

## VII. – JADERNÁ ELEKTRÁRNA

### JADERNÁ ELEKTRÁRNA:

JADERNÁ ELEKTRÁRNA je v podstatě TEPELNÁ ELEKTRÁRNA, v níž se jako zdroj tepla využívá energie uvolněná při štěpení jader uranu  $^{235}_{92}\text{U}$  (popřípadě plutonia  $^{239}_{94}\text{Pu}$ ), obsažených v jaderném palivu.

Jaderná energie se uvolňuje v

**JADERNÉM REAKTORU:**

Aby řetězová reakce mohla účinně probíhat, musí se neutrony vyletující z atomových jader po každém štěpení zpomalovat → Zpomalené neutrony mají více času na to, aby vnikly do jádra uranu a rozštěpily ho.

Ke zpomalení rychlých neutronů slouží MODERÁTOR = Zpomalovač (lehká voda  $\text{H}_2\text{O}$ , těžká voda  $\text{D}_2\text{O}$ , grafit).

K ovládní reaktoru slouží REGULAČNÍ TYČE z kadmia nebo oceli s příměsí boru, které účinně pohlcují přebytečné neutrony.

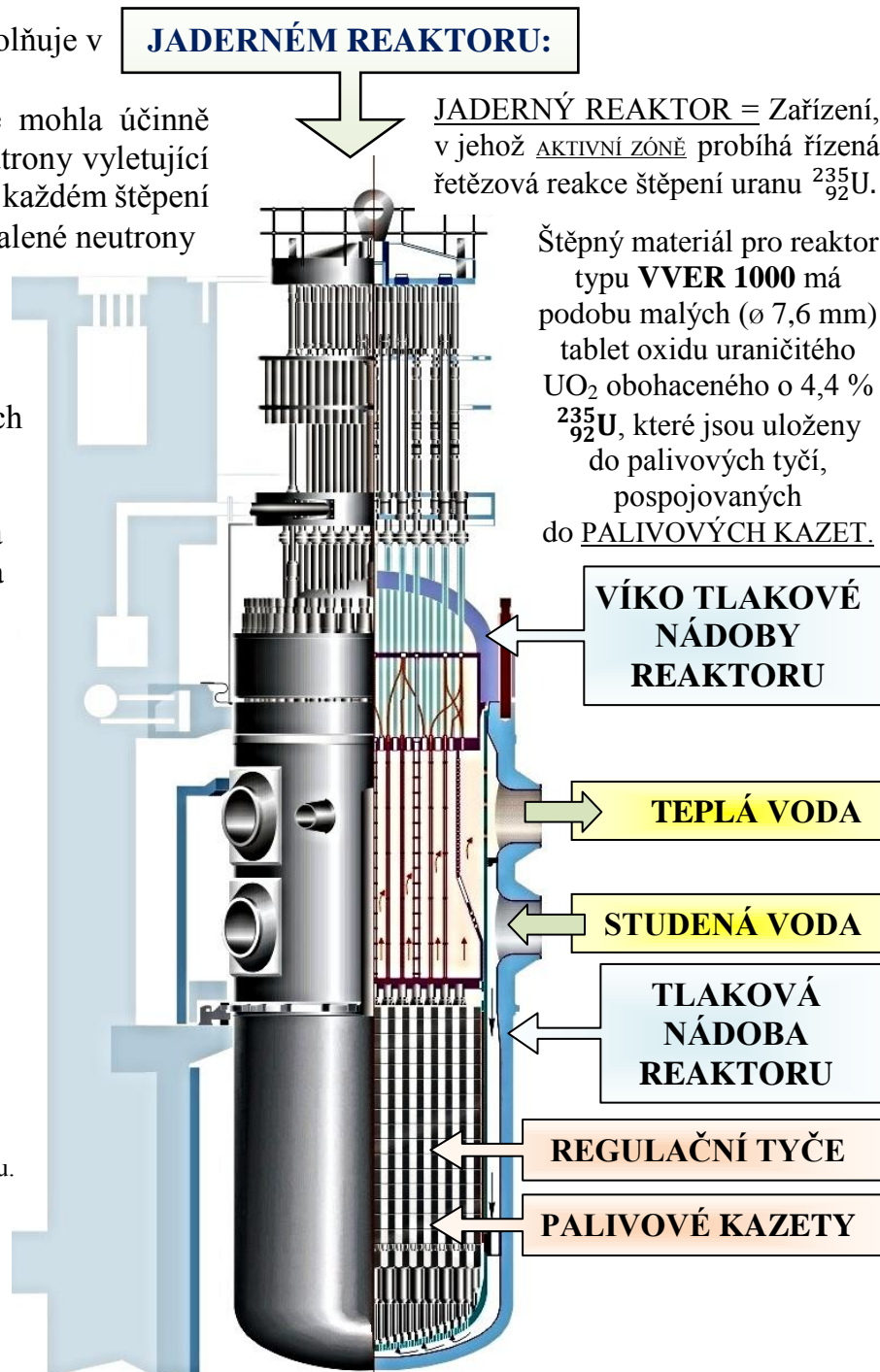
ABSORBÁTOR = Látka, která účinně pohlcuje přebytečné neutrony.

