

# 1.Protokoly

## **1.1. Vliv poměru oleje ku vodě na odradonování**

## **Experiment:      Extrakce – Rostlinný olej**

**Označení:** La-EX-Rost

**Cíl:** Zjistit vliv různých parametrů extrakce na odradonování vody. Účinnost odradonování je hodnocena rozdílem OAR ve vodě před a po jednotlivých experimentech

závislá veličina:      účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100 \quad (\%)$$

OAR(1), OAR(2)—objemová aktivita radonu ve vodě před a po měření

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{C_{(olej)}}{C_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

Dále sledovat: teplotu vody, poměr objemu oleje k objemu vody, poměr času míchání , možnost ovlivnění kvality vody experimentem, vztah účinnosti odradonování a počáteční hodnoty OAR

**Místo provedení:** laboratoře SPŠCH

**Měřicí přístroje a pomůcky:**

objem vody: odměrný válec

objem oleje: odměrný válec

čas: stopky (mobilní telefon—Nokia, Samsung)

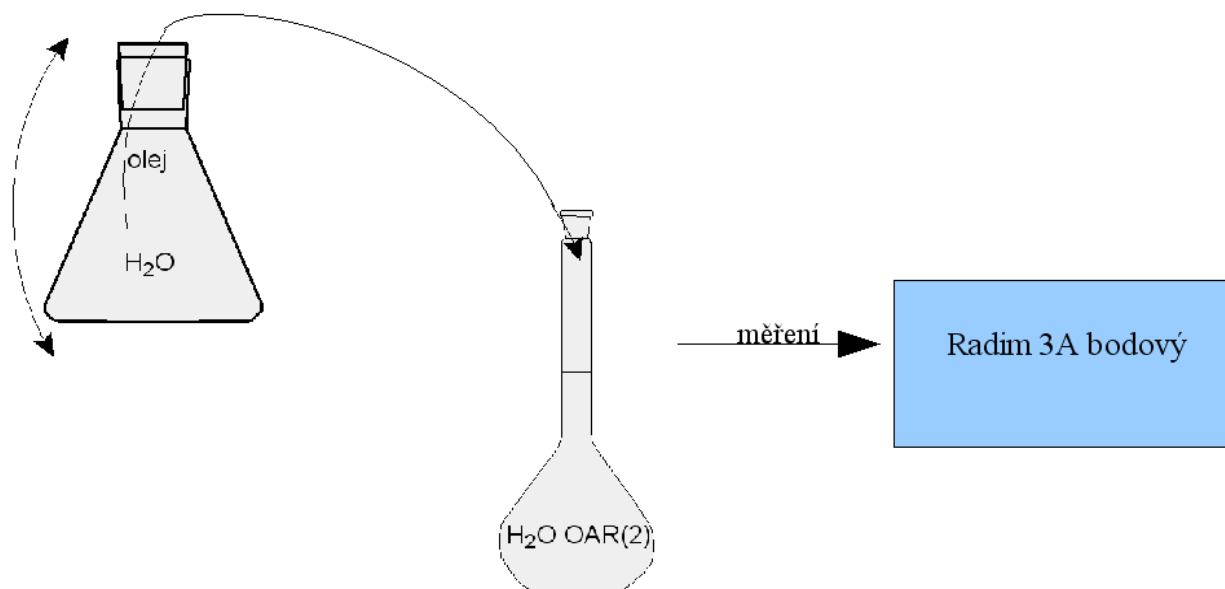
otáčky: manuální otáčení

teplota vody: lihový teploměr

OAR      Radim 3A bodový – nastavení, ověřené měřidlo ČMI

počet opakovaných měření: pro každý typ měření minimálně 3x

## Sestava aparatury



*Ilustrace 1: Sestava aparatury*

### Postup experimentu

2. Naměření daného objemu vody, který chceme odradonovat.
3. Naměření daného objemu oleje.
4. Převedení látek po stěně do Erlenmayerovy baňky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
5. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
6. Dělení a stání vody s olejem v baňce.
7. Oddělení oleje od vody odsáním.
8. Měření obsahu radonu v odradovanované vodě.

