

# **ZAGROŻENIE OBIEKTÓW JĄDROWYCH ZE STRONY ORGANIZACJI TERRORYSTYCZNYCH I STOSOWANE ŚRODKI BEZPIECZEŃSTWA**

**Krzysztof Rzymkowski**

*Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Jądrowej, Warszawa*

Aktywność organizacji terrorystycznych związana z atakami na różnorodne obiekty zwróciła uwagę opinii publicznej na możliwość dokonania podobnego zamachu na obiekty, w których znajdują się materiały jądrowe.

Celem działań terrorystycznych przeciwko obiektom jądrowym jest przede wszystkim bezprawne uzyskanie materiałów jądrowych potrzebnych do wywołania wybuchu lub skażenia środowiska.

Dodatkowym celem zamachu terrorystycznego np. na elektrownie jądrowe może być również dezorganizacja sieci energetycznej kraju lub regionu, choć w tym przypadku bardziej efektywne byłby zamach na linie przesyłowe lub na klasyczne elektrownie węglowe, gazowe, a w szczególności wodne mało odporne na środki wybuchowe. Dlatego też dokonanie zamachu na elektrownie jądrowe w tym celu wydaje się mniej prawdopodobne.

Biorąc pod uwagę możliwe cele ataku terrorystycznego przeanalizowano szereg ewentualnych scenariuszy.

## **PRZEWIDYWANE SCENARIUSZE NIELEGALNEGO UZYSKANIA MATERIAŁÓW JĄDROWYCH**

Na potrzeby zagrożeń nielegalnego uzyskania materiałów jądrowych dokonano następujących klasyfikacji obiektów jądrowych, materiałów jądrowych oraz materiałów radioaktywnych. Obiektami jądrowymi, są obiekty (budynki wraz z wyposażeniem), w których są produkowane, przetwarzane wykorzystywane, przemieszczane, przechowywane lub usuwane (np. w wyniku powstałej awarii) materiały radioaktywne. Materiałami jądrowymi nazywane są materiały, które mogą być użyte do budowy jądrowych środków wybuchowych. Należą do nich przede wszystkim izotopy uranu i plutonu. Inne materiały radioaktywne mogą być wykorzystywane do skażenia terenu (zwykle o zasięgu lokalnym).

Na zamachy, których celem jest nielegalne uzyskanie materiałów jądrowych, narażone są obiekty, w których znajdują się materiały jądrowe atrakcyjne dla celów terrorystycznych. Zagrożenia te dotyczą przede wszystkim reaktorów energetycznych i doświadczalnych, laboratoriów wykorzystujących materiały radioaktywne, zakładów produkcji i przerobu paliwa, magazynów wypalonego paliwa.

Spodziewane scenariusze nielegalnego uzyskania materiałów jądrowych sprowadzają się więc do aktów:

- kradzieży materiałów jądrowych potrzebnych do budowy broni jądrowej,
- kradzieży materiałów radioaktywnych,
- kradzieży broni jądrowej,
- sabotażu (np. atak na obiekt jądrowy).

Kradzież materiałów jądrowych, gotowych do bezpośredniego wykorzystania do budowy jądrowych środków wybuchowych, jest najbardziej prawdopodobna w zakładach przerobu paliwa, w zakładach produkcji zestawów paliwowych oraz w niektórych typach reaktorów badawczych. Należy podkreślić, że materiały do budowy broni jądrowej mogą być zbierane przez dłuższy czas i ich ubytki mogą być niezauważalne.

Materiały wymagające wstępnego przygotowania są najczęściej dostępne w zakładach przerobu paliwa, w zakładach produkcji zestawów paliwowych, zakładach wzbogacania uranu oraz w reaktorach energetycznych.

Kradzież materiału jądrowego lub innych materiałów radioaktywnych nie zawsze musi mieć na celu budowę broni jądrowej.

Można wyobrazić sobie scenariusz, w którym materiał jądrowy będzie użyty jako materiał silnie promieniotwórczy do skażenia wybranego terytorium poprzez np. spowodowanie eksplozji materiału znajdującego się w rdzeniu materiału, transportowanego oficjalnie lub kradzionego, dokonanej przy pomocy konwencjonalnych środków wybuchowych.

Podobny scenariusz zamachu terrorystycznego przewiduje spowodowanie katastrofy na wzór wybuchu w elektrowni jądrowej w Czarnobylu (unieruchomienie reaktora) czy to przez wewnętrzny sabotaż czy też przez atak powietrzny na reaktor, jak i analogiczne ataki na magazyny (suche lub basenowe) wypalonego paliwa, zakłady produkcji lub przerobu paliwa.

Znacznym utrudnieniem budowy jądrowego urządzenia wybuchowego jest to, że materiał potrzebny do jego wytworzenia, przy obecnie stosowanych technologiach, musi być w postaci metalicznej. Dlatego też, aby materiał jądrowy z zestawu paliwowego wykorzystanego w reaktorze mógł być użyty do budowy jądrowego urządzenia wybuchowego zestaw musiałby ulec rozmontowaniu i konieczny byłby czas do uzyskania potrzebnego izotopu i przetworzenia go do wymaganej postaci.

Proces technologiczny konwersji materiału jądrowego jest bardzo złożony i wymaga skomplikowanego oprzyrządowania. Przy znacznych możliwościach finansowych organizacji terrorystycznych istnieje realna szansa na próbę realizacji przewidywanych scenariuszy łącznie z próbą budowy własnej broni jądrowej przy wykorzystaniu wysokiej klasy specjalistów i istniejących laboratoriów. Podstawowym problemem jest zdobycie materiału jądrowego. Jednym z potencjalnych, łatwiej dostępnych źródeł materiałów jądrowych są małe kraje rozwijające programy jądrowe i posiadające odpowiednie laboratoria i reaktory a nawet kopalnie rud uranowych. Innym potencjalnym źródłem materiałów jądrowych są magazyny zdemontowanych głowic jądrowych.

