

PROCJENA BRZINE SEDIMENTACIJE

```
graph LR; A((Sediment možemo definirati kao materijal u oceanima i jezerima koji pada kroz stupac vode dok se ne zaustavi na dnu.)) --> B((Taj materijal ima izvorište u materijalu koje potječe s kopna (trošenje) te u vodenom stupcu završava donosom tekućicama ali i deponiranjem iz atmosfere.)); B --> C((Također se ne smije zaboraviti biogena komponenta koja je vezana uz vodeni okoliš, nije donesena s kopna.));
```

Sediment možemo definirati kao materijal u oceanima i jezerima koji pada kroz stupac vode dok se ne zaustavi na dnu.

Taj materijal ima izvorište u materijalu koje potječe s kopna (trošenje) te u vodenom stupcu završava donosom tekućicama ali i deponiranjem iz atmosfere.

Također se ne smije zaboraviti biogena komponenta koja je vezana uz vodeni okoliš, nije donesena s kopna.

KOJA JE RAZLIKA IZMEĐU TLA I
SEDIMENTA?

ZAŠTO JE BITNO POZNAVATI BRZINU
SEDIMENTACIJE?

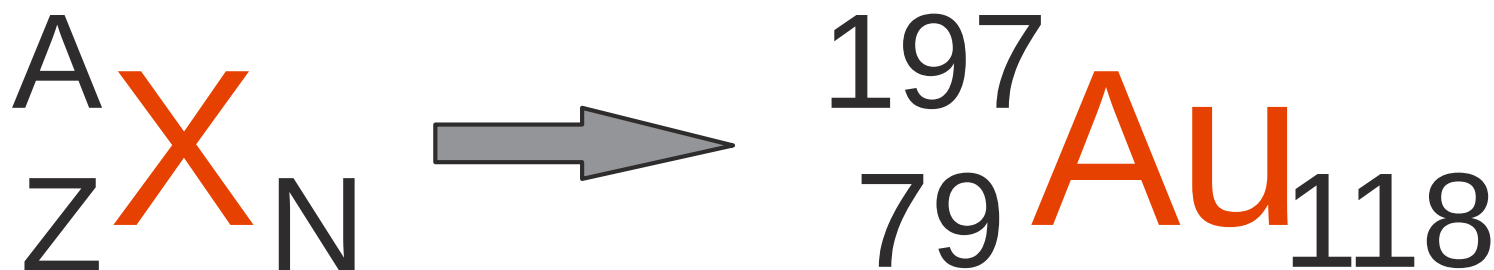
^{137}Cs

<https://www.youtube.com/watch?v=b2YrZNahqiw>

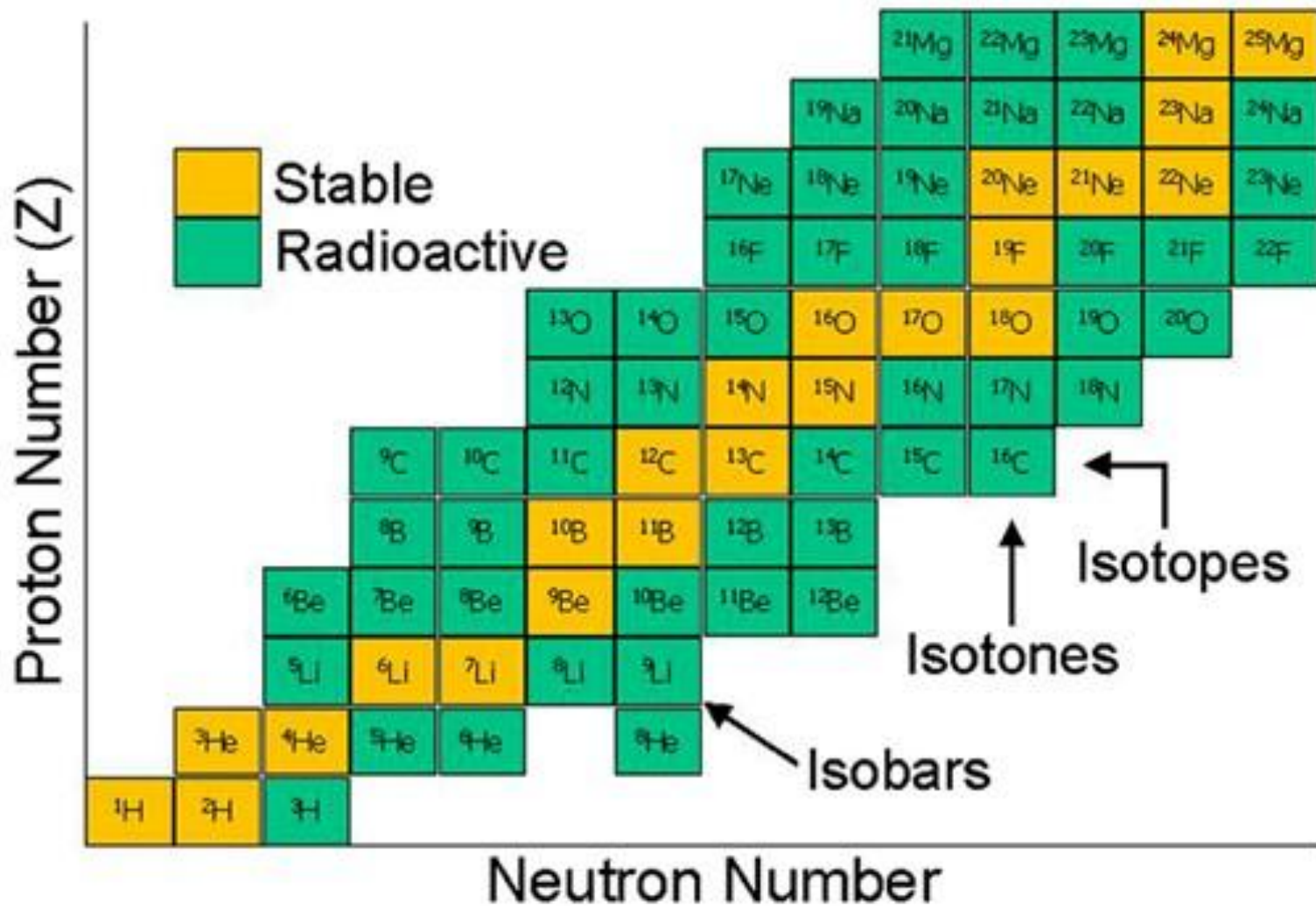
Z – atomski broj (redi broj), označava broj protona u jezgri

N – označava broj neutrona u jezgri

A - maseni (nukleonski) broj, odgovara zbroju Z i N



Atom s poznatim brojem protona i neutrona u jezgri naziva se nuklid. Većina nuklida nije stabilna nego se spontano raspada do stanja stabilne atomske konfiguracije. To su tzv. radioaktivni nuklidi ili radionuklidi.



Tablica nuklida, i veza izotop-izoton-izobar

<http://www4.nau.edu/meteorite/Meteorite/Images/IsotopeChart.jpg>

- Prirodni radionuklidi

- → stijene, tlo, voda

- (^{40}K , ^{210}Pb , ^{235}U , ^{238}U)

- Građevinski materijali (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra)

- Kozmogeni (atmosfera) → ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{210}Pb

ANTROPOGENI RADIONUKLID ^{137}Cs

- Antropogeni radionuklidi su umjetni radionuklidi, nastali ljudskim djelovanjem iz prirodnih nuklida.
- Izvori antropogenih nuklida se vežu uz nuklearne pokuse, eksplozije, ali i slučajne havarije.
- Antropogeni radionuklidi završavaju u okolišu, kontaminirajući ga, a ugrađuju se i u biotu.

$^{134,137}\text{Cs}$, ^{241}Am , $^{239,240,241}\text{Pu}$, ^{90}Sr , ^{55}Fe , ^{85}Kr , $^{129,131}\text{I}$,
 ^{106}Ru , $^{58,60}\text{Co}$, itd.

