

Jadrová energetika – princípy, história, súčasnosť, budúcnosť a vplyv na životné prostredie

Prezentuje: Branislav Vrbán

Spoluautori: Š. Čerba, J. Lüley, V. Vrtalová, O. Glavo, F. Révai, V. Nečas



OBSAH

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

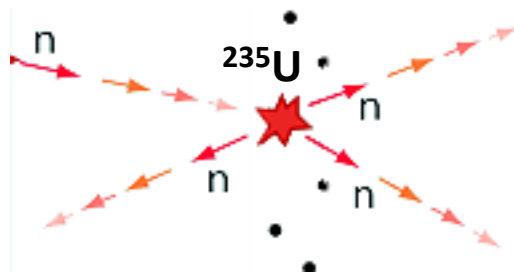
Čo si
zapamätať?

- Princípy
- História
- Súčasnosť
- Budúcnosť
- Vplyv na životné prostredie
- Čo si zapamätať?



Princíp štiepnej reťazovej reakcie

- Existencia možnosti využitia väzbovej energie štiepiteľných ťažkých jadier.



Princípy

História

Súčasnosť

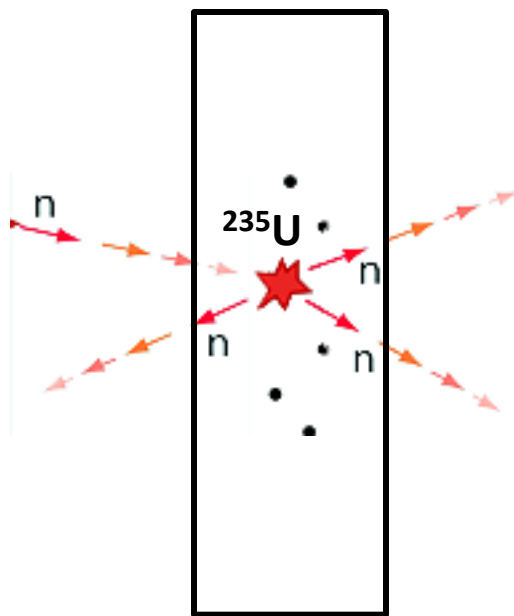
Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Princíp štiepnej reťazovej reakcie

- Pri štiepení nastáva produkcia 2 až 3 neutrónov.



Princípy

História

Súčasnosť

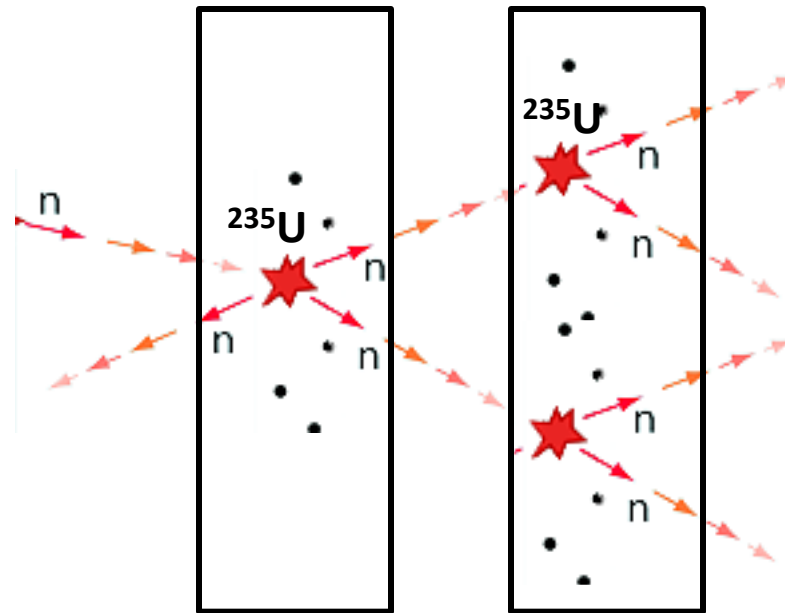
Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

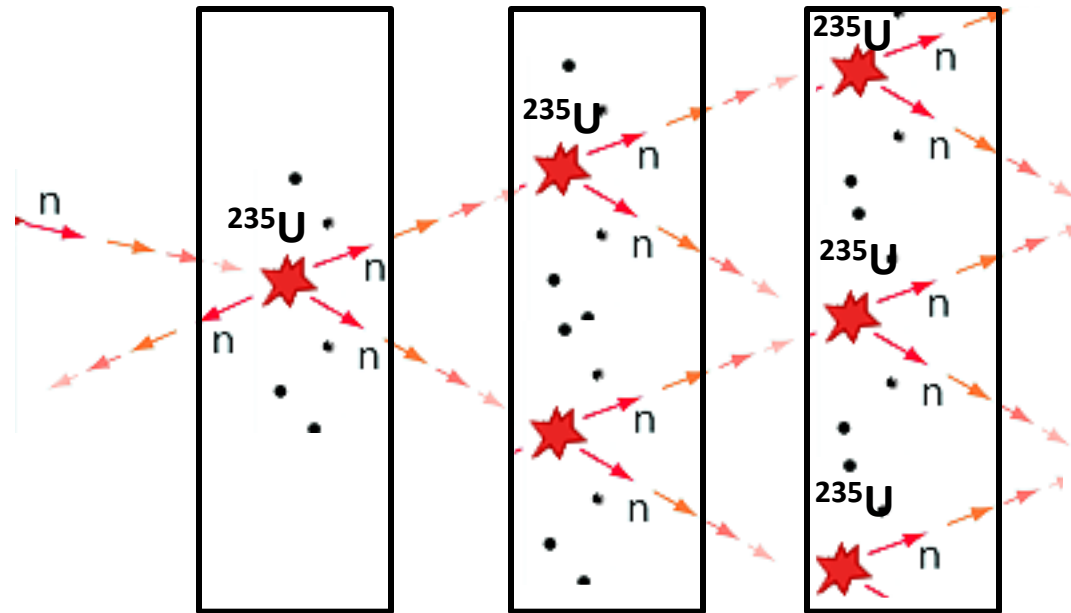
Princíp štiepnej reťazovej reakcie

- Je nutné optimalizovať pravdepodobnosť ich úniku z relevantného objemu.



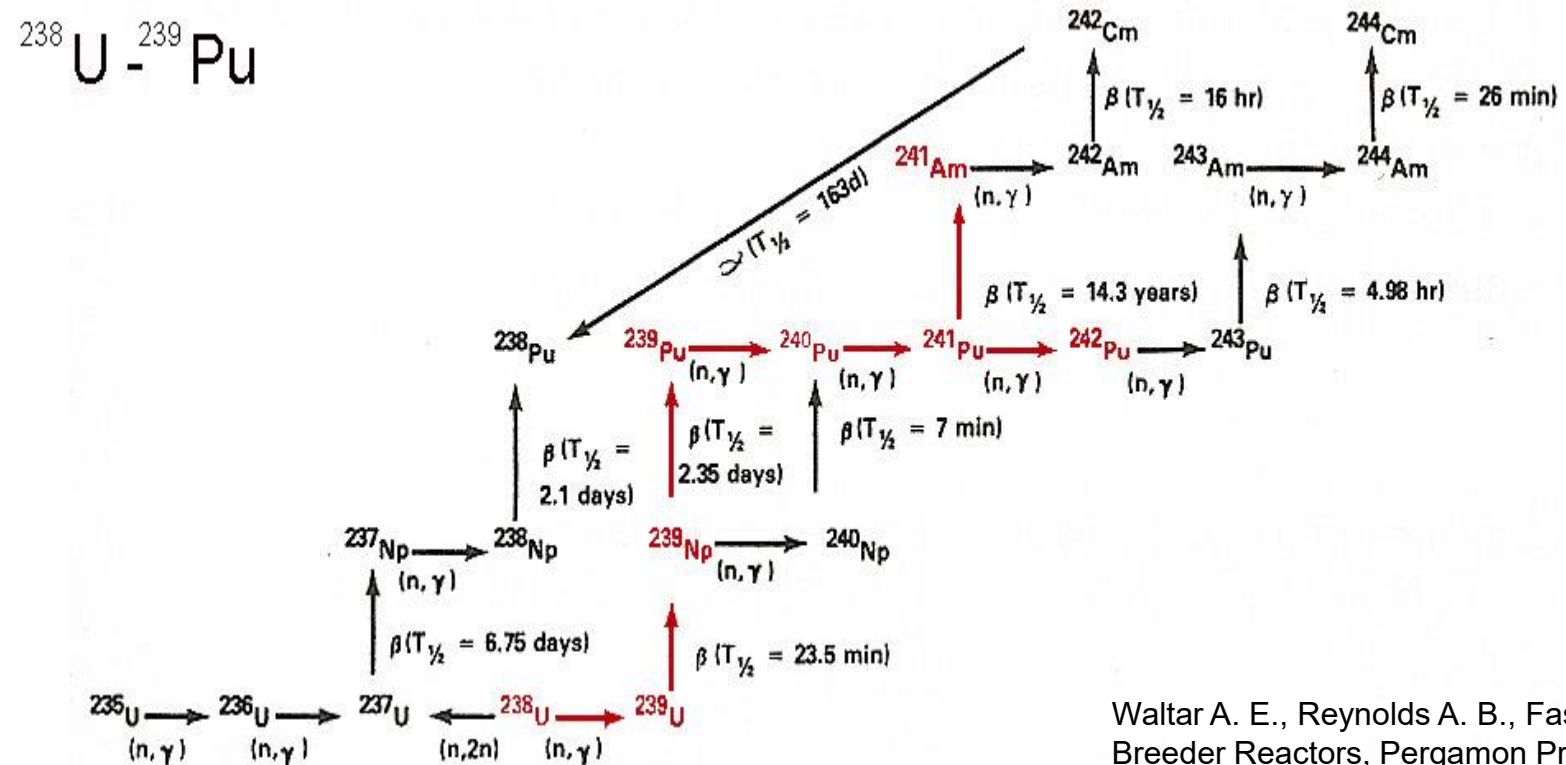
Princíp štiepnej reťazovej reakcie

- Dosiahnutie udržateľnej štiepnej reakcie – kontinuálnej produkcie energie.



Produkcia nového štiepateľného materiálu

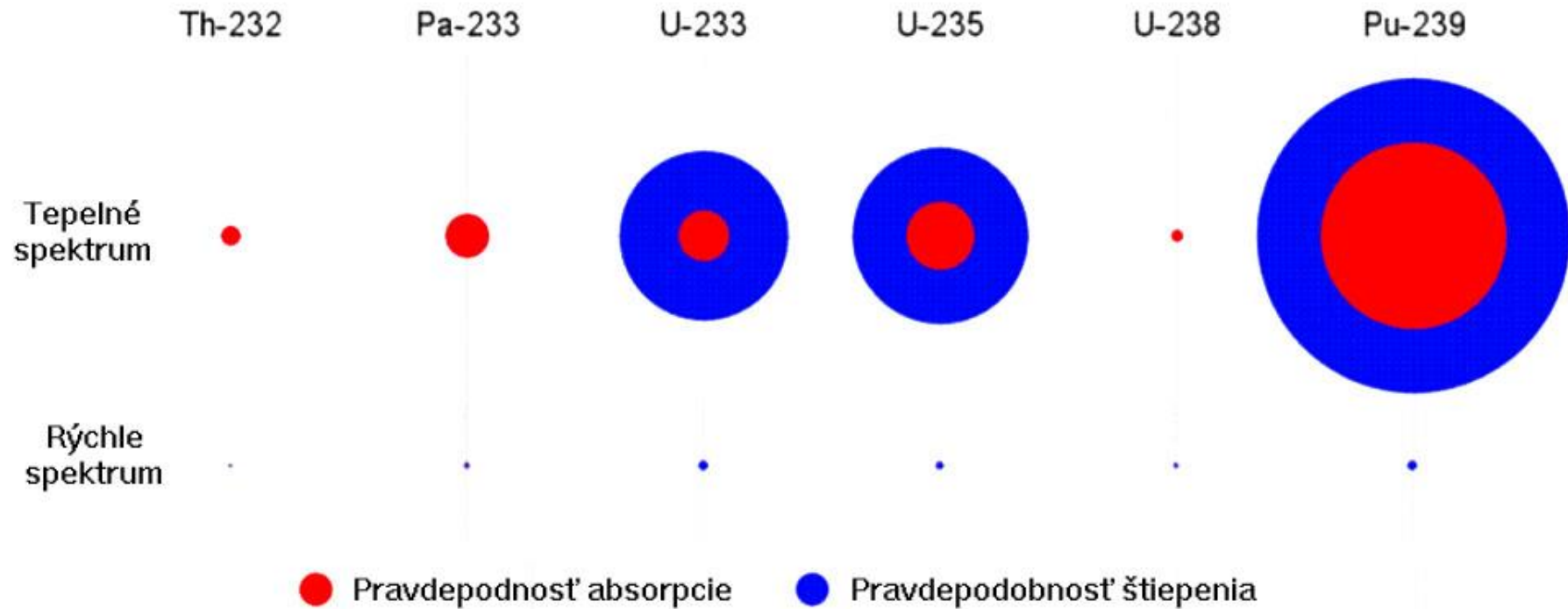
- Vznik nového štiepateľného jadra záchyтом neutrónu na množivom jadre.