Broń jądrową posiadają oficjalnie tylko Państwa, które są sygnatariuszami i gwarantami **Traktatu o Nierozprzestrzaniu Broni Jądrowej**. Są to Stany Zjednoczone Ameryki, Rosja, W. Brytania, Francja, CHRL. Broń jądrową posiadają również Pakistan i Indie. Do krajów tych należy pełna odpowiedzialność za zabezpieczenia przed ewentualną kradzieżą broni jądrowej i zamachami terrorystycznymi w bazach wojskowych składujących taką broń. Istnieją podejrzenia, że i inne kraje, np. Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna, dysponują niewielką ilością jądrowych środków wybuchowych.

Innym przewidywanym scenariuszem ataku terrorystycznego jest sabotaż.

Za działania sabotażowe uważa się każde świadome działania prowadzące do kradzieży, wykorzystania, usunięcia lub rozproszenia materiałów jądrowych mogące spowodować śmierć, obrażenia ludzi lub szkody w odniesieniu do własności środowiska jak również działania wymierzone przeciwko obiektowi jądrowemu lub jego funkcjonowaniu wywołujące uwalnianie substancji radioaktywnych i powodujące narażenie na promieniowanie osób lub skażenie środowiska.

Atak sabotażowy na obiekt jądrowy może spowodować przede wszystkim narażenie personelu, ludności i środowiska na zagrożenie radioaktywne. Oczywiście zależy ono od rodzaju materiału

jądrowego, jego ilości, a w szczególności od ilości materiałów rozszczepialnych, budowy obiektu jądrowego i przewidywanych działań ochronnych.

## ZAPOBIEGANIE NIELEGALNEMU ZDOBYWANIU MATERIAŁÓW JĄDROWYCH

Od początku rozwoju technik jądrowych rozwijano i wprowadzano systemy zapobiegania nielegalnemu zdobywaniu materiałów jądrowych. W wyniku współpracy międzynarodowej powstały systemy wykrywania nieuprawnionych działań obrotu tymi materiałami – **systemy kontroli materiałów jądrowych** oraz **systemy ochrony fizycznej obiektów jądrowych**.

## KONTROLA MATERIAŁÓW JĄDROWYCH

W czerwcu 1957 roku utworzono Międzynarodową Agencję Energii Atomowej z siedzibą w Wiedniu stanowiącą jedną z licznych agend ONZ.

W 1968 roku podpisano **Traktatu o Nierozprzestrzenianiu Broni Jądrowej** (NPT – Non Proliferation Treaty) i powołano w ramach MAEA specjalistyczną służbę - Departament Zabezpieczeń (**Departament of Safeguards**), której zasadniczym zadaniem jest kontrola wypełniania warunków traktatu NPT przez państwa sygnatariusze, polegająca na niezależnej weryfikacji deklaracji państwa o materiałach jądrowych i działaniach związanych z wykorzystaniem energii jądrowej. Celem systemu zabezpieczeń jest sprawdzenie, czy deklarowana działalność lub materiały nie są wykorzystywane do wytwarzania broni jądrowej. Kontrola obejmuje przede wszystkim materiały, które mogą być użyte do budowy jądrowych materiałów wybuchowych.

## ZABEZPIECZENIA FIZYCZNE OBIEKTÓW JĄDROWYCH

Prace nad międzynarodową konwencją o ochronie fizycznej materiałów jądrowych rozpoczęto w 1972 r. Została ona wprowadzona w życie w 1987r. Konwencja obejmuje między innymi kategoryzację materiałów jądrowych, ich transport, określa środki przeciwdziałające przemytowi i bezprawnemu handlowi materiałami jądrowymi . Od momentu jej powstania do chwili obecnej wprowadzono szereg zmian uwzględniających pojawienie się nowych technologii. Obecnie obowiązująca redakcja dokumentu INFCIRC/225 została zatwierdzona w 1998 r. Wprowadzenie przez państwo zaleceń opisanych w dokumencie jest dobrowolne i w niczym nie narusza jego suwerenności. Dokument zaleca nawet dostosowanie zaleceń do warunków lokalnych uwzględniających specyfikę chronionych obiektów i systemów zabezpieczeń już działających w państwie.

W wyniku wrześniowego zamachu w 2001 r w Nowym Jorku prace nad usprawnieniem obu systemów zostały znacznie przyspieszone. Zamach wywołał również potrzebę powtórnego przeanalizowania stanu bezpieczeństwa ośrodków jądrowych i przeprowadzenie nowych symulacji komputerowych dla przewidywanych awarii wywołanych atakiem terrorystycznym.

Zwrócono szczególną uwagę na:

- zabezpieczenia reaktorów energetycznych i doświadczalnych, z uwzględnieniem możliwości ataku na ich wrażliwe elementy, głównie zabezpieczenia fizyczne budynku reaktora, obiegi systemu chłodzenia, baseny wypalonego paliwa oraz na zabezpieczenia przed możliwością sabotażu wewnętrznego np. przez opanowanie sterowni reaktora,

- możliwą kradzież wypalonego lub świeżego paliwa z obiektu lub w czasie transportu,
- nieuprawnione zbieranie niewielkich ilości materiału jądrowego lub radioaktywnego w długim okresie czasu,
- możliwość bezpośredniej kradzieży broni jądrowej z baz wojskowych, łodzi podwodnych, samolotów, magazynów głowic.

