

# NAKLÁDÁNÍ S RAO Z JADERNÝCH ELEKTRÁREN V ČESKÉ REPUBLICE

Eva Popelová

František Huptych



ENERGOPROJEKT  
PRAHA

# OBSAH

- Stručný popis jaderné elektrárny
- Zdrojové členy pro radioaktivní odpad
- Klasifikace RAO
- Systém pro nakládání s kapalným RAO
- Systém pro nakládání s plynným RAO
- Systém pro nakládání s pevným RAO
- Aktivované předměty



# CV

## Eva Popelová

### Vzdělání:

- ČVUT – Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, obor Jaderná chemie
- ČVUT - Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská , Ph.D. studium v oboru Analytická chemie

### Praxe:

- Od roku 1998 – projektant jaderných zařízení- systémy pro nakládání s RAO
- ENERGOPROJEKT PRAHA s.r.o
  - skupina Radiační ochrana, RAO, vyřazování JZ z provozu
  - pozice Vedoucí projektant – expert (systémy nakládání s RAO)

# ENERGOPROJEKT PRAHA s.r.o

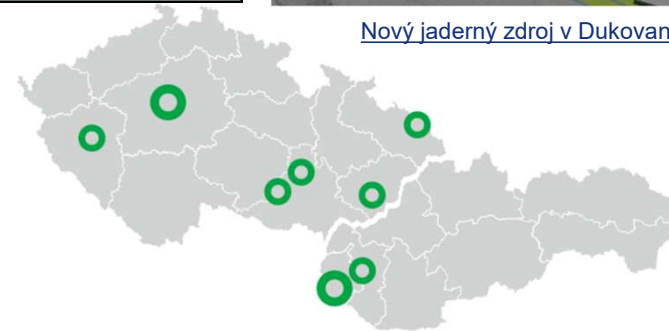
<b>1949</b>	Společnost ENERGOPROJEKT PRAHA byla založena jako generální projektant s cílem poskytovat komplexní projekční a inženýrské služby při výstavbě elektráren využívajících uhlí, zemní plyn a jaderné palivo na území bývalého Československa.
<b>1950 - 1989</b>	Účast na klíčových projektech v oblasti energetické infrastruktury a investic, a to jak v oblasti jaderné, tak konvenční výroby elektřiny.
<b>1992</b>	Privatizace společnosti.
<b>1990 - 2000</b>	Aktivní zapojení do projektů dostavby bloků 1 a 2 Jaderné elektrárny Temelín a bloků 1 až 4 Jaderné elektrárny Mochovce, jakož i do projektů v oblasti konvenční výroby energie.
<b>2002</b>	ENERGOPROJEKT PRAHA, a.s. se stal součástí Skupiny ÚJV.
<b>2010</b>	Zaujímá stále významnější roli v mezinárodních projektech (Finsko, Turecko, Pákistán, Egypt, Švédsko a Maďarsko).
<b>2020 - nyní</b>	Účast v projektech výstavby nových jaderných zdrojů (silná pozice v projektu výstavby 5. bloku JE Dukovany, SMR).
<b>2026</b>	Oddělení divize do samostatné společnosti ENERGOPROJEKT PRAHA s.r.o.



