

# Procedura wyboru lokalizacji dla elektrowni jądrowej w świetle przepisów amerykańskiej komisji dozoru jądrowego U.S. NRC

Siting procedure for a nuclear power plant according to the regulations of the U.S. Nuclear Regulatory Commission

PAWEŁ MIREK

DOI 10.36119/15.2025.3.1

W artykule przedstawiono procedurę wyboru lokalizacji dla elektrowni jądrowej rekomendowaną przez Amerykańską Komisję Dozoru Jądrowego (U.S. NRC). Omówiono praktyczny sposób jej implementacji stosując pięciopiętrowe podejście oraz trójstopniową strukturę kryteriów lokalizacyjnych. Przeprowadzono dyskusję stosowanych czynników oceny analizowanych lokalizacji oraz sposób postępowania przy wyznaczaniu obszaru zainteresowania przy znanej i nieznannej technologii jądrowej. Z uwagi na neutralność technologiczną i regulacyjną omawianej procedury jej założenia mogą okazać się pomocne podczas prowadzenia nowego lub weryfikacji istniejącego procesu lokalizacyjnego dla obiektu energetyki jądrowej, którego budowa planowana jest w zupełnie nowym miejscu.

*Słowa kluczowe: elektrownia jądrowa, procedura lokalizacyjna, raport lokalizacyjny*

The paper presents the site selection procedure for a nuclear power plant recommended by the U.S. Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC). The practical manner of its implementation is discussed, using a five-step approach and a three-level structure of siting criteria. A discussion of the factors used to assess the locations under consideration and how to proceed in determining the area of interest with known and unknown nuclear technology is provided. Given the technological and regulatory neutrality of the procedure discussed, its assumptions may prove helpful when conducting a new or revising an existing siting process for a nuclear power facility that is planned for a completely new site.

*Keywords: nuclear power plant, siting procedure, site evaluation report*

## Wprowadzenie

Realizacja energetycznego programu jądrowego stanowi dla każdego inwestora ogromne wyzwanie i narzuca konieczność spełnienia szeregu wymagań zdefiniowanych w obszarach: społeczno-ekonomicznym, inżynierskim, zdrowia, bezpieczeństwa, ochrony, a także środowiskowym [1, 2]. Bez względu na to, czy w danym kraju program jądrowy realizowany jest po raz pierwszy czy nie, nieodłączną jego częścią jest konieczność przeprowadzenia procedury lokalizacyjnej. Do działań poprzedzających uruchomienie tej procedury zalicza się przede wszystkim zdefiniowanie celu biznesowego oraz uzyskanie akceptacji społecznej całego przedsięwzięcia. Natomiast do działań umożliwiających jej przeprowadzenie – spełnienie wszystkich wymagań prawnych dotyczących budowy oraz bezpiecznej eksploatacji elektrowni jądrowej (EJ). Ich celem jest wybór tar-

kiego miejsca, które umożliwiłoby w całym okresie życia elektrowni jej minimalny wpływ na środowisko i odwrotnie [3].

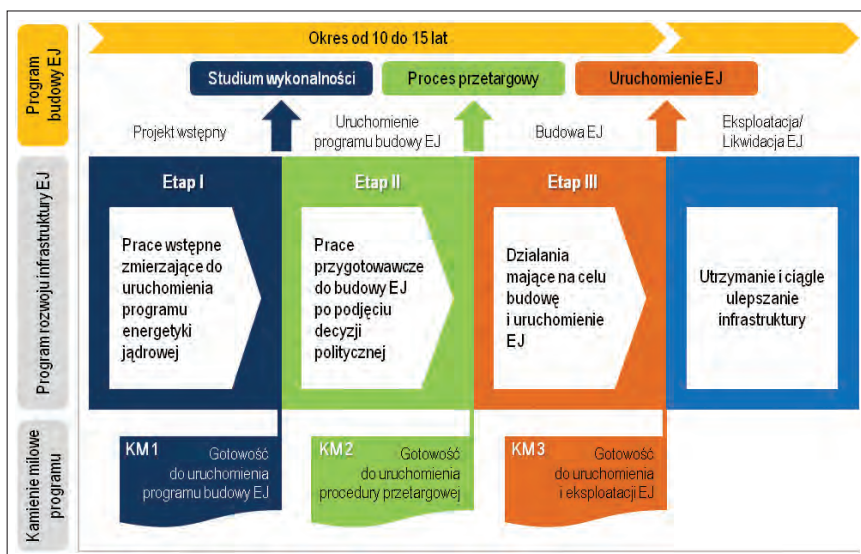
Zgodnie z rekomendacjami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) w programie jądrowym, który realizowany jest w danym kraju po raz pierwszy występować powinny trzy zasadnicze etapy (rys. 1), w tym [4]:

- Etap I – obejmujący rozważania wstępne dotyczące prac niezbędnych do podjęcia świadomej decyzji w zakresie uruchomienia programu energetyki jądrowej.
- Etap II – który po podjęciu decyzji politycznej obejmuje prace związane z przygotowaniem do budowy elektrowni jądrowej (EJ).
- Etap III – obejmujący działania zmierzające do uruchomienia EJ, począwszy od budowy a skończywszy na rozruchu i następnie eksploatacji energetycznego bloku jądrowego.

Każdy z wymienionych wyżej etapów kończy określony kamień milowy, przy czym:

- Etap I projektu kończy gotowość do podjęcia świadomego przedsięwzięcia w zakresie uruchomienia programu budowy EJ,
- Etap II – uruchomienie procedury ofertowej w zakresie dostawy urządzeń dla określonej technologii jądrowej,
- Etap III – ostateczne uruchomienie EJ gotowej do ciągłej eksploatacji.

