

Identyfikacja i analiza krajowej infrastruktury energetycznej i towarzyszącej pod kątem jej adaptacji z zastosowaniem reaktorów jądrowych generacji III/III+ i IV

Wykonawca: Energoprojekt Katowice S.A.

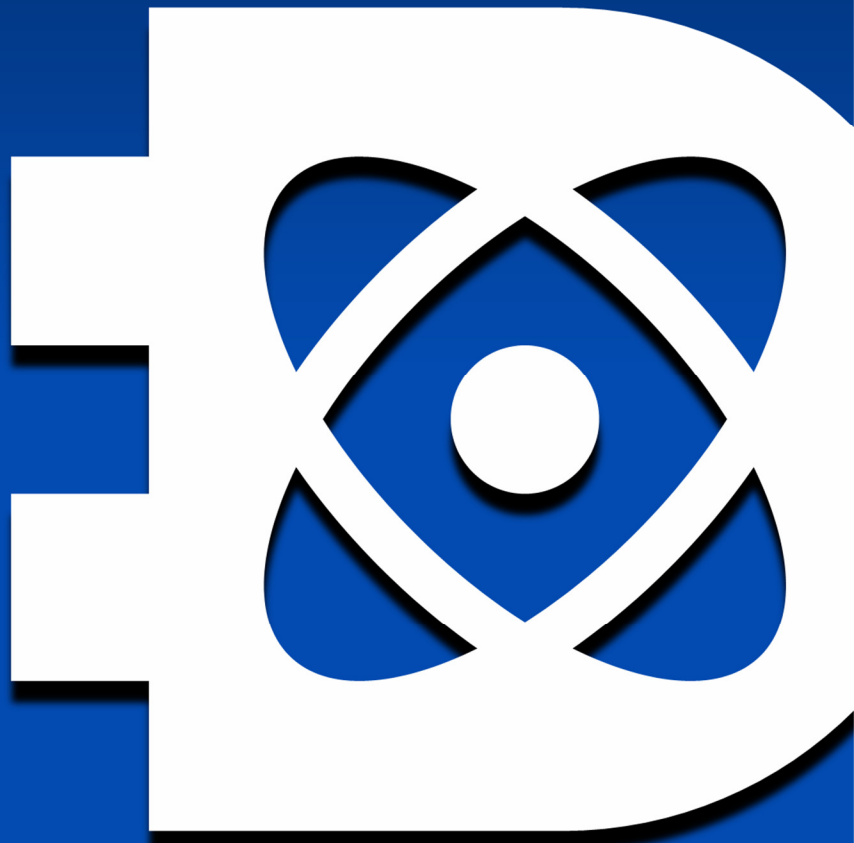
Opracował: Jakub Tuka

Sprawdził: Paweł Ulbrich

Zatwierdził: Rafał Grabarczyk



REWIZJA 00
Gliwice, czerwiec 2023



Spis treści

1.	CEL I REALIZACJA ZADANIA	4
2.	METODYKA REALIZACJI ZADANIA	5
2.1	OPIS WYBORU JEDNOSTEK	5
2.2	PRZEGLĄD BAZY	5
2.3	PARAMETRY OPISUJĄCE JEDNOSTKI	6
2.4	ŹRÓDŁA DANYCH.....	7
2.5	PRZYJĘTE KRYTERIA OCENY DLA RETROFITU REAKTORAMI III GENERACJI.....	7
2.5.1	OBSZAR BLOKÓW ENERGETYCZNYCH, WRAZ Z ICH INFRASTRUKTURĄ POMOCNICZĄ	8
2.5.2	OBSZAR INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ, W TYM WYPROWADZENIA MOCY	9
2.5.3	OBSZAR INFRASTRUKTURY TOWARZYSZĄCEJ (M.IN. KOLEJOWEJ I DROGOWEJ).....	9
2.5.4	OBSZAR DOSTĘPNOŚCI WODY CHŁODZĄCEJ	10
2.5.5	OBSZAR DOSTĘPNOŚCI TERENU Z UWZGLĘDNIENIEM DAT PRZEWIDZIANYCH NA WYCOFANIE JEDNOSTEK WĘGLOWYCH Z UŻYTKU	10
2.5.6	OBSZAR ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO SIECIOWE LUB PRZEMYSŁOWE	11
2.6	PRZYJĘTE KRYTERIA OCENY DLA RETROFITU REAKTORAMI IV GENERACJI.....	12
2.6.1	OBSZAR BLOKÓW ENERGETYCZNYCH, WRAZ Z ICH INFRASTRUKTURĄ POMOCNICZĄ.....	13
2.6.2	OBSZAR INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ, W TYM WYPROWADZENIA MOCY	14
2.6.3	OBSZAR INFRASTRUKTURY TOWARZYSZĄCEJ (M.IN. KOLEJOWEJ, DROGOWEJ, MORSKIEJ)	14
2.6.4	OBSZAR DOSTĘPNOŚCI WODY CHŁODZĄCEJ	15
2.6.5	OBSZAR DOSTĘPNOŚCI TERENU Z UWZGLĘDNIENIEM DAT PRZEWIDZIANYCH NA WYCOFANIE JEDNOSTEK WĘGLOWYCH Z UŻYTKU	15
2.6.6	OBSZAR ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO SIECIOWE LUB PRZEMYSŁOWE	16
3.	WYNIKI REALIZACJI ZADANIA.....	17
3.1	WYNIKI ANALIZY DLA RETROFITU REAKTORAMI III GENERACJI.....	17
3.2	WYNIKI ANALIZY DLA RETROFITU REAKTORAMI IV GENERACJI.....	30
4.	PODSUMOWANIE WYNIKÓW I REKOMENDACJE	38
5.	ZAŁĄCZNIKI	39

Spis tabel

Tabela 2.1 Wykaz źródeł dla bazy bloków energetycznych	7
Tabela 2.2 Proponowane parametry oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorem III generacji	8
Tabela 2.3 Proponowane parametry oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorem IV generacji 2.4	12
Tabela 3.1 Dane wejściowe nr 1 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji	18
Tabela 3.2 Dane wejściowe nr 2 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji	20
Tabela 3.3 Dane wejściowe nr 3 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji	22
Tabela 3.4 Dane wejściowe nr 4 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji	24
Tabela 3.5 Dane wejściowe nr 5 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji	25
Tabela 3.6 Zestawienie punktowe oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji	26
Tabela 3.7 Ranking oceny aspektów technicznych – retrofit reaktorami III generacji	28
Tabela 3.8 Ranking oceny aspektów bezpieczeństwa – retrofit reaktorami III generacji	29
Tabela 3.9 Ranking końcowy – retrofit reaktorami III generacji	30
Tabela 3.10 Dane wejściowe nr 1 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji	32
Tabela 3.11 Dane wejściowe nr 2 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji	32
Tabela 3.12 Dane wejściowe nr 3 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji	33
Tabela 3.13 Dane wejściowe nr 4 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji	34
Tabela 3.14 Zestawienie punktowe oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji	35
Tabela 3.15 Ranking oceny aspektów technicznych – retrofit reaktorami IV generacji	36
Tabela 3.16 Ranking oceny aspektów bezpieczeństwa – retrofit reaktorami IV generacji	36
Tabela 3.17 Ranking końcowy – retrofit reaktorami IV generacji	37

1. CEL I REALIZACJA ZADANIA

Nadrzędnym celem badań przemysłowych zaplanowanych w ramach I zadania badawczego jest zdobycie nowej wiedzy o stanie technicznym krajowej infrastruktury energetycznej i towarzyszącej w kontekście jej wykorzystania w procesach modernizacji (dekarbonizacji) scentralizowanych systemów wytwarzania energii elektrycznej (i ciepła) na drodze zastosowania reaktorów jądrowych gen. III/III+ i IV. W obszarze I zadania badawczego pozyskana została nowa wiedza dot. aspektów technicznych w zakresie infrastruktury aktywów węglowych, dla przeprowadzenia potencjalnych retrofitów jądrowych, związana z:

1. układem i dostępnością wody chłodzącej;
2. charakterystyką i stanem technicznym zespołu turbiny parowej; charakterystyką i stanem technicznym układu wyprowadzenia mocy;
3. miejscem pod organizację placu budowy oraz dla zabudowy systemu reaktorów;
4. lokalnego zapotrzebowania na zdekarbonizowane ciepło oraz innych podobszarów analizowanych w równolegle prowadzonych zadaniach badawczych.

Prace badawcze obejmowały identyfikację oraz przeprowadzenie analiz w obszarach:

1. bloków energetycznych, wraz z ich infrastrukturą pomocniczą, funkcjonujących na rynku energii, ich parametrów pracy oraz uwarunkowań technicznych pod zabudowę reaktorów jądrowych;
2. infrastruktury elektroenergetycznej, w tym wyprowadzenia mocy oraz stanu technicznego i przepustowości sieci przesyłowych energii elektrycznej;
3. infrastruktury towarzyszącej (m.in. kolejowej i drogowej) pod kątem rozważanej modernizacji (dekarbonizacji) i niezbędnych prac inżynierskich związanych z procesem inwestycyjnym;
4. dostępności wody chłodzącej i możliwości budowy dodatkowych zbiorników wodnych;
5. dostępności terenu wymaganego do zabudowy jądrowych systemów energetycznych oraz organizacji prac inwestycyjnych z uwzględnieniem dat przewidzianych na wycofanie jednostek węglowych z użytku;
6. zapotrzebowania na ciepło sieciowe w analizowanych lokalizacjach i możliwości ucieplnienia zmodernizowanych bloków energetycznych.

W efekcie realizacji zadania badawczego utworzony został ranking oceny bloków energetycznych / elektrowni, który syntetyzuje potencjalne korzyści techniczne dla zastosowania reaktorów jądrowych we wskazanych lokalizacjach. Finalnie, skutek utworzenia rankingu oceny, do dalszej szczegółowej analizy w ramach kolejnych zadań badawczych wytypowane zostały:

- 4 elektrownie dla retrofitu reaktorami III generacji,
- 2 bloki energetyczne dla retrofitu reaktorami IV generacji.

2. METODYKA REALIZACJI ZADANIA

2.1 OPIS WYBORU JEDNOSTEK

Na potrzeby niniejszego projektu badawczego stworzono szczegółową bazę danych bloków energetycznych występujących w Polsce. Głównym kryterium dla jednostek był rodzaj spalanego paliwa oraz poziom mocy elektrycznej. W związku z tym, że projekt ma na celu zbadanie możliwości dekarbonizacji Krajowego Systemu Elektroenergetycznego poprzez zabudowę reaktorów jądrowych w istniejących kompleksach energetycznych do bazy wybrano bloki na węgiel kamienny i węgiel brunatny. Ponadto do bazy brano pod uwagę jednostki o mocy elektrycznej na poziomie co najmniej 100 MWe (z kilkoma wyjątkami). Pod uwagę brano tylko pracujące na moment tworzenia bazy danych jednostki wytwórcze.

2.2 PRZEGLĄD BAZY

Ostatecznie w bazie znalazło się **107 jednostek wytwórczych**, wchodzących w skład 23 elektrowni/elektrociepłowni.

W skład bazy danych wchodzi zarówno elektrownie (jednostki pracujące w pełnej kondensacji) oraz elektrociepłownie (jednostki produkujące energię elektryczną w skojarzeniu z produkcją ciepła).

Zakres mocy elektrycznej wybranych jednostek rozciąga się od 50 MWe do 1075 MWe. Kryterium doboru o mocy elektrycznej na poziomie co najmniej 100 MW polegało na wyborze lokalizacji, gdzie występowała co najmniej jednak jednostka spełniająca kryterium mocowe. W związku z czym w bazie znajduje się kilka jednostek o mocy poniżej 100 MW.