Waltar A. E., Reynolds A. B., Fast Breeder Reactors, Pergamon Press, ISBN 0-08-025983-9, 1981

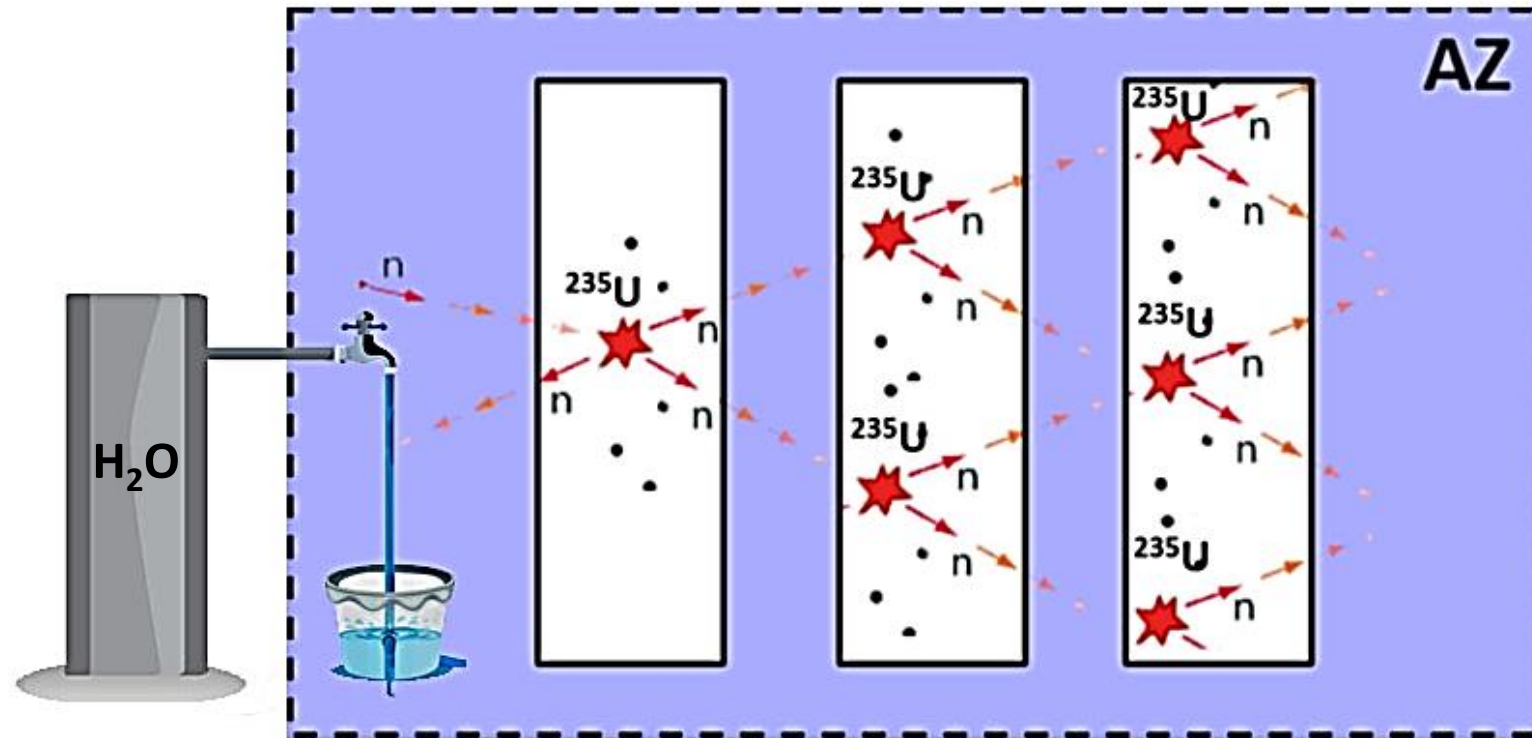
Definícia tepelného a rýchleho reaktora

- Podstatná je aj energia (rýchlosť) interagujúceho neutrónu.



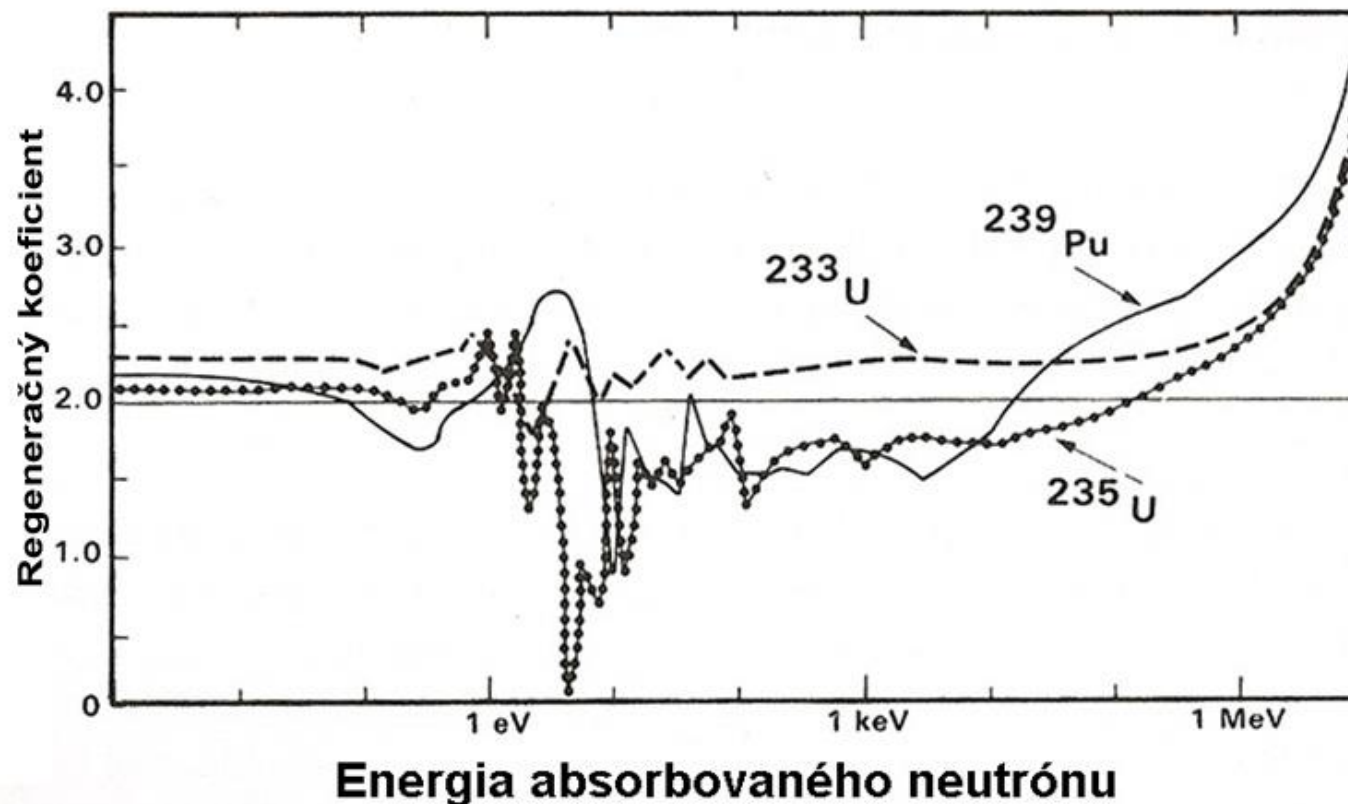
Spomalenie neutrónu v moderátore

- Spomalenie rýchlosti neutrónu pomocou pružných zrážok v moderátore.



Neutrónová bilancia procesu štiepenia

- Počet novovzniknutých neutrónov na jeden akt záchytu.



Ref: Waltar A. E., Reynolds A. B.,
Fast Breeder Reactors, Pergamon
Press, ISBN 0-08-025983-9, 1981

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Schéma jadrovej elektrárne

Princípy

História

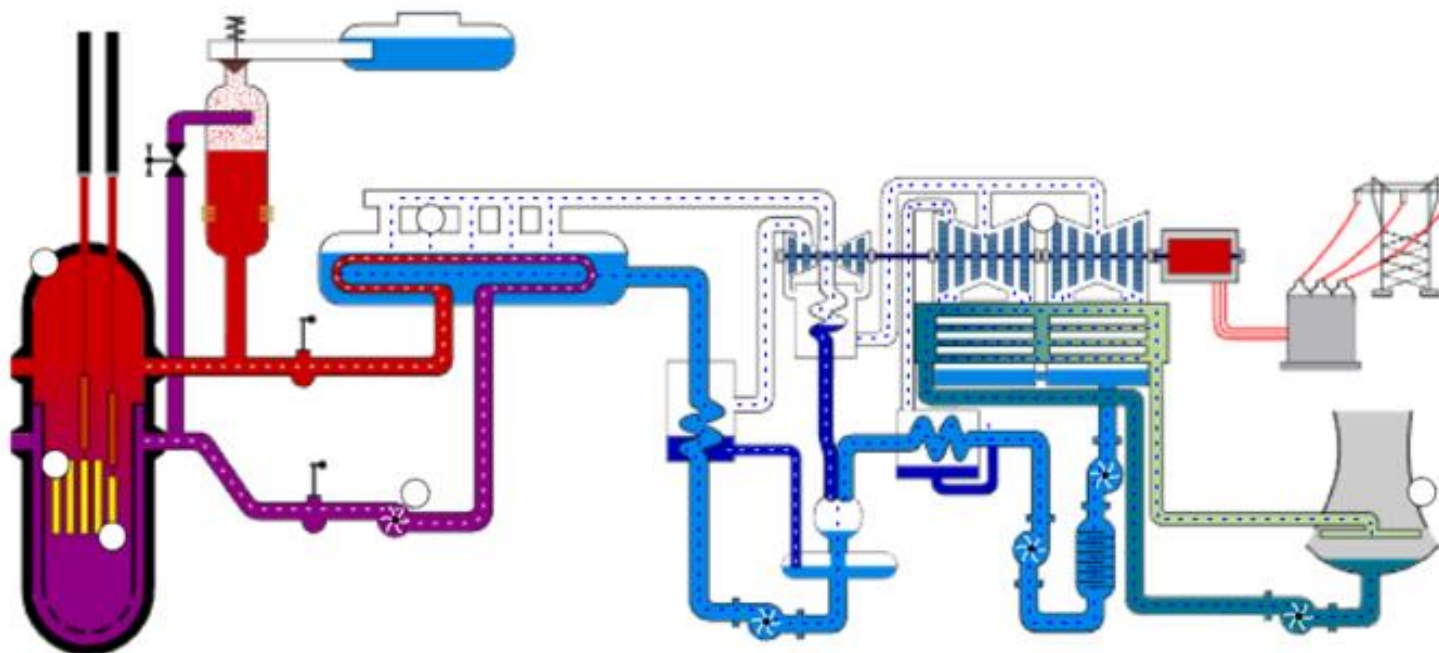
Súčasnosť

Budúcnosť

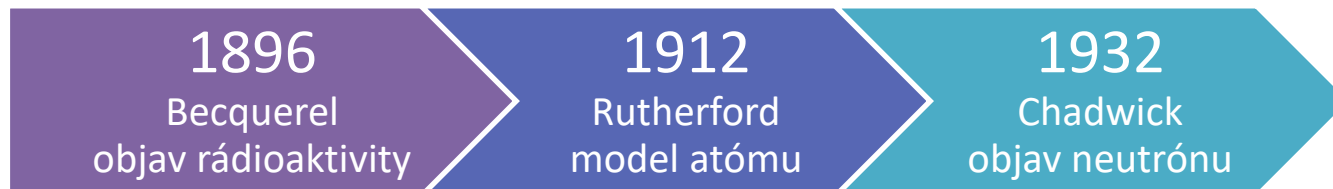
Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

- Klasická tepelná elektráreň – trochu iný kotol ☺



História



- Existencia neutrónu predpovedaná Rutherfordom už v 20. rokoch
- Experiment s Berýliom ožarovaným časticami α
- Produkcia neznámeho žiarenia, ktoré vyráža 5,3 MeV protóny z parafínu
- Podobná hmotnosť ako protón
- Vysoká prenikavosť
- Predpoklad nulového náboja
- Nobelova cena za fyziku r. 1935

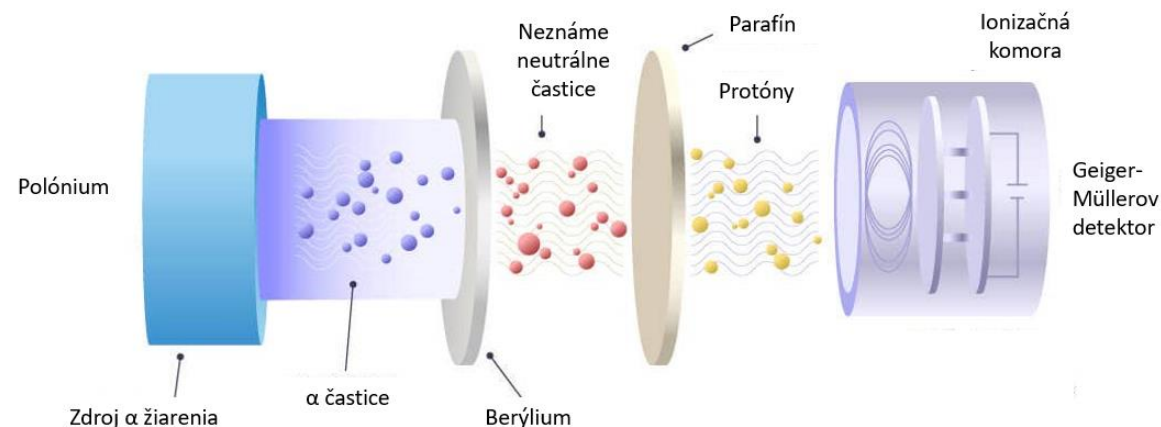


Schéma experimentu (Historical Introduction to Particle Physics, 2024).