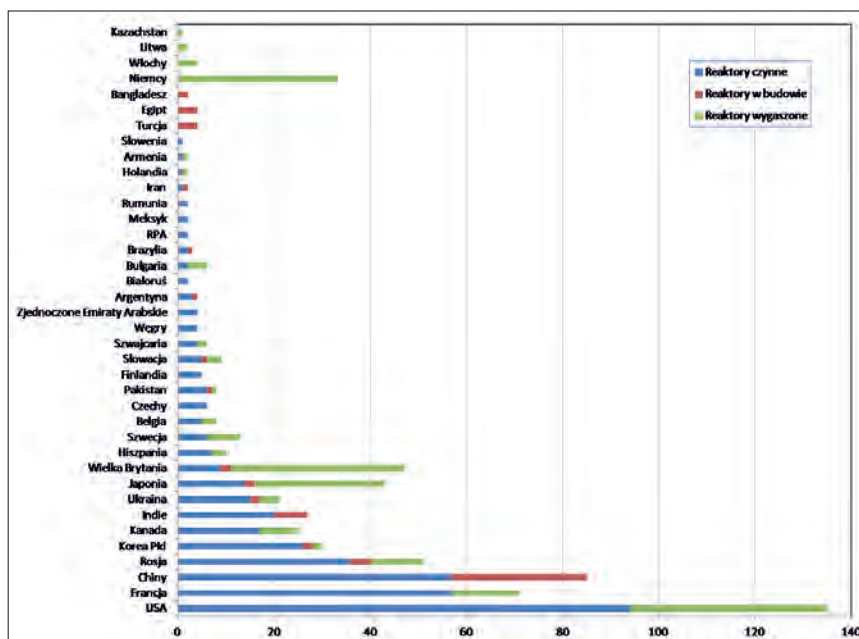
Czynności zmierzające do wyboru lokalizacji EJ powinny rozpocząć się we wczesnej fazie Etapu I, gdzie ustalany jest obszar lub obszary potencjalnego zainteresowania. Analiza przesiewowa wybranych lokalizacji oraz ustalenie listy rankingowej są czynnościami dokonywanymi na początku Etapu II. Wtedy też po wyborze technologii jądrowej ustala się zakres czynności szczegółowych związanych z oceną wybranej lokalizacji,



Rys. 1  
Schemat programu rozwoju infrastruktury EJ zgodnie z rekomendacjami MAEA

które jednocześnie stanowią przedmiot zasadniczych prac Etapu II.

Niezależnie od tego, gdzie realizowany jest energetyczny projekt jądrowy, każdy potencjalny operator musi uzyskać zgodę właściwego organu regulacyjnego na lokalizację, budowę oraz eksploatację elektrowni oraz akceptację społeczną wynikającą z energetycznych potrzeb własnych kraju, ekonomicznej opłacalności inwestycji oraz uwarunkowań środowiskowych. W Polsce, zakres kryteriów lokalizacyjnych oraz wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego określa Rada Ministrów na mocy Rozporządzenia [5], co wynika z art. 35b, pkt 4 Ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe [6]. Przepisy wykonawcze zawarte w dokumencie [5] wraz z rekomendacjami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej stanowiły podstawę do określenia szczegółowego zakresu oceny terenów przeznaczonych pod lokalizację pierwszej polskiej elektrowni jądrowej oraz ostatecznego wyboru miejsca inwestycji w gminie Choczewo. W Stanach Zjednoczonych Ameryki organem regulacyjnym w zakresie obiektów energetyki jądrowej jest Amerykańska Komisja Dozoru Jądrowego (U.S. Nuclear Regulatory Commission – U.S. NRC), a proces wyboru lokalizacji pod EJ podlega ustawie regulującej politykę ekologiczną państwa (National Environmental Policy Act – NEPA). Pełna analiza określona przepisami NEPA przeprowadzana jest przez organ dozoru jądrowego zgodnie z kodeksem przepisów federalnych (Code of Federal Regulations – CFR) 10 CFR Part 51 [7], przepisami zawartymi w dokumencie NRC Regulatory Guide 4.2, Revision 3, Preparation of Environmental Reports for Nuclear Power Stations (U.S. NRC, 2018) [8] oraz wytycznymi zawartymi w rozdziale 9.3 dokumentu NUREG-1555, zatytułowanego



Rys. 2  
Liczba czynnych, budowanych oraz wygaszonych reaktorów jądrowych w wybranych krajach na świecie. Opracowano na podstawie danych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [10]

„Standard Review Plans for Environmental Reviews for Nuclear Power Plants” [9]. Z uwagi na to, że przepisy dotyczące licencjonowania obiektów energetyki jądrowej stanowią pochodną doświadczeń z budowy, eksploatacji oraz likwidacji tych obiektów można stwierdzić, że Amerykańska Komisja Dozoru Jądrowego wypracowała najpełniejszy zakres regulacji prawnych w tym zakresie. Wynika to m. in. z:

- użytkowania największej na świecie liczby energetycznych reaktorów jądrowych (135, z czego 94 jest nadal eksploatowanych) o łącznej mocy blisko 117 GWe (96,95 GWe – w eksploatacji) (rys. 2) [10],
- budowaniu EJ w odmiennych pod względem geograficznym lokalizacjach,

- nieprzerwanej od roku 1957 eksploatacji energetycznych reaktorów jądrowych,
- doświadczeń licencjonowania obiektów jądrowych budowanych przez amerykańskich dostawców na całym świecie.