Przedsiębiorstwa, do których należą bloki energetyczne, dla których pozyskano dane techniczne to:

1. PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A.
2. PGE Energia Ciepła S.A.
3. Nowe Jaworzno Grupa TAURON Sp. z o.o.
4. TAURON Wytwarzanie S.A.
5. ENEA Wytwarzanie Spółka z o.o.
6. Enea Elektrownia Połaniec S.A.
7. ENERGA Elektrownie Ostrołęka S.A.
8. Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin S.A.
9. Veolia Energia Poznań S.A.
10. Veolia Energia Łódź S.A.
11. Grupa Azoty Zakłady Azotowe "Puławy" S.A.
12. CEZ Chorzów S.A.
13. CEZ Skawina S.A.
14. TAURON Ciepło Spółka z o.o.
15. PGE Energia Ciepła S.A.
16. PGNiG TERMIKA S.A.
17. Zespół Elektrociepłowni Wrocławskich KOGENERACJA S.A.

2.3 PARAMETRY OPISUJĄCE JEDNOSTKI

Każdy z bloków scharakteryzowany został pod kątem m.in. takich parametrów jak:

1. Moc elektryczna osiągalna, MW
2. Rodzaj paliwa podstawowego
3. Kaloryczność paliwa, kJ/kg
4. Emisyjność jednostkowa CO₂, kg_{CO2}/MWh
5. Napięcie wyprowadzenia mocy, kV
6. Sprawność elektryczna netto, %
7. Współczynnik wykorzystania mocy w 2019 roku, %
8. Charakterystyka kotła energetycznego:
 - a. Rok rozpoczęcia eksploatacji
 - b. Rok wystąpienia modernizacji
 - c. Typ kotła
 - d. Temperatura pary świeżej, °C
 - e. Ciśnienie pary świeżej, MPa
 - f. Temperatura pary wtórnej, °C
 - g. Ciśnienie pary wtórnej, MPa
 - h. Znamionowa moc cieplna kotła, MW
 - i. Osiągalna moc cieplna kotła, MW
 - j. Znamionowy strumień pary świeżej, t/h
 - k. Osiągalny strumień pary świeżej, t/h
 - l. Wskazanie oznaczenia turbiny parowej z którą kocioł współpracuje
 - m. Producent kotła
9. Charakterystyka turbozespołu:
 - a. Rok rozpoczęcia eksploatacji
 - b. Rok wystąpienia modernizacji
 - c. Typ turbiny
 - d. Temperatura pary świeżej, °C
 - e. Ciśnienie pary świeżej, MPa
 - f. Znamionowa elektryczna moc brutto turbiny, MW
 - g. Osiągalna elektryczna moc brutto turbiny, MW
 - h. Wskazanie oznaczenia kotła, z którym turbina współpracuje
 - i. Producent turbiny
 - j. Producent generatora
10. Przyjęty rok wycofania jednostki
11. Planowany rok wyłączenia bloku, z uwagi na normy emisji IED
12. Ogłoszony rok wyłączenia bloku
13. Rok wygaśnięcia kontraktu mocowego
14. Proponowany rok wyłączenia
15. Szerokość i długość geograficzna lokalizacji bloku
16. Dystans transportu paliwa, km
17. Dystans od najbliższej kopalni węgla, km

2.4 ŹRÓDŁA DANYCH

Tworząc bazę danych korzystano głównie z ogólnodostępnych danych, ale także udostępnianych na zasadach komercyjnych. Wykorzystywano polskie źródła, głównie materiały publikowane przez operatora Polskich Sieci Elektroenergetycznych (PSE) czy Agencji Rynku Energii (ARE). Ponadto uwzględniano również zagraniczne źródła na temat rynków europejskich, a pozostałe parametry były wyznaczone na bazie szeregu analiz.

Tabela 2.1 Wykaz źródeł dla bazy bloków energetycznych

Rodzaj informacji	Źródło
Lista bloków i podstawowe parametry (typ paliwa, emisyjność CO ₂ , moc osiągalna, sprawność, napięcie wyprowadzenia mocy, itp.)	PSE - Informacje o zasobach wytwórczych KSE
	Beyond Coal - Power Plant Database
	JRC Power Plant Database
	KOBIZE - Wskaźniki emisyjności CO ₂ dla energii elektrycznej
	Energy Instrat - Baza elektrowni i elektrociepłowni
Współczynnik wykorzystania mocy za 2019	Kalkulacja na podstawie publikacji PSE - Generacja mocy Jednostek Wytwórczych
Charakterystyka kotła energetycznego i turbozespołu	Agencja Rynku Energii S.A. - Katalog Elektrowni i Elektrociepłowni Zawodowych
Rok wygaśnięcia kontraktu mocowego	PSE – Aukcje Rynku mocy; Ostateczne wyniki aukcji głównej na rok dostaw.
Daty wyłączeń IED	Greenpeace - Odejście Polski od węgla do 2035 roku to business as usual. Konieczne przyspieszenie
Proponowane i ogłoszone daty wyłączenia	Energy Instrat - Baza elektrowni i elektrociepłowni
	PSE - Informacje o zasobach wytwórczych KSE
	BIP - Wykaz koncesji na wydobywanie kopalin ze złóż
Dane o lokalizacyjne i transportowe	Opracowania własne na podstawie szeregu źródeł

2.5 PRZYJĘTE KRYTERIA OCENY DLA RETROFITU REAKTORAMI III GENERACJI

Dla każdego z wymienionych w pierwszym rozdziale obszarów oceny lokalizacji, zaproponowany został parametr kwantyfikujący. W toku prac i wykonanych analiz podjęta została decyzja, że poszczególne obszary charakteryzują się różnym stopniem istotności. Z tego względu przypisane im zostały odpowiednie wagi.

Dla każdego obszaru przyjęto system oceniania w zakresie od 0 do 5 punktów, gdzie „5” punktów oznacza, że w danym obszarze stwierdzono bardzo korzystne cechy, a „0” punktów oznacza, że stwierdzono brak korzystnych cech.

System wag przyjęto w skali od 1 do 5. Waga „5” oznacza, że dany obszar uznano za bardzo istotny dla ogólnej oceny. Waga „1” oznacza, że przyjęto dany obszar uznano za mało istotny dla ogólnej oceny.

Dla retrofitu reaktorami III generacji, żadna główna część technologiczna dotychczasowej elektrowni nie zostaje zachowana. Niezgodność parametrów termodynamicznych pary produkowanej przez układ reaktora III generacji oraz wymaganych przez turbinę parową w dotychczasowych elektrowniach, uniemożliwia wykorzystanie dotychczasowej wyspy turbinowej. Największy z punktu widzenia potencjał dotychczasowych lokalizacji elektrowni, występuje dla wypracowania mocy elektrycznej oraz dotychczasowego układu chłodzenia elektrowni.

Tabela 2.2 przedstawia podsumowanie proponowanych parametrów kwantyfikujących w kolejnych obszarach wraz z przypisaną wagą obszaru.

Tabela 2.2 Proponowane parametry oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorem III generacji

Numer obszaru	Zakres analizowanego obszaru	Waga obszaru	Proponowany parametr kwantyfikujący
1.	Obszar bloków energetycznych, wraz z ich infrastrukturą pomocniczą, funkcjonujących na rynku energii, ich parametrów pracy oraz uwarunkowań technicznych pod zabudowę reaktorów jądrowych.	1	a. emisyjność CO ₂ zastępowanej elektrowni
2.	Obszar infrastruktury elektroenergetycznej, w tym wyprowadzenia mocy oraz stanu technicznego i przepustowości sieci przesyłowych energii elektrycznej.	5	a. moc elektryczna dotychczasowej elektrowni
3.	Obszar infrastruktury towarzyszącej (m.in. kolejowej i drogowej) pod kątem rozważanej modernizacji (dekarbonizacji) i niezbędnych prac inżynierskich związanych z procesem inwestycyjnym.	3	a. korzystne umiejscowienie przy porcie morskim b. korzystne umiejscowienie przy liniach kolejowych c. korzystne umiejscowienie przy drodze głównej (wojewódzkiej/krajowej/ekspresowej/autostradzie)
4.	Obszar dostępności wody chłodzącej i możliwości budowy dodatkowych zbiorników wodnych.	5	a. korzystne umiejscowienie nad morzem, rzeką lub jeziorem
5.	Obszar dostępności terenu wymaganego do zabudowy jądrowych systemów energetycznych oraz organizacji prac inwestycyjnych z uwzględnieniem dat przewidzianych na wycofanie jednostek węglowych z użytku.	3	a. data planowanego wycofania elektrowni z eksploatacji b. współczynnik zagęszczenia zabudowy - „ilości bloków przypadająca na 1 GW mocy cieplnej kotłów” c. występowanie utrudnionej dostępności terenu zabudowy
6.	Obszar zapotrzebowania na ciepło sieciowe w analizowanych lokalizacjach i możliwości ucieplnienia zmodernizowanych bloków energetycznych.	1	a. dotychczasowe zasilanie w ciepło sieci miejskiej lub przemysłowej lub bliskość infrastruktury sieci ciepłowniczej

2.5.1 OBSZAR BLOKÓW ENERGETYCZNYCH, WRAZ Z ICH INFRASTRUKTURĄ POMOCNICZĄ

Jako, że dla retrofitu reaktorami III generacji, żadna główna część technologiczna dotychczasowej elektrowni nie zostaje zachowana – zaproponowano dla niniejszego obszaru parametr „emisyjność jednostkowa produkcji energii w odniesieniu do produkcji CO₂ dla zastępowanej elektrowni”. Zaproponowany parametr promować będzie retrofit bloków w lokalizacjach, gdzie produkcja energii obarczona była dotychczas największą emisyjnością CO₂.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

- 5 punktów – emisyjność CO₂ zastępowanej elektrowni ≥ 1000 kgCO₂/MWh,
- 3 punkty – emisyjność CO₂ zastępowanej elektrowni 900-999 kgCO₂/MWh,
- 1 punkt – emisyjność CO₂ zastępowanej elektrowni 800-899 kgCO₂/MWh,
- 0 punktów – emisyjność CO₂ zastępowanej elektrowni < 800 kgCO₂/MWh.

Emisyjność elektrowni wyznaczana jest jako średnia ważona emisyjności poszczególnych bloków po mocy cieplnej kotłów poszczególnych bloków.

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o stosunkowo niskim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami III generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „1”.

2.5.2 OBSZAR INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ, W TYM WYPROWADZENIA MOCY

Jak zostało już wcześniej wspomniane – w ramach retrofitu reaktorami III generacji, żadna główna część technologiczna dotychczasowej elektrowni nie zostaje zachowana. Istotnym uwarunkowaniem, które sprzyjać będzie umiejscowieniu przyszłej elektrowni jądrowej, jest występująca infrastruktura elektroenergetyczna wyprowadzenia mocy w rozpatrywanej lokalizacji. Duża moc przyłączeniowa dotychczasowych elektrowni oznacza, że infrastruktura elektroenergetyczna w istniejącym stanie przystosowana jest co najmniej do odbioru tego samego poziomu mocy z planowanej elektrowni jądrowej. Wysoki potencjał wyprowadzenia mocy umożliwia korzystną multiplikację ilości reaktorów w danej lokalizacji.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

- 5 punktów – moc elektryczna brutto dotychczasowej elektrowni wynosi powyżej 3000 MW
- 3 punkty – moc elektryczna brutto dotychczasowej elektrowni wynosi 2001 - 3000 MW
- 1 punkt – moc elektryczna brutto dotychczasowej elektrowni wynosi 1001 - 2000 MW
- 0 punktów – moc elektryczna brutto dotychczasowej elektrowni wynosi poniżej 1000 MW

Przyjęto, że wysoki potencjał wyprowadzenia mocy jest bardzo istotną zaletą w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami III generacji. Z tego względu przypisano temu parametrowi wagę „5”.

