

# POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ

VOL. 65 Z. 1 ISSN 0551-6846 WARSZAWA 2022



## 10 lat wydawania Postępów Techniki Jądrowej w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej

czytaj na str. 52)

# 1-2022

INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ  
POLSKIE TOWARZYSTWO NUKLEONICZNE

## SPIS TREŚCI NR 1/2022

WYWIAD Z RAFAŁEM KASPRÓWEM PREZESEM ZARZĄDU SYNTHOS GREEN ENERGY S.A. SPÓŁKI Z GRUPY KAPITAŁOWEJ SYNTHOS	
Rafał Kasprów .....	2
ANTY-ATOMOWE PODEJŚCIE OBECNEGO POKOLENIA RZĄDZĄCYCH W NIEMCZECH – PRÓBA WYJAŚNIENIA	
Andrzej Strupczewski .....	5
PRACA REAKTORA BADAWCZEGO MARIA W 2021 ROKU	
Piotr Witkowski .....	20
ENERGETYKA JĄDROWA NA ŚWIECIE I W POLSCE W 2021 ROKU	
Andrzej Mikulski .....	26
PRZYRZĄDY DOZYMTRYCZNE PRODUKOWANE DLA LUDNOŚCI PO KATASTROFIE W CZARNOBYLU	
Łukasz Karolewski .....	30
WIADOMOŚCI Z KRAJU .....	41
WIADOMOŚCI ZE ŚWIATA .....	48
WYDARZENIA .....	51
INFORMACJE O KSIĄŻKACH	
DANIEL YERGIN, NOWA MAPA – JAK ENERGETYKA ZMIENIA GEOPOLITYKĘ	
Krzysztof Rzymkowski .....	53
FELIETON	
ZIELONE ŚWIATŁO DLA ENERGETYKI JĄDROWEJ – „EKOLOGICZNI DALTONIŚCI” W ODWROCIE?	
Marek Bielski .....	56
IN MEMORIAM –	
PROF. LUDWIK KOWALSKI .....	58
PROF. DR HAB. KAZIMIERZ JELEŃ .....	59



Kwartalnik naukowo-informacyjny  
Postępy Techniki Jądrowej

Wydawca:  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej  
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa,

Kontakt Telefoniczny:  
Tel. 22 504 12 48  
Fax.: 22 811 15 32

Redaktor naczelny:  
Stanisław Latek  
S.Latek@ichtj.waw.pl

Komitet redakcyjny:  
Wojciech Głuszewski  
Marek Rabiński  
Łukasz Sawicki  
Elżbieta Zalewska

Współpracują z nami:  
Marek Bielski  
Andrzej Mikulski  
Małgorzata Nowina-Konopka  
Małgorzata Sobieszczak-Marciniak

Redakcja:  
PTJ-redakcja@ichtj.waw.pl

Adres strony internetowej PTJ:  
<http://ptj.waw.pl>

Opracowanie graficzne:  
Daniel Jaskóła (Agencja Reklamowa TOP)

Zastrzegamy sobie prawo skracania i adjustacji  
tekstów oraz zmian tytułów.

Recenzowanie artykułów  
Większość manuskryptów przesyłana jest do recenzowania  
przez 1-2 ekspertów z dziedziny, której dotyczy artykuł. Na  
podstawie opinii recenzentów artykuły są akceptowane do  
druku, kierowane do poprawy, lub odrzucone.

Prenumerata  
Zamówienia na prenumeratę kwartalnika  
POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ  
należy składać na adres redakcji jak wyżej.  
Wpłaty proszę przekazać na konto:  
Bank Pekao SA,  
45 1240 3480 1111 0000 4278 2935  
Koszt prenumeraty rocznej  
(4 zeszyty łącznie z kosztami przesyłki) wynosi 52 zł.  
Składając zamówienie należy podać adres osoby  
lub instytucji zamawiającej, na który  
ma być przesłane czasopismo oraz numer NIP.

Skład i druk:  
Agencja Reklamowa TOP,  
ul. Toruńska 148, 87-800 Włocławek

## Szanowni Państwo

24 lutego miała miejsce agresja Federacji Rosyjskiej na Ukrainę. Zagrożone zostały między innymi obiekty jądrowe w Czarnobylu i Elektrownia Jądrowa ZAPOROŻE. W związku z tą agresją Państwowa Agencja Atomistyki zajmuje stanowisko i wydaje komunikaty w sprawie bezpieczeństwa obiektów jądrowych w Ukrainie. 4 marca br. po wspólnej konferencji prasowej, w której wzięli udział minister klimatu i środowiska i prezes Państwowej Agencji Atomistyki, Agencja wydała Komunikat w sprawie Elektrowni Jądrowej ZAPOROŻE. „Jak informuje ukraiński dozór jądrowy – nie ma uszkodzeń systemów ważnych dla bezpieczeństwa jądrowego zaporoskiej elektrowni jądrowej (...) Jesteśmy w stałym kontakcie ze stroną ukraińską. Według stanu na godzinę 6:20 pożar został ugaszony. Bloki tej największej elektrowni jądrowej w Europie pozostają nienaruszone. Systemy i komponenty ważne dla bezpieczeństwa Elektrowni Jądrowej Zaporozie są sprawne. Na terenie elektrowni nie odnotowano wzrostu poziomu promieniowania. Sytuacja radiacyjna w Polsce pozostaje w normie. Nie ma żadnego zagrożenia.”

Pełny tekst Komunikatu PAA publikujemy na stronie 51 naszego czasopisma.

Naszym Czytelnikom polecamy także Oświadczenie Polskiego Towarzystwa Nukleonowego w sprawie agresji Rosji na Ukrainę.

Następna sprawa nie jest bardzo ważna, ale może warto ją odnotować. Otóż 1 lutego 2012 r. nastąpiła zmiana wydawcy naszego kwartalnika. Umowa podpisana pomiędzy PAA i IChTJ zawiera m.in. następujący zapis: „Państwowa Agencja Atomistyki przekazuje nieodpłatnie, a IChTJ przejmuje prawa i obowiązki wydawcy kwartalnika PTJ oraz prawa do tytułu tego kwartalnika”. Przyjmujemy, że Instytut Chemii i Techniki Jądrowej był wydawcą PTJ od roku 1993, aż do przejęcia czasopisma przez PAA w roku 2007. Redaktorem naczelnym PTJ pozostał nadal Stanisław Latek, ale w odróżnieniu od sytuacji z lat ubiegłych – od początku roku 2012 jest już pracownikiem IChTJ. A więc mija 10 lat pełnienia przez IChTJ funkcji wydawcy kwartalnika Postępy Techniki Jądrowej. (zob. informację na str. 52).

Po zasygnalizowaniu dwóch powyższych wydarzeń pora zająć się przedstawieniem tekstów dotyczących energetyki jądrowej.

Pierwsze ważne pytanie, jakie dr Andrzej Mikulski zadał Rafałowi Kasprówowi, prezesowi spółki Synthos Green Energy (SGE), wchodzącej w skład kombinatu chemicznego Synthos, dotyczyło motywów zajmowania się od dwóch lat małym reaktorem modułowym (SMR) BWRX-300 firmy General Electric Hitachi Nuclear (GEH). Oto fragment odpowiedzi: RAFAŁ KASPROW: Istnieje potrzeba dekarbonizacji generacji energii elektrycznej i ciepła. Ale też wykorzystanie szans, jakie daje pojawienie się technologii małych reaktorów modułowych. Od początku współpracy z GEH Nuclear, wiemy, że mamy do czynienia ze sprawdzoną i doskonale znaną technologią reaktorów wrzących, która w wypadku 10 generacji, czyli BWRX300, doskonale nadaje się do zastosowania w Polsce.

Zachęcam Czytelników do przeczytania wszystkich (dziesięciu) pytań i odpowiedzi składających się na omawiany wywiad.

Drugi ciekawy tekst numeru nosi tytuł: ANTY-ATOMOWE PODEJŚCIE OBECNEGO POKOLENIA RZĄDZĄCYCH W NIEMCZECH – PRÓBA WYJAŚNIENIA. Autorem obszernego artykułu jest prof. Andrzej Strupczewski. Oto fragment streszczenia artykułu: Geneza nastawienia antynuklearnego w Niemczech sięga lat 70., gdy przez środek Niemiec przebiegała granica obstawiona z obu stron bronią jądrową, a dzieci słuchały bajek o strasznych skutkach skażeń radioaktywnych i awarii jądrowych. Walka polityczna między partiami w Niemczech o bardzo wyrównanej liczbie głosów doprowadziła do tego, że w skład rządu weszła partia Zielonych, zwalczająca energetykę jądrową, a media nagłaśniające awarię w Fukushima przeważały szalę na korzyść partii antynuklearnych. Odnawialne źródła energii miały być tanie i czyste – w rzeczywistości dane z całej Europy pokazują, że nie dają one stabilnego zasilania w energię elektryczną, wymagają ogromnych subsydiów, mają niskie współczynniki wykorzystania mocy zainstalowanej, a luki podażowe wymagają wsparcia ze strony sterowalnych źródeł energii. Zużycie materiału na wiatraki i zapotrzebowanie terenu jest wielokrotnie większe niż na elektrownie jądrowe, ceny prądu w Niemczech są najwyższe w Europie, a emisje CO<sub>2</sub> są dużo większe niż we Francji, opierającej swoją energetykę na elektrowniach jądrowych. Specjaliści niemieccy krytykują Energiewende – ale rząd nie zmienia swojej polityki.

Czytając tekst Andrzeja Strupczewskiego nasunęło mi się pytanie: czy agresja Rosji na Ukrainę zwiększy, czy zmniejszy rozwój energetyki jądrowej? I jaka będzie postawa Niemców wobec energetyki jądrowej?

Piotr Witkowski opisuje pracę reaktora MARIA w roku 2021. Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, wykorzystywany jest do produkcji radioizotopów, badań materiałowych i technologicznych, barwienia minerałów. Obecnie prowadzenie badań z wykorzystaniem wiązek neutronów zostało wstrzymane z powodu remontu hali fizycznej. W artykule opisano parametry techniczne reaktora i charakterystykę jego pracy w ubiegłym roku.

Do energetyki jądrowej powraca w swoim tekście Andrzej Mikulski. Jak zwykle na przełomie lat przedstawia przegląd zeszłorocznych dokonań w energetyce jądrowej na świecie z rozdziałem zawierającym skrót informacji, co wydarzyło się w Polsce. Liczba budowanych bloków i rozpoczynanych inwestycji na świecie pozostała na tym samym poziomie. W Polsce podpisano porozumienie rządowe o przygotowaniu oferty na budowę wielkoskalowej elektrowni jądrowej przez firmę Westinghouse ze Stanów Zjednoczonych, ale firmy EDF z Francji i KHNP z Korei Południowej również zapowiadają złożenie ofert w tym zakresie.

Ostatni artykuł PRZYRZĄDY DOZYMETRYCZNE PRODUKOWANE DLA LUDNOŚCI PO KATASTROFIE W CZARNOBYLU napisał Łukasz Koralewski. Do czasów katastrofy w Czarnobylu praktycznie nie istniała produkcja sprzętu dozymetrycznego na potrzeby obywateli – pozostawał on wyłącznie w gestii wojska i instytucji naukowych, zwłaszcza w bloku państw komunistycznych. Dopiero po tej katastrofie nastąpił dynamiczny rozwój produkcji dozymetrów dla ludności, przede wszystkim w ZSRR i państwach powstałych po jego rozpadzie.

Pierwsze doniesienie przygotowane przez Jerzego Lipkę dotyczy POSIEDZENIA PARLAMENTARNEGO ZESPOŁU DS. KULTURY BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI. Posiedzenie odbyło się 28 stycznia 2022 r. w Sejmie pod przewodnictwem posła Krzysztofa Tudujy (Konfederacja). Powstanie Zespołu jest spełnieniem starań Obywatelskiego Ruchu na Rzecz Energetyki Jądrowej (OREJ) o doprowadzenie do sejmowej debaty z udziałem ekspertów, której celem byłoby osiągnięcie szerokiego konsensusu politycznego wokół realizacji programu budowy elektrowni jądrowych w Polsce.

Zespół autorów: Krystyna Cieśla, Wojciech Głuszewski, Marta Walo przygotował doniesienie pod tytułem: „PROMOCJA METOD RADIACYJNEJ STERYLIZACJI – KONTYNUACJA PROJEKTU CEI”.

Niedawno obchodzono jubileusz 50-lecia ARC-Nucleart. Atelier de Recherche et de Conservation ARC-Nucleart jest unikalnym na skalę światową ośrodkiem, który znajduje się w Grenoble (Francja). Naukowcy z ARC-Nucleart stosują techniki jądrowe do ochrony zabytków dziedzictwa kulturowego już od przeszło 50 lat. Promieniowanie gamma wykorzystano tutaj do konserwacji tysięcy różnych archeologicznych, historycznych i etnograficznych zabytków dziedzictwa kulturowego wykonanych z różnych materiałów. Doniesienie na temat jubileuszu ARC-Nucleart przygotowała – po polsku i po angielsku – Dagmara Chmielewska-Śmietanko.

Innym ciekawym doniesieniem z zagranicy jest informacja o tym, że SZWEDZKI RZĄD WYDAŁ ZIELONE ŚWIATŁO NA BUDOWĘ GEOLOGICZNEGO SKŁADOWISKA WYPALONEGO PALIWA. JEST TO DRUGI PO FINLANDII KRAJ NA ŚWIECIE, KTÓRY ROZPOCZYNA BUDOWĘ TAKIEJ KONSTRUKCJI.

O Wydarzeniach pisałem na początku tego tekstu, teraz rekomenduję Czytelnikom książkę, którą omawia dr Krzysztof Rzymkowski. Książka „NOWA MAPA. Jak energetyka zmienia geopolitykę”. jest solidnie udokumentowaną publikacją popularnonaukową, omawiającą niezwykle szybkie przemiany w polityce światowej powiązane ze wzrastającym równie szybko zapotrzebowaniem na energię.

Marek Bielski – tym razem – napisał felieton pod nieco tajemniczym tytułem: ZIELONE ŚWIATŁO DLA ENERGETYKI JĄDROWEJ – „EKOLOGICZNI DALTONIŚCI” W ODWRÓCIE?

Na ostatnich stronach czasopisma publikujemy wspomnienie o zmarłym prof. prof. Ludwiku Kowalskim i Kazimierzu Jeleniu.

Czytelnikom – i sobie – życzę szybkiego zakończenia wojny na Ukrainie.

Stanisław Latek,  
redaktor naczelny



# WYWIAD Z RAFAŁEM KASPRÓWEM PREZESEM ZARZĄDU SYNTHOS GREEN ENERGY S.A. SPÓŁKI Z GRUPY KAPITAŁOWEJ SYNTHOS

**ANDRZEJ MIKULSKI:** Kombinat Synthos, a właściwie spółka Synthos Green Energy (SGE) od dwóch lat zajmuje się małym reaktorem modułowym (SMR) BWRX-300 firmy General Electric Hitachi Nuclear (GEH), czy można poznać motywy dokonanego wyboru?

**RAFAŁ KASPRÓW:** Pierwszym motywem jest potrzeba dekarbonizacji wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Ale też wykorzystanie szans jakie daje pojawienie się technologii małych reaktorów modułowych. Od początku współpracy z GEH Nuclear wiemy, że mamy do czynienia ze sprawdzoną i doskonale znaną technologią reaktorów wodnych wrzających, która w wypadku ich 10-tej generacji, czyli reaktora BWRX-300, doskonale nadaje się do zastosowania w Polsce. Michał Sołowow, właściciel grupy Synthos, ale też przemysłowiec, który

zbudował kilka dużych firm i kilkanaście fabryk bardzo trafnie ocenił, że BWRX-300 ma szansę stać się wiodącą technologią w Europie Wschodniej z uwagi na obecną specyfikę rynku energetycznego obecnie.

**Jakie zasadnicze etapy pracy nad tym reaktorem zostały zrealizowane w GEH Nuclear, a jakie w Polsce w ciągu tych dwóch lat?**



Fot. 1. Rafał Kasprów, Prezes Zarządu Synthos Green Energy S.A. Spółki z Grupy Kapitałowej Synthos



Fot. 2. Zawarcie umowy dotyczącej dostaw zbiorników ciśnieniowych (RPVs) dla budowanych reaktorów BWRX-300 w Europie. Od lewej góra Ken Hartwick, prezes OPG, Todd Smith, minister energii prowincji Ontario, John MacQuarrie, prezes BWXT Canada, Jay Wileman, prezes zarządu GE Hitachi Nuclear, Rafał Kasprów, prezes Synthos Green Energy  
Photo 2. Conclusion of a contract for the supply of RPVs for fleet of BWRX-300 reactors in Europe. From left to right, top Ken Hartwick, president of OPG, Todd Smith, Ontario minister of energy, John MacQuarrie, president of BWXT Canada, Jay Wileman, president of GE Hitachi Nuclear, Rafał Kasprów, president of Synthos Green Energy

GEH rozpoczęło licencjonowanie technologii w USA. Do licencjonowania reaktora BWRX-300 na swojej lokalizacji przystąpił w maju br. Tennessee Valley Authority (TVA), jeden z największych amerykańskich dystrybutorów energii i właściciel elektrowni jądrowych. Co ważne TVA posiada jedyną lokalizację (Clinch River) licencjonowaną już dla technologii SMR w USA. Od początku roku Ontario Power Generation (OPG) prowadzi prace nad licencjonowaniem w Kanadzie, gdzie spodziewamy się złożenia w październiku całego Wstępnego Raportu Bezpieczeństwa (PSAR), raportu bezpieczeństwa. GEH Nuclear jest zaawansowany w pracach nad projektem technicznym, w którym SEG uczestniczy od półtora roku. Wspólnie z amerykańskimi i kanadyjskimi partnerami przygotowujemy się do rozpoczęcia licencjonowania w Polsce. Założyliśmy z PKN Orlen spółkę, która zajmuje się przygotowaniem lokalizacji pod pierwszy reaktor BWRX-300 w Polsce. Dzisiaj (7 marca br.) dostaliśmy na jej uruchomienie zgodę UOKiK.

**Można przeczytać w doniesieniach medialnych o szerokiej współpracy SGE z innymi firmami krajowymi i zagranicznymi, czy można uzyskać więcej szczegółów na ten temat?**

Budowa kompetencji w zakresie energetyki jądrowej wymaga współpracy z wieloma firmami, jakie mają

doświadczenie w tej technologii. Mamy dużo pokory w podejściu do projektu, bo wiemy, ile zagrożeń może pojawić się na każdym etapie. Współpracujemy z GEH Nuclear, jako dostawcą technologii. Nawiązaliśmy współpracę z Ontario Power Generation, bo chcemy wykorzystać ich doświadczenia przy budowie pierwszego obiektu (FOAK) w Kanadzie. Zawarliśmy umowę z amerykańskim TVA bo oni, podobnie zresztą jak OPG, przeprowadzili pełne licencjonowanie lokalizacji oraz prowadzą prace nad wdrożeniem technologii BWRX-300. Pewne prace związane z kwestiami inżynierskimi prowadzimy z firmą Tractabel w Belgii, która blisko pracuje z Kanadą i USA przy kwestiach „europeizacji” tej technologii. Rozpoczęliśmy też współpracę z firmą Vattenfall, która eksploatuje reaktory BWR w Szwecji. Z innych firm, których doświadczenia staraliśmy się wykorzystać to Exelon Generation, największy operator elektrowni jądrowych w USA, oraz fińska firma Fortum. Podpisaliśmy również umowę o współpracy z kanadyjskim oddziałem BWXT w zakresie zamówienia, zbiorników ciśnieniowych RPVs dla reaktorów, które będą budowane w Polsce. Bardzo wcześnie zdecydowaliśmy się też na zawarcie umowy z kanadyjską firmą CAMECO w zakresie dostaw paliwa, jak pokazuje sytuacja międzynarodowa dokonaliśmy chyba w tym zakresie prawidłowej oceny sytuacji, decydując się na Kanadyjczyków, którzy w tym celu chcą uruchomić wydobycie uranu w nowych kopalniach.

### **Jak wygląda współpraca SGE z Zespołem Elektrowni PAK, wydaje się, że tam zostanie wbudowany pierwszy reaktor BWRX-300?**

Uzyskaliśmy zgodę urzędu antymonopolowego na wspólną spółkę, która będzie mogła rozpocząć pracę nad przygotowaniem wdrożenia na terenie elektrowni węgla brunatnego w Pątnowie. Może tam stanąć nawet 6 takich reaktorów. Liczę, że prace nad badaniami środowiskowymi w tej lokalizacji mogłyby się rozpocząć w przyszłym roku.

### **Czy wiadomo, kiedy można spodziewać się uzyskania zezwolenia na budowę reaktora BWRX-300 zarówno w USA, jak i w Kanadzie?**

Zgodnie z harmonogramem dla firmy OPG w lokalizacji Darlington pozwolenie może zostać wydane pod koniec 2024 r., a firma TVA na swojej lokalizacji w Clinch River może takie pozwolenie otrzymać w podobnym czasie. OPG podaje oficjalnie, że chcą mieć, zamknięcie fazy inwestycji i dostarczać energię do sieci, w 2028 r. W USA potrwa ten proces dwa lata dłużej, ale tak też jest planowany ten projekt w USA, z pewnym opóźnieniem w stosunku do Kanady. Zresztą podobnie jak w Polsce.

### **Czy konwencja z Espoo o procedurze uzgodnień transgranicznych ma zastosowanie przy budowie tego reaktora, a jeśli tak, to czy rozpoczęto już lub kiedy rozpoczną się prace nad przygotowaniem odpowiednich dokumentów?**

Oczywiście. Konsultacje transgraniczne będą musiały być przeprowadzone również przy technologii SMR. Liczę, że Karta Informacyjna Projektu, pozwalająca na ich rozpoczęcie, mogłaby pojawić się jeszcze w tym roku, co pozwoliłoby przeprowadzić je w 2023 r. Prace nad przygotowaniem dokumentacji w tym zakresie już się rozpoczęły, ale stroną, która złoży taki wniosek będzie wspólna spółka z PKN Orlen.

### **Dosyć dawno można było dowiedzieć się z mediów, że SGE złożył zapytanie do Państwowej Agencji Atomistyki o określenie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o zezwolenie, jakie są dalsze losy tego postępowania?**

Tak, wspomagała nas przy tym fińska firma Fortum. Ustaliliśmy zakres niezbędnej dokumentacji dla PAA przy wniosku o „Opinię ogólną dotyczącą technologii i organizacji”. To bardzo wczesny etap konsultacji, poprzedzający nawet procedurę przedlicencyjną w innych urzędach dozoru jądrowego. Obecnie trwają prace nad nowelizacją Prawa atomowego obejmującą w swym zakresie również ten etap postępowania i do czasu ich zakończenia raczej nie przewidujemy możliwości wystąpienia do dozoru z takim wnioskiem. Nie chcemy rozpoczynać licencjonowania w momencie zmiany prawa w tym zakresie, co z pozycji inwestora mam nadzieję, że jest zrozumiałe. Natomiast, kiedy będzie znany finalny zakres zmian w prawie mam przekonanie, że będziemy gotowi do tego, aby działać w miarę szybko, bo już obecnie pracujemy nad tym.

### **Jakich działań oczekuje SGE od czynników rządowych w sprawie budowy reaktorów SMR?**

Skala wyzwań stojących przed polską energetyką, ciepłownictwem i potrzebami przemysłu jest ogromna. Tylko współpraca państwa i prywatnych inwestorów może doprowadzić do sprostania tym wyzwaniom. To, czego oczekujemy to normalna współpraca, której celem będzie zbudowanie szeregu reaktorów SMR w Polsce.

### **Jakie jest zdanie SGE w odniesieniu zainteresowania KGHM innym reaktorem z klasy SMR?**

Kanada ogłosiła harmonogram prac („road map”) dla reaktorów SMR 3 lata temu. Ontario Power Generation przeprowadziło transparentną i profesjonalną procedurę wyboru technologii dla Kanady w ramach której





**Fot. 3.** Zespół Synthos Green Energy po ukończeniu pierwszego szkolenia w zakresie konstrukcji reaktora BWRX-300, Kalifornia 2021 (fot. Rafał Kasprów)  
**Photo 3.** The Synthos Green Energy team after completing the first training on the BWRX-300 reactor, California 2021 (photo: Rafał Kasprów)

zweryfikowano kilkadziesiąt dostępnych technologii reaktorów SMR. Pracowała tam nad odpowiednim wyborem reaktora grupa kilkadziesiątu osób analizując projekty na każdym etapie, nie tylko pod kontem licencjonowania, ale też kosztów związanych z budową. Każdy ma świadomość opóźnień i wzrostu kosztów przy projektach jądrowych, dlatego takie znaczenie ma oparcie się o sprawdzonego dostawcę technologii, który ma doświadczenie w tej branży. Na liście projektów, które poddawano bardzo zaawansowanym analizom znalazły się trzy technologie. Nie było wśród nich NuScale. Ostatecznie grono inżynierów z OPG zdecydowało się postawić na firmę GEH Nuclear, która oferuje sprawdzoną technologię, w jakiej obecnie pracuje na świecie 61 reaktorów, a w tym konkretnie przypadku zmniejszono generowaną moc dokonując tzw. „down-sizing” oraz uproszczono konstrukcję eliminując pompy obiegowe. Podobnie jest z amerykańską firmą TVA, która postawiła na reaktor BWRX-300. Taki też był wybór Synthos Green Energy. My od początku wiedzieliśmy, że w zakresie ryzyka projektowego i konstrukcyjnego nie możemy opierać się na firmie, która nigdy nie zrealizowała jeszcze żadnego projektu. To absolutna podstawa żeby móc zapewnić sukces naszemu projektowi.

**Jakie są plany działania SGE na 2022 rok i dalsze lata samemu oraz wspólnie z grupą ORLEN i ZE PAK?**

Rozpoczęcie działań spółek celowych z naszymi partnerami PKN Orlen i ZE PAK, dokonanie przeglądu lokalizacji, współpraca z OPG, GEH i TVA nad wykorzystaniem ich doświadczeń licencyjnych i zaadaptowanie kanadyjskiego Wstępnego Raportu Bezpieczeństwa (PSAR) na potrzeby procesu licencyjnego w Polsce oraz rozpoczęcie przygotowań do badań środowiskowych. Przede wszystkim dalsza budowa kompetencji w zakresie realizacji projektu na poziomie wykonawczym, aby maksymalnie wyeliminować ryzyko opóźnień, ale też zapewnić prawidłowy łańcuch dostaw, co ma znaczenie nie tylko z powodów lokalnego systemu, ale przede wszystkim jest obecnie realnym wyzwaniem dla globalnej gospodarki. Wiele osób było zaskoczonych np. naszą współpracą z BWXT w sprawie zbiorników ciśnieniowych już teraz, ale to tylko pokazuje jak daleko patrzymy w przyszłość, jeśli chodzi o zapewnienie kluczowych elementów konstrukcyjnych. Tu nie ma miejsca na improwizację.

*Rafał Kasprów,  
Prezes Zarządu Synthos Green Energy S.A.  
Spółki z Grupy Kapitałowej Synthos*

Wywiad przeprowadził w dniu 7 marca 2022 r.  
dr Andrzej Mikulski, Polskie Towarzystwo Nukleoniczne

# ANTY-ATOMOWE PODEJŚCIE OBECNEGO POKOLENIA RZĄDZĄCYCH W NIEMCZECH – PRÓBA WYJAŚNIENIA

## *Anti-nuclear attitude of present generation of German rulers- attempt of explanation*

Andrzej Strupczewski

**Streszczenie:** Geneza nastawienia antynuklearnego w Niemczech sięga lat 70., gdy przez środek Niemiec przebiegała granica obstawiona z obu stron bronią jądrową, a dzieci słuchały bajek o strasznych skutkach skażeń radioaktywnych i awarii jądrowych. Dorastająca młodzież w Niemczech uczyła się strachu wobec energii jądrowej z antynuklearnej propagandy wspieranej przez wielki przemysł paliw kopalnych w USA i w Niemczech. Walka polityczna między partiami w Niemczech o bardzo wyrównanej liczbie głosów doprowadziła do tego, że w skład rządu weszła partia Zielonych, zwalczająca energetykę jądrową, a media nagłaśniające awarię w Fukushimie przeważały szalę na korzyść partii antynuklearnych. Odnawialne źródła energii miały być tanie i czyste – w rzeczywistości dane z całej Europy pokazują, że nie dają one stabilnego zasilania w energię elektryczną, wymagają ogromnych subsydiów, mają niskie współczynniki wykorzystania mocy zainstalowanej, a luki podażowe wymagają wsparcia ze strony sterowalnych źródeł energii. Zużycie materiału na wiatraki i zapotrzebowanie terenu jest wielokrotnie większe niż na elektrownie jądrowe, ceny prądu w Niemczech są najwyższe w Europie, a emisje CO<sub>2</sub> są dużo większe niż we Francji, opierającej swoją energetykę na elektrowniach jądrowych. Specjaliści niemieccy krytykują Energiewende – ale rząd nie zmienia swojej polityki.

**Abstract:** The roots of present antinuclear attitude in Germany were created in the seventies, when the boundary full of nuclear weapons ran through the middle of Germany and German children were listening to the tales of fearful hazards of radioactive contamination. Teenagers learned to hate nuclear power reading antinuclear books and papers financed in the USA and in Germany by big fossil companies. Then the political competition between two great parties of the same number of supporters resulted in introduction into the government of small minority party of Greens, basing their program on fight against nuclear power. The catastrophe in Fukushima presented by the media as the result of nuclear accident turned the public opinion against nuclear power.

Renewable energy sources were claimed to be as clean and cheap. In reality the data from all Europe show that wind and sun cannot provide stable electrical power supply, require very large subsidies, have low coefficients of utilization of installed power, and require support from dispatchable energy sources to cover periods of no electricity generation from wind and sun installations. The needs of materials and terrain are many time larger than for nuclear power, the electricity prices are the highest in Europe and the emissions of CO<sub>2</sub> are many times higher than in France, which has based its power industry on nuclear sources. German experts criticize Energiewende policy – but the government does not change its strategy.

**Słowa kluczowe:** Transformacja energetyczna Energiewende, propaganda antynuklearna, nierównomierność produkcji z OZE, zapotrzebowanie materiału i terenu na wiatraki, subsydia dla OZE w Niemczech, emisje CO<sub>2</sub> w Niemczech i Francji, krytyka OZE przez ekspertów niemieckich

**Keywords:** Energiewende, anti-nuclear propaganda, fluctuations of production from renewables, material and space needs of renewables, subsidies for Energiewende, CO<sub>2</sub> emissions in Germany and in France, criticism of Energiewende by German experts

*Aby osiągnąć prawdziwy pokój na świecie  
musimy zacząć od dzieci*

Mahatma Gandhi

### 1. Jak w przeszłości straszono młode pokolenie energetyką jądrową

Jest w Niemczech wieczór, pora do snu, więc rodzice czytają małej Niemce książeczkę o zabawnym czerwono-zielonym smoku znanym z wcześniejszej książki tej samej autorki. Ale dziś grozi mu straszne niebezpieczeństwo, bo ciepła woda wypełniająca staw, w którym smok i jego przyjaciele lubią się kąpać, została skażona

ściekami radioaktywnymi z chłodni w sąsiedniej elektrowni jądrowej. Na szczęście mądra żaba ostrzega smoka w porę<sup>1</sup>. Ale co będzie z ludźmi takimi jak słuchające dziecko? Czy posłuchają ostrzeżenia autora tej książki i odrzucają energię jądrową?

Ostrzeżenia przed energią jądrową były żywo przyjmowane w Niemczech w latach 70., gdy dziesiątki głowic jądrowych rozmieszczono po obu stronach granicy między RFN i NRD. Niemcy i ich dzieci żyli z codzienną świadomością, że broń jądrowa i elektrownie jądrowe są obok nich. Ta świadomość znalazła odzwierciedlenie w książkach dla dzieci, nawet w obrazkowych książeczkach

<sup>1</sup> <https://www.amazon.de/Das-Drachenbuch-Walter-Schm%C3%B6gner/dp/3701720150>

kach dla przedszkolaków, a także w poezji i prozie dla starszych dzieci. Wprawdzie zagrożenie radioaktywne ze strony elektrowni jądrowych nie istniało, ale ostrzeżenie przed nimi stało się prawdziwą misją dla szeregu autorów książek dla dzieci w Niemczech.



**Rys. 1.** Strona tytułowa z książeczki dla dzieci w Niemczech  
**Fig.1.** Cover page of booklet for children in Germany raising fear of nuclear contamination

Tradycyjnie głównym źródłem energii w Niemczech był węgiel wydobywany w Zagłębiu Ruhry. Jednakże związane z nim zanieczyszczenie środowiska budziło obawy, bo spalanie węgla brunatnego powoduje gęsty dym. Energia jądrowa wydawała się początkowo świetnym rozwiązaniem dla energetyki w Niemczech, bo elektrownie jądrowe pozwalały oczekiwać wytwarzania wielkich ilości energii po rozsądnych kosztach, bez zanieczyszczania środowiska i bez wyczerpywania zasobów naturalnych Ziemi. W stosunkowo krótkim czasie powstawały elektrownie jądrowe wszędzie tam, gdzie była woda dla ich chłodzenia.

Ale jednocześnie rosła krytyka energii jądrowej. Awaria w Czarnobylu uświadomiła Niemcom zagrożenia od elektrowni jądrowych, chociaż reaktor RBMK, który uległ tam awarii, był zupełnie odmienny od reaktorów niemieckich i nie mógłby być licencjonowany w Niemczech. Ale o tym piszący książki dla dzieci nie chcieli myśleć.

Energia jądrowa była skutecznym postrachem czytelników, począwszy od bajek o smoku dla przedszkolaków aż do powieści dla młodzieży, np. „Chmura”, w której autorka Gudrun Pausewang opisuje losy dziewczynki, której rodzice zginęli w fikcyjnej katastrofie jądrowej. Książkę tę wiele szkół wprowadziło na listę lektur obowiązkowych dla klas maturalnych i stała się ona obowiązkową lekturą dla działaczy antynuklearnych.<sup>2</sup> Takich książek było wiele. W książce „Państwo Nuklearne” (The Nuclear State)<sup>3</sup> Jungk określa wybór,

<sup>2</sup> <https://www.dw.com/en/anti-nuclear-author-gudrun-pausewang-dies/a-52140057>

<sup>3</sup> <https://www.amazon.com/Nuclear-State-Robert-Jungk/dp/B002J70MVK>

którego ma dokonać społeczeństwo, jako dwie drogi: „twardą” drogę z „przyszłością plutonową” wymagającą koncentracji władzy i silnego państwa, której przeciwieństwem jest „miękką” lub „delikatną” drogą z inicjatywami obywatelskimi prowadzącą do „umiarkowania, sprawiedliwości, współżycia z naturą, umiłowania piękna, akceptacji uczuć, współdziałania społeczeństwa w zarządzaniu i uwolnienia marzeń”.

Cała ta literatura odnosi się tylko do idei i ruchów politycznych, emocjonalnych i społecznych. Ignoruje ona zupełnie korzyści i szkody dla ludzkości, tak zresztą, jak ignorowały je kompletnie ruchy młodzieżowe dominujące w latach 70.

Podobne koncepcje przedstawiał w USA Amory Lovins, któremu nie udało się ukończyć studiów i stał się prorokiem ruchu antynuklearnego. W Niemczech, cierpiących jeszcze psychicznie wskutek przegranej wojny i dominacji nuklearnej Anglosasów, wezwania pisarzy antynuklearnych padły na żyzną glebę. Podchwyciły je lewicowe organizacje terrorystyczne, jak Grupa Baader Meinhof lub Rot Armee Fraction (RAF)<sup>4</sup>. Silne wsparcie organizacji czerpiących zyski ze sprzedaży ropy naftowej i dążących do zahamowania wzrostu energetyki jądrowej w Niemczech i na świecie przyczyniło się do powodzenia działań antynuklearnych i ugruntowania nastawienia wrogiego wobec energii jądrowej wśród dwóch kolejnych pokoleń Niemców.

Znana fundacja dobroczynna przemysłu naftowego, Rockefeller Foundation (RF) zaczęła w latach 50. finansować US National Academy of Sciences (NAS) dla zbadania skutków zdrowotnych narażenia na promieniowanie po testach broni jądrowej<sup>5</sup>. W czerwcu 1956 r. NAS opublikowała raport o wpływie promieniowania na dziedzictwo genetyczne człowieka<sup>6</sup> i zaleciła, by do oceny liczby mutacji genetycznych powstających wskutek promieniowania stosowano model liniowy bezprogowy (LNT). Zalecenie to było kontrowersyjne, ponieważ oparto je na błędnych badaniach muszki owocówki. Wnioski z tych badań były sprzeczne z 10-letnimi badaniami 75000 dzieci i dorosłych, którzy przeżyli bombardowanie w Hiroszynie i Nagasaki. Badania tych dzieci nie wykazały żadnych skutków dziedzicznych promieniowania<sup>7</sup>. Jednakże wpływy przemysłu naftowego były tak silne, że NAS zdecydowała się nie uwzględniać tych kluczowych wyników uży-

<sup>4</sup> <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Baader-Meinhof-Grupa;3872966.html>

<sup>5</sup> Calabrese, EJ. The linear No-Threshold (LNT) dose response model: A comprehensive assessment of its historical and scientific foundations. Chem Biol Interact. 2019;301:6-25.

<sup>6</sup> National Academy of Sciences (NAS)/National Research Council (NRC). The biological effects of atomic radiation (BEAR): a report to the public. NAS/NRC, Washington published as, Genetic effects of atomic radiation. Science 1956;124:1157-1164. Google Scholar | Medline

<sup>7</sup> Neel, JV, Schull, WJ The effects of exposure to the atomic bombs on pregnancy termination in Hiroshima and Nagasaki, Vol. 461. Washington, DC: National Academies Press; 1956. Google Scholar



skanych dla dużej populacji ludzkiej. Przeciwnie, jeden z kluczowych członków zarządu Fundacji Rockefellera był wtedy wydawcą dziennika New York Times. W dniu 13 czerwca 1956 r. zamieszczono w NYT kilka artykułów, które omawiały raport o genetycznych skutkach promieniowania, a na pierwszej stronie, w najbardziej rzucającej się w oczy kolumnie, umieszczono napis powtarzany później przez wiele mniejszych dzienników: „Naukowcy określają promieniowane jako zagrożenie dla przyszłości ludzkości”. Obok widzimy reprodukcję tego tytułu – z uwagą umieszczoną przez Stowarzyszenie Naukowców dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu SARI<sup>8</sup>, że ogłoszenie to zostało w 100% opłacone przez rodziny potentatów energetyki opartej o paliwa kopalne.

I tak, z pozoru czysto naukowe zalecenie raportu NAS okazało się niestychanie ważne dla przyszłości energetyki. Posiało ono lęk przed wszelkimi dawkami promieniowania, nawet najmniejszymi, ponieważ według modelu LNT każde napromieniowanie może powodować ujemne skutki zdrowotne. Ten lęk przed promieniowaniem doprowadził w USA do wprowadzenia setek przepisów utrudniających budowę, eksploatację i likwidację elektrowni jądrowych i oczywiście znacznie zwiększających ich koszty. Przemysł oparty o paliwa kopalne stał się konkurencyjny. Takie było podłoże wpajania lęku przed energetyką jądrową w USA. W Niemczech lęk był mocniejszy – a do tego dochodziła świadomość, że i broń jądrowa i elektrownie jądrowe zostały wprowadzone przez mocarstwo, które zwyciężyło w wojnie z III Rzeszą Niemiecką.

## SCIENTISTS TERM RADIATION A PERIL TO FUTURE OF MAN

Note: 100 % Funded by Fossil Fuel Family Foundation

Rys. 2. Tytuł z New York Times 13 czerwca 1956 r.

Fig. 2. New York Times title June 13, 1956.

Dzisiejsze decyzje Niemców i ich politycznych liderów są oparte na uczuciach wpojonych im w młodości przez bajki i powieści. Jak pisał Mahatma Ghandi, prawdziwe fakty trzeba wpajać w mózgi dzieci, gdy są one jeszcze w szkole.

Te lęki stworzyły dobrą kanwę dla propagandy partii Zielonych, stawiającej sobie za cel uzyskanie finan-

sowania i poparcia społecznego przez straszenie ludzi energetyką jądrową. Podobnie było w Polsce, – gdy podczas jednego z wywiadów radiowych w czasach walki o Żarnowiec pani redaktor spytała działacza antynuklearnego, jak dostaje podpisy pod apelami o przerwaniu budowy, odpowiedział bez żadnych wahań: „O, to bardzo łatwe. Dzwonię do mieszkania koło południa, gdy mężczyźni są w pracy i pytam pani domu, czy w jej rodzinie ktoś umarł na raka. A gdy odpowiada „Tak”, to mówię „Widzi Pani, a teraz budują elektrownię jądrową, a promieniowanie to nowe choroby na raka! Niech Pani podpisze protest!” – i pani podpisuje”.

Strach jest silniejszy od argumentów rzeczowych. Na próżno przekonywałem wielokrotnie, że wokół elektrowni jądrowych nie ma wcale wzrostu zachorowań na raka, na próżno wykazywałem, że dawki promieniowania z elektrowni są mniejsze od naturalnych wahań poziomu promieniowania między miastami w Polsce. Strach pozostawał.

## 2. Jak polityka zadecydowała o losach energetyki w Niemczech

W Niemczech w końcu XX wieku doszło do władzy pokolenie wychowane na książkach o smokach, którym grozi śmierć wskutek skażenia radioaktywnej wody i o dzieciach, które tracą ojca, matkę i dom wskutek awarii jądrowej. Partia Zielonych zwalczająca energetykę jądrową z początku miała nikły ułamek głosów, ale w sytuacji równowagi między socjalistyczną SPD i konserwatywną CDU doszła do udziału w rządzie poprzez koalicję z SPD. Pani Angela Merkel, stojąca na czele CDU, piętnowała na zjeździe swojej partii politykę zamykania elektrowni jądrowych propagowaną przez rząd SPD i Zielonych i gdy przejęła władzę próbowała ją odwrócić.

