

Lokalizacje elektrowni jądrowych

mgr inż. Andrzej Patrycy
ENERGOPROJEKT-WARSZAWA SA

W artykule omówiono podstawowe wytyczne Międzynarodowej Agencji Atomistyki (MAEA) w zakresie niezbędnej infrastruktury do lokalizacji elektrowni jądrowej, jak również wytyczne oceny wyboru jej lokalizacji. Podkreślenia wymaga zarówno zakres niezbędnych badań lokalizacyjnych, jak również ich ocena pod względem bezpieczeństwa instalacji jądrowej i jej wpływu na region. Kryteria oraz sposób wyboru lokalizacji powinny zostać zatwierdzone i wprowadzone do jądrowego programu zapewnienia jakości na długo przed realizacją obiektu jądrowego.

Wymagania Międzynarodowej Agencji Atomistyki wprowadzają kilka etapów rozwoju energetyki jądrowej w danym kraju obejmując rozwój polityki nuklearnej i regulacyjnej, studia wykonalności, publiczne konsultacje, oceny technologii, wnioski i propozycje ewaluacji, umowy oraz finansowanie, dostawę, budowę, rozruch, eksploatację i ostateczną likwidację.

Do etapów rozwoju podstawowej infrastruktury jądrowej danego kraju Międzynarodowa Agencja Atomistyki (MAEA) zalicza:

- rozwój polityki nuklearnej energii i jej przyjęcie przez rząd,
- potwierdzenie możliwości realizacji projektu energii jądrowej,
- ustanowienie instytucjonalnych elementów infrastruktury, w tym jądrowego organu regulacyjnego (NRB),
- ustanowienie materialnego elementu infrastruktury,
- rozwój, umowy i finansowanie pierwszego projektu energetyki jądrowej,
- budowę pierwszej elektrowni jądrowej przy wykazanym bezpieczeństwie, jakości i gospodarczym zapotrzebowaniu,
- bezpieczne i skuteczne funkcjonowanie pierwszej elektrowni jądrowej.

Formułowanie polityki i początkowego rozwoju podstawowych elementów organizacji jądrowej infrastruktury, poprzez zaangażowanie przedsiębiorstw energetycznych i inwestorów, może być ułatwione poprzez utworzenie specjalnej agencji rządowej, jako agencji wdrożenia energetyki jądrowej (NPJA). NPJA jest tworzona przez rząd do badania energetyki jądrowej, za projektowania polityki jądrowej, określenia podstawowych elementów infrastruktury i planowania jej wdrożenia.

Przy formułowaniu zaleceń dla rządu, NPJA powinna dokonać następujących podstawowych czynności oceny:

- pozycja energetyki jądrowej w rynku energii elektrycznej i dywersyfikacji jej produkcji,
- ekonomika energetyki jądrowej,
- prawne, regulacyjne i ustawodawcze aspekty energetyki jądrowej,
- aspekty środowiskowe i lokalizacyjne energetyki jądrowej,
- technologia energetyki jądrowej,
- cykl paliwa jądrowego, w tym gospodarka odpadami i likwidacja,
- oczekiwana rola rządu i sektora prywatnego w rozwoju programu jądrowego,
- dostępność bazy przemysłowej i zasobów ludzkich niezbędnych do programu jądrowego w kraju,
- krajowe zasoby uranu i ich wpływ na politykę zaopatrywania w paliwo,
- publiczna akceptacja.

Lokalizacja elektrowni jądrowych

Najważniejszym elementem infrastruktury jest istnienie lokalizacji z dopuszczalną charakterystyką, taką, jak odpowiednie warunki geologiczne i sejsmiczne, dostęp do wody chłodzącej, właściwa lokalizacja sieci elektroenergetycznych, itp.. Wybrana lokalizacja powinna zawierać następujące charakterystyki.

