

Warszawa, 2017



MINISTERSTWO ENERGII

Polski przemysł dla energetyki jądrowej

WYTYCZNE

WSPOMAGAJĄCE DZIAŁANIA PRZEDSIĘBIORSTW KRAJOWYCH W BUDOWIE ELEKTROWNI JĄDROWYCH

KONSTRUKCJE Z BETONU
W OBIEKTACH ENERGETYKI JĄDROWEJ



**Wydział
Inżynierii Lądowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Autorzy opracowania:

dr inż. Tomasz Piotrowski
prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz
mgr inż. Piotr Prochoń

Zamawiający:

Ministerstwo Energii
ul. Krucza 36/Wspólna 6
00-522 Warszawa

Zakres wytycznych:

Niniejsze wytyczne zawierają zestawienie wymagań o charakterze technicznym w zakresie wykonania konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej. Dodatkowo zawarto wytyczne i rekomendacje o charakterze organizacyjnym w zakresie systemów zapewnienia i kontroli jakości, które mogą być stawiane polskim przedsiębiorcom ubiegającym się o realizację prac na rzecz światowej energetyki jądrowej. Zaproponowano także ścieżki podniesienia kompetencji polskich przedsiębiorstw w zakresie budowy konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej na świecie.

Projekt współfinansowany ze środków Ministerstwa Energii w ramach wdrażania energetyki jądrowej w Polsce.

Wszelkie uwagi, sugestie i propozycje co do dalszych działań w zakresie przygotowania polskiego przemysłu do kooperacji z energetyką jądrową prosimy przesyłać na adres pocztowy: Ministerstwo Energii, ul. Krucza 36/Wspólna 6, 00-522 Warszawa lub na adres e-mail: przemysl.jadrowy@me.gov.pl

Wytyczne nr W/ME/DEJ/WIL/01/17, Wydanie 1

ISBN 978-83-948948-1-8

Concrete Structures in Nuclear Power Plants

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 2017

Nakład 300 szt.

© Wszystkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

| | |
|--|-----------|
| 1. Wprowadzenie | 4 |
| 2. Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej | 6 |
| 2.1. Uwagi ogólne | 6 |
| 2.2. Znaczenie jakości prac betonowych i żelbetowych w obiektach energetyki jądrowej..... | 7 |
| 3. Wytczne dotyczące konstrukcji z betonu w Polsce | 9 |
| 3.1. Normy konstrukcyjne - Eurokody | 9 |
| 3.2. Normy materiałowe PN-EN i PN-B..... | 11 |
| 4. Urzędy dozoru jądrowego w Polsce i na świecie | 14 |
| 5. Wymagania ogólne dotyczące bezpieczeństwa obiektów energetyki jądrowej .. | 17 |
| 5.1. URD - Utility Requirements Document EPRI..... | 17 |
| 5.2. EUR - European Utility Requirements..... | 18 |
| 6. Wymagania szczegółowe dotyczące konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej | 20 |
| 6.1. AFCEN RCC-CW | 20 |
| 6.2. ACI - American Concrete Institute | 25 |
| 6.3. ASME - American Society of Mechanical Engineers | 26 |
| 6.4. ANSI/ANS - American National Standards Institute/American Nuclear Society..... | 27 |
| 6.5. ASTM International - American Society for Testing and Materials | 28 |
| 6.6. Pozostałe..... | 29 |
| 6.6.1. Kanada (CSA)..... | 29 |
| 6.6.2. Niemcy (KTA, DIN)..... | 30 |
| 6.6.3. Japonia (AJJ,JSME)..... | 32 |
| 7. Wdrożenie wymagań dotyczących konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej w Europie | 33 |
| 7.1. Finlandia | 33 |
| 7.2. Wielka Brytania..... | 36 |
| 7.3. Polska – jak wdrożyć wymagania w naszym kraju?..... | 39 |
| 8. Droga polskich przedsiębiorstw do udziału w budowie elektrowni jądrowej | 41 |
| Literatura | 46 |
| Załącznik | 47 |

1. Wprowadzenie

Program Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) został przyjęty przez Radę Ministrów 28 stycznia 2014 roku, a jego okres jego realizacji został ustalony na lata 2014-2030. 14 października 2016 r. Rada Ministrów przyjęła sprawozdanie z realizacji PPEJ w latach 2014-2015, zarówno z obszaru administracji rządowej, jak i inwestora, czyli Grupy Kapitałowej PGE SA, w tym PGE EJ 1. We wnioskach sprawozdania stwierdzono, że administracja rządowa realizuje swoje zadania terminowo, zgodne z harmonogramem, natomiast wystąpiły poważne opóźnienia w realizacji harmonogramu w PPEJ po stronie inwestora. Żadne z przewidzianych do realizacji w objętym sprawdzaniem terminie działań nie zostało wykonane zgodnie z przyjętym harmonogramem oraz upływem czasu objętym sprawozdaniem. W przyjętym sprawozdaniu Rada Ministrów nałożyła na Ministra Energii obowiązek przygotowania i przedstawienia zaktualizowanego harmonogramu realizacji PPEJ, przy czym kwota wydatków przewidzianych na jego realizację nie powinna ulec zwiększeniu. Ministerstwo zapowiada, że zarówno wyniki prac nad aktualizacją harmonogramu jak i całego programu zostaną przedstawione do akceptacji Radzie Ministrów w 2017 r, ale na dzień dzisiejszy harmonogram PPEJ przedstawia się wedle pierwotnej wersji przyjętej w 2014 r następująco:

Etap I - 2014-2016: ustalenie lokalizacji i zawarcie kontraktu na dostarczenie wybranej technologii dla pierwszej elektrowni jądrowej

Etap II - 2017-2018: wykonanie projektu technicznego i uzyskanie wymaganych prawem decyzji i opinii

Etap III - 2019-2024: pozwolenie na budowę i budowa pierwszego bloku pierwszej elektrowni jądrowej, rozpoczęcie budowy kolejnych bloków/elektrowni jądrowych, rozruch pierwszego bloku

Etap IV - 2025-2030: kontynuacja i rozpoczęcie bloków/elektrowni jądrowych. Zakończenie budowy pierwszej elektrowni jądrowej.

W sprawozdaniu z PPEJ napisano, że wybór technologii jądrowej nastąpi wraz z rozstrzygnięciem tzw. Postępowania Zintegrowanego PZ, czyli równoczesnym wyborem, w ramach jednej procedury, wszystkich kluczowych wykonawców budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej w 2020 r. Wydaje się jednak, że wybór jest ograniczony do pięciu dostawców, którzy w październiku 2015 r. złożyli deklaracje udziału w PZ, potwierdzając tym samym wolę uczestnictwa w polskim programie jądrowym (Tab.1).

Wymagania jakie stosuje się do projektowania i wytwarzania reaktora jądrowego oraz głównych urządzeń i instalacji stanowią kody, normy i przepisy kraju potencjalnego dostawcy, natomiast sama budowa odbywająca się w kraju odbiorcy musi uwzględniać zarówno specyfikę narodową jak i lokalne wymagania prezentowane w normach i wytycznych.

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Tab.1. Wykonawcy, którzy złożyli deklaracje udziału w PPEJ i ich reaktory jądrowe

| Firma | Reaktor |
|--|--|
| EDF SA | Evolutionary Power Reactor (EPR 1600) |
| GE Hitachi Nuclear Energy Americas LLC | Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR) |
| Westinghouse Electric Company LLC | AP1000® PWR |
| SNC Lavalin Nuclear Inc. | Enhanced CANDU 6® (EC6) Advanced Fuel CANDU Reactor (AFCR) |
| Korea Hydro & Nuclear Power | Advanced Power Reactor (APR-1400) |

W załączniku 1 do projektu *Rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej* w wersji z 3 października 2013 roku proponowano wymagania stawiane reaktorom różnych typów generacji III oraz III+. Wśród uznanych norm międzynarodowych dotyczących projektowania i budowy konstrukcji obudów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych w cytowanej wersji rozporządzenia znalazły się następujące wytyczne:

- **ETC-C:** EPR Technical Code for Civil works i **RCC-G:** Design and Construction Rules for Civil Works of PWR Nuclear Islands, które ewoluowały do RCC-CW 2016
- **JSME S NE1:** Rules on Concrete Containment Vessels for Nuclear Power Plants
- **CSA series N287:** Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants
- **KEPIC** (Korea Electric Power Industry Code), Area – SN (Nuclear Structures), Category SNB – Concrete Containment oraz Category SNC – Concrete Structures
- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code.** An International Code. Section III: Rules for Construction of Nuclear Facility Components. Division 2 – Code for Concrete Containments
- **ACI 349:** Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary.

Ostatecznie przyjęto inne podejście – nieodnoszące się do konkretnych wytycznych (ang. *non descriptive approach*), wedle którego przyszły operator elektrowni jądrowej będzie musiał spełnić wymagania polskiego regulatora jądrowego w oparciu o międzynarodowe standardy oraz ewentualne dalsze wymagania. Przedmiotowe rozporządzenia zostało opublikowane w 2016 r [1].

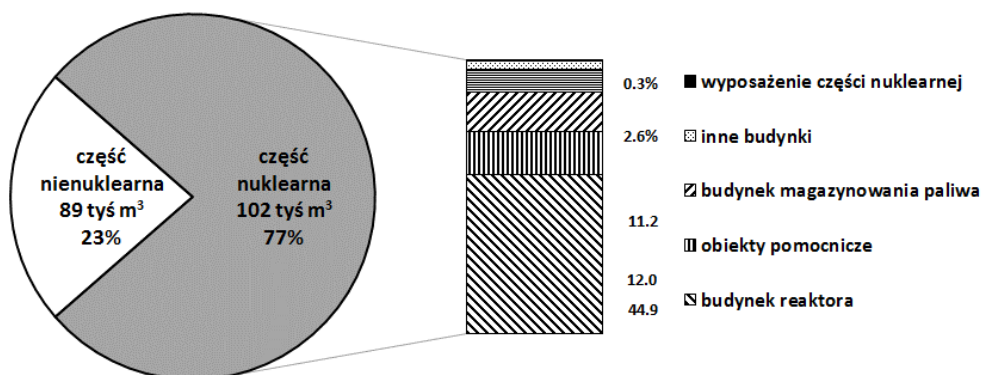
Należy zwrócić uwagę, że od 2013 roku minęło już prawie 5 lat, a w z wymienionych powyżej normach uwzględniono wnioski wynikające z awarii w 2011 roku w elektrowni Fukushima, dodając odpowiednie zapisy, np. ETC-C zastąpiono RCC-CW 2016, a ACI 349 ma nową wersję ACI 349-13 opublikowaną w 2014 roku. Niniejszy biuletyn przedstawia współczesne kody, normy i wytyczne dotyczące konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej, które mogą być wykorzystane przy budowie elektrowni jądrowej w Polsce.

2. Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

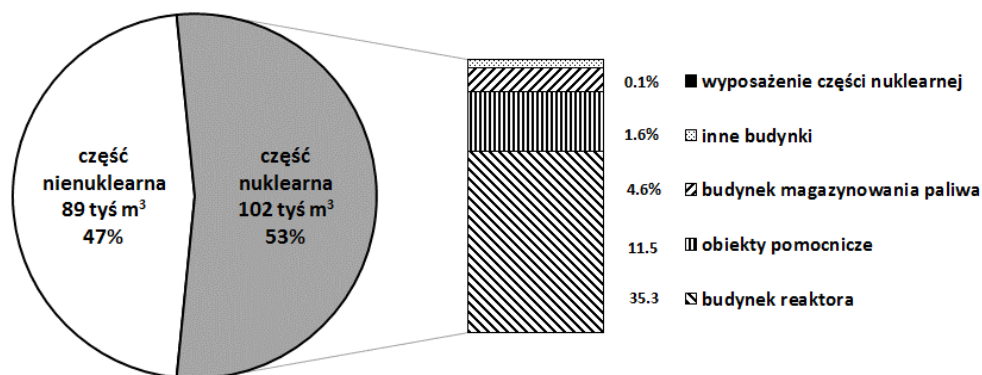
2.1. Uwagi ogólne

Całkowita objętość betonu wbudowana we współczesne elektrownie jądrowe III generacji, takie jak EPR (1600 MWe) czy ABWR (1380 MWe), to około 200 tys. m³ [2]. Z tego niespełna od ¼ do prawie ½ stanowią obiekty części nienuklearnej, w tym głównie budynek i instalacja turbin, a także poboru i odprowadzenia wody chłodzącej. W części nuklearnej (tzw. *nuclear island*) znaczna część wbudowanego betonu jest w budynek reaktora (EPR - 91 tys. m³, ABWR – 68 tys. m³), ale także obiekty pomocnicze oraz budynek magazynowania paliwa (Rys.1).

a) EPR 1600 MWe



b) ABWR 1380 MWe



Rys.1. Schemat przedstawiający objętości wbudowanego betonu we współczesnych elektrowniach jądrowych III generacji (na podstawie danych [2])

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Istotną redukcję betonu uzyskano dla elektrowni z reaktorami generacji III+ (z pasywnym systemem bezpieczeństwa) np. AP1000 (100 tys. m³ betonu). Jest to wprawdzie elektrownia o mniejszej mocy, niemniej objętość betonu w przeliczeniu na 1 MWe jest nadal o ok. 30% mniejsza od pozostałych (Tab.2).

Tab.2. Redukcja objętości wbudowywanego betonu w elektrowni AP1000 wobec pozostałych

| Rodzaj reaktora | | EPR | ABWR | AP1000 |
|--------------------------|------------------------|------|------|--------|
| Moc nominalna | [MWe] | 1600 | 1380 | 1000 |
| Objętość betonu | [tys. m ³] | 205 | 191 | 100 |
| Objętość betonu na 1 MWe | [m ³ /MWe] | 128 | 139 | 100 |

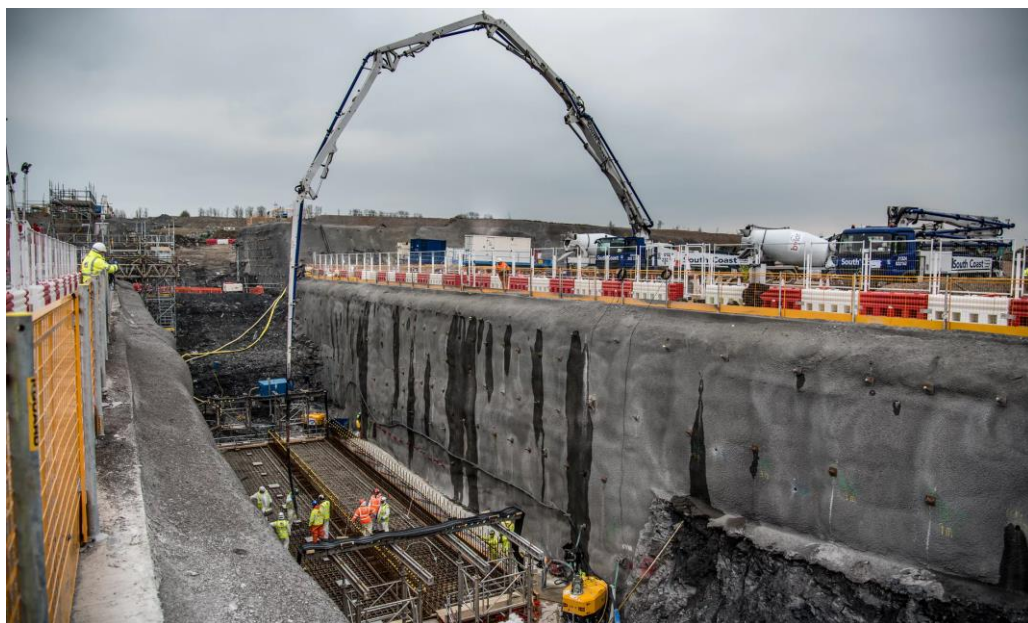
2.2. Znaczenie jakości prac betonowych i żelbetowych w obiektach energetyki jądrowej

O tym jak istotny jest beton w budowie elektrowni jądrowej przekonano się m.in. w Finlandii, gdzie w 2003 roku został podpisany z konsorcjum Areva-Siemens kontrakt Olkiluoto 3 o wartości 3 mld €, a budowa trwa do dnia dzisiejszego. Obecnie przewidywany termin rozruchu to 2018 rok, wobec wstępnie planowanego uruchomienia w roku 2009. Cała budowa będzie zatem trwać od pierwszego betonowania co najmniej 13 lat (wobec planowanych 4 lat), co spowodowało już niemal trzykrotne przekroczenie kosztu budowy (z 3 mld € na 8,5 mld €). Pierwsze problemy z betonem pojawiły się już na etapie wykonywania płyty fundamentowej. W 2009 roku na podstawie STUK Investigation Report 1/06 [3] przeanalizowano przyczyny i sformułowano wniosek [4], iż „powodem znacznego opóźnienia w realizacji projektu, konieczności opracowania dużych przeróbek był nieprawidłowy schemat dostaw betonu, co przyczyniło się do powstania napięcia pomiędzy firmami uczestniczącymi i pociągnęło za sobą poważne straty finansowe”. Podobną konkluzję formułują inni autorzy analizujący ten projekt [5][6].