Istotną częścią procesu licencjonowania obiektów energetyki jądrowej jest procedura lokalizacyjna, która w kształcie zaproponowanym przez U.S. NRC jest neutralna pod względem regulacyjnym. Dzięki temu może być zastosowana w każdym kraju w przypadku prawie wszystkich działań związanych z oceną miejsca lokalizacji EJ niezależnie od obowiązujących tam przepisów wykonawczych. Co więcej, zgodnie z przyjętymi założeniami opracowany proces lokalizacyjny jest niezależny od zastosowanej technologii jądrowej, co pozwala na zastosowanie go do reaktorów generacji min. III/III+ z uwzględnieniem reaktorów innych, niż lek-

kowodne oraz lekkowodnych reaktorów SMR, jak również mikroreaktorów [11].

Celem artykułu jest przedstawienie idei procedury lokalizacyjnej rekomendowanej przez Amerykańską Komisję Dozoru Jądrowego oraz sposobu jej implementacji z wykorzystaniem trójstopniowej struktury czynników lokalizacyjnych.

## Procedura wyboru lokalizacji elektrowni jądrowej

### Wielkość i sposób wyboru terenu pod elektrownię jądrową

W procedurze lokalizacyjnej EJ jedną z pierwszych kwestii, która powinna być rozstrzygnięta, jest wielkość terenu niezbędego pod budowę obiektu. Problem ten jest

nieistotny w przypadku, gdy na wczesnym etapie projektu znana jest już technologia jądrowa oraz typ reaktora. W przeważającej większości wypadków informacje te nie są jednak znane, co narzuca konieczność szacunkowego określenia wielkości obszaru zajmowanego przez elektrownię. Do tego celu można wykorzystać dane zawarte w tabeli 1 uzależniające powierzchnię zajmowanego terenu od mocy reaktora jądrowego [11].

**Wielkość reaktora** z tabeli 1 odnosi się do pojedynczej jednostki. W przypadku, gdy planowana inwestycja zakłada budowę wielu reaktorów, wielkość zajmowanego obszaru nie musi być wielokrotnością powierzchni przypisanej do jednego obiektu. Z tego względu, dla poprawnego wyznaczenia obwiedni terenu zajmowanego przez obiekt jądrowy rekomenduje się konsultację z potencjalnymi dostawcami urządzeń lub w przypadku braku takiej możliwości zwielokrotnienie wartości przypisanych do pojedynczego reaktora.

**Tabela 1 Wielkość obszaru zajmowanego przez EJ w zależności od mocy reaktora jądrowego [11]**

Wielkość reaktora	Moc termiczna MW <sub>t</sub>	Moc elektryczna MW <sub>e</sub>	Typowa wielkość zajmowanego obszaru		
			Obszar zajmowany przez obiekt	Obszar całkowity	Obszar dodatkowy
			ha	ha	ha
Mikro	≤ 150	≤ 50	0,04 do 1,6	0,4 do 3,2	0,8 do 4
Mały (SMR)	150 ≥ 900	50 ≥ 300	10 do 80	20 do 200	20 do 40
Średni	900 ≥ 1800	300 ≥ 600	25 do 100	100 do 325	30 do 80
Duży	> 1800	> 600	40 do 160	200 do 800	40 do 200

**Obszar zajmowany przez obiekt** obejmuje wszystkie powierzchnie niezbędne do bieżącej obsługi EJ, w tym między innymi tereny zajmowane przez: blok energetyczny, budynki pomocnicze i magazyny, biura, parking, składowisko odpadów, wieże chłodnicze oraz obszar chroniony. Zgodnie z dokumentem [12], wielkość powierzchni pod EJ nie powinna być większa, niż 40,5 ha, przy czym naruszenie gruntu w sposób stały i tymczasowy nie powinno dotyczyć powierzchni większej, niż odpowiednio 12 i 8,1 ha.

**Obszar całkowity** obejmuje powierzchnię zajmowaną przez obiekt oraz każdy dodatkowy obszar zadeklarowany, jako część techniczna przynależna do obiektu. Wielkość obszaru całkowitego może być bardzo zróżnicowana i stanowić powierzchnię niewiele większą lub znacznie większą od obszaru zajmowanego przez obiekt. Czynnikiem decydującymi są w tym przypadku: ogólna charakterystyka terenu, względy środowiskowe (np. obecność terenów podmokłych), lokalizacja źródeł wody, czy uwzględnienie dodatkowego terenu pod budowę kolejnych jednostek w przyszłości. Jeżeli nowa EJ budowana będzie w granicach istniejącej elektrowni lub jej pobliżu, wielkość obszaru całkowitego będzie znacz-

nie mniejsza. Jeżeli natomiast przewiduje się budowę nowej elektrowni w zupełnie nowym obszarze, gdzie dodatkowo usytuowany będzie zbiornik wody chłodzącej, wielkość całkowitej powierzchni należy powiększyć o dodatkowe 1600 ha w stosunku do danych zawartych w tabeli 1.

**Obszar dodatkowy** obejmuje zazwyczaj tymczasową powierzchnię niezbędną do budowy obiektu jądrowego. Obszar ten może, lecz nie musi stać się ostatecznie częścią elektrowni, ale powinien być przewidziany w ogólnym planie poszukiwania odpowiedniej lokalizacji. Przyjmuje się, że dla dużych reaktorów jądrowych optymalna wielkość obszaru uwzględniającego zbiornik wody chłodzącej oraz dodatkowy obszar budowlany wynosi 2400 ha lub 800 ha, jeśli istnieją ograniczenia, które nie pozwalają na wyznaczenie lokalizacji o większej powierzchni [11].

