

Plan dekarbonizacji krajowej energetyki zawodowej na drodze modernizacji z wykorzystaniem reaktorów jądrowych



**Ministerstwo
Energii**

Warszawa, wrzesień 2025

Wprowadzenie	3
Czym jest niniejszy dokument?	5
Rola energetyki jądrowej w transformacji – kontekst i uwarunkowania dla inwestycji C2N	6
Klasyfikacja ścieżek inwestycyjnych C2N	8
Kryteria oceny lokalizacji węglowych	11
Wstępne studia wykonalności jako podstawa wnioskowania oraz formułowania rekomendacji	15
Modernizacja infrastruktury i integracja nowych źródeł	20
Ramy regulacyjne i prawne dla realizacji planu	24
Kadry i kompetencje – transformacja zasobów ludzkich	28
Komunikacja i akceptacja społeczna	33
Plan działań na rzecz szerokiej adaptacji ścieżki C2N	36
Podsumowanie	38

Wprowadzenie

Transformacja polskiej energetyki jest koniecznością wynikającą zarówno z ustanowionych celów klimatycznych, jak i z potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego państwa. W obliczu postępującego wyczerpywania się potencjału krajowych elektrowni węglowych (wiele bloków przekroczyło wiek 50 lat) oraz zaostrzających się regulacji środowiskowych, niezbędne jest stopniowe odchodzenie od paliw kopalnych na rzecz źródeł energii użytkowej o niższych wskaźnikach emisji. Jednocześnie transformacja musi być prowadzona w sposób zapewniający stabilność Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), gwarantującą bezpieczeństwo dostaw energii, jak i akceptowalny koszt ogólnogospodarczy – wymaga to zastępowania mocy źródeł węglowych w sposób skoordynowany, najkorzystniej z zachowaniem wymogów sprawiedliwej transformacji regionów, których kondycja jest często mocno związana z lokalnie rozwiniętym przemysłem paliwowo–energetycznym. W praktyce oznacza to potrzebę zwiększenia roli energetyki jądrowej, gdyż **bez inwestycji w elektrownie jądrowe osiągnięcie celów klimatycznych przy zachowaniu długoterminowego wzrostu gospodarczego może okazać się niemożliwe.**

Aktualna sytuacja geopolityczna i gospodarcza dodatkowo wzmacnia pilność działań w zakresie dostosowywania polityki energetycznej państwa do nowych wyzwań. Kryzys energetyczny i wojna w Europie pokazały, jak ważna jest **suwerenność energetyczna**. Uniezależnienie od importu paliw kopalnych z niestabilnych kierunków dostaw oraz zabezpieczenie ciągłości zasilania w energię o akceptowalnej cenie, zarówno dla obywateli, jak i przemysłu, jest priorytetem dla krajowych decydentów. Transformacja energetyczna jest elementem strategicznego wzmocnienia państwa na arenie międzynarodowej. Decyzje podejmowane teraz zdeterminują kondycję polskiej gospodarki i przemysłu na dekady.

Energetyka zawodowa (systemowa) oparta jest w Polsce na dużych scentralizowanych źródłach wytwórczych, które w odpowiedzi na wzrastające potrzeby, wyrastały na gruncie rozwijanych przez dekady i dojrzałych obecnie w kraju kompetencji. Energetyka zawodowa odgrywa kluczową rolę w krajowym miksie energetycznym, zapewniając podstawę obciążenia i stabilizując pracę KSE. Wielkoskalowe elektrownie pracujące w zagłębiach energetycznych oraz elektrociepłownie usytuowane w otoczeniu największych aglomeracji miejskich ciągle wykorzystują głównie węgiel, co stoi z jednej strony u podstaw bezpieczeństwa energetycznego kraju, ale z drugiej strony także uderza w konkurencyjność krajowej gospodarki, głównie z uwagi na wzrastające koszty pozyskiwania paliwa węglowego oraz koszty środowiskowe.



Polska jest zobowiązana do radykalnego zmniejszenia udziału węgla w miksie paliwowym, co wprost wynika z polityki klimatycznej UE. Wielkim wyzwaniem staje się zastępowanie wycofywanych jednostek węglowych nowymi dyspozycyjnymi źródłami. Brak takich źródeł w systemie skutkował będzie ryzykiem występowania deficytu mocy, zagrażającego bezpieczeństwu dostaw. Oczekiwany potencjał wytwórczy zagwarantować obecnie może tylko energetyka gazowa oraz w dłuższej perspektywie energetyka jądrowa, niemniej jednak postrzeganie źródeł gazowych jako docelowo stanowiących podstawę bezpieczeństwa energetycznego państwa jest niewłaściwe. Wynika to z wysokiego ryzyka zmienności cen gazu ziemnego, który dla sprostania dużej konsumpcji musiałby być dodatkowo pozyskiwany z kierunków o niestabilnej sytuacji politycznej. Należy też pamiętać, że spalanie gazu ziemnego, podobnie jak węgla, powoduje emisję dwutlenku węgla. W wizji transformacji energetycznej źródła gazowe powinny utrzymać rolę źródeł bilansujących, przejściowo tylko zapewniających duży wolumen energii użytkowej, który powinien być redukowany w miarę oddawania do użytku nowych bloków jądrowych. Istotną rolę, również po roku 2050, odgrywać mogą ciągle tzw. pikery gazowe, będące turbinami gazowymi, na ogół o mocach do 50 MW.

Potrzebne są pilne działania, by równoległe z rozwojem OZE urzeczywistniać plany rozwoju energetyki jądrowej zapisane w strategicznych dokumentach państwa. Energetyka jądrowa oferuje stabilne wytwarzanie energii bez emisji gazów cieplarnianych, co czyni ją naturalnym filarem dekarbonizacji energetyki systemowej. **Wzrost udziału energetyki jądrowej powinien następować poprzez zastępowanie mocy zainstalowanej w elektrowniach węglowych nowymi jednostkami jądrowymi, najlepiej lokowanymi w miejscach dotychczasowej pracy lub w bliskiej odległości od wycofywanych elektrowni węglowych.** Takie podejście pozwala jednocześnie osiągnąć cele klimatyczne i zachować ciągłość funkcjonowania w dobrej kondycji lokalnych gospodarek. Wykorzystanie infrastruktury przesyłowej dla energii elektrycznej oraz elementów infrastruktury lokalnej jest szansą na ograniczenie kosztów budowy źródeł jądrowych. Inwestycje o przedmiotowym charakterze wpisują się w koncepcję transformacji **Coal-to-Nuclear (C2N)**, której popularność wzrasta na całym świecie, a głównie w tych regionach, które swój rozwój gospodarczy zawdzięczają istotnej roli węgla w energetyce, a teraz mierzą się z potrzebami dekarbonizacji gospodarek. Dlatego też koncepcja C2N spotkała się z największym zainteresowaniem w USA oraz Chinach. Polska jednak, dzięki wcześniej, bo od roku 2019, realizowanym studiom analitycznym oraz aktywnościom popularyzatorskim, lokowana jest w gronie państw pioniersko podejmujących oceny, jak również implementacji idei C2N do strategii energetycznej. Pionierski charakter działalności krajowych naukowców dostrzeżony został w wielu ważnych raportach poświęconych ścieżce C2N, a w tym raporcie Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych z 2022 r. [1], stanowiącym fundament dla obecnej skali zainteresowania na świecie niniejszą koncepcją inwestycyjną. W raporcie wskazano, że w samych Stanach Zjednoczonych aż 215 lokalizacji (o łącznym potencjale ponad 260 GW) mogłoby zostać objętych ścieżką C2N, przynosząc wymierne korzyści ekonomiczne i społeczne. Oszacowano m.in., że przekształcenie typowej elektrowni węglowej o mocy elektrycznej 1200 MW w jednostkę jądrową może podwoić liczbę miejsc pracy oraz zwiększyć wartość gospodarki regionalnej o 275 mln USD rocznie. **Ścieżka C2N jest postrzegana jako szansa na pogodzenie celów klimatycznych z ochroną miejsc pracy i potencjału przemysłowego regionów,** co podkreślane jest już nie tylko w krajowym środowisku naukowym, ale również w gronie decydentów politycznych.

Czym jest niniejszy dokument?

Niniejszy dokument, będący *Planem dekarbonizacji krajowej energetyki zawodowej na drodze modernizacji z wykorzystaniem reaktorów jądrowych*, ma charakter rekomendacyjny i stanowi efekt projektu badawczego **DEsire**, realizowanego w latach 2022-2025 przez konsorcjum pięciu instytucji, tj. Politechniki Śląskiej (lider projektu), Ministerstwa Energii, Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej, BSPiR Energoprojekt-Katowice S.A. oraz Fundacji Instytut Sobieskiego. Projekt został zrealizowany w ramach programu **Gospostrateg VI**, finansowanego przez **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju**. Niniejszy plan stanowi rozwinięcie i uszczegółowienie celów oraz sposobu realizacji ścieżki transformacji C2N, która zasygnalizowana została w projekcie aktualizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) [2]. Niniejszy plan odpowiada na dynamicznie zmieniające się warunki rynkowe, rosnące wymagania klimatyczne, oczekiwania społeczne odnoszące się do sprawiedliwej transformacji oraz progres w rozwoju technologii jądrowych. Ujmując transformację w szerszym kontekście, *Plan* nie tylko formułuje rekomendowaną ścieżkę postępowania w obszarze inwestycji przewidzianych w sektorze energetyki jądrowej, ale także wskazuje narzędzia możliwe do wykorzystania, ważne działania towarzyszące oraz efekty, potencjalnie będące skutkiem adaptacji przedmiotowej ścieżki transformacyjnej. Dokument jest skierowany do rządu, potencjalnych inwestorów, operatora systemu, deweloperów technologii, instytucji finansowych i społeczności lokalnych. Dokument stanowi kompendium wiedzy, wskazujące na konieczne reformy legislacyjne, modele finansowania oraz środki zapewnienia akceptacji społecznej. Dokument jest syntezą efektów przeprowadzonych prac, które publikowane były w obszernych raportach cząstkowych i publikacjach projektu DEsire. Te z kolei były następstwem prac analitycznych zrealizowanych przez podmioty zaangażowane w projekt DEsire, jak również szeregu spotkań z krajowymi interesariuszami potencjalnej adaptacji ścieżki C2N.

Rola energetyki jądrowej w transformacji – kontekst i uwarunkowania dla inwestycji C2N

Energetyka jądrowa na świecie przeżywa obecnie swoisty renesans. W obliczu wyzwań klimatycznych wiele państw rewiduje swoje podejście do atomu, dostrzegając, że bez niego osiągnięcie celów redukcji emisji będzie bardzo trudne. Takie przekonanie podzieliło również 14 największych globalnych instytucji finansowych, które we wrześniu 2024 r. zadeklarowały wsparcie inwestycji jądrowych. Kraje takie jak USA i Chiny ogłosiły ambitne plany budowy nowych reaktorów (odpowiednio 200 GW do 2050 r. i 400 GW do 2060 r.). Zmiany w nastawieniu do inwestycji dostrzegane są również w Europie – Holandia, Finlandia, Czechy, Wielka Brytania, Szwecja, Słowenia, Bułgaria to te państwa, które planują nowe elektrownie jądrowe. Włochy oraz Szwajcaria, wcześniej sceptyczne wobec energetyki jądrowej, rozważają powrót do atomu. Polska znajdując się wśród krajów, w których energetyka jądrowa cieszy się wysokim poparciem w społeczeństwie, również podjęła decyzję o budowie wielkoskalowych elektrowni jądrowych – PPEJ [2] (zgodnie z projektem aktualizacji z 2025 r.) zakłada oddanie do eksploatacji do końca roku 2042 bloków jądrowych o mocy od 6 do 9 GW. Zgodnie z planami, systemy wytwórcze bazujące na wielkoskalowych reaktorach gen. III+ mają pokryć część luki po odstawianych elektrowniach węglowych i unowocześnić system wytwórczy. Formułując kolejne polityki krajowe (dla perspektywy po roku 2040) należy mieć jednak na uwadze, iż w zależności od koniunktury gospodarczej, skala wyzwań może wzrosnąć istotnie w stosunku do celów, sformułowanych jeszcze w aktualizacji PPEJ z roku 2020. Analizy niektórych instytucji wskazują potencjalnie potrzebę krajowych wdrożeń w sektorze energetyki jądrowej, mogących sięgać nawet poziomu 20 GW mocy w perspektywie do roku 2050. Szansą dla sprostania tak wysokim potrzebom, szczególnie przy globalnie obserwowanym wysokim zainteresowaniu inwestycjami, jak również ciągle niestety niskiej gotowości rynkowej potentatów technologicznych, mogą okazać się tzw. małe modułowe reaktory jądrowe (ang. *Small Modular Reactor*, SMR). Mowa tutaj już nie tylko o reaktorach gen. III+, ale także reaktorach gen. IV. Choć na świecie rozwijanych jest ponad 80 projektów SMR [3], to szacuje się, że tylko niewielka część z nich ma szansę na komercjalizację. Szczęśliwie wśród podmiotów rozwijających swoje konstrukcje znajdują się tacy rynkowi potentaci jak EDF, GE Vernova Hitachi, KHNP, Rolls-Royce, Westinghouse. Wielkie doświadczenie rynkowe tych firm, przejawiające się m.in. zapleczem inżynieryjnym, zdolnością do prowadzenia procedur licencyjnych oraz tworzenia łańcuchów dostaw, zwiększa wiarygodność wdrożeniową dla tych technologii. W Polsce szczególnie zaawansowane są plany wdrożenia reaktora BWRX-300 – konsorcjum Orlen Synthos Green Energy we współpracy z GE Vernova Hitachi planuje oddać do użytku pierwszy taki reaktor w latach 30-tych (jako drugi na świecie) i rozwijać flotową koncepcję dla produktu w kolejnych latach. Miejscem przewidzianym dla zabudowy pierwszego i kolejnych pięciu reaktorów jest Włocławek. Równolegle francuski Nuward, kapitałowo powiązany z EDF, pracuje nad własną konstrukcją reaktora. Podobnie jest w przypadku firm Rolls-Royce oraz Westinghouse. W obszarze wysokotemperaturowych reaktorów IV gen. trwają prace badawcze. Znaczący krok uczyniły Chiny, uruchamiając dwa reaktory

HTR-PM (reaktory chłodzone gazem), co czyni je jedynym krajem, gdzie obecnie reaktory IV gen. są zsynchronizowane z siecią i prowadzą eksploatację próbną.

W Polsce pracuje wciąż ponad sto bloków węglowych, których łączna moc wynosi ok. 28 GW. Są to zarówno jednostki na węgiel brunatny (Bełchatów – największa elektrownia w UE o mocy 4,4 GW, Turów – 1,5 GW, Pątnów – łącznie 1,1 GW), jak i na węgiel kamienny (m.in. Kozienice – 4,0 GW, Opolo – 3,3 GW, Rybnik – 1,8 GW, Jaworzno – 1,5 GW, Połaniec – 1,8 GW, Dolna Odra – 1,3 GW, Ostrołęka B – 0,7 GW, Łagisza – 0,5 GW i inne). Wiele bloków zbliża się do końca technicznej zdolności eksploatacji (średni wiek polskich bloków przekracza 40 lat). Nawet najnowsze bloki węglowe (bloki na parametry nadkrytyczne uruchomione w latach 2019–2020 w Jaworznie oraz w Opolu) w 2050 r. będą jednostkami technicznie wystużonymi. Właśnie w perspektywie do połowy bieżącego stulecia należy już dzisiaj planować system źródeł wytwórczych, najbezpieczniej przy założeniu, że żadna jednostka węglowa nie będzie pracowała w roku 2050 na rzecz krajowej elektroenergetyki.

Według rządowych deklaracji Polska zamierza zakończyć wykorzystywanie węgla do produkcji energii elektrycznej najpóźniej do 2049 r. (taki horyzont przyjęto w umowie ze stroną społeczną górników). To oznacza, że w ciągu najbliższych 25 lat niemal cała obecna flota bloków węglowych musi zostać zastąpiona nowymi źródłami. Pewna część tej luki zostanie wypełniona przez bloki gazowe w ramach okresu przejściowego (niektóre spółki energetyczne zrealizowały lub realizują inwestycje w jednostki gazowo-parowe, np. Dolna Odra, Ostrołęka, Rybnik), co jest pochodną ukierunkowania transformacji na docelowe osiągnięcie neutralności klimatycznej. W tej sytuacji, **docelowo główny ciężar dekarbonizacji podstawy systemu spoczywać będzie niewątpliwie na energetyce jądrowej oraz w drugiej kolejności na OZE wspartych magazynami energii** [4].

Z punktu widzenia stabilności KSE istotne jest właściwe zlokalizowanie nowych źródeł energii. Istniejąca sieć przesyłowa została zaprojektowana pod rozmieszczenie dużych elektrowni ciepłych zlokalizowanych głównie w południowej i centralnej Polsce, blisko centrów odbioru energii, głównie stref przemysłowych i odbiorców komunalnych. Już obecnie realizowane aktywności inwestycyjne w lokalizacji przewidzianej pod pierwszą elektrownię jądrową nad Bątkiem oraz morskie farmy wiatrowe zwiastują mocne przemieszczenie stref o wysokim zagęszczeniu mocy zainstalowanej w północne rejony kraju, a więc z dala od głównych centrów zapotrzebowania, co wiąże się z dużymi kosztami rozwoju infrastruktury oraz ogranicza opcje wyboru modelu biznesowego. Aby uniknąć nadmiernych strat przesyłowych i kosztownej rozbudowy sieci, zasadne jest lokowanie kolejnych dużych źródeł wytwórczych tam, gdzie dotychczas pracowały elektrownie węglowe. Wykorzystanie istniejących węzłów sieciowych o dużej przepustowości oraz istniejących linii wyprowadzających moc z tych węzłów, pozwoli oszczędzić czas i środki finansowe. Nie należy też zapominać, że w pobliżu wielu istniejących elektrowni węglowych znajdują się duzi odbiorcy energii, co stwarza dodatkowe możliwości w zakresie wyboru modelu biznesowego i finansowania projektów C2N. Bliskość konsumentów energii elektrycznej od miejsc jej produkcji zmniejsza straty energii, jakie są wynikiem jej przesyłania na duże odległości. Ponadto utrzymanie produkcji energii w tradycyjnych ośrodkach energetycznych jest kluczowe z perspektywy społecznej – zapobiega gwałtownemu załamaniu rynków pracy i degradacji lokalnych gospodarek, często bardzo silnie uwarunkowanych ekonomicznie potrzebami energetyki. Tym sposobem inwestycje typu C2N doskonale wpisują się

w ideę sprawiedliwej transformacji, zapewniając nowe życie dla regionów od dziesięcioleci związanych z energetyką węglową. Zastąpienie w regionie elektrowni węglowej źródłem o charakterze jądrowym oznacza zachowanie ciągłości zatrudnienia, a nawet wzrost liczby miejsc pracy, oraz utrzymanie wpływów podatkowych. Te dwa czynniki stwarzają realną gwarancję na odsunięcie groźby załamania społeczno-gospodarczego, a w skali kraju ryzyka utraty kompetencji, które z dużym powodzeniem zostały w Polsce wykształcone dla potrzeb budowy i utrzymania energetyki konwencjonalnej. Te kompetencje w znacznym stopniu mogą być z powodzeniem zagospodarowane dla potrzeb sektora jądrowego.

