



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Program polskiej energetyki jądrowej,
korzyści dla środowiska
prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak



WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI

PROGRAM POLSKIEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ, KORZYŚCI DLA ŚRODOWISKA (WPŁYW NA ŚRODOWISKO)

prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak

budma

Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury

01 marca 2023 r.

PLAN PREZENTACJI

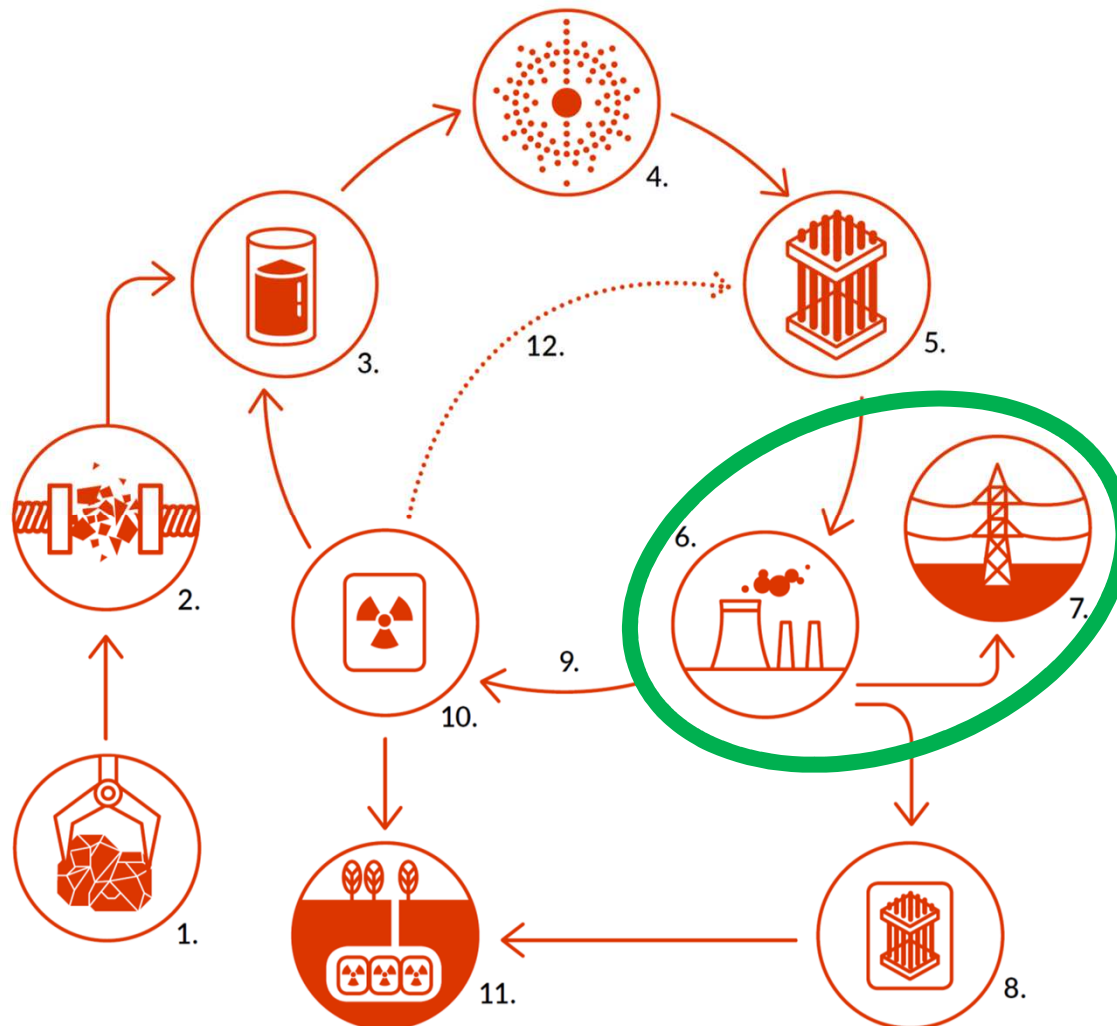
1. Przedmiot i zakres prezentacji
2. Podobieństwa i różnice pomiędzy EJ i EK
3. Wpływ EJ na otoczenie podczas normalnej eksploatacji
4. Wpływ EJ na otoczenie w sytuacjach awaryjnych
5. Wyniki badań społecznych
6. Podsumowanie i wnioski



JĄDROWY CYKL PALIWOWY

1. Wydobycie rudy U
2. Rozdrabnianie
3. Konwersja do UF₆
4. Wzbogacanie o U²³⁵
5. Produkcja paliwa
- 6. ELEKTROWNIA - wypalanie paliwa**
- 7. PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ**
8. Magazynowanie wypalonego paliwa
9. Przeróbka wypalonego paliwa
10. magazynowanie odpadów wysokoaktywnych
11. Ostateczne składowanie odpadów wysokoaktywnych
12. Recykling paliwa jądrowego

JĄDROWY CYKL PALIWOWY





HISTORIA BUDOWY EJ W POLSCE

40 lat „w drodze” i przynajmniej 10 do celu

- **1980-1993** – pierwszy program (**PPEJ I**): EJ Żarnowiec, EJ Warta
- **2009 (2014) -?** – drugi program (**PPEJ II**): pełnomocnik rządu ds. EJ, kilkanaście lokalizacji, spółki PGE EJ1 i PGE EJ2, program kształcenia edukatorów EJ
- **2020 - ?** – **trzeci program (PPEJ III)**: wybór lokalizacji i wybór dostawcy technologii



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Program polskiej energetyki jądrowej,
korzyści dla środowiska
prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak



WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI

PPEJ III 2020 - ?

Warszawa, dnia 16 października **2020 r.**
Poz. 946 UCHWAŁA NR 141 RADY
MINISTRÓW z dnia 2 października 2020 r.
w sprawie **aktualizacji programu**
wieloletniego pod nazwą „Program
polskiej energetyki jądrowej”



Program polskiej
energetyki jądrowej





PPEJ III 2020 -?