Zaopatrzenie w wodę

Źródła wody do budowy i do chłodzenia oraz innych usług w czasie eksploatacji elektrowni powinny być dopuszczalne pod względem jakości i ilości. Miejsca lokalizacji mogą być nad brzegami głównych rzek lub

w głębi ładu, z dala od dużych zbiorników wodnych. Dla nieprzemyślnych lokalizacji mogą być wymagane chłodnie kominowe.

Zasilanie w energię elektryczną

Zasilanie w energię elektryczną podczas budowy i eksploatacji odbywa się często za pośrednictwem lokalnej sieci elektroenergetycznej i z systemów zasilania awaryjnego. Podstaje są potrzebne, aby zapewnić wymagane napięcie podczas budowy i w fazie eksploatacji instalacji.

Transport /dostęp

Niezbędne jest przebadanie dróg dojazdowych i kolei w celu ustalenia parametrów technicznych, takich jak szerokości dróg, promienie skrętu i skrajnia pod mostami i tunelami, odpowiednie do najcięższych, szerokich, najdłuższych i najwyższych części urządzeń, które muszą być dostarczone do EJ. W przypadku lokalizacji znajdujących się przy dużych rzekach i nadbrzeżach morskich sprawdzenie możliwości budowy przystani zdolnych do przyjmowania i rozładunku urządzeń i elementów konstrukcyjnych wielkogabarytowych i o ponadnormatywnych obciążeniach.

Mikrostacje monitorujące trzęsienia ziemi

Badania sejsmiczne określają zagrożenie od maksymalnych parametrów ruchu gruntu przy największym potencjale trzęsienia ziemi i przy niskim prawdopodobieństwie ich wystąpienia w danej lokalizacji. W celu weryfikacji metodologii i wniosków z badań sejsmicznego zagrożenia, w regionie lokalizacji musi być zainstalowane szereg mikrostacji monitorowania trzęsienia ziemi przed budową, żeby dostarczać dane na temat właściwości skał i możliwości tłumienia drgań.

Stacje meteorologiczne i hydrologiczne

Studia lokalizacyjne wymagają znacznej ilości danych meteorologicznych i hydrologicznych, w tym: maksymalnej, podstawowej i średniej wartości temperatury powietrza i wody, prędkości wiatru i jego kierunku, ciśnienia atmosferycznego, charakteru rozkładu opadów, wód gruntowych i powierzchniowych, przewidywania powodzi, działania fal i tsunami. Stacje zbierania i kontrolowania danych muszą być wprowadzone na kilka lat przed zatwierdzeniem lokalizacji.

Lokalizacja i obiekty administracyjne

Do zakwaterowania pracowników wykonujących projekt wstępny i zajmujących się zarządzaniem projektem niezbędne są biura, które powinny być wskazane wcześniej przez władze lub zabezpieczone w ramach kontraktów na dostawę projektu.

Sieć elektroenergetyczna

Na wzajemne oddziaływanie sieci i elektrownię jądrową wpływa wiele czynników w tym:

- wielkość produkcji zakładu w stosunku do wielkości sieci,

- lokalizacja zakładu w powiązaniu z siecią elektroenergetyczną,
- niezawodność połączeń sieciowych.

Reaktory są dostępne w większości w dużych mocach i mogą mieć wpływ na gospodarkę, np. na potrzebę wprowadzenia dodatkowej rezerwy mocy, dodatkowych linii przesyłowych i połączeń urządzeń, które mogą być wymagane w celu wzmocnienia sieci do przyjmowania dużej mocy z jednego bloku jądrowego. Sieci powinny mieć także możliwość dostarczenia energii do EJ z zewnętrznego źródła zasilania, które musi być niezależne od produkcji w EJ.