Na uwagę zasługuje fakt, że w procesie poszukiwania lokalizacji dla nowych obiektów energetyki jądrowej U.S. NRC stosuje

dwa pojęcia **Plant Parameter Envelope (PPE)** oraz **Site Parameter Envelope (SPE)**. PPE to termin stosowany w odniesieniu do potencjalnych lokalizacji elektrowni, dla których nieznaną jest konkretna technologia jądrowa. Pojęcie to używane jest w dokumentach niezbędnych do uzyskania wstępnej decyzji lokalizacyjnej (tzw. Early Site Permit – ESP) zgodnie z zapisami zawartymi w przepisach 10 CFR 52 część A [13]. PPE to szczegółowy zestaw parametrów obiektu jądrowego odzwierciedlający jego wartości graniczne dotyczące lokalizacji. Zestaw ten opracowywany jest przez inwestora w porozumieniu z potencjalnymi dostawcami technologii jądrowych a jego efekt stanowi obwiednia zakładu, którą próbuje się umiejscowić w rozważanych lokalizacjach. W analizach uwzględnia się najbardziej niekorzystne warunki brzegowe wynikające z technologii jądrowych branych pod uwagę w tym m.in.: wielkość powierzchni potencjalnej lokalizacji, strumień objętości wody chłodzącej czy ilość osób przewidzianych do obsługi elektrowni. Przy opracowywaniu dokumentów do uzyskania wstępnej decyzji lokalizacyjnej U.S. NRC rekomenduje metodykę opisaną w dokumencie NEI 10-01 (Rev. 1), *Industry Guide-*

*line for Developing a Plant Parameter Envelope in Support of an Early Site Permit* [14], która została uaktualniona w roku 2021 [15]. W odróżnieniu od PPE, SPE opracowywany jest przez dostawcę reaktora jądrowego i określa, podobnie jak PPE, parametry graniczne dla lokalizacji, ale w odniesieniu do bardzo konkretnego uzgodnienia. Dzięki temu SPE może być wykorzystany na wczesnym etapie inwestycji do określenia jej wpływu na środowisko znacznie ułatwiając opracowanie raportu oddziaływania na środowisko.

W procedurze wyboru lokalizacji pod EJ przepisy U.S. NRC definiują kilka pojęć określających analizowane tereny, w tym [16]:

- **Obszar zainteresowania** (Region of interest – ROI), który stanowi obszar geograficzny brany pod uwagę w poszukiwaniach lokalizacji kandydujących,
  - **Obszar/-y kandydujące** (Candidate area/-s – CA), którym jest jeden lub kilka obszarów znajdujących się w zakresie ROI stanowiących pozostałość po wyeliminowaniu wszystkich terenów nieodpowiednich ze względu np. na zbyt duże zaludnienie, brak dostępu do wody, występowanie aktywnych uskoków, bądź zbyt dużą odległość od linii przesyłowych,
  - **Potencjalne lokalizacje** (Potential sites – PS), które stanowią tereny położone w obrębie obszarów kandydujących zidentyfikowane do wstępnej oceny w celu ustalenia lokalizacji kandydujących,
  - **Lokalizacje kandydujące** (Candidate sites – CS), którymi są tereny (przynajmniej cztery) znajdujące się w obszarze zainteresowania i które w analizie porównawczej oceniane są najwyższej pod kątem usytuowania EJ,
  - **Lokalizacje alternatywne** (Alternative sites – AS), które stanowią tereny wyłonięne spośród lokalizacji kandydujących, będące bazą do wyboru ostatecznej lokalizacji dla EJ.
  - **Lokalizacja proponowana** (Proposed site – PPS), którą jest teren przedstawiany przez wnioskodawcę regulatorowi U.S. NRC, jako lokalizacja proponowana pod budowę EJ, weryfikowany na podstawie przepisów zawartych w dokumencie [17].
- Wszystkie z wymienionych wyżej obszarów i lokalizacji muszą być poddane ocenie z wykorzystaniem trójstopniowej struktury kryteriów lokalizacyjnych [11].

**Struktura kryteriów lokalizacyjnych**

Niezależnie od tego, czy wstępny wybór lokalizacji EJ przeprowadzony zostanie w oparciu o PPE czy SPE, każdy teren przeznaczony pod obiekt jądrowy musi być poddany weryfikacji z wykorzystaniem kryteriów

lokalizacyjnych. Kryteria te zbudowane są na bazie trójstopniowej struktury i obejmują:

- Czynniki wykluczające,
- Czynniki warunkowo wykluczające,
- Czynniki dopuszczające.

**Czynniki wykluczające** – określają wymagania w zakresie wykonalności projektu jądrowego w danej lokalizacji. Mają zazwyczaj postać wymagań zerojedynkowych i pozwalają na odrzucenie lokalizacji, które są nieakceptowalne w związku z zagadnieniami, zdarzeniami, zjawiskami lub zagrożeniami, dla których nie istnieją powszechnie stosowane ochronne rozwiązania inżynierskie [3]. Z uwagi na bezwzględność konieczność wykluczenia lokalizacji, która nie spełnia warunków określonych przez czynniki wykluczające, czynniki te zwane są także bezwzględnie wykluczającymi [18] lub kryteriami wady fatalnej. Na uwagę zasługuje fakt, że w oparciu o czynniki wykluczające nie ustala się żadnej listy rankingowej rozważanych lokalizacji dla EJ. Tak więc w przypadku, gdy dany obszar nie spełnia jakiegokolwiek z rozważanych czynników tego typu, natychmiast zostaje odrzucony z dalszych rozważań. W tabeli 2 pokazano zestawienie przykładowych czynników wykluczających wynikających z dokumentów [19-22].

Jak wynika z tabeli 2, nie wszystkie kryteria wykluczające mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji EJ. Wiele z nich skupia się wokół zagadnień o charakterze ekonomicznym oraz środowiskowym.