U istraživanju okoliša koriste se radionuklidi za:

- Datiranje (^{210}Pb , ^{238}U)
- Datiranje karbonata (^{234}U)
- Kruženje čestica (^{234}Th)
- Praćenje vodenih masa
- Izmjenu plinova
- Brzinu sedimentacije
- Miješanje plitkih voda
- Brzinu miješanja sedimenta
- Erozijsku tla
- Atmosfersku cirkulaciju
-

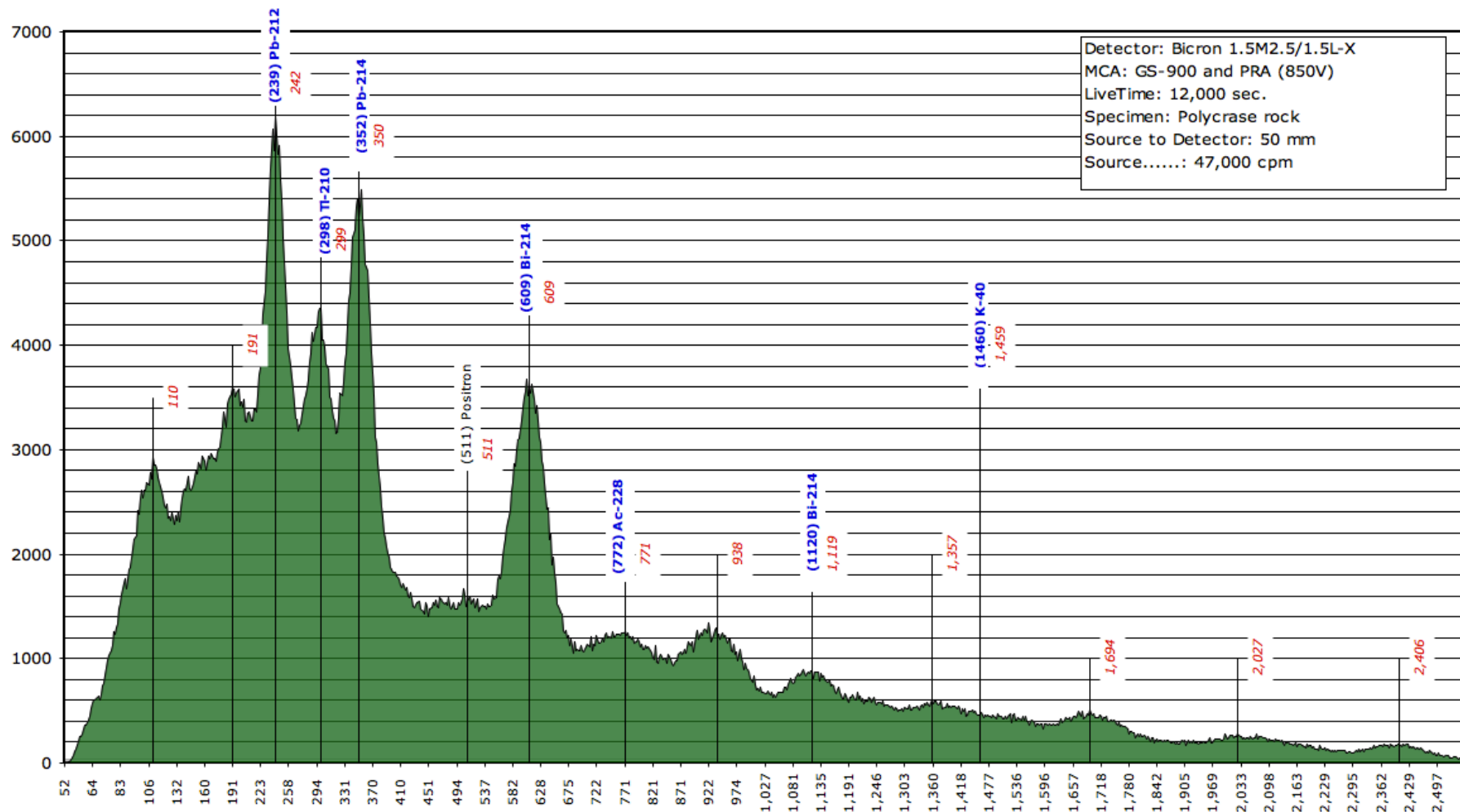
Gama spektrometrija

GAMA-EMITERI - Radioaktivnim raspadom emitiraju gama zračenja → određuje se gama spektrometrijom

- Svaki emiter ima karakterističnu energiju gama zrake.
- Gama zračenje je elektromagnetsko zračenje kratkih valnih duljina i visokih frekvencija.
- Osim u slučajevima ekstremno visokih pobuđenja jezgara, gama zrake su diskretnih energija, a spektar gama zračenja je linijski.

- Tehnika se temelji na detektiranju i mjerenju jedinstvene energije gama zraka svake pojedine radioaktivne vrste, različitih energija i intenziteta. Interpretacijom se dobiju kvalitativne i kvantitativne analize.
- Valna duljina gama zračenja je 10^{-10} m ili manje, a energija se kreće u rasponu od 10 keV do više od 10^{11} keV.
- Jedinica za energiju u nuklearnoj fizici koristi elektronvolt, $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$.

Polycrase Rock (200 minutes)
01/08/2011



Cezij – Cs – 32 izotopa

- meki, srebrno zlatni alkalijski metal
- talištem na 28 °C; 1 je od 5 metala elemenata koji su tekući na sobnim temperaturama.
- alkalijski metal - fizička i kemijska svojstva slična rubidiju i kaliju.
- Izuzetno reaktivan, u doticaju sa zrakom na sobnoj temperaturi ili blago povišenoj temperaturi oksidira i sam se zapali (pirofori metali)
- kao stabilni element (^{133}Cs) ima najmanju elektronegativnost od svih elemenata (0,79 po Paulingovoj ljestvici)
- Proizvodi se uglavnom od minerala polucita.
- Atomski sat!

Periodic Table of Elements

1A	1	H	IIA	2	He	0																														
1	3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne																				
2	11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																				
3	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
4	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
5	55	Cs	56	Ba	57	*La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
6	87	Fr	88	Ra	89	+Ac	104	Rf	105	Ha	106	106	107	107	108	108	109	109	110	110	111	111	112	112	113	113	114	114	115	115	116	116	117	117	118	118
7																																				

* Lanthanide Series

+ Actinide Series

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Legend - click to find out more...

H - gas

Li - solid

Br - liquid

Tc - synthetic



Non-Metals



Transition Metals



Rare Earth Metals



Halogens



Alkali Metals



Alkali Earth Metals



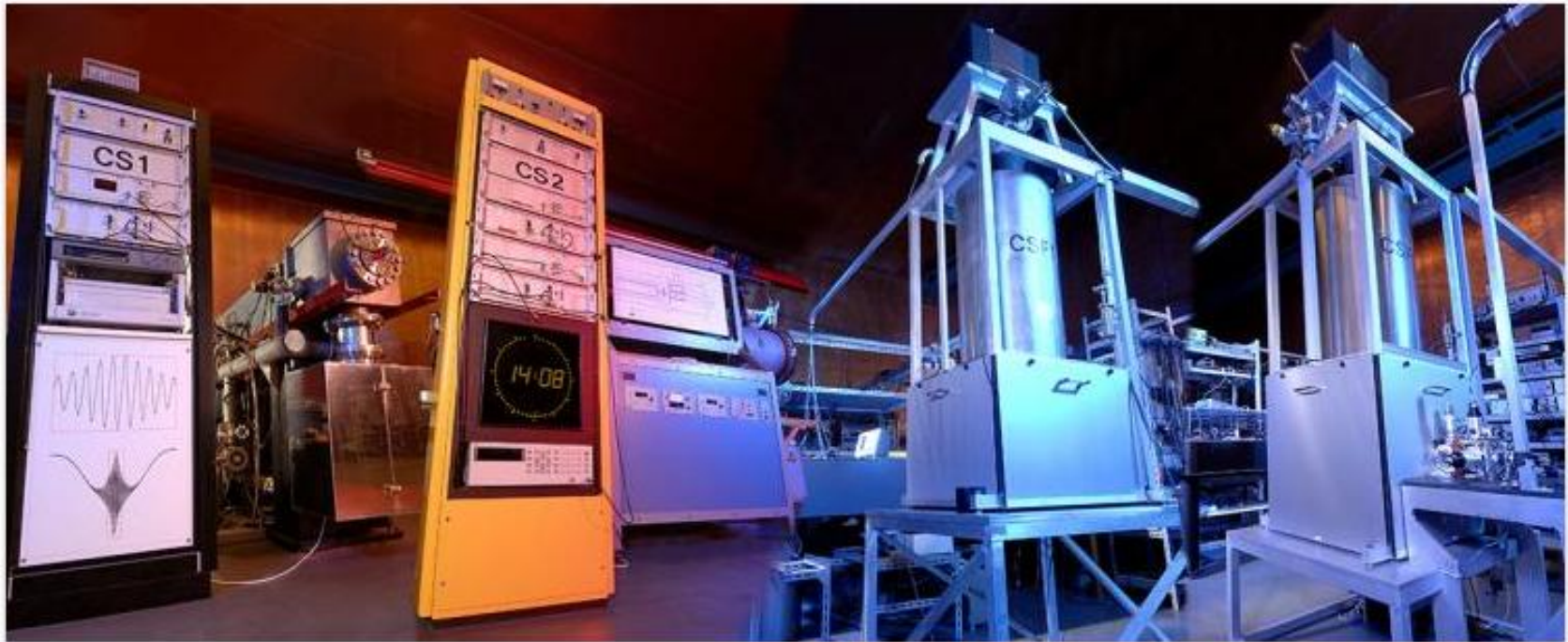
Other Metals



Inert Elements



With an error of only 1 second in up to 100 million years, atomic clocks are among the most accurate timekeeping devices in history.