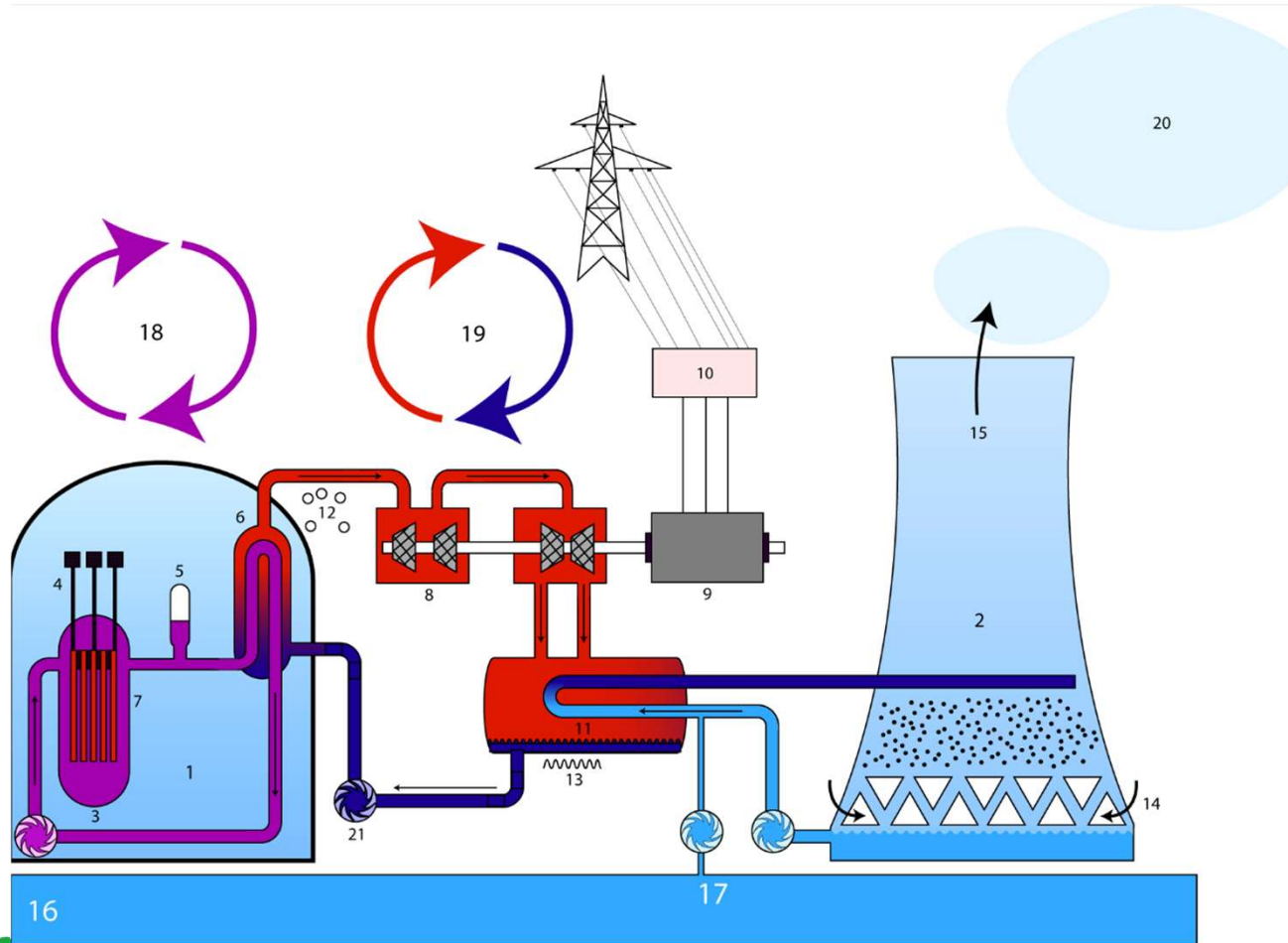
[AE Mochovce](#)



[Nový jaderný zdroj v Dukovanech | Nové jaderné zdroje](#)



# Schéma JE VVER

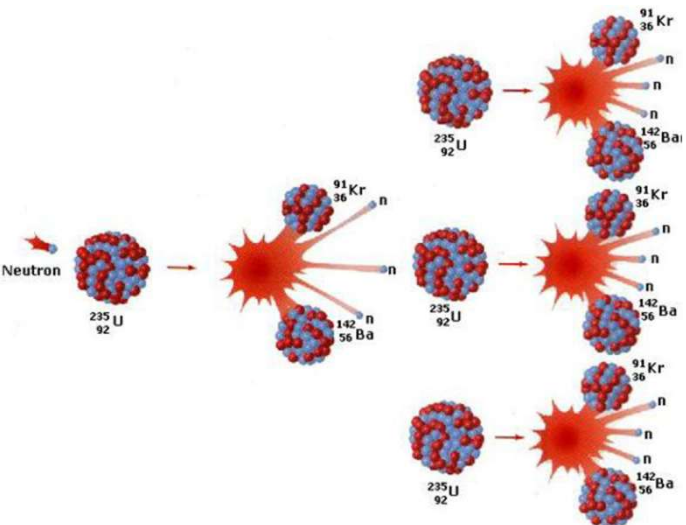
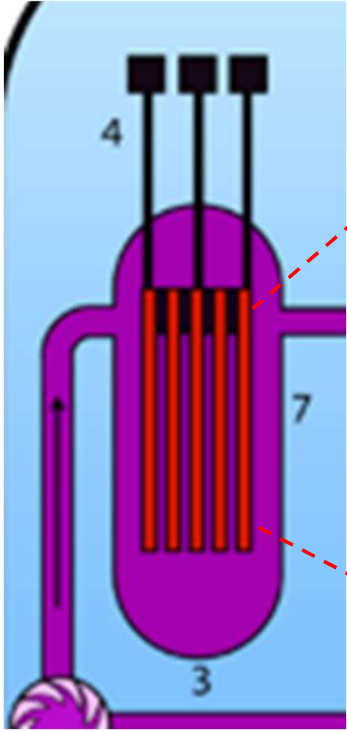