Wybór lokalizacji, oceny środowiskowe i lokalne pozwolenia

Wybór lokalizacji elektrowni jądrowej jest długotrwały i wymaga włączenia szeregu dyscyplin. Generalnie szereg rozważanych lokalizacji wymaga wysokiego poziomu wstępnych badań kończących się rankingiem lokalizacji i w końcu wyborem preferowanej lokalizacji w celu ostatecznego jej przebadania i wykonania oceny środowiskowej. Rozważane większe obszary lokalizacji kończące się wyborem najkorzystniejszej lokalizacji powinny uwzględniać:

- integrację z krajowym systemem elektroenergetycznym,
- geologię, trzęsienia ziemi i studia wulkaniczne,
- seismologię i inżynierię sejsmiczną,
- hydrologię (włączając wodę gruntową, powódzie i tsunami),
- dostępność wody chłodzącej, ujęcie i zrzut,
- demografię i użytkowanie ziemi,
- meteorologię i warunki atmosferyczne (włączając kierunki wiatru, tornada i huragany),
- studia flory i fauny,
- bezpieczeństwo jądrowe i aspekty ochrony radiologicznej,
- ogólne skutki środowiskowe,
- ryzyka od działalności człowieka,
- miejscową infrastrukturę,
- występowanie miejsc kulturowych i historycznych,
- dostępność terenu i drogi ewakuacyjne,
- charakterystykę transportu powietrznego, lądowego i morskiego,
- aspekty prawne.
- konsultacje społeczne.

Ocena lokalizacji elektrowni jądrowych

Cel oceny

- Głównym celem oceny lokalizacji dla instalacji jądrowych w zakresie bezpieczeństwa jądrowego jest ochrona społeczeństwa i środowiska przed radiologicznymi skutkami skażeń promieniotwórczych w czasie normalnej eksploatacji i w wyniku awarii. W ocenie przydatności lokalizacji dla instalacji jądrowych należy uwzględnić:

Kryteria ogólne

- skutki zdarzeń zewnętrznych występujących w regionie danej lokalizacji (wydarzenia te mogą być pochodzenia naturalnego lub spowodowane przez człowieka);
- charakterystykę terenu i jego otoczenia, które mogłyby mieć wpływ na przesiedlenia mieszkańców i ochronę środowiska;
- gęstości zaludnienia i rozmieszczenia ludności oraz inną charakterystykę strefy zewnętrznej, w jakim stopniu może ona wpływać na możliwość realizacji działań i potrzebę oceny zagrożenia dla jednostki i społeczeństwa.
- Jeżeli ocena lokalizacji dla ww. aspektów pozwoli wskazać, że lokalizacja jest nie do przyjęcia i braki nie mogą zostać zrekomensowane w drodze przyszłego projektowania, środków ochrony lokalizacji lub procedur administracyjnych, lokalizację uznaje się za nieodpowiednią.

Oceny lokalizacji

Ocena lokalizacji, jako jeden z podstawowych materiałów wyjściowych, jest niezbędna do opracowania, przedkładanego jądrowemu organowi regulacyjnemu, raportu z analizy bezpieczeństwa. Zawarte w niej informacje będą także pomocne na etapie projektowania w spełnieniu wymagań bezpieczeństwa, ze szczególnym uwzględnieniem opracowania planu zagospodarowania terenu oraz przy opracowywaniu oceny wpływu na środowisko w formułowaniu wymagań dotyczących zagadnień związanych z zagrożeniem radiologicznym.

Poniżej wyszczególniono zagadnienia, właściwości i zjawiska, które powinny być obserwowane, monitorowane i zapisywane przez cały okres życia instalacji jądrowej.

- Właściwości lokalizacji mające wpływ na bezpieczeństwo i charakterystyka środowiska przyrodniczego.
- Zewnętrzne zjawiska naturalne (np. powodzie, znaczne opady śniegu itp.) ich częstotliwość i nasilenia oraz zdarzenia spowodowane przez człowieka.
- Zmiany naturalne i spowodowane przez człowieka w regionie (wzrost zaludnienia, rozmieszczenie ludności).
- Zdarzenia zewnętrzne (niekorzystny spłot wydarzeń), w tym zdarzenia hydrologiczne, hydrogeologiczne i warunki meteorologiczne.
- Magazynowanie i transport materiałów, takich jak świeże i wypalone paliwo jądrowe oraz odpady radioaktywne.
- Możliwość nieradiologicznych skutków instalacji (materiały chemiczne, zrzuty i emisje ciepła).
- Potencjalne wystąpienie zmieszania ścieków jądrowych i niejądrowych.
- Potencjalne wystąpienie skutków radiologicznych w innych państwach i wpływ takiej awarii na ludzi w regionie, w tym rozmieszczenie ludności, wykorzystanie terenu i wody.
- Łączną zainstalowaną moc elektrowni jądrowych, która ma być zainstalowana w danym regionie.