Celem programu polskiej energetyki jądrowej jest budowa **6000 – 9000 MWe** mocy zainstalowanej w energetyce jądrowej w oparciu o **duże, sprawdzone reaktory PWR generacji III+**

W PPEJ III (2020) **nie ma mowy o planach wdrożenia technologii SMR w Polsce**

W roku 2020 zaistniał w Polsce temat SMR-ów

- GE Hitachi BWRX 300 (SMR) (ORLEN)
- Nuscale 70 (SMR) (KGHM)



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

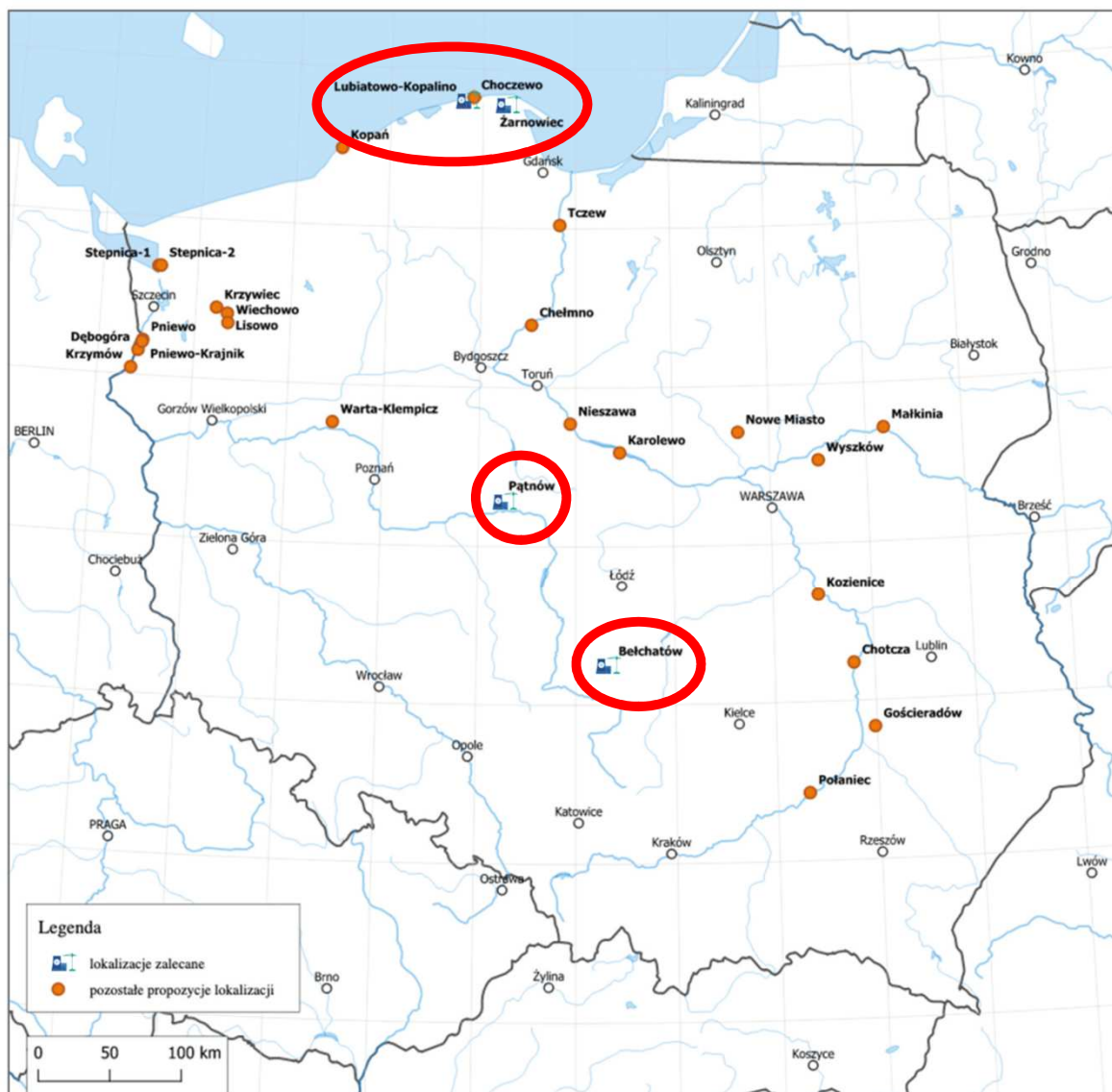
Program polskiej energetyki jądrowej,
korzyści dla środowiska
prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak



WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI

PPEJ III 2020

OBECNIE
PLANOWANE
LOKALIZACJE EJ
W POLSCE





PPEJ III 2020

WYBRANE PUNKTY HARMONOGRAM BUDOWY EJ

- **2021 r.** – wybór technologii dla EJ1 i EJ2
- 2023 r. – rozpoczęcie prac wstępnych i przygotowawczych w lokalizacji EJ1, rozpoczęcie prac nad wyborem lokalizacji dla EJ2
- **2025 r.** – wydanie zezwolenia na budowę EJ1 przez Prezesa PAA
- **2033 r.** – wydanie zezwolenia na eksploatację przez Prezesa PAA i oddanie do eksploatacji pierwszego bloku EJ1



POTENCJALNI DOSTAWCY TECHNOLOGII W PPEJ III 2020

Westinghouse AP 1000 (Lubiatowo-Kopalino)

KHNP APWR 1400 (Pątnów)

