

# **Energetyka jądrowa w Polsce?**

## **Tak, ale jak?**

Wykład specjalny  
Wydział Fizyki  
Politechnika Warszawska  
5 stycznia 2023 rok

Dr hab. Ludwik Pieńkowski, profesor AGH  
Wydział Energetyki i Paliw  
ekspert KGHM

# Energetyka jądrowa w Polsce?

## Tak, ale jak?

Konwersatorium Wydziału Fizyki, 26 stycznia 2006 rok

## Energetyka jądrowa w Polsce?

### Tak, ale jak?

Ludwik Pieńkowski  
Środowiskowe Laboratorium  
Ciężkich Jonów  
Uniwersytet Warszawski

## Czy w Polsce brakuje energii elektrycznej?

- Elektrownie węglowe zaspokajają nasze potrzeby
- Powszechna jest wiedza o dużych zasobach węgla
- Energetyka jądrowa jest przewidywana po roku 2020 „ze względu na potrzebę dywersyfikacji nośników energii pierwotnej oraz konieczność ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i dwutlenku siarki do atmosfery”

Rozwój Polski nie wymaga pilnej budowy  
elektrowni jądrowej

Polityka energetyczna Polski do 2025 r  
Dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 4 stycznia 2005 r.

# Teoria względności i energetyka jądrowa

Wzór  $E = mc^2$  jest jak logo energetyki jądrowej, mimo iż wpływ teorii względności na projekty reaktorów jądrowych jest pomijalnie mały. Dlaczego tak się stało?

Skondensowany i jeden z najlepszych skryptów o fizyce jądrowej i energetyce jądrowej:

DOE-HDBK-1019/1-93, DOE Fundamentals Handbook, Nuclear Physics and Reactor Theory Volume 1 of 2

<https://www.standards.doe.gov/standards-documents/1000/1019-bhdbk-1993-v1>

DOE-HDBK-1019/2-93, DOE Fundamentals Handbook, Nuclear Physics and Reactor Theory, Volume 2 of 2

<https://www.standards.doe.gov/standards-documents/1000/1019-bhdbk-1993-v2>

# Masa i energia w szczególnej teorii względności

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$m_0$  - masa spoczynkowa cząstki

$m$  - masa cząstki w układzie odniesienia, w którym jej prędkość wynosi  $v$

**Czym jest masa w STW?** Jak interpretować wzrost masy ze wzrostem prędkości?

Dla małych prędkości, czyli **gdy  $v/c$  jest małe** można zastosować następujące przybliżenie:

$$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \cong 1 + \left(\frac{x}{2}\right)^2$$

$$m \cong m_0 \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) \quad \text{i dalej} \quad mc^2 \cong m_0c^2 + \frac{m_0v^2}{2}$$

$E = mc^2$  relatywistyczna masa **równa całkowitej relatywistycznej energii cząstki**

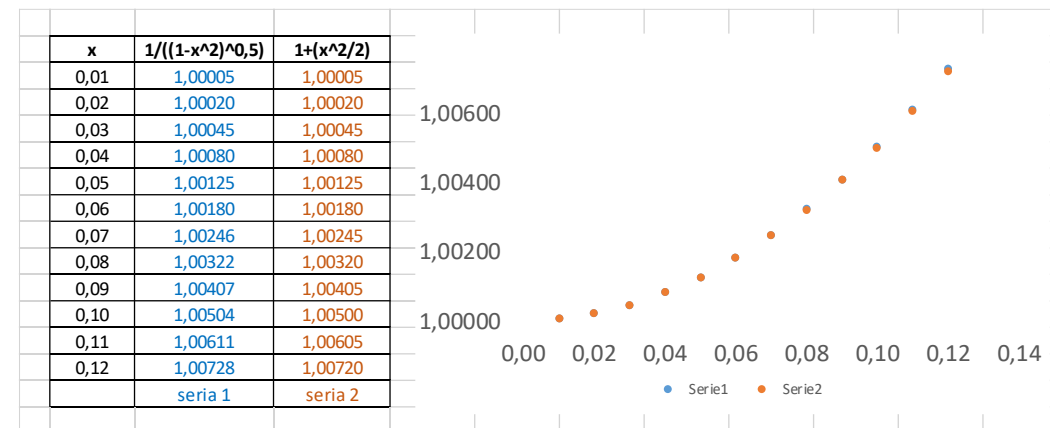
$m_0c^2$  równoważność masy spoczynkowej i energii

$\frac{m_0v^2}{2}$  klasyczna energia kinetyczna cząstki

$T$  relatywistyczna energia kinetyczna

Dla dowolnych prędkości zachodzi równość:

$$E = m_0c^2 + T$$



$p = mv$  - **relatywistyczny pęd (tak jak klasycznie)**

Po podstawieniu do równania  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  dostaje się

niezmiennik relatywistyczny wiążący masę spoczynkową, całkowitą energię i pęd:

$$(m_0c^2)^2 = E^2 - p^2c^2$$

# Rozszczepienie jądra atomowego

- Jest podziałem dużej kropli na dwie mniejsze
- Energia kinetyczna fragmentów rozszczepienia jest równa energii elektrostatycznego odpychania się dwóch stykających się jąder (fragmentów rozszczepienia)



- Model w którym energia rozszczepienia będzie oszacowana jako energia dwóch stykających się kul zapewne da nieco zawyżaną energię

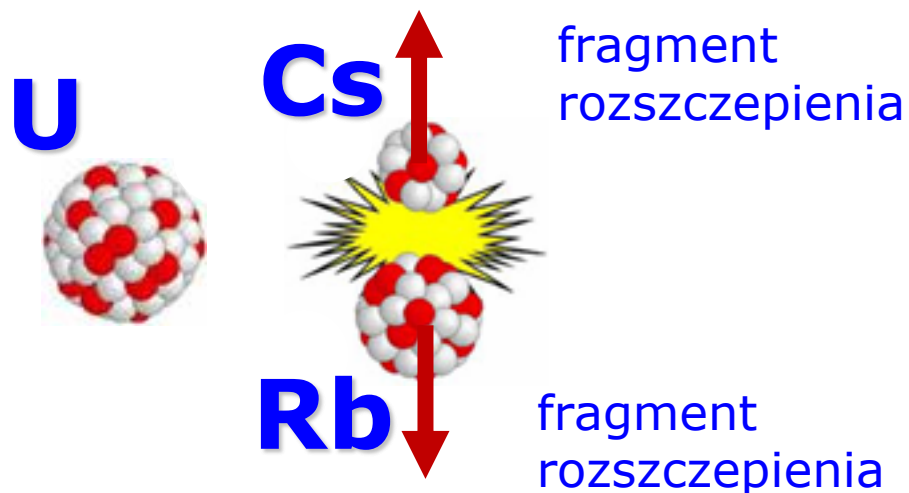
# Oszacowanie energii kinetycznej fragmentów rozszczepienia

Uran  $\rightarrow$  Cez + Rubid - *typowa* reakcja rozszczepienia

$$q_1 = +55 \quad q_2 = +37$$

$$E_{Coulomb} = k \frac{Q_1 Q_2}{d}$$

Model dwóch stykających się kul



$Q_1, Q_2$  ładunki elektryczne wyrażone w liczbie elektronów

$k = 1,44 \text{ MeV}$  dla odległości  $d$  w fm,  $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$

$k = 1,44 \text{ eV}$  dla odległości  $d$  w nm,  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

$$d \cong 12 \text{ fm}$$

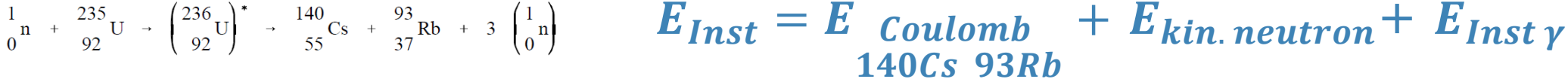
$$E_{Coulomb} \cong 1,44 \cdot \frac{55 \cdot 37}{12} = 244 \text{ MeV}$$

Ubytek masy równy różnicy mas spoczynkowych uranu oraz sumy mas spoczynkowych fragmentów rozszczepienia jest:

- Mierzalny, jest rzędu jednego promila, gdyż energetyczny ekwiwalent masy  $^{236}\text{U}$  wynosi około 220 GeV
- Nieistotny dla konstrukcji reaktorów jądrowych

# Oszacowanie energii rozszczepienia na podstawie znanych mas spoczynkowych

Again, referring to the "typical" fission reaction.