**Czynniki warunkowo wykluczające** – w porównaniu z czynnikami wykluczającymi wykazują większą elastyczność stosowania i wykorzystywane są w celu scharakteryzowania dostępnych lokalizacji pod kątem łatwości budowy i eksploatacji EJ lub odległości od lokalnych skupisk ludności. Czynniki tego typu zwane są także krytycznymi, ponieważ obejmują lokalizacje, w których występują trudne do przezwyciężenia przeszkody wymagające zastosowania nadzwyczajnych rozwiązań inżynierskich decydujących o powodzeniu projektu jądrowego [18]. W efekcie, czynniki warunkowo-wykluczające ograniczają przydatność terenu pod budowę EJ, ale nie są na tyle restrykcyjne, aby ostatecznie wyeliminować go z dalszych etapów oceny. Istnieją różne podejścia do stosowania tego

Tabela 3 Zestawienie przykładowych czynników warunkowo wykluczających wynikających z dokumentów [19-22]

Związane ze zdrowiem i bezpieczeństwem	Ekologiczne	Techniczne i ekonomiczne
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Geologia/Sejsmika (możliwe uskoki, uskoki powierzchniowe i deformacje, zagrożenia geologiczne, stabilność podłoża) [18]</li> <li>● Dostępność wody chłodzącej [18]</li> <li>● Powódź [20]</li> <li>● Bliskie sąsiedztwo terenów niebezpiecznych [20]</li> <li>● Populacja [20]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Zagrożenie dla siedlisk gatunków chronionych [20]</li> <li>● Zagrożenie dla terenów podmokłych będących miejscem bytowym dla ważnych gatunków [22]</li> <li>● Przeznaczenie terenu [20]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Zasięg pompowania</li> <li>● Dostęp do linii kolejowej</li> <li>● Dostęp do autostrady</li> <li>● Koszty przesyłu energii</li> <li>● Topografia</li> <li>● Prawa własności gruntów</li> </ul>

typu czynników. Dodatkowe informacje w tym zakresie znaleźć można w opracowaniach [11, 18]. W tabeli 3 pokazano zestawienie przykładowych czynników warunkowo wykluczających.

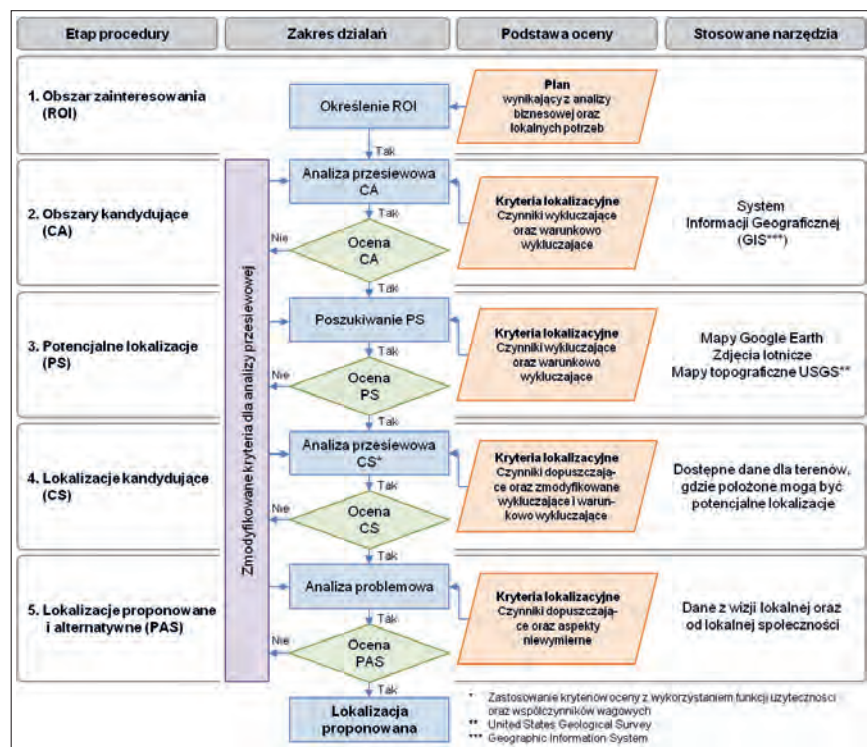
Jak wynika z porównania danych zawartych w tabelach 2 i 3, wiele z czynników wykluczających może być traktowanych, jako warunkowo wykluczające. Z tego względu, ocena potencjalnych lokalizacji musi być przeprowadzona z należytą starannością i wymaga każdorazowo indywidualnego podejścia do każdego z analizowanych terenów.

**Czynniki dopuszczające** – stosowane są do wybranych w toku analizy przesiewowej obszarów w celu lepszego rozróżnienia

między blisko sklasyfikowanymi lokalizacjami. Czynniki tego typu reprezentują zazwyczaj cechy lokalizacji, które powiązane są bezpośrednio z uwarunkowaniami środowiskowymi oraz ekonomicznymi projektu jądrowego. Z tego względu, w niektórych publikacjach czynniki tego typu zwane są także ekonomicznymi [18].

### Procedura lokalizacyjna U.S. NRC

Procedura lokalizacyjna rekomendowana przez U.S. NRC to proces złożony z pięciu etapów, w trakcie których następuje: identyfikacja obszaru zainteresowania, analiza przesiewowa obszarów kandydujących, identyfikacja potencjalnych lokalizacji, analiza przesiewowa lokalizacji kandydują-



Rys. 3 Schemat funkcjonalny procesu wyboru lokalizacji EJ (opracowano na podstawie [16])

Tabela 2 Zestawienie przykładowych czynników wykluczających wynikających z dokumentów [19-22]