W 2008 r. pani Angela Merkel – jeszcze przed uzyskaniem przez jej partię większości w parlamencie – oświadczyła, że podjęta przez rząd SPD/Zieloni decyzja o wycofaniu się z energetyki jądrowej była „absolutnym błędem”<sup>9</sup>. Nowy rząd CDU/CSU-FDP, który objął rządy w 2009 r. zdecydował we wrześniu 2010 r., że **elektrownie jądrowe nie zostaną zlikwidowane**. Miały one przetrwać co najmniej 40 lat, tj. okres projektowy (na razie bez budowy nowych EJ). Powodem była świadomość, że **OZE nie wystarczą, podnoszą ceny energii elektrycznej** i nie zredukują zbyt szybko emisji CO<sub>2</sub>. Subsydia rządowe dla energii słonecznej w Niemczech oznaczały, że deweloperzy paneli słonecznych otrzymywali za energię elektryczną 320 euro/MWh<sup>10</sup>. Było to wielkie obciążenie dla budżetu państwa. Wobec tego, że elektrownie jądrowe produkują energią tanio,

<sup>9</sup> [https://www.world-nuclear-news.org/NP\\_Merkel\\_Nuclear\\_phase\\_out\\_is\\_wrong\\_1006081.html](https://www.world-nuclear-news.org/NP_Merkel_Nuclear_phase_out_is_wrong_1006081.html)

<sup>10</sup> Germany reduces solar subsidy [http://www.renewableenergyfocus.com/view/7865/germany-reduces-solar-subsidy/09 March 2010](http://www.renewableenergyfocus.com/view/7865/germany-reduces-solar-subsidy/09%20March%202010)

<sup>8</sup> Rod Adams, 08.12.2021, Nasty anti-nuclear politics, atomicrod59@gmail.com, sari-list@googlegroups.com

aby sfinansować rozwój OZE<sup>11</sup> rząd niemiecki postanowił narzucić im płacenie dodatkowych opłat wynoszących ok. 4,8 mld euro rocznie. Znaczna część tych opłat była przekazywana na OZE, które są bardzo deficytowe i wymagały stałych subwencji. Gdyby Niemcy miały zamknąć elektrownie jądrowe a rozwijać bez nich OZE, to spowodowałoby to drastyczny dwucyfrowy wzrost kosztów energii.<sup>12</sup> Jak stwierdził raport **Deutsche Bank** (styczeń 2007): *likwidacja elektrowni jądrowych spowoduje wzrost cen energii, przerwy w dostawach prądu, wzrost emisji CO<sub>2</sub> i uzależnienie od rosyjskiego gazu.*

Ale w 2011 r. nastąpiła awaria elektrowni jądrowej w Fukushima. Chociaż była ona skutkiem największego w historii Japonii trzęsienia ziemi i tsunami, które nie występują i są fizycznie niemożliwe w rejonie niemieckich elektrowni jądrowych, organizacje antynuklearne i media wykorzystały doniesienia o tysiącach ofiar trzęsienia ziemi i tsunami – niespowodowanych przez elektrownię jądrową – by wykorzystać strachy przed promieniowaniem wzbudzone w sercach Niemców w latach ich dzieciństwa. Strach – chociaż nieuzasadniony, bo niemieckie elektrownie jądrowe były i są bezpieczne – odniósł skutek. Tysiące Niemców wyszły na ulice, by manifestować poparcie dla Zielonych i żądać zamknięcia elektrowni jądrowych. Pani kanclerz Merkel uznała, że grozi jej utrata władzy – i podjęła decyzję o wycofaniu się **Niemiec z energetyki jądrowej do 2022 r. Miejsce elektrowni jądrowych miały zająć** odnawialne źródła energii OZE. Zdaniem ekspertów w dziedzinie energetyki był to karkołomny plan: zastąpić tanie, niezawodne i bezpieczne źródło energii źródłami drogimi, zawodnymi, o przerywanej generacji<sup>13</sup>. Ale względy polityczne przeważyły – a dla dodania powagi decyzjom rządu, pani kanclerz Merkel powołała „Komisję ekspertów”, w której znaleźli się politycy, działacze społeczni, a nawet duchowni – ale nie było żadnego eksperta energetycznego. Komisja ta poparła rządowy plan transformacji energetycznej „Energie-wende”, zapisany w ustawie o odnawialnych źródłach energii – Erneubare Energien Gesetz – EEG.

Niestety rzeczywistość wkrótce potwierdziła pierwotne obawy pani kanclerz Merkel o kosztach i trudnościach związanych z wdrażaniem OZE na wielką skalę. Kiedy na początku „rewolucji energetycznej” lobbyści „zielonej” energii zaczęli przekonywać społeczeństwo, roztaczali oni kuszącą wizję: prąd będzie tani, bo przecież słońce świeci za darmo i wiatr wieje nie żądając opłat, a sieć nie będzie potrzebna, bo każdy będzie miał własne źródło energii elektrycznej przy swoim domu. Nic dziwnego, że przeciętny Niemiec akceptował

taką wizję i chętnie zgadzał się, by OZE dostawały subwencje – oczywiście nie z jego kieszeni, lecz ze skarbu państwa, którego zwykle nie utożsamia się z kieszenią płacącego podatki obywatela. Zieloni lobbyści – nawet zajmując stanowiska ministrów w rządzie Niemiec<sup>14</sup> – obiecywali, że koszty OZE będą szybko malały, że panele słoneczne są już konkurencyjne, że wiatraki na łądzie dają energię taniej niż elektrownie jądrowe – a jeśli jeszcze nie dają, to zaraz będą dawały... Wtórowali im niektórzy profesorowie, głosząc ładne slogany o „inteligentnej sieci” i o „społeczeństwie wiedzy”, które będzie wykorzystywać prąd wtedy, gdy wieje wiatr i świeci słońce, unikając przepływów prądu przez sieć i świadomie dopasowując swoje życie do zmian siły wiatru.

Lider partii zielonych, Jürgen Trittin obiecywał w 2004 r., że obciążenie domowego gospodarstwa niemieckiego subwencjami na OZE wyniesie 1 euro miesięcznie – tyle ile kosztuje porcja lodów<sup>15</sup>. W rzeczywistości, subwencje na OZE szybko rosły. Jeszcze za rządów następnego aktywisty OZE pana Sigmara Gabriela jego ministerstwo środowiska mówiło politykom, że koszty subsydiów na panele słoneczne nie przekroczą 3 euro na miesiąc, czyli miało to być w skali kraju nie więcej niż miliard euro rocznie. Ale już w latach 2009-2010 łączne dopłaty do energii wiatrowej i słonecznej były w przedziale 8-10 mld euro rocznie, w 2011 r. wzrosły do 13,5 a w 2012 r. do 14,1 mld euro rocznie.

Dnia 23 października 2012 r. Niemcy dowiedzieli się, że zamiast obiecywanej na 2013 rok redukcji subwencji na OZE, wielkość jej wzrośnie o ponad 50% i osiągnie gigantyczną sumę **20 mld euro rocznie**.<sup>16</sup> Tak, 20 000 000 000 euro rocznie, i to tylko na subwencje, a więc na opłaty dodatkowe, nie licząc normalnego kosztu energii. Dla porównania warto przypomnieć, że cały deficyt budżetowy Polski w 2013 r. wynosił 32 mld zł, czyli poniżej 8 mld euro. A w następnych latach niemieckie subwencje na OZE dalej rosły... Zobowiązania rządu niemieckiego wobec samych deweloperów paneli słonecznych wyniosły w 2013 r. 110 mld euro, płatnych przez następne 20 lat. Sformułowanie „zobowiązania rządu” jest niezupełnie ścisłe, bo wprawdzie to rząd zagwarantował takie sumy dla zielonych deweloperów, ale płacić je muszą wszyscy obywatele Niemiec! W jednym tylko roku wielkość subwencji była tak wysoka, że można by za nie wybudować 4 lub 5 elektrowni jądrowych o mocy po 1000 MWe każda i te elektrownie dawałyby tani prąd. Przyznał to sam rząd niemiecki obkładając specjalnym podatkiem energetykę jądrową, tak by zmniejszyć jej zyski i przekazać ich

<sup>11</sup> Merkel zapowiada rewolucję energetyczną – 4,8 mld euro rocznie od EJ, PAP - 06-09-2010 15:20

<sup>12</sup> Niemcy zastanawiają się co zrobić z atomówkami i OZE, wnp.pl (Dariusz Malinowski) - 24-08-2010 13:48

<sup>13</sup> Germany's Energiewende A disaster in the making, Fritz Vahrenholt, The Global Warming Policy Foundation, G/WPF Briefing 25, 2017

<sup>14</sup> Die krassen Fehlprognosen beim Ökostrom Die Welt, 20 October 2012.

<sup>15</sup> the cost for the growth of wind energy including the balancing and reserve energy as little more than 1 euro per month for the average household". <https://www.bmu.de/en/pressrelease/juergen-trittin-pessimism-about-expansion-of-wind-power-has-no-factual-basis/>

<sup>16</sup> [http://energetyka.wnp.pl/szok-w-niemczech-w-zwiazku-z-kosztami-zielonej-energii,182208\\_1\\_0\\_0.html](http://energetyka.wnp.pl/szok-w-niemczech-w-zwiazku-z-kosztami-zielonej-energii,182208_1_0_0.html)

część na potrzeby deficytowych OZE. Deficytowych – bo niestety wypłacenie 20 mld euro dla OZE w 2013 r. nic nie zmieniło, trzeba było dalej dopłacać, a wiatraki i panele słoneczne dalej dawały drogi prąd. W 2016 r. the Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE) określił całkowite koszty transformacji, do 2025 r. jako równe 520 mld euro. Czy myślisz Drogi Czytelniku, że była to ocena przesadzona? Bynajmniej, w 2019 r. Institute for Economic Research w Monachium policzył koszty elementów technicznych i infrastruktury potrzebnych do osiągnięcia celów klimatycznych transformacji energetycznej. Uwzględniono koszty inwestycyjne, importowanego paliwa, maszyn i systemów potrzebnych do utrzymania i eksploatacji oraz koszty paliwa przy różnych wariantach rozwoju energetyki. Okazało się, że różnica między scenariuszem transformacji energetycznej a utrzymaniem istniejącego stanu zaopatrzenia Niemiec w energię elektryczną do 2050 r. wyniesie od 500 do 3000 mld euro. W czerwcu 2021 r., gdy wysokość rocznych subwencji dla OZE w Niemczech przekroczyła 31 mld euro (rocznie!) Niemcy zapytywali z gorzką ironią, ile też kosztuje teraz według Zielonych porcja lodów<sup>17</sup>. A subwencje rosną nadal. Ceny prądu rosną też, jak widać na załączonym wykresie.

W 2021 r. obliczony udział do pokrycia w kosztach Energiewende po uwzględnieniu produkcji z odnawialnych źródeł energii i oczekiwanego zużycia prądu wyniósł 33,1 mld euro. Zdając sobie sprawę, że cena energii elektrycznej płacona przez gospodarstwa domowe

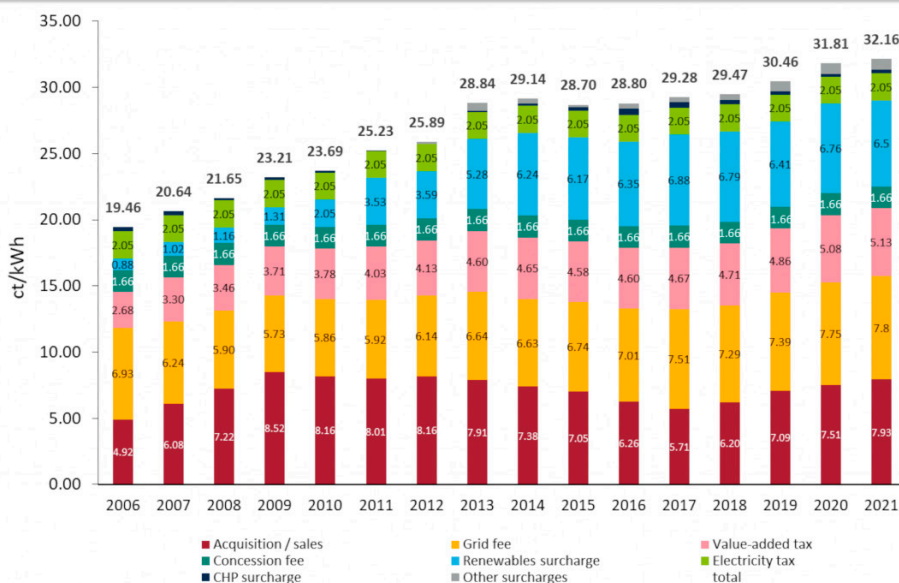
już jest najwyższa w Europie, rząd niemiecki zdecydował się wpłacić ze skarbu państwa na Energiewende 10,8 mld euro, by obniżyć koszty energii elektrycznej płacone przez odbiorców. Dzięki temu koszty płacone przez odbiorców indywidualnych zmniejszyły się o 3,2 ct/kWh<sup>18</sup> do poziomu 32,16 ct/kWh (w dalszym ciągu najwyższe w Europie). Oczywiście, koszty Energiewende przez to się nie zmniejszyły, muszą one nadal być płacone przez mieszkańców Niemiec, ale teraz płacą oni część, jako opłatę za energię elektryczną, a część – jako podatnicy, który przekazują pieniądze do skarbu państwa i nie widzą bezpośrednio pełnego kosztu Energiewende. To pozwala także na pokazywanie tej obniżonej ceny w zestawieniach cen energii elektrycznej prowadzonych przez Eurostat.

A jak wygląda obietnica źródeł prądu w każdym domu, bez pośrednictwa sieci? W praktyce to nie biogazownie i biomasa dominują wśród OZE, lecz wiatraki i panele słoneczne. Fatalnych skutków dla sieci nie dało się dłużej zatajać. Niemcy zainstalowali farmy wiatrowe o łącznej mocy 56,5 GW na lądzie i 7,8 GW w morskich farmach wiatrowych. Większość z nich znajduje się na północy kraju, a pochodząca z nich energia ma trafiać do wysoko uprzemysłowionych południowych landów. Aby tak się stało, potrzeba wybudować ok. **4 tys. km nowych** sieci przesyłowych i zmodernizować ponad 3000 km sieci istniejących. Ta rozbudowa sieci idzie bardzo wolno. Ponieważ systemy energetyczne Niemiec, Polski i Czech są ze sobą połączone, nadwyżki niemieck-

### Composition of average power price in ct/kWh for a German household using 3,500 kWh per year, 2006 - 2021.

Data: BDEW November 2021.

CLEAN  
ENERGY  
WIRE



CC BY SA 4.0

**Rys. 3.** Cena energii elektrycznej płacona przez odbiorców indywidualnych w Niemczech w latach 2006-2021 Źródło : <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/what-german-households-pay-power>

**Fig. 3.** Electricity price paid by households in Germany since 2006 till 2021 Source: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/what-german-households-pay-power>

<sup>17</sup> <https://debate.energy/en/a/a-scoop-of-ice-cream-for-42-euros/>

<sup>18</sup> 20101015 Pressemitteilung\_EEG-Umlage 2021.pdf



kiej energii krążą również w sieciach sąsiadów. A te nie są w stanie wytrzymać takiego przeciążenia.

Problem nasila się zwłaszcza w miesiącach zimowych. Prąd wyprodukowany w niemieckich farmach wiatrowych mocno zaburza funkcjonowanie polskich sieci energetycznych, a w Czechach doprowadza do destabilizacji sieci. Rozwiązanie tego problemu jest bardzo kosztowne.

Według oświadczenia czterech wielkich firm niemieckich będących operatorami sieci, rozbudowa sieci w samych Niemczech zgodnie z potrzebami OZE będzie kosztować przynajmniej 32 mld euro.<sup>19</sup>

Życie pokazało, że taka koncepcja gigantycznej sieci OZE nie może być zrealizowana.

### 3. Czemu koszty transformacji energetycznej są tak wysokie?

Elektrownie z odnawialnymi źródłami energii korzystają z energii rozproszonej i dostarczanej nieregularnie, zależne od pogody, pory roku i dnia. Nie można

na nie liczyć, jako na niezawodne źródło energii. Choć zwolennicy OZE twierdzą, że „zawsze gdzieś wieje wiatr” w rzeczywistości to „gdzieś” może być bardzo daleko, nawet na innym kontynencie.

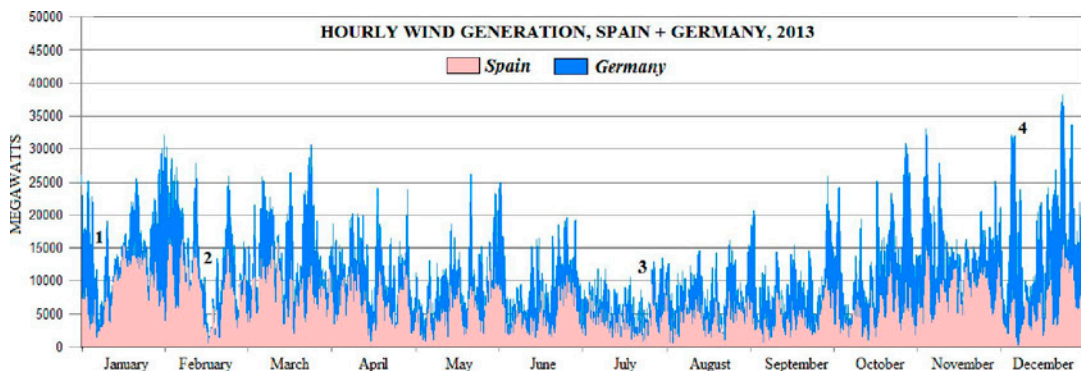
Pokazuje to wykres na rys. 4.

Mimo dużego oddalenia, szczyty i doliny generacji występują w obu krajach jednocześnie. Dodanie trzeciego kraju oddalonego i od Niemiec i od Hiszpanii, to jest Wielkiej Brytanii, także nie zapewnia wyrównania generacji energii elektrycznej z farm wiatrowych (rys. 5).

Spadki mocy wiatru występują jednocześnie we wszystkich krajach.

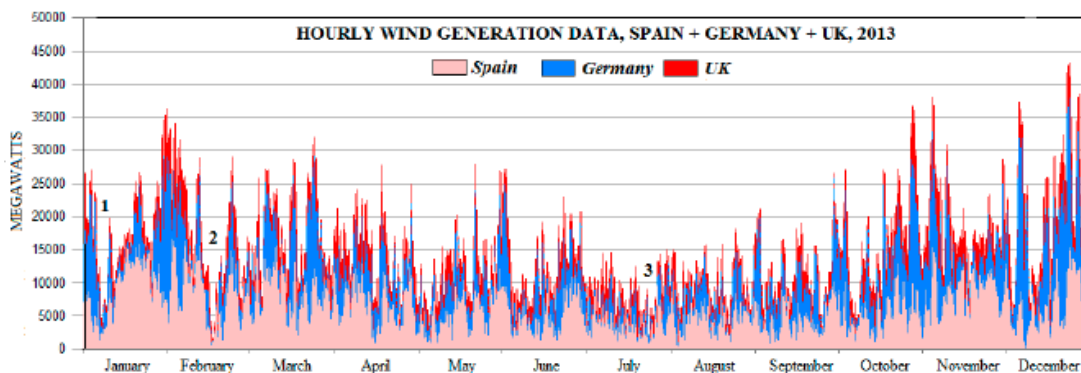
A jeśli potraktujemy całą Europę, jako jeden wielki organizm, od Finlandii do Hiszpanii, czy to zapewni wyrównywanie szczytów i dolin generacji wiatrowej występujących w Niemczech? Popatrzmy na rys. 6, na którym przedstawiono wahania mocy wiatru w Niemczech na tle wahań w 15 krajach Europy, od Finlandii do Hiszpanii w 2016 r.

Jak widać, szczyty i doliny generacji mocy z farm wiatrowych rok po roku występują jednocześnie



**Rys. 4.** Generacja energii elektrycznej z farm wiatrowych w Niemczech i Hiszpanii godzina po godzinie przez cały rok 2013. Mimo dużego oddalenia, szczyty i doliny generacji występują w obu krajach jednocześnie. Źródło: Dr Detlef Ahlborn, wykład w Parlamencie RP, 2018, cytowane za pozwoleniem

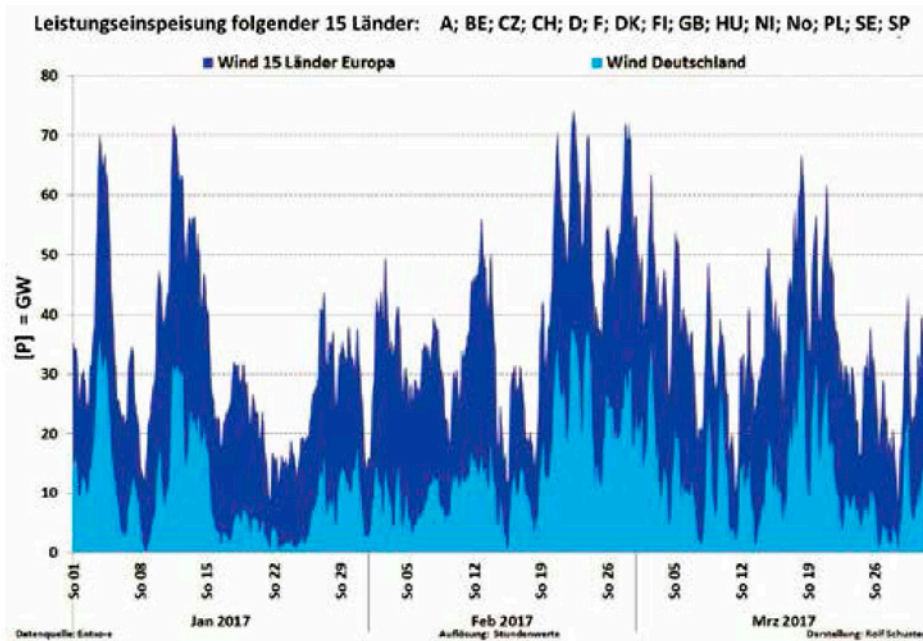
**Fig. 4.** Electricity generation from wind farms in Germany and Spain, hour after hour throughout the whole of 2013. Source Dr Detlef Ahlborn, lecture in the Polish Parliament, 2018, quoted by permission



**Rys. 5.** Generacja energii elektrycznej z farm wiatrowych w Niemczech, Hiszpanii i Wielkiej Brytanii, godzina po godzinie w 2013 r. Źródło: Dr Detlef Ahlborn, wykład w Parlamencie RP, 2018, cytowane za pozwoleniem

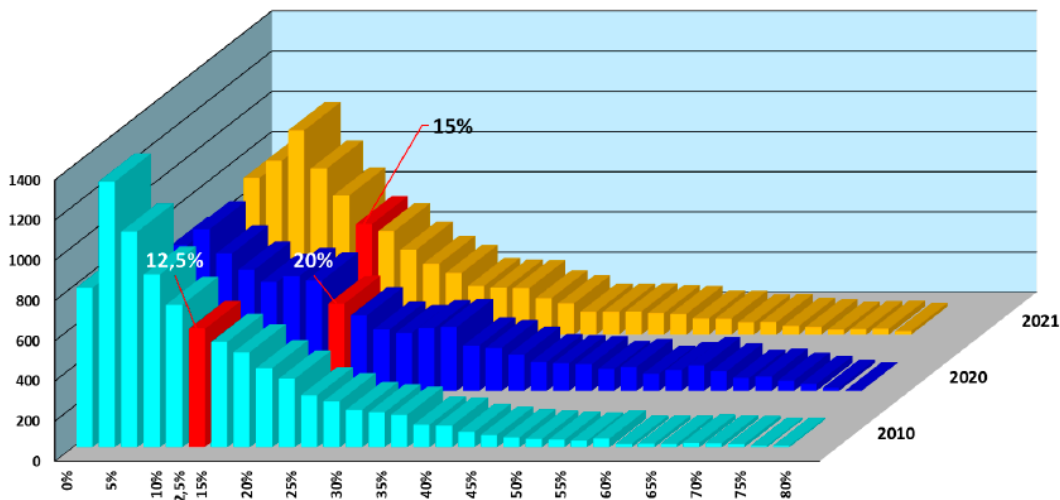
**Fig. 5.** Electricity generation from wind farms in Germany, Spain and UK, hour after hour throughout the whole of 2013. Source Dr Detlef Ahlborn, lecture in the Polish Parliament, 2018, quoted by permission

<sup>19</sup> Europe Green Energy Fiasco: Windmills Overload Eastern Europe's Grid Risking Blackout Bloomberg, 26 October 2012



**Rys. 6.** Wahania mocy wiatru w Niemczech na tle generacji wiatrowej w całej Europie. Źródło: Detlef Ahlborn, Rolf Schuster, Germany, Volatilitad und Stochastik der Windstrom-erzeugung in Deutschland und Westeuropa, cytowane za pozwoleniem

**Fig. 6.** Variations of wind power in Germany against the total wind power inn Europe. Source: Detlef Ahlborn, Rolf Schuster, Germany, Volatilitad und Stochastik der Windstrom-erzeugung in Deutschland und Westeuropa, quoted by permission



**Rys. 7.** Wykorzystanie mocy zainstalowanej w lądowych farmach wiatrowych w Niemczech, Oś pionowa: liczba godzin na danej mocy w roku, Oś pozioma: Równoważny udział godzin pracy przy pełnej mocy zainstalowanej, kolor czerwony – wartość średnia w roku współczynnika wykorzystania mocy zainstalowanej źródło danych BNA Netzbetreiber. Opracowanie Rolf Schuster, Vernunftkraft, cytowane za zezwoleniem

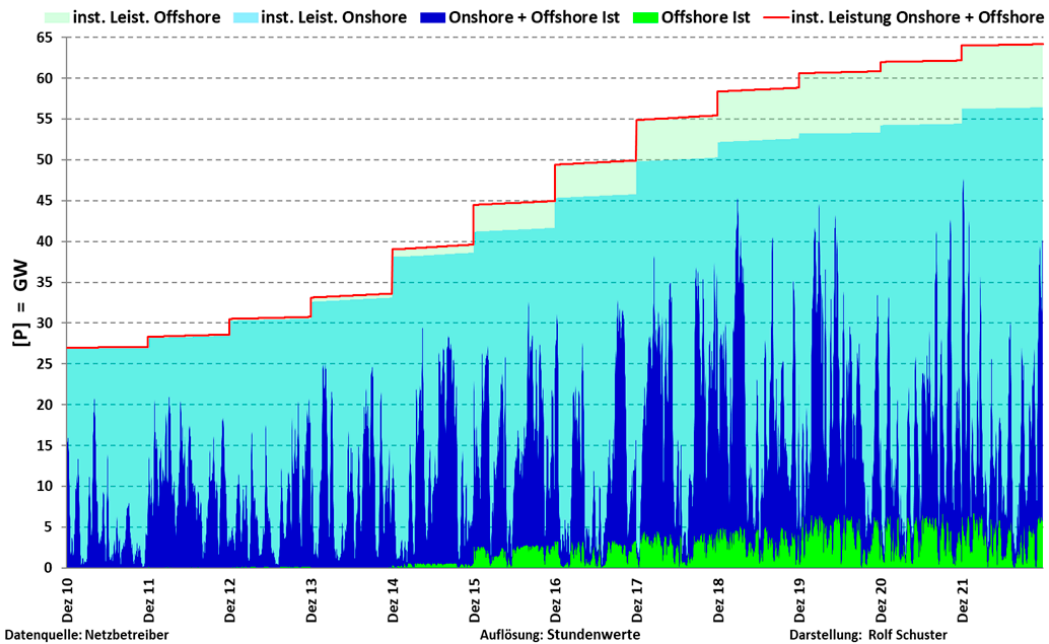
**Fig. 7.** Utilization of installed power in onshore wind farms in Germany, Vertical axis: number of hours at a power level in the year, horizontal axis equivalent proportion of hours at full nominal power, red color average value in a year of the coefficient of installed power utilization. Source of data: BNA Netzbetreiber, graph presentation Rolf Schuster, Vernunftkraft, quoted by permission

w Niemczech i w całej Europie. Na rys. 7 widać generację energii z farm wiatrowych na lądzie w Niemczech w latach 2010-2021.

A czy morskie farmy wiatrowe wystarczą by zapewnić ciągłe dostawy energii elektrycznej?

Nierównomierności w wytwarzaniu prądu elektrycznego w morskich farmach wiatrowych w czterech

krajach pokazane były na rys. 2 w artykule „Prawda o transformacji energetycznej w Niemczech” opublikowanym w numerze 4/2018 PTJ. Od tamtej pory sytuacja wcale się nie poprawiła, przeciwnie, np. w 2021 r. wiatry były w całej Europie słabsze i współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej niższy, nie tylko na lądzie, ale i na morzu.



**Rys. 8.** Łączna moc nominalna instalacji wiatrowych w Niemczech od 2010 do 2021 r. oraz moc rzeczywista osiągnięta godzin po godzinie w grudniu 2010-2021, kolor zielony – morskie farmy wiatrowe, ciemno niebieski – farmy wiatrowe na lądzie i na morzu, jasno niebieski – moc zainstalowana w lądowych farmach wiatrowych, źródło danych Netzbetreiber, opracowanie Rolf Schuster, Vernunftkraft, cytowane za zezwoleniem

**Fig. 8.** Total power installed in wind farms in Germany since 2010 till 2021 and the real power delivered hour after hour in December 2010-2021, green – real power of offshore windfarms, dark blue – real power of onshore and offshore wind farms, light blue – installed power of onshore wind farms, light green – installed power of offshore wind farms, red line – total installed power of all wind farms. Source of data: Netzbetreiber, graphical presentation Rolf Schuster, Vernunftkraft, quoted by permission

Nieuchronnym efektem nierównomierności i luk w generacji energii wiatrowej jest występowanie luki podażowej, sięgającej 100% zapotrzebowania, jak wiadać na rys. 10.

Średnie zapotrzebowanie energii elektrycznej w Niemczech to ok. 60 GW. Tymczasem moc elektrowni wiatrowych i słonecznych wynosi już ponad 120 GW, a mimo to wciąż potrzeba sterowalnych źródeł energii i Niemcy polegają na imporcie gazu i rozbudowie elektrowni z węglem brunatnym – najbrudniejszym źródłem energii.

Raport Greenpeace'u<sup>20</sup> podaje, że koszty rozbudowy sieci europejskiej na potrzeby OZE wyniosą 98 mld euro do 2030 r. i dalsze 581 mld euro do 2050 r.<sup>21</sup>. A zamiast obiecanych wiatraków w podwórzu i paneli słonecznych na parapecie, Greenpeace proponuje zbudować potężne transkontynentalne sieci OZE, z wiatrakami na morzu wokół całej Europy od Danii poprzez Hiszpanię do Włoch i dalej, i z elektrowniami słonecznymi poprzez północną Afrykę od Maroka poprzez Saharę do Egiptu i Arabii Saudyjskiej. Oczywiście nie za darmo – według zaleceń Greenpeace'u najpierw trzeba dać na budowę 400 mld dolarów<sup>22</sup> na łańcuch elektrowni słonecznych, a potem rozwiązać problemy ich bezpieczeństwa i połączeń z odbiorcami w Europie.

Jakie więc mogą być przyczyny zwrotu w polityce energetycznej Niemiec – rezygnacji z niezawodnych elektrowni jądrowych produkujących energię elektryczną wtedy, gdy jej potrzeba i przejścia na elektrownie wiatrowe i fotowoltaiczne, pracujące zależnie od pogody i pory roku, i dające moc średnią 5 razy (wiatr) lub 10 razy (fotowoltaika) mniejszą od mocy nominalnej? Czy zapewnia to mniejsze zużycie materiałów lub mniejsze zapotrzebowanie terenu?

#### 4. Czy wiatraki są lekkie i nie wymagają dużo materiałów?

Niestety, wiatraki korzystają z energii wiatru, a więc energii o małej gęstości mocy, a co więcej dostarczonej nieregularnie, tak że średnia moc wiatraka jest dużo mniejsza od jego mocy nominalnej.

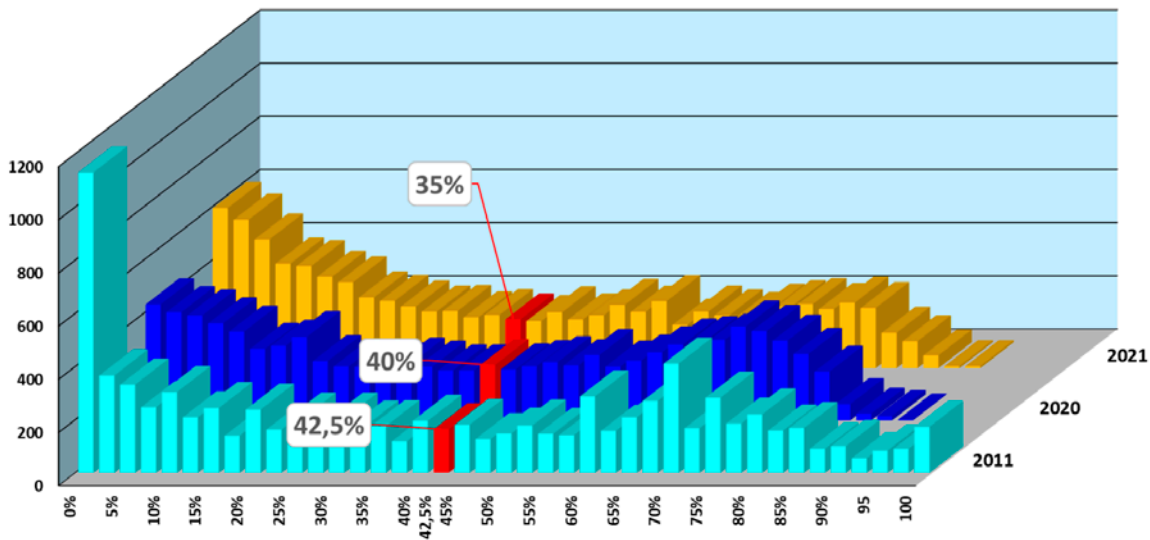
W ciągu wielu lat średni współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej w Niemczech wynosił poniżej 0,20. Wyniki opublikowane w oficjalnych statystykach niemieckich pokazują, że w 2021 r. energia wyprodukowana w farmach wiatrowych na lądzie w Niemczech wyniosła 89,5 TWh a na morzu 24 TWh przy mocy za-

<sup>20</sup> Greenpeace Battle of the grids, 2011

<sup>21</sup> Ibid, str 21

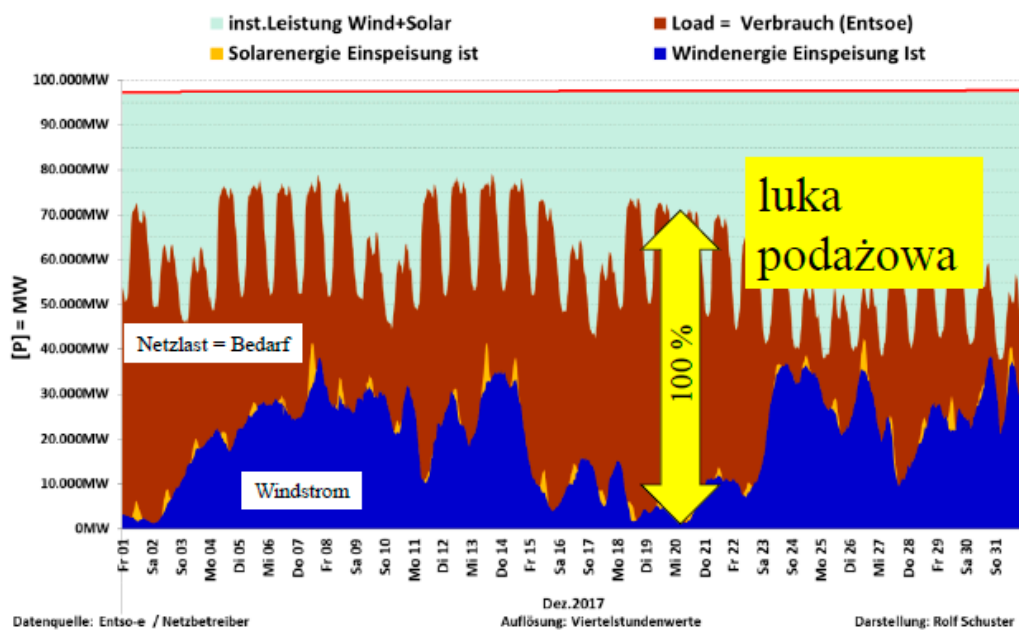
<sup>22</sup> <http://www.wnp.pl/wiadomosci/93220.html>





**Rys. 9.** Równoważny czas pracy na pełnej mocy niemieckich morskich farm wiatrowych na Morzu Północnym i na Bałtyku (oś pionowa Równoważna liczba godzin pracy w danym przedziale mocy w ciągu roku, oś pozioma stosunek mocy rzeczywistej nominalnej) – wartość pokazana kolorem czerwonym – średnia w danym roku. Źródło: Rolf Schuster, Vernunftkraft, Wind Solar Nuklear 2021\_Teil 2.docx e-mail 3 stycznia 2022. Cytowane za zezwoleniem

**Fig. 9.** Fig.7 Utilization of installed power in German offshore wind farms in North Sea and Baltic Sea, Vertical axis: number of hours at a power level in the year, horizontal axis – equivalent proportion of hours at full nominal power, red color average value in a year of the coefficient of installed power utilization. Source of data: BNA Netzbetreiber, graph presentation Rolf Schuster, Vernunftkraft, quoted by permission



**Rys. 10.** Zapotrzebowanie energii w Niemczech i generacja z farm wiatrowych w grudniu 2017 r. Źródło: Dr.-Ing. Detlef Ahlborn Warschau 11. September 2018 www.vernunftkraft.de, wykład w Parlamencie RP, Warszawa cytowane za pozwoleniem

**Fig. 10.** Electricity needs in Germany in December 2017 and total generation of wind farms. Source: Dr.-Ing. Detlef Ahlborn Warschau 11. September 2018 www.vernunftkraft.de, lecture in Polish Parliament, quoted by permission

instalowanej na lądzie równej średnio w ciągu roku 55,4 GW a na morzu 7,75 GW<sup>23 24</sup>.

Oznacza to współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej dla farm wiatrowych na lądzie równy

$$89530 \text{ GWh}/(8760 \text{ h} \times 55,4 \text{ GW}) = 0,184$$

a dla morskich farm wiatrowych

$$23980 \text{ GWh}/(8760 \text{ h} \times 7,75 \text{ GW}) = 0,35$$

Dla farm wiatrowych na lądzie przyjęcie współczynnika wykorzystania mocy równego 0,2 jest więc założeniem bardzo korzystnym dla farm wiatrowych.

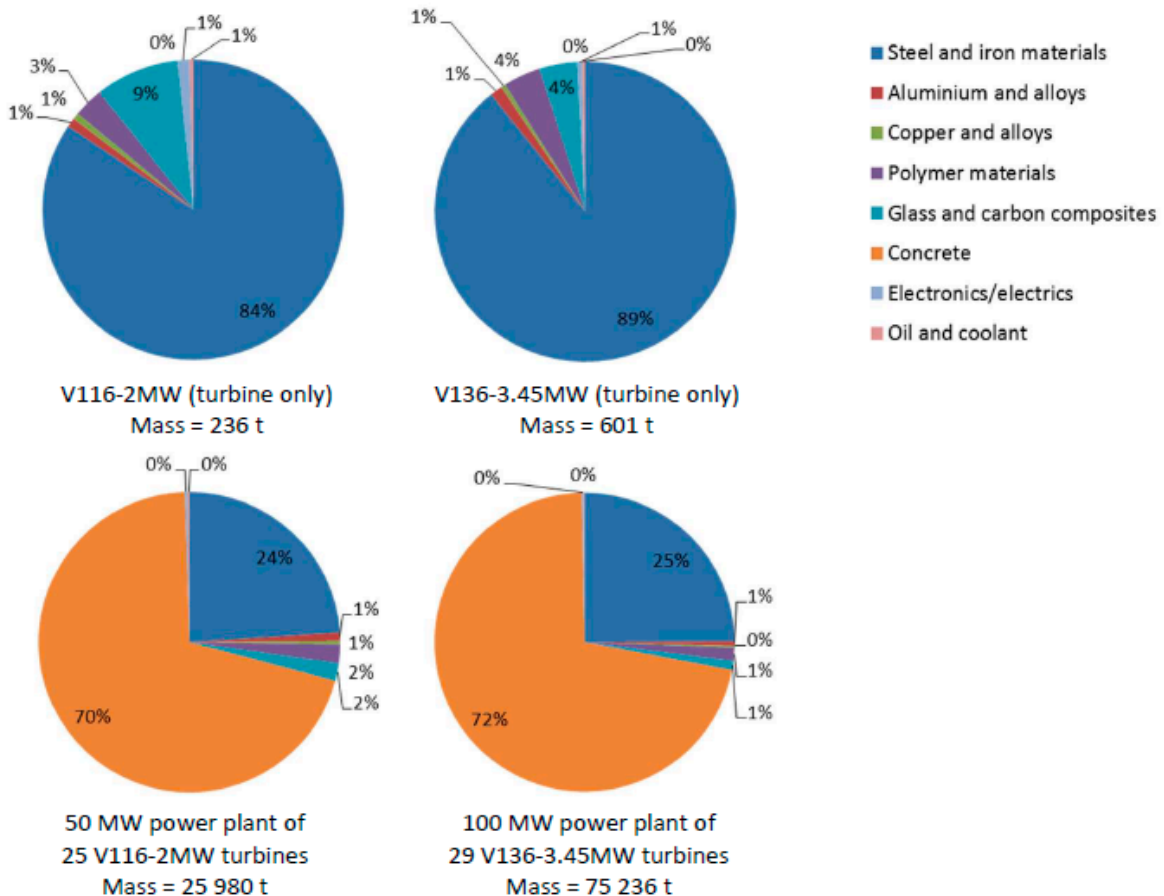
Również dla paneli fotowoltaicznych mamy dane oficjalne opublikowane przez Instytut Fraunhofera. Energia elektryczna wyprodukowana przez te instalacje w 2021 r. wyniosła 44600 GWh przy średniej mocy

zainstalowanej 55,75 GW, co oznacza średni w ciągu roku współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej.

$$44600 \text{ GWh}/(8760 \text{ h} \times 55,75 \text{ GW}) = 0,091$$

Ilości materiałów takich jak stal czy cement potrzebnych dla wytworzenia jednostki energii w elektrowniach wiatrowych lub słonecznych są znacznie większe niż w przypadku elektrowni jądrowych. Wykazują to studia wykonane w Polsce w Politechnice Wrocławskiej, a także w Niemczech, na Uniwersytecie w Monachium, a ostatnio opublikowane w raporcie EUR<sup>25</sup>.