Podsumowując, rozwój energetyki jądrowej w Polsce jest obecnie pożądanym mocniej niż kiedykolwiek wcześniej. Stanowi on warunek zachowania bezpieczeństwa energetycznego i konkurencyjności gospodarki, będącej pod presją rosnących kosztów emisji i niepewności geopolitycznej. Atom powinien stać się integralnym elementem zdywersyfikowanego miksu energetycznego – obok OZE, ale i innych technologii niskoemisyjnych (magazyny energii, w przyszłości może wodór, czy CCS). Choć w procesie transformacji energetyki technologie jądrowe wydają się kluczowe, to planowana nuklearyzacja miksu musi jednak uwzględniać ograniczenia praktyczne, a w tym szczególnie długi czas realizacji inwestycji, wysokie koszty kapitałowe, konieczność przygotowania otoczenia regulacyjnego i społecznego. Inwestycje klasyfikowane w grupie C2N mogą się istotnie od siebie różnić. Inwestycje przebiegać mogą zarówno w miejscach posadowienia obecnie działających elektrowni, jak i w pewnym od nich oddaleniu. Choć w pierwszym przypadku wykorzystaniu w procesie inwestycyjnym podlegają elementy infrastruktury wycofywanego obiektu, to skala ich adaptacji może być różna – od adaptacji wyłącznie terenu, poprzez adaptację infrastruktury pomocniczej (wyprowadzenie mocy, układy chłodzenia, budynki, drogi), aż po adaptację infrastruktury podstawowej (ideowo nawet zespół turbiny parowej).

Klasyfikacja ścieżek inwestycyjnych C2N

Niniejsza sekcja porządkuje cztery ścieżki inwestycyjne, które zakładają budowę obiektu energetyki jądrowej w miejscu lub w pewnym oddaleniu od obiektu energetyki węglowej. Są to ścieżki: *greenfield*, *brownfield*, *direct* oraz *indirect* [5]. Dwie pierwsze opisują strategię lokalizacyjną, a dwie kolejne – sposób integracji nowej technologii z istniejącą infrastrukturą podstawową bloku węglowego. W praktyce ścieżki te tworzą macierz wariantów, w której inwestor zestawia uwarunkowania terenu, dojrzałość sieci i układów chłodzenia, stan majątku technologicznego, wymagania regulacyjne oraz harmonogram i koszty. Podejście to jest zgodne z rekomendacjami literatury przedmiotu i doświadczeniami pierwszych projektów na świecie, które pokazują, że tzw. *repowering* węglowych lokalizacji może skracać harmonogram i obniżać nakłady, o ile zakres ponownego użycia jest dobrany realistycznie do konkretnego miejsca i wybranej technologii. Zgodnie z analizą US DOE/INL [1], dla lokalizacji referencyjnej oszczędność nakładów finansowych typu *overnight* względem pełnego *greenfieldu* może sięgać od kilkunastu do kilkudziesięciu procent dzięki użyciu istniejących aktywów, przy czym kluczowe jest krytyczne podejście do jakości i kompatybilności elementów odziedziczonych po bloku węglowym.

Ścieżka *greenfield* polega na budowie elektrowni jądrowej w nowej, od podstaw przygotowanej lokalizacji, bez powiązania z wygaszającą elektrownią węglową, z zachowaniem jednak bliskości geograficznej. Jej istota to pełna swoboda w optymalizacji układu technologicznego, gospodarki wodno-chłodniczej, układu wyprowadzenia mocy oraz stref bezpieczeństwa, a więc minimalizacja kompromisów projektowych. Typowy zakres czynności przedinwestycyjnych obejmuje bardziej złożony proces z uwagi na potrzebę zakupu gruntu oraz pozyskania pozwoleń środowiskowych i lokalizacyjnych (wymaganych nie tyle do posadowienia obiektu jądrowego, co nawet organizacji podstawowych prac budowlanych), konieczność budowy od zera przyłączy, dróg dojazdowych i zaplecza. Tym, co łączy ścieżkę *greenfield* z pozostałymi ścieżkami C2N jest możliwość wykorzystania infrastruktury przesyłowej energii elektrycznej, łącznie z węzłem sieciowym o dużej przepustowości, przy czym występuje tutaj potrzeba potencjalnej budowy linii bezpośredniej od obiektu do węzła. Wielką wartością jest również, tak jak w przypadku pozostałych ścieżek, dostęp do doświadczonej lokalnej siły roboczej i potencjalnie wysokiej społecznej akceptacji dla działalności energetycznej.

Ścieżka *brownfield* oznacza budowę elektrowni jądrowej na terenie istniejącej elektrowni węglowej lub w jej bezpośrednim sąsiedztwie, z intencją wykorzystania jak największej części infrastruktury technicznej. Jej istota polega na kapitalizacji istniejących przyłączy sieciowych i układów wyprowadzenia mocy, praw do ujęć wodnych i układów chłodzenia, dróg i bocznic, a także budynków. W praktyce światowej do tej kategorii należą projekty, które przejmują szkielet terenu i sieci, natomiast zakres wtórnego użycia elementów mechanicznych jest każdorazowo oceniany. Wyniki analiz przytoczone w raporcie US DOE/INL z 2022 r. [1] pokazują, że nawet 80% przebadanych miejsc po elektrowniach węglowych w USA spełnia podstawowe kryteria adaptacyjne, co dokumentuje dużą pulę potencjalnych lokalizacji dla inwestycji typu *brownfield*. Adaptacja ścieżki *brownfield* może przynosić skrócenie cyklu inwestycyjnego i ograniczenie nakładów, ale równocześnie nakłada ograniczenia projektowe wynikające z geometrii istniejących obiektów, warunków hydrologicznych i historii środowiskowej terenu. W Europie aspiracją *brownfield* jest m.in. rumuński projekt w Doicești na terenie dawnej elektrowni węglowej, w którym inwestorzy i instytucje rozwojowe wskazują na możliwość przyspieszenia przygotowania inwestycji dzięki zasobom miejsca. W Ameryce Północnej podobny kierunek obrata kanadyjska SaskPower, zawężając wybór pierwszej lokalizacji dla SMR-ów do regionu Estevan, w bezpośrednim otoczeniu aktywów węglowych i istniejącej infrastruktury wodnej oraz sieciowej. Ścieżka *brownfield* była przedmiotem zainteresowania w projekcie DESIRE. O wyborze tej ścieżki jako przedmiotu analiz zdecydował jej trudniejszy do implementacji charakter, niż ma to miejsce w przypadku ścieżki *greenfield*. Założyć można, iż jeśli w toku analiz wykazane zostanie uzasadnienie dla realizacji inwestycji w miejscu pracującej elektrowni węglowej, to także uzasadnioną będzie realizacja inwestycji o charakterze ścieżki *greenfield*. O docelowym wyborze miejsca inwestycji zdecydować powinny wtedy rezultaty analiz korzyści i barier przeprowadzonych dla obu wariantów inwestycyjnych.

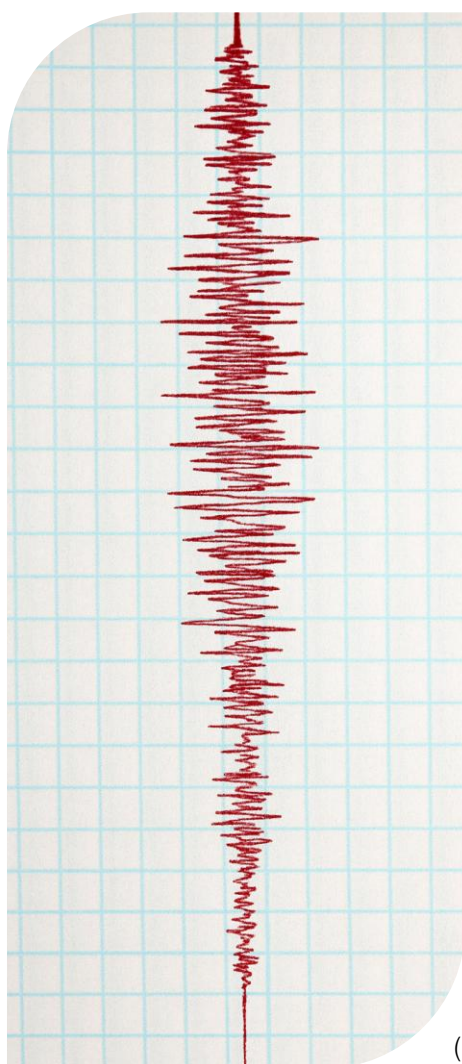


Ścieżka *direct* oraz **ścieżka *indirect*** mogą być sklasyfikowane łącznie. Ścieżki zakładają integrację, w której reaktor jądrowy (lub system reaktorów) zasila istniejący obieg ciepły zespołu turbiny parowej, stanowiący element podstawowej infrastruktury wycofanej z użytku jednostki węglowej. Wobec powyższego niniejsze ścieżki inwestycyjne nie tyle stanowią opcję inwestycji w nowy obiekt energetyczny, co opcję modernizacji konkretnego bloku węglowego na drodze zastosowania technologii jądrowych. Inwestycja potencjalnie może prowadzić do najwyższych oszczędności kapitałowych z uwagi na ponowne wykorzystanie w jak największym zakresie elementów infrastruktury podstawowej bloku, tj. turbiny parowej, generatora, skraplacza i układu chłodzenia. Prowadzone w kraju pionierskie analizy [6] dowiodły, że finansowe oszczędności inwestycyjne wynikające z adaptacji ścieżki *direct* mogą wynosić nawet 35%. W najkorzystniejszym przypadku, z punktu widzenia ponoszonych kosztów, zastąpieniu podlega wyłącznie źródło ciepła – wyspa kłotowa zostaje zastąpiona wyspą reaktorową. W przypadku ścieżki *indirect*, w stosunku do ścieżki *direct*, stosuje się dodatkowy element, jakim jest zasobnik na ciepło, który lokalizuje się w strukturze cieplnej systemu pomiędzy wyspą reaktorową a wyspą turbinową. Magazyn ciepła, stanowiący sprzęgło cieplne, ma zdolność do uelastyczniania pracy bloku – dzięki niemu możliwe jest utrzymywanie pożądanego, a więc stałego i nominalnego obciążenia wyspy reaktorowej, przy zmiennym obciążaniu wyspy turbinowej, dopasowanym do potrzeb. Wady ścieżek *direct* i *indirect* wynikają z wymogów zapewniania zgodności termodynamicznej. Skutkiem ograniczeń jest potrzeba stosowania w ramach inwestycji reaktorów wysokotemperaturowych, które mogą produkować parę o temperaturze i ciśnieniu właściwych dla warunków projektowych turbin parowych, jakie są użytkowane obecnie szeroko w energetyce konwencjonalnej (również na parametry nadkrytyczne). Dodatkowym wyzwaniem jest projektowa i licencyjna definicja granic strefy bezpieczeństwa jądrowego, skoro kluczowe elementy obiegu wtórnego powstawały zgodnie z innymi normami. Doświadczenia badawczo-wdrożeniowe EPRI, INL i NASEO potwierdzają, że obecnie omówione ścieżki pozostają przede wszystkim wariantem inżynierskim, analizowanym z użyciem studiów przypadków, a nie już seryjnie wdrażaną praktyką komercyjną. Wnioski te potwierdzają przeprowadzone analizy w projekcie DESire. Koncepcja głębokiego wykorzystania infrastruktury podstawowej bloku węglowego może być w europejskich warunkach wyłącznie wariantem hipotetycznym, bowiem: (i) infrastruktura nawet najnowszych bloków węglowych pracujących w Europie wchodzi w etap dojrzałej eksploatacji, przez co ich stan techniczny na moment potencjalnego oddania do eksploatacji bloku jądrowego nie zwiastuje dalszej długotrwałej pracy; (ii) w Europie nie ma dostępności technologii reaktorów jądrowych IV generacji. Wyniki analiz ścieżek *direct* oraz *indirect*, które były także przedmiotem zainteresowania w projekcie DESire, znaleźć można w publikacjach [6,7,8]. Z uwagi na stwierdzony brak potencjału implementacyjnego w warunkach krajowych, a przez to raczej akademicki charakter analiz, niniejszy dokument nie odnosi się szeroko do przedmiotowej opcji repoweringu. Ścieżki *direct* oraz *indirect* są za to przedmiotem zainteresowania ośrodków badawczych w Chinach [9,10], gdzie posiadają one znacznie wyższy potencjał wdrożeniowy.

Przedstawiona klasyfikacja nie powinna być podstawą dla szybkiego wnioskowania, lecz jednym z narzędzi planowania inwestycji w oparciu o zebrane informacje w zakresie stanu elementów infrastruktury dekarbonizowanego systemu węglowego, ich charakterystyk, dojrzałości i dostępności technologii jądrowych oraz oczekiwanej funkcjonalności planowanego przedmiotu inwestycji. Raporty i przewodniki – od US DOE/INL [1], przez PNNL [11] i NASEO [12], po Inicjatywę Repower [13] – konsekwentnie podkreślają, że kluczem jest wczesna, rzetelna ocena miejsca przewidzianego pod inwestycję oraz właściwe zidentyfikowanie barier oraz czynników ryzyka, tak aby korzyści płynące z repoweringu nie zostały zredukowane przez pośpiech lub nadmierny optymizm co do możliwości realizacji inwestycji.

Kryteria oceny lokalizacji węglowych

Kryteriami decydującymi o przydatności danego miejsca pod inwestycję jądrową są przede wszystkim kryteria związane z **bezpieczeństwem jądrowym**. Są one formułowane w oparciu o obowiązujące międzynarodowe standardy i wymagania, przy czym podlega im każda planowana inwestycja jądrowa, co powoduje, iż lokalizacje przewidziane dla ścieżki C2N nie są specyficznymi przypadkami. Niewątpliwie jednak uwarunkowania lokalizacyjne właściwe dla konkretnego miejsca, które nie było przewidywane pod inwestycję jądrową, mogą istotnie utrudnić, a nawet uniemożliwić realizację inwestycji. Ocena może stać się przyczynkiem ku zorientowaniu zainteresowania ku ścieżce *greenfield*, bowiem często odsunięcie miejsca przyszłej budowy, nawet o kilka kilometrów, może skutkować eliminacją istotnych czynników ograniczających, a nawet wykluczających. Wymagania dot. bezpieczeństwa identyfikowane są dla całego procesu inwestycji, tj. procesu licencjonowania, rozruchu, eksploatacji oraz likwidacji. Szereg kryteriów w przedmiotowym obszarze stanowi podstawę oceny po już dokonanym wyborze technologii samego reaktora jądrowego, jak również sposobu postępowania z paliwem jądrowym oraz odpadami promieniotwórczymi. W obszarze bezpieczeństwa jądrowego wskazać można cztery obszary oceny [14]. Są to:



Formalne wymagania oraz zalecenia nakładane przez organizacje międzynarodowe oraz krajowe na proces projektowania oraz eksploatacji systemów energetyki jądrowej. Kryteria oceny w niniejszym obszarze bezpośrednio wynikają z treści Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. [15]. W tym przypadku szereg kryteriów stanowi zestaw czynników mogących decydować o braku możliwości posadowienia na danym terenie obiektu jądrowego. Kryteria z tego obszaru mają kolosalne znaczenie w aspekcie oceny lokalizacji właściwych dla pracujących obiektów energetyki węglowej, bowiem te, choć podlegały ocenie właściwości gruntów, ryzyka występowania aktywności sejsmicznej, powodzi lub podtopień, czy też bliskości obszarów chronionych, to w wielu przypadkach skala wagi tych kryteriów nie może być przyrównywana do wymagań towarzyszących ocenie miejsca posadowienia obiektu jądrowego. Czynnikiem wykluczającym mogą być ponadto występowanie w regionie złóż kopalin lub prowadzenie działalności górniczej (nawet w ciągu ostatnich 60 lat), obiektu lub terenu wojskowego, zakładów chemicznych, biologicznych lub mechanicznych oraz lotniska cywilnego. Teren przewidziany pod inwestycję jądrową powinien być stabilny sejsmicznie (Polska generalnie spełnia ten warunek), niezagrażony

powodziami, osuwiskami, itp. Szczególnym przypadkiem są lokalizacje sąsiadujące z czynnymi kopalniami odkrywkowymi węgla – dotyczy to np. Bełchatowa i Turowa, gdzie elektrownie zlokalizowane są w bliskim sąsiedztwie bardzo dużych odkrywek węgla brunatnego. Potencjalne zagrożenie stanowi również bliskość od miejsca inwestycji kopalni podziemnych, co stanowi realne wyzwanie w takich regionach jak Śląsk i Zagłębie. Taka bliskość może stwarzać ryzyko geotechniczne (osiadania terenu) i utrudniać uzyskanie zgód (w pobliżu kopalni może brakować spełnienia norm dot. stabilności podłoża oraz wpływu sejsmicznego oddziaływania). Stąd w takich przypadkach rekomendowaną alternatywą jest inwestycja zgodnie ze ścieżką *greenfield*, która choć nie umożliwia głębokiego wykorzystania w ramach inwestycji jądrowej elementów podległych infrastrukturze elektrowni węglowej, to oddala potencjalne bariery geotechniczne, jak również pozostawia w mocy najważniejsze argumenty stojące u podstaw zasadności realizacji inwestycji C2N, a więc wykorzystanie infrastruktury przesyłowej oraz korzystny wpływ inwestycji na komfort lokalnych społeczności.

Potencjalne zagrożenia jądrowe dla personelu bloku oraz lokalnej ludności. Jednym z bardziej istotnych kryteriów w tym obszarze jest gęstość zaludnienia w regionie lokalizacji (czyli w obszarze do 30 km od obiektu jądrowego) z uwagi na możliwość narażenia lokalnej ludności na oddziaływanie promieniowania jonizującego w przypadku awarii obiektu. Kolejnym kryterium w tym obszarze jest stopień rozbudowania infrastruktury komunikacyjnej, która przekłada się na możliwość ewakuacji i prowadzenia akcji ratowniczych w sytuacjach awaryjnych. Im bardziej rozbudowana infrastruktura (kolejowa oraz drogowa), tym ocena dla rozpatrywanej lokalizacji może być korzystniejsza. Kolejne dwa kryteria z obszaru, czyli: warunki hydrogeologiczne oraz wietrzność w regionie lokalizacji obiektu jądrowego, mają istotne znaczenie z punktu widzenia potencjalnej możliwości rozprzestrzeniania się substancji promieniotwórczych na zewnątrz obiektu jądrowego. Obecność zbiorników wód podziemnych stanowi potencjalne zagrożenie skażenia dużego obszaru. Wiele elektrowni węglowych zlokalizowano poza miastami (np. El. Kozienice leży w odległości ok. 80 km od Warszawy, El. Połaniec zlokalizowana jest z dala od większych miast, a El. Bełchatów oddalona jest od dużych aglomeracji). Są jednak i takie, które graniczą z aglomeracjami dużych miast (El. Jaworzno, El. Rybnik), co sprawia, że aspekt ten wymaga w tych przypadkach przeprowadzenia gruntownych analiz.

Stosowane rozwiązania systemów zabezpieczeń samego reaktora, obiegu ciepłego turbiny parowej oraz infrastruktury pomocniczej. W przypadku tego obszaru identyfikuje się szereg kryteriów, które mogą być podstawą oceny wyłącznie w oparciu o wiedzę na temat konstrukcji reaktora, który ma być zastosowany w ramach danej inwestycji. Ocenie podlegają: ilość systemów zabezpieczeń, redundancja systemów chłodzenia, potencjalne skutki poważnej awarii z uszkodzeniem obudów bezpieczeństwa oraz stopień zaawansowania technologii. W procesach ewaluacji stosuje się także kryterium odnoszące się do dostępu do lokalnych źródeł wody w ilości wystarczającej na potrzeby chłodzenia obiektu jądrowego. Kryterium stoi u podstaw założenia, że w sytuacjach awaryjnych kluczowy dla bezpieczeństwa jest dostęp do wody wymaganej dla chłodzenia reaktora.