Związane ze zdrowiem i bezpieczeństwem	Ekologiczne	Techniczne i ekonomiczne
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Geologia/Sejsmika (wibracyjny ruch gruntu, możliwe uskoki)</li> <li>● Dostępność wody chłodzącej</li> <li>● Powódź [20]</li> <li>● Populacja [20]</li> <li>● Zagrożenie dla wód gruntowych [21]</li> <li>● Bliskie sąsiedztwo terenów niebezpiecznych [20]</li> <li>● Wymagania dotyczące temperatury otoczenia [18]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Zagrożenie dla siedlisk gatunków chronionych [20]</li> <li>● Zagrożenie dla terenów podmokłych będących miejscem bytowym dla ważnych gatunków [22]</li> <li>● Przeznaczenie terenu [20]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Zasięg pompowania</li> </ul>

cych oraz identyfikacja lokalizacji proponowanych i alternatywnych (rys. 3) [4, 16]. Każdy z kolejnych etapów zawęża obszar oraz liczbę rozważanych lokalizacji aż do zidentyfikowania lokalizacji docelowej, zwanej też proponowaną. Realizacja procedury wiąże się z koniecznością przeprowadzenia trzech procesów analitycznych, do których należą:

- **Określenie kryteriów lokalizacyjnych**, które reprezentują wymogi regulacyjne, projektowe i środowiskowe decydujące o przydatności danej lokalizacji,
- **Ocena kryteriów lokalizacyjnych**, polegająca na opracowaniu funkcji użyteczności określających względną przydatność terenu w odniesieniu do każdego ze zdefiniowanych kryteriów oceny. Funkcje użyteczności przekładają wymierne cechy lokalizacji na wspólną skalę przydatności wyrażającą względne preferencje rozważanych lokalizacji.
- **Opracowanie współczynników wagowych** dla poszczególnych kryteriów, które odzwierciedlać mają ich względne znaczenie dla rozważanych lokalizacji. Współczynniki te nabierają obiektywnego znaczenia w przypadku, gdy na etapie poszukiwania lokalizacji znana jest już technologia jądrowa.

Procedurę rozpoczyna się od wyboru ROI, który najczęściej wskazuje potencjalny inwestor biorąc pod uwagę cele biznesowe sprecyzowane dla swojego przedsięwzięcia. Przy wyborze obszaru zainteresowania można także uwzględnić rekomendacje sprecyzowane w dokumentach [9, 16], jak również [8]. W etapie drugim następuje ocena ROI z wykorzystaniem czynników wykluczających oraz warunkowo wykluczających. W pierwszym kroku dokonuje się weryfikacji CA przy użyciu czynników wykluczających celem odrzucenia obszarów, na których nie jest możliwe zlokalizowanie EJ ze względu na ograniczenia regulacyjne, instytucjonalne, projektowe oraz środowiskowe. W drugim kroku wybrane obszary sprawdza się przy użyciu czynników wykluczających warunkowo, aby wyeliminować tereny dopuszczalne, ale mniej korzystne z różnych względów. Proces ten przypomina prostopadłą projekcję terenów z wydzieleniem na drodze eliminacji takich, które nie spełniają wymagań określonych narzucenymi czynnikami (rys. 4). Jeżeli analiza przesiewowa okaże się zbyt rygorystyczna (co zaowocuje odrzuceniem zbyt dużej liczby terenów), czynniki warunkowo

wykluczające mogą zostać złagodzone a proces oceny powtórzony.

Z drugiej strony, jeżeli pozostały obszar okaże się zbyt duży, można zastosować dodatkowe czynniki warunkowo wykluczające i powtórzyć całą ocenę. Proces selekcji realizowany jest do momentu, w którym zidentyfikowane obszary kandydujące będą miały na tyle dużą wielkość, aby możliwe było rozważenie wielu potencjalnych lokalizacji lub gdy nie można już w uzasadniony sposób zastosować bardziej restrykcyjnych czynników warunkowo wykluczających. W etapie wyboru obszarów kandydujących wykorzystuje się głównie ogólnodostępne dane pochodzące z Systemu Informacji Geograficznej. W trzecim etapie identyfikowane są potencjalne lokalizacje dla EJ. Podstawą oceny są w tym przypadku zdjęcia satelitarne i lotnicze dostępne w bazach Google Earth, jak również mapy topograficzne USGS wykonane w skalach 1:100 000 oraz 1:24 000. Analizę przesiewową wykonuje się z wykorzystaniem czynników wykluczających oraz warunkowo wykluczających. W procesie wyboru szczególnie nacisk kładzie się m. in. na:

- unikanie obszarów o dużej gęstości zaludnienia,
- unikanie obszarów wrażliwych ekologicznie o specjalnym przeznaczeniu oraz terenów należących do dziedzictwa narodowego (parki narodowe, obszary historyczne et.),
- preferowanie obszarów o niskim ryzyku sejsmicznym,
- unikanie terenów podmokłych,
- dostęp do istniejącej infrastruktury transportowej,
- dostępność źródeł wody chłodzącej.

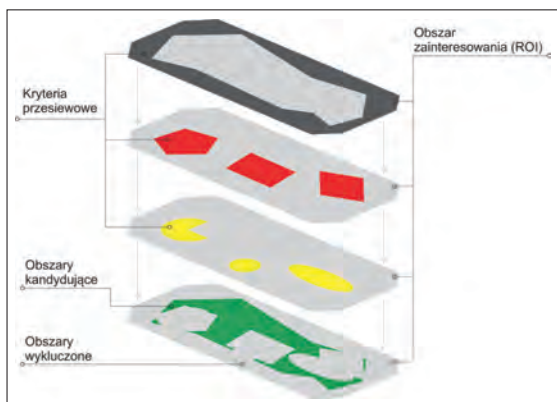
Dodatkowe czynniki, które mogą być brane pod uwagę przy wyborze potencjalnych lokalizacji to: elastyczność pod kątem optymalizacji rozmieszczenia lokalizacji w zakresie minimalizacji kosztów, elastyczność pod kątem uniknięcia lub złagodzenia wpływu przedsięwzięcia na środowisko, minimalizacja liczby działek znajdujących się w obrębie rozważanych lokalizacji, optymalizacja czynników inżynierskich (np. warunki