Dla farm wiatrowych o mocy 3,45 MW potrzeba 601 ton materiałów, z czego 89% to stal i żelazo (535 ton). Oznacza to jednostkowy ciężar stali i żelaza wynoszący 155 t/MW. Ale przy średnim rocznym współczynniku wykorzystania mocy równym 0,20 otrzymujemy masę stali i żelaza wynoszącą  $155/0,2 = 775 \text{ t/MW}$  mocy średniej.



Rys. 11. Ilości materiałów potrzebnych dla turbiny i dla całej farmy wiatrowej  
Fig. 11. Amount of materials needed for wind turbines and wind farms

<sup>23</sup> <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>

<sup>24</sup> <https://www.energy-c/harts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&year=2021&stacking=grouped&interval=year>

<sup>25</sup> Carrara S., Alves Dias P., Plazzotta B. and Pavel C., Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system, EUR 30095 EN, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-16225-4, doi:10.2760/160859, JRC119941

Do tego trzeba doliczyć masę potrzebnego betonu. Dla farmy wiatrowej o mocy nominalnej 100 MW wynosi ona  $75236 \times 0,72 = 54170$  t, to jest 752 t/MW mocy nominalnej. Po uwzględnieniu współczynnika wykorzystania nominalnej 0,20 otrzymujemy masę betonu wynoszącą  $752/0,2 = 3760$  t/MW.

Dla elektrowni jądrowej z reaktorem EPR o mocy 1600 MWe<sup>26</sup>, łączna objętość betonu to 204 498 m<sup>3</sup> (przy średnim ciężarze 2,5 t/m<sup>3</sup> = 510 tys. ton) a ciężar metalu to 70903 t. Stąd ciężar metalu na MW mocy nominalnej to 44,3 t/MW, a przy współczynniku wykorzystania mocy nominalnej 0,9 otrzymamy  $44,3/0,9 = 49,2$  t/MW mocy średniej.

Dla turbin wiatrowych poza stalą i betonem potrzeba wielu innych materiałów.

Na przykład dla turbiny typu DD-EESG (z napędem bezpośrednim z generatorem synchronicznym ze wzbudzeniem elektrycznym) potrzeba polimerów 4,6 t/MW, kompozytów ze szkła węglowego 8,1 t/MW, aluminium 0,7 t/MW, chromu 0,525 t/MW, cynku 5,5 t/MW i praseodym 0.009 t/MW<sup>27</sup>.

Przewidywany czas pracy użytecznej dla turbin wiatraków na lądzie przyjmuje się równy 25 lat, a dla turbin w MFW 30 lat, przy czym w zależności od założeń prognozy czasy te mogą być o 5 lat krótsze lub dłuższe. Uwzględnienie czasu użytecznej pracy daje dalszy współczynnik 2 lub 3 na korzyść elektrowni jądrowych. Jednakże nawet z samego porównania ilości stali i betonu potrzebnych dla produkcji tej samej mocy średniej w ciągu roku widać, że dla elektrowni jądrowych potrzeba 15,7 razy MNIEJ metalu niż na farmę wiatrową.

## 5. Zapotrzebowanie terenu

Teren potrzebny dla OZE jest wielokrotnie większy od terenu potrzebnego dla elektrowni jądrowych. Potrzeby terenu dla elektrowni niskoemisyjnych przedstawione są na rys. 12, opartym o opracowania NREL, a więc głównego w USA laboratorium wspierającego rozwój energetyki OZE.

## 6. Fakty pokazują, która polityka energetyczna jest lepsza – Niemiec czy Francji.

Kto jest liderem w walce o redukcję emisji CO<sub>2</sub>?

Przeciętny czytelnik prasy i odbiorca telewizji odpowie bez wahania: Niemcy! Rzeczywiście, sądząc po wypowiedziach partii Zielonych, wszystkie kraje powinny naśladować Niemcy i przeprowadzać transformację energetyczną „Energiewende”, wydając setki miliardów euro na rozbudowę wiatraków i paneli słonecznych.

Czy Polska powinna być wśród tych krajów rozważaliśmy powyżej a także w artykułach publikowanych

na stronie Stowarzyszenia Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej SEREN<sup>28</sup>, wskazując na ogromne koszty finansowe, szkody w środowisku naturalnymi i negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Ale czy te niebotyczne wydatki i utrata pięknych lasów, sławnych w całej Europie (Schwarzwald), przyniosły obniżkę emisji gazów cieplarnianych, która była rzekomo jednym z głównych celów Energiewende?

Odpowiedź na to dają twarde fakty – informacje międzynarodowych agencji statystycznych o wytwarzaniu energii elektrycznej i powodowanych przez nią emisjach CO<sub>2</sub> w różnych krajach Europy. Oto rys. 13 przedstawiający godzinę po godzinie wielkość produkcji energii (oś pozioma) w MWh i odpowiadającą jej emisję CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>eq/kWh).

Każda kropka na rys. 13 odpowiada jednej godzinie w roku. Położenie pionowe oznacza natężenie emisji CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>eq/kWh), a położenie na osi poziomej energię elektryczną (MWh) jaka byłaby wytworzona w danym kraju w ciągu roku, gdyby parametry z danej godziny utrzymały się przez cały rok.

Dane o wytwarzaniu energii są pobrane z ENTSO-E, a dane o emisjach CO<sub>2</sub> z raportu IPCC z 2014 r. według tabeli A.III.2<sup>29</sup>, z której przyjęto dane o średnich emisjach w cyklu całego życia.

Wobec tego, że w aneksie opublikowanym przez IPCC nie ma rozróżnienia między węglem kamiennym a brunatnym, w rubrykach dotyczących węgla użyto ocen opublikowanych w tabelach dla węgla brunatnego<sup>30</sup>.

Widać szokująco dużą różnicę w emisjach CO<sub>2</sub> między Niemcami i Francją. Czy ta różnica wynika może z różnicy wielkości energii elektrycznej wytwarzanej w tych krajach? Odpowiedź na to przynosi rys. 14.

Linia pozioma na rys. 14 to mediana (wartość środkowa zbioru), górna i dolna granica prostokąta to wartości 75% i 25%, a linie powyżej i poniżej prostokąta oznaczają 100% i 0% wyników. Wartości pokazane jako kółka – o – są obserwacjami odstającymi (outliers) wskazującymi na sytuacje trwające ponad 2 godziny z wynikami odbiegającymi od mediany więcej niż o 2 odchylenia standardowe.

Jak widać, Niemcy i Francja wytwarzają podobne ilości energii elektrycznej. Skutki ich polityki energetycznej przedstawione na rys. 13 można więc uznać za reprezentatywne dla wyboru „wiatraki plus słońce” czy „energia atomowa”. Potwierdza to rys. 15, przedstawiający natężenie emisji CO<sub>2</sub> przypadające na jednostkę produkowanej energii g CO<sub>2</sub>eq/kWh.

<sup>28</sup> <http://seren.org.pl/2021/02/04/andrzej-strupczewski-lekcje-z-niemieckiej-transformacji-energetycznej/>

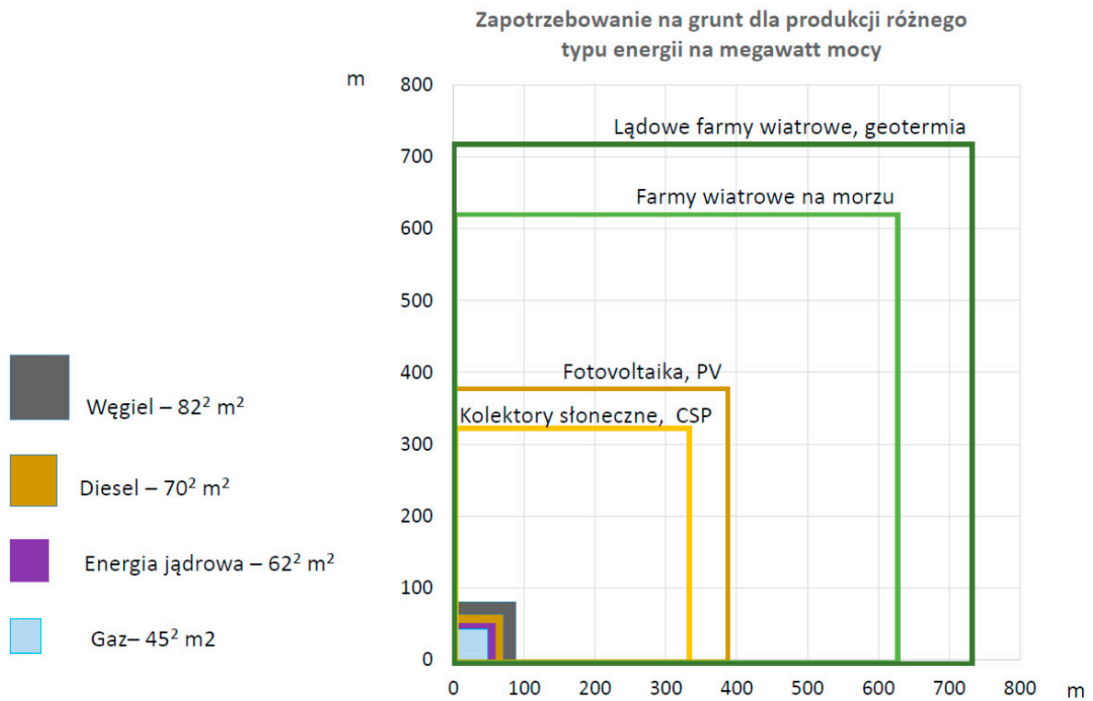
<sup>29</sup> Technology-specific Cost and Performance Parameters, Annex III, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf)

<sup>30</sup> <https://www.energy-charts.de/emissions.htm?source=lignite&view=specific&emission=co2&year=2017>

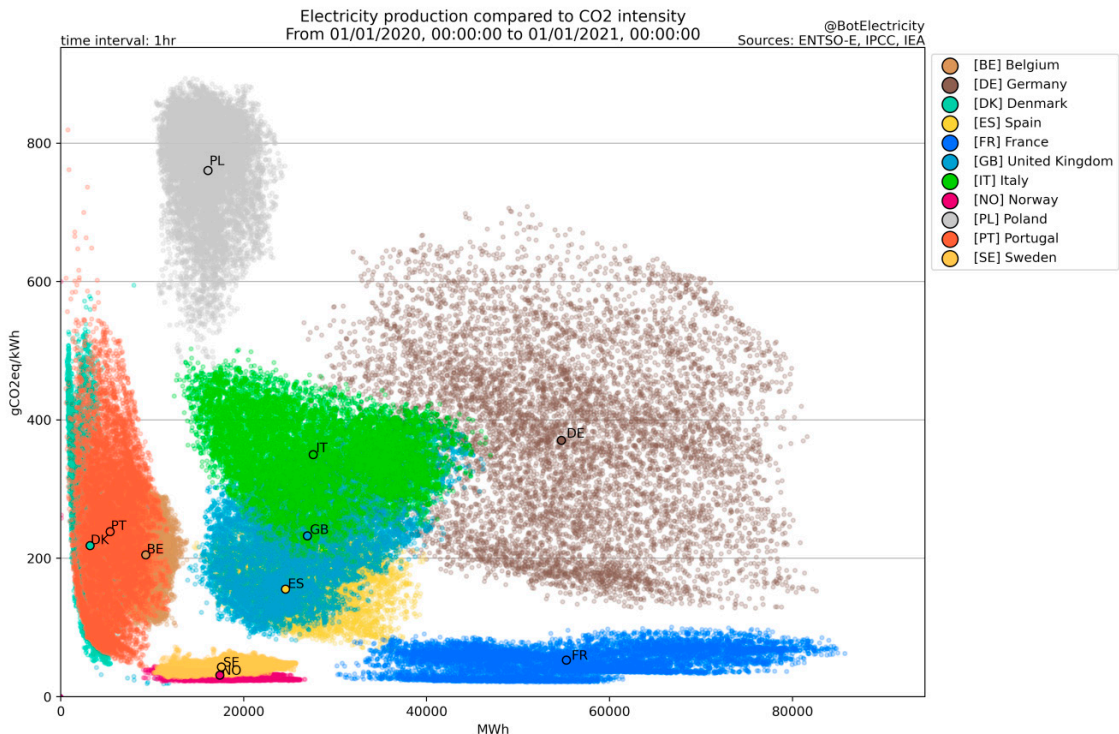
<sup>26</sup> Per F. Peterson, Haihua Zhao, and Robert Petroski, Metal And Concrete Inputs For Several Nuclear Power Plants, University of California Report UCBTH-05-001, February 4, 2005

<sup>27</sup> Carrera tamże





**Rys. 12.** Zapotrzebowanie na teren dla różnego typu elektrowni w USA na MW mocy nominalnej, rysunek z raportu NREL<sup>31</sup>, cytowany dzięki grzeczności prof. W. Gudowskiego  
**Fig. 12.** Terrain needed for various Energy sources per MW of nominal power, data source NREL, provided by prof. Gudowski



**Rys. 13.** Produkcja energii i odpowiednie emisje CO<sub>2</sub>, w okresie od 01.01.2020 00.00.00 do 01.01.2021 00.00.00. Źródło danych ENTSO-E, autor Thomas-Aurie<sup>32</sup> rysunek cytowany za uprzejmym zezwoleniem autora i dopracowany przezeń dla tego artykułu  
**Fig. 13.** Electricity production and corresponding emissions of CO<sub>2</sub> in the period from 01.01.2020 00.00 till 01.01.2021 00.00. Source of data ENTSO-E, author Thomas-Aurie, data sent for this paper and quoted by permission

<sup>31</sup> The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: A review and meta-analysis of power densities and their application in the U.S <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.023>  
<sup>32</sup> (12) BotElectricity - 2020 electricity insight | LinkedIn

Tabela 1. Tabela według IPCC: średnie emisje w cyklu całego życia

Typ elektrowni	Emisje bezp.	Infrastruktura	Biogeniczne	Emisje metanu	Emisje w cyklu życia
	Min/śred/max	Wartości typowe			Min/śred/max
Węgiel kocioł pyłowy	670/760/870	9.6	0	47	740/820/910
Gaz, kombinowany układ gazowo-parowy	350/370/490	1.6	0	91	410/490/650
Biomasa—współspalanie	n.a. ii	–	–	–	620/740/890
Biomasa—tylko	n.a. ii	210	27	0	130/230/420iv
Geotermalna	0	45	0	0	6.0/38/79
Hydroenergia	0	19	0	88	1.0/24/2200
Jądrowa	0	18	0	0	3.7/12/110
Skoncentrowana energia słoneczna	0	29	0	0	8.8/27/63
Ogniwa fotowoltaiczne – na dachu	0	42	0	0	26/41/60
Ogniwa fotowoltaiczne —skala przemysłowa	0	66	0	0	18/48/180
Wiatr na lądzie	0	15	0	0	7.0/11/56
Wiatr na morzu	0	17	0	0	8.0/12/35
<b>Technologie w fazie rozwoju, jeszcze nie komercyjne</b>					
CCS—węgiel paliwo tlenowe	14/76/110	17	0	67	100/160/200
CCS—węgiel kocioł pyłowy	95/120/140	28	0	68	190/220/250
CCS—węgiel blok gazowo-parowy ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa	100/120/150	9.9	0	62	170/200/230
CCS—Gaz, kombinowany układ gazowo-parowy.	30/57/98	8.9	0	110	94/170/340
Energia pływów	0	17	0	0	5.6/17/28

A czy rok 2020 był wyjątkowy? Nie, w poprzednich latach realizacji Energiewende było jeszcze gorzej, jak widać np. z analizy przeprowadzonej dla portalu Environmental progress<sup>33</sup>.

Wyniki polityki Berlina są widoczne w statystykach emisji. Mimo dziesięcioleci wysiłków i fantastycznych sum wydawanych na OZE, emisje z energetyki niemieckiej należą do najwyższych w Europie. W 2019 r. Niemcy produkowały 343 kg dwutlenku węgla na MWh, Wielka Brytania, która utrzymuje wciąż pracę swoich reaktorów produkowała 228 kg, a Francja, dzięki swej ogromnej flocie elektrowni jądrowych, produkuje tylko 54 kg/MWh.

Co więcej, by zastąpić wytwarzanie energii elektrycznej z elektrowni jądrowych po ich ostatecznym wyłączeniu w końcu 2022 r. trzeba będzie zbudować 40 000 wiatraków jako ich zastępstwo. I będą one zaspakajały tylko 12% zapotrzebowania Niemiec, gdy akurat wiatr będzie chciał wiać wystarczająco, by wiatraki dawały swoją moc do sieci.

Propaganda Zielonych twierdzi, że *Energiewende* jest sukcesem. Podsumujmy: wydatki ponad 30 mld euro rocznie, utrata pięknych krajobrazów i lasów, zły wpływ na zdrowie ludzi, zabijanie ptaków, nietoperzy

i owadów – a w wyniku 4-krotnie większe emisje gazów cieplarnianych niż we Francji, która wybrała energię jądrową.

Więc – czy Energiewende jest sukcesem?

## 7. Krytyka programu transformacji energetyki w Niemczech ze strony fachowców niemieckich

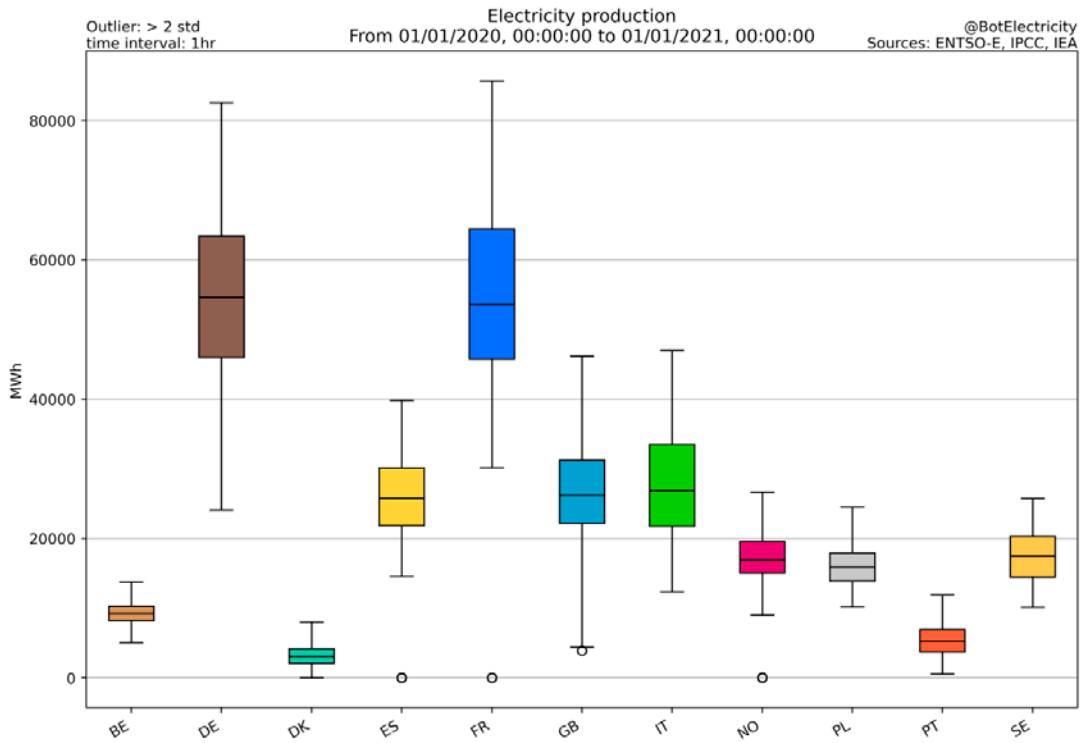
Zdecydowanymi krytykami OZE są wybitni specjaliści niemieccy:

- prof. **Alfred Voss**, profesor Instytutu IKE (Instytut Energii Jądrowej i Systemów Energetycznych), wieloletni dyrektor Instytutu Gospodarki Energetycznej IER w Stuttgarcie<sup>34</sup>,
- prof. **Fritz Vahrenholt**, twórca pierwszych morskich farm wiatrowych, który w wielu artykułach i w książce „Unerwunschte Wahrheit<sup>35</sup> wykazuje, że tezy o 100% wystarczalności „zielonych” źródeł energii prowadzą do niewiarygodnych wydatków liczonych w tysiącach miliardów euro dla samych Niemiec,
- prof. dr honoris causa **Gunther Specht**, profesor Politechniki w Darmstadt stwierdza, że polityka energetyczna rządu polegająca na wyłączaniu stabilnie

<sup>33</sup> <https://environmentalprogress.org/big-news/2017/2/11/german-electricity-was-nearly-10-times-dirtier-than-frances-in-2016>

<sup>34</sup> [http://www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/pb\\_pdf/Voss\\_Neckarwestheim\\_2011\\_05.pdf](http://www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/pb_pdf/Voss_Neckarwestheim_2011_05.pdf)

<sup>35</sup> Fritz Vahrenheir, Sebastian Luning Unerwunschte Wahrheit, Langen Muller Munich, 2020.

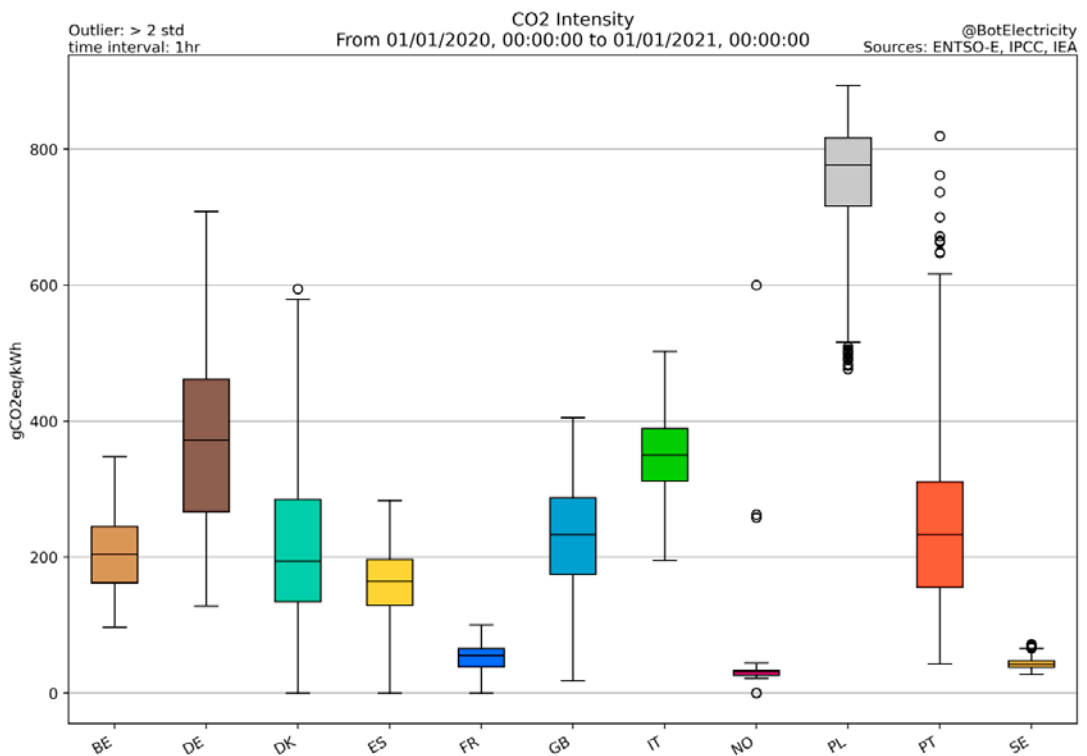


Rys. 14. Łączna produkcja roczna energii elektrycznej dla krajów pokazanych na rys. 13

Źródło danych ENTSO-E, IPCC 2014, autor Thomas-Auriel rysunek cytowany za uprzejmym zezwoleniem autora i dopracowany przezeń dla tego artykułu

Fig. 14. Total annual electricity production in the countries shown in the previous figure

Source of data ENTSO-E, author Thomas-Auriel, data sent for this paper and quoted by permission



Rys. 15. Natężenie emisji gazów cieplarnianych na jednostkę wytwarzanej energii elektrycznej, dane średnie dla całego roku 2020.

Źródło danych ENTSO-E, IPCC 2014, autor Thomas-Auriel rysunek cytowany za uprzejmym zezwoleniem autora i dopracowany przezeń dla tego artykułu

Fig. 15. Emissions of CO<sub>2</sub> per unit of electricity produced, average data for the year 2020.

Source of data ENTSO-E, author Thomas-Auriel, data sent for this paper and quoted by permission



i bezpiecznie pracujących elektrowni jądrowych, a wprowadzaniu wiatraków i paneli słonecznych wymagających rezerwowania przez elektrownie gazowe lub opalane węglem brunatnym jest fatalną pomyłką<sup>36</sup>.

- prof. **Hans Werner Sinn**, prezes instytutu badań nad gospodarką IFO (Institut für Wirtschaftsforschung) w Monachium, profesor ekonomii na Uniwersytecie Ludwika Maksymiliana w Monachium, który o programie Energiewende pisze „Jest on zupełnie bezużyteczny dla ekologii, prowadzi do zniszczenia natury i obniżenia poziomu życiowego użytkowników. Gdy wieje silny wiatr Niemcy muszą płacić sąsiadom, by ci zgodzili się odebrać nadmiar prądu – jest to ekonomiczny obłęd.”

**Zespół ekspertów rządowych** w raporcie dla rządu Niemiec<sup>37</sup> stwierdza, że „Środki polityczno-przemysłowe wybrane w Energiewende są błędne, ponieważ w centrum uwagi stawiają osiągnięcie mocy produkcyjnych określonych technologii, pomijając całość systemu energetycznego, i prowadzą do eksplozji cen energii elektrycznej”.

**Raport McKinseya** z końca 2018 r.<sup>38</sup> stwierdza, że program Energiewende ma osiągnięcia tylko tam, dokąd płyną bezpośrednie subwencje. Natomiast wciąż nierealne jest osiągnięcie zasadniczych celów, które nie są bezpośrednio finansowane przez subwencje, przede wszystkim obniżenie emisji CO<sub>2</sub>. Również nie udaje się utrzymanie ceny energii elektrycznej w granicach 25% powyżej średniej ceny w UE.

Ujawniony prasie niemieckiej **raport niemieckiego Federalnego Urzędu Audytów** czuwającego nad budżetem<sup>39</sup> poddał ostrej krytyce Ministerstwo Gospodarki i Energii prowadzące działania w zakresie transformacji energetycznej *Energiewende*, którymi szczyli się rząd niemiecki i którym zdecydowanie sprzeciwiają się eksperci. Urząd Audytów stwierdził, że działania te są prowadzone nieefektywnie, brak jest kompleksowej oceny kosztów czekających Niemcy, a wskutek nieudolnego zarządzania marnowana jest znaczna część z subwencji wynoszących obecnie znacznie powyżej 20 mld euro rocznie.

„Koszty subwencji w 2016 r. wynosiły 23,1 mld euro rocznie, w 2017 r. 25,84 mld, w 2020 r. wyniosą 31,84 mld a w 2025 r. 32,87 mld euro rocznie”<sup>40</sup>. Audytorzy uważają, że istnieje ryzyko ciągłego podnoszenia kosztów realiza-

cji programu Energiewende<sup>41</sup>. Koszty tych subwencji ponoszą podatnicy, częściowo bezpośrednio w dopłatach na rachunkach za elektryczność, częściowo zaś pośrednio poprzez wzrost cen wynikający z kosztów energii elektrycznej dla przedsiębiorstw niemieckich.

**Profesorowie z Politechniki w Heidelbergu**<sup>42</sup> pytają młodych entuzjastów Transformacji Energetycznej „*kiedy wreszcie obudzicie się i posłuchacie się zdania ekspertów, a nie tylko „zielonych ideologów”?*”

A jeszcze mocniej wyraża się wiele autorytetów gospodarczych, np. wspomniany na wstępie profesor Hans Werner Sinn<sup>43</sup> pisze: „Powoli staje się jasne, że prąd z wiatru i słońca jest prawie bezużyteczny. Destabilizuje on sieć energetyczną i niszczy krajobraz. Wiatraki zamieniają ostatnie krajobrazy naturalne w tereny przemysłowe” i dalej stwierdza: „Die einzige Hoffnung der Menschheit war die Atomkraft” „Jedyną nadzieją ludzkości była energia jądrowa”.

Jak widać, fakty, analizy techniczne i ogromne wydatki nie przekonują ludzi rządzących obecnie w Niemczech, że trzeba odejść od forsowania wiatru i fotowoltaiki jako głównych źródeł energii elektrycznej. Pamięć z lat dziecięcych o przyjaznym smoku narażonym na ciekłe odpady z elektrowni jądrowej i o dziewczynce, która straciła rodziców i dom wskutek katastrofy elektrowni jądrowej są silniejsze. Miał rację Mahatma Gandhi, stereotypy z dzieciństwa decydują o całym życiu.

A Albert Einstein stwierdził: „Trudniej jest zmienić wpojone komuś przekonania niż rozbić atom”.<sup>44</sup>

## 8. Perspektywy dla Niemiec i świata

Bez energetyki jądrowej nie można zapewnić trwałego i stabilnego zasilania ludności i przemysłu. Obecny kryzys energetyczny w Europie spowodowany gwałtownym forsowaniem zielonych źródeł energii okazuje to dowodnie, a stanowisko Komisji Europejskiej i przykład największych krajów na świecie jak Chiny i Indie potwierdza, że atom jest niezbędnym elementem energetyki. Można oszukiwać pewną grupę ludzi przez pewien czas – ale nie można oszukać wszystkich ludzi przez cały czas (Abraham Lincoln). Gdy walka polityczna ustąpi miejsca dobru społeczeństwa, Niemcy powrócą do energetyki jądrowej.

*prof. dr hab. inż. Andrzej Strupczewski,  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,  
Otwock-Świerk*

<sup>36</sup> Gunther Specht, Fundamentale Irrtümer der Okostrompolitik - auf dem Weg zu einem neuen Paradigma, Vortrag beim Lions Club GroB-Umstadt, 2013

<sup>37</sup> <http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/presse-jahresgutachten-2015-16.html>

<sup>38</sup> <https://www.mckinsey.de/branchen/chemie-energie-rohstoffe/energiewende-index>

<sup>39</sup> <http://www.dw.com/en/auditors-slam-gabriels-ministry-on-clean-energy-costs/a-37109415>

<sup>40</sup> <http://www.et-energie-online.de/Zukunftfragen/tabid/63/NewsId/2997/EEG-2017-Entwicklung-der-Forderkosten-und-politische-Implikationen.aspx>

<sup>41</sup> <http://ef-magazin.de/2017/01/21/10449-kritik-an-der-energiewende-was-der-rechnungshof-unterschlaegt>

<sup>42</sup> Findet eine Energiewende statt? Physikalisches Institut der Universität Heidelberg Prof. Dr. h.c. Dirk Dubbers, Prof. Dr. Johanna Stachel, Prof. Dr. Ulrich Uwer 05.02.2015

<sup>43</sup> <http://www.manager-magazin.de/politik/deutschland/hans-werner-sinn-vom-ifo-institut-ueber-windenergie-und-energiewende-a-950237.html>

<sup>44</sup> Alvin Burgholte, Scheitert die Energiewende? Tredition GmbH, Hamburg, 2021, str.153

# ARTYKUŁY

## PRACA REAKTORA BADAWCZEGO MARIA W 2021 ROKU

### Research reactor MARIA operation in 2021

Piotr Witkowski

**Streszczenie:** Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, wykorzystywany jest do produkcji radioizotopów, badań materiałowych i technologicznych, barwienia minerałów. Obecnie prowadzenie badań z wykorzystaniem wiązek neutronów zostało wstrzymane z powodu remontu hali fizycznej. W artykule opisano parametry techniczne reaktora i charakterystykę jego pracy w 2021 r.

**Abstract:** The MARIA high-flux research reactor, operated at the National Center for Nuclear Research at Świerk (Poland), is used for the production of radioisotopes, material and technological research, mineral staining. Currently conducting research using neutron beams has been stopped due to the renovation of the physical hall. The article describes the technical parameters of the reactor and the characteristics of its operation in 2021.

**Słowa kluczowe:** reaktor MARIA, Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), eksploatacja reaktora MARIA w 2021 r.

**Keywords:** MARIA reactor, National Center for Nuclear Research (NCNR), operation of MARIA reactor in 2021

Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA fot. 1, jest eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku od 1974 r. Obecnie jest wykorzystywany do produkcji izotopów promieniotwórczych dla potrzeb medycyny i przemysłu, badań materiałowych i technologicznych, natomiast prowadzenie badań fizycznych wykorzystujących wiązki neu-

tronów wstrzymane jest z powodu remontu hali fizycznej i modernizacji kanałów poziomych.

Reaktor MARIA jest reaktorem kanałowo-basynowym moderowanym i chłodzonym zwykłą wodą z reflektorem grafitowym. Nominalna moc cieplna reaktora wynosi 30 MW przy strumieniu neutronów termicznych równym  $2 \cdot 10^{14}$  n/(cm<sup>2</sup>s). W 2021 r. wykorzy-



**Fot. 1.** Widok reaktora MARIA z lotu ptaka (fot. NCBJ)  
**Fig. 1.** The MARIA reactor (photo NCBJ)

stywane były elementy paliwowe typu MR-6, produkcji rosyjskiej o wzbogaceniu 19,7% w izotop U-235 (tzw. niskowzbożone paliwo uranowe LEU) w kształcie 6 koncentrycznych rur o długości 1000 mm koszulkowanych aluminium.

W roku 2021 reaktor MARIA przepracował łącznie 4053 godzin na mocy cieplnej od 19 do 27 MW, co przedstawiono na załączonym zestawieniu (rys. 1).

Ponadto w 2021 r. prowadzono napromienianie minerałów, w trzech specjalnych stanowiskach znajdujących się w matrycy grafitowej. Do zapewnienia odpowiedniego widma neutronów zastosowano bloki wodne zawierające filtr neutronów.

W ubiegłym roku prowadzono komercyjne napromienianie płytek uranowych służących do produkcji molibdenu (Mo-99), który to izotop ulega przemianie



Rys. 1. Zestawienie pracy reaktora MARIA w 2021r.

Fig. 1. MARIA reactor operation diagram in 2021

Opracowanie i wykonanie Andrzej Frydrysiak - DOM EJ2

## Zestawienie pracy reaktora „MARIA” w 2021 roku

Eksploatacja reaktora dostosowana była w szczególności do zapotrzebowania Ośrodka Radioizotopów Polatom, Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej na napromienianie materiałów tarczowych oraz amerykańskiej firmy Curium na napromienianie płytek uranowych do produkcji molibdenu (Mo-99), a także dla realizacji programów badawczych m.in. napromieniania grafitu w ramach programu Gospostrateg GoHTR, pomiarów parametrów wiązki neutronów na wylocie z kanału poziomego H2 w celu walidacji modelu obliczeniowego.

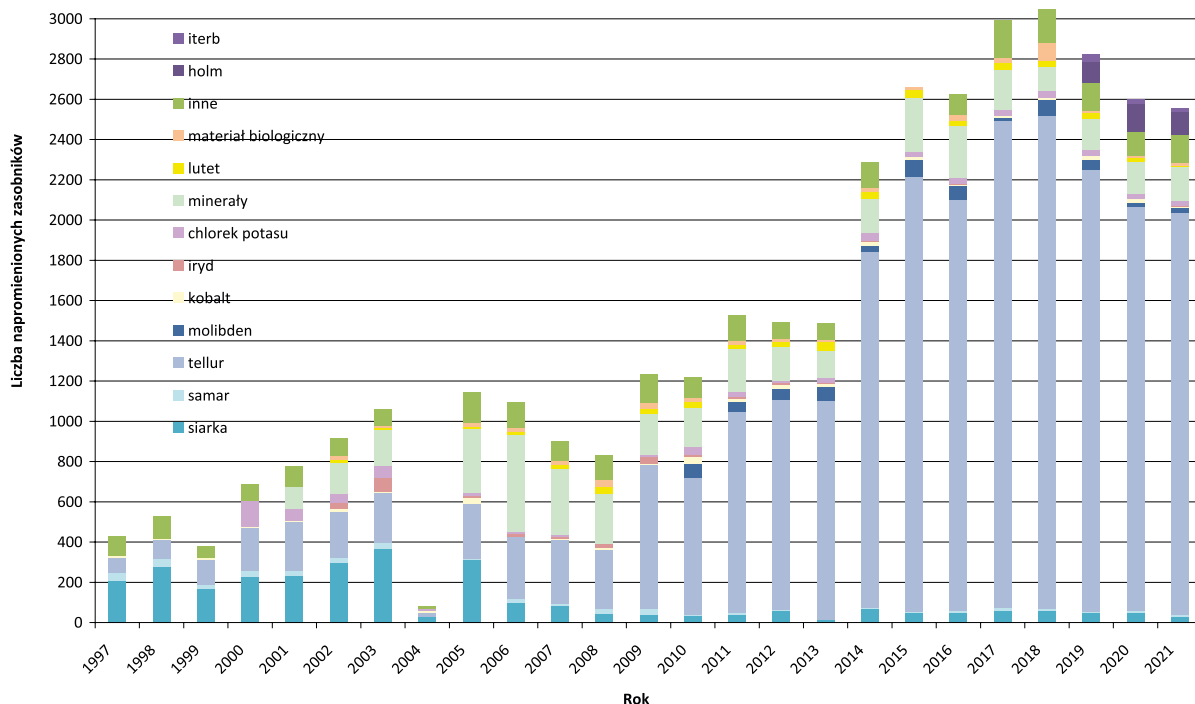
Napromieniania dotyczyły głównie takich materiałów tarczowych, jak: dwutlenek telluru (do produkcji I-131), siarka (do produkcji P-32), chlorek potasu (do produkcji S-35), iryd, bromek potasu, związki samaru, lutet, lantan, miedź, kobalt, próbki materiałów alkalicznych, biologicznych i geologicznych. Całkowita aktywność napromienionych materiałów wyniosła ok. 1227 TBq oraz 2269 TBq dla molibdenu-99. Wykaz napromienianych materiałów tarczowych w reaktorze MARIA, w postaci liczby załadowanych zasobników przedstawiono na załączonym zestawieniu (rys. 2).

w technet (Tc-99m), będący najbardziej powszechnym na świecie radiofarmaceutyką stosowaną w diagnostyce medycznej. Płytki uranowe napromieniano w 4 cyklach pracy reaktora, łącznie napromieniono 96 płytek niskowzbożonych (o wzbogaceniu 19,75% w uran-235). Napromienianie płytek prowadzone jest w tzw. kanałach molibdenowych, których konstrukcja jest identyczna jak kanałów paliwowych. Napromienianie realizowane jest w dwóch gniazdach i-6 i f-7 rdzenia reaktora, w czasie wydłużonych cykli pracy reaktora do 120 godzin.

W ubiegłym roku prowadzono również współpracę z holenderską firmą QUIREM, w ramach której napromieniono 134 zestawy tarcz holmu w postaci mikrosfer (Ho-165-PLLA MS). Reaktor MARIA jest jednym z głównych ośrodków napromieniania mikrosfer zawierających polilaktyd holmu (polimer kwasu mlekowego), służących do miejscowej radioterapii, głównie w przypadku nowotworów wątroby.

We współpracy z Ośrodkiem Radioizotopów Polatom zrealizowano napromienianie materiału tarczowego wzbogaconego do 96% w izotop telluru  $^{130}\text{Te}$  (zamiast dotychczasowego wzbogacenia do 33,8%).





**Rys. 2.** Wykaz napromienionych materiałów tarczowych w reaktorze MARIA w 2021 r. Widoczne na wykresie obniżenie liczby napromienionych zasobników w 2004 r. spowodowane było wyłączeniem reaktora z powodu braku paliwa jądrowego

**Fig. 2.** List of irradiated targets in the MARIA reactor in 2021. Decreased number of irradiated targets in 2004 year was caused by limited hours of reactor operation due to lack of nuclear fuel

Nowy materiał tarczowy pozwala na uzyskanie większej aktywności  $^{131}\text{I}$ , przy jednoczesnym zmniejszeniu ilości odpadów produkcyjnych i sprzyja bardziej efektywnemu wykorzystaniu kanałów pionowych reaktora, jednak wadą nowego materiału jest stosunkowo wysoki koszt zakupu materiału tarczowego.

W 2021 r. nie prowadzono badań na wiązkach neutronów wyprowadzanych z kanałów poziomych reaktora. Kanały poziome pozostały zamknięte na okres modernizacji hali fizycznej polegającej na obniżeniu poziomu posadzki oraz zapewnieniu jej odpowiednich parametrów (newralgiczne elementy nowej aparatury badawczej będą poruszać się na poduszce powietrznej w celu eliminacji wpływu drgań na systemy pomiarowe). W ramach modernizacji zostanie zainstalowana nowa infrastruktura techniczna niezbędna do użytkowania aparatury badawczej. Zakończenie remontu planowane jest w drugiej połowie 2022 r. Prowadzona jest również odbudowa kanału H2, której celem jest ukształtowanie wiązki neutronów epidemicznych o parametrach potrzebnych do prowadzenia badań nad terapią BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) – metodą leczenia nowotworów np. glejaków mózgu. W ubiegłym roku przeprowadzono modernizację systemu wentylacji hali fizycznej. Modernizacja polegała na rozdzielaniu systemu wentylacji hali fizycznej od systemu wentylacji hali reaktora. Rozdzielenie wentylacji pozwala na remont hali fizycznej bez oddziaływania na pracę innych systemów reaktora. Po zakończeniu

remontu, nowy system wentylacji zapewni odpowiednie warunki pracy dla wysokiej klasy aparatury badawczej, pozyskanej z wyłączonego z eksploatacji reaktora, w niemieckim instytucie badawczym Helmholtz-Zentrum-Berlin (HZB) w Berlinie.