Zarządzanie zużytym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi. W przypadku tego obszaru trudność w zakresie oceny lokalizacji może wynikać z etapu prowadzenia planowania

inwestycji, w którym jeszcze nie dokonano wyborów technologii. W tym przypadku w procesie ewaluacji, poza znajomością wybranych rozwiązań reaktorów jądrowych, wymagana jest również wiedza na temat przyszłej gospodarki zużytym paliwem, która to ustalana jest w przypadku Polski na poziomie decyzji rządowych. Uznać tym samym można, iż kreowanie ścieżki postępowania z paliwem jądrowym oraz odpadami promieniotwórczymi wybiega daleko poza etap wczesnej oceny lokalizacyjnej.

Specyfika prowadzenia inwestycji zgodnie z ideą C2N wymaga szerszego spojrzenia na warunki lokalizacyjne, co może być podstawą oceny miejsc przewidzianych pod inwestycję, szczególnie dla lokalizacji precyzyjnie właściwych dla obecnie pracujących systemów energetyki węglowej. Istota inwestycji C2N, zorientowana na możliwość wykorzystania infrastruktury wykształconej wcześniej i użytkowanej w ramach źródła węglowego, wymaga oceny możliwości zaadaptowania infrastruktury, na co wpływ mogą mieć cechy techniczne elementów infrastruktury, jak i ich stan techniczny. Wśród **technicznych kryteriów oceny** wskazać można:

Dostępność wody dla potrzeb chłodzenia układu kondensatora. Duża elektrownia jądrowa wymaga znaczących ilości wody chłodzącej, przy czym głównie potrzeby te wynikają z konieczności prowadzenia procesu kondensacji pary wodnej w obiegu turbiny parowej, co nie jest związane bezpośrednio z aspektami bezpieczeństwa jądrowego. Idealnie, gdy elektrownia węglowa leży nad rzeką, jeziorem lub posiada dostęp do rozległych zbiorników wody technicznej. Przykładowo El. Kozienice, El. Połaniec, El. Dolna Odra czy El. Ostrołęka posiadają bezpośredni dostęp do rzek (Wisła, Odra, Narew), a El. Rybnik i El. Pątnów, do zbiorników wodnych. W przypadku elektrowni usytuowanych w bliskiej odległości od odkrywek węgla brunatnego pojawia się wielki potencjał zagospodarowania wyrobisk dla organizacji zbiorników wodnych z przeznaczeniem dla celów obiektu jądrowego. Przygotowanie wyrobisk oraz wypełnienie ich wodą wymaga jednak długiego okresu czasu i musi być elementem planowania gospodarki wodnej regionu. Ocena dostępności zasobów wodnych jest jednym z kluczowych wyzwań na etapie oceny lokalizacji przewidzianej pod inwestycję jądrową, a określony wolumen dostępnej wody determinować będzie wybór technologii chłodzenia oraz maksymalną moc źródła przewidzianego do zabudowy (będzie ona także zależna od technologii reaktorów i skorelowana ze sprawnością obiegu cieplnego turbiny parowej, projektowanej pod parametry pary uzyskiwanej na ostonie kontrolnej systemu reaktora). Z uwagi na mnogość technologii chłodzenia kondensatora (w tym chłodzenia suchego), a co za tym idzie wymaganej ilości wody, jej dostępność nie jest czynnikiem krytycznym, ale za to istotnie może determinować techniczną, a przez to również ekonomiczną efektywność pracy źródła jądrowego.



Niemniej jednak nie jest to czynnik o największym znaczeniu jeśli chodzi o koszty produkcji energii przez blok jądrowy, gdyż zdecydowanie większy wpływ mają czynniki związane z finansowaniem inwestycji (np. koszty kapitału) oraz reżimem ruchowym (rynek energii i polityka Operatora Systemu Przesyłowego, które wpływają na stopień wykorzystania mocy zainstalowanej).

Potencjał wyprowadzenia mocy (węzły sieciowe). Ocenie podlega obecna infrastruktura elektroenergetyczna mająca mieć zdolność do przyjęcia i przestania mocy nowej elektrowni. Duże elektrownie węglowe są z reguły połączone z siecią kilkoma liniami najwyższych napięć. Miejsca przyłączenia tych linii do sieci przesyłowej stanowią ważne węzły systemu. To kapitał, który można wykorzystać stosując ideę inwestycji C2N. Największe węzły przesyłowe kraju zlokalizowane są właśnie przy elektrowniach w zagłębiach energetycznych – np. w rejonie Bełchatowa, Kozienic, Potańca, Konina, Turoszowa, w regionie Śląska i Zagłębia (Rybnik, Łagisza, Jaworzno). Ich zachowanie ułatwia integrację nowych mocy bez kosztownej rozbudowy sieci. Struktura sieci rozciągającej się na terenie całego kraju mocno zdeterminowana jest lokalizacjami obecnie istniejących węzłów sieciowych.



Dostępność terenu. Elektrownia jądrowa (szczególnie z minimum dwoma blokami) wymaga dostępności dużej powierzchni, zarówno pod budynki technologiczne, strefy bezpieczeństwa, jak i zaplecze budowy. Duże elektrownie węglowe często dysponują rozległymi terenami przemysłowymi lub też obszarami leśnymi – część z nich może zostać wykorzystana pod nowe inwestycje. Analizy wskazują, że na terenach większości polskich elektrowni węglowych dostępne powierzchnie gruntów są wystarczające dla budowy układu z co najmniej dwoma reaktorami dużej mocy (ponad 1100 MW). Należy jednak uwzględnić konieczność rozbiórki części istniejącej infrastruktury (np. chłodni kominowych, budynków, składowisk) i etapowanie prac, by zapewnić miejsce pod budowę nowych obiektów. Utrudnieniem z punktu widzenia opracowania harmonogramu prac inwestycyjnych dla ścieżki *brownfield* może być nałożenie się terminu rozpoczęcia realizacji prac

przygotowawczych i inwestycyjnych oraz terminu zakończenia pracy potencjalnie pozostałych w eksploatacji bloków węglowych i ich likwidacji.

Infrastruktura pomocnicza. W skład takiej infrastruktury wchodzi istniejące drogi dojazdowe, linie kolejowe, bocznice, place składowe, przyłącza mediów, ujęcia wody, itp. Te elementy, wybudowane niegdyś na potrzeby elektrowni węglowej, mogą w dużej mierze zostać wykorzystane przy budowie elektrowni jądrowej, znacząco obniżając koszty i skracając harmonogram inwestycji. Na przykład większość elektrowni węglowych ma własne bocznice kolejowe, które służą lub służyły dostawom węgla, i które mogą posłużyć do transportu ciężkich maszyn, urządzeń oraz elementów konstrukcyjnych. Mają też stacje uzdatniania wody, warsztaty, magazyny – często wiele z tych obiektów po adaptacji może zostać wykorzystanych na potrzeby realizacji inwestycji, a nawet eksploatacji nowego obiektu. W przypadku ścieżek *direct* oraz *indirect* jeszcze ważniejszą częścią infrastruktury podlegającej ocenie będzie oczywiście infrastruktura podstawowa bloków węglowych, potencjalnie podlegających modernizacji.

W projekcie DEsire opracowano rankingi lokalizacji właściwych dla dużych elektrowni oraz elektrociepłowni w aspekcie możliwości zastosowania ścieżki *brownfield* oraz najnowszych bloków węglowych w aspekcie możliwości zastosowania ścieżki *direct*. Metodologię szczegółowo opisano w raportach cząstkowych projektu. Rezultaty oceny znaleźć można również w publikacji [16]. Opracowane rankingi nie powinny stanowić podstawy dla formułowania daleko idących wniosków w kontekście wyboru drugiej i kolejnych lokalizacji pod krajowe inwestycje jądrowe. Ocena lokalizacji miała na celu przede wszystkim wskazanie lokalizacji interesujących z punktu widzenia realizacji zaplanowanych w projekcie DEsire wstępnych studiów wykonalności. Wstępną ocenę lokalizacji właściwych dla systemów wytwórczych energetyki węglowej przeprowadzić można również na drodze wykorzystania narzędzia Repower.Score [17], rozwijanego przez międzynarodową Inicjatywę Repower [13], ze wsparciem Platformy Transformacji Energetyki DEsire, która powołana została jako efekt projektu DEsire.

Wstępne studia wykonalności jako podstawa wnioskowania oraz formułowania rekomendacji

Aby zilustrować praktyczne aspekty transformacji Coal-to-Nuclear, w ramach projektu DEsire zrealizowano **wstępne studia wykonalności**. Objęto nimi trzy potencjalne inwestycje, przy czym dwie z nich dotyczyły ścieżki *brownfield* oraz jedna ścieżki *direct*. Studiami objęto El. Kozienice [18], El. Dolna Odra [19] oraz jeden z bloków o mocy 900 MW pracujących w El. Opole [20]. Celem tych analiz było sprawdzenie, jak w realnych warunkach lokalizacyjnych mogłyby przebiegać procesy inwestycyjne i jakimi efektami technicznymi oraz ekonomicznymi mogłyby się one odznaczać. Opracowano koncepcje zagospodarowania terenu oraz harmonogramy inwestycji, uwzględniające wszystkie kluczowe etapy od fazy analiz, przez uzyskanie pozwoleń, po budowę i uruchomienie nowych systemów jądrowych.

Elektrownia Kozienice

Charakterystyka obiektu: El. Kozienice to największa elektrownia węglowa na węgiel kamienny w Polsce (moc zainstalowana $8 \times 220 \text{ MW} + 2 \times 570 \text{ MW} + 1 \times 1075 \text{ MW} = \text{ok. } 4000 \text{ MW}$). Płożona nad Wisłą, dysponuje bardzo dobrymi warunkami chłodzenia i rozległym terenem. Jest kluczowym węzłem sieciowym w centralnej Polsce. Większość bloków (220 MW) pochodzi z lat 70., a najnowszy blok B11 (1075 MW) z 2017 r. Zaproponowana przez Energoprojekt-Katowice koncepcja inwestycyjna zgodna ze ścieżką *brownfield* zakładała inwestycję ukierunkowaną na budowę **dwóch bloków jądrowych generacji III+** (np. EPR, APR1400 lub AP1000) o mocy elektrycznej rzędu $2 \times 1100\text{--}1650 \text{ MW}$, o mocy łącznie porównywalnej do dotychczasowej mocy elektrowni. Bloki te powstałyby na wydzielonej części terenu elektrowni w miejsce wyłączonych starych bloków węglowych. Wykorzystane zostałyby istniejące przyłącza 400 kV, infrastruktura wodna (z doptywowym kanałem z Wisły), część dróg wewnętrznych, a także niektóre budynki możliwe do adaptacji. Przygotowano wstępny plan zagospodarowania, który integruje nową technologię z istniejącym układem przestrzennym zakładu – np. reaktory lokowane są w bezpiecznej odległości od istniejących urządzeń, ale tak, by móc wykorzystać istniejącą stację transformatorową oraz kanały wody.

W scenariuszu inwestycyjnym dla El. Kozienice następuje zamknięcie elektrowni węglowej do 2032 r. i budowa dwóch bloków jądrowych w latach 2035–2044, tak by w połowie lat 40. odzyskać moc zainstalowaną w tym ważnym węźle energetycznym. Okres trwający ok. 12 lat (2033–2044) to czas, w którym region musiałby funkcjonować bez elektrowni. Wobec powyższego ważne jest, by ekonomicznie i społecznie go zabezpieczyć. W skali krajowej ten przykład pokazuje, że czas realizacji pełnowymiarowego projektu jądrowego sięga 18–20 lat, co oznacza, iż aby zdążyć do 2045 r., działania muszą ruszyć natychmiast (rok 2025/26). Choć określony dla inwestycji horyzont czasowy jest długi, to należy zaznaczyć, że jego opracowaniu towarzyszyło podejście konserwatywne, uwzględniające możliwe opóźnienia i wymagania procedur bezpieczeństwa.



fotografia: ENEA

Harmonogram: Analiza harmonogramu wskazuje, że cały proces od inicjalnych studiów do oddania drugiego bloku jądrowego do eksploatacji może zająć ok. **20 lat** (2026–2045). Wyszczególniono następujące kluczowe etapy:

2026: Rozpoczęcie fazy przygotowawczej – opracowanie studium wykonalności (12 mies.), decyzja inwestora o wejściu w projekt.

2027–2032: Etap uzyskiwania decyzji i pozwoleń wstępnych – wybór lokalizacji, decyzja zasadnicza, raport oddziaływania na środowisko i decyzja środow., przygotowanie wstępnego raportu bezpieczeństwa i raportu lokalizacyjnego. Zaplanowano na to **66 miesięcy**. Zgodnie ze specustawą jądrową do 2028 r. powinno zapaść rozstrzygnięcie lokalizacyjne. Do połowy 2032 r. przewidziano uzyskanie decyzji zasadniczej i decyzji o ustaleniu lokalizacji obiektu jądrowego.

2032–2034: Wydanie właściwych zezwoleń związanych z bezpieczeństwem jądrowym i pozwoleń budowlanych – najpierw pozwolenie na prace przygotowawcze (ok. 07.2032), następnie po złożeniu projektu budowlanego i uzyskaniu zgód, zasadnicze pozwolenie na budowę EJ (przełom 2033/2034). Plan wskazuje, że choć ustawowy czas na wydanie pozwolenia na budowę jest krótki, to proces poprzedzający trwa około 2 lata. Realnie więc budowa fizycznie ruszyłaby w 2034 r.

2033–2035: Prowadzenie prac przygotowawczych na placu budowy (roboty ziemne, demontaż, budowa infrastruktury pomocniczej) – ok. 2–3 lata. Przewidziano wyłączenie wszystkich istniejących bloków węglowych do końca 2032 r. (w praktyce blok B11 mógłby pracować dłużej, ale w założono pełną dekarbonizację).

2035: Pierwszy beton jądrowy – czyli rozpoczęcie właściwych prac budowlanych przy reaktorze nr 1 – planowane w marcu 2035. Dla reaktora nr 2 pierwszy beton rok później – marzec 2036.

2035–2042: Budowa budynków reaktorów, montaż urządzeń – przewidywany czas budowy bloku to ok. 8 lat. Równolegle przewiduje się dostawę urządzeń i prace projektowe (część projektu wykonawczego), co rozpoczyna się już przed uzyskaniem pozwolenia na budowę i trwa do końca montażu (założono projektowanie i dostawy w terminie 06.2034–09.2043).

2041–2043: Rozruch i testy bloku nr 1 – około 2 lata (plan: 10.2041–10.2043 testy zimne i gorące), a następnie uzyskanie pozwolenia na rozruch jądrowy (11.2041–08.2042), pozwolenia na użytkowanie obiektu (06.2042) i zezwolenia na eksploatację (07.2044). Takie daty wynikają z założonego rygorystycznego procesu sprawdzania i odbiorów. Zakłada się uruchomienie bloku nr 1 około 2044 r. (początek komercyjnej eksploatacji).

2042–2045: Analogiczny rozruch i odbiory bloku nr 2 – przesunięte o rok względem bloku nr 1, co skutkuje oddaniem bloku nr 2 do eksploatacji na początku 2045 r. Pełna moc obu bloków jądrowych byłaby więc dostępna od początku roku 2045.

Elektrownia Dolna Odra

Charakterystyka obiektu: El. Dolna Odra to elektrownia systemowa na Pomorzu Zachodnim, w skład której pierwotnie wchodziło 8 bloków klasy 200 MW (łącznie 1,6 GW). Obecnie część bloków węglowych jest wyłączona, a w ich miejsce właściciel, czyli Polska Grupa Energetyczna S.A., wybudował dwa duże bloki gazowo-parowe (2×700 MW). W scenariuszu właściwym dla prowadzonego studium wykonalności założono, że inwestycja jądrowa jest alternatywą względem bloków gazowo-parowych lub też jest realizowana po zakończeniu ich eksploatacji. Założono tym samym, że miejsce ich obecnej pracy może być wykorzystane w ramach inwestycji jądrowej. Elektrownia ma dostęp do rzeki Odry i dysponuje sporym terenem. Jest też oddalona o ok. 20 km od Szczecina. Jeszcze bliżej, bo w odległości ok. 3 km od elektrowni znajduje się granica państwa z Niemcami, co stanowić może istotne wyzwanie w obszarze prowadzenia konsultacji transgranicznych. Z uwagi na ograniczenia przestrzenne oraz sieciowe, w scenariuszu inwestycji jądrowej założono budowę jednego wielkoskalowego **bloku jądrowego z reaktorem generacji III+**, który zastąpiłby w dużym stopniu moc wszystkich obecnie pracujących na miejscu bloków. Nowy blok jądrowy byłby zlokalizowany na terenie elektrowni. W ramach studium opracowano plan sytuacyjny pokazujący rozmieszczenie budynków reaktora, turbiny, zabezpieczenie strefy itp., z zachowaniem istniejących elementów infrastruktury (magistrale wody chłodzącej pobieranej z Odry, bocznic kolejowa, miejsce po starych kotłach). Projekt przewiduje też demontaż wybranych odcinków torów i budowę nowych do obsługi placu budowy reaktora, jak również wytyczenie nowych dróg wewnętrznych i ogrodzenia wydzielającego obszar elektrowni jądrowej.

Harmonogram dla inwestycji przewidzianej dla El. Dolna Odra jest zbliżony do tego, który został przygotowany dla El. Koźlenice, pomimo tego, iż zakłada budowę tylko jednego bloku jądrowego. Również w tym przypadku założono zakończenie pracy bloków węglowych do końca 2032 r., czyli na ponad dekadę przed uruchomieniem elektrowni jądrowej. Lukę w wytwarzaniu elektryczności w regionie mogłaby wypełnić praca bloków gazowych. Ich utrzymanie w ruchu musiałoby zostać uwzględnione w planowaniu prac terenowych i budowlanych.



fotografia: PGE

Harmonogram: W harmonogramie dla przedmiotowej inwestycji przewidziano start projektu w 2026 r. i zakończenie ok. **2044 r.** (czyli ok. 18 lat). Kluczowe etapy to:

2026: Rozpoczęcie fazy przygotowawczej – opracowanie studium wykonalności (12 mies.), decyzja inwestora o wejściu w projekt.

2027–2032: Etap uzyskiwania decyzji i pozwoleń wstępnych – wybór lokalizacji, decyzja zasadnicza, raport oddziaływania na środowisko i decyzja środow., przygotowanie wstępnego raportu bezpieczeństwa i raportu lokalizacyjnego. Zaplanowano na to ok. **66 miesięcy**. Zgodnie ze specustawą jądrową do 2028 r. powinno zapaść rozstrzygnięcie lokalizacyjne. Do połowy 2032 r. przewidziano uzyskanie decyzji zasadniczej i decyzji o ustaleniu lokalizacji obiektu jądrowego.

2032–2034: Wydanie właściwych zezwoleń związanych z bezpieczeństwem jądrowym i pozwoleń budowlanych – najpierw pozwolenie na prace przygotowawcze (ok. 07.2032), następnie po złożeniu projektu budowlanego i uzyskaniu zgód, zasadnicze pozwolenie na budowę elektrowni jądrowej (do 07.2034).