$E_{Inst}$ , the instantaneous energy, is the energy released immediately after the fission process. It is equal to the energy equivalent of the mass lost in the fission process. It can be calculated as shown below.

<u>Mass of the Reactants</u>		<u>Mass of the Products</u>	
${}_{92}^{235}\text{U}$	235.043924 amu	${}_{37}^{93}\text{Rb}$	92.91699 amu
${}_0^1\text{n}$	1.008665 amu	${}_{55}^{140}\text{Cs}$	139.90910 amu
<hr/>		3 ( ${}_0^1\text{n}$ )	3.02599 amu
236.052589 amu		<hr/>	
		235.85208 amu	

$$E = mc^2$$

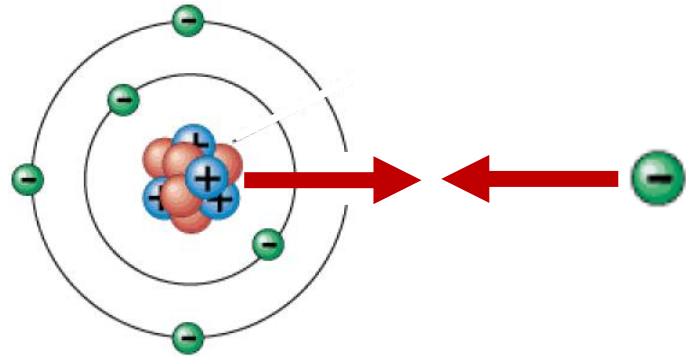
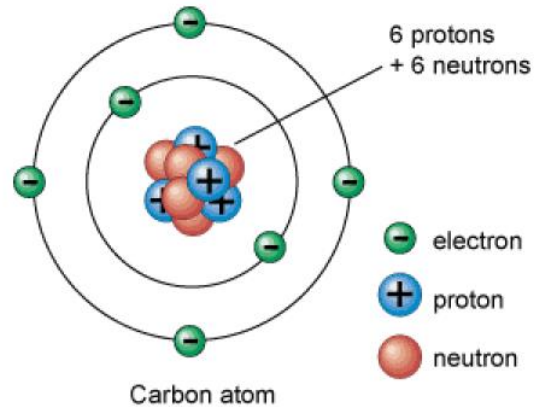
$$\begin{aligned}
 \text{Mass difference} &= \text{Mass of Reactants} - \text{Mass of Products} \\
 &= 236.052589 \text{ amu} - 235.85208 \text{ amu} \\
 &= 0.200509 \text{ amu}
 \end{aligned}$$

This mass difference can be converted to an energy equivalent.

$$\begin{aligned}
 E_{Inst} &= 0.200509 \text{ amu} \left( \frac{931.5 \text{ MeV}}{\text{amu}} \right) \\
 &= 186.8 \text{ MeV}
 \end{aligned}
 \quad E_{Inst} = (\text{mass difference}) \cdot c^2$$

- **Możliwość zmierzenia ubytku masy w reakcjach rozszczepienia była i jest ważna dla STW**
- **Ubytek promila masy rozszczepiających się jąder jest nieistotny dla konstruktorów reaktorów jądrowych**

## Oszacowanie energii jonizacji atomu węgla - miary energii dostępnej w reakcjach chemicznych



$$E_{Coulomb} = k \frac{Q_1 Q_2}{d}$$

$Q_1, Q_2$  ładunki elektryczne wyrażone w liczbie elektronów  
 $k = 1,44 \text{ MeV}$  dla odległości  $d$  w fm,  $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$   
 $k = 1,44 \text{ eV}$  dla odległości  $d$  w nm,  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

$$d = R_{atomu} \cong 1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$$

$$E_{Coulomb} \cong 1,44 \cdot \frac{1 \cdot 1}{0,1} = 14 \text{ eV}$$

Potrzeba około 14 eV aby *oderwać* zewnętrzny elektron od atomu, aby zjonizować atom

**Różnica mas spoczywającego atomu i sumy mas atomu zjonizowanego i nieruchomego elektronu jest niemierzalnie mała**



# Energetyka jądrowa

- ❖ Energetyka jądrowa od kilkudziesięciu lat zapewnia pewność dostaw bezpiecznej, bezemisyjnej energii elektrycznej
- ❖ Niemal w całości wykorzystuje technologie, w których woda pełni zarówno rolę moderatora neutronów jak i chłodziwa rdzenia reaktora
- ❖ Reaktory lekkowodne są najczęściej wykorzystywane, są najlepiej sprawdzone
- ❖ Komercyjnie dostępne są jedynie reaktory wielkoskalowe i bloki energetyczne o mocy przekraczającej 1000 MW
  - ❑ Programy budowy kilkudziesięciu wielkoskalowych reaktorów w kilkanaście lat odnosiły i odnoszą sukcesy
  - ❑ W euroatlantyckiej przestrzeni gospodarczej budowy pojedynczych reaktorów od lat grzęzną w kosztach i opóźnieniach

# Reaktory SMR

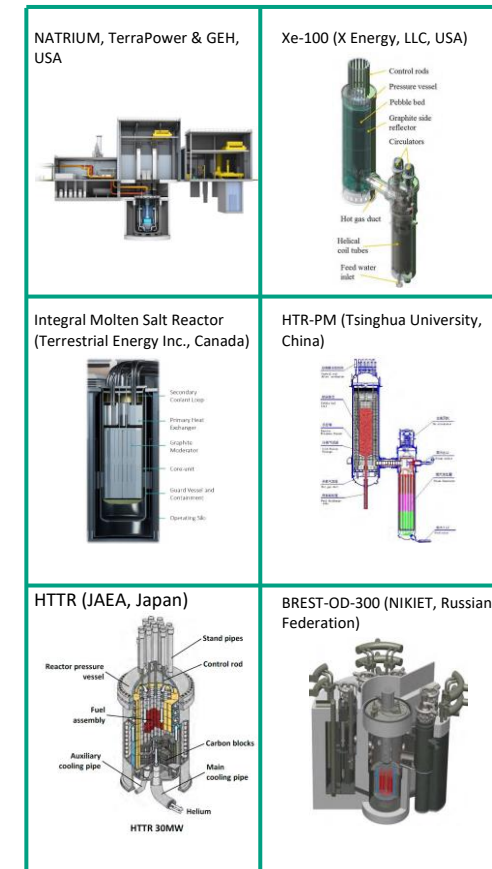
- ❖ **Small Modular Reactors** - reaktory małej mocy o modularnej konstrukcji
- ❖ Projekty SMR powstały celem otworzenia energetyki jądrowej na nowych inwestorów, na przemysł energochłonny, płytkie rynki o głębokości mniejszej niż kilkadziesiąt gigawatów oraz do zasilania obszarów izolowanych
- ❖ Modularna, zintegrowana konstrukcja i seryjna, fabryczna produkcja mają kompensować utratę efektu skali, który daje przewagę biznesową reaktorom wielkoskalowym

