

# **Kehittyneet polttoainekierrot – Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi**

KYT2014 puoliväliseminaari

2013-04-17

Tuomas Viitanen, VTT

KEPLA-projekti

## Kehittyneet Polttoainekierrot (KEPLA-projekti)

- Kehittyneissä polttoainekierroissa pyritään käytetyn polttoaineen **jälleenkäsittelyyn** ja **transmutaation** avulla
  1. Hyödyntämään entistä suurempi osa ydinpolttoaineen energiapotentiaalista
  2. Vähentämään geologisesti loppusijoitettavan ydinmateriaalin radiotoksisuutta ja lämmöntuotantoa
- Kuitenkin: myös kehittyneissä polttoainekierroissa tarvitaan aina geologista loppusijoitusta.

## Suomen nykyinen ydinpolttoainekiertostrategia

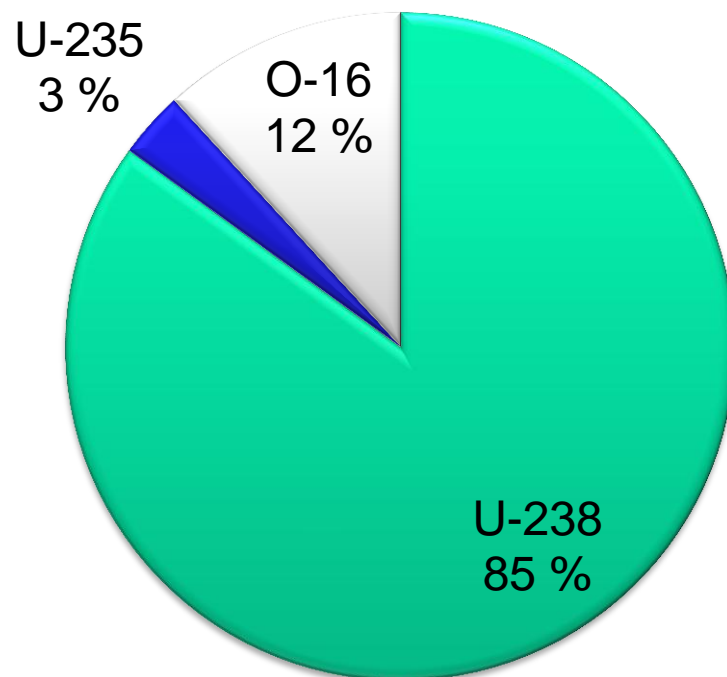
- Polttoainekiertotermein ”once-through”
  - Polttoaine käy kerran reaktorissa ja välivarastoinnin jälkeen loppusijoitetaan sellaisenaan.

**Ydinenergialaki 6 a §:** *“Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen.”*

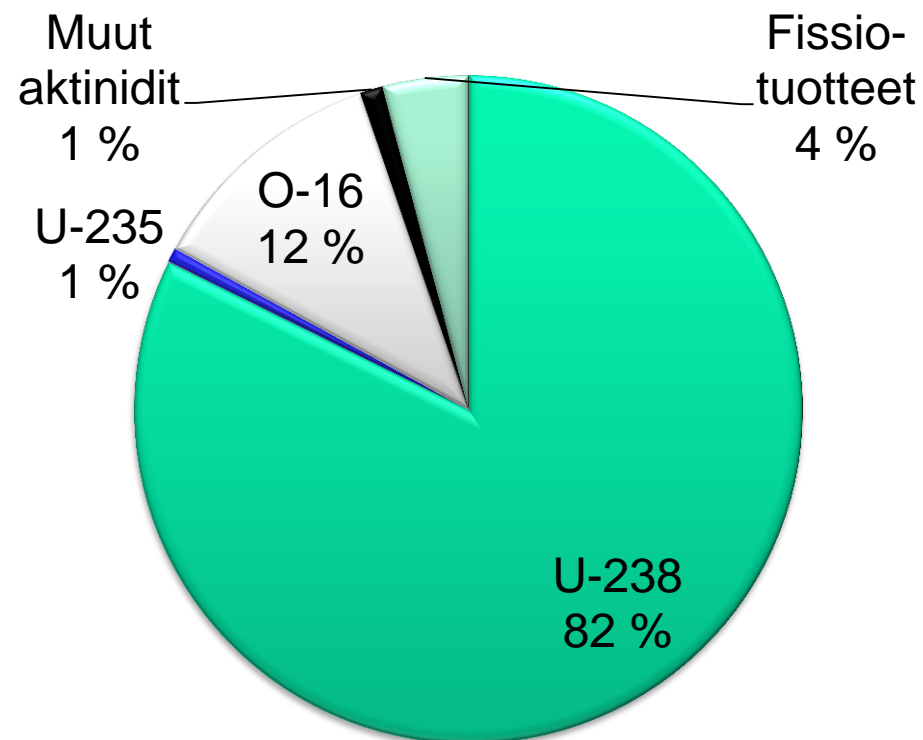
- Kuitenkin: once-through –kierrolle on olemassa vaihtoehtoja.