Analizując ewentualne warianty ataku terrorystycznego zwrócono uwagę na możliwość powtórzenia zamachu polegającego na spowodowaniu katastrofy lotniczej poprzez bezpośrednie uderzenie w budynek reaktora i uszkodzenie jego wrażliwych elementów.

Zasadniczą rolę w ograniczaniu skutków ewentualnego zamachu terrorystycznego na obiekt jądrowy z reaktorem (elektrownie, ośrodki badawcze), zarówno ataku z zewnątrz jak i przypadku sabotażu wewnątrz, ma konstrukcja budynku reaktora.

Wyniki analiz wykazały, że obiekty starszego typu, budowane głównie w krajach korzystających z technologii radzieckich, oraz pierwsze, dawniej budowane reaktory energetyczne i doświadczalne, których konstrukcja uległa naturalnej degradacji, nie są całkowicie odporne na tego typu ataki. Wymagają one pilnej modernizacji, a do czasu ich wprowadzenia konieczne jest zastosowanie specjalnych zabezpieczeń.

Jeżeli zniszczenia spowodowane atakiem ograniczają się do jednej funkcji lub jednego elementu reaktora np. awarii systemu chłodzenia obiegu pierwotnego, odcięcia zasilania zewnętrznego, to niewielkie działania korekcyjne mogą znacznie zminimalizować skutki zamachu. Uszkodzenie kilku elementów komplikuje natomiast sytuację.

## CELE SYSTEMÓW ZABEZPIECZEŃ

Podstawowym celem prowadzonych prac, jest zbudowanie takiego systemu zabezpieczeń, który poprzez długoterminowe działania kontrolne uniemożliwiłby zamachowcom zebranie wystarczającej ilości materiałów do konstrukcji jądrowych urządzeń wybuchowych oraz przeciwdziałałby innym zagrożeniom.

Najważniejszymi elementami systemu ochrony materiałów jądrowych i materiałów radioaktywnych są:

- **system zabezpieczeń (Safeguard)** umożliwiający pełną kontrolę nad materiałami jądrowymi i działalnością w zakresie techniki jądrowej w państwie sygnatariuszu traktatu NPT,
- **system ochrony fizycznej materiałów jądrowych** wyposażony w nowoczesne środki alarmowe
- **regulacje prawne** umożliwiające szybka wymianę informacji między odpowiednimi ośrodkami i odpowiednią do stopnia zagrożenia reakcją.

## CELE SYSTEMU ZABEZPIECZEŃ (SAFEGUARD)

Celem systemu zabezpieczeń jest kontrola materiałów jądrowych potrzebnych do budowy jądrowych urządzeń wybuchowych. Jest ona prowadzona w ramach międzynarodowego systemu zabezpieczeń (safeguard) przed rozprzestrzenianiem broni jądrowej. Podstawą traktatu NPT jest ścisła ewidencja materiałów jądrowych, z uwzględnieniem ich dokładnej lokalizacji. W wyniku modyfikacji traktatu NPT obejmuje on również inne materiały radioaktywne, które mogłyby stanowić potencjalne zagrożenie. Materiały radioaktywne o niskiej aktywności i używane w nieznacznych ilościach są objęte krajowymi systemami ewidencji materiałów.

Państwa-członkowie mogą zawierać z MAEA, w ramach NPT, jedną z trzech rodzajów umów:

- **o zabezpieczeniach wszechstronnych**, obejmującą pełną kontrolę materiałów rozszczepialnych w państwie, tak aby nie zostały one przesunięte z zastosowań pokojowych do wytwarzania broni jądrowej (MAEA INFCIRC/153),
- **o zabezpieczeniach ograniczonych**, obejmującą kontrolą tylko materiały jądrowe lub działania wymienione w umowie (MAEA INFCIRC/66),
- **o zabezpieczeniach dobrowolnych**, dotyczącą państw posiadających broń jądrową w czasie tworzenia systemu zabezpieczeń [Umowy Dobrowolne (Voluntary Offer Agreement - VOA)].

Najczęściej zawieraną umową z MAEA jest Umowa o zabezpieczeniach wszechstronnych.

Należy podkreślić że wszelkie zmiany dotyczące materiałów jądrowych (ich ilości, lokalizacji itp.) muszą być przez państwo raportowane przed ich dokonaniem do MAEA.

System zabezpieczeń wprowadza dwie kategorie materiałów jądrowych:

- materiały **I kategorii** to materiały które mogą być użyte bezpośrednio do budowy broni jądrowej,
- materiały **II kategorii** mogą być wykorzystane do budowy broni ale wymaga to skomplikowanego technologicznie przetworzenia.  
Zgodnie z zaleceniami wykonawczymi do NPT ilości materiałów I kategorii (Pu, U-233 wysoko wzbogacony uran (U-235>20%)) oraz uran nisko wzbogacony są mierzone z dokładnością do 0.01 g.

#### CELE SYSTEM OCHRONY FIZYCZNEJ OBIEKTÓW JĄDROWYCH

System ochrony fizycznej stanowi zespół procedur określających działanie ludzi-personelu obiektu oraz planu rozmieszczenia różnego rodzaju zapór we wrażliwych miejscach obiektu .

Zasadniczym zadaniem systemu ochrony fizycznej jest:

- **powstrzymanie** ewentualnych zamachowców przed próbami nielegalnego uzyskania materiałów jądrowych; jest to realizowane poprzez wprowadzenie zapór fizycznych powodujących, że obiekt jądrowy przestaje być łatwym celem zamachu,
- **wykrywanie nieuprawnionych działań**; polega to na wprowadzeniu kompleksowego systemu czujników, straży obiektowej, procedur dostępu do materiału jądrowego,
- **oszacowanie ewentualnego zagrożenia** zniszczeniem obiektu, użyciem zdobytego materiału w innym rejonie, ewentualnym skażeniem i określenie możliwości jego usunięcia,
- **wprowadzenie barier opóźniających** dostęp do materiałów jądrowych (płoty, kodowane zamki, ściany, zabezpieczenia otworów w budynkach – wentylacyjnych, okiennych, dachowych),
- **uniemożliwienie** wykorzystania przez zamachowców zdobytego materiału jądrowego.