# Ostatnia dekada to intensywny rozwój SMR

## • Reaktory inne niż lekkowodne

### Reaktory wysokotemperaturowe, reaktory prędkie, reaktory ze stopionymi solami testowano w energetyce, ale wszystkie próby skończyły się porażką biznesową

- ❑ Obietnice wysokiego stopnia bezpieczeństwa jaką dają reaktory wysokotemperaturowe typu HTGR (High Temperature Gas Reactor), lepszego wykorzystania paliwa jaką dają reaktory prędkie powoduje, że pomimo porażek biznesowych, kolejne próby wdrożenia są i będą podejmowane.
- ❑ W 2021 roku w Chinach uruchomiono blok z dwoma demonstracyjnymi reaktorami wysokotemperaturowymi typu HTGR o mocy 210 MWe. W Japonii wznowiono pracę małego reaktora testowy zatrzymanego w 2011 roku. Budowa demonstracyjnego reaktora HTGR jest zapowiedziana w USA, a koncepcja budowy małego testowego reaktora jest również kreślona w Polsce.
- ❑ Budowy demonstracyjnych SMRów z reaktorami prędkimi oraz reaktorami ze stopionymi solami są zapowiadane między innymi w USA, gdzie przeznaczono kilka miliardów dolarów na budowę kilku reaktorów. W Azji działają już instalacje testujące niektóre z tych rozwiązań



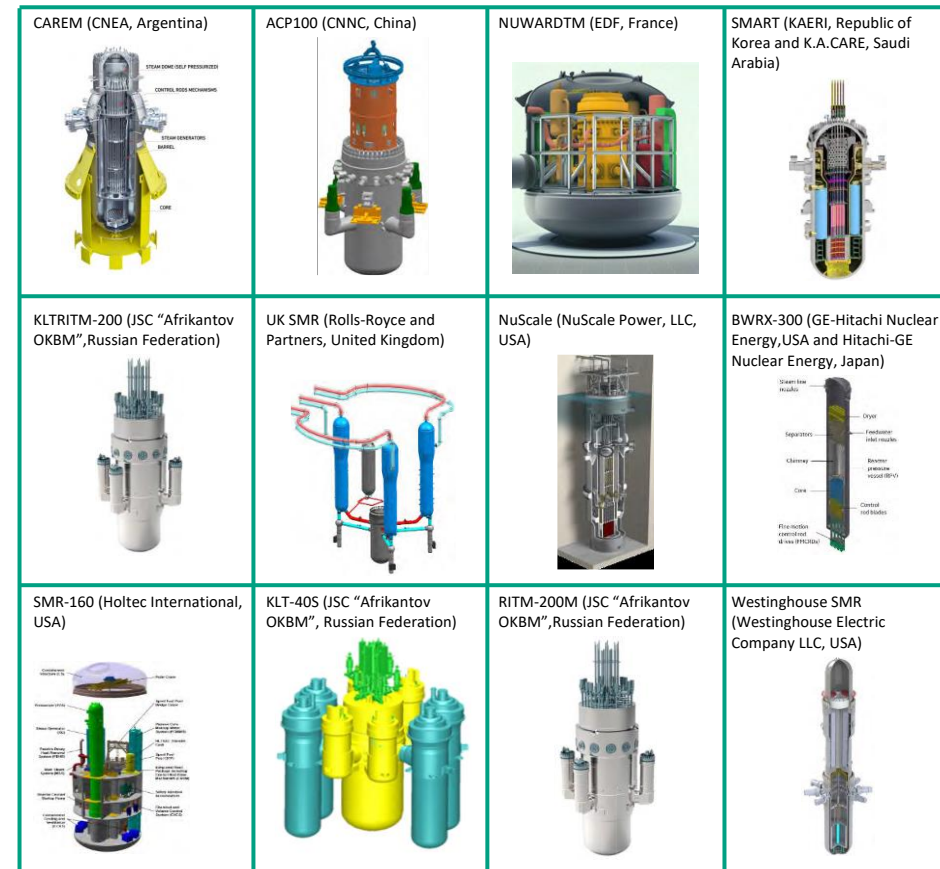
Przykłady z bazy <https://aris.iaea.org/>

# Ostatnia dekada to intensywny rozwój SMR

## • Reaktory lekkowodne

### Lekkowodne SMRy wkraczają do energetyki

- ❑ Reaktory lekkowodne (LWR – Light Water Reactor) to bezpieczna technologia, która w wielkoskalowej wersji biznesowo sprawdziła się w energetyce
- ❑ W ciągu najbliższej dekady co najmniej kilka projektów może zostać wdrożonych w gospodarce między innymi w Azji, USA, Kanadzie, Wielkiej Brytanii, ale również w Polsce i w Rumunii
- ❑ Wiodące projekty w euroatlantyckiej przestrzeni gospodarczej to NuScale, BWRX-300, UK-SMR oraz NUWARD

