



Uraani pohjavesiolosuhteiden indikaattorina

Juhani Suksi
Miia Pehkonen
Kai-Vernerri Kaksonen

Radiokemian laboratorio
Kemian laitos

Miksi?

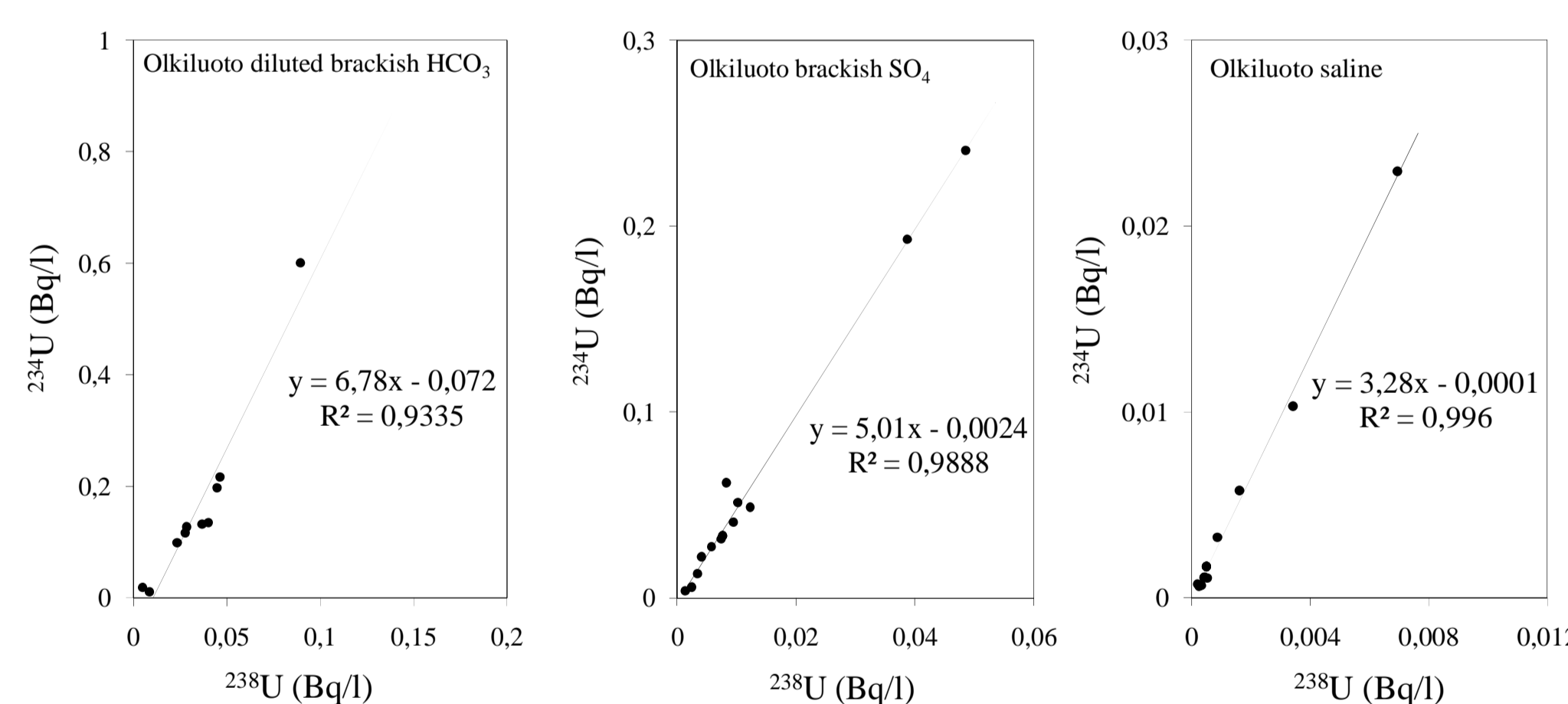
Pohjavesiolosuhteiden vaihteluiden ymmärtäminen on olennainen osa käytetyn ydinpolttoaineen geologisen loppusijoituksen turvallisuusanalyysia. Maanpinnalta infiltroituvien vesien tiedetään vaikuttavan pohjaveden kemialliseen koostumukseen mutta vaikutusten turvallisuusmerkitystä ei ole vielä lopullisesti selvitetty. Hankkeessa tutkittiin pohjaveteen liuenneen uraanin hyödyntämistä asian selvittämiseksi.