2.5.3 OBSZAR INFRASTRUKTURY TOWARZYSZĄCEJ (M.IN. KOLEJOWEJ I DROGOWEJ)

Z uwagi na łatwość transportu elementów koniecznych do budowy i eksploatacji elektrowni jądrowej, jednym z aspektów, który uwzględniony został w ocenie lokalizacji jest bliskość szlaków transportowych. Podczas analizy wzięto pod uwagę bliskość drogowych, kolejowych oraz morskich dróg transportowych.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

- 5 punkty – umiejscowienie do 20 km od:
 - portu morskiego i linii kolejowych i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/ autostrad)
- 3 punkty – umiejscowienie do 20 km od:
 - portu morskiego i linii kolejowej
lub
 - portu morskiego i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/ autostrad)
lub

- linii kolejowej i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/ autostrad)
- 1 punkt – umiejscowienie do 20 km od:
 - portu morskiego lub
 - linii kolejowej lub
 - dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/ autostrad)
- 0 punktów – umiejscowienie powyżej 20 km od:
 - portu morskiego i linii kolejowej i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/autostrad)

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o średnim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami III generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „3”.

2.5.4 OBSZAR DOSTĘPNOŚCI WODY CHŁODZĄCEJ

Szacuje się, że zapotrzebowanie na wodę chłodzącą w elektrowni atomowej jest około 2 razy większe niż w przypadku elektrowni węglowej. Z tego względu aspekt dostępności wody chłodzącej jest bardzo ważnym parametrem, dla funkcjonowania elektrowni atomowej, również pod kątem bezpieczeństwa eksploatacji.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

- 5 punkty – umiejscowienie w bezpośrednim sąsiedztwie morza lub zalewu morskiego
- 3 punkty – umiejscowienie w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki
- 1 punkt – umiejscowienie w bezpośrednim sąsiedztwie jeziora
- 0 punktów – brak w bezpośrednim sąsiedztwie wód umożliwiających chłodzenie elektrowni (morze, rzeka, jezioro)

Przyjęto, że wysoki potencjał chłodzenia elektrowni jądrowej jest bardzo istotną zaletą w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami III generacji. Z tego względu przypisano temu parametrowi wagę „5”.

2.5.5 OBSZAR DOSTĘPNOŚCI TERENU Z UWZGLĘDNIENIEM DAT PRZEWIDZIANYCH NA WYCOFANIE JEDNOSTEK WĘGLOWYCH Z UŻYTKU

Badany obszar ocenia dostępność terenu w badanej lokalizacji, uwzględniając również daty planowanego wycofania jednostek z eksploatacji. W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację, składającą się z 3 składowych aspektów:

- a) data planowanego wycofania elektrowni z eksploatacji
- b) określono współczynnik definiujący w obecnej elektrowni węglowej „ilości bloków przypadająca na 1 GW mocy cieplnej kotłów”
- c) ekspercka ocena niskiej dostępności terenu sąsiadującego z planowanym do retrofitu blokiem

Dla kolejnych powyższych aspektów punktacja przyjęta została jak poniżej:

- a) W ramach oceny daty planowanego wycofania elektrowni z eksploatacji, przyjęto poniższą punktację:
 - 1,0 punkt – planowane wycofanie elektrowni z eksploatacji w latach 2031-2037
 - 0,5 punkt – planowane wycofanie elektrowni z eksploatacji w latach 2038-2042
 - 0,25 punktu – planowane wycofanie elektrowni z eksploatacji w latach 2027-2030 lub 2043-2047

0 punktów – planowane wycofanie elektrowni z eksploatacji przed rokiem 2027 lub po roku 2047

Rok wycofania wyznaczany jest jako średnia ważona roku wycofania poszczególnych bloków po mocy cieplnej kotłów poszczególnych bloków.

b) W ramach oceny parametru „ilości bloków przypadająca na 1 GW mocy cieplnej kotłów”, przyjęto poniższą punktację:

3 punkty – współczynnik ma wartość powyżej 3,00

2 punkty – współczynnik ma wartość 2,01 - 3,00

1 punkt – współczynnik ma wartość 1,01 - 2,00

0 punktów – współczynnik ma wartość równą bądź niższą niż 1,00

Powyższy parametr ocenia gęstości zabudowy, dla istniejącej elektrowni. Biorąc za przykład porównanie jednego bloku o mocy cieplnej kotła 1 GW oraz elektrowni składającej się z pięciu kotłów o mocy cieplnej 0,2 GW każdy – większą powierzchnię zabudowy zajmuje druga opcja. W jej przypadku większe będzie więc uwolnienie terenu, po likwidacji dotychczasowych bloków, co jest korzystne dla ułatwienia zagospodarowania przestrzennego retrofitu.

c) Składową oceny badanego obszaru było również określenie dostępności terenu sąsiadującego z planowaną do retrofitu elektrownią. W ramach oceny dostępności terenu, przyjęto poniższą punktację:

1 punkt – dobra dostępność terenu zabudowy dla retrofitu

0 punktów – utrudniona dostępność terenu zabudowy dla retrofitu

Dla oceny całego obszaru należy dokonać zsumowania punktów z wyżej wymienionych 3 aspektów oceny.

Przyjęto, że powyższy całościowy obszar jest kwestią o średnim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami III generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „3”.

2.5.6 OBSZAR ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO SIECIOWE LUB PRZEMYSŁOWE

W przypadku występowania zapotrzebowania na ciepło, efektywność wykorzystania energii z reaktora jądrowego rośnie – analogicznie jak dla bloków węglowych. W ramach tego obszaru, oceniono czy w rozpatrywanych lokalizacjach ułatwione jest zagospodarowanie ciepła na potrzeby przemysłowe lub miejskiej sieci ciepłowniczej.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

5 punktów – w ramach retrofitowanej elektrowni/elektrociepłowni wszystkie lub część bloków posiada podłączenie do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej

3 punkty – w ramach retrofitowanej elektrowni/elektrociepłowni żaden z bloków nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, niemniej takie odbiory znajdują się w odległości do 2 km od istniejącej elektrowni

1 punkt – w ramach retrofitowanej elektrowni/elektrociepłowni żaden z bloków nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, niemniej takie odbiory znajdują się w odległości do 10 km od istniejącej elektrowni

0 punktów – w ramach retrofitowanej elektrowni/elektrociepłowni żaden z bloków nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, a takie odbiory znajdują się w odległości powyżej 10 km od istniejącej elektrowni

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o stosunkowo niskim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami III generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „1”.

2.6 PRZYJĘTE KRYTERIA OCENY DLA RETROFITU REAKTORAMI IV GENERACJI

Dla każdego z wymienionych w pierwszym rozdziale obszarów oceny lokalizacji, zaproponowany został parametr kwantyfikujący. W toku prac i wykonanych analiz podjęta została decyzja, że poszczególne obszary charakteryzują się różnym stopniem istotności. Z tego względu przypisane im zostały odpowiednie wagi.

Dla każdego obszaru przyjęto system oceniania w zakresie od 0 do 5 punktów, gdzie „5” punktów oznacza, że w danym obszarze stwierdzono bardzo korzystne cechy, a „0” punktów oznacza, że stwierdzono brak korzystnych cech.

System wag przyjęto w skali od 1 do 5. Waga „5” oznacza, że dany obszar uznano za bardzo istotny dla ogólnej oceny. Waga „1” oznacza, że przyjęto dany obszar uznano za mało istotny dla ogólnej oceny.

Tabela 2.3 przedstawia podsumowanie proponowanych parametrów kwantyfikujących w kolejnych obszarach wraz z przypisaną wagą obszaru.

Tabela 2.3 Proponowane parametry oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorem IV generacji 2.4

Numer obszaru	Zakres analizowanego obszaru	Waga obszaru	Proponowany parametr kwantyfikujący
1.	Obszar bloków energetycznych, wraz z ich infrastrukturą pomocniczą, funkcjonujących na rynku energii, ich parametrów pracy oraz uwarunkowań technicznych pod zabudowę reaktorów jądrowych.	5	a. sprawność elektryczna netto bloku
2.	Obszar infrastruktury elektroenergetycznej, w tym wyprowadzenia mocy oraz stanu technicznego i przepustowości sieci przesyłowych energii elektrycznej.	3	a. rok rozpoczęcia eksploatacji bloku
3.	Obszar infrastruktury towarzyszącej (m.in. kolejowej i drogowej) pod kątem rozważanej modernizacji (dekarbonizacji) i niezbędnych prac inżynierskich związanych z procesem inwestycyjnym.	2	a. korzystne umiejscowienie przy porcie morskim b. korzystne umiejscowienie przy liniach kolejowych c. korzystne umiejscowienie przy drodze głównej (wojewódzkiej/krajowej/ekspresowej/autostradzie)
4.	Obszar dostępności wody chłodzącej i możliwości budowy dodatkowych zbiorników wodnych.	4	a. korzystne umiejscowienie nad morzem, rzeką lub jeziorem
5.	Obszar dostępności terenu wymaganego do zabudowy jądrowych systemów energetycznych oraz organizacji prac inwestycyjnych z uwzględnieniem dat przewidzianych na wycofanie jednostek węglowych z użytku.	3	a. data planowanego wycofania bloku z eksploatacji b. liczba referencyjnych małych reaktorów jądrowych, niezbędnych do zastąpienia dotychczasowej mocy cieplnej kotła c. występowanie utrudnionej dostępności terenu zabudowy
6.	Obszar zapotrzebowania na ciepło sieciowe w analizowanych lokalizacjach i możliwości ucieplnienia zmodernizowanych bloków energetycznych.	1	a. dotychczasowe zasilanie w ciepło sieci miejskiej lub przemysłowej oraz przystosowanie bloku do produkcji ciepła

2.6.1 OBSZAR BLOKÓW ENERGETYCZNYCH, WRAZ Z ICH INFRASTRUKTURĄ POMOCNICZĄ

W przypadku retrofitu bloku elektrowni reaktorem IV generacji, istotnym aspektem jest potencjał pozostawienia układu turbiny parowej w stosunkowo niezmiennym kształcie w odniesieniu do obecnie realizowanej eksploatacji. Aspekt ten pozwala na minimalizację kosztów inwestycyjnych, związanych z planowanym retrofitem. By możliwe było przystosowanie istniejącej turbiny parowej do zasilania parą produkowaną w reaktorze jądrowym, pożądana jest zgodność parametrów pary produkowanej w reaktorze oraz zasilającej turbinę parową. Zbliżone wartości muszą występować dla temperatury, ciśnienia oraz strumienia pary świeżej oraz wtórnej.

Na etapie prac przygotowawczych do projektu, część członków obecnego zespołu badawczego (prof., dr hab. inż. Łukasz Bartela oraz dr inż. Paweł Gładysz) wytypowało w ramach opracowania „Re-using coal power plant assets in a fully decarbonized polish power sector” trzy typy reaktorów IV generacji, które ze względu na parametry pracy, dobrze wpisują się we współpracę z typowymi turbozespołami występującymi w polskich blokach węglowych. Przeanalizowane zostały reaktory:

1. Kairos Power Fluoride salt-cooled High temperature Reactor (KP-FHR),
2. ThorCon Molten Salt Reactor (MSC ThorCon),
3. High-Temperature gas-cooled Reactor Pebble-bed Module (HTR-PM).

We wspomnianym opracowaniu, praca powyżej wymienionych reaktorów przeanalizowana została we współpracy z trzema typami bloków energetycznych. Temperatura pary świeżej i wtórnej kierowanej do turbiny parowej zawierała się w zakresie 538 – 583 °C. Zgodnie z wnioskami z przeprowadzonej analizy, dla reaktora HTR-PM możliwe jest wyprodukowanie pary świeżej i wtórnej o temperaturze 600 °C. Możliwe jest również przez odpowiednie modyfikacje układu turbozespołu (np. dotrysk wody do pary) skorygowanie do niższych wartości temperatury pary kierowanej do turbiny parowej.