Z kolei projekt Flamanville 3, którego realizacja się rozpoczęła w 2007 roku, miał być oddany w 2012 roku, a obecny planowany termin rozruchu to 2018 rok, podłączenie do sieci - maj 2019 roku, a osiągnięcie pełnej mocy – listopad 2019 roku (Rys.2). We wrześniu 2015 roku koncern EDF poinformował, że koszt projektu wzrósł z planowanych w 2012 roku 3,3 mld € do 10,5 mld €. EDF i Areva mają nadzieję na wykorzystanie doświadczeń z Olkiluoto 3 i Flamanville 3 w budowie reaktora Hinkley Point C, gdzie w marcu 2017 został zabetonowane pierwsze docelowe elementy konstrukcji (Rys.3). Niemniej podczas przeglądu kosztów Hinkley Point, EDF już potwierdził wzrost budżetu o 1,5 mld funtów ze względu na "lepsze zrozumienie" potrzebnych prac budowlanych i spełnienie wymagań regulatora brytyjskiego.



Rys.2. Widok na plac budowy Flamanville 3 (kwiecień 2017); źródło EDF



Rys.3. Betonowanie pierwszych elementów docelowych konstrukcji Hinkley Point C (kwiecień 2017); źródło EDF

3. Wytyczne dotyczące konstrukcji z betonu w Polsce

Wytyczne w zakresie dotyczącym konstrukcji z betonu w Polsce można podzielić na dwie grupy: konstrukcyjną i materiałową. W pierwszej grupie są przede wszystkim Eurokody, czyli zestaw Norm Europejskich określających zasady projektowania i wykonywania konstrukcji budowlanych oraz sposoby weryfikacji cech wyrobów budowlanych o znaczeniu konstrukcyjnym. W drugiej grupie znajdują się liczne normy dotyczące poszczególnych materiałów i wyrobów stosowanych w budownictwie. W Polsce podstawy i zasady normalizacji określono w **Ustawie o Normalizacji z dn. 12 września 2002r.** Przywołany akt prawny definiuje normę jako dokument przyjęty na zasadzie porozumienia i zatwierdzoną przez upoważnioną jednostkę, ustalającą w powszechnym i wielokrotnym stosowaniu zasady, wytyczne lub charakterystyki odnoszące się do różnych rodzajów działalności lub ich wyników i zmierzający do uzyskania optymalnego stopnia uporządkowania w określonym zakresie [7]. Na tej podstawie ustawa określa Polską Normę jako normę krajową, powszechnie dostępną, zatwierdzoną przez Polski Komitet Normalizacyjny i oznaczoną symbolem PN na zasadzie wyłączności. PN może stanowić wprowadzenie normy europejskiej lub międzynarodowej. Jednocześnie należy pamiętać, że stosowanie PN jest dobrowolne.

3.1. Normy konstrukcyjne - Eurokody

Przy projektowaniu konstrukcji betonowych i żelbetowych podstawę stanowią wytyczne i zalecenia zawarte w zestawie norm europejskich tzw. Eurokodach. Są one podzielone na pakiety obejmujące konkretne zagadnienia, bądź rodzaj konstrukcji. Zalicza się do nich:

- **PN-EN 1990 Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji**
- **PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje**
 - Część 1-1: Oddziaływania ogólne -- Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
 - Część 1-2: Oddziaływania ogólne -- Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru
 - Część 1-3: Oddziaływania ogólne -- Obciążenie śniegiem
 - Część 1-4: Oddziaływania ogólne -- Oddziaływania wiatru
 - Część 1-5: Oddziaływania ogólne -- Oddziaływania termiczne
 - Część 1-6: Oddziaływania ogólne -- Oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji
 - Część 1-7: Oddziaływania ogólne -- Oddziaływania wyjątkowe
 - Część 2: Obciążenia ruchome mostów
 - Część 3: Oddziaływania wywołane dźwignicami i maszynami
 - Część 4: Silosy i zbiorniki

- **PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu**
 - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
 - Część 1-2: Reguły ogólne -- Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe
 - Część 2: Mosty z betonu -- Obliczanie i reguły konstrukcyjne
 - Część 3: Silosy i zbiorniki na ciecze
- **PN-EN 1993 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych**
 - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
 - Część 1-2: Reguły ogólne -- Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
 - Część 1-3: Reguły ogólne -- Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
 - Część 1-4: Reguły ogólne -- Reguły uzupełniające dla konstrukcji ze stali nierdzewnych
 - Część 1-5: Blachownice
 - Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych
 - Część 1-7: Konstrukcje płytowe
 - Część 1-8: Projektowanie węzłów
 - Część 1-9: Zmęczenie
 - Część 1-10: Dobór stali ze względu na odporność na kruche pękanie i ciągliwość międzywarstwową
 - Część 1-11: Konstrukcje cięgnowe
 - Część 1-12: Reguły dodatkowe rozszerzające zakres stosowania EN 1993 o gatunki stali wysokiej wytrzymałości do S 700 włącznie
 - Część 2: Mosty stalowe
 - Część 3-1: Wieże, maszty i kominy -- Wieże i maszty
 - Część 3-2: Wieże, maszty i kominy -- Kominy
 - Część 4-1: Silosy
 - Część 4-2: Zbiorniki
 - Część 4-3: Rurociągi
 - Część 5: Palowanie i ścianki szczelne
 - Część 6: Konstrukcje wsporcze dźwignic
- **PN-EN 1994 Eurokod 4: Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych:**
 - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
 - Część 1-2: Reguły ogólne -- Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe
 - Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów
- **PN-EN 1995 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych**
 - Część 1-1: Postanowienia ogólne -- Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
 - Część 1-2: Postanowienia ogólne -- Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
 - Część 2: Mosty
- **PN-EN 1996 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych**
 - Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych
 - Część 1-2: Reguły ogólne -- Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe
 - Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów
 - Część 3: Uproszczone metody obliczania murowych konstrukcji niezbrojonych
- **PN-EN 1997 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne**
 - Część 1: Zasady ogólne
 - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego

- **PN-EN 1998 Eurokod 8: Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym**
 - Część 1: Reguły ogólne, oddziaływania sejsmiczne i reguły dla budynków
 - Część 2: Mosty
 - Część 3: Ocena i rewaloryzacja budynków
 - Część 4: Silosy, zbiorniki i rurociągi
 - Część 5: Fundamenty, konstrukcje oporowe i inne zagadnienia geotechniczne
 - Część 6: Wieże, maszty i kominy
- **PN-EN 1999 Eurokod 9: Projektowanie konstrukcji aluminiowych**
 - Część 1-1: Reguły ogólne
 - Część 1-2: Projektowanie konstrukcji na wypadek pożaru
 - Część 1-3: Konstrukcje narażone na zmęczenie
 - Część 1-4: Konstrukcje z blach profilowanych na zimno
 - Część 1-5: Konstrukcje powłokowe

Najważniejsze wytyczne związane z projektowaniem elementów konstrukcyjnych z betonu są zawarte w Eurokodzie 2 i 4. Dodatkowo w celu określenia oddziaływań na konstrukcję należy posilkować się Eurokodem 0 i 1. Omawiany zestaw norm nie uwzględnia jednak oddziaływań specjalnych związanych z promieniowaniem jonizującym występującym w obiektach nuklearnych, takich jak: zjawisko radiacji czy oddziaływania termicznego związanego z jądrem reaktora.

3.2. Normy materiałowe PN-EN i PN-B

Polskie normy materiałowe PN-EN od wejścia Polski do Unii Europejskiej, stanowią implementację regulacji opracowywanych przez Europejski Komitet Normalizacyjny. Ze względu na różne uwarunkowania środowiskowe oraz doświadczenia krajowe, normy te posiadają zazwyczaj uzupełnienia, bądź załączniki krajowe, np. dla normy PN-EN 206: Beton - Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, krajowe uzupełnienie stanowi norma PN-B-06265. Normy PN-EN i PN-B opracowują Komitety Techniczne (KT). Obecnie w Polsce działają 324 KT.

W Tab.3 zestawiono normy materiałowe i konstrukcyjne dotyczące konstrukcji z betonu opracowane przez wybrane Komitety Techniczne PKN. Pogrubione zostały numery norm polskich, które według autorów zawierają najistotniejsze wytyczne przy budowie obiektów o konstrukcji z betonu i mogą mieć zastosowanie przy budowie elektrowni jądrowej w Polsce. Podobnie jak w przypadku Eurokodów normy materiałowe nie zawierają specyficznych wytycznych dla budowy elektrowni jądrowych.

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Tab.3. Normy materiałowe i konstrukcyjne dotyczące konstrukcji z betonu opracowane przez wybrane Komitety Techniczne PKN

| Komitet Techniczny | Wykaz norm |
|--|---|
| KT 102 ds. Podstaw Projektowania Konstrukcji Budowlanych | PN-EN 1990; PN-EN 1991-1-(1,3-7); PN-EN 1991-(3,4); PN-EN 1998-(1,3,4,6); PN-EN 13031-1; PN-EN 13084-1; PN-EN 15129; PN-ISO 3898; PN-ISO 8930; PN-B-02170; PN-B-02171; PN-B 03007; |
| KT 108 ds. Kruszyw i Kamienia Budowlanego | PN-EN 932-(1-3,5,6); PN-EN 933-(1-11); PN-EN 1097-(1-11); PN-EN 1367-(1-8); PN-EN 1467; PN-EN 1468; PN-EN 1469; PN-EN 1744-(1,3-8); PN-EN 1925; PN-EN 1926; PN-EN 1936; PN-EN 12057; PN-EN 12058; PN-EN 12059; PN-EN 12370; PN-EN 12371; PN-EN 12372; PN-EN 12407; PN-EN 12440; PN-EN 12620 ; PN-EN 12670; PN-EN 13043; PN-EN 13055; PN-EN 13139 ; PN-EN 13161; PN-EN 13179-(1,2); PN-EN 13242 ; PN-EN 13364; PN-EN 13373; PN-EN 13383-(1,2); PN-EN 13450; PN-EN 13755; PN-EN 14066; PN-EN 14146; PN-EN 14147; PN-EN 14157; PN-EN 14158; PN-EN 14231; PN-EN 14579; PN-EN 14580; PN-EN 14581; PN-EN 14617-(1,2,4-6,8-13,15,16); PN-EN 14618; PN-EN 15285; PN-EN 15286; PN-EN 15388; PN-EN 16140; PN-EN 16301; PN-EN 16306; PN-B 06710; PN-B 06714-46; PN-B 11210 ; PN-B-23003; |
| KT 195 ds. Prefabrykatów z Betonu | PN-EN 40-4; PN-EN 1168 ; PN-EN 1169; PN-EN 1170-(1-8); PN-EN 1338; PN-EN 1339; PN-EN 1340; PN-EN 1341; PN-EN 1342; PN-EN 1343; PN-EN 1344; PN-EN 12737; PN-EN 12794 ; PN-EN 12839; PN-EN 12843; PN-EN 13198; PN-EN 13224; PN-EN 13225; PN-EN 13369 ; PN-EN 13693; PN-EN 13747 ; PN-EN 13748-(1,2); PN-EN 13978-1; PN-EN 14474; PN-EN 14649; PN-EN 14650; PN-EN 14651; PN-EN 14721; PN-EN 14843; PN-EN 14844; PN-EN 14991; PN-EN 14992 ; PN-EN 15037-(1-5); PN-EN 15050; PN-EN 15191; PN-EN 15258; PN-EN 15422 ; PN-EN 15435; PN-EN 15498; PN-EN 15564; PN-EN 16757 ; PN-B 19501; PN-B 19504; PN-B 19507 |
| KT 196 ds. Cementu i Wapna | PN-EN 196-(1-3, 5-10); PN-EN 197-(1,2); PN-EN 413-(1,2); PN-EN 459-(1-3) ; PN-EN 13282-(1-3); PN-EN 13639; PN-EN 14216; PN-EN 14647 ; PN-EN 15368; PN-EN 15743; PN-EN 16908; PN-B 04309; PN-B 19707; PN-B 30010 |
| KT 213 ds. Projektowania i Wykonawstwa Konstrukcji z Betonu | PN-EN 1992-1-(1,2); PN-EN 1992-3; PN-EN 1994-1-(1,2); PN-EN 13084-2; PN-EN 13391 |

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Tab.3. Normy materiałowe i konstrukcyjne dotyczące konstrukcji z betonu opracowane przez wybrane Komitety Techniczne PKN c.d.

| Komitety Techniczne | Wykaz norm |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">KT 254 ds. Geotechniki</p> | <p>PN-EN 1536; PN-EN 1537; PN-EN 1538; PN-EN 1997-(1,2); PN-EN 1998-5; PN-EN 12063; PN-EN 12699; PN-EN 12715; PN-EN 12716; PN-EN 14199; PN-EN 14475; PN-EN 14490; PN-EN 14679; PN-EN 14731; PN-EN 15237; PN-EN ISO 14688-(1,2); PN-EN ISO 14689-1; PN-EN ISO 17628; PN-EN ISO 17892-(1-6); PN-EN ISO 18674-(1,2); PN-EN ISO 22282-(1-6); PN-EN ISO 22475-1; PN-EN ISO 22476-(1-5,7,10-12,15) ; PN-B 02481</p> |
| <p style="text-align: center;">KT 274 ds. Betonu</p> | <p>PN-EN 206; PN-EN 445; PN-EN 446; PN-EN 447; PN-EN 450-(1,2); PN-EN 451-(1,2); PN-EN 480-(1,2,4-6, 8, 10-15); PN-EN 523; PN-EN 524-(1-6); PN-EN 934-(1-6); PN-EN 1008; PN-EN 1504-(1-10); PN-EN 1542; PN-EN 1543; PN-EN 1544; PN-EN 1766; PN-EN 1767; PN-EN 1770; PN-EN 1771; PN-EN 1799; PN-EN 1877-(1,2), PN-EN 1881 PN-EN 12188; PN-EN 12189; PN-EN 12190; PN-EN 12192-(1,2); PN-EN 12350-(1-12); PN-EN 12390-(1-8,11,13); PN-EN 12504-(1-4); PN-EN 12614; PN-EN 12615; PN-EN 12617-(1-4); PN-EN 12618-(1-3); PN-EN 12636; PN-EN 12637-(1,3); PN-EN 13057; PN-EN 13062; PN-EN 13263-(1,2); PN-EN 13294; PN-EN 13295; PN-EN 13395-(1-4); PN-EN 13396; PN-EN 13412; PN-EN 13529; PN-EN 13577; PN-EN 13578; PN-EN 13579; PN-EN 13580; PN-EN 13581; PN-EN 13584; PN-EN 13670; PN-EN 13687-(1-5); PN-EN 13733; PN-EN 13791; PN-EN 13894-(1,2); PN-EN 14068; PN-EN 14117; PN-EN 14406; PN-EN 14487-(1,2); PN-EN 14488-(1-7); PN-EN 14497; PN-EN 14498; PN-EN 14629; PN-EN 14630; PN-EN 14845-(1,2); PN-EN 14889-(1,2); PN-EN 15167-(1,2); PN-EN 15183; PN-EN 15184; PN-EN 16502; PN-EN 16622; PN-B 06264; PN-B 06265</p> |

4. Urzędy dozoru jądrowego w Polsce i na świecie

W Polsce centralnym organem administracji rządowej do spraw bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej jest Prezes **PAA - Państwowej Agencji Atomistyki**.