História



- Po objavu neutrónu a umelej rádioaktivity → boom v ožarovaní prvkov neutrónmi
- Laboratórium E. Fermiho v Taliansku – RaBe zdroj neutrónov s veľkou emisivitou
- Predpoklad nových prvkov – transuránov – Nobelova cena za fyziku 1938 (E. Fermi)
 - Experimenty O. Hahna cielia na výskum transuránov
 - Predpoklad, že zmeny jadra po ožarovaní budú vždy malé
 - Chemická analýza preukázala prítomnosť ľahkých prvkov, ako lantán (57) alebo bárium (56)

Princípy

História

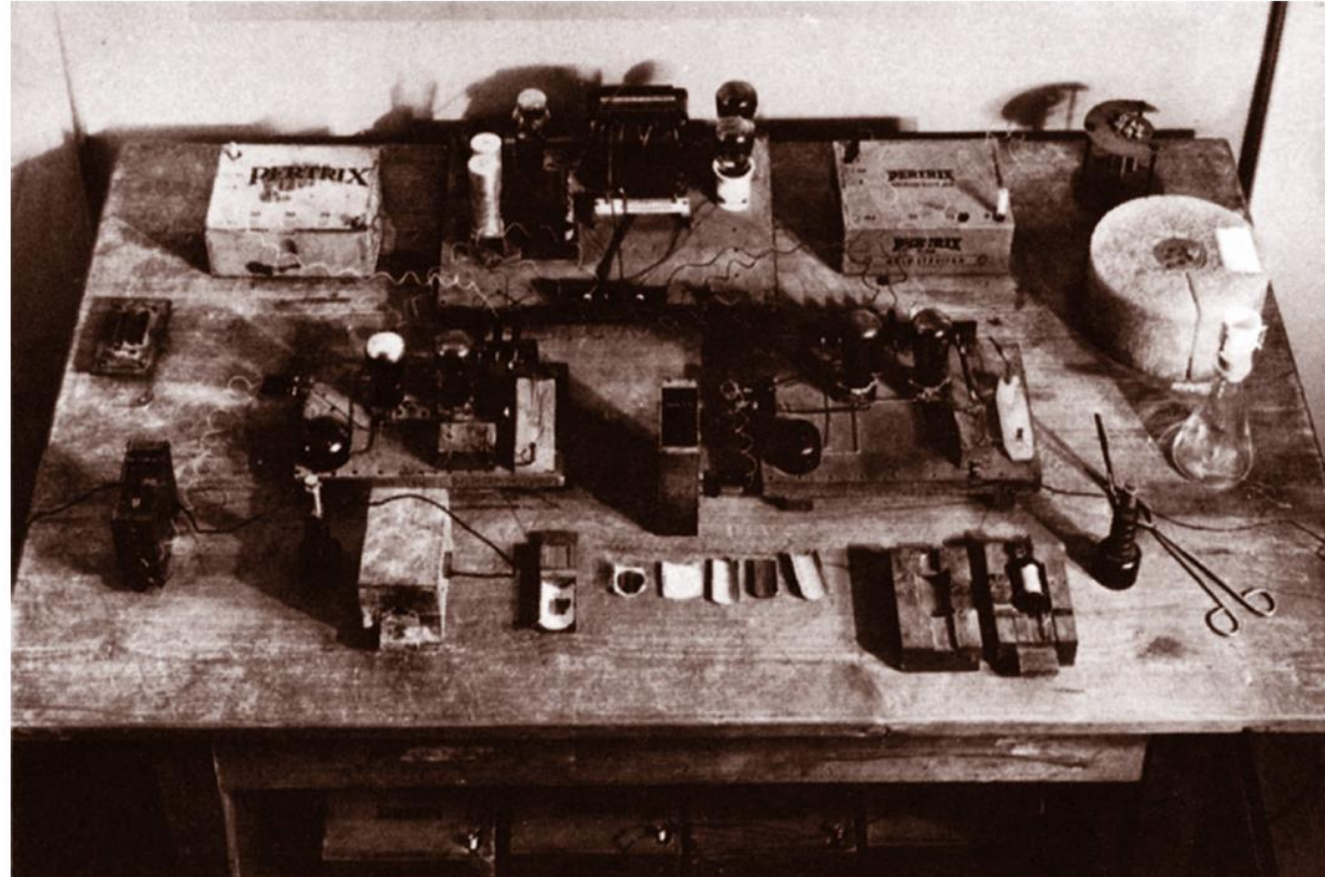
Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

História



Pracovný stôl, na ktorom bolo objavené štiepenie
(Nemecké múzeum v Mníchove – 1953)

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredieČo si
zapamätať?

Druhá svetová vojna

- 1939 – Bohr informuje Amerických vedcov o možnosti vytvorenia reťazovej reakcie
- 2.8.1939 – list Einsteina Rooseveltovi o nebezpečí jadrových zbraní a nemeckom **zákaze vývozu rudy z jáchymovských baní do zahraničia**
 - Vlažná odozva, výskum transuránov v Berkley (neptunium, plutonium)
- Na konci 1941 útok na Pearl Harbor – rozhodnutie o konštrukcii jadrovej bomby
- Projekt Manhattan – riadi generál Groves a vedec Oppenheimer
 - 2,2 miliárd dolárov (v cenách r. 1946)
 - 37 zariadení
 - 40 000 zúčastnených ľudí

Druhá svetová vojna

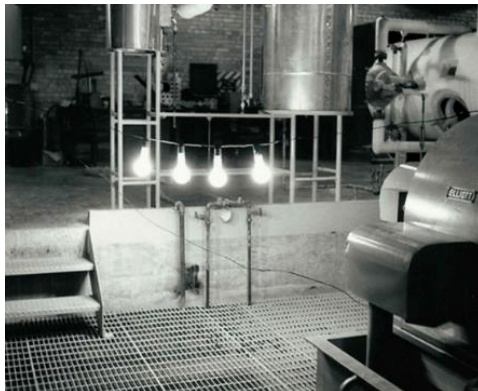
- 06/08/1945 – Hirošima – zhodenie uránovej bomby Little boy – 60 kg ^{235}U
 - Ekvivalent 15 kt TNT
- Japonsko stále odmietalo kapitulovať
- 09/08/1945 – Nagasaki – zhodenie plutóniovej bomby Fat Man – 6,4 kg ^{239}Pu
 - Pôvodný cieľ bol Kokora, Nagasaki náhradný
 - Ekvivalent 21 kt TNT
- Na následky oboch explózií zomrelo až 250 tisíc ľudí
 - Väčšina obetí boli civilisti
- 14/08/1945 kapitulácia Japonska



Genbaku Dome, jediná dochovaná budova v blízkosti epicentra po výbuchu v Hirošime.

Prvé jadrové elektrárne

- EBR-1 – 1951 prvá produkcia elektrickej energie – rozsvietenie 200 W žiaroviek
 - Postavený v Idaho, USA
 - Rýchly reaktor chladený tekutým kovom NaK
 - Blanket z prírodného uránu
 - 1955 – nehoda spojená s roztavením aktívnej zóny



Prvá dodávka elektriny 20/12/1951.



Inštalácia reaktorovej nádoby.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Studená vojna

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

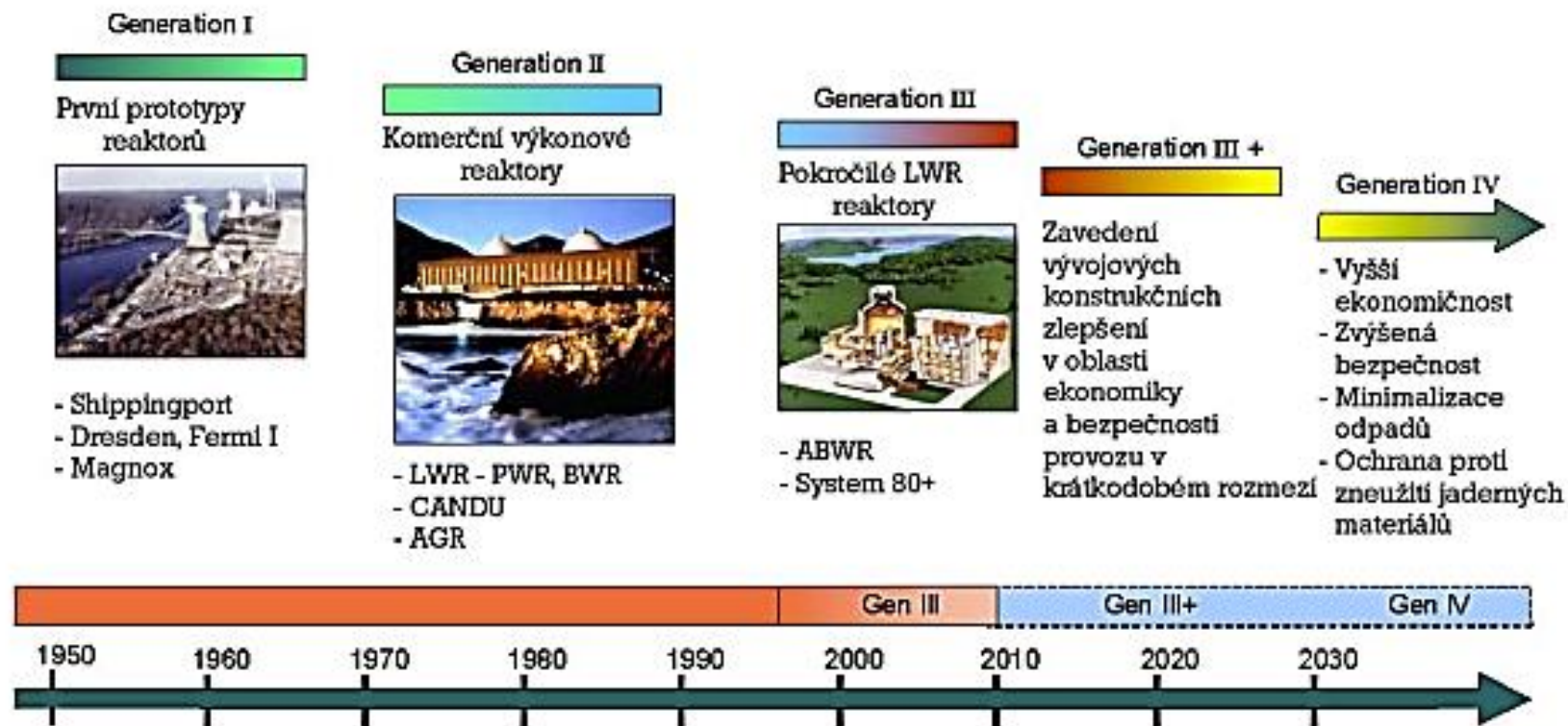
Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

- Po druhej svetovej vojne pokračuje vývoj jadrových bômb
- 1949 – SSSR testuje prvú jadrovú zbraň (RDS1) Joe-1
- 1953 – SSSR oznam o prvej termonukleárnej bombe
- **1953 – Atoms for Peace – reč prezidenta Eisenhowera v OSN**
 - **Výzva ku zmene smerovania od vojny k energetike, medicíne atď.**
- 1954 - USA test vodíkovej bomby v atole Bikini (15 Mt TNT)
- 1970 - Zmluva o nešírení jadrových zbraní – štáty, ktoré disponujú jadrovými zbraňami, sa zaviazali k odzbrojeniu, zatiaľ čo štáty, ktoré takéto zbrane nemajú, sa vzdali práva na ich výrobu

Využitie jadrových reaktorov v energetike

- Delenie konceptov na generácie



Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Gen I - Prvé prototypy

- APS-1 (AM-1) – 1954 – prvé pripojenie jadrovej elektrárne k sieti – 5 MWe
 - Postavený v Obinsku, SSSR
 - Palivo 5 % ^{235}U , chladený ľahkou vodou, moderovaný grafitom
 - Kontinuálna výmena paliva
 - V prevádzke do roku 2002
 - Neskôr sa na jeho základe vyvinuli RBMK reaktory



Riadiaca miestnosť jadrovej elektrárne APS-1.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Gen I - Prvé prototypy

- Shippingport – 1958 – elektrický výkon 60 MWe
 - Prvá elektráreň iba pre mierové účely bez produkcie vojenského plutónia
 - Počas prevádzky boli testovane tri druhy aktívnych zón
 - 1. a 2. tvorilo 75 kg 93 % ^{235}U + 14,2 t prírodného uránu
 - 3. tvoril ^{233}U obklopený tóriom
 - Jednalo sa o ľahkovodný reaktor
 - V prevádzke do roku 1989



Jadrová elektráreň Shippingport.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

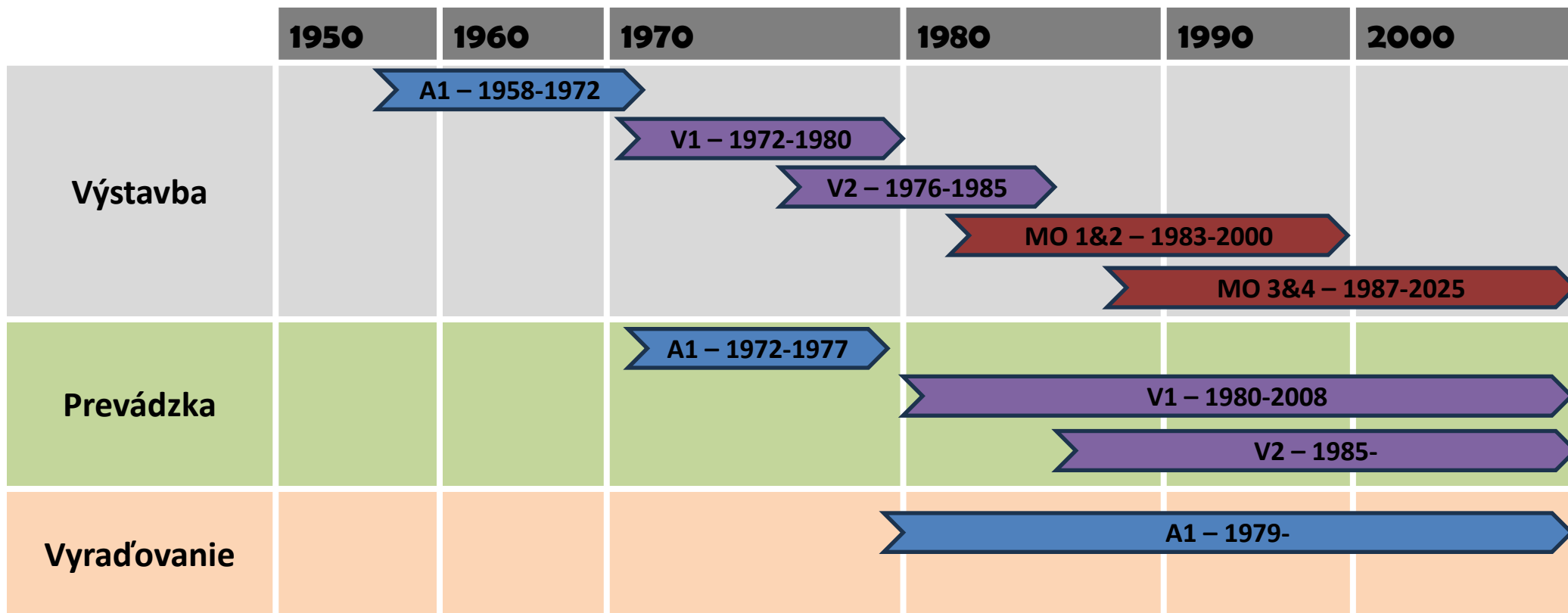
Čo si
zapamätať?

Gen II – Komerčné výkonové reaktory

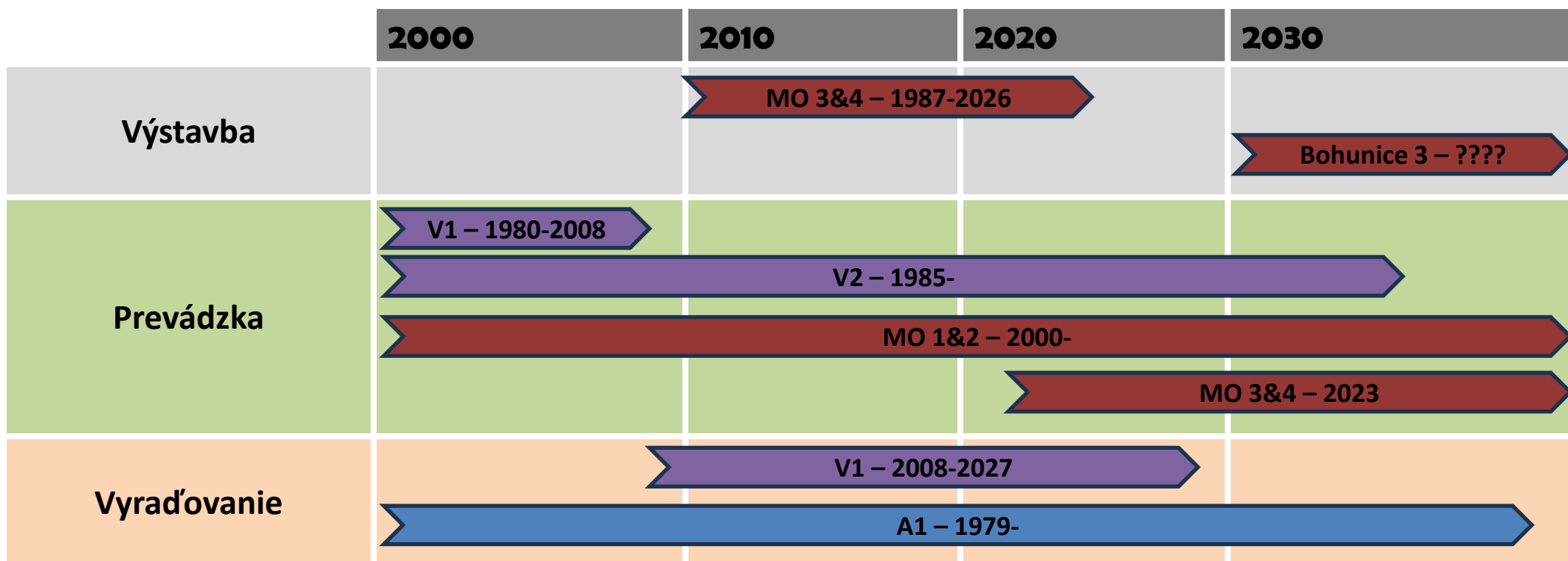
- V 60. rokoch výstavba 86 jadrových elektrární
- Rozvoj **spojený s ropnou krízou roku 1973**
 - Výstavba ďalších 161 nových jadrových elektrární v 70. rokoch
 - Rozmach PWR v súvislosti s vývojom technológie obohacovania uránu

Skratka	Typ	60. leta	70. leta
BWR	Varný	20 (23 %)	43 (27 %)
GCR	Plynom chladený	33 (38 %)	9 (6 %)
LWGR	Ľahkovodný grafitový	3 (3 %)	11 (7 %)
PHWR	Ťažkovodný	5 (6 %)	11 (7 %)
PWR	Ľahkovodný	16 (19 %)	79 (49 %)
	Ostatné	9 (9 %)	8 (4 %)

História jadrovej energetiky v SR



História jadrovej energetiky v SR



Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

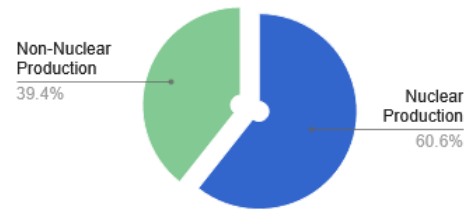
Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

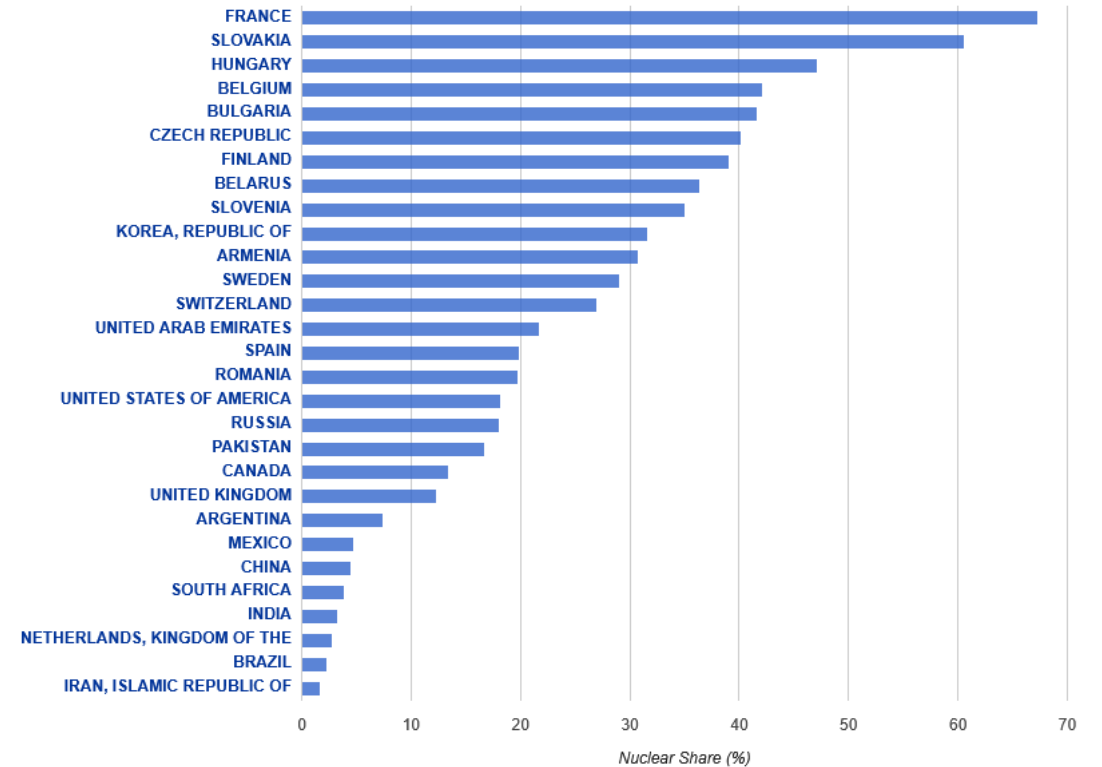
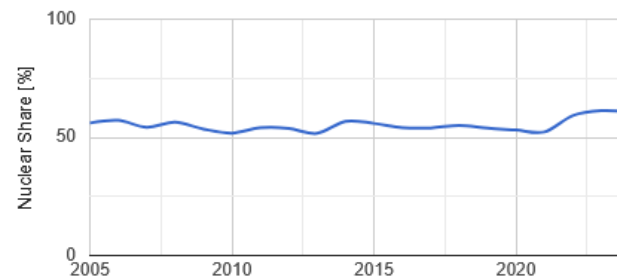
Podiel výroby z jadrových elektrární

ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2024

18 387 GWh ELECTRICITY SUPPLIED



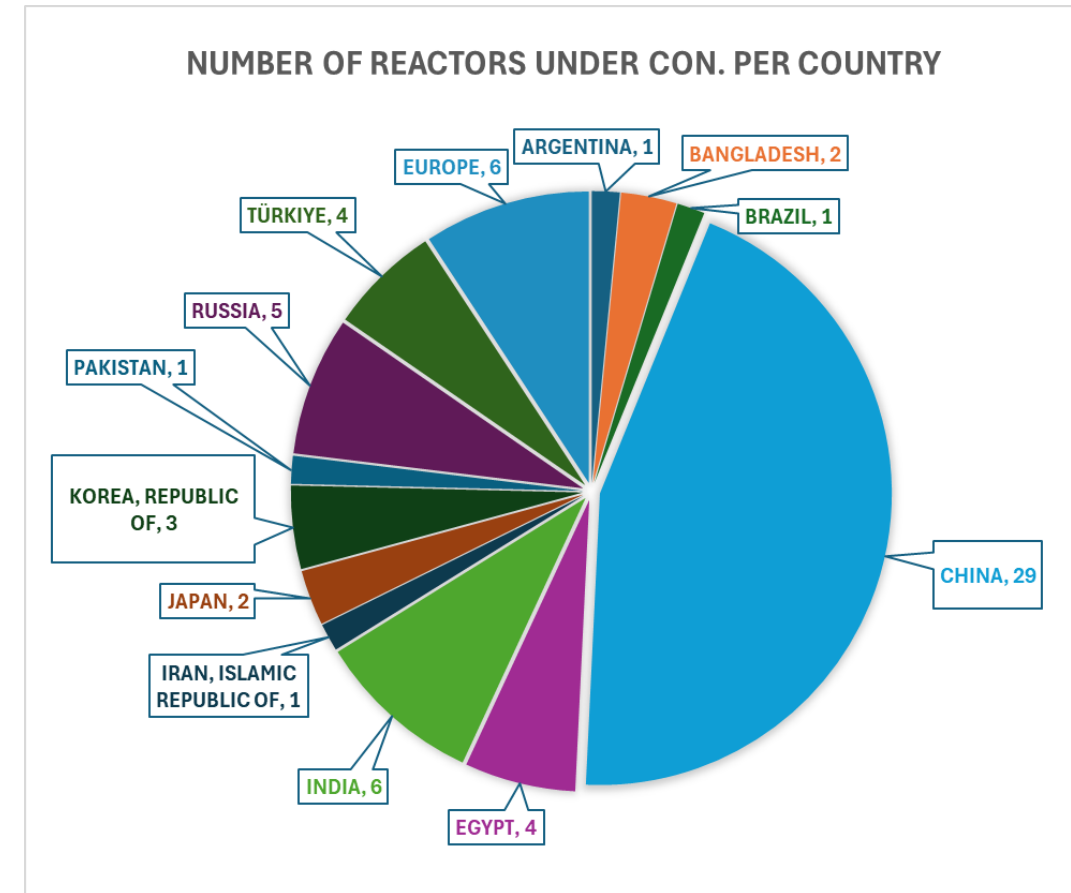
NUCLEAR SHARE TREND



<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx>, available: 7.10.2025

Aktuálny stav vo výstavbe nových blokov vo svete

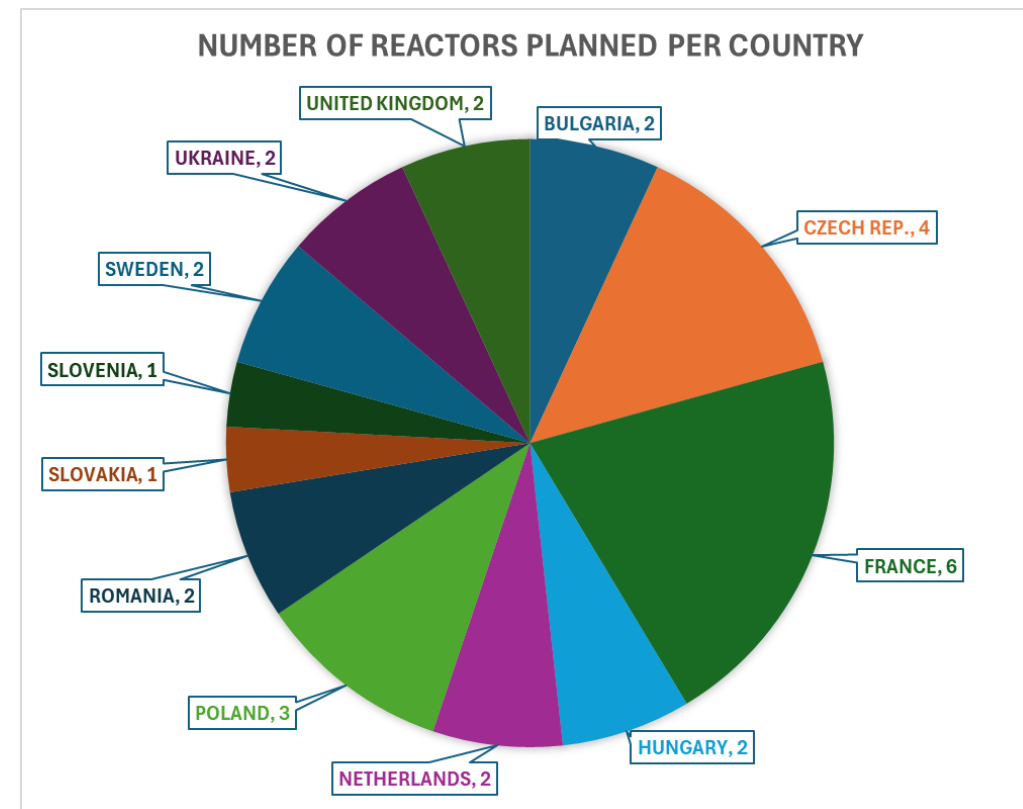
- Aktuálne hlavná časť výstavby nových blokov prebieha v Ázijských krajinách.
- Ide o viac ako 40 jadrových blokov zo 65, ktoré sú aktuálne vo výstavbe
- Plán je minimálne toto číslo z dvojnásobiť v nasledujúcich 15 rokoch.



<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx>, available: 7.10.2025

Plán rozvoja jadrovej energetiky v Európe

- V Európe sa očakáva rozvoj na úrovni 29 reaktorov v nasledujúcich desaťročiach.
- S celkovou kapacitou na úrovni 37 330 MWe.
- Aktuálne čísla nezahŕňajú extrémne plány Poľska a prípadne oživenie rozvoja vo Švajčiarsku alebo Nemecku.



<https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide>,
available: 7.10.2025

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredieČo si
zapamätať?

Budúcnosť – GEN IV

- Vývoj systémov štvrtej generácie je medzinárodne koordinovaný organizáciou GIF z anglického „Generation IV International Forum“.
- GIF definuje niekoľko cieľov pre novú generáciu jadrových reaktorov:
 - Ekonomická udržateľnosť priemyslu.
 - Vyššie vyhorenie, vyššia účinnosť atď.
 - Ekologická udržateľnosť priemyslu.
 - Minimalizácia vyhoreného paliva, recyklácia alebo produkcia paliva.
 - Zvýšená bezpečnosť jadrových elektrární.
 - Prevencia šírenia jadrového materiálu.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredie

Čo si
zapamätať?

Budúcnosť – GEN IV

- GIF vybrala 6 sľubných reaktorových technológií:
 - Plynom chladené rýchle reaktory – GFR.
 - Olovom chladené rýchle reaktory – LFR.
 - Sodíkom chladené rýchle reaktory – SFR.
 - Reaktory chladené roztavenými soľami – MSR.
 - Superkritickou vodou chladené reaktory – SCWR.
 - Vysokoteplotné reaktory – WHTR.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na
životné
prostredieČo si
zapamätať?

Budúcnosť – Technológia LMR

- Z AJ: „Liquid-Metal-cooled Reactor“.
- Zahŕňa 2 hlavné typy:
 - SFR – čistý sodík alebo kombinácia sodíka a draslíka.
 - BN800 (august 2016),
 - Ruská federácia
 - U+Pu MOX palivo
 - Možnosť aj (U+Pu)N
- **Možnosť uzavretia palivového cyklu!**



Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

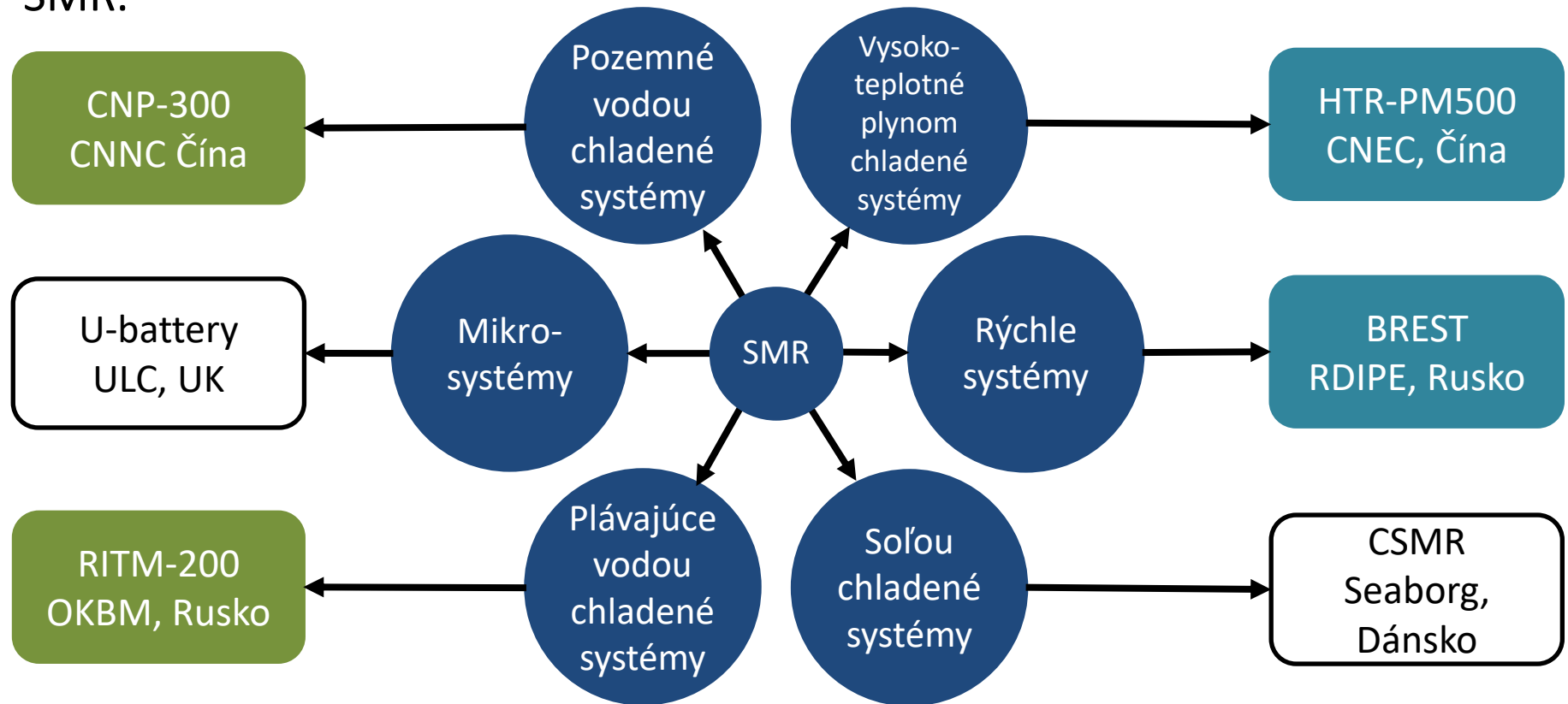
Vplyv na
životné
prostredieČo si
zapamätať?

Budúcnosť – Technológia SMR

- Z anglického „Small Modular Reactor“.
- Od roku 1950 veľkosť reaktorov rástla z 60 MWe na 1600 MWe vzhľadom na škálovanie nákladov na výstavbu.
- Ekonomické aspekty SMR:
 - Zmenšenie a modularizácia dizajnov umožňuje prefabrikáciu komponentov.
 - Kratšia doba výstavby a postupné zvyšovanie inštalovaného výkonu.
 - Vyššia efektivita výroby komponentov – horizontálne škálovanie.
 - Modularita a štandardizácia umožňuje zjednodušenie údržby a lepšiu udržateľnosť špecializovanej pracovnej sily.

Budúcnosť – Technológia SMR

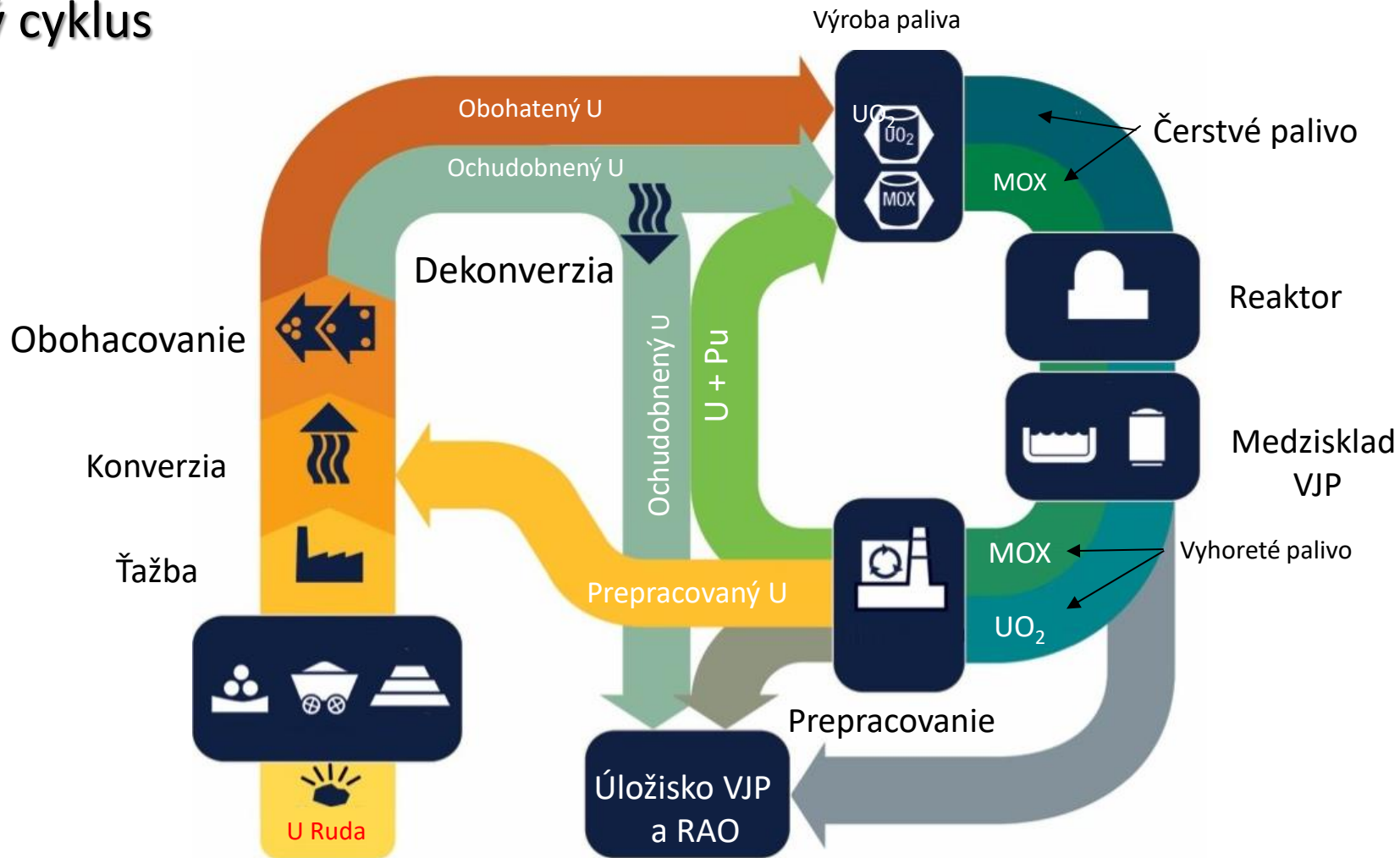
■ SMR.



Základná klasifikácia technológií SMR podľa IAEA (C. L. Vinoya et al., 2023)

Jadrový palivový cyklus

- Predná časť
- Stredná časť
- Zadná časť



Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si zapamätať?cc

Ako môžu jadrové elektrárne vplývať na životné prostredie

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

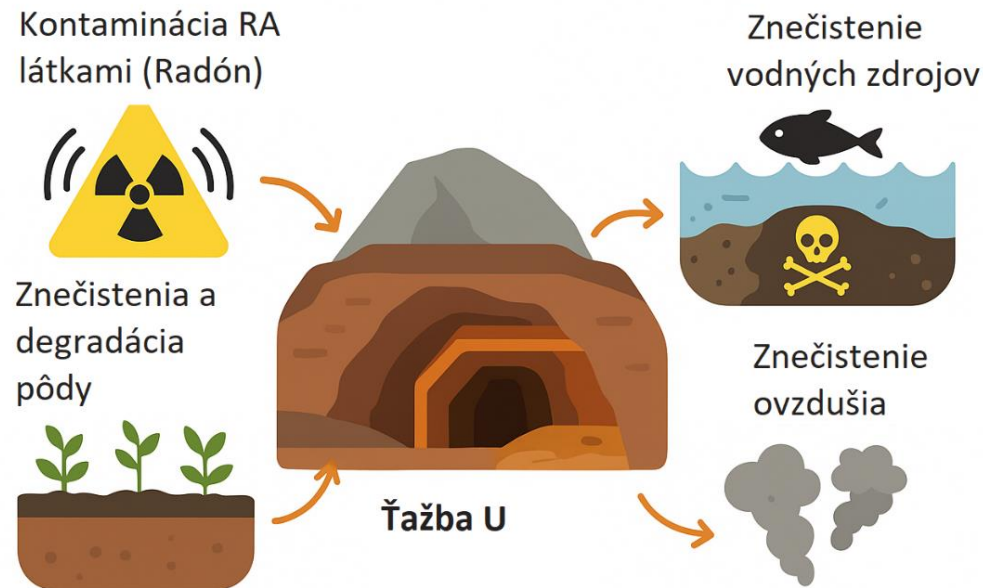
Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?



Vplyv ťažby uránu

- Ťažba uránu dokáže rôznymi spôsobmi vplývať na životné prostredie.



Pozemná uránová baňa
– Tamgak, Niger



Colorado, USA



Podzemná uránová baňa
– Dolní Rožinka, Česko

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

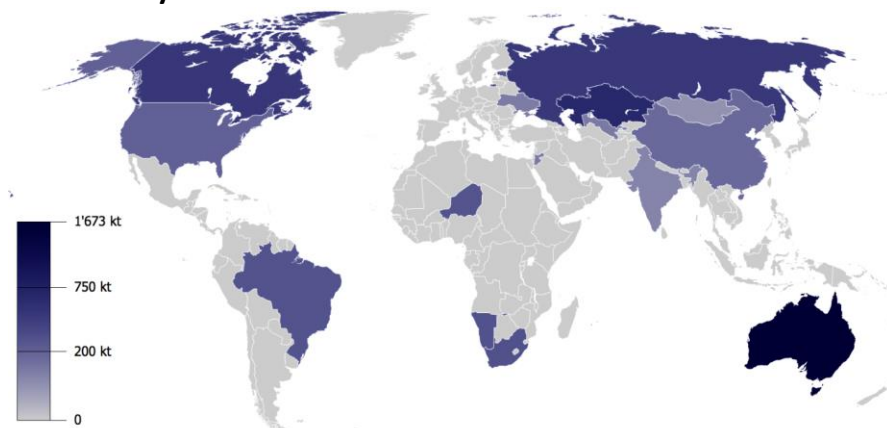
Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Vplyv ťažby uránu

- V prírode sa urán vyskytuje vo forme zmesi izotopov ^{238}U (99.282 %), ^{235}U (0,718 %) a ^{234}U (0.006 %)

- Zásoby uránu:



- Do 40 USD/kg: 666 900 t
- Do 80 USD/kg: 1 881 100 t
- Do 130 USD/kg: 5 925 700 t
- Do 260 USD/kg: 7 934 500 t

OECD: Uranium 2024 Resource, Production and Demand

1 kg obohateného uránu zodpovedá



390 t hnedého uhlia



244 t dreva



163 t čierneho uhlia



87 t ropy



79 t zemného plynu



7,8 kg prírodného U

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Vplyv ťažby uránu

- Ako znížiť konzekvencie ťažby?
 1. Plánovanie v súlade s existujúcimi normami a odporúčaniami (IAEA).
 2. Vhodný výber metód (moderné in-situ metódy) a umiestnenia (zdroje pitnej vody).
 3. Optimalizácia prevádzky v zmysle programu radiačnej ochrany a monitorovania.
 4. Príprava na ukončenie ťažby od prvého dňa vrátane finančných zdrojov.
 5. Použitie vhodných techník na odstránenie vplyvu ťažby na životné prostredie
 6. Neustály dozor a monitorovanie aj po ukončení ťažby.
 7. Program vzdelávania pracovníkov a práca s verejnosťou.
 8. **Minimalizácia potreby ťažby uzavretím palivového cyklu.**

IAEA: Environmental impact assessment for uranium mine, mill and in-situ leach projects, 1997

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Zásah do krajiny

- JE sú veľké inžinierské stavby a potrebujú relatívne veľké územie

Energetický zdroj	Veľkosť zastavaného územia [km ² /GW]
Jadrové elektrárne	1 - 4
Uholné elektrárne	4 – 8
Plynové elektrárne	1 – 2
Solárne	20 – 40
Veterné elektrárne	50 – 150
Vodné elektrárne	50 – 400

Land Needs for Wind, Solar Dwarf Nuclear Plant's Footprint, NEI

The Ultimate Fast Facts Guide to Nuclear Energy



Flamanville NPP:

1.2 km²



Bhadla Solar Park:

56.0 km²



Hyundai Motor
Company Ulsan:

5.0 km²

Spotreba vody

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Energetický zdroj	Denná spotreba vody [m ³ /d]	Pomer vrátenej vody do ŽP [%]
<u>1000 MW JE s prírodným chladením</u>	1,7 – 5.5 M	98 - 99
Veľká oceliareň	500 k – 2 M	50 - 60
Petrochemický závod	50 k – 1 M	40 - 50
Závod na výroby celulózy	100 – 500 k	40 -60
<u>1000 MW JE s chladiacimi vežami</u>	50 – 150 k	97 - 98
Textilka	5 – 50 k	20 - 30
Pivovar alebo závod na výrobu nápojov	2 – 50 k	30 - 70
Závod na výrobu polovodičov	19 – 38 k	20 -50



TSMC - Taiwan



Greener Steel - VB

IAEA: Efficient Water Management in Water Cooled Reactors, 1995

Ohrev vodných tokov

- Jadrové elektrárne používajú veľké množstvo chladiacej vody, väčšina ktorej sa vracia do rieky, jazera alebo mora.
- Voda vrátená do ŽP je **teplejšia** ako bola pri odčerpaní.
- Pre ekosystémy citlivé na teplotu to môže mať nepriaznivé vplyvy:
 1. Znížená hladina rozpustného kyslíka
 - Pri 20 °C: 9 mg/l – priemerná teplota Hrona v lete (VN Veľké Kozmálovce – zdroj vody pre JE Mochovce)
 - Pri 30 °C: 7mg/ - Maximálna povolená teplota vypustí ¹
 2. Zrýchlenie metabolických a životných cyklov u vodných druhov.
 3. Znížená reprodukcia niektorých živočíchov.
 4. V extrémnych prípadoch aj vymretie vzácnych druhov.
- Na Slovensku sa chladiaca voda nevracia priamo do riek.



1 - UJD SR: Rozhodnutie č. 248/2022 P, 2022

Ohrev vodných tokov

- Ak voda vypúšťaná z jadrovej elektrárne dosahuje len 1-2 °C, môže mať aj pozitívne účinky:

- Kola, Rusko – teplá voda z chladiacich systémov JE udržiava časť jazera [Imandra](#) nezamrznutú aj čo sa využíva na chov pstruhov.
- Gravelines, Francúzsko – teplá výstupná voda z JE sa používajú na chov rýb (morský vlk, pražma).

„Jellyfish swarm forces French nuclear plant to shut“



Princípy

História

Súčasnosť

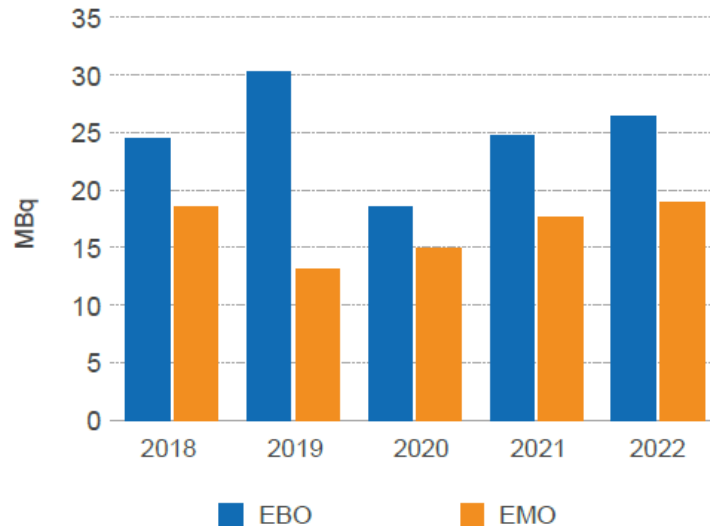
Budúcnosť

Vplyv na ŽP

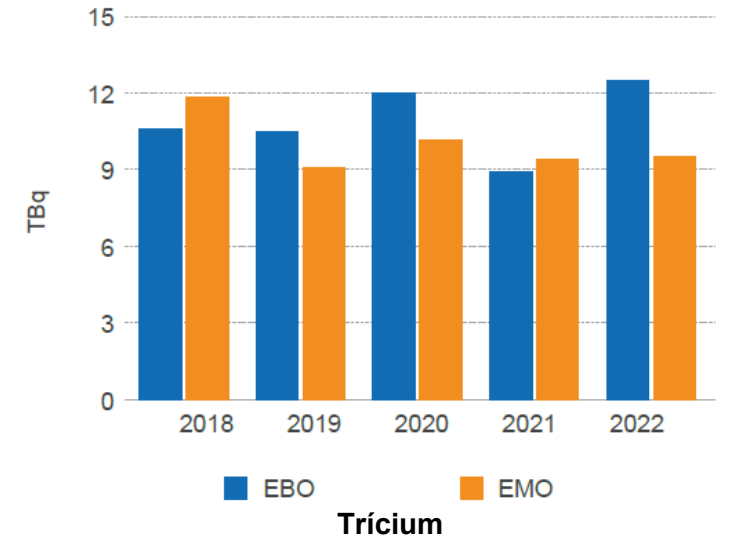
Čo si
zapamätať?

Rádioaktivita vypustí do hydrosféry

- Výpuste do hydrosféry sa monitorujú a limitujú sa pre
 - Aktivačné a štiepne produkty
 - Trícium (^3H)



Aktivačné a štiepne produkty



Elektrárň	Druh	Aktivita	Podiel z limitu
EBO	Aktivačné a štiepne produkty	26,36 MBq	0,20 %
EMO		18,85 MBq	1,14 %
EBO	Trícium	12,47 TBq	62,35 %
EMO		9,49 TBq	52,70 %

SE a.s. Ročná správa o prevádzke a bezpečnosti AE Mochovce a Bohunice, 2022

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si zapamätať?

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

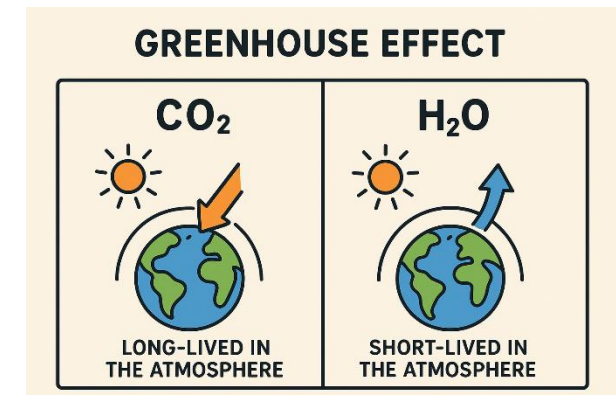
Výpuste rádioaktívnych látok do ovzdušia

- Počas bežnej prevádzky nepredstavujú JE zvýšené riziko ožiarenia osôb.
- Prírodné rádioaktívne pozadie: 2,3 - 2,4 mSv/r
 - Prírodné zdroje:
 - Kozmické žiarenie: 10 – 15 %
 - Radón: 40 - 50 %
 - Terestriálne žiarenie (^{40}K , ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th): 10 - 15 %
 - V dôsledku ľudskej činnosti
 - Lekárske ožiarenie (10-20 %)
 - Zostatkové žiarení zo skúšok jadrových zbraní a z nehôd: 0,5 %
 - **Jadrové elektrárne: < 0.1 %**

Produkcia skleníkových plynov počas prevádzky

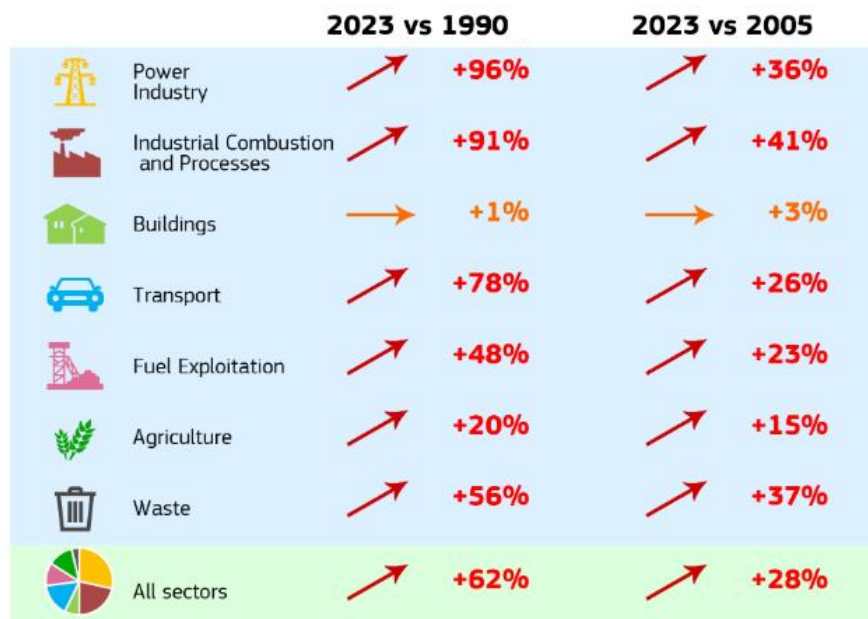
Skleníkový plyn	Podiel v atmosfére	Príspevok ku skleníkovému efektu
Vodná para (H ₂ O)	0,4 – 1 %	≈ 57 %
Oxid uhličitý (CO ₂)	420 ppm	≈ 28 %
Metán (CH ₄)	1.9 ppm	≈ 7.8 %
Oxid dusný (N ₂ O)	0.3 ppm	≈ 2.6 %
Ozón (O ₃)	0.04 ppm	≈ 2.1 %
Halogénové uhľovodíky	<0.1 ppm	≈ 1.6 %

