

Příloha IV

Odhady aktivit vybraných štěpných produktů

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 2 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |

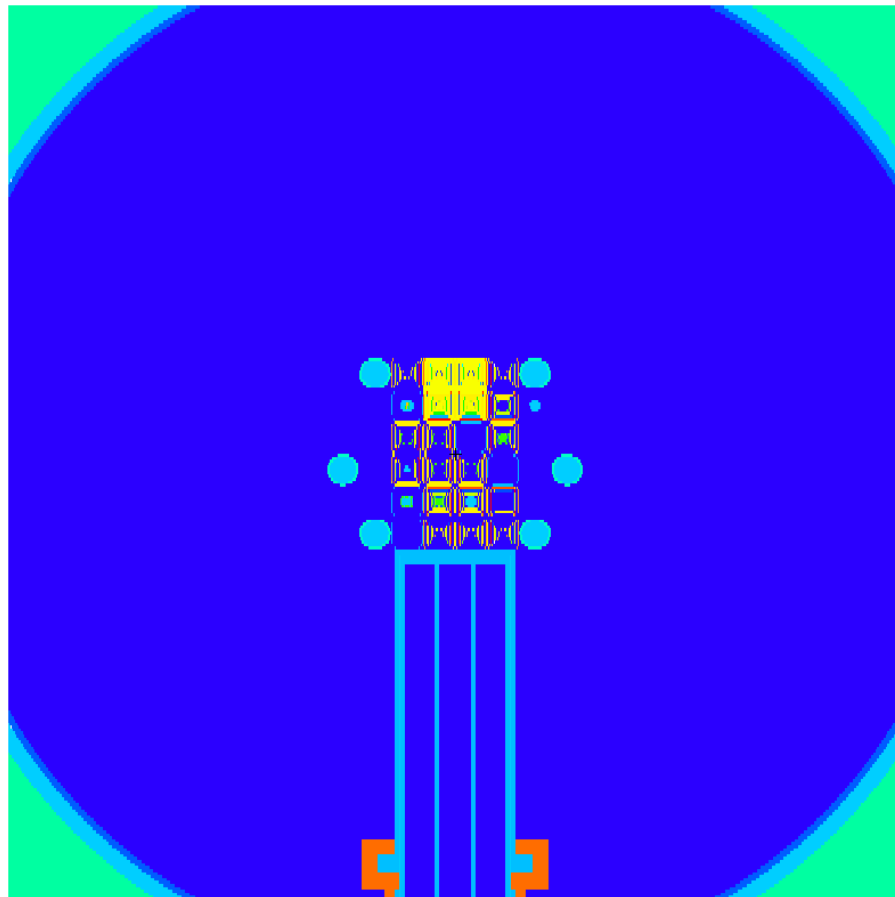
Obsah

| | | |
|----|---|---|
| 1. | Vybrané krátkodobé štěpné produkty..... | 3 |
| 2. | Zkrácený palivový proutek EK-10 | 4 |
| 3. | Palivová peleta UO ₂ | 6 |
| 4. | Palivový článek IRT-4M | 8 |

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 3 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |

1. Vybrané krátkodobé štěpné produkty

Vzhledem k velkému množství energetických linek nejrůznějších radionuklidů (řádově stovky energetických linek), kterých bylo v případě germaniového detektoru Canberra s relativní účinností 35% nalezeno, bylo vytipováno několik důležitých radionuklidů: ^{131}I , ^{132}Te , ^{135}I a ^{135}Xe . Jedním z kritérií pro vytipování radionuklidů byl jejich podíl k celkové aktivitě štěpných produktů a také možnost jejich detekce. Je nutné přihlížet k tomu, že skladba energetických linek v odezvoových spektrech se poměrně významně mění v řádu několika hodin od vytažení palivových článků z reaktoru. Aby bylo možné ověřit, že aktivity vybraných radionuklidů stanovených na základě spektrometrické analýzy jsou relevantní, bylo nutné takto stanovené hodnoty porovnat s výsledky stanovenými na základě jiné metody. Zejména může být problém kolize určitých energetických linek, které mohou být společné pro celou řadu štěpných produktů. Vzhledem k existujícímu MCNP modelu reaktoru VR-1 APOBAB, který obsahuje kompletně parametrizovaný model reaktoru VR-1 bylo možné odhadnout aktivity u použitých palivových elementů ke generování polí záření gama.