Tabela 1

Wymagania dotyczące oceny zdarzeń zewnętrznych,

Zdarzenie zewnętrzne	Rodzaj informacji	Okres gromadzenia informacji	Ocena wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia uwzględniająca niepewność danych
Trzęsienia ziemi	sejsmologiczne, geologiczne, geologiczno-inżynierskie i geotechniczne	prehistoryczne, historyczne i rejestrowane instrumentalnie	sejsmotektoniczna
Uskok powierzchniowy	geologiczne, geofizyczne, geodezyjne, sejsmologiczne, geodynamiczny układ lokalizacji	przeszłe mechanizmy zdeformowań i/lub dyslokacji, okres występowania	sejsmotektoniczna
Zdarzenia meteorologiczne	największe wartości zjawisk meteorologicznych (wiatr, opady, śnieg, temperatura, fale sztormowe)	prehistoryczne, historyczne i rejestrowane instrumentalnie	meteorologiczna
Rzadkie zdarzenia meteorologiczne			
Pioruny, błyskawice	meteorologiczne	prehistoryczne, historyczne i rejestrowane instrumentalnie	meteorologiczna ocena potencjału występowania, częstotliwość i intensywność piorunów
Huragany	meteorologiczne: szybkość rotacji wiatru, prędkość wiatru, maksymalny promień obrotowego biegu wiatru, różnice ciśnienia i stosunki zmiany ciśnienia	historyczne i rejestrowane instrumentalnie w danych dla regionu	meteorologiczna ocena uderzenia przedmiotów, obiektów „niesionych” z huraganem

Wymagania dotyczące oceny zdarzeń zewnętrznych, c.d.