2033–2035: Prowadzenie prac przygotowawczych na placu budowy (roboty ziemne, demontaż wybranych starych urządzeń, budowa infrastruktury pomocniczej) – ok. 2–3 lata. W El. Dolna Odra przewidziano wyłączenie wszystkich istniejących bloków węglowych do końca 2032 r.

2035: Pierwszy beton jądrowy – rozpoczęcie właściwych prac budowlanych przy reaktorze planowane na marzec 2035.

2035–2042: Budowa budynku reaktora, montaż urządzeń – przewidywany czas budowy bloku to ok. 8 lat. Równolegle przewiduje się dostawę urządzeń i prace projektowe (część projektu wykonawczego), co rozpoczyna się już przed uzyskaniem pozwolenia na budowę i trwa do końca montażu (w harmonogramie założono projektowanie i dostawy w terminie 06.2034–09.2042).

2041–2043: Rozruch i testy bloku – około 2 lata (plan: 10.2041–10.2043 testy zimne i gorące), a następnie uzyskanie kolejno: pozwolenia na rozruch jądrowy (przewidziane 11.2041–08.2042), pozwolenia na użytkowanie obiektu (06.2042) i wreszcie zezwolenia na eksploatację (01.2045). Takie daty wynikają z założonego rygorystycznego procesu sprawdzania i odbiorów. Zakłada się uruchomienie bloku na początku 2045 r. (początek komercyjnej eksploatacji).

Przeprowadzone studia wykonalności potwierdziły, że **realizacja projektów C2N w Polsce jest technicznie wykonalna**, choć wymaga sprawnej organizacji i sprzyjających warunków otoczenia. Ważnym aspektem, szczególnie z punktu widzenia zapewnienia systemowi dyspozycyjnych źródeł, jest **długi horyzont czasowy**, który charakteryzuje wszystkie inwestycje jądrowe. Od uzyskania formalnych decyzji i pozwoleń do oddania do eksploatacji bloku jądrowego mija od 15 do 20 lat. Oznacza to, że oddanie nowych mocy do systemu w latach 40-tych wymagałoby rozpoczęcia planowania już w najbliższych latach. Najbardziej czasochłonnymi procedurami są procedury formalne (uzyskanie zgód, raportów bezpieczeństwa) oraz sama budowa i rozruch. Plan musi uwzględnić ten harmonogram, bowiem wszelkie opóźnienia w decyzjach będą skutkować deficytem mocy, szczególnie na skutek planowanych na lata 30-te wyłączeń wielu bloków węglowych.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa dostaw problematycznym może być objęcie inwestycją jądrową zgodnie ze ścieżką *brownfield* tych elektrowni, które dysponują potencjałem dla utrzymania produkcji energii elektrycznej w dłuższej perspektywie. W analizowanych przypadkach, w związku z potencjalnie prowadzoną inwestycją C2N, występuje kilkunastoletnia przerwa między wyłączeniem ostatnich bloków węglowych a uruchomieniem bloków jądrowych (El. Kozienice 2033–2044, El. Dolna Odra 2033–2043). Taka przerwa w eksploatacji użytkowej stwarza także potencjalne zagrożenie dla możliwości utrzymania w lokalizacjach inwestycji wysokich kompetencji pracowniczych dla obsługi elektrowni jądrowej. Przerwa w eksploatacji jest wobec tego również zagrożeniem dla utrzymania wysokiego komfortu życia dla lokalnych społeczności, co też może stać się przyczynkiem dla masowych migracji. Należy dążyć do minimalizacji czasu trwania przerw w produkcji energii, np. poprzez stopniowe wyłączanie bloków, tak by część z nich pracowała dłużej, lub wprowadzenie tymczasowych źródeł zastępczych (np. źródeł gazowych, magazynów energii, źródeł ciepłowniczych). W miarę możliwości wskazane jest także przyspieszenie procesu budowy obiektu jądrowego – np. poprzez równoległe prowadzenie części prac przygotowawczych przed uzyskaniem wszystkich decyzji (na ryzyko inwestora) czy optymalizację dostaw.

Szczegółowe plany inwestycji zawarte w studiach wykonalności uwzględniły wykorzystanie w ramach inwestycji nie tylko terenów po elektrowniach węglowych, ale także wybranych elementów infrastruktury. W El. Kozienice i El. Dolna Odra nie jest wielkim wyzwaniem wykorzystanie istniejących kanałów wody chłodzącej, ujęć i zrzutów. Potencjalnie także w ruchu pozostać mogą linie elektroenergetyczne i stacje rozdzielcze, których monitoring i konserwacja jest prowadzona w trybie ciągłym. Analizy przeprowadzone w ramach studiów wykonalności nie potwierdziły jednak optymistycznych poziomów oszczędności, jakie zostały wskazane w raporcie US DOE/INL [1], w oparciu o ocenę możliwości adaptacji elementów infrastruktury w elektrowniach pracujących w USA. W raporcie tym oszczędności z tytułu zagospodarowania zastanej infrastruktury elektrowni węglowej określono w ujęciu względnym i w odniesieniu do nakładów inwestycyjnych typu *greenfield* (bez charakteru inwestycji C2N) w zakresie od 15% do 25%. Dla potencjalnej inwestycji C2N, jaką objęta mogłaby być El. Dolna Odra poziom analogicznej oszczędności w ujęciu bezwzględnym wyniósł nieco poniżej 1,3 mld PLN, co przekłada się na oszczędność w ujęciu względnym ok. 1,8%. Dla inwestycji w El. Kozienice byłoby to nieco poniżej 1,4 mld PLN, przy czym w ujęciu względnym oszczędność wyniosłaby jedynie ok. 1,4%. W kontekście potencjalnych oszczędności kosztów

inwestycyjnych każda lokalizacja mogąca podlegać inwestycji C2N powinna być rozpatrywana indywidualnie, bowiem stan techniczny elementów infrastruktury w krajowych elektrowniach, a więc i potencjał dla ich zagospodarowania, jest mocno zróżnicowany. Niezależnie od wielkości oszczędności, wykorzystanie wybranych elementów może być bardzo korzystne, co jest związane z tym, iż przykładowo budowa nowych ujęć wodnych oraz wyprowadzeń mocy często bywa „wąskim gardłem” dla projektów energetycznych. Te etapy prac obarczone bywają długim czasem realizacji, także ze względu na pojawiający się opór społeczny, często manifestowany protestami.

Tabela. Porównanie kosztów dla inwestycji typu C2N/*brownfield* oraz dla typowej inwestycji typu *greenfield*

Lp.	Kategoria kosztu	Koszt netto, mln PLN			
		El. Kozienice		El. Dolna Odra	
		C2N /Brownfield	Greenfield	C2N /Brownfield	Greenfield
1	Wyspa reaktorowa	15 179,0	15 179,0	10 746,7	10 746,7
2	Wstępna inwentaryzacja paliwa	8 515,0	8 515,0	6 028,6	6 028,6
3	Wyspa turbinowa	12 649,1	12 649,1	8 955,6	8 955,6
4	Skrapacz i układ zrzutu ciepła	2 529,8	2 529,8	1 791,1	1 791,1
5	Wyspa elektryczna	4 216,4	4 216,4	2 985,2	2 985,2
6	Infrastruktura pomocnicza	12 649,1	12 649,1	8 955,6	8 955,6
7	Pozostała aparatura i urządzenia	1 686,6	1 686,6	1 194,1	1 194,1
8	Teren i prawa do terenu	0	364,9	0	258,4
9	Pozostałe koszty (właścicielskie, przesyłowe)	11 799,4	11 799,4	8 353,9	8 353,9
10	Całkowite koszty pośrednie	30 410,7	30 410,7	21 530,8	21 530,8
11	Oszczędności z tytułu wykorzystania ujęcia, zrzutu i budynku pompowni wody chłodzącej	-25,0	0	-25,0	0
12	Koszty wyprowadzenia mocy	8,0	20,0	10,0	20,0
13	Koszty budowy kanału, ujęcia i zrzutu wody	0	220,0	0	220,0
14	Koszty budowy drogi dojazdowej	0	125,0	0	125,0
15	Koszty budowy linii kolejowej	0	625,0	0	625,0
16	Całkowite nakłady inwestycyjne	99 618,1	100 990,0	70 526,6	71 790,0

Przewagą lokalizacji poddanych analizom w ramach studiów jest dostęp do linii kolejowych, które umożliwiają transport ciężkich elementów. Istniejące bocznice kolejowe łatwo przystosować dla potrzeb inwestycji jądrowych. Dla potrzeb logistyki dostaw ważną rolę mogą odgrywać także ciek wodne. Sezonowa zmienność poziomów wód w rzekach Wisła i Odra, determinująca ich zdolność żeglugową, niesie jednak wielkie ryzyko w kontekście spełniania terminów inwestycji, co czyni transport rzeczny problematycznym dla realizacji inwestycji jądrowych w lokalizacjach śródlądowych.

W trakcie opracowywania studiów wykonalności nie stwierdzono dyskwalifikujących czynników jeśli chodzi o bezpieczeństwo jądrowe. Każda inwestycja jądrowa podlegać musi bardzo szczegółowym i rygorystycznym badaniom w obszarze warunków sejsmicznych i hydrogeologicznych. Badania takie stanowią nieodzowną podstawę decyzji skutkującej wyborem lokalizacji dla inwestycji. Potencjalnym ryzykiem wydłużenia lub nawet rezygnacji z prowadzenia inwestycji są aspekty polityczne, które w samym projekcie DEsire nie były przedmiotem analiz. Szczególnie wrażliwa może być bliskość lokalizacji od granic państwa. Z tego powodu jako problematyczną można wskazać przykładowo lokalizację EL. Dolna Odra, która usytuowana jest blisko aglomeracji szczecińskiej oraz blisko granicy z Niemcami. Z tego powodu lokalizacja właściwa dla EL. Dolna Odra (ale też przykładowo EL. Turów) powinna zostać uznana jako trudna dla przeprowadzenia w ramach konsultacji transgranicznych, stanowiących etap procedury uzyskania decyzji środowiskowej.

EL. Kozienice z punktu widzenia lokalizacji jądrowej została oceniona bardzo dobrze. System wytwórczy znajduje się w miejscu względnie odosobnionym, z ośrodkami wysokiej gęstości populacji w znacznej odległości od miejsca inwestycji. Nie stwierdzono też istotnych konfliktów środowiskowych. Dużą zaletą w kontekście sprawnego rozpoczęcia procesów przygotowawczych ukierunkowanych na uruchomienie inwestycji jest ujęcie niniejszej lokalizacji na krótkiej liście potencjalnych lokalizacji przewidzianych pod drugą inwestycję jądrową w Polsce w projekcie aktualizacji PPEJ [2].

Reasumując, studia przypadków wykazały **techniczny realizm scenariuszy C2N**. Pozostaje wyzwanie organizacyjne, czyli takie poprowadzenie inwestycji, by przebiegły terminowo i zgodnie z założeniami. Wymaga to stworzenia odpowiednich warunków otoczenia w obszarze prawnym, finansowym i społecznym.

Modernizacja infrastruktury i integracja nowych źródeł

Transformacja elektrowni węglowej w źródło jądrowe to nie tylko budowa nowych bloków jądrowych, ale także **kompleksowa modernizacja towarzyszącej infrastruktury** energetycznej, tak aby była ona przystosowana do wymogów energetyki jądrowej, a zarazem aby w pełni wykorzystać jej potencjał. Poniżej omówiono najważniejsze obszary takiej modernizacji.

Sieci przesyłowe i stacje elektroenergetyczne. W myśl idei C2N nowe bloki jądrowe wpinane będą w istniejący układ sieciowy, co wymaga jego dostosowania. Załedwie w przypadku kilku elektrowni węglowych zainstalowane w nich moce są wyższe niż potencjalnie moce dwóch bloków jądrowych

z zastosowaniem największych reaktorów (2x1650 MW). Elektrowniami tymi są El. Betchatów, El. Kozienice, El. Opole. Stwarza to dobre perspektywy dla zastosowania w tych miejscach wielkoskalowych reaktorów jądrowych. Pojawiająca się nadwyżka przepustowości może być wykorzystana dla zastosowania dodatkowych źródeł, np. peakerów gazowych, magazynów energii lub w przyszłości SMRów. W każdej ze wskazanych lokalizacji pracują obecnie bloki na parametry nadkrytyczne, których potencjalnie techniczna przydatność dla potrzeb systemu może mieć zastosowanie nawet do roku 2050. Jedynie praca bloku B14 w El. Betchatów, o mocy 858 MW, może być limitowana dostępnością do lokalnie pozyskiwanego węgla brunatnego. Ewentualna potrzeba utrzymania w ruchu jednostek na parametry nadkrytyczne powinna być uwzględniona w ocenie potencjału danej lokalizacji. W procesie planowania brać należy również pod uwagę rozpoczęte lub dojrzałe inwestycje w bloki gazowe. W każdej z lokalizacji pojawia się wymóg przeprowadzania analiz stanu istniejących linii wysokich napięć, również w zakresie potrzeb budowy dodatkowych linii, jak i modernizacji stacji transformatorów. *Plan* przewiduje, że operator systemu przesyłowego (PSE S.A.) już na wczesnym etapie zostanie zaangażowany w proces i dokona ocen i ewentualnie stosownych inwestycji towarzyszących (np. dobudowa nowych pól w stacjach, wymiana autotransformatorów na jednostki o wyższej mocy zwarciowej, modernizacja zabezpieczeń). Pomyślnie, większość lokalizacji posiada rezerwę w infrastrukturze – np. węzły 400 kV przy elektrowniach były projektowane z myślą o ich rozbudowie, zatem są tam rezerwy miejsca na kolejne transformatory czy rozdzielnie. Priorytetem jest zapewnienie, by wyprowadzenie mocy z nowej elektrowni jądrowej nie stanowiło wąskiego gardła dla inwestycji. Dlatego także inwestycje sieciowe muszą być zsynchronizowane z harmonogramem budowy bloków jądrowych. W planie zakłada się ścisłą współpracę inwestora z PSE S.A. i ujęcie wspólnych przedsięwzięć w *Planie rozwoju sieci przesyłowej*.

Gospodarka wodna i chłodzenie. Elektrownie jądrowe, podobnie jak elektrownie węglowe, wymagają dostępności znacznych ilości wody. Dostępność wody musi być uwzględniana zarówno z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego, jak również z punktu widzenia potrzeb chłodzenia kondensatora. W ujęciu ilościowym znacznie więcej wody wymaganej jest jednak dla prowadzenia procesu kondensacji pary. Z uwagi na niższe sprawności cieplne obiegów turbin parowych pracujących w jednostkach jądrowych ilość ciepła odprowadzanego na poziomie kondensatorów jest w stosunku do zainstalowanej mocy bloku wyższa niż ma to miejsce w standardowych blokach węglowych. Ilość potrzebnej wody dla bloku jądrowego wyposażonego w reaktor lekkowodny może być nawet ponad 2-krotnie wyższa od ilości wody wymaganej dla zapewniania właściwych warunków chłodzenia w nowoczesnym bloku na parametry nadkrytyczne. Zidentyfikowana ilość dostępnej wody w miejscu inwestycji jądrowej jest podstawą dla wyboru sposobu chłodzenia, który może być oparty na układzie otwartym, w którym ciepło odbierane jest z układu chłodzenia bezpośrednio przez wodę pobieraną z rzeki lub zbiornika wodnego, jak również na układzie zamkniętym, gdzie ciepło pobierane jest przez wodę krążącą w obiegu zamkniętym pomiędzy kondensatorem, a chłodnią kominową (lub wentylatorową), przez którą następuje zrzut ciepła do atmosfery. W przypadku drugiego rozwiązania woda potrzebna jest dla uzupełniania tego obiegu zamkniętego. Należy też pamiętać, że możliwe jest zastosowanie chłodzenia suchego, które ogranicza pobór wody do pomijalnych wartości, choć odbywa się to kosztem sprawności bloku – woda jest wtedy używana tylko do uzupełniania obiegu reaktora i obiegu wodno-parowego.

W praktyce blok jądrowy o mocy elektrycznej na poziomie 1000 MW wymaga w układzie otwartym konieczności poboru wody w ilości rzędu 50 m³/s. Potrzeby uzupełniania wody dla obiegu zamkniętego są znacznie niższe i w zależności od warunków atmosferycznych oraz technologii wynosić mogą od 0,7 do 1,5 m³/s. Analizy wstępne wykazały, że zasoby wodne wykorzystywane w ramach energetyki węglowej mogą być z powodzeniem zaadaptowane w wielu lokalizacjach dla potrzeb nowych inwestycji jądrowych [21]. Z technicznego punktu widzenia, w kilku lokalizacjach możliwe jest nawet zrealizowanie inwestycji zakładającej zastosowanie otwartych układów chłodzenia. Z punktu widzenia ochrony środowiska, jak również zmieniających się dynamicznie warunków hydrologicznych w systemach rzecznych (ocieplenie klimatu), nie rekomenduje się systemów otwartych, jako elementów inwestycji jądrowych w lokalizacjach śródlądowych.

Wykorzystaniu podlegać powinny takie elementy infrastruktury jak zbiorniki, progi wodne, kanały. Wykorzystanie innych elementów układów chłodzenia, takich jak np. chłodnie kominowe, nie wydaje się zasadne z uwagi na ich stan techniczny oraz długowieczny charakter, jakim powinny odznaczać się kluczowe elementy mające pracować na rzecz obiektów jądrowych.

Dla ścieżki C2N ważne jest zabezpieczenie praw wodnych. Priorytetem powinno być zapewnienie w planach gospodarki wodnej kraju wymaganych zasobów dla systemów jądrowych, które będą podstawą zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Zagospodarowanie i oczyszczenie terenu. Przed rozpoczęciem realizacji właściwych prac budowlanych konieczne jest przeprowadzenie prac polegających na demontażu zbędnej infrastruktury elektrowni węglowych, jak również rekultywacji terenu. Takie zabiegi są ważne zarówno z uwagi na organizację wymaganych warunków prowadzenia prac budowlanych, jak również prowadzenia późniejszej eksploatacji obiektu jądrowego, łącznie z monitoringiem organów dozoru. W zakres tych prac wejdzie usunięcie elementów infrastruktury naziemnej, a w tym magazynów paliwa, a także likwidacja składowisk odpadów paleniskowych (hałd popiołów i żużli), jeżeli znajdują się w obszarze planowanej elektrowni jądrowej. Konieczne jest przeprowadzenie rekultywacji gruntów, zwłaszcza jeśli na terenie inwestycji znajdują się stare osadniki lub składowiska. Ewentualne skażenia gleby produktami spalania węgla muszą zostać zneutralizowane przed budową obiektów jądrowych. Pomimo wieloletniej pracy w lokalizacji przeznaczonej pod inwestycję jądrową systemów energetyki węglowej, konieczne jest przeprowadzenie badań geologicznych, które mogą prowadzić do rekomendacji w zakresie potrzeby wzmocnienia gruntu (np. palowanie, zagęszczanie), szczególnie w tych miejscach, gdzie staną ciężkie budynki reaktorów i turbin. Działania te muszą zostać uwzględnione w fazie projektowej. Rekomenduje się również, aby działania rekultywacyjne prowadzone po zakończeniu eksploatacji kopalń, szczególnie tych znajdujących się na terenach nastawionych na implementację inwestycji C2N, uwzględniały potrzebę ograniczania oddziaływania geologicznego, np. ryzyka indukowania aktywności sejsmicznej.