Caesium clocks in Braunschweig, Germany. The National Metrology Institute of Germany (PTB) maintains some of the world's most precise clocks.

ptb.de

<https://www.timeanddate.com/time/how-do-atomic-clocks-work.html>

- Polucit je zeolitni mineral $(\text{Cs}, \text{Na})_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kod kojeg željezo, Ca, Rb i K dolaze često kao substituirajući kemijski elementi
- Tipično se nalazi u granitnim pegmatitima u koji su bogati litijem, u asocijaciji s kvarcom, spodumenu, apatiti, muskovitu, albitu i mikroklinu.
- Oko 82% svijetski poznatih rezervi polucita nalazio se blizu jezera Bernic (Kanada)



Cabot produces cesium formate brine at Lake Bernic in Canada from pollucite ore



Pollucite ore



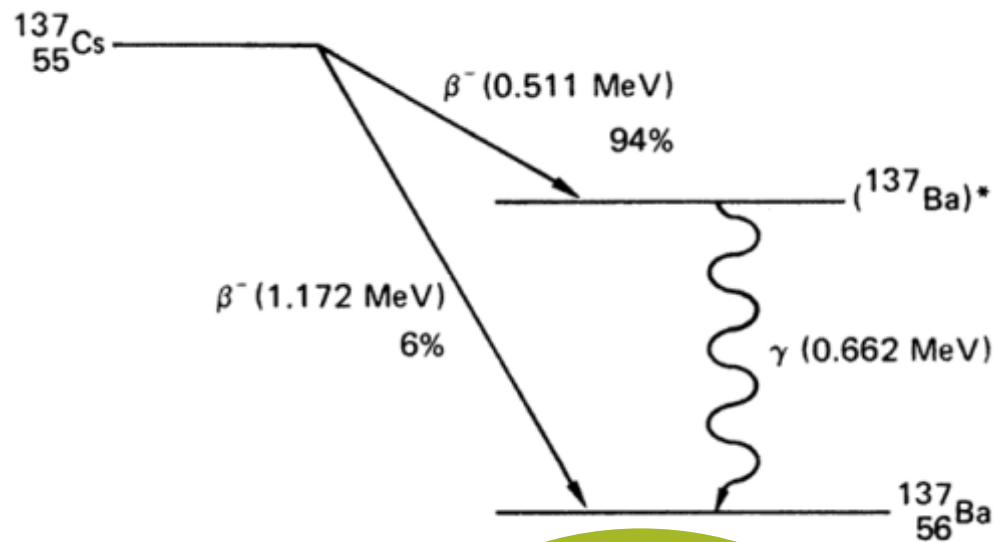
- Mined at Bernic Lake, Manitoba
- Processed on site to Cs formate brine
- Cs formate brine production 700 bbl/month
- Brine stocks > 30,000 bbl



Cezij – Cs – 32 izotopa

- ^{133}Cs stabilan
- ^{134}Cs , ^{135}Cs i ^{137}Cs – antropogeni, najvažniji; vrijeme poluraspada se jako razlikuju.

- Vremena poluraspada
 - ^{134}Cs : 2,1 god.
 - ^{135}Cs : $2,3 \times 10^6$ god.
 - ^{137}Cs : 30,2 god.



Raspadom ^{137}Cs izotopa dolazi do β i γ zračenja.

94% ukupnog ^{137}Cs β raspadom prelazi u nestabilni ^{137}Ba , koji γ zračenjem prelazi u stabilni ^{137}Ba , dok 6 % ukupnog ^{137}Cs β raspadom prelazi odmah u stabilni ^{137}Ba .

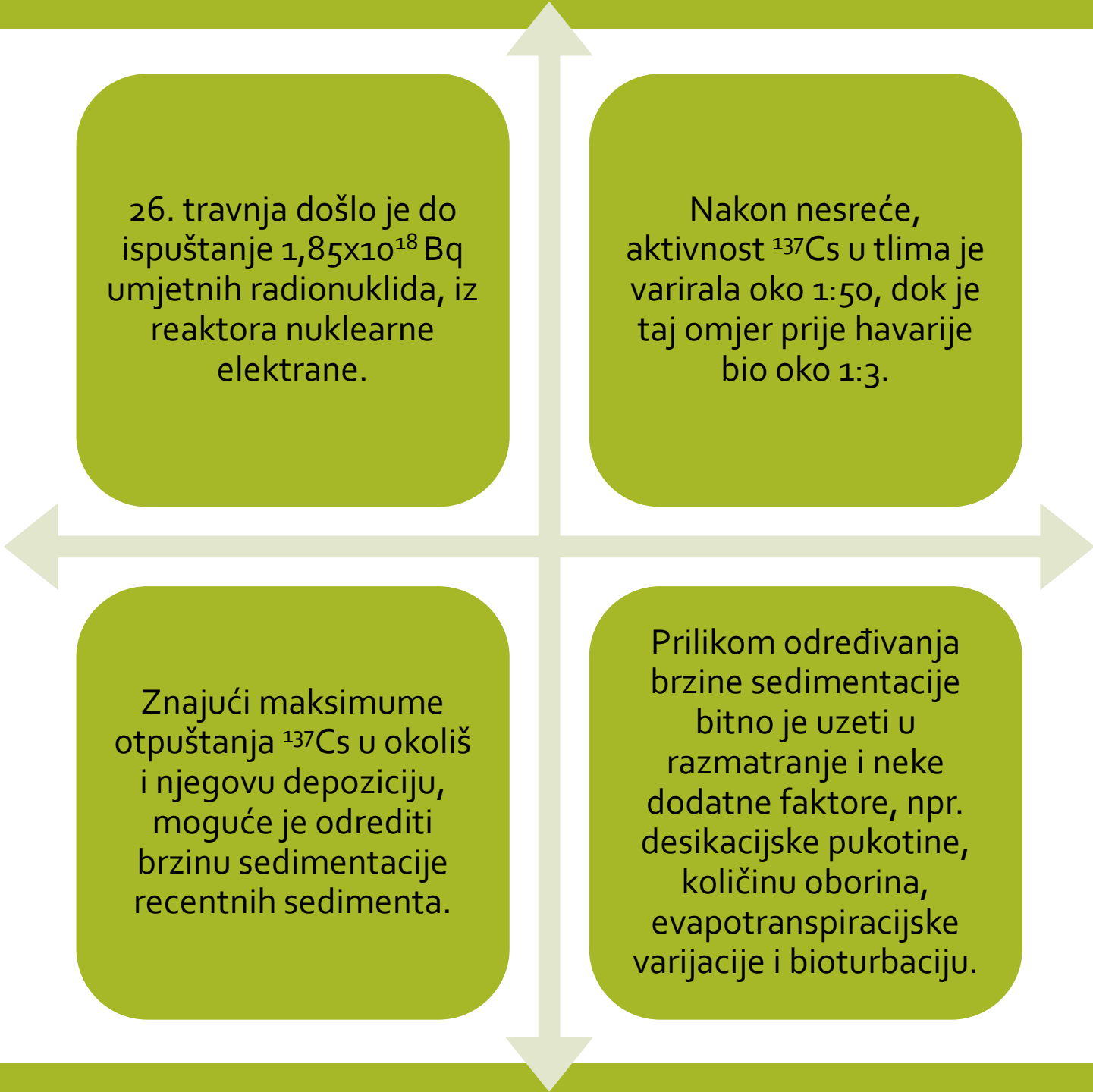
Izotop ^{137}Cs je u okoliš prvi put dospio 1945. (Trinity-eng. sveta tri kralja), za vrijeme pokusa i testiranja atomskih bombi.

U periodu od 1951.-1958. je bilo intenzivno testiranje nuklearnog oružja, a maksimum je uslijedio koju godinu kasnije. Vrijeme poluraspada ovog izotopa je $t_{1/2}=30,17$ godina.