- 1.kontejnment
- 2.chladicí věž
- 3.jaderný reaktor
- 4.regulační tyče
- 5.kompenzátor objemu
- 6.parogenerátor
- 7.aktivní zóna s palivovými soubory
- 8.parní turbína
- 9.elektrický generátor
- 10.transformátor
- 11.kondenzátor
- 12.pára
- 13.kondenzát
- 14.vzduch přisávaný z okolí
- 15.vlhký vzduch
- 16.zdroj chladicí vody - nádrž, řeka
- 17.cirkulace chladicí vody
- 18.primární okruh
- 19.sekundární okruh
- 20.vodní pára
- 21.cirkulační čerpadlo



# Jak funguje jaderný reaktor

Jaderné palivo je směs  $^{238}\text{U}$  a  $^{235}\text{U}$



[PWR fuel assembly and fuel rod - Images - Free Downloads - Energy Encyclopedia](#)

# Radioaktivní odpad

- dle atomového zákona (z. č. 263/2016 Sb., platném znění):

**Radioaktivní odpad (RAO)** - věc, která je radioaktivní látkou nebo předmětem nebo zařízením ji obsahujícím nebo jí kontaminovaným, pro kterou se nepředpokládá další využití a která nesplňuje podmínky stanovené tímto zákonem pro uvolňování radioaktivní látky z pracoviště

## Nakládání s RAO

vyhláška č. 377/2016 Sb., v platném znění, *o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie*

# Zdrojový člen pro RAO

- primární zdrojové členy - média kontaminovaná aktivitou chladiva primárního okruhu (štěpné produkty, aktivované korozní produkty, atd.)
- sekundární (odvozené) zdrojové členy - voda bazénu skladování vyhořelého paliva, kontaminovaná převážně štěpnými produkty a voda sekundárního okruhu
- vzduch aktivovaný v šachtě reaktoru a dále z technologických zařízení jak plynovými netěsnostmi (zanedbatelné), tak v důsledku odparů z úniků kapalných médií
- zdrojem kontaminace různých předmětů – kontakt s aktivními médii

# Systemy nakládání s kapalným RAO

## 1. Shromažďování a třídění

1. Odpadní vody jsou sbírány podle chemického složení a míry aktivity (např. vody z dekontaminace, provozní náplně, BSVP).

## 2. Zpracování

1. **Mechanická filtrace:** Odstranění pevných částic
2. **Iontová výměna:** Odstranění radionuklidů (např. Cs, Sr) pomocí selektivních sorbentů.
3. **Odpařování:** Klíčový proces pro redukci objemu. Vzniká čistý kondenzát (vypouštěn nebo recyklován) a radioaktivní koncentrát.

## 3. Úprava (Solidifikace)

1. **Bitumenace:** Mísení koncentráту s asfaltem (bitumenem) ve filmové rotorové odparce (dodatečná redukce objemu kapalného RAO).
2. **Geopolymerace:** Fixace kalů a vysycených sorbentů do geopolymerové matrice.

## 4. Finalizace

1. Vložení zpevněného odpadu do ukládacích obalových souborů (standardizovaných 200litrových ocelových sudů).

## 5. Skladování a ukládání

1. Krátkodobé skladování u původce a následné trvalé uložení v ÚRAO Dukovany (NAO).



# System nakládání s plynným RAO

## Vznik

- plynný RAO vzniká z odvětrávání prostor (kontrolované pásmo), technologií, nádrží s kapalným RAO a aktivací vzduchu šachty reaktoru.