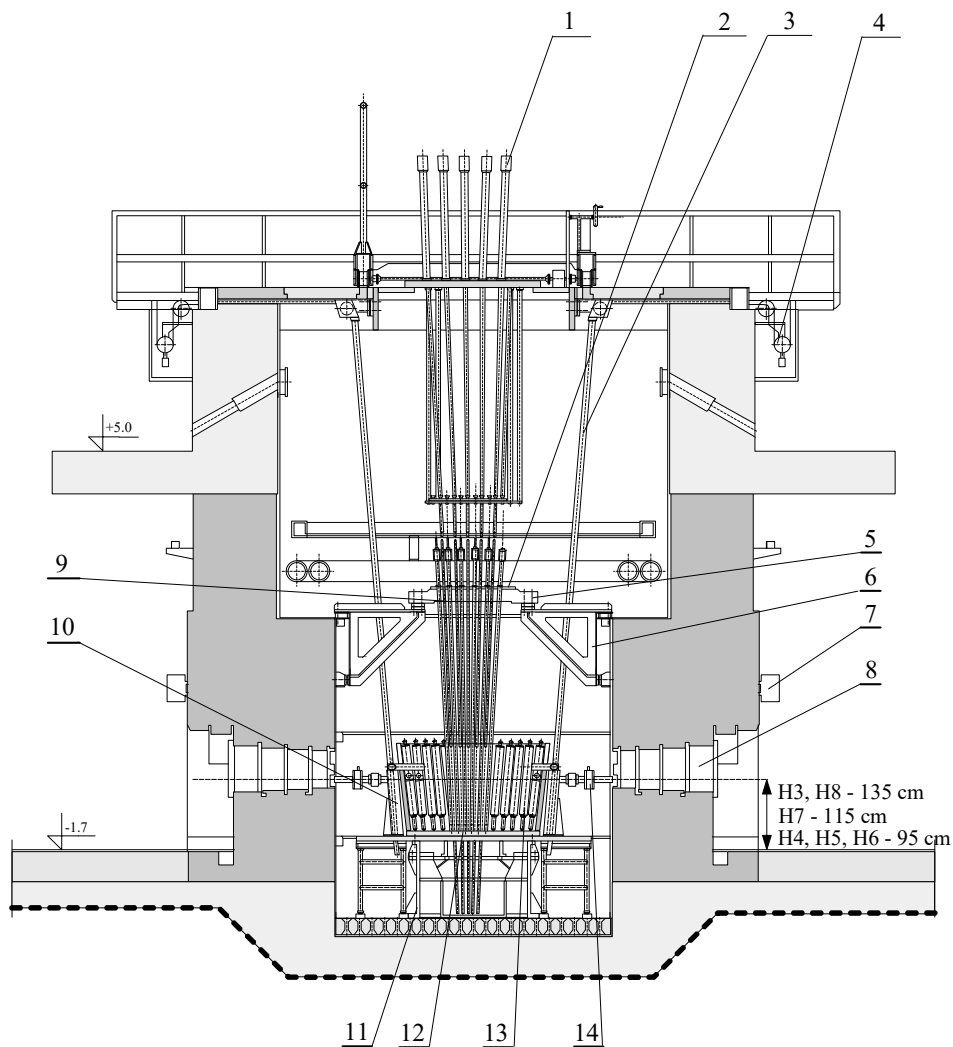
W 2021 r. reaktor był dwukrotnie uruchamiany na potrzeby badań wiązki neutronów w kanale H2. Pomiarzy pozwoliły określić parametry wiązki oraz warunki do realizacji prac badawczych po uruchomieniu i włączeniu do eksploatacji kanału H2.

W 2021 r. wprowadzono do eksploatacji pierwszą sondę wysokotemperaturową ISHTAR (Irradiation System for High-Temperature Reactors), która została zaprojektowana i wykonana w NCBJ w ramach projektu GoHTR – „Przygotowanie instrumentów prawnych, organizacyjnych i technicznych do wdrażania reaktorów HTR”. Sonda umożliwia napromienianie w reaktorze MARIA próbek materiałowych w warunkach panujących w reaktorach wysokotemperaturowych chłodzonych gazem, tj. temperaturze do  $1000^\circ\text{C}$  i w atmosferze helowej. Tak wysoka temperatura została zapewniona we wnętrzu sondy dzięki jednoczesnemu grzaniu materiałów sondy przez promieniowanie gamma i przez grzałki elektryczne oraz dzięki zastosowaniu izolacji cieplnej z gazu osłonowego. Prowadzone badania próbek umieszczonych w sondzie mają określić wpływ promieniowania neutronowego i gamma oraz wysokiej temperatury na wytrzymałość i strukturę materiałów przewidywanych do wykorzystania w konstrukcji

nowych reaktorów, a w szczególności przy konstrukcji elementów rdzenia i jego otoczenia. Sonda pracowała w rdzeniu reaktora przez pięć cykli pracy reaktora, czyli przez 670 godzin osiągając temperaturę napromienianych zasobników ok. 1000°C. Po demontażu sondy, przewidywanym w 2022 r. próbki zostaną przetransportowane do Laboratorium Badań Materiałowych NCBJ, gdzie zostaną przeprowadzone właściwe badania.

Obecnie w reaktorze MARIA jest eksploatowane paliwo typu MR-6, produkcji rosyjskiej firmy TVEL. Jest to paliwo 6-rurowe, w którym materiałem paliwowym jest dyspersja  $UO_2$  w aluminium, o wzbogaceniu 19,7% w izotop U-235 i zawartości uranu 485 g.

Wypalone elementy paliwowe, po wyjęciu z rdzenia reaktora (rys.3), schładzane są w basenie przechowawczym reaktora. Obecnie w basenie przechowawczym znajdują się tylko niskowzbogacone elementy paliwowe typu MR-6 produkcji rosyjskiej oraz typu MC-5 produkcji francuskiej firmy CERCA obecnie Framatome. Wysoko i średniowzbogacone elementy paliwowe zostały wywiezione do Rosji, proces wywozu zakończono w 2016 r. Wypalone elementy paliwowe są poddawane systematycznej kontroli metodą „sipping test”, polegającej na pomiarze zawartości produktów rozszczepienia w próbce wody pobranej z elementu paliwowego. W minionym roku zostało rozbudowane stanowisko



1. napęd pręta regulacyjnego
2. płyta montażowa
3. kanał komory jonizacyjnej
4. napęd komory jonizacyjnej
5. konstrukcja wsporcza płyty
6. wspornik płyty
7. napęd zasuwki kanału poziomego

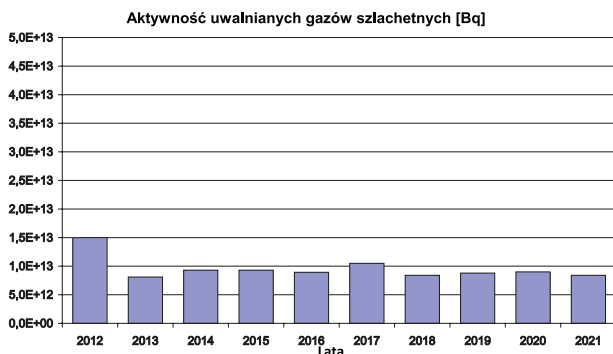
8. zasuwka kanału poziomego
9. kanał paliwowy
10. osłona komór jonizacyjnych
11. podstawa kosza
12. obudowa reflektora
13. bloki reflektora
14. kompensator kanału poziomego

Rys. 3. Przekrój pionowy rdzenia reaktora MARIA  
Fig. 3. Vertical cross section of the MARIA reactor core

pomiarowe, obecnie możliwy jest jednoczesny pomiar trzech elementów paliwowych, co pozwala na systematyczną kontrolę w ciągu roku ponad 100 wypalonych elementów paliwowych znajdujących się w basenie przechowawczym.

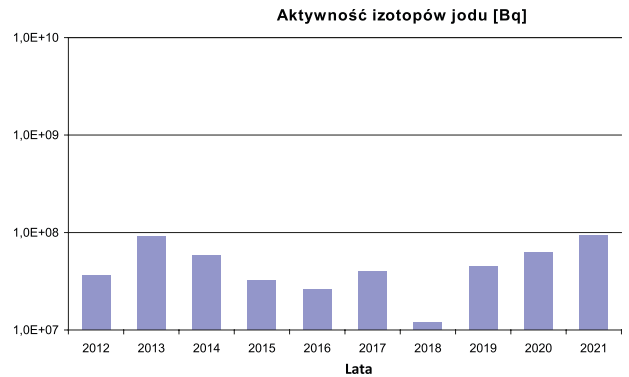
Stan elementów paliwowych pracujących w rdzeniu reaktora MARIA jest stale monitorowany przez układ wykrywania nieszczelności elementów paliwowych (WNEP). Działanie układu polega na okresowym automatycznym pobieraniu wody przepływającej przez kanały paliwowe i pomiarze aktywności neutronów opóźnionych, emitowanych przez produkty rozszczepienia, które mogły się przedostać do tej wody z nieszczelnego elementu paliwowego. W 2021 r. podczas eksploatacji zostały wykryte zwiększone uwolnienia produktów rozszczepienia do obiegu chłodzenia kanałów paliwowych z czterech elementów paliwowych. Elementy paliwowe, z których wydostawały się produkty rozszczepienia zostały wycofane z eksploatacji, a ich stan jest systematycznie monitorowany w basenie przechowawczym.

Reaktor MARIA jest wyposażony w dwa niezależne pierwotne obiegi chłodzenia, stanowiące bariery bezpieczeństwa, zabezpieczające przed rozprzestrzenianiem się produktów rozszczepienia. Głównym obiegiem chłodzenia jest obieg chłodzenia kanałów paliwowych, który odbiera bezpośrednio ciepło z elementów paliwowych, jest to obieg o podwyższonym ciśnieniu wymuszonym przez stabilizator ciśnienia. Dodatkowo obieg chłodzenia kanałów paliwowych jest wyposażony w szereg aktywnych i pasywnych funkcji bezpieczeństwa. Drugim z pierwotnych układów chłodzenia jest obieg chłodzenia basenu reaktora, odbiera on ciepło generowane w matrycy berylowej i grafitowej, prętach pochłaniających, materiałach tarczowych oraz elementach konstrukcyjnych rdzenia reaktora. Ciepło z dwóch pierwotnych obiegów chłodzenia jest odbierane przez obieg wtórny chłodzenia, który przekazuje je do atmosfery przez chłodnię wentylatorową.



Rys. 4. Roczne uwolnienia gazów szlachetnych z reaktora MARIA w ciągu ostatnich dziesięciu lat

Fig. 4. Yearly noble gases emission from the MARIA reactor in the last 10 years



Rys. 5. Roczne uwolnienia izotopów jodu z reaktora MARIA w ciągu ostatnich dziesięciu lat

Fig. 5. Yearly emission of iodine isotopes from the MARIA reactor in the last 10 years

Reaktor badawczy MARIA jest w sposób ciągły monitorowany pod względem uwolnień produktów radioaktywnych do środowiska. Poziomy uwolnień do atmosfery przedstawione na rys. 4 i 5, w 2021 r. wyniosły:

- emisja gazów szlachetnych (głównie Ar-41 oraz izotopy ksenonu i kryptonu) –  $8,4 \times 10^{12}$  Bq, co stanowi ok. 0,8% limitu uwolnień,
- emisja jodów –  $9,4 \times 10^7$  Bq, co stanowiło 0,9% rocznego limitu uwolnień.

W 2021 r. 131 pracowników reaktora otrzymało dawkę mierzalną na całe ciało (Hp-10) zawierającą się w granicach 0,10-1,89 mSv, a 9 pracowników otrzymało dawkę mierzalną na skórę (Hp-0,07) w granicach 0,67-2,26 mSv, przy granicach dopuszczalnych wynoszących odpowiednio 20 i 500 mSv.

Na rys. 6 przedstawiono dwa parametry, mówiące o dyspozycyjności reaktora MARIA na przestrzeni ostatnich 10 lat:

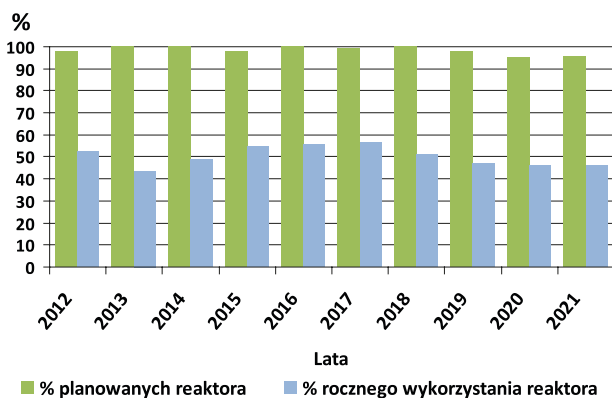
1. stosunek liczby przepracowanych godzin do sumy liczby przepracowanych godzin i liczby godzin nieplanowanych wyłączeń w 2021 r. ( $A_1$ ), który wyniósł 95,5 %,
2. stosunek liczby godzin pracy reaktora do liczby godzin w 2021 r. ( $A_2$ ) wynoszący 46,3%.

W 2021 r. odnotowano dwadzieścia trzy nieplanowane wyłączenia reaktora w tym cztery, które spowodowały skrócenie cykli pracy. Przyczyny wystąpienia nieplanowanych wyłączeń można podzielić na cztery grupy:

- zakłócenia w zewnętrznej sieci elektroenergetycznej (9),
- problemy z eksploatacją paliwa (3),
- fluktuacje przepływu w obiegu basenu (13),
- zakłócenie w pracy układu automatyki neutronowej (1).



	% planowanych reaktora	% rocznego wykorzystania reaktora
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
2001	98	40
2002	99,5	44,5
2003	95,7	45,8
2004	100	3,4 <sup>*)</sup>
2005	99	43,7
2006	99,1	45,7
2007	98,7	45,7
2008	98,8	49,1
2009	96,8	48,7
2010	97,1	43,4
2011	98,7	48,8
2012	97,8	52,6
2013	99,9	43,5
2014	100	49
2015	98	54,5
2016	100	55,5
2017	99,1	56,3
2018	99,9	51
2019	97,9	47,1
2020	95,3	46,2
2021	95,5	46,3



Rys. 6. Roczne wskaźniki pracy reaktora MARIA  
Fig. 6. Yearly factors of reactor the MARIA operation

Przyczyny wystąpienia zwiększonej ilości nieplanowanych włączeń są analizowane, a obsługa reaktora MARIA dokłada wszelkich starań, aby zmniejszyć ich liczbę i wpływ na harmonogram pracy reaktora. Najczęstszą przyczyną nieplanowanych włączeń był wpływ fluktuacji przepływu wody w obiegu basenu na systemy pomiarowe, który został wyeliminowany w czerwcu 2021 r. przez modernizację układu pomiaru natężenia przepływu wody w obiegu basenu reak-

tora. Należy zauważyć, że od września do końca roku miało miejsce tylko jedno nieplanowane wyłączenie, co wskazuje na poprawę sytuacji. Natomiast problemy z eksploatacją paliwa typu MR-6 nie wpływają znacząco na uwolnienia substancji promieniotwórczych do atmosfery oraz poziom narażenia personelu, uwolnienia do atmosfery i poziom narażenia pracowników jest na stałym, niskim poziomie. Zostało to osiągnięte dzięki doświadczonemu personelowi oraz ścisłym przestrzeganiu procedur eksploatacyjnych.

W 2021 r. przeprowadzono wspomnianą powyżej modernizację systemu wentylacji hali fizycznej oraz prowadzono bieżące naprawy i prace konserwacyjne wyposażenia reaktora. Prowadzono szereg prac przygotowawczych do zaplanowanych prac remontowych w 2022 r. Od września 2022 r. jest zaplanowana kilkumiesięczna przerwa pracy reaktora, podczas której zostaną przeprowadzone modernizacje:

- głównych rozdzielni elektrycznych wraz z okablowaniem,
- modernizacja sterowania reaktora z zastosowaniem systemu wizualizacji danych pomiarowych,
- modernizacja zbiornika na ciekłe odpady promieniotwórcze.

W trakcie realizacji jest także modernizacja impulsowej linii rozruchowej polegająca na dobudowaniu drugiej nowej linii i wymianie istniejącej.

W 2021 r. z powodu pandemii COVID-19 ograniczono działalność edukacyjną NCBJ, wycieczki były przyjmowane do NCBJ stosując ścisły reżim sanitarny. Sytuacja epidemiczna nie wpłynęła na pracę reaktora.

Podsumowując, należy stwierdzić, że praca reaktora w 2021 r. przebiegała bez większych zakłóceń, potwierdzając jego dobrą dyspozycyjność oraz spełnianie warunków bezpiecznej eksploatacji.

### Z ostatniej chwili

W styczniu 2022 r. na prośbę firmy Curium zmieniono harmonogram pracy reaktora, by podjąć produkcję molibdenu dla diagnostyki medycznej z powodu awarii reaktora HFR w Holandii. Rdzeń reaktora został błyskawicznie przekonfigurowany na potrzeby tego zadania. Zrealizowano trzy cykle na podwyższonej mocy do 25 MW, żeby zapobiec światowym brakom w dostawach molibdenu-99 dla medycyny.

inż. Piotr Witkowski  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,  
Świerk

# ENERGETYKA JĄDROWA NA ŚWIECIE I W POLSCE W 2021 ROKU

## *Nuclear Power in the World and in Poland in 2021*

Andrzej Mikulski

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia przegląd dokonań w energetyce jądrowej na świecie w 2021 r. z krótkim rozdziałem o Polsce, gdyż szczegóły z pierwszego półrocza przedstawione zostały na portalu internetowym cire.pl, a z trzeciego i czwartego kwartału w poprzednich numerach PTJ. W 2021 r. moc w zainstalowanej w blokach jądrowych nieznacznie zmalała z powodu wyłączenia trzech dużych bloków w Niemczech. Liczba budowanych bloków i rozpoczynanych inwestycji na świecie pozostała na tym samym poziomie. W Polsce podpisano porozumienie rządowe o przygotowaniu oferty na budowę wielkoskalowej elektrowni jądrowej przez firmę Westinghouse ze Stanów Zjednoczonych, ale firmy EDF z Francji i KHNP z Korei Południowej również zapowiadają złożenie ofert w tym zakresie. Zainteresowanie małymi reaktorami modułowymi (SMR) zostało znacznie poszerzone, gdyż oprócz firmy Synthos Green Energy zainteresowanie nimi wyraziło pięć innych firm jak: Orlen, ZE PAK, Ciech, KGHM i Unimot. Równolegle realizowany jest projekt Gospostrateg-HTR dotyczący przygotowań do budowy badawczego reaktora HTGR w Polsce. W 2022 r. wkraczamy z wstępnie wskazaną lokalizacją Lubiatowo-Kopalino, obietnicą opublikowania raportu środowiskowego, trzech ofert na budowę elektrowni jądrowej oraz obietnicą podjęcia ostatecznej decyzji do końca tego roku.

**Abstract:** The article presents an overview of the achievements in the nuclear energy sector in the world in 2021 with a short chapter on Poland, as details from the first half of the year were presented on the cire.pl website, and from the third and fourth quarters in previous issues of PTJ. In 2021, the installed capacity in nuclear units has slightly decreased due to the shutdown of three large units in Germany. The number of blocks built and investments commenced in the world remained at the same level. A government agreement was signed in Poland to prepare an offer for the construction of a large-scale nuclear power plant by the US company Westinghouse, but the companies EDF from France and KHNP from South Korea also announce that they will submit offers in this regard. The interest in small modular reactors (SMR) has been significantly expanded, because in addition to Synthos Green Energy, interest in them was expressed by five other companies, such as: Orlen, ZE PAK, Ciech, KGHM and Unimot. At the same time, the Gospostrateg-HTR project is being carried out concerning preparations for the construction of the HTGR research reactor in Poland. We are entering 2022 with the pre-selected Lubiatowo-Kopalino location and the promise of publishing an environmental report, three offers for the construction of a nuclear power plant and a promise to make a final decision by the end of this year.

**Słowa kluczowe:** energetyka jądrowa, elektrownie jądrowe (EJ), SMR, HTGR

**Keywords:** nuclear power, nuclear power plants (NPP), SMR, HTGR

### Wstęp

Rok 2021 w energetyce jądrowej można scharakteryzować jako podobny do poprzedniego pod względem wpływu pandemii COVID-19 w zakresie zanotowania umiarkowanych opóźnień w realizacji inwestycji, liczby bloków oddawanych do eksploatacji pozostała na tym samym poziomie, więcej było bloków wyłączanych z eksploatacji i więcej rozpoczynanych inwestycji. W Europie, a konkretnie w Finlandii długo oczekiwanym wydarzeniem było pierwsze uruchomienie reaktora EPR, a w Polsce poszerzenie zainteresowania małymi reaktorami modułowymi (SMR) oferowanymi przez GEH Nuclear i NuScale Power, które dodatkowo wyraziło łącznie pięć firm z perspektywą uruchomienia tych reaktorów przed 2030 r.

Przedstawiony materiał pochodzi z informacji dostępnych na portalach internetowych krajowych (biznesalert.pl, cire.pl, wnp.pl, wysokienapiecie.pl i energetyka24.com) i zagranicznych (world-nuclear-news.org, neimagazine.com i powermag.com) oraz portalach Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Państwowej Agencji Ato-

mistyki (PAA), Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) i Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ).

### Sytuacja energetyki jądrowej na świecie

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) w Wiedniu opublikowała informacje statystyczne o energetyce jądrowej na świecie na koniec 2021 r., podając, że pracowało łącznie 438 reaktorów o mocy 390,1 MWe. Szczegółowe informacje o zmianach w 2021 r. przytoczono w Tabeli 1.

Z tabeli wynika, że liczba reaktorów na świecie w 2021 r. zmniejszyła się o 3 bloki, a łączna zainstalowana moc zmalała o 2493 MWe, a w tym najistotniejsze było wyłączenie z eksploatacji w Niemczech 3 dużych bloków typu PWR (1288-1410 MWe) w ramach planu odchodzenia od energetyki jądrowej przed pierwotnie przewidywanym okresem ich pracy przez 40 lat. Pozostałe wyłączone bloki były o znacznie mniejszej mocy, a trzy brytyjskie bloki chłodzone gazem typu AGR o mniejszej mocy (490-545 MWe) eksploatowane były przez 45-46 lat. Natomiast rozpoczynane budowy dotyczą bloków

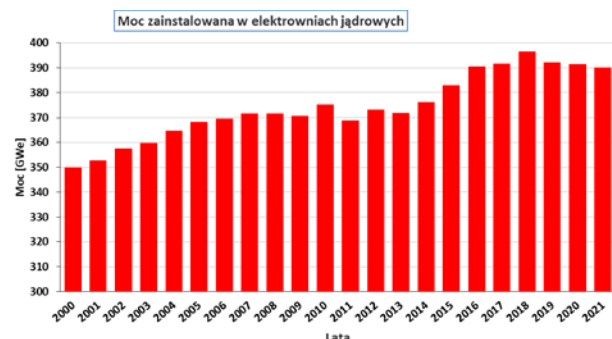
**Tabela 1.** Statystyka reaktorów jądrowych w 2021 r. na podstawie danych IAEA/PRIS  
**Table 1.** Nuclear reactor statistics for 2021 based on IAEA/PRIS data

Nazwa bloku	Typ	Moc [MWe]	Kraj	Data
<b>Nowe przyłączenia do sieci (6 bloków)</b>		5250		
KAKRAPAR-3	PHWR	630	Indie	10 styczeń
KANUPP-2	PWR	1014	Pakistan	18 marzec
TIANWAN-6	PWR	1000	Chiny	11 maj
HONGYANHE-5	PWR	1061	Chiny	25 czerwiec
BARAKAH-2	PWR	1345	ZEA	14 wrzesień
SHIDAO BAY-1	HTGR	200	Chiny	20 grudzień
<b>Reaktory wyłączone (9 bloków)</b>		7743		
INDIAN POINT-3	PWR	1030	USA	28 kwiecień
DUNGENESS B-1	GCR	545	W. Brytania	7 czerwiec
DUNGENESS B-2	GCR	545	W. Brytania	7 czerwiec
KANUPP-1	PHWR	90	Pakistan	1 sierpień
HUNTERSTON B-1	GCR	490	W. Brytania	26 listopad
KUOSHENG-1	BWR	985	Taiwan	28 grudzień
BROKDORF	PWR	1410	Niemcy	31 grudzień
GROHNDE	PWR	1360	Niemcy	31 grudzień
GUNDRMNINGEN-C	BWR	1288	Niemcy	31 grudzień
<b>Rozpoczęcie budowy (7 bloków)</b>		6902		
AKKUYU-3	PWR	1114	Turcja	10 marzec
CHANGJIANG-3	PWR	1000	Chiny	31 marzec
TIANWAN-7	PWR	1171	Chiny	19 maj
BREST-OD-300	FBR	300	Rosja	8 czerwiec
XUDABU-3	PWR	1200	Chiny	28 lipiec
CHANGJIANG-4	PWR	1000	Chiny	28 grudzień
SANAOCUN-2	PWR	1117	Chiny	30 grudzień

typu PWR o dużej mocy (1000-1200 MWe) z wyjątkiem jednego doświadczalnego bloku na prędkich neutronach w Rosji o mocy 300 MWe.

Wykres zmian mocy zainstalowanej w elektrowniach jądrowych na przestrzeni ostatnich 21 lat pokazany jest na rys. 1. Widać na nim systematyczną tendencję wzrostową od 2000 r. do czasu awarii w EJ Fukushima w 2011 r. i późniejsze załamanie się jej oraz dalszy wzrost do roku 2018, po którym obserwujemy spadek zainstalowanej mocy w elektrowniach jądrowych.

Statystyka 52 budowanych reaktorów w różnych krajach pokazana jest w Tabeli 2 na podstawie materiałów



**Rys. 1.** Zmiana zainstalowanej mocy w elektrowniach jądrowych na świecie w latach 2000-2021

**Fig. 1.** Installed capacity of nuclear power plants in the world in years 2000-2021

MAEA/PRIS. Widzimy, że bez przykładowy prym wiodą Chiny z 14-toma budowanymi blokami. Dalej idą Indie, Korea Płd. i Rosja, dla której ta statystyka jest myląca, gdyż nie wyróżnia się bloków budowanych za granicą przez Rosatom, a w tej grupie są bloki budowane na Białorusi, w Bangladeszu, Chinach, Indiach i na Słowacji. Poza tym statystyka ta jest nieaktualna w dwóch przypadkach. W pierwszym MAEA podaje, że blok EPR w Finlandii jest stale budowany, gdyż nie został po raz pierwszy przyłączony do sieci energetycznej, ale jego rozruch fizyczny przeprowadzono w grudniu 2021 r., więc budowa została formalnie zakończona. W drugim przypadku dowiadujemy się, że dwa rosyjskie bloki WWER-1000 budowane są stale na Ukrainie w EJ Chmielnicki podczas gdy inne dokumenty mówią, że budowa dawno została przerwana i znane są plany budowy w tym miejscu amerykańskiego reaktora AP1000.

Jednym z koronnych argumentów przeciwników energetyki jądrowej jest czas budowy poszczególnych bloków. Przeciwnicy energetyki jądrowej wskazują na występujące tu horrendalne opóźnienia przytaczając przykłady budowy reaktorów EPR. Dotyczy to bloku nr 3 w elektrowni jądrowej Olkiluoto w Finlandii, który szczęśliwie został po raz pierwszy uruchomiony osiągając stan krytyczny w grudniu 2021 r., a oddanie do eksploatacji planowane jest w maju br. Drugim przykładem jest blok



**Tabela 2.** Zestawienie budowanych reaktorów na koniec 2021 r.  
**Table 2.** List of reactors under construction at the end of 2021

Kraj	Liczba bloków	Całkowita moc [MWe]
Chiny	14	14792
Indie	6	4194
Korea Płd., Rosja	8 (po 4 bloki)	9119
Turcja	3	3342
Bangladesz, Japonia, Słowacja, Stany Zjednoczone, Ukraina, Wielka Brytania, Zjednoczone Emiraty Arabskie	14 (po 2 bloki)	15947
Argentyna, Białoruś, Brazylia, Finlandia, Francja, Iran, Pakistan	7 (po 1 bloku)	7693
Suma	52	55087

nr 3 w elektrowni jądrowej Flamanville we Francji zmagający się z usterkami wykonawczymi, które wymagają naprawy, ale według aktualnych informacji ma być uruchomiony dopiero w przyszłym roku. W tych dwóch przypadkach rozpoczynano budowę, gdy projekty techniczne nie były w pełni przygotowane i zatwierdzone przez urzędy dozoru jądrowego w Finlandii i we Francji. Sytuacja z uruchomionymi blokami EPR w Chinach jest zupełnie inna. Budowa ich rozpoczęta została w 2009 i 2010 r. (przypominam, że w Finlandii i we Francji budowy rozpoczęte zostały w 2005 i 2007 r.), zatem wiele niedociągnięć technicznych zostało wcześniej usuniętych. Poza tym, tu i ówdzie wyrażane są obawy o przestrzeganie rygorystycznych wymagań bezpieczeństwa przy ich budowie i co mogło spowodować, że zostały one wcześniej uruchomione w Chinach niż w Europie.

Jak wygląda sprawa czasu budowy najłatwiej prześledzić dla bloków uruchomionych w ubiegłym roku. Odpowiednie informacje podane są w Tabeli 3. Wylizyczny średni czas budowy dla wszystkich bloków wynosił 7 lat i 2 miesiące (w tym dwóch prototypowych bloków typu ciężko-wodnego w Indiach i wysokotemperaturowego w Chinach), a dla kolejnych bloków (nie pierwszych określanych jako FOAK – First of a Kind) typu PWR o mocy ponad 1000 MWe i należących do generacji III+ czas ten wynosił 6 lat i 3 miesiące. Należy wyraźnie zaznaczyć, że jest to czas samej budowy od wylania tzw. pierwszego betonu do osiągnięcia po raz pierwszy stanu

krytycznego bez oczekiwania na uzyskanie stosownych zezwoleń na rozpoczęcie budowy i czasu dalszych prób podłączenia do sieci energetycznej, a w dalszej kolejności do rozpoczęcia regularnej pracy danego reaktora na pełnej mocy.

Sytuację w światowej energetyce jądrowej w najważniejszych krajach świata w ubiegłym roku można scharakteryzować następująco.

**Argentyna** – od wielu lat realizuje z licznymi trudnościami budowę małego reaktora CAREM typu iPWR o mocy 25 MWe i obecnie przewiduje się jego uruchomienie w 2024 r.

**Bangladesz** – realizuje budowę dwóch bloków typu WWER-1200 w EJ Rooppur z planem uruchomieniem pierwszego z nich w 2023 r.

**Białoruś** – pierwszy blok w EJ Ostrowiec został podłączony do sieci energetycznej, ale jego praca na pełnej mocy została przerwana przez trzy awaryjne wyłączenia w 2021 r. (16 stycznia, 12 lipca i 17 listopada), a w drugim bloku trwają przygotowania do uruchomienia w bieżącym roku.

**Chiny** – są krajem, gdzie buduje i planuje się najwięcej reaktorów w oparciu o własną konstrukcję reaktora HPR1000 (Hualong One) o mocy 1000 MWe, a konkretnie wymieniana jest imponująca liczba wybudowania 150 bloków w ciągu 15 lat. W połowie czerwca 2021 r. pojawiła się informacja o nieszczelności elementów paliwowych w reaktorze EPR, blok nr 1 w EJ Taishan i wzbudziła zaniepokojenie firmy EDF, dostawcy tego reaktora, a konkretnie opóźnianie jego wyłączenia. Stwierdzono, że było to zgodne z chińskimi przepisami, ale we Francji reaktor w tej sytuacji byłby natychmiast wyłączony. Chińczycy wyłączyli reaktor dopiero cztery tygodnie później i zapowiedzieli zbadanie tego zdarzenia, ale nigdzie wyniki takiego badania nie zostały opublikowane. W ubiegłym roku rozpoczęto budowę małego reaktora modułowego ACP100 (Linglong One) o mocy 125 MWe jako zintegrowanego reaktora ciśnieniowego (iPWR) z obiegiem wymuszonym, który ma służyć do produkcji energii elektrycznej i ciepła dla celów komunalnych. Poza tym, pod koniec roku uruchomiono dwa bliźniacze wysokotemperaturowe reaktory chłodzone helem HTR-PM pracujące na jednej turbinie o mocy 210 MWe i obecnie trwają przygotowania do ich pracy na pełnej mocy. Jest to powrót do technologii takich reaktorów rozwijanej w Niemczech i USA w od ok. 1980 r.

**Tabela 3.** Czas budowy bloków uruchomionych w 2021 r.  
**Table 3.** Time of construction of units commissioned in 2021

Reaktor	Typ reaktora	Model	Moc brutto [MWe]	Rozpoczęcie budowy	Stan krytyczny	Czas budowy [lata/miesiące]
Barakah-2	PWR	APR-1400	1400	16 kwiecień 2013	27 sierpień 2021	8/4
Hongyanhe-5	PWR	ACPR-1000	1119	29 marzec 2015	13 czerwiec 2021	6/2
Kakrapar-3	PHWR	PHWR-700	700	22 listopad 2010	22 lipiec 2020	9/8
Kanupp-2	PWR	ACP-1000	1100	20 sierpień 2015	28 luty 2021	5/6
Shidao Bay-1	HTGR	HTR-PM	211	9 grudzień 2012	12 wrzesień 2021	8/8
Tianwan-6	PWR	CNP-1000	1118	7 wrzesień 2016	4 maj 2021	4/9

i później zaniechanej z powodu trudności technicznych i oby tym razem konstrukcja ta (ze złożem usypanym) okazała się udana i gotowa do powielania.

**Finlandia** – przeprowadziła w grudniu 2021 r. udany rozruch fizyczny reaktora EPR w EJ Olkiluoto i trwają przygotowania do podłączenia go do sieci energetycznej.

**Francja** – oczekuje na uruchomienie reaktora EPR w EJ Flamanville, które po kolejnych przesunięciach przewidywane jest w 2023 r. oraz trwają przygotowania do ogłoszenia planu budowy 6 reaktorów oznaczonych jako EPR2.

**Japonia** – nie został ponownie uruchomiony żaden reaktor wyłączony po katastrofie w Fukushima i pracowało w 2021 r. tylko 9 reaktorów, a 16 oczekuje na ponowne uruchomienie.

**Niemcy** – wyłączono trzy reaktory w elektrowniach Brokdorf, Grohnde i Grundremmingen z końcem 2021 r. zgodnie z planem odchodzenia od energetyki jądrowej. Zrealizowano to mimo protestów obrońców energetyki jądrowej, a wyłączenie ostatnich trzech reaktorów planowane jest w grudniu 2022 r.

**Rosja** – realizuje obecnie najwięcej inwestycji jądrowych zagranicą w takich krajach jak: Bangladesz, Białoruś, Chiny, Indie Iran i Turcja oraz ma największe plany nowych inwestycji w takich krajach jak: Algieria, Boliwia, Finlandia, Indonezja, Jordania, Kazachstan, Nigeria, Południowa Afryka, Tadżykistan i Uzbekistan.

**Stany Zjednoczone (USA)** – kontynuowana jest budowa dwóch bloków typu AP1000 w elektrowni jądrowej Vogtle, gdzie uruchomienie bloku nr 3 planowane jest w trzecim kwartale 2022 r.

**Turcja** – kontynuowana jest budowa 3 bloków WWER-1200 w EJ Akkuyu, a rozpoczęcie budowy czwartego bloku planowane jest z początkiem 2022 r., natomiast uruchomienie pierwszego bloku w 2023 r.

Na poziomie **Unii Europejskiej** wszystko wskazuje, że energetyka jądrowa (atom) mimo sprzeciwu kilku krajów zostanie zaakceptowana w taksonomii i będzie mogła być finansowana z funduszy unijnych.

## Energetyka jądrowa w Polsce

Sytuacja energetyki jądrowej w Polsce w 2021 r. była już omawiana w trzech publikacjach: na portalu internetowym [cire.pl](https://www.cire.pl)<sup>1</sup> za pierwsze półrocze oraz w PTJ za trzeci i czwarty kwartał więc nie warto tu tych informacji powtarzać. Główne elementy wydarzeń już całego 2021 r. są następujące:

- trwa oczekiwanie na ofertę budowy reaktorów wielkoskalowych amerykańskiej firmy Westinghouse przygotowywana na podstawie umowy międzyrządowej oraz osobne oferty francuskiej firmy EDF i po-

łudniowo-koreańskiej firmy KHNP, a wszystkie mają być dostarczone do połowy bieżącego roku,

- zainteresowanie budową małych reaktorów modułowych (SMR) zgłosiły dodatkowo dwie spółki skarbu państwa (PKN Orlen i KGHM) oraz trzy firmy prywatne (Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin, Ciech i Unimot) dołączając do wcześniejszej aktywności na tym polu od 2019 r. firmy Synthos Green Energy,
- zapowiadana jest budowa dwóch różnych małych reaktorów SMR, a mianowicie reaktora BWRX-300 firmy General Electric Hitachi Nuclear o mocy 300 MWe i zespołu czterech reaktorów VOYGR firmy NuScale Power o mocy 77 MWe każdy,
- wskazana została wstępna lokalizacja pierwszej elektrowni jądrowej w gminie Choczewo, a konkretnie jako Lubiатовo-Kopalino,
- zapowiedziano ogłoszenie raportu lokalizacyjnego Lubiатовo-Kopalino w pierwszym kwartale 2022 r. po usunięciu w drodze zmiany odpowiedniej ustawy zastrzeżeń prawnych, że przystąpiono do jego przygotowania w 2016 r., gdy obowiązywały inne przepisy dotyczące ochrony środowiska,
- realizowana była druga faza projektu Gospostrateg-HTR pt. „Przygotowanie instrumentów prawnych, organizacyjnych i technicznych do wdrażania reaktorów HTR”, który ma się zakończyć marcu 2022 r.

## Podsumowanie

Na poziomie światowym energetyka jądrowa zyskuje większe poparcie rządów i społeczeństwa i jest rozwijana w kilku krajach jako uzupełnienie reaktorów wycofywanych z eksploatacji, a dalsze kraje planują uruchomienie u siebie pierwszych elektrowni jądrowych. Jakie to będą reaktory trudno w tej chwili przewidzieć, gdyż dynamicznie rozwija się koncepcja małych reaktorów modułowych. Patrząc na sytuację w naszym kraju to perspektywa uruchomienia pierwszego dużego bloku w 2033 r. (a są głosy licznych ekspertów pozarządowych, że jest to termin nierealny) i małego reaktora modułowego już ok. 2029 r. każe zastanowić się jaką drogą warto iść – duży i mały atom czy tylko mały atom (tak to się popularnie mówi, ale moim zdaniem chodzi o bloki o mocy ok. 300 MWe).

W 2022 r. wkraczamy ze wstępnie wskazaną lokalizacją Lubiатовo-Kopalino pierwszej elektrowni jądrowej, zapowiedzią opublikowania raportu środowiskowego, oczekiwaniem na przedstawienie trzech ofert na budowę elektrowni jądrowej oraz obietnicą podjęcia ostatecznej decyzji do końca tego roku.

*dr inż. Andrzej Mikulski,  
Polskie Towarzystwo Nukleonowe,  
Warszawa*

<sup>1</sup> Energetyka jądrowa w Polsce w pierwszej połowie 2021 roku – OPINIE ([cire.pl](https://www.cire.pl)). <https://www.cire.pl/artikuly/opinie/186976-energetyka-jadrowa-w-polsce-w-pierwszej-polowie-2021-roku>

# PRZYRZĄDY DOZYMetryCZNE PRODUKOWANE DLA LUDNOŚCI PO KATASTROFIE W CZARNOBYLU

## *Dosimetry equipment produced for popular use after Chernobyl disaster*

Łukasz Karolewski

**Streszczenie:** Do czasów katastrofy w Czarnobylu praktycznie nie istniała produkcja sprzętu dozymetrycznego na potrzeby obywateli – pozostawał on wyłącznie w gestii wojska i instytucji naukowych, zwłaszcza w bloku państw komunistycznych. Dopiero po tej katastrofie nastąpił dynamiczny rozwój produkcji dozymetrów dla ludności, przede wszystkim w ZSRR i państwach powstałych po jego rozpadzie. Mierniki te można podzielić na 3 grupy: indykatory promieniowania, dozymetry i radiometry-dozymetry. Indykatory jedynie sygnalizują, czy bieżąca moc dawki promieniowania gamma jest bezpieczna w kontekście długotrwałego narażenia całego ciała oraz czy przekroczenie tego poziomu jest nieznaczne, czy też silne. Dozymetry zaś podają konkretną wartość mocy dawki promieniowania gamma. Dozymetry-radiometry są zaś przyrządami uniwersalnymi: oprócz mocy dawki promieniowania gamma mierzą też aktywność emiterów beta, zarówno na powierzchniach, jak i w produktach żywnościowych. Wspomniane przyrządy wykazują bardzo duże różnice, jakości wykonania oraz parametrów użytkowych. Niektóre (głównie indykatory i proste dozymetry) charakteryzują się wręcz absurdalnymi rozwiązaniami technicznymi, inne zaś (szczególnie radiometry-dozymetry) są nadal bardzo użyteczne dla potrzeb amatorskich, oczywiście z zastrzeżeniem traktowania wyników, jako orientacyjnych.

**Abstract:** Till Chernobyl disaster there was no production of dosimetry equipment for popular use – those devices were only for scientific and military purposes, especially in Communist Bloc. After that disaster began extensive development of production of dosimeters for population, mostly in USSR and countries left after dissolution of that Union. Those meters can be divided into three groups: radiation indicators, dosimeters and radiometers-dosimeters. Indicators only show, if current gamma ray dose rate is safe regarding to long-term irradiation of whole body and if exceeding of safe radiation level is slight or significant. Dosimeters give exact value of current gamma ray dose rate. On the other hand, dosimeters-radiometers are universal devices: measure gamma ray dose rate and also activity of beta emitters, both on surfaces and in food products. Mentioned devices exhibit differences of quality and performance characteristics. Some of them (mostly indicators and simple dosimeters) have sometimes ridiculous technical solutions, but other (especially dosimeters-radiometers) still are very usable for amateur usage, of course when treating measurement as only indicative.

**Słowa kluczowe:** dozymetria, dozymetr, licznik Geigera, radiometr, indykator promieniowania, Czarnobyl, skażenie radioaktywne

**Keywords:** dosimetry, dosimeter, Geiger counter, radiometer, radiation indicator, Chernobyl, radioactive contamination

Katastrofa w elektrowni jądrowej w Czarnobylu (1986) wzmogła narastające od czasów zimnej wojny protesty przeciwko energetyce jądrowej. Była to pierwsza tak poważna awaria (7 w skali INES) o ogólnoświatowym zasięgu, rozgrywająca się, pomimo blokady informacyjnej, niejako na oczach całego świata. Poprzednie awarie reaktorów – w Windscale (1957) i w Three Mile Island (1979) miały znaczenie lokalne i nie spowodowały tak dalekosiężnych skażeń jak Czarnobyl. Pomijam tu utajnioną przez wiele lat katastrofę kysztymską (1957), która wówczas nie istniała w powszechnej świadomości<sup>1</sup>. Choć podawane poziomy skażeń znacznie się różnią, nie ulega wątpliwości, że opad promieniotwórczy z Czarnobyla dotknął znaczne

obszary Europy Wschodniej i Środkowej. W Polsce zostały silnie skażone województwa południowe, zaś centralne i północne umiarkowanie<sup>2</sup>, a śladowe ilości tych skażeń są wykrywalne do chwili obecnej<sup>3</sup>.