Zanimljivost ovog
izotopa sa
stajališta
sedimentacije je
što u
sedimentima
starijim od 1945.
nije prisutan.

Vremenski interval od
1957.- 1958. se uzima
kao prvi maksimum
ulaska ^{137}Cs u okoliš, što
se može pratiti u
sedimentima diljem
svijeta, a drugi
maksimum je uslijedio
1961.-1962.

Za naša područja
značajan je ispušt
cezija koji se desio
kao rezultat
Černobilske nesreće
1986 godine (26.
travnja).



26. travnja došlo je do
ispuštanje $1,85 \times 10^{18}$ Bq
umjetnih radionuklida, iz
reaktora nuklearne
elektrane.

Nakon nesreće,
aktivnost ^{137}Cs u tlima je
varirala oko 1:50, dok je
taj omjer prije havarije
bio oko 1:3.

Znajući maksimume
otpuštanja ^{137}Cs u okoliš
i njegovu depoziciju,
moguće je odrediti
brzinu sedimentacije
recentnih sedimenta.

Prilikom određivanja
brzine sedimentacije
bitno je uzeti u
razmatranje i neke
dodatne faktore, npr.
desikacijske pukotine,
količinu oborina,
evapotranspiracijske
varijacije i bioturbaciju.

SI mjerna jedinica:
1 **bekerel** (Bq) = 1
raspad u sekundi

*

Mjerna jedinica izvan SI
(starija): 1 **kiri** (Ci) = $3,7 \cdot 10^{10}$ raspada u sekundi

Sivert (skraćeno **Sv**)
je SI izvedena mjerna
jedinica kojima se
izražava ekvivalentna
doza ionizirajućeg
zračenja.

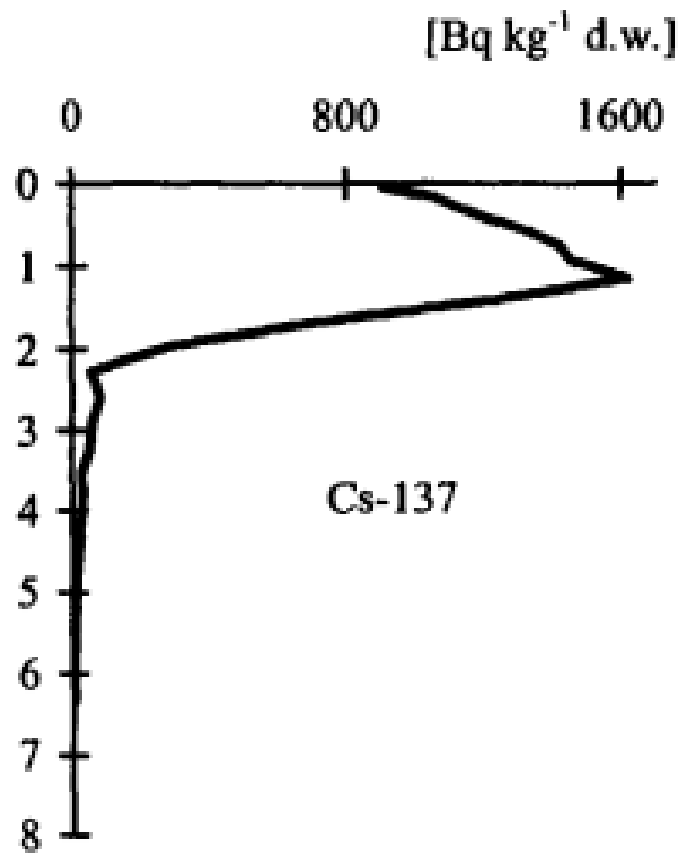
Simptomi ekvivalentnih doza primljenih u jednom danu:

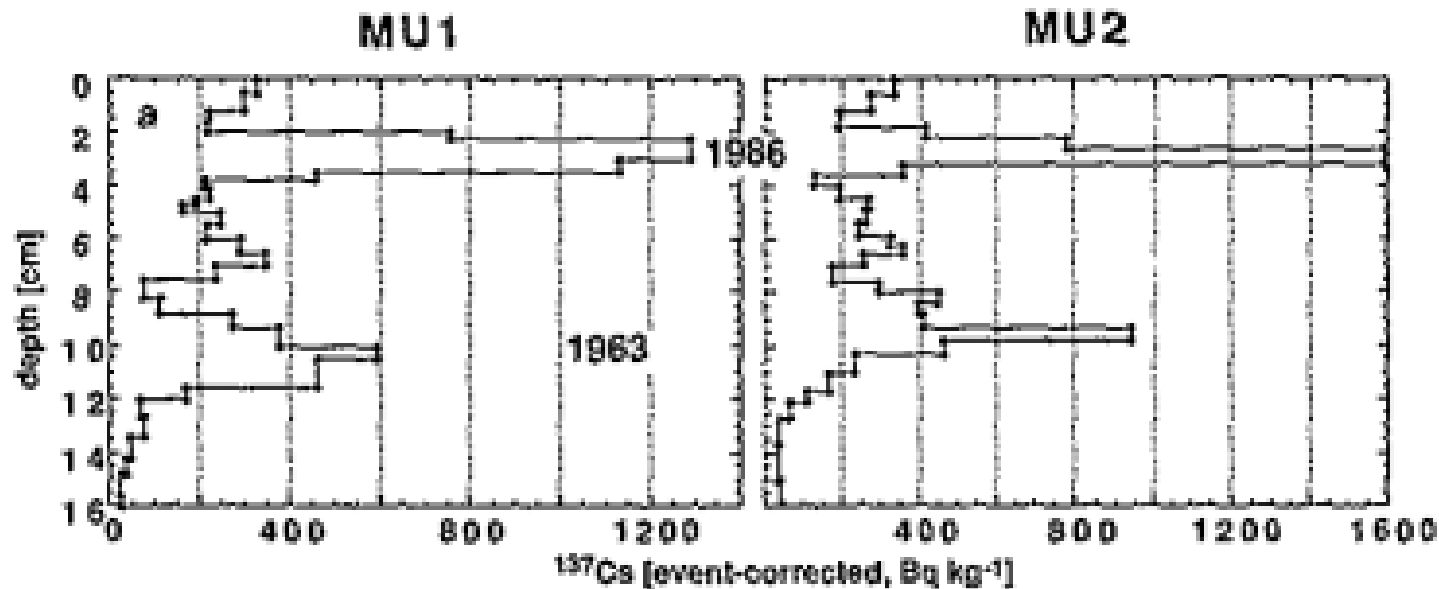
- 0 do 0,25 Sv - nema simptoma;
- 0,25 do 1 Sv - neki ljudi osjete mučninu i gubitak apetita; nastaju ostećenja koštane srži, limfnih čvorova i slezene;
- 1 do 3 Sv - srednja do teška mučnina, gubitak apetita, zaraze (infekcije); teža ostećenja koštane srži, limfnih čvorova i slezene; oporavak nije siguran
- 3 do 6 Sv - teška mučnina, gubitak apetita, unutarnja krvarenja, zaraze (infekcije), proljevi, ljuštenje kože, sterilnost i smrt ako se ne liječi;
- 6 do 10 Sv - svi gornji simptomi i dodatno ostećenje središnjeg živčanog sustava; najvjerojatnija smrt;
- iznad 10 Sv - oduzetost (paraliza) i smrt

- zubna radiografija: 0,005 mSv
- mamografija – jednostruko izlaganje (srednja ekvivalentna doza): 2 mSv
- najveća dozvoljena ekvivalentna doza za javnost stvorena bilo kakvom ljudskom aktivnošću: 1 mSv/godinu

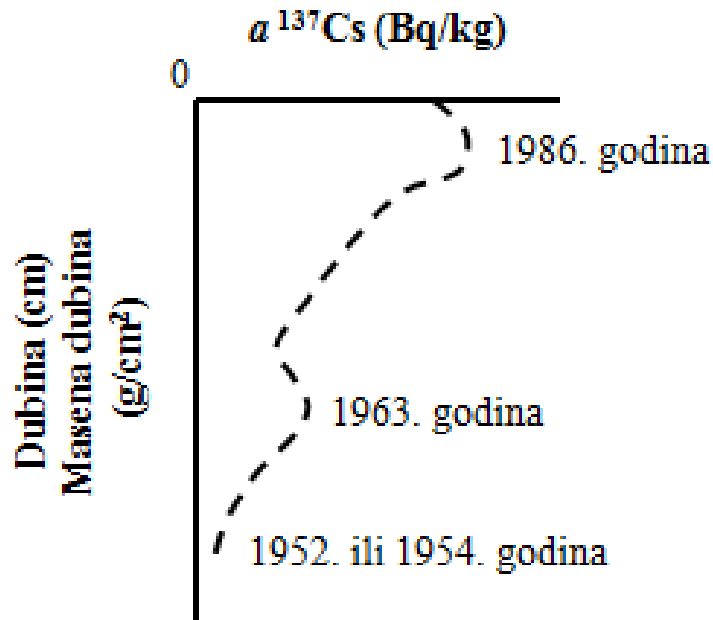
Izotop ^{137}Cs je topiv u vodi ali je njegova pokretljivost u vodenim sredinama uvjetovana izrazito snažnom apsorpcijom na gline, suspendirani materijal i sediment.