Infrastruktura transportowa. Budowa elektrowni jądrowej wiąże się z dostawami wielu wielkogabarytowych, ciężkich elementów infrastruktury technicznej (ciśnieniowych zbiorników reaktorów, turbin, generatorów, transformatorów, itp.). Korzystne jest wykorzystanie istniejących elementów infrastruktury transportowej. Tam, gdzie to możliwe, dostawy najcięższych elementów mogą odbywać się transportem wodnym. Decyzję inwestycyjną powinno poprzedzić przygotowanie

szczegółowego planu logistycznego, w którym wskazane zostałyby wszystkie wyzwania inwestycyjne w niniejszym zakresie. W najbliższej lokalizacji konieczne jest przewidzenie prac ukierunkowanych na przygotowanie terenu pod ciężki sprzęt budowlany. Należy wziąć pod uwagę, iż teren wymagany na wybudowanie sieci dróg, spełniających wymogi nośności, organizację składowisk sprzętu, jak również materiałów budowlanych i konstrukcyjnych oraz placów montażowych, może być większy niż ten, którym bezpośrednio dysponuje obecnie elektrownia mająca podlegać inwestycji typu C2N. W planach poprzedzających inwestycję należy wobec tego przewidzieć potrzebę zakupu lub dzierżawy terenów przyległych do elektrowni, a w tym zakresie również zaangażowania organów państwowych dla sprawnego procedowania umów.

Inne media i systemy pomocnicze. Elektrownia jądrowa wymaga szeregu systemów, które częściowo mogą być wsparte infrastrukturą po elektrowni węglowej. Dotyczyć może to układów zasilania rezerwowego i sieci wewnętrznych i zewnętrznych. Systemy bezpieczeństwa elektrowni jądrowej muszą być jednak oparte na elementach infrastruktury o wysokim wskaźniku niezawodności, wobec czego planowanie w tym zakresie powinno przybrać charakter niezależny. To co posiada wysoką wartość materialną to potencjalnie zlokalizowana w otoczeniu elektrowni infrastruktura ciepłownicza. Część elektrowni węglowych dostarcza ciepło do lokalnych sieci. Przykładem może być El. Bełchatów, która w ciepło zasila miasto Bełchatów. Wyłączenie źródła węglowego w tej lokalizacji będzie prowadziło do potrzeby zorganizowania nowego źródła ciepła, co będzie wiązało się z potrzebą poniesienia znacznych kosztów finansowych. Lokalne rynki ciepła są istotnym argumentem dla realizacji inwestycji typu C2N, ponieważ stanowiąc mogą pożądanym elementem łączenia sektorów lub zachowania ich naturalnej integracji, jaka występowała podczas długiej eksploatacji źródeł węglowych.

Gospodarka paliwowa i odpadowa. Planowanie w obszarze gospodarowania materiałami rozszczepialnymi w ramach inwestycji jądrowej ma charakter niezależny i prowadzone jest z uwzględnieniem utrzymania wysokich standardów bezpieczeństwa. W tym zakresie nie identyfikuje się wyodrębnionej specyfiki inwestycji typu C2N. Niemniej jednak rekomenduje się, aby dla budowania zaufania szerokiej grupy interesariuszy projektów jądrowych wczesne planowanie w przedmiotowym obszarze podlegało konsultacjom z deweloperami technologicznymi oraz inwestorami.

Systemy bezpieczeństwa fizycznego. Elektrownia jądrowa wymaga znacznie wyższych standardów w zakresie gwarancji bezpieczeństwa fizycznego niż elektrownia węglowa. Istotnymi elementami systemu bezpieczeństwa jest ogrodzenie oraz punkty kontroli dostępu. Z uwagi na potrzebę organizacji terenu w sposób ukierunkowany na cele budowlane, jak również nieprzystające standardy bezpieczeństwa, na terenie właściwym dla inwestycji należy przeprowadzić demontaż ogrodzeń oraz elementów monitoringu. W przypadku prowadzenia na terenie elektrowni równoległe w stosunku do inwestycji eksploatacji pozostałych w ruchu bloków węglowych ważne jest fizyczne wydzielenie terenu, na którym prowadzone będą prace budowlane, od terenu czynnej elektrowni. Potencjalne wykorzystanie istniejących elementów infrastruktury bezpieczeństwa na terenie przeznaczonym pod inwestycję może być ukierunkowane dla wydzielenia miejsc składowania materiałów oraz narzędzi, poza miejscem przewidzianym na realizację głównych prac budowlanych.

W zakresie prac modernizacyjnych infrastruktury elektrowni węglowej, które mogłyby posłużyć w ramach elektrowni jądrowej, lub jej likwidacji, inwestor (np. spółka energetyczna) powinien przygotować szczegółowy plan modernizacji infrastruktury jako załącznik do wniosku o decyzję zasadniczą lub pozwolenie na budowę. Organy administracji państwowej powinny opracować oraz wdrożyć mechanizmy prawne ułatwiające realizację takich prac (np. ułatwienia w zakresie uzyskiwania zgód rozbiórkowych).

Ramy regulacyjne i prawne dla realizacji planu

Realizacja programu tak złożonego jak zastąpienie elektrowni węglowych elektrowniami jądrowymi wymaga odpowiednich ram prawnych i wsparcia ze strony administracji publicznej. Konieczne są zarówno dostosowania w polskim systemie prawnym, jak i uwzględnienie uwarunkowań unijnych (np. zasad pomocy publicznej). W sekcji przedstawiono kluczowe zagadnienia regulacyjne oraz rekomendacje zmian lub działań w tym obszarze.

Proces inwestycyjny i licencjonowanie obiektów jądrowych. Polska posiada obecnie podstawy prawne dla budowy elektrowni jądrowych (ustawa „Prawo atomowe” oraz specustawa o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej z 2011 r., znowelizowana kilkakrotnie). Procedury te zostały opracowane głównie z myślą o pierwszej elektrowni jądrowej (lokalizacja Lubiatowo-Kopalino). Aby ułatwić realizację kolejnych inwestycji, szczególnie na terenach już uprzemysłowionych, wskazane jest rozważenie pewnych ułatwień proceduralnych, tj. na przykład:

- *Zintegrowanie decyzji administracyjnych.* Przykładem może być łączenie pewnych etapów lub wydawanie decyzji łącznych. Dla inwestycji C2N można wskazać zasadność wydawania jednej decyzji o ustaleniu lokalizacji obiektu jądrowego oraz decyzji o likwidacji starej elektrowni węglowej, tak by uniknąć podwójnych postępowań.
- *Skrócenie terminów opiniowania.* Obecnie samo uzgadnianie raportów (np. środowiskowego) może trwać miesiącami. W przypadku projektów kluczowych dla bezpieczeństwa energetycznego rząd powinien ustanowić specjalny tryb przyspieszony, zobowiązując organy do priorytetowego traktowania spraw oraz przeznaczając na ten cel dodatkowe środki finansowe.
- *Rozszerzenie katalogu inwestycji towarzyszących.* Specustawa jądrowa definiuje pojęcie „inwestycji towarzyszącej” (np. drogi dojazdowe, linie elektroenergetyczne) i wskazuje te jej elementy, które są objęte ułatwieniami (decyzja ZRID). Warto upewnić się, że procedury formalnie obejmują także modernizację istniejącej infrastruktury, a nie tylko budowę nowej. W przypadkach, w których tak nie jest, należy znowelizować przepisy, by np. rozbudowa istniejącej stacji czy linii również korzystała ze specjalnego trybu.

Wsparcie państwa. Inwestycje w systemy energetyki jądrowej są kapitałochłonne i zwykle wymagają wsparcia państwa (gwarancje Skarbu Państwa dla długu, kontrakty różnicowe, itp.). Jednocześnie, jako członek UE, Polska musi każdorazowo notyfikować takie mechanizmy do Komisji Europejskiej, by uzyskać ich akceptację pod kątem pomocy publicznej. Jest to proces złożony i czasochłonny – np.

mechanizm CfD dla Hinkley Point C w Wielkiej Brytanii był bardzo szczegółowo badany przez KE. *Plan* zakłada, że wdrażając program C2N rząd polski przygotuje skuteczny model wsparcia inwestycji jądrowych i odpowiednio wcześniej rozpocznie dialog z Komisją, by uniknąć opóźnień. Możliwe podejścia to:

- *Kontrakty różnicowe* (CfD), ukierunkowane na zapewnienie stałej ceny za energię z nowych bloków jądrowych, gdzie państwo/regulator wypłaca różnicę, gdy cena rynkowa jest niższa od ustalonej. Mechanizm CfD jest rekomendowany w PPEJ dla pierwszej elektrowni jądrowej. Można go rozszerzyć także na projekty C2N, jeżeli inwestorzy podejmą decyzję o wdrożeniu takiego mechanizmu. Wymaga to notyfikacji do KE. *Plan* przewiduje rozpoczęcie tego procesu najpóźniej do końca 2026 r., by mieć zgodę KE przed 2030 (gdy zapewne zaczną zapadać decyzje inwestycyjne). Zastosowanie CfD może jednak stwarzać problem w postaci niskiego współczynnika wykorzystania mocy zainstalowanej, ponieważ orzecznictwo KE w tym zakresie (dwie decyzje dla projektu Dukovany II i jedna decyzja otwierająca dla spółki PEJ) zastrzega priorytet dla handlu energią z OZE. Oznacza to znaczne podwyższenie kosztów produkcji energii w EJ, a to z kolei może podważyć akceptację społeczną takiego projektu (wzrost i tak już bardzo wysokich rachunków za energię dla odbiorców końcowych).

- *Udział kapitałowy kontrolowanych przez państwo odbiorców energii* (KGHM, Azoty, Grupa PKP, Węglukoks, PGZ, itd.) w projektach jądrowych na zasadach modeli spółdzielczych. W połączeniu z podobną partycypacją ze strony prywatnych odbiorców energii daje to możliwość zapewnienia stałego i pewnego odbioru produkowanej przez EJ energii oraz pozwala na rozproszenie ryzyka inwestycyjnego, co z kolei poprawia bankowalność projektu, obniża koszt kapitału dłużnego i finalnie koszt produkcji energii. Z drugiej strony zapewnia to odbiorcom końcowym dostęp do taniej energii z EJ po kosztach produkcji, zasadniczo bez marży zysku i bez kosztu pośredników w postaci spółek obrotu. Tego typu model jest obecnie dyskutowany dla potencjalnego projektu EJ w lokalizacji Betchatów.

- *Gwarancje kredytowe i finansowanie publiczne* - zapewnienie przez państwo lub banki kontrolowane (BGK, PFR) gwarancji spłaty kredytów, ubezpieczenia od ryzyka politycznego, itp. Efektem będzie obniżenie kosztu kapitału. Jeżeli nie jest to realizowane na zasadach rynkowych, wymaga zgody KE (chyba że przyjmujemy je jako środki zaradcze w ramach IPCEI – ważnego projektu UE, co jest opcją do zbadania).

- *Udział kapitałowy państwa*, który jest przykładowo wynikiem tego, że w polskim modelu pierwsza elektrownia jądrowa budowana jest przez spółkę z dominującym udziałem Skarbu Państwa (PEJ). Podobnie projekty C2N mogłyby mieć komponent kapitału publicznego. Model mógłby zakładać partycypację Skarbu Państwa poprzez kapitałowe zaangażowanie np. PGE S.A., Enea S.A., Tauron S.A., posiadających aktywa węglowe i poszukujących pomysłów na ich efektywną ekonomicznie i społecznie dekarbonizację. Jeśli jednak zaangażowane byłyby podmioty prywatne, to wsparcie musi być niedyskryminujące. Możliwym instrumentem jest tu Fundusz Sprawiedliwej Transformacji, lokujący środki z UE w sposób dedykowany regionom pogórnym. Co prawda UE oficjalnie wyklucza finansowanie atomu z FST, ale prowadzone są dyskusje nad złagodzeniem tej zasady, szczególnie w obliczu taksonomii, uznającej energetykę

jądrową za zrównoważoną. *Plan* zaleca aktywne działania rządu na forum UE w celu wypracowania zgody na objęcie jądrowych projektów repoweringowych pewnymi formami wsparcia, ukierunkowanymi na transformację regionów węglowych.

- *Umowy długoterminowe PPA*. W przypadku potencjalnego ich zastosowania pojawia się problem braku akceptacji ze strony Komisji Europejskiej, tak jak miało to miejsce w przypadku decyzji dla projektu Dukovany II oraz decyzji otwierającej dla spółki PEJ. Z dotychczasowej praktyki wynika, że Komisja akceptuje jedynie finansowe (wirtualne), krótkoterminowe (do 1 roku) umowy PPA zawierane na zasadach rynkowych i z ograniczeniem wolumenu energii oferowanej przez EJ oraz przy założeniu utrzymania priorytetu dla OZE. Taki rodzaj PPA oznacza brak możliwości zapewnienia wysokiego wykorzystania mocy przez EJ i generuje podobne problemy jak CfD. Jest to także problematyczne z punktu widzenia bankowalności projektu i rozmów z instytucjami finansowymi (wyższe ryzyko, wyższy koszt długu). Niemniej jednak ta forma sprzedaży energii może zostać rozważona przez inwestorów w przyszłości, jeżeli zajdą istotne zmiany w przepisach UE i orzecznictwie Komisji.

Należy podkreślić, że długotrwały charakter inwestycji jądrowych wymusza stabilność regulacyjną. Żaden inwestor nie zaryzykuje miliardów złotych, jeśli obawia się, że za 5 lub 10 lat zmienią się zasady gry (np. cofnięcie wsparcia, zmiana polityki rządu, itp.). Dlatego państwo polskie musi dać solidne gwarancje ciągłości polityki jądrowej niezależnie od zmian rządów. Gwarancje Skarbu Państwa oraz klarownie komunikowana i trwała ścieżka transformacji energetyki jest kluczowa nie tylko z punktu widzenia procesów finansowania, ale również z punktu widzenia społecznego zainteresowania kształceniem kadr dla sektora jądrowego, których potencjalny brak może okazać się jednym z najważniejszych wąskich gardeł w procesach ukierunkowanych na nuklearyzację gospodarki. W związku z powyższym rekomenduje się silniejszą współpracę krajowych ministerstw w zakresie polityki komunikacyjnej.

Co do zasady rząd powinien dążyć do minimalizacji pomocy publicznej dla energetyki jądrowej i udzielać jej tylko w niezbędnym zakresie. Jest to podyktowane w znacznej mierze ryzykiem występowania orzecznictwa Komisji Europejskiej, które może podważyć ekonomiczną zasadność realizacji projektów jądrowych.

Integracja planu z dokumentami strategicznymi i planistycznymi. Założenia wskazywane w niniejszym *Planie dekarbonizacji*, po procesie konsultacji, powinny zostać formalnie włączone do krajowych strategii. Mogłoby to mieć miejsce na drodze:

- *Aktualizacji Polityki Energetycznej Polski (PEP)* – np. w postaci wprowadzenia zapisu o rozwoju energetyki jądrowej także poprzez projekty typu C2N jako naturalnej ścieżki dekarbonizacji polskiej energetyki oraz uwzględnienie w nich ewentualnej roli SMRów po 2035 r., z odpowiednimi prognozami mocy zastępowanej.

- *Aktualizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej* – w kolejnej aktualizacji PPEJ proponuje się wprowadzenie wypracowanych rekomendacji *Planu* odnoszących się do C2N. Obecny PPEJ skupia się na wielkoskalowych jednostkach (6–9 GW w dwóch lokalizacjach). Nowa edycja mogłaby objąć kolejne plany wdrożeniowe dla energetyki jądrowej, rozszerzając listę

potencjalnych lokalizacji pod inwestycje o najlepiej rokujące regiony właściwe dla obecnie funkcjonujących elektrowni oraz elektrociepłowni węglowych.

- *Ujęcie projektów C2N w wojewódzkich planach sprawiedliwej transformacji oraz planach zagospodarowania przestrzennego.* Samorządy wojewódzkie regionów węglowych (śląskie, łódzkie, lubelskie, dolnośląskie, itd.) powinny w swoich strategiach uwzględnić możliwość powstania nowych inwestycji jądrowych w miejsce obiektów energetyki węglowej. Konieczne może być np. wpisanie takich inwestycji do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (MPZP), gdyż często obecne MPZP dopuszczają systemy energetyki węglowej, ale nie mówią nic o systemach jądrowych. Taka forma wyrażenia zainteresowania regionów inwestycjami jądrowymi może być elementem ich adaptacji na gruncie świadomości społecznej.

- *Koordinacja z Polityką Przemysłową* – transformacja energetyki węglowej będzie miała skutki dla przemysłu ciężkiego (energochłonnego). Dobrze, aby Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej i Ministerstwo Infrastruktury uwzględniły w swoich dokumentach (np. w Strategii dla przemysłu) rozwój lokalnego łańcucha dostaw dla energetyki jądrowej. Prawo powinno wspierać krajowe firmy w uczestnictwie w tych projektach.

- *Strategie grup energetycznych (Enea, Energa, PGE, Tauron)* – powinny formułować zadania w zakresie oceny potencjałów własnych lokalizacji w kontekście możliwości objęcia ich inwestycjami typu C2N. Realizacja etapowych zadań powinna być uwzględniana w aktualizacjach strategii. Prowadzenie badań oraz realizacja studiów wykonalności może być efektywnym elementem budowania wiedzy. Uzyskanie dla poszczególnych lokalizacji statusu *Nuclear Ready* [22], stanowiącego ideę wypracowaną w ramach projektu DEsire, może uwierzytelnić potencjalne inwestycje biznesowo oraz społecznie, w konsekwencji dając impuls dla kreowania ścieżek rozwoju gospodarczego oraz indywidualnego w regionach zainteresowanych inwestycjami typu C2N

Nadzór nad bezpieczeństwem jądrowym. Pomimo szerokiego zainteresowania wielu państw ideą C2N, standaryzacja kierunkowanych procedur formalnych znajduje się na wczesnym etapie. Brak obecnie szczegółowych wymogów oraz wytycznych dla etapów prowadzenia prac przez organy dozoru w miejscach właściwych dla funkcjonowania elektrowni węglowych. Dotyczy to zarówno etapu poprzedzającego inwestycję, jak i samej inwestycji. Państwowa Agencja Atomistyki (PAA) oraz Urząd Dozoru Technicznego (UDT) będą odgrywać kluczową rolę w dopuszczaniu lokalizacji oraz wykorzystania infrastruktury w realizacjach inwestycji jądrowych. *Plan* rekomenduje utworzenie w PAA oraz UDT dedykowanych zespołów, które brałyby udział w wypracowaniu, wspólnie z reprezentantami regulatorów zagranicznych, jednolitych procedur dozorowych. Wysokie zainteresowanie ideą transformacji wyrażane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej, m.in. w publikacji [23], może być zapowiedzią prac nad standaryzacją w niniejszym zakresie tematycznym. Dodatkowo, utworzenie niezależnej organizacji eksperckiej (TSO, ang. *Technical Support Organization*), wspierającej dozór jądrowy, oraz instytucji pilnujących realnego rozdziału ról (ang. *unbundling*) zwiększy przejrzystość i wiarygodność, co wzmocni zaufanie inwestorów i społeczeństwa do nowych inwestycji na ścieżce C2N.