Zwiększone zainteresowanie bezpieczeństwem radiacyjnym stworzyło popyt na proste mierniki promieniowania do użytku amatorskiego. Do tej pory, bowiem sprzęt dozymetryczny był domeną wojska i instytucji naukowych, praktycznie nie produkowano go dla potrzeb ludności. Wyjątkiem były Stany Zjednoczone, gdzie w latach 50. zapanowała istna „uranowa gorączka” (*Uranium rush*), porównywalna z dziewiętnastowieczną „gorączką złota”.

<sup>1</sup> Katastrofa miała miejsce w tajnych zakładach przeróbki paliwa jądrowego „Majak”, występujących pod nazwą kodową Czelabińsk-40 (później Czelabińsk-65). Została utajniona nie tylko w ZSRR, ale również w USA z obawy przed zahamowaniem rozwoju tamtejszego przemysłu jądrowego. Rosja przyznała się do tej katastrofy dopiero w 1992 r.

<sup>2</sup> Zawartość Cs-137 w glebie - zob. Radiologiczny Atlas Polski 1997, s. 24 - [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/31/011/31011554.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/011/31011554.pdf)

<sup>3</sup> Podwyższone stężenie Cs-137 w południowych województwach jest nadal wykrywalne, por. Atlas Radiologiczny Polski 2010, s. 32 i n. - [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_promieniowania\\_jonizujacego/Atlas\\_Radiologiczny\\_Polski\\_2011.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_promieniowania_jonizujacego/Atlas_Radiologiczny_Polski_2011.pdf)

Wielu poszukiwaczy ruszyło w teren z dozymetrami, licząc na uranową fortunę. Prywatne firmy oferowały wówczas bardzo szeroki asortyment przyrządów, od prostych indykatorów aż do profesjonalnych radiometrów<sup>4</sup>. Niekiedy oferowano zestawy, w skład, których oprócz dozymetru wchodziły narzędzia geologiczne, odzież ochronna, czy nawet, w największym z nich, również samochód terenowy typu jeep (!).

Inaczej sytuacja wyglądała w państwach bloku wschodniego, gdzie sprzętem dysponowali tylko naukowcy i wojsko. Rzadkimi wyjątkami były proste indykatory promieniowania, stosowane w szkolnictwie. W Polsce produkowała je Fabryka Pomocy Naukowych „Biofiz”<sup>5</sup> i FPN „Nysa”<sup>6</sup>, w ZSRR zaś zakłady „Elektrodiel” w Leninradzie<sup>7</sup>. Sporadycznie, i to już po czarnobylskiej awarii, czasopisma dla radioamatorów i elektroników publikowały autorskie projekty dozymetrów, jednak ich realizację komplikowała niedostępność najważniejszego elementu, czyli licznika Geigera-Mullera<sup>8</sup>.

Cywilny sprzęt praktycznie, więc nie istniał, a nawet nieautoryzowane używanie sprzętu służbowego było utrudnione. Po katastrofie w Czarnobylu polska prasa potępiała wręcz „prywatne” pomiary prowadzone przez osoby mające dostęp do służbowych mierników<sup>9</sup>. Za wszelką cenę chciano, bowiem uniknąć paniki oraz utrzymać oficjalną wersję władz, która minimalizowała zagrożenie.

Jeszcze ściślejsza kontrola obowiązywała w ZSRR, państwie ogarniętym zimnowojenną psychozą strachu, wszechobecnej inwigilacji i wyścigu zbrojeń, mającego dać przewagę w spodziewanym konflikcie nuklearnym z Zachodem. Jednocześnie komunistyczna propaganda roztaczała wizję przodującej radzieckiej nauki i nowoczesnego przemysłu, w którym nie zdarzają się katastrofy. Szczególne miejsce w tej wizji zajmował przemysł jądrowy, z jednej strony tajny z uwagi na udział w zbrojeniach nuklearnych, z drugiej propagowany, jako symbol postępu i dowód na wyższość systemu komunistycznego nad kapitalistycznym. Katastrofa czarnobylska obnażyła zaś wszelkie słabości radzieckiego systemu – niewydolność centralnie sterowanej gospodarki, nieudolność zarządzania, brak odpowiedzialności, prymat przynależności

partyjnej nad kompetencjami, niską dyscyplinę pracy, braki zaopatrzeniowe itp. Pomimo tego, władze nadal starały się utrzymać swój wizerunek, m.in. minimalizując faktyczne rozmiary katastrofy, cenzurując informacje czy publikując zafałszowane dane. Uciekano się też do bardziej bezpośrednich metod. Przykładowo, w Kijowie, silnie skażonym opadem z Czarnobyla, KGB skonfiskowało aparaturę dozymetryczną z instytucji naukowych, aby nikt nie mógł podważyć oficjalnych danych<sup>10</sup>. Następnie odbył się pochód pierwszomajowy, choć przedstawiciele najwyższych władz partyjnych ewakuowali wcześniej swoje rodziny z miasta. Brak rzetelnych informacji o faktycznym poziomie mocy dawki i aktywności skażeń był szczególnie istotny dla osób ewakuowanych z okolic Czarnobyla, które częstokroć przesiedlano w miejsca o podobnym poziomie skażeń lub nie udzielano danych o sytuacji radiologicznej w nowym miejscu zamieszkania. Strach przed promieniowaniem, którego nie uspokajały fałszywe zapewnienia władz, stworzył popyt na sprzęt dozymetryczny do użytku amatorskiego. Wkrótce, więc w chwiejącym się imperium, pod koniec lat 80. zaczęły powstawać pierwsze przyrządy przeznaczone do powszechnego użytku. Produkcja rozwinęła się na masową skalę, łącznie opracowano i wdrożono do produkcji kilkadziesiąt modeli o bardzo różnym stopniu zaawansowania. Produkowano je głównie na początku lat 90., gdy rozpad ZSRR (1991) zbiegł się z rozwojem ruchów ekologicznych, mających również znaczenie narodowowyzwoleńcze. Szczególnie na Ukrainie wrogo patrzono na kierowaną z Moskwy energetykę jądrową, słusznie obarczając ZSRR odpowiedzialnością za katastrofę. Czarnobyl stał się punktem kulminacyjnym wieloletniej dominacji Rosji na Ukrainie i stanowił impuls do narodowego odrodzenia Ukraińców, a tym samym walki o niepodległe państwo<sup>11</sup>. Kraj ten, na którego terytorium rozegrała się czarnobylska tragedia, najmocniej, wraz z Białorusią, ucierpiał na skutek awarii, zatem to w nim rozwinęto znaczną część produkcji sprzętu dozymetrycznego. Największe nasilenie produkcji przypadło na lata 1990-1993 i to właśnie z tego okresu pochodzi większość egzemplarzy dostępnych obecnie na rynku wtórnym. Przyrządy te można podzielić na następujące grupy (w nawiasach nazwy rosyjskie):

1. indykatory promieniowania (*indikatoryjny pribor*)
2. dozymetry (*dozimetriczeskij pribor*)
3. radiometry-dozymetry (*radiometr-dozimetr*)

### Indykatory promieniowania

Indykatory promieniowania są najprostszymi przyrządami dozymetrycznymi, jakie wówczas powstawały. Rejestrują one zwykle tylko promieniowanie gamma i informują o bezpieczeństwie danego poziomu mocy dawki w odniesieniu do narażenia całego ciała w skali roku. Poziomy te przedstawiały się następująco:

<sup>4</sup> Przykładowe reklamy sprzętu dozymetrycznego i artykuły zachęcające do poszukiwań por. [http://national-radiation-instrument-catalog.com/new\\_page\\_14.htm](http://national-radiation-instrument-catalog.com/new_page_14.htm)

<sup>5</sup> Konstrukcja z licznikiem G-M typu BOB-33 i jedną lampą elektronową ECC-85, zasilana dwoma napięciami (220 V i 6,3 V) ze specjalnego zasilacza do pomocy szkolnych

<sup>6</sup> Radioindykator z licznikiem DOB-80, konstrukcja tranzystorowa w obudowie kieszonekowego radia Iza MOT-745, zasilanie napięciem stałym 9 V z zasilacza od kalkulatorów „Brda”

<sup>7</sup> Indykator z licznikiem STS-5, zasilany z baterii płaskiej 4,5 V typu 3R12

<sup>8</sup> Edward Jaroszyński, Rejestrator promieniowania [w:] Młody Technik 08/1987 – [https://mlodytechnik.pl/files/ciu/87-nw-08-rejestrator\\_promieniowania.pdf](https://mlodytechnik.pl/files/ciu/87-nw-08-rejestrator_promieniowania.pdf), por. też: Rafał Buzała, Grzegorz Lentka, Kazimierz Mikulski, Rejestrator cząstek, [w:] Radioelektronik 10/1993

<sup>9</sup> Łukasz Karolewski, *Propagandowe techniki ukrywania katastrofy w Czarnobylu przez władze polskie*, [w:] Dzieje Najnowsze, rocznik XLIII — 2011, 2, s. 129.

<sup>10</sup> Paweł Sekuła, *Spoleczno-gospodarcze, polityczne i kulturowe konsekwencje katastrofy jądrowej dla Ukrainy*, s. 167

<sup>11</sup> Paweł Sekuła, op.cit., s. 319 i n.



„bezpieczny” do  $0,6 \mu\text{Sv/h}$  (oznaczenie zielone), „uwaga!”  $0,6-1,2 \mu\text{Sv/h}$  (żółte) i „niebezpieczny” powyżej  $1,2 \mu\text{Sv/h}$  (czerwone). Wartości ustalono w oparciu o radziecką dawkę graniczną dla ludności, wynoszącą  $5 \text{ mSv}$  rocznie. Taką dawkę otrzyma osoba, przebywająca cały rok w polu promieniowania rzędu  $0,6 \mu\text{Sv/h}$  lub w budynku, na zewnątrz którego moc dawki wynosi  $1,2 \mu\text{Sv/h}$ , jeśli ściany zapewniają dwukrotne osłabienie promieniowania<sup>12</sup>. W indykatorach wskaźnikiem był zestaw trzech diod



Fot. 1. Indykatory promieniowania. Od lewej: SIM-03, IRG-01A, Eltes 902  
Photo 1. Radiation indicators. From the left: SIM-03, IRG-01A, Eltes 902

zaświecenia się diody zielonej, a następnie odczytać wartość z tabeli na obudowie. Podobne rozwiązanie zastosowano w przyrządzie Eltes-902, z tym, że obie diody były jednej barwy.

Niektóre z tych przyrządów (IRG-01A, SIM-03) miały również alarm progowy, sygnalizujący głośnym dźwiękiem o przekroczeniu jednego z uprzednio wybranych progów mocy dawki. Z racji niskiego poboru prądu mogły być przez cały czas włączone, włączając alarm dopiero przy niebezpiecznym wzroście radiacji.

Detektorem promieniowania w indykatorach był zwykle licznik G-M typu SBM-20, powszechnie stosowany w radzieckim sprzęcie dozymetrycznym, zarówno cywilnym, jak i wojskowym<sup>13</sup>. Licznik najczęściej był owinięty folią ołowianą dla odcięcia promieniowania beta i wyrównania charakterystyki energetycznej. Niekiedy rezygnowano z tego ekranu, a w obudowie przyrządu umieszczano kratkę, umożliwiającą indykację skażeń emiterami promieniowania beta. Takie rozwiązanie było jednak mniej popularne, gdyż licznik SBM-20 jest nieskompensowany energetycznie, czyli zawyża wyniki na skutek większej czułości na niskoenergetyczne promie-



Fot. 2. Indykator promieniowania BIRI-1 z licznikiem SBM-10. Zwraca uwagę niska jakość tworzywa sztucznego i niestaranne wykończenie  
Photo 2. Radiation indicator BIRI-1, using SBM-10 miniature Geiger counter. Draws attention low quality of plastic and sloppy finishing



Fot. 3. Indykator Strellec-1  
Photo 3. Radiation indicator Strellec-1

niowanie. Spośród konstrukcji z odsłoniętym detektorem warto wymienić indykator Elektronika IBGI-01 (*indikator beta-gamma izluczenija*), znany też pod eksportową nazwą BGRAI-01 (*beta-gamma radiation alarm indicator*)<sup>14</sup>. Wytwarzały go zakłady „Swietłana” w Leningradzie, wykorzystując obudowy od produkowanych równolegle kalkulatorów Elektronika MK-33. Wartość tła naturalnego mierzono tym przyrządem oszacowano na mniejszą niż  $60 \text{ imp/min}$ , co odpowiada biegowi własnemu licznika SBM-20. Przyrząd przewidziano do wykrywania skażeń izotopami beta-aktywnymi na podstawie porównania częstości zliczania przy pomiarze w powietrzu i na danej powierzchni. Podobną konstrukcją był KF-12P, również wykorzystujący nieosłonięty licznik SBM-20. W dozymetrze tym zastosowano bezpośrednie zliczanie impulsów z detektora bez żadnego przełącznika zakresów, co znacznie ograniczyło zakres pomiarowy – nieprzerwany sygnał pojawiał się już przy  $5 \mu\text{Sv/h}$ .

LED w wymienionych kolorach lub, rzadziej, mikroamperomierz z kolorowymi polami na skali (Bierieg IRI-1, DBGB-07T-1 „Ładoga”). Innym rozwiązaniem było szacowanie poziomu mocy dawki na podstawie liczby sygnałów dźwiękowych i świetlnych w określonym czasie, zwykle 10-40 s. Przeliczenia dokonywano według tabelki na ścianie urządzenia, z zaznaczonymi kolorem zakresami, w których mieścił się dany odczyt (IRG-01A, DBG-0,5B). Niekiedy okres zliczania był sygnalizowany osobną diodą, oszczędzając ręcznego mierzenia czasu. Przykładowo, w indykatorze SIM-03 po wciśnięciu przycisku należało zliczać błyski czerwonej diody do momentu

<sup>12</sup> Boris Polenow, *Dozimetriczeskoje pribory dlja nasielienija*, s. 22

<sup>13</sup> zakres pomiarowy  $0,014-140 \text{ mR/h}$ , gęstość powierzchniowa ścianki  $40 \text{ mg/cm}^2$  - <http://www.sovtube.com/x-ray-and-geiger-tubes/341-sbm-20.html>

<sup>14</sup> [http://www.leningrad.su/museum/show\\_calc.php?n=466](http://www.leningrad.su/museum/show_calc.php?n=466)

W najmniejszych indykatorach montowano miniatury licznik SBM-21<sup>15</sup> (6x16 mm) lub SBM-10<sup>16</sup> (20x6 mm). Miały one zbliżony zakres pomiarowy do SBM-20, lecz mniejszą czułość, wydajność i bieg własny. Pozwoliło to zminiaturyzować indykatory do rozmiarów breloczka, zasilanego z ogniw guzikowych. Przykładem może być seria indykatorów BIRI (*brelok indikator radioaktywnogo izłuczenija*) czy „Swierczok”. Na ówczesnym etapie rozwoju technologii były to najmniejsze przyrządy dozymetryczne, jakie można było skonstruować.

Oryginalną konstrukcją jest indykator BIR-3 (*bytovoj indikator radioaktywnosti*), mający postać nakładki na kieszonkową latarkę. Celem uruchomienia indykatora należało odkręcić i zdjąć klosz latarki mieszczący odbłyśnik z żarówką, a następnie w gniazdo żarówki wkręcić wtyk nakładki z indykatorem i nakręcić tą nakładkę. Wynik pomiaru był przedstawiany za pomocą wspomnianych wyżej trzech diod LED. Zasilanie odbywało się z trzech niklowo-kadmowych akumulatorków guzikowych, ładowanych przez podłączenie latarki do gniazdka sieci 220 V.

Niektóre indykatory miały orientacyjną skalę, co czyni z nich konstrukcje przejściowe, mogące uchodzić za proste dozymetry. Takim przyrządem jest choćby Strielec-1, mający logarytmiczną podziałkę z zaznaczonymi wartościami 20, 500 i 5000  $\mu\text{R/h}$  oraz mnożnikiem 10x dla drugiego zakresu.

Swoistym kuriozum jest zastosowanie w nim licznika SBT-9 z okienkiem mikowym o gęstości powierzchniowej 1  $\text{mg}/\text{cm}^2$  (!)<sup>17</sup>. Detektor zamontowano wewnątrz plastikowej obudowy przyrządu, bez żadnego okienka, umożliwiającego bezpośrednio dotarcie cząstkom alfa i beta, choć na skali umieszczono symbole wszystkich trzech rodzajów promieniowania. Trudno zrozumieć użycie tak czułego licznika w uproszczonym indykatorze, pokazującym orientacyjną wartość mocy dawki na wskaźniku wychyłowym bez dokładnej skali. Lepiej rozwiązano to w innym, także „przejściowym” indykatorze Poisk-2, wyposażonym w dwa liczniki SBT-9. Detektory umieszczono w nim obok siebie na krótszej krawędzi obudowy, osłonię-



Fot. 4. Indykator Poisk-2  
Photo 4. Radiation indicator Poisk-2

te jedynie drobną siatką stalową. Pozwala to na dotarcie do okienka pomiarowego większości niskoenergetyczne go promieniowania beta, a nawet silniejszych cząstek alfa.

Skalą przyrządu jest zestaw diod LED z przypisanymi wartościami mocy dawki w milirentgenach na godzinę i pomocniczym oznaczeniem barwnym. Tabela na tylnej ścianie obudowy umożliwia przeliczenie pomiaru na aktywność powierzchniową beta w rozpadach na minutę z centymetra kwadratowego. Indykator umożliwia też pomiar samej emisji gamma, w tym celu instrukcja zaleca zakrycie okienek pomiarowych... palcem. Poisk-2 charakteryzuje się szerokim zakresem, jak na przyrząd tej klasy – od 0,01 do 15  $\text{mR/h}$ . Można byłoby go nawet uznać za prosty radiometr, jednak odstępstwa między poszczególnymi wartościami „skali” są dosyć szerokie. Na marginesie warto wspomnieć, że indykator Poisk-2 uruchamiamy, dotykając kciukiem dwóch styków na bocznej powierzchni obudowy, co czyni się niejako odruchowo, biorąc przyrząd do ręki. Z kolei po wyświetleniu pomiaru przez kilka sekund indykator wyłącza się. Jest to jedyna znana mi konstrukcja z takim rozwiązaniem, zwykle wynik był wyświetlany aż do ręcznego resetu (ANRI Sosna, Master-1) lub nowy pomiar rozpoczynał się po pewnym czasie wyświetlania wyniku (Biełła, MS-04B Expert, RKSB-104, Sinteks).

Innym przykładem konstrukcji przejściowej jest Palesse 26K-86, którego oznaczenie modelu jest połączeniem białoruskiej nazwy Polesia i daty katastrofy czarnobylskiej. W indykatorze tym wynik również podawany jest za pomocą szeregu diod LED. Skala nie jest liniowa, odstępstwa między wartościami zwiększają się stopniowo wraz z kolejnymi wartościami podziałki.

Zakresy pomiarowe częściowo się zająbiają (0,06-1,2 i 0,5-12  $\mu\text{Sv/h}$ ), różnią się jednak czasem uśredniania pomiaru. Na wyższym zakresie jest on krótszy, co przyspiesza reakcję na zmiany mocy dawki, na niższym zaś ustabilizowanie się wyniku zajmuje 3-4 minuty od włączenia dozymetru. Tak długi czas nie ma technicznego uzasadnienia tym bardziej, że ten prosty przyrząd korzysta z dwóch liczników SBM-20, co umożliwia dwukrotnie skrócenie czasu pomiaru bez straty dokładności. Liczniki umieszczono po obu stronach obudowy, co zapewnia korzystną geometrię układu pomiarowego przy pomiarze mocy dawki w powietrzu lub od źródeł o dużej powierzchni.



Fot. 5. Indykator Palesse 26K-86  
Photo 5. Radiation indicator Palyessye 26K-86

<sup>15</sup> <http://www.sovtube.com/x-ray-and-geiger-tubes/783-sbm-21.html>  
<sup>16</sup> <https://www.gstube.com/data/2396/>  
<sup>17</sup> <https://www.pocketmagic.net/tube-sbt-9-end-window-geiger-tube/>



## Dozymetry

Dozymetry od indykatorów różniły się przede wszystkim zastosowaniem wyświetlacza, najczęściej LCD, rzadziej LED. Mierniki te pracowały najczęściej w trybie przelicznikowym, zliczając impulsy przez określony czas (10-40 s), a następnie wyświetlając wynik. W zależności od modelu dozymetru, wynik był wyświetlany przez taki sam czas, jak czas pomiaru (Biełła), po czym następował kolejny cykl pracy bądź też czas wyświetlania był krótszy od czasu pomiaru (RKSB-104, MS-04B Expert). Niekiedy wynik wyświetlany był do czasu ręcznego zresetowania lub wyłączenia zasilania. Jakość wykonania tych dozymetrów, a także zaawansowanie techniczne konstrukcji cechuje znaczny rozrzut.

W Polsce na rynku wtórnym najczęściej występują dwa modele. Najbardziej popularny, najtańszy i najmniej dopracowany jest Master-1. Działa w trybie przelicznikowym, mierząc moc dawki promieniowania gamma przez 36 sekund, a następnie wyświetla wynik do ponownego uruchomienia pomiaru lub wyłączenia zasilania. Wykorzystuje pojedynczy licznik SBM-20 owinięty folią ołowianą. Niestety, jakość wykonania całego dozymetru jest bardzo niska. Ekran licznika G-M przepuszcza znaczną część promieniowania beta i niskoenergetycznego gamma, zaś układ zliczający ulega zapełnieniu przy wyższych częstościach zliczania. Deklarowany przez producenta błąd pomiaru wynosi aż +/- 50%, zaś zakres kończy się już na 9,99  $\mu\text{Sv/h}$ . Zasilanie odbywa się z zestawu czterech baterii guzikowych AG13, które nominalnie powinny starczyć na 200 godzin pracy, często jednak ulegają przedwczesnemu rozładowaniu. Dozymetr występował w dwóch wersjach obudowy, z których większa jest nieco staranniej wykonana, choć dzieli pozostałe wady z mniejszą.



Fot. 6. Dwie wersje obudowy dozymetru Master-1. Mniejsza wersja w rzadkim, kremowym kolorze

Photo 6. Two casing versions of dosimeter Master-1. Smaller version in rare, crème colour

Drugi z często występujących w Polsce przyrządów, to „Biełła”, oznaczenie kodowe DBG-01i.



Fot. 7. Dozymetr „Biełła” – egzemplarz z fabryki „Tienzor”

Photo 7. Dosimeter „Bella” – specimen made in „Tenzor” factory

Przyrząd ten, z pojedynczym licznikiem SBM-20 owiniętym folią ołowianą, mierzy moc dawki gamma przez 40 s, a następnie przez kolejne 40 s wyświetla wynik, po czym cykl powtarza się. Zakres pomiarowy wynosi 0,1-99,99  $\mu\text{Sv/h}$ , a na obudowie podano przelicznik na mikrorentgeny na godzinę (1  $\mu\text{Sv/h}$  = 100  $\mu\text{R/h}$ ).

Impulsy są sygnalizowane błyskami diody LED, a także sygnałami dźwiękowymi, które można wyłączyć. Dozymetr ten był produkowany przez liczne zakłady, m.in. „Elektron”, „Impuls”, „Tienzor” i „ELAT”. Jego wersja rozwojowa, oznaczona DBG-01N, miała dwa liczniki SBM-20 i zakres do 999  $\mu\text{Sv/h}$ . Jest to ewenement wśród amatorskich konstrukcji, szczególnie, że trudno natrafić w codziennym życiu na pole promieniowania o takiej mocy dawki. Równie wysoki zakres miał jeszcze dozymetr Sinteks DBG-01S, korzystający z jednego licznika SBM-20 w ekranie ołowianym. W tym przyrządzie zakres podzielono na trzy podzakresy, ze stopniowo coraz krótszym czasem pomiaru i wyświetlania wyniku (odpowiednio: 32 - 6 s, 25 - 6 s, 3 - 3 s). Krótki czas pomiaru na najwyższym zakresie zapewnia wystarczającą dokładność pomiaru przy wyższych częstościach zliczania, jednocześnie skracając czas narażenia na promieniowanie. Dozymetr ten wyróżnia się wyjątkowo niestarannie wykonaną obudową oraz zasilaniem z trzech baterii paluszkowych typu AA – w większości poczarobylskich przyrządów dominowała bateria 6F22 o napięciu 9V, znana w ZSRR jako „Krona” lub „Korund”.

Spśród bardzo licznych prostych dozymetrów wyróżniał się przyrząd nazwany Grif-1. Po włączeniu sygnalizował impulsy za pomocą sygnałów dźwiękowych tak jak proste indykatory, zaś wciśnięcie i przytrzymanie osobnego przycisku uruchamiało pomiar trwający 10 s. Wynik podawany był na wyświetlaczu LED w postaci wie-

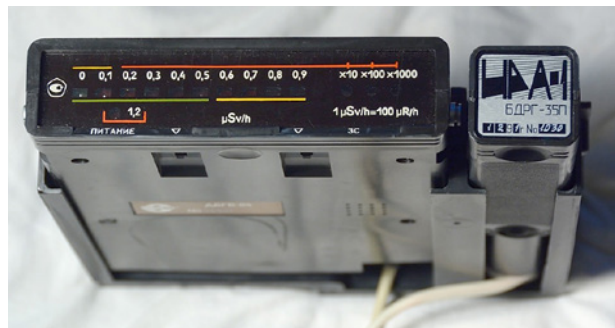
lokrotności tła naturalnego, którego wartość przyjęto na 0,15  $\mu\text{Sv/h}$ , zatem zakres pomiarowy kończył się na 1,35  $\mu\text{Sv/h}$ . Gryf-1 występował też w wersji z tradycyjnym wyświetlaniem wartości mocy dawki w  $\mu\text{Sv/h}$  – egzemplarze te miały przezroczystą osłonę wyświetlacza w kolorze czerwonym, a nie białym.



Fot. 8. Dozometr Grif-1  
Photo 8. Dosimeter Grif-1

Większość poczynobylskich dozymetrów promieniowania gamma oferowała tylko pomiar mocy dawki, bez dodatkowych funkcji, takich jak np. alarm progowy czy zliczanie łącznej dawki. Na tym tle wyróżniał się Jupiter SIM-05. Miernik ten miał zestaw dwóch liczników SBM-20 owiniętych folią ołowianą. Pracował w trybie przelicznikowym przy czasie pomiaru 25 s na pierwszym zakresie i 2,5 s na drugim, co rozszerzało łączny zakres do 999,99  $\mu\text{Sv/h}$ . Wyposażono go też w alarm progowy o trzech progach – 0,6-1,2 i 4  $\mu\text{Sv/h}$ .

Omawiając produkowane wówczas dozymetry gamma, warto wspomnieć o dozymetrze samochodowym DBGB-04. Miernik ten dostarczano wraz ze specjalnym uchwytem do zamontowania pod deską rozdzielczą samochodu. Umożliwiał on pobór prądu z instalacji elektrycznej pojazdu (10-15 V), jak również szybkie wyjęcie miernika z automatycznym przełączeniem na zasilanie z baterii (cztery ogniwa AA). Detektorami promieniowania były 2 liczniki SBM-20 owinięte folią ołowianą i umieszczone w sondzie, połączone przewodem z pulpitem pomiarowym. Szeroki zakres pomiarowy (0,1-900  $\mu\text{Sv/h}$ ) został podzielony na 3 podzakresy, przełączane automatycznie. Wynik podawany był za pomocą szeregu diod LED, z których jedna wskazywała podstawową wartość, a druga mnożnik podzakresu.



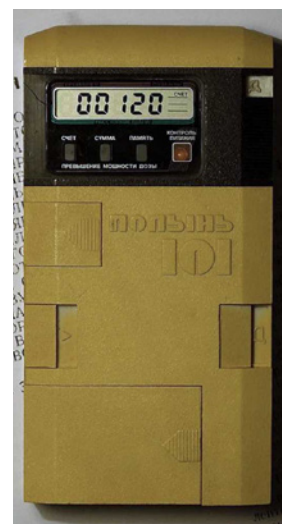
Fot. 9. Dozometr samochodowy DBGB-04 w uchwycie montażowym  
Photo 9. On-board car dosimeter DBGB-04 with mounting bracket

Dodatkowa dioda sygnalizowała przekroczenie wartości 1,2  $\mu\text{Sv/h}$ . Przy pracy z zasilaniem z instalacji samochodu wynik był wyświetlany zapaleniem wszystkich diod od początku skali do bieżącej wartości, jednak celem oszczędzania baterii przy pracy przenośnej świeciła się tylko dioda odpowiadająca mierzonemu poziomowi promieniowania.

Niekiedy dozymetry wmontowywano w przedmioty codziennego użytku. Przykładem może być BEC-1, czyli zasilany z sieci 220 V elektroniczny budzik Elektronika 18.07, w którym zamontowano dodatkową płytkę drukowaną, notabene łądząco podobną do układu z dozymetru Biełła<sup>18</sup>. Ma ona licznik SBM-20 owinięty folią ołowianą a także typowy dla Biełły wyświetlacz, którego jednak nikt nie widzi podczas pracy budzika (!). Wynik wyświetlany jest na głównym wyświetlaczu, typu VFD, po przesunięciu dodatkowego przełącznika na przednim panelu.

Inną konstrukcją hybrydową jest DBGB-06I Altair, będący zmodyfikowaną grą elektroniczną typu IM, jedną z wielu znanych w Polsce pod zbiorową nazwą „jajeczka”<sup>19</sup>. W grach tych za pomocą czterech kursorów sterowano ruchem postaci, łapiącej lub odbijającej przedmioty nadchodzące z dwóch stron. Gry te wyposażone były również w zegar z budzikiem i podstawkę z drutu lub blaszki, pozwalającą na ustawienie w pionie. „Altair” w znacznie pogrubionej obudowie miał zamontowany typowy licznik SBM-20 ekranowany rylnienką z aluminium. Pomiar mocy dawki gamma w zakresie 0,2-19,99  $\mu\text{Sv/h}$  uruchamiano górnym prawym kursorem. Zasilanie odbywało się z czterech baterii guzikowych, dwukrotnie więcej niż w samych grach.

Warto też wspomnieć przystawkę do kalkulatora Elektronika MK-35 pod nazwą SPAR-110, wykorzystującą licznik STS-5<sup>20</sup>. Podłączano ją za pomocą przewodu, a wynik wyświetlany był na wyświetlaczu kalkulatora. Najbardziej może jednak dziwić połączenie w jednym przyrządzie dozymetru i krokomierza. Konstrukcja ta, nazwana Polyn-101 (ros. piołun<sup>21</sup>),



Fot. 10. Dozometr-krokomierz Polyn 101  
Photo 10. Dosimeter-pedometer Polyn 101

<sup>18</sup> [http://www.leningrad.su/museum/show\\_calc.php?n=535&lang=0&ttest=0](http://www.leningrad.su/museum/show_calc.php?n=535&lang=0&ttest=0)

<sup>19</sup> <https://www.ppe.pl/publicystyka/2084/nie-tylko-ruskie-jajka-takie-cuda-mozna-bylo-dorwac-na-polskich-bazarach.html>

<sup>20</sup> [http://www.leningrad.su/museum/show\\_big.php?n=1352](http://www.leningrad.su/museum/show_big.php?n=1352)

<sup>21</sup> Nawiązanie do biblijnej Gwiazdy Piołun, wspomnianej w Apokalipsie św. Jana (Ap 8, 10-12) – ponieważ ukraińska nazwa Czarnobyla oznacza jeden z gatunków piołunu, zatem po katastrofie pojawiły się liczne spekulacje o charakterze eschatologicznym, wykorzystujące zbieżność nazw



jest jednym z najmniej użytecznych dozymetrów, powstałych po katastrofie w Czarnobylu. Miernik podaje dwie wartości: sumaryczną dawkę w nanosiwertach oraz czas w latach, po którym przy bieżącej mocy dawki przyjmujemy najwyższą dopuszczalną całodzienną dawkę dla człowieka, ustaloną na 35 berów<sup>22</sup> (350 mSv).

Włączenie funkcji krokomierza powoduje wyłączenie dozymetru i odwrotnie. Na domiar złego, po przełączeniu funkcji przyrządu na wyświetlaczu pozostaje wartość zmierzona przed chwilą w wyłączonym trybie, a nowy pomiar rozpoczyna się od tej wartości. Czyli liczba kroków jest dodawana do nanosiwertów (!) lub odwrotnie. Układ elektroniczny umożliwia operacje matematyczne na wartościach dawek, przechowywanych w pamięci z osobnym podtrzymaniem z baterii guzikowej. Do wspomnianych wad warto dodać też przepięwanie się układu pomiarowego przy wyższych częstościach zliczania, jak również zliczanie podwójnych kroków przez krokomierz.



Fot. 11. Dozometr-zegar DKS-01 Iris

Photo 11. Dosimeter-clock DKS-01 Iris

Innym przyrządem kombinowanym jest DKS-1 Iris, produkowany przez małe przedsiębiorstwo Elsys z Połtawy. Dozymetr ten łączy w sobie funkcje dozymetru z dawkomierzem i zegara z budzikiem. Detektorem promieniowania jest typowy licznik SBM-20, chociaż w niektórych seriach montowano jego rzadki odpowiednik, oznaczony SBM-32<sup>23</sup>. W obu przypadkach licznik osłonięty był jedynie plastikiem obudowy, nie miał ołowianego ekranu, odcinającego promieniowanie beta i wyrównującego charakterystykę energetyczną. Pomiar mocy dawki odbywał się stale, niezależnie od trybu pracy urządzenia, wejście w tryb wyświetlania wyniku wymagało wciśnięcia osobnego przycisku. Cykl pomiarowy trwał 40 sekund, a po jego zakończeniu wynik był wyświetlany do końca następnego cyklu, po czym był aktualizowany. Brak było aktualizowania wyniku na bieżąco, miernik pracował w trybie przelicznikowym, a nie integratorowym. Przekroczenie progu 0,5 uSv/h włączało sygnał dźwiękowy. Reakcja na wzrost mocy dawki była bardzo powolna, nawet przy silnych źródłach miernik potrzebował 3-4 cykli pomiarowych, by wyświetlić ostateczny wynik. Zakres pomiarowy kończył się na 9,99  $\mu$ Sv/h,

czyli nie wykorzystano w pełni możliwości detektora. Jakość wykonania była niska, zarówno plastiku obudowy, jak i montażu elementów elektronicznych.

W układzie zastosowano mikrokontroler z gry elektronicznej oraz transformator piezoelektryczny, rzadko montowany w tego typu urządzeniach. Istniała też wersja DKS-2, różniąca się zasilaniem z dwóch baterii AA (A326 według rosyjskiej nomenklatury) zamiast 6F22 9 V. Wersja zasilana z baterii 9 V miała pobór prądu rzędu 2,5 mA, co znacznie skraca czas pracy na baterii i kwestionuje sens używania tego dozymetru w roli zegarka.

## Dozymetry-radiometry

Najbardziej zaawansowaną technicznie i najmniej liczną grupą mierników produkowanych po katastrofie w Czarnobylu są dozymetry-radiometry. Przyrządy takie łączyły funkcje dozymetru (pomiar mocy dawki) oraz radiometru (pomiar aktywności). Spośród mierników na licznikach SBM-20 wymienić można: RKS-20.03 Prypeć, ANRI Sosna, RKS-104 Radian, RKGB-01 Gorin. Powstały też przyrządy z licznikiem okienkowym: MS-04B Expert (licznik SBT-11) czy DRBG-01 EKO-1 (licznik SBT-10).

Spośród tych konstrukcji wyróżnia się jakością i funkcjonalnością RKS-20.03 Prypeć (*Pripyat'*), zwany potocznie, od jednej z wytwórni, Polaronem. Jego nazwa upamiętnia opuszczone miasto Prypeć koło Czarnobyla, przed awarią zamieszkałe przez pracowników elektrowni. Dozymetr ten opracowano w zakładach „Radiopribor” im. S.P. Korolewa w Kijowie, a wytwarzany był też w kijowskiej fabryce „Arsenal” i lwowskiej „Polaron”. Egzemplarze z poszczególnych wytwórni różnią się minimalnie wzornictwem wykonania oraz jakością płytek drukowanych, jednak mają te same funkcje i parametry użytkowe<sup>24</sup>. RKS-20.03 Prypeć ma dwa liczniki G-M typu SBM-20, osłonięte zde-



Fot. 12. Dozymetr-radiometr RKS-20.03 Prypeć – wersja z fabryki „Arsenal” w Kijowie

Photo 12. Dosimeter-radiometer RKS-20.03 Pripyat – version built in „Arsenal” factory from Kiev

<sup>22</sup> Ber, biologiczny ekwiwalent rentgena, jednostka równoważnika dawki stosowana w ZSRR, odpowiednik rema w układzie CGS, por. Boris Polenow, *Dozimetrieskoje pribory dla nasielienija*, s. 7

<sup>23</sup> Różnica występowała w sposobie mocowania oraz nieco niższym biegu własnym

<sup>24</sup> Egzemplarze z zakładów „Radiopribor” mają ścieżki drukowane najmniej odporne na wysoką temperaturę, zatrząsk klapki-filtra podparty sprężynką, a sam filtr wykonano z blachy stalowej podbitej folią miedzianą zamiast ołowianej. Produkty z pozostałych wytwórni różnią się tylko kolorami obudowy i krojem pisma napisów

nowym filtrem z blachy stalowej, dodatkowo podbitej folią z ołowiu lub miedzi.

Z pozostałych stron liczniki otoczono ryńnią z aluminium, co zapewnia dobre ekranowanie i wyrównanie charakterystyki energetycznej przy pomiarze mocy dawki promieniowania gamma z jednoczesnym zachowaniem możliwości pomiaru aktywności beta. Dozymetr umożliwia pomiar mocy dawki ekspozycyjnej (mR/h) i równoważnika dawki ( $\mu\text{Sv/h}$ ) promieniowania gamma, jak również strumienia cząstek beta (rozp/min $\cdot\text{cm}^2$ ) i aktywności cezu-137 w produktach (Ci/kg). Pomiar odbywa się w trybie integratorowym, ze stałą czasu 20 s lub 200 s, wybieraną przez użytkownika. Do pomiaru aktywności cezu-137 służą dołączone do zestawu plastikowe kuwetki, a czas pomiaru, również w trybie integratorowym, wynosi 10 lub 100 min. Układ dwóch liczników o dużej czułości zapewnia bardzo szybką reakcję na wzrost mocy dawki, zaś efektywne ekranowanie pozwala na pomiar samego promieniowania gamma. Pomimo upływu 30 lat od opracowania nadal jest to jeden z najlepszych dozymetrów kieszonkowych do użytku amatorskiego. Przyrząd ten dystansuje wiele współczesnych konstrukcji, mierzących łączną emisję beta i gamma w jednostkach równoważnika dawki i to za pomocą pojedynczego, nieskompensowanego licznika G-M<sup>25</sup>. Do wad przyrządu zaliczyć można wolną reakcję na spadek wartości pomiaru przy jednoczesnym braku możliwości resetu wskazań. Zakres pomiarowy kończy się na 200  $\mu\text{Sv/h}$  z uwagi na zastosowany kontroler, nie wykorzystuje, zatem pełnych możliwości licznika SBM-20, który mierzy aż do 1440  $\mu\text{Sv/h}$ <sup>26</sup>. Producent przewidział stosowanie zasilacza zewnętrznego typu D-02M, używanego m.in. do kalkulatorów „Elektronika”. Dozymetry RKS-20.03 występowały też pod eksportową nazwą Hupra HJ0001.

Drugim wartym szerszego wspomnienia przyrządem z tej kategorii jest seria przyrządów oznaczonych ANRI Sosna. Miernik ten mierzy moc dawki ekspozycyjnej w milirentgenach na godzinę, pracując w trybie przelicznikowym z czasem pomiaru 18 s. Drugi tryb pracy zlicza impulsy bez ograniczenia czasowego w zakresie 1-9999, sygnalizując dźwiękowo, co dziesiąty impuls. Ten drugi tryb służy do pomiaru skażeń powierzchni emiterami beta, jak również aktywności cezu-137 w produktach – wynik należy przeliczyć według wzorów naniesionych na tylnej ścianie obudowy. Przyrząd początkowo występował w wersji z czterema licznikami SBM-20, oznaczonej ANRI-01. Następnie, w wersji ANRI 01-02, montowano jedynie dwa liczniki, umieszczając je bądź przy zewnętrznych krawędziach okienka pomiarowego, bądź w środku, blisko siebie. Początkowo jeszcze pozostawiano możliwość zamontowania dodatkowych dwóch liczników, ostatnie serie przyrządów już nie mają tej opcji.



Fot. 13. Dozymetr-radiometr ANRI 01-02 Sosna w wersji z dwoma licznikami G-M umieszczonymi blisko siebie

Photo 13. Dosimeter-radiometer ANRI 01-02 Sosna – version with two G-M counters placed side by side

Co ciekawe, czas pomiaru we wszystkich wersjach był taki sam (18 s), choć zastosowanie czterech liczników mogłoby go skrócić o połowę bez szkody dla dokładności pomiaru<sup>27</sup>. Radzieccy konstruktorzy wybrali jednak inną drogę – w wersji o czterech licznikach pomijany był, co drugi impuls przy pozostawieniu czasu pomiaru odpowiedniego dla dwóch liczników (!). Widać to wyraźnie w trybie „kontr.,” testującym układ zliczający – dozymetry z dwoma detektorami zliczają do 1024, wersje z czterema – do 512. Liczniki osłonięte były filtrem z blachy stalowej podklejonej folią ołowianą, zamontowanym na zawieszce. Umożliwiała to jego szybkie otwarcie przy jednoczesnym braku ryzyka zgubienia. ANRI Sosna wyróżnia się solidną, uszczelnioną obudową, ze strzemionami z linką, umożliwiającą zawieszenie go na szyi, a także gniazdo sondy zewnętrznej. W fabrycznym zestawie znajdowała się kuwetka do pomiarów skażeń oraz zapasowe celofanowe folie, osłaniające liczniki G-M. Z uwagi na przelicznikowy tryb pracy miernik jest mniej przydatny do poszukiwania źródeł promieniowania, za to pozwala szybko i jednoznacznie ustalić wartość mocy dawki promieniowania gamma, co jest przydatne szczególnie przy pomiarach porównawczych.