Terigeni materijal, a naročito minerali glina, na sebe vežu znatne količine ^{137}Cs , što je razlog da ga se može koristiti za procjenu terigene komponente u sedimentima.





- Bitno je utvrditi:
 - dubinu prvog pojavljivanja
 - dubinu pikova (maksimuma)



$$v = \frac{d}{t_0 - t_{ref}}$$

Pri čemu je:

d – dubina maksimalne vrijednosti radionuklida ^{137}Cs za određenu godinu, u mm;

t_0 – godina uzorkovanja;

t_{ref} – godina koja se povezuje s određenim maksimum aktivnosti radionuklida ^{137}Cs ili godina njegovog prvog pojavljivanja u okolišu.

^{210}Pb

- PRACTICAL ISOTOPE HYDROLOGY

By S. M. Rao

- Olovo ima 31 izotop, a od toga je 4 stabilno s masenim brojevima 204, 206, 207, 208. 204 ne nastaje radiogenim putem!

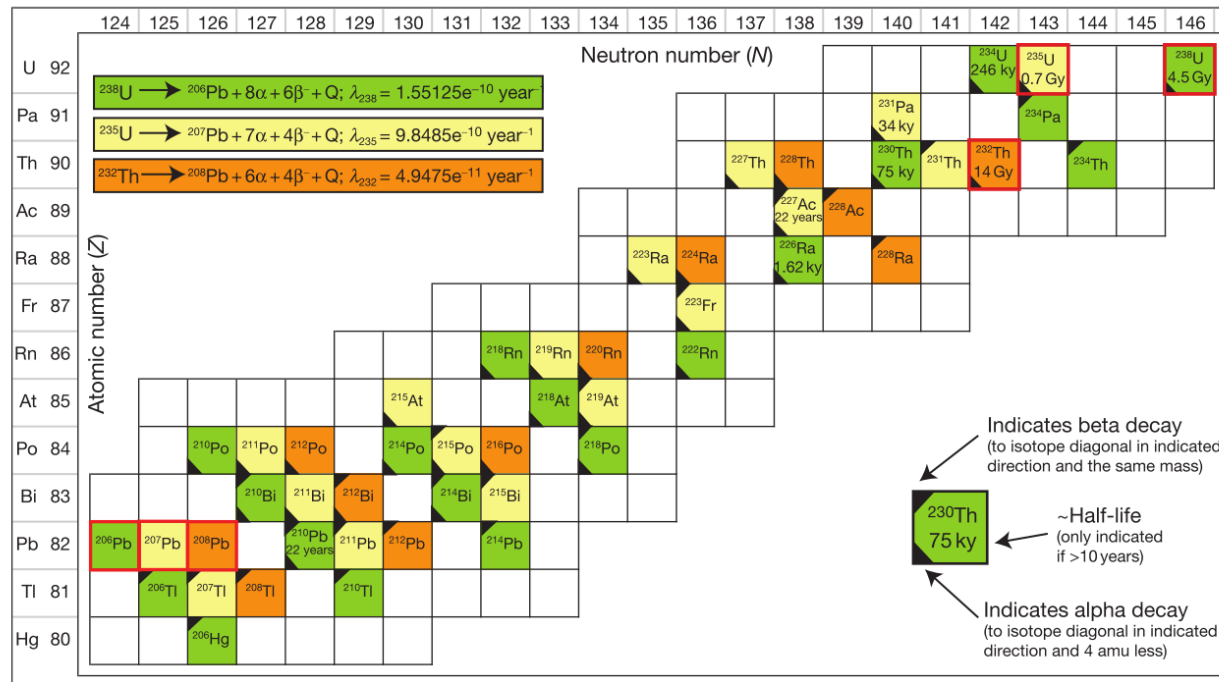
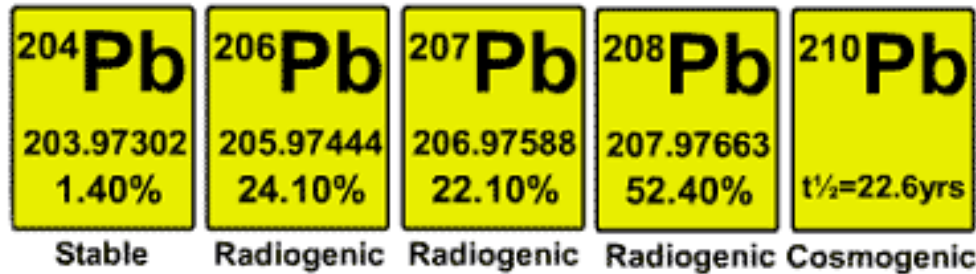


Figure 2 An illustration of the U–Th–Pb decay chains. Each isotope occurring in a given decay chain is color-coded to its parent isotope, which are outlined in red, as are the stable daughter isotopes of Pb. See inset for description of symbols used in each box. α is an alpha particle, β is a beta particle, and Q is energy released during the decay.

- Radioaktivni izotop olova-210 neprestano se proizvodi u atmosferi, unutar radioaktivnog raspadnog niza urana **238**, koji završava sa stabilnim izotopom Pb-**206**.
- Za pojavljivanje Pb-210 u atmosferi bitan je element koji se pojavljuje u plinovitom stanju, te konstantno izlazi iz tla i stijena te prelazi u atmosferu, radon 222, **Rn-222**.

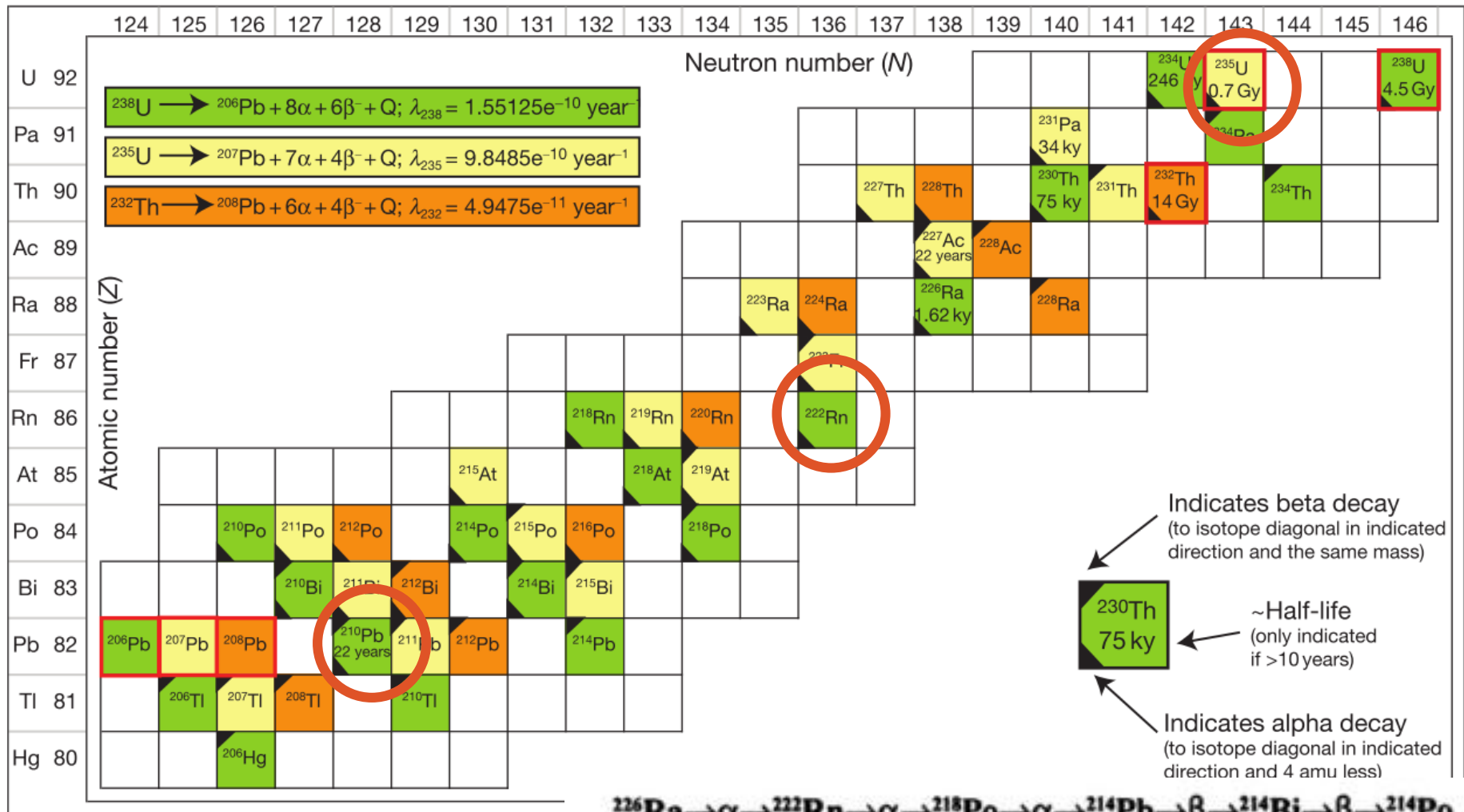
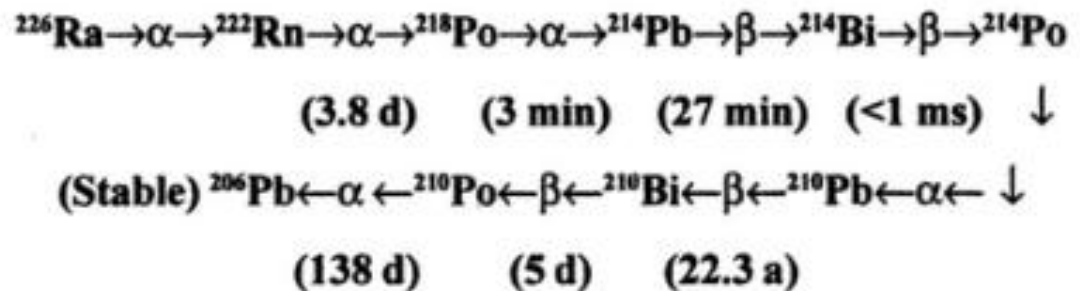