Kadry i kompetencje – transformacja zasobów ludzkich

Transformacja sektora elektroenergetycznego to nie tylko zmiana technologii, ale także przemiana struktury zatrudnienia i kompetencji w branży. Zaplanowane w strategiach grup energetycznych zamykanie elektrowni węglowych sprawia, że kadry obecnie w nich pracujące będą musiały znaleźć swoje miejsce w nowej rzeczywistości. W idealnym scenariuszu dana elektrownia węglowa podlegać będzie inwestycji typu C2N. Zagospodarowanie wykwalifikowanej kadry będzie korzystne zarówno dla operatora elektrowni, szczególnie z uwagi na występujące na rynku niedobory specjalistów, jak i dla pracowników, których wiedza, po odpowiednim przeszkoleniu, będzie mogła być wykorzystywana na potrzeby eksploatacji obiektu jądrowego. W ten sposób idea C2N wypełnia założenia sprawiedliwej transformacji, mając niezwykle ważne oddziaływanie społeczne – pozwala uniknąć masowych zwolnień i degradacji rynków pracy w regionach, które gospodarczo bardzo często wyrastały i budowały swój kapitał obok budowanych i eksploatowanych systemów energetyki węglowej. Niniejsza sekcja przedstawia plan działań w zakresie kadr, wskazując także różnice w strukturze zatrudnienia, rekomendacje w zakresie programów szkoleniowych oraz potencjalne harmonogramy transferu pracowników między starymi a nowymi jednostkami. Specyfika transformacji C2N w obszarze budowania kadr dla energetyki jądrowej powinna znaleźć odzwierciedlenie w aktualizacjach dokumentu, jakim jest *Plan rozwoju zasobów ludzkich na potrzeby energetyki jądrowej* [24].

Różnice w strukturze zatrudnienia – analiza porównawcza

Elektrownia jądrowa różni się od węglowej pod względem rodzajów potrzebnych specjalistów i liczby personelu na poszczególnych stanowiskach. W ramach projektu DEsire poczyniono starania dla pozyskania informacji na temat struktur kadrowych, jakie są właściwe dla pracujących krajowych elektrowni, dla których zrealizowano studia wykonalności. Niestety z uwagi na brak stosownych zgód dla przekazania takich danych ze strony spółek energetycznych, dla przygotowania rekomendacji posłankowano się raportem US DOE/INL [1], w którym zestawiono wynik analiz porównawczych struktur zatrudnienia dla elektrowni węglowej i jądrowej o takiej samej mocy elektrycznej (1000 MW). Korzystną informacją z punktu widzenia oczekiwań pracowniczych jest potrzeba nie tylko utrzymania liczby pracowników właściwej dla elektrowni węglowej, co nawet jej podwojenie. Pojawienie się wyższego zapotrzebowania nie oznacza jednak, że każdy pracownik o określonej charakterystyce kompetencyjnej znajdzie miejsce pracy w nowej elektrowni, bez oczekiwanego przekwalifikowania.

W ramach elektrowni jądrowej występują stanowiska o charakterze unikalnym, a więc też te które nie występują w elektrowniach węglowych. Należą do nich m.in.:

Inżynierowie jądrowi, a więc specjaliści od reaktorów, promieniowania jonizującego, chemii jądrowej. Stanowią około 13% załogi. Z tego powodu, iż kadry energetyki konwencjonalnej nie mają wymaganych kwalifikacji, praktycznie cały personel obszaru inżynierii jądrowej należy pozyskać z zewnątrz lub wyszkolić w oparciu o zasoby kadrowe elektrowni węglowej.

Operatorzy reaktora jądrowego, czyli licencjonowani operatorzy blokowi. W EJ to ok. 11% załogi. Choć w elektrowni węglowej możemy wskazać analogiczne funkcje, takie jak np. operator kotła, to specyfika oraz wymagania stawiane kwestiom bezpieczeństwa, czynią rolę operatora reaktora jądrowego również unikalną.

Technicy i specjaliści ds. zabezpieczeń radiologicznych, czyli osoby wykwalifikowane w obszarze dozymetrii. Nie identyfikuje się osób o wymaganych kwalifikacjach wśród kadr krajowych elektrowni węglowych.

Personel ochrony obiektu (ochrona fizyczna) – elektrownia jądrowa wymaga znacznie większego zaangażowania kadrowego w obszarze ochrony. Szacunki wskazują, że w EJ ok. 11% zatrudnionych to personel ochrony (w tym uzbrojona straż zakładowa). W elektrowni węglowej ochrona, oparta najczęściej na *outsourcingu*, stanowi kilku strażników (mniej niż 1% zatrudnionych). W tym przypadku istnieje łatwa ścieżka przeszkolenia. Nie identyfikuje się także trudności w zakresie znalezienia wykwalifikowanych pracowników na rynku.

Specjaliści ds. szkoleń i rozwoju – w EJ kładzie się ogromny nacisk na ciągłe szkolenia personelu (symulatory, treningi procedur). Dlatego około 3% załogi EJ to osoby odpowiedzialne za szkolenia. W elektrowni węglowej osoby zajmujące się szkoleniami i rozwojem stanowią mniej niż 1% kadry. Istnieje możliwość przekwalifikowania tej części kadry.

Kadra inżynierska kierownicza ds. utrzymania ruchu i planowania – EJ wymaga rozbudowanego pionu inżynierii, planowania remontów, zapewnienia zgodności z procedurami (ang. *Quality Assurance*). Stanowiska typu kierownik ds. inżynierii, inspektorzy zgodności, itp. mają w przypadku EJ wysoki udział w liczbie ogólnej pracowników, bo stanowią ok. 2-3% załogi.

W elektrowniach jądrowych oraz elektrowniach węglowych istnieje wiele stanowisk wspólnych, w przypadku których wymagane są bardzo podobne kompetencje. Są to:

Operatorzy turbin oraz elementów infrastruktury pomocniczej – w EJ są potrzebni operatorzy systemów niejądrowych, takich jak turbina, generator, czy też specjaliści od gospodarki wodno-parowej. W EJ obsługa części konwencjonalnej stanowi ok. 10–15% załogi. Uzyskanie wymaganych kwalifikacji jest stosunkowo prostą i naturalną ścieżką dla operatorów pracujących w elektrowni węglowej. Ich doświadczenie jest bardzo cenne, szczególnie z uwagi na braki wymaganych kompetencji na rynku.

Służby utrzymania ruchu, a w tym mechanicy, elektrycy, czyli zawody, które są ważne dla eksploatacji zarówno EJ, jak i EW. Przykładowo w EJ mechanicy przemysłowi stanowią ok. 2,7% załogi, natomiast elektrycy ok. 4,5%. W przypadku EW udziały tych specjalistów wynoszą odpowiednio ok. 3,2% oraz ok. 6,7%. Z uwagi na wymagane aktywności zawodowe w przypadku przedmiotowych profesji występuje wysoka transferowalność pracowników, wymagająca uzupełnienia wiedzy w zakresie procedur jądrowych i kultury bezpieczeństwa.

Mistrzowie i kierownicy zmian (bloków) to stanowiska znane na gruncie elektrowni węglowych. W nomenklaturze energetyki jądrowej odpowiednikami są *shift managers*, *shift supervisors*. Te osoby

muszą znać proces technologiczny i kierować załogą zmianową. Doświadczony mistrz pracujący w elektrowni węglowej może po przeszkoleniu zostać np. szefem zmiany w EJ.

Specjaliści IT i automatycy, szczególnie ważni w nowoczesnych EJ, które są silnie informatyzowane (systemy sterowania reaktorem, AKPiA). Dzięki realizowanym również procesom informatyzacji elektrowni węglowych obecnie identyfikowani są w krajowym otoczeniu specjaliści o predyspozycjach właściwych dla EJ. Ci specjaliści (programiści, inżynierowie automatycy) mogą dość płynnie przejść do pracy w EJ. W EJ np. specjaliści ds. sieci komputerowych stanowią ok. 1% załogi, a w EW około 0,3%.

Administracja, BHP, finanse, to te obszary kwalifikacji które są wymagane zarówno w obszarze energetyki jądrowej, jak i energetyki węglowej. Niewielkie różnice w zakresie wymaganej liczby księgowych i audytorów, są wynikiem wyższych wymogów w zakresie raportowania w EJ. Dotyczy to przykładowo potrzeby rygorystycznego opracowywania raportów środowiskowych, sprawozdań kierowanych do MAEA, itp. Ogólnie większość personelu administracyjnego elektrowni węglowej (dział kadr, księgowość, logistyka) może nadal pracować w nowej elektrowni.

Ostatnią klasyfikowaną grupą stanowisk są **stanowiska unikalne dla elektrowni węglowej**, a więc takie, które nie są wymagane dla obsadzenia w elektrowni jądrowej. Są to role związane z gospodarką węglem i obsługą kottów, a wśród nich:

Operatorzy kotła i układów gospodarki węglowej, na których nie występuje zapotrzebowanie w EJ. Tacy pracownicy muszą albo się przekwalifikować na operatorów innych systemów, albo utracą zatrudnienie. Choć ich liczba w dużej elektrowni węglowej nie jest wysoka (kilkadziesiąt osób), to należy zwrócić uwagę, iż dysponują oni wysokimi kwalifikacjami z obszaru energetyki cieplnej, które mogą zostać szeroko spożytkowane na potrzeby obsługi EJ. Przeszkolenie tej grupy pracowniczej, odpowiednio ukierunkowane potrzebami, jest wysoko rekomendowane.

Operatorzy systemów nawęglania, magazynierzy paliw, czyli pracownicy elektrowni węglowych, których kompetencje bezpośrednio nie będą wykorzystywane w eksploatacji EJ. Pracownicy tego typu stanowią do 2% pracowników elektrowni węglowej. Szeroko pojmowana transformacja C2N umożliwia jednak zagospodarowanie kompetencji osób obsługujących place węglowe, operatorów taśmociągów, dźwigów do rozładunku, magazynierów składu węgla. Przykładowo osoby mające często uprawnienia operatorów ciężkiego sprzętu mogą znaleźć pracę na etapie prac rozbiórkowych oraz podczas budowy EJ. Część z nich może być łatwo przekwalifikowana do pracy w EJ, np. do obsługi suwnic. *Plan* przewiduje, by już w okresie schyłkowym pracy elektrowni węglowej organizować kursy umożliwiające przekwalifikowanie.

Laboranci paliwowi, którzy w elektrowni węglowej badają jakość paliwa węglowego. W EJ nie ma zapotrzebowania na przedmiotowe kompetencje. Z tego powodu, iż osoby zatrudnione jako laboranci często mają wykształcenie chemiczne, pojawia się szansa na ich przekwalifikowanie w stronę uzyskania kompetencji dla pełnienia ról w obszarze monitorowania otoczenia elektrowni jądrowej lub też prowadzenia analiz wody użytkowej i innych płynów eksploatacyjnych w EJ.

Obsługa gospodarki popiołowej i odpadów paleniskowych, a więc kadry pracujące w elektrowni węglowej w działach odpowiadania, oczyszczania spalin (elektrofiltry, odsiarczanie, magazynowanie gipsu). Są to zarówno chemicy, jak i operatorzy specjalistycznych instalacji. W tej grupie pracowniczej występują różnorodne kompetencje, których bezpośrednio zagospodarowanie w ramach elektrowni jądrowej nie jest potrzebne. Zarówno chemicy, jak i mechanicy posiadają wiedzę, która po właściwym ukierunkowaniu kwalifikacyjnym może zostać spożytkowana w ramach EJ.

Mapowanie kompetencji ulokowanych w elektrowniach węglowych oraz tych wymaganych w elektrowniach jądrowych prowadzi do konkluzji, iż większość pracowników elektrowni węglowej będzie mogła znaleźć zatrudnienie w nowej elektrowni jądrowej lub przy jej budowie, jednak często na innych stanowiskach niż dotąd i po zdobyciu nowych kwalifikacji. Pomimo tej pozytywnie wybrzmiewającej konkluzji należy zwrócić uwagę na polityki kadrowe, jakie realizowane są w krajowych grupach energetycznych. Zapowiadany zmierzch energetyki węglowej, uwiarygadniany coraz odważniej formułowanymi planami likwidacji bloków węglowych, skutkuje brakiem prowadzenia naborów w strukturach spółek energetycznych. Prowadzi to do stopniowego podnoszenia średniego wieku pracowników pracujących na rzecz sektora energetyki węglowej. Dodatkowo biorąc pod uwagę długie okresy wymagane dla przeprowadzenia wszystkich etapów inwestycji jądrowej można przypuszczać, że tylko niewielka część kadr pracujących w energetyce krajowej zostanie finalnie przetransferowana do pracy w działających elektrowniach jądrowych. Dodatkowo obserwowany od wielu lat regres w obszarze kształcenia specjalistów o uniwersalnych predyspozycjach dla energetyki węglowej oraz jądrowej, zarówno w szkolnictwie wyższym, jak i szkolnictwie średnim i zawodowym, wymaga szczególnego zaopiekowania przez decydentów krajowych. Zdaniem wielu ekspertów budowa krajowych kadr oraz pozyskiwanie wymaganych kompetencji jądrowych jest obciążona wysokim ryzykiem niepowodzenia, stanowiąc tym samym wąskie gardło w całym zakresie aktywności ukierunkowanych na uzyskanie zdolności państwa dla budowy i eksploatacji planowanych elektrowni jądrowych.

Ważnymi elementami wsparcia procesu budowy kadr dla przyszłej elektrowni jądrowej powinna być działalność spółki zarządzającej elektrownią węglową, przewidzianą dla transformacji C2N. Ważne jest powołanie sekcji organizacji aktywności lokalnie organizującej własne oraz popularyzującej krajowe programy edukacyjne. Sekcja powinna być efektywna w zakresie pozyskiwania finansowania uczestnictw młodych ludzi z regionu w kształceniu, programach szkoleniowych oraz kursach dotyczących energetyki jądrowej. Rekomenduje się współpracę ze szkołami zawodowymi oraz uczelniami, które mogą organizować studia zamawiane w zakresie energetyki jądrowej lub innych obszarów, także wymaganych dla realizacji szeroko rozumianego projektu jądrowego. Ważna jest przy tym współpraca z jednostkami powołanymi dla koordynacji aktywności w zakresie budowy kadr dla krajowej energetyki jądrowej (taką rolę ma pełnić Centrum Kompetencji Jądrowych). Ważnym zadaniem sekcji byłoby również monitorowanie postępów działalności w zakresie budowy kadr i kompetencji. Podejmowane przez sekcję aktywności powinny być transparentne i uzgadniane ze związkami zawodowymi oraz indywidualnie z pracownikami podlegającymi ocenie i zmianie kwalifikacji.

Aby w sposób właściwy zarządzić procesem transformacji kompetencji, proponuje się następującą procedurę przygotowania kadr:

Krok 1: Audyt kompetencji i struktury zatrudnienia (na ok. 5–6 lat przed wyłączeniem bloków węglowych). W każdej elektrowni, która posiada wysoki potencjał dla przeprowadzenia transformacji C2N, należy przeprowadzić szczegółową inwentaryzację stanowisk i kwalifikacji pracowników. Celem jest stworzenie matrycy kompetencji i w rezultacie tego wskazanie tych stanowisk w obecnej elektrowni węglowej, które odpowiadają stanowiskom, które w przyszłości należy obsadzić w EJ. Ważne jest przy tym, aby charakterystyce poddać szczegółowo konkretnych pracowników, z uwzględnieniem ich wieku. W rezultacie możliwe będzie wyodrębnienie grup tych pracowników, którzy: (i) mogą wykonywać podobną pracę w EJ (wymagane minimalne doszkolenia, np. elektryk z uprawnieniami SEP, mechanik turbinowy, księgowy); (ii) mogą wykonywać pracę na innym stanowisku, co będzie wymagało zdobycia nowych kompetencji w stosunkowo krótkim czasie; (iii) nie znajdą miejsca w EJ bez całkowitego przekwalifikowania.

Krok 2: Opracowanie ścieżek rozwoju dla poszczególnych grup stanowisk. Dla każdej z powyższych grup przygotowany powinien zostać plan działań, który także powinien być różnicowany dla poszczególnych pracowników. Wymagana jest przy tym transparentność działań. Korzystne okazać może się przeprowadzenie wywiadów i ankietyzacji indywidualnych z zainteresowanymi pracownikami. Zdobytą wiedzę może posłużyć w procesie planowania scenariuszy ścieżek kariery. Ścieżki rozwoju powinny mieć charakter etapowy i powinny uwzględniać szkolenia wstępne ukierunkowane na pobudzenie świadomości względem wyzwań, szkolenia i kursy kwalifikacyjne, intensywne kursy języka angielskiego technicznego, programy stażowe w istniejących zagranicznych elektrowniach jądrowych.

Krok 3: Harmonogram zatrudniania i zwalniania. Dla każdej z planowanych inwestycji C2N należy przygotować **mapę drogową dla budowy kadr**, pokazującą, w których latach powstają nowe stanowiska w elektrowni jądrowej i kiedy likwidowane będą stanowiska w elektrowni węglowej. Wymagana jest przy tym synchronizacja celem uniknięcia etapów, w których wystąpi brak możliwości zagospodarowania kompetencji. Okresy potencjalnego braku zatrudnienia pracowników należy spożytkować dla ich uczestnictwa w kursach oraz stażach. W tym zakresie należy wypracować mechanizmy wsparcia organizacji finansowania aktywności szkoleniowych, które mogą przyjąć formę płatnych urlopów szkoleniowych. Rekomenduje się, aby z uwagi na wysokie zapotrzebowanie na kadry jądrowe w całej Europie, przyszły operator elektrowni jądrowej przewidział formułę umów przedwstępnych (np. warunkowych), które mogłyby być proponowane szczególnie kluczowym pracownikom, nim podejmą oni trud zdobycia wymaganych kwalifikacji.

Krok 4: Realizacja szkoleń i zatrudnienie w nowej elektrowni. W miarę postępu budowy EJ, kluczowi pracownicy powinni być stopniowo przenoszeni do nowej struktury organizacyjnej. Zaleca się, aby na około 1–2 lata przed planowanym uruchomieniem EJ powstała formalnie organizacja przyszłej elektrowni jądrowej (choćby jako oddział spółki) i rozpoczęła rekrutację – w pierwszej kolejności właśnie spośród pracowników starej elektrowni. Ci pracownicy, którzy ukończyli programy szkoleniowe i zdali wymagane egzaminy, powinni zostać zaangażowani w testy rozruchowe, itp. Stanowiska, których nie uda się obsadzić w oparciu o kadry elektrowni węglowej muszą zostać obsadzone w oparciu o zasoby zewnętrzne.

Komunikacja i akceptacja społeczna

W ramach projektu DEsire przeprowadzono diagnozę społeczną, ukierunkowaną na rozpoznanie motywacji i emocji, jakie budzić mogą inwestycje typu C2N. Dla realizacji sformułowanych celów przeprowadzono wywiady, jak również badania ankietowe. Diagnoza była przeprowadzona z udziałem mieszkańców Opola, a więc miasta zlokalizowanego w bliskim sąsiedztwie ważnej elektrowni krajowej, dla której istnieje duży potencjał w zakresie objęcia inwestycją C2N w przyszłości. Przedstawione w niniejszej sekcji wnioski i rekomendacje są także wynikiem przeprowadzonych w ramach projektu DEsire warsztatów zorganizowanych z przedstawicielami podmiotów związanych z sektorem energetyki krajowej. Celem warsztatów było określenie kluczowych grup interesariuszy projektów C2N, ich roli oraz nastawienia wobec niniejszej idei transformacji. Szczegółowe wyniki diagnozy, jak również wnioski sformułowane podczas warsztatów zostały szczegółowo przedstawione w raporcie [25]. Niniejsza sekcja stanowi syntezę nabytej w ramach projektu wiedzy.