## PWR-polttoaine (karkeasti)

### Tuore polttoaine

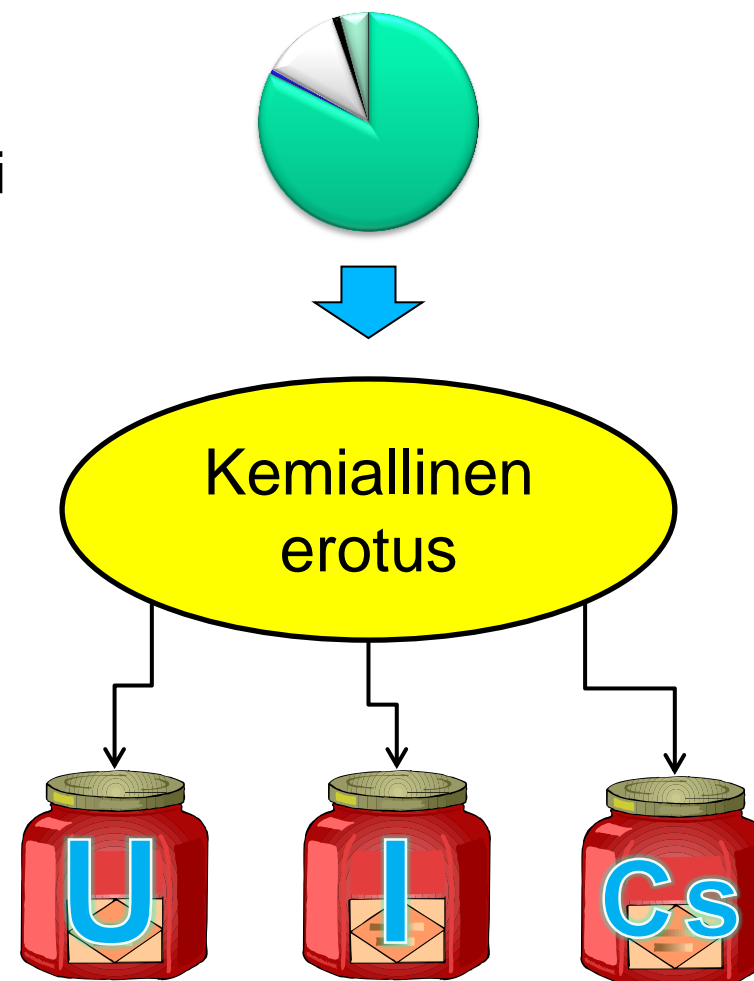


### Käytetty polttoaine (40 MWd/kgU)



## Erotustekniikat

- Käytetystä polttoaineesta voidaan kemiallisesti erotella alkuaineita tai alkuaineryhmiä.
- Optimitilanteessa kukin alkuaine saataisiin omaan ”purkkiin”, jonka jälkeen jatkokäsittelyt voitaisiin hoitaa kullekin alkuaineelle optimaalisella tavalla.



## Jatkotoimenpiteet – Erotuksen jälkeen

- **Kierrätys takaisin reaktoriin**
  - (lähinnä U ja Pu).
- **Odottaminen (jäähdytys)**
- .
- **Geologinen loppusijoitus**
- **Transmutaatio.**

## Transmutaatio

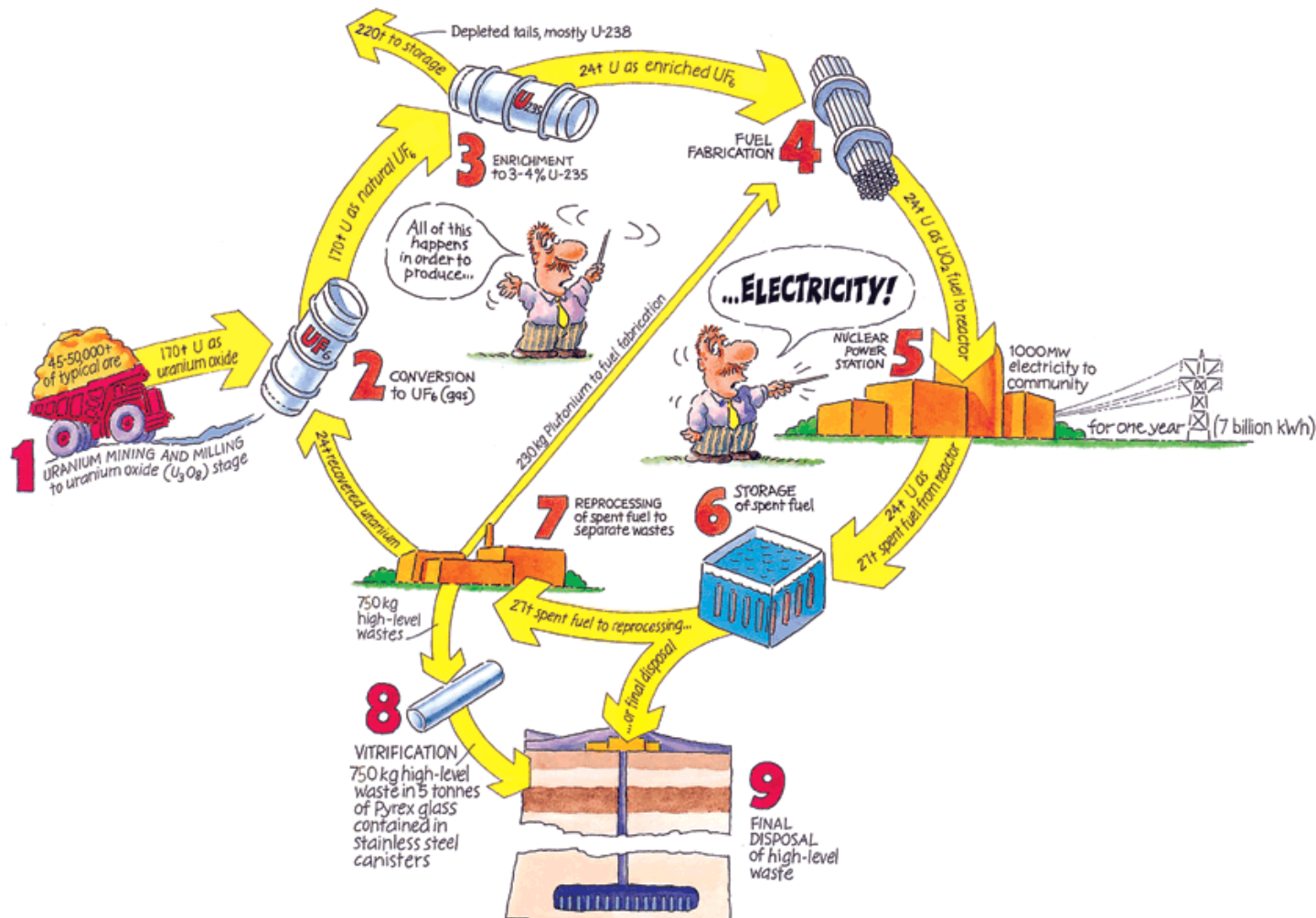
- Tyypillisesti transmutaatiota suunnitellaan:
  - Voimakkaille jälkilämmöntuottajille (sivuaktinidit, Pu)
  - Hyvin pitkäikäisille fissiotuotteille (mm. Tc-99, I-129)
- Nopean spektrin reaktorit tai ADS-järjestelmät.
- KEPLA:n puitteissa on tutkittu sivuaktinidien polttoa myös kevytvesireaktoreissa [1,2].

[1] K. Rantamäki, "Sivuaktinidien poltto kevytvesireaktorissa", VTT-Raportti VTT-R-07384-11

[2] A. Räty, "Sivuaktinidien poltto osittaisella MOX-latauksella", VTT-Raportti VTT-R-00541-13

[3] Janne Wallenius, Daniel Westlén, "Hafnium clad fuels for fast spectrum BWRs", *Annals of Nuclear Energy* 35, p. 60-67, 2008.