Lähtökohdat

^{234}U -isotoopin vapautuminen veteen ^{238}U -isotooppia helpommin tunnetaan hyvin teoreettisesti ja kokeellisesti mutta mikä saa aikaan kuvan 1 kaltaisen $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -suhteen vaihtelun pohjavesissä tunnetaan huonosti. Yksi syy vaihteluille on viime jääkauden jälkeiset infiltraatiot (sulavesi, merivesi ja sadanta). Uraanin isotooppien pitkistä puoliintumisajoista johtuen radioaktiivisen hajoamisen vaikutus $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -suhteen muotoutumiseen kyseisenä ajanjaksona on merkityksetön.

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhde ja pohjavesikemia

Uraanin isotooppien vapautumissuhde määritettiin graafisesti esittämällä ^{234}U -isotoopin pitoisuus ^{238}U -pitoisuuden funktiona. Yhteys pohjavesikemiaan saadaan vertaamalla eri pohjavesityypeille määritettyjä vapautumissuhteita. Kuvassa 2 on esitetty $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhde kolmelle Olkiluodon vesityypille. Hyvä korrelaatio voidaan selittää onnistuneella näytteenotolla.



Kuva 2. $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhteen määrittäminen. Erinomainen korrelaatio voidaan selittää onnistuneella näytteenotolla.

Tärkeimmät havainnot

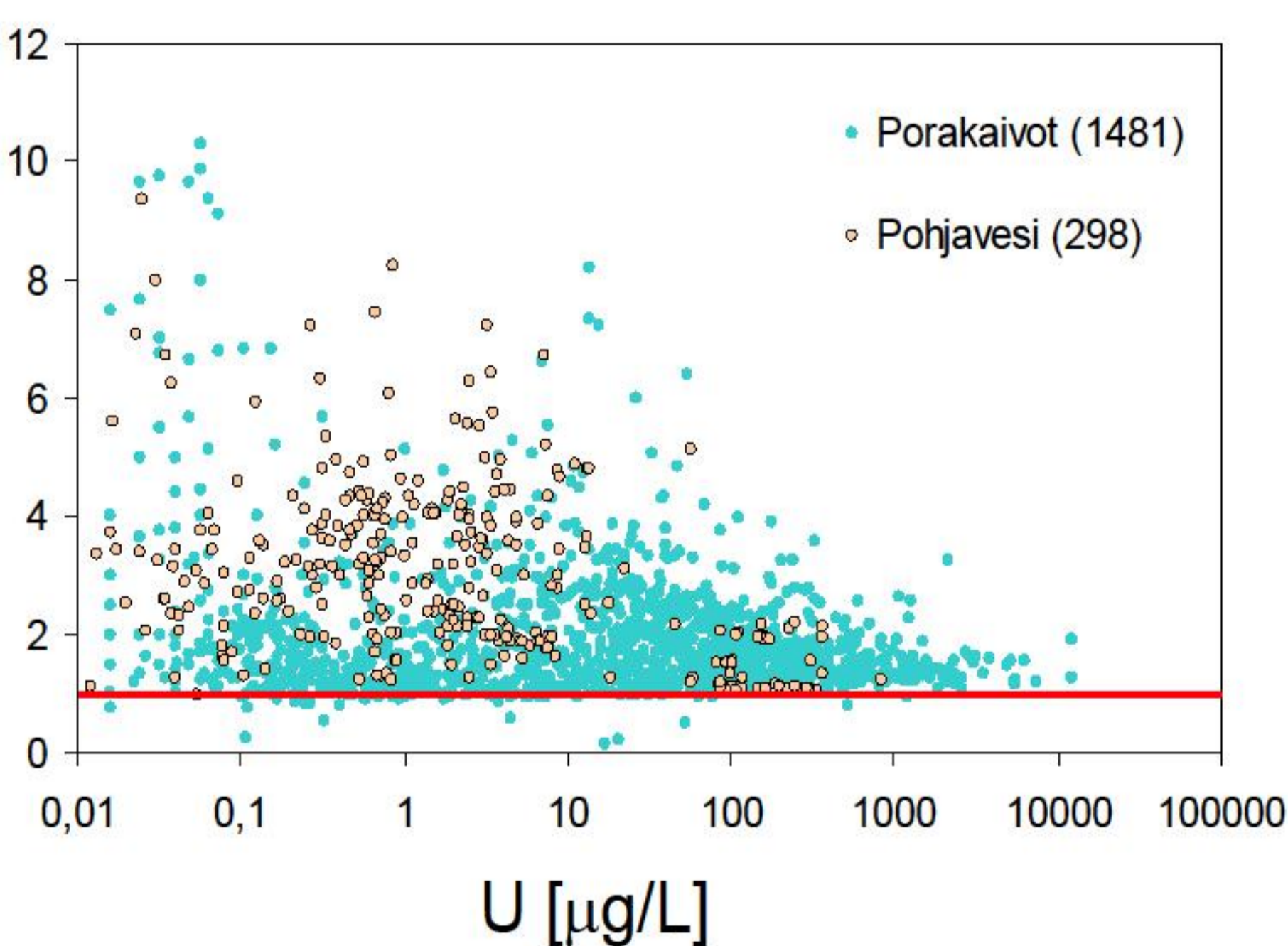
Uraanin isotooppien $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhde vaihtelee rannikkoalueella mutta ei sisämaassa. Vapautumissuhde näyttäisi myös riippuvan veden suolapitoisuudesta. Suurin $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhde saatiin tuoreeseen suotautuneeseen pohjaveteen.

