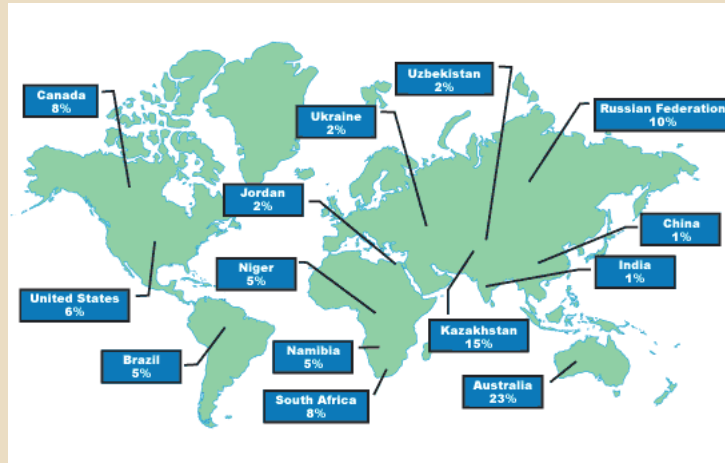


# Ércteleptan – VIII.



## Az üledékes környezetben előforduló urántelepek eredete

Az ismert urántartalékok (< 130 US\$/kg U) globális eloszlása: 5.47 Mt (forrás: OECD NEA & IAEA, Uranium 2007: Resources, Production and Demand, Red Book 2007). Cameco.com



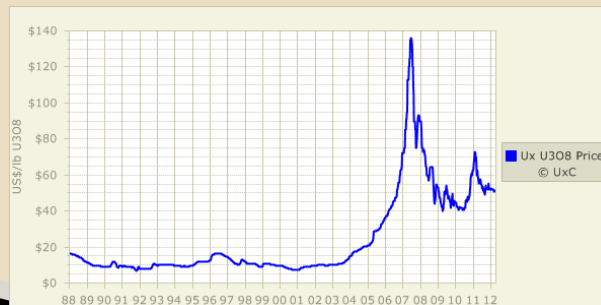
Dr.  
**MÁRTON ISTVÁN**  
Istvan.Marton@stockwork.ro

Babeş-Bolyai Tudományegyetem,  
Geológia Szak, 3. év, 2011-2012

## Az urán mint energiaforrás

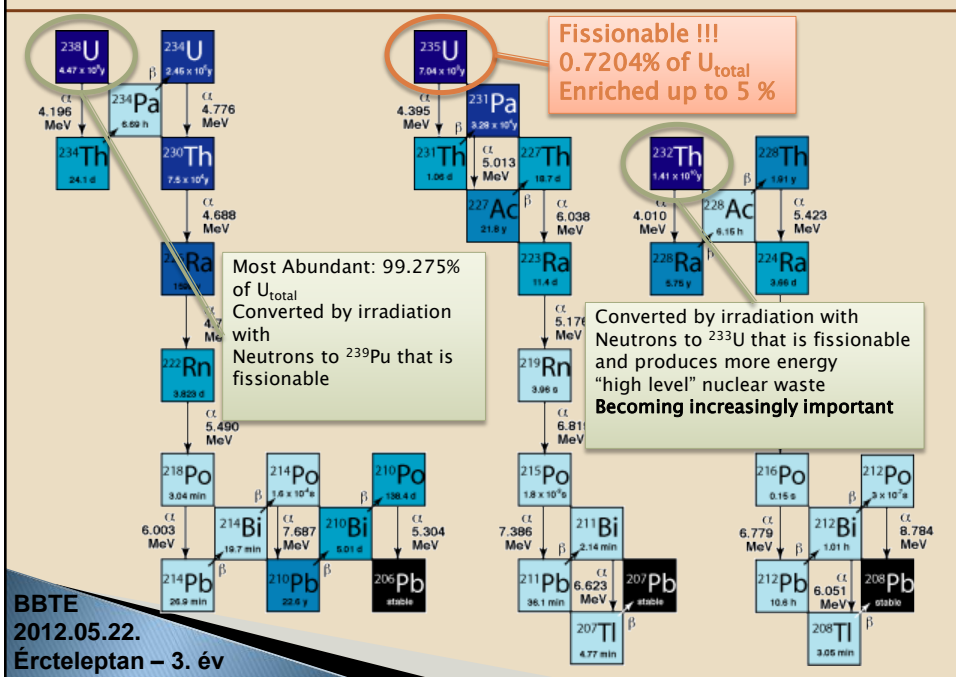
- Olcsóbb kutatási költségek mint a szénhidrogének esetén:
  - 3.4 US\$/MJ urán esetén
  - 1050 US\$/MJ az olaj esetén.
- Kevesebb üvegházhatást erősítő gáz.
- A tartalékok globális eloszlása egyenletesebb, kisebb politikai kockázat az ellátásban.
- A teljes energia termelés árában az urán csak 6-9%-kal vesz részt, elenyésző befolyása van az energia árának befolyásolásában.