W ramach oceny przydatności retrofitu poszczególnych bloków do IV generacji reaktorów, przyjęto, że **czynnikiem granicznym będzie wiek budowy istniejącego bloku. Przyjęto, że może to być blok energetyczny wybudowany nie wcześniej niż w 2007 roku.** Ograniczenie analizy do stosunkowo nowo wybudowanych bloków, zwiększa prawdopodobieństwo, że stan istniejącej infrastruktury bloku, a w szczególności generatora czy turbozespołu, które w przypadku retrofitu dalej będą eksploatowane jest na dobrym poziomie.

Drugim parametrem, powiązaniem z nowszą generacją bloku są wysokie parametry termiczne pary. Podwyższone parametry pary wpływają z kolei na poprawę sprawności wytwarzania elektryczności. Sprawność wytwarzania elektryczności przyjęto jako parametr ewaluacyjny dla badanego obszaru. Jest on istotny pod kątem wymaganej mocy cieplnej reaktora. Zakładając bowiem, że dwa bloki wytwarzają identyczną moc elektryczną, to blok o niższej sprawności elektrycznej wymaga dostarczenia większej mocy cieplnej z reaktora. Skutkować to będzie zwiększeniem wymaganych nakładów inwestycyjnych, co pogorszy wskaźniki ekonomiczne. Z tego względu do retrofitu reaktorem IV generacji, preferowane będą bloki o jak największej sprawności elektrycznej.

Najodpowiedniejszym parametrem do ewaluacji byłaby sprawność obiegu turbozespołu. Tak szczegółowych danych, nie udało się jednak uzyskać dla każdego bloku. Sprawność wytwarzania elektryczności charakteryzująca blok jest jednak wynikiem sprawności kotła oraz turbozespołu. Zakładając, że w badanych blokach sprawność kotłów jest na zbliżonym poziomie, można przyjąć, że sprawność elektryczna bloku w dużej mierze oddaje sprawność obiegu turbozespołu. Dla jak najlepszego oszacowania parametru zdecydowano się jednak na rozróżnienie sprawności w zależności od typu

spalanego węgla (kamienny/brunatny). Kotły na węgiel brunatny charakteryzują się bowiem niższą sprawnością niż kotły zasilane węglem kamiennym.

Warunkiem koniecznym do kwalifikacji bloku do retrofitu reaktorem IV generacji jest data oddania do eksploatacji, która nie może być wcześniejsza niż rok 2007.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

5 punktów	– sprawność elektryczna netto bloku spalającego węgiel kamienny powyżej 43,0 % lub
3 punkty	– sprawność elektryczna netto bloku spalającego węgiel brunatny powyżej 41,0 % – sprawność elektr. netto bloku spalającego węgiel kamienny w przedziale 41,0 - 43,0 % lub
1 punkt	– sprawność elektr. netto bloku spalającego węgiel brunatny w przedziale 39,0 - 41,0 % – sprawność elektr. netto bloku spalającego węgiel kamienny w przedziale 39,0 - 40,9 % lub
0 punktów	– sprawność elektr. netto bloku spalającego węgiel brunatny w przedziale 37,0 - 38,9 % – sprawność elektryczna netto bloku spalającego węgiel kamienny poniżej 39,0 % lub
	– sprawność elektryczna netto bloku spalającego węgiel brunatny poniżej 37,0 %

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o bardzo wysokim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami IV generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „5”.

2.6.2 OBSZAR INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ, W TYM WYPROWADZENIA MOCY

W ramach retrofitu reaktorem IV generacji, układ turbozespołu pozostaje w praktycznie niezmiennym kształcie. Zachowany zostaje również układ generatora. Z tego względu aspekt mocy przyłączeniowej nie jest oceniany w tym obszarze – moc przyłączeniowa pozostaje bowiem niezmienna w stosunku do stanu obecnego. Uznano, że istotnym aspektem jest stan infrastruktury elektroenergetycznej. Przyjętym kryterium kwantyfikującym został rok oddania bloku do eksploatacji. W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

5 punktów	– oddanie bloku do eksploatacji po 2017 roku
3 punkty	– oddanie bloku do eksploatacji w latach 2012-2017
1 punkt	– oddanie bloku do eksploatacji w latach 2007-2011
0 punktów	– oddanie bloku do eksploatacji przed 2007 rokiem

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o średnim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami IV generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „3”.

2.6.3 OBSZAR INFRASTRUKTURY TOWARZYSZĄCEJ (M.IN. KOLEJOWEJ, DROGOWEJ, MORSKIEJ)

Z uwagi na łatwość transportu elementów koniecznych do budowy i eksploatacji elektrowni jądrowej, jednym z aspektów, który uwzględniony został w ocenie lokalizacji jest bliskość szlaków transportowych. Podczas analizy wzięto pod uwagę bliskość drogowych, kolejowych oraz morskich dróg transportowych.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

5 punkty	– umiejscowienie do 20 km od:
----------	-------------------------------

- portu morskiego i linii kolejowych i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/autostrad)
- 3 punkty – umiejscowienie do 20 km od:
 - portu morskiego i linii kolejowej lub
 - portu morskiego i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/autostrad) lub
 - linii kolejowej i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/autostrad)
- 1 punkt – umiejscowienie do 20 km od:
 - portu morskiego lub
 - linii kolejowej lub
 - dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/ autostrad)
- 0 punktów – umiejscowienie powyżej 20 km od:
 - portu morskiego i linii kolejowej i dróg głównych (wojewódzkich/krajowych/ekspresowych/ autostrad)

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o średnim-niskim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami IV generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „2”.

2.6.4 OBSZAR DOSTĘPNOŚCI WODY CHŁODZĄCEJ

Szacuje się, że zapotrzebowanie na wodę chłodzącą w elektrowni atomowej jest około 2 razy większe niż w przypadku elektrowni węglowej. Z tego względu aspekt dostępności wody chłodzącej jest bardzo ważnym parametrem, dla funkcjonowania elektrowni atomowej, również pod kątem bezpieczeństwa eksploatacji.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

- 5 punkty – umiejscowienie w bezpośrednim sąsiedztwie morza lub zalewu morskiego
- 3 punkty – umiejscowienie w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki
- 1 punkt – umiejscowienie w bezpośrednim sąsiedztwie jeziora
- 0 punktów – brak w bezpośrednim sąsiedztwie wód umożliwiających chłodzenie elektrowni (morze, rzeka, jezioro)

Przyjęto, że wysoki potencjał chłodzenia elektrowni jądrowej jest istotną zaletą w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami IV generacji. Z tego względu przypisano temu parametrowi wagę „4”.

2.6.5 OBSZAR DOSTĘPNOŚCI TERENU Z UWZGLĘDNIENIEM DAT PRZEWIDZIANYCH NA WYCOFANIE JEDNOSTEK WĘGLOWYCH Z UŻYTKU

Badany obszar ocenia dostępność terenu w badanej lokalizacji, uwzględniając również daty planowanego wycofania jednostek z eksploatacji. W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację, składającą się z 3 składowych aspektów:

- a) data planowanego wycofania bloku/elektrowni z eksploatacji
- b) ilość referencyjnych małych reaktorów jądrowych o mocy cieplnej 270-330 MWt, niezbędnych do zastąpienia dotychczasowej mocy cieplnej kotła węglowego

- c) ekspercka ocena niskiej dostępności terenu sąsiadującego z planowanym do retrofitu blokiem

Dla kolejnych powyższych aspektów punktacja przyjęta została jak poniżej:

- a) W ramach oceny daty planowanego wycofania bloku z eksploatacji, przyjęto poniższą punktację:
- 1,0 punkt – planowane wycofanie bloku z eksploatacji w latach 2029-2035
 - 0,5 punktu – planowane wycofanie bloku z eksploatacji w latach 2036-2040
 - 0,25 punktu – planowane wycofanie bloku z eksploatacji w latach 2025-2028 lub 2041-2045
 - 0 punktów – planowane wycofanie bloku z eksploatacji przed rokiem 2025 lub po roku 2045
- b) W ramach oceny ilość referencyjnych małych reaktorów jądrowych o mocy cieplnej 270-330 MWt, niezbędnych do zastąpienia dotychczasowej mocy cieplnej kotła węglowego, przyjęto poniższą punktację:
- 3 punkty – 1 reaktor
 - 2 punkty – 2-3 reaktory
 - 1 punkt – 4-5 reaktorów
 - 0 punktów – powyżej 5 reaktorów
- c) Składową oceny badanego obszaru było również określenie dostępności terenu sąsiadującego z planowanym do retrofitu blokiem. Większość ocenianych lokalizacji znajduje się w sytuacji, że planowany do retrofitu blok jest pod względem czasu ostatnim planowanym do eksploatacji blokiem w ramach danej elektrowni. Planowane, wcześniejsze wycofywanie z eksploatacji sąsiadujących bloków potencjalnie będzie czynnikiem uwalniającym dostępność okalającego terenu, ułatwiając budowę retrofitowanej jednostki. Z drugiej strony, wystąpić mogą lokalizacje, gdzie blok znajduje się w ciasnej zabudowie, a uwolnienia terenu z uwagi na wycofanie z eksploatacji sąsiadujących bloków nie będą występować. W ramach oceny dostępności terenu, przyjęto poniższą punktację:
- 1 punkt – dobra dostępność terenu zabudowy dla retrofitu
 - 0 punktów – utrudniona dostępność terenu zabudowy dla retrofitu

Dla oceny całego obszaru należy dokonać zsumowania punktów z wyżej wymienionych 3 aspektów oceny.

Przyjęto, że powyższy obszar jest kwestią o średnim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami IV generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „3”.

2.6.6 OBSZAR ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO SIECIOWE LUB PRZEMYSŁOWE

W przypadku występowania zapotrzebowania na ciepło, efektywność wykorzystania energii z reaktora jądrowego rośnie – analogicznie jak dla bloków węglowych. W ramach tego obszaru, oceniono czy w rozpatrywanych lokalizacjach ułatwione jest zagospodarowanie ciepła na potrzeby przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej.

W ramach oceny obszaru, przyjęto poniższą punktację:

- 5 punktów – istniejący turbozespół posiada upust ciepłowniczy oraz blok posiada podłączenie do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej
- 3 punkty – istniejący turbozespół posiada upust ciepłowniczy, ale blok nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, niemniej takie odbiory znajdują się w odległości do 2 km
- 1 punkt – istniejący turbozespół posiada upust ciepłowniczy, ale blok nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, niemniej takie odbiory znajdują się w odległości powyżej 2 km

- lub
- istniejący turbozespół nie posiada upustu ciepłowniczego, a blok nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, niemniej takie odbiory znajdują się w odległości do 2 km
- 0 punktów
- istniejący turbozespół posiada upust ciepłowniczy, ale blok nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, które znajdują się w odległości większej niż 10 km
- lub
- istniejący turbozespół nie posiada upustu ciepłowniczego, a blok nie posiada podłączenia do przemysłowej lub miejskiej sieci ciepłowniczej, które znajdują się w odległości większej niż 2 km

Przyjęto, że powyższy parametr jest kwestią o stosunkowo niskim poziomie istotności w odniesieniu do retrofitu bloków reaktorami IV generacji. Z tego względu przypisano mu wagę „1”.

1. WYNIKI REALIZACJI ZADANIA

3.1 WYNIKI ANALIZY DLA RETROFITU REAKTORAMI III GENERACJI

Pozyskane w ramach początkowego etapu prac dane dotyczące kolejnych jednostek wytwórczych, zaprezentowane zostały w tabelach 3.1. – 3.6.