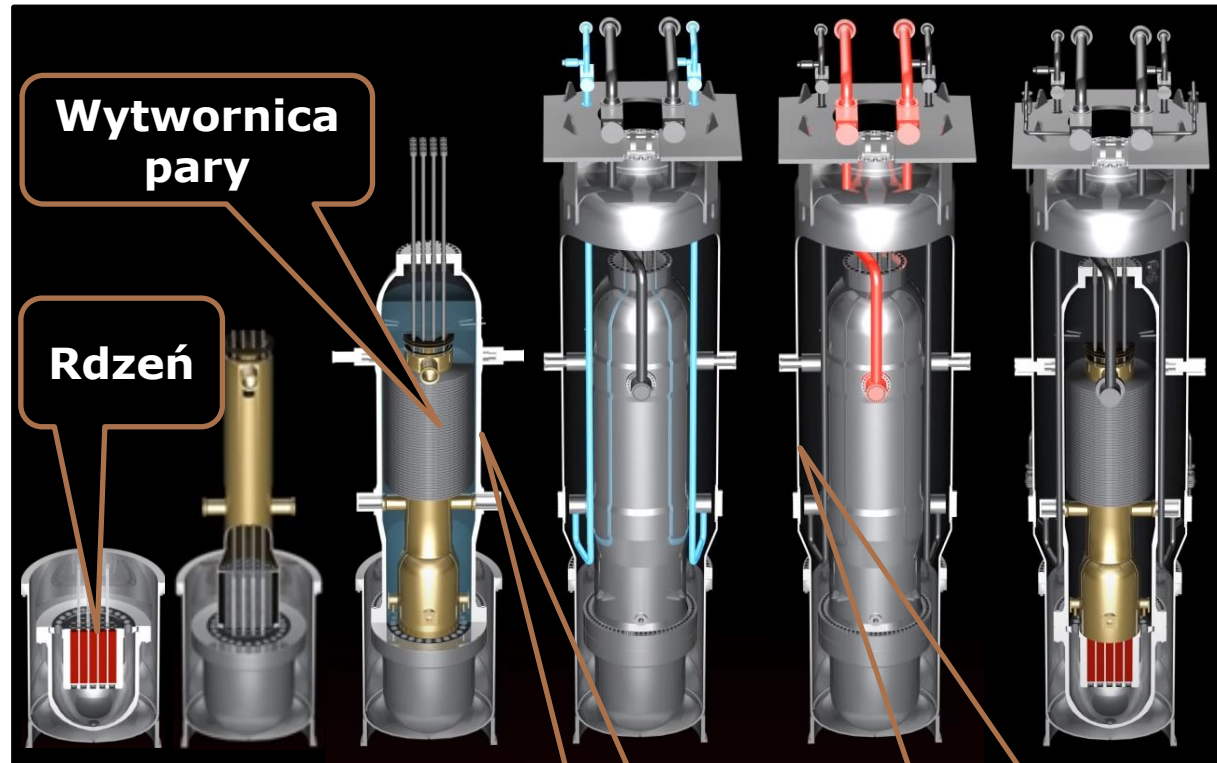


Przykłady z bazy <https://aris.iaea.org/>

# Globalna transformacja energetyczna i transformacja przemysłu energochłonnego

- ❖ **Pewność dostaw możliwie taniej, bezemisyjnej energii**
- ❖ **Konieczność otwarcia się na bezpieczną, sprawdzoną energetykę jądrową**  
w skali odpowiadającej potrzebom
  - Reaktory lekkowodne dominują w energetyce jądrowej, są najlepiej sprawdzone
  - Komercyjnie dostępne są jedynie reaktory wielkoskalowe i bloki energetyczne o mocy przekraczającej 1000 MW
  - Ostatnia dekada to intensywny rozwój kilku projektów reaktorów lekkowodnych o modularnej budowie i mniejszej mocy
- ❖ **KGHM** wybrał współpracę z firmą NuScale Power
  - Projekt modularnego bloku VOYGR™-6 o mocy 462 MW odpowiada potrzebom KGHM i jest gotowy do pierwszych komercyjnych inwestycji
  - W euroatlantyckiej przestrzeni gospodarczej jest to najbardziej dojrzały projekt. W szczególności jest to jedyny projekt SMR posiadający certyfikację renomowanego regulatora, U.S. NRC

# Lekkiwodny, ciśnieniowy, zintegrowany moduł NuScale o mocy 77 MW



Wytwornica pary

Rdzeń

Zbiornik reaktora

Stalowa obudowa bezpieczeństwa

~ 23 m

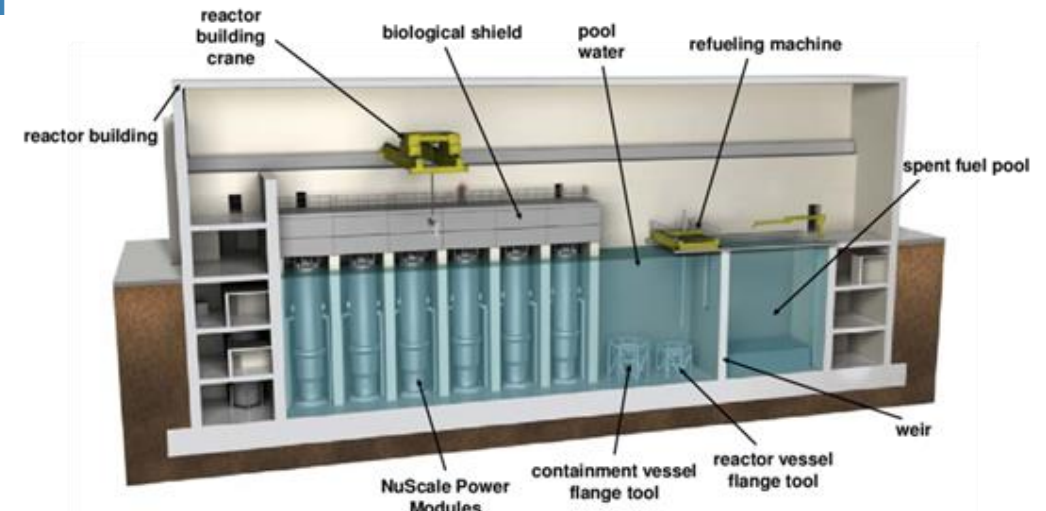
Zintegrowany moduł zawsze zanurzony w basenie z wodą

[NuScale Power Module Components - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=F9tmn9LYGjQ)  
<https://www.youtube.com/watch?v=F9tmn9LYGjQ>

# MODULARNY BLOK ENERGETYCZNY z lekkowodnym, ciśnieniowym reaktorem NuScale Power

## Reaktory NuScale umożliwiają budowę modularnego bloku energetycznego o mocy od 308 do 924 MWe

- ❑ VOYGR™-12 o mocy 924 MWe to najbardziej ekonomiczny modularny blok, gdyż aż 12 modułów wykorzystuje wspólną infrastrukturę. Ekonomia mniejszych bloków, jak VOYGR™-6, o mocy 462 MWe wynika z uwarunkowań zewnętrznych
- ❑ Inne lekkowodne SMRy nie mogą być umieszczane w jednym budynku ze względów bezpieczeństwa
- ❑ NuScale Power starając się o licencję udostępnił bardzo obszerne informacje, co zaowocowało niezależnymi badaniami naukowymi nad tym projektem

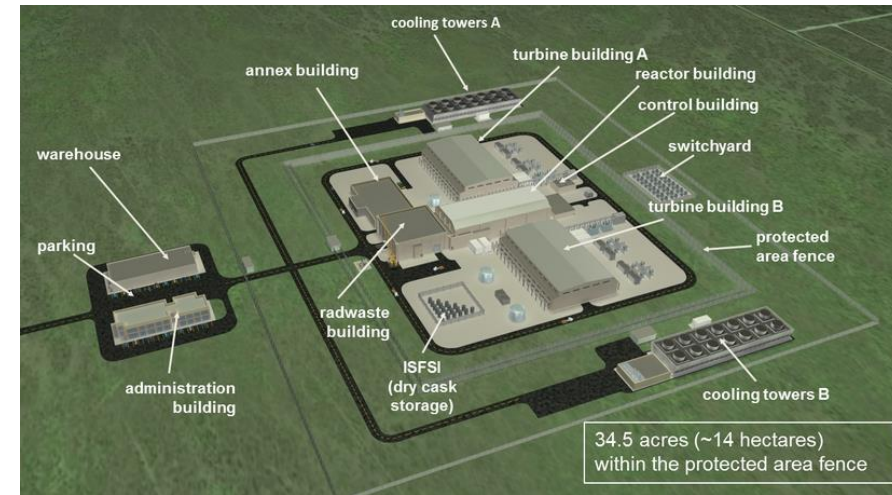
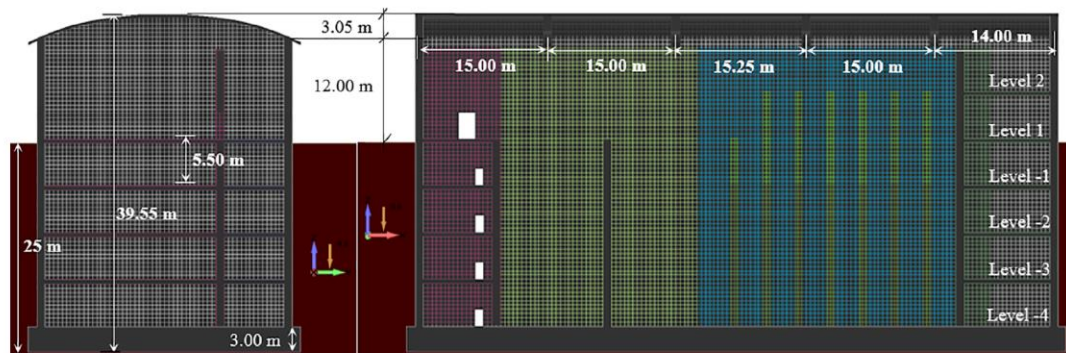
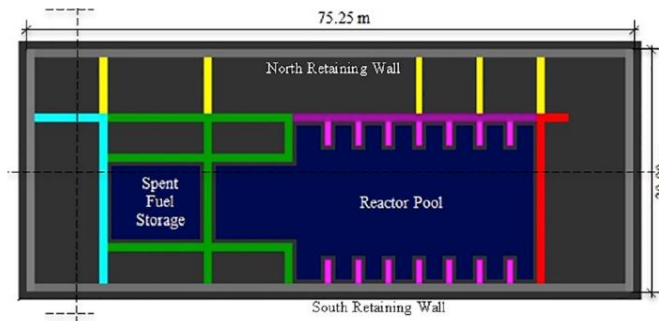