Johtopäätös

Infiltraatioiden ja uraanin isotooppien vapautumissuhteen välinen yhteys voidaan nähdä tutkitussa aineistossa mutta tarkemmat johtopäätökset edellyttävät havaintojen testaamista laboratoriossa.

Tutkimuksen toinen vaihe

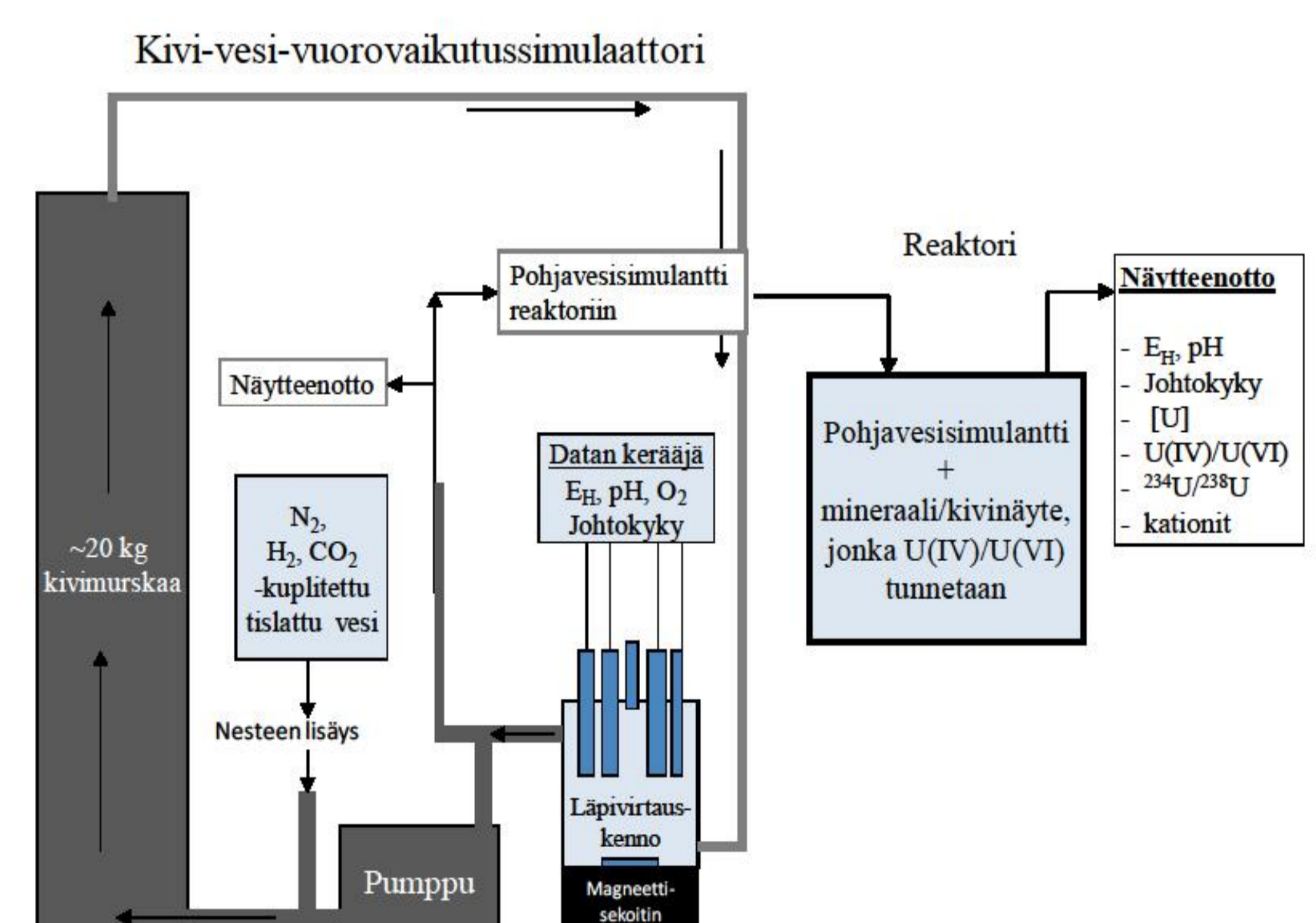
Hankkeen toisen vaiheen tarkoituksena oli tutkia $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhteen ja pohjavesiolosuhteiden välistä riippuvuutta laboratoriossa simuloiduissa olosuhteissa. Tutkimusta varten rakennettiin kivi-vesi-vuorovaikutussimulaattori eri vesityyppien, mm. alhaisen E_H :n pohjavesisimulantin valmistamiseksi (Kuva 3).