Figure 2 An illustration of the U–Th–Pb decay chains. E outlined in red, as are the stable daughter isotopes of Pb. S and Q is energy released during the decay.



```
graph LR; A((Radon djelomično završi u atmosferi, jer je plin, a vrijeme života svih drugih članova između radona i Pb-210 je manje od 4 dana.)) --> B((Vrijeme poluraspada Pb-210 je ipak nešto duže, 22,3 godine.)); B --> C((Ovi kratkoživi međučlanovi se u obliku aerosoli, suhog taloženja i precipitacijom uklone iz atmosfere.));
```

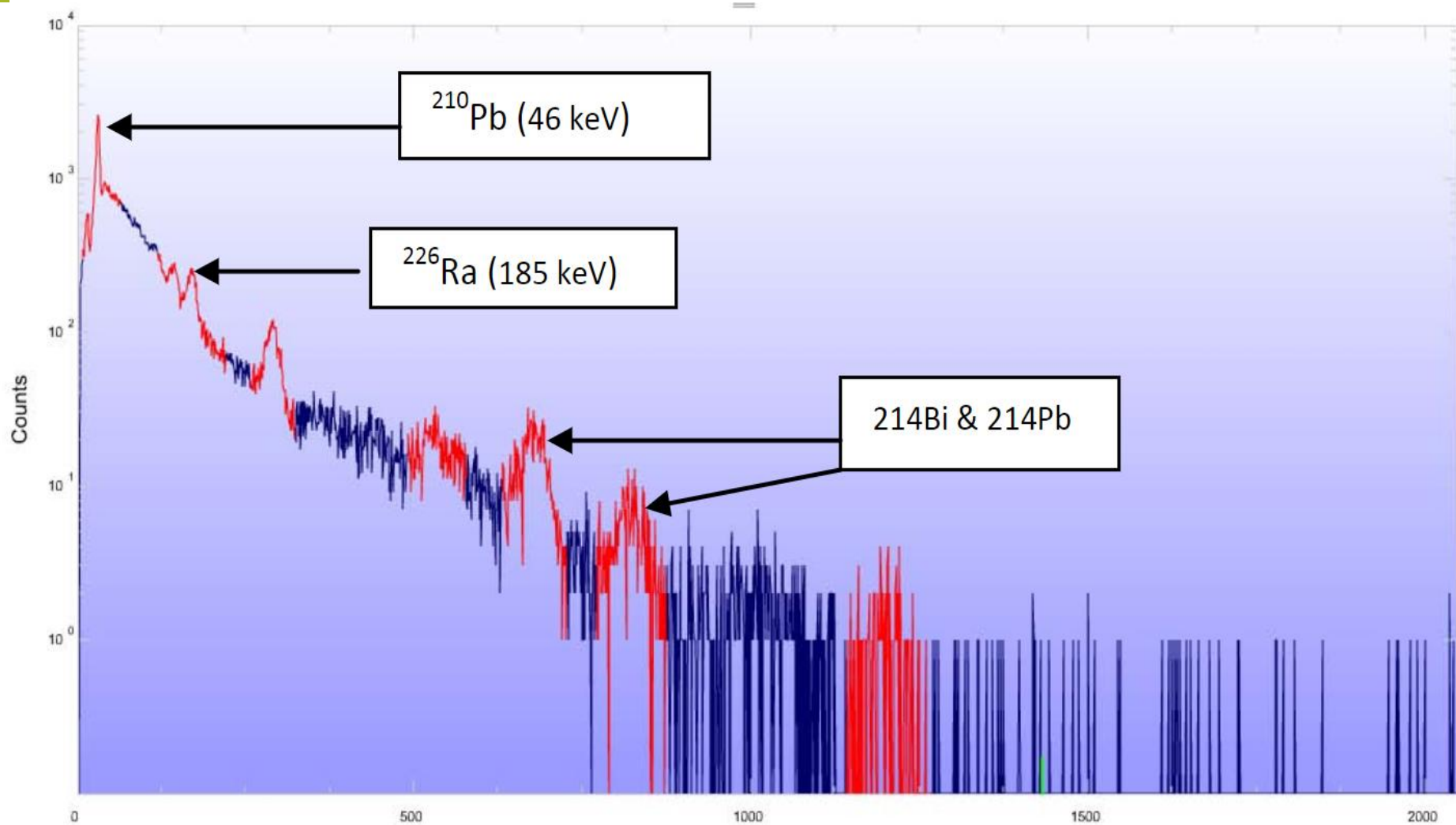
Radon djelomično završi u atmosferi, jer je plin, a vrijeme života svih drugih članova između radona i Pb-210 je manje od 4 dana.

Vrijeme poluraspada Pb-210 je ipak nešto duže, 22,3 godine.