Ostatnim z wartych wspomnienia poczynobylskich radiometrów beta-gamma był RKS-104, niekiedy występujący pod dodatkową nazwą „Radian”. Produkowały go białoruskie zakłady Belwar. Jest to przyrząd sprawiający wrażenie hybrydy wspomnianego RKS-20.03 Prypec i ANRI Sosna. Podobnie jak Prypec mierzy trzy wartości: moc równoważnika dawki ( $\mu\text{Sv/h}$ ), strumień cząstek beta (rozp/s $\cdot\text{cm}^2$ ) i aktywność cezu w produktach (Bq/kg). Pracuje jednak w trybie przelicznikowym, jak ANRI Sosna, a nie integratorowym, jak Prypec.

Wyposażono go dodatkowo w możliwość dziesięciokrotnego wydłużenia czasu pomiaru (z 18 do 180 s)

<sup>25</sup> Por. Łukasz Karolewski, *Przegląd konstrukcji dozymetrów do użytku amatorskiego – wady i zalety*, [w:] *Postępy Techniki Jądrowej* 4/2020, s. 28

<sup>26</sup> Podobnie jak wcześniejsza wersja STS-5, jak również polski odpowiednik BOI-33, liczniki te mogą zliczać aż do 250 mR/h, choć skraca to ich trwałość

<sup>27</sup> Czas pomiaru dla pojedynczego licznika SBM-20 wynosi 36 s





**Fot. 14.** Dozometr-radio-  
metr RKSB-104  
**Photo 14.** Dosimeter-ra-  
diometer RKSB-104

i funkcję dozymetru progowego, a także gniazdo do sondy zewnętrznej. Sonda taka, służąca do pomiaru niewielkich aktywności, współpracowała z ołowianym domkiem osłonowym, obniżającym wpływ promieniowania tła. W RKSB-104 zwraca uwagę skrajnie nieergonomiczne rozwiązanie obsługi miernika. Zmianę trybu pracy oraz wartości progów dokonujemy za pomocą mikroprzełączników na spodniej powierzchni dozymetrów. Standardowe przełączniki zarezerwowano tylko dla włącznika, zmiany czasu pomiaru oraz włączania dozymetru progowego. Drugą



**Fot. 15.** Dozometr-radiometr RKGB-01 Gorin' – z prawej ze zdjętym filtrem, widoczne mikroprzełączniki na spodnim panelu  
**Photo 15.** Dosimeter-radiometer RKGB-01 Gorin – on the right with removed filter, visible microswitches on bottom side



**Fot. 16.** Dozometr-radiometr DRGB-01 EKO-1  
**Photo 16.** Dosimeter-radiometer DRGB-01 EKO-1

świetlane przecinki, choć posiada on odpowiednie segmenty. Pokrewnym przyrządem był ukraiński RKGB-01 Gorin, produkowany w Równieńskiej Radio-Technicznej Fabryce w Równem, różniący się, oprócz szaty graficznej, jedynie brakiem gniazda sondy zewnętrznej.

Wymienione wyżej przyrządy wykorzystywały popularne liczniki SBM-20 o gęstości powierzchniowej ścianki  $40 \text{ mg/cm}^2$  i czułości na promieniowanie beta o energii powyżej  $500 \text{ keV}$ . Są to detektory zupełnie wystarczające do amatorskich pomiarów mocy dawki nawet niewielkich ilości najczęściej występujących radioizotopów. Niekiedy jednak stosowano znacznie czulszy detektor, a mianowicie SBT-10A z okienkiem mikowym o powierzchni  $40 \text{ cm}^2$  i gęstości powierzchniowej ok.  $2 \text{ mg/cm}^2$ . Przykładem takiego urządzenia może być DRGB-01 EKO-1 firmy Ekorad, opracowany w 1990 r. i z pewnymi modyfikacjami produkowany do chwili obecnej.

Przyrząd ten pracuje w trybie przelicznikowym i mierzy moc dawki gamma w mikroswertach na godzinę (czas pomiaru 18 s), strumień cząstek beta w rozpadach na sekundę z centymetra kwadratowego (80 s) oraz aktywność cezu-137 w kilobekkerelach na kilogram (520 s). Przy pomiarach strumienia cząstek i aktywności cezu wprowadzono dodatkowe tryby pozwalające na pomiar tła naturalnego i następnie odjęcie tej wartości od pomiaru badanej próbki. Z kolei pomiar mocy dawki może odbywać się w trybie cyklicznym (E) lub jednorazowym (F). W pierwszym wynik jest aktualizowany co 18 sekund, a koniec każdego cyklu jest sygnalizowany dźwiękiem. Nie widać zatem przyrostu wartości, tylko wynik z poprzednich 18 sekund. W drugim trybie wynik rośnie od początku cyklu pomiarowego, a po jego zakończeniu wyświetla się aż do zresetowania.

Podobnym, choć prostszym dozymetrem był MS-04B Ekspert. Wykorzystywał licznik SBT-11 o okienku prostokątnym  $4 \times 1,5 \text{ cm}$  i gęstości powierzchniowej ok.  $2 \text{ mg/cm}^2$ . Licznik zasłonięty był przesuwaną klapką, używaną podczas pomiaru samego promieniowania gamma. Dozometr w zależności od trybu pracy, mierzył aktywność emiterów beta i moc dawki gamma.

Czas pomiaru 70 lub 35 s na niższym zakresie ( $5 \text{ mR/h}$ ) i 7 lub 3,5 s na wyższym ( $50 \text{ mR/h}$ ) w zależności od wybranego trybu pomiaru. Wynik wyświetlany jest przez 3-4 s, po czym uruchamiany jest następny pomiar. Wadą dozymetru było wzbudzenie się głośnika, jeśli wyłączono miernik podczas trwania cyklu pomiarowego, a następnie uruchomiono ponownie. Usunięcie tego defektu wymaga niewielkiej modyfikacji ścieżek na płytce drukowanej.

W dozymetrach-radiometrach zwraca uwagę obecność trybu pomiaru aktywności cezu-137 w produktach żywnościowych. Izotop ten, obok strontu-90 i jodu-131, jest jednym z głównych produktów rozszczepienia uranu i wyznacznikiem promieniotwórczego skażenia terenu. Katastrofa w Czarnobylu uwolniła ogromne aktywności cezu-137, który wraz z innymi radionuklidami rozproszył się głównie na terytoriach Ukrainy, Białorusi i Rosji, przenikając do gleby, wody i roślinności, a stamtąd do organizmów



Fot. 17. Dozometr MS-04B Ekspert

Photo 17. Dosimeter MKS -04B Ekspert

zwierząt i ludzi. Blokada informacyjna, bałagan organizacyjny, niedostateczna kontrola dozymetryczna a także celowe działania nieuczciwych sprzedawców powodowały, że skażona żywność trafiała na stoły nieświadomych konsumentów. Dotyczyło to szczególnie runa leśnego, ryb i dziczyzny, pozyskiwanych nielegalnie nawet w Czarnobylskiej Strefie Wykluczenia. Dozymetry umożliwiające pomiar aktywności cezu-137 w wodzie, mleku, mięsie itp. miały, choć częściowo uchronić ludzi przed spożyciem skażonej żywności. Pomiar wymagał użycia plastikowej kuwetki, znajdującej się w zestawie dozymetru<sup>28</sup>, którą najpierw napełniano nieskażoną wodą celem dokonania pomiaru tła naturalnego. Następnie w kuwetce umieszczano badany produkt i powtarzano pomiar. Od otrzymanego wyniku należało następnie odjąć uprzednio zmierzoną wartość tła, a niekiedy jeszcze dokonać obliczeń według odpowiedniego wzoru (ANRI Sosna). Metoda ta miała niską wydajność – wspomniane wyżej dozymetry-radiometry wyposażone w liczniki SBM-20 reagowały na stężenia cezu-137 dopiero powyżej 3000 Bq/kg ( $1 \cdot 10^{-7}$  Ci/kg), podczas gdy dopuszczalne wówczas poziomy skażeń żywności wynosiły 370-600 Bq/kg<sup>29</sup>. Taki pomiar mógł ostrzec przed spożyciem najsilniej skażonych produktów żywnościowych, nie wykrywał jednak poziomów niższych, a nadal szkodliwych, szczególnie przy długotrwałym narażeniu. Trudno niestety skonstruować tani miernik, który w niewielkiej objętości produktu (np. 50 cm<sup>3</sup> dla kuwetki dozymetru Prypeć) będzie w stanie wykryć koncentrację cezu-137 rzędu 600 Bq/kg. Wymagałoby to bowiem zmierzenia emisji od zaledwie 30 Bq Cs-137, zawartych w tak małej próbce, co zwykle dokonuje się w laboratorium radiometrycznym za pomocą czułych detektorów w ołowianych domkach osłonnych<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> W przypadku RKSB-104 i RRGB-01 była to połowka plastikowego opakowania transportowego

<sup>29</sup> Dopuszczalną aktywność Cs-137 w żywności sprowadzanej do państw EWG po katastrofie w Czarnobylu ustalono na 600 Bq/kg, w przypadku żywności dla dzieci przewidziano ostrzejszą normę 370 Bq/kg, por. Zespół Prezesa PAA ds. Elektrowni Jądrowej Żarnowiec, Raport w sprawie następstw katastrofy w Czarnobylu wraz z załącznikami II i IV, s. 17, [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/23/028/23028202.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/23/028/23028202.pdf)

<sup>30</sup> Najsilniej skażone grzyby - lejkówki – zawierały 24 kBq/kg suchej masy, zatem aktywność 50 g nadal byłaby nie do wykrycia prostymi dozymetrami, nawet w suszonym produkcie, stanowiącym 15 % masy świeżego. Por. Krystyna Skibniewska, Stefan Smoczewski, Wpływ obróbki kulinarnej na poziom radiocezu w grzybach [w:] Rocznik PZH 1999, 50, nr 2, s. 158

Dozymetry-radiometry były przeznaczone również do wykrywania skażeń powierzchniowych na przedmiotach codziennego użytku, odzieży, pojazdach itp. Przez wiele lat bowiem Czarnobylska Strefa Wykluczenia była miejscem masowego rabunku porzuconego mienia, prowadzonego za cichym przyzwoleniem, a często i przy czynnym współudziale władz i służb. Z opuszczonych mieszkań szabrowano sprzęt RTV, meble i wyposażenie, rozkopywano nawet mogilniki, by wydobyć skażone pojazdy. Masowo kradziono złom i nielegalnie wyrębywano lasy, zdarzały się nawet kradzieże odpadów radioaktywnych i paliwa jądrowego<sup>31</sup>. W takich warunkach każdy przedmiot sprzedawany na rynku wtórnym mógł być silnie skażony radionuklidami z czarnobylskiej elektrowni, zatem jakikolwiek radiometr beta-gamma mógł uratować zdrowie, a nawet życie nieświadomego nabywcy. Niestety przyrządy tego typu, choć najbardziej użyteczne, to jako droższe i trudniejsze w produkcji, stanowiły niewielki ułamek spośród wszystkich poczarnobylskich przyrządów dozymetrycznych, produkowanych w ZSRR i byłych republikach.

## Podsumowanie

W powyższym zestawieniu przedstawiłem jedynie najbardziej reprezentatywne przykłady przyrządów dozymetrycznych z trzech głównych grup funkcjonalnych. Mierniki te najczęściej pojawiają się na rynku wtórnym, zarówno w Polsce, jak i w Rosji i byłych republikach radzieckich. W naszym kraju pojawiły się po raz pierwszy w latach 90., sprzedawane na targowiskach wraz z innymi towarami zza wschodniej granicy. Następnie były stopniowo wyprzedawane na portalach aukcyjnych, jednak prawdziwy boom nastąpił po awarii w elektrowni jądrowej Fukushima Dai-ichi w 2011 r. Zwiększony popyt spowodował natychmiastowy wzrost cen. Przykładowo RKS-20.03 Prypeć z przeciętnej ceny 200 zł podrożał dwukrotnie, po czym nastąpiła stała, powolna tendencja zwykła, utrzymująca się do chwili obecnej. Nawet najprostsze indykatory kosztowały wówczas 100-200 zł. Zainteresowanie poczarnobylskim sprzętem dozymetrycznym zmalało dopiero w 2020 r., m.in. na skutek pandemii koronawirusa, jak również nasycenia rynku, w czym miało swój udział masowe sprowadzanie tanich dozymetrów z Chin oraz współczesnych wyrobów z Rosji i Ukrainy. Zarówno Rosja, jak i Ukraina wykorzystały doświadczenie zyskane przy opracowaniu i produkcji dozymetrów po awarii w Czarnobylu, stając się jednymi z wiodących producentów i eksporterów mierników promieniowania. Z firm rosyjskich warto wymienić SNIIP-AUNIS<sup>32</sup>, Soeks<sup>33</sup> czy Quarta Rad<sup>34</sup>, z ukra-

<sup>31</sup> Paweł Sekuła, Zona – opowieść o radioaktywnym świecie, s. 233 i n.  
<sup>32</sup> <https://www.aunis.ru/en/home> - w ofercie wysokiej klasy dozymetry z licznikiem okienkowym

<sup>33</sup> <https://intersoeks.com> - firma oferuje również testery żywności i mierniki pola elektromagnetycznego

<sup>34</sup> <https://quartarad.com> - w ofercie szeroka gama dozymetrów o zróżnicowanym stopniu zaawansowania



ńskich grupę Ecotest<sup>35</sup>. Niektóre z wyrobów tych firm prezentują wysokie walory użytkowe. Niestety znaczna część mierzy tylko łączną moc dawki beta i gamma za pomocą odsłoniętego, nieskompensowanego licznika G-M, podając wynik w jednostkach równoważnika dawki – krok w tył wobec „Prypec” czy „Sosny” ze zdejmowanym filtrem.

Wiele spośród przytoczonych poczarnobylskich przyrządów nadal stanowi nieocenioną pomoc przy ocenie bieżącego narażenia na promieniowanie, poszukiwaniach źródeł czy pokazów popularnonaukowych. Największą wadą jest błąd pomiaru niekiedy rzędu +/- 30 %<sup>36</sup>, starzenie się elementów elektronicznych i konieczność ponownego wzorcowania, jeśli pomiar miałby mieć zastosowanie naukowe lub moc prawną. Przyrządy te są jednak w zupełności wystarczające do zastosowań popularnonaukowych, szczególnie różnego rodzaju pokazów popularyzatorskich. W większości wyposażone są w dźwiękową sygnalizację impulsów, co jest bardzo sugestywne dla słuchaczy, a jednocześnie prosty, wręcz toporny design obudowy nie odciąga uwagi od meritum wykładu.

Najszerze zastosowanie znajdują radiometry beta-gamma, pozwalające mierzyć zarówno moc dawki, jak i aktywność powierzchniową i to we właściwych jednostkach dla każdej z tych wartości. Mogą m.in. służyć do poszukiwania radioaktywnych minerałów, szkła uranowego i ceramiki z glazurą uranową oraz innych wyrobów codziennego użytku, zawierających izotopy promieniotwórcze<sup>37</sup>. Za ich pomocą można też oceniać narażenie na promieniowanie gamma oraz wykrywać skażenia emiterami beta. Wyróżnia się tutaj RKS-20.03 Prypec z racji dużej czułości, szybkiego czasu reakcji i prostej obsługi. Nieco mniej przydatne są dozymetry promieniowania gamma, gdyż nie reagują na promieniowanie beta i niskoenergetyczne gamma, które dominuje w emisji „codziennych” źródeł. Tym niemniej mogą służyć do pomiaru promieniowania bardziej aktywnych źródeł, np. wskaźników lotniczych z radowymi farbami świecącymi czy niektórych minerałów, wskażą też wahania tła promieniowania gamma. Najniższą funkcjonalność mają indykatory promieniowania – można ich użyć, co najwyżej do stałego monitorowania naszego narażenia na twarde promieniowanie gamma. Ostrożność ta może wydawać się nadmierna, jednak ostatnimi laty doszło do kilku przypadków kradzieży wysokoaktywnych źródeł izotopowych, a następnie ich porzucenia po zdemontowaniu osłon<sup>38</sup>. Nawet prosty indykator w takich warunkach ostrzeże nas o gwałtownym

wzroście mocy dawki, a z racji niewielkich wymiarów i małego poboru prądu możemy go nosić zawsze przy sobie.

Jakość tych przyrządów jest bardzo zróżnicowana, zaś niektóre rozwiązania konstrukcyjne wręcz absurdalne, przynoszące wręcz na myśl wszelkie popularne dowcipy o radzieckiej technice i wynalazkach. Tym niemniej, dozymetry poczarnobylskie stanowią bardzo ważny segment rynku amatorskich przyrządów dozymetrycznych. Tendencja ta z pewnością utrzyma się przez następne lata, pomimo wyraźnej obecnie dominacji współczesnych wyrobów z Chin i Rosji.

Łukasz Karolewski,

Autor blogu popularnonaukowego

<http://promieniowanie.blogspot.com/promieniowanie.blogspot.com>

#### Literatura:

- [1] Atlas Radiologiczny Polski 2011, Warszawa 2012
- [2] Rafał Buzala, Grzegorz Lentka, Kazimierz Mikulski, *Rejestrator cząstek*, [w:] Radioelektronik 10/1993
- [3] Edward Jaroszyński, *Rejestrator promieniowania* [w:] Młody Technik 08/1987
- [4] Łukasz Karolewski, *Propagandowe techniki ukrywania katastrofy w Czarnobylu przez władze polskie*, [w:] Dzieje Najnowsze, rocznik XLIII — 2011, 2
- [5] Łukasz Karolewski, *Przegląd konstrukcji dozymetrów do użytku amatorskiego - wady i zalety*, [w:] Postępy Techniki Jądrowej 4/2020
- [6] Borys Polenow, *Dozimetrieskoje pribory dlja nasielienija*, Moskwa 1991
- [7] Radiologiczny Atlas Polski 1997, Warszawa 1998,
- [8] *Raport w sprawie następstw katastrofy w Czarnobylu wraz z załącznikami I i IV*, oprac. Zespół Prezesa PAA ds. Elektrowni Jądrowej Żarnowiec, Warszawa 1991
- [9] Paweł Sekuła, *Spoleczno-gospodarcze, polityczne i kulturowe konsekwencje katastrofy jądrowej dla Ukrainy*, Kraków 2014
- [10] Paweł Sekuła, *Zona – opowieść o radioaktywnym świecie*, Wydawnictwo internetowe e-bookowo, 2020
- [11] Krystyna Skibniewska, Stefan Smoczewski, *Wpływ obróbki kulinarnej na poziom radiocezu w grzybach* [w:] Rocznik PZH 1999, 50, nr 2
- [12] <https://www.aunis.ru/en/home>
- [13] <https://ecotestgroup.com>
- [14] <https://www.gstube.com>
- [15] <https://intersoeks.com>
- [16] <http://www.leningrad.su/museum/main.php?lang=1>
- [17] <https://www.ppe.pl/publicystyka/2084/nie-tylko-ruskie-jajka-takie-cuda-mozna-bylo-dorwac-na-polskich-bazarach.html>
- [18] <https://quartarad.com>
- [19] <https://www.pocketmagic.net>
- [20] <http://www.sovtube.com>
- [21] <https://tvn24.pl/poznan/wciaz-szukaja-skradzonego-kobaltu-dwa-kolejne-zrodla-promieniowania-w-poznaniu-ra532418>

<sup>35</sup> <https://ecotestgroup.com> - w ofercie m.in. mierniki serii Terra oraz Stora

<sup>36</sup> przykładowo RKS-104: +/- 40% w zakresie 0,1-1  $\mu\text{Sv/h}$  i +/- 25% w zakresie 1-99,9  $\mu\text{Sv/h}$ , ANRI Sosna +/- 30%, RKS-20.03 Prypec +/- 25%

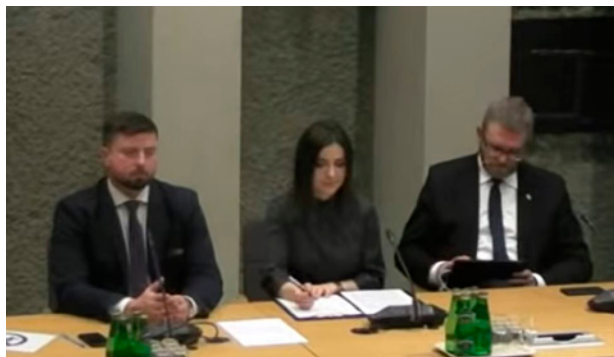
<sup>37</sup> Niektóre ze stosowanych w medycynie alternatywnej medalionów Quantum Pendant, należących do nurtu nienaukowej tzw. energii skalanej, zawierają tor-232 o aktywności generującej nawet 1  $\mu\text{Sv/h}$  promieniowania gamma.

<sup>38</sup> Przypadek kradzieży i rozcięcia pojemników z Co-60, który doprowadził do skażenia na Kopaninie w Poznaniu w 2015 r. por. <https://tvn24.pl/poznan/wciaz-szukaja-skradzonego-kobaltu-dwa-kolejne-zrodla-promieniowania-w-poznaniu-ra532418> [dostęp 2.05.2021 r.]



## POSIEDZENIE PARLAMENTARNEGO ZESPOŁU DS. KULTURY BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI

W piątek 28 stycznia 2022 r. w Sejmie odbyło się kolejne posiedzenie Zespołu Parlamentarnego ds. Kultury Bezpieczeństwa i Obronności pod przewodnictwem posła Krzysztofa Tuduja (Konfederacja). Powołanie tego zespołu jest wyjściem naprzeciw naszym (Obywatelskiego Ruchu na Rzecz Energetyki Jądrowej, OREJ) staraniom od kilku miesięcy, o doprowadzenie do sejmowej debaty z udziałem ekspertów, która poświęcona byłaby właśnie energetyce jądrowej. Celem jej miałyby być doprowadzenie do szerokiego konsensusu politycznego wokół realizacji programu budowy elektrowni jądrowych w Polsce. Na posiedzeniu obecnych było dwóch posłów, przewodniczący zespołu Krzysztof Tuduj, oraz poseł Grzegorz Braun, reprezentujący podobnie jak przewodniczący Konfederację. Posiedzenie prowadziła Marta Czech, będąca w zarządzie naszego Stowarzyszenia, a jednocześnie asystentka posła G. Brauna.



**Fot. 1.** Od lewej: Krzysztof Tuduj, Marta Czech, Grzegorz Braun (fot. Jerzy Majcher)

Referaty w ramach posiedzenia zespołu wygłosili: dr Leszek Sykulski (energetyka jądrowa w kontekście geopolitycznym), Jerzy Lipka, (niżej podpisany) o energetycznej sytuacji kraju i możliwych rozwiązaniach, dr Andrzej Mikulski, o uwarunkowaniach i ograniczeniach rozwoju w naszym kraju energetyki wiatrowej i słonecznej, sytuacji energetyki jądrowej na świecie oraz możliwych scenariuszach rozwoju energetyki jądrowej w Polsce. Na posiedzeniu głos zabrał również przedstawiciel Ministerstwa Klimatu i Środowiska Paweł Pytlarczyk, zastępca dyrektora Departamentu Energii Jądrowej. W posiedzeniu także brał udział prof. Bolesław Zaporowski, reprezentujący Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk, autor raportu w sprawie konieczności budowy w Polsce elektrowni jądrowych.

Przyjechali też inż. Piotr Marek i Dominika Cinner, reprezentujący lubelskie struktury OREJ.

Dr Leszek Sykulski nawiązując do geopolityki mówił o wpływie na sektor energetyczny rywalizacji w trójce USA, Chiny, Rosja, oraz pewnych ustępstwach obecnej administracji USA, odpuszczenia sankcji, co do gazociągu Nordstream II, wraz z daniem Niemcom wolnej ręki w kwestii krajów Europy Środkowo-Wschodniej oraz Ukrainy. Oznaczać to będzie próby przenoszenia niemieckiej Energiewende na obszar tych krajów, co grozi uzależnieniem ich od niemieckich technologii wiatrowo-słonecznych i od dostaw rosyjskiego gazu eksportowanego za pośrednictwem Niemiec. Próby z kolei dywersyfikacji dostaw gazu ze źródeł norweskich nie są pewne, jak wskazał dr Sykulski, z uwagi na politykę wobec gazu prowadzoną przez nowy rząd Norwegii (nie otwieranie nowych złóż), oraz stopniowe wyczerpywanie się złóż w rejonie Stavanger, z których gaz ma czerpać właśnie gazociąg Baltic Pipe. Ten ostatni uważany jest za alternatywę w stosunku do kierunku wschodniego dostaw gazu. To wszystko oznacza zaś, że pod znakiem zapytania staje uniezależnienie się naszego kraju od dostaw tego surowca ze wschodu. Podpisania nowych umów z Gazpromem na dostawy gazu nie można w tej sytuacji wykluczyć.



**Fot. 2.** Jerzy Lipka z Obywatelskiego Ruchu na Rzecz Energetyki Jądrowej (fot. Jerzy Majcher)

Powoduje to również konieczność znaczącego przyspieszenia realizacji programu budowy w Polsce energetyki jądrowej, jako alternatywy dla gazu i możliwości zastępowania stopniowego wycofywanych jednostek węglowych.

Moje wystąpienie dotyczyło szeroko pojętej sytuacji energetycznej kraju, niebezpieczeństwa braków w dostawach energii elektrycznej w latach 2025-2030, po wypadnięciu z systemu 8 GW jednostek węglowych, głównie najstarszych bloków 200 MW, których modernizacja nie jest opłacalna. Co prawda i dziś pracują one tylko sporadycznie, przy większych zapotrzebowaniach na energię, z uwagi na bardzo duże zanieczyszczenie środowiska, ale gdy po 2025 r. ich zabraknie, energię tą trzeba będzie zastąpić importem.

Odchodzenie od węgla jest podyktowane w Polsce szerszym kontekstem niż tylko unijne wymogi, co do emisji CO<sub>2</sub>, gdyż decyduje o tym także dostępność i opłacalność wydobycia w złożach węgla kamiennego (zasoby operatywne), konieczność importu surowca (w dłuższym okresie czasu), oraz wyczerpywanie się obecnie eksploatowanych złóż węgla brunatnego. W tym ostatnim przypadku aspekt otwierania nowych odkrywek w rejonie Wielkopolski, Kujaw oraz Dolnego Śląska wiązałyby się z koniecznością budowy tam także nowych elektrowni (węgla brunatnego nie opłaca się wozić), oraz dewastacją środowiska naturalnego na wielką skalę, w tym niszczenia najbardziej wydajnego w Polsce rolnictwa wielkopolskiego, co wiąże się z odwodnieniem terenu.



Fot. 3. Piotr Marek reprezentujący lubelskie struktury z Obywatelskiego Ruchu na Rzecz Energetyki Jądrowej (fot. Jerzy Majcher)

W obecną, bardzo niekorzystną sytuację i wysokie koszty szybkiej transformacji wpędziły nas głównie decyzje z 1990 r. o zatrzymaniu Polskiego Programu Energetyki Jądrowej oraz późniejszego (lata 2009-2020) istotnego opóźniania go z winy polityków. Liczenie na OZE jest o tyle złudne, że niestabilne źródła „odnawialne” nie są w stanie same zapewnić odpowiednich, stabilnych dostaw energii, a nawet liczenie, że zapewnią je w 70% jest nierealne, w obliczu choćby obecnej sytuacji w Niemczech i polskich doświadczeń w odchodzeniu od węgla za pomocą samych tylko wiatraków i paneli PV (wzrost udziału węgla w produkcji energii do 76% w 2021 r.). W Niemczech zużycie węgla kamiennego wzrosło w 2021 r. o 49%.

Rozwijając energetykę jądrową musimy pamiętać o zagrożeniach politycznych – wybory w 2023 r., dlatego teraz jak najszybciej należy wybrać technologię i podpisać umowę na budowę 6 bloków w ramach PPEJ. Należy też, ile się da posunąć sprawy niezbędnej biurokracji poprzedzającej budowę – badania środowiskowe i geologiczne, zgody na budowę. Jak również dokonać zmian w ustawie Prawo atomowe, maksymalnie tę biurokrację upraszczając. Tak, aby jak najmniej prawdopodobne było wycofanie się z tego programu, przez kolejne rządy.



Fot. 4. Andrzej Mikulski z Polskiego Towarzystwa Nukleoniecznego (fot. Jerzy Majcher)

Wystąpienie dr. Andrzeja Mikulskiego dotyczyło zarówno ograniczeń w rozwoju energetyki odnawialnej i możliwościach zapewnienia krajowi niezbędnej ilości energii w każdej chwili. Podał on również pod rozwagę rozwój małych reaktorów SMR. Przybliżył przy tym dość dokładnie aspekt rozwoju energetyki jądrowej na świecie. Omówił też szczegółowo wydarzenia, jakie miały miejsce w Czarnobylu a potem w Fukushima, zwracając uwagę na niemożność powtórzenia się tego rodzaju zdarzeń w przypadku reaktorów generacji III oraz III+, jakie miałyby być zastosowane w Polsce. Co do dużych reaktorów, wskazał on na podobieństwa wszystkich trzech technologii: amerykańskiej, francuskiej i południowo-koreańskiej, a wybór będzie możliwy dopiero po przedstawieniu szczegółowych ofert. Zwrócił też uwagę na kwestię niepraktyczności eksploataowania przez dwa kraje jednej elektrowni jądrowej, czego przykładem jest EJ Krsko w Słowenii (650 MW), będąca własnością Słowenii i Chorwacji i spadkiem po byłej Jugosławii.

Po nim głos zabrał zastępca dyrektora Departamentu Energii Jądrowej Paweł Pytlarczyk, który wskazał na problemy w przypadku zastąpienia w PPEJ dużych reaktorów jądrowych, przez znaczną liczbę reaktorów o mniejszej mocy. Z uwagi na to, że zastąpienie tych 6 reaktorów jądrowych o mocy powyżej 1 GW, reaktorami mniejszymi o mocach 77 do 300 MW powodowałoby, że osiągnięcie wymaganej w PPEJ mocy i tym samym produkcji energii w reaktorach jądrowych nastąpiłoby znacznie później. Reaktory mniejszej mocy mają natomiast rozwijać firmy państwowe jak KGHM czy Orlen, a także prywatne jak PAK w Pątnowie (współpraca Z. Solorz i M. Sołowow).

Pan Paweł Pytlarczyk zapewnił również, że trwają intensywne prace nad zmianą ustawy Prawo atomowe i że wkrótce trafi ona do Rady Ministrów, po uzgodnieniach międzyresortowych, które teraz się odbywają.

Głos zabrał także poseł Grzegorz Braun, zwracając uwagę na podatność naszego sektora energetycznego na działania lobbystyczne i wpływy zagraniczne,



a także zaproponował poddanie pod rozagę kwestii zakończenia wydobycia węgla brunatnego. W tym otwierania nowych odkrywek i budowy nowych elektrowni na to paliwo. Zwrócił też uwagę na możliwość importu energii z białoruskiej elektrowni jądrowej, do czasu zbudowania naszych.

Głos zabrał także wiceprzewodniczący OREJ, Piotr Marek, mówiąc o kontekście powstania w USA i Kanadzie ruchów antynuklearnych, które eksportowały swoją ideologię do Europy. Wskazał też na możliwe zagrożenia w przypadku wyboru technologii z USA, jeśli chodzi o wymiar polityczny. Dr Sykulisz odpowiadając na to zagadnienie wskazał na dogadanie się obecnej administracji USA z Niemcami, co do pozostawienia im wolnej ręki w naszej części Europy, oraz ścisłą kooperację tychże Niemiec z Rosją (dostawy gazu). Doktor wskazał też na wyraźną zmianę na niekorzyść stosunku administracji amerykańskiej do Polski i jej niekonsultowania kolejnych posunięć amerykańskich, mających wpływ na sytuację Polski. Tak, więc zagrożenia polityczne istnieją.

Jerzy Lipka zabrał jeszcze głos na koniec posiedzenia, wskazując na techniczne i ekonomiczne zalety i wady wyboru różnych technologii jądrowych w ramach PPEJ. Pytanie Marty Czech z kolei dotyczyło przesunięcia akcentu w stronę wyboru technologii francuskiej. Dr L. Sykulisz zwrócił uwagę, że jeśli wybór technologii francuskiej miałby nam pomóc w wyjściu z pułapki geopolitycznej, to może to być zawodne. Zależy to w dużej mierze od wyborów we Francji. Prezydent Macron jest zwolennikiem zbliżenia z Rosją, mimo, że chce eksportować technologie jądrowe. Zdaniem doktora także technologia rosyjska byłaby do przyjęcia, byle szybko dało się rozwinąć tę technologię w Polsce i uzyskać niezbędną energię, uzyskując niezależność energetyczną. Tą drogą poszły Węgry.

Zapowiedziane zostały kolejne posiedzenia Zespołu, nieodległe w czasie, ponieważ temat energetyki jądrowej w kontekście rozwoju naszego sektora energetycznego jest ważny:

*Jerzy Lipka,  
Obywatelski Ruch na Rzecz Energetyki Jądrowej,  
Warszawa*



## BUDIMEX STARTUP CHALLENGE

Budimex Startup Challenge to pierwsza edycja zakończonego w grudniu 2021 r. konkursu dla przedsiębiorców i młodych spółek technologicznych oferujących produkty, usługi i rozwiązania z zakresu innowacji w obszarze energetyki, odnawialnych źródeł energii

czy ekologicznych technologii dla budownictwa. Budimex zaprosił do konkursu blisko 40 startupów. Podczas podsumowującego spotkania 10 finalistów zaprezentowało swoje rozwiązania przed gronem Jury. Ostatecznie wybrano trzy startapy: Surveily, Syntoil i Res Solution, które swoimi produktami lub technologią przyczyniły się w największym stopniu do ewolucji budownictwa w kierunku zrównoważonego rozwoju i ekologii. Nagrody dla zwycięzców miały wymiar finansowy (w sumie 100 tys. złotych) i strategiczny. Budimex będzie chciał nawiązać z wybranymi finalistami współpracę kapitałową. Wyróżniono również firmy: Optimolight oraz Born Electric. Prezes Grupy PTWP, Wojciech Kuśpiak, wydawca portalu WNP.pl i inicjator Europejskiego Kongresu Gospodarczego wręczył nagrody specjalne.



**Fot.1.** Na wspólnym zdjęciu finaliści konkursu i członkowie Jury (fot. Budimex)

Niektóre z zaprezentowanych rozwiązań mogą znaleźć zastosowanie w energetyce jądrowej. W kilku przypadkach wartość dodaną uzyska się poprzez wykorzystanie technologii radiacyjnych. Przykładowo System Surveily, łączący wizyjny monitoring ze sztuczną inteligencją został zaprojektowany z myślą o firmach, które chcą wprowadzić swoją organizację na wyższy poziom standardów bezpieczeństwa. Technologia rozpoznawania twarzy pozwala automatycznie nadzorować dostęp pracowników do obszarów niebezpiecznych i cennych urządzeń zmniejszając ryzyko wypadków i kosztownych awarii. Analizując dane z sieci kamer, można generować mapy pracowników w czasie rzeczywistym, co ułatwia procesy ewakuacji lub dostarczania ważnych informacji dla ratowników.

Firma Syntoil zajmująca się czyszczeniem karbonizatu (zanieczyszczonej technicznej sadzy), produkowanej ze zużytych opon, może skorzystać z doświadczeń chemii radiacyjnej w dziedzinie modyfikacji elastomerów. Elementy opon produkowanych przez japońskie i amerykańskie firmy są, bowiem podcieniowywane wiązką elektronów. Teoretycznie pirolizę elastomerów można prowadzić za pomocą promieniowania jonizującego. Produktem byłby wówczas wodór i węglowodo-



ry ciekłe lub gazowe, a przy skrajnie wysokich dawkach węgla. To rozwiązanie, mimo, że bardzo atrakcyjne ekologicznie na razie nie jest opłacalne ekonomicznie. Prowadzi się jednak badania nad wstępną radiacyjną modyfikacją polimerów przed pirolizacją. Procesy termiczne są niezwykle energochłonne, głównie z powodu słabej przewodności cieplnej tworzyw sztucznych. W stosunkowo prosty sposób można za pomocą np. wiązki elektronów wytworzyć w całej objętości polimeru reaktywne makrorodniki, co obniża temperaturę wtórnych procesów termicznej degradacji o 100 do 200 K. Oszczędności energetyczne z tego tytułu są szacowane na 200 do 750 kJ/kg dla typowych mieszanek polimerowych z ciepłem właściwym w zakresie od 0,9 do 1,8 kJ/kg K.

Innowacyjny system wytwarzania zbrojonych polimerami wydruków 3DCP (drukowanie betonem) nadaje się do wytwarzania barier przed promieniowaniem jonizującym w zakładach medycyny nuklearnej. Można to połączyć z równoległym drukiem polimerowych warstw, potencjalnie spowalniających neutrony. O ile powszechny druk 3D domów to temat nadal odległy, to drukowanie prefabrykatów (studzienki, komory, podpory, słupy), jest jak najbardziej osiągalne. W tej formie technologia 3DCP już zaczyna budować swoją pozycję na rynku. Inną możliwością wykorzystania promieniowania jonizującego jest tworzenie na powierzchni tworzyw polimerowych grup hydroksylowych w wyniku postradacyjnego utleniania. Zwiększa się w ten sposób powinowactwo dodatku drugiej fazy (polimeru) do betonu w materiałach kompozytowych. Zastosowanie recyklatu z tworzyw sztucznych do produkcji betonu o lepszych właściwościach termicznych jest z punktu widzenia ochrony środowiska obiecującym rozwiązaniem.

Res Solution jest technologiczną spółką działającą w szeroko rozumianej branży IoT. Firma zajmuje się tworzeniem specjalistycznych systemów informatycznych pozwalających zredukować zużycie energii poprzez ciągły jej monitoring oraz automatyzację pracy urządzeń.

*Wojciech Głuszewski,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa*



## POWERPOL 2022

W dniach 24-25 stycznia br. w Warszawie odbyła się XXII edycja Ogólnopolskiego Kongresu Energetyczno-Ciepłowniczego POWERPOL. Tematem przewodnim spotkania było hasło: „Rok 2022: Przełom w polskiej energetyce”. Dla polskich wytwórców i dostawców

energii rok 2022 będzie czasem intensywnych zmian związanych zarówno z otoczeniem legislacyjnym, implementacją europejskiego zielonego ładu, zapewnieniem bezpieczeństwa operacyjnego spółek strategicznych, przygotowaniem sektora do dużych inwestycji w OZE. Program konferencji tradycyjnie obejmował zagadnienia, które stały się okazją do wymiany opinii i doświadczeń pomiędzy przedstawicielami: Rządu, największych w kraju przedsiębiorstw energetycznych i ciepłowniczych, najważniejszych organizacji branżowych, środowisk akademickich i przedstawicieli biznesu. W gronie ekspertów omówiono kwestie kondycji i perspektyw dla sektora elektroenergetycznego i gazowego oraz szans na rozwój elektromobilności, Offshore i kogeneracji, budowania potencjału OZE. Temat „Energetyka jądrowa – nowe rozdziałanie” znalazł się w panelu „Zielona energia w strategiach liderów polskiego rynku energetyka”. Drugiego dnia w panelu „Horyzont 2050: Rozwój, inwestycje, innowacje” dyskutowano o energii jądrowej w polityce energetycznej Państwa. Większość ekspertów była zdania, że energetyka jądrowa w koegzystencji z tzw. energetyką odnawialną będzie nieodzownym elementem polskiego mixu energetycznego w latach 30. Przedstawiciele rządu poinformowali, że na jesieni tego roku zostanie wybrana technologia dla „Polskiego Atomu” a co za tym idzie firma, która będzie współpracować przy budowie pierwszej elektrowni jądrowej.

*Wojciech Głuszewski,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa*



## PROMOCJA METOD RADIACYJNEJ STERYLIZACJI - KONTYNUACJA PROJEKTU CEI



Kolejne fale pandemii COVID-19 powodują, że temat realizowanego w latach 2020-2021 w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ) projektu „Dissemination of the Knowledge on Application of Ionising Radiation for Sterilization of Medical Equipment, Personal Protection Equipment and the other Microbiologically Infected Objects” (Rozpowszechnianie wiedzy

na temat zastosowania promieniowania jonizującego do sterylizacji sprzętu medycznego, środków ochrony osobistej oraz innych zainfekowanych mikrobiologicznie obiektów) jest nadal aktualny. Działania prowadzone przez pracowników ICHTJ były finansowane przez Central European Initiative (CEI); CEI Extraordinary Call for Proposals 2020, (grant No 305 3938-20). Uzasadnieniem podejmowanych prac było zwiększenie na świecie zapotrzebowania na jałowe środki ochrony indywidualnej (PPE) oraz materiały medyczne i laboratoryjne. Podkreślano unikatowe cechy technologii radiacyjnych, które pozwalają między innymi wyjątkowo wyroby w opakowaniu jednostkowym i zbiorczym. W odróżnieniu od innych sposobów sterylizacja unika przy zastosowaniu promieniowania jonizującego wtórnego zakażenia w czasie konfekcjonowania produktów. Projekt formalnie się zakończył, ale pozostał portal internetowy, na którym zgromadzono przygotowane wcześniej materiały informacyjne. Poza ogólnymi informacjami dotyczącymi całości realizowanego programu można tam znaleźć w języku polskim i angielskim programy poszczególnych cykli webinarów, streszczenia wykładów oraz informacje o prelegentach. Ponadto w całości udostępniono przygotowane w ramach projektu materiały informacyjne (ulotki i broszury) w pięciu językach. Na temat webinarów pisaliśmy w poprzednich numerach PTJ (4/2020 str. 46-47, 1/2021 str. 40/41). W numerze 1/2021 w artykule „Piękniejsza strona nauki w ICHTJ można znaleźć również obszerny życiorys naukowy dr hab. Krystyny Cieśla prof. ICHTJ, która kierowała projektem CEI oraz informacje o kilku innych członkiniach zespołu: dr Marcie Walo, dr hab. Hannie Lewandowskiej-Siwkiewicz. W skład zespołu organizacyjnego wchodził również: dr Wojciech Głuszewski, dr Rafał Kocia, dr Andrzej Rafalski, dr Zbigniew Zimek, dr Sylwester Sommer, mgr Magdalena Rzepna.