Az elmúlt 25 év urán  
árváltozásának  
diagramja



BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

## Az urán és a tórium bomlási sora



## A legfontosabb urán ércásványok

Uraninit	$UO_{2+x}$
Uránszurokérc (Pitchblende)	= finom szemcsés, az uraninit colloform megjelenése
Koffinit	$USiO_4$
Brannerit	$(U,Ca,Ce)(Ti,Fe)_2O_6$
Karnotit	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$
Tyujamunit	$Ca(UO_2)_2(V_2O_8) \cdot 8H_2O$
Uranofán	$Ca(UO_2)_2(SiO_3OH)_2 \cdot 5H_2O$



**BBTE**  
2012.05.22.  
Érteleptan – 3. év

## Az urán dúsulását meghatározó geokémiai tényezők

### Water

- ▶  $U^{3+}$ ,  $U^{4+}$  (low solubility),  $U^{5+}$ ,  $U^{6+}$  (high solubility)

### Igneous rocks

- ▶ Incompatible element in crustal processes
  - concentrated in the upper continental crust ~ 2.7 ppm (granite, pegmatite ...)
  - Enriched in **peralkaline magma** (10–50 ppm) over **peraluminous** (5–30 ppm) and **calc-alkaline** (3–4 ppm) magmas.
- ▶  $U^{4+}$  concentrated in zircons, titanites, allanites and uraninites
- ▶ In igneous rock: U associated with Th, Zr, Ti, Nb, Ta, and REE

### Sedimentary rocks

- ▶ Very enriched in **Black Shale** (3–1250 ppm) and **Marine Phosphate Rocks** (50–300 ppm)
- ▶ U associated with redox active elements such as Mo, V, Se, As, Cu

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

## Az urán frakcionációja magmás folyamatok során

<u>Ércek:</u>	McArthur River, Saskatchewan, Kanada	20 wt%
		$\times 10^{-10^5}$
	Rössing alaskitok, Namíbia	300 ppm
		<b>U ppm</b>
<u>Közetek:</u>	alkáli gránitok	10-50
	peraluminiosos gránitok	5-30
	átlagos gránitok	3-4
	alkáli olivin bazaltok	0,53
	tholeites bazaltok	0,14
	peridotitok	0,01
		$\times 100$
<u>Fő urán rezervoárok</u>		
	Kontinentális kéreg	1,3
	Primitív köpeny	0,021
	Szenes kondritok	0,007
		$\times 200$

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

## Az urán szállítása szilikát olvadékokban és magmás fluidumokban

In melts, solubility is favored by:

- ▶ High (Na+K)/Al ratio (mainly Na)
- ▶ Increasing  $fO_2$
- ▶ F-rich silicate melt

In magmatic fluids, solubility is favored by:

- ▶ Chloride complexes in oxidizing conditions (+hydroxyl complexes at neutral pH)
- ▶ Fluoride complexes in reducing conditions