Modularny blok energetyczny. Przekrój budynku i basenu z 12 modułami NuScale

Ilustracja z publikacji: D. T. Ingersoll, C. Colbert, Z. Houghton, R. Snuggerud, J. W. Gaston and M. Empey, Can Nuclear Power and Renewables be Friends?, Proceedings of ICAPP 2015, May 03-06, 2015 - Nice

# MODULARNY BLOK ENERGETYCZNY z lekkowodnym, ciśnieniowym reaktorem NuScale Power

Przekroje budynku i basenu dla modularnego bloku energetycznego z 12 modułami NuScale



George Markou, Filippo Genco, *Seismic assessment of small modular reactors: NuScale case study for the 8.8Mw earthquake in Chile*, Nuclear Engineering and Design 342 (2019) 176–204

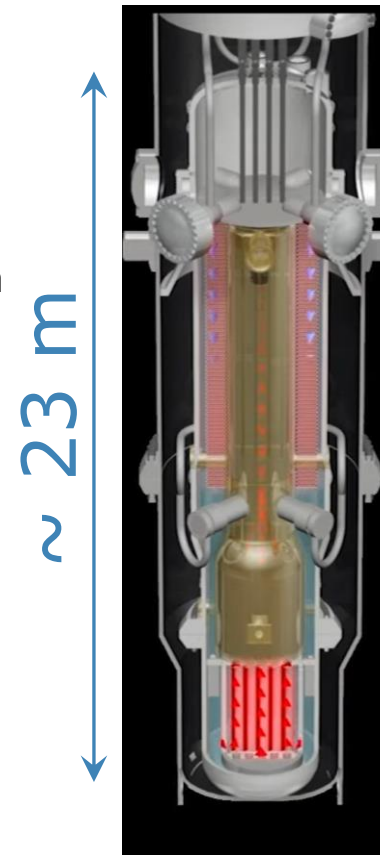
<https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2018/01/24/can-we-make-a-nuclear-reactor-that-wont-melt-down/>



# MODULARNY BLOK ENERGETYCZNY z lekkowodnym, ciśnieniowym reaktorem NuScale Power

- ❑ Konstrukcja rdzenia reaktora, kaset i elementów paliwowych jest identyczna jak w sprawdzonych reaktorach PWR generacji III/III+, ale:
  - Zrezygnowano z pomp cyrkulacyjnych, gdyż przy dużej wysokości zbiornika konwekcja jest wystarczająco intensywna
  - Moduł NuScale zawsze jest zanurzony w basenie z wodą co umożliwiło wyeliminowanie zewnętrznych, ciśnieniowych systemów awaryjnego chłodzenia rdzenia reaktora
  - Wytwornicę pary i wyrównywacz ciśnienia umieszczono wewnątrz zbiornika reaktora.
  - Zastosowano ciśnieniową, stalową obudowę bezpieczeństwa z próżnią pomiędzy zbiornikiem reaktora i obudową bezpieczeństwa
- ❑ Zbudowano w skali 1/3 elektrycznie podgrzewany symulator i wykonano eksperymenty walidujące obliczenia komputerowe szczególnie dla kluczowych, innowacyjnych elementów

Reaktor



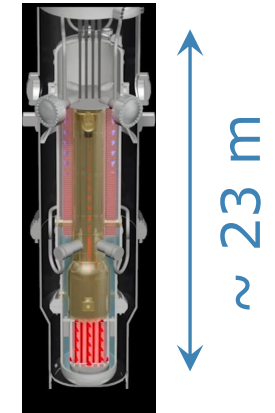
Symulator



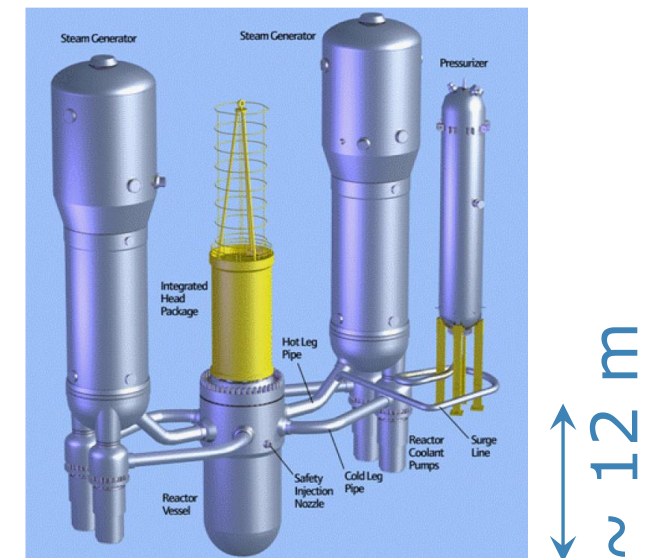
<https://www.nuscalepower.com/technology/technology-validation>

# MODULARNY BLOK ENERGETYCZNY z lekkowodnym, ciśnieniowym reaktorem NuScale Power

- ❑ Zintegrowany **moduł NuScale o mocy 77 MWe** jest montowany i testowany *na zimno* w warunkach fabrycznych.
  - Składa się ze zbiornika reaktora, dwóch wytwornic pary, wyrównywacza ciśnienia, dwóch systemów awaryjnego chłodzenia, ciśnieniowej obudowy bezpieczeństwa z próżnią pomiędzy zbiornikiem reaktora i obudową bezpieczeństwa.
  - Moduł jest rozbierany na trzy duże elementy przy transporcie z fabryki na plac budowy oraz przy wymianie paliwa