Zgodnie z wynikami badań, jakie w listopadzie 2024 roku przeprowadziło Ministerstwo Energii (ówczesne Ministerstwo Przemysłu), poparcie dla energetyki jądrowej wynosi 92,5%, co stanowi rekordowy wynik w historii monitorowania poziomu akceptowalności [26]. Pomimo tego dostrzegalne są lokalnie występujące ogniska napięć społecznych, szczególnie w otoczeniu Choczewa, gdzie prowadzone są obecnie prace przygotowawcze dla inwestycji ukierunkowanej na budowę pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce. Wynika to w dużej mierze ze zorganizowanych i aktywnie prowadzonych działań przeciwników energetyki jądrowej. Pojawiające się i stosunkowo głośno wybrzmiewające medialnie sprzeciwy wśród lokalnych społeczności pokazują, iż odnotowywane w Polsce wysokie poparcie dla atomu nie powinno przekładać się na brak potrzeb prowadzenia dobrze zaplanowanych kampanii komunikacyjnych, szczególnie ukierunkowanych na dialog ze społecznościami, które funkcjonować będą w bliskim otoczeniu inwestycji w obszarze energetyki jądrowej, a następnie w otoczeniu eksploatowanego obiektu jądrowego. Przejrzyste komunikowanie o planach dotyczących inwestycji w energetyce jądrowej, a w tym przekazywanie rzetelnych informacji na temat zagrożeń oraz korzyści, stanowi element kluczowy dla budowania silnej akceptacji społecznej. Dobrze doinformowane i wyedukowane społeczeństwo jest odporne na dezinformację, która jest szczególnie widoczna w ostatnich latach, w związku z trwającą wojną za wschodnią granicą naszego kraju.

Specyfika regionów, w obrębie których funkcjonują elektrownie węglowe, może być z wielu powodów sprzymierzeńcem dla budowy akceptowalności społecznej wobec inwestycji jądrowej. Decyduje o tym przede wszystkim pojęcie tożsamości regionalnej, będącej szczególnie zorientowaną ku energetyce zawodowej. Im bardziej region jest ekonomicznie uzależniony od działalności energetycznej oraz innych działalności biznesowych pośrednio z energetyką związanych, tym większe będzie zaangażowanie lokalnych struktur decydenckich we wszelkie aktywności ukierunkowane na dialog oraz lobbowanie na rzecz inwestycji typu C2N. Przykładowo w Bełchatowie, zapowiedź zaprzestania pracy elektrowni oraz odkrywkowej kopalni węgla brunatnego, już

z kilkunastoletnim wyprzedzeniem wzbudziła dostrzegalny oraz zrozumiały niepokój. Taki niepokój jest naturalnym zapalnikiem dla aktywizacji działalności samorządowców oraz decydentów politycznych, także szczebla centralnego, wywodzących się z regionu. Wczesna i dobra organizacja społecznych liderów regionu bełchatowskiego, tak wyraźnie widoczna w zakresie starań o zlokalizowanie drugiej krajowej inwestycji jądrowej właśnie w tym regionie, może być doskonałym przykładem współpracy ponad podziałami politycznymi. Z drugiej strony znamienne jest również to, że im większe jest w regionie mającym podlegać ścieżce C2N zdywersyfikowanie obszarów działalności biznesowych, tym trudniej osiągnąć lokalny konsensus wobec inwestycji jądrowych. Tam, gdzie pojawiają się różne opinie formułowane przez reprezentantów istotnych części społeczności, tam często nie podejmuje się społecznej debaty, albo też prowadzi się ją w stronę polaryzacji w opiniach publicznie komunikowanych przez politycznych decydentów – możliwość zbitcia kapitału politycznego staje się często ważniejsza niż chęć wypracowania rozwiązań realnie wspierających lokalne społeczności. Przykładem mogą być miasta wchodzące w skład konurbacji śląsko-zagłębiowskiej, w których, choć funkcjonuje dużo elektrowni i elektrociepłowni węglowych, to tematyka zorientowana na energetykę jądrową nieszczęśliwie jest często spychana na margines zainteresowania w zakresie potencjalnych kierunków transformacji. Powszechnie formułowana opinia o wysokiej sile regionu, niezależnie od kondycji górnictwa oraz energetyki zawodowej, nie sprzyja silnemu promowaniu idei repoweringu, która ukierunkowana jest na utrzymanie w regionie silnych i scentralizowanych ośrodków produkcji energii elektrycznej.

Punktem wyjścia dla opracowania polityki komunikacyjnej, mającej pracować na rzecz budowy silnego poparcia dla energetyki jądrowej w regionie przewidzianym pod inwestycję, powinno być określenie bieżącego stanu wiedzy jaką posiada lokalna społeczność. Okazuje się, że nawet wiedza posiadana przez mieszkańców regionu, dla którego energetyka zawodowa jest istotnym elementem krajobrazu przemysłowego, nie musi być zadowalająca i niestety często zbudowana jest na niewłaściwych źródłach informacji (np. filmach fabularnych, serialach, grach komputerowych), które przedstawiają energetykę jądrową w sposób uproszczony lub przeinaczony, co może wpływać na odbiór technologii. Zidentyfikowani w trakcie badań zwolennicy budowy elektrowni jądrowej podkreślali głównie szansę na niezależność energetyczną i korzystny wpływ na środowisko naturalne, choć też nie bez znaczenia pozostawały dla nich kwestie bezpieczeństwa. Osoby neutralne wobec inwestycji wskazywały na deficyt wiedzy na temat technologii i aktywnie angażowały się w dyskusję opartą na racjonalnych argumentach. Przeciwnicy energetyki jądrowej byli mocno osadzeni w narracji emocjonalnej, powołując się na katastrofę w Czarnobylu oraz obawiając się zagrożeń związanych z promieniowaniem. Ponadto przytaczali oni wątpliwości dotyczące kosztów budowy elektrowni i społecznych skutków transformacji energetycznej. Znamienne dla mieszkańców średnich lub dużych aglomeracji, a więc takich jakie zazwyczaj są zlokalizowane w bliskiej odległości od dużych systemów wytwórczych energetyki węglowej, może być niechęć do budowy elektrowni jądrowej w bliskiej odległości od miejsc ich zamieszkania. Często dotyczy to będzie także zadeklarowanych zwolenników energetyki jądrowej. To zjawisko może stanowić istotny balast dla wypracowania korzystnego poparcia społecznego w ramach średnich i dużych aglomeracji miejskich.

Niezależnie od specyfiki miejsca przewidzianego pod inwestycję jądrową, ważne jest rozpoczęcie, z odpowiednim wyprzedzeniem wobec formalnej decyzji o inwestycji, procesu ciągłego komunikowania (opartego na dialogu). Organizacja spotkań wiarygodnych ekspertów z mieszkańcami, przy wsparciu lokalnych autorytetów, jest podstawą budowania zaufania wobec energetyki jądrowej. Organizacja platformy ekspercko-informacyjnej o energetyce jądrowej, z zapewnieniem źródła finansowania działalności, będzie elementem sprawnego osławiania mieszkańców przez budowę ich wiedzy. Wysoką transparentność w zakresie formułowania celów inwestycyjnych wykazywać powinien przede wszystkim inwestor, który powinien być w ciągłym kontakcie z lokalnymi liderami, którzy cieszą się wysoką rozpoznawalnością oraz zaufaniem społecznym. Właściwe merytoryczne przygotowanie lokalnych liderów, którzy będą w należyty sposób reprezentowali lokalną społeczność, będzie sprzyjało wypracowaniu trwałej, bo opartej na wiedzy, akceptowalności społecznej. Aktywnymi partnerami dialogu powinny być samorządy gminne oraz powiatowe. Ważne jest komunikowanie przez obie strony, tj. inwestora oraz społeczności, celów, warunków, potrzeb oraz oczekiwań. Celowe jest bazowanie w procesie edukacji na przypadkach regionów o podobnej specyfice, które podlegały niegdyś podobnej ścieżce transformacji społecznej, włączonej w oddziaływanie transformacji C2N. Takie studia przypadków można opracować w oparciu o doświadczenia identyfikowane we Francji. Korzystne będzie zawiązanie w tym zakresie współpracy międzyregionalnej, ukierunkowanej również na organizację wizyt studyjnych. Także wiedza na temat zagrożeń, jakie niesie transformacja regionów powęglowych, również wsparta prawdziwymi przykładami, może okazać się cenna. Wskazywanie wszelkich korzyści w zakresie podatków, rozwoju regionu, poziomu wynagrodzeń, najlepiej w sposób możliwie najbardziej precyzyjny, bez stosowania ogólników, będzie działało na korzyść budowy wysokiego poziomu akceptowalności. W komunikacji z lokalnymi społecznościami niewskazane jest pomijanie tematów postrzeganych jako trudne, takich jak zagadnienia dotyczące gospodarki odpadami promieniotwórczym. Transparentne podejście, towarzyszące od samego początku procesowi komunikacji, należy traktować jako mitygację ryzyka związanego z możliwością pojawienia się oporów społecznych na etapie zaawansowanej realizacji projektu inwestycyjnego. Społeczność powinna być włączana również w aktywności związane z monitorowaniem środowiska, a w tym w organizowane wizytacje obiektu na etapie budowy i eksploatacji. Ważnym aspektem jest również aktywizacja lokalnych firm w zakresie nabywania nie tylko kompetencji jądrowych, lecz także szerokiego zakresu usług i umiejętności wspierających cały łańcuch wartości, tak aby jak największa część prac mogła być realizowana przez lokalny biznes. Działające zazwyczaj w otoczeniu dużych obiektów energetycznych przedsiębiorstwa, sprofilowane na realizację potrzeb energetyki węglowej, posiadają często solidną bazę doświadczeń oraz infrastrukturę, która może w przyszłości wspierać realizację zleceń na rzecz obiektu jądrowego. Elementem szerokiej aktywizacji społeczeństwa będzie również uruchomienie lub przeprofilowanie szkół zawodowych oraz techników, które często działają w otoczeniu dużych systemów energetyki zawodowej oraz otoczeniu kopalni (dawniej jako szkoły przyzakładowe). Ważna okazać może się również współpraca z ośrodkami akademickimi. Organizacja studiów dziennych oraz podyplomowych, a także kursów ukierunkowanych na lokalne zwiększenie kompetencji w łańcuchu wartości inwestycji C2N, będzie właściwa ze względu na zwiększenie zaplecza pracowniczego, jak również budowania pozytywnego przekazu społecznego.

Plan działań na rzecz szerokiej adaptacji ścieżki C2N

Potrzeba dekarbonizacji gospodarki, z zachowaniem oczekiwanej jej konkurencyjności na arenie międzynarodowej, wymusza właściwą organizację krajowych aktywności, wraz z adaptacją różnorodnych narzędzi oraz mechanizmów wdrażania nowych technologii, a w szczególności technologii jądrowych. Ważne jest zaangażowanie w te aktywności wszystkich interesariuszy. Wyjątkowo szeroka grupa interesariuszy jest identyfikowana w przypadku ścieżki C2N, która stanowi rozwiązanie systemowe, umożliwiające przejście w obszarze energetyki zawodowej oraz przemysłowej z gospodarki węglowej na gospodarkę jądrową, co ważne z głębokim zaangażowaniem zastanej infrastruktury oraz kompetencji krajowych przedsiębiorstw oraz społeczności, często lokalnie skoncentrowanych w otoczeniu systemów wytwórczych energetyki węglowej. Dla nadania właściwego tempa w zakresie organizacji otoczenia dla inwestycji C2N ważne jest przede wszystkim zaangażowanie organów administracji rządowej oraz podmiotów właścicielskich elektrowni i elektrociepłowni węglowych, którymi w większości przypadków są spółki Skarbu Państwa. Szeroka adaptacja ścieżki C2N leży w interesie krajowych przedsiębiorstw, które przez lata wypracowywały kompetencje oraz budowały infrastrukturę potrzebną dla obsługi energetyki zawodowej. Z uwagi na przewidywany wzrost znaczenia w obszarze inwestycji jądrowych tzw. spółdzielczych modeli biznesowych (dyskusja o modelu dla Betchatowa, działalność spółki Industrikraft w Szwecji), podmiotami które powinny zainteresować się ścieżką C2N są także podmioty reprezentujące energochłonny przemysł, jak również samorządy, szczególnie działające na rzecz społeczności w regionach węglowych. Popularyzacja ścieżki, jako elementu zagospodarowywania ogromnych kompetencji stanowiących spuściznę po energetyce konwencjonalnej, powinna spoczywać na izbach gospodarczych oraz towarzystwach zrzeszających podmioty przemysłu maszynowego, przemysłu energochłonnego oraz spółki energetyczne i ciepłownicze (np. IEPiOE, IGEOŚ, PTEC, TGPE). Naturalnymi interesariuszami ścieżki C2N są deweloperzy oraz oferenci zorientowani na technologie wykorzystywane w obszarze energetyki jądrowej. Rozwój ścieżki C2N powinien leżeć w obrębie zainteresowania krajowych uczelni wyższych oraz instytutów badawczych. Tutaj też, tak jak i w szkołach o charakterze zawodowym, ważne jest organizowanie kształcenia, które wskazywane jest jako element nieodzowny dla stworzenia kadr dla krajowego sektora jądrowego. Ważne jest powoływanie i wspieranie inicjatyw skuteczniających aktywności edukacyjne, organizacyjne oraz popularyzacyjne, takich jak Platforma Transformacji Energetyki DEsire, stanowiąca efekt projektu DEsire, a zawiązana na mocy porozumienia trzech największych uczelni działających w regionach Śląska i Zagłębia, tj. Politechniki Śląskiej, Uniwersytetu Śląskiego oraz Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.

Opracowany plan działań powinien być wdrożony możliwie jak najszybciej, najkorzystniej do końca 2028 roku, tak aby efekty jego realizacji były widoczne już na etapie przygotowania oraz prowadzenia drugiej inwestycji jądrowej w Polsce, która zgodnie z projektem aktualizacji PPEJ powstać ma w lokalizacji właściwej dla dotychczas funkcjonującej elektrowni węglowej, a więc zgodnie z ideą C2N.

Podstawowe obszary aktywności w planie działań na rzecz szerokiej adaptacji ścieżki C2N:

Zaangażowanie spółek energetycznych w zakresie rozpoznania możliwości przeprowadzenia inwestycji jądrowych w obrębie swoich aktywów wytwórczych. Z tego powodu, iż ścieżka C2N może być elementem realizacji sprawiedliwej transformacji (w tym zapobiegania niepokojom społecznym), spółki energetyczne powinny być motywowane do działań przez Polski Rząd. Prace mogą być realizowane etapowo, zgodnie ze schematem: (i) wstępne rozpoznanie możliwości objęcia inwestycjami C2N źródeł wytwórczych; (ii) przeprowadzenie studiów wykonalności dla inwestycji typu C2N w tych lokalizacjach, które posiadają najkorzystniejsze warunki; (iii) opracowanie strategii zarządzania majątkiem fizycznym oraz intelektualnym, ukierunkowane na możliwie najszersze wykorzystanie w ramach inwestycji typu C2N. Proponuje się wypracowanie standardów wstępnej oceny lokalizacji, zgodnie z opracowaną koncepcją *Nuclear Ready* [22]. Taka standaryzacja pozwoli na ograniczenie kosztów prowadzenia ewaluacji, co finalnie przełoży się na zwiększenie liczby poddawanych ocenie lokalizacji.

Włączanie założeń ścieżki C2N do programów, planów, strategii oraz polityk kreowanych przez krajowe ministerstwa. Ważne są aktywne działania międzyresortowe mające na celu wypracowanie synergii dla efektywnego wykorzystywania infrastruktury oraz kompetencji identyfikowanych w różnych sektorach na rzecz wspierania transformacji zgodnie ze ścieżką C2N. Rekomenduje się wykorzystywanie w tym zakresie dobrych praktyk identyfikowanych w innych państwach oraz instytucjach, które są zaangażowane we wdrożenie koncepcji C2N (US DOE, MAEA, EPRI).

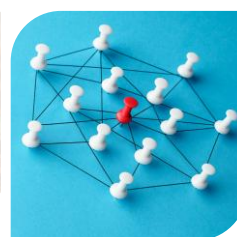
Identyfikacja barier prawnych w zakresie procedowania etapów aktywności ukierunkowanych na przeprowadzenie ścieżki C2N – od pojawienia się intencji, aż do rozpoczęcia eksploatacji elektrowni jądrowej. Na rządzie oraz organach administracji państwowej spocząć powinien obowiązek wprowadzania zmian oraz tworzenia adekwatnych ram prawnych dla ogólnogospodarczej implementacji idei C2N. Dla identyfikacji oraz zaproponowania rozwiązań eliminujących bariery ważne jest powołanie w strukturach administracyjnych państwa, w tym w PAA, właściwych zespołów eksperckich. Ważna jest likwidacja barier wejścia dla SMRów, których udział w rynku, jeżeli tylko uwiarygodnią się ekonomicznie, może istotnie zwiększyć zakres penetracji idei C2N.

Zabezpieczenie środków finansowych na prowadzenie ww. aktywności, a w tym lobbowanie na poziomie Komisji Europejskiej na rzecz powoływania mechanizmów finansowania aktywności ukierunkowanych na realizację działań na ścieżce C2N, zarówno na etapie przygotowania, jak i realizacji inwestycji. Podjęte powinny zostać próby włączenia możliwości finansowania niektórych aktywności występujących na ścieżce C2N w oparciu o aktywne mechanizmy, jak na przykład Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji.

Organizacja współpracy pomiędzy różnymi ośrodkami interesariuszy ścieżki C2N, a w tym spółkami energetycznymi, inwestorami, deweloperami technologii jądrowych, przemysłem maszynowym oraz przemysłem energochłonnym, samorządami, ośrodkami kształcenia, na rzecz wywierania wpływu na rząd oraz organy administracji państwowej ukierunkowanego na realizację powyższych aktywności. Bardzo ważnymi interesariuszami inwestycji C2N są społeczności regionów, w ramach których mają być realizowane inwestycje jądrowe.



**Are you...
Nuclear Ready?**



Podsumowanie

Plan dekarbonizacji krajowej energetyki zawodowej poprzez modernizację z wykorzystaniem reaktorów jądrowych przedstawia kompleksową ścieżkę transformacji polskiej energetyki z modelu węglowego do modelu nisko- i zeroemisyjnego, istotnie opartego na źródłach jądrowych, w sposób gwarantujący bezpieczeństwo energetyczne, stabilność gospodarczą regionów i akceptację społeczną. Realizacja tego planu pozwoli wypełnić luki identyfikowane w PEP2040 i PPEJ, stanowiąc konkretną odpowiedź na sformułowane tam wyzwania: zastąpienie starzejących się bloków węglowych nowymi mocami wytwórczymi, przy wykorzystaniu istniejącej infrastruktury wytwórczej oraz zagospodarowaniu szerokich kompetencji identyfikowanych w gospodarce.

Jednym z najważniejszych atutów *Planu* jest jego komplementarność względem polityki społeczno-gospodarczej, która na obecnym etapie transformacji stać powinna na straży zachowania wysokiego znaczenia scentralizowanych systemów wytwórczych. Tempo liberalizacji rynku energii, tak jak i jego transformacji w kierunku rozpraszania z zastosowaniem pogodowo-zależnych źródeł, powinno być dostosowane do tempa dojrzewania rynku technologii, a w szczególności technologii magazynowania energii.