- Lowest fluid–melt partition coefficient for peralkaline melts (U highly soluble and retained in the silicate melt rather than  $CO_2$ -rich fluid)
- Highest fluid–melt partition coefficient for peraluminous melts in equilibrium with an acidic Cl-rich fluid

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

## Az urán szállítása oldatokban

Strong dependence of  $fO_2$  on the solubility of U

- ▶ Low T:  $fO_2$  and pH are important
- ▶ High T:  $fO_2$  is the major control

Reduction by  $Fe^{2+}$  or C species are the most likely mechanism to precipitate uraninite

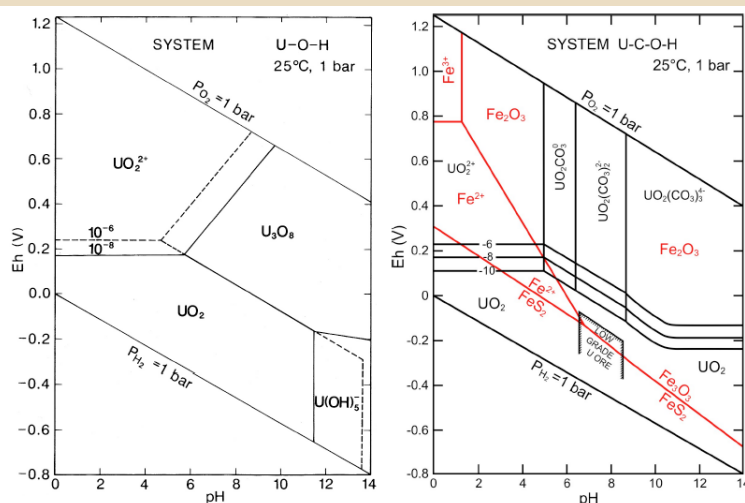
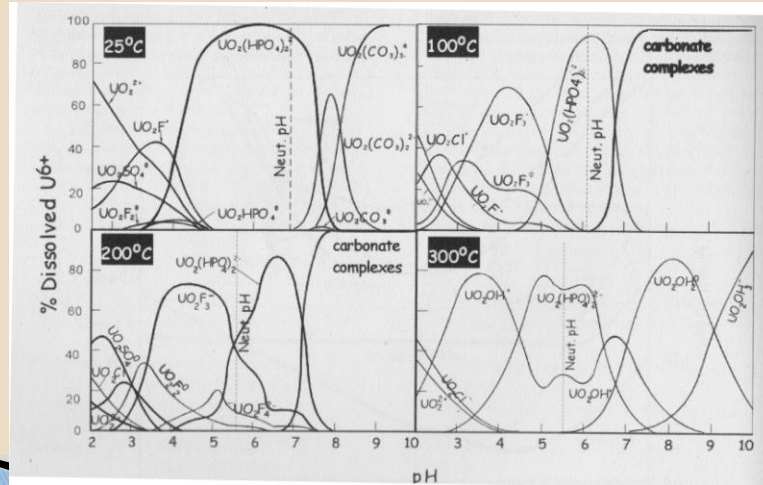


Fig. 5 Stabilité des différentes phases d'uranium dans les systèmes U-O-H et U-C-O-H à 1 bar et 25°C (Brookings, 1988).

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3.

### Az urán szállítása oldatokban

- ▶ In oxidized fluids, solubility is controlled by complexes of  $\text{UO}_2^{2+}$  (uranyl cation) with strong anions such as  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{PO}_4^{3-}$
- ▶ In reduced ground water only  $\text{F}^-$  complexes of  $\text{U}^{4+}$  are significant and only at very low pH