Zdarzenie zewnętrzne	Rodzaj informacji	Okres gromadzenia informacji	Ocena wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia uwzględniająca niepewność danych
Rzadkie zdarzenia meteorologiczne, c.d.			
Powodzie, w tym erozja brzegów i osiadanie	z powodów takich, jak spływ wynikający z opadów albo topniejącego śniegu, przypyły, fali burzowej, fali stojącej i fali z wiatru	dane historyczne, zarówno meteorologiczne jak i hydrologiczne	za pomocą właściwego modelu meteorologicznego i hydrologicznego
Fale wodne indukowane n p. przez trzęsienia ziemi	Częstość ich występowania, wielkość i wysokość regionalnego tsunami albo fal stojących	Dane prehistoryczne i historyczne dla regionu i porównanie z podobnymi regionami	za pomocą właściwego modelu fizycznego i/lub analitycznego
Powodzie i fale spowodowane przez awarie budowli wodnych	Dane o wodnych budowlach regulacyjnych w górę rzeki, blokady rzek z powodu obsunięcia się ziemi, lód, kra	Dane historyczne meteorologiczne i aktualne dane techniczne	ocena hydrotechniczna
Przypadki geotechniczne			
Niestateczność zbocza, osuwiska, osiadanie i wypiętrzanie terenu	parametry techniczne dotyczące specyfiki gruntu, mapy geologiczne	prehistoryczne, historyczne i aktualne wyniki wierceń geologicznych	geotechniczna z uwzgl. kawern, zjawisk krasowych, kopalń, studni wodnych, szybów naftowych
Stapianie gruntu	parametry i wartości mechaniczne gruntu	prehistoryczne, historyczne i aktualne wyniki wierceń geologicznych	akceptowalne metody badania gruntu i metody analityczne
Geologiczna charakterystyka gruntów, stabilność pod względem statycznym i sejsmicznym, woda gruntowa - poziom i własności chemiczne	parametry i wartości mechaniczne gruntu i wody gruntowej	wyniki wierceń geologicznych	geotechniczna
Zewnętrzne zdarzenia spowodowane przez człowieka			
Katastrofy samolotu	wszelkie dostępne z włączenie wpływu ognia i eksplozji	dane historyczne i plany rozwoju lotnictwa cywilnego i wojskowego	oszacowanie możliwości zdarzenia i jego wpływu na bezpieczeństwo instalacji jądrowej
Wybuchy chemiczne	dotyczące przeładunku, przetwarzania, transportu i składowania chemikaliów zdolnych do tworzenia chmur palnych lub wybuchowych	dane historyczne i plany rozwoju przemysłu chemicznego	oszacowanie możliwości palnych, wybuchów, nadciśnienia, toksyczności z rachunkiem wpływu odległości
Inne ważne zdarzenia spowodowane przez człowieka	występowanie mat. łatwopalnych, wybuchowych, duszących, toksycznych, żrących, radioaktywnych, prądy wirujące w gruncie, zanieczyszczenie powietrza	dane historyczne i planowane	oszacowanie możliwości zdarzenia i jego wpływu na bezpieczeństwo instalacji jądrowej
Inne ważne okoliczności			
Groźne opady deszczu, śniegu, lodu, gradu, zamarzania schłodzonej wody (śryż - lód prądowy)	dane meteorologiczne	dane historyczne i przewidywane	oszacowanie możliwości zdarzenia i jego wpływu na bezpieczeństwo instalacji jądrowej
Odporność lokalizacji na ciepło usuwane z rdzenia	temperatura i wilgotność powietrza, temp. wody, przepływ, awarie budowli wodnych		oszacowanie możliwości zdarzenia i jego wpływu na bezpieczeństwo instalacji jądrowej
Opróżnienie zbiornika wodnego, nadmierna ilość organizmów morskich, blokady zbiornika, chłodni, formowanie lodu, kolizja statku, wycieki oleju i ogień			oszacowanie możliwości zdarzenia i jego wpływu na bezpieczeństwo instalacji jądrowej

Charakterystyka lokalizacji – potencjalne skutki instalacji jądrowej dla okolicy

W ramach badań lokalizacyjnych konieczne jest również zasymulowanie wpływu lokalizacji EJ na okolicę w zakresie:

- rozkładu radioaktywnego materiału w atmosferze,
- rozproszenie radioaktywnego materiału przez wodę powierzchniową,
- rozproszenie materiału radioaktywnego przez wodę gruntową,
- rozmieszczenie ludności,
- korzystanie z ziemi i wody w okolicy.

Kontrola przypadków

Charakterystyka wywołanych przypadków naturalnych i ludzkich, jak również warunków demograficznych, meteorologicznych i hydrologicznych w odniesieniu do jądrowej instalacji musi być kontrolowana w okresie całego życia instalacji.

Gwarancja jakości

Ocenę i wybór lokalizacji należy wykonywać zgodnie z zatwierdzonym na długo przed realizacją projektu jądrowym programem zarządzania jakością, który jest częścią ogólnego programu gwarancji jakości dla całej instalacji jądrowej. Powinien być on zatwierdzony w celu kontroli efektywności wykonywania badań dla lokalizacji i oszacowania zakresu inżynierii występującej w różnych stadiach ocen lokalizacji instalacji jądrowej. Program gwarancji jakości powinien objąć organizację, planowanie, kontrolę pracy, kwalifikacje personelu i szkolenia, sprawdzanie i dokumentację działalności, by zapewnić, że wymagana jakość pracy jest zachowana.

Literatura

- [1] IAEA – Basic infrastructure for a nuclear power project. MAEA-TECDOC-1513, czerwiec 2006
- [2] IAEA – Site evaluation for nuclear installations. IAEA Safety standards series No. NS-R-3, 2003