Zasouváním a vysouváním regulačních tyčí z aktivní zóny se mění výkon reaktoru.

K zastavení řetězové reakce v případě ohrožení slouží HAVARIJNÍ TYČE.

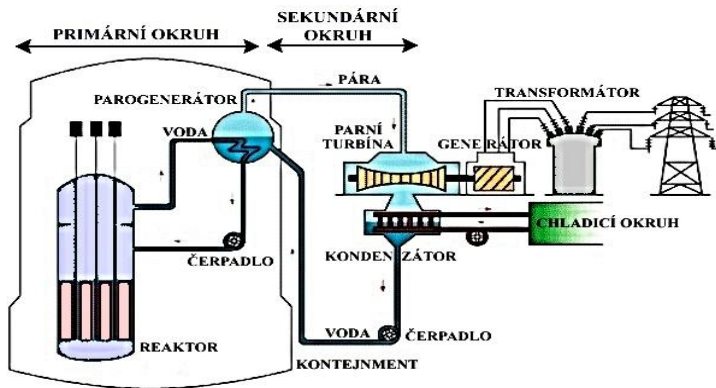
JADERNÝ REAKTOR = Zařízení, v jehož AKTIVNÍ ZÓNĚ probíhá řízená řetězová reakce štěpení uranu  $^{235}_{92}\text{U}$ .

Štěpný materiál pro reaktor typu **VVER 1000** má podobu malých ( $\varnothing$  7,6 mm) tablet oxidu uraničitého  $\text{UO}_2$  obohaceného o 4,4 %  $^{235}_{92}\text{U}$ , které jsou uloženy do palivových tyčí, pospojovaných do PALIVOVÝCH KAZET.



Havarijní tyče mají mnohem vyšší koncentraci absorbátoru než regulační tyče.

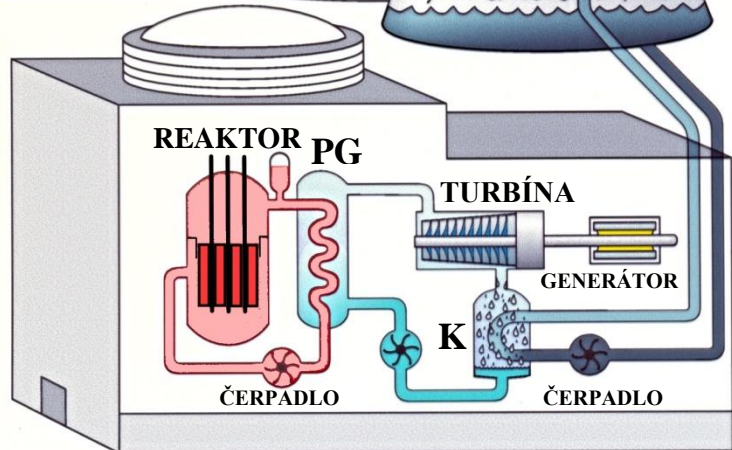
K odvádění tepla z reaktoru slouží voda → Aby však voda zůstala v kapalném stavu i při teplotách přesahujících její teplotu varu, je aktivní zóna umístěna v TLAKOVÉ NÁDOBĚ.



**Italský fyzik  
Enrico Fermi  
(1901 – 1954)**

Poprvé uskutečnil řetězovou jadernou reakci a v roce **1942** uvedl do chodu první jaderný reaktor na světě.

Zabýval se též radioaktivitou a výzkumem částic.



PRIMÁRNÍ OKRUH → VODA	SEKUNDÁRNÍ OKRUH → PÁRA - VODA
<p>Primární okruh zahrnuje <b>JADERNOU ČÁST</b> elektrárny, která je uzavřena v ochranné obálce z oceli a betonu → <b>KONTEJNMENTU</b>.</p> <p>Uzavřeným primárním okruhem koluje voda (poháněna čerpadlem), která odvádí teplo z reaktoru a ochlazuje jeho aktivní zónu.</p> <p>Z reaktoru proudí ohřátá voda do výměníku tepla → <b>PAROGENERÁTORU</b>, kde dochází k výměně tepla s vodou cirkulující v odděleném sekundárního okruhu.</p>	<p>Tlak vody v sekundárním okruhu je nižší než v okruhu primárním → Voda v <b>PAROGENERÁTORU</b> se přeměňuje na páru o vysoké teplotě a tlaku.</p> <p>Horká pára svým tlakem na lopatky roztáčí <b>PARNÍ TURBÍNU</b>.</p> <p>K přeměně pohybové energie na energii elektrickou dochází v <b>GENERÁTORU</b>, jehož rotor turbína roztáčí.</p> <p>Pára z turbíny je odváděna do <b>KONDENZÁTORU</b>, kde po ochlazení kapalní (kondenzuje) a vrací se zpět do parogenerátoru.</p>