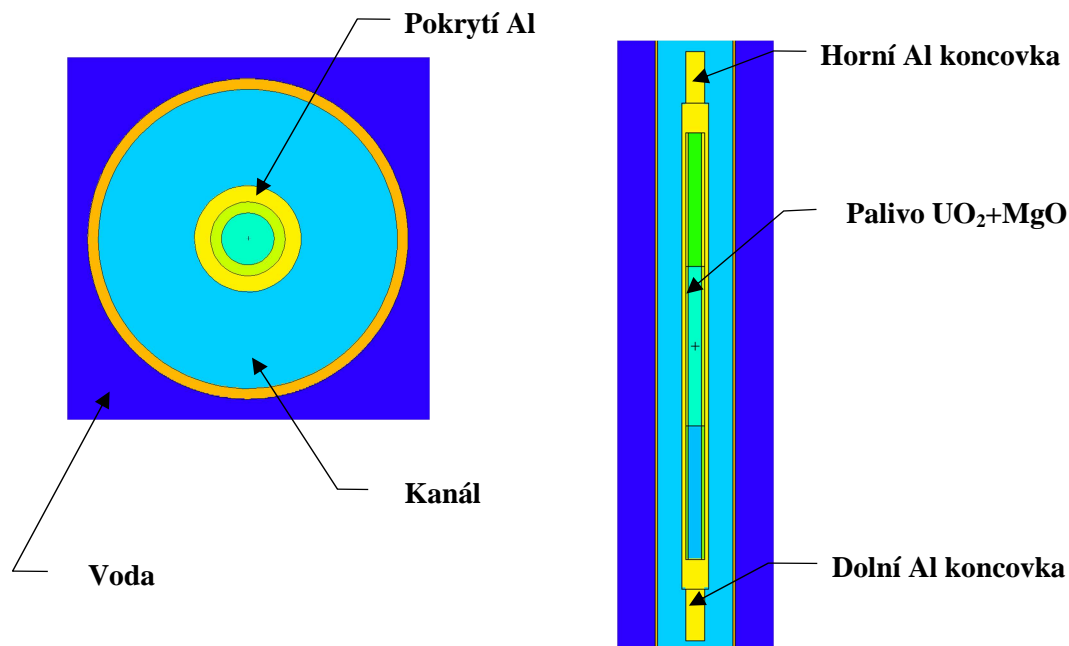


Obr1. Model reaktoru VR-1 v MCNP

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 4 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |

2. Zkrácený palivový proutek EK-10

Jedním z palivových elementů ozařovaných v AZ reaktoru a použitých pro generování pole záření gama štěpných produktů byl zkrácený palivový proutek EK-10 s obohacením 10% ^{235}U .