European Comission: GHG emissions of all world countries - Report 2024



- CO₂ môže v atmosfére pretrvávať stovky až tisíce rokov, zatiaľ čo vodná para sa prirodzene kondenzuje
- Vodná para je skôr je konzekvencia, CO₂ je príčina
- Každé množstvo CO₂, ktoré pridáme, zostáva v atmosfére a kumuluje sa, čím zvyšuje dlhodobé otepľovanie

Produkcia skleníkových plynov počas prevádzky



GHG emissions of all world countries – JRC/IEA 2024 Report, Luxembourg, 2024

Sektor	Produkcia CO ₂ [Mt/r]	Podiel [%]
Energetika	14 923,9	38,24
Doprava	8 239,0	21,15
Priemyselné spaľovanie	6 406,8	16,42
Stavebný priemysel	3 413,5	8,75
Priemyselné procesy	3 123,6	8,23
Ťažba surovín	2 666,4	6,83
Poľnohospodárstvo	143,6	0,37
Odpad	18,0	0.05

Princípy

História

Súčasnosť

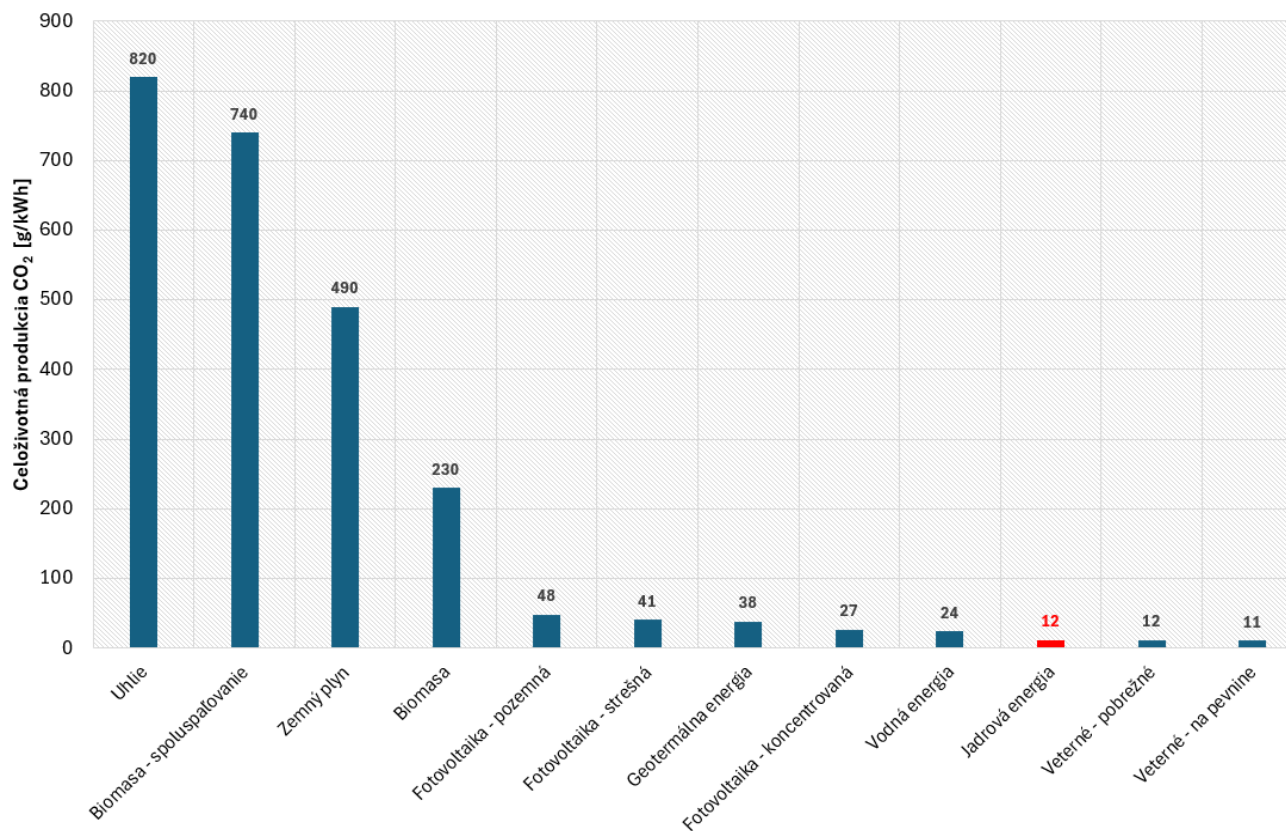
Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si zapamätať?

Produkcia skleníkových plynov počas prevádzky

■ Celoživotná produkcia CO₂ z jednotlivých energetických zdrojov



World Nuclear Association, Carbon Dioxide Emissions From Electricity, 2024

- Počas štiepenia ťažkých jadier nevzniká CO₂.
- Jadrové elektrárne produkujú CO₂ prakticky iba počas výstavby resp. vyradovania.
- Príspevok JE k produkcii vodnej pary v prírodnom cykle je bezvýznamný.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

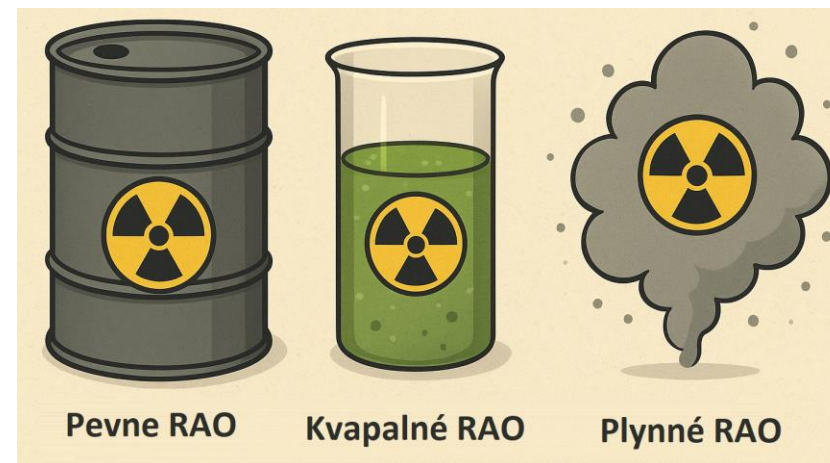
Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Rádioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo

- Klasifikácia RAO na základe odporúčaní MAAE^{1,2} a EK³ bolo zapracované do legislatívy SR:

1. Prechodné rádioaktívne odpady
2. Veľmi nízkoaktívne rádioaktívne odpady
3. Nízkoaktívne odpady
4. Stredneaktívne odpady
5. Vysokoaktívne odpady



1 – IAEA: Classification of Radioactive Waste, Safety Guide, Safety Series No. 111-G-1.1., 1994
2 – IAEA: Classification of Radioactive Waste: General Safety Guide No.GSG-1. Vienna: IAEA, 2009
3 – European Commission: Recommendation No 1999/669/EU, 1999

Rádioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo

- Prehľad množstva spracovaných a upravených RAO v roku 2024

Jadrové zariadenie	Druh RAO (merné jednotky)	Spracované množstvá
TSÚ RAO	Spáliteľné pevné RAO (t)	116,3
	Spáliteľné kvapalné RAO (m ³)	9,9
	Lisovateľné RAO (t)	579,8
	Kovové RAO (t)	401,2
	Kvapalné RAO (m ³)	316,6
	Použité vzduchotechnické filtre (t)	15,0
FS KRAO	Kvapalné RAO (m ³)	110,4
	Pevné RAO (m ³)	139,2

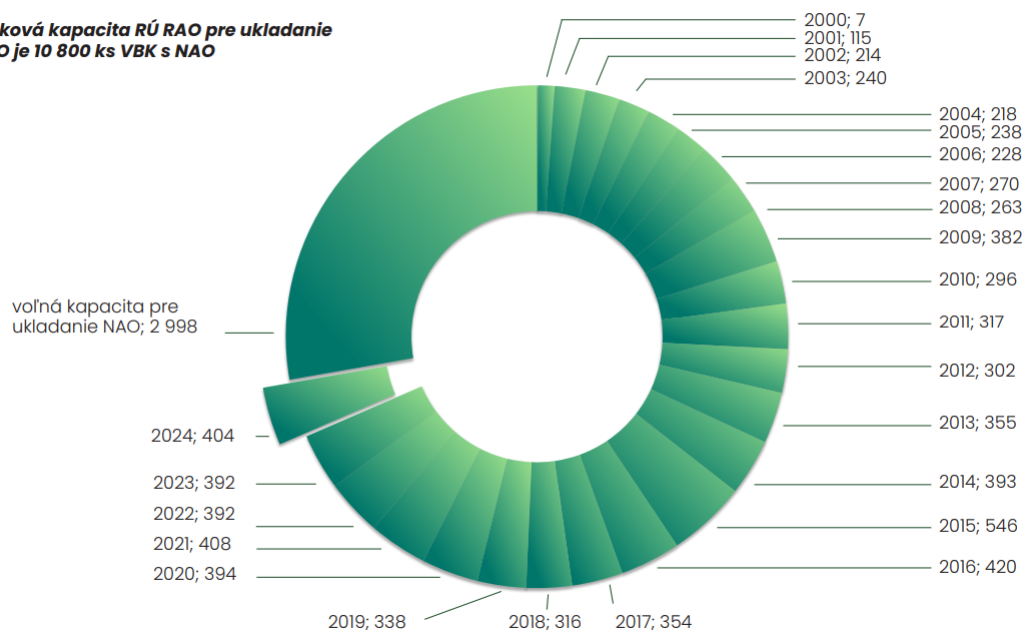
Ukladanie VBK s NAO v RÚ RAO (ks)		Celkový počet uložených VBK s NAO v RÚ RAO (ks)	Celkové množstvo uložených VNAO v RÚ RAO (m ³)
TSÚRAO	FS KRAO		
308	96	404	1248,228

Javys a.s.: Výročná správa 2024

Rádioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo

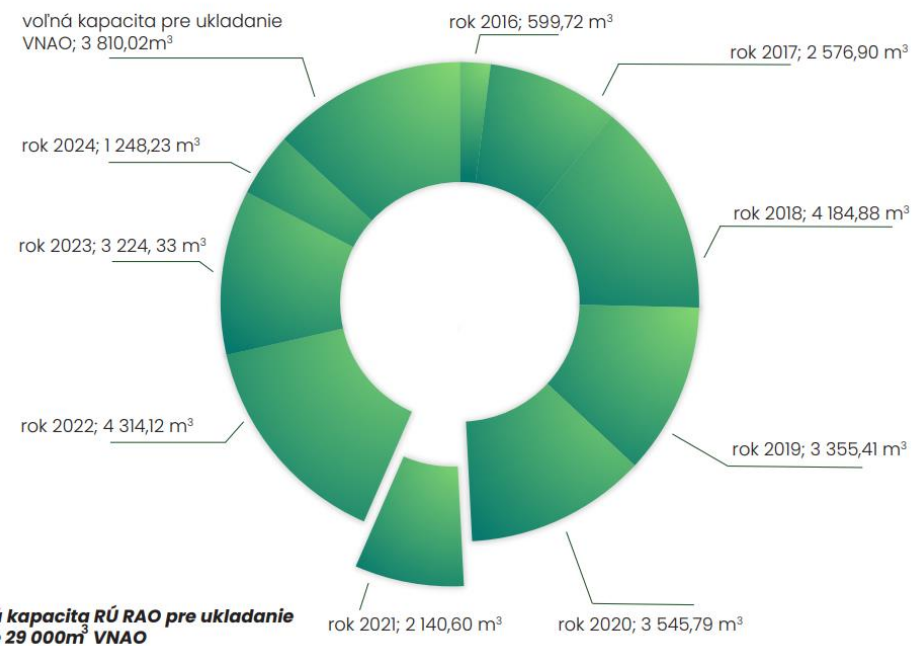
■ Prehľad ukladania RAO na Republikovom úložisku

Celková kapacita RÚ RAO pre ukladanie NAO je 10 800 ks VBK s NAO



Javys a.s.: Výročná správa 2024

Prehľad zapíňania úložnej kapacity RÚ RAO ukladáním VNAO k 31. 12. 2024



Celková kapacita RÚ RAO pre ukladanie VNAO je 29 000 m³ VNAO

Princípy

História

Súčasnosť

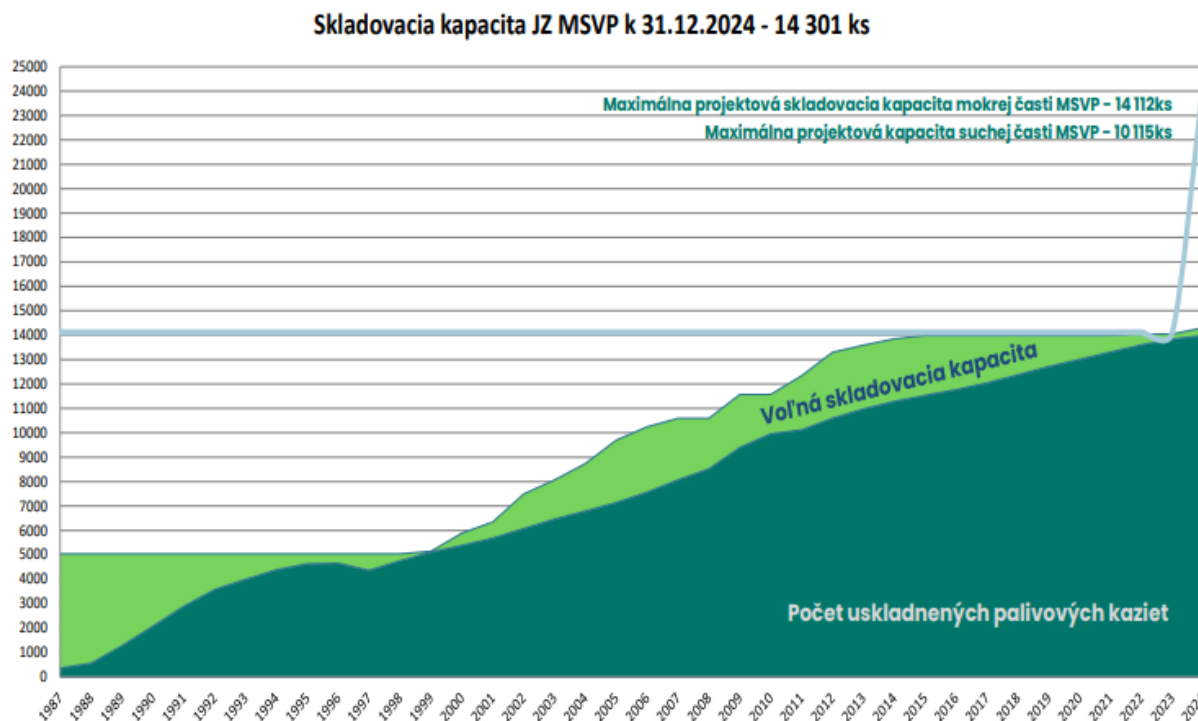
Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