**Vyhodnocení experimentu:** na základě výsledků jednotlivých měření stanovit optimální podmínky pro odradonování vody extrakcí olejem, zhodnotit vliv všech vnějších faktorů, posoudit nejistoty

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Rost: 1.1–1.3

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCH

**Datum měření:** 26.2.-18.3.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

Závislá veličina:  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

nezávislé veličiny objem oleje 250 (ml)

poměr objemu oleje k objemu vody  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{250}{300} = \frac{5}{6} \quad (-)$

otáčky míchání 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

doba míchání 5 (min)

doba rozdělování 5 (min)

zařízení Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

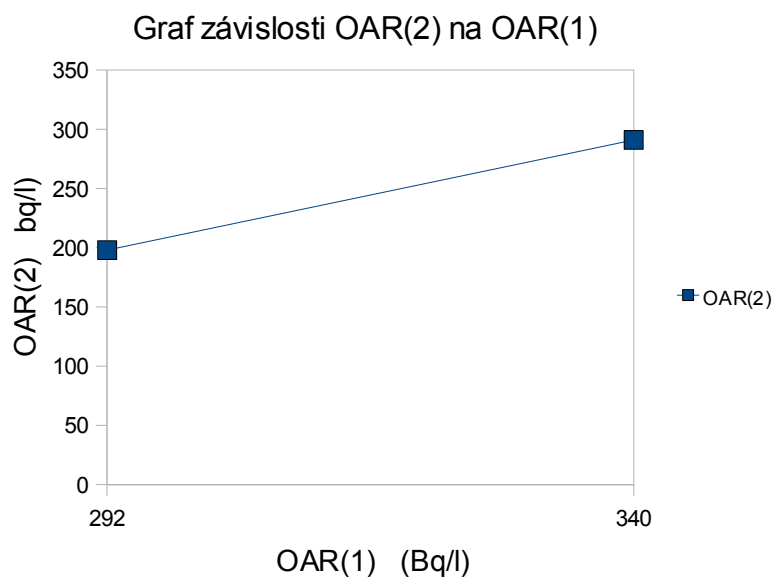
konstrukce nástavce sklo se zábrusem

## Tabulky měření

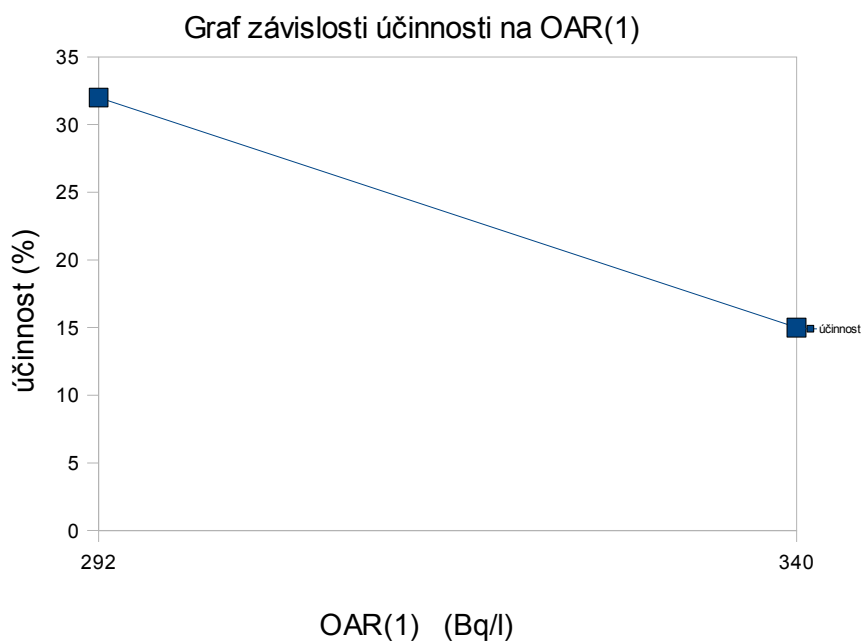
č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	5/6	15	4	73,333	2,75	Starý- s.č./1001	10
2.	5/6	340	291	14,411	0,17	Starý- s.č./1001	9
3.	5/6	292	198	32,191	0,475	Nový-s.č./	/

Pozn: 1. měření nebereme v potaz kvůli velmi nízkému OAR(1)

graf:



*Zde je vidět závislost OAR(2) na OAR(1). Pokud se OAR(1) zvyšuje, zvyšuje se také OAR(2).*



*Na tomto grafu je patrné, že pokud se zvyšuje OAR(1) tak se razantně snižuje účinnost.*

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** – Výsledky jsou uvedeny v tabulce. Na použití v praxi by bylo potřeba dosáhnout větší účinnosti za použití znatelně menšího objemu oleje. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení** – Rostlinný olej nemá při větším obsahu radonu ve vodě velkou účinnost. Myslím si proto, že by se dal rostlinný olej použít pouze jako konečné odradonování nebo ho použít zároveň s jiným způsobem odradonování například s probubláváním, tím by se i olej lépe promíchal s vodou. Eