprowadziły do odkrycia jądra atomowego, a następnie protonu i neutronu. Jednak początkowo badania te dotyczyły ogólnie atomu. Powstała atomistyka – czyli dziedzina nauki zajmująca się wykorzystaniem zjawisk, procesów i *technik jądrowych*. W odniesieniu do energetyki warto jednak propagować używanie terminu «*jądrowa*», gdyż termin energetyka jądrowa jest jednoznaczny.

Wybuch elektrowni jądrowej, zwanej też atomową w Czarnobylu oraz dalsze awarie w elektrowniach tego typu na świecie wywołały wstrząsy społeczne. Reakcją rządzących na to było, że niektóre z państw, w tym Niemcy, wycofały się z produkcji energii jądrowej, zamykając elektrownie już funkcjonujące. Inne kraje stopniowo zaniechały kontynuacji budowy takich elektrowni. Były jednak państwa wykorzystujące nadal energię jądrowa w szerokim zakresie, a ponadto usprawniające technologię konstrukcji i zabezpieczeń wspomnianych elektrowni z zastosowaniem techniki IT. Przykładem w tym zakresie jest Francja, gdzie obecnie eksploatowanych jest dziesiątki elektrowni atomowych. Istotną rolę odgrywa tu dostępność tego kraju do surowca z Afryki, jakim jest ruda uranu oraz warunki składowania wypalonych prętów w reaktorze.

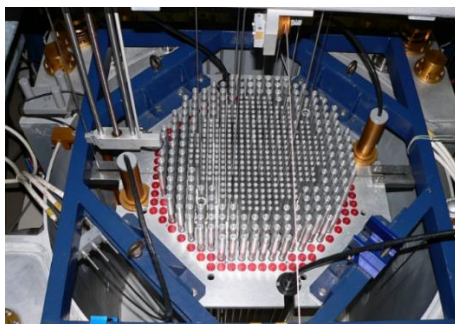
Ocieplenie klimatu, a przede wszystkim spowodowane nim anomalie pogodowe, susze w krajach strefy zwrotnikowej, w tym w Afryce Saharyjskiej, zmuszają do radykalnego przeciwdziałania temu zjawisku. Zachodzi więc konieczność wycofywania się z produkcji energii elektrycznej w oparciu przede wszystkim o paliwa kopalne, na rzecz szerszego stopniowego przechodzenia na naturalne źródła energii. Przewodzące kraje Europy Zachodniej, i nie tylko one, postawiły zatem na energię wiatrową, fotowoltanikę, wykorzystanie biomasy, a tak odpadów komunalnych, a przede wszystkim odważono się na szerokie zastosowanie energii jądrowej.

Impulsem w tym zakresie były światowe konferencje poświęcone wspólnym działaniom krajów mających na celu zahamowanie ocieplenia klimatu ziemskiego. Ostatnia z nich COP28 w IV. kwartale 2023 roku wyraźnie wymusiła na jej uczestnikach, przeważnie szefach państw, zdeklarowanie się w kierunku

zintensyfikowania, tj. potrojenia produkcji energii elektrycznej opartej na wykorzystaniu reakcji termojądrowych. Polska też zamierza zbudować i wykorzystywać trzy elektrownie atomowe.

## *2. Rodzaje urządzeń do wytwarzania energii jądrowej*

Na wstępie warto poznać, choć ogólnie, podstawowe urządzenie elektrowni atomowej jakim jest reaktor jądrowy. W tym reaktorze przeprowadza się z kontrolowaną szybkością reakcje jądrowe. Na obecnym etapie rozwoju nauki i techniki są to przede wszystkim reakcje rozszczepienia jąder atomowych (<https://pl.wikipedia...>). Reakcje te mają charakter łańcuchowy – produkty reakcji (w tym głównie neutrony) mogą zainicjować kilka następnych. Aby uniknąć lawinowego wzrostu szybkości reakcji, reaktor dzieli się na strefy wypełnione na przemian paliwem, chłodziwem oraz moderatorem, czyli substancją spowalniającą neutrony. Szybkość reakcji kontrolowana jest między innymi przez zmianę wzajemnego położenia lub proporcji tych składników, a także przez wprowadzanie dodatkowych substancji pochłaniających lub spowalniających neutrony, zawarte w prętach regulacyjnych służących do normalnej regulacji parametrów reakcji oraz prętach bezpieczeństwa, stosowanych do awaryjnego wyłączenia reaktora. Substancjami używanymi do pochłaniania neutronów termicznych są bor i kadm, natomiast jako moderatorów używa się berylu, grafitu, a także wody, pełniącej równocześnie funkcję chłodziwa. Przykład rdzenia reaktora jądrowego zademonstrowano na Rysunku 1.



*Rys. 1. Rdzeń reaktora jądrowego*

*(Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor\\_j%C4%85drowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor_j%C4%85drowy)).*

Przykładowo reaktor jądrowy WWER-1000 wykorzystuje energię powstałą w wyniku rozszczepiania jąder atomowych. Ze względu na przeprowadzaną reakcję przemiany jądrowej urządzenia do wytwarzania energii atomowej w kontrolowanej ilości dzieli się na:

*Rozszczepienie jądra atomowego.* Najczęściej jako paliwo używany jest uran, ale trwają badania nad wykorzystaniem toru.

*Kontrolowana synteza termojądrowa.* Wykorzystanie kontrolowanej syntezy jądrowej (najczęściej z wodorem jako paliwem) jest w fazie eksperymentalnej.

*Rozpad promieniotwórczy.* Przykładem są radioizotopowe generatory termoelektryczne oraz baterie jądrowe

Ze względu na energię neutronów wywołujących reakcję jądrową wyróżnia się reaktory *termiczne* oraz reaktory *epitermiczne*, gdzie neutrony są spowalniane tylko częściowo. Natomiast według konstrukcji układu chłodzenia reaktory jądrowe dzieli się na:

*Zbiornikowe (basenowe).* Pręty paliwowe zanurzone są w basenie z płynem chłodzącym.

*Kanałowe.* Chłodziwo jest w kanałach (rurach) i tylko w nich panuje wysokie ciśnienie, przy czym są to reaktory typu CANDU i RBMK.

Jeśli dokonamy podziału reaktorów jądrowych według chłodziwa to dzielimy je na:

*Reaktory wodne, ciśnieniowe* (tzw. PWR i WWER), w których chłodziwem i moderatorem jest zwykła woda pod ciśnieniem.

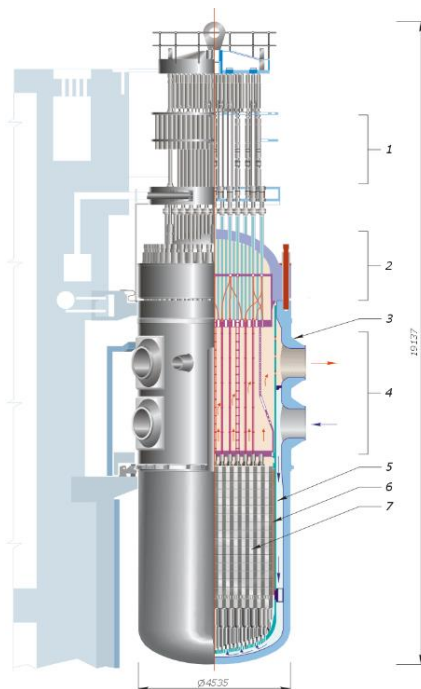
*Reaktory wodne, wrzące* (BWR).

*Reaktory gazowe* (GCR, AGR, HTGR), w których chłodziwem jest gaz (dwutlenek węgla lub hel).

*Chłodzone stopionym metalem*, zazwyczaj są to reaktory prędkie w tym i powielające (LMFR). Chłodziwem są najczęściej stopione metale tj. sód oraz rzadziej ołów.

*Reaktory solne* (MSR), gdzie chłodziwem są stopione sole, najczęściej fluoru.

Przykład konstrukcji reaktora jądrowego WWER-1000 pokazano na Rysunku 2.



Rys. 2. Reaktor jądrowy WWER-1000

(Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor\\_j%C4%85drowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor_j%C4%85drowy)).

Na Rysunku 2. podane oznaczenia części reaktora WWER-1000 określają: 1 – pręty sterujące; 2 – osłona reaktora, 3 – obudowa reaktora, 4 – wlot i wylot wody, – powłoka, 6 – obszar aktywny reaktora, 7 – pręty paliwowe. Podstawowe typy i charakterystyki reaktorów jądrowych energetycznych zaprezentowano w Tab. 1.

Tab. 1. Charakterystyki podstawowych typów jądrowych reaktorów energetycznych

Grupa	Typ reaktora	Chłodziwo	rodzaj	Moderator	Paliwo jądrowe
Grafitowo-gazowe GCR	AGR	CO <sub>2</sub> , gaz	–	grafit	UO <sub>2</sub> wzbogacony
	Magnox	gaz, CO <sub>2</sub>	–		U Naturalny
	HTR	HeI	–		UO <sub>2</sub> , UC <sub>2</sub> , ThO <sub>2</sub> , ... ( <sup>235</sup> U, <sup>233</sup> U, Pu)
Ciężkowodne	PHWR	ciężka woda	ciśnieniowy	ciężka woda	UO <sub>2</sub> naturalny lub wzbogacony
	BHWR		wrzący		
Lekkowodne LWR	BWR	lekka woda	wrzący	lekka woda	UO <sub>2</sub> wzbogacony lub UO <sub>2</sub> wzbogacony i MOX
	PWR		ciśnieniowy		
	WWER		ciśnieniowy		
Wodno-grafitowe	RBMK	lekka woda	wrzący	grafit	UO <sub>2</sub> wzbogacony
	GLWR		ciśnieniowy		U naturalny lub wzbogacony
Lekko-ciężkowodne	HWLWR	lekka woda	wrzący	ciężka woda	UO <sub>2</sub> wzbogacony – PuO <sub>2</sub>
Prędkie	FBR	sód	–	–	UO <sub>2</sub> wzbogacony – PuO <sub>2</sub>

(Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor\\_j%C4%85drowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor_j%C4%85drowy)).



Typowy reaktor jądrowy zbudowany jest z rdzenia, reflektora neutronów oraz osłon biologicznych. Sam rdzeń zawiera pręty paliwowe, pręty regulacyjne (pochłaniają nadmiar neutronów), pręty bezpieczeństwa, moderator (zmniejsza energię neutronów), kanały chłodzenia i kanały badawcze (<https://pl.wikipedia...>). Ze względu na rozwój techniczny reaktorów wyróżnia się generacje reaktorów:

*I generacja* – reaktory prototypowe i doświadczalne reaktory różnej konstrukcji.

*II generacja* – reaktory wykorzystywane do celów komercyjnych, skonstruowane przed katastrofą elektrowni jądrowej w Czarnobylu (1986 rok).

*III generacja* – ulepszone reaktory II generacji.

*IV generacja* – najnowsze, w fazie projektów, gdzie kładziony jest nacisk na zmniejszenie oddziaływania na środowisko, zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności, a także ograniczenie możliwości wykorzystania materiałów i urządzeń do produkcji broni jądrowej.

Reaktor jądrowy może służyć zarówno celom militarnym, jak i energetycznym, przy czym reaktory badawcze często wykorzystywane są do wytwarzania radioizotopów o zastosowaniach komercyjnych.

Jak już wspomniano, moc reaktora jest regulowana poprzez kontrolowanie liczby neutronów, które są w stanie wywołać kolejne rozszczepienia. Zmiany mocy reaktora określa parametr pracy reaktora zwany reaktywnością reaktora. Kontrola mocy reaktora jest realizowana poprzez pręty kontrolne, które są wykonane z substancji pochłaniających neutrony. Absorpcja większej ilości neutronów w prętach kontrolnych oznacza, że w reaktorze jest mniej neutronów, które mogą wywołać następne rozszczepienia. Opuszczając pręty – zmniejsza się moc reaktora, a podnosząc – zwiększa. W wyniku reakcji rozszczepienia wydzielane są neutrony, które są podstawą reakcji łańcuchowej. Na reaktywność reaktora wpływają także zjawiska związane ze spowalnianiem neutronów, pochłanianiem neutronów przez chłodziwo.

Reakcje rozszczepienia jąder atomowych w paliwie w rdzeniu reaktora jądrowego wydzielają duże ilości ciepła. Odprowadza je się za pomocą czynnika chłodzącego – chłodziwa, które ma przeważnie postać płynu (woda, gaz, ciekły

metal). W większości elektrowni jądrowych, energia cieplna pochodząca z reakcji jądrowych jest odbierana przez wodę, która w zależności od reaktora: odparowuje (reaktory wrzące BWR) lub nie (jeśli jest pod wysokim ciśnieniem – reaktory ciśnieniowe PWR i WWER). Woda w stanie nadkrytycznym lub para przekazuje ciepło bezpośrednio turbinie (w układach jednoobwodowych) albo w wymienniku ciepła, dzielącemu układ na obieg pierwotny i wtórny, wodzie w obiegu wtórnym. Wytworzona w wytwornicy para napędza turbinę.

Jak już nadmieniono, w przyszłości planuje się wykorzystywać jako paliwo jądrowe tor. Przyszłością energetyki jądrowej może być również reaktor fuzyjny, w którym paliwem może być np. powszechnie występujący na Ziemi wodór. Zaletami tego reaktora jest to iż nie wytwarza on gazów cieplarnianych, ani odpadów promieniotwórczych.

### *3. Początkowe i obecne kroki w kierunku energetyki jądrowej w Polsce*

Koncepcja budowy elektrowni jądrowej EJ Żarnowiec w Polsce pojawiła się już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, gdy przystąpiono do programu «*Atom dla pokoju*» (<https://www.gov.pl/web/polski-atom/polska...>). W tym celu utworzono Instytut Badań Jądrowych – ośrodek naukowy zajmujący się inżynierią jądrową, badaniami nad jądrami atomowymi, a także nad wykorzystaniem procesów jądrowych w gospodarce. Niedługo potem rozpoczęto prace koncepcyjne nad budową w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej. Zgodnie z założeniem miała ona mieć moc około 250 MWe, i znajdować się w okolicy ujścia rzek Bug i Narew.

Były to czasy niewystarczającej mocy energii elektrycznej na mieszkańca, zwłaszcza regionu północno-wschodniego. Z tego względu jednym z możliwych sposobów rozwiązania tego problemu była budowa siłowni w oparciu o zjawisko rozszczepienia jądra uranu. Prawdziwy przełom w tej kwestii nastąpił na przełomie lat 60. i 70. wraz z opracowaniem w Związku Radzieckim projektu reaktora WWER-440, który był klasycznym reaktorem wodnym ciśnieniowy. Podjęto więc uchwałę o budowie elektrowni jądrowej z reaktorami tego typu, nad Jeziorem Żarnowieckim, a w 1978 roku zawarto kontrakt na projekt techniczny. Bloki energetyczne miały współpracować z maszynownią z turbinami typu 4K-465 oraz

generatorami GTHW-600. W projekcie siłowni uwzględniono normy ustanowione przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej.

Prace budowlane rozpoczęły się w 1982 roku, Początkowo przygotowywano teren pod fundamenty, następnie powstały budynki zaplecza budowy, takie jak: hale magazynowe, kotłownia technologiczna, hydrofornia, oczyszczalnia ścieków, stołówka, budynki socjalne, węzły betoniarskie, laboratoria jakości materiałów, tunele dla instalacji elektrowni. Wzniesiona została także stacja meteorologiczna z 205-metrowym masztem do aparatury badawczej, zwana «*Ośrodkiem Pomiarów Zewnętrznych*». Tutaj miały być prowadzone badania klimatu i ewentualnego wpływu elektrowni na środowisko na długo przed rozpoczęciem wykopów pod płytę fundamentową bloków energetycznych. Zezwolenie na budowę pierwszego etapu elektrowni otrzymano od prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w 1985 roku.

Jednak z biegiem czasu w społeczeństwie wyrobiło się przekonanie, że budowana we współpracy ze Związkiem Radzieckim elektrownia jądrowa nie będzie bezpieczna. Po awarii jądrowej w Czarnobylu niepokoje i protesty społeczne przeciwko budowie Elektrowni Jądrowej «*Żarnowiec*» znacząco się wzmożyły. Dość powszechne było twierdzenie, że budowana w Żarnowcu siłownia jest identyczną z czarnobylską i jej uruchomienie będzie stanowić niechybne zagrożenie porównywalną katastrofą. W roku 1987 pojawiły się problemy z finansowaniem budowy elektrowni «*Żarnowiec*», co skutkowało wyhamowywaniem robót do tego stopnia, że pod koniec 1988 roku zabezpieczano jedynie istniejące konstrukcje, nie wznosząc nowych. W dniu 17 grudnia 1990 roku podjęto decyzję o postawieniu inwestycji «*Elektrownia Jądrowa Żarnowiec w budowie*» w stan likwidacji. Rozpoczęto demontaż i złomowanie już zakupionych urządzeń elektrowni.

Dalsze opracowanie tego podrozdziału bazuje na wybranych i zaimplementowanych fragmentach publikacji internetowej Bartłomieja Sawickiego (<https://energia.rp.pl...>). Obecnie Polska rozpoczęła rozmowy z Komisją Europejską o pomocy publicznej dla pierwszej elektrowni jądrowej, według projektu jądrowego z USA. W roku 2023 nastąpiło podpisanie umowy między Polskimi Elektrowniami

Jądrowymi a amerykańskim konsorcjum Westinghouse-Bechtel na zaprojektowanie pierwszej elektrowni jądrowej na Pomorzu. Prowadzone są rozmowy z Komisją Europejską (KE) dotyczące wsparcia finansowego ze strony budżetu państwa i zgody na pomoc publiczną. Przez lata wybór i uzgadnianie z Brukselą sposobu finansowania budowy elektrowni (mającej kosztować ponad 100 mld zł) opóźniały realizację projektu. Polska otrzymała jednak pozytywne sygnały świadczące o tym, że projekt cieszy się przychylnością ekspertów UE i Komisja powołała dla polskiego projektu jądrowego zespół roboczy.

Polska ma zakończyć proces negocjacyjny do końca 2024 r. i chce, aby pierwsza polska elektrownia atomowa (jądrowa) pracowała w podstawie systemu energetycznego, bo takie rozwiązanie stabilizuje dostawy energii elektrycznej oraz obniża rachunek odbiorców. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że planuje się budowę pierwszej polskiej elektrowni jądrowej w oparciu amerykańską technologię reaktorów AP1000. Czyni się starania w kierunku podjęcia decyzji środowiskowych dla tzw. *małego atomu* dla spółki Orlenu Synthos.

Przyjmuje się, że jedną z lokalizacji małych reaktorów jądrowych (SMR) projektu *Orlen Synthos Green Energy* będą Stawy Monowskie. Postępowanie w sprawie decyzji o środowiskowe uwarunkowania dla przedsięwzięcia polegającego na «*Budowie i eksploatacji małej modułowej elektrowni jądrowej o łącznej mocy do 1300 MWe w technologii BWRX-300 w lokalizacji Stawy Monowskie w gminie Oświęcim*» Dyrektor Generalny Ochrony Środowiska (GDOŚ) przewiduje zakończyć w roku 2024. Trzeba uwzględnić wpływ planowanej inwestycji na tereny położone na Słowacji i w Czechach. Stawy Monowskie są bowiem położone kilkadziesiąt kilometrów od granic Polski z Czechami i Słowacją.

Trzeba jeszcze dodać, że na wniosek spółki Orlen Synthos Green Energy Minister Klimatu i Środowiska wydał sześć decyzji zasadniczych dotyczących budowy sześciu obiektów energetyki jądrowej w technologii BWRX-300, a w tym lokalizacje: Włocławek, Stawy Monowskie, Stalowa Wola, Ostrołęka, Nowa Huta, Dąbrowa Górnicza. Decyzje te jednak nie uzyskały aprobaty Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego (ABW). Zachodzi bowiem potrzeba częściowego dofinansowania

energetyki atomowej w rachunku za energię elektryczną. To nastąpiłoby jednak dopiero w momencie rozpoczęcia pracy pierwszej jednostki atomowej, a więc w 2033 r., i to tylko w przypadku, gdy cena na rynku będzie niższa niż poziom kontraktu różnicowego.

Przyjmuje się, że obecny wiek będzie pod znakiem energii jądrowej. Jednak węgiel pozostanie w Polsce tak długo, jak będzie wymagał tego system energetyczny. Podjęto etap koncepcyjny niezbędny do zawarcia kontraktu budowlanego, który spodziewany jest za dwa lata. Ponadto w celu wykształcenia kadry potrzebnej do polskiej energetyki jądrowej podjęto decyzję o utworzeniu w Polsce Regionalnego Centrum Szkoleniowego Czystych Technologii Energetycznych. Wymienione Centrum wesprze program polskiej energetyki jądrowej. Prowadzone są obecnie rozmowy z polskimi szkołami wyższymi, a zainteresowanie udziałem w działalności w Centrum wyraziło dotychczas 11 najważniejszych polskich szkół wyższych, kształcących studentów i doktorantów w obszarze energetyki i fizyki jądrowej. W najbliższym czasie zostaną ustalone szczegółowe zasady współpracy obejmującej komponent akademicki i potencjalne kontakty między polskimi i amerykańskimi szkołami wyższymi i instytucjami badawczymi i tu trzeba wymienić: Akademię Górniczo-Hutniczą, Politechnikę Gdańską, Politechnikę Koszalińską, Politechnikę Łódzką, Politechnikę Poznańską, Politechnikę Rzeszowską, Politechnikę Śląską, Politechnikę Warszawską, Politechnikę Wrocławską, Uniwersytet Warszawski oraz Uniwersytet Szczeciński.

Istotną rolę odgrywa odpowiednie wskazanie lokalizacji przyszłych elektrowni jądrowych. Polscy eksperci ćwiczą proces oceny raportu lokalizacyjnego elektrowni jądrowej podczas warsztatu prowadzonego przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA) w Warszawie. W ćwiczeniach uczestniczą przedstawiciele Państwowej Agencji Atomistyki, Ministerstwa Klimatu i Środowiska oraz organizacji inwestorskich w energetyce jądrowej: Polskich Elektrowni Jądrowych, Polskiej Grupy Energetycznej, Orlen Synthos Green Energy oraz KGHM (Międzynarodowy warsztat..., 2023). W tym celu prowadzone są szkolenia na których uczestnicy zapoznają się z międzynarodowymi standardami dotyczącymi oceny lokalizacji

elektrowni jądrowej oraz przeprowadzą symulację procesu oceny raportu lokalizacyjnego.

W ramach programu ćwiczenia zespoły ekspertów analizują przykładowy raport lokalizacyjny przygotowany przez MAEA. Ćwiczenie ma zastosowanie zarówno do dużych elektrowni jądrowych, jak również małych reaktorów modułowych SMR.

W listopadzie 2023 roku Polska była obecna na największych targach sektora jądrowego na świecie tj., *World Nuclear Exhibition (WNE'2023)*, które odbywają się w Paryżu (Polska na World..., 2023). WNE to cykliczne międzynarodowe wydarzenie o charakterze targowym, które odbywa się co dwa lata. Organizowane jest w stolicy Francji, kraju będącego jednym z liderów w energetyce jądrowej. W roku 2023 wśród wystawców (750) jak i zarejestrowanych gości (20 000), połowa z nich to podmioty pochodzące z innych krajów Europy, Ameryki Północnej i Ameryki Południowej oraz krajów z Azji. Polskę reprezentowało 67 przedsiębiorstw / organizacji przemysłowych oraz naukowych, z czego 27 z nich w charakterze współwystawcy na polskim pawilonie narodowym. Trzeba dodać, że dominująca większość z podmiotów gospodarczych działa już od lat na rynkach jądrowych innych krajów.

#### *4. Wybrane wiadomości dotyczące energetyki jądrowej na świecie*

Na Węgrzech eksploatowana jest elektrownia atomowa Paks (Polska na World..., 2023). Cztery bloki w Paks to reaktory WWER-440, które rozpoczęły komercyjną działalność w latach 1982-1987 i obecnie pokrywają prawie 50% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Ich projektowany okres eksploatacji wynosił 30 lat, ale w 2005 r. został przedłużony o 20 lat, do lat 2032-2037. W grudniu 2022 r. węgierski parlament zatwierdził propozycję dalszego przedłużenia ich żywotności, co oznacza, że mogą one potencjalnie działać do 2050 roku. W ramach projektu jądrowego *Paks 2* nastąpi rozbudowa elektrowni atomowej na Węgrzech o dwa nowe bloki. Oba bloki będą posiadać reaktory wodne ciśnieniowe generacji III+ typu WWER-1200. Zwróćmy jeszcze uwagę na kolejny internetowy materiał informacyjny opracowany przez Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska (Szwecja: rząd..., 2023). Szwecja chce

uruchomić dwie nowe elektrownie atomowe do 2035 roku, aby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na czystą energię w przemyśle i transporcie. Szwecja planuje zniesienie istniejących przepisów, które ograniczają całkowitą liczbę reaktorów do 10. i zakazują budowy reaktorów w innych lokalizacjach niż te, w których obecnie istnieją. Szwecja posiada sześć komercyjnych bloków jądrowych w trzech lokalizacjach: Forsmark, Oskarshamn i Ringhals. Zespół ekspertów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej stwierdził, że Rumunia jest zobowiązana do utrzymania i wzmocnienia swoich ram regulacyjnych w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i radiologicznego (Szwecja: rząd..., 2023).

Kazachska państwowa spółka Kazatomprom zajmująca się wydobyciem uranu i francuska firma Framatome podpisały porozumienie o współpracy w zakresie projektów dotyczących jądrowego cyklu paliwowego (Szwecja: rząd..., 2023). Kazachstan jest największym na świecie producentem uranu, podczas gdy Uzbekistan produkuje jedną piątą światowej podaży. Francja, która generuje dwie trzecie swojej energii elektrycznej z 56 reaktorów jądrowych, importuje większość uranu z Nigru oraz z Australii i Kazachstanu.

Zalety energii jądrowej przyciągają nowe kraje do rozważenia wykorzystania tej technologii po raz pierwszy, ponieważ chcą one zmniejszyć swoją zależność od importu paliw kopalnych i realizować wyznaczone im cele w zakresie czystej energii. Dla wielu z nich mniejsze elektrownie, takie jak SMR-y są lepiej dostosowane do ich ograniczeń budżetowych i istniejącej infrastruktury. Obecne zaawansowane projekty jądrowe rozszerzają zakres zastosowań, które mogą spełniać elektrownie, takie jak odsalanie, ciepło przemysłowe i ładowanie pojazdów elektrycznych, a także stopniowe zastępowanie elektrowni opalanych paliwami kopalnymi w celu wytwarzania energii elektrycznej.

Podjęmowane są kolejne edycje szkoleń dla nauczycieli ze szkół podstawowych i ponadpodstawowych, dotyczące energii jądrowej. W ramach projektu realizowanego od 2015 r. przeszkolono już ponad 1 000 nauczycieli (Szwecja: rząd..., 2023). Szkolenie było skierowane do nauczycieli biologii, chemii, fizyki, geografii, przyrody i edukacji dla bezpieczeństwa. Każdy uczestnik otrzymał

urządzenie do samodzielnego badania poziomu promieniowania jonizującego wraz z aplikacją na smartfona, a także pakiety edukacyjne.

Niedawne uruchomienia dużych elektrowni w Finlandii, Zjednoczonych Emiratach Arabskich, USA i innych krajach zwiększyły oczekiwania na podpisanie nowych umów na dostawy energii. Urząd dozoru jądrowego Zjednoczonych Emiratów Arabskich wydał decyzję dla Nawah Energy Company, otwierając tym samym drogę do uruchomienia i komercyjnej eksploatacji czwartego bloku elektrowni jądrowej w Barakah (Czwarty blok w Barakah...). Budowa czwartego zaprojektowanego przez Koreańczyków bloku APR-1400 w Barakah w regionie Al Dhafra w emiracie Abu Zabi rozpoczęła się w lipcu 2015 roku, trzy lata po rozpoczęciu prac nad pierwszym blokiem w Barakah. Pierwsze trzy jednostki są obecnie w pełni funkcjonujące.

Rozpoczęła się budowa wyspy jądrowej dla bloku nr 1 i 2 w elektrowni jądrowej Xudabao w prowincji Liaoning (Chiny) (Czwarty blok w Barakah...). Bloki nr 1 i 2 Xudabao, będą wyposażone w reaktory CAP1000 o mocy 1250 MWe. Jest to chińska wersja Westinghouse AP1000. China National Nuclear Corporation (CNNC) buduje w Chinach dziesięć reaktorów o łącznej mocy 11,42 GWe. Po uruchomieniu wszystkich sześciu bloków elektrowni Xudabao, będą one dostarczać ponad 54 TWh czystej energii elektrycznej rocznie, oszczędzając około 19,2 mln ton węgla rocznie i zmniejszając emisję dwutlenku węgla o około 56,7 mln ton rocznie.

Agencja World Energy Outlook 2023 twierdzi, że perspektywy dla energetyki jądrowej zmieniają się po dekadzie spowolnienia wywołanego awarią w Fukushima w 2011 roku. Zmieniający się krajobraz polityczny stwarza możliwości powrotu do energetyki jądrowej, a globalna moc reaktorów może osiągnąć znacznie ponad 900 GW do 2050 r., czyli ponad dwukrotnie więcej niż 417 GW w 2022 r., podała Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) (World Energy Outlook..., 2023). Moc elektrowni jądrowych wzrasta z 417 GW w 2022 r. do 620 GW w 2050 r., przy wzroście głównie w Chinach i innych gospodarkach wschodzących i rozwijających się. IEA, niezależna organizacja międzyrządowa, twierdzi, że reaktory wielkoskalowe pozostają dominującą formą energetyki jądrowej



we wszystkich scenariuszach, w tym w scenariuszu opartym na zaawansowanych projektach reaktorów.

Bułgaria jest gotowa do rozpoczęcia budowy dwóch nowych bloków w elektrowni jądrowej Kozłoduj, a ukończenie pierwszego z nich zaplanowano na 2033 r. (World Energy Outlook..., 2023). Będą to reaktory wodne ciśnieniowe (PWR) typu AP1000 wyprodukowane przez Westinghouse. Dwa działające już bloki energetyczne oraz dwa nowe zlokalizowane są w położonej nad Dunajem w północno-zachodniej części tego kraju. Działają tam już dwa rosyjskie bloki WWER o mocy 1000 MW. Według Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, AP1000 posiada moc netto wynoszącą 1 117 MW. Eksploatowane dwa bloki WWER-1000 w Kozłoduju zapewniają około jednej trzeciej krajowej produkcji energii elektrycznej Bułgarii.

Słowacka spółka Slovenské elektrárne ogłosiła, że nowy blok *Mochovce 3* pomyślnie zakończył 144-godzinną pracę demonstracyjną z pełną mocą reaktora i został przyjęty do floty elektrowni jądrowych (*Mochovce 3 pomyślnie...*, 2023). Proces rozruchu nowego bloku trwał ponad rok, podczas którego przeprowadzono setki testów bezpieczeństwa i stopniowo zwiększano jego moc. Ostatnim krokiem w tym procesie była praca non-stop przez sześć dni i nocy z pełną mocą, aby pokazać, że jest gotowy do bezpiecznej pracy.

*Mochovce 3* jest to pierwszy nowy blok jądrowy uruchomiony na Słowacji od ponad 20 lat. Przewiduje się jeszcze uruchomienie kolejnego bloku *Mochovce 4*. Skala i długość procesu testowania ma na celu priorytetowe traktowanie bezpieczeństwa na wszystkich etapach i odzwierciedla wielkość nowej elektrowni – z 1400 pomieszczeniami, 100 000 elementów wyposażenia, 5500 kilometrami kabli i 175 kilometrami rur. Budowa pierwszych dwóch reaktorów WWER-440 w czteroblokowej elektrowni Mochovce rozpoczęła się w 1982 roku.

##### *5. Zintensyfikowanie inwestycji w energetykę jądrową*

W listopadzie 2023 roku w siedzibie Ministerstwa Klimatu i Środowiska odbyło się trzydniowe spotkanie przygotowujące Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, które miało ocenić gotowość Polski do realizacji kolejnej fazy Programu

Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) związanej z budową pierwszej polskiej elektrowni jądrowej (Mochovce 3 pomyślnie..., 2023). Dzięki Zintegrowanemu Przeglądowi Infrastruktury Jądrowej (*Integrated Nuclear Infrastructure Review – INIR*) wymieniona wcześniej Agencja zapewnia państwu członkowskim możliwość oceny stanu krajowej infrastruktury jądrowej, wymaganej do rozwoju bezpiecznego i zrównoważonego programu energetyki jądrowej. Oceny dokonuje się na podstawie podejścia opartego na kamieniach milowych oraz powiązanych z nimi 19. zagadnieniach infrastrukturalnych. Misję – spotkanie przygotowujące *Pre-INIR* przeprowadza się od pięciu do ośmiu miesięcy przed misją właściwą.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska zaprasza polskie przedsiębiorstwa na specjalistyczne szkolenia, których celem jest podniesienie ich kompetencji jądrowych. Szkolenia są przeznaczone dla trzech grup: budowlanej, mechaniczno-spawalniczej oraz elektrycznej (Zaproszenie dla polskich firm...). Szkolenia mają na celu między innymi podniesienie kompetencji technicznych oraz organizacyjnych polskich przedsiębiorstw zarówno pod kątem planowanych lub budowanych elektrowni jądrowych w generacji III/III+ jak i prac remontowo-modernizacyjnych istniejących elektrowni jądrowych na świecie (w generacji II, III/III+) (<https://szkolenia...>).

Nowe światło dla energetyki jądrowej to także zwrócenie uwagi na istniejące w tym zakresie zasoby w Polsce. Zakończył się pierwszy etap prac związanych z modernizacją reaktora badawczego Maria (Ponowne uruchomienie...). W dniu 27 października 2023 roku Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) otrzymało od Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) stosowne zgody na uruchomienie reaktora po modernizacjach i jeszcze tego samego dnia przeprowadzono rozruch oraz rozpoczęto regularną pracę na mocy nominalnej. W trakcie pierwszego etapu prac wymienione zostały rozdzielnie główne, zmodernizowana została sterownia oraz część układów pomiarowych. Modernizacją objęte były również zbiorniki zrzutowe, system pomiaru aerozoli w budynku reaktora oraz chłodnia wentylatorowa.

Reaktor MARIA jest obecnie jedynym w Polsce działającym reaktorem jądrowym i unikatowym w kraju i na świecie urządzeniem badawczym o istotnym znaczeniu dla zdrowia publicznego, gospodarki i nauki. Znajduje się w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Otwocku – Świerku. Po ponad 40-letniej pracy modernizacji wymagają niemal wszystkie układy technologiczne reaktora. Polska czerpie z eksploatacji dobrze funkcjonującego badawczego reaktora jądrowego korzyści zarówno w obszarze zdrowia publicznego, badań naukowych jak i działalności gospodarczej. Wydłużenie eksploatacji reaktora do roku 2050 ma fundamentalne znaczenie przede wszystkim dla zdrowia i życia polskich pacjentów. Z produktów opartych na radioizotopach produkowanych w reaktorze MARIA korzysta około 17 mln ludzi na całym świecie.

W dniu 29 marca 2022 roku, Rada Ministrów przyjęła założenia do aktualizacji «*Polityki energetycznej Polski do 2040 r.*» (PEP2040). Założenia te przewidują zwiększenie dywersyfikacji technologicznej, rozwój odnawialnych źródeł energii oraz wdrażanie energetyki jądrowej, jednak nie zawierają koncepcji kompleksowej transformacji istniejącej infrastruktury wytwarzania energii. Zakłada się, że do 2040 roku ponad połowę zainstalowanych mocy będą stanowić źródła zeroemisyjne. W głównej mierze opierać się to będzie na morskiej energetyce wiatrowej oraz przez uruchomienie nowych wielkoskalowych elektrowni jądrowych. Będą to dwa strategiczne nowe obszary i gałęzie przemysłu, które zostaną zbudowane w Polsce.

PEP2040 identyfikuje przy tym inwestycje mające na celu częściowe wykorzystanie krajowego potencjału ekonomicznego, surowcowego, technologicznego i kadrowego. Dane dotyczące zużycia energii finalnej w podziale na paliwa i jej nośniki wskazują, że począwszy od 2020 roku nastąpił zauważalny wzrost zużycia energii elektrycznej. Biorąc pod uwagę prognozowany wzrost ekonomiczny oraz elektryfikację transportu, adaptację do ekonomii 4.0 opartej na *Internecie rzeczy*, trend ten będzie się utrzymywał w czasie. Warto przy tym odnotować wzrost zużycia biomasy, wzrost wykorzystania energii ziemi oraz słońca, co wskazuje wzrost ich wykorzystania w odnawialnych źródłach energii

(zob. Tabela 2). W PEP2040 pominięto produkcję energii elektrycznej oraz ciepłej z wykorzystaniem energetyki jądrowej.

Tab. 2. Prognoza zużycia energii finalnej w podziale na paliwa i nośniki

Lata	2025	2030	2035	2040
energia elektryczna	13 041	14 202	15 349	16 520
ciepło sieciowe	5 436	5 090	5 080	5 132
węgiel	7 117	4 899	3 735	2 842
produkty naftowe	22 602	20 911	20 063	19 124
gaz ziemny	10 353	10 327	10 277	10 108
biogaz	131	165	201	237
biomasa stała	5 916	6 439	6 681	7 036
biopaliwa	1531	1413	1364	1317
odpady komunalne i przemysłowe	871	891	905	919
kolektory słoneczne, pompy ciepła, geotermalne	685	1 172	1 574	1 876
RAZEM	67 682	65 509	65 229	65 112

(Źródło: <https://energetyka24.com/atom/analizy-i-komentarze/rozwoj-energetyki-jadrowej-w-polsce-perspektywa-2035-roku>, tab. 6)

Jak już nadmieniono, zakończył się w grudniu 2023 roku kolejny szczyt klimatyczny COP28 (Jankowska A., 2024). Kraje wyspiarskie były za wycofaniem się z stosowania paliw kopalnych tj. spalania węgla, ropy i gazu, a przynajmniej za wyraźnym określeniem ograniczenia ich zużycia. Zawarto w nim zobowiązanie do «wniesienia wkładu w globalne wysiłki na rzecz odejścia od systemów energetycznych opartych na paliwach kopalnych w sposób sprawiedliwy i uporządkowany». Jednak kraje – producenci ropy naftowej zrzeszone w OPEC, sprzeciwiały się takim zapisom. Stany Zjednoczone zadeklarowały się przeznaczyć ponad 20 mln USD nowych środków finansowych dla *biednego świata* odczuwającego już skutki ocieplenia klimatu. Natomiast Chiny, ze względu na potrzeby swego gigantycznego przemysłu, będą nadal zwiększać produkcję węgla, a także rozwiać obiekty energii odnawialnej.

Konferencja COP28 skierowała jednak jaskrawe światło na prawdziwych winowajców kryzysu klimatycznego tj. na paliwa kopalne. Jak już nadmieniono szczególnie niepokoją się ociepleniem klimatu kraje wyspiarskie. Następuje bowiem podnoszenie poziomu wód oceanów na wskutek topnienia lodowców na obu biegunach. Mimo ostrej krytyki efektów porozumienia szczyt klimatyczny w Dubaju

był kolejnym pozytywnym krokiem w ustanowieniu *Funduszu szkód i strat*. Ma on wspierać kraje zmagające się z powodziami, upałami i suszami spowodowanymi zmianą klimatu. Przyjęły go prawie wszystkie strony konferencji. Przykładowo Zjednoczone Emiraty Arabskie czy Niemcy zadeklarowały przekazanie po 100 mln USD.

Według szacunków ONZ przystosowanie krajów rozwijających się do skutków globalnego ocieplenia będzie kosztować rocznie od około 215 do 387 mld USD w tej dekadzie. Na podkreślenie zasługuje też to, że podczas konferencji 118 krajów zobowiązało się do potrojenia mocy zainstalowanej w energetyce odnawialnej do 2030 r. Przewiduje się, że realizacja tego celu pozwoli na zmniejszenie o połowę globalnego zapotrzebowania na energię węglową do końca dekady.

Oprócz wyżej wymienionych zobowiązań zadeklarowano też dążenie do podwojenia tempa poprawy efektywności energetycznej z 2 do 4% do 2030 roku. Ponad 20 krajów zadeklarowało chęć potrojenia mocy zainstalowanej w energetyce jądrowej do 2050 r., a jednym z nich była Polska. EX-IM Bank – amerykański bank eksportowo-importowy ogłosił uruchomienie pakietu narzędzi finansowych w celu wspierania wdrożeń SMRów i pomocy amerykańskim eksporterom w konkurencji na tym globalnym rynku. Następną rundą rozmów odbędzie się za rok w Azerbejdżanie.

Coraz bardziej widoczny efekt cieplarniany i wywołany przez Rosję kryzys skłania świat do zmiany strategii energetycznych. Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Japonia, Chiny i Indie zbudują 150 nowych reaktorów jądrowych w ciągu najbliższych 15 lat (Trusiewicz I.). Według danych Światowego Stowarzyszenia Jądrowego plany związane z nowymi reaktorami obejmują 58 w budowie, 103 planowane i 325 proponowanych. Ma to pozwolić na wytworzenie 65 899 MW energii jądrowej. Jest to najwyższa wartość, jaką branża zanotowała od 2015 roku. W Polsce rozpoczęcie budowy pierwszego reaktora planowane jest na 2026 rok, a jego uruchomienie w 2033. Ministerstwo Klimatu i Środowiska wydało dla Kombinatu Górniczo-Hutniczego Miedzi (KGHM) decyzję zasadniczą dotyczącą budowy małej modułowej elektrowni jądrowej (SMR) (KGHM ma

zgodę...). Taką decyzję otrzymały niedawno także Polskie Elektrownie Jądrowe realizujące tzw. duży atom.

Po fali dyskusji i w wyniku przeprowadzonych badań uznaje się, że energia jądrowa jest jednym z najmniej emisyjnych źródeł. Wytwarza zaledwie 10-15 g ekwiwalentu CO<sub>2</sub> na kWh, co jest konkurencyjne zarówno w stosunku do energii wiatrowej, jak i słonecznej oraz jest zdecydowanie bardziej czysta niż prąd z kopalni (<https://energia.rp.pl/atom/art39067241>). Energia jądrowa jest drugim co do wielkości źródłem niskoemisyjnej energii po prądzie produkowanym przez hydroelektrownie. Warto podkreślić jest to, że jeśli chodzi o odpady, to do wytworzenia dużych ilości energii elektrycznej potrzeba bardzo mało materiału. W związku z tym ilość wytwarzanych odpadów jądrowych jest niska i należy pamiętać, że organy regulacyjne ds. energii jądrowej nakazują operatorom tworzenie rezerw na koszty gospodarowania odpadami jądrowymi, więc koszty te są również internalizowane jako koszty operacyjne elektrowni.

## *6. Wnioski*

Nasilenie ocieplenia klimatu Ziemi, różne niepokoje spowodowane wojnami, klęski suszy i wywołane tym duże ruchy migracyjne ludności w kierunku krajów zamożnych spowodowały poszukiwanie przyczyn tych zjawisk. W odniesieniu np. do ocieplenia na kuli ziemskiej, okazało się, że wywołuje to przede wszystkim nadmierna emisja gazów cieplarnianych typu dwutlenek węgla. Kolejna już 28. Konferencja COP poświęcona tematowi klimatu Ziemi uwypukliła problem totalnego ocieplenia, obserwowanego zwłaszcza na biegunach, w Afryce. Wskazała na potrzebę szerszego stosowania energii odnawialnej do wytwarzania prądu elektrycznego i utrzymywania ciepłowni ogrzewających skupiska ludzi.

Dość radykalnie wskazano na konieczność przejścia do szerszego stosowania energii jądrowej. Wyodrębniono źródła finansowania dla krajów najbiedniejszych. Ze strony technicznej wskazano na zaawansowane już technologie w zakresie tworzenia infrastruktury bezpiecznych elektrowni atomowych, zwłaszcza średnich i małych mocy. Uwypuklono znaczny postęp jaki nastąpił w ostatnich 30. latach.

W perspektywie są rozwiązania obiektów jądrowych bazujące nie tylko na paliwie jakim jest uran, ale także na torze i wodorze.

### **Bibliografia:**

*Czwarty blok w Barakah otrzymuje dopuszczenie do eksploatacji.* Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata, op. cit.

Jankowska A., *Zakończenie COP28 – czy jest się z czego cieszyć?* URL: <https://energetyka24.com/klimat/analizy-i-komentarze/zakonczenie-cop28-czy-jest-sie-z-czego-cieszyc-komentarz>.

*KGHM ma zgodę rządu na budowę małej elektrowni atomowej.* URL: <https://energia rp.pl/atom/art38739011-kgm-ma-zgode-rzadu-na-budowe-malej-elektrowni-atomowej>.

*Międzynarodowy warsztat dotyczący oceny lokalizacji elektrowni jądrowej* URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-27-listopada-2023-r>.

*Mochovce 3 pomyślnie kończą proces rozruchu.* Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata z 20 października 2023 r., Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska, URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-20-pazdziernika-2023-r>.

*Polska na World Nuclear Exhibition WNE'2023* (informacja internetowa).

*Ponowne uruchomienie reaktora Maria.* URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/ponowne-uruchomienie-reaktora-maria>.

*Szwecja: rząd chce uruchomić dwie nowe duże elektrownie atomowe do 2023 r.* Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata, Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Ochrony Środowiska.

Trusiewicz I., *Świat powraca do atomu. Rekordowe inwestycje w nowe siłownie jądrowe.* URL: <https://energia rp.pl/atom/art39067241-swiat-powraca-do-atomu-rekordowe-inwestycje-w-nowe-silownie-jadrowe>.

URL: <https://energia.rp.pl/atom/art39067241-swiat-powraca-do-atomu-rekordowe-inwestycje-w-nowe-silownie-jadrowe>.

URL: <https://energia.rp.pl/atom/art39314061-opozycja-chce-atomu-ale-zbada-co-zrobil-rzad>.

URL: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor\\_j%C4%85drowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor_j%C4%85drowy).

URL: <https://szkolenia-nuclear.pl/>.

URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/polska-elektrownia-jadrowa-w-zarnowcu>.

*World Energy Outlook 2023: Zmieniający się krajobraz polityczny może sprawić, że budowa elektrowni jądrowych osiągnie nowy poziom.* Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata z 27 października 2023 r., Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska, URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-27-pazdziernika-2023-r>.

*Zaproszenie dla polskich firm na specjalistyczne szkolenia w celu podniesienia kompetencji jądrowych,* URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zaproszenie-dla-polskich-firm-na-specjalistyczne-szkolenia-w-celu-podniesienia-kompetencji-jadrowych>.



### 3.9. Carbon-nuclear transformation

#### Transformacja węglowo-jądrowa

##### 1. Dostawcy uranu do produkcji paliwa jądrowego

Uran jest metalem ciężkim, który otrzymujemy z rud uranowych. Najbardziej znaną z nich jest smółka uranowa, składająca się w 95% z tlenku uranu i występująca nieraz w postaci wielotonowych bloków (<https://nuclear.pl/podstawy...>). Jak już nadmieniono, wydobycie rudy uranowej prowadzone jest tradycyjnymi metodami odkrywkowymi i podziemnymi, przy czym ruda wydobyta w kopalniach lub odkrywkach zostaje najpierw poddana dalszej obróbce. Przykład bryłki uranowej pokazano na Rysunku 1.



*Rys. 1. Bryłka rudy uranowej*

*(Źródło: <https://nuclear.pl/podstawy,cykl1,wydobywanie-i-przerob-rudy-uranu,0,0.html>)*

Po wydobyciu rudy uranowej, np. w kopalni odkrywkowej w Kanadzie (zob. Rysunek 2), następuje jej przerób polegający na uzyskaniu koncentratu w postaci tlenków uranu o zawartości ponad 75%  $U_3O_8$ . Zmielona ruda jest trawiona kwasem siarkowym (metoda kwaśna) bądź węglanami (metoda alkaliczna). Uzyskany koncentrat uranowy poddaje się następnie kilku reakcjom chemicznym otrzymując ostatecznie dwutlenek uranu  $UO_2$ . W związku tym występuje uran naturalny, tzn. o zawartości 0,714% izotopu  $^{235}U$ . Takie paliwo może być stosowane tylko w reaktorach ciężkowodnych.



*Rys. 2. Widok kopalni odkrywkowej w Kanadzie*

*(Źródło: <https://nuclear.pl/podstawy,cykl1,wydobywanie-i-przerob-rudy-uranu,0,0.html>).*

Spore złoża rudy uranowej są w Nigerze. Republika Nigru (fr. République du Niger) to państwo położone w Afryce Zachodniej na Saharze, bez dostępu do morza. Niger liczy ponad 1,3 mln km<sup>2</sup> powierzchni (<https://pl.wikipedia.org/wiki/Niger>), (Niger...), (Niger. Gospodarka...). Graniczy z Algierią (956 km), Libią (354 km), Czadem (1175 km), Nigerią (1497 km), Beninem (266 km), Burkina Faso (628 km) i z Mali (821 km). W 2011 roku w Nigerze mieszkało 15 306 252 osób. Państwo to należy do Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. W górnictwie największe znaczenie mają rudy uranu, wydobywane na wyżynie Air w rejonie Arlit (zob. Rysunek 3).

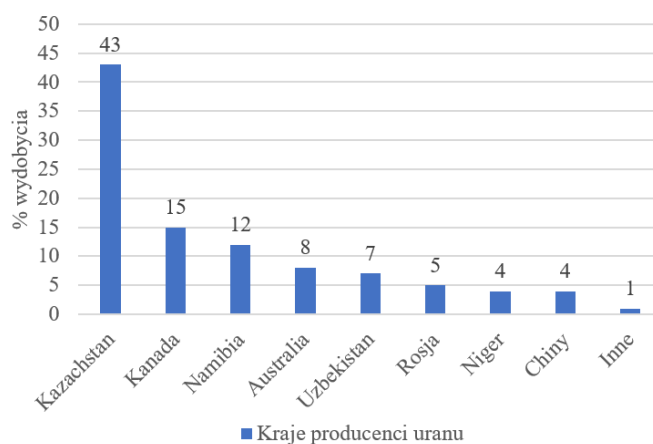


*Rys. 3. Kopalnia uranu w okolicach miasta Arlit*

*(Źródło: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Niger>).*

W 2004 roku wydobyto ich 3,3 tys. ton, dzięki czemu Niger stał się jednym z czołowych producentów na świecie. Z powodu braku linii kolejowych i oddalenia złóż od głównych ośrodków gospodarczych ruda uranowa transportowana jest drogą lotniczą.

Republika Kazachstanu, zwana krótko Kazachstan to państwo leżące częściowo w Azji (88% powierzchni) i częściowo w Europie (12% powierzchni – tereny na zachód od rzeki Emba) (<https://pl.wikipedia.org/wiki/Kazachstan>). Kazachstan ma dostęp do Morza Kaspijskiego na długości 2340 km. Jak już wspomniano Kazachstan od kilku lat zajmuje pierwsze miejsce na świecie w wydobywaniu rud uranu, wyprzedzając wieloletniego lidera, Kanadę. Największym na świecie producentem i dostawcą uranu do produkcji paliwa jądrowego jest kazachska firma Kazatomprom, która utrzymuje pozycję światowego lidera w wydobywaniu naturalnego uranu od 2009 roku (zob. Rysunek 4) (Kto dostarcza uran?...). Jako kraj cały Kazachstan odpowiada za 43% światowego wydobycia uranu, kolejne miejsca zajmują Kanada (15%), Namibia (12%), Australia (8%) i Uzbekistan (7%). Uran wydobywany się również w Rosji, Nigerze, Chinach, Indiach, RPA oraz na Ukrainie.



Rys. 4. Udział krajów w światowym wydobyciu uranu w 2022 roku

(Źródło: Opracowanie własne na podstawie – nuclear.pl.)

W 1990 roku 55% światowej produkcji uranu pochodziło z podziemnych kopalń, obecnie większość uranu pozyskiwana jest metodą ługowania in situ ISL.

Są też kopalnie odkrywkowe uranu. Całkowite wydobycie uranu naturalnego w 2022 roku wyniosło 48 888 ton.

Francuski koncern Orano przypomniiał, że ma 63,4% udziałów w spółce Somair, która zajmuje się wydobyciem uranu w okolicach miejscowości Arlit, natomiast pozostałe 36,6% udziałów, poprzez spółkę SOMAPIN kontroluje państwo Niger (Orano: kopalnie w Nigrze...). Państwo to ma udziały we wszystkich miejscowych spółkach z Orano. Koncern Orano transportuje rudę z Nigru do swoich zakładów rafinacji we Francji i Kanadzie najpierw lądem, potem drogą morską. Normalna częstotliwość transportów to 4 do 6 statków rocznie. Roczna produkcja Orano jest rzędu 7,5 tys. ton naturalnego uranu. Oprócz Nigru koncern ma jeszcze kopalnie w Kazachstanie i Kanadzie. Trzeba dodać, że francuski koncern jest pod względem wydobycia trzeci na świecie, po kazachskim Kazatompromie i kanadyjskim Cameco, z udziałem w globalnej produkcji na poziomie 11%.

Komisja Europejska poinformowała, że w dłuższej perspektywie, w sytuacji niekorzystnej w Nigrze, wydobycie tego kraju można zastąpić innymi źródłami. Według unijnej Agencji Dostaw Euroatomu, w 2022 roku z Nigru pochodziło 25% uranu, zużywanego w europejskich elektrowniach jądrowych. Więcej dostarczał jedynie Kazachstan. W skali globalnej, według wymienionej wcześniej agencji w roku 2020 Kazachstan dostarczył 40,6% naturalnego uranu, 12,8% pochodziło z Australii, 11% z Namibii, a 8,1% z Kanady. Niger był na szóstym miejscu z udziałem 7,6%, ale w 2021 roku odsetek ten spadł do 4,6%.

Przytoczmy jeszcze zmianki internetowe o zasobach uranu w Polsce (<https://www.gov.pl...>). Polskie zasoby złóż uranu rozmieszczone są na kilku dużych obszarach, przede wszystkim w Sudetach, Górach Świętokrzyskich, na Podlasiu i na Warmii. W latach 1947-1967 w Polsce wydobywano uran, a w latach 1967-71 produkowano koncentrat uranowy (tzw. *yellow cake*). Poszukiwaniami i wydobyciem zajmowały się tzw. Zakłady Przemysłowe R-1 działające w Kowarach na Dolnym Śląsku i w Kletnie w pobliżu Stronia Śląskiego i Kłodzka. Po 1989 r. w Polsce nie prowadzono poszukiwań nowych złóż uranu. Dopiero w ostatnim okresie sytuacja zmieniła się i trwają przygotowania do prowadzenia takich projektów m.in.

w Sudetach oraz na Mierzei Wiślanej. Zawartość uranu w rudzie uranowej w polskich złożach mieści się w przedziale od 250 do 1100 ppm (gramów na tonę). Dla porównania bardzo dochodowe kopalnie wykorzystują rudę o zawartości uranu 300 ppm. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej szacuje, że Polska dysponuje łącznie około 100 tys. ton uranu naturalnego, co daje nadzieję na efektywne zasilanie planowanych do budowy elektrowni jądrowych w naszym kraju.

Natomiast zasoby zidentyfikowane są na około 7 tys. ton uranu.

Planowana w Polsce elektrownia atomowa ma mieć dwa lub trzy reaktory o łącznej mocy co najmniej 3000 MW. Wykorzystanie w niej zidentyfikowanych krajowych zasobów uranu pozwoliłoby na produkcję energii przez około 56 lat. Dodatkowo niekonwencjonalne zasoby uranu znajdują się także w naszych złożach miedzi, odpadach po produkcji nawozów sztucznych oraz w węglu kamiennym. Zawartość uranu w polskich węglach wynosi jedynie 1-9 ppm. W Polsce także możliwy jest odzysk uranu występującego jako domieszka do pokładów miedzi w rejonie Lubina – Sieroszowic. Zawartość uranu w rudzie wynosi tam około 60 ppm, przy zawartości miedzi 2%. Całkowite zasoby rudy to 2400 mln ton, w tym miedzi 48 mln ton, a uranu 144 tys. ton. Stanowi to ekwiwalent około 900 GWe. Obecna roczna produkcja w zagłębiu Lubin – Sieroszowice wynosi około 569 tys. ton miedzi, natomiast ilość uranu zrzucana na hałdy to blisko 1700 t/rok. Stanowi to rocznie ekwiwalent paliwa dla 10. bloków jądrowych o łącznej mocy 10 000 MWe.

Eksploatacja elektrowni jądrowych to też problemy z ewentualnymi naprawami jej urządzeń. W wyniku długotrwałego wystawienia na promieniowanie, niektóre elementy konstrukcyjne elektrowni jądrowej ulegają aktywacji i stają się promieniotwórcze. Dotyczy to większości pierwiastków wchodzących w skład materiałów konstrukcyjnych. Aktywność elementów konstrukcyjnych, rosnąca w toku eksploatacji reaktora, stanowi czynnik utrudniający kontrolę i naprawę. Gdy takie elementy mają kontakt z chłodziwem reaktora, mogą również tworzyć wysokoaktywne produkty korozji. Aktywność paliwa rośnie wraz z jego wypalaniem w reaktorze. Źródłem promieniowania są produkty rozszczepienia. Trzeba jeszcze nadmienić, że poważne awarie reaktorów jądrowych wystąpiły:

28 marca 1979: wypadek w elektrowni jądrowej Three Mile Island,

26 kwietnia 1986: katastrofa w Czarnobylu,

12 marca 2011: katastrofa EJ Fukushima I.

W dalszej części tego opracowaniu wykorzystano odniesienia do publikacji sygnalizowanych w Internecie (Modro S. M., Jankowski M. W.), (Zarzycki M.). Na świecie pracują 434 reaktory jądrowe generujące energię elektryczną. Znamionowa moc elektryczna bloków energetycznych, w których skład wchodziły wynosiła 373,9 GWe. W stanie budowy znajduje się 67 reaktorów, 159 jest planowanych, a 318 kolejnych zaproponowanych. W 2004 roku były 266 reaktory wodne ciśnieniowe (PWR i WWER) mogące wytworzyć 239,6 GWe, 22 reaktory jądrowe w budowie, z czego 12 to PWR i WWER. W Polsce zbudowane wcześniej reaktory jądrowe są teraz nieczynne.

## *2. Wybrane wiadomości dotyczące energetyki jądrowej*

W zakresie energetyki jądrowej postęp techniczny jest znaczący i obecnie wdrażanych jest szereg nowoczesnych rozwiązań w zakresie infrastruktury elektrowni atomowych, a przede wszystkim panowania nad reakcjami termojądrowymi. Trzeba dodać, że od czasu katastrofy w Czernobylu technologia budowy i eksploatacji elektrowni atomowych, które zdaniem fizyków powinno się nazywać jądrowymi, gdyż dotyczą reakcji na poziomie jądra atomowego a nie tylko powłok walencyjnych, znacznie się unowocześniła i stała się w miarę bezpieczna. Poczuciu temu sprzyja także wynalezienie małych elektrowni atomowych, które mogą zaspokoić potrzeby określonego regionu lub koncernu przemysłowego. Ciekawe rozwiązania w tym zakresie oferują firmy ze Stanów Zjednoczonych, a zainteresowanie nimi jest także w Polsce. Jak już przedstawiono, podstawowym paliwem elektrowni jądrowych jest uran, a głównymi dostawcami uranu jest Niger oraz Kazachstan, Coraz więcej krajów wskazuje na możliwość opłacalnego wydobycie w formie odkrywkowej lub górniczej, tego cennego metalu w formie rudy, a następnie poddaniu jej obróbce hutniczej, niezbędnego do reakcji termojądrowych.

Ciekawe wiadomości ze świata energetyki jądrowej spotykamy w materiałach informacyjnych publikowanych na bieżąco przez Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska, a jednym z tematów z dnia 27. 11. 2023 roku jest *Eletronuclear przedstawia plan produkcji czystego wodoru* (Electronuclear przedstawia..., 2023). Projekt produkcji 100 ton czystego wodoru rocznie w dwóch blokach elektrowni jądrowej Angra został szczegółowo omówiony podczas seminarium dotyczącego zrównoważonej produkcji wodoru w Brazylii. Prowadzone jest badanie wykonalności wykorzystania wodoru, który jest już wytwarzany w elektrowni w procesie elektrolizy wody morskiej, opartego na wychwytywaniu i przetwarzaniu wodoru przy minimalnym wpływie na elektrownię i jej bezpieczeństwo. Firma Eletronuclear twierdzi, że projekt może zostać wdrożony w ciągu dwóch lat. Wodór jest bowiem coraz częściej traktowany jako kluczowy składnik przyszłych systemów energetycznych, gdyż można go wytwarzać bez emisji dwutlenku węgla.

Prace przygotowawcze do budowy francuskich elektrowni jądrowych nowej generacji typu EPR mogą rozpocząć się w połowie 2024 roku, jeśli państwowa spółka energetyczna EDF otrzyma wszystkie pozwolenia (Electronuclear przedstawia..., 2023). Prace z zakresu inżynierii lądowej obejmą budowę budynków obudowy reaktora, budynków hali turbin oraz sześciopiętrowego budynku administracyjnego. W lipcu EDF złożył wniosek o budowę pierwszych dwóch bloków jądrowych EPR2 w Penly. Francja ogłosiła również plany budowy dwóch bloków EPR2 w Gravelines w północnej Francji i Bugey we wschodniej Francji. Koszt programu budowy wszystkich sześciu reaktorów szacowany jest na 52 mld euro.

Naukowcy z Idaho National Laboratory (INL) wyprodukowali kilkadziesiąt sztuk pastylek paliwowych z niskowzbożonego uranu (HALEU) przeznaczonych do pierwszych testów komercyjnych. Kolejne 100-150 pastylek zostanie wyprodukowanych do testów napromieniowania w zaawansowanym reaktorze testowym (Electronuclear przedstawia..., 2023). Paliwo HALEU, czyli uran wzbogacony do poziomu od 5% do 20% uranu-235, będzie wykorzystywane

w zaawansowanym paliwie jądrowym wymaganym dla większości obecnie opracowywanych projektów reaktorów nowej generacji.

Firma Norsk Kjernekraft z siedzibą w Bergen, część grupy M Vestt Energy Gas and Oil, złożyła wniosek do norweskiego ministerstwa ropy naftowej i energii, jako pierwszy formalny krok w kierunku budowy pierwszej komercyjnej elektrowni jądrowej w Norwegii (Norwegia: firma z branży..., 2023). Jak poinformowano, wniosek dotyczy oceny budowy elektrowni opartej na wielu małych reaktorach modułowych (SMR) w gminach Aure w północnej Norwegii oraz w Heim w środkowo-zachodniej Norwegii. Zgodnie ze wstępnym planem, elektrownia zostanie zbudowana na wspólnym obszarze przemysłowym na pograniczu Aure i Heim. Zakład mógłby zostać uruchomiony w ciągu 10 lat. Obiekt składałby się z kilku reaktorów SMR, które łącznie produkowałyby około 12,5 TWh energii elektrycznej rocznie. Odpowiadałoby to wzrostowi produkcji energii w Norwegii o około 8%.

W odpowiedzi na apele przemysłu jądrowego, naukowców oraz organów regulacyjnych, Komisja Europejska utworzy sojusz przemysłowy na rzecz małych reaktorów modułowych (SMR) na początku 2024 roku. Zapowiedź utworzenia tego sojuszu zyskała aprobatę dyrektora generalnego Europejskiej Organizacji Handlu Energią Jądrową (*Nucleareurope*) (Norwegia: firma z branży..., 2023).

Coraz częściej następuje budowanie modułowe zamiast unikalnego zwłaszcza niedużych obiektów nuklearnych. Brytyjski Instytut Technologii Energetycznych w swoim raporcie *Nuclear Cost Drivers Project, CleanTech Catalyst & Lucid Strategy for UK*, zwrócił uwagę na przykłady dobrych praktyk w modułowych elektrowniach jądrowych zbudowanych w Japonii i Korei, które wykorzystywały standardowe projekty i koncepcje *lean construction* (Efektywna kosztowo realizacja..., 2023). Projekty te stanowią obecnie punkt odniesienia dla budowy elektrowni jądrowych na całym świecie, zamiast wcześniej budowanych wg projektów dedykowanych. Zdaniem profesora Flyvbjerga dla efektywnej kosztowo realizacji projektów jądrowych konieczne jest przyjęcie modułowego podejścia do ich projektowania i budowy. Trzeba zaznaczyć, że reaktory SMR mają



większy potencjał do modularyzacji ze względu na ich mniejsze rozmiary, a modularyzacja może potencjalnie obniżyć ogólne koszty pracy i skrócić czas realizacji projektu.

W ciągu ostatnich kilku lat sektor energii jądrowej przeszedł niezwykłą transformację. Po przedwczesnym zamknięciu elektrowni jądrowych w Europie i USA, obecnie obserwujemy wiele nowych elektrowni wchodzących do eksploatacji, a projekty nowej generacji, takie jak małe reaktory modułowe (SMR), są u progu rozpoczęcia budowy (Wyzwania komunikacyjne..., 2023). Wojna na Ukrainie uwypukliła, w jaki sposób energia jądrowa wspiera bezpieczeństwo energetyczne, ponieważ zakłócenia w dostawach spowodowały gwałtowny wzrost cen gazu ziemnego na świecie. Wpłynęło to na sposób myślenia wielu decydentów w dziedzinie energetyki i skłoniło ich do ponownego rozważenia planów zamknięcia istniejących elektrowni jądrowych oraz do rozważenia budowy nowych. W związku z tym prognozy dotyczące rozwoju energetyki jądrowej są stale korygowane w górę, a większość z nich przewiduje podwojenie lub potrojenie globalnej mocy do 2050 roku. MAEA trzeci rok z rzędu podniosła swoje prognozy wzrostu dla energetyki jądrowej do 2050 r. ze względu na rosnące zapotrzebowanie na czystą energię oraz obawy o bezpieczeństwo energetyczne.

Rozwój i rosnące zainteresowanie małymi reaktorami modułowymi energetyki jądrowej zwiększa potencjał w perspektywie długoterminowej. Nowe rozwiązania reaktorów jądrowych umożliwiają wydłużenie okresu eksploatacji istniejących reaktorów jądrowych w wielu krajach. Według raportu, w 2022 r. moc elektrowni jądrowych wzrosła o 40%, a 8 GW nowych mocy zostało uruchomionych, głównie w Chinach, Finlandii, Korei Południowej i Pakistanie. Co więcej, wiele rządów ponownie przygląda się temu, w jaki sposób energetyka jądrowa może przyczynić się do ich bezpieczeństwa energetycznego, podobnie jak miało to miejsce po kryzysie naftowym w latach 70-tych. W prognozie wspomnianej wcześniej Agencji podkreślono znaczne różnice w kosztach kapitałowych nowych elektrowni jądrowych, przy czym koszty w USA spadły z 5 000 USD/kW w 2022 r. do 4 500 USD/kW w 2050 r., podczas gdy równoważne koszty w Chinach wynoszą

2 800 USD/kW w 2022 r. i 2 500 USD/kW w 2050 r. W Unii Europejskiej koszty te wynoszą 6 500 USD/kW w 2022 roku i 4 500 USD/kW w 2050 roku.

Szybki jest rozwój odnawialnych źródeł energii, a w tym energii wodnej, energii wiatrowej i fotowoltaniki. Prognozuje się, że energetyka jądrowa zacznie odgrywać dominującą rolę w nadchodzących latach, obniżając udział zapotrzebowania na paliwa kopalne w 2030 r. do przedziału 62%-73% – w zależności od scenariusza. Obecnie niskoemisyjne źródła wytwarzania energii elektrycznej obejmują głównie energię jądrową (9%) i odnawialne źródła energii (30%). Scenariusz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych wyznacza obniżenie globalnego ocieplenia do 1,5C do 2050 roku.

Konferencja COP28, która odbyła się w grudniu 2023 roku w Dubaju, koncentrowała się przyspieszeniu transformacji energetycznej i finansowaniu wdrażania dalszych elektrowni jądrowych (Wyzwania komunikacyjne...). Światowa Prognoza Energetyczna Międzynarodowej Agencji Energetycznej z października 2023 r. przewiduje znaczny wzrost globalnej mocy elektrowni jądrowych z 417 GW w 2022 r. do 900 GW do 2050 roku. Zachodzi potrzeba wskazania organu finansującego dla przemysłu jądrowego, który będzie również dążył do ustanowienia standardów w zakresie finansowania energii jądrowej.

Nucleareurope, grupa branżowa z siedzibą w Brukseli reprezentująca europejskich producentów energii jądrowej, twierdzi, że posiadanie dedykowanego banku, takiego jak IBNI, może być pomocne, ale kluczowe jest też wprowadzenie odpowiednich polityk, aby projekty jądrowe mogły zostać rozpoczęte.

Technologia jądrowa ma stanowić też podstawę nowych rozwiązań w zakresie podróży kosmicznych (Firmy z branży jądrowej..., 2023). Agencja NASA przyznała Ultra Safe Nuclear Corporation (USNC) kontrakt na produkcję i testowanie paliwa oraz opracowanie projektu jądrowego silnika termicznego do misji krótkoterminowych. Projekt jądrowego silnika termicznego został zoptymalizowany pod kątem krótkoterminowych cywilnych misji naukowych i cislunarnych (między Ziemią a Księżycem). Planuje się zademonstrowanie systemu jądrowego napędu termicznego (NTP) na orbicie do 2027 roku. USCN zbuduje i przetestuje krytyczne

systemy bezpieczeństwa dla silnika NTP. Trwają prace koncepcyjne i projektowe dotyczące statków kosmicznych o wysokiej i niskiej mocy, wykorzystujących do zasilania reaktory jądrowe zamiast paneli słonecznych.

Prezydent Stanów Zjednoczonych Joe Biden ogłosił, że 16 stanów otrzyma dotacje federalne w wysokości 7 miliardów dolarów na rozwój siedmiu regionalnych węzłów wodorowych, z których dwa mają na celu wytwarzanie czystego wodoru z elektrowni jądrowych (Biden ogłasza 7 miliardów dolarów..., 2023). Oprócz centrów, Departament Energii USA uruchomił inne programy czystego wodoru, w tym 1 mld USD na program elektrolizy czystego wodoru do produkcji wodoru z zastosowaniem bezemisyjnych źródeł energii, takich jak wiatr, słońce i energia jądrowa. Program siedmiu hubów ogłoszony przez Prezydenta USA ma na celu szybkie uruchomienie produkcji czystego lub zielonego wodoru, wraz z infrastrukturą umożliwiającą dostarczenie go do użytkowników przemysłowych, takich jak producenci cementu i huty stali. Każdy z proponowanych projektów obejmuje dziesiątki partnerów, od firm energetycznych po władze lokalne i stanowe.

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) uważa, że czysty wodór produkowany przez reaktory jądrowe może odegrać ważną rolę w systemach energetycznych i służyć wszystkim sektorom gospodarki, zastępując paliwa kopalne i pomagając w łagodzeniu globalnego ocieplenia. Wodór jest przyjaznym dla środowiska i elastycznym nośnikiem energii. Można go przekształcić w energię elektryczną w ogniwach paliwowych, a produktami ubocznymi są jedynie ciepło i woda. Może wytwarzać energię przy niemal zerowej emisji.

### *3. Przekształcenie elektrowni węglowych w jądrowe i kierunek na SMR*

Rozwój polskiej energetyki jest ściśle związany z zapotrzebowaniem na energię maszyn, urządzeń, ludzi, niezależnie od źródła jej pochodzenia, sposobu wytwarzania. Biorąc pod uwagę potrzeby i kontekst zmian klimatycznych transformacja energetyczna Polski powinna nastąpić możliwie szybko (<https://energetyka24.com...>, 2024). Przeprowadzona w Stanach Zjednoczonych analiza elektrowni węglowych wykazała, że 157 z nich ma właściwości do zamiany bloków węglowych na reaktory jądrowe wstawione w ich miejsce. Ponadto

w raporcie wskazano potencjalnych 237 miejsc, gdzie mogą one być umieszczone. Oceniono, że 80% wycofanych i działających elektrowni węglowych spełnia podstawowe parametry, które należy wziąć pod uwagę przy dostosowaniu do obsługi reaktora jądrowego. Zachodzi zatem potrzeba możliwie szybkiej transformacji węglowo-jądrowej (C-N) w energetyce zawodowej oraz przemysłowej (<https://energetyka24.com...>, 2024). Aktualnie opracowywanych jest wiele różnych koncepcji reaktorów jądrowych przeznaczonych na cele energetyczne. Wraz z nimi powstały różne formy elektrowni jądrowych. Wyróżnia się kilka typów reaktorów, które mają szansę zostać wykorzystane w transformacji węglowo-jądrowej (zob. Tabela 1).

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) definiuje «małe reaktory jądrowe» jako te, które umożliwiają produkcję energii elektrycznej na poziomie 300 MWe. Konstrukcje średnie posiadają możliwości produkcyjne do około 700 MWe. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, iż wiele reaktorów opracowanych w XX wieku zaliczana jest do konstrukcji średnich. W przypadku dużych

konstrukcji mamy do czynienia przede wszystkim z reaktorami generacji III oraz III+. W reaktorach tych stosuje się pasywne układy zabezpieczeń, które opierają się na naturalnych zjawiskach fizycznych (grawitacja, konwekcja, czy zmiana właściwości fizycznych substancji pod wpływem temperatury). Tego typu podejście technologiczne umożliwia bezpieczne chłodzenie reaktora nawet bez zewnętrznego zasilania energią elektryczną. Wśród opisywanych konstrukcji dominują aktualnie rozwiązania, które są ewolucją istniejących koncepcji reaktorów lekko oraz ciężko wodnych.

Określenie «*Gen IV*» nie odnosi się do konkretnych gotowych projektów reaktorów jądrowych czwartej generacji, a jest raczej wspólną nazwą międzynarodowych projektów badawczych zajmujących się przyszłościowymi reaktorami jądrowymi. Aktualnie prowadzone projekty małych oraz średnich reaktorów jądrowych skupiają się wokół takich konstrukcji jak SMR-y oraz reaktory IV generacji. Nazwa SMR (*Small Modular Reactor*) sugeruje, że są to konstrukcje małe.

Tab. 1. Dane charakterystyczne reaktorów do zastosowania w transformacji C-N

Typ reaktora <sup>3</sup>	Producent	Model - status	Moc MWe	
PWR	Pakistan / Chiny	SNERDI/CNNC	CNP-300 - działający	300
	Chiny	CNNC	ACP100/Linglong One - budowany	125
		CGN	ACPR50S - planowany	60
	Rosja	OKBM	KLT-40S - działający	35
			RITM-200 - działający	50
			VBER-300 - planowany	300
			RITM-200M - planowany	50
			RITM-200N - planowany	55
	Argentyna	CNEA & INVAP	CAREM25 - budowany	27
	USA, Kanada	Holtec, SNC-Lavalin	SMR-160 - planowany	160
	USA	NuScale	NuScale Power Module - planowany	77
	Korea południowa	KAERI	SMART - planowany	100
			BANDI-60S - planowany	60
BWR	USA	GE Hitachi	BWRX-300 - planowany	300
PHWR	Indie	NPCIL	PHWR-220 - działający	220
RBMK	Rosja		EGP-6 - działający	11
HTGR Gen IV	Chiny	NET, CNEC & Huaneng	HTR-PM - budowany	210
	USA	X-energy	Xe-100 - planowany	80
MSR Gen IV	Kanada	Terrestrial Energy	Integral MSR - planowany	192
	Dania	Seaborg	Seaborg CMSR - planowany	100
	USA	Kairos	MSR-Triso - planowany	35
	UK	Moltex	Moltex SSR-W - planowany	300
FNR Gen IV	Rosja	RDIFE	BREST-300 - budowany	300
	USA	GE Hitachi	PRISM - planowany	311
	USA	TerraPower, GE Hitachi	Natrium - planowany	345
	USA	ARC, GE Hitachi	ARC-100 - planowany	100

(Źródło: <https://energetyka24.com/atom/analizy-i-komentarze/rozwoj-energetyki-jadrowej-w-polsce-perspektywa-2035-roku, tab. 1>)

Oddzielną podkategorią małych reaktorów jądrowych są mikroreaktory. Ich rozmiar powinien

być na tyle mały, by istniała możliwość ich transportu, zarówno pojedynczych modułów jak i wielu modułów gotowych połączenia i do działania w krótkim czasie od ich rozładunku. Reaktory tego typu mają osiągać moc maksymalną do około 15 MWe. Ich przeznaczeniem będzie zapewnienie energii elektrycznej oraz ciepłej w oddalonych lokalizacjach.

Przyszłość transformacji węglowo-jądrowej zależy od właściwej identyfikacji różnych technologii węglowych CPP (*Carbon Power Plant*) oraz jądrowych NPP (*Nuclear Power Plant*), przy których pomocy można by stworzyć mapę drogową rozwoju energetyki w Polsce. Należy zwrócić uwagę na możliwości ponownego wykorzystania w przyszłej elektrowni jądrowej komponentów z aktualnie eksploatowanych elektrowni węglowych oraz możliwych do zastosowania wraz z nimi technologii jądrowych. Omawiając możliwości wdrożeniowe w zakresie bloków jądrowych należy w głównej mierze mieć na uwadze następujące rodzaje możliwie najnowszych konstrukcji reaktorów z podziałem na:

*Elektrownie duże* (reaktory typu PWR lub PHWR), a w tym rozwiązania:

- amerykański reaktor AP1000 o mocy 1250 MWe, firmy Westinghouse Electric (WEC);
- koreański reaktor APR1400 o mocy 1450 MWe, firmy Korea Hydro & Nuclear Power
- (KHNP);
- francuski reaktor EPR o mocy 1750 MWe, firmy Électricité de France (EDF);
- kanadyjski reaktor EC6 o mocy 750 MWe, firmy Atomic Energy of Canada Limited (AECL).

*Elektrownie średnie* (reaktory modułowe PWR lub SFR), a w ramach tego modele:

- amerykański reaktor modułowy NuScale SMR o mocy 77 MWe (od 4 do 12 modułów o łącznej mocy od 308 do nawet 924 MWe, firmy NuScale Power;
- amerykański reaktor IV generacji o mocy 345 MWe (potencjalna możliwość do około 500MWe), firmy TerraPower.

*Elektrownie małe* (reaktory modułowe PWR lub HGTR), a w ramach nich konstrukcje:

- amerykański reaktor modułowy NuScale SMR o mocy 77 MWe (od 4 do 12 modułów o łącznej mocy od 308 do nawet 924 MWe, firmy NuScale Power;
- amerykański wysokotemperaturowy reaktor Xe-100 o mocy 80 MWe, firmy X-Energy.

*Projektowane elektrownie z mikroreaktorami* (licencjonowane modele mobilne, z których za najbardziej obiecujące można uznać reaktory o rozmiarach umożliwiających ich umieszczenie w standardowych kontenerach transportowych), a przewiduje się, że będą nimi:

- amerykański mikroreaktor eVinci, firmy Westinghouse Electric (WEC);
- amerykański mikroreaktor Xe-Mobile, firmy X-energy.

W Polsce w obecnym systemie energetycznym kraju pracują różne typy elektrowni. Są to elektrownie opalane gazem, bądź węglem brunatnym i kamiennym. Ich moc elektryczna jest zróżnicowana, od 23 do 5102 MWe. Część z nich pełni

funkcję elektrociepłowni, gdzie kogeneracyjnie wytwarza się zarówno energię elektryczną, jak i ciepłą. W przypadku elektrowni węglowych, zasilanych węglem brunatnym, ich transformacja w kierunku energetyki jądrowej wydaje się być najbardziej możliwa (zob. Tabela 2). Elektrownia Pątnów, jest obecnie rozpatrywana w koncepcji transformacji C-N przy wykorzystaniu koreańskiego jądrowego reaktora wielkoskalowego APR1400 o mocy 1450 MWe, firmy Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP).

*Tab. 2. Elektrownie węglowe zasilane węglem brunatnym*

Elektrownie węglowe – węgiel brunatny			
Nazwa Elektrowni	Czas uruchomienia	Ilość bloków	Moc łączna MWe
Elektrownia Bełchatów	1981 - 2011	12	5102
Elektrownia Turów	1962-2021	7	2029
Elektrownia Pątnów	1967-2008	4	1118
Razem:			8249

(Źródło: <https://energetyka24.com/atom/analizy-i-komentarze/rozwoj-energetyki-jadrowej-w-polsce-perspektywa-2035-roku>, tab. 7).

W odniesieniu do elektrowni węglowych celowe jest wykorzystanie średnich oraz małych reaktorów jądrowych, np. kanadyjskich reaktorów CANDU (EC6) o mocy 750 MWe, firmy Atomic Energy of Canada Limited (AECL). Ponadto w dalszej perspektywie wskazane jest zastosowanie amerykańskich reaktorów modułowych NuScale SMR oraz reaktorów IV generacji firmy TerraPower. Natomiast w odniesieniu do elektrociepłowni przemysłowych warto rozpatrzyć wykorzystanie reaktorów wysokotemperaturowych, np. amerykański reaktor Xe-100 o mocy 80 MWe, firmy X-Energy.