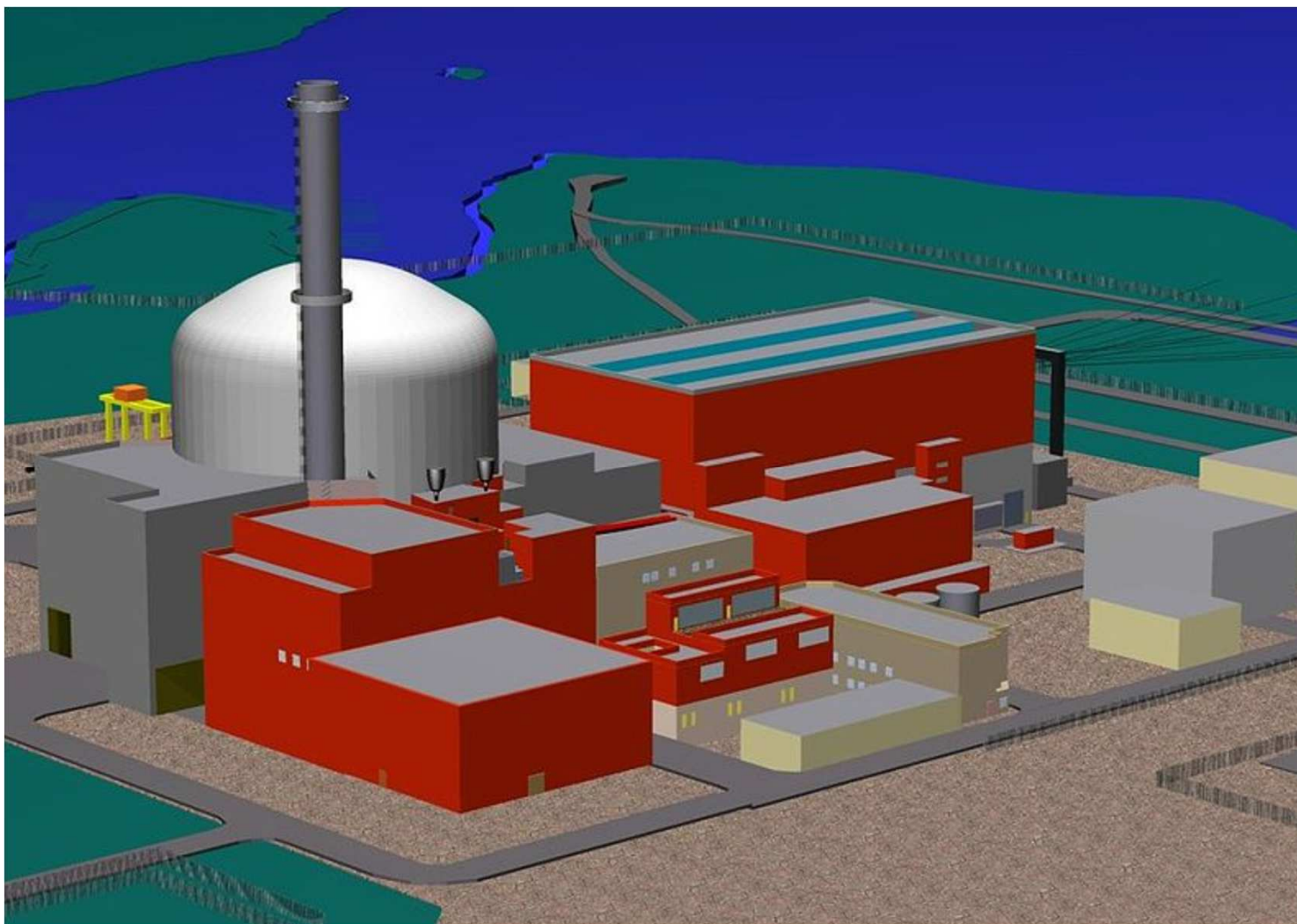
AREVA EPR 1600 (Bełchatów ?)



AP-1000, (USA, Westinghouse)



APR 1400 Shin Kori (KHNP, Korea Południowa)



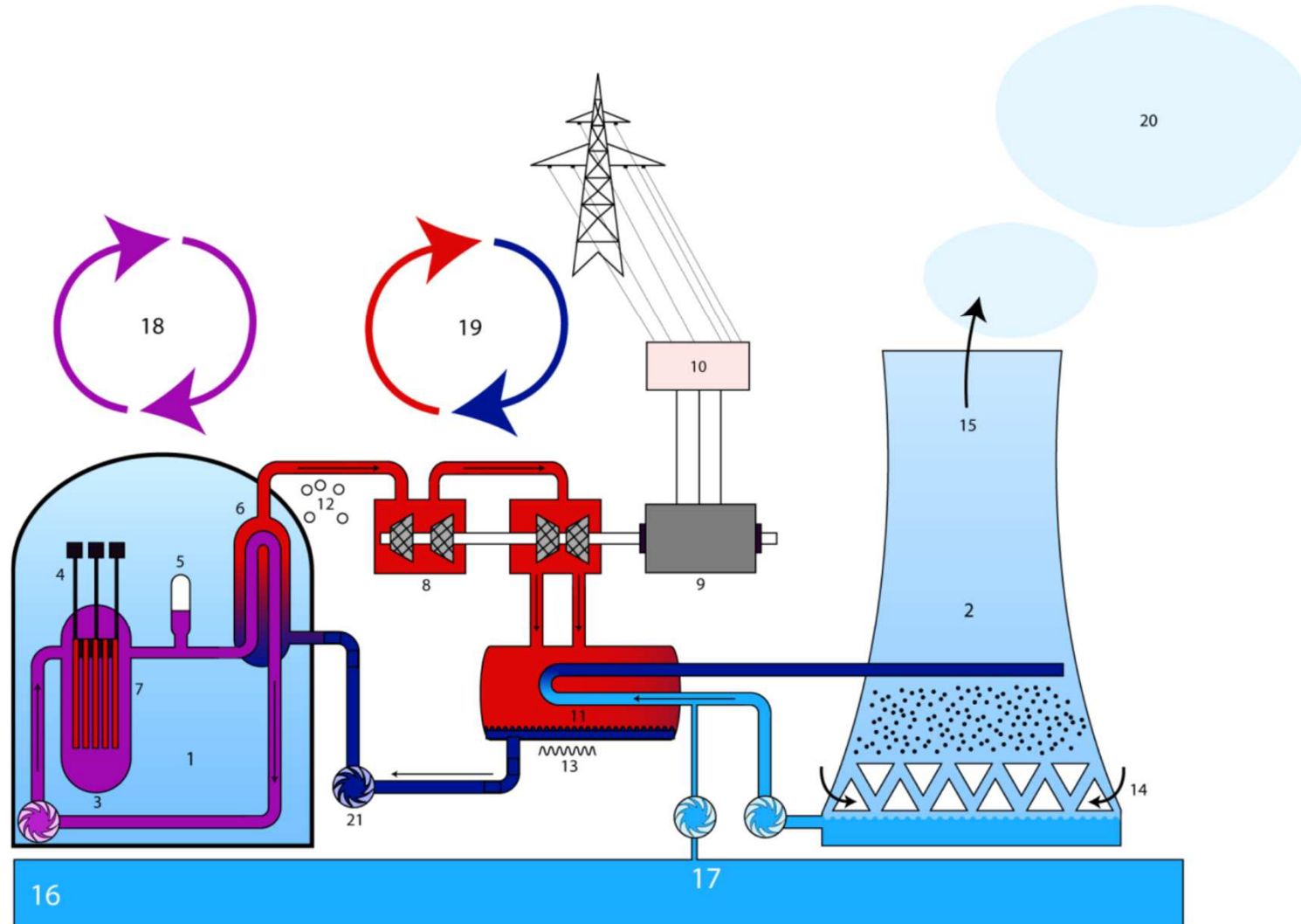
EPR 1650, (Francja, AREVA)