Obr. 1 Model zkráceného palivového elementu EK-10

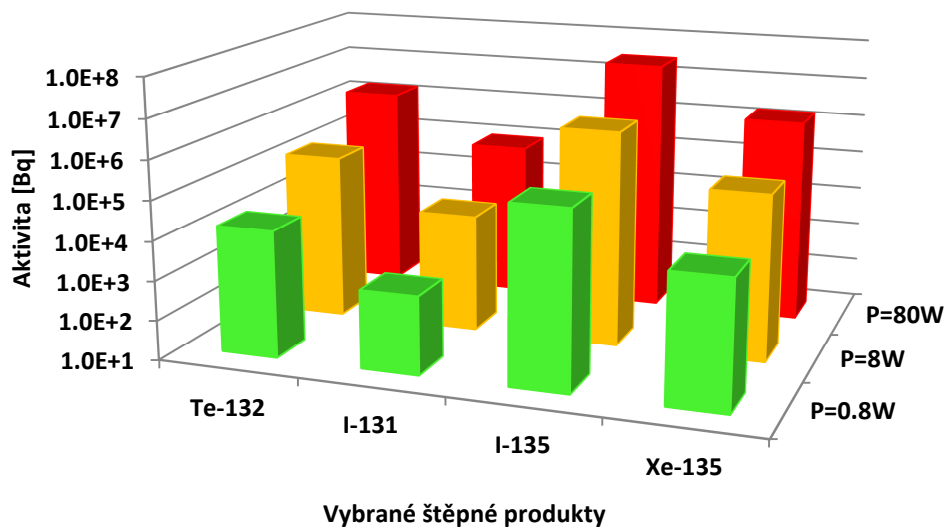
Tab. 1 Odhad aktivit vybraných štěpných produktů v Bq vzniklých ozářením proutku EK-10 – čas ozařování 60 min

| Nuklid | Výkon AZ | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| | 0.8W | 8W | 80W |
| Te-132 | 1.58E+04 | 1.56E+05 | 1.56E+06 |
| I-131 | 9.30E+02 | 9.18E+03 | 9.19E+04 |
| I-135 | 2.76E+05 | 2.73E+06 | 2.73E+07 |
| Xe-135 | 1.58E+04 | 1.56E+05 | 1.57E+06 |

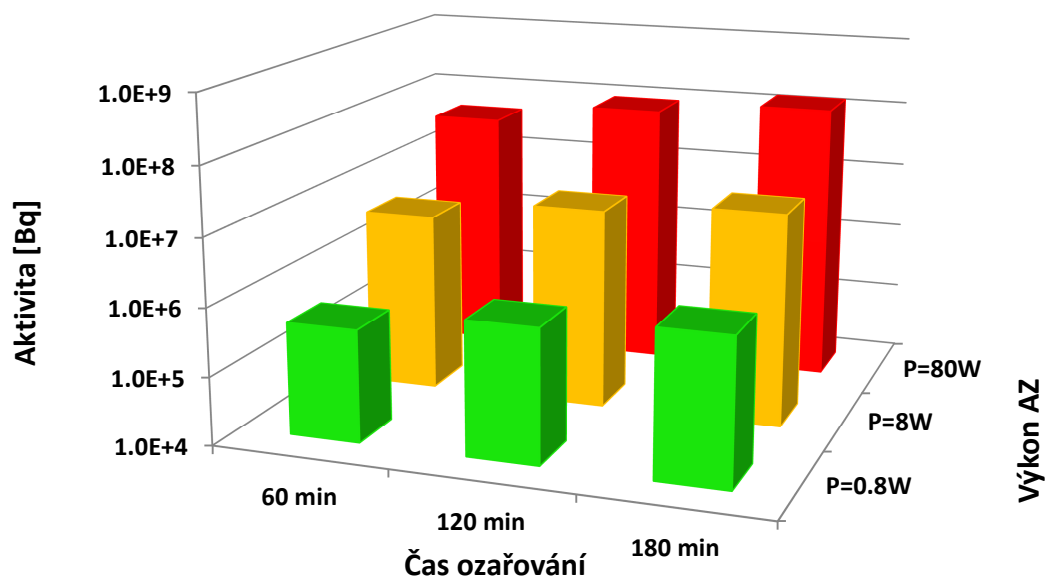
Tab. 2 Odhad aktivit všech štěpných produktů v Bq vzniklých v ozářeném proutku EK-10

| Výkon AZ | Čas ozařování | | |
|-------------|---------------|----------|----------|
| | 60 min | 120 min | 180 min |
| 0.8W | 4.41E+05 | 9.04E+05 | 1.35E+06 |
| 8W | 4.38E+06 | 8.97E+06 | 1.34E+07 |
| 80W | 4.38E+07 | 8.94E+07 | 1.37E+08 |

| | | |
|---|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiční ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 5 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |

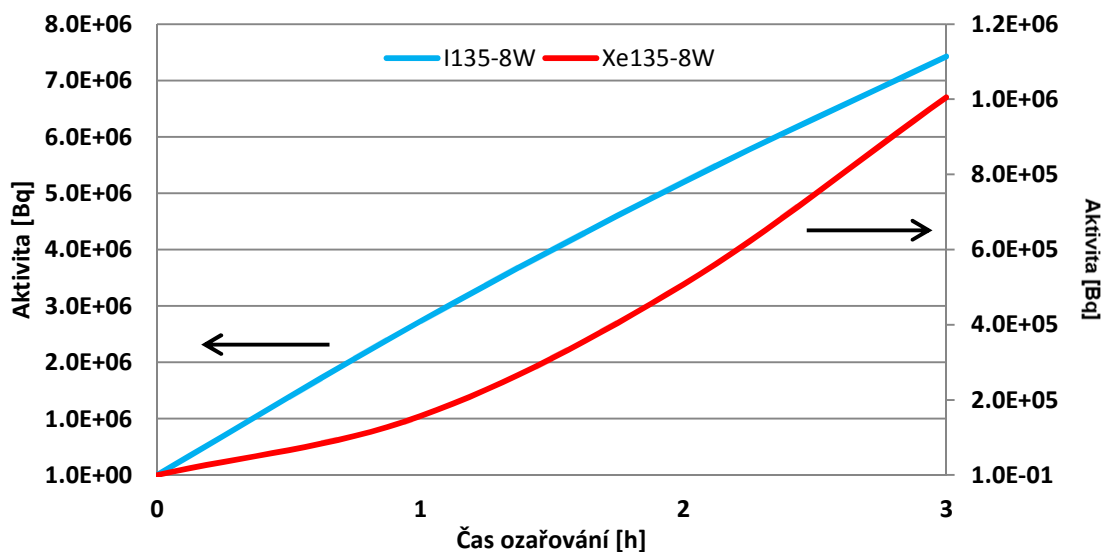


Obr. 2 Odhad aktivit vybraných štěpných produktů vzniklých ozářením proutku EK-10 – čas ozářování 60 min



Obr. 3 Odhad aktivit všech štěpných produktů vzniklých v ozářeném proutku EK-10

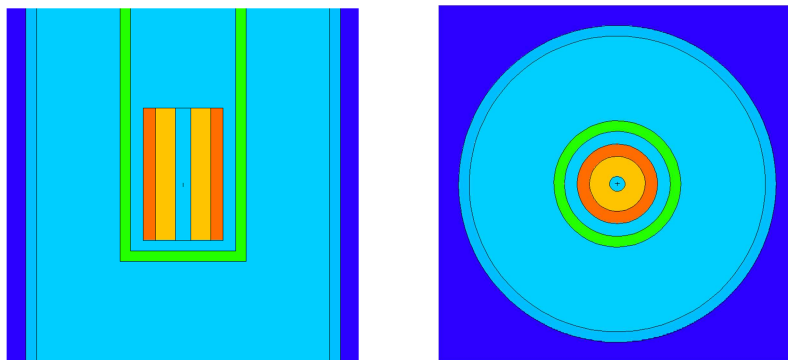
| | | |
|--|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 6 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |



Obr. 4 Časový vývoj aktivit ^{135}I a ^{135}Xe v proutku EK-10 na výkonu 8W

3. Palivová peleta UO_2

Dalším z palivových elementů ozářených v AZ reaktoru byla peleta UO_2 .