Jego działalność reguluje ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo Atomowe (Dz.U. z 2017 r. poz. 576) [8] oraz późniejsze akty wykonawcze do tej ustawy. PAA uczestniczy jako przedstawiciel Polski w pracach wielu organizacji międzynarodowych, w tym:

EURATOM Europejska Wspólnota Energii Atomowej (EAEC - European Atomic Energy Community)



MAEA Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (*IAEA – International Atomic Energy Agency*) z siedzibą w Wiedniu. Polska jest członkiem założycielem MAEA od 1957 r.



NEA OECD Agencja Energii Jądrowej (*Nuclear Energy Agency*) w ramach Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju – OECD



WENRA Zachodnioeuropejskie Stowarzyszenie Regulatorów Jądrowych (*Western European Nuclear Regulators Association*)



HERCA *Heads of European Radiological Protection Competent Authorities* jest europejskim stowarzyszeniem skupiającym szefów organów odpowiedzialnych za ochronę radiologiczną w poszczególnych krajach.



W innych krajach europejskich działają analogiczne organy dozoru jądrowego takie jak:

ASN *Autorité de sûreté nucléaire - French Nuclear Safety Authority* (Francja)



ONR *Office for Nuclear Regulation* (Wielka Brytania)



EA *Environment Agency* (Wielka Brytania)

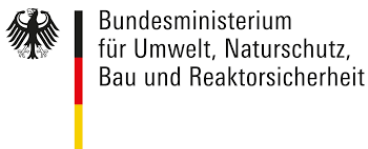


SSM *Strålsäkerhetsmyndigheten - Swedish Radiation Safety Authority* (Szwecja)



Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

BMUB *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit - Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety* (Niemcy)



BfS *Bundesamt für Strahlenschutz - Federal Office for Radiation Protection* (Niemcy)



AFCN *Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire* (Belgia)



STUK *Säteilyturvakeskus - Radiation and Nuclear Safety Authority* (Finlandia)



W Stanach Zjednoczonych urzędem dozoru jądrowego jest **NRC - Nuclear Regulatory Commission**. Jest on powołany do zapewnienia bezpiecznego wykorzystania materiałów radioaktywnych i promieniowania jonizującego, poprzez licencjonowanie i nadzór nad podmiotami i urządzeniami wykorzystującymi materiały radioaktywne i promieniowanie jonizujące, w tym elektrowni jądrowych, aparatury rentgenowskiej itp.



5. Wymagania ogólne dotyczące bezpieczeństwa obiektów energetyki jądrowej

5.1. URD - Utility Requirements Document EPRI



Dokument **URD - Utility Requirements Document**, powstał pod kierownictwem Instytutu Badawczego Elektroenergetyki (**EPRI – Electric Power Research Institute**), który wprawdzie nie jest organizacją opracowującą normy, ale w swoim dokumencie wskazuje politykę i wymagania projektowe amerykańskich towarzystw elektroenergetycznych wobec elektrowni jądrowych w USA generacji III+ (**ALWR – Advanced Light Water Reactor**). Ostatnia wersja tego dokumentu (Revision 13) została opublikowana w grudniu 2014 i ma objętość ponad 3500 stron zawierających około 40 000 wymagań technicznych i projektowych. Obecnie URD jest podzielony na trzy poziomy (*Tiers*):

- Tier 0: Executive Summary (Podsumowanie)
- Tier 1: Policy and Top-Tier Design Requirements
(Polityka i wymagania najwyższego poziomu)
- Tier 2: Detailed Requirements (Wymagania szczegółowe)

W przypadku ALWR poziom 2 składa się z następujących rozdziałów z pośród których najistotniejszy w odniesieniu do budowy elektrowni jądrowej jest Rozdział 6: Projekt budowlany i projekt zagospodarowania:

Chapter 1: Overall Requirements

- Chapter 1.1: Information Management System*
- Chapter 1, Appendix A: PRA Key Assumptions and Ground Rules*
- Chapter 1, Appendix B: Licensing and Regulatory Requirements and Guidance*
- Chapter 1, Appendix C: ALWR Cost Estimating Ground Rules*

- Chapter 2: Power Generation Systems
- Chapter 3: Reactor Coolant System and Reactor Non-Safety Auxiliary Systems
- Chapter 4: Reactor Systems
- Chapter 5: Engineered Safety Systems
- Chapter 6: Building Design and Arrangement**
- Chapter 7: Fueling and Refueling Systems
- Chapter 8: Plant Cooling Water Systems
- Chapter 9: Site Support Systems
- Chapter 10: Man-Machine Interface Systems
- Chapter 11: Electric Power Systems
- Chapter 12: Radioactive Waste Processing Systems
- Chapter 13: Main Turbine-Generator Systems
- Chapter 14: Tier 2 References

5.2. EUR - European Utility Requirements



W Europie dokumentem odpowiadającym URD są **EUR- European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants**, czyli Wymagania Europejskich Towarzystw Energetycznych dla lekko wodnych elektrowni jądrowych (*LWR - Light Water Reactor*). Wymagania te zostały stworzone przez europejskich producentów energii elektrycznej w celu harmonizacji i stabilizacji warunków, w których standardowe elektrownie jądrowe LWR powinny być budowane w Europie.



Rys.4. EUR - European Utility Requirements; źródło EUR organisation

EUR zawiera przede wszystkim wymagania podstawowe stawiane materiałom i instalacjom wykorzystanym w elektrowniach jądrowych, aby zapewnić bezpieczne funkcjonowanie konstrukcji. Dotyczy to przede wszystkim eliminacji zagrożeń związanych z pożarem, radioaktywnym środowiskiem i materiałami promieniotwórczymi. EUR nie przedstawia szczegółowych wymagań stawianych konstrukcjom betonowym i żelbetonowym, składnikom, mieszankom betonowym i betonom używanym w budowie elektrowni jądrowych. W Rozdziale 2.6 pkt 4.9 wskazano jedynie, że:

- dla konstrukcji masywnych, projektant określa odpowiednie wymagania w celu ograniczenia zarysowania termicznego we wczesnym wieku. Aby to osiągnąć, efekt pucolanowy w betonie musi być ograniczony poprzez odpowiednią specyfikację materiałów
- betonowanie w niskich temperaturach powinno być przeprowadzane w kontrolowanych warunkach i z zastosowaniem sprawdzonych praktyk. Zaleca się, aby betonowanie dużych konstrukcji było zaplanowane w łagodnych porach roku. Przy betonowaniu w ekstremalnych warunkach termicznych temperatura betonu powinna być monitorowana i kontrolowana,
- nie zaleca się stosowania dodatków organicznych w celu poprawy właściwości betonu.

Vol 1: Main policies and objectives (główne polityki i cele)

Chapter 1.1: Introduction and road map

Chapter 1.2: Plant design

Chapter 1.3: Safety and licensing

Chapter 1.4: Standardisation

Chapter 1.5: Operational targets

Chapter 1.6: Economic objectives

Vol 2: Generic nuclear island requirements (ogólne wymagania dla wyspy jądrowej)

Chapter 2.1: Safety Requirements

Chapter 2.2: Performance Requirements

Chapter 2.3: Grid Requirements

Chapter 2.4: Design Basis

Chapter 2.5: Codes & Standards

Chapter 2.6: Material-Related Requirements

Chapter 2.7: Functional Requirements for Components

Chapter 2.8: Functional Requirements for Systems and Processes

Chapter 2.9: Containment System

Chapter 2.10: Instrumentation and Control, protection system and Man-Machine Interface

Chapter 2.11: Layout Rules

Chapter 2.12: Design Process and Documentation

Chapter 2.13: Constructability and commissioning

Chapter 2.14: Operation, Maintenance and Procedures

Chapter 2.15: Quality Assurance

Chapter 2.16: Decommissioning

Chapter 2.17: Probabilistic Safety Assessment Methodology

Chapter 2.18: Performance Assessment Methodology

Chapter 2.19: Cost Assessment Information Requirements

Vol 3: Application of EUR to specific designs (zastosowanie do konkretnych projektów)

Volume 3A: BWR 90 06/1999

Volume 3B: EPR Rev.A. 12/1999

Volume 3B: EPR Rev.B. 06/2009

Volume 3C: EPP 12/1999

Volume 3D: ABWR 12/2001

Volume 3E: SWR 1000 02/2002

Volume 3F: AP 1000 06/2006

Volume 3G: AES 92 06/2006

Vol 4: Power generation plant requirements (wymogi układu wytwarzania energii)

Chapter 4.1: Introduction to the volume 4

Chapter 4.2: Overall requirements

Chapter 4.3: Layout

Chapter 4.4: Design requirements

Chapter 4.5: Main turbine generator systems

Chapter 4.6: Steam, condensate and feedwater systems

Chapter 4.7: Electric power systems

Chapter 4.8: Circulating water systems

Chapter 4.9: Auxiliary systems

Chapter 4.10: Instrumentation and Control

Chapter 4.11: Operation, maintenance and procedures

6. Wymagania szczegółowe dotyczące konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej

6.1. AFCEN RCC-CW



RCC-CW, czyli techniczny kod robót budowlanych dotyczący klasy bezpieczeństwa budynków i obiektów inżynierskich, których awaria może mieć wpływ na bezpieczeństwo jądrowe w elektrowni. RCC-CW zawiera dokładne i praktyczne zasady projektowania, budowy i badania konstrukcji inżynierskich. Został opracowany na podstawie norm europejskich, na ogół mających również status Polskich Norm PN-EN, w tym dotyczących konstrukcji (Eurokody) oraz francuskich szczególnych przepisów bezpieczeństwa dotyczących budynków. RCC-CW jest przeznaczony do stosowania w ramach umownych relacji pomiędzy klientami i dostawcami, w celu ułatwienia dyskusji z organami bezpieczeństwa jądrowego oraz w tworzeniu dokumentów ułatwiających eksport raportów bezpieczeństwa. Wymagana jakość betonu wynikająca z doświadczeń francuskich jest dostosowana do równoważnych praktyk krajowych. Stosowanie RCC-CW jest dobrowolne.

Dokument RCC-CW w wersji z 2016 roku składa się z czterech części, których zawartość przedstawia się następująco:

- **Część G** – General: ogólne postanowienia: przedstawia strukturę i zakres RCC-CW, wymienia normy i teksty, które są przywołane w następujących częściach i podaje wymagania dotyczące zarządzania jakością.;
- **Część D** – Design: oddziaływania i kombinacje oddziaływań, które należy uwzględnić przy projektowaniu konstrukcji, wartości liczbowe (intensywność obciążeń) powiązane z tymi oddziaływaniami powinny zawierać szczegółowe dokumenty każdego projektu elektrowni jądrowej; zasady i kryteria niezbędne do projektowania konstrukcji z betonu, stalowej obudowy bezpieczeństwa (steel liner), wykładzin metalowych zapewniających szczelność zbiorników basenu i kanałów między zbiornikami, konstrukcji stalowych, zamocowań oraz zagadnień geotechnicznych;
- **Część C** – Construction: szczegółowe wymagania dotyczące wykonywania konstrukcji z betonu, zbrojenia, systemu sprężającego, elementów metalowych zapewniających szczelność, itp.;
- **Część M** – Maintenance and Monitoring: główne zasady dotyczące badań i monitoringu obudowy bezpieczeństwa, obejmujących wstępną kontrolę odbioru i badania okresowe.

Dla projektowania i wykonywania konstrukcji z betonu najistotniejsze są rozdziały **DCONC** oraz **CCONC**.

Part G General

GUSER NOTE TO THE USER

GTABL ORGANISATION OF THE RCC-CW

GREFD STANDARDS AND DOCUMENTS REFERRED TO IN THE RCC-CW

GDEFN DEFINITIONS, NOTATIONS AND ABBREVIATIONS

GGENP GENERAL PROVISIONS

Part G Appendices

GA RPP - MANAGEMENT SYSTEM

Part D Design

DGENR DESIGN GENERAL REQUIREMENTS

DGEOT GENERAL RULES FOR GEOTECHNICAL DESIGN

DCONC GENERAL RULES FOR CONCRETE STRUCTURES

DCLIN METAL PARTS INVOLVED IN THE LEAKTIGHTNESS OF THE CONTAINMENT

DPLIN METAL PARTS INVOLVED IN THE WATERTIGHTNESS OF THE POOLS AND TANKS

DSTLW GENERAL RULES FOR STRUCTURAL STEELWORK

DANCH INTERFACE REQUIREMENTS BETWEEN ANCHORS AND CONCRETE

Part D Appendices

DA SEISMIC ANALYSIS

DB CREEP AND SHRINKAGE STRAINS AND CRACKS OF CONCRETE

DC ENGINEERING METHODS FOR MISSILE IMPACT AND DROPPED LOADS

DD PERFORATION AND SCABBING OF CONCRETE TARGETS IMPACTED BY HARD MISSILES

DE ENTRY POINT FOR REQUIREMENTS APPLYING TO THE PARTS OF ANCHOR SYSTEMS

DF CALCULATION OF THE STATIC FORCE EQUIVALENT TO SOME SPECIFIC ACCIDENTAL ACTIONS

DG (INFORMATIVE) TABLES OF REQUIREMENTS

DH SHEAR RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

DI HCLPF METHODOLOGY

DJ (INFORMATIVE) STRUCTURAL CAPACITY FOR REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

DK TORNADO

DL TENSILE PRESTRESSED AND REINFORCED CONCRETE TIE STIFFNESS FOR THERMAL LOAD ADVANCED CALCULATION

DM DESIGN EXTENSION SEISMIC CAPACITY

Part C Construction

| | |
|--------------|--|
| <i>CGEOT</i> | <i>EARTHWORKS AND SOIL TREATMENTS</i> |
| CCONC | CONCRETE |
| <i>CFNSH</i> | <i>SURFACE FINISH AND FORMWORK</i> |
| <i>CREIN</i> | <i>REINFORCEMENT FOR REINFORCED CONCRETE</i> |
| <i>CPTSS</i> | <i>POST TENSIONING SYSTEM</i> |
| <i>CPREF</i> | <i>PREFABRICATED CONCRETE ELEMENTS AND REINFORCEMENT CAGES</i> |
| <i>CCLIN</i> | <i>LEAKTIGHT METAL PARTS ON CONTAINMENTS</i> |
| <i>CPLIN</i> | <i>POOLS AND TANKS</i> |
| <i>CSTLW</i> | <i>STRUCTURAL STEELWORK</i> |
| <i>CANCH</i> | <i>METAL ELEMENTS EMBEDDED INTO THE CONCRETE</i> |
| <i>CBURP</i> | <i>REINFORCED CONCRETE PIPELINES</i> |
| <i>CJOIN</i> | <i>JOINT SEALING</i> |
| <i>CTOLR</i> | <i>SURVEY NETWORKS, TOLERANCES AND MONITORING SYSTEMS</i> |

Part C Appendices

| | |
|-----------|---|
| <i>CA</i> | <i>TOLERANCES</i> |
| <i>CB</i> | <i>CONCRETE PROPERTIES ACCORDING TO EXPOSURE CLASSES</i> |
| <i>CC</i> | <i>INFORMATION AND REQUIREMENTS RELATIVE TO PRESTRESSING SYSTEMS</i> |
| <i>CD</i> | <i>TRANSLATION OF THE REQUIREMENTS FROM 'NF MARK' CEMENTS, 'NF MARK' ADMIXTURES AND CURING COMPOUNDS, AND 'NF MARK' SPECIAL PRODUCTS FOR CONSTRUCTION WITH HYDRAULIC CONCRETE</i> |
| <i>CE</i> | <i>TRANSLATION OF NF P 18-576: DETERMINATION OF FRIABILITY COEFFICIENT FOR FINE AGGREGATES</i> |
| <i>CF</i> | <i>TRANSLATION OF NF P 18-459: TESTING HARDENED CONCRETE — TESTING POROSITY AND DENSITY</i> |
| <i>CG</i> | <i>TRANSLATION OF NF P 18-507: WATER RETENTION TEST</i> |
| <i>CH</i> | <i>TRANSLATION OF NF P 18-454: POTENTIAL REACTIVITY OF A CONCRETE MIX WITH REGARDS TO ALKALI-SILICA REACTION</i> |
| <i>CI</i> | <i>SEISMIC ISOLATION SYSTEM</i> |

PART M Maintenance and Monitoring

| | |
|--------------|--|
| <i>MCONT</i> | <i>LEAK RESISTANCE TEST AND CONTAINMENT MONITORING</i> |
|--------------|--|

Part M Appendices

| | |
|-----------|--|
| <i>MA</i> | <i>EXAMPLE OF LAYOUTS FOR CONCRETE STRAIN SENSORS EMBEDDED IN THE RESTRESSED CONTAINMENT</i> |
| <i>MB</i> | <i>NIKURADZE FORMULA FOR TRANSPOSITION BETWEEN ACCIDENTAL AND TEST CONDITIONS</i> |
| <i>MC</i> | <i>RECOMMENDATIONS REGARDING MONITORING AND ISI OF RB CONTAINMENT</i> |

W rozdziale **DCONC** oraz załączniku DC - oprócz Eurokodów i normy EN 206 przywołane są następujące dokumenty:

- AFGC 2007:** Concrete design for a given structure service life - Durability management with regard to reinforcement corrosion and alkali-silica reaction -State of the art and Guide for the implementation of a predictive performance approach based on upon durability indicators
- CEB-FIP:** CEB/FIP Model Code for Concrete Structures
- ETAG013:** Post Tensioning Kits for prestressing of Structures
- IAEA-NS-G-1.10:** Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants Safety Guide Series

Rozdział **CCONC** zawiera szeroki zakres wymagań dotyczących konstrukcji betonowych, w tym betonu zbrojonego i betonu sprężonego, w celu spełnienia podstawowych wymogów bezpieczeństwa, którymi są:

- wymagana odporność i stabilność konstrukcji,
- wymagana szczelność,
- wymagana trwałość, w tym:
 - zapobieganie efektom korozji wewnętrznej wynikającej z reakcji alkalia-krzemionka (*ASR-Alkali-Silica Reaction*) oraz tworzenia opóźnionego ettryngitu (*DEF- Dalayed Ettringite Formation*)
 - zmniejszenie/zapobieganie spękania betonu i korozji stali zbrojeniowej
 - kontrolowanie pęcznienia betonu

Rozdział **CCONC** składa się z siedmiu podrozdziałów:

- CCONC 1000:** Składniki - Charakterystyka, wybór składników i testów kontroli zgodności
- CCONC 2000:** Kwalifikacja i specyfikacja betonu
- CCONC 3000:** Produkcja i kontroli zgodności
- CCONC 4000:** Transport mieszanki betonowej
- CCONC 5000:** Układanie mieszanki betonowej (zalecenia dotyczące zagęszczania, pielęgnacji, itp.)
- CCONC 6000 :** Produkty uszczelniające i wyrównujące
- CCONC 7000:** Dodatkowe środki uszczelniające do betonu: iniekcje.