W wyniku analizy pozyskanych danych oraz przyjęcia kryteriów opisanych w rozdziale 2.5 - wykonana została ocena rozpatrywanych lokalizacji. Ocena przypisująca punktację w kolejnych obszarach analizy, zaprezentowana została w tabeli 3.7.

Szczegółowy arkusz roboczy oceny lokalizacji pod kątem retrofitu reaktorami III generacji, dołączony jest jako załącznik do raportu.

Tabela 1.1 Dane wejściowe nr 1 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji

Elektrownia / elektrociepłownia	Nazwa jednostki wytwórczej	Ilość bloków danego typoszeregu	Moc osiągalna bloku brutto, MW	Rodzaj paliwa podstawowego	Kaloryczność paliwa, kJ/kg	Emisyjność, kgCO ₂ /MWh	Napięcie, kV	Sprawność netto, %	Współczynnik wykorzystania mocy w 2019 roku, %
Bełchatów	Bełchatów B2-B12	11	370 - 390	węgiel brunatny	7 567	1106	220 400	36,0	12,4 - 74,7
	Bełchatów B14	1	858	węgiel brunatny	7 567	964	400	39,0	73,0
Turów	Turów B1-B3	3	250	węgiel brunatny	10 802	1016	110 220	36,2	7,1 – 47,9
	Turów B4-B6	3	261	węgiel brunatny	10 802	968 - 1016	220	36,2 – 38,0	50,3 – 60,8
	Turów B11	1	496	węgiel brunatny	10 802	886	400	42,0	-
Opole	Opole B1-B4	4	380 – 386	węgiel kamienny	21 988	872	110 400	36,7	22,0 – 41,8
	Opole B5-B6	2	905	węgiel kamienny	21 988	696	400	45,5	24,7 – 41,3
Dolna Odra	Dolna Odra B1-B2	2	222 - 232	węgiel kamienny	23 398	977	110 220	33,5	0%, wyłączone od 2021
	Dolna Odra B5-B8	4	222 - 232	węgiel kamienny	23 400	977	220 400	33,5	25,7 – 34,0
Rybnik	Rybnik B1-B2	2	225	węgiel kamienny	20 265	925	110	33,5	10,5%, wyłączone od 2021
	Rybnik B3-B4	2	225	węgiel kamienny	20 265	925	110 220	33,5	43,9%, wyłączone od 2023
	Rybnik B5-B8	4	225	węgiel kamienny	20 265	925	220 400	33,5	8,3 – 44,4
Jaworzno	Jaworzno 3 B1-B6	6	220 - 225	węgiel kamienny	20 474	915	110 220	34,0	23,0 – 34,7
	Jaworzno 2 JWCD B7	1	910	węgiel kamienny	20 474	676	400	46,0	-
Łagisza	Łagisza B6-B7	2	120	węgiel kamienny	20 912	980	220	41,0	0%, wyłączone od 2021
	Łagisza B10	1	460	węgiel kamienny	20 912	756	400	43,0	31,7
Łaziska	Łaziska 3 B1-B2	2	125	węgiel kamienny	21 058	983	110	32,0	0%, wyłączone od 2021
	Łaziska 3 B9-B12	4	225 - 230	węgiel kamienny	21 058	899	110 220	35,0	24,5 – 42,5
Siersza	Siersza B1-B2	2	153	węgiel kamienny	18 420	927	110	32,0	32,5 – 47,6
Kozienice	Kozienice B1-B8	8	220 - 228	węgiel kamienny	21 701	872	110 220	36,5	20,0 – 63,4
	Kozienice B9-B10	2	566	węgiel kamienny	21 701	872	400	36,5	40,0 – 53,3
	Kozienice B11	1	1075	węgiel kamienny	21 701	692	400	45,6	57,5
Połaniec	Połaniec B1-B7	7	225 - 242	węgiel kamienny	20 074	907	110 220 400	34,0	8,2 – 67,0
Ostrołęka	Ostrołęka B1-B3	3	230	węgiel kamienny	21 867	840	110 220	38,0	27,9 – 44,7

Elektrownia / elektrociepłownia	Nazwa jednostki wytwórczej	Ilość bloków danego typoszeregu	Moc osiągalna bloku brutto, MW	Rodzaj paliwa podstawowego	Kaloryczność paliwa, kJ/kg	Emisyjność, kgCO ₂ /MWh	Napięcie, kV	Sprawność netto, %	Współczynnik wykorzystania mocy w 2019 roku, %
Pątnów	Pątnów 1 B1-B2, B5-B6	4	200 - 222	węgiel brunatny	8 448	1251	110 220	31,0	23,7 – 60,9
	Pątnów 2 B9	1	474	węgiel brunatny	8 382	947	400	41,0	54,5
Konin	Konin B1	1	28	węgiel brunatny	8 590	1251	110 220	brak danych	brak danych
	Konin B2	1	65	biomasa	brak danych	-	110 220	brak danych	brak danych
Karolin	Karolin B1	1	51	biomasa	brak danych	0	110	brak danych	brak danych
	Karolin B2-B3	2	100 - 111	węgiel kamienny	21 572	950	110	brak danych	brak danych
Łódź	Łódź-4 B03	1	100	węgiel kamienny	21 823	950	110	brak danych	brak danych
Puławy	EC Puławy	1	100	węgiel kamienny	23 612	b.d (900)	220	b.d. (~41,0%)	-
Chorzów	Chorzów B1-B2	2	113	węgiel kamienny	17 303	950	110	brak danych	brak danych
Skawina	Skawina B3, B5-B6	3	110	węgiel kamienny	20 464	972	110	32,0	1,5 – 54,1
Katowice	Katowice B1	1	135	węgiel kamienny	19 506	950	110	brak danych	brak danych
Kraków	Kraków Łęg B1-B4	4	102-122	węgiel kamienny	21 988	954	110	brak danych	brak danych
Siekierki	Siekierki B7-B10	4	106-125	węgiel kamienny	22 611	950	110	brak danych	brak danych
Wrocław	Wrocław B1	1	56	węgiel kamienny	22 181	950	110	brak danych	brak danych
	Wrocław B2-B3	2	108	węgiel kamienny	22 181	950	110	brak danych	brak danych

Tabela 1.2 Dane wejściowe nr 2 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji

Elektrownia / elektrociepłownia	Nazwa jednostki wytwórczej	Ilość bloków danego typoszeregu	Kotły energetyczne										Producent kotła
			Rok rozpoczęcia eksploatacji	Typ kotła	Parametry pary świeżej		Parametry pary wtórnej		Moc cieplna kotła, MW		Wydajność kotła, t/h		
					Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Znamio- nowa	Osią- galna	Znamio- nowa	Osią- galna	
Bełchatów	Bełchatów B2-B12	11	1983 - 1989	pył.	540 - 570	18 - 19	540 - 570	4	872	872	1100 - 1150	1150	RAFAKO, BBS
	Bełchatów B14	1	2011	pył.	554	26	582	5	1 820	1 820	2 400	2 400	ALSTOM
Turów	Turów B1-B3	3	1998 – 2000	fluid.	540	13	540	3	528	528	667	667	FOSTER WHEELER
	Turów B4-B6	3	2003 - 2005	fluid.	565	17	565	4	556	556	700	700	FOSTER WHEELER
	Turów B11	1	2021	pył.	600	27	610	6	1 037	1 037	b.d	b.d	b.d
Opole	Opole B1-B4	4	1993 - 1997	pył.	540	18	540	4	872	872	1 150	1 150	RAFAKO
	Opole B5-B6	2	2019	pył.	603	26	611	6	1 900	1 900	2 455	2 455	GE
Dolna Odra	Dolna Odra B1-B2	2	1974	pył.	540	13,5	540	2,3	515	528	650	650	RAFAKO
	Dolna Odra B5-B8	4	1975 - 1977	pył.	540	14	540	2	515	528	650	650	RAFAKO
Rybnik	Rybnik B1-B2	2	1972 - 1973	pył.	540	13,5	540	2,5	589	589	650	650	RAFAKO
	Rybnik B3-B4	2	1973 - 1974	pył.	540	14	540	3	589	589	650	650	RAFAKO
	Rybnik B5-B8	4	1978	pył.	540	14	540	3	589	589	650	650	RAFAKO
Jaworzno	Jaworzno 3 B1-B6	6	1977 - 1978	pył.	540	14	540	2	517	517	650	650	RAFAKO
	Jaworzno 2 JWCD B7	1	2020	pył.	600	28	610	6	1 729	1 729	2 450	2 450	RAFAKO
Łagisza	Łagisza B6-B7	2	1970	pył.	540	13,5	540	2,7	305	330	380	359	RAFAKO
	Łagisza B10	1	2009	fluid.	563	28	582	5	905	1 022	1 300	1 327	FOSTER WHEELER
Łaziska	Łaziska 3 B1-B2	2	1967	pył.	540	13,4	540	2,6	304	304	380	380	RAFAKO
	Łaziska 3 B9-B12	4	1970 - 1972	pył.	540	14	540	3	512	512	650	650	RAFAKO
Siersza	Siersza B1-B2	2	2002	fluid.	560	16	560	3	337	337	425	425	RAFAKO
Kozienice	Kozienice B1-B8	8	1972 - 1975	pył.	540	13	540	2	525	525	650	650	RAFAKO
	Kozienice B9-B10	2	1978 - 1979	pył.	540	17	540	4	1 277	1 277	1 650	1 650	RAFAKO
	Kozienice B11	1	2017	pył.	603	25	621	5	2 077	2 077	2 894	2 894	MHPS - Europe

Elektrownia / elektrociepłownia	Nazwa jednostki wytwórczej	Ilość bloków danego typoszeregu	Kotły energetyczne										Producent kotła
			Rok rozpoczęcia eksploatacji	Typ kotła	Parametry pary świeżej		Parametry pary wtórnej		Moc cieplna kotła, MW		Wydajność kotła, t/h		
					Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Znamio- nowa	Osią- galna	Znamio- nowa	Osią- galna	
Połaniec	Połaniec B1-B7	7	1979 - 1983	pył.	535 - 542	13,7	535	2,4	515	515	650	680	TAGANROG
Ostrołęka	Ostrołęka B1-B3	3	1972	pył.	540	14	540	2	512	512	650	650	RAFAKO
Pątnów	Pątnów 1 B1-B2, B5-B6	4	1967 - 1969	pył.	540	14	540	3	527	527	650	650	RAFAKO / SBB Energy
	Pątnów 2 B9	1	2008	pył.	544	27	568	6	992	992	1 300	1 300	ALSTOM / RAFAKO
Konin	Konin B1	1	1959	pył.	500	7	-	-	91	91	130	130	RAFAKO
	Konin B2	1	1959	pył.	500	7	-	-	91	91	130	130	RAFAKO
Karolin	Karolin B1	1	1984	pył.	540	14	-	-	98	101	140	140	RAFAKO
	Karolin B2-B3	2	1990 - 1998	pył.	540	14	-	-	315	314	430	430	RAFAKO
Łódź	Łódź-4 B03	1	1991	pył.	540	13,5	-	-	315	315	430	430	RAFAKO
Puławy	EC Puławy	1	2022	pył.	560	14	560	3	250	250	b.d	b.d	b.d
Chorzów	Chorzów B1-B2	2	2003	fluid.	539	14	-	-	295	295	429	429	FOSTER WHELLER
Skawina	Skawina B3, B5-B6	3	1959 - 1960	pył.	540	9	-	-	153 -168	153 - 168	210 - 230	210 - 230	RAFAKO
Katowice	Katowice B1	1	2000	fluid.	540	14	-	-	352	352	483	483	FOSTER WHEELER
Kraków	Kraków Łęg B1-B2	2	1977 - 1978	pył.	540	14	540	3	306	306	380	380	RAFAKO
	Kraków Łęg B3-B4	2	1984 - 1985	pył.	540	14	-	-	306	306	430	430	RAFAKO
Siekierki	Siekierki B7, B9-B10	3	1974 - 1978	pył.	540	14	-	-	304	304	430	430	RAFAKO
	Siekierki B8	1	1975	pył.	540	14	540	3	306	306	380	380	RAFAKO
Wrocław	Wrocław B1	1	1972	pył.	540	14	-	-	165	165	230	230	RAFAKO
	Wrocław B2-B3	2	1984 - 1987	pył.	540	14	-	-	317	317	430	430	RAFAKO