Jednak biorąc pod uwagę docelowe zakończenie procesu eksploatacji elektrowni i elektrociepłowni do 2050 r., zwłaszcza tych położonych na niestabilnym podłożu, spowodowanym stratami górnictwem, nie ma możliwości transformacji tych obiektów w kierunku energetyki jądrowej. Projektując wykorzystanie obecnej infrastruktury obiektów energetycznych, w transformacji C-N, należy wziąć pod uwagę (Formuła zmiany..., 2024):

- wykorzystanie obiektu: budynków biurowych i komponentów elektrycznych;
- użycie systemów chłodzenia;
- użycie elementów obiegu pary;
- użycie zasobów ludzkich.

#### *4. Sterowanie w elektrowniach jądrowych*

Pracujące elektrownie jądrowe wykorzystują głównie klasyczne i proste układy sterowania, które są wystarczające przy pracy z nominalną mocą. Jednak zwiększające się zapotrzebowanie na moc elektryczną wymusza, aby elektrownie pracowały efektywnie w znacznie większym zakresie mocy (Karla T.). Opracowanie układu łącznego wykorzystania sterowania prętami sterującymi oraz sterowania stężeniem kwasu borowego w reaktorze jądrowym potencjalnie pozwoli na ograniczenie lokalnych wahań mocy oraz poprawi równomierność wypalania paliwa co zapewni bezpieczną pracę reaktora oraz przyniesie korzyści ekonomiczne. Ekonomiczne jest, aby elektrownie jądrowe zawsze pracowały na 100% swojej nominalnej mocy, zaś wszelkie wahania poboru były kompensowane przez pracę na różnych poziomach mocy przez inne jednostki (np. elektrownie wodne czy węglowe).

W wypadku, gdy udział energii z elektrowni jądrowych jest znaczący na danym rynku, czasami staje się to niemożliwe i następuje potrzeba pracy elektrowni jądrowej na innym poziomie mocy niż nominalny. Pracujące elektrownie, ze względów bezpieczeństwa używają możliwie prostych układów sterowania. Zastosowanie bardziej zaawansowanych metod sterowania potencjalnie może przynieść korzyści zarówno pod względem jakości sterowania (ograniczenie lokalnych wahań mocy) oraz ze względów ekonomicznych, gdy dostępne paliwo jądrowe jest wykorzystane w lepszym stopniu poprzez równomierne jego wypalanie.

Dla zrealizowania podjętego tematu Tomasz Karla dokonał niezbędnych badań literaturowych oraz uczestniczył w specjalistycznych projektach (staż w ośrodku badawczym, studia doktoranckie INSPE z energetyki na Politechnice Warszawskiej) związanych z szeroko pojętą energetyką jądrową. Opracowano symulatory procesów reaktora jądrowego, które będą wykorzystane w czasie syntezy i weryfikacji systemu



sterowania łącznego wykorzystania systemów sterowania prętami sterującymi oraz sterowania stężeniem kwasu borowego. Zamodelowano także struktury sterowania pracujących elektrowni jądrowych w celach porównawczych z opracowywanym systemem sterowania. Wstępnie określono struktury sterowania w autorskim systemie oraz metody weryfikacji. Pomocne w badaniach Tomasza Karła były między innymi następujące pozycje bibliograficzne:

Oka Y., Suzuki K., *Nuclear Reactor Kinetics and Plant Control*, Springer (2013).

Baum G., Duzinkiewicz K., Michalak A., Wojtoń K., *Modele symulacyjne procesów zachodzących w podstawowych urządzeniach obiegu pierwotnego w warunkach normalnej eksploatacji i niedużych zakłóceń (SYMREP)*, Instytut Elektroenergetyki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, (1989).

Karla T., Tarnawski J., Duzinkiewicz K., *Hardware-Software Implementation of Basic Principles Simulator of Nuclear Reactor Processes*, Acta Energetica, nr. 2/27 (2016).

Karla T., Tarnawski J., Duzinkiewicz K., *Cross-Platform RealTime Nuclear Reactor Basic Principle Simulator*, W: *20th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics*, 2015.

Shimjith S. R., Tiwari A. P., *Modeling and Control of a Large Reactor a Three-Time-Scale Approach Nuclear*, Springer, 2013.

Opracowany przez inżynierów polskiej Grupy Transition Technologies system EDS umożliwiający bieżącą analizę pracy elektrowni jądrowej, czuwa nad cyberbezpieczeństwem amerykańskiego reaktora jądrowego AP1000 (System opracowany..., 2019). Zaprojektowany przez firmę Westinghouse ten reaktor to jedna z technologii rozważanych w kontekście rozwoju polskiej energetyki jądrowej. Widok fragmentu infrastruktury elektrowni jądrowej AP1000 pokazano na Rysunku 5.

Opracowany przez Transition Technologies System EDS (*Enterprise Data Server*) jest standardowym elementem platformy informatycznej bloku AP1000. Jego zadaniem jest pobieranie bieżących danych procesowych z systemu sterowania

elektrownią jądrową, ich replikowanie, a następnie prezentowanie użytkownikom w celu dalszej analizy – wszystko to w sposób bezpieczny dla systemu sterowania. Jak już nadmieniono zgodnie ze zaktualizowanym projektem *Polityki energetycznej Polski do 2040 r.* uruchomienie pierwszego bloku (o mocy ok. 1-1,5 GW<sup>58</sup>) pierwszej elektrowni jądrowej przewidziano na 2033 r. W kolejnych latach planowane jest uruchomienie kolejnych pięciu takich bloków w odstępach 2-3 lat. Jednym z potencjalnych dostawców w projekcie wdrożenia polskiej energetyki jądrowej jest amerykańska firma Westinghouse. Opracowany przez polskich inżynierów system EDS jest stosowany na blokach jądrowych firmy Westinghouse na całym świecie, m.in. w elektrowniach jądrowych w USA (Vögtle), Europie i Chinach (elektrownie Sanmen i Haiyang).



*Rys. 5. Elektrownia jądrowa AP1000*

*(Źródło: <https://nuclear.pl/wiadomosci,news,19111601.html>)*

W opracowaniu i monitorowaniu pracy systemów obiektów energetyki jądrowej trzeba uwzględnić niebezpieczeństwa jakie niesie współczesna cyberprzestrzeń. Przykładem mogą być systemy komputerowe operatora elektrowni jądrowych w Korei Południowej, które zostały zhakowane przez cyberprzestępców, ale wykradzione informacje nie mają dużego znaczenia (Cyberatak na systemy...). Nie ma też zagrożenia dla bezpieczeństwa instalacji jądrowych, w tym 23. reaktorów atomowych. Południowokoreańskie ministerstwo energetyki poinformowało, że jest przekonane, iż procedury zabezpieczające elektrownie jądrowe są w stanie

zablokować próby dalszej infiltracji ze strony hakerów, które mogłyby zagrozić ich stabilnej reaktorom.

## 5. Wnioski

Konferencja światowa ds. klimatu COP28 wskazała jako głównego winowajcę ocieplenia klimatu naszego Globu nadmierne zużycie paliw kopalnych. Jedną z dróg jego obniżenia jest potrojenie stosowania energetyki jądrowej. Innym kierunkiem jest zastąpienie obecnych kotłów grzewczych w elektrowniach i ciepłowniach tradycyjnych reaktorami jądrowymi. Obecna technika atomowa dysponuje już wieloma wariantami rozwiązań reaktorów elektrowni atomowych. Są to opcje o dużej, średniej i małej mocy wytwarzania energii elektrycznej oraz ciepłej. Występuje tendencja do modularyzacji komponentów zarówno reaktorów jak i niezbędnych obiektów infrastruktury elektrowni. Na dobrej drodze są również prace projektowe nad wykorzystaniem jako paliwo w elektrowniach jądrowych nie tylko odpowiednio przygotowanego uranu, ale także toru i wodoru. Pomyślnie przetestowanie tych projektów stanowić będzie impuls do możliwie szybkiej transformacji węglowo-jądrowej obecnych obiektów energetycznych.

## **Bibliografia:**

*Biden ogłasza 7 miliardów dolarów na projekty regionalne, w tym wytwarzanie wodoru z energii jądrowej.* Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata z 20 października 2023 r., Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska, URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-20-pazdziernika-2023-r>.

*Cyberatak na systemy komputerowe operatora elektrowni jądrowych w Korei Południowej.* URL: <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/95306-cyberatak-na-systemy-komputerowe-operatora-elektrowni-jadrowych-w-korei-poludniowej>.

*Efektywna kosztowo realizacja nowych projektów jądrowych.* Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata z 27 listopada 2023 r.,

Electronuclear przed-stawia plan produkcji czystego wodoru, URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-27-listopada-2023-r>.

*Electronuclear przedstawia plan produkcji czystego wodoru. Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata z 27 listopada 2023 r.,* URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-27-listopada-2023-r>.

*Firmy z branży jądrowej przystępują do misji związanych z technologiami kosmicznymi. Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska,* URL: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/zapraszamy-do-zapoznania-sie-z-jadrowymi-wiadomosciami-ze-swiata-z-27-pazdziernika-2023-r>.,

*Formuła zmiany elektrowni węglowych w jądrowe. URL:* <https://energetyka24.com/atom/analizy-i-komentarze/rozwoj-energetyki-jadrowej-w-polsce-perspektywa-2035-roku>.

Karla T., Sterowanie kształtem pola generacji ciepła jądrowego w warunkach zmiennego obciążenia, Wydział Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, URL: [https://eia.pg.edu.pl/documents/10623/57354393/Streszczenie\\_Karla.pdf](https://eia.pg.edu.pl/documents/10623/57354393/Streszczenie_Karla.pdf).

*Kto dostarcza uran? URL:* <https://nuclear.pl/wiadomosci,news,23052402,0,0.html>.

Modro S. M., Jankowski M. W., *Postęp w dziedzinie bezpieczeństwa reaktorów jądrowych*, apw.ee.pw.edu.pl.

*Niger*, [w:] Encyklopedia PWN [online].

*Niger. Gospodarka*, [w:] Encyklopedia PWN [online].

*Norwegia: firma z branży jądrowej składa wnioski, budowa pierwszych reaktorów planowana w ciągu 10 lat. Zapraszamy do zapoznania się z jądrowymi wiadomościami ze świata z 13 listopada 2023 r. Departament Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska 13 listopada 2023 r.*

*Orano: kopalnie w Nigrze pracują normalnie. URL:* <https://www.pap.pl/aktualnosci/news%2C1604759%2COrano-kopalnie-uranu-w-nigrze-pracuja-normalnie.html>.

it receives from users of the system or by performing their tasks. Such technologies include machine learning, natural speech processing, voice, and face recognition.

Artificial intelligence models learn from the answers and information they receive from the experts who train them. Content is automatically generated by an algorithm, so artificial intelligence is a toolkit for voice interface innovation and optimization. Digitization of business processes in society, creation of digital products, online services and provision of virtual services accelerates the digitization of society.

Thus, artificial intelligence can be used to create unique useful products and services that are fully adapted to the user's preferences. This has a positive effect on the processes of digitalization of society.

#### **References:**

Андрєєв, А. (2024). Siri, Alexa, Google Assistant: огляд віртуальних помічників. URL: <https://apix-drive.com/ua/blog/reviews/siri-alexa-google-assistant-ogljad>.

*Кабінет Міністрів України.* (2020). Розпорядження від 02 грудня 2020 № 1556-р Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні. URL: <https://11l.in/7UPUJ>.

Митник, М. (2024). Штучний інтелект та його роль у сучасному світі. Новини України та світу. URL: <https://itechua.com/news/248851>.

*Міністерство цифрової трансформації України.* (2024). Державні послуги онлайн. URL: <https://diia.gov.ua>.

Пасічний, О. (2024). «Надія» допоможе: у «Дії» з'явиться віртуальний помічник. URL: <https://11l.in/XIHEi>.

Фіщук, В., Матюшко, В., Чернев, Є., Юрчак, О., Лаврик, Я., Амелін, А. (2024). Україна 2030Е – країна з розвинутою цифровою економікою. Український інститут майбутнього. URL: <https://11l.in/AUlkD>.

## 5.9. Trend of application of AI in search engines

### Tendencje zastosowania AI w wyszukiwarkach

Istotnym sposobem wykorzystania sztucznej inteligencji (AI) w wyszukiwarce internetowej jest tworzenie rankingu pozycji, na określonych stronach rezultatu uzyskanego przykładowo z wyszukiwarki *Google*. Wyszukiwarki wykorzystują AI do rozumienia i interpretowania wszystkich charakterystycznych elementów rozpatrywanej strony WWW, wpisu lub blogu, które mogą stanowić czynniki rankingowe. Zwróćmy teraz uwagę na blog Katarzyny Kapelczak pt. *Sztuczna inteligencja w wyszukiwarce i innych produktach Google. Poznaj ją od podszewki!* (Kapelczak, (b/d)). Dzięki technologii AI możemy korzystać z inteligentnych asystentów, tłumaczyć teksty na inne języki, sortować zdjęcia czy nawet planować podróże. Wiele jest firm softwarowych, które w swoich produktach stosują różne rozwiązania z zakresu AI, a spośród nich Google staje się liderem w wprowadzaniu do techniki komputerowej naśladowania ludzkiej inteligencji. AI obejmuje uczenie maszynowe, uczenie głębokie, rozumienie i rozpoznawanie języka naturalnego, rozpoznawanie obrazów czy też głosowe wyszukiwanie zdjęć i filmów. Przewiduje się, że w przyszłości szereg urządzeń typu laptopy, smartfony będą mogły działać autonomicznie. Technologie sztucznej inteligencji są wiodące w formułowaniu wzorców w danych, a następnie ich zastosowaniu do przewidywania. Wyszukiwarka *Google* wykorzystuje sztuczną inteligencję (*artificial intelligence*) do: indeksowania stron internetowych i rozumienia ich zawartości, interpretowania wyszukiwanych haseł, oceny jakości treści w celu poprawy wyników wyszukiwania.

Ponadto występuje zastosowanie oprogramowania AI także w: reklamie *Google Ads*, *Mapach Google*, funkcjach *Asystenta Google*, *Tłumaczu Google*, poczcie *Gmail* oraz aplikacji *Zdjęcia Google*. Skupmy jednak szczególną uwagę na funkcjonalności sztucznej inteligencji w wyszukiwarce *Google*. Przyjmuje się, że technologia AI to sieć algorytmów Google, które są w stanie rozpoznawać i rozumieć zawartości stron internetowych. Rozpoznawanie ich jest konieczne do budowy skutecznej

strategii *SEO*. Wśród algorytmów Google, które wykorzystują sztuczną inteligencję, wymienić trzeba *Rank Brain* i *Google Bert*. Wyszukiwarki wykorzystują sztuczną inteligencję do rozumienia i interpretowania wszystkich elementów strony, które mogą stanowić czynniki rankingowe. Wyszukiwarki muszą rozumieć zapytania internautów i dlatego istotne było wdrożenie algorytmu *Google Bert*, który umożliwił wyszukiwarce rozumienie całych zdań i złożonych zapytań, a nie tylko interpretowanie oddzielnie poszczególnych słów.

Wyszukiwanie głosowe i wyszukiwanie obrazów to nowsze możliwości zastosowane w wyszukiwarkach. Technologia *NLP* jest w stanie rozpoznawać ludzkie głosy w czasie rzeczywistym, na przykład podczas korzystania z *Asystenta Google*, a następnie przetłumaczyć je na wyniki wyszukiwania. To samo dotyczy obrazów, bowiem technologia *AI* to również ich rozpoznawanie. Dzięki *AI* istnieje możliwość analizowania zachowań użytkowników Internetu. Ponadto wyszukiwarka *Google*, wzmocniona *AI*, wykorzystuje dane o lokalizacji użytkownika. Dodatkowo nowa technologia w Google stara się zrozumieć kontekst zapytania wyszukiwania. Cenną funkcją wyszukiwarki *Google* jest identyfikowanie i usuwanie *spamu* oraz treści niskiej jakości. Użytkownicy systemu reklamowego *Google Ads* mają do czynienia z uczeniem maszynowym i innymi narzędziami *AI*, a są nimi:

- *dopasowanie słów kluczowych w kampanii reklamowej*, aby zaproponować słowa kluczowe, które mogą generować lepsze wyniki;
- *targetowanie grupy odbiorców*, w celu wskazania grupy najbardziej zainteresowanej daną reklamą;
- *optymalizacja ofert*, aby reklamodawcy mogli osiągnąć najlepsze wyniki w ramach swojego budżetu reklamowego;
- *personalizacja*, w celu dostosowania do indywidualnych preferencji użytkownika;
- *kampanie inteligentne*, w których część powtarzalnych zadań przejmują algorytmy Google wykorzystujące uczenie maszynowe.