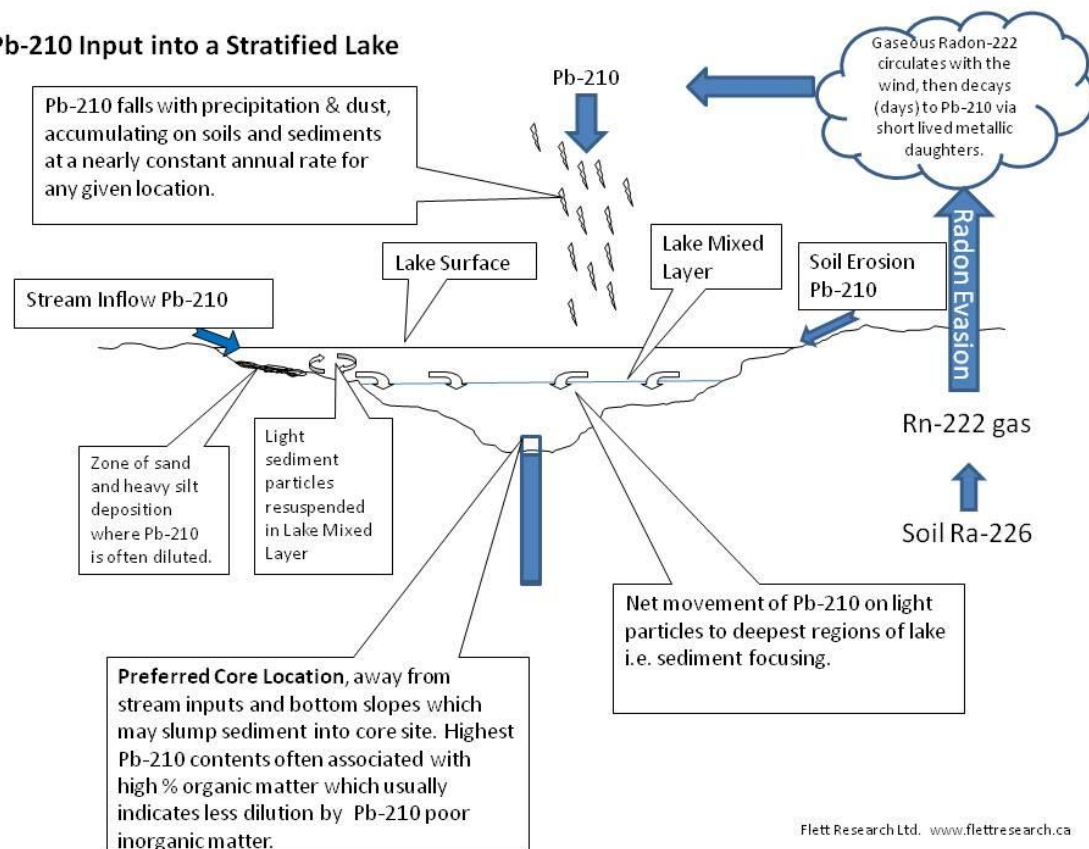
Ovi kratkoživi međučlanovi se u obliku aerosoli, suhog taloženja i precipitacijom uklone iz atmosfere.

- Da bi se utvrdila količina Pb-210 potrebno je imati instrument koji mjeri gama-radijaciju.
- Ovaj izotop ima karakterističnu energiju emitiranja (46 keV).
- Nema izotopa koji emitira E sličnog iznosa, nema preklapanja E.
- Mjeri se koliko se emitira gama fotona s ovom E, a za to se koristi gama detektor.

On ima sposobnost pretvorbe E u svjetlo, E od gama fotona koji su udarili u detektor.



Pb-210 Input into a Stratified Lake



- Vrijeme zadržavanja Pb-210 u atmosferi je oko 10 dana, te se uzima da je njegov fluks (prijenos) iz atmosfere prema tlu i vodenim tijelima konstantan proces te je u području jezera u Evropi oko 100-150 Bq m²/godina.

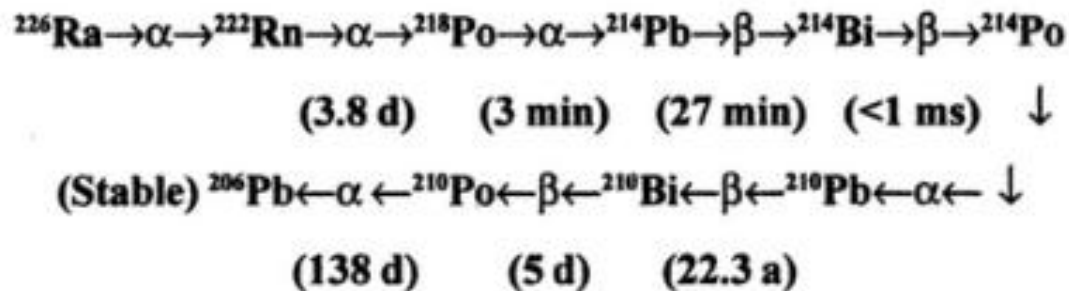
- Tako preneseno olovo iz atmosfere na kopno brzo završava u jezerskim akumulacijama i obilježava se kao “unsupported” (nepodržano) ili “excess” (višak).
- Razlog tome je što je ovo Pb-210 vezano uz plinoviti Rn koji je isplinio, “pobjegao” iz tla ili stijene i roditeljskog radija, Ra-226.

- U jezerskom sedimentu se cijelo vrijeme proizvodi Pb-210 od onog Rn koji nije isplinio i taj izotop se naziva "supported", i on je u sekularnoj ravnoteži s Ra-226 u sedimentu. Upravo mjerenjem Ra-226 se može procijeniti koji udio olova je iz atmosfere (excess).

- Za bilo koji sediment se može utvrditi:

$$^{210}\text{Pb}_{\text{excess}} = \text{Pb}_{\text{ukupno}} - ^{226}\text{Ra}$$

- Još se postavlja pitanje kako možemo pomoću $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ utvrditi brzinu sedimentacije?



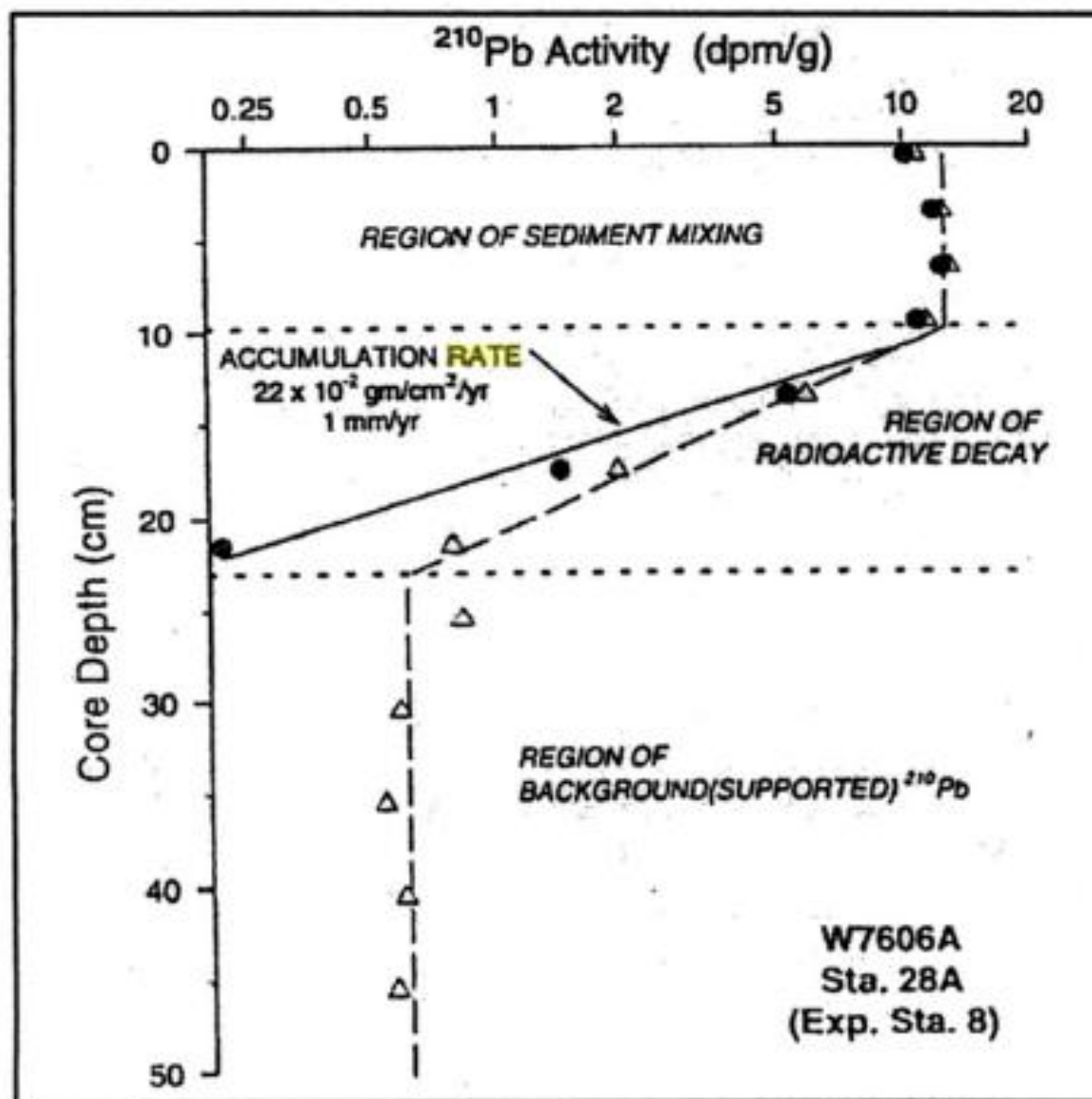


Figure 3.12 A typical profile of ^{210}Pb activity in a sediment core (Dashed line represents total ^{210}Pb and solid line is least square regression through $^{210}\text{Pb}_{\text{EXCESS}}$ shown as solid circles)

Ispod 23 cm se uočava samo ukupno Pb, i nema više "excess", što znači da je svo izmjereno olovo supported, i predstavlja pozadinsku vrijednost.