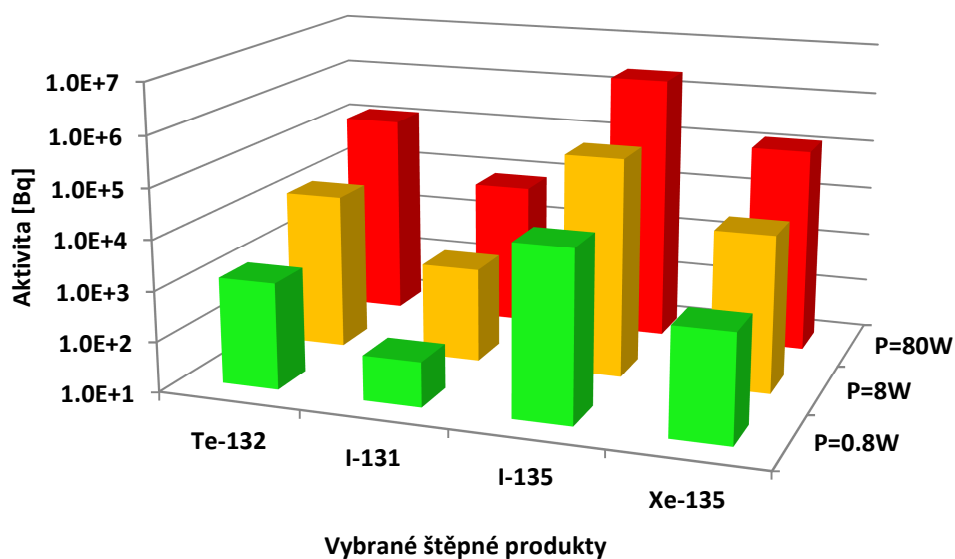
Obr. 5 Model palivové tablety UO_2

Tab. 3 Odhad aktivit vybraných štěpných produktů v Bq vzniklých ozářením pelety UO_2 – čas ozáření 60 min

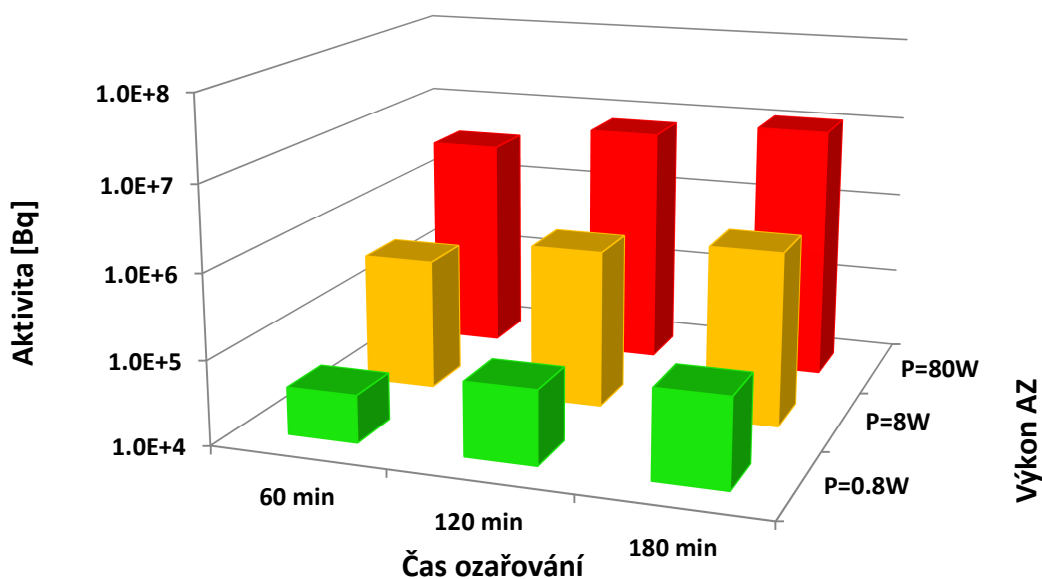
| Nuklid | Výkon AZ | | |
|--------|----------|----------|----------|
| | 0.8W | 8W | 80W |
| Te-132 | 1.31E+03 | 1.31E+04 | 1.30E+05 |
| I-131 | 7.72E+01 | 7.72E+02 | 7.65E+03 |
| I-135 | 2.29E+04 | 2.29E+05 | 2.27E+06 |
| Xe-135 | 1.31E+03 | 1.31E+04 | 1.30E+05 |