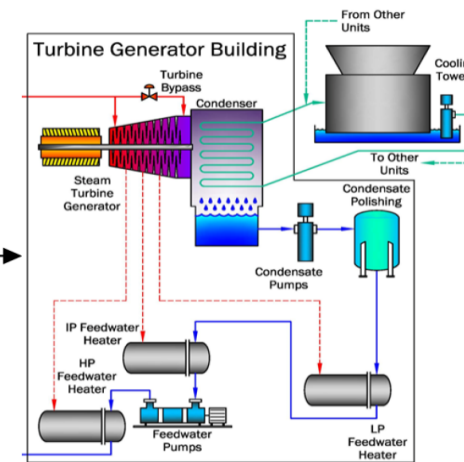
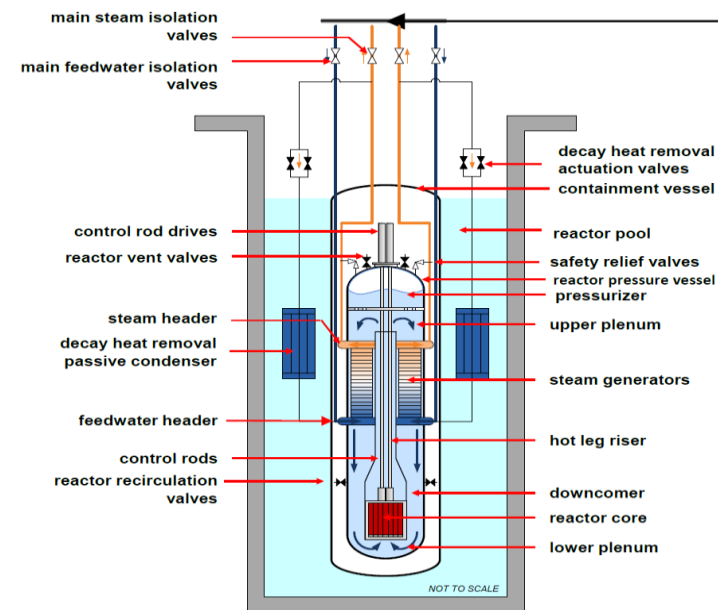
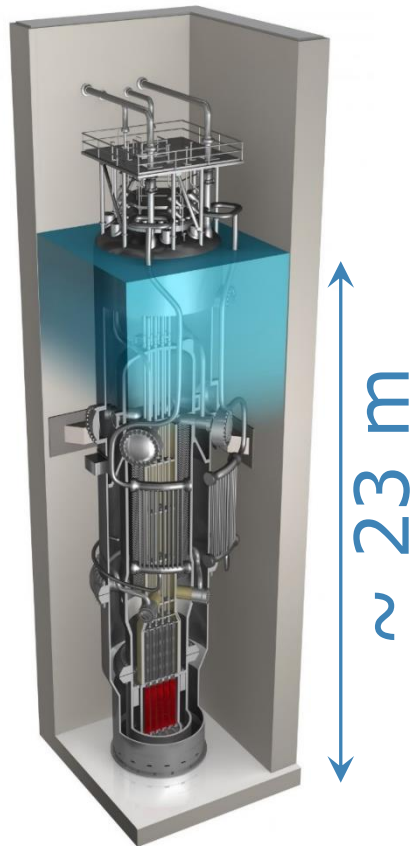


- ❑ Reaktor **AP1000 o mocy 1200 MWe** - typowy reaktor Gen III+
  - Integracja zbiornika reaktora, wytwornic pary z pompami cyrkulacyjnymi, wyrównywacza ciśnienia, zewnętrznych systemów awaryjnego chłodzenia (basen i zbiorniki ciśnieniowe nie są pokazane na rysunku) jest wykonywana na placu budowy.
  - Budynek reaktora pełni funkcję obudowy bezpieczeństwa



# MODULARNY BLOK ENERGETYCZNY z lekkowodnym, ciśnieniowym reaktorem NuScale Power

W warunkach normalnej pracy próżnia pomiędzy zbiornikiem reaktora i obudową bezpieczeństwa zapewnia dobrą izolację cieplną dla reaktora zawsze zanurzonego w basenie z wodą



- Each reactor module feeds one turbine-generator (T-G) train eliminating single-shaft risk
- Small, simple components support short simple refueling outages

Overview Of New Nuclear Technologies September 25, 2014  
<https://leg.wa.gov/jointCommittees/Archive/NEJSTF/Documents/14%2009%2025/NuScale.pdf>

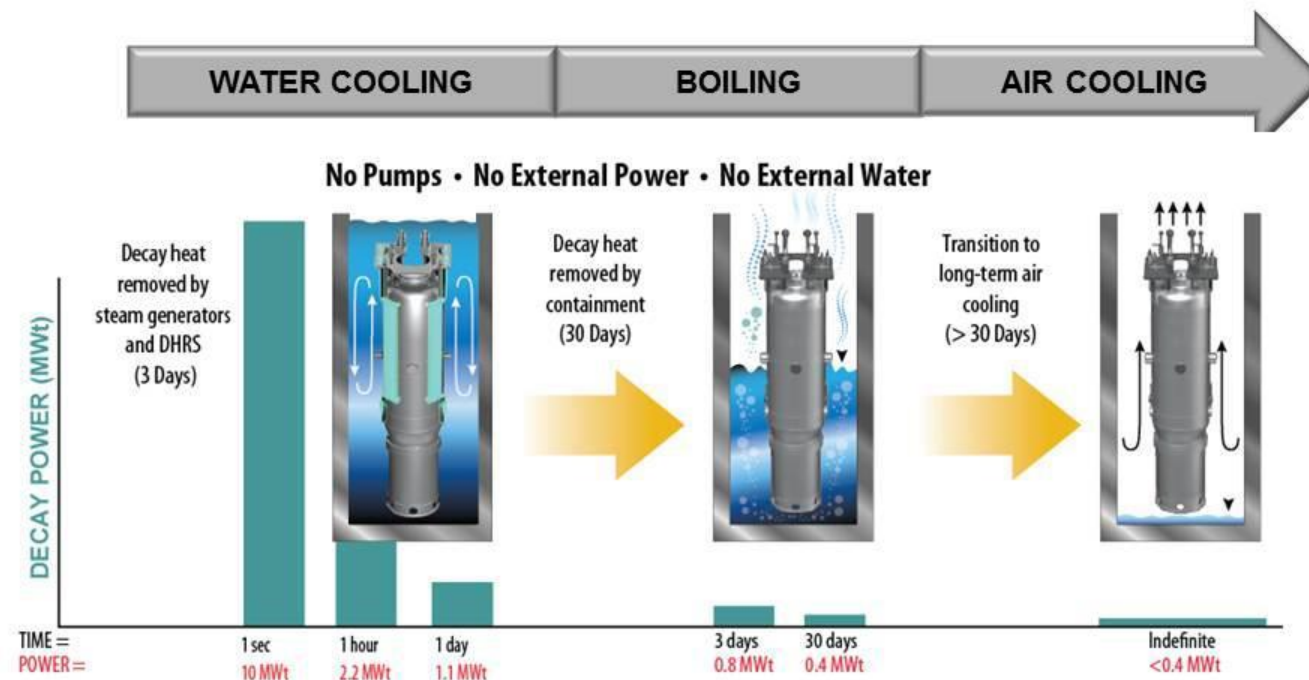
# Lekki, ciśnieniowy, zintegrowany moduł NuScale o mocy 77 MW

- Bezpieczne wyłączenie i wychłodzenie

- ❑ Bez działań operatorów, ani komputerów
- ❑ Bez zasilania AC, ani DC
- ❑ Bez dodatkowej wody

## Innovative Advancements to Reactor Safety

*Nuclear fuel cooled indefinitely without AC or DC power\**



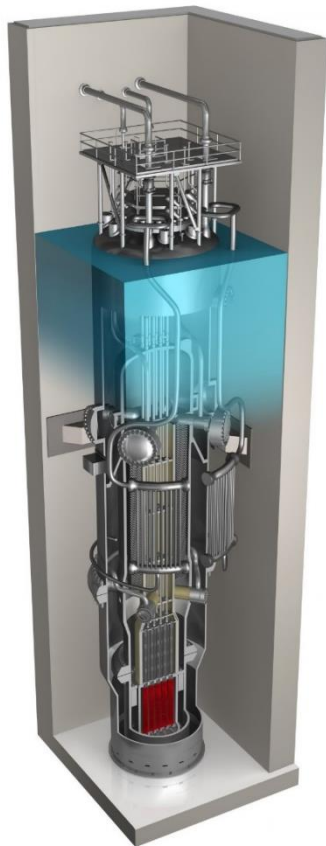
• 30 days is a minimum based on very conservative estimates.