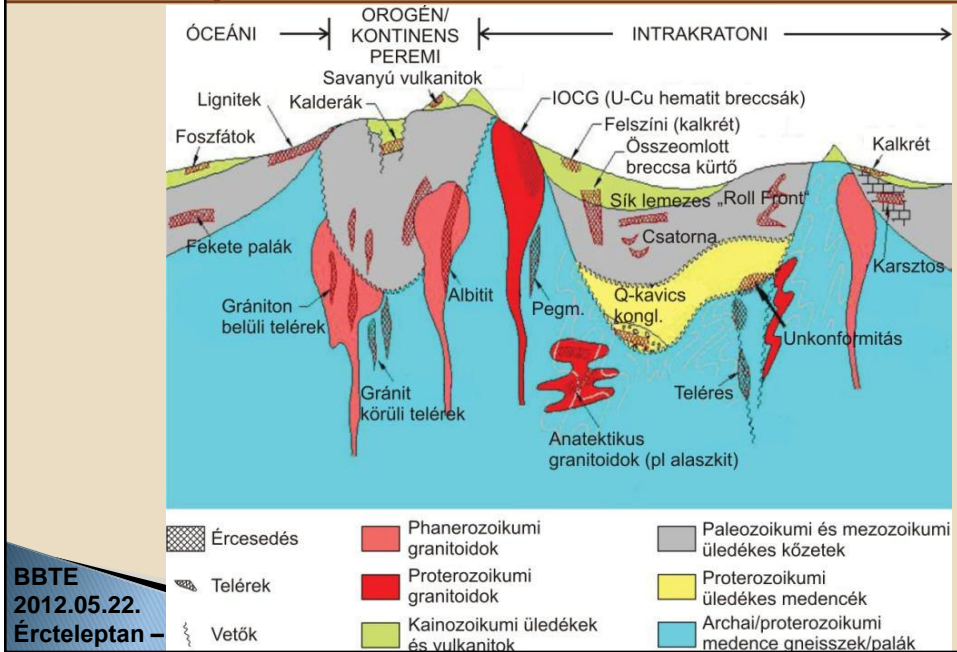
BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

### Vizes oldatokból történő kicsapódási folyamatok

- ▶ Decrease  $f\text{O}_2$
- ▶ Decrease pH
- ▶ Adsorption on organic matter, clay and secondary oxide particles
- ▶ Substitution for other elements (eg. Ca in apatite)
- ▶ (weak T dependence, only if strong contrast)

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

## Az eltérő típusú U-telepek földtani elhelyezkedésének sematikus ábrája



BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan –

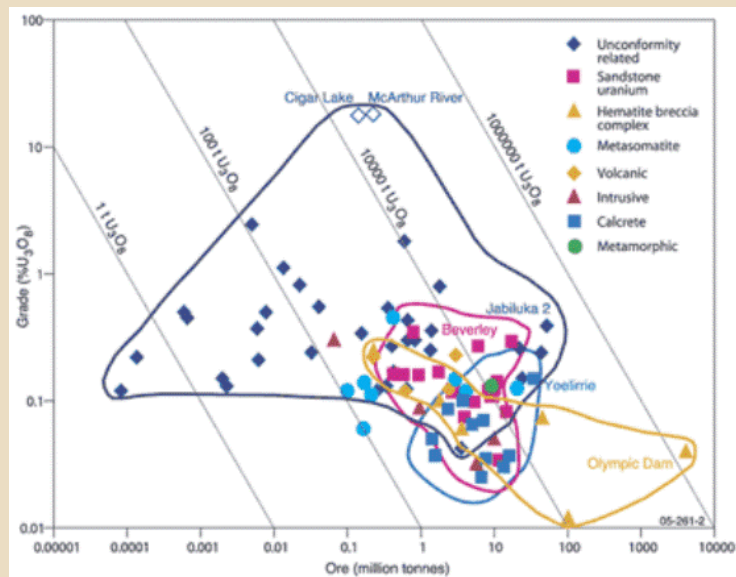
1. táblázat: Az urántelepek általános jellemzője a gazdasági fontosságuk sorrendjében [7]