Tabela 1.3 Dane wejściowe nr 3 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji

Elektrownia / elektrociepłownia	Nazwa jednostki wytwórczej	Ilość bloków danego typoszeregu	Turbozespoły							
			Rok rozpoczęcia eksploatacji	Typ turbiny	Parametry pary świeżej		Moc elektryczna brutto, MW		Producent turbiny	Producent generatora
					Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Znamionowa	Osiągalna		
Bełchatów	Bełchatów B2-B12	11	1983 - 1988	kond.	535 - 567	17 - 19	370	370 - 390	ZAMECH	DOLMEL
	Bełchatów B14	1	2011	kond.	550	25	858	858	ALSTOM	ALSTOM
Turów	Turów B1-B3	3	1998 – 2000	upust. - kond.	540	13	238	235	ABB ZAMECH	ABB DOLMEL
	Turów B4-B6	3	2003 - 2005	kond.	565	17	262	261	ALSTOM POWER	ALSTOM POWER
	Turów B11	1	2021	kond.	600	27	450	496	b.d	b.d
Opole	Opole B1-B4	4	1993 - 1997	kond.	535	18	370 - 376	380 - 386	ZAMECH	ZAMECH
	Opole B5-B6	2	2019	kond.	600	25	958	905	GE	GE
Dolna Odra	Dolna Odra B1-B2	2	1974	kond.	535	12,7	222	222	ZAMECH Alstom	DOLMEL Alstom / ELEKTROSILA Alstom
	Dolna Odra B5-B8	4	1975 - 1977	kond.	535	13	222 - 232	215 - 232	ZAMECH Alstom	DOLMEL Alstom / Turbocare
Rybnik	Rybnik B1-B2	2	1972 - 1973	upust. - kond.	535	12,7	230	225	ZAMECH	DOLMEL
	Rybnik B3-B4	2	1973 - 1974	upust. - kond.	535	13	230	225	ZAMECH	DOLMEL / ELEKTROSILA
	Rybnik B5-B8	4	1978	upust. - kond.	535	13	230	225	ZAMECH	DOLMEL / ELEKTROSILA
Jaworzno	Jaworzno 3 B1-B6	6	1977 - 1978	kond.	535	13	225	225	ZAMECH	DOLMEL
	Jaworzno 2 JWCD B7	1	2020	kond.	600	28	b.d	910	SIEMENS	SIEMENS
Łagisza	Łagisza B6-B7	2	1970	kond.	535	12,5	120	120	ZAMECH	DOLMEL
	Łagisza B10	1	2009	kond. – przeciw.	560	28	460	460	AP	AP
Łaziska	Łaziska 3 B1-B2	2	1967	kond.	535	12,5	125	125	ZAMECH	DOLMEL
	Łaziska 3 B9-B12	4	1970 - 1972	kond.	535	13	225 - 230	225 - 230	ZAMECH	DOLMEL
Siersza	Siersza B1-B2	2	2002	upust. - kond.	556	16	153	153	ALSTHOM	ALSTHOM
Kozienice	Kozienice B1-B8	8	1972 - 1975	kond.	535	16	560	566	LMZ ZSRR / ALSTOM	ELEKTROSILA

Elektrownia / elektrociepłownia	Nazwa jednostki wytwórczej	Ilość bloków danego typoszeregu	Turbozespoły							
			Rok rozpoczęcia eksploatacji	Typ turbiny	Parametry pary świeżej		Moc elektryczna brutto, MW		Producent turbiny	Producent generatora
					Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Znamionowa	Osiągalna		
	Kozienice B9-B10	2	1978 - 1979	kond.	535	16	560	566	LMZ ZSRR / ALSTOM	ELEKTROSILA
	Kozienice B11	1	2017	kond.	600	24	1 112	1 075	MHPS Japan	MHPS Japan
Połaniec	Połaniec B1-B7	7	1979 - 1983	kond.	535	12,8	200	225	ZAMECH	ELEKTROSILA / TURBOCARE
Ostrołęka	Ostrołęka B1-B3	3	1972	upust. - kond.	535	13	200 - 226	230	ZAMECH	DOLMEL
Pątnów	Pątnów 1 B1-B2, B5-B6	4	1969 - 1973	kond.	535	13	200 - 222	200 - 222	ZAMECH / Ethos Energy	ELEKTROSILA / ABB DOLMEL
	Pątnów 2 B9	1	2008	kond.	540	26	464	474	ALSTOM POWER	ALSTOM POWER
Konin	Konin B1	1	1964	upust. - kond.	490	7	28	28	SKODA CSRS	SKODA CSRS
	Konin B2	1	1994	upust. - kond.	490	7	65	65	ABB ZAMECH	ABB ZAMECH
Karolin	Karolin B1	1	1984	upust. - kond.	535	13	63	51	ZAMECH	DOLMEL
	Karolin B2-B3	2	1991- 1998	upust. - przeciw.	535 - 540	13 - 14	125	100 - 112	ZAMECH	DOLMEL
Łódź	Łódź-4 B03	1	1992	upust. - kond.	535	12,8	105	100	ZAMECH	DOLMEL
Puławy	EC Puławy	1	2022	upust. - przeciw.	560	14	100	b.d	SIEMENS	b.d
Chorzów	Chorzów B1-B2	2	2003	upust. - kond.	535	13	119	113	SIEMENS	SIEMENS
Skawina	Skawina B3, B5-B6	3	1959 - 1960	upust. - kond.	535	9	110	110	LMZ	ELEKTROSILA
Katowice	Katowice B1	1	2000	upust. - kond.	540	14	136	135	SKODA	SKODA
Kraków	Kraków Łęg B1-B2	2	1977 - 1978	upust. - kond.	535	13	120	120 -122	ZAMECH	DOLMEL
	Kraków Łęg B3-B4	2	1984 - 1985	upust. - kond.	535	13	120	102 - 107	ZAMECH	DOLMEL
Siekierki	Siekierki B7, B9-B10	3	1974 - 2008	upust. - przeciw.	535	13	120	106	ZAMECH / SIEMENS	DOLMEL / AEI
	Siekierki B8	1	1975	upust. - kond.	535	13	120	125	ZAMECH	DOLMEL
Wrocław	Wrocław B1	1	1972	upust. - przeciw.	535	13	55	56	ZAMECH	DOLMEL
	Wrocław B2-B3	2	1984 - 1987	upust. - przeciw.	535	13	104	108	ZAMECH	DOLMEL

Tabela 1.4 Dane wejściowe nr 4 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji

Elektrownia / elektrociepłownia	Przyjęty rok wycofania elektrowni z eksploatacji	Sumaryczna moc elektryczna brutto, MW _{el}	Sumaryczna moc ciepna kotłów, MW _t	Emisyjność średnia, kgCO ₂ /MWh	Ilość kotłów w elektrowni	Ilości bloków przypadająca na 1 GW _t mocy cieplnej kotłów
Bełchatów	2033	5 102	11 412	1 084	12	1,05
Turów	2044	2 029	4 289	979	7	1,63
Opole	2028	1 532	3 488	872	4	1,15
Dolna Odra	2030	1 354	3 090	977	6	1,94
Rybnik	2026	1800	4712	925	8	1,70
Jaworzno	2034	2 255	4 831	829	7	1,45
Łagisza	2026	700	1515	846	3	1,98
Łaziska	2028	1 155	2 656	918	6	2,26
Siersza	2030	306	674	927	2	2,97
Kozienice	2030	4 020	8 831	830	11	1,25
Połaniec	2032	1674	3605	907	7	1,94
Ostrołęka	2038	690	1 536	840	3	1,95
Pątnów	2023	1 318	3 100	1153	5	1,61
Konin	2031	93	182	625	2	10,99
Karolin	2040	263	728	950	3	4,12
Łódź	2040	100	315	950	1	3,17
Puławy	2049	100	250	950	1	4,00
Chorzów	2040	226	590	950	2	3,39
Skawina	2021	330	489	972	3	6,13
Katowice	2040	135	352	950	1	2,84
Kraków	2038	344	1224	954	4	3,27
Siekierki	2034	441	1218	950	4	3,28
Wrocław	2038	272	799	950	3	3,75

Tabela 1.5 Dane wejściowe nr 5 dla oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji

Elektrownia / elektrociepłownia	Bliskość w sąsiedztwie / odległość od:			Podłączenie do sieci ciepłowniczej
	Morza/rzeki/ jeziora	Linii kolejowej	Drogi	
Bełchatów	2 km do rzeki Widawki i jeziora Stok - za małe; przyszłe jezioro dopiero w 2070 roku	Tak	4,5 km do drogi wojewódzkiej 484	Tak
Turów	0,7 km do rzeki Nysy Łużyckiej - za mała rzeka	Tak	1,2 km do drogi wojewódzkiej 352	Tak
Opole	2 km do rzeki Odry	Tak	1,5 km do drogi wojewódzkiej 454	Tak
Dolna Odra	sąsiedztwo Odry	Tak	1 km do drogi krajowej 31	Tak
Rybnik	sąsiedztwo Jeziora Rybnickiego	Tak	2 km do drogi krajowej 78	Nie
Jaworzno	2 km do stawu Łęg, 8 km do Jeziora Dzieńkowic i 2,5 km do rzeki Przemszy - za małe zbiorniki lub zbyt duża odległość	Tak	1 km do drogi krajowej 79, 3,5 km do A4	Tak
Łagisza	4-4,5 km do zbiornika Pogoria i zbiornika Kuźnica Warężyńska	Tak	1,5 km do drogi krajowej 86	Tak
Łaziska	brak	Tak	0,5 km od drogi krajowej 81	Tak
Siersza	sąsiedztwo Kozi Bród – za mała rzeka	Tak	2,7 km od drogi wojewódzkiej 791	Tak
Kozienice	sąsiedztwo Wisły	Tak	1,3 km do drogi krajowej 79	Tak
Połaniec	sąsiedztwo Wisły	Tak	1 km do drogi wojewódzkiej 764	Tak
Ostrołęka	sąsiedztwo rzeki Narew	Tak	0,4 km do drogi krajowej 61	Tak
Pątnów	sąsiedztwo jeziora Gośławskiego - przepływowe	Tak	1,6 km do drogi krajowej 25	Tak
Konin	zbiornik obok elektrowni, połączony z Jezioro Gośławskim	Tak	Przy drodze krajowej 25	Tak
Karolin	1,5 km do rzeki Warty	Tak	1 km do drogi krajowej 92	Tak
Łódź	brak	Tak	3 km do drogi krajowej 14	Tak
Puławny	2,5 km do Wisły	Tak	1,5 km do drogi ekspresowej S12	Tak
Chorzów	brak	Tak	1,2 km do drogi krajowej 79	Tak
Skawina	sąsiedztwo kanału - zbyt niska wydajność	Tak	0,2 km od drogi krajowej 44	Tak
Katowice	brak	Tak	1,8 km do drogi S86	Tak
Kraków	sąsiedztwo Wisły	Tak	0,5 km do drogi wojewódzkiej 776	Tak
Siekierki	sąsiedztwo Wisły	Tak	1,6 km do drogi krajowej 2	Tak
Wrocław	2 km do Odry	Tak	0,5 km do drogi wojewódzkiej 372	Tak