# Polttoainekiertojen laskennallinen analyysi

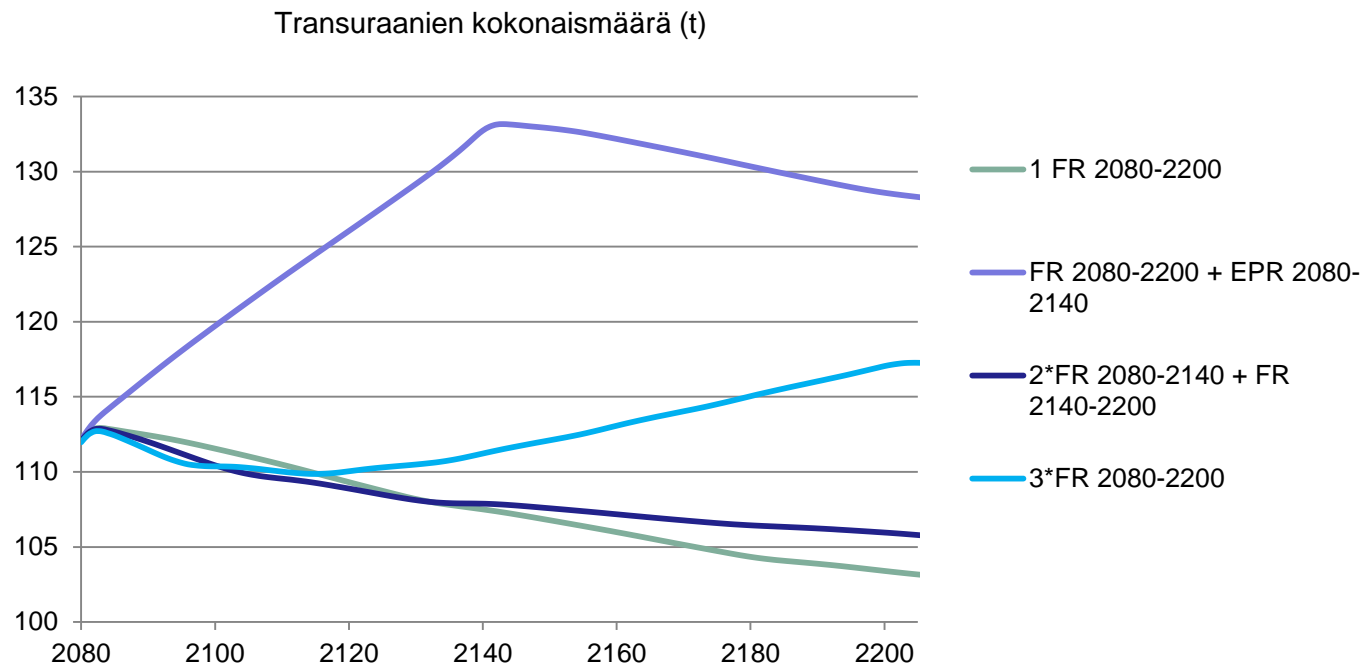




## Esimerkkilasku: Suomen siirtyminen nopeiden reaktorien käyttöön [4]

- Oletettiin nykyisten ja rakenteilla/valmisteilla olevien kevytvesireaktorien jälkeen rakennettavan vain nopeita reaktoreita sekä joissakin skenaarioissa myös kevytvesireaktori (kaikkien elinikä 60 v)
- Laskettua:
  - Kotimaista fissiiliä plutoniumia on tällä hetkellä (2013) riittävästi 1450 MWe nopean reaktorin käynnistämiseen.
  - Transuraanien määrän kehitystä kokonaismassana ja suhteessa tuotettuun (sähkö)energiaan tarkasteltiin kolmessa eri polttoainekierto-skenaariossa: pelkkä Pu-kierrätys, Pu+sivuaktinidien kierrätys sekä Pu-hyötö hyötövaippojen avulla.

# Suomen siirtyminen nopeiden reaktorien käyttöön – Tulokset lyhyesti



- Kuvassa transuraanien määrä Suomessa tonneina 2080 – 2200 eri reaktorikokoonpanoilla, kun kaikki transuraanit kierrätetään

## Yhteenveto

- Kehittyneissä polttoainekierroissa pyritään polttoaineen jälleenkäsittelyyn ja erityisen hankalien nuklidien transmutaation avulla
  - Hyödyntämään entistä tehokkaammin polttoaineen koko energiantuotantopotentiaali
  - Vähentämään loppusijoitukseen päätyvän ydinjätteen radiotoksisuutta sekä lämmöntuotantoa.
- Laskennallisen polttoainekiertoanalyysin avulla on mahdollista tutkia polttoainekiertostrategioiden vaikutusta ydinjätteen määrän ja laatuun.