Telep típus	Földtani környezet	Érc. foka* (%U)	Képződési hőm. (°C)	Fluidum típus	Kor	Példa
Unkonformitáshoz kapcsolódó	Intrakratoni/medenceperemi	1,0 - 25,0	200 - 300	Medence és alaphegység besűrűsödött oldatok	1500 - 1900 M év	Rabbit Lake, Mc Arthur River (Athabasca medence), Narbarlek, Ranger (Ausztrália), Karku (Oroszország)
Homokkőben jelenlevő	Táguló rift medence	0,05 - 0,5	25 - 100	Felszín alatti vizek	Paleozoikum-tercier	Mokum, Inkay (Kazahsztán), Beverley (Ausztrália), Akouta (Nigéria)
Telérés	Poszt-orogén táguló medence	0,1 - 2,0	200 - 500	Metamorf és hidrotermális	Proterozoikum-mezozoikum	Pribram, Jachymov (Csehország), Shinkolobwe (Kongói DK), Massif Central (Franciaország),
Metaszomatikus	Rift/ív mögötti medence	0,05 - 0,2	300 - 700	Metamorf és magmás	Proterozoikum	Pervomayskoye (Ukraina), Lagoa Real (Brazília), Valhalla (Ausztrália)
IOCG/hematit breccsa	Szigetiv/medenceperemi	0,02 - 0,05	200 - 500	Magmás és késő hidrotermális	Proterozoikum	Olympic Dam (Ausztrália)
Magmás intrúzió	Alkáli komplexek	0,01 - 0,5	300 - 700	Magmás és hidrotermális	Nem korfüggő	Rössing (Namíbia), Ilimaussaq (Grönland), Palabora (Dél-Afrika)

Vulkanikus	Rift/ ív mögötti medence	0,03 – 0,3	200 – 500	Medencén belüli besűrűsödött és magmás oldatok	Nem korfüggő	Streltsovsk caldera (Oroszország), Dornot (Mongólia), Nopal (Mexikó), McDermitt (USA), Xiangshan (Kína)
Kvarc kavics konglomerátum	Intrakratoni/ medenceperemi		50 – 300	Felszín alatti vizek és hidrotermális	2200 – 2700 M év	Witswatersrand (Dél-Afrika), Blind River/Elliot Lake (Kanada)
Felszíni (Kalkrét)	Vízgyűjtő medence	0,03 – 0,1	25 – 50	Felszín alatti vizek	Tercier	Yeerlirrie (Ausztrália), Langer Heinrich (Namíbia)
Foszforit	Kontinens perem/ tengeri	0,005 – 0,05	20 – 50	Sós és félsós oldatok	Fanerozoikum	Uncle Sam (USA), Gantour (Marokkó), Al-Abiad (Jordánia),
Fekete pala	Sekély epikontinentális medence	0,005 – 0,04	2 – 20	Sós oldatok		Alum shale (Svédország, Észtország), Chatanooga shale (USA), Chanziping (Kína), Gera-Ronneburg (Németország)

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

### Az urántelepek mérete és ércesedési foka



BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

### Az eltérő árkategóriájú, ismert U tartalékok 2007-ben és 2009-ben

	2007				2009			
	<USD 40/kgU	<USD 80/kgU	<USD 130/kgU		<USD 40/kgU	<USD 80/kgU	<USD 130/kgU	<USD 260/kgU
Unkonformitás	572400	637500	649700	Unkonformitás	366800	754000	724900	733700
Homokkő	722600	1005400	1523900	Homokkő	65100	820200	1369000	1647500
IOCG	886200	892200	900900	IOCG	0	1240200	1255500	1255500
Q-kavics	201800	258400	301900	Q-kavics	135006	171000	203300	215900
Metaszomatit	136000	580500	673700	Metaszomatit	92000	175600	582600	727600
Hidrotermális	0	198100	324500	Hidrotermális	0	8100	115300	288700
Magmás	109000	210200	287900	Magmás	1800	10900	189600	281300
Vulkanikus	51400	200300	211300	Vulkanikus	0	163700	214800	292000
Egyéb	240100	354900	438700	Egyéb	53600	256900	453400	479500
Nem azonosított	50500	118900	156400	Nem azonosított	82200	194900	295600	384600
Összesen	2970000	4456400	5468900	Összesen	796500	3741900	5404000	6306300

BBTE

2012.05.22.