Właściwości betonu powinny być zgodne z wymaganiami części **DCONC**. Wymagania przedstawione w RCC-CW 2016 są oparte na normach europejskich i francuskiej praktyce pod względem wymagań jakościowych dla betonu (znakowanie NF, znak CE, etc.). **Normy i praktyki krajowe mogą zastąpić francuskie, pod warunkiem że są równoważne i zaakceptowane w projekcie.** Liczba krajowych norm francuskich na liście w rozdziale **GREFD** dotyczącym rozdziału **CCONC**, na które powołano się RCC-CW 2016 nie zmieniła się w stosunku do tej, która była w ETC-C 2010 [9], natomiast dokonano kilku zmian (Tab.4). Dodatkowo w załącznikach do części C - Construction RCC-CW 2016 pojawiły się tłumaczenia dla klasyfikacji znakowania NF oraz tłumaczenia norm NF P18-454, NF P18-459, NF P18-507 i NF P 18-576.

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

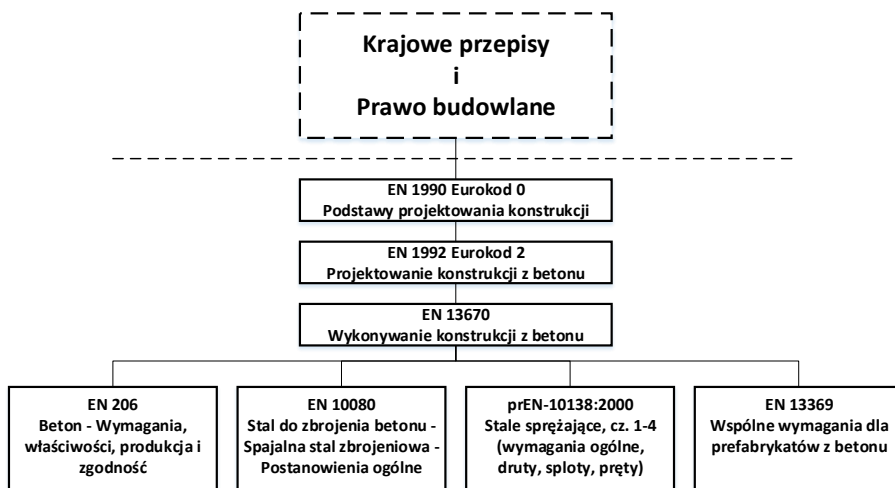
Z listy usunięto natomiast normy: **ASTM C457:1998**, *Microscopical determination of parameters of the air-void system in hardened concrete* oraz **ISO 1920-10:2010** *Testing of concrete – Part10 : Determination of static modulus of elasticity in compression*.

Szczegółowa analiza wymagań z rozdziału **CCONC** w stosunku do praktyki budowlanej w Polsce wskazuje na istotne różnice, chociażby w zalecanych wartościach granicznych dotyczących składu oraz właściwości betonu czy specyfikacji i kontroli jakości betonu [10].

Tab.4. Lista krajowych norm francuskich w rozdziale GREFD dla rozdziału CCONC RCC-CW 2016 wobec odpowiedniej listy w ETC-C 2010

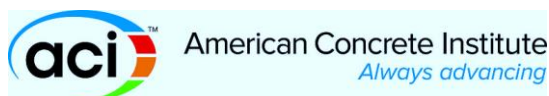
| Norma | Data | Tytuł |
|------------------------|--------------------|--|
| NF EN 206-1 /CN | 12/2012 | Concrete - Part 1: specification, performance, production and conformity - National addition to NF EN 206-1 |
| NF P 15-317 | 09/2006 | Hydraulic binders - Sea-water resisting cements |
| NF P 15-318 | 09/2006 | Hydraulic binders – Cement with limited sulphides content for use in prestressed concrete. (usunięto w RCC-CW 2016) |
| NF P 15-319 | 01/2014 | Hydraulic binders - Cements for works using waters with high sulfate content |
| NF P 18-363 | 12/2014 | Admixtures for concrete, mortar and grout - Tusschenbroeck test |
| NF P 18-370 | 07/2013 | Admixtures - Curing products for concrete and mortar - Definition, specifications and marking |
| NF P 18-424 | 05/2008 | Concrete - Freeze test on hardened concrete - Freeze in water - Thaw in water |
| NF P 18-425 | 05/2008 | Concrete - Freeze test on hardened concrete - Freeze in water - Thaw in water |
| NF P18-454* | 12/2004 | Concrete - Reactivity of a concrete formula with regard to the alkali-aggregate reaction - Performance test |
| NF P18-459* | 03/2010 | Concrete - Testing hardened concrete - Testing porosity and density |
| NF P18-507* | 11/1992 | Additions for concrete - Water retention - Method for measurement of fluidity by flowing with the "cone de Marsh" |
| NF P 18-508 | 01/2012 | Additions for concrete - Limestone additions - Specifications and conformity criteria |
| NF P 18-509 | 09/2012 | Additions for concrete - Silicious additions - Specifications and conformity criteria |
| FD P 18-542 | 02/2004 | Aggregates – Criteria for qualification natural aggregates for hydraulic concrete with respect to the alkali reaction. (usunięto w RCC-CW 2016) |
| NF P 18-545 | 09/2011 | Aggregates - Defining elements, conformity and coding |
| NF P 18-576* | 02/2013 | Aggregates - Measurement of the friability coefficient for fine aggregate |
| XP P 18-594 | 02/2004 | Aggregates - test methods on reactivity to alkalis |
| XP P 18-420 | 05/2012 | Concrete - Scaling test for hardened concrete surfaces exposed to frost in the presence of a salt solution (dodano w RCC-CW 2016) |

* normy przetłumaczone w załącznikach do części C - Construction RCC-CW 2016



Rys.5. Schemat powiązań normowych w rozdziale CCONC RCC-CW 2016

6.2. ACI - American Concrete Institute



ACI - American Concrete Institute jest stowarzyszeniem technicznym non-profit, którego jednym z zadań jest opracowywanie dokumentów normowych. Wydało ono szereg norm, które mają zastosowanie przy projektowaniu i wykonywaniu konstrukcji betonowych i żelbetonowych w obiektach energetyki jądrowej. Obiekty części nienuklearnej w USA obejmują normy **ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary** oraz **ACI 301-16 Specifications for Structural Concrete**, natomiast obiekty istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego należy projektować i wykonywać zgodnie z **ACI 349-13 Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary**. Uzupełnieniem podstawowej normy ACI 318 są inne dokumenty opracowane przez komitety ACI. Kompletny zestaw standardów ACI zawiera **Manual of Concrete Practice MCP**, w którym wśród ponad 250 dokumentów, na szczególną uwagę w odniesieniu do elektrowni jądrowych zasługują dokumenty komitetu **ACI 349 – Concrete Nuclear Structures**:

ACI 349-13: Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary

ACI 349.3R-02: Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures

ACI 349.2R-07: Guide to the Concrete Capacity Design (CCD) Method—Embedment Design Examples

ACI 349.1R-07: Reinforced Concrete Design for Thermal Effects on Nuclear Power Plant Structures

6.3. ASME - American Society of Mechanical Engineers



Komitet 359 – *Concrete Containments for Nuclear Reactors*, który jest wspólnym komitetem ACI i ASME, przygotował normę **ACI 359-07 Code for Concrete Containments – Rules for Construction of Nuclear Facility Components**, która jest oparta na modyfikacji normy ACI 318-14 i została włączona do **ASME Boiler and Pressure Vessel Code BPVC Section III Division 2 – Concrete Reactor Vessels and Containments**.

Istotne wydają się być także normy dotyczące betonu ciężkiego i masywnego, w tym:

ACI 211.1-91: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009)

ACI 221R-96: Guide for Use of Normal Weight and Heavyweight Aggregates in Concrete (Reapproved 2001)

ACI 304.3R-96: Heavyweight Concrete: Measuring, Mixing, Transporting, and Placing (Reapproved 2004)

ACI 207.1R-05: Guide to Mass Concrete (Reapproved 2012)

ACI 207.2R-07: Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete

ACI 207.3R-94: Practices for Evaluation of Concrete in Existing Massive Structures for Service Conditions (Reapproved 2008)

ACI 207.4R-05: Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete (Reapproved 2012)

ACI 207.5R-11: Report on Roller-Compacted Mass Concrete

ACI 364.11T-15: Managing Alkali-Aggregate Reaction Expansion in Mass Concrete

Wykonywanie konstrukcji z betonu powinno natomiast odbywać się zgodnie z:

ACI 304R-00: Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete (Reapproved 2009).

6.4. ANSI/ANS - American National Standards Institute/American Nuclear Society



Utworzone w 1954 roku Amerykańskie Stowarzyszenie Nuklearne **ANS** - **American Nuclear Society** w 1956 roku utworzyło w swojej strukturze komitet normalizacyjny, którego celem jest opracowywanie i rozwój norm technicznych. Wszystkie normy ANS są zatwierdzone przez **ANSI - American National Standards Institute** i są uznawane za **ANS - American National Standards**. Wśród ponad 80-ciu aktualnych norm dwie dotyczą bezpośrednio betonu jako materiału osłonowego:

ANSI/ANS-6.4-2006 (R2016): Nuclear Analysis and Design of Concrete Radiation Shielding for Nuclear Power Plants
(Revision of ANS 6.4-1997; R2004)

ANSI/ANS-6.4.2-2006 (R2016): Specification for Radiation Shielding Materials
(Revision of ANS-6.4-1985; R1997; R2004)

6.5. ASTM International - American Society for Testing and Materials



Założona w 1898 roku międzynarodowa organizacja non-profit opracowująca normy, która jest jednym z największych na świecie tego typu stowarzyszeń niedochodowych. ASTM opracowuje i rozpowszechnia normy dotyczące materiałów, wyrobów, systemów i usług wykorzystywanych w budownictwie, produkcji i transporcie. Są one stosowane i uznawane na całym świecie w prowadzeniu działalności naukowo-badawczej, testowaniu materiałów. W oparciu o nie działają systemy jakości oraz wymiana handlowa. Na aż 2444 normy z zakresu budownictwa zawartych w Section 4 Annual Book of ASTM Standards 2017, składa się:

- Volume 04.01: Cement; Lime; Gypsum (139)
- Volume 04.02: Concrete and Aggregates (186)
- Volume 04.03: Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems (287)
- Volume 04.04: Roofing, Waterproofing (172)
- Volume 04.05: Chemical-Resistant Nonmetallic Materials; Vitriified Clay Pipe; Concrete Pipe; Fiber Reinforced Cement Products; Mortars and Grouts; Masonry; Precast Concrete (285)
- Volume 04.06: Thermal Insulation; Building and Environmental Acoustics (220)
- Volume 04.07: Building Seals and Sealants; Fire Standards; Dimension Stone (201)
- Volume 04.08: Soil and Rock (I): D421-D5876 (204)
- Volume 04.09: Soil and Rock (II): D5878-latest (167)
- Volume 04.10: Wood (90)
- Volume 04.11: Building Constructions (I): E72-E2110 (160)
- Volume 04.12: Building Constructions (II): E2112--latest; Sustainability; Asset Management; Technology and Underground Utilities (182)
- Volume 04.13: Geosynthetics (151)

6.6. Pozostałe

Niektóre kraje dysponujące elektrowniami jądrowymi posiadają własne narodowe wymagania dotyczące tego typu obiektów.

6.6.1. Kanada (CSA)



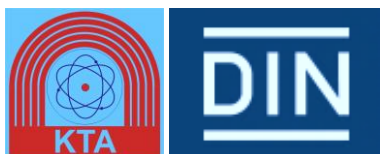
W Kanadzie podstawową jednostką rządową zajmującą się kwestiami bezpieczeństwa i budowy elektrowni atomowych jest Komisja ds. Bezpieczeństwa Jądrowego (*Canadian Nuclear Safety Commission CNSC*). Wydała ona w 2008 roku dokument **RD-337: Design of New Nuclear Power Plants**, zawierający oczekiwania i wytyczne obejmujące projektowanie elektrowni jądrowych chłodzonych wodą. Opiera się ona dostosowaniu wytycznych zawartych w dokumencie **IAEA NS-R-1: Safety of Nuclear Plants: Design** do regulacji kanadyjskich. Za tworzenie, implementację oraz rozwój kanadyjskich norm odpowiada zaś niezależna organizacja *Canadian Standards Association (CSA, obecnie CSA Group)*. Do norm kanadyjskich związanych z konstrukcjami betonowymi oraz betonowymi obudowami bezpieczeństwa dla elektrowni jądrowych zalicza się przede wszystkim:

| | |
|-----------------------------------|--|
| CSA A864: | Guide to the Evaluation and Management of Concrete Structures Affected by Alkali-Aggregate Reaction |
| CSA N285.5: | Periodic inspection of CANDU nuclear power plant containment components |
| CSA N287.1-93 (R2004): | General Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants |
| CSA N287.2-08: | Material Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants |
| CSA N287.3-93 (R2004): | Design Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants |
| CAN/CSA-N287.4-92 (R2008): | Construction, Fabrication and Installation Requirements for Concrete Containment |
| CSA N287.5-93 (R2004): | Examination and Testing Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU |
| CSA N287.6-94 (R2004): | Pre-Operational Proof and Leakage Rate Testing Requirements for Concrete Containment |
| CSA N287.7-08: | In-service examination and testing requirements for concrete containment structures for CANDU nuclear power plants |
| CSA S448.1-93 (R2005): | Repair of Reinforced Concrete in Buildings |

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Powyższe normy dotyczą przede wszystkim elektrowni z ciężkowodnym reaktorem jądrowym, tzw. CANDU (**C**anadian **D**euterium **U**ranium) charakterystycznych dla Kanady. Dla tego typu reaktorów Candu Owners Group (COG) wraz z University Network of Excellence in Nuclear Engineering (UNENE) stworzyło podręcznik "The Essential CANDU" opisujący w sposób szczegółowy nie tylko zagadnienia nauki jądrowej, ale również inżynierii biorąc za wzorzec reaktory CANDU.