Tabela 1.6 Zestawienie punktowe oceny elektrowni/elektrociepłowni pod kątem retrofitu reaktorami III generacji

Obszar oceny	Obszar bloków energetycznych	Obszar infrastr. elektro-energetycznej	Obszar infrastruktury towarzyszącej	Obszar dostępności wody chłodzącej	Obszar dostępności terenu z uwzględnieniem dat przewidzianych na wycofanie jednostek węglowych z użytku			Obszar zapotrzebowania na ciepło sieciowe lub przemysłowe
Waga obszaru oceny	1	5	3	5	3			1
Zagadnienie szczegółowe	Emisyjność CO2 zastępowanej elektrowni	Dotychczasowy poziom wyprowadzenia mocy elektrycznej	Umiejscowienie nad morzem, liniami kolejowymi i drogowymi	Umiejscowienie nad morzem, rzeką lub jeziorem	Planowany ostatni rok eksploatacji	Sumaryczna obecna ilość bloków odniesiona do sumarycznej dotychczasowej mocy cieplnej kotłów w [GW]	Dobra lub utrudniona dostępność sąsiadującego terenu	Dotychczasowe zasilanie w ciepło sieci miejskiej lub zakładowej, albo występowanie w bliskiej okolicy systemu ciepłowniczego
Elektrownia / elektrociepłownia	PUNKTACJA							
Bełchatów	5	5	3	0	1,00	1	1	5
Turów	3	3	3	0	0,25	1	1	5
Opole	1	1	3	3	0,25	1	1	5
Dolna Odra	3	1	3	3	0,25	1	1	5
Rybnik	3	1	3	1	0,00	1	1	1
Jaworzno	1	3	3	0	1,00	1	1	5
Łagisza	1	0	3	0	0,00	1	1	5
Łaziska	3	1	3	0	0,25	2	1	5
Siersza	3	0	3	0	0,25	2	1	5
Kozienice	1	5	3	3	0,25	1	1	5
Połaniec	3	1	3	3	1,00	1	1	5
Ostrołęka	1	0	3	3	0,50	1	1	5
Pątnów	5	1	3	3	0,00	1	1	5
Konin	0	0	3	1	1,00	3	1	5
Karolin	3	0	3	3	0,50	3	0	5
Łódź	3	0	3	0	0,50	3	0	5
Puławy	3	0	3	3	0,00	3	0	5
Chorzów	3	0	3	0	0,50	3	0	5
Skawina	3	0	3	0	0,00	3	1	5

Obszar oceny	Obszar bloków energetycznych	Obszar infrastr. elektro-energetycznej	Obszar infrastruktury towarzyszącej	Obszar dostępności wody chłodzącej	Obszar dostępności terenu z uwzględnieniem dat przewidzianych na wycofanie jednostek węglowych z użytku			Obszar zapotrzebowania na ciepło sieciowe lub przemysłowe
Waga obszaru oceny	1	5	3	5	3			1
Zagadnienie szczegółowe	Emisyjność CO2 zastępowanej elektrowni	Dotychczasowy poziom wyprowadzenia mocy elektrycznej	Umiejscowienie nad morzem, liniami kolejowymi i drogowymi	Umiejscowienie nad morzem, rzeką lub jeziorem	Planowany ostatni rok eksploatacji	Sumaryczna obecna ilość bloków odniesiona do sumarycznej dotychczasowej mocy cieplnej kotłów w [GW]	Dobra lub utrudniona dostępność sąsiadującego terenu	Dotychczasowe zasilanie w ciepło sieci miejskiej lub zakładowej, albo występowanie w bliskiej okolicy systemu ciepłowniczego
Elektrownia / elektrociepłownia	PUNKTACJA							
Katowice	3	0	3	0	0,50	2	1	5
Kraków	3	0	3	3	0,50	3	1	5
Siekierki	3	0	3	3	1,00	3	0	5
Wrocław	3	0	3	3	0,50	3	0	5

Ranking oceny technicznej poszczególnych elektrowni/elektrociepłowni przedstawia się następująco:

Tabela 1.7 Ranking oceny aspektów technicznych – retrofit reaktorami III generacji

Miejsce w rankingu	Elektrownia / elektrociepłownia	Ocena końcowa
1.	Kozienice	3,431
2.	Bełchatów	2,944
3.	Połaniec	2,556
4.	Kraków	2,528
5.	Pątnów	2,500
6.	Siekierki	2,444
7.	Dolna Odra	2,431
8.	Karolin	2,361
9.	Wrocław	2,361
10.	Opole	2,319
11.	Puławny	2,278
12.	Jaworzno	2,167
13.	Turów	2,153
14.	Ostrołęka	2,083
15.	Konin	1,889
16.	Łaziska	1,764
17.	Rybnik	1,611
18.	Skawina	1,611
19.	Łódź	1,528
20.	Chorzów	1,528
21.	Katowice	1,528
22.	Siersza	1,486
23.	Łagisza	1,167

Pod względem aspektów technicznych dla retrofitu elektrowni/elektrociepłowni reaktorami III generacji, najwyżej oceniona została Elektrownia Kozienice, następnie Elektrownia Bełchatów oraz na trzecim miejscu Elektrownia Połaniec.

Równolegle do oceny technicznej opracowanej w ramach zadania badawczego nr 1, wykonywana była ocena wskazanych lokalizacji pod kątem aspektów bezpieczeństwa. Realizowana ona była w ramach zadania badawczego nr 3 przez Instytut Chemii i Techniki Jądrowej. Skala oceny zawierała się w przedziale 1.0 – 5.0 i została zsynchronizowana pomiędzy oboma aspektami (technicznymi z ZB1 oraz bezpieczeństwa z ZB3). Szczegóły oceny aspektów bezpieczeństwa znajdują się sprawozdaniu dotyczącym tamtego zadania badawczego. Dla określenia końcowego rankingu oceny, przywołano jednak poniższej, finalną tabelę rankingową z ZB3.

Tabela 1.8 Ranking oceny aspektów bezpieczeństwa – retrofit reaktorami III generacji

Miejsce w rankingu	Elektrownia / elektrociepłownia	Ocena końcowa
1.	Kozienice	3,867
2.	Dolna Odra	3,783
3.	Ostrołęka	3,767
4.	Połaniec	3,717
5.	Opole	3,467
6.	Łódź	3,383
7.	Pątnów	3,267
8.	Turów	3,217
9.	Karolin	3,133
10.	Konin	3,117
11.	Skawina	3,100
12.	Wrocław	3,100
13.	Puławy	3,017
14.	Chorzów	2,983
15.	Łaziska	2,933
16.	Jaworzno	2,900
17.	Rybnik	2,817
18.	Siekierki	2,750
19.	Bełchatów	2,733
20.	Łagisza	2,733
21.	Katowice	2,700
22.	Siersza	2,383
23.	Kraków	2,383

Tworząc finalny ranking bloków przyjęto założenie, że aspekty techniczne jak i aspekty bezpieczeństwa są równie istotne. Z tego względu przypisano im te same wagi. Finalny ranking jest więc średnią arytmetyczną z obu rankingów i przedstawiono go poniżej.

Tabela 1.9 Ranking końcowy – retrofit reaktorami III generacji

Miejsce w rankingu	Elektrownia / elektrociepłownia	Ocena końcowa
1.	Kozienice	3,65
2.	Połaniec	3,14
3.	Dolna Odra	3,11
4.	Ostrołęka	2,93
5.	Opole	2,89
6.	Pątnów	2,88
7.	Bełchatów	2,84
8.	Karolin	2,75
9.	Wrocław	2,73
10.	Turów	2,68
11.	Puławy	2,65
12.	Siekierki	2,60
13.	Jaworzno	2,53
14.	Konin	2,50
15.	Łódź	2,46
16.	Kraków	2,46
17.	Skawina	2,36
18.	Łaziska	2,35
19.	Chorzów	2,26
20.	Rybnik	2,21
21.	Katowice	2,11
22.	Łagisza	1,95
23.	Siersza	1,93

Do dalszych prac, zgodnie z założeniem projektu rekomendowano 4 elektrownie.

Są to poniższe lokalizacje:

- Elektrownia Kozienice
- Elektrownia Połaniec
- Elektrownia Dolna Odra
- Elektrownia Ostrołęka

3.2 WYNIKI ANALIZY DLA RETROFITU REAKTORAMI IV GENERACJI

Pozyskane w ramach początkowego etapu prac dane dotyczące kolejnych jednostek wytwórczych, zaprezentowane zostały w tabelach 3.10 – 3.14.

W wyniku analizy pozyskanych danych oraz przyjęcia kryteriów opisanych w rozdziale 2.6 - wykonana została ocena rozpatrywanych lokalizacji. Ocena przypisująca punktację w kolejnych obszarach analizy, zaprezentowana została w tabeli 3.15.

Jak zostało opisane we wspomnianym rozdziale 2.6 – w ramach oceny zasadności retrofitu poszczególnych bloków reaktorami IV generacji, przyjęto, że czynnikiem granicznym będzie

wybudowanie bloku nie wcześniej niż w 2007 roku. W efekcie zastosowania tego kryterium wykluczającego, do dalszej oceny zakwalifikowano poniższe 8 bloków energetycznych:

- Bełchatów B14
- Turów B11
- Opole B6
- Jaworzno 2 - JWCD B7
- Łagisza B10
- Kozienice 2 B11
- Pątnów 2 B9
- EC Puławy

Szczegółowy arkusz roboczy oceny lokalizacji pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji dołączony jest jako załącznik do raportu.

Tabela 1.10 Dane wejściowe nr 1 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji

Blok energetyczny	Moc osiągalna bloku brutto, MW	Rodzaj paliwa podstawowego	Kaloryczność paliwa, kJ/kg	Emisyjność, kgCO ₂ /MWh	Napięcie, kV	Sprawność elektryczna netto, %	Współczynnik wykorzystania mocy w 2019 roku, %	Uwagi
Bełchatów B14	858	węgiel brunatny	7 567	964	400	39,0%	73,0%	
Turów B11	496	węgiel brunatny	10 802	886	400	42,0%	-	
Opole B5 / Opole B6	905	węgiel kamienny	21 988	696	400	45,5%	24,7%	
Jaworzno 2 JWCD B7	910	węgiel kamienny	20 474	676	400	46,0%	-	
Łagisza B10	460	węgiel kamienny	20 912	756	400	43,0%	31,7%	
Kozienice 2 B11	1075	węgiel kamienny	21 701	872	400	45,6%	57,5%	
Pątnów 2 B9	474	węgiel brunatny	8 382	947	400	41,0%	54,5%	
EC Puławy	100	węgiel kamienny	23 612	b.d	220	b.d. (~41,0%)	-	nowo budowany blok

Tabela 1.11 Dane wejściowe nr 2 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji

Blok energetyczny	Kotły energetyczne										
	Rok rozpoczęcia eksploatacji	Typ kotła	Parametry pary świeżej		Parametry pary wtórnej		Moc cieplna kotła, MW		Wydajność kotła, t/h		Producent kotła
			Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Znamio-nowa	Osią-galna	Znamio-nowa	Osią-galna	
Bełchatów B14	2011	pyłowy	554	26	582	5	1 820	1 820	2 400	2 400	ALSTOM
Turów B11	2021	pyłowy	600	27	610	6	1 037	1 037	b.d	b.d	b.d
Opole B5 / Opole B6	2019	pyłowy	603	26	611	6	1 900	1 900	2 455	2 455	GE
Jaworzno 2 JWCD B7	2020	pyłowy	600	28	610	6	1 729	1 729	2 450	2 450	RAFAKO
Łagisza B10	2009	fluidalny	563	28	582	5	905	1 022	1 300	1 327	FOSTER WHEELER
Kozienice 2 B11	2017	pyłowy	603	25	621	5	2 077	2 077	2 894	2 894	MHPS - Europe
Pątnów 2 B9	2008	pyłowy	544	27	568	6	992	992	1 300	1 300	ALSTOM / RAFAKO
EC Puławy	2022	pyłowy	560	14	560	3	250	250	b.d	b.d	SEFAKO