Ércteleptan – 3. év

### Homokkőben jelenlevő urántelepek

<b>Host rock</b>	OM and/or pyrite bearing fluvial (to marine) arkosic, medium to coarse-grained (poorly-sorted) sandstone interbedded and/or bounded by less permeable horizons
<b>U sources</b>	Granite or uraniferous tuffs
<b>Types of fluid</b>	Groundwater vertically and/or laterally channelled
<b>Precipitation processes</b>	Reduction by coalified vegetal matter, woody fragments, structureless organic matter (humate), petroleum, natural gas, pyrite or other sulfides, bacterial activity
<b>Ore mineralogy</b>	Pitchblende, coffinite, ( $\pm$ vanadates, phosphates) (traces of Se, Rh, Mo, Sc, Co and Ni)
<b>Typical grade</b>	0.05 - 0.5 %
<b>Main Age</b>	Palaeozoic to Tertiary

BBTE

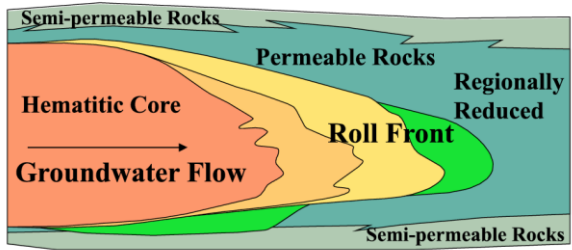
2012.05.22.

Ércteleptan – 3. év

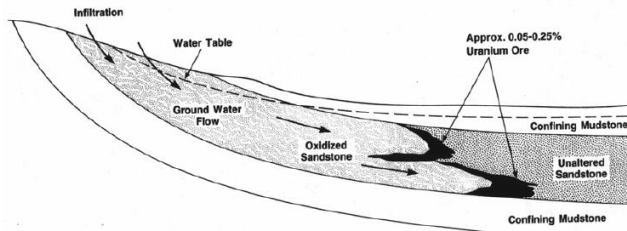


**Homokkőben jelenlevő urántelepek**

**CONCEPTUAL MODEL OF URANIUM ROLL FRONT DEPOSIT**  
(After Devoto, 1978)

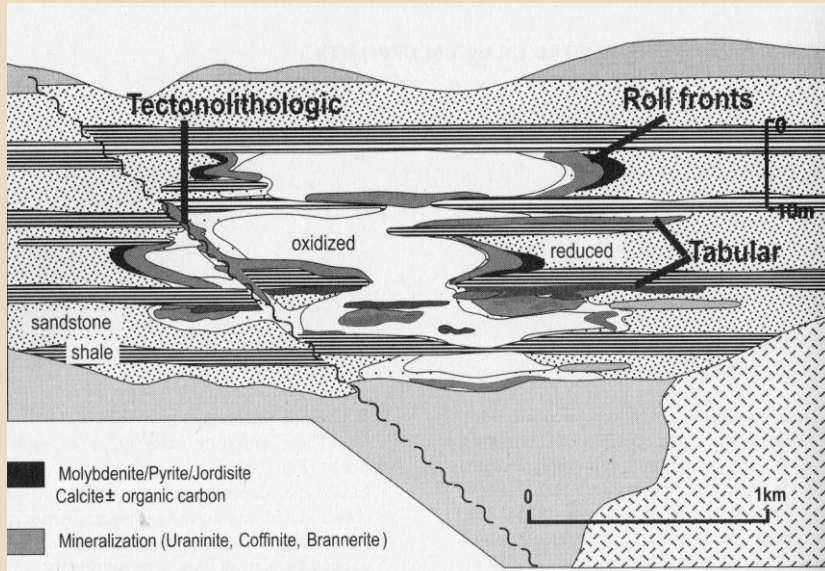


Hematitic Core	Alteration Envelope	Ore-Stage Uranium	Ore-Stage Pyrite	Reduced Sandstone
Hematite Magnetite	Siderite Sulfur-S <sup>0</sup> Ferroselite Goethite	Uraninite Pyrite FeS Selenium Hsmannite	Molybdenite Pyrite Jordisite Calcite	Pyrite Jordisite Calcite