Zwróćmy teraz uwagę na wpływ technologii *AI* na aplikację nawigacyjną *Google Maps*. Program ten umożliwia użytkownikom planowanie tras, sprawdzanie

informacji o miejscach i poruszanie się po nowych lokalizacjach. Stosuje się w tej aplikacji algorytmy uczenia maszynowego (*Machine Learning*) do analizowania i przetwarzania informacji na temat natężenia ruchu drogowego. Pomocna funkcja *Street View* wykorzystuje tzw. *rzeczywistość rozszerzoną* i zdjęcia, aby zrozumieć, gdzie się znajdujemy w stosunku do otaczającego nas otoczenia. Funkcja *Predictive Analytics* wyszukiwarki *Google* posługuje się *AI* do analizowania danych minionych dotyczących ruchu drogowego. Dodajmy jeszcze, że wyszukiwarka *Google* stosuje program *Local Guides* do zbierania informacji o miejscach i budynkach, takich jak zdjęcia, recenzje i informacje o godzinach otwarcia. Natomiast przy użyciu aplikacji *Google Lens* możliwe jest wyszukiwanie informacji o miejscach, które są widoczne na ekranie urządzenia. *Google Lens* wykorzystuje sztuczną inteligencję do rozpoznawania obiektów, znaków drogowych i innych elementów, które mogą być przydatne dla użytkowników podczas podróży. Oprócz wcześniej wymienionych interesującym jest opracowanie *Project Sismos*, które jest w stanie przewidywać zagrożenie trzęsieniem ziemi na konkretnym obszarze.

Poznajmy teraz funkcje aplikacji o nazwie *Asystent Google*, która również bazuje na dorobku algorytmicznym sztucznej inteligencji. Aplikacja ta wykorzystuje algorytmy uczenia maszynowego do rozpoznawania mowy i języka naturalnego, co umożliwia wydawanie poleceń za pomocą głosu. Ten asystent jest w stanie automatycznie dodawać informacje do kalendarza, wysyłać przypomnienia i udzielać wskazówek na temat najlepszego czasu na wykonanie danego zadania. Warto jeszcze dodać, że dzięki aplikacji *Asystent Google* możemy zdalnie z naszego laptopa lub smartfona nowej generacji kontrolować urządzenia inteligentnego domu.

Trzeba jeszcze wspomnieć o zastosowaniu *AI* w *Google Translate* do tłumaczenia tekstu i mowy w czasie rzeczywistym. *Tłumacz Google* jest ponadto wyposażony w funkcję tłumaczenia tekstów z obrazów dostępnych w Internecie. Firma OpenAI udostępniła darmową wtyczkę *ChatGPT for Gmail*, którą można dodać do wyszukiwarki, by pisać wiadomości *e-mail* ze wsparciem *ChatGPT*. Natomiast *Google Photos* wykorzystuje sztuczną inteligencję, aby automatycznie tworzyć albumy i filmy z dostępnych zdjęć. Ponadto aplikacja ta wykorzystuje *AI*,



aby automatycznie usuwać zduplikowane i niepotrzebne zdjęcia z biblioteki użytkownika.

Przewiduje się, że w najbliższych latach rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji będą coraz powszechniejsze, a specjaliści ds. marketingu będą musieli nauczyć się z nich korzystać. Sztuczna inteligencja z powodzeniem wykorzystywana jest już obecnie w stronach WWW, *content marketingu*, oraz płatnych kampaniach z zastosowaniem *Google Ads*. W tworzeniu treści reklamowych stosowane są takie narzędzia programistyczne jak *SurferSEO*, *SENUITO*, *Ahrefs* czy *SEMSTORM*. Sztuczna inteligencja coraz szerzej opanowuje różne obszary działalności, a przykładem jej zastosowania są systemy rekomendacyjne, *chatboty*, rozpoznawanie mowy i obrazów, autonomiczne pojazdy czy systemy analizujące dane. Nowoczesne smartfony (telefony z superaparataami) coraz częściej wykorzystują rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji (<https://www.orange.pl...>). Jak już nadmieniono, sztuczna inteligencja jest ogólnym określeniem różnych programów, algorytmów i systemów, dzięki którym maszyny potrafią naśladować niektóre cechy ludzkiego umysłu, takie jak uczenie się, rozwiązywanie problemów, rozumienie języka czy rozpoznawanie obrazów. Oprogramowane procedury *AI* są wykorzystywane w najnowszych telefonach, z zaawansowanymi aparatami do fotografowania, co umożliwia: lepszą stabilizację obrazu podczas robienie zdjęć i nagrywania filmów; rozpoznawanie scenerii i obiektów; wybieranie najlepszych zdjęć z serii; usuwanie z kadru refleksów, mgły oraz obiektów.

Dobrym aparatem z zaawansowanymi mechanizmami sztucznej inteligencji wyróżniają się smartfony *OPPO Reno5*, *OPPO Reno6* i *OPPO Reno6 Pro* (<https://www.orange.pl...>). Smartfony te wykorzystują *AI* do rozpoznawania oświetlenia i scen oraz niwelowania drgania dłoni przy zdjęciach z dłuższym czasem naświetlania. Smartfony *Samsung Galaxy S21 FE* i *Samsung Galaxy S21+* dzięki *AI* umożliwiają wybranie najlepszych zdjęć spośród kolekcji fotografii robionych w ciągu kilku sekund. Smartfon *Xiaomi 11 Lite 5G NE* dzięki wsparciu sztucznej inteligencji oferuje wiele efektów, których można użyć podczas kręcenia wideo, a mianowicie: zatrzymanie czasu, magiczny *zoom*, nocne poklatkowe wideo

czy wolna migawka. Trzeba także wyróżnić modele Apple takie jak iPhone 13 i iPhone 13 Pro. Wykorzystują one *AI*, między innymi w funkcji *Deep Fusion*, która jest nowością w iOS 13.2. Funkcja ta automatycznie poprawia zdjęcia za pomocą układu A13 Bionic z Neural Engine obecnym w iPhone'ach 11, iPhone 11 Pro i iPhone 11 Pro Max (<https://onetech.pl/...>).

#### *Wpływ AI na trafność odpowiedzi wyszukiwarek*

Nowe technologie z zakresu sztucznej inteligencji to kolejny krok w popularyzacji wyszukiwarek internetowych. Ciekawe opracowanie pt. *Jak AI wpłynie na popularność wyszukiwarek?* Spotykamy na stronie firmy WeNet. Oprócz wymienionego tematu przedstawiono na tej stronie także aplikacje *Google Bard*, *Bing* oraz *ChaGPT*. Firma Google znana jest z produktów takich jak przeglądarki *Google Chrome*, *Gmail*, *Google Drive*. Niebawem będziemy korzystać z projektowanej unowocześnionej wyszukiwarki *Google Bard*, która opiera się na sztucznej inteligencji. Będzie ona implementacją dotychczasowej wyszukiwarki Google. *Google Bard* będzie umożliwiał bardziej spersonalizowane wyniki wyszukiwania, dostosowane do preferencji i zainteresowań użytkowników.

Eksploatowany i rozwijany *Bing* i *ChatGPT* to przełom w kreowaniu nowoczesnych wyszukiwarek internetowych. Jednak przez dłuższy czas wyszukiwarka *Bing* firmy Microsoft pod względem popularności nie dorównywała wyszukiwarkom Google. Niespodzianką było wprowadzenie przez firmę OpenAI chatbota *ChatGPT*, który dał nadzieję na rozwój zastosowania tej wyszukiwarki. Firma Bing postanowiła bowiem zintegrować ze swoją wyszukiwarką technologię *chatu* opartego na sztucznej inteligencji. Została ona przygotowana na bazie rozwiązań OpenAI i ma działać na podobnych zasadach jak wspomniany wcześniej *ChatGPT*. Da to w rezultacie lepsze wyniki wyszukiwania stron WWW i szybszy dostęp do informacji. Taka wyszukiwarka, oparta o *AI*, pozwoli także na szybkie i dokładne tłumaczenie tekstów, a nawet na tworzenie oryginalnych treści na podstawie wytycznych internauty.

Sporo zmian nastąpiło również w przeglądarce *Edge*, która nie tylko zyskała nowy zaprojektowany *design*, ale dodana została także rozbudowana integracja

nowego *Binga*. Jednak jak już wspomniano, mimo dużej konkurencji i wprowadzonym udoskonaleniom w innych wyszukiwarkach, produkt firmy Google w roku 2023 był nadal niekwestionowanym liderem, ponieważ aż 93% internautów korzystało właśnie z tej wyszukiwarki. Na drugim miejscu jest wymieniony już *Bing*, z którego korzysta około 3% internautów, a potem *Yahoo*, *Yandex*, *DuckDuckGo* oraz *Baidu*, z których korzysta średnio po 1% internautów.

Fascynujące technologie sztucznej inteligencji zostały także wchłonięte też przez inne mniej znane wyszukiwarki. Przykładem jest *Opera*, która integruje popularne usługi oparte na *GPT*, takie jak *ChatGPT* i *ChatSonic*, umożliwiając użytkownikom wykorzystanie narzędzi generatywnych *AI*. *DuckDuckGo* zaprezentowało narzędzie *DuckAssist*, które korzysta z *AI* oraz zasobów Wikipedii, aby natychmiastowo udzielać odpowiedzi na zadane pytanie. Również niszowa wyszukiwarka *Brave* udostępnia podobne narzędzia, opracowała bowiem aplikację *Summarizer* ze sztuczną inteligencją.

#### *Udoskonalenie pracy wyszukiwarki Google*

Systemy rankingowe wyszukiwarki *Google* mają za zadanie nagradzać treści wysokiej jakości, które wykazują cechy standardu E-E-A-T (*expertise, experience, authoritativeness, trustworthiness*), czyli: wiedza, doświadczenie, rzetelność i wiarygodność (Sullivan, D., & Nelson, C., 2023). Około 10 lat temu pojawiły się obawy dotyczące wzrostu ilości treści generowanych masowo. Tak więc rozwiązaniem było ulepszenie systemów wyszukiwania. W tym celu opracowano odpowiednie systemy rankingowe pozycjonowania wpisów internetowych z wyszukiwania dla danej firmy. Istotnym jest bowiem, aby dostarczyć użytkownikom Internetu komplet pozycji stron i wpisów zawierających przydatne dla ich fraz treści. Trzeba jeszcze dodać, że ważną rolę w pracy wyszukiwarki *Google* odgrywa automatyczne eliminowanie *spamu* i w tym celu stosowany jest system *SpamBrain*.

*AI* może otworzyć nowe możliwości tworzenie kreatywnych treści internetowych. Treści generowane przy pomocy sztucznej inteligencji są zgodne z wytycznymi firmy *Google* w celu nie manipulowania rankingami wyszukiwarki.

Od dłuższego czasu z treściami niskiej jakości tworzonymi zarówno przez ludzi, jak i rozwiązania automatyzacji musi sobie radzić wyszukiwarka *Google*. Jak już nadmieniono, stosowane przez nią systemy działają na rzecz promowania oryginalnych wiadomości.

Wyszukiwarka *Google* sprawdza też treści generowane przez *AI*. W tym celu np. system *SpamBrain*, analizują wzorce i sygnały, aby pomóc w identyfikacji treści *spamerskich* niezależnie od tego, jak zostały wygenerowane. Jednak dla firm pozycjonerskich zastosowanie sztucznej inteligencji do tworzenia przydatnych i oryginalnych treści stanowi łatwy sposób na podbicie rankingu stron w wyszukiwarce. W tym względzie przyjęto, że wydawcy publikujący w *Wiadomościach Google* powinni używać informacji o źródle publikacji i autorach (<https://news.google.com...>). Coraz częściej oczekuje się, że również inni piszący do Internetu, oprócz tekstu i obrazu udostępnią szczegółowe odniesienia źródeł zamieszczonych materiałów w formie elektronicznej. Szerokie wykorzystywanie aplikacji *ChatGPT* na rynku wznowiło dyskusję o sztucznej inteligencji, jej wykorzystaniu w pracy i w nauce (Kapelczak, K.). Pojawiło się pytanie jak wykorzystać *AI* w marketingu internetowym.

### *Czy sztuczna inteligencja stanowi zagrożenie dla człowieka?*

Sztuczna inteligencja (*AI*) to dziedzina informatyki polegająca na tworzeniu algorytmów i systemów mogących wykonywać złożone zadania, które dotychczas wymagały ludzkiej inteligencji do zrealizowania. Takimi zadaniami są na przykład rozumienie języka naturalnego, rozwiązywanie problemów i uczenie się. Celem sztucznej inteligencji jest stworzenie systemów, które mogą działać tak samo dobrze jak ludzie lub nawet lepiej. Aktualnie *AI* jest już powszechnie stosowane w różnych dziedzinach, takich jak automatyzacja przemysłowa, rozpoznawanie mowy, diagnostyka medyczna, robotyka, bezpieczeństwo i wiele innych.

Przeprowadzone badania pokazują, że 34% ludzi boi się sztucznej inteligencji, 24% uważa, że sztuczna inteligencja będzie szkodliwa dla społeczeństwa, a 63% osób martwi się, w jaki sposób ich dane osobowe są wykorzystywane przez firmy (<https://towardsdatascience.com...>). Tak więc rozpowszechnianie się *AI* wymaga

na bieżąco prowadzenia uregulowań prawnych w tym zakresie. Główne obawy związane są z zastosowaniem głębokiego uczenia maszynowego, które opiera się o zaawansowaną zdolność rozpoznawania twarzy, obiektów, liter, znaków dzięki stworzonym sieciom neuronalnym, bowiem mają one przypominać w działaniu ludzki mózg. Zdaniem Sundara Pichai, dyrektora naczelnego firmy macierzystej Google – Alphabet, AI wpłynie na ułatwienie naszej pracy zawodowej i pozyskiwanie wiedzy. Ponadto przyczyni się do poprawy komfortu życia i zwiększenie bezpieczeństwa.

Jak już wspomniano, popularny *Asystent Google* oparty jest na sztucznej inteligencji. Sztuczna inteligencja jest wykorzystywana w wielu projektach Google, aby uporządkować informację na świecie i uczynić ją bardziej dostępną (<https://www.linkedin.com/...>). Jak już wspomniano w roku 2015 firma Google wprowadziło projekt oparty o sztuczną inteligencję o nazwie *RankBrain*. Jest to algorytm uczenia maszynowego, a jego celem jest ułatwienie rozumienia zapytań w sposób kontekstowy. Dzięki niemu wyszukiwarka potrafi zrozumieć, w jaki sposób wybrane słowa są powiązane z konkretnymi pojęciami, może ona przyjąć skomplikowane zapytanie i lepiej je zdefiniować. Obecnie algorytm ten jako asystent głosowy jest stosowany przy każdym zapytaniu we wszystkich językach i regionach świata (<https://moz.com/...>).

Kolejny projekt wprowadzony w 2018 roku dotyczy dopasowania neuronowego. Jego zadaniem jest zrozumienie, w jaki sposób zapytania odnoszą się do stron, poprzez analizę wpisanego przez użytkownika hasła i treści na stronach. Dopasowywanie neuronowe w szczególności pomaga wyszukiwarce *Google* w uszeregowaniu wyników wyszukiwania i jest częścią algorytmu rankingu, przy czym jest stosowany w 30% wszystkich wyszukiwań (<https://www.seroundtable.com/...>). Aktualnie dopasowywanie neuronowe jest używane w wielu zapytaniach. Prace nad AI były kontynuowane i tak w 2019 roku pojawił się *Google Bert*, który obecnie używany jest w większości zapytań we wszystkich językach. Jego głównym zadaniem było pomóc wyszukiwarce *Google* zrozumieć, w jaki sposób kombinacje słów oznaczają różne znaczenia i intencje.

Zwróćmy jeszcze uwagę na informację projekcie *MUM (Multitask Unified Mode)* firmy Google. Pomaga on w rozumieniu języków oraz w ich generowaniu, dzięki czemu może być używany do zrozumienia nowych terminów językowych.