posadowienia, wymagania w zakresie nachylenia terenu i topografii etc.). Rezultatem wyboru i oceny obszarów kandydujących powinien być zestaw od 10 do 20 potencjalnych lokalizacji [11], spośród których wyodrębnia się lokalizacje kandydujące. Zgodnie z rekomendacjami dokumentu [9], liczba lokalizacji kandydujących będących efektem analizy przesiewowej powinna wynosić od trzech do pięciu. Jako podstawę do wykonania analizy przyjmuje się zestaw czynników dopuszczających oraz, jeśli zajdzie taka potrzeba, zmodyfikowane czynniki wykluczające oraz warunkowo wykluczające. W procesie wyboru wykorzystuje się dane dostępne dla terenów, gdzie położone są potencjalne lokalizacje. W zależności od liczby potencjalnych lokalizacji wyodrębnionych w etapie trzecim, lokalizacje kandydujące mogą być wybierane sukcesywnie. W pierwszym kroku pełny zestaw potencjalnych lokalizacji analizowany jest przy użyciu wstępnego zestawu kryteriów przesiewowych. Miejsca określone, jako najlepsze w kolejnym kroku przenoszone są do bardziej szczegółowej analizy, tak, aby wzrastającemu poziomowi szczegółowości prowadzonych analiz towarzyszył jednoczesny spadek liczby ocenianych miejsc. Zgodnie z praktyką stosowaną przez wielu inwestorów wyodrębnienie lokalizacji kandydujących w czwartym etapie procedury ma zazwyczaj charakter dwustopniowy i polega na:

- opracowaniu systemu oceny kryterialnej polegającego na przyporządkowaniu rozważanym lokalizacjom wymiernej oceny (np. od 1 do 5) w zakresie każdego z rozważanych kryteriów,
- opracowaniu współczynników wagowych, które odzwierciedlać mają względne znaczenie każdego z kryteriów,
- opracowaniu zbiorczych ocen przydatności ocenianych lokalizacji, poprzez odpowiednią kombinację systemów oceny kryterialnej oraz współczynników wagowych.

W dokumencie [9] określone zostały minimalne wymagania, jakie muszą spełnić lokalizacje kandydujące, w tym:

- brak znaczących negatywnych skutków dla innych użytkowników w zakresie wykorzystania wody,
- brak zagrożeń w zakresie oddziaływania na gatunki chronione na poziomie federalnym, stanowym, regionalnym i lokalnym,
- brak wpływu na tarliska i miejsca wylęgu gatunków wodnych zawartych na listach władz federalnych, stanowych, regionalnych oraz lokalnych,
- brak negatywnego oddziaływania na wody powierzchniowe zrzucanych ścieków. Działania w tym zakresie muszą



**Rys. 4**  
Schemat procesu przesiewowego ROI dla wyodrębnienia obszarów kandydujących

podlegać przepisom federalnym, stanowym, regionalnym i lokalnym.

- brak ryzyka wykluczenia lub negatywnego wpływu na grunty przeznaczone do celów specjalnych, środowiskowych i rekreacyjnych,
- brak znaczącego wpływu na ekosystemy lądowe i wodne, w tym tereny podmokłe, które są unikalne dla obszaru zasobów,
- gęstość zaludnienia oraz liczba ludności na rozważanych terenach są zgodne z regulacjami zawartymi w dokumencie [22],
- brak jakichkolwiek znaczących czynników, które spowodowałyby wzrost kosztów o więcej, niż 5% lub uniemożliwiłyby korzystanie z terenu.

Ostatnim, piątym etapem w procedurze lokalizacyjnej U.S. NRC jest wskazanie terenów alternatywnych i w konsekwencji lokalizacji proponowanej dla EJ. Celem tego etapu jest ustalenie, czy wnioskodawca w sposób uzasadniony zidentyfikował alternatywne lokalizacje, przewidział wpływ budowy i eksploatacji EJ na środowisko oraz opracował i wykorzystał logiczne, powtarzalne sposoby porównywania wybranych terenów, które doprowadziły do wyboru proponowanej lokalizacji. Prawidłowy wybór ostatecznej lokalizacji ma miejsce wówczas, gdy nie można wykazać, że jakakolwiek inna lokalizacja alternatywna jest w oczywisty sposób lepsza od proponowanej przez wnioskodawcę. Na tym etapie ocena taka dokonywana jest z wykorzystaniem czynników wymiernych i niewymiernych. Przykładem tych pierwszych są rezultaty badań pochodzących z: odwiertów oraz analiz geotechnicznych i sejsmicznych, monitoringu meteorologicznego, analiz i charakterystyki archeologicznej oraz rozpoznania ekologicznego. Dodatkowym elementem może być koszt modernizacji lub przyłączenia elektrowni do sieci przesyłowej wysokiego napięcia. Przykładami czynników niewymiernych o charakterze problemowym są: wiarygodność dostępnych danych, niepewność w odniesieniu do charakterystyki terenu, rezultaty środowiskowych badań rozpoznawczych, poziom akceptacji społecznej i komisji dozoru jądrowego, rezultaty analiz koncepcyjnych dotyczących zaopatrzenia w wodę, rezultaty analiz dotyczących możliwości nabycia gruntów oraz ogólny poziom ryzyka realizacji projektu. Koniecznością uwzględniania w ocenie rozważanych terenów czynników niekwantyfikowanych sprawa, że w praktyce wybór lokalizacji docelowej jest bardzo trudny. Ostatecznie, po zakończeniu procesu wyboru terenu wnioskodawca identyfikuje docelową lokalizację EJ opracowując dokumentację, na bazie której dokonano selekcji. Dokumentacja taka zawiera w szczególności:

- rzetelne uzasadnienie podjętej decyzji,

- dane i analizy będące potwierdzeniem przeprowadzonej procedury oceny lokalizacji,
- rejestr forów dyskusyjnych, dokumentujący przebieg procesu wyboru lokalizacji,
- informacje pozwalające na weryfikację alternatywnych lokalizacji.