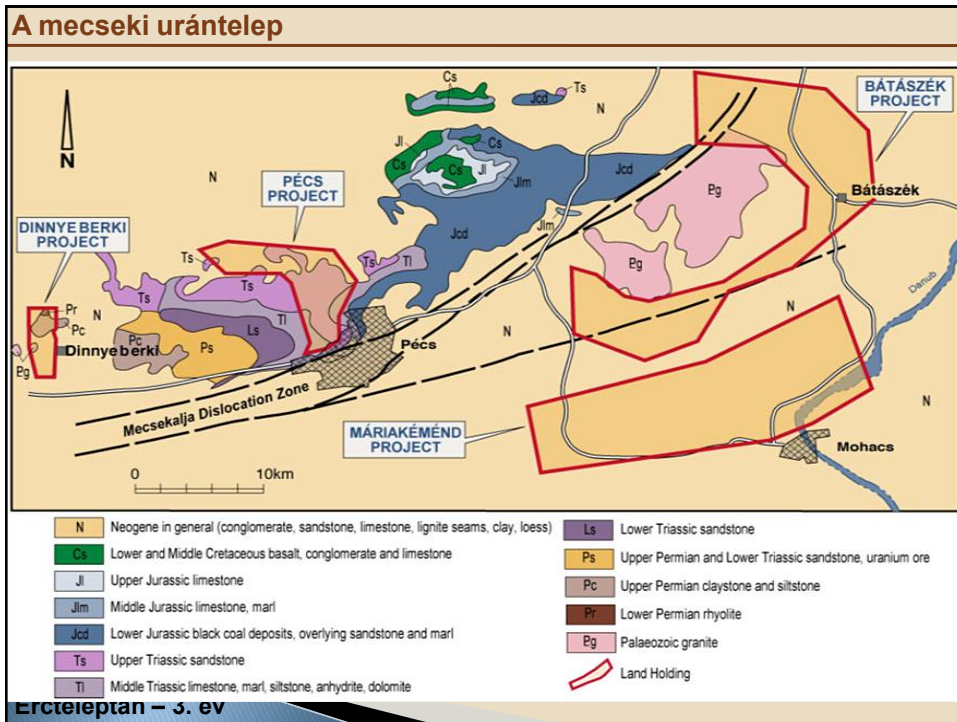
BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

**Homokkőben jelenlevő urántelepek**



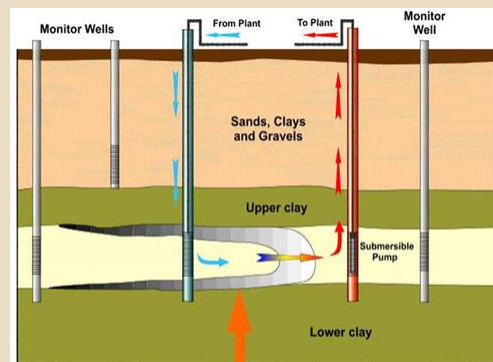
BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

Cuney & Kyser 2009



### Homokkőben jelenlevő urántelepek bányászata

- ▶ Open Pit – 30% of U (eg. Ranger, Australia; Rössing, Namibia; McClean Lake, Canada; Arlit, Niger)
- ▶ Underground – 50% of U (eg. McArthur River, Canada; Rabbit Lake, Canada; Akouta, Niger)
- ▶ In Situ Leaching (ISL) – 20% of U
  - Sulfuric acid
  - Phosphate-bearing fluids
  - Ammonium carbonate solutions