### *Wpływ AI na SEO*

AI będzie miało też wpływ na *SEO*, czyli pozycjonowanie stron z treścią użytkownika w marketingu internetowym. Przewiduje się, że programy sztucznej inteligencji przyczynią się do pozyskiwania jakościowych linków zwrotnych i stopniowe eliminowanie w rankingowaniu linków o niskiej jakości i linków *spamerskich*, co będzie powodowało spadek widoczności stron, które z nich korzystają. Programy sztucznej inteligencji na podstawie analizy danych użytkowników będą mogły dostosować treści, a także rekomendacje do ich indywidualnych potrzeb i zainteresowań. Rozumienie języka naturalnego i kontekstu zapytań stale się rozwija i z tego względu zwiększy się znaczenie *SEO semantycznego*. Semantyczna wyszukiwarka to taka, która rozumie znaczenie, intencję i kontekst zapytania użytkownika (<https://www.senuto.com/...>). Przyjmuje się, że taką wyszukiwarką od około roku 2013 jest *Google*. Wcześniej o wyszukiwarce *Google* można było mówić jako o wyszukiwarce leksykalnej, która wyszukiwała za pomocą dopasowań zapytań do dokumentów – bez rozumienia znaczenia tych zapytań. Z punktu widzenia użytkownika, jej działanie było więc niedoskonałe. Natomiast *semantyczne SEO* to sposób prowadzenia działań skupiający się na rozumieniu intencji użytkownika i mający na celu w pełni jej zaspokojenie. Odbywa się to poprzez dostarczanie w treści wszystkich odpowiedzi, których użytkownik może poszukiwać, w formie, w której ich szuka.

AI prawdopodobnie w znacznym stopniu ułatwi wyszukiwarce *Google crawling* i indeksowanie stron internetowych (<https://widoczni.com/...>). *Crawling* to w prostym tłumaczeniu proces skanowania witryny, a celem *crawlingu* jest przede wszystkim przeskanowanie strony internetowej, żeby poprawnie zdefiniować obecne na niej treści. Pomoże to lepiej rozumieć i przetwarzać struktury witryn, a także dostarczać dokładniejszych informacji o ich zawartości. Ponadto zwiększy znaczenie wyszukiwania głosowego, dogodniej przeprowadzi analizę zapytania, identyfikację

słów kluczowych i rozumienie ich kontekstu. Sztuczna inteligencja może być również wykorzystywana do analizy wydajności witryny na urządzeniach mobilnych, a także optymalizacji szybkości ładowania się witryny.

Aplikacja *Google Analytics 4 (GA4)* wykorzystuje *AI* i uczenie maszynowe do analizowania danych i generowania automatycznych raportów. *GA4* generuje na przykład automatyczne raporty, które pomagają w zrozumieniu danych, a także generuje automatyczne alerty, które informują użytkowników o ważnych zmianach w danych lub wykryciu potencjalnego problemu. W przyszłości te aspekty z pewnością będą się rozwijać. Zakłada się, że *GA4* w najbliższej czasie będzie tworzyć bardziej spersonalizowane treści i rekomendacje dla użytkowników, na podstawie ich historii interakcji z witryną.

*AI content* są to treści tworzone przez systemy sztucznej inteligencji, które mogą zawierać tekst, obraz oraz video (Boniecka, A., 2023). Obecnie komercyjne aplikacje *AI* są w stanie stworzyć *post* (wpis) na media społecznościowe, opisy kategorii czy produktów w sklepie internetowym, a nawet cały artykuł na bloga czy e-booka. Z tego względu narzędzia do tworzenia treści *AI* zyskują coraz większą popularność. SiegaMedia wskazuje, że ponad 52% liderów biznesu korzysta obecnie z narzędzi do generowania treści sztucznej inteligencji w ramach swojej strategii *content marketingu* (<https://www.siegemedia.com/...>). *AI* można użyć także jako narzędzie, które pobudza pomysły i kreatywność (<https://blog.hubspot.com/...>). Mimo tych zalet jedną z głównych obaw jest to, że *AI marketing* będzie generować mimo wszystko treści wprowadzające w błąd odbiorców, przekazując niedokładne informacje. Sztucznie tworzone treści zaczynają też dominować nad początkowymi założeniami wyszukiwarki *Google*, a mianowicie że «*treść powinna być tworzona przez ludzi dla ludzi*».

Miała to bardzo duży wpływ na uzyskiwane przez strony WWW pozycje w wielu wyszukiwarkach, zatem nie tylko w wyszukiwarce *Google*. Jeszcze do września 2023 roku autorstwo człowieka było jednym z najważniejszych czynników wpływających na to, jak wysoko w wynikach wyszukiwania *Google* będą pojawiać się linki do witryny. Aktualizacja wytycznych *Helpful Content Update*

z 14 września 2023 roku wprowadza informację, że powyższe sformułowanie zostało zastąpione tym, że *w wyszukiwarkach będą promowane treści tworzone dla ludzi*, jednak *content* (jakość tekstu) musi być pomocny i użyteczny użytkownikom danej wyszukiwarki (<https://searchengineland.com/...>). Zastosowanie *AI content* w *SEO*, poprzez automatyczne kreowanie treści cechuje: szybkość; skalowalność (tworzenie treści na wiele platform jednocześnie); opłacalność (generowanie treści *AI* może być tańsze niż zatrudnianie *copywritera* na pełny etat). Lecz użycie *AI content* w *SEO* wykazuje także *wady a mianowicie*: wątpliwa jakość; nieprzewidywalność, zwłaszcza przy korzystaniu z bezpłatnej wersji np. *ChatGPT 3.5*, która dysponuje danymi do roku 2021; ograniczona kreatywność; zastrzeżenia moralno-etyczne; aspekty prawne, bowiem *content* pisany przez *AI* może prowadzić do trudności w określeniu praw autorskich i własności intelektualnej. Firma Google poprzez swoją wyszukiwarkę internetową i pracujące dla niej roboty indeksujące oraz nowe narzędzia programistyczne dała zielone światło dla *AI content* w *SEO*. Generowane przez sztuczną inteligencję posty na *social media* czy artykuły blogowe powinny być poddane ludzkiej weryfikacji.

*Generatywna sztuczna inteligencja i stałe doskonalenie już eksploatowanych aplikacji*

*Generatywna sztuczna inteligencja* to rodzaj oprogramowania, który może pomóc w tworzeniu treści, poprzez zwiększenie kreatywności osób tworzących wpisy (np. *posty*) do bazy internetowej (Wątroba, M., 2023). Tak więc *generatywna AI* to typ modelu systemów uczących się, który radzi sobie z wyszukiwaniem wzorców, pomaga w tworzeniu nowych treści, a także obrazów oraz muzyki. Trzeba dodać, że duże modele językowe (LLM) wykorzystują *generatywną AI*. Może to być inicjatywą do rozpoczęcia procesu twórczego, a więc nie powinno się automatyzować wykonania całej pracy twórczej. Mimo wszystko już teraz sztuczna inteligencja jest wykorzystywana do: wspierania działań na rzecz łagodzenia zmian klimatycznych, przewidywania lub monitorowania klęsk żywiołowych, wspierania innowacji w opiece zdrowotnej.



Zdaniem firmy Google, jej produkty takie jak wyszukiwarka *Google*, *Mapy Google*, *Tłumacz Google* będą bardziej intuicyjne dzięki wykorzystaniu narzędzi AI (<https://www.wirtualnemedi.pl/...>). Jak wiemy szybko popularność zyskała firma softwarowa OpenAI, która udostępniła swój generator tekstu *ChatGPT*, stanowiący nowy rodzaj usługi internetowej. Natomiast nowy produkt Google – *Chatbot Bard* działa w oparciu o język aplikacji LaMDA i docelowo ma zostać dołączony do wyszukiwarki *Google*. Użytkownicy zainteresowani tym, co mają przed oczami lub co widzą na zdjęciach, korzystają z *Obiektywu Google* około 10 miliardów razy miesięcznie. Może to stanowić bazę do globalnego zasobu informacji. Multiwyszukiwanie jest teraz dostępne na urządzeniach mobilnych we wszystkich językach i krajach, w których można korzystać z *Obiektywu Google*. Ostatnio Google wzbogacił multiwyszukiwanie o opcję wyszukiwania lokalnego. Jeśli użytkownik chce wspomóc lokalną firmę albo szybko coś kupić, wystarczy wybrać zdjęcie i dopisać «w pobliżu», aby otrzymać wyniki lokalne.

W *Tłumaczu Google* dodane zostaną opcje tłumaczenia kontekstowego obejmujące opisy i rozmaite przykłady w języku docelowym. Teraz, gdy użytkownik będzie tłumaczyć tekst o żurawiu z królestwa ptaków, będzie mieć odpowiedni kontekst, który pozwoli odróżnić go od żurawia z placu budowy. *Tłumacz Google* podpowie odpowiednie sformułowania, idiomy stosowane przez rodzimych użytkowników języka oraz stosowne słowa. Postępy w dziedzinie technologii sztucznej inteligencji umożliwiły *Tłumaczowi Google* tłumaczenie tekstu ze zdjęć zrobionych przy użyciu aplikacji *Obiektyw Google*, która umożliwia wyszukiwanie tego, co widzi użytkownik, za pomocą aparatu urządzenia. Zaawansowane systemy uczące się pozwalają łączyć przetłumaczony tekst z obrazem, dzięki czemu takie obrazy wyglądają bardziej naturalnie. Wyszukiwanie w trybie *Live View* wykorzystuje AI oraz tzw. *rzeczywistość rozszerzoną*, aby pomóc znaleźć użytkownikowi miejsca wokół niego, takie jak bankomaty, restauracje, parki i przystanki. Wystarczy, że idąc ulicą uniesie telefon. *Rzeczywistość rozszerzona* jest wyjątkowo przydatna, gdy użytkownik wybiera się w nowe i skomplikowane miejsce np. na lotnisko, na którym będzie pierwszy raz. Właśnie aby ułatwić poruszanie się

w takich miejscach, w 2021 roku wprowadzono funkcję *Live View* we wnętrzach na terenie Stanów Zjednoczonych, Zurychu i Tokio. Strzałki wykorzystujące *rzeczywistość rozszerzoną* wskazują korzystającym drogę i umożliwią szybkie i pewne odnalezienie najbliższej toalety, miejsca odpoczynku, postoju taksówek czy wypożyczalni samochodów.

Obecnie coraz większa liczba kierowców i firm motoryzacyjnych korzysta z pojazdów elektrycznych. Dla kierowców z wbudowanymi *Mapami Google* wprowadzono funkcję wyszukiwania postojów na ładowanie dla krótszych tras. Aplikacja ta zasugeruje najlepsze miejsce, biorąc pod uwagę aktualny ruch na drodze, poziom naładowania oraz przewidywane zużycie energii. Wskazywane są stacje bardzo szybkiego ładowania o ładowarkach mocy 150 kW lub większej. Dzięki łatwo dostępnym wskazówkom, użytkownicy mogą śledzić swoją trasę z poziomu podglądu trasy. Te czytelne wskazówki będą dostępne wkrótce na urządzeniach z Androidem i systemem iOS. Będą też działać z funkcją *Live Activities* na urządzeniach z systemem iOS 16.1.

Sztuczna inteligencja wkracza również w świat kultury. Od 2018 roku Laboratorium Google Arts & Culture bada zastosowanie systemów uczących się w kontekście artystycznym i kulturowym. Tak więc, sztuczna inteligencja jest jednocześnie narzędziem i współpracownikiem. Spośród siedmiu tysięcy języków używanych obecnie na ziemi ponad 3 tysiące jest zagrożonych wymarciem. Aplikacja *Woolaroo*, korzystająca z oprogramowania *AI* to narzędzie typu *open source*, które pomaga społecznościom językowym chronić język i poszerzać listę używanych w nim słów. *Woolaroo* to projekt, który korzysta ze wspomaganego sztuczną inteligencją rozpoznawania obrazów, aby identyfikować obiekty w kadrze i dopasowywać je do stale powiększającej się biblioteki słów. Aplikacja *Blob Opera* przekształca muzyczne pomysły w harmonijny śpiew operowy i jest używana zarówno przez nauczycieli podczas zajęć, jak i profesjonalnych artystów czy amatorów.

Kolejna aplikacja *Art Selfie* otwiera drzwi do świata sztuki, pokazując obrazy, na których twarz do złudzenia przypomina naszą minę. Gdy zrobimy sobie tzw.

*selfie*, model systemów uczących się porówna nasze zdjęcie z twarzami znajdującymi się na dziełach sztuki w muzeach. Po krótkiej chwili wyświetlą się nam wyniki wraz z wartością procentową określającą wizualne podobieństwo między naszą twarzą a wybranymi dla nas obrazami. Następnie możemy kliknąć dany obraz, aby dowiedzieć się więcej o nim samym oraz artyście, który go namalował. Na uwagę zasługuje jeszcze narzędzie programistyczne oparte na *AI* do tworzenia choreografii. Powstało ono we współpracy z choreografem Wayne'em McGregorem. Generuje prawdziwy ruch inspirowany archiwum McGregora, tworząc żywy dialog między tancerzami i tancerkami i jego 25-letnim dorobkiem. I jeszcze ciekawostka, a jest nią *Poemportraits* – dzieło zbiorowe online wykreowane przez artystkę Es Devlin we współpracy z Laboratorium Google Arts & Culture i technologiem Rossem Goodwinem. Umożliwia tworzenie wierszy z pomocą sztucznej inteligencji. Projekt ten jest dostępny online i obecnie znajduje się w centrum sztuki Barbican Centre w Londynie, gdzie stanowi część instalacji dostępnej w ramach wystawy «*AI: More than Human*».

Prowadzone są prace projektowe, aby w ramach *G-mail* były możliwe podpowiedzi aplikacji *ChatGPT*. Wysyłamy wtedy tylko główny kontekst wiadomości *e-mail* i automatycznie *ChatGPT* formułuje tekst np. dodaje spójniki dla poprawności wypowiedzi. Trzeba jeszcze wspomnieć o aplikacji *Senuto Suite*, którą spotykamy na stronie *senuto.com*. *Senuto Suite* jest to zbiór szczegółowych danych i narzędzi niezbędnych w działaniach *SEO*, który składa się z sześciu modułów i kilkunastu narzędzi, zaprojektowanych tak, by usprawnić proces optymalizacji pozycjonowania stron WWW.

### **Bibliografia:**

Boniecka, A. (2023). Sztuczna inteligencja i jej wpływ na Google, SEO i nasze życie. URL: <https://widoczni.com/blog/sztuczna-inteligencja-i-jej-wplyw-na-google/>.  
<https://blog.hubspot.com/marketing/ai-in-content-marketing>.  
<https://moz.com/learn/seo/google-rankbrain>.

<https://news.google.com/topics/CAAqIAgKIhpDQkFTRFFvSEwyMHZNRzFyZWhJQ2NHd29BQVAB?hl=pl&gl=PL&ceid=PL%3Apl>.

<https://onetech.pl/jak-aktywowac-i-korzystac-z-funkcji-deep-fusion-w-iphone/>.

<https://searchengineland.com/google-september-2023-helpful-content-system-update-rolling-out-431978>.

<https://towardsdatascience.com/our-impending-self-inflicted-ai-horror-boom-e764a20af456>.

<https://widoczni.com/blog/indeksowanie-crawling-ranking/>.

<https://www.linkedin.com/pulse/how-does-google-use-artificial-intelligence-ai-bernard-marr/>.

<https://www.orange.pl/poradnik/smartfony-i-inne-urzadzenia/smartfony-z-aparatami-wspomaganyimi-sztuczna-inteligencja-ai/>.

[https://www.senuto.com/pl/blog/semantyczne-seo/#Czym\\_jest\\_semantyczne\\_SEO](https://www.senuto.com/pl/blog/semantyczne-seo/#Czym_jest_semantyczne_SEO).

<https://www.seroundtable.com/google-neural-matching-27284.html>.

<https://www.siegemedia.com/strategy/ai-writing-statistics>.

<https://www.wirtualnemedi.pl/artykul/google-sztuczna-inteligencja-wyszukiwarka-zmiany>.

*Informacje o generatywnej AI (2023). URL:*

<https://support.google.com/websearch/answer/13954172?hl=pl>.

Kapelczak, K. Sztuczna inteligencja w wyszukiwarce i innych produktach Google. Blog. URL: <https://widoczni.com/blog/sztuczna-inteligencja-produkty-google>.

Sullivan, D., & Nelson, C. (2023). *Reprezentanci zespołu ds. jakości wyszukiwarki Google*. URL:

<https://developers.google.com/search/blog/2023/02/google-search-and-ai-content?hl=pl>.

Wątroba, M. (2023). AI content w oczach wyszukiwarek – czy jest bezpieczny? URL: <https://harbingers.io/blog/ai-content-w-oczach-wyszukiwarek-czy-jest-bezpieczny>.