6.6.2. Niemcy (KTA, DIN)



W Niemczech projektowanie i budowa elementów konstrukcyjnych elektrowni atomowych opiera się na specyfikacji Komisji ds. standardów bezpieczeństwa jądrowego - KTA (*Kerntechnischer Ausschuss*) oraz normach Niemieckiego Instytutu Normalizacji - DIN (*Deutsches Institut für Normung*). W 2012 roku utworzono w Niemczech dodatkowo Komisję ds. Bezpieczeństwa Reaktorów Jądrowych (RSK) przy niemieckim Federalnym Ministerstwie Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Nuklearnego (BMUB) stanowiącą organ doradczy w sprawach bezpieczeństwa w elektrowniach jądrowych. Specyfikacje KTA były historycznie tworzone na podstawie niemieckich norm krajowych i amerykańskich norm bezpieczeństwa jądrowego ASME. Ze względu na ciągłe zmiany technologiczne, produkcyjne i normalizacyjne specyfikacje te weryfikuje się przynajmniej raz na 5 lat [11]. Obecnie w skład specyfikacji KTA wchodzi ponad 100 dokumentów, z czego najważniejsze ze względu na projektowanie konstrukcji betonowych i żelbetowych są:

KTA-GS-78: Recommendations Regarding the Application of KTA Safety Standards Considering Current Structural Engineering Standards

KTA 2201.3: Design of Nuclear Power Plants Against Seismic Events; Part 3: Civil Structures

KTA-GS-78 zawiera zalecenia do stosowania w częściowej koncepcji bezpieczeństwa wymaganej do projektowania konstrukcji budowlanych w Europie. Te zalecenia, które koncentrują się przede wszystkim na wymaganiach specyficznych dla elektrowni jądrowych, dotyczą zarówno betonu wzmocnionego, jak i wstępnie sprężonego, a także konstrukcji stalowej. KTA 2201.3 zawiera zaś szczegółowe informacje na temat projektowania konstrukcji elektrowni jądrowych w celu wyeliminowania skutków trzęsienia ziemi [12]. Instytut DIN jest niezależną jednostką normalizacyjną opracowującą normy o tej samej nazwie w zgodzie z regulacją i standaryzacją

europijską. Podobnie jak polskie normy PN są one do dobrowolnego stosowania i zapewniają one wdrożenie w Niemczech wytycznych opracowywanych przez Europejski Komitet Normalizacyjny, ale także mogą stanowić dodatkowe wymagania krajowe. Z tej grupy norm, do celów projektowania i budowy obiektów z betonu w elektrowniach jądrowych, należy zaliczyć:

- DIN 25449:** Reinforced and prestressed concrete components in nuclear facilities - Safety concept, actions, design and construction
- DIN 25459:** Reinforces and prestressed concrete containment for nuclear power plants
- DIN 25413-1:** Classification of shielding concretes by proportion of elements - part 1: neutron shielding
- DIN 25413-2:** Classification of shielding concretes by proportion of elements - part 2: gamma shielding

Dokument DIN 25449 zawiera konkretne definicje określonych działań nadzwyczajnych w elektrowniach jądrowych oraz szczegóły dowodów, koncepcji projektowych betonowych, wzmocnionych i prefabrykowanych. Norma DIN 25459 reguluje wymagania konstrukcyjne, obejmujące możliwe warianty zamknięcia - żelbetowe i sprężone obudowy bezpieczeństwa. Ostatnie wytyczne DIN 25413 stanowią normę materiałową określającą odpowiednie parametry dla kruszywa, cementu w mieszankach betonowych przeznaczonych do betonów osłonowych przed promieniowaniem neutronowym i gamma w obiektach jądrowych [12].

6.6.3. Japonia (AIJ,JSME)



**Architectural
Institute of Japan**



Po awarii elektrowni jądrowej w Fukushima w 2011r. rząd Japonii zdecydował o konieczności poprawy standardów bezpieczeństwa związanych z budową i eksploatacją obiektów jądrowych. W 2012 roku powołano Urząd Regulacji Atomowej (*Nuclear Regulation Authority – NRA*) zastępujący dwa rządowe organy ds. atomistyki: Agencję Bezpieczeństwa Jądrowego i Przemysłowego (*NISA*) oraz Komisję ds. Bezpieczeństwa Jądrowego (*NSC*). Powstała jednostka ma za zadanie nadzorować stan bezpieczeństwa elektrowni jądrowych oraz odpowiadać za wprowadzanie nowych przepisów bezpieczeństwa zatwierdzonych przez rząd.

Japońskie normy projektowe i konstrukcje w zakresie obiektów inżynierskich betonowych i żelbetowych w elektrowniach jądrowych opierają się przede wszystkim na wytycznych opracowanych przez Japoński Instytut Architektury (AIJ) oraz Japońskie Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników (JSME). Do najważniejszych dokumentów należy zaliczyć:

- AIJ Standard for Structural Calculation of Reinforced Concrete Structures, 1999, 412 pp., Architectural Institute of Japan, Tokyo 108-8414, Japan (in Japanese)
- AIJ Standard for Structural Design and Construction of Prestressed Concrete Structures, 1998, 473 pp., Architectural Institute of Japan, Tokyo 108-8414, Japan (in Japanese)
- Standard Specifications for Concrete Structures, Japan Society of Civil Engineers, Tokyo, 160-0004, Japan, 2002:
 - Part 1. Structural Performance Verification (Japanese version, 257 pp.; English version, 274 pp.)
 - Part 2. Seismic Performance Verification (Japanese version, 133 pp.; English version, 47 pp.)
 - Part 3. Materials and Construction (Japanese version, 380 pp.; English version, 443 pp.)
- JSME S NC1: Rules on Design and Construction for Nuclear Power Plants. (JSME Design and Construction Code)
- JSME S NE1: Rules on Concrete Containment Vessels for Nuclear Power Plants
- JEAG 4601: Technical Guidelines for Seismic Design of Nuclear Power Plant

7. Wdrożenie wymagań dotyczących konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej w Europie

7.1. Finlandia

W Finlandii zgodnie z rozdziałem 7r Ustawy o energetyce jądrowej (990/1987), szczegółowe wymagania dla wdrożenia poziomu bezpieczeństwa zgodnie z ustawą o energetyce jądrowej określa i publikuje *Radiation and Nuclear Safety Authority* (STUK). W zakresie wymagań dla konstrukcji z betonu do 2013 roku obowiązywał **Guide YVL 4.1: Concrete structures for nuclear facilities**, który 15 listopada 2013 został zastąpiony przez **Guide YVL E.6: Buildings and structures of a nuclear facility**. Zarówno w dokumencie YVL 4.1 jak i YVL E.6 jest stwierdzenie: „*Konstrukcje, materiały i wyniki ich badań powinny spełniać wymagania fińskiego prawa, przepisów i norm budowlanych. Jeżeli fińskie przepisy, kody i normy są niewystarczające, mogą być wykorzystane przepisy i wytyczne zagraniczne, ale należy w takim przypadku udowodnić, że dane przepisy, kody i standardy mają zastosowanie w tej materii.*” W Annex A do YVL E.6 są szczegółowe instrukcje dotyczące wykonywania konstrukcji betonowych, w którym wymieniono normy SFS, które należy stosować przy kontroli jakości wykonywania konstrukcji z betonu. Są to:

Beton:

SFS-EN 206+A1:2016: Concrete. Specification, performance, production and conformity

SFS-7022:2015: Concrete. Application of standard SFS-EN 206-1 in Finland

Cement:

SFS-EN 197-1:2012: Cement. Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

SFS-7022:2015: Concrete. Application of standard SFS-EN 206-1 in Finland

Kruszywo:

SFS-EN 12620+A1:2008:Aggregates for concrete

SFS 7003:2016: Concrete aggregates are the characteristics required for different applications and the requirements for them

Woda:

SFS-EN 1008:2002: Mixing water for concrete. Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete

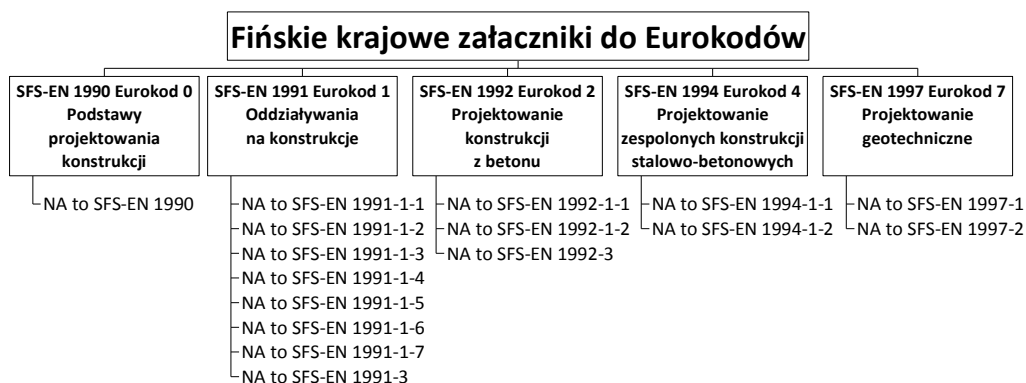
Domieszki:

SFS-EN 934-2:2013: Admixtures for concrete, mortar and grout. Part 2: Concrete admixtures. Definitions, requirements, conformity, marking and labelling

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

W przypadku projektu Olkiluoto 3 w Finlandii (Rys.7-8), urządzenia mechaniczne z najwyższych klas bezpieczeństwa (klasy 1 i 2) były projektowane i produkowane zgodnie z jednym z trzech kodów nuklearnych (RCC-M, ASME Sekcja III i KTA). Kod RCC-M został wybrany jako odniesienie do projektowania i wytwarzania głównych urządzeń mechanicznych, takich jak zbiornik reaktora, stabilizator ciśnienia, wytwornice pary, elementy obiegu pierwotne, zawory nadciśnieniowe i zawory bezpieczeństwa uruchamiane w razie poważnej awarii.

Z kolei prace budowlane były realizowane zgodnie z lokalnymi wymaganiami fińskimi, w tym *The National Building Code of Finland (RakMK)*, *Ministry of the Environment* oraz *BY50, Concrete Code 2012, Concrete Association of Finland*. Należy także zwrócić uwagę, że podobnie jak w Polsce, w Finlandii opracowano załączniki krajowe do Eurokodów, w tym najważniejsze z punktu widzenia budowy obiektów jądrowych (Rys.6).



Rys.6. Schemat opublikowanych w Finlandii krajowych załączników do Eurokodów



Rys.7. Zdjęcia z budowy elektrowni Olkulioto 3 w Finlandii (lipiec 2009);
źródło: BBC World Service via Flickr



Rys.8. Zdjęcia z budowy elektrowni Olkulioto 3 w Finlandii (wrzesień 2016); źródło własne

7.2. Wielka Brytania

W brytyjskich regulacjach prawnych związanych z bezpieczeństwem jądrowym nie formułuje się ścisłych technicznych wytycznych normowych, które miałyby być zastosowane podczas budowy nowych elektrowni jądrowych. Zaleca się jedynie oparcie standardów o dobrą praktykę i zapewnienie spójności z regulacjami **ALARP** (*As Low As Reasonably Practicable*). Firma Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. w swojej propozycji projektu reaktora UK ABWR oparła wymagania techniczne dla obiektów inżynierskich na kodach **ASME BPVC Sec. III and Division 2 for Reinforced Concrete Containment Vessel** oraz **ACI 349 z ANSI/AISC N690**. Zestawienie proponowanych przez inwestora reaktora UK ABWR norm konstrukcyjnych dla budynków elektrowni jądrowej z betonu zaprezentowano w Tab.5 [13].

Tab.5. Zestawienie norm proponowanych przez Hitachi-GE dla obiektów inżynierskich przy budowie reaktora UK ABWR [13]

| Numery normy | Tytuł |
|-------------------------------|--|
| ASME BPVC Sec. III Division 2 | Rules for Construction of Nuclear Facility Components, Division 2: Code for Concrete Containments |
| ACI 349 | Code Requirements for Nuclear Safety- Related Concrete Structures |
| ANSI /AISC N690 | Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities |
| NUREG-800 | USNRC Standard Review Plan for Review of Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants- LWR Edition 3.8.1 Concrete Containments 3.8.4 Other Seismic Category I Structure 3.8.5 Foundation |
| RG 1.136 | Design Limits, Loading Combinations, Materials, Construction, and Testing of Concrete Containments |
| RG 1.142 | Safety-Related Concrete Structures for Nuclear Power Plants (Other than Reactor Vessels and Containments) |
| ACI 318 | Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary |
| ANSI/AISC 360 | Specification for Structural Steel Buildings |

Jednym z ważniejszych elementów procesu regulacyjnego w Wielkiej Brytanii związanego z analizą projektu z uwzględnieniem bezpieczeństwa jądrowego i systemów zabezpieczeń jest tzw. Ogólna Ocena Projektu (**Generic Design Assessment – GDA**). GDA pozwala na ocenę projektu pod kątem wpływu inwestycji na środowisko i bezpieczeństwo regionu przed uzyskaniem zgody i licencji wymaganej do budowy elektrowni jądrowej w konkretnej lokalizacji. W procesie oceny biorą dwa wiodące organy regulacji jądrowej: Urząd Dozoru Jądrowego (*Office of Nuclear Regulation – ONR*) oraz Agencja Środowiska (*Environment Agency*).

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Droga pozyskania opinii obu organów składa się z kilku etapów (Rys.10), które wg *A guide to the Regulatory Process* [14] mogą trwać od 6 do ok. 28 miesięcy każdy (Rys.9). Przykład procesu uzyskania GDA dla elektrowni jądrowej Westinghouse AP 1000 pokazuje jednak możliwość opóźnień w uzyskaniu powyższych opinii. W tym wypadku wystąpiła 2,5-letnia przerwa w związku z brakiem rozstrzygnięcia dla 51 kwestii odnośnie bezpieczeństwa i zabezpieczeń [15].

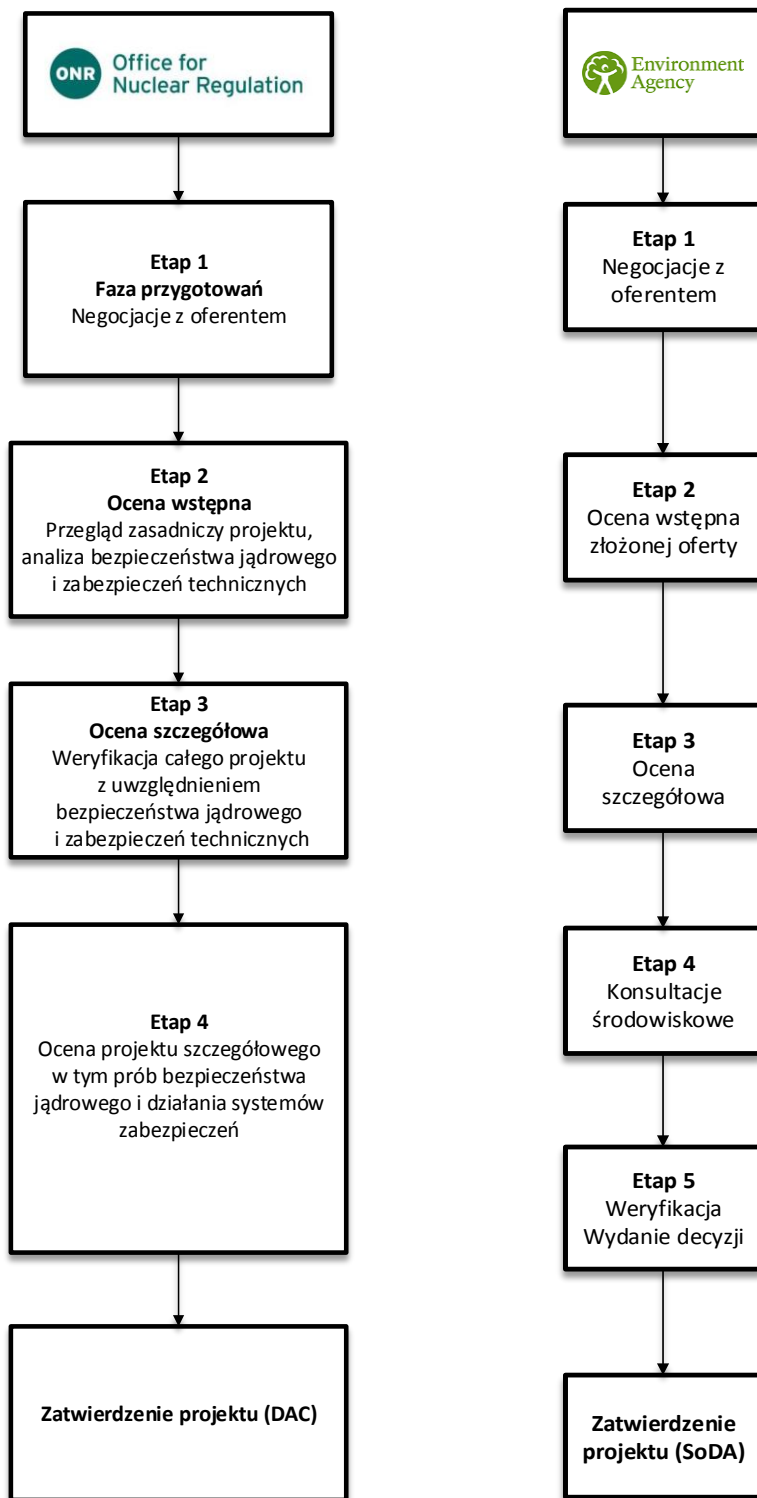
| Rok | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5 | | | |
|----------|---------------|----|--------|----|--------------|----|----|----|--------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Kwartał | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 |
| UK UPR | ETAP 1 | | ETAP 2 | | ETAP 3 | | | | ETAP 4 | | | | GDA | | | | | | | |
| AP 1000 | ETAP 1 | | ETAP 2 | | ETAP 3 | | | | ETAP 4 | | | | | | | | | | | |
| UK ABWR | ETAP 1 | | ETAP 2 | | ETAP 3 | | | | Etap 4* | | | | | | | | | | | |
| W teorii | ok. 6-8 mies. | | | | ok. 12 mies. | | | | ok. 28 mies. | | | | | | | | | | | |

| Rok | 6 | | | | 7 | | | | 8 | | | | 9 | | | | 10 | | | |
|----------|-----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Kwartał | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 |
| UK UPR | GDA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AP 1000 | | | | | przerwa | | | | | | | | GDA | | | | | | | |
| UK ABWR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W teorii | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* w trakcie realizacji

Rys.9. Schemat pokazujący teoretyczny i rzeczywisty (dla wybranych elektrowni jądrowych) czas trwania procesu pozyskania GDA [16]

Na zakończenie procesu GDA ONR oraz Agencja Środowiska wydają opinie zatwierdzające projekt - **Design Acceptance Confirmation (DAC)** oraz **Statement of Design Acceptability (SoDA)** [14].