BBTE  
2012.05.22.  
Érteleptan – 3. év

### Kvarc kavics konglomerátum urántelep

<b>Host rock</b>	Paleo-placer in cross-bedded, oligomictic quartz-pebble conglomerate beds with a pyritic matrix interbedded with quartzite and argillite beds
<b>U sources</b>	Archean uranium-rich granitic basement rocks
<b>Types of fluids</b>	Meteoric
<b>Precipitation processes</b>	Reducing character of the early, oxygen-poor earth atmosphere prior to oxyatmoversion
<b>Ore mineralogy</b>	Uraninite ( $\pm$ Au, REE)
<b>Typical grade</b>	0.05 - 0.12 %
<b>Main Age</b>	Early Proterozoic

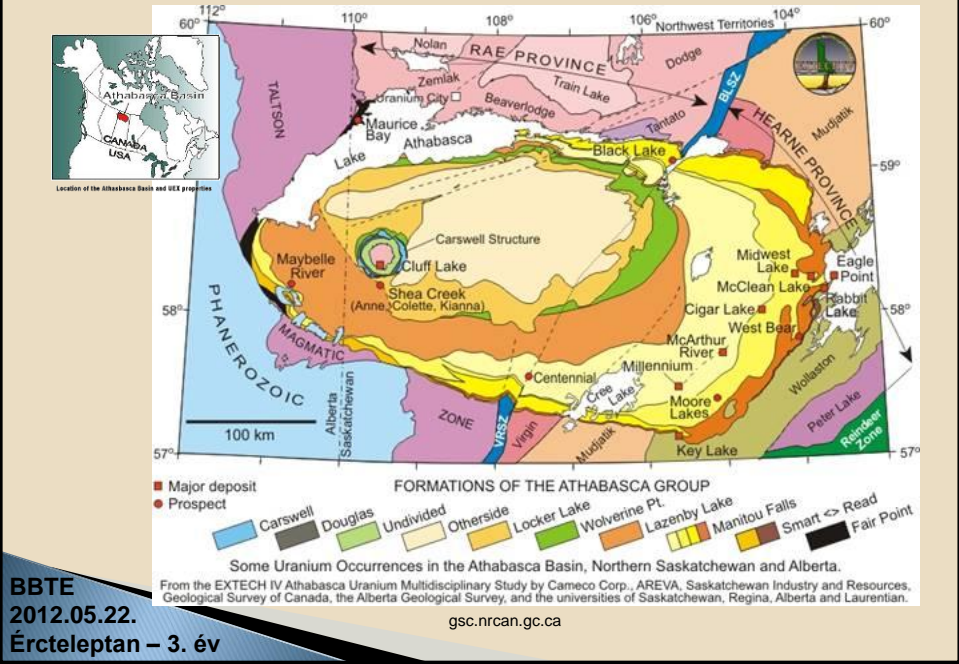
BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

### Unkonformitáshoz kapcsolódó telepek

<b>Host rock</b>	Structurally hosted (reverse fault, shear zones, breccia), either in Paleoproterozoic sandstone or underlying metamorphosed basement	
<b>U sources</b>	Basement Fm.	Overlying basin
<b>Types of fluids</b>	Basinal brines percolating in the basement	Oxydized basinal brines
<b>Precipitation processes</b>	Reduction near the unconformity favored by clay rich and graphitic zones (highest grades)	Reduction by basement lithology (graphitic zones) of basement fluids
<b>Alteration</b>	Illite + kaolinite $\pm$ chlorite or Chlorite $\pm$ illite	
<b>Ore mineralogy</b>	Pitchblende (+ Ni, Co, As, Mo, Pb, Cu, Pt, Au)	Pitchblende
<b>Typical grade</b>	1.0 - 25.0 %	
<b>Main Age</b>	Proterozoic	

BBTE  
2012.05.22.  
Ércteleptan – 3. év

### Unkonformitáshoz kapcsolódó telepek



### Unkonformitáshoz kapcsolódó telepek