Kuva 1. Eri tutkimuspaikkojen pohjavesissä mitattuja uraanipitoisuuksia ja isotooppien aktiivisuussuhteita. Pitoisuuksien suuri vaihtelu heijastelee kivilajien vaihtelua virtausreittien varrella ja labiiliin uraanin saatavuutta virtauskanavissa. Porakaivojen yleensä suuremmat uraanipitoisuudet johtunevat kairauksen aiheuttamista hydrokemiallisista muutoksista.

Taulukko 1. Uraanin isotooppien $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhde eri tutkimuspaikkojen pohjavesissä.

Tutkimuspaikka	Hydrokemia	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -vapautumissuhde	Kommentteja
Olkiluoto	HCO_3^- -murtovesi	6,8	Makeaa vettä 150 m saakka; hydrogeologisesti dynaaminen vyöhyke; Litorina merivaiheen infiltraatio 300 m asti; sulaveden jäämiä; vesi muuttuu suolaiseksi 400-500 m syvyydessä
	SO_4^{2-} -murtovesi	5,0	
	Cl-murtovesi	3,3	
	Suolainen vesi	3,3	
Hästholmen	SO_4^{2-} -murtovesi	3,6	Laimean HCO_3^- -vesi 100 m saakka; Litorina-vaiheen infiltraatio 300 m asti; sulaveden jäämiä vesi muuttuu suolaiseksi 500-600 m syvyydessä
	Suolainen vesi	2,6	
Romuvaara	Virtausreitti I	3,8	Makea vesi ulottuu satojen metrien syvyyteen. Pohjavesi kehittyi Ca-Na-Mg- HCO_3^- -tyyppistä Na-Ca- HCO_3^- -tyyppiin. Ei havaintoja sulaveden infiltraatiosta.
	Virtausreitti II	3,0	
	Virtausreitti III	3,4	
Kivetty	Virtausreitti I	4,3	Makea vesi ulottuu satojen metrien syvyyteen. Pohjaveden evoluutiossa samoja piirteitä kuin Romuvaarassa. Sulaveden infiltraatio.



Kuva 3. Kivi-vesi-vuorovaikutussimulaattori