Rys.10. Przebieg procesu uzyskania DAC oraz SoDA w ramach GDA [14].

7.3. Polska – jak wdrożyć wymagania w naszym kraju?

Istotne jest, aby powstający obiekt budowlany jakim jest elektrownia jądrowa był przede wszystkim bezpieczny, ale także, by jego budowa przebiegła sprawnie, bez opóźnień. Oczywiście sercem elektrowni jądrowej jest reaktor, ale to serce powinno się znaleźć w zdrowym i bezpiecznym ciele - betonowym budynku reaktora. Ponieważ jednak elektrownia jądrowa jest obiektem szczególnym, bo ewentualne skutki awarii mogą się rozprzestrzenić na cały świat, to normy bezpieczeństwa i jakości muszą być w tym przypadku także szczególne. Świadczy o tym przedstawiona w poprzednich rozdziałach liczba specjalistycznych kodów, norm i wytycznych, które dotyczą obiektów energetyki jądrowej. Ponieważ w Polsce nie ma krajowych przepisów dotyczących budowy elektrowni jądrowych decydenci powinni rozważyć, w jaki sposób, w celu zapewnienia odpowiedniej jakości i bezpieczeństwa, wdrożyć zalecenia dostępnych wytycznych w zakresie konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej i sprawić, by stały się one obligatoryjne podczas budowy elektrowni jądrowej w Polsce.

W ustawie Prawo Atomowe [8] zapisano, że w projekcie i procesie budowy obiektu jądrowego nie stosuje się rozwiązań i technologii, które nie zostały sprawdzone w praktyce w obiektach jądrowych lub za pomocą prób, badań oraz analiz (Art. 36b). Z kolei Art. 36c p.3) stanowi, że to *Rada Ministrów określi, w drodze rozporządzenia, wymagania bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego, dla różnych rodzajów obiektów jądrowych, mając na uwadze konieczność zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej, ochrony fizycznej i zabezpieczeń materiałów jądrowych podczas rozruchu, eksploatacji i likwidacji obiektu jądrowego oraz możliwość przeprowadzenia sprawnego postępowania awaryjnego w przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego, a także biorąc pod uwagę wydane w tym zakresie zalecenia Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej oraz Stowarzyszenia Zachodnioeuropejskich Organów Nadzoru Instalacji Jądrowych*. Zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej udziela natomiast Prezes PAA w oparciu o przeprowadzone przez Inwestora analizy w zakresie bezpieczeństwa jądrowego, z uwzględnieniem czynnika technicznego i środowiskowego. Są one poddawane weryfikacji, w której nie mogą uczestniczyć podmioty biorące udział w opracowaniu projektu obiektu jądrowego (Art. 36d p.1). Zakres sposobów przeprowadzania tych analiz bezpieczeństwa, a także zakres wstępnego raportu bezpieczeństwa określi w drodze rozporządzenia Rada Ministrów.

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Przykład fiński i brytyjski, a także przywołane zapisy ustawy Prawo Atomowe wskazują, że przygotowanie dla Rady Ministrów zestawienia odpowiednich wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz zakresu analiz bezpieczeństwa jakie powinny być przeprowadzone przez Inwestora, jest w obszarze kompetencji Prezesa PAA jako podmiotu, który pełni funkcje regulacyjne, tj. reglamentuje, nadzoruje i kontroluje eksploatację ewentualnej elektrowni jądrowej pod kątem bezpieczeństwa. Najprostszym sposobem mogłoby być bezpośrednie przywołanie wymagań z konkretnych dokumentów omówionych wcześniej. Rozwiązanie to jednak ma istotne wady takie jak:

- wymagania poszczególnych dokumentów są w wielu miejscach niespójne, a nawet sprzeczne - należy więc jednoznacznie opowiedzieć się za jednym rozwiązaniem
- niedostosowanie do warunków w Polsce, które są odmienne od warunków w krajach wydających zalecenia
- nieuwzględnienie procedur krajowych dla spełnienia szczególnych wymagań
- wprowadzenie obligatoryjności norm i procedur badawczych, które nie są w Polsce stosowane i nie ma akredytowanych podmiotów mogących przeprowadzić niektóre wymagane badania

Z tego względu określenie szczegółowych wymagań w odniesieniu do obiektów z betonu z pewnością będzie wymagało wsparcia innych instytucji (np. PKN czy PCA), gdyż kompetencje Prezesa PAA w tej materii są ograniczone. Przykład brytyjski wskazuje, że jest to proces kosztowny (por rozdział 2.2) i długotrwały. Dla reaktora UK ABWR trwa już niespełna 5 lat (od stycznia 2013), natomiast zakończyły się już procesy dla reaktorów UK EPR (trwał prawie 6 lat - od kwietnia 2007 do grudnia 2012) i dla reaktora AP 1000 (trwał 10 lat - od kwietnia 2007 do marca 2017 z 3-letnią przerwą od grudnia 2011 do kwietnia 2014). Tymczasem jak dotąd żadne działania PAA w Polsce w tym kierunku nie zostały rozpoczęte. Wdrożenie przykładu brytyjskiego sprawia zatem, że ambitny harmonogram PPEJ należy przesunąć w przyszłość o co najmniej 5 lat, gdyż zawarcie kontraktu na dostarczenie wybranej technologii dla pierwszej elektrowni jądrowej (Etap I PPEJ), a tym bardziej Etap II, czyli wykonanie projektu technicznego i uzyskanie wymaganych prawem decyzji i opinii, jest możliwe dopiero, gdy będą określone wymagania. Trudno bowiem wybierać technologię i projektować obiekt nie znając kryteriów wyboru i wymagań technicznych.

8. Droga polskich przedsiębiorstw do udziału w budowie elektrowni jądrowej

Premier Wielkiej Brytanii David Cameron podczas wizyty w 2013 roku w elektrowni jądrowej Hinkley Point mówił, że budowa bloku Hinkley Point C zapewni 25 000 miejsc pracy (Rys.11). Z kolei w zgodzie Komisji Europejskiej na rozbudowę elektrowni jądrowej Paks na Węgrzech o dwa nowe bloki, podkreślono, że Węgrzy muszą w sposób transparentny i zgodny z przepisami UE przeprowadzić przetargi na wszelkie prace niezwiązane z budową reaktora, które stanowią 55 proc. wartości inwestycji. Przy budżecie 12,5 mld € jest to prawie 7 mld €, co z pewnością sprawi, że budowa stanie się istotnym motorem napędowym węgierskiej gospodarki.



*Rys.11. Wizyta premiera Davida Camerona w elektrowni jądrowej Hinkley Point (październik 2013)
Photo: Number 10 via Flickr*

W 2010 roku dyrektor Departamentu Energii Jądrowej w Ministerstwie Gospodarki Mirosław Lewiński zaznaczył, że jak największy udział polskich przedsiębiorstw w realizacji inwestycji jądrowych jest celem rządu oraz będzie najprawdopodobniej również jednym z ważniejszych elementów branych pod uwagę przy wyborze technologii. Ówczesne Ministerstwo Gospodarki przezornie oceniało, że uczestnictwo polskich firm może wahać się na poziomie 10-15% wartości projektu. Międzynarodowe koncerny energetyczne i zarazem dostawcy reaktorów twierdzili zaś, że możliwe będzie otrzymanie przez polski przemysł nawet 50-70% zleceń (szacunki

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

różniły się w zależności od firm – dostawców technologii). Koncern EDF szacował możliwy udział polskiego przemysłu w budowie elektrowni zbliżony do 50 proc. zamówień. Podobne prognozy prezentował GE Hitachi słowami wiceprezesa GE Hitachi Danny'ego Roderick'a *"Przewidujemy, że wielka część polskiej inwestycji będzie zrealizowana przez polskie firmy. Standardowa inwestycja, niezależnie od tego, kto ją buduje, realizowana jest w 50 proc. lub więcej z udziałem lokalnego biznesu"* oraz AREVA w 2013 roku słowami prezesa Luc Oursel'a: *„Udział polskiego przemysłu w budowie pierwszej elektrowni jądrowej może sięgnąć 50 proc.”*

Portal www.poznajatom.pl [6] zrealizowany w ramach kampanii promocyjnej Ministerstwa Gospodarki o energetyce jądrowej we wrześniu 2013 r, opublikował informację: *„Analizując cały proces realizacji projektu można wskazać dwa obszary, gdzie polskie podmioty będą w znakomitej większości miały swój udział: prace projektowe, budowlano-montażowe, dostawa urządzeń (40- 80%) oraz eksploatacja, remonty i serwis (praktycznie 100% poza pierwszym okresem rozruchowym)”*.

Należy zwrócić uwagę, że w/w liczby dotyczą wszystkich technologii i branż, natomiast elektrownia jądrowa w części budowlanej to w przeważającej części konstrukcja bliźniacza do elektrowni konwencjonalnej (np. węglowej), w której budowie polskie firmy mają bardzo duże doświadczenie. Warto chociażby przypomnieć inwestycje realizowane w ostatnich latach:

- w 2011 roku zakończyła się budowa bloku energetycznego o mocy 858 MW w Bełchatowie.
- od lutego 2014 roku trwa budowa bloków 5 i 6 o łącznej mocy 1800 MW w należącej do PGE Elektrowni Opole, która jest zrealizowana w 80 procentach. Zgodnie z harmonogramem blok nr 5 ma zostać przekazany do eksploatacji w lipcu 2018 r., a blok nr 6 w lutym 2019 r. Inwestycję o wartości ponad 11,6 mld zł brutto realizuje konsorcjum firm: Rafako, Polimex-Mostostal i Mostostal Warszawa przy współudziale Alstom Power.
- od listopada 2014 roku trwa budowa bloku 910 MW w elektrowni należącej do Grupy Tauron Elektrowni Jaworzno (kontrakt o wartości 4,4 mld zł netto) z przewidywanym terminem przekazania do eksploatacji na październik-listopad 2019 roku
- od grudnia 2014 konsorcjum Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe, Budimex oraz Tecnicas Reunidas realizują budowę nowego bloku o mocy 450 MW w Elektrowni Turów należącej do PGE, planowany termin realizacji to 2-gi kwartał 2020 roku
- 19 grudnia 2017 roku jest planowany termin zakończenia budowy bloku nr 11 o mocy 1075 MW w Koźlenicach. Wartość umowy konsorcjum Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe i Polimeksu-Mostostalu na budowę bloku w Koźlenicach

opiewa na 5,1 mld zł netto, a Zakres Polimeksu przewiduje prace budowlano-montażowe, których udział w kontrakcie wynosi 42,6 proc., czyli 2,17 mld zł.

Szacunki według wypowiedzi wiceprezesa Westinghouse Mats'a Olssona w 2010 roku były bardzo optymistyczne: *„Udział polskich firm w dostawach komponentów i urządzeń oraz usługach budowlanych przy budowie pierwszej elektrowni jądrowej może sięgnąć 70 proc., a polskie firmy mogą też pracować na placu i wydaje się, że od 90 do 95 proc. pracowników budowlanych mogłoby pochodzić z Polski”*.

Wiele polskich firm bierze lub brało udział w budowie obiektów jądrowych w Europie oraz na świecie. Ich doświadczenie może stanowić nieoceniony wkład w realizacji inwestycji budowy elektrowni jądrowej w Polsce. Ministerstwo Energii zidentyfikowało firmy uczestniczące w realizacji inwestycji sektora jądrowego poza granicami Polski m.in. firmy biorące udział w budowie bloku nr 3 w Elektrowni Jądrowej Olkiluoto w Finlandii.

Zgodnie z ogólnymi zapisami Programu PEJ najistotniejszym podmiotem decyzyjnym w tym przedsięwzięciu jest minister właściwy ds. gospodarki (obecnie również Minister Energii), do którego głównych zadań należy planowanie oraz koordynowanie realizacji strategii państwa związanej z rozwojem energetyki jądrowej w Polsce m.in. przez wspieranie udziału polskiego przemysłu w realizacji zadań na rzecz energetyki jądrowej. To właśnie Minister Energii powinien sporządzić efektywny system wspierania przygotowań polskich przedsiębiorstw do udziału w budowie obiektów energetyki jądrowej. W dalszej części Programu PEJ zaznaczono jednak, że analizę przedsiębiorstw pod kątem możliwości uczestnictwa w programie jądrowym wykonuje także samodzielnie potencjalny dostawca produktów i usług, natomiast ich „akredytację” od strony systemów zarządzania oraz zapewnienia jakości dokonuje dostawca technologii, który osobiście odpowiada i gwarantuje zapewnienie właściwej jakości oraz standardów powierzonych mu usług. Zatem to inwestor i/lub bezpośredni dostawca technologii jądrowej określi listą produktów oraz usług, których wykonanie może być powierzone przedsiębiorstwom krajowym. Lista ta ma być wynikiem znajomości czynników obiektywnych i elementów zależnych od warunków lokalnych (lokalizacja, geologia, warunki atmosferyczne, poziom reprezentowany przez wykonawców itp.).

W dalszym etapie inwestor i/lub bezpośredni dostawca technologii ogłoszą przytoczoną listą produktów i usług, których wykonanie może być zlecone przedsiębiorstwom krajowym w celu pozyskania od nich deklaracji udziału w budowie PEJ. Następnie zweryfikują otrzymane zgłoszenia pod kątem stanu technologicznego, kompetencyjnego oraz organizacyjnego. Późniejszym krokiem będzie analiza firm, które wykazały takie zainteresowanie w celu określenia możliwości produkcyjnych albo

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

realizacji usług. Wyselekcjonowane przedsiębiorstwa będą mogły rozpocząć proces uzyskania akredytacji przez przeprowadzenie koniecznych zmian w organizacji, wdrożenie systemów kontroli jakości, przyswojenie nowych technologii, powiększenie potencjału produkcyjnego, obniżenie kosztów własnych itp.