W procesie lokalizacyjnym pierwszej polskiej elektrowni jądrowej uwzględniano krajowe regulacje prawne.

## Podsumowanie

Procedura wyboru lokalizacji dla elektrowni jądrowej stosowana przez Amerykańską Komisję Dozoru Jądrowego jest efektem blisko siedemdziesięcioletniego okresu doświadczeń wynikających z projektowania, budowy oraz nieprzerwanej eksploatacji obiektów energetyki jądrowej. Zgodnie z przyjętymi założeniami rekomendowany proces lokalizacyjny jest niezależny od zastosowanej technologii jądrowej, ma charakter pięcioletni, gdzie każdy z kolejnych etapów zawęża obszar oraz liczbę rozważanych lokalizacji, aż do zidentyfikowania lokalizacji docelowej, zwanej też proponowaną. W realizacji procedury wyboru lokalizacji docelowej stosowane są trzy procesy analityczne, do których należą: określenie kryteriów lokalizacyjnych, ocena tych kryteriów oraz opracowanie współczynników wagowych, które odzwierciedlać mają ich względne znaczenie dla rozważanych lokalizacji. W procedurze wyboru lokalizacji U.S. NRC stosuje się trójstopniową strukturę kryteriów lokalizacyjnych, gdzie każdy z rozważanych terenów ocenia się z wykorzystaniem czynników: wykluczających, warunkowo wykluczających oraz dopuszczających. Zakończenie procesu wyboru narzuca konieczność opracowania dokumentacji przedstawiającej realizację poszczególnych etapów oraz informacje pozwalające na weryfikację lokalizacji alternatywnych. Opracowana dokumentacja ma jednoznacznie potwierdzać prawidłowość dokonanego wyboru wykazując, że żadna z rozważanych lokalizacji alternatywnych nie jest w oczywisty sposób lepsza od proponowanej przez wnioskodawcę.

*Badania naukowe zostały sfinansowane z subwencji statutowej Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej.*

## LITERATURA

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.7, IAEA, Vienna (2012).
- [2] Mirek P., Analiza czynników branych pod uwagę przy ocenie lokalizacji obiektów energetyki atomowej w świetle projektowanych zmian polskich przepisów wykonawczych, Instal 4/2023, str. 11-18, DOI: 10.36119/15.2023.4.2

- [3] Mirek P., Wymagania lokalizacyjne obiektów energetyki jądrowej, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej 2023
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1 (Rev. 1), IAEA, Vienna (2015)
- [5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczanego 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, Dz.U. 2012 poz. 1025.
- [6] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe, z późn. zm. Dz.U. 2024 poz. 1277.
- [7] 10 CFR Part 51 – Code of Federal Regulations, NRC Regulations Title 10, Part 51 – Environmental protection regulations for domestic licensing and related regulatory functions.
- [8] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Regulatory Guide 4.2, Revision 3, Preparation of Environmental Reports for Nuclear Power Stations, September 2018
- [9] NUREG-1555, "Standard Review Plans for Environmental Reviews for Nuclear Power Plants, Section 9.3, October 1999
- [10] <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryStatisticsLandingPage.aspx> (dostęp: 28.12.2023)
- [11] Advanced Nuclear Technology: Site Selection and Evaluation Criteria for New Nuclear Energy Generation Facilities (Siting Guide): 2022 Revision. EPRI, Palo Alto, CA: 2022. 3002023910.
- [12] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Generic Environmental Impact Statement For Advanced Nuclear Reactors, Nureg-2249, Draft Report for Comment, 2021
- [13] 10 CFR Part 52 – Code of Federal Regulations, NRC Regulations Title 10, Part 52 – Licenses, certifications and approvals for nuclear power plants.
- [14] Industry Guideline for Developing a Plant Parameter Envelope in support of an Early Site Permit, Nuclear Energy Institute, NEI 10-01 (Revision 1), May 2012
- [15] NEI. (2021, August). Comment on NRC Docket NRC-2021-0091: NEI Comments on Draft Regulatory Guide (DG), DG-4029, "Use of Plant Parameter Envelope in Early Site Permit Applications (NEI 10-01 R2 Draft)".
- [16] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Environmental standard review plan. Standard review plans for environmental reviews for nuclear power plants, Nureg-1555, Section 9.3, Rev. 07.2007
- [17] 10 CFR Part 50 – Code of Federal Regulations, NRC Regulations Title 10, Part 50 – General Design Criteria for Nuclear Power Plants. Appendix A to Part 50
- [18] Rizzo P.C., Dubinsky M., Tasthan E.O., Miano S.C., Site selection for new nuclear power plants, 2015 International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2015, Sao Paulo, SP, Brazil. October 4-9, 2015
- [19] U.S. Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear Regulatory Research. Regulatory Guide 4.7: General Site Suitability Criteria For Nuclear Power Stations, March 2014. Rev. 3
- [20] Guidelines for ground-water classification under the EPA ground-water protection strategy, June 1988. United States
- [21] Executive Order E.O. 11990, Protection of Wetlands (U.S. EPA, 1977)
- [22] 10 CFR 100 – REACTOR SITE CRITERIA, Title 10 – Energy, Chapter I – Nuclear Regulatory Commission, Part 100, January 1, 2002