CECHY EJ GENERACJI III+

- duża „głębokość” wypalenia paliwa: **60-65 GWd/t**; w II generacji do 45 GWd/t,
- długi czas eksploatacji: **60 lat**; w II generacji: 40 lat,
- wyższa sprawność energetyczna: **35%**; II generacja maksymalnie 33%,
- krótszy projektowy czas budowy: **5-6 lat**, II generacja 7 lat,
- **prostsza**, bardziej niezawodna **konstrukcja**
- możliwość pracy przy zmiennym obciążeniu: **20-100%** mocy nominalnej,
- od początku projektowana z myślą o przyszłej likwidacji,
- **pasywne** systemy w układzie bezpieczeństwa
- „**chwytacz**” stopionego rdzenia (MHA, „chiński syndrom”),
- **wzmocniona obudowa bezpieczeństwa** (wymóg wprowadzony po 11.09.2001),
- obudowa bezpieczeństwa wyposażona w układ katalitycznej rekombinacji wodoru

BUDOWA EJ Z REAKTOREM PWR





ISTOTNE RÓŻNICE POMIĘDZY EJ I EK PODCZAS NORMALNEJ EKSPLOATACJI

- W EK paliwo dostarczane jest w sposób ciągły do kotła
- EK o mocy 1000 MW spala ok. 3,15 mln ton węgla kamiennego w ciągu roku (360 ton/godz.)
- Spaliny w EK (CO_2 , SO_x , NO_x , wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), metale ciężkie) usuwane są na bieżąco do środowiska
- Na każdy kilogram spalonego węgla (czystego pierwiastka) przypada $44/12 = 3,67$ kg dwutlenku węgla (CO_2)
- Praca EJ o mocy elektrycznej 1000 MW wymaga tylko 15-20 ton świeżego paliwa na rok
- Podczas normalnej eksploatacji EJ do otoczenia uwalniane są śladowe ilości (gazowych) pierwiastków promieniotwórczych (głównie He, Xe i Kr); brak emisji CO_2 , SO_x , NO_x , WWA, metali ciężkich
- EJ wymaga o ok 10% większej ilości wody do chłodzenia skraplaczy turbin niż EK o takiej samej mocy
- Zużyte paliwo jądrowe przez kilka do kilkudziesięciu lat jest przetrzymywane na terenie EJ, a następnie składowane bezterminowo w magazynach odpadów lub przerabiane na nowe paliwo



WPŁYW EJ NA OTOCZENIE PODCZAS NORMALNEJ EKSPLOATACJI

Sposoby oddziaływania:

1. Emisja promieniowania i zanieczyszczeń do atmosfery
2. Emisja CO₂ (śląd węglowy)
3. Stałe odpady promieniotwórcze z EJ
4. Zanik radioaktywności odpadów
5. Emisja ciepła do wód powierzchniowych
6. Emisja ciepła do atmosfery
7. Powierzchnia zajmowana przez EJ
8. Wpływ na krajobraz



EMISJA PROMIENIOWANIA I ZANIECZYSZCZEŃ DO ATMOSFERY

Dawka promieniowania

0,025-0,121 mSv/rok - dawka promieniowania dla osoby dorosłej na granicy obszaru ograniczonego użytkowania EJ (w odległości 800 m od EJ)

3,4 mSv/rok – średnia roczna dawka promieniowania od tła naturalnego i zabiegów medycznych w Polsce

Izotopy promieniotwórcze usuwane w sposób kontrolowany przez system wentylacji

- Gazy szlachetne He, Kr, Xe, Ar
- Aerozole
- J-131 w postaci gazowej i aerozolowej,
- Tr, C-14, Cs, Sr

Inne zanieczyszczenia gazowe (śladowe ilości)

CO₂, NO_x, SO_x – praca agregatów prądotwórczych, transport kołowy (spalinowy)



EMISJA CO₂ NA JEDNOSTKĘ WYTWARZANEJ ENERGII ELEKTRYCZNEJ [g/kWh] (sumaryczny ślad węglowy)

pełen cykl: budowa, eksploatacja usuwanie odpadów

	Węgiel brunatny	Węgiel kamienny	Ropa	Gaz	Hydro	Biomasa	Wiatr	EJ
Max.	1372	1026	775	469	90	49	22	40
Min.	1062	834	657	399	5	15	7	3
Średnio	1217	930	716	434	47,5	32	14,5	21,5