Dopiero pełny zbiór danych o potrzebach i o przedsiębiorstwach krajowych będzie podstawą do końcowej analizy możliwości wykorzystania przemysłu krajowego w Programie PEJ. W jej wyniku inwestor otrzyma:

- listę konkretnych przedsiębiorstw zainteresowanych programem jądrowym i mogących zapewnić odpowiednią jakość dostarczanych produktów i usług;
- harmonogram działań akredytacyjnych dotyczących wykorzystania konkretnych dostawców produktów i usług;
- opracowanie wytycznych dotyczących wykorzystania wybranych krajowych producentów i dostawców usług.

W Finlandii od 2012 roku działa stowarzyszenie FinNuclear, które przygotowuje informator o firmach posiadających kompetencje w świadczeniu usług dla przemysłu jądrowego – *FinNuclear Directory*. W Polsce również powstał klaster firm tego typu pod nazwą **Europolbudatom**, zapraszający firmy, które na wzór Elektrobudowy wspierającej prace konstrukcyjne elektrowni jądrowej w Olkiluoto, chciałyby brać udział w budowie pierwszej siłowni jądrowej w Polsce. Funkcją administracyjną i koordynacyjną Klastra pełni Fundacja Wszechnicy Budowlanej.

Aby opracowanie dotyczące wyboru firm jako dostawców dla polskiej energetyki jądrowej miało swoją rangę, powinno być firmowane przez decydentów. Takim decydentem jest oczywiście inwestor, czyli PGE SA, ale także Tauron Polska Energia, Enea oraz KGHM Polska Miedź, które podpisały umowę wspólników o odkupieniu od PGE Polskiej Grupy Energetycznej po 10 proc. (łącznie 30 proc.) udziałów w spółce PGE EJ 1,. Drugim decydentem jest bezpośredni dostawca technologii jądrowej, który, jak wspomniano, osobiście odpowiada i gwarantuje zapewnienie odpowiedniej jakości i standardów Firmy takie jak Areva, Westinghouse, GE Hitachi stale rozszerzają swoją bazę danych przedsiębiorstw - przyszłych dostawców.

Po drugiej stronie jest Ministerstwo Energii, którego cel stanowi opracowanie efektywnego systemu wspierania przygotowań polskich przedsiębiorstw do udziału w budowie obiektów energetyki jądrowej m.in. przez wyznaczenie wartości minimalnej wskaźnika wykorzystania polskiego przemysłu. Wydaje się, że wspierającymi taką bazę danych firm budowlanych, poprzez precyzyjne określenie akredytacyjnych wymagań technicznych w stosunku do potencjalnych polskich podwykonawców projektu jądrowego, powinny być ponadto takie instytucje, jak Polska Agencja Atomistyki, Główny Urząd Nadzoru Budowlanego, Polska Izba Inżynierów Budownictwa, Urząd Dozoru Technicznego, Polskie Centrum Akredytacji i oraz Polski Komitet Normalizacyjny.

Przykładem takiej dobrej współpracy w zakresie łańcucha dostawców jest stworzenie przez brytyjskie samorządy (Somerset Chamber i Suffolk Chamber) i generalnego wykonawcę przy projektach Hinkley Point C oraz Sizewell C - EDF Energy, inicjatyw *Hinkley Supply Chain* oraz *Suffolk Chamber Sizewell Supply Chain* działających w następującym zakresie:

- zbieranie informacji o firmach z regionu oraz wskazywanie ich podstawowych kompetencji w stosunku do wymagań projektu budowy elektrowni jądrowej.
- dopasowywanie dostawców do wymagań podwykonawców EDF Energy pierwszego poziomu
- współprzewodniczenie i umożliwianie grupom Site Operations oraz zespołom kierowniczym Partnerów Przemysłowych, by nadzorowały rozwój łańcucha dostaw.
- przekazywanie najnowsze informacje o projektach i pakietach roboczych do dostawców zarejestrowanych jako potencjalni podwykonawcy.
- Wspieranie lokalnego biznesu w spełnić normy jakości i bezpieczeństwa dla podwykonawców przy budowie elektrowni jądrowej.

Należy zaznaczyć, że wymagania techniczne co do poszczególnych elementów projektu jądrowego nie są jedynymi, które są stawiane podwykonawcom – również potencjalnie polskim. Druga, bardzo istotna grupa to wymagania dotyczące zarządzania jakością sformułowane w poniższych dokumentach i normach:

- **ISO 9001:2015** - Systemy zarządzania jakością - Wymagania
- **PN-EN ISO 14001:2015** - Systemy zarządzania środowiskowego - Wymagania i wytyczne stosowania
- **PN-N-18001:2004** - Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy - Wymagania
- **IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3:2006** - *The Management System for Facilities and Activities* (w 2016 roku został on zastąpiony przez **GSR Part 2 - Leadership and Management for Safety**);
- **IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.5:2009** - *The Management System for Nuclear Installations*
- **ASME NQA-1-2015** - *Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications*;
- **RCC-CW Part G Appendix GA** – *RPP Management system*
- **NSQ-100** – norma *Nuclear Quality Standard* oparta na ISO 9001:2008 oraz dwóch innych standardach w przemyśle jądrowym IAEA GS-R-3:2006 i ASME NQA-1-2008
- **ISO 19443** - *Quality management systems - Specific requirements for the application of ISO 9001 and IAEA GS-R requirements by organizations in the supply chain of the nuclear energy sector* (obecnie w trakcie opracowywania, pierwsza edycja zostanie prawdopodobnie opublikowana pod koniec 2017 r.)

Szczegóły dotyczące systemów zapewnienia jakości przedstawiono w biuletynie Ministerstwa Energii z 2015 roku, które przygotował Instytut Spawalnictwa w Gliwicach [17].

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 20 maja 2016 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej, Dz.U. 2016 poz. 909
- [2] Peterson P.F., Zhao H., Petroski R., Metal And Concrete Inputs For Several Nuclear Power Plants, Report UCBTH-05-001
- [3] STUK Nuclear Reactor Regulation: Management Of Safety Requirements In Subcontracting During The Olkiluoto 3 Nuclear Power Plant Construction Phase, Investigation Report 1/06 1 Translation 1.9.2006
- [4] Ruuska I., Artto A., Aaltonen K., Lehtonen P., Dimensions of distance in a project network: Exploring Olkiluoto 3 nuclear power plant project, International Journal of Project Management 27 (2009) 142–153
- [5] Hirsch H., Neumann W. Progress and Quality Assurance Regime at the EPR Construction at Olkiluoto, Safety Implications of Problems Encountered, Greenpeace Nordic, Hanover 2007
- [6] Strupczewski A., Wpływ problemów materiałowych na bezpieczeństwo reaktorowe, badania materiałowe na potrzeby elektrowni i przemysłu energetycznego, XVII. Seminarium Naukowo – Techniczne, Zakopane, 23-25.06.2010
- [7] Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o Normalizacji, Dz.U. 2002 Nr 169 poz. 1386
- [8] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe, Dz.U. 2017 nr 0 poz. 576
- [9] Piotrowski T., Wymagania dotyczące betonu w elektrowni jądrowej typu EPR wg ET-C a normalizacja w Polsce, Materiały Budowlane, 5 (489) 2013, 35-38;
- [10] Piotrowski T., Wymagania RCC-CW dotyczące betonu do budowy elektrowni jądrowych PWR w świetle PN-EN 206:2014, Materiały Budowlane, 529 (9) 2016, 89-91; doi:10.15199/33.2016.09.35
- [11] DIN official Page <http://www.din.de/en/about-standards/a-brief-introduction-to-standards>
- [12] Meiswinkel R., Meyer J., Schnell J., *Beton-Kalender Series. Design and Construction of Nuclear Power Plants*, John Wiley & Sons, 2013, Berlin, 150s.
- [13] Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd, *UK ABWR Generic Design Assessment. Codes and Standards Report*, 2014, document id. GA91-9901-0008-00001
- [14] Environment Agency, Office for Nuclear Regulation, *A guide to the Regulatory Process*, 2013, <http://www.onr.org.uk/new-reactors/ngn01.pdf>
- [15] Environment Agency, Office for Nuclear Regulation, Advanced Passive 1000 - AP1000®, <http://www.onr.org.uk/new-reactors/ap1000/index.htm>
- [16] Environment Agency, Office for Nuclear Regulation, *Timeline*, <http://www.onr.org.uk/new-reactors/timeline.htm>
- [17] Niagaj, J., Pfeifer T., System zapewnienia jakości w budowie elektrowni jądrowych, Instytut Spawalnictwa, 2015, ISSN 978-83-6172-41-0

Załącznik

Ścieżki podniesienia kompetencji polskich przedsiębiorstw w zakresie budowy konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej na świecie

W obecnym stanie prawnym w Polsce zakres kompetencji polskich przedsiębiorstw budowlanych jaki może być wymagany przy zleceniu dostaw, usług i robót budowlanych przy budowie elektrowni jądrowej określa Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych (tekst ujednolicony Dz.U. 2017 poz. 1579). Art. 25 stanowi, iż *w postępowaniu o udzielenie zamówienia zamawiający może żądać od wykonawców wyłącznie oświadczeń lub dokumentów niezbędnych do przeprowadzenia postępowania, które zamawiający wskazuje w ogłoszeniu o zamówieniu, specyfikacji istotnych warunków zamówienia lub zaproszeniu do składania ofert. Mogą to być oświadczenia lub dokumenty potwierdzające:*

- 1) *spełnianie warunków udziału w postępowaniu lub kryteria selekcji,*
- 2) *spełnianie przez oferowane dostawy, usługi lub roboty budowlane wymagań określonych przez zamawiającego,*
- 3) *brak podstaw wykluczenia*

Potwierdzeniem, że oferowane dostawy, usługi lub roboty budowlane spełniają wymagania określone przez zamawiającego, może być w szczególności zaświadczenie podmiotu uprawnionego do kontroli jakości.

Pełny katalog dokumentów, jakich może żądać zamawiający od wykonawcy w postępowaniu o udzielenie zamówienia określony został w Rozporządzeniu Ministra Rozwoju z dnia 26 lipca 2016 r. §2. 4. Tego Rozporządzeni stanowi, iż *w celu potwierdzenia spełniania przez wykonawcę warunków udziału w postępowaniu lub kryteriów selekcji dotyczących zdolności technicznej lub zawodowej zamawiający może żądać następujących dokumentów:*

- 1) **wyказu robót budowlanych** *wykonanych nie wcześniej niż w okresie ostatnich 5 lat przed upływem terminu składania ofert albo wniosków o dopuszczenie do udziału w postępowaniu, a jeżeli okres prowadzenia działalności jest krótszy – w tym okresie, wraz z podaniem ich rodzaju, wartości, daty, miejsca wykonania i podmiotów, na rzecz których roboty te zostały wykonane, z załączeniem dowodów określających czy te roboty budowlane zostały wykonane należycie, w szczególności informacji o tym czy roboty zostały wykonane zgodnie z przepisami prawa budowlanego i prawidłowo ukończone, przy czym dowodami, o których mowa, są referencje bądź inne dokumenty wystawione przez podmiot, na rzecz którego roboty budowlane były wykonywane, a jeżeli z uzasadnionej przyczyny o obiektywnym charakterze wykonawca nie jest w stanie uzyskać tych dokumentów – inne dokumenty;*

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

- 2) **wykazu dostaw lub usług wykonanych**, a w przypadku świadczeń okresowych lub ciągłych również wykonywanych, w okresie ostatnich 3 lat przed upływem terminu składania ofert albo wniosków o dopuszczenie do udziału w postępowaniu, a jeżeli okres prowadzenia działalności jest krótszy – w tym okresie, wraz z podaniem ich wartości, przedmiotu, dat wykonania i podmiotów, na rzecz których dostawy lub usługi zostały wykonane, oraz załączeniem dowodów określających czy te dostawy lub usługi zostały wykonane lub są wykonywane należycie, przy czym dowodami, o których mowa, są referencje bądź inne dokumenty wystawione przez podmiot, na rzecz którego dostawy lub usługi były wykonywane, a w przypadku świadczeń okresowych lub ciągłych są wykonywane, a jeżeli z uzasadnionej przyczyny o obiektywnym charakterze wykonawca nie jest w stanie uzyskać tych dokumentów – oświadczenie wykonawcy; w przypadku świadczeń okresowych lub ciągłych nadal wykonywanych referencje bądź inne dokumenty potwierdzające ich należyte wykonywanie powinny być wydane nie wcześniej niż 3 miesiące przed upływem terminu składania ofert albo wniosków o dopuszczenie do udziału w postępowaniu;
- 3) **wykazu narzędzi, wyposażenia zakładu lub urządzeń technicznych** dostępnych wykonawcy w celu wykonania zamówienia publicznego wraz z informacją o podstawie do dysponowania tymi zasobami;
- 4) **opisu urządzeń technicznych oraz środków organizacyjno-technicznych zastosowanych przez wykonawcę w celu zapewnienia jakości** oraz opisu zaplecza naukowo-badawczego posiadanego przez wykonawcę lub które będzie pozostawało w dyspozycji wykonawcy;
- 5) **wykazu systemów zarządzania łańcuchem dostaw i śledzenia łańcucha dostaw**, które wykonawca będzie mógł zastosować w celu wykonania zamówienia publicznego;
- 6) **wykazu środków zarządzania środowiskowego**, które wykonawca będzie mógł zastosować w celu wykonania zamówienia publicznego;
- 7) **oświadczenia o wyrażeniu zgody na przeprowadzenie kontroli zdolności produkcyjnych lub zdolności technicznych wykonawcy**, a w razie konieczności także dostępnych mu środków naukowych i badawczych, jak również środków kontroli jakości, z których będą korzystać – w przypadku gdy przedmiot zamówienia obejmuje produkty lub usługi o złożonym charakterze, które mają zostać dostarczone, lub w szczególnie uzasadnionych przypadkach w odniesieniu do produktów lub usług o szczególnym przeznaczeniu;
- 8) **oświadczenia na temat wielkości średniego rocznego zatrudnienia u wykonawcy oraz liczebności kadry kierowniczej** w ostatnich 3 latach przed upływem terminu składania ofert albo wniosków o dopuszczenie do udziału w postępowaniu, a w przypadku gdy okres prowadzenia działalności jest krótszy – w tym okresie;
- 9) **oświadczenia na temat wykształcenia i kwalifikacji zawodowych** wykonawcy lub kadry kierowniczej wykonawcy;
- 10) **wykazu osób, skierowanych przez wykonawcę do realizacji** zamówienia publicznego, w szczególności **odpowiedzialnych za świadczenie usług, kontrolę jakości lub kierowanie robotami budowlanymi**, wraz z informacjami na temat ich kwalifikacji zawodowych, uprawnień, doświadczenia i wykształcenia niezbędnych do wykonania zamówienia publicznego, a także zakresu wykonywanych przez nie czynności oraz informacją o podstawie do dysponowania tymi osobami.

Z kolei §13.1 określono, iż w celu potwierdzenia, że oferowane roboty budowlane, dostawy lub usługi odpowiadają wymaganiom określonym przez zamawiającego, zamawiający może żądać w szczególności:

- 1) próbek, opisów, fotografii, planów, projektów, rysunków, modeli, wzorów, programów komputerowych oraz innych podobnych materiałów, których autentyczność musi zostać poświadczona przez wykonawcę na żądanie zamawiającego;
- 2) certyfikatu wydanego przez jednostkę oceniającą zgodność lub sprawozdania z badań przeprowadzonych przez tę jednostkę, jako środka dowodowego potwierdzającego zgodność z wymaganiami lub cechami określonymi w opisie przedmiotu zamówienia, kryteriach oceny ofert lub warunkach realizacji zamówienia;
- 3) **zaświadczenia niezależnego podmiotu uprawnionego do kontroli jakości** potwierdzającego, że dostarczane produkty odpowiadają określonym normom lub specyfikacjom technicznym;
- 4) **zaświadczenia niezależnego podmiotu zajmującego się poświadczaniem spełniania przez wykonawcę określonych norm zapewnienia jakości**, jeżeli zamawiający odwołuje się do systemów zapewniania jakości opartych na odpowiednich seriach norm europejskich;

Jak widać z przytoczonych przepisów, niezależnie od tego czy wybór polskich poddostawców / podwykonawców projektu jądrowego będzie oparty lub nie o prawo zamówień publicznych zakres dokumentów potwierdzających kompetencje polskich przedsiębiorców aplikujących o udział w budowie elektrowni jądrowej w naszym kraju może być bardzo szeroki i będzie zależał w największym stopniu od zamawiającego – w tym przypadku generalnego wykonawcy i dalej w łańcuchu dostaw, od kolejnych zamawiających.