## Filtrace

- vzdušiny procházejí víceetupňovým čistícím systémem
  - aerosolové filtry pro zachycení radioaktivních aerosolů,
  - adsorpční filtr pro záchyt radioaktivního jódu.

## Zdržení:

- RA vzácné plyny (např. Xenon, Krypton) - zpoždovací linka (aktivní uhlí), což umožní jejich přirozený radioaktivní rozpad

## Monitoring

- před vypuštěním do atmosféry přes ventilační komín je vzduch trvale monitorován na přítomnost radioaktivních látek, aby byly dodrženy zákonné limity

## Vypouštění

- vyčištěný vzduch je kontrolovaně vypouštěn do životního prostředí,
- zachycené pevné částice - pevný RAO (na zpracování).



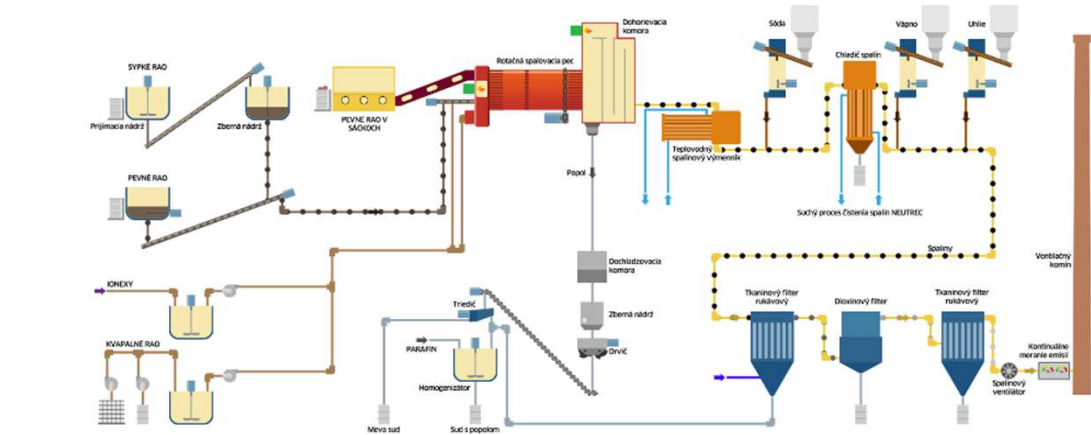
# System nakládání s pevným RAO

## ČINNOSTI

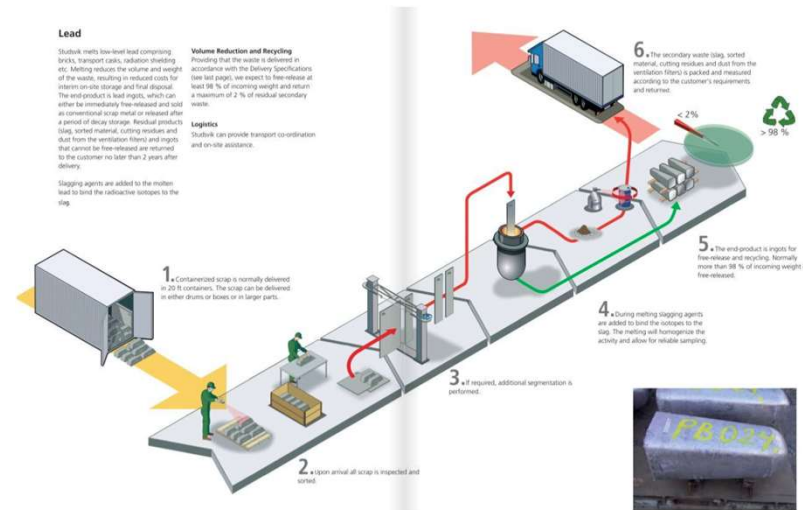
- shromažďování,
- třídění podle druhu a aktivity,
- zpracování,
- skladování,
- úprava.

## Zpracování nebo úprava pevných RAO

- nízkotlaké lisování, drcení, fragmentace (hydraulické nůžky, ruční pila, atd.), dekontaminace
- externě: vysokotlaké lisování, spalování a přetavba (železo, nerez a hliník)



PS 45 - Spalovňa RAO - Jadrové zariadenia - Javys, a.s.