Tabela 1.12 Dane wejściowe nr 3 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji

Blok energetyczny	Turbozespoły							
	Rok rozpoczęcia eksploatacji	Typ turbiny	Parametry pary świeżej		Moc brutto turbozespołu, MW		Producent turbozespołu	Producent generatora
			Temp., °C	Ciśnienie, MPa	Znamionowa	Osiągalna		
Bełchatów B14	2011	kond.	550	25	858	858	ALSTOM	ALSTOM
Turów B11	2021	kond.	600	27	450	496	b.d	b.d
Opole B5 / Opole B6	2019	kond.	600	25	958	905	GE	GE
Jaworzno 2 JWCD B7	2020	kond.	600	28	b.d	910	SIEMENS	SIEMENS
Łagisza B10	2009	kond. – przeciw.	560	28	460	460	AP	AP
Kozienice 2 B11	2017	kond.	600	24	1 112	1 075	MHPS Japan	MHPS Japan
Pątnów 2 B9	2008	kond.	540	26	464	474	ALSTOM POWER	ALSTOM POWER
EC Puławy	2022	upust. - przeciw.	560	14	b.d	100	SIEMENS	b.d

Tabela 1.13 Dane wejściowe nr 4 dla oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji

Blok energetyczny	Przyjęty rok wycofania jednostki z eksploatacji	Udział bloku w całkowitej mocy elektrowni, %	Ilość wymaganych reaktorów o mocy termicznej 330 MWt, zastępujących dotychczasową moc kotła węglowego	Bliskość w sąsiedztwie / odległość od:			Podłączenie do sieci ciepłowniczej
				Morza/rzeki/ jeziora	Linii kolejowej	Drogi	
Bełchatów B14	2036	17%	6	2 km do rzeki Widawki i jeziora Stok - za małe; przyszłe jezioro dopiero w 2070 roku	Tak	4,5 km do drogi wojewódzkiej 484	Nie
Turów B11	2044	24%	3	0,7 km do rzeki Nysy Łużyckiej - za mała rzeka	Tak	1,2 km do drogi wojewódzkiej 352	Nie
Opole B5 / Opole B6	2040	27%	6	2 km do rzeki Odry	Tak	1,5 km do drogi wojewódzkiej 454	Nie
Jaworzno 2 JWCD B7	2040	40%	5	2 km do stawu Łęg, 8 km do Jeziora Dzieńkowic i 2,5 km do rzeki Przemszy - za małe zbiorniki lub zbyt duża odległość	Tak	1 km do drogi krajowej 79, 3,5 km do A4	Nie
Łagisza B10	2030	43%	3	4-4,5 km do zbiornika Pogoria i zbiornika Kuźnica Warężyńska	Tak	1,5 km do drogi krajowej 86	Tak
Kozienice 2 B11	2035	27%	6	sąsiedztwo Wisły	Tak	1,3 km do drogi krajowej 79	Nie
Pątnów 2 B9	koniec 2024	42%	3	sąsiedztwo jeziora Gośławskiego - przepływowe	Tak	1,6 km do drogi krajowej 25	Nie
EC Puławy	2049	44%	1	2,5 km do Wisły	Tak	1,5 km do drogi ekspresowej S12	Tak

Tabela 1.14 Zestawienie punktowe oceny bloków energetycznych pod kątem retrofitu reaktorami IV generacji

Obszar oceny	Obszar bloków energetycznych	Obszar infrastr. elektro-energetycznej	Obszar infrastruktury towarzyszącej	Obszar dostępności wody chłodzącej	Obszar dostępności terenu z uwzględnieniem dat przewidzianych na wycofanie jednostek węglowych z użytku			Obszar zapotrzebowania na ciepło sieciowe lub przemysłowe
Waga obszaru oceny	5	3	2	4	3			1
Zagadnienie szczegółowe	Sprawność elektryczna netto bloku	Rok budowy bloku	Umiejscowienie nad morzem, liniami kolejowymi i drogowymi	Umiejscowienie nad morzem, rzeką lub jeziorem	Planowany ostatni rok eksploatacji	Ilość referencyjnych reaktorów jądrowych, niezbędnych do zastąpienia dotychczasowej mocy cieplnej kotła węglowego	Dobra lub utrudniona dostępność sąsiadującego terenu	Dotychczasowe zasilanie w ciepło sieci miejskiej lub zakładowej, albo występowanie w bliskiej okolicy systemu ciepłowniczego
Blok energetyczny	PUNKTACJA							
Bełchatów B14	3	1	3	0	0,5	0	1	1
Turów B11	5	5	3	0	0,25	2	1	1
Opole B5 / Opole B6	5	5	3	3	0,5	0	1	1
Jaworzno 2 JWCD B7	5	5	3	0	0,5	1	1	1
Łągisza B10	3	1	3	0	1	2	1	5
Kozienice 2 B11	5	3	3	3	1	0	1	1
Pątnów 2 B9	3	1	3	3	0	2	1	0
EC Puławy	3	5	3	3	0	3	0	5

Ranking oceny technicznej poszczególnych bloków przedstawia się następująco:

Tabela 1.15 Ranking oceny aspektów technicznych – retrofit reaktorami IV generacji

Miejsce w rankingu	Blok energetyczny	Ocena końcowa
1.	Opole B5 / Opole B6	3,528
2.	EC Puławy	3,444
3.	Kozienice 2 B11	3,278
4.	Turów B11	3,153
5.	Jaworzno 2 JWCD B7	3,028
6.	Pątnów 2 B9	2,500
7.	Łagisza B10	2,278
8.	Bełchatów B14	1,639

Pod względem aspektów technicznych dla retrofitu bloków reaktorami IV generacji, najwyżej ocenione zostały bloki nr 5 i 6 w Elektrowni Opole, następnie blok w Elektrociepłowni Puławy oraz na trzecim miejscu najnowocześniejszy blok nr 11 w Elektrowni Kozienice.

Równolegle do oceny technicznej opracowanej w ramach zadania badawczego nr 1, wykonywana była ocena wskazanych lokalizacji pod kątem aspektów bezpieczeństwa. Realizowana ona była w ramach zadania badawczego nr 3 przez Instytut Chemii i Techniki Jądrowej. Skala oceny zawierała się w przedziale 1.0 – 5.0 i została zsynchronizowana pomiędzy oboma aspektami (technicznymi z ZB1 oraz bezpieczeństwa z ZB3). Szczegóły oceny aspektów bezpieczeństwa znajdują się w sprawozdaniu dotyczącym tamtego zadania badawczego. Dla określenia końcowego rankingu oceny, przywołano jednak poniżej, finalną tabelę rankingową z ZB3.

Tabela 1.16 Ranking oceny aspektów bezpieczeństwa – retrofit reaktorami IV generacji

Miejsce w rankingu	Blok energetyczny	Ocena końcowa
1.	Kozienice 2 B11	3,927
2.	Opole B5 / Opole B6	3,491
3.	Turów B11	3,236
4.	Pątnów 2 B9	3,200
5.	EC Puławy	3,000
6.	Jaworzno 2 JWCD B7	2,927
7.	Łagisza B10	2,709
8.	Bełchatów B14	2,727

Tworząc finalny ranking bloków przyjęto założenie, że aspekty techniczne jak i aspekty bezpieczeństwa są równie istotne. Z tego względu przypisano im te same wagi. Finalny ranking jest więc średnią arytmetyczną z obu rankingów i przedstawiono go poniżej.

Tabela 1.17 Ranking końcowy – retrofit reaktorami IV generacji

Miejsce w rankingu	Blok energetyczny	Ocena końcowa
1.	Kozienice 2 B11	3,60
2.	Opole B5 / Opole B6	3,51
3.	EC Puławy	3,22
4.	Turów B11	3,19
5.	Jaworzno 2 JWCD B7	2,98
6.	Pątnów 2 B9	2,85
7.	Łagisza B10	2,49
8.	Bełchatów B14	2,18

Do dalszych prac, zgodnie z założeniem projektu rekomendowano 2 bloki energetyczne.

Najwyższe miejsce w rankingu zajmuje blok nr 11 w Elektrowni Kozienice. Cała Elektrownia Kozienice będzie jednak analizowana w ramach retrofitu reaktorami III generacji, co zostało opisane w rozdziale 2.7. Do dalszych szczegółowych prac rekomendowane zostały bloki znajdujące się na drugim oraz trzecim miejscu w rankingu, czyli:

- Blok nr 5 w Elektrowni Opole
- Blok energetyczny – EC Puławy

2. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I REKOMENDACJE

Pierwszym etapem zadania badawczego było utworzenie bazy danych dla funkcjonujących w Polsce bloków energetycznych. Finalnie, powstała baza obejmująca 107 bloków energetycznych, wchodzących w skład 23 elektrowni/elektrociepłowni. W ramach utworzonej bazy, każdy z bloków scharakteryzowany został pod kątem kluczowych parametrów technicznych.

Już na etapie wniosku projektowego zidentyfikowane zostało 6 obszarów, dla których konieczne jest dokonanie oceny wskazanych lokalizacji. W ramach pracy badawczej dla każdego z obszarów zaproponowany został parametr kwantyfikujący. W toku prac i wykonanych analiz podjęta została decyzja, że, poszczególne obszary charakteryzują się różnym stopniem istotności dla potencjalnego retrofitu reaktorami jądrowymi. Z tego względu przypisane im zostały odpowiednie wagi. Rozróżniono przy tym, chociaż częściowo parametry kwantyfikujące oraz wagę poszczególnych obszarów, w zależności od tego czy była to analiza retrofitu bloków/elektrowni reaktorami III lub IV generacji. Dla obu tych analiz dokonano synchronizacji pod względem skali oceny (0 – 5) oraz skali wagi poszczególnych obszarów (1 – 5).

Efektem przeprowadzonych prac jest ranking techniczny rekomendowanych do dalszych analiz bloków energetycznych (retrofit reaktorami IV generacji) oraz elektrowni/elektrociepłowni (retrofit reaktorami III generacji).

Niniejsze zadanie badawcze miało za cel dokonanie kwantyfikacji pod względem aspektów technicznych. Równolegle dla toczonych prac, w ramach Zadania Badawczego nr 3, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej opracowywał analogiczną listę rankingową, jednakże pod kątem aspektów bezpieczeństwa. By możliwe było uspójnienie wyników z obu analiz, na etapie ich opracowania dokonano synchronizacji pod kątem skali ocen (1-5), by możliwe było uwzględnienie obu aspektów w syntetycznej ocenie.

Biorąc pod uwagę wyniki z dwóch przytoczonych analiz (aspekty techniczne oraz bezpieczeństwa), utworzony został finalny ranking bloków energetycznych/elektrowni rekomendowanych do dalszej szczegółowej analizy, w ramach kolejnych etapów badawczych.

Dla retrofitu reaktorami III generacji rekomendowane zostały:

- Elektrownia Kozienice
- Elektrownia Połaniec
- Elektrownia Dolna Odra
- Elektrownia Ostrołęka

W przypadku retrofitu reaktorami IV generacji do dalszych analiz rekomendowano:

- Blok nr 5 w Elektrowni Opole
- Blok energetyczny – EC Puławy

3. ZAŁĄCZNIKI

1. Załącznik nr 1 Szczegółowy arkusz roboczy oceny lokalizacji pod kątem retrofitu reaktorami III i IV generacji