Tab. 4 Odhad aktivit štěpných produktů v Bq vzniklých v ozářené peletě UO₂

| Výkon AZ | Čas ozařování | | |
|-------------|---------------|----------|----------|
| | 60 min | 120 min | 180 min |
| 0.8W | 3.66E+04 | 7.51E+04 | 1.12E+05 |
| 8W | 3.66E+05 | 7.46E+05 | 1.15E+06 |
| 80W | 3.63E+06 | 7.39E+06 | 1.10E+07 |

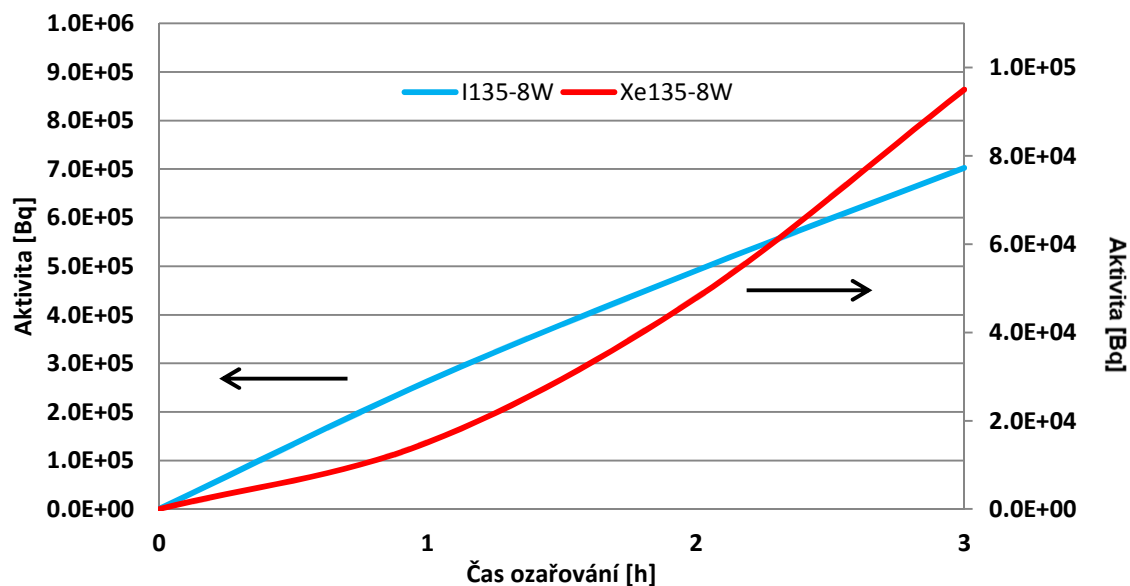


Obr. 6 Odhad aktivit vybraných štěpných produktů vzniklých ozářením pelety UO₂ – čas ozařování 60 min



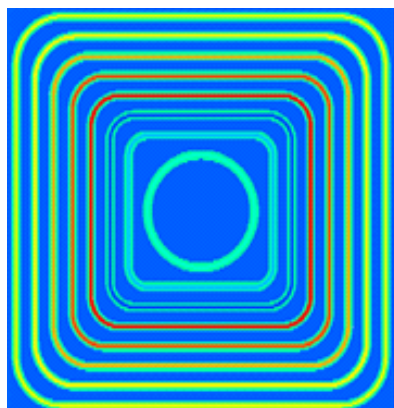
Obr. 7 Odhad aktivit štěpných produktů vzniklých ozářením palivové pelety UO₂

| | | |
|---|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiční ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 8 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |



Obr. 8 Časový vývoj aktivit ^{135}I a ^{135}Xe v peletě UO_2 na výkonu 8W

4. Palivový článěk IRT-4M



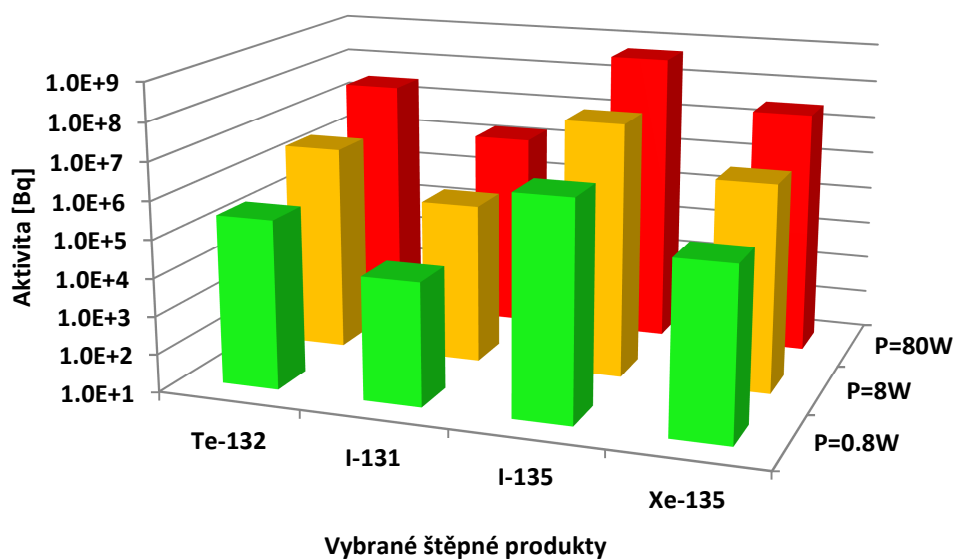
Obr. 9 Model palivového článku IRT-4M

Tab. 5 Odhad aktivit vybraných štěpných produktů v Bq vzniklých ozářením článku IRT-4M – čas ozáření 60 min

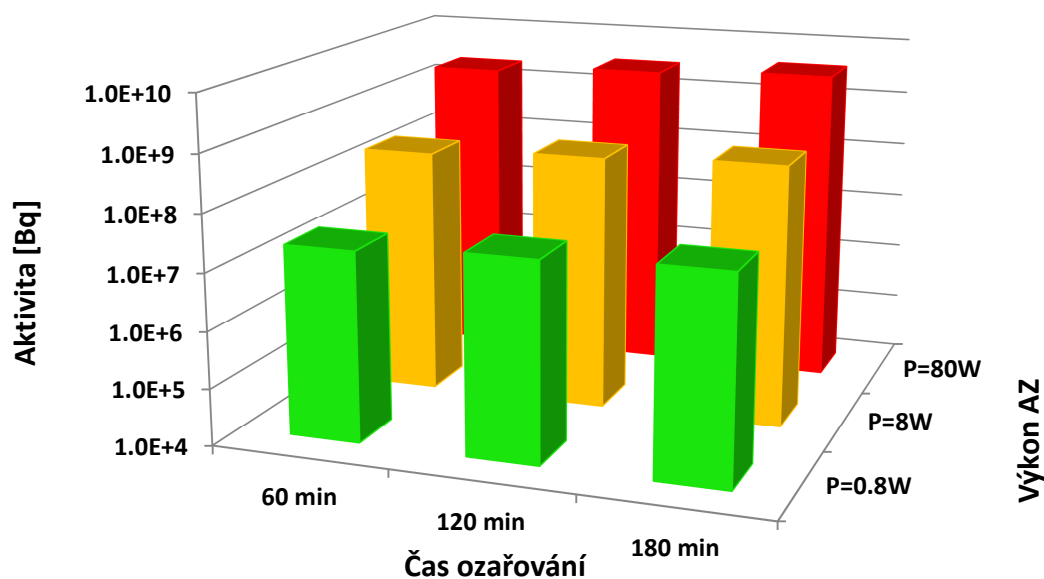
| Nuklid | Výkon AZ | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| | 0.8W | 8W | 80W |
| Te-132 | 2.95E+05 | 2.94E+06 | 2.95E+07 |
| I-131 | 1.74E+04 | 1.74E+05 | 1.74E+06 |
| I-135 | 5.16E+06 | 5.15E+07 | 5.17E+08 |
| Xe-135 | 2.96E+05 | 2.96E+06 | 2.96E+07 |