Wszystkie te elementy muszą być uwzględniane przez państwo, na terenie którego znajduje się obiekt jądrowy przy zapewnieniu współpracy różnych służb specjalnych.

## CEL REGULACJI PRAWNYCH

Regulacje prawne powinny wprowadzać obowiązek stałego unowocześniania i ulepszanie krajowych systemów ochrony fizycznej, zwiększenia efektywności i sprawności kontroli materiałów jądrowych i radioaktywnych. Krajowe regulacje prawne powinny być powiązane z systemami międzynarodowymi, w szczególności w zakresie procedur powiadamiania o kradzieży czy akcie sabotażu, wzmocnienia systemów kontroli handlu materiałami jądrowymi w celu eliminacji ich nielegalnego obrotu i przemytu.

Do realizacji celów systemu kontroli materiałów jądrowych potrzebnych do budowy jądrowych urządzeń wybuchowych powołano w ramach Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej specjalny departament. (Department of Safeguards), którego zadaniem jest prowadzenie niezależnych kontroli zawartych porozumień dotyczących materiałów jądrowych.

Systemy ochrony fizycznej są opracowywane przez poszczególne państwa zgodnie z uzgodnionymi zaleceniami międzynarodowymi.

## MIĘDZYNARODOWE ZALECENIA TWORZENIA SYSTEMÓW OCHRONY FIZYCZNEJ OBIEKTÓW JĄDROWYCH

Systemy ochrony fizycznej obiektów i materiałów jądrowych opracowywane są indywidualnie dla każdego obiektu. Za ich opracowanie, wprowadzenie i poprawne funkcjonowanie odpowiedzialne są władze państwowe w ramach swojego prawa krajowego, zgodnie z prawem międzynarodowym. Pomiedzy państwami powinna być wzajemna wszechstronna współpraca. Efektywność systemu ochrony w jednym państwie jest uzależniona od działań innego państwa np. przy transporcie materiałów jądrowych przez wspólną granicę lub transporcie tranzytowym. Państwo powinno zagwarantować ochronę materiałów jądrowych podczas międzynarodowego ich transportu na jego terytorium lub na pokładzie statku lub samolotu podlegającym jego jurysdykcji. System ochrony materiałów jądrowych jest połączeniem elementów administracyjnych, technicznych i różnego rodzaju zapór fizycznych.

Przy opracowywaniu zaleceń dla systemu ochrony obiektów jądrowych należy uwzględnić stopień atrakcyjności – postaci materiału jądrowego dla potencjalnych zamachów terrorystycznych oraz naturalne właściwości materiału uniemożliwiające sabotaż lub kradzież. Dlatego też wymagania dotyczące fizycznej ochrony obiektów jądrowych muszą przede wszystkim uwzględniać rodzaj (kategorie) materiału jądrowego w obiektach, jego lokalizację (tzn. czy jest on aktualnie używany, magazynowany, transportowany), jak i zabezpieczenie dróg transportu materiału. System zabezpieczeń fizycznych powinien stanowić kombinację:

- **urządzeń** stanowiących rozbudowane systemy jądrowej aparatury kontrolnej, systemy obserwacji obiektu, zamykania zagrożonych lub atakowanych stref obiektu, systemy alarmowe,
- **zespołu procedur** - włączając w to organizację i obowiązki służb ochraniających obiekt, plany obiektu uwzględniające przeprowadzenie natychmiastowej akcji obronnej, obowiązkowych ćwiczeń treningowych oraz
- **działań usuwających skutki zamachu**, np. usuwanie przeszkód uniemożliwiających dotarcie do zagrożonej strefy, naprawa uszkodzeń i uruchomienie systemów kontrolnych, usuwanie skażeń radioaktywnych.

Jak już wspomniano system ochrony fizycznej jest opracowywany indywidualnie dla każdego obiektu, i wymaga szczególnej dokładności dla tych obiektów, które mogą być bardziej narażone na zamachy ze względu na atrakcyjność materiału jądrowego dla celów terrorystycznych. Powinien on być również okresowo kontrolowany, modernizowany i modyfikowany w zależności od zmian kategorii chronionego materiału.

Międzynarodowy transport materiału jądrowego wymaga spełnienia wszystkich uzgodnionych procedur dotyczących zabezpieczeń fizycznych zawartych w dokumencie INFCIRC/274. Państwo eksportujące materiał jądrowy musi wydać specjalne oświadczenie o legalności pochodzenia materiału.

Państwo eksportujące odpowiada w pełni za bezpieczeństwo materiału aż do chwili przekroczenia granicy. Informacje o transporcie powinny być niejawne.

Dla celów ochrony fizycznej materiałów jądrowych wprowadzono ich kategoryzację różnicując poziom zabezpieczeń.