Źródło: Word Energy Council, London 2004



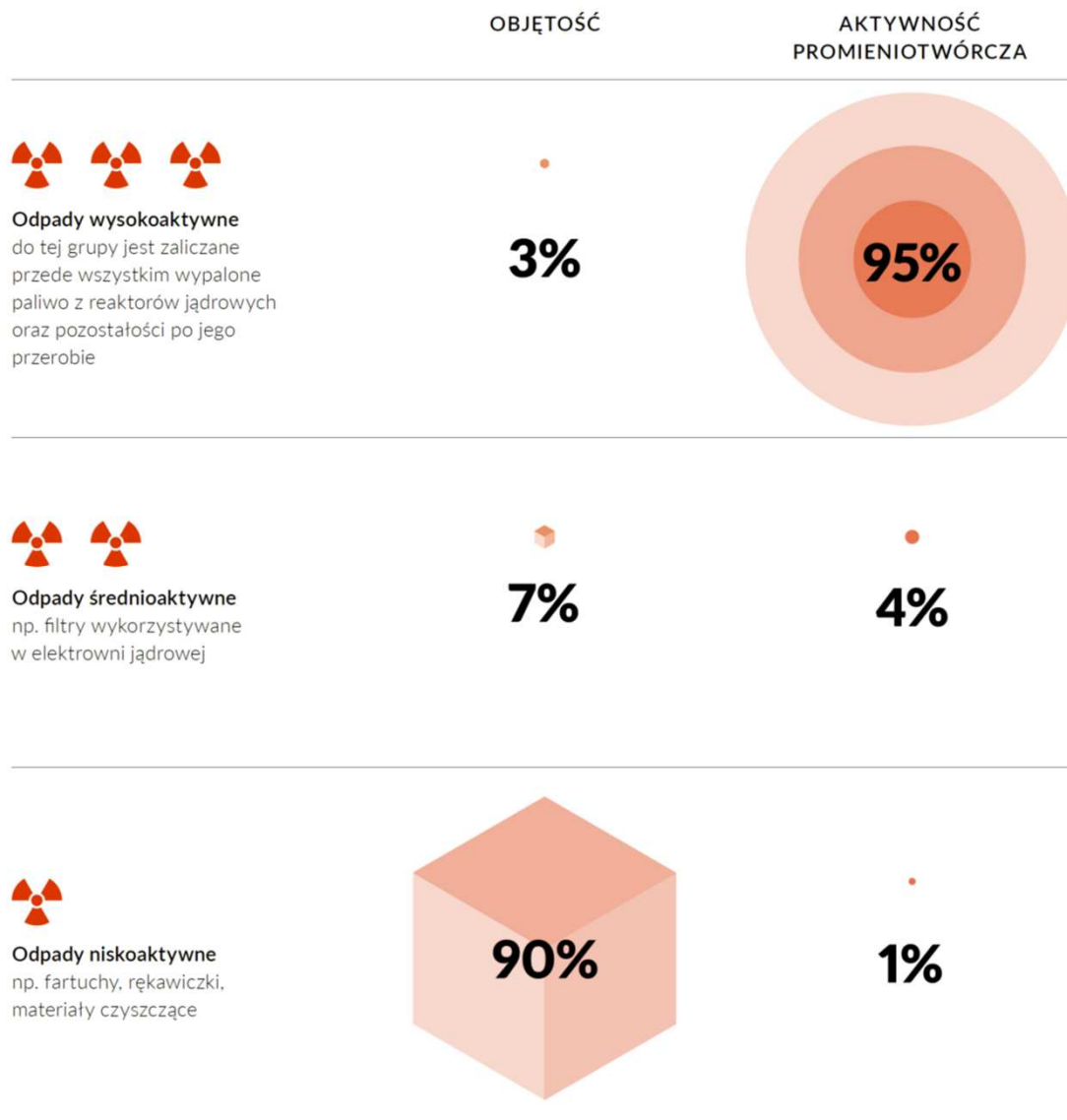
WYTWARZANIE ODPADÓW STAŁYCH 1 blok EJ 1000 MWe

- **30 ton/rok** – odpady radioaktywne
- **290 ton/rok** – odpady chemiczne
- **63 t/rok** – odpady inne nieradioaktywne



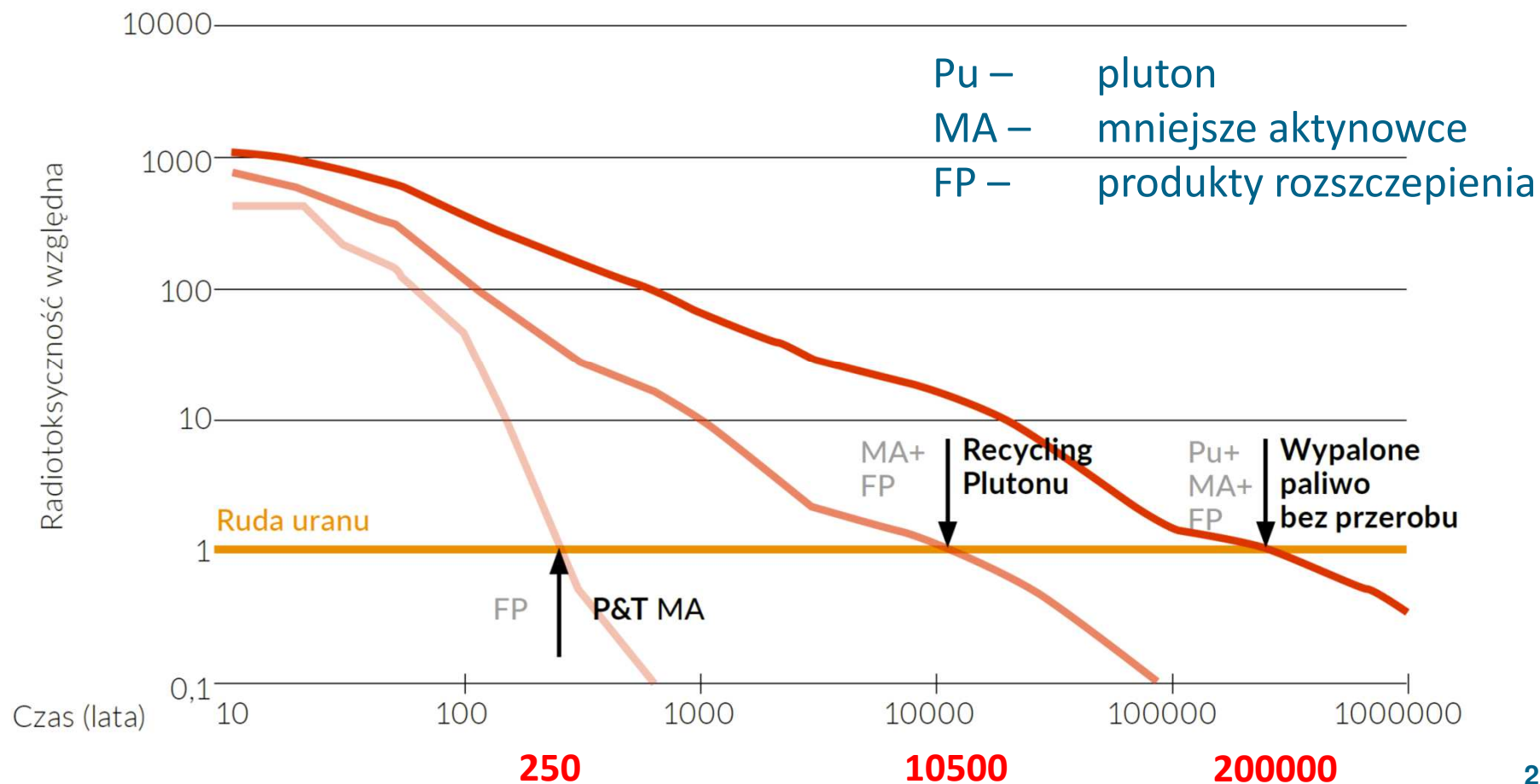
STAŁE ODPADY PROMIENIOTWÓRCZE Z EJ

EJ, PWR,
Generacja III+





ZANIK RADIOAKTYWNOŚCI ODPADÓW Z WYPALONEGO PALIWA JADROWEGO





EMISJA CIEPŁA DO WÓD POWIERZCHNIOWYCH

(otwarty układ chłodzenia skraplaczy turbin: rzeka, jezioro, morze)