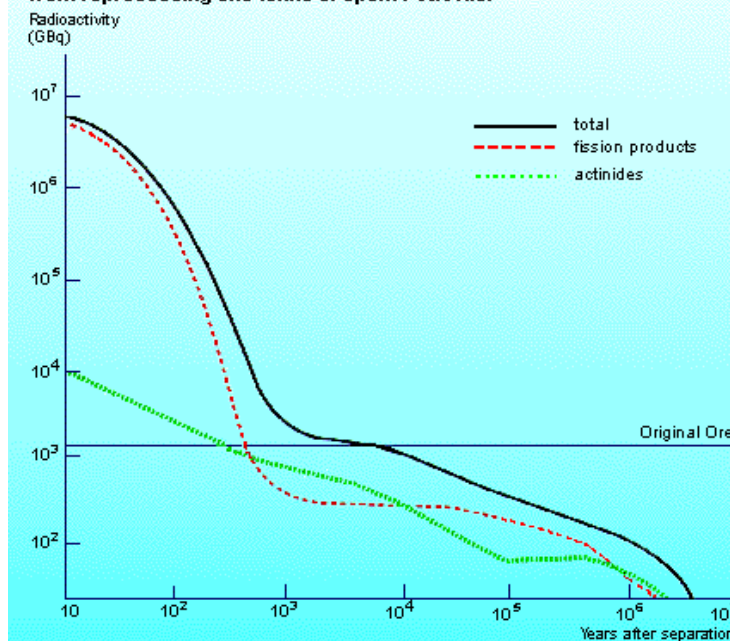
Rádioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo

- Prehľad skladovania vyhoretého jadrového paliva na Slovensku



Javys a.s.: Výročná správa 2024

Decay in radioactivity of high-level waste from reprocessing one tonne of spent PWR fuel



Gbq = 10^9 becquerel
The straight line shows the radioactivity of the corresponding amount of uranium ore.
NB both scales are logarithmic.
Source: OECD NEA 1996, *Radioactive Waste Management in Perspective*.

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Princípy

História

Súčasnosť

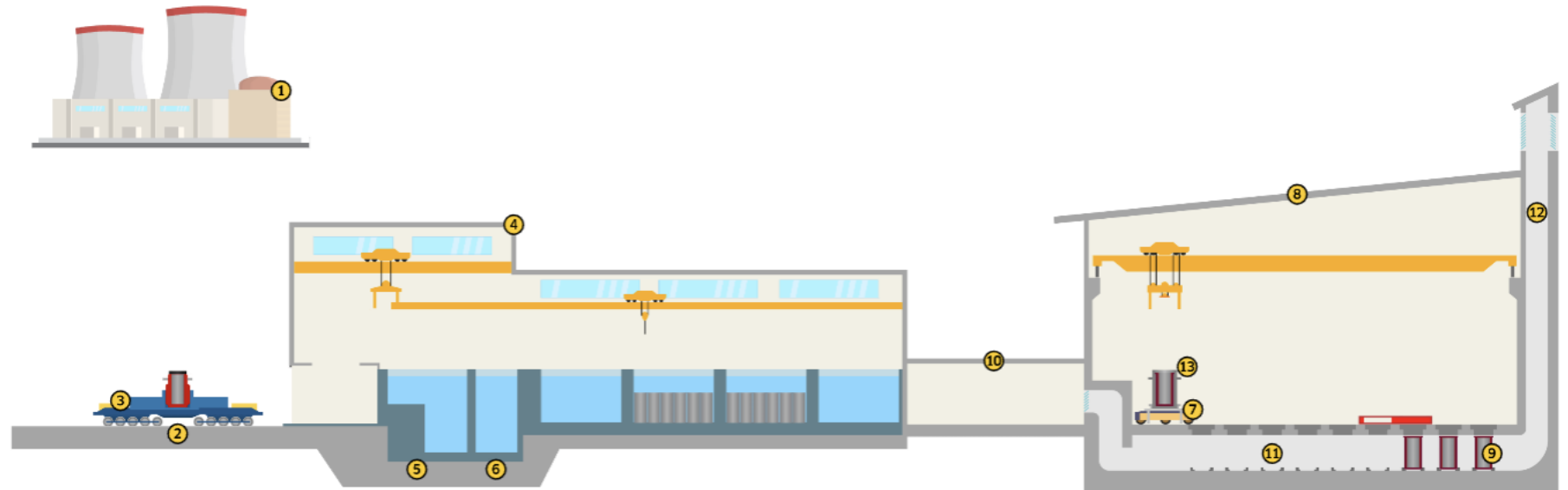
Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Rádioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo

- Prehľad skladovania vyhoreteho jadrového paliva na Slovensku



Javys a.s.: www.javys.sk

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

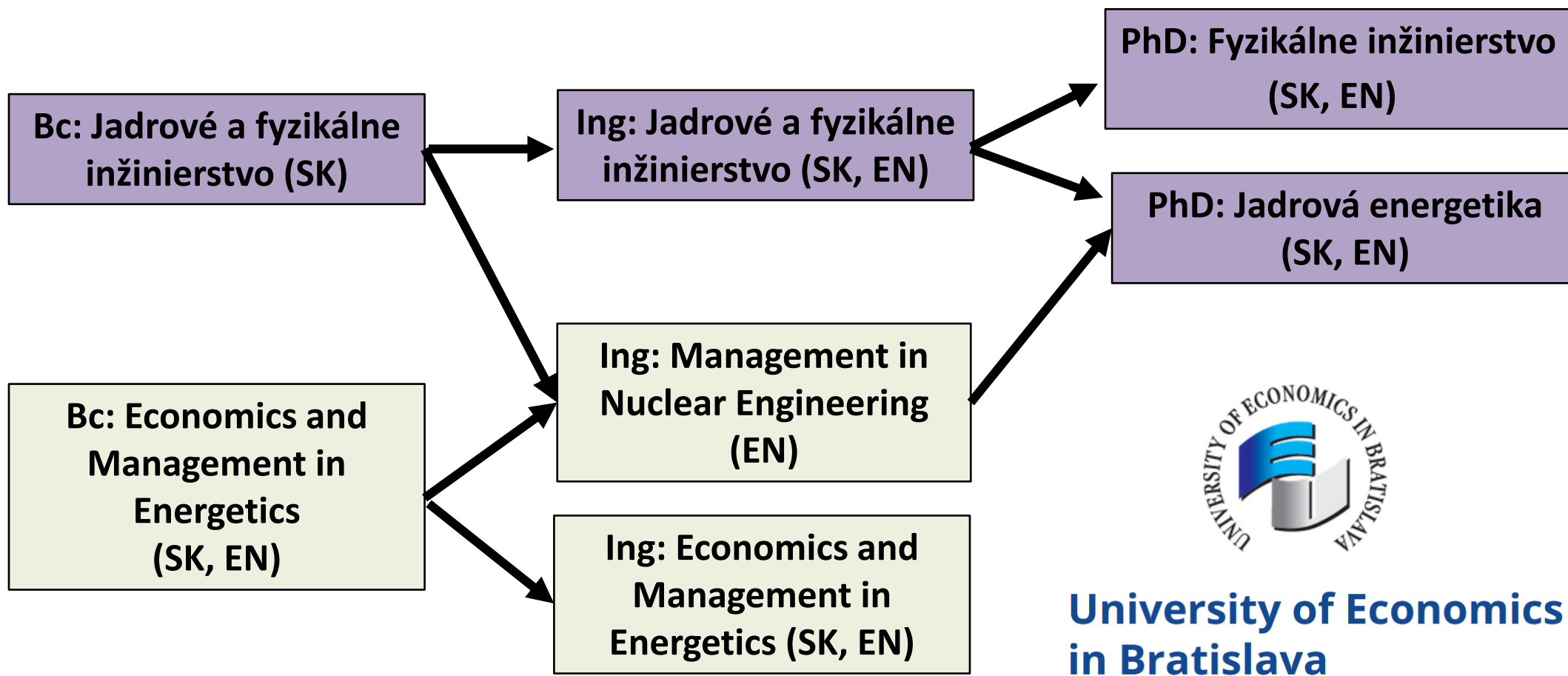
Čo si
zapamätať?

Postavenie jadrových elektrární v boji proti globálnemu otepľovaniu

- Európska komisia vo všeobecnosti vníma **jadrovú energiu ako dôležitý nástroj v boji proti klimatickej zmene, prispieva k diverzifikácii energetického mixu, obmedzovaniu CO₂ emisií, zabezpečeniu energetickej nezávislosti a stabilite dodávok.**
- EK očakáva, že JE zostanú významnou súčasťou energetických systémov EÚ aj v nasledujúcich dekádach
- V roku 2024 bola uzavretá politická dohoda, v ktorej jadrová energia bola označená za strategickú pre dekarbonizáciu EÚ v rámci Net-Zero Industry Act.
- Po skúsenostiach z posledných rokov, EÚ kladie väčší dôraz na stabilitu dodávok energie a menej závislosti od fosílnych palív z rizikových zdrojov. **Jadrová energia je v tom považovaná za jeden z pilierov energetickej sebestačnosti.**

European Commission: Regulation (EU) 2024/1735 – Net-Zero Industry Act, 2024

ŠP: Kde sa toto dá študovať?



Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Princípy

História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?

Čo si zapamätať?

- Od objavenia **štiepenia** ubehlo už takmer **90 rokov**.
- Za toto obdobie bolo naakumulovaných cca. **20 000 reaktor-rokov** prevádzky.
- **Vplyv jadrovej energetiky na životné prostredie akceptovateľný.**
- **Bezpečnosť a havarijná pripravenosť je na vysokej technickej a organizačnej úrovni.**
- **Možnosť využívať jadrovú energiu na mierové účely vyžaduje kvalifikovaný personál a systémové zabezpečenie organizácie jednotlivých aktérov.**
- Existujú aj nedoriešené otázky a z toho **vyplývajúce možnosti hlavne v oblasti výstavby hlbinných úložísk a uzatvárania palivového cyklu.**
- Momentálne nastáva skutočná renesancia využitia jadrovej energetiky a nastáva rozkvet celého sektora.

Princípy

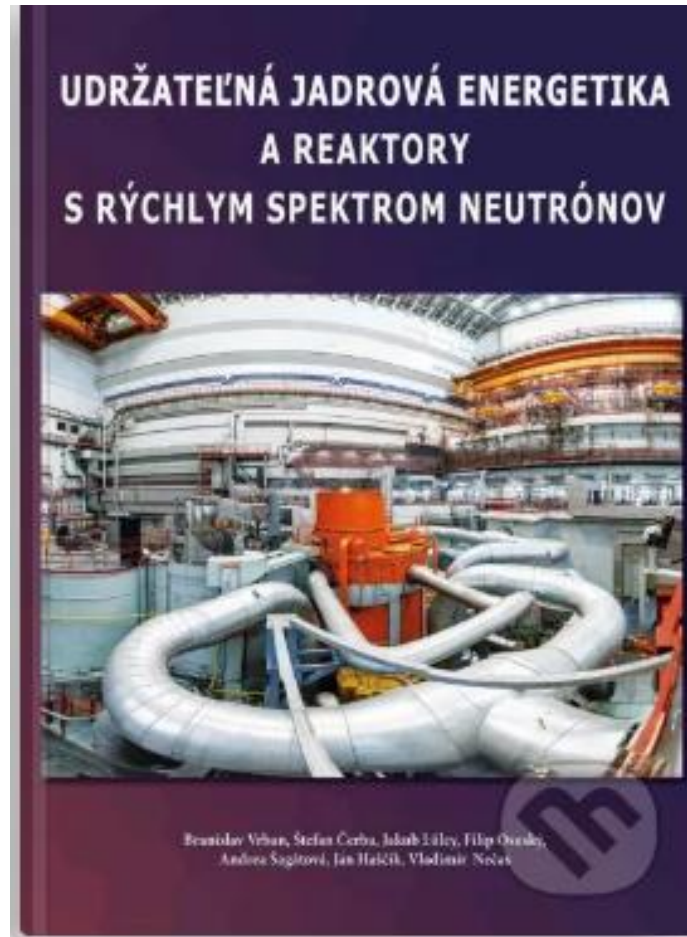
História

Súčasnosť

Budúcnosť

Vplyv na ŽP

Čo si
zapamätať?



Ďakujem za pozornosť.