<b>Materiał</b>	<b>Postać</b>	<b>Kategoria I</b>	<b>Kategoria II</b>	<b>Kategoria III<sup>f</sup></b>
Pluton <sup>a</sup>	Nienapromieniowany <sup>b</sup> materiał jądrowy	2 kg lub więcej	Mniej niż 2 kg lecz więcej niż 500 g	500 g lub mniej lecz więcej niż 15 g
	Nienapromieniowany <sup>b</sup> materiał jądrowy	5kg lub więcej	Mniej niż 5 kg lecz więcej niż 1 kg	1kg lub mniej lecz więcej niż 15 g
	U <sup>235</sup> wzbogacony 20%		10kg lub więcej	10 kg lub mniej lecz więcej niż 1 kg
Uran-235	U <sup>235</sup> wzbogacony 10% lecz mniej niż 20%			10 kg lub więcej
	U <sup>235</sup> wzbogacony powyżej wzbogacenia naturalnego lecz mniej niż 10 % U <sup>235</sup>			
Uran - 233	Nienapromieniowany <sup>b</sup> materiał jądrowy	2 kg lub więcej	Mniej niż 2 kg lecz więcej niż 500 g	500 g lub mniej lecz więcej niż 15 g
Paliwo wypalone (kategoryzacja świeżego paliwa jest oparta na zaleceniach dotyczących transportu międzynarodowego, państwo może wprowadzić własną kategoryzację materiałów magazynowanych i transportowanych uwzględniając odpowiednie czynniki) do użytku wewnętrznego			uran zubożony (tj Uran o zawartości U <sup>235</sup> mniejszej niż w uranie naturalnym) uran naturalny, thor lub uran o wzbogaceniu mniejszym niż 10% <sup>d,e</sup>	

*a* -każda postać plutonu za wyjątkiem plutonu o koncentracji izotopu Pu<sup>238</sup> przewyższającej 80%, *b* – nienapromieniowany materiał jądrowy nie użyty lub użyty w reaktorze ale o poziomie promieniowania równym lub mniejszym niż 1Gy/h (100rad/h) w odległości 1 metra bez osłony, *c* - materiał jądrowy tej kategorii może być chroniony tak jak wszystkie inne materiały radioaktywne, *d* -zalecany poziom ochrony może być zmieniony przez państwo po dokonaniu analizy zagrożenia, *e* – inne paliwa, które w pierwotnej postaci przed napromieniowaniem zaliczane były do kategorii I lub II mogą być przesunięte do kategorii niższej, gdy poziom promieniowania przekracza 1Gy/g w odległości 1 metra bez osłony.

Powyższa kategoryzacja ma na celu ułatwienie wyboru obiektów wykorzystujących materiały jądrowe do szczególnej ochrony i wynika z potencjalnej atrakcyjności używanych w nich materiałów dla celów terrorystycznych.

W celu bardziej racjonalnego wykorzystania systemu zabezpieczeń fizycznych materiały jądrowe mogą być przesuwane do innych kategorii, jeżeli zachodzące w nich zmiany powodują np. zmiany poziomu promieniowania, składu izotopowego, postaci (metalicznej, związku chemicznego, roztworu, mieszaniny). Różne kategorie materiałów są przechowywane w obszarach wymagające różnych stopni ochrony i nie ma potrzeby stosowania wszędzie jednakowych standardów.

Dostęp do obszarów chronionych powinien być ograniczony tylko dla wybranego i sprawdzonego personelu. Systemy ochrony powinny posiadać również mechanizmy uwzględniające ochronę materiału jądrowego w przypadku sytuacji awaryjnych np. pożarów, trzęsień ziemi, powodzi, huraganów.

## ZALECENIA DLA SYSTEMU OCHRONY MATERIAŁÓW KATEGORII I

Zalecenia te odnoszą się przede wszystkim do jądrowych zakładów przemysłowych np. zakładów przerobu paliwa, zakładów produkcji zestawów paliwowych, reaktorów energetycznych.

Materiał jądrowy kategorii I może być tylko używany i przechowywany w specjalnie wydzielonym obszarze całego chronionego obiektu jądrowego np. w budynku, którego konstrukcja (ściany, podłogi, sufity) utrudni włamanie lub zburzenie. Budynek powinien być również otoczony specjalnym ogrodzeniem oświetlanym w nocy. Obszar wokół budynku jak również jego pomieszczenia muszą znajdować się pod stałą obserwacją urządzeń obserwacyjno – rejestrujących kontrolowanych jednocześnie i ciągle przez dwie osoby. Podobnie powinny być obserwowane wszystkie pomieszczenia wewnętrzne, w których używane są materiały jądrowe, a nawet obszary niewykorzystywane bezpośrednio do pracy z materiałami jądrowymi np. przestrzeń między ścianami budynku reaktora. Wszystkie systemy alarmowe muszą być wyposażone w niezależne zasilanie awaryjne. Ilość wejść do chronionego obszaru musi być ograniczona do niezbędnego minimum. Zwykle jest jedno wejście i dodatkowo jedno wyjście ewakuacyjne na wypadek awarii. Wszystkie wejścia i wyjścia muszą posiadać systemy i alarmy przeciwwłamaniowe.

Dostęp do materiałów jądrowych w wydzielonym obszarze powinien być ograniczony do szczególnie zaufanego personelu. Wszystkie osoby na terenie strzeżonego obiektu w szczególności w obszarze wydzielonym muszą posiadać identyfikatory, a czasem specjalnie oznakowany ubiór ochronny. Przejście z jednej strefy do drugiej jest kontrolowane. Wszelkie wejścia i wyjścia są monitorowane i rejestrowane przez systemy identyfikacji osób (przez komputerową identyfikację odcisków palców czy rysów twarzy) oraz kontroli wnoszonych i wnoszonych przedmiotów. Systemy kontroli np. karty z mikroprocesorami, klucze, zamki, hasła powinny być okresowo wymieniane.