Minimalny pobór wody z rzeki dla chłodzenia 1 bloku EJ 1000 MWe: **125 m³/s**

- Średni przepływ Warty w Poznaniu ok. 105 m³/s
- Średni przepływ Wisły w Warszawie ok. 560 m³/s.

35°C – maksymalna temperatura podgrzanej wody odprowadzanej do rzek i mórz

26°C – maksymalna temperatura podgrzanej wody odprowadzanej do jezior i ich dopływów

2°C – maksymalny podgrzew wody na granicy strefy mieszania (po wymieszaniu)

Zatem:

- **Nie mamy w Polsce wystarczająco dużej rzeki do zapewnienia otwartego układu chłodzenia dla EJ z dwoma reaktorami (a nawet z jednym!).**
- W głębi lądu trzeba stosować zamknięte układy chłodzenia, ilość wody konieczna do uzupełniania strat z chłodni kominowych dla 1 bloku EJ 1000 MWe ok. 1,2 m³/s.



EMISJA CIEPŁA DO ATMOSFERY

(chłodnie kominowe – zamknięty układ chłodzenia skraplaczy turbin)

- **3000 MW** na 1 blok EJ 1000 MWe
- **1,0-1,5 m³/s** pary wodnej do atmosfery na 1 blok EJ 1000 MWe
- 70% ciepło utajone (parowania)
- 30% ciepło jawne



POWIERZCHNIA ZAJMOWANA PRZEZ EJ i OZE

Elektrownie o takiej samej rocznej produkcji energii elektrycznej ok. 17 TWh

1,5 km² – 2 bloki EJ każdy po 1000 MWe (J. Kierskie 2,85 km²)

400 km² – elektrownia słoneczna (Poznań 262 km²,
Kraków 327 km²)

800 km² – elektrownia wiatrowa (Warszawa 517 km²)



WPŁYW NA KRAJOBRAZ I EFEKTYWNOŚĆ ELEKTROWNI JĄDROWEJ

- Powierzchnia zabudowy: **1,5 km²** – 2 bloki EJ każdy po 1000 MWe
- Strefa ograniczonego użytkowania (w promieniu **800 m** od elektrowni)
- Dominanty architektoniczne – chłodnie kominowe, obudowy bezpieczeństwa reaktorów

Efektywność

- Pracuje bez przerw ponad **90%** dni w roku
- Wytwarza ok. **8,5 TWh** energii elektrycznej w ciągu roku (1 blok EJ 1000 MWe)
- Potrzebuje **15-20 t paliwa jądrowego** na rok (1 blok EJ 1000 MWe, pierwsze uruchomienie ok. 30 t)



WPŁYW NA KRAJOBRAZ





ISTOTNE RÓŻNICE POMIĘDZY EJ I EK W SYTUACJACH AWARYJNYCH

- Poważna awaria EK (np. na wybuch kotła, lub pożar generatora), nie grozi uwolnieniem dużych ilości groźnych substancji do otoczenia (**„wszystko” już zostało uwolnione**)
- Rdzeń reaktora typu PWR o mocy elektrycznej 1000 MW, po roku pracy z pełną mocą, zawiera ok. 400 izotopów w dużej części promieniotwórczych, których aktywność wynosi ok. 10^{23} Bq (**„nic” nie zostało uwolnione**).