Ta vrijednost, 0,6 dpm/g je oduzeta od vrijednosti ukupnog olova na svim dubinama uzorkovanja, čime se dobila vrijednost samo $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$, nakon čega se može nacrtati graf, pravac.



Zbog vremena poluraspada od oko 22 god s dubinom opada i aktivitet $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$.

- Iz dobivenog pravca i vrijednosti s grafa može se izračunati starost određenog sedimentnog sloja

$$C_z = C_0 e^{-\lambda t} \quad \rightarrow \quad t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{C_0}{C}$$

gdje je C aktivitet $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ na nekoj dubini z , a C_0 na površini, tj dubini 0, ako nije zabilježen sloj koji je pomiješan, najvjerojatnije bioturbacijom.

Na grafu je se vidi da je aktivitet u prvih 10 cm ujednačen, što se pripisuje bioturbaciji, te bi C_0 bila vrijednost na 10 cm.

Osnovna pretpostavka ovog modela je da je donos $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ konstantan i da se može utvrditi da koncentracija s dubinom slijedi poznatu jednadžbu radioaktivnog raspada.

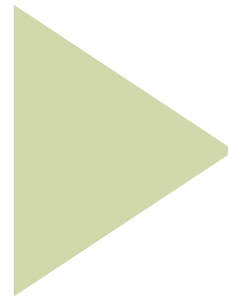
Uglavnom se može mjeriti 5-8 polurasпада

Može dati info o brzini sedimentacije
za zadnjih 100-200 god.

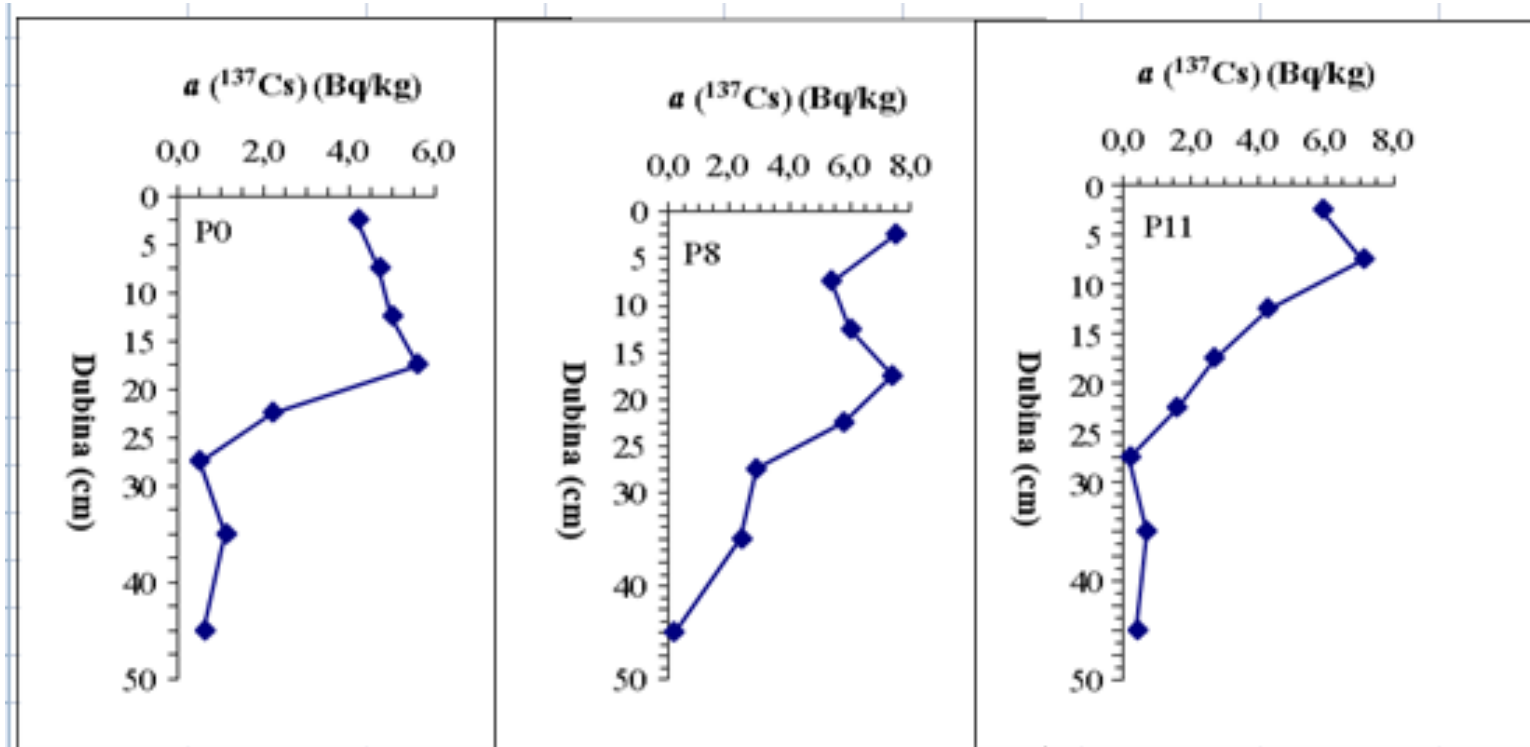
$$s = z/t \text{ [cm/god]}$$

$$C_z = C_0 e^{-\lambda(z/s)}$$

Može se uvesti u formulu
brzina sedimentacije,
omjer dubine sedimenta
i vremena



Ponekada se brzina
sedimentacije izražava
kao masa po površini,
npr. g/cm², pri čemu je
potrebno poznavati
gustoću sedimenta i udio
vode, vodeći računa o
kompakciji s dubinom!

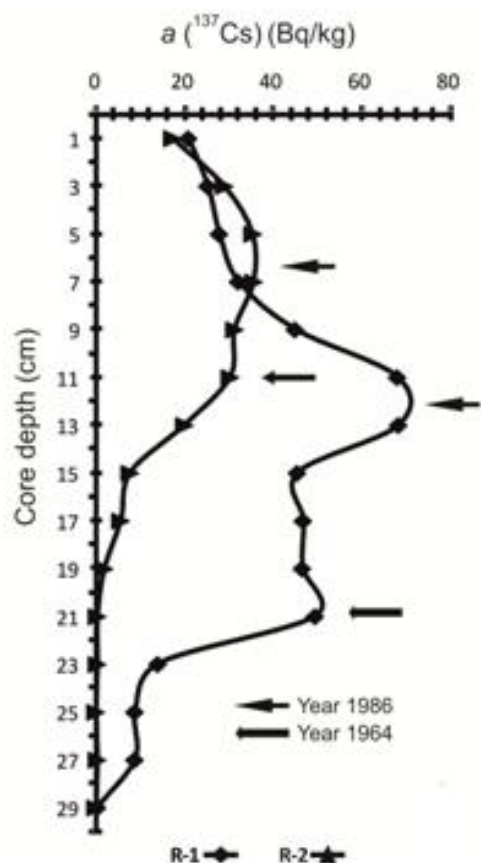


Oznaka	x_1 (cm)	x_2 (cm)	x_3 (cm)	t_1 (god.)	t_2 (god.)	t_3 (god.)
P0	40	20	0	1963	1986	2005
P8	-	20	0	-	1986	2005
P11	40	10	0	1963	1986	2005

Oznaka	v_1	v_2	v_3
P0	0,87	1,05	0,95
P8	-	1,05	-
P11	1,30	0,53	0,95

	137 Cs	
Depth (cm)	R-1	R-2
1	9,55	4,40
3	9,20	4,90
5	8,85	9,20
7	12,25	9,30
9	13,95	12,30
11	16,70	6,20
13	16,55	6,30
15	15,65	5,50
17	18,10	9,30
19	18,15	3,90
21	17,20	3,70
23	9,05	4,60
25	7,15	
27	7,15	3,50
29	7,80	
31	5,05	
33	4,25	
35	5,10	
37	3,10	

	god	R-1		mm/god	R-2	mm/god	
2010							
1986	24	120	120	5	70	70	2,916667
1964	22	210	90	4,090909	110	40	1,818182
1954	10	330	120	12	200	90	9
1945	19	330	120	6,315789	200	90	4,736842
				7,030303			4,578283



- Procijeni brzinu sedimentacije za periode:
- 2010.-1986.
- 1986.- 1964.
- 1964. – 1954.
- 1954.- 2010.