Wszelkie przesunięcia materiału jądrowego muszą być również obserwowane i rejestrowane nie tylko przez zestawy przyrządów obserwacyjnych ale i również przez detektory promieniowania, detektory ruchu oraz operatora zapisującego poszczególne fazy prowadzonych prac. Materiał jądrowy musi być magazynowany w obszarze wydzielonym. Przy przenoszeniu materiału z jednego budynku obiektu w tym obszarze do drugiego obowiązują te same zalecenia jak przy transporcie międzynarodowym. Szczególnie chronionymi pomieszczeniami wewnątrz budynku są magazyny materiałów jądrowych, do których dostęp jest dodatkowo utrudniony i kontrolowany przez patrole.

Drogi dojazdowe, (ograniczone do głównej i awaryjnej) muszą być chronione zespołem zapór fizycznych jak i stale monitorowane. Na terenie chronionym mogą być używane wyłącznie atestowane pojazdy.

Konstrukcja budynków w tym obszarze powinna utrudniać, a nawet uniemożliwiać dostęp do materiałów jądrowych w sposób niekontrolowany. Przykładem takiej konstrukcji może być budynek **reaktora** stanowiący jeden z najbardziej wrażliwych elementów elektrowni jądrowej ponieważ oprócz materiałów jądrowych znajdują się w nim wszystkie istotne elementy konieczne do niezawodnej pracy.

Nowy budynek, w którym umieszczony jest rdzeń reaktora, stanowi konstrukcję składającą się z podwójnych ( prawie metrowych) ścian, wykonanych ze zbrojonego, wzmocnionego betonu (między ścianami jest wolna przestrzeń o szerokości około 2 m, stale monitorowana). Budynek taki są dodatkowo wzmocnione kilkucentymetrową ścianą stalową. Konstrukcja tej ściany przypomina konstrukcję okrętu. Wewnątrz tego budynku w stalowej i również kilkumetrowej zbrojonej betonowej obudowie umieszczony jest rdzeń reaktora. Przeprowadzone symulacje wykazały, że do zniszczenia takiej konstrukcji z zewnątrz potrzebny byłby znaczny wybuch jądrowy.

Zasadniczym elementem zapewniającym bezpieczną pracę reaktora jest odprowadzanie z jego wnętrza ciepła, powstającego w wyniku reakcji jądrowych zachodzących w rdzeniu. Brak chłodzenia może spowodować stopienie rdzenia i trudno przewidywalne reakcje z obudową betonową, jak również uwolnienie ogromnej ilości gazów promieniotwórczych i toksycznych. Dlatego też oprócz systemu chłodzenia wykorzystywanego bezpośrednio do wytwarzania energii elektrycznej, w budynku reaktora umieszczane są systemy awaryjnego odprowadzania ciepła i wyłączenia reaktora.

Konstrukcja budynku reaktora powinna wytrzymywać wysoką temperaturę i wysokie ciśnienie uwolnionych gazów i aerozoli przez kilka godzin, dni a nawet tygodni. Pozwala to usuwać stopniowo skutki awarii. Przewidywana jest również możliwość wieloletniego wyłączenia budynku z użytkowania przy zapewnieniu jego chłodzenia. Zatem, by atak terrorystyczny był skuteczny, należałoby spowodować awarię urządzeń wewnątrz budynku reaktora i poważnie uszkodzić sam budynek.

Dążąc do opracowania możliwie najlepszej konstrukcji budynku, w którym umieszcza się reaktor, przeprowadzono rozległe analizy dotychczasowych i przewidywanych awarii reaktorów jądrowych. Do najbardziej rozległych należą analizy przeprowadzone przez Nuclear Regulatory Commission (NRC opublikowane w dokumencie NUREG-0956 USA). Z analizy zabranych danych obejmującej 16 znanych awarii jądrowych wynika, że najgroźniejsze skutki awarii występują w razie utraty możliwości chłodzenia reaktora, braku zasilania sieciowego, pęknięcia rur systemu chłodzenia, awarii systemu chłodzenia awaryjnego, i niedostępności wnętrza budynku reaktora. Mimo zebrania dużej ilości informacji o awariach i opracowaniu wielu symulacji komputerowych istnieje jeszcze bardzo dużo niewiadomych czynników nie pozwalających dokładnie przewidzieć przebieg i zasięg awarii.

Na terenie całego wydzielonego obszaru muszą być rozmieszczone detektory promieniowania, detektory ruchu i inne detektory uruchamiające centralny system alarmowy obiektu. Alarmy powinny być dźwiękowe i świetlne przy czym kolor oraz natężenie dźwięku powinny informować o stopniu i rodzaju zagrożenia. Systemy alarmowe muszą uruchamiać centralny system alarmowy obiektu czynny przez całą dobę, ze szczególnym wzmocnieniem i częstszymi zmianami personelu poza godzinami pracy w obiekcie. Centrala systemu zabezpieczeń musi znajdować się na terenie obiektu. Niezależnie od automatycznych systemów alarmowych konieczne jest prowadzenie całodobowej służby patrolowej.

Wszelka łączność pomiędzy służbami ochronnymi obiektu musi być dublowana. Wszelkie plany zabezpieczeń, szkoleń, kontroli cząstkowych muszą być utajnione. Powinny być również przewidziane specjalne procedury i dodatkowe zabezpieczenia fizyczne uniemożliwiające niekontrolowane przemieszczanie materiału jądrowego w trakcie koniecznej ewakuacji obiektu (włączając w to ćwiczenia kontrolne).

Działanie całości systemu musi być kontrolowane minimum raz w roku.

## ZALECENIA DLA SYSTEMU OCHRONY MATERIAŁÓW KATEGORII II

W systemie ochrony kategorii II na terenie obiektu jądrowego nie ma specjalnego wydzielonego obszaru składowania i używania materiału jądrowego.