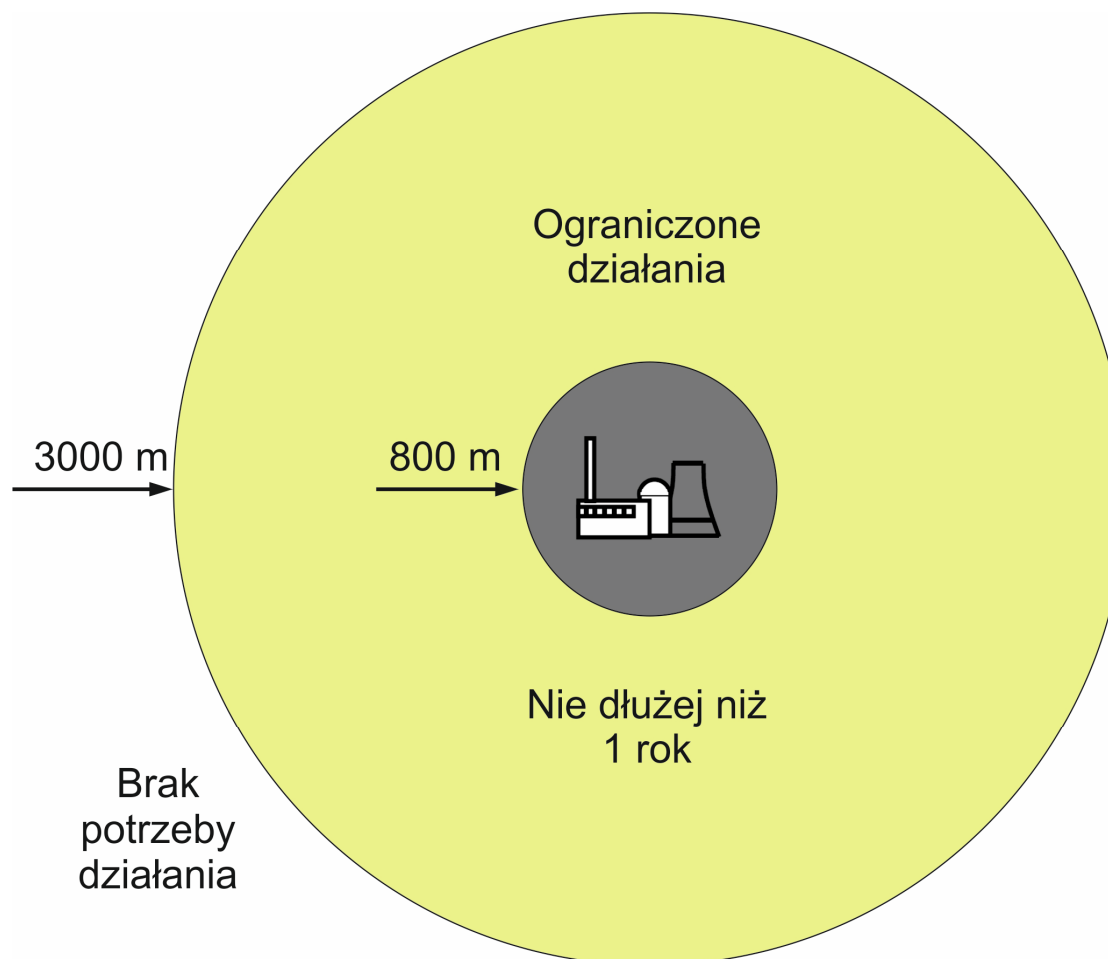
STREFY BEZPIECZEŃSTWA WOKÓŁ EJ

Systemy bezpieczeństwa EJ generacji III+ są tak zaprojektowane, aby nawet podczas najcięższej awarii nie było potrzeby:

- podejmowania wczesnych działań poawaryjnych w odległości większej niż **800 m** od reaktora (2 km²),
- podejmowania akcji opóźnionych w odległości większej niż **3 km** od reaktora (28 km²),
- prowadzenia akcji długoterminowych w odległości większej niż 800 m od reaktora.



STREFY BEZPIECZEŃSTWA WOKÓŁ EJ





ŚRODOWISKOWE ARGUMENTY ZA BUDOWĄ EJ W POLSCE

- **Obniżenie emisji CO₂ ze spalania paliw konwencjonalnych (zwłaszcza węgla)**
- **Ograniczenie dewastacji środowiska związanej z odkrywkową eksploatacją pokładów węgla brunatnego i szkód górniczych związanych z wydobyciem węgla kamiennego**
- **Niskie negatywne oddziaływanie na środowisko podczas normalnej eksploatacji.**
- **EJ nie powoduje efektu cieplarnianego, nie niszczy warstwy ozonowej, nie powoduje zapylenia powietrza atmosferycznego**
- Brak możliwości zaspokojenia podstawowego zapotrzebowania na energię elektryczną z OZE.
- Relatywnie niskie koszty eksploatacyjne EJ.
- Długi czas eksploatacji EJ (min. 60 lat).
- Wysokie wykorzystanie mocy zainstalowanej w EJ (ponad 90%)
- Stabilność rynku dostawców paliwa jądrowego
- Brak konfliktu planów rozwoju OZE i budowy EJ.



ŚRODOWISKOWE ARGUMENTY PRZECIWIW BUDOWIE EJ W POLSCE

- **Konieczność dodatkowych inwestycji w sieci przesyłowe najwyższych mocy.**
- **Niższa niż elektrowni konwencjonalnych sprawność termodynamiczna EJ skutkująca większym zapotrzebowaniem na wodę chłodzącą skraplacze turbin**
- **Duża koncentracja mocy w jednym miejscu**
- **Zagrożenie dla środowiska w sytuacjach awaryjnych.**
- **Konieczność długoterminowego zabezpieczania odpadów promieniotwórczych.**
- Wysokie koszty inwestycyjne EJ 10 mld EUR/1000 MWe.
- Długi czas realizacji inwestycji 7-12 lat (planowy 5-8 lat).
- Brak, w aktualnych ofertach dostawców technologii, możliwości skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła/chłodu.

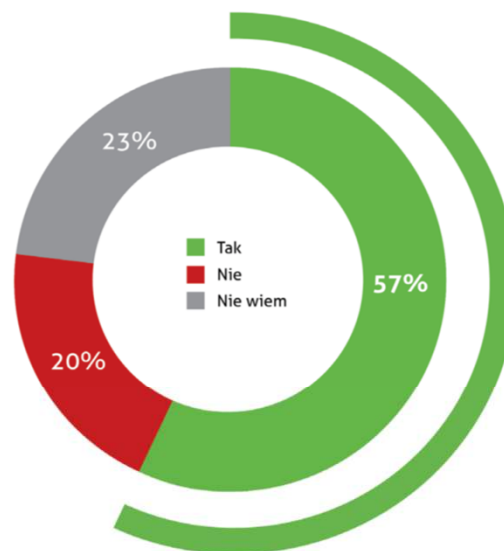
Załącznik 8. Wyniki badania opinii publicznej z 2020 r.

WYNIKI BADANIA OPINII PUBLICZNEJ (2020, PPEJ)

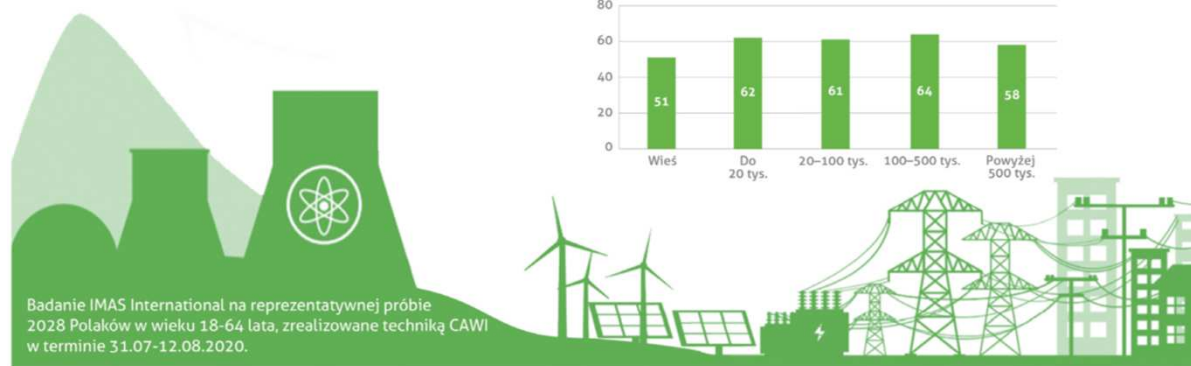
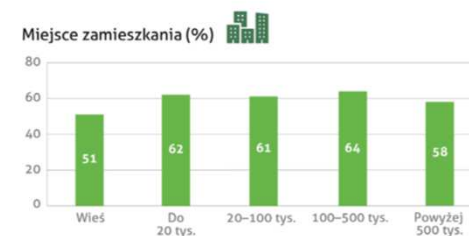
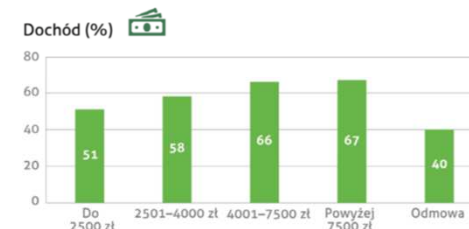
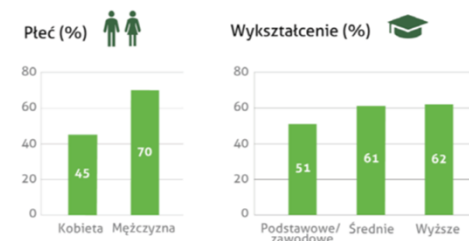
Pytanie: czy w Polsce
EJ jest potrzebna?