\*Alternate 1E power system design eliminates the need for 1E qualified batteries to perform ESFAS protective functions – Patent Pending

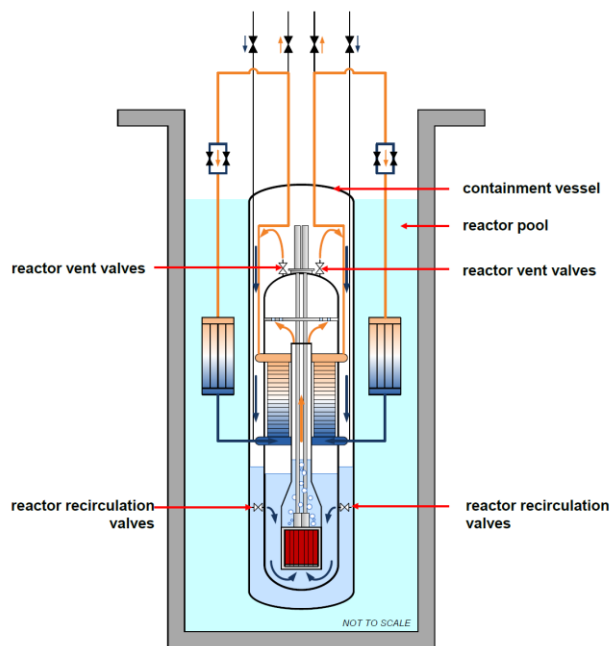
<https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2018/01/24/can-we-make-a-nuclear-reactor-that-wont-melt-down/> © NuScale Power, LLC. All Rights Reserved.

# Lekki, ciśnieniowy, zintegrowany moduł NuScale o mocy 77 MW

- Bezpieczne wyłączenie i wychłodzenie



Systemy DHRS i ECCS pasywnie odprowadzające ciepło powyłączeniowe z rdzenia reaktora



Overview Of New Nuclear Technologies September 25, 2014  
<https://leg.wa.gov/JointCommittees/Archive/NEJSTF/Documents/14%2009%2025/NuScale.pdf>



Analysis of loss of coolant accident without ECCS and DHRS in an integral pressurized water reactor using RELAP/SCDAPSIM

Katarzyna Skolik<sup>a,b,\*</sup>, Chris Allison<sup>c</sup>, Judith Hohorst<sup>c</sup>, Mateusz Malicki<sup>d</sup>, Marina Perez-Ferragut<sup>c</sup>, Ludwik Pieńkowski<sup>a</sup>, Anuj Trivedi<sup>c</sup>

<sup>a</sup> AGH University of Science and Technology, al. A. Mickiewicza 30, 30-059, Cracow, Poland  
<sup>b</sup> ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Řež, 250 68, Husinec, Czech Republic  
<sup>c</sup> Innovative Systems Software (ISS), 3585 Briar Creek Lane, Idaho Falls, ID, 83406, USA  
<sup>d</sup> Paul Scherrer Institut (PSI), CH-5232 Villigen PSI, Switzerland

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
 RELAP  
 SCDAP  
 Small modular reactor  
 Integral pressurized water reactor  
 Loss of coolant accident  
 Safety analysis

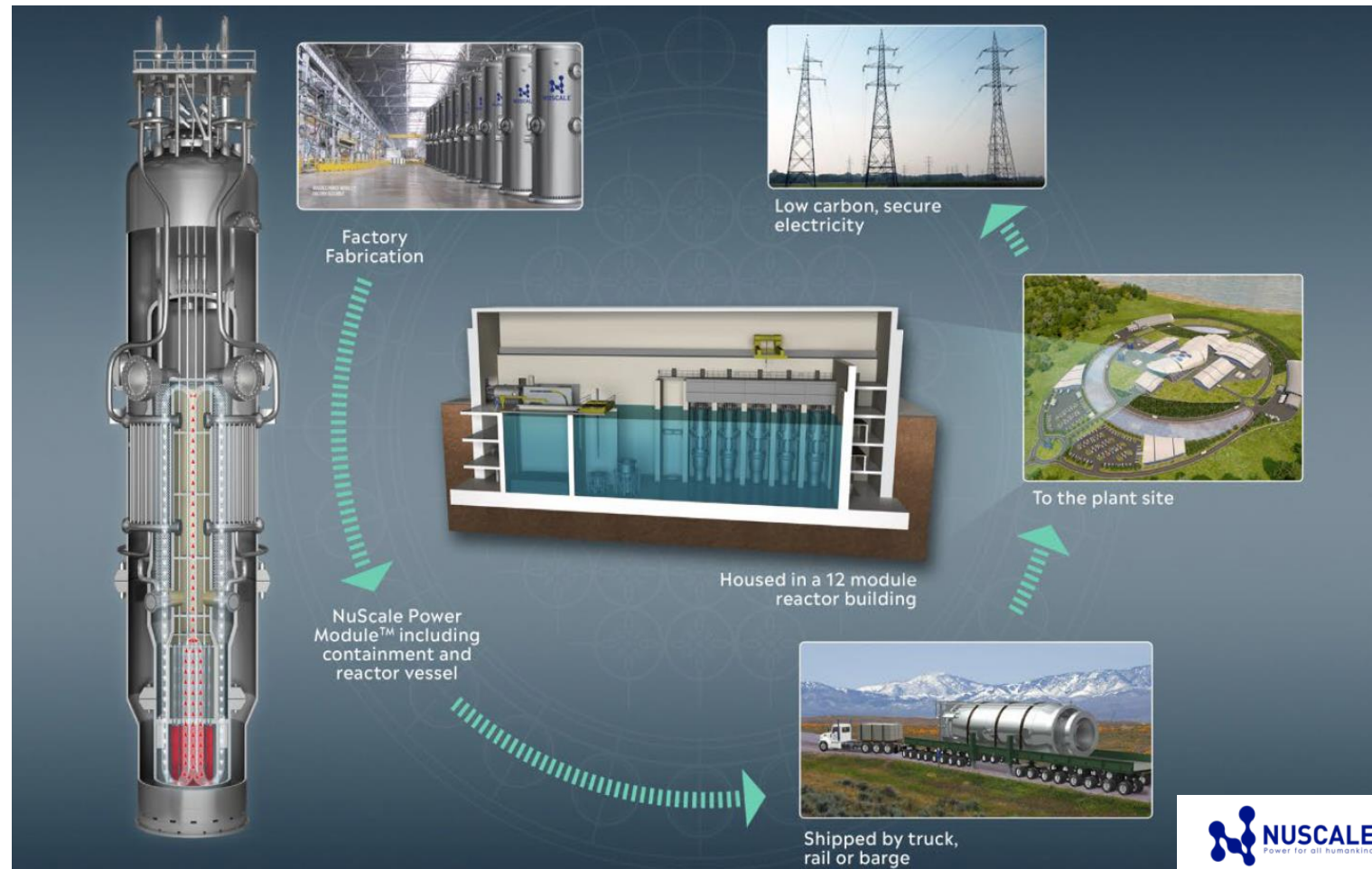
## ABSTRACT

Small Modular Reactors (SMRs) are currently being developed and licensed in many countries. The innovations in the designs provide many significant features, such as decreased construction cost and time, enhanced safety, modularity, possibility of factory production etc. Several new SMR designs are based on the concept of an integral Pressurized Water Reactor. One of such designs, namely the NuScale SMR was selected for this analysis. An input model was developed from scratch for the RELAP/SCDAPSIM code using publicly available data from the NuScale Final Safety Analysis Report provided by the U.S. NRC and some validation tests have already been conducted. An extremely severe event is analyzed and discussed in the current work. It is an inside containment Loss of Coolant Accident followed by failure of both the Emergency Core Cooling System and the Decay Heat Removal System. The simulation was conducted for 86400 s (24 h) with the core damage starting after ~4.8 h, which is comparable to the results for similar scenarios presented in the references.