Materiał jądrowy kategorii II może znajdować się, być używany i przechowywany na obszarze całego chronionego obiektu jądrowego. Dostęp do obiektu powinien być ograniczony do niezbędnego minimum i tylko dla osób posiadających odpowiednie uprawnienia. Większość zaleceń dotyczących systemów kontroli jest podobna do zaleceń dla materiałów kategorii I.

Podobnie jak w obszarze wydzielonym dla materiału kategorii I wszelkie wnoszone i wynoszone przedmioty jak również pojazdy opuszczające teren i wpuszczane na teren muszą być kontrolowane. Obszar wokół budynku jak również jego pomieszczenia muszą znajdować się pod stałą obserwacją urządzeń obserwacyjno – rejestrujących kontrolowanych jednocześnie i ciągle przez dwie osoby. Wszystkie pomieszczenia wewnętrzne, w których używane są materiały jądrowe, a nawet obszary niewykorzystywane bezpośrednio do pracy z materiałami jądrowymi powinny być obserwowane. Za bezpieczeństwo transportu materiału wewnątrz obiektu odpowiedzialne są jego służby wewnętrzne tzn. nie jest konieczne spełnienie wszystkich międzynarodowych warunków transportu. Wymagana jest rejestracja i obserwacja oraz zabezpieczenia fizyczne uniemożliwiające jego kradzież. Systemy kontroli np. karty z mikroprocesorami, klucze, zamki, hasła powinny być okresowo wymieniane. Transport musi być wykonywany przez odpowiednio przygotowany personel.

Obszar chroniony obiektu musi być ogrodzony i obserwowany również w nocy. Zewnętrzne ściany budynków obiektu posiadające wzmocnioną konstrukcję można również traktować jako rodzaj ogrodzenia. Wszelkie ogrodzenia muszą być wyposażone w detektory ruchu lub inne detektory sygnalizujące włamanie i uruchamiające centralny system alarmowy. Centrala systemu zabezpieczeń powinna znajdować się na terenie obiektu.

Systemy obserwacyjne muszą być stale kontrolowane przez dwuosobowy zespół.

## ZALECENIA DLA SYSTEMU OCHRONY MATERIAŁÓW KATEGORII III

Ze względu na niski poziom promieniowania i niewielką ilość materiału jądrowego zalecenia dla systemu ochrony materiałów jądrowych kategorii III są najłagodniejsze. Odnoszą się głównie do ośrodków badawczych nie posiadających reaktorów doświadczalnych. Materiały te są najmniej atrakcyjne dla celów terrorystycznych. Materiał jądrowy III kategorii może być używany i magazynowany w obszarze, do którego dostęp jest ograniczony i kontrolowany. Przenoszenie materiału powinno być przeprowadzane z zachowaniem środków ostrożności wymaganych dla materiałów promieniotwórczych z uwzględnieniem ich ochrony fizycznej. Oczywiście powinna być prowadzona ewidencja materiałów oraz przygotowane procedury na wypadek kradzieży lub lokalnych skażeń terenu. Za bezpieczeństwo materiałów jądrowych kategorii III odpowiada służba ochrony obiektu.

## SABOTAŻ

Przeciwdziałanie aktom sabotażowym powinno być dostosowane do indywidualnych cech obiektu jądrowego, tak aby uniknąć przede wszystkim narażenia personelu, ludności i środowiska na zagrożenie radioaktywne jak również przeciwdziałać zakłóceniom w funkcjonowaniu obiektu.

Obrona przed sabotażem wymaga opracowania złożonego systemu stanowiącego zespół środków elementów ochrony fizycznej (kategoryzację materiałów wraz ze związaną z nimi zaleceniami) i procedur (uwzględniających organizację służb ochrony obiektu i ich obowiązków) oraz specyfikę obiektu.

Szczególnie istotne jest przy opracowywaniu systemu stworzenie warunków weryfikacji zatrudnianego personelu. Najpowszechniej stosowana jest ścisła kontrola personelu i osób wizytujących (przede wszystkim zatrudnionych w strefie najbardziej wrażliwej) mających bezpośredni dostęp do materiałów jądrowych, przez wielokrotne i wielostopniowe sprawdzanie tożsamości (karty mikroprocesorowe, odciski palców i dłoni, potwierdzenie przez kamery obserwacyjno – rejestrujące) tak, że wprowadzenie zamachowca z zewnątrz wydaje się mało prawdopodobne. Mimo to taki wypadek zdarzył się w Afryce Południowej w elektrowni Pelindaba, w której przechowywany był wzbogacony uran z czasów, gdy w RPA próbowano zbudować broń jądrową. Zamachowcom udało się dotrzeć, najprawdopodobniej przy pomocy kogoś z personelu, do sterowni elektrowni. Sytuacja została szybko opanowana, lecz wykazało to niedoskonałość zabezpieczeń tej elektrowni i potwierdziło realność podobnego zamachu.

Ataki terrorystyczne w 2001 r. w Nowym Jorku wykazały łatwość dokonania zamachu na dowolne obiekty z zewnątrz. Dlatego też coraz częściej wprowadzane są zabezpieczenia uwzględniające możliwość dokonania takiego zamachu np. poprzez zniszczenie zapór fizycznych przez użycie pojazdów opancerzonych wypełnionych materiałami wybuchowymi lub podobnego ataku z powietrza, ewentualnie, jak w Japonii, ataku z morza, ze względu na rozmieszczenie obiektów jądrowych na brzegu. W tym ostatnim przypadku organizowane są specjalne patrole morskie. Państwo powinno zapewnić bezpieczeństwo nad obszarem powietrznym w pobliżu wszelkich obiektów jądrowych.

Istotnym utrudnieniem przygotowania zamachu jądrowego jest poprawiająca się ochrona, nawet najbardziej zaniedbanych pod tym względem ośrodków stosujących dawne technologie.