Rekomendowany w *Planie* kierunek transformacji opiera się na maksymalnym wykorzystaniu istniejących aktywów energetycznych. Lokowanie nowych bloków jądrowych tam, gdzie dziś pracują elektrownie i elektrociepłownie węglowe, przyniesie liczne korzyści. W szczególności pozwoli uniknąć kosztownej rozbudowy sieci przesyłowej, co skutkować będzie oszczędnością czasu i środków finansowych. Realizacja *Planu* pozwoli na podtrzymanie tradycji przemysłowych w regionach ekonomicznie uzależnionych od energetyki zawodowej, a przez to zapobiegać będzie załamaniu lokalnych rynków pracy i degradacji lokalnych gospodarek. Inwestycje C2N wpisują się w ideę sprawiedliwej transformacji, bowiem dają nowe życie regionom od dziesięcioleci zależnym od węgla, oferując ciągłość zatrudnienia oraz zachowanie wpływów podatkowych dla samorządów. Dużą szansą jest przy tym możliwość wykorzystania kompetencji tysięcy polskich pracowników sektora energetycznego w sektorze jądrowym, w ramach którego globalnie identyfikuje się wysokie zapotrzebowanie na specjalistów. Ścieżka C2N godzi zatem cele klimatyczne z ochroną miejsc pracy i potencjału przemysłowego regionów węglowych. Co istotne, transformacja od węgla do atomu nie oznacza rezygnacji z innych technologii. Przedstawiony *Plan* podkreśla potrzebę dążenia ku dywersyfikacji źródeł wytwórczych: elektrowni jądrowych, OZE, magazynów energii oraz w okresie przejściowym źródeł zasilanych gazem ziemnym.

Plan rekomenduje działania minimalizujące bezczynność w wielu ośrodkach odpowiedzialnych za realizację celów częściowych. Należy maksymalnie przyspieszyć prace przygotowawcze poprzedzające wybór lokalizacji pod drugą, a także najkorzystniej w dłuższej perspektywie czasu, pod kolejne inwestycje jądrowe. Każdy rok zwłoki to zwiększone ryzyko deficytu mocy w nadchodzącej dekadzie, zważywszy na falę zapowiadanych wycofań wystużonych bloków węglowych. Transformacja C2N jest technicznie wykonalna i pożądana, lecz wymaga dostosowania

otoczenia regulacyjnego, finansowego i społecznego tak, by projekty mogły przebiegać sprawnie, terminowo i zgodnie z założeniami.

Mając powyższe ustalenia na uwadze, *Plan* formułuje strategiczne i operacyjne rekomendacje dla głównych interesariuszy transformacji. Ich realizacja ma zapewnić powodzenie ścieżki C2N w perspektywie najbliższych dekad.

Na władzach rządowych spoczywa odpowiedzialność za wytyczenie stabilnego kursu transformacji. Należy włączyć założenia ścieżki C2N do kluczowych dokumentów strategicznych państwa, tak, aby zaktualizować PPEJ oraz PEP o konkretne plany inwestycji jądrowych na terenach właściwych dla obecnie funkcjonujących systemów energetyki węglowej. Rekomenduje się zatem, by już w kolejnej edycji PPEJ rozszerzona została lista potencjalnych lokalizacji dla energetyki jądrowej o obszary przewidziane pod transformację C2N, także te, które wydają się atrakcyjne dla zastosowania SMRów. Konieczna jest ścisła współpraca międzyresortowa – rząd powinien powołać dedykowane zespoły robocze łączące kompetencje różnych ministerstw (klimat, gospodarka, edukacja, finanse) w celu skoordynowania działań na rzecz efektywnego wykorzystania istniejącej infrastruktury, krajowych specjalizacji i kadr. Współpraca ta powinna czerpać z najlepszych praktyk międzynarodowych, we współdziałaniu z podmiotami takimi jak MAEA czy departamenty (ministerstwa) energii innych krajów, które aktywnie wspierają koncepcję C2N. Rząd musi też zidentyfikować i usunąć bariery prawne utrudniające realizację inwestycji typu C2N. Konieczne są zmiany legislacyjne upraszczające i przyspieszające procedury – od decyzji lokalizacyjnych i środowiskowych, przez proces licencjonowania technologii, po uzyskanie pozwoleń na budowę i eksploatację. W tym celu rekomenduje się ustanowienie specjalnych zespołów eksperckich przy organach dozoru (PAA, UDT), których zadaniem będzie wypracowanie usprawnień proceduralnych i harmonizacja wymogów z regulatorami doświadczonych państw jądrowych. Rząd powinien zapewnić stabilne i przewidywalne ramy finansowe dla przygotowania i realizacji projektów, w tym odpowiednie mechanizmy wsparcia oraz dostęp do instrumentów finansowania umożliwiających ich długoterminową realizację. Niezbędne jest stworzenie systemu wsparcia dla kolejnych inwestycji jądrowych, a w tym rozszerzenie listy potencjalnych dla zastosowania modeli biznesowych – również spółdzielczych form finansowania. Wymaga to odpowiednio wczesnych uzgodnień z Komisją Europejską, tak aby notyfikacja pomocy publicznej nastąpiła przed kluczowymi decyzjami inwestycyjnymi. Ponadto Polska powinna aktywnie zabiegać na forum UE o dedykowane instrumenty finansowe wspierające transformację C2N. Istnieje możliwość wykorzystania m.in. środków z Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji czy programów innowacyjnych, aby dofinansować krytyczne etapy (studia lokalizacyjne, badania, szkolenia kadr). Kluczowym postulatem jest zapewnienie przewidywalności regulacyjnej i politycznej całego procesu. Długofalowe, stabilne ramy prawne i decyzje administracyjne (wykraczające poza kadencje polityczne) są konieczne, by zyskać zaufanie inwestorów. Rząd musi zagwarantować, że cele polityki energetycznej, a w tym rozwój atomu, pozostaną niezmiennie i odporne na doraźne wahania, tak aby projekty, których horyzont realizacji sięga 20 lat, nie były narażone na niepewność czy zmiany kursu. Rząd powinien wyznaczyć czytelny harmonogram działań i konsekwentnie go realizować.

Nie mniej istotny obszar to polityka komunikacyjna i społeczna państwa. Pomimo wysokiego poparcia dla energetyki jądrowej w społeczeństwie jako całości, konieczne jest wczesne i transparentne komunikowanie planów inwestycji w poszczególnych regionach. Rząd wraz z właściwymi organami powinien zainicjować zakrojone na szeroką skalę kampanie informacyjne i dialog z lokalnymi społecznościami, szczególnie tam, gdzie istnieje wysoki potencjał dla realizacji projektów C2N. Należy przekazywać rzetelne informacje o potencjalnych zagrożeniach i korzyściach płynących z energetyki jądrowej, rozwiewać obawy i prostować mity. Społeczności dobrze poinformowane, edukowane w oparciu o fakty naukowe, są znacznie bardziej odporne na dezinformację i skłonne poprzeć inwestycje widząc w nich szansę, a nie zagrożenie.

Ważne jest przygotowanie potencjalnych inwestorów dla realizacji inwestycji typu C2N. W tej grupie ważne są spółki energetyczne będące właścicielami elektrowni węglowych oraz operator systemu przesyłowego (PSE S.A.). Inwestorzy już teraz powinni podejmować działania przygotowawcze, wyprzedzające formalne decyzje. *Plan* rekomenduje opracowanie i wdrożenie standardów wstępnej oceny lokalizacji typu „Nuclear Ready”. Standaryzacja kryteriów (uwarunkowań technicznych, środowiskowych, społecznych) pozwoli sprawnie wytypować najbardziej obiecujące lokalizacje i skoncentrować na nich wysiłki inwestycyjne. Spółki energetyczne posiadające aktywa węglowe powinny potraktować te lokalizacje jako naturalne miejsca pod nowe inwestycje jądrowe. Już na etapie przygotowania do wycofania bloków węglowych należy zabezpieczyć teren, archiwizować dokumentację techniczną infrastruktury oraz rozpocząć niezbędne badania (np. pomiary hydrologiczne i geologiczne) pod kątem przyszłej budowy obiektu jądrowego. Szybkość działania jest tutaj istotna, wobec czego inwestorzy powinni rozważyć prowadzenie części prac przygotowawczych równoległe do procedur administracyjnych, nawet jeśli wiąże się to z pewnym ryzykiem. Nieodłączna będzie ścisła współpraca z operatorem systemu przesyłowego już od najwcześniejszego etapu projektów. PSE powinien zostać partnerem strategicznym przy planowaniu nowych bloków. Po stronie operatora leży ocena stanu istniejących stacji i linii wysokiego napięcia, zaplanowanie ich modernizacji lub rozbudowy oraz zsynchronizowanie tych inwestycji z harmonogramem budowy bloków jądrowych. *Plan* zaleca, aby PSE uwzględnił projekty C2N w *Planie rozwoju sieci przesyłowej* i aktywnie wspierał inwestorów swoją wiedzą ekspercką.

Inwestorzy muszą również sprostać wyzwaniom kadrowym i społecznym transformacji. Utrzymanie doświadczonej kadry z elektrowni węglowych i płynne jej przejście do pracy w nowych elektrowniach jądrowych to cel kluczowy z punktu widzenia zarówno społecznej akceptacji, jak i sprawnego funkcjonowania obiektów. Rekomenduje się, by każdy inwestor realizujący projekt C2N przygotował we współpracy z operatorem istniejącej elektrowni szczegółowy plan zarządzania kompetencjami. Na około 5 lat przed planowanym zamknięciem bloków węglowych należy przeprowadzić audyt kwalifikacji i struktury zatrudnienia załogi. Inwestor wraz z lokalnymi władzami i instytucjami edukacyjnymi powinni zapewnić dedykowane programy szkoleń, kursów i praktyk, tak, aby jak największa część załogi mogła zdobyć wymagane kompetencje oraz uprawnienia jądrowe we właściwym czasie. Warto już na wstępie zadbać o motywację kluczowych specjalistów. Niezbędne jest także kształcenie nowych kadr, wobec czego inwestorzy powinni współpracować z uczelniami technicznymi i szkołami zawodowymi, zamawiając kierunki i kursy związane z energetyką jądrową.

Regiony, w których zlokalizowane są duże elektrownie węglowe, stoją przed widmem głębokich przemian społeczno-gospodarczych. Samorządy lokalne powinny aktywnie włączyć się w proces planowania i wdrażania ścieżki C2N, stając się partnerami dla rządu i inwestorów. Przede wszystkim władze samorządowe (wojewódzkie, powiatowe i gminne) powinny zabiegać o ulokowanie nowych inwestycji jądrowych na swoim terenie, traktując je jako szansę na długoterminowy rozwój. Przykład regionu Betchatowa pokazuje, że zdecydowane działania lokalnych liderów mogą mobilizować społeczność do wysokiego poziomu uwagi wobec inwestycji, co też realnie wpływać może na decyzje centralne, po obligatoryjnym pozytywnym zweryfikowaniu kryteriów oceny bezpieczeństwa jądrowego. Samorządy, znając najlepiej lokalne uwarunkowania, mogą również pomóc w optymalnym przygotowaniu zaplecza pod inwestycję, np. poprzez uwzględnienie planów budowy EJ w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, rezerwację gruntów pod przyszłe inwestycje towarzyszące (baza wykonawstwa, drogi dojazdowe, osiedla pracownicze, wodociągi, oczyszczalnie). Władze regionalne powinny ponadto zabiegać o fundusze pomocowe, zarówno krajowe (np. fundusze NCBR, PARP), jak i unijne (Fundusz Sprawiedliwej Transformacji, Fundusz Modernizacyjny), w celu sfinansowania przekwalifikowania pracowników, budowy centrów informacyjnych, czy też ośrodków edukacji technicznej.

Najważniejszym zadaniem na poziomie lokalnym jest budowa zaufania dla transformacji. Społeczności lokalne, a więc mieszkańcy miast i gmin, powinni od początku czuć się uczestnikami procesu, a nie jego biernymi obserwatorami. Osiągnąć to można poprzez dialog oparty na szacunku i rzetelnej informacji. Rekomenduje się powołanie lokalnych rad konsultacyjnych przy największych planowanych projektach (z udziałem przedstawicieli mieszkańców, samorządu, inwestora i administracji rządowej), które będą stanowiły forum dyskusji o wszystkich aspektach inwestycji. Kampanie informacyjne powinny być prowadzone nie tylko ogólnie przez rząd, ale i lokalnie.

Realizacja założeń niniejszego *Planu* wymaga skoordynowanego wysiłku wielu stron. Ścieżka C2N jest wyzwaniem systemowym, gdzie cele środowiskowe łączą się z celami społecznymi oraz gospodarczymi, z nadrzędną potrzebą zachowania wysokiego poziomu bezpieczeństwa jądrowego. **Zaufanie do nauki i technologii powinno stać się podstawą narracji o transformacji.** Społeczeństwo oczekuje, że decyzje będą oparte na dowodach, analizach eksperckich i najlepszych światowych praktykach. Energetyka jądrowa jest dziedziną zaawansowaną, ale opanowaną – doświadczenia ponad 30 krajów, w tym naszych sąsiadów, pokazują, że reaktory jądrowe mogą bezpiecznie służyć przez dziesięciolecia, dostarczając czystą energię. Polska, dysponując zapleczem eksperckim, wykwalifikowaną kadrą inżynierską oraz rosnącym poparciem społecznym dla energetyki jądrowej, może, a nawet powinna stać się liderem tej przemiany w naszej części Europy. Ścieżka C2N daje unikalną szansę na pogodzenie rozwoju z ekologią, bowiem wyzwala innowacje, tworzy miejsca pracy, modernizuje infrastrukturę i chroni klimat. Realizując konsekwentnie niniejszy *Plan*, Polska nie tylko wypełni swoje zobowiązania klimatyczne, ale zapewni obywatelom nowoczesny, bezpieczny system energetyczny, oparty na własnych stabilnych źródłach. Rekomenduje się zatem wszystkim zainteresowanym stronom wspólne działania. Decydujące znaczenie będzie miała tutaj współpraca rządu, sektora energetycznego, świata nauki, samorządów i społeczności.

Źródła

- [1] Hansen J., et al.(2022) *Investigating Benefits and Challenges of Converting Retiring Coal Plants into Nuclear Plants. Nuclear Fuel Cycle and Supply Chain*. U.S. Department of Energy Report 2022, INL/RPT-22 -67964
- [2] *Program Polskiej Energetyki Jądrowej*. Ministerstwo Energii, projekt aktualizacji, Jun. 2025.
- [3] *Small modular reactors: advances in SMR developments 2024*. International Atomic Energy Agency, 2024, IAEA/PAT/013. <https://doi.org/10.61092/iaea.3o4h-svum>
- [4] Rusin A., et al., *Safe Path for the Transformation of the Polish Energy System Leading to Its Decarbonization and Reliable Operation*. *Energies*, 2025;18(7):1856. <https://doi.org/10.3390/en18071856>
- [5] Griffith G., *Transitioning Coal Power Plants to Nuclear Power*. Idaho National Lab.(INL): Idaho Falls, ID, INL/EXT-21-65372-Rev000, 1843924, USA, Dec. 2021
- [6] Qvist S., et al., *Retrofit Decarbonization of Coal Power Plants - A Case Study for Poland*. *Energies* 2021;14:120. <https://doi.org/10.3390/en14010120>
- [7] Bartela Ł., et al., *Techno-economic Assessment of Coal-fired Power Unit Decarbonization Retrofit with KP-FHR Small Modular Reactors*. *Energies* 2021;14(9):2557. <https://doi.org/10.3390/en14092557>
- [8] Bartela Ł., et al., *Repowering a Coal Power Unit with Small Modular Reactors and Thermal Energy Storage*. *Energies* 2021;15(16):5830. <https://doi.org/10.3390/en15165830>
- [9] Xu S., et al., *Repowering Coal Power in China by Nuclear Energy —Implementation Strategy and Potential*. *Energies* 2022;15(3):1072. <https://doi.org/10.3390/en15031072>
- [10] Song X., et al., *The Choice of Technical Route to Replace Coal-fired Units with Nuclear Power Units*. *Southern Energy Construction* 2025;12(4):93-99. <https://doi.org/10.16516/j.ceec.2024-185>
- [11] <https://www.pnnl.gov/projects/coal-reinvestment/resources> (30.09.2025)
- [12] Jones K., *Coal to Nuclear Repowering: Considerations for State Energy Offices and Public Utility Commissions*. National Association of State Energy Officials Report. Apr. 2024. https://www.naseo.org/data/sites/1/documents/publications/Coal%20to%20Nuclear%20Repowering_interactive.pdf (30.09.2025)
- [13] <https://www.repower.world/repowering-explained> (30.09.2025)
- [14] Chmielewska-Śmietanko D., et al., *Selected Legal and Safety Aspects of the “Coal-to-Nuclear” Strategy in Poland*. *Energies* 2024;17(5): 1128. <https://doi.org/10.3390/en17051128>
- [15] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu jądrowego, przypadków wykluczających możliwość uznania terenu za spełniający wymogi lokalizacji obiektu jądrowego oraz w sprawie wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego dla obiektu jądrowego. Warszawa, dnia 17 września 2012 r. Dz.U.2012.1025
- [16] Bartela Ł., et al., *Assessment of Sites for Coal-to-Nuclear Transition in Poland*. *Journal of Cleaner Production* 2025;521:146256. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146256>
- [17] <https://repowerscore.org/> (30.09.2025)
- [18] *Wstępne studium wykonalności inwestycji jądrowej w El. Kozienice*. Energoprojekt-Katowice, 2025.
- [19] *Wstępne studium wykonalności inwestycji jądrowej w El. Dolna Odra*. Energoprojekt-Katowice, 2025.

- [20] *Wstępne studium wykonalności inwestycji jądrowej w El. Opole*. Energoprojekt-Katowice, 2025.
- [21] Ochmann J., et al., *Potential for Repowering Inland Coal-Fired Power Plants Using Nuclear Reactors According to the Coal-to-Nuclear Concept*. *Energies* 2024;17(14):3545. <https://doi.org/10.3390/en17143545>
- [22] Haneklaus N., et al., *Why Coal-Fired Power Plants Should Get Nuclear-Ready*. *Energy* 2023;280:128169. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128169>
- [23] *Coal to Nuclear Supporting a Clean Energy Transition*. International Atomic Energy Agency, 2025, IAEA/PAT/013. <https://doi.org/10.61092/iaea.spu2-yaz1>
- [24] *Plan rozwoju zasobów ludzkich na potrzeby energetyki jądrowej*. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Dec. 2023. <https://www.gov.pl/attachment/f2a353f2-733f-4c70-a52b-54a43dfc4f72>
- [25] *Coal-to-Nuclear dla Polski. Diagnoza dla Polski*. Instytut Sobieskiego, 2025. Raport. https://projekt Desire.pl/wp-content/uploads/2025/07/RAPORT_DIAGNOZA_SPOLECZNA_E_BOOK.pdf
- [26] <https://www.gov.pl/web/polski-atom/925-proc-polakow-za-budowa-elektrowni-jadrowych-w-polsce> (30.09.2025)



Rzeczpospolita
Polska



Niniejszy dokument stanowi efekt projektu pt. *Plan dekarbonizacji krajowej energetyki zawodowej na drodze modernizacji z wykorzystaniem reaktorów jądrowych*, współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych *Spółeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków* GOSPOSTRATEG/umowa nr GOSPOSTRATEG-VI/0032/2021-00