# Ukládání RAO - ÚRAO Dukovany

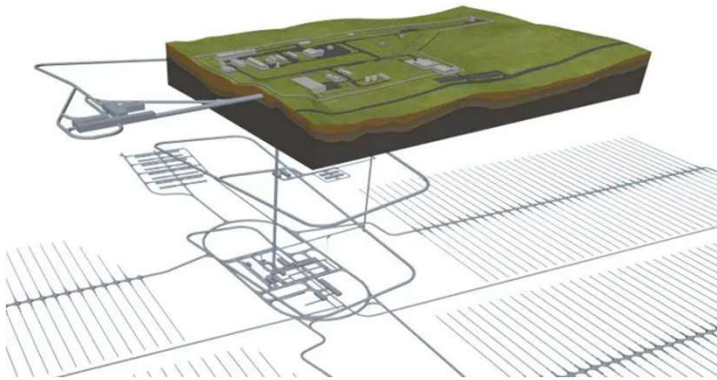
- provozuje SÚRAO
- celkový objem úložných prostor - 55 000 m<sup>3</sup>
- nízkoaktivní provozní RAO z EDU a ETE (musí splňovat LaP, PP)
  - zpevněný
  - nezpevněný
  - ukládací obalový soubor – 200 l MEVA sud



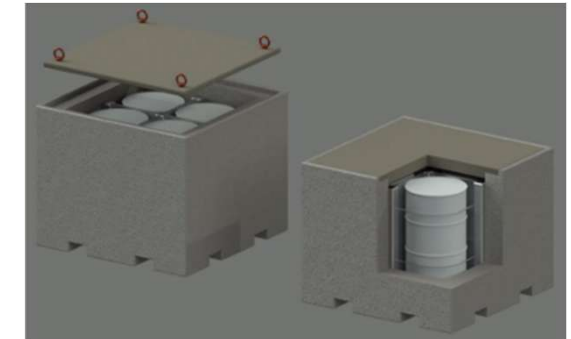
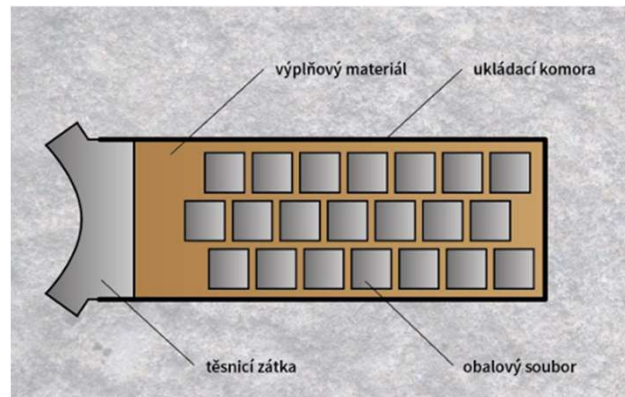
[Ke stažení | SÚRAO](#)

# Aktivované předměty z provozu a vyřazování JE

- skladované na JE po celou dobu provozu JE ve speciálních pouzdrech (v odstíněných betonových kobkách)
- zpracované budou až v průběhu vyřazování JE z provozu
- zařazené budou mezi středněaktivní RAO
- uložení do hlubinného úložiště, části ostatních RAO



[Ke stažení | SÚRAO](#)



[TZ848\\_2025\\_REV1.pdf](#)

# Shrnutí

- během provozu a vyřazování JE vzniká nízkoaktivní radioaktivní odpad, který je za použití BAT metod zpracován a upraven do formy, která je přijatelná pro bezpečné uložení v ÚRAO Dukovany, a dále středněaktivní odpad, který je bezpečně skladován po celou dobu provozu JE a v průběhu vyřazování z provozu JE bude upraven do formy, která bude přijatelná pro bezpečné finální uložení



[Radioaktivní odpady v České republice - Aktuálně.cz](http://Aktuálně.cz)

# Děkuji za pozornost

[eva.popelova@egp.cz](mailto:eva.popelova@egp.cz)

[frantisek.huptych@egp.cz](mailto:frantisek.huptych@egp.cz)



**ENERGOPROJEKT  
PRAHA**

ENERGOPROJEKT PRAHA s.r.o.  
Na žertvách 2247/29  
180 00 Praha 8 – Libeň

E-mail: [sales@egp.cz](mailto:sales@egp.cz)

[www.egp.cz](http://www.egp.cz)