W publikacji przedstawiono wyniki badań opartych jedynie na publicznie dostępnych danych zaczerpniętych z raportu bezpieczeństwa złożonego w grudniu 2016 roku przez NuScale Power u amerykańskiego regulatora

<https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/nuscale/documents.html>

# MODULARNY BLOK ENERGETYCZNY z lekkowodnym, ciśnieniowym reaktorem NuScale Power

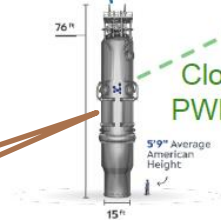
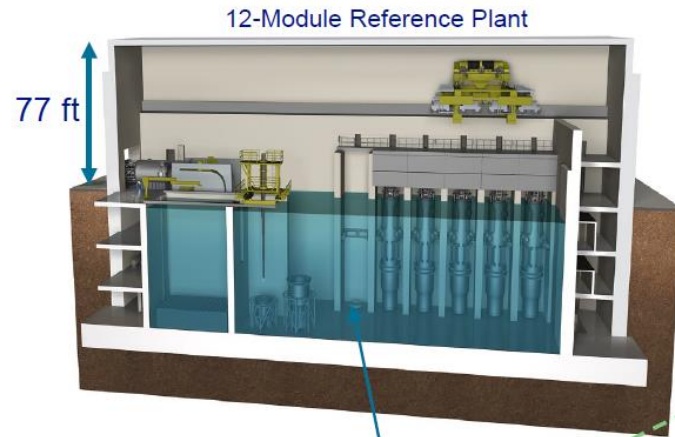


NuScale Power –A Scalable Clean Energy Solution, January 11, 2020, José Reyes

National Academies Study -Merits and Viability of Different Nuclear Fuel Cycles and Technology Options and the Waste Aspects of Advanced Nuclear Reactors

<https://www.nationalacademies.org/event/01-11-2021/docs/D1E0FF59357EA7F7248CC17703A20611465DCE8FCE65>

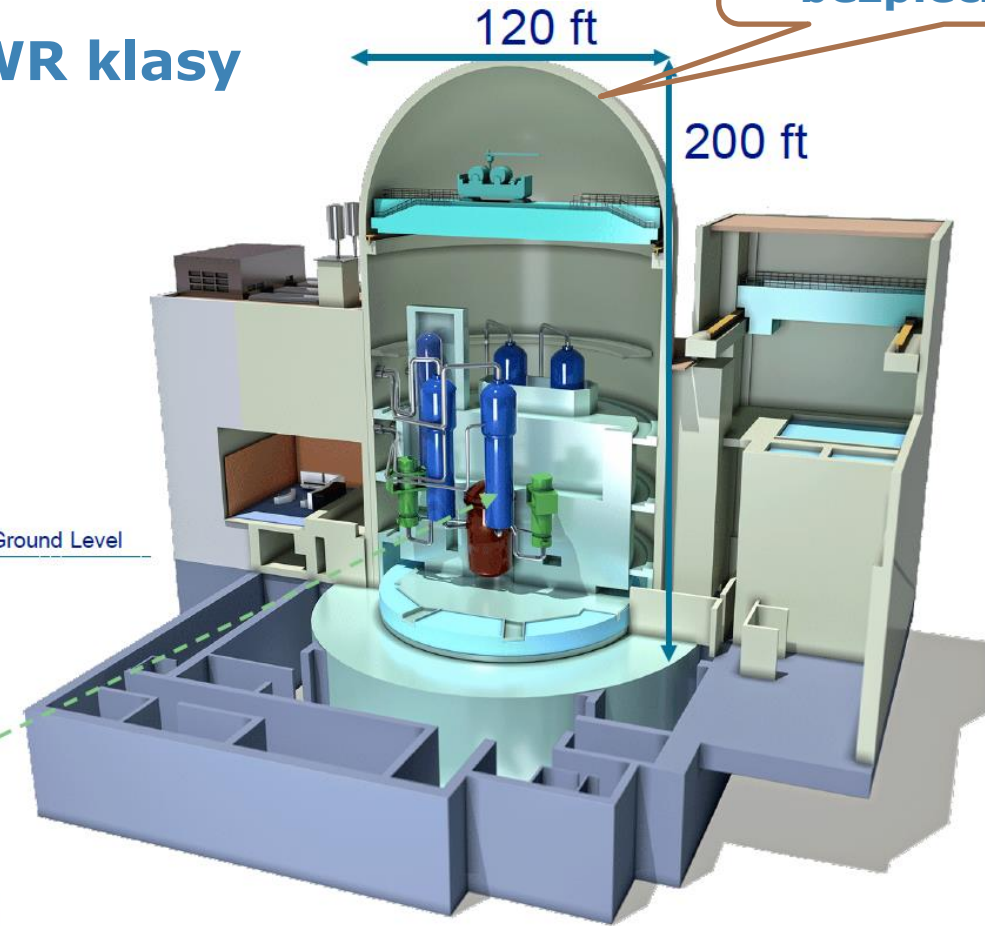
# Porównanie wielkości modularnego bloku jądrowego NuScale o mocy 924 MW z wielkoskalowym typowym reaktorem PWR klasy Gen III+ o mocy powyżej 1000 MW



NuScale Power Module™

Stalowa obudowa bezpieczeństwa

Ground Level



Typical Large PWR

Image: U.S. Nuclear Regulatory Commission

NuScale Nonproprietary Copyright © 2021 NuScale Power, LLC.

# NuScale to dojrzały projekt

- ❖ Budowa w Idaho modularnego bloku VOYGR™-6 ma obiecane wieloletnie wsparcie \$1,4 mld
- ❖ W dniu 3 maja 2022 roku NuScale Power zadebiutował na giełdzie (NYSE: SMR)
- ❖ W dniu 26 czerwca 2022 roku na forum G7 prezydent Joe Biden wymienił projekt budowy NuScale w Rumunii wśród nowej inicjatywy Partnership for Global Infrastructure and Investment. Deklarację tą prezydent Biden powtórzył we wrześniu w trakcie zgromadzenia ogólnego ONZ. 12 listopada 2022 roku w trakcie COP27 zapowiedziano plan współpracy USA i Ukrainy zogniskowany wokół projektu NuScale
- ❖ NuScale buduje już łańcuch dostaw kluczowych elementów, a firma Doosan Enerbility już rozpoczęła przygotowania do kucia zbiorników reaktorów
- ❖ NuScale to jedyny modularny projekt posiadający w USA certyfikat. W euroatlantyckiej przestrzeni gospodarczej żaden inny podobny projekt nie posiada analogicznego certyfikatu
  - Udostępnienie w 2017 roku wniosku o certyfikowanie oznaczało upublicznienie znacznej części dokumentacji i umożliwiło prowadzenie niezależnych badań naukowych
  - Bezpieczeństwo projektów, dla których wystąpiono o certyfikację jest lepiej zbadane, jest pewniejsze
  - KGHM w dniu 8 lipca 2022 roku złożył w PAA wniosek o wydanie ogólnej opinii



# Projekt NuScale w KGHM

- ❖ Celem projektu jest budowa modularnego bloku jądrowego VOYGR™-6 o mocy 462 MW i uruchomienie go przed końcem obecnej dekady
- ❖ Inwestycja KGHM ma przebiegać niemal równolegle z budową pierwszego na świecie modularnego bloku NuScale w Idaho w USA oraz budową w Rumunii
- ❖ Przebieg inwestycji KGHM przybliży nas do odpowiedzi na kluczowe pytania o potencjalnej roli modularnych bloków energetycznych dla KGHM, dla Polski i na całym świecie