#### Ogólny zakres tematyczny portalu <http://www.ichtj.waw.pl/drupal/?q=node/1080>

- Rodzaje promieniowania oraz podstawowe mechanizmy oddziaływania promieniowań jonizujących na materię,
- Zasady działania instalacji radiacyjnych wyposażonych w: akceleratory elektronów, źródła izotopowe promieniowania gamma oraz konwertyory wiązki elektronów na promieniowania hamowania,
- Biologiczne skutki promieniowania jonizującego w odniesieniu do zmian w DNA i RNA mikroorganizmów,
- Mikrobiologiczne aspekty procesu sterylizacji radiacyjnej,
- Sterylizacja radiacyjna, z omówieniem poziomów sterylności wyrażanych w kategoriach SAL (Sterility Assurance Level),
- Porównaniem różnych czynników stosowanych do sterylizacji materiałów i produktów służących ochro-

nie zdrowia (promieniowanie jonizujące, metody termiczne, metody gazowe – tlenek etylenu itp.),

- Zmiany właściwości funkcjonalnych materiałów w wyniku postradiacyjnej degradacji lub sieciowania polimerów,
- Praktyczne wykorzystanie technologii radiacyjnych do sterylizacji. Przedstawione zostały przykłady sprzętu medycznego, środków ochrony indywidualnej (Personal Protective Equipment – PPE) oraz innych zakażonych mikrobiologicznie obiektów, które są poddawane dekontaminacji z wykorzystaniem promieniowania jonizującego,
- Walidacja procesu sterylizacji.

Zachęcamy do korzystania z portalu oraz jego promocji w środowiskach: producentów wyrobów medycznych, medyków, wytwórców ziół, przypraw ziołowych, suszonych grzybów, suplementów diety i żywności, przedstawicieli przemysłu tworzyw sztucznych, studentów, uczniów, nauczycieli, itd.



**Fot. 1.** Broszury z obszernymi informacjami na temat sterylizacji i higienizacji radiacyjnej wydrukowane w językach: polskim, ukraińskim, rosyjskim, angielskim i albańskim (fot. K. Cieśla)



**Fot.2.** Ulotki informacyjne w pięciu językach na temat unikatowych cech radiacyjnej sterylizacji wyrobów medycznych, przeszczepów, farmaceutyków i kosmetyków (fot. K. Cieśla)

Na koniec zamieszczamy, krótkie abstrakty opublikowanych na stronie internetowej wykładów.

### **Źródła promieniowania jonizującego stosowane w procesie sterylizacji radiacyjnej (dr Zbigniew Zimek)**

W wykładzie omówiono odkrycia naukowe, które zapoczątkowały rozwój metod radiacyjnych w nauce, medycynie i w przemyśle. Podstawą do zastosowania promieniowania jonizującego do sterylizacji była pionierska praca Marii Skłodowskiej-Curie z roku 1929, przedstawiająca po raz pierwszy krzywe radiacyjnej inaktywacji. Unikatowość technik radiacyjnych powoduje, że jest ona niezastąpiona np. w wyjąłwianiu implantów chirurgicznych lub biomateriałów.

Omówiono podstawowe mechanizmy oddziaływania promieniowania jonizującego na materię, a także zasady działania akceleratorów elektronów oraz źródeł elektromagnetycznego promieniowania gamma i hamowania. Przedstawione zostały również przykłady radiacyjnych instalacji do masowej sterylizacji. Porównano parametry techniczno-ekonomiczne charakteryzujące akceleratory elektronów, źródła promieniowania gamma oraz promieniowania hamowania.

### **Mikrobiologiczne aspekty procesu sterylizacji radiacyjnej ze szczególnym uwzględnieniem możliwości sterylizacji wirusów (dr Sylwester Sommer)**

Wykład polskojęzyczny składa się z jednej części, a wykład angielskojęzyczny jest dwuczęściowy. Wersja polskojęzyczna zawierała więcej informacji podstawowych o działaniach promieniowania jonizującego na organizmy. Wersja angielskojęzyczna skoncentrowała się na sterylizacji radiacyjnej oraz rozszerzonych informacjach o możliwości inaktywacji SARS Cov 2.

Przedstawiono mechanizmy działania promieniowania jonizującego na DNA i RNA w kontekście potencjalnej eliminacji lub dezaktywacji różnych grup mikroorganizmów. Omówiono i porównano wrażliwość bakterii, wirusów i innych mikroorganizmów na promieniowanie. Pokazano możliwości sterylizacji radiacyjnej poszczególnych mikroorganizmów w odniesieniu do różnic pomiędzy ich wrażliwością, ze szczególnym uwzględnieniem inaktywacji wirusów. Wyjaśniono też kryteria oceny czystości mikrobiologicznej (SALS – Sterility Assurance Level).

Wykłady zaprezentowały również najnowsze dane (zebrane w ramach inicjatyw Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej – IAEA) dotyczące możliwości sterylizacji środków ochrony osobistej (Personal Protection Equipment – PPE (kombinezonów, fartuchów, różnego typu masek) w dobie pandemii SARS Cov 19.

W wersji angielskojęzycznej opublikowano dodatkowo wykład: „Low dose of radiation chest therapy – is it possible and effective in case of Covid-19? (Niska dawka radioterapii klatki piersiowej – czy jest możliwa i skuteczna w przypadku Covid-19?)

Głównymi przyczynami zgonów z powodu zakażenia Covid-19 jest zespół ostrej niewydolności oddechowej

(związany z zespołem uwalniania cytokin), a w konsekwencji niewydolność płuc. Narodził się pomysł modyfikacji funkcjonowania układu odpornościowego płuc poprzez ich napromienianie niską dawką (jednorazowa dawka ok. 0,5 Gy). Takie leczenie może uratować życie w ciężkim przebiegu choroby układu oddechowego. Pomysł opiera się na pozytywnych wynikach podobnej radioterapii zapalenia płuc w pierwszej połowie XX wieku oraz na doświadczeniach z radioterapii reumatoidalnego zapalenia stawów, gdzie odnotowano modyfikację działania układu odpornościowego.

### **Wpływ promieniowania jonizującego na właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne materiałów (dr hab inż. Krystyna Cieśla)**

W wykładzie omówiono problematykę dotyczącą potencjalnych pożądanych i niepożądanych zmian właściwości funkcjonalnych poszczególnych materiałów, które mogą wystąpić wskutek napromieniania w procesie sterylizacji. W związku z tym opisano zjawiska postradiacyjnej degradacji, utleniania i sieciowania polimerów. Zwrócono uwagę na mechanizmy ochronne w chemii radiacyjnej związków organicznych. Podane zostały przykłady materiałów medycznych modyfikowanych w procesie sterylizacji. Pokazano również możliwości dezynfekcji i dezynsekcji innych obiektów, takich jak przesyłki pocztowe, żywność czy obiekty dziedzictwa kulturowego. Oprócz wiedzy o ogólnym charakterze, pokazane zostały przykładowe prace wykonane w tej dziedzinie w IChTJ.

### **Sterylizacja radiacyjna sprzętu medycznego, środków ochrony indywidualnej oraz innych przedmiotów zakażonych mikrobiologicznie (dr inż. Andrzej Rafalski)**

Wykłady dotyczyły sterylizacji radiacyjnej, łącznie z definicją poziomów sterylności opisanych w kategoriach SAL (Sterility Assurance Level – Poziomu Zapewnienia Sterylności). Porównano różne metody sterylizacji produktów zdrowotnych (promieniowanie gamma, wiązka elektronów, promieniowanie hamowania i tlenek etylenu). Przedstawiono praktyczne zastosowanie promieniowania jonizującego do sterylizacji różnego typu sprzętu medycznego (w tym materiałów do przeszczepów, rusztowań do inżynierii tkankowej, materiałów jednorazowego użytku i opatrunków), środków ochrony indywidualnej (masek i kombinezonów ochronnych) i innych przedmiotów skażonych mikrobiologicznie. Zaprezentowano również prace wykonywane w Stacji Sterylizacji Radiacyjnej IChTJ oraz aspekty prawne sterylizacji radiacyjnej.

### **Walidacja procesu sterylizacji radiacyjnej (mgr Magdalena Rzepna)**

Wykład dotyczył aspektów prawnych mających zastosowanie w procesie sterylizacji i dekontaminacji



radiacyjnej wyrobów medycznych, produktów leczniczych oraz żywności. Szczegółowo omówiono wymagania niezbędne do przeprowadzenia walidacji procesu sterylizacji radiacyjnej wyrobów medycznych.

*Krystyna Cieśla,  
Marta Walo,  
Wojciech Głuszewski,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa*



## I KONGRES PRODUKCJI PODSTAWOWEJ



Wojciech Głuszewski

**Dr inż. Wojciech Głuszewski**

Adiunkt w Centrum Badań  
i Technologii Radiacyjnych Instytutu  
Chemii i Techniki Jądrowej  
w Warszawie

**KPP** Kongres  
Produkcji  
Podstawowej

18 listopada 2021 r. w Warszawie odbył się w formie hybrydowej I Kongres Produkcji Podstawowej. Wykłady i panele dyskusyjne zorganizowano w sesjach poświęconych: certyfikacji, logistyce, opakowaniom, produkcji pierwotnej oraz nowoczesnym technologiom. W tym samym miejscu odbywały się dwie inne konferencje: VIII Kongres Bezpieczeństwa Żywności oraz III Kongres Logistyczny (CSCMP CEE Supply Chain Conference 2021). Ciekawa formuła spotkania umożliwiła uczest-

nictwo w wybranych panelach dowolnego kongresu. Wybór był bardzo duży, bo równolegle prowadzono 9 sesji. Dzięki uprzejmości organizatorów w programie udało się umieścić również wykład na temat „Radiacyjnego utrwalania i identyfikacji napromieniowania żywności”. Technologia radiacyjna mimo wieloletnich doświadczeń w zakresie radiolizy ziół, przypraw ziołowych, suszonych grzybów i żywności traktowana jest nadal, jako metoda innowacyjna. Jest to skuteczny sposób zapobiegania zatruciom pokarmowym wywołanym spożyciem biologicznie zanieczyszczonych pokarmów.

Początkowo kwestionowano bezpieczeństwo napromieniowanej żywności, podejrzewając, że obróbka radiacyjna może prowadzić do niekontrolowanych zmian chemicznych. Zjawiska radiolizy produktów spożywczych były, więc przedmiotem wielu międzynarodowych badań. Wyniki tych prac przeanalizowały i oceniły wspólne gremia ekspertów: Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) i Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO). Specjaliści uznali, że proces napromieniania w porównaniu z konwencjonalnymi technikami przetwarzania żywności nie zwiększa zagrożeń toksykologicznego ani mikrobiologicznego. Jedynym warunkiem jest stosowanie Dobrych Praktyk Produkcji (GMP – Good Manufacturing Practice) i Dobrych Praktyk Napromieniania (GIP – Good Irradiation Practices).

W Europie odnotowuje się jednak regres w ilości produktów żywnościowych utrwalanych radiacyjnie. Stawia się aktualnie głównie na ekologiczne metody produkcji, w których zabronione jest traktowanie żywności promieniowaniem jonizującym. Trudno przekonać konsumentów w UE, że niewielkie zmiany spowodowane obróbką radiacyjną modyfikują produkt znacznie mniej niż np. traktowanie go dwukrotnie parą wodną o temperaturze 120 °C. Poziomy akceptacji konsumentów różnią się w zależności od kraju. Jedyną drogą docenienia korzyści płynących z radiacyjnej konserwacji żywności wydaje się konsumentcka edukacja. Pozytywną reakcję można wzmocnić, jeśli konsumentowi damy możliwość porównania obok siebie napromieniowanej i nienapromieniowanej żywności.

Ważną dziedziną wykorzystania promieniowania hamowania jest kontrola jakości wyrobów spożywczych. Tradycyjnie nazywa się je promieniowaniem rentgenowskim lub ogólniej X. Inspekcja wyrobów spożywczych ma zwykle na celu wykrycie zanieczyszczeń materiałami o dużej gęstości (kamienie, metale, szkło, kości, guma). Detektory rentgenowskie umożliwiają również: pomiar masy, liczenie składników, identyfikację brakujących lub uszkodzonych produktów, monitorowanie poziomu napełnienia, sprawdzanie szczelności zamknięć, odnajdywanie uszkodzonych produktów i opakowań, zapewniając w ten sposób integralność

produktu. Stosowane dawki pochłonięte promieniowania są w tych przypadkach na poziomie tła naturalnego (200  $\mu\text{Gy}$ /pomiar). Tak traktowana żywność nie wymaga specjalnego oznaczenia.

Inaczej jest z żywnością konserwowaną radiacyjnie dawkami technologicznymi liczonymi w kGy. Powinna być ona oznaczona radurą. Skądinąd sympatyczny zielony znaczek może nie być odbierany, jako symbol dobrej jakości wyrobu. Istnieją, więc obawy, że producenci zapomną o umieszczeniu informacji o sposobie konserwacji. Laboratoria identyfikacji napromieniania żywności nie tyle, więc w trosce o zdrowie konsumentów (wyroby są bezpieczne i dopuszczone do obrotu przez GIS), ile w obronie ich prawa do wyboru kontrolują niektóre rodzaje produktów.

W samym Kongresie Produkcji Podstawowej wzięło udział ponad 200 osób w tym prawie 200 stacjonarnie. W sumie we wszystkich panelach trzech kongresów uczestniczyło stacjonarnie 500 osób, a ponad 300 oglądało transmisje online.

Zainteresowane osoby zachęcamy do zapoznania się z materiałami konferencyjnymi na stronie I Kongresu Produkcji Podstawowej.

Wojciech Głuszewski,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa



## SZWEDZKI RZĄD WYDAŁ ZIELONE ŚWIATŁO NA BUDOWĘ GEOLOGICZNEGO SKŁADOWISKA WYPALONEGO PALIWA. JEST TO DRUGI PO FINLANDII KRAJ NA ŚWIECIE, KTÓRY ROZPOCZYNA BUDOWĘ TAKIEJ KONSTRUKCJI

„Dzięki Finlandii jesteśmy drugim na świecie krajem, którzy bierze odpowiedzialność za swoje odpady nuklearne. Będzie to bezpieczne rozwiązanie do przechowywania końcowego, które zapewni bezpieczeństwo zarówno dla środowiska, jak i ludności” – powiedziała szwedzka Socjaldemokratka Annika Strandhäll, minister środowiska[1]. Francja, Szwajcaria, Japonia, a nawet Niemcy zmierzają w kierunku rozwiązania do głębokiego przechowywania. Na razie jednak tylko Finlandia i Szwecja rozpoczęły budowę swojego projektu[2].

### Fiński projekt w kierunku uruchomienia

Najbardziej zaawansowany jest projekt Finów, którego budowa uzyskała zgodę Narodowego Urzędu Bezpieczeństwa Jądrowego (Stuk) w 2015 r. oraz rządu w 2016 r. Zlokalizowany w pobliżu elektrowni atomowej Olkiluoto projekt opiera się na koncepcji opracowanej wspólnie ze szwedzką firmą zajmującą się zarządzaniem paliwem jądrowym i odpadami (SKB). Posiva, fińska agencja, rozpoczęła prace budowlane w zakresie obiektów utylizacji i kondycjonowania opakowań odpadów. Uruchomienie instalacji zaplanowano na 2024 rok.

### Szwedzki projekt zatwierdzony przez rząd

W Szwecji wniosek o zezwolenie na utworzenie głębokiego geologicznego składowiska do składowania wypalonego paliwa w granicę [3] pochodzi z 2011 r. Rada miejska gminy przyjmującej projekt, Östhammar, zatwierdziła jego przechowywanie w październiku 2020 r.

„Nie wolno nam obciążać naszych dzieci i wnuków. Nasze pokolenie musi wziąć odpowiedzialność za nasze odpady – przypomniał minister środowiska. Rząd dał więc zielone światło 27 stycznia 2022 r., a rozpoczęcie działalności zaplanowano na lata 2030-2035. Wypalone paliwo – ani Szwecja, ani Finlandia nie przetwarzają paliwa – będzie pakowane w miedziane pojemniki i przechowywane na głębokości ok. 460 metrów.

### Cigeo, projekt francuski

We Francji projekt Cigeo znajduje się w fazie badania pliku wniosków o Deklarację użyteczności publicznej (DUP). Po publicznym dochodzeniu, które odbyło się od 15 września do 23 października 2021 r., projekt otrzymał od komisji śledczej bez zastrzeżeń pozytywną opinię wraz z pięcioma rekomendacjami pod koniec grudnia. Po DUP wniosek o zezwolenie na tworzenie obiektów (DAC) zostanie złożony w 2022 r. w Ministerstwie Przemian Ekologicznych i będzie badany przez kilka lat przez Urząd ds. Bezpieczeństwa Jądrowego (ASN).

[1] <https://www.andra.fr/le-gouvernement-suedois-autorise-le-stockage-geologique-des-dechets-les-plus-radioactif>

[2] Więcej informacji na temat składowania geologicznego na świecie: <https://new.sfen.org/rgn/stockage-geologique-monde/>

[3] Francja wybrała glinę

Stanisław Latek,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa



## CONVERGENCE OF ART AND SCIENCE – 50 YEARS OF ARC-NUCLEART JUBILEE

The Atelier de Recherche et de Conservation ARC-Nucleart is unique in the world centre located in Grenoble (France). Scientists from ARC-Nucleart have applied nuclear techniques to help preserve cultural artefacts since more than 50 years. Here, interdisciplinary team consists of physicists, chemists and conservators takes care of cultural heritage (CH) objects from the very beginning to the end of the complex conservation process. For the past 50 years thousands of different archaeological, historical and ethnographic cultural objects made of various materials were preserved with application of gamma irradiation.

The celebration of ARC-Nucleart jubilee was to take place in 2020, but the outbreak of the COVID-19 pandemic has thwarted these plans. Only a year later, it was possible to organize this event in the strict sanitary regime.

To celebrate this jubilee, the IAEA, in collaboration with France's ARC-Nucleart, hosted in Grenoble a workshop and meeting of experts on radiation technologies for cultural heritage preservation, which were held from 22 to 26 November 2021. With more than 100 participants from Asia and the Pacific, Africa, Europe and Latin America and the Caribbean, experts exchanged ideas and reflected on the priceless artefacts nuclear techniques have helped to preserve, study and characterizing various cultural heritage objects. The IAEA meeting and workshop were organized in a hybrid format with 44 people on site including 41 foreign visitors from IAEA staff or designated to represent their country from Europe, Asia, Africa and Latin America and 70 people online representing even more countries. In overall, 53 countries were represented.

During the first two days representatives of the diverse countries participated in the IAEA Technical Meeting on Recent Achievements in the Preservation and Consolidation of Cultural Heritage, and the IAEA Regional Workshop on Radiation Technologies for Cultural Heritage Preservation presented the achievements and state of the art in application of nuclear techniques for cultural heritage object preservation in different countries. There was also a chance to have a closer look at the activities of scientists and restorers working in the ARC-Nucleart during visits in the laboratories and workshops (Fig. 1). This allowed to observe that the cooperation between scientists and conservators in the ARC-Nucleart in the field of application of nuclear techniques for the preservation of CH object is excellent and should serve as a model for other countries where use of ionizing radiation to CH disinfection or consolidation is still almost completely unknown or hardly ever applied. Scope of the restoration works carried out in the

ARC-Nucleart as well as the range of the objects treated is very impressive. Among these are not only the most spectacular and the best known examples of disinfection of Ramses II mummy or Khroma frozen baby mammoth, but also thousands of other valuable objects, which were saved with use of the gamma radiation.



**Fot. 1** Jedna z pracowni znajdująca się w ARC-Nucleart, gdzie prowadzi się konserwację mokrych obiektów archeologicznych

**Photo 1.** One of the workshops located in ARC-Nucleart for the restoration of waterlogged archaeological artefacts

Participants of technical meeting and workshops worked also for new programs technical cooperation in the field. Visiting Musée de Grenoble, Musée Dauphinois and Maison de l'International de Grenoble (hosted in the former Hôtel du Connétable de Lesdiguières) was the great opportunity to see how the CH object restored with the use of gamma radiation really look like after the conservation process (Fig. 2).



**Fot. 2.** Nowoczesna rzeźba drewniana "Fauve" wykonana przez Ossipa Zadkine zdezynfekowana za pomocą promieniowania gamma na wystawie w Musée de Grenoble (fot. Dagmara Chmielewska-Śmietanko)

**Photo 2.** A modern wooden sculpture of Ossipa Zadkine: "Fauve" disinfected with gamma radiation on exhibition in the Musée de Grenoble (photo: Dagmara Chmielewska-Śmietanko)

The crowning event was the celebration of 50 years of ARC-Nucleart jubilee. It was a fantastic journey through the history of ARC-Nucleart. The event started from round table with pioneers of radiation application for



CH preservation: Pierre Descalle, Michel Colardelle and Christian de Tassigny. Their testimony was focus on the historical overview of ARC-Nucleart works and development of the centre, conservation of waterlogged archaeological artefacts excavated from lake Paladru in Charavines and perfectly organized procedure of Ramses II mummy irradiation in 1977. Further much more success stories confirming fruitful collaboration between ARC-Nucleart and conservators dealing with various kinds of CH objects were presented.

The need of the closer cooperation with the conservators and the necessity for restorers involvement in the works carried out in the frame of the IAEA co-ordination research and technical projects were one of the most important conclusions from the technical meeting. This would facilitate popularization of nuclear technology application for the preservation of CH objects and would allow to demonstrate its safety.

### **Na styku sztuki i nauki – jubileusz 50-lecia ARC-Nucleart**

Atelier de Recherche et de Conservation ARC-Nucleart jest unikalnym na skalę światową ośrodkiem, który znajduje się w Grenoble (Francja). Naukowcy z ARC-Nucleart stosują techniki jądrowe do ochrony zabytków dziedzictwa kulturowego już od przeszło 50 lat. Interdyscyplinarny zespół składający się z fizyków, chemików i konserwatorów przeprowadza kompleksowy proces konserwacji zabytkowego obiektu od samego początku do końca. W ciągu ostatnich 50 lat promieniowanie gamma wykorzystano tutaj do konserwacji tysiąca różnych archeologicznych, historycznych i etnograficznych zabytków dziedzictwa kulturowego wykonanych z różnych materiałów.

Uroczysty jubileusz 50-lecia ARC-Nucleart miał się odbyć w 2020 r., ale plany te zostały niestety pokrzyżowane przez wybuch pandemii COVID-19. Dopiero rok później była możliwa organizacja uroczystości w ścisłym reżimie sanitarnym.

Przy okazji jubileuszu MAEA przy współpracy z ARC-Nucleart zorganizowała w Grenoble warsztaty i spotkanie ekspertów dotyczące zastosowania technik jądrowych do ochrony zabytków, które odbyły się w dniach 22-27 listopada 2021 r. W spotkaniu wzięło udział ponad 100 uczestników z Azji, Afryki, Europy i Ameryki Południowej. Spotkania były zorganizowane w formie hybrydowej: 44 osoby (w tym 41 gości zagranicznych) wzięły w nim udział osobiście, a 70 osób brało udział w spotkaniu online. Reprezentowane były 53 kraje, co potwierdza, jak duże jest zainteresowanie tą tematyką na świecie.

Podczas pierwszych dwóch dni przedstawiciele krajów biorących udział w spotkaniu technicznym "Recent Achievements in the Preservation and Consolidation of Cultural Heritage" i regionalnych warsztatach "Radiation Technologies for Cultural Heritage Preservation"

przedstawili osiągnięcia i stan prac prowadzonych w tej dziedzinie w poszczególnych krajach. Podczas wizyt w laboratoriach i pracowniach była również szansa przyjrzenia się z bliska pracy naukowców i konserwatorów pracujących w ARC-Nucleart (fot. 1). Ich współpraca jest bardzo owocna i może służyć za modelowy przykład dla krajów, gdzie użycie promieniowania jonizującego do dezynfekcji lub konsolidacji obiektów zabytkowych jest prawie w ogóle nieznane, lub bardzo rzadko stosowane. Zakres prac konserwacyjnych prowadzonych w ARC-Nucleart oraz mnogość różnych obiektów, które są poddawane konserwacji, robią ogromne wrażenie. Pośród nich są nie tylko najbardziej znane i spektakularne prace jak dezynfekcja mumii Ramzesa II czy mamuta Khromy, ale również tysiące innych bezcennych obiektów, które zostały ocalone z zastosowaniem promieniowania gamma.

Uczestnicy warsztatów i spotkania technicznego opracowali również założenia nowego programu współpracy technicznej w tej tematyce. Zwiedzanie Musée de Grenoble, Musée Dauphinois and Maison de l'International de Grenoble (mieszczącego się w byłym hotelu Connétable de Lesdiguières) stworzyło wspaniałą okazję do przekonania się jak obiekty zabytkowe, do konserwacji których użyto promieniowania gamma wyglądają po procesie konserwacji (fot. 2).

Wydarzeniem kulminacyjnym tego pobytu był jubileusz 50-lecia ARC-Nucleart, który był fantastyczną podróżą przez historię tego ośrodka. Wstępem do tego wydarzenia były wspomnienia pionierów zastosowania promieniowania jonizującego do konserwacji zabytków w ARC-Nucleart: Pierre Descalle, Michela Colardelle i Christiana de Tassigny. Prezentacje te dotyczyły historii powstania i rozwoju ARC-Nucleart, konserwacji mokrych obiektów archeologicznych znalezionych podczas prac wykopaliskowych prowadzonych na obszarze jeziora Paladru w Charavines oraz doskonale przygotowanej operacji radiacyjnej dezynfekcji mumii Ramzesa II w 1977 r. W dalszej części jubileuszowego spotkania goście mogli wysłuchać relacji dotyczących prac konserwatorskich innych cennych obiektów zrealizowanych przy współpracy z ARC-Nucleart.

Jednym z najważniejszych wniosków, który wielokrotnie był podkreślany przez uczestników spotkania technicznego MAEA, jest potrzeba ścisłej współpracy z konserwatorami w ramach programów współpracy technicznej i projektów koordynowanych przez MAEA. Ułatwiłoby to popularyzację zastosowania promieniowania jonizującego do ochrony zabytków wśród konserwatorów, a jednocześnie pozwoliłoby na zademonstrowanie bezpieczeństwa tych metod w konserwacji różnego typu obiektów dziedzictwa kulturowego.

*Dagmara Chmielewska-Śmietanko,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa*

## KOMUNIKAT W SPRAWIE ELEKTROWNI JĄDROWEJ ZAPOROŻE

**W związku z agresją Federacji Rosyjskiej na Ukrainę Państwowa Agencja Atomistyki zajmuje stanowisko i wydaje komunikaty w sprawie bezpieczeństwa obiektów jądrowych w tym kraju.**

4 marca br. po wspólnej konferencji prasowej, w której wzięli udział minister klimatu i środowiska i prezes Państwowej Agencji Atomistyki. Agencja wydała następujący Komunikat w sprawie Elektrowni Jądrowej ZAPOROŻE.



Fot. 1. Konferencja prasowa minister klimatu i środowiska Anny Moskwy i prezesa Państwowej Agencji Atomistyki Łukasza Młynarkiewicza

**„Jak informuje ukraiński dozór jądrowy – nie ma uszkodzeń systemów ważnych dla bezpieczeństwa jądrowego zaporoskiej elektrowni jądrowej” – podkreśliła 4 marca 2022 r. minister klimatu i środowiska Anna Moskwa. W konferencji prasowej uczestniczył także prezes Państwowej Agencji Atomistyki Łukasz Młynarkiewicz.**

Jak zaznaczyła szefowa resortu klimatu i środowiska Anna Moskwa, ukraiński urząd dozoru jądrowego (SNRIU), w ramach międzynarodowego systemu wczesnego powiadamiania o zdarzeniach radiacyjnych (USIE), na bieżąco przekazuje informacje o sytuacji w elektrowniach jądrowych.

*Jesteśmy w stałym kontakcie ze stroną ukraińską. Według stanu na godzinę 6:20 pożar został ugaszony. Bloki tej największej elektrowni jądrowej w Europie pozostają nienaruszone. Systemy i komponenty ważne dla bezpieczeństwa Elektrowni Jądrowej Zaporozie są sprawne – poinformowała. Na terenie elektrowni nie odnotowano wzrostu poziomu promieniowania. Sytuacja radiacyjna w Polsce pozostaje w normie. Nie ma żadnego zagrożenia – dodała minister Moskwa.*

Prezes Państwowej Agencji Atomistyki Łukasz Młynarkiewicz przypomniał, że PAA prowadzi stały, całodobowy monitoring sytuacji radiacyjnej w kraju.

*Obecnie w Polsce nie ma zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi oraz dla środowiska. Sytuacja radiacyjna nie odbiega od tego, co było przed agresją Rosji na Ukrainę – zapewnił.*

*Prezes PAA przestrzegając przed dezinformacją. Apelujemy, aby czerpać informacje ze sprawdzonych i autoryzowanych źródeł. Aktualne dane ze stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych publikowane są na bieżąco na stronie PAA <https://www.gov.pl/web/paa/sytuacja-radiacyjna> – powiedział.*

*Stacje systemu wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych zapewniają monitorowanie poziomu promieniowania jonizującego na terenie kraju 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu – dodał.*

Ministerstwo Klimatu i Środowiska,  
Państwowa Agencja Atomistyki,  
Warszawa

## OŚWIADCZENIE

Polskie Towarzystwo Nukleonicy wyraża stanowcze potępienie dla niesprovokowanej i niezajdującej żadnego uzasadnienia agresji Federacji Rosyjskiej na niepodległą i demokratyczną Ukrainę. Działalność wojsk rosyjskich, w tym w szczególności akty przemocy wymierzone w bezbronną cywilów, są nie do pogodzenia z jakiegokolwiek standardami człowieczeństwa. Na stanowczy protest zasługują też zawołane groźby użycia broni masowego rażenia wypowiediane przez władze agresora.

W związku z zaistniałą sytuacją Polskie Towarzystwo Nukleonicy oświadczają, że nie będzie prowadzić jakiegokolwiek współpracy ani utrzymywać jakiegokolwiek oficjalnych kontaktów z organizacjami powiązanych z władzami Federacji Rosyjskiej aż do czasu zakończenia rosyjskiej agresji i pociągnięcia do odpowiedzialności winnych naruszeń prawa międzynarodowego. Tego rodzaju kontakty byłyby nie do pogodzenia ze statutem PTN, który jako jeden z celów jego działalności wskazuje działanie na rzecz wykorzystania zjawisk, procesów i technik jądrowych dla dobra społeczeństwa. Byłyby także nie do pogodzenia z szeroko pojętym człowieczeństwem.

Polskie Towarzystwo Nukleonicy wyraża solidarność ze społeczeństwem napadniętej Ukrainy i wzywa wszystkich ludzi dobrej woli do okazania mu wszelkiej niezbędnej pomocy.

Polish Nuclear Society strongly condemns an unprovoked and absolutely unjustifiable aggression of the Russian Federation against independent and democratic Ukraine. Operations of Russian forces, in particular acts of violence against defenceless civilians, are irreconcilable with any standards of humanity. Also veiled threats of

deploying weapons of mass destruction expressed by the invader's authorities, warrant a strong protest.

Because of this situation, the Polish Nuclear Society declares that it shall not engage in any collaboration whatsoever and shall not maintain official contacts of any kind with organisations linked to the authorities of the Russian Federation until the Russian aggression is terminated and those guilty of violating international law are brought to justice. Any such contacts cannot be reconciled with the Society's articles of association, which specify among its goals activities aimed at using nuclear phenomena, processes and technologies for the benefit of the society. It would also be irreconcilable with broadly understood humanity.

Polish Nuclear Society expresses solidarity with the society of invaded Ukraine and calls upon all individuals of good will to render any necessary assistance to its members.

*Polskie Towarzystwo Nukleoniczne,  
Warszawa*

## 10 LAT POSTĘPÓW TECHNIKI JĄDROWEJ W IChTJ

1 lutego 2012 r. nastąpiła zmiana wydawcy naszego kwartalnika. Umowa podpisana pomiędzy PAA i IChTJ zawiera m.in. następujący zapis: "Państwowa Agencja Atomistyki przekazuje nieodpłatnie, a IChTJ przejmuje prawa i obowiązki wydawcy kwartalnika PTJ oraz prawa do tytułu tego kwartalnika". Na wniosek IChTJ dokonane zostały odpowiednie zmiany w rejestrze sądowym dzienników i czasopism. Warto zauważyć, że z powodu zmiany wydawcy, którego siedziba znajduje się na Pradze, zmienił się sąd rejestrujący czasopismo. Jest nim obecnie Sąd Okręgowy Warszawa-Praga. Przypomnijmy, że Instytut Chemii i Techniki Jądrowej był wydawcą PTJ od roku 1993, aż do przejęcia czasopisma przez PAA w roku 2007. Redaktorem naczelnym PTJ pozostał nadal Stanisław Latek, ale - w odróżnieniu od sytuacji z lat ubiegłych - od początku roku 2012 jest już pracownikiem IChTJ.



**Fot. 1.** Redaktor naczelny „Postępów Techniki Jądrowej” – Stanisław Latek

A więc mija 10 lat pełnienia przez IChTJ funkcji wydawcy kwartalnika Postępy Techniki Jądrowej! Przy okazji tego małego kolejnego jubileuszu PTJ warto także poinformować naszych wiernych Czytelników, że pierwszy zeszyt czasopisma pod nazwą „Postępy Techniki Reaktorowej” ukazał się w roku, 1957 czyli 65 lat temu!

W numerze 1/2012 PTJ wiodący tekst przedstawiał aspekt/wymiar działalności Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej dość mało znany naszemu „jądrowemu” środowisku. Na podstawie podanych w artykule informacji i przytoczonych faktów w pełni uzasadniona jest teza, że IChTJ jest ważnym – i niezbędnym – ogniwem w procesie wdrażania Programu Polskiej Energetyki Jądrowej.

A o czym pisały „Postępy Techniki Jądrowej” w latach 2012-2021?. Sięgnąłem do spisów treści 40 numerów czasopisma i dokonałem pobieżnej analizy tematyki publikowanych w nich artykułów. Właśnie: artykułów. Nie analizowałem tematyki krótkich doniesień, informacji o wydarzeniach, listów do redakcji, omówienia książek i innych wiadomości.

Okazuje się, że w analizowanym dziesięcioleciu opublikowano 260 artykułów! Około 30 % wszystkich artykułów dotyczyło szeroko rozumianej energetyki jądrowej – tej istniejącej i tej planowanej, między innymi w polskim PPEJ.

Tematem 37 tekstów (14% wszystkich) była historia atomistyki. I w tym przypadku artykuły opisywały różnorodne tematy: rocznice ważnych wydarzeń, wspomnienia atomistów, historie dokonań placówek naukowych atomistyki.

Także powyżej 30 tekstów opublikowano na temat ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego.

Niewiele mniej artykułów (ok. 30) dotyczyło zastosowań promieniowania jonizującego. Opisywano zastosowania promieniowania w medycynie, rolnictwie, przemyśle, geologii i ochronie środowiska.

Około 30 artykułów wydrukowano na temat fizyki jądrowej i chemii radiacyjnej. Po kilkanaście tekstów poświęcono na łamach czasopisma odpadom promieniotwórczym i problemom edukacji kadr dla energetyki jądrowej i zastosowań promieniowania.

Średnio, w co drugim numerze PTJ mogli czytelnicy znaleźć teksty na temat reaktorów badawczych (głównie na temat pracy reaktora MARIA).

Sporadycznie pojawiały się artykuły z zakresu radiobiologii, wypalonego paliwa, broni jądrowej, dozimetrii, napromieniowania żywności.

Na łamach czasopisma odnotowano jubileusze MAEA, PAA, IBJ, ZIBJ, IFJ, CLOR, ZUOP, KSOP, reaktora MARIA, Instytutu Radowego.

Zamieszczono wywiady z Hanną Trojanowską, Pełnomocnikiem Rządu ds. Polskiej Energetyki Jądrowej, z prof. Sueo Machi, byłym wicedyrektorem MAEA, z byłym prezesem PAA Januszem Włodarskim, z Agne-



tą Rising, dyrektora generalną World Nuclear Association i Piotrem Naimskim, Pełnomocnikiem Rządu ds. Strategicznej Infrastruktury Energetycznej.

W 2018 r. Towarzystwo Kultury Technicznej – członek Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej (FSNT-NOT) – rozstrzygnęło XXXI edycję Konkursu NUMERUS PRIMUS INTER PARES. Celem tego konkursu jest wyłonienie najlepszego w zakresie upowszechniania wiedzy i kultury technicznej – numeru czasopisma technicznego oraz popularnonaukowego i specjalistycznego z poprzedniego roku kalendarzowego. Redakcje same zgłaszają numery swoich czasopism do udziału w tym konkursie. Z przyjemnością informuję, że Jury Konkursu wysoko oceniło poziom merytoryczny i graficzny oraz szatę edytorską wszystkich nadesłanych czasopism i po wnikliwej ocenie postanowiło przyznać tytuł laureata – Numerus Primus Inter Pares: w grupie czasopism specjalistycznych kwartalnikowi – „Postępy Techniki Jądrowej” nr 4/2017, którego wydawcami są Instytut Chemii i Techniki Jądrowej i Polskie Towarzystwo Nukleoniczne. Podsumowanie XXXI edycji konkursu Numerus Primus Inter Pares i wręczenie dyplomów odbyło się 26 maja 2018 r. w Warszawskim Domu Technika NOT.

W ubiegłym roku przedstawiciele Redakcji odwiedzili Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu i odbyli rozmowę z burmistrzem tego miasta. W tym samym roku uczestniczyli w obchodach 10-lecia Muzeum Lamp Rentgenowskich w Opolu.

### Jakie wyzwania i zadania czekają nas w przyszłości?

Na pewno powinniśmy nadal publikować materiały dotyczące zastosowań technik jądrowych oraz ochrony radiologicznej. Warto nadal publikować informacje związane z nauką, a w szczególności prezentować najnowsze wyniki badań zwłaszcza z obszaru nukleoniki i zagadnień związanych z takimi dziedzinami, jak energetyka, czy medycyna.

Powinniśmy starać się nie zaniedbywać tematów związanych z szeroko rozumianą edukacją, mając świadomość konieczności upowszechniania wiedzy jądrowej. Czasopismo dociera nie tylko do naukowców, ale i decydentów gospodarczych, polityków, czy działaczy samorządowych i jest czytane w kręgach aktywistów ruchów ekologicznych.

Czas teraźniejszy jest na pewno ważnym czasem dla realizacji programu energetyki jądrowej i wydaje się sprzyjać projektom mającym zostać w najbliższym czasie urzeczywistnionymi w gospodarczej praktyce w Polsce. I rolę mediów naukowych i popularnonaukowych jest dostarczanie w tym momencie najnowszej wiedzy o stanie przygotowań do sfinalizowania czekających nas zadań w sferze naukowo-technicznej i gospodarczej.

Jako zespół redakcyjny pragniemy jak najlepiej spożytkować możliwości, jakie stwarza nam Wydawca. Czy nam się to udaje najlepiej oceniają to Szanowni Czytelnicy?

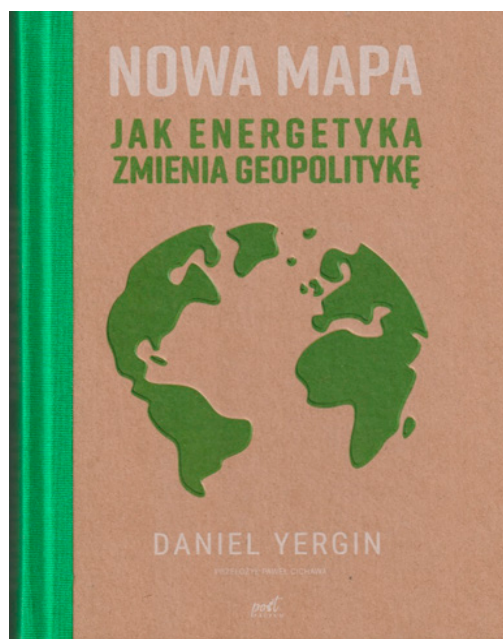
Stanisław Latek,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa



### DANIEL YERGIN NOWA MAPA – JAK ENERGETYKA ZMIENIA GEOPOLITYKĘ

WYDAWNICTWO: POST FACTUM WARSZAWA  
2021, TYTUŁ ORYGINAŁU: THE NEW MAP:  
CLIMATE, AND THE CLASH OF NATIONS,  
TŁUMACZENIE: PAWEŁ CICHAWA

Książka *NOWA MAPA Jak energetyka zmienia geopolitykę* jest solidnie udokumentowaną publikacją popularnonaukową, omawiającą niezwykle szybkie przemiany w polityce światowej powiązane ze wzrastającym równie szybko zapotrzebowaniem na energię. Podkreślono w niej konieczność podjęcia pilnie działań wpływających na zahamowanie zmian klimatu przez ograniczenie (aż do zupełnej eliminacji) spalania paliw kopalnych przy zachowaniu rozwoju



Fot.1. Okładka wydanej książki Agata Pabian

gospodarczego, rozwoju w rejonach mniej rozwiniętych. Autor przedstawia te problemy, nakładając je na geopolityczną mapę świata przedstawiającą relacje między państwami z uwzględnieniem ich siły militarnej, gospodarki, poziomu rozwoju technologii, ambicji narodowych, mapę zasobów światowej energii. Mapa zasobów energetycznych przedstawia przeobrażenia technologiczne, odkrycia nowych pokładów paliw kopalnych, wykorzystanie biomasy, jako źródła energii, rozszerzenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii i energii jądrowej, przepływu zasobów energetycznych i podejmowania wysiłków dla ochrony klimatu. Omawiając światowe zasoby energetyczne decydujące o wzajemnych zależnościach gospodarczych wpływających na politykę poszczególnych krajów, autor stara się w ostatnich rozdziałach książki nakreślić perspektywy dalszego rozwoju świata. Zwraca on szczególną uwagę na współczesne zmiany w energetyce, które stają się przyczyną niebezpiecznej rywalizacji potężnych krajów, producentów gazu i ropy, stają się źródłem niestabilności i nowej zimnej wojny.