Innym elementem zwiększenia bezpieczeństwa jest rozszerzenie współpracy międzynarodowej w tym zakresie. Wprowadzenie jednolitych procedur, przepisów dotyczących różnych form współpracy pomiędzy sąsiadującymi krajami, wzajemne kontrole jak i kontrole międzynarodowe np. w ramach NPT znacznie zmniejszają ryzyko utraty kontroli nad materiałem jądrowym.

Ocena realnych szans możliwości przeprowadzenia jądrowego ataku terrorystycznego przez zorganizowane grupy przestępcze jest bardzo trudna. Jednakże takie badania symulacyjne są prowadzone i wg prognoz ekspertów amerykańskich prawdopodobieństwo zamachu wynosi około 50 % w ciągu najbliższych 10 lat. Przeprowadzone analizy przy pomocy modeli komputerowych uwzględniających różne scenariusze w tym nawet możliwość ataku jądrowego na Manhattan w Nowym Jorku przy użyciu bomby jądrowej dały wynik znacznie mniejszy niż 29 %. Oczywiście wszelkie takie przewidywania obarczone są znacznym błędem ze względu na brak aktualnych pewnych danych dotyczących rozwoju sytuacji w niedalekiej przyszłości. Dlatego nawet przy bardzo optymistycznej ocenie, wynoszącej 1% że może w ciągu najbliższych 10 lat nastąpić zamach jądrowy, nie można zaniedbywać żadnych działań zabezpieczających.

Wszystkie obiekty jądrowe powinny być pod szczególnym nadzorem państw przy pełnej i szerokiej współpracy międzynarodowej. Jest to szczególnie istotne w przypadku Stanów Zjednoczonych i Rosji posiadających 95 % światowych zapasów broni jądrowej oraz więcej niż 80% światowych zapasów materiałów jądrowych gotowych do wytwarzania takiej broni. Jednym z elementów znacznie utrudniających nielegalną budowę broni jądrowej jest zalecenie by (nawet w pracach badawczych) używać nisko wzbogaconego uranu i eliminować użycie plutonu.

Fizyczna ochrona obiektu powinna uniemożliwiać lub utrudniać (opóźniać) dostęp do materiału jądrowego przy użyciu wszystkich dostępnych środków. Powinny być one zbliżone do sposobów ochrony materiałów kategorii I z uwzględnieniem wszelkich warunków lokalnych.

Przy projektowaniu obiektów jądrowe uwzględnia się także wszystkie spodziewane ewentualne zjawiska naturalne, które mogłyby zakłócić jego normalną pracę np. drastyczne, nagłe podwyższenie temperatur, silne wiatry - huragany, powodzie, opady, trzęsienia ziemi itp. Zapobiega to również zniszczeniu obiektu w wyniku przeprowadzonego w jego pobliżu wybuchu.

Odrębnym, bardzo złożonym problemem jest zapewnienie bezpieczeństwa transportu materiałów jądrowych w szczególności wypalonego paliwa przewożonego z elektrowni do zakładów przerobu. Zagadnienie to jest szczególnie ważne gdy wypalone paliwo jest transportowane do innego kraju, a transport musi odbywać się drogą morską. Inne, również złożone, problemy powstają przy transporcie kolejowym lub samochodowym. Wprawdzie kontenery służące do przewozu paliwa są niezwykle wytrzymałe i ich zniszczenie jest bardzo trudne ale powstaje ryzyko zbrojnego napadu na transport i związane z nim niebezpieczeństwa. Także w tym przypadku niezwykle istotna jest współpraca międzynarodowa.

## Literatura

- [1] D. Fisher, *History of the IAEA, The First Forty Years*
- [2] B. Pellaud, *IAEA Safeguards and Challenges*
- [3] IAEA.org/OurWorkSV/Safeguards, *The Safeguards System of the International Atomic Energy Agency*
- [4] INFCIRC/225/Rew.4/ with preface of M. Elbaradei
- [5] IAEA Safeguards Glossary 2001
- [6] K. Rzymkowski, *Międzynarodowy System Zabezpieczeń przed rozprzestrzenianiem się broni jądrowej*, Safeguards PTJ 2007
- [7] K. Rzymkowski, *Zabezpieczenie materiału jądrowego przed działaniem terrorystycznym*, PTJ 2008
- [8] K. Rzymkowski, *Narażenie elektrowni jądrowych na ataki terrorystyczne*, ENEX Nowa energia 2009
- [9] Nuclear Development Corporation (NDC) Japan 2000
- [10] Technical guidance IAEA Nuclear security Series No4. Engineering Safety Aspects of Nuclear Power Plants Against Sabotage
- [11] Annual Report GOV/2006/46-GC(50)/13 Nuclear Security – Measures to Protect Against Nuclear Terrorism
- [12] IAEA-TECDOC-967(Rev1) Guidance and Considerations for Implementation of INFCIR/225/Rev4
- [13] K. Rzymkowski, *Zabezpieczenia materiału jądrowego elektrowni przed działaniem terrorystycznym*, ENEX Międzynarodowe Targi Energetyki Kielce 2008
- [14] G.L. Pollack, *Severe Accidents and Terrorist Threats AT Nuclear Reactors* [www.nci.or](http://www.nci.or)
- [15] M. Bunn, *The Risk of Nuclear Terrorism-and next steps to reduce the danger*. Committee on Homeland Security and Governmental Affairs UN Senate 2 April 2008
- [16] C. Behrens, *Holt Mark Nuclear Power Plants Vulnerability to Terrorism Attack*, CRS Report for Congress 4 February 2005
- [17] E.S. Lyman, P. Leventhal, *Radiological Sabotage at Nuclear Power Plants: moving target set*. Nuclear Control Institute Washington 2008