CHLADICÍ OKRUH
<p>Chlazení kondenzátoru zajišťuje <b>CHLADICÍ OKRUH</b>, jehož nejznámější část tvoří mohutné betonové <b>CHLADICÍ VĚŽE</b> → V nich lze vodu z chladicího okruhu ochlazovat například ve velké řece.</p>

## JADERNÉ ELEKTRÁRNY V ČESKÉ REPUBLICE:

<b>JADERNÁ ELEKTRÁRNA DUKOVANY</b> (Morava – asi 30 km od Třebíče)		<b>JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN</b> (jižní Čechy - asi 25 km od Č. Budějovic)	
Uvedení do provozu	<b>1985 - 1988</b>	Uvedení do provozu	<b>2002 - 2003</b>
Počet reaktorů (VVER 440)	<b>4</b>	Počet reaktorů (VVER 1000)	<b>2</b>
<b>VVER = Водо-Водяной Энергетический Реактор</b> = vodo-vodní (tzn. vodou chlazený, vodou moderovaný) energetický reaktor.			
Instalovaný výkon	<u>Původně:</u> <b>4 x 440 MW</b> <b>= 1760 MW</b>	Instalovaný výkon	<b>2 x 1000 MW</b> <b>= 2000 MW</b>
Od června 2012 (po modernizaci – výměně generátorů) se výkon JE Dukovany zvýšil z 1760 MW na 2000 MW, tudíž na úroveň JE Temelín. Celkový instalovaný výkon jaderných elektráren v ČR nyní představuje <b>4 000 MW</b> .			
Výstupní napětí generátoru	<b>15,75 kV</b>	Výstupní napětí generátoru	<b>24 kV</b>
Na celkové výrobě elektrické energie v České republice se jaderné elektrárny podílejí jednou třetinou.			

### TYPICKÉ PARAMETRY TLAKOVODNÍHO REAKTORU VVER 1000:

☞ Palivem je oxid uranický  $\text{UO}_2$  obohacený **4,4 %** o štěpitelný izotop  $^{235}_{92}\text{U}$  → Do reaktoru se vkládají PALIVOVÉ KAZETY tvořené svazkem PALIVOVÝCH TYČÍ = = Hermeticky uzavřené trubky naplněné PALIVOVÝMI TABLETAMI.

☞ Rozměry aktivní zóny: průměr **3 m**, výška **3,5 m**.

☞ tlak vody: **15,7 MPa**.

☞ Teplota vody na výstupu z reaktoru: **324 °C**.

<b>VÝHODY</b>	<b>NEVÝHODY</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoký výstupní výkon</li> <li>• Spotřeba malého množství paliva</li> <li>• Neznečišťuje životní prostředí popílkem ani oxidy síry a dusíku</li> <li>• Nezvyšuje koncentraci oxidu uhličitého <math>\text{CO}_2</math> v atmosféře</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké náklady na výstavbu</li> <li>• Produkce radioaktivního odpadu a jeho likvidace</li> <li>• Riziko jaderné havárie (např. selháním lidského faktoru)</li> </ul>

## BEZPEČNOST JADERNÝCH ELEKTRÁREN:

- Při provozu jaderných elektráren je prvořadým požadavkem jejich bezpečnost.
- Základní opatření pro zajištění radiační bezpečnosti představují

AUTOREGULACE REAKTORU a **OCHRANNÉ BARIÉRY:**



<b>1. BARIÉRA:</b>	<b>STRUKTURA JADERNÉHO PALIVA</b>
Krystalická struktura nejčastěji používaného oxidu uraničitého $UO_2$ má sama schopnost udržet při normálním provozu reaktoru <b>99 %</b> vznikajících radioaktivních štěpných produktů.	

<b>2. BARIÉRA:</b>	<b>HERMETICKÝ OBAL PALIVOVÉ TYČE</b>
Úkolem kovového obalu je zachytit zbylé asi <b>1 %</b> plyných produktů štěpení.	

<b>3. BARIÉRA:</b>	<b>REAKTOROVÁ NÁDOBA A HERMETICKY UZAVŘENÝ PRIMÁRNÍ OKRUH</b>
Konstrukce zařízení garantuje dostatečnou pevnost.	

<b>4. BARIÉRA:</b>	<b>OCHRANNÁ OBÁLKA - KONTEJNMENT</b>
Ochranný železobetonový obal (kontejnment) hermeticky odděluje jaderný (primární) okruh od životního prostředí.	

### POZNÁMKY:

- První jaderná elektrárna na světě (výkon pouhých 5 MW) byla uvedena do provozu v Obninsku u Moskvy v tehdejší SSSR v roce 1954.
- První jaderná elektrárna na území bývalého Československa byla uvedena do provozu v Jaslovských Bohunicích (Slovensko) v roce 1972.
- Štěpením **1 kg** uranu se uvolní energie  **$84 \cdot 10^{12}$  J**, která odpovídá energii uvolněné při dokonalém spálení  **$2,5 \cdot 10^6$  kg** černého uhlí.
- Provozovatelé jaderných zařízení jsou pod kontrolou státu i Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE), která byla z popudu OSN založena v roce 1957.