Autor Daniel Yergin jest amerykańskim pisarzem, ekspertem ds. energetyki i historykiem gospodarczym. Przez pewien czas był wykładowcą akademickim. Obecnie pełni obowiązki wiceprezesa IHS Markit, firmy badawczej zajmującej się prognozami czystych technologii, zmniejszających emisję dwutlenku węgla i przeciwdziałających zmianom klimatycznym. Przewodniczy również grupie zadaniowej Departamentu Energii ds. Badań Strategicznych i Rozwoju Energii. Jest też dyrektorem Rady ds. Stosunków Zagranicznych Stowarzyszenia Energetycznego Stanów Zjednoczonych oraz Rady Biznesu Stany Zjednoczone – Rosja. Jest autorem wielu książek. *NOWA MAPA Jak energetyka zmienia geopolitykę jest najnowszą publikacją.*

W pierwszych rozdziałach omówione są „mapy” Ameryki (Stanów Zjednoczonych), Rosji Chin, Krajów Bliskiego Wschodu.

Nowa mapa Ameryki przedstawia historię współczesnej rewolucji energetycznej i gospodarczej spowodowanej opanowaniem technologii w XXI wieku wydobywania gazu i ropy ze skał łupkowych (ilasto-mułowych). Inne niekonwencjonalne źródła energii wiatr i słońce są osiągnięciami z lat 70 XX wieku. Nowa technologia spowodowała, że Stany Zjednoczone z importera gazu i ropy stały się potężnym eksporterem zagrażającym Rosji i Arabii Saudyjskiej. W Stanach Zjednoczonych nastąpił gwałtowny wzrost gospodarczy, poprzez wzrost inwestycji, zatrudnienia, obniżkę cen, zwiększając jednocześnie bezpieczeństwo ener-

getyczne kraju. Umocniło to znacznie pozycję Stanów w świecie.

Rozważania przedstawione w rozdziale Mapa Rosji koncentrują się na podkreśleniu dążeń władz rosyjskich do przywrócenia Rosji statusu mocarstwa światowego. Od chwili rozpadu Związku Radzieckiego na 15 niezależnych państw pojawiło się wiele sporów granicznych i, mimo że Rosja jest nadal potęgą militarną i może się uważać za potęgę energetyczną, jej wpływ na otaczające ją państwa jest w stosunku do minionego okresu ograniczony. Podobnie jak w czasach radzieckich jej gospodarka jest uzależniona od eksportu gazu i ropy. Przykładem niestabilności są stosunki z Ukrainą, które doprowadziły do napiętych relacji między Rosją a Stanami Zjednoczonymi i Europą, co doprowadziło do zbliżenia Rosji i Chin. Przypuszczalnym celem jest wyeliminowanie amerykańskich wpływów w Azji.

W rozdziale Mapa Chin Chiny są przedstawione, jako światowa potęga ekonomiczna i militarna z bardzo szybko rozwijającą się gospodarką z ogromnymi potrzebami energetycznymi. Chiny odnoszą sukcesy na wszystkich polach rozwijając się geograficznie militarnie, technologicznie, politycznie stając się zapleczem wytwórczym świata starając się skutecznie konkurować w tradycyjnych gałęziach przemysłu i tworzyć nowe. Ten dynamiczny rozwój doprowadził do napięć w rejonie Morza Południowo – Chińskiego. Przypuszcza się, że celem programu gospodarczego Chin jest plan Jednego Pasa (szlak lądowy) i Jednej Drogi (szlak morski). Chiny mają stanowić centrum gospodarki światowej z zapewnionymi rynkami zbytu energii i surowców. Mimo wielu różnych napięć pomiędzy Stanami Zjednoczonymi i Chinami ich gospodarki są powiązane wzajemnie uzależnione, co się uwidoczniło w trakcie pandemii covidowej. Jednak wzajemna nieufność i rozbieżność celów politycznych może doprowadzić do eskalacji napięć.

Geograficzna Mapa Bliskiego Wschodu ukształtowała się po II wojnie światowej. Po upadku imperium omańskiego z trudem krystalizowały się nowe granice państw, powstające w wyniku rywalizacji nacjonalizmów arabskich, politycznych ambicji różnych odłamów islamu, łącznie z propozycją reaktywacji kalifatu oraz powstaniu państwa Izrael. Najważniejszymi graczami w tym rejonie jest sunnicka Arabia Saudyjska i szyicki Iran. Największym bogactwem regionu jest ropa i gaz. Wielkość ich sprzedaży decyduje o możliwości kraju. W pewnym okresie w XX wieku obawiano się, że wielkie zapotrzebowanie na ropę i gaz będzie tak duże, że złoża blisko wschodnie wyczerpią się dosyć szybko i by utrzymać wysoki poziom życia rozpoczęto przygotowania dywersyfikacji gospodarki

(Arabia Saudyjska) inwestując np. w inne źródła energii jak energię jądrową (Emiraty). Obecnie gospodarki tych krajów są bardzo wrażliwe na wahania cen ropy. Zmniejszenie zapotrzebowania wywołane wprowadzaniem różnorodnych działań zapobiegających zmianom klimatycznym (ograniczenie transportu samochodowego, samochody elektryczne, odnawialne źródła energii itp.) może istotnie wpłynąć na gospodarkę tego regionu.

Bardzo interesującym rozdziałem jest rozdział Mapa Drogowa, w którym przedstawiono perspektywy rozwoju motoryzacji. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku władze Kaliforni wprowadziły wymóg sprzedaży samochodów bezemisyjnych. Powstała w 2003 r. koncepcja budowy fabryki samochodów elektrycznych. Jest to powrotem do pomysłu Edisona wprowadzającego w 1900 r. samochody elektryczne, które zniknęły z rynku wskutek masowej i taniej produkcji samochodów benzynowych przez fabrykę Forda i ulepszenie ich konstrukcji przez wprowadzenie zapłonu elektrycznego eliminującego zapłon przy pomocy korby. Powrót do koncepcji napędu elektrycznego jest obecnie spowodowany ochroną klimatu. 6% emisji CO<sub>2</sub> powoduje motoryzacja. Pierwsze próby koncernu General Motors były niezbyt udane. W Kaliforni powstała nowa firma Tesla, która wykrzystała nowy typ akumulatora z ogniwem litowo-jonowym. Zapoczątkowało to rewolucję w przemyśle motoryzacyjnym i wyścig o uzyskanie silnej pozycji rynkowej. Spowodowało to rozwój wielu powiązanych z tym przemysłem dziedzin. Powstały nowe samochody hybrydowe, wprowadzono różne specjalizowane urządzenia elektroniczne, komputery. Rozwój jest dodatkowo stymulowany przez regulacje prawne wprowadzane przez Unię Europejską i inne kraje. Chiny stały się jednym z największych producentów samochodów elektrycznych i baterii litowo-jonowych (75%). W Indiach gdzie warunki ekonomiczne są odmienne, preferowany jest rozwój elektrycznego napędu w transporcie publicznym. Ograniczeniem rozwoju może być dostępność baterii. Innym kierunkiem rozwoju również wymagającym energii elektrycznej jest wprowadzenie robotów nawet do transportu drogowego indywidualnego i publicznego nieograniczonych czasem pracy. Rozwój motoryzacji jest powiązany z organizacją przewozu przez powstające wyspecjalizowane firmy organizujące przewóz osób towarów, zwiększając wykorzystanie całej „floty” motoryzacyjnej.

Ostatni rozdział Mapa Klimatu jest całkowicie poświęcony ochronie klimatu. Zmiany klimatyczne badane systematycznie od połowy XX wieku są niepokojące i coraz bardziej widoczne: pożary lasów, huragany, nasilające się deszcze, topniejące lodowce. Obecny

celem jest obniżenie średniej temperatury, o co najmniej 2°C tak, by nie przekraczała poziomu sprzed uprzemysłowienia, przy czym nie ustalono, czy ma to dotyczyć tylko redukcji CO<sub>2</sub> wynikającą z działalności człowieka, czy dekarbonizację. Powszechnie dąży się do tzw. zerowej emisji netto, w której wytworzony dwutlenek węgla jest w całości neutralizowany naturalnie przez systemy pochłaniające. Prowadzi to do długotrwałej transformacji energetycznej. Takie transformacje już były, gdy w XIII wieku zaczęto używać węgla do opalania, eliminując stopniowo drewno, a następnie w XVIII, gdy wynaleziono koks rozpoczynając erę uprzemysłowienia, by przy końcu XIX rozpocząć kolejną rewolucję energetyczną wprowadzając ropę, a następnie w XX gaz i energię jądrową. Ograniczenia wynikające z ochrony klimatu budzą nieustannie sprzeciw. Bardzo ważne są ustalenia paryskiej konferencji klimatycznej z 2015 r., zatwierdzone po długich dyskusjach przez 195 krajów i Unię Europejską. Te ustalenia mają ogromny wpływ na politykę światową. Poważne plany redukcji wszelkich zanieczyszczeń powietrza, ograniczenia efektu cieplarnianego są przewidziane do 2050 r. Podstawowym narzędziem pozwalającym Europie, odpowiedzialnej za 12% emisji CO<sub>2</sub>, jest *Taksonomia* raport zawierający zalecenia dla działań gospodarczych „przyjaznych dla środowiska”. Proponowane są różne rozwiązania redukcji, ale widać wyraźnie, że zapotrzebowanie na gaz i ropę nie ulegnie większej redukcji, ponieważ mimo wprowadzenia wielkich zmian technologicznych w krajach rozwiniętych zapotrzebowanie w krajach rozwijających się znacznie wzrośnie.

Książka daje szeroki obraz rzeczywistych problemów gospodarczych i politycznych na przełomie XX i XXI wieków związanych z ociepleniem klimatu, dotychczasowych starań i propozycji dalszych działań. Przeprowadzając analizy problemów autor podaje bardzo dużo aktualnych wiadomości dotyczących działań w krajach dysponujących znacznymi zasobami paliw kopalnych z uwzględnieniem wpływu energetyki na ich politykę. Wiele tych informacji jest trudno dostępnych i przeprowadzone porównania mają charakter dydaktyczny.

W książce podano bogatą bibliografię (31 stron) i przypisy wyjaśniające do każdego rozdziału oraz alfabetyczny skorowidz rzeczowy.

dr inż. Krzysztof Rzymkowski,  
*Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej,*  
Warszawa



## ZIELONE ŚWIATŁO DLA ENERGETYKI JĄDROWEJ – „EKOLOGICZNI DALTONIŚCI” W ODWROCIE?

*Grasz w zielone? Gram! Masz zielone? Mam!* W minionym stuleciu chodziło o zielone listki koniczynki. Bliżej końca XX w. jeszcze o przesłanie poetyckiej piosenki Kofty „*Jeszcze w zielone gramy*”. Było wtedy spontanicznie, lirycznie, romantycznie i zazwyczaj też zielono, choć może już nie zawsze ekologicznie! A dzisiaj? Skonstatować, że aktualne ekologiczne problemy naszej planety przypominają skomplikowany węzeł kwantowy – jakby nie powiedzieć nic. Tym bardziej, że kłopoty z tytułu naszej relacji z przyrodą wynikają z faktu, iż ona bez nas będzie sobie radzić w najlepszą. Sama dla siebie w zupełności wystarczy. A my bez niej nie przeżyjemy nawet dnia! Jak zatem czerpać z przyrody, jednocześnie jej nie przeszkadzając? O co oprzeć się w tym „najlepszym z możliwych światów”? Najlepiej o ...taksonomię. Koniecznie unijną, co oczywiście jest „oczywistą oczywistością”, która – nawet bez cugli – bezapelacyjnie wygrywa europejski konkurs na oryginalny pleonazm. I sami Państwo za chwilę się przekonają, że nie ma tutaj żadnego ukrytego, a tym bardziej ironicznego podtekstu. Jak rozumieć ten termin? Dr Radosław Maruszkin tłumaczy, że *taksonomia to potoczna nazwa aktu prawnego Unii Europejskiej, tj. rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje\** W błogiej nieświadomości jeszcze do tej pory wierzyłem, że taksonomia jest *nauką o zasadach klasyfikacji roślin i zwierząt*, jak orzekał słownik\*\*, ale Linneusz\*\*\* byłby zadowolony, że jego systematyka po ponad trzech wiekach stała się tak bardzo „potoczna”, a trafiając do języka potocznego zbłądziła pod strzechy. Skoro Niemcy, Anglicy, Rosjanie, czy Francuzi właśnie używają dokładnie tego właśnie słowa – w swych różnych przeciwieństwach – przynajmniej tu nie ma niedomówień. Zgadza się, co do zakresu semantycznego. Greckie taksis – układ, porządek, nomos – prawo. A nam między Odrą a Bugiem zależy przede wszystkim na prawym (sic!) porządku prawnym. Z wdziękiem słonia w składzie porcelany udało się ominąć układ, ale widać wyraźnie, że już nawet starożytni Grecy preferowali określone układy, które my, obywatele UE dostatecznie już dojrzały, z całą werbalną stanowczością – co miało miejsce na każdym niemal rogu ulicy – głośno potępiamy.

Tak zwana taksonomia – jak się o niej wyraził jeden z bardziej uświadomionych, acz nadal szeregowy pracownik frontu medialnego od czerwca 2020 r. stała się

modną celebrytką przeżywającą swój złoty okres na politycznych unijnych salonach. Czekwała w przedpokojach demokratycznej władzy na zezwolenie do przejścia na pole praktyki przemysłowej. A wszystko za sprawą Komisji Europejskiej, która konsekwentnie stawia na zielony kolor. A dodatkowo (w bonusie) jeszcze można dzięki urzędnikom unijnym przeżyć dreszczyk emocji jak na filmie Hitchcocka. Otóż Komisja Europejska po blisko dwuletniej deliberacji, odpowiednio stopniując napięcie – niczym w thrillerze psychologicznym – wydała z siebie unijny głos i ogłosiła uzupełniający akt delegowany. Stąd i w zielone nadal gramy. Ale zanim ogłosiła, co przedsięwzięła nastąpił wyciek do mediów, który zdradził, iż planuje się energetyce jądrowej przyznać status technologii ekologicznej. Zupełnie przypadkowo zbiegający się w czasie z likwidacją siłowni atomowych w Niemczech. Acz pewien wysoko postawiony polityk z Luksemburga nawet zastanawiał się, czy to... nie prowokacja!? Najbardziej treść „przecieku” oburzyło tych, którzy w pocie czoła w noc sylwestrową likwidowali swoje trzy elektrownie jądrowe, notabene leciwie trochę już starszyski. Ale dlaczego w Sylwestra? Czyżby liczyli jeszcze na jakieś dodatkowe pokazy fajerwerków? Minister gospodarki Niemiec skonstatował, iż takie ekologiczne uznanie dla „jądrówki” „rozwadnia” wiarygodność taksonomii i Niemcy tego nie poprą. Za to niemiecki kanclerz ze stoickim spokojem skonstatował, że znaczenie taksonomii jest... przeceniane. Kiedyś – na szczęście także i dla polityków – ukuł zwrot frazeologiczny: *nieubłagana logika*. I dobrze. A nawet bardzo dobrze. Drzemie w nim niesłyszana potęga. Energia jądrowa została sklasyfikowana jako w pełni zielona, że ubogacę przekaz dodaniem słówka „w pełni”, żeby zaakcentować – jak mówił już nasz krajowy klasyk językoznawstwa, noblista i doktor honoris causa prestiżowych uniwersytetów – jej plusem dodatnie. Co widać, jak czarno na białym, że tym w pełni nie zadowolili wszystkich. Na pewno przydałby się, zatem bardzo czytelny drogowskaz informujący: do czego nie zmierzamy i o co nie walczymy. Ale czy widzieliście Państwo drogowskaz idący we wskazanym przez siebie kierunku? Dlatego daltoniści z ekologiczno-ideologicznym backgroundem szybko chyba się nie poddadzą. Czyżby uważali, że jedna przegrana bitwa nie oznacza przegranej wojny?

Zmieniła się i skala potrzeb, a zatem i oczekiwań, również ze strony państw i koncernów. Intencje ratowania planety są wielce chwalebne, a idee zrównoważonego rozwoju szczytne. Kłopot z każdą ideą poczętą przy zielonych stolikach zaczyna się zawsze podczas prób obleczenia jej w cielesność. W procesie materializacji idei – niestety – jej podszewka często wystaje poza istotną treść ideałów. I wtedy mocno się brudzi. Przy czym tak wygenerowana czerń nie musi od razu służyć za podręcznikową ilustrację śladu węglowego.

I na dodatek pochodzić wyłącznie z Turowa. Sam pomysł tzw. taksonomii polegał na stworzeniu takich ram prawnych, aby inwestycyjna działalność podejmowana w gospodarce, a szkodząca środowisku naturalnemu nie mogła liczyć na unijne dotacje. Co sprowadza się do ustalenia standardów emisyjnych, a ich spełnienie powinno automatycznie prowadzić do uznania danej technologii za uprawnioną do otrzymania dotacji przewidzianych na rozwój proekologicznych przedsięwzięć. Dla ekologicznej energetyki ustalono górną granicę, w myśl której jednostkowa emisja CO<sub>2</sub> nie może przekraczać 100 g na kWh. W tym wypadku energetyka jądrowa automatycznie kwalifikuje się do czołówki wśród liczego grona zielonych projektów inwestycyjnych. I tu „oczywista oczywistość” okazała się bardziej precyzyjna. Wszak diabeł zawsze tkwi w szczegółach. Owe 100 g CO<sub>2</sub> na kWh dla elektrowni jądrowych wyliczone jest w tzw. całym cyklu życia elektrowni, „w rachunku ciągnionym”, tj. od momentu pozyskiwania paliwa, wygenerowania z niego energii, po proces składowania odpadów. Acz i taki modus operandi nie powoduje, że energetyka jądrowa miałaby mieć trudności z udowodnieniem, że ustalone normy unijne w jej przypadku są przestrzegane. Technologia jądrowa jest niskoemisyjną, aby nie powiedzieć, że „zeroemisyjną”. Taką nie jest i nie będzie żaden proces spalania, o czym wiedzą chemicy i fizycy, a niekoniecznie nawet światli – ponad średnią unijną normę – politycy, czy aktywiści ekologiczni. Miał rację Goethe, gdy wołał: Mehr Licht!

Rzecz cała – w tym wypadku – powinna się sprowadzać we wszystkich państwach UE do zgodnego z wcześniejszymi ustaleniami uporządkowania procesów inwestycyjnych, aby były zgodne z zasadami gwarantującymi zmniejszenie do minimum negatywnego oddziaływania szeroko rozumianej gospodarki na kondycję ekologiczną naszej planety. A ważną dla wszystkich państw unijnych i w konsekwencji skutkującej (lub nie!) unijnymi dotacjami. Kwestia finansowa nas Polaków żywo obchodząca!

Współczesna „gra w zielone” powinna toczyć się w formule fair play. A teraz znaczną jest wektorem wypadkowej gry interesów. Czytelną ilustracją: *co komu w duszy gra* jest struktura finansowych i realnych aktywów inwestorów, czyli państw w ich gospodarczych portfoliach. Cóż biednemu zawsze wiatr wieje w oczy zamiast poruszać skrzydła wiatraków. I tak ma wyglądać sprawiedliwość dziejowa? Nie ma efektywnej wspólnej polityki wspierającej cele zrównoważonego rozwoju. Zastępują ją pseudo – ekologiczne pijarowskie zabiegi socjotechniczne. Czego jesteśmy świadkami na co dzień, chociażby przy okazji tworzenia tzw. taksonomii. Wciąż czekamy na prawdziwie wspólnotową, solidarną unijną politykę energetyczną i wypracowywanie wspólnej formuły bezpieczeństwa ener-

tycznego, przy zagwarantowaniu przestrzegania norm środowiskowych. Nie zapominając też o konieczności zatrzymania pochodzących z wysokich cen energii nie tylko z troski o dobrostan elektoratu dyktowany wyborczymi kalendarzami.

Marek Bielski,  
Przegląd Techniczny,  
Warszawa

\*/ Artykuł opublikowany w Biuletynie Euro Info nr 7/2020 i na oficjalnej stronie internetowej PARP-u.

\*\* „Słownik wyrazów obcych” pod red. prof. Z. Rysiewicza, wyd. X, Warszawa 1964.

\*\*\*/ Na użytek wyobraźni przywołajmy wehikuł czasu rodem z Wellsa... Niech pojawi się na współczesnej scenie wydarzeń, żyjący w czasach Jana Sebastiana Bacha, Karol Linneusz, którego nazwisko zestawiamy z tytanami intelektu tej miary co Arystoteles i Darwin. Gdyby teraz zawitał do nas – bez wątpienia – byłby bardzo zaskoczony naszymi osiągnięciami naukowymi oraz gospodarczymi, ale też i ogromną skalą negatywnej ingerencji człowieka w naturalny rytm przyrody. Miałby też osobisty powód do zdziwienia. Linneusz, twórca naukowego pojęcia taksonomii boomu na używanie tego terminu w XXI w. nie mógł się spodziewać i przewidzieć ani zainteresowania ze strony polityków i biznesmenów słowem taksonomia, ani częstotliwością występowania tegoż w mediach. Acz owo zainteresowanie w najmniejszym stopniu nie wiąże się z jego wkładem w rozwój nauki. Wynika z zapożyczenia terminu. Zawłaszczono termin, nie zastanawiając się, że pierwotnie był on zarezerwowany dla nauki o zasadach klasyfikacji gatunków roślin i zwierząt. I nikt nawet nie przywołuje Linneusza. Acz jeden z Autorów artykułu prasowego zastrzegł się, że pisze o tzw. taksonomii, a następnie, chyba nie z braku wiedzy o pisowni dużą literą, ale z szacunku dla owej tzw. taksonomii, opatrzył tekst śródtytułem: Nowa Taksonomia. Zamiast dokonać własnego wyboru z nieprzebranego zasobu słownictwa polskiego (np. kategoryzacja, klasyfikacja, systematyka, systematyzacja, zbiór zasad, a nawet kodeks). Nie kruszmy jednak kopii o życie terminów mniej, czy bardziej naukowych we współczesnej polszczyźnie, choć przy odrobinie dbałości nie straszłyby nas językowe dziwolągi rodzaju rezerwuaru siły roboczej, czy kapitału ludzkiego, etc., etc. Batalia nie toczy się jednak wcale o ojczyznę-polszczyznę, ale o zagwarantowanie Polkom i Polakom stałego dostępu do energii i zapewnienie iż nie będzie ona z roku na rok coraz droższa. A zatrzymanie cenowego tsunami będzie zadaniem trudnym, a sukces na tym polu może liczyć na Nagrodę Nobla z ekonomii.



PROF. LUDWIK KOWALSKI  
(24.10.1931 – 20.10.2021)  
– WSPOMNIENIE

DOKUMENTACJA LUDWIKA KOWALSKIEGO  
WKŁADY DO POLA LENR  
UDZIAŁ W ROZWOJU LENR  
INICJATYWA DOKUMENTACJI  
*Fragmety projektu raportu 2020.*

Profesor Ludwik Kowalski urodził się w Polsce w 1931 r. i uzyskał tytuł doktora nauk fizycznych na Uniwersytecie Paryskim w 1963 r. Następnie w 1986 r. uzyskał tytuł magistra edukacji matematycznej w Kean College of New Jersey. Wyemigrował do Stanów Zjednoczonych w 1964 r. i od 1969 r. przez 35 lat pracował na wydziale fizyki na Uniwersytecie Stanowym Montclair, przechodząc na emeryturę w 2004 r. W 1978 r. wraz z Halem Hellmanem opublikował książkę *Understanding Physics*.

Dr Ludwik Kowalski wniósł znaczący wkład w dziedzinę LENR (Low Energy Nuclear Reaction lub „Cold Fusion”). Kiedy LENR został ogłoszony w 1989 r., przez kilka lat podążał za trendem innych fizyków, nie akceptując tego zjawiska. Jednak w 2002 r. zainteresował się nim ponownie. Jego praca nad LENR trwała, co najmniej do 2017 r., kiedy to napisał artykuł na temat socjologicznych aspektów odrzucenia LENR.

Ludwik Kowalski, emerytowany prof. fizyki na Montclair State University w New Jersey, ma niezwykle biografię. Urodził się w 1931 r. w Warszawie w rodzinie żydowskiej. Wkrótce po jego urodzeniu jego naiwnie idealistyczni rodzice, oszukani przez sowiecką propagandę, przenieśli się do Związku Radzieckiego.

W 1938 r. ojciec Ludwika, inżynier, wraz z dziesiątkami tysięcy polskich komunistów i etnicznych Polaków



**Fot. 2.** Ludwik Kowalski – przekazuje darowiznę dla archiwum instytucji Hoovera, poniedziałek, 3 stycznia 2011 r.

**Photo. 2.** Ludwik Kowalski. Donated to the Hoover Institution Archives, Monday, January 3, 2011

został aresztowany pod fałszywymi zarzutami i skierowany do GUŁAGU. Zmarł z wycieńczenia w kopalni złota na Kołymie w wieku 36 lat.

Ludwik większość dzieciństwa spędził w Moskwie, otrzymując gruntownie stalinowskie wykształcenie. (Nazywał siebie „dzieckiem w czerwonej pieluszcze” i wstąpił do młodzieżowych organizacji Młodych Pionierów). Kilka miesięcy po zakończeniu wojny wrócił z matką do Polski.

Kowalski pisał swój pamiętnik przez większą część swojego życia, choć jego zapiski z lat pięćdziesiątych są najbardziej obszerne i interesujące, jako źródło o polskim społeczeństwie, edukacji i kulturze we wczesnych latach reżimu komunistycznego.

Dziennik jest także zapisem postępującej, intelektualnej desowietyzacji autora i poszukiwania własnej tożsamości. Reakcje Ludwika Kowalskiego na śmierć Stalina, rewelacje XX Zjazdu Sowieckiej Partii Komunistycznej, rewolucja węgierska i polski październik 1956 r. to ważne momenty przełomowe w osobistym wyzwoleniu młodego uczonego, procesie, który był bardzo prywatny i trwał dziesięciolecia.

Jako profesor uniwersytecki i naukowiec skoncentrował się na nauczaniu i badaniach naukowych, nie ujawniając swojej całkowitej politycznej metamorfozy do czasu przejścia na emeryturę akademicką w 2004 r. Od tego czasu napisał dwie książki: *Piekło na ziemi: brutalność i przemoc w reżimie stalinowskim* (2008) oraz *Tyrania do wolności: pamiętnik byłego stalinisty* (2009). Obie książki zostały wydane przez Wasteland Press w Shelbyville w stanie Kentucky. Dokumenty Ludwika Kowalskiego dostępne są w Archiwum Instytucji Hoovera obejmują oryginalne dzienniki (w języku polskim), setki listów oraz dokumenty osobiste i fotografie.

\*\*\*

DOCUMENTATION OF LUDWIK KOWALSKI'S  
CONTRIBUTIONS TO THE LENR FIELD  
A PROJECT OF THE LENR RESEARCH  
DOCUMENTATION INITIATIVE  
*Excerpts from the draft report 2020.*

Dr. Ludwik Kowalski was born in Poland in 1931 and received his Doctorate of Physical Sciences from the University of Paris in 1963. Subsequently in 1986 he was awarded the MA degree in Mathematics Education from Kean College of New Jersey. He immigrated to the US in 1964 and, starting in 1969, held a position in the physics department at Montclair State University for 35



**Fot. 1.** Prof. Ludwik Kowalski



years, retiring in 2004. In 1978 he published a book, *Understanding Physics*, with Hal Hellman.

Dr. Ludwik Kowalski has made significant contributions to the LENR (Low Energy Nuclear Reaction or "Cold Fusion") field. When LENR was announced in 1989, he followed the trend of other physicists for several years in not accepting the phenomenon. However, he took a new interest in 2002. His LENR work continued at least until 2017, when he authored an article on the sociological aspects of the LENR's rejection.

Ludwik Kowalski, a retired physics professor at Montclair State University in New Jersey, has an extraordinary biography. He was born in 1931 in Warsaw to a Jewish family. Shortly after his birth, his naively idealistic parents, deceived by Soviet propaganda, moved to the Soviet Union.

In 1938, Ludwik's father, an engineer, along with tens of thousands of Polish Communists and ethnic Poles, was arrested on false charges and sent to the GULAG. He died of exhaustion in the Kolyma gold mines at the age of thirty-six.

Ludwik spent most of his childhood in Moscow, receiving a thoroughly Stalinist education. ( He called himself a "red diaper baby" and joined the Young Pioneers and Communist youth organizations). He and his mother returned to Poland a few months after the end of the war.

He completed his secondary and university education in Warsaw, followed by graduate studies in France, from 1957 to 1962; he received a doctorate from the Institute of Nuclear Physics Orsay... (University of Paris, Sorbonne ). After a brief visit to Poland, the young scientist was invited to a scientific conference in the United States. That 1964 visit led to a research position at Columbia University and his immigration to the United States

His father's tragic fate had not shaken Kowalski's blind faith in the Soviet system, and he became a de-

icated young Communist while living in Poland. In secondary school in Poland, he began keeping a diary, in which he recorded his reactions to developments in his private life, with observations on major developments on the national and international scene.

Kowalski continued to write his diary through much of his life, though his notes from the 1950s are most extensive and interesting as a source on Polish society, education and culture during the early years of the communist regime.

The diary also provides a record of the author's gradual intellectual de-Sovietization and the search for his own identity. Kowalski's reactions to the death of Stalin, the revelations of the Twentieth Congress of the Soviet Communist Party, the Hungarian revolution, and the Polish October 1956 are important landmarks in the young scholar's personal liberation, a process that was very private and took decades to complete.

As a university professor and a scientist, he concentrated on his teaching and research and did not reveal his complete political metamorphosis

until he retired from academia in 2004. Since that time, he has written two books: *Hell on Earth: Brutality and Violence under the Stalinist Regime* (2008) and *Tyranny to Freedom: Diary of a Former Stalinist* (2009). Both books were published by Wasteland Press in Shelbyville, Kentucky. The Ludwik Kowalski Papers available in the Hoover Institution Archives include the original notebook diaries (in Polish), hundreds of letters, and personal documents and photographs.

*Z przykrością informuję o śmierci mojego męża Ludwika Kowalskiego, który zmarł 20 października 2021 r., cztery dni przed swoimi 90 urodzinami.*

Linda Kowalski,  
New Jersey,  
USA



PROF. DR HAB.  
KAZIMIERZ JELEŃ  
(02.01.1940 – 09.09.2021)

Kazimierz Jeleń urodził się w Jordanowie, najstarszym miasteczku w powiecie Suskim, położonym w dolinie rzeki Skawy. Tam chodził do szkoły podstawowej i liceum. Po maturze w 1963 r. rozpoczął studia fizyki w Krakowie w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego przy ul. Gołębiej. Pod kierownictwem prof. Henryka Niewodniczańskiego wśród fizyków panowała wówczas niepowtarzalna, rodzinna atmosfera. Zdolny i pracowity student z łatwością zaliczał kolejne egzaminy. Szybko dotarł do roku dyplomowego, wybrał

specjalizację w zakresie fizyki jądrowej. Pracę magisterską wykonał w Instytucie Techniki Jądrowej AGH w Pracowni Detektorów Gazowych. Tam też po uzyskaniu stopnia magistra został zatrudniony na stanowisku asystenta. Zajął się badaniem liczników Geigera Müllera i licznikami proporcjonalnymi. Badał zjawiska zachodzące w tych detektorach oraz pracował nad udoskonaleniem ich budowy. Podstawę jego rozprawy doktorskiej (obrona w 1971 r.) stanowiła chromatografia gazowa i detektory używane w tej metodzie badawczej. Na ten temat napisał i opublikował broszurę pt. „Radiojonizacyjne detektory dla chromatografii gazowej”. W krótkim czasie stał się cenionym naukowcem w dziedzinie technicznej fizyki jądrowej. Habilitował się w 1981 r., a tytuł profesora uzyskał w 1995 r.

W 1971 r. otrzymał roczne stypendium Międzynarodowej Agencji Atomistyki, które odbył w Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung w Hanowerze. Prowadził tam badania geologiczne metodami spektrometrii masowej oraz metodami datowania izotopowego, głównie z wykorzystaniem węgla C14 i trytu. Talentem i pracowitością zyskał sobie uznanie władz instytutu hanowerskiego, czego wyrazem był dwuletni kontrakt naukowy (1983-1985). W tym czasie zbudował kompletny, półautomatyczny układ do pomiaru aktywności węgla C14 w próbkach o małej zawartości węgla, który przez wiele lat służył poszerzając zakres mierzonych materiałów.

W latach 80-tych doc. Kazimierz Jeleń włączył swój zespół do prac w Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) w Hamburgu przy akceleratorze HERA. Pod jego kierunkiem został zaprojektowany i zbudowany jeden z elementów detektora ZEUS, którego eksploatację zapewniono przez ponad dziesięć lat. Tak zdobyte doświadczenie utorowało drogę grupie prof. Jelenia do współpracy przy budowie akceleratora LHC w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych CERN.

Prof. Jeleń jest autorem lub współautorem 120 publikacji w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, cytowanych ponad 7000 razy. Uczestniczył w kilkunastu konferencjach, podczas których wygłaszał referaty, prowadził sesje plenarne lub panelowe.

Nie ograniczał się do tematów czysto naukowych. Był otwarty głównie na zagadnienia aplikacyjne, w szczególności na polskie potrzeby gospodarcze, jak energetyka jądrowa czy odnawialne źródła energii. Przyczynił się do powołania w 2005 r. Centrum Problemów Energetycznych AGH i został jego kierownikiem. Wynikiem tej działalności są między innymi dwie książki: „Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej” oraz „Energetyka jądrowa w Polsce”, których jest współredaktorem.

Prof. Kazimierz Jeleń z wielkim zapałem angażował się w pracę dydaktyczną na każdym etapie zatrudnienia w AGH: od asystenta po profesora zwyczajnego. Dla kilku wydziałów prowadził początkowo ćwiczenia, później wykłady z fizyki ogólnej, wykłady specjalistyczne z detekcji promieniowania jonizującego, akceleratorów cząstek naładowanych, techniki próżniowej, reakcji termojądrowych. Uczestniczył w przekształcaniu Międzyresortowego Instytutu Fizyki i Techniki Jądrowej w Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej (WFiTJ od 1991 r.), a od 2004 r. Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej (WFiIS) AGH.

Poznałam go, kiedy kierował zespołem zajmującym się dydaktyką fizyki. Bardzo dbał o jak najwyższy poziom nauczania: ćwiczenia laboratoryjne, filmy dydaktyczne, konferencje. Ale na sercu leżał mu również los pracowników. Dbał o ich rozwój naukowy, troszczył się o sprawy bytowe. Był człowiekiem niezwykle zrównoważonym. W jego niebieskich oczach malował się spokój polskich łąk. Nigdy nie krzyczał, nie podnosił głosu, łagodnie argumentował swoje racje. Dawna



Fot.1. Prof. dr hab. Kazimierz Jeleń (fot. F. Gardulski)

szkoła „Papy” Niewodniczańskiego. W środowisku był postrzegany, jako autorytet naukowy i moralny, dlatego cieszył się ogromnym szacunkiem.

Nic więc dziwnego, że piastował coraz to wyższe stanowiska w hierarchii akademickiej. W latach 1991-1993 był prodziekanem ds. studenckich Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej, w 1999 r. został wybrany na stanowisko dziekana WFiTJ/WFiIS, które sprawował przez dwie kadencje. Przyczynił się wtedy do uruchomienia nowych kierunków studiów: Fizyki Komputerowej i Fizyki Medycznej i Energetyki. W latach 2005-2008 pełnił funkcję prorektora do spraw nauki AGH.

W 2013 r. po ponad 50-latach pracy przeszedł na emeryturę, a w kwietniu 2019 r. na posiedzeniu Senatu Akademii Górniczo-Hutniczej otrzymał godność Profesora Honorowego AGH.

Za zasługi został uhonorowany Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Złotym Krzyżem zasługi oraz Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Spotkałam go niedawno w mieście. Mówił, że wrócił do Jordanowa. Był członkiem wielodzietnej rodziny, (podobnie jak jego dawno zmarła żona), a teraz stał się seniorem rodu. Dopóki to było możliwe dbał o gospodarstwo na ojcowiznie. Ostatnio już tylko ukochane pszczoły mu zostały. Pasieka zminimalizowana, ale jest.

– A z Akademią współpracujesz? – spytałam.

– Nie, zostawiam to młodszemu. Mój czas już się wypełnił.

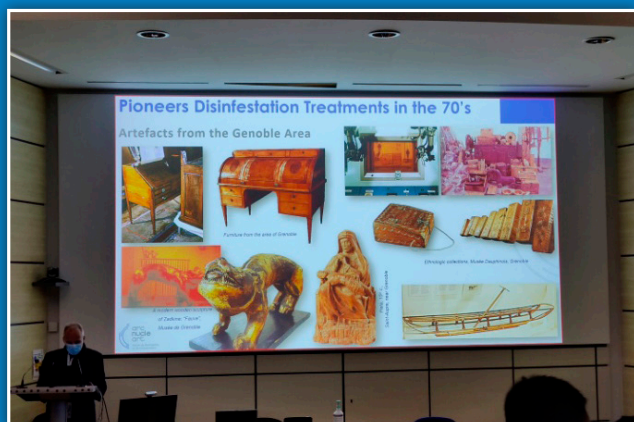
Został pochowany 13 września 2021 r. oczywiście na cmentarzu w Jordanowie.

dr Małgorzata Nowina Konopka,  
Oddział Krakowski Polskiego  
Towarzystwa Fizycznego,  
Kraków



# CONVERGENCE OF ART AND SCIENCE – 50 YEARS OF ARC-NUCLEART JUBILEE

Grenoble, France, 22 – 26 Nov 2021



Laurent Cortella z ARC-Nucleart opowiada o historii ośrodka  
Laurent Cortella from the ARC-Nucleart is talking about history of the centre (photo: Christophe Terpent)



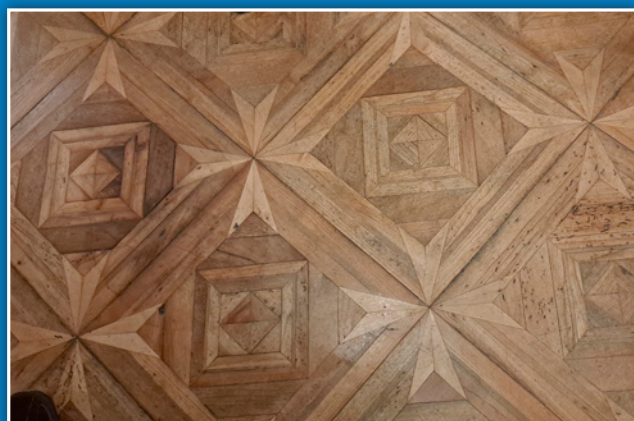
Proces konserwacji rzeźby w jednej z pracowni Conservation  
Procedure of the sculpture carried out in one of the workshops (photo: Christophe Terpent)



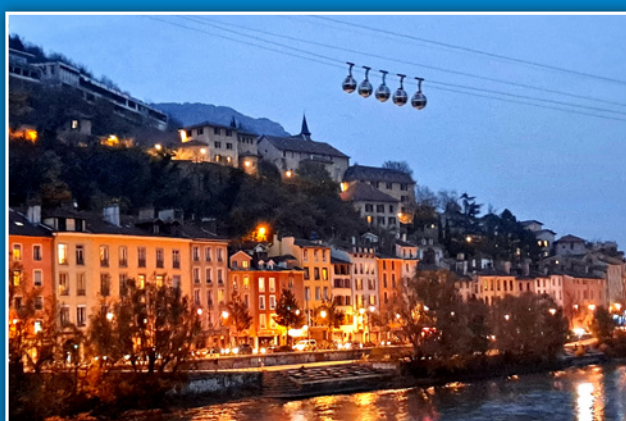
Zabytkowy świecznik po procesie konserwacji przygotowany  
do transportu  
Historic candleholder after conservation process ready for transport



Para butów poddanych radiacyjnej dezynfekcji  
Shoes disinfected with gamma radiation



Zabytkowy parkiet, który został poddany radiacyjnej konsolidacji znajdujący się w Maison de l'International de Grenoble  
Historic parquet, consolidated with application of gamma irradiation, which can be seen in Maison de l'International de Grenoble



Kolejka linowa Téléphérique de Grenoble Bastille łącząca Grenoble ze wzgórzem Bastylli  
Cable car Téléphérique de Grenoble Bastille linked Grenoble to the top of Bastilla



# CONVERGENCE OF ART AND SCIENCE – 50 YEARS OF ARC-NUCLEART JUBILEE

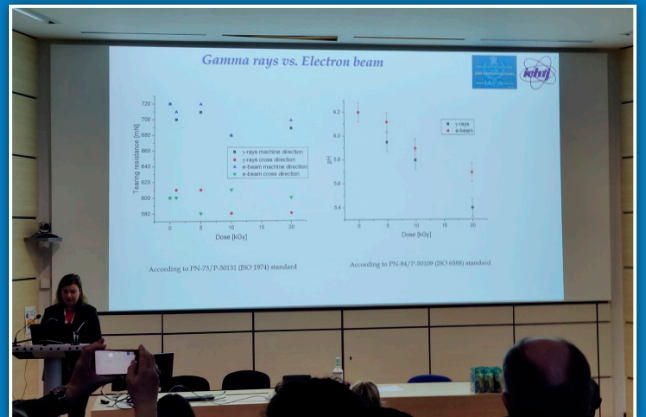
Grenoble, France, 22 – 26 Nov 2021



Uczestnicy spotkania technicznego i warsztatów regionalnych zorganizowanych przez MAEA w Grenoble w dniach 22-26 listopada 2021  
Participants of the IAEA Technical Meeting and Regional Workshop, which were held in Grenoble from 22 to 26 November 2021



Dyrektor ARC-Nucleart Karine Froment przedstawia prezentację dotyczącą ośrodka  
ARC-Nucleart Director General Karine Froment is presenting the centre



Dagmara Chmielewska-Śmietanko podczas prezentacji dotyczącej zastosowania wiązki elektronów do dezynfekcji obiektów dziedzictwa kulturowego  
Dagmara Chmielewska-Śmietanko is presenting results on the application of electron beam irradiation for disinfection of cultural heritage objects



Uroczyste obchody 50-lecia ARC-Nucleart  
Celebration of 50 years of the ARC-Nucléart activity



Wspomnienia pionierów zastosowania promieniowania jonizującego do konserwacji zabytków w ARC-Nucleart: Pierre Descalle, Michela Colardelle i Christiana de Tassigny (od prawej).  
The event started from round table with pioneers of radiation application for CH preservation: Pierre Descalle, Michel Colardelle and Christian de Tassigny (from the right)