Tab. 6 Odhad aktivit štěpných produktů v Bq vzniklých v ozářeném článku IRT-4M

| Výkon AZ | Čas ozařování | | |
|-------------|---------------|----------|----------|
| | 60 min | 120 min | 180 min |
| 0.8W | 2.15E+07 | 3.03E+07 | 3.86E+07 |
| 8W | 2.15E+08 | 3.01E+08 | 3.86E+08 |
| 80W | 2.16E+09 | 3.01E+09 | 3.85E+09 |

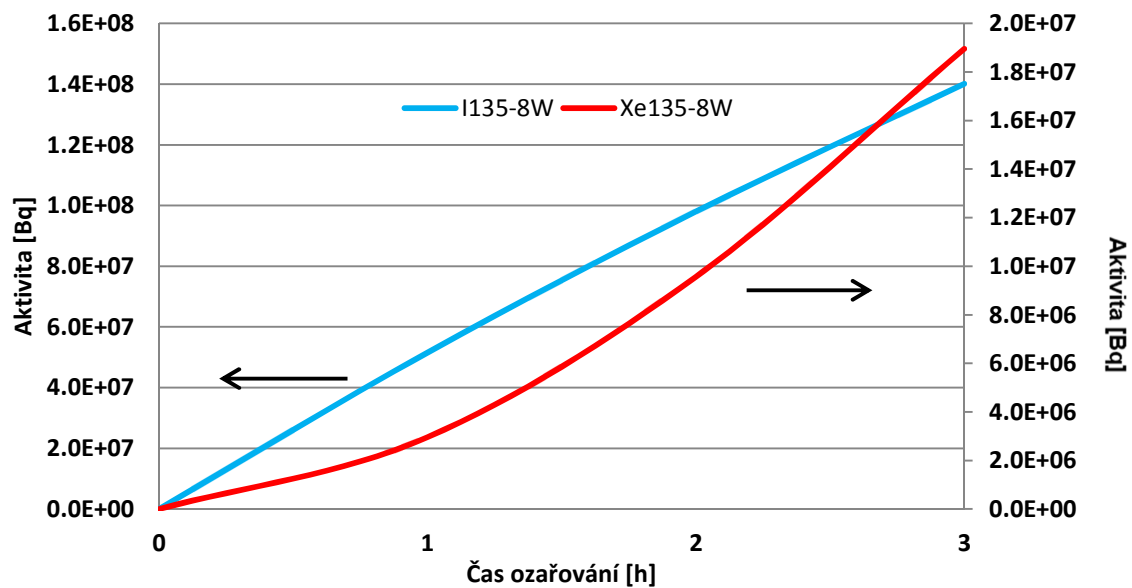


Obr. 10 Odhad aktivit vybraných štěpných produktů vzniklých ozářením článku IRT-4M – čas ozařování 60 min



Obr. 11 Odhad aktivit štěpných produktů vzniklých ozářením článku IRT-4M

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT | Příloha IV | List: 10 z 10 |
| | Odhady aktivit vybraných štěpných produktů | Datum účinnosti: 30.9.2015 |



Obr. 12 Časový vývoj aktivit ^{135}I a ^{135}Xe v článku IRT-4M na výkonu 8W