1. Normy ISO 9001, ISO 14001 oraz ISO 18001

Podstawowym wymaganiem dla firm realizujących prace w zakresie budowy konstrukcji z betonu jest posiadanie wdrożonych i certyfikowanych systemów:

- **PN-EN ISO 9001:2015** - Systemy zarządzania jakością - Wymagania
- **PN-EN ISO 14001:2015** - Systemy zarządzania środowiskowego - Wymagania i wytyczne stosowania
- **PN-N-18001:2004** - Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Wymagania

Większość dużych i średnich firm budowlanych w Polsce posiada certyfikowane systemy ISO 9001:2008 posiada i wdrożenie ISO 9001:2015 raczej nie będzie to stanowić dla nich bariery. Należy zwrócić uwagę także na fakt, iż zgodnie z Art. 91 PZP zamawiający wybiera ofertę najkorzystniejszą na podstawie kryteriów oceny ofert określonych w specyfikacji istotnych warunków zamówienia (SIWZ). Kryteriami oceny

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

ofert są cena lub koszt albo cena lub koszt i inne kryteria odnoszące się do przedmiotu zamówienia, w szczególności:

- 1) jakość, w tym parametry techniczne, właściwości estetyczne i funkcjonalne;
- 2) aspekty społeczne, w tym integracja zawodowa i społeczna osób. o których mowa w art. 22 ust. 2, dostępność dla osób niepełnosprawnych lub uwzględnianie potrzeb użytkowników;
- 3) aspekty środowiskowe, w tym efektywność energetyczna przedmiotu zamówienia;
- 4) aspekty innowacyjne;
- 5) organizacja, kwalifikacje zawodowe i doświadczenie osób wyznaczonych do realizacji zamówienia, jeżeli mogą mieć znaczący wpływ na jakość wykonania zamówienia;
- 6) serwis posprzedażny oraz pomoc techniczna, warunki dostawy, takie jak termin dostawy, sposób dostawy oraz czas dostawy lub okres realizacji.

Zamawiający określa kryteria oceny ofert w sposób jednoznaczny i zrozumiały, umożliwiający sprawdzenie informacji przedstawianych przez wykonawców. **Kryteria oceny ofert nie mogą dotyczyć właściwości wykonawcy, a w szczególności jego wiarygodności ekonomicznej, technicznej lub finansowej.** Wynika z tego, iż zamawiający nie może ustalić jako kryterium oceny złożonych ofert posiadania przez wykonawcę zamówienia publicznego certyfikatu z serii ISO, ponieważ posiadanie certyfikatów ISO nie odnosi się do przedmiotu zamówienia, a stanowi jedynie właściwość wykonawcy zwiększającą jego wiarygodność na rynku. Podsumowując, posiadanie przez wykonawcę wdrożonych procedur zarządzania, potwierdzanych certyfikatem z serii ISO **może być warunkiem udziału w przetargu, ale nie może stanowić kryterium oceny złożonych ofert.**

Na chwilę obecną normy ISO są powszechnie rozpowszechnione w polskich przedsiębiorstwach budowlanych tak więc ocenia się, że spełnienie tej części wymagań w kontekście realizacji prac w energetyce jądrowej nie będzie stanowiło większego problemu dla krajowych podmiotów.

2. IAEA Safety Standards

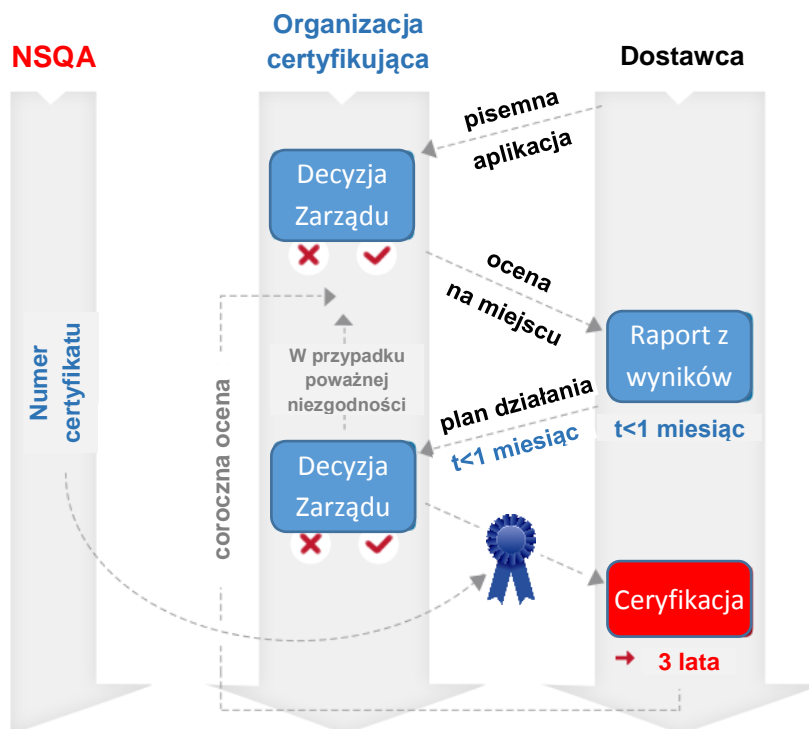
Należy tu wymienić dwie normy IAEA Safety Standards: **Safety Guide No. GS-G-3.5: The Management System for Nuclear Installations** oraz **General Safety Requirements No. GSR Part 2: Leadership and Management for Safety.** Pierwsza z nich ustanawia wymagania, które wspierają wypełnienie trzeciej podstawowej zasady bezpieczeństwa (*Fundamental Safety Principle*) w odniesieniu do ustanowienia, utrzymania i ciągłego doskonalenia przywództwa i zarządzania bezpieczeństwem oraz zintegrowanego systemu zarządzania. Podkreśla, że przywództwo w dziedzinie bezpieczeństwa, zarządzanie bezpieczeństwem, efektywny system zarządzania oraz podejście systemowe (np. podejście, w którym odpowiednio

uwzględniono interakcje między czynnikami technicznymi, ludzkimi i organizacyjnymi) są niezbędne do określenia i stosowania odpowiednich środków bezpieczeństwa oraz wspierania silnej kultury bezpieczeństwa. Przywództwo i efektywny system zarządzania obejmują bezpieczeństwo, zdrowie, środowisko, zabezpieczenia, jakość, czynniki ludzkie i organizacyjne, elementy społeczne i gospodarcze. System zarządzania zapewnia poparcie dla wysokiej kultury bezpieczeństwa, regularnej oceny osiągnięć i korzystania z doświadczenia. Publikacja jest przeznaczona dla organów regulacyjnych, organizacji operacyjnych i innych organizacji zajmujących się obiektami i działaniami, które powodują zagrożenie promieniowaniem.

3. NSQ-100 i NQA-1

Norma **NSQ-100 Nuclear Quality Standard** została opracowana przez NQSA (National Quality Standard Association) we Francji. Jest ona oparta o normę **ISO 9001:2008** i została rozbudowana o wymagania związane z zapewnieniem bezpieczeństwa i jakości w energetyce jądrowej, które zostały zaczerpnięte z **IAEA GS-R-3:2006** (w 2016 roku zastąpione przez GSR Part 2) **RCC-M** i **RCC-CW**. Norma NSQ-100 uwzględnia także kryteria zapewnienia jakości dla elektrowni jądrowych, zawarte w obowiązującym na terenie USA **Appendix B to Part 50 Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants**. Załącznik ten posłużył za bazę do opracowania przez ASME normy **NQA-1 Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications**, która ma zastosowanie również poza terenem USA. Szczegóły dotyczące wymagań NSQ-100 oraz NQA-1 zostały przedstawione w biuletynie Ministerstwa Energii z 2015 roku, które przygotował Instytut Spawalnictwa w Gliwicach [17]. Procedura uzyskania certyfikatu NSQ-100 dla dostawców produktów i usług jest przewidziana na trzy lata (Rys.12).

Na chwilę obecną normy NSQ oraz NQA nie są rozpowszechnione w polskich przedsiębiorstwach budowlanych; autorzy opracowania oceniają, że ich spełnienie może być znaczącym wyzwaniem dla krajowych podmiotów sektora budowlanego i zajmie przeciętnie od 1-3 lat wytężonej pracy w przypadku decyzji o rozpoczęciu przygotowań do realizacji projektów jądrowych. Oprócz zmian organizacyjnych wewnątrz samego przedsiębiorstwa należy się liczyć z istotnymi wydatkami w zakresie formalnej certyfikacji, której koszt może sięgać kilkunastu - kilkudziesięciu tysięcy EUR/USD.



Rys.12. Schemat procedury uzyskania certyfikatu NSQ-100

4. Krajowe wymagania szczegółowe na przykładzie betonu towarowego

Beton towarowy, podobnie jak każdy wyrób budowlany dopuszczony do obrotu na terenie Polski, wymaga stwierdzenia zgodności konkretnych parametrów technicznych ze specyfikacją projektową sformułowaną przez projektanta konstrukcji opartą na PN-EN 1992 (Eurokod 2) i PN-EN 1994 (Eurokod 4). Sama jego kontrola może zostać wykonana na różnych etapach: w trakcie produkcji, dostawy czy po wbudowaniu. Jedynie kontrolę prowadzoną przez producenta w trakcie produkcji należy uznać za obowiązkową zgodnie z PN-EN 206 oraz z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. *W sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym* (Dz.U. 2016 poz. 1966).

Zgodnie z definicją przedstawioną w PN-EN 206 kontrola produkcji obejmuje ogół działań i decyzji podejmowanych według zasad zgodności, przyjętych przez sprawdzeniem zgodności betonu z jego specyfikacją. W swoim zakresie zawiera ona wszystkie pomiary konieczne do zachowania właściwości betonu zgodnie z wyspecyfikowanymi wymaganiami. Do kontroli produkcji należy: dobór składników,

skład betonu, produkcja betonu, kontrola i badania, wykorzystanie wyników badań składników, mieszanki betonowej i betonu stwardniałego, wzorcowanie sprzętu, kontrola zgodności, a w niektórych przypadkach, kontrola sprzętu stosowanego do transportu mieszanki betonowej. Z tych wymienionych dla wykonawcy istotna jest kontrola zgodności weryfikująca wytrzymałości betonu na ściskanie, rozciąganie przy rozłupywaniu oraz zgodności właściwości innych niż wytrzymałość.

We wspomnianym Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 wymienia się krajowe systemy określające działania, jakie musi podjąć producent w związku z oceną i weryfikacją stałości właściwości użytkowych wyrobu budowlanego, a także zakresem tej oceny i weryfikacji, przeprowadzanej na zlecenie producenta przez jednostkę certyfikującą lub laboratorium badawcze akredytowane. Zgodnie z powyższym rozporządzeniem beton towarowy objęto obowiązkiem sporządzenia krajowej deklaracji właściwości użytkowych zgodnie z systemem krajowym 2+ dla betonu do zastosowań konstrukcyjnych oraz 4 do pozostałych zastosowań. Poniżej (Tab.6) zestawiono zadania producenta i jednostki certyfikującej związane z oceną i weryfikacją dla obu systemów krajowych.

Tab.6. System oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych dla betonu towarowego

| System krajowy | Działania producenta | Działania jednostki certyfikującej |
|-----------------------|---|--|
| 2+ | <ul style="list-style-type: none"> • Ocena właściwości użytkowych wyrobu na podstawie badań, obliczeń, tabelarycznych wartości lub opisowej dokumentacji tego wyrobu; • Zakładowa Kontrola Produkcji (ZKP); • Badanie próbek pobranych przez producenta w zakładzie produkcyjnym zgodnie z ustalonym przez niego planem badań; | <ul style="list-style-type: none"> • Wstępna inspekcja zakładu produkcyjnego i ZKP; • Wydanie krajowego certyfikatu zgodności ZKP; • Ciągły nadzór, ocena i ewaluacja ZKP |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Ocena właściwości użytkowych wyrobu na podstawie badań, obliczeń, tabelarycznych wartości lub opisowej dokumentacji tego wyrobu | Nie uczestniczy |

Tak wytwarzany beton towarowy w zgodzie z PN-EN 206 podporządkowany Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP) uzyskuje prawo do Znaku Budowlanego „B”, który nanosi się na wyroby budowlane spełniające wymogi polskiej normy (PN) lub posiadające krajową Aprobataę Techniczną. Jego producent uzyskuje prawo do wystawiania „deklaracji właściwości użytkowych”, stanowiącej świadectwo gwarancji dla klienta.

Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

Inną możliwością jest skorzystanie z wytwórni betonu towarowego odznaczonych znakiem jakości „Dobry Beton”. Znak ten przyznaje Stowarzyszenie Producentów Betonu (SPBT) od 2003 roku. Aby otrzymać znak jakości „Dobry Beton”, kandydujące wytwórnie poddają się wielostopniowej procedurze kwalifikacyjnej, obejmującej m.in. samoocenę zakładu oraz ocenę przez niezależnego audytora. Na koniec Kapituła SPBT przyznaje nominację do otrzymania znaku jakości. Uzyskany certyfikat SPBT zaświadcza o spełnieniu przez konkretną firmę najwyższych standardów branżowych w zakresie organizacji oraz technologii produkcji, obsługi klienta, a także ochrony środowiska naturalnego.

Z prawnego punktu widzenia uzyskane gwarancje i certyfikaty pozwalają na posiadanie zaufania do producenta o zgodności jego własnych wyrobów z normami, a inne kontrole betonu są niepotrzebne i mogą mieć jedynie charakter dobrowolny. Może jednak zdarzyć się, że pojawią się wątpliwości co do rzeczywistych parametrów mieszanki betonowej w czasie dostawy, niespełnienia warunków zgodności wytrzymałości betonu na ściskanie czy stwierdzi się błędy wykonawcze we wznoszonych konstrukcjach betonowych po wbudowaniu. Wówczas odbiorca betonu, wykonawca robót lub nadzór budowy dodatkowo, bądź jeżeli zostało to określone w specyfikacji projektowej, może wykonać badania kontrolne. W takiej sytuacji przeprowadza się badanie identyczności, polegające na sprawdzeniu czy określona objętość kontrolowanego betonu należy do tej samej populacji zweryfikowanej przez producenta jako zgodna z określonymi parametrami wytrzymałościowymi. Ocena identyczności kieruje się odrębnymi kryteriami niż te, które stosuje producent do oceny zgodności, ale opisanymi również w normie PN-EN 206 oraz w zgodzie z PN-EN 13791.

5. Podsumowanie załącznika

W sposób ogólny należy stwierdzić, że krajowe przedsiębiorstwa sektora budowlanego posiadają wysokie kompetencje zdobyte przy realizacji innych projektów przemysłowych i energetycznych a ich wejście do branży jądrowej nie będzie wymagało znacznych działań dostosowawczych na poziomie zaplecza produkcyjnego. Widoczna jest natomiast potrzeba szkoleń na poziomie technicznym – projektantów, inwestorów zastępczych, inspektorów nadzoru, (w tym inspektorów Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego), project manager'ów, kierowników budów, kierowników robót i inżynierów budowy, a także specjalistów ds. jakości i BHP, celem podniesienia kultury technicznej i organizacyjnej dla sprostania wymogom specyficznym w branży jądrowej. Autorzy opracowania oceniają, że takie szkolenia mogą być realizowane przez krajowe podmioty (instytuty naukowe, uniwersytety, izby gospodarcze) przy wsparciu dostawców technologii, organizacji międzynarodowych i organizacji szkoleniowych z krajów – dostawców technologii jądrowych. Wzorem innych państw wskazana będzie akredytacja/certyfikacja takich szkoleń przez inwestora.

Podsumowując można wymienić następujące ścieżki podniesienia kompetencji polskich przedsiębiorstw w zakresie budowy konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej na świecie:

- 1) Spełnienie wymagań krajowych i europejskich w zakresie oferowanych wyrobów i usług np. dla betonu towarowego jako wyrobu budowlanego
- 2) Wdrożenie i posiadanie certyfikowanych systemów zarządzania jakością ISO 9001, ISO 14001 oraz PN-N-18001
- 3) Uczestnictwo jako podwykonawca w budowach obiektów jądrowych na świecie
- 4) Uzyskanie certyfikatów stricte jądrowych: NSQ-100, NQA-1
- 5) W przyszłości wdrożenie wytycznych i certyfikacja systemu ISO 19443