- Odpowiedzi:
- 60% tak
- 20% nie
- 20% nie wiem

Czy elektrownia jądrowa w Polsce jest potrzebna?



Za budową elektrowni jądrowej wypowiedziały się odpowiednio następujące grupy badanych:



Badanie IMAS International na reprezentatywnej próbie 2028 Polaków w wieku 18-64 lata, zrealizowane techniką CAWI w terminie 31.07-12.08.2020.



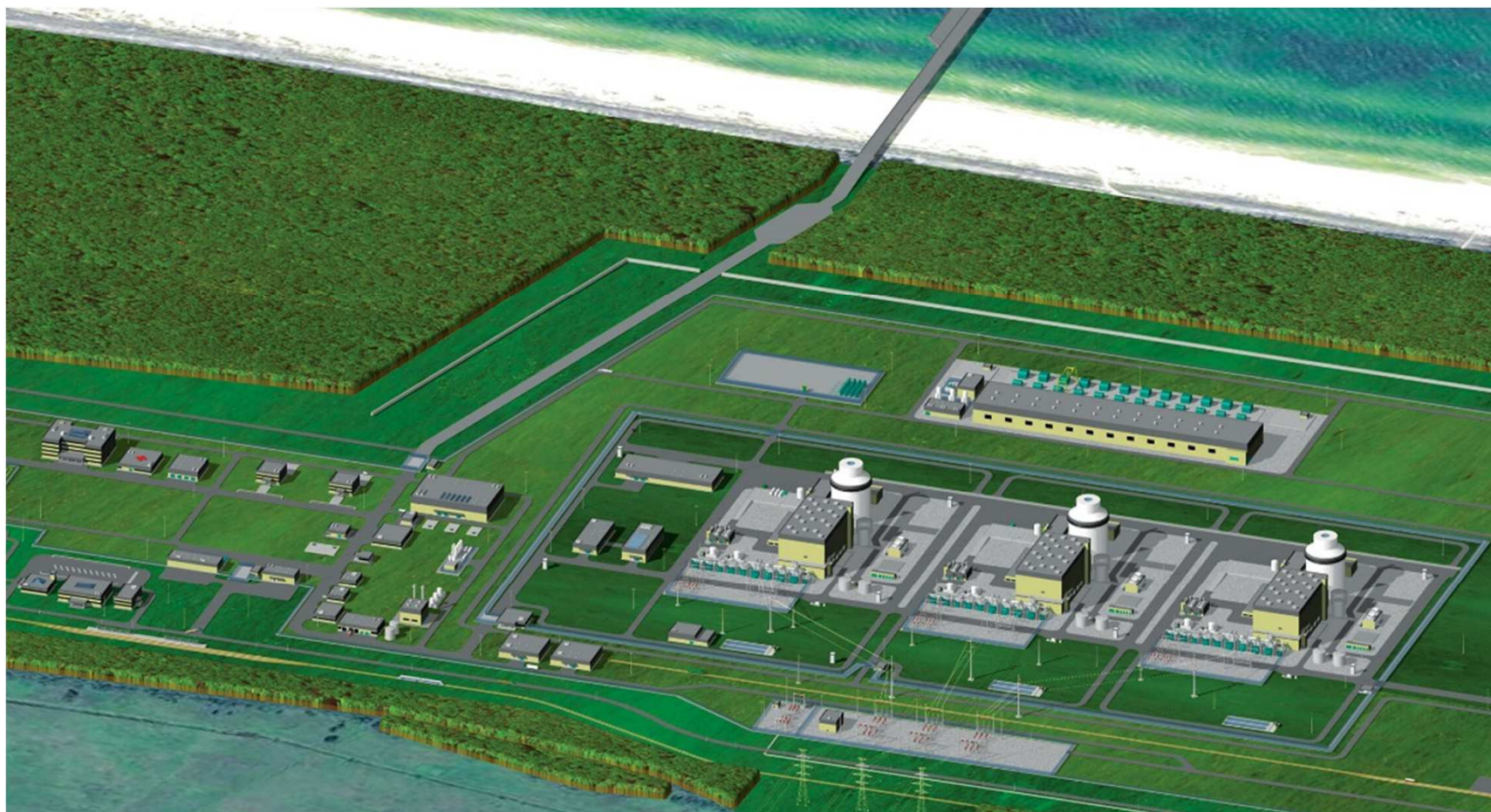
PODSUMOWANIE

1. Podczas normalnej eksploatacji, elektrownia jądrowa (EJ) **jest zdecydowanie mniej uciążliwa** dla środowiska niż jakakolwiek elektrownia konwencjonalna (EK)
2. Całkowite ślady węglowe EJ i OZE (odnawialnych źródeł energii) **są porównywalne**
3. Niekorzystny wpływ EJ na krajobraz jest **jakościowo różny i ilościowo mniejszy** niż wpływ OZE i EK



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

janusz.wojtkowiak@put.poznan.pl



EJ Lubiatowo-Kopalino (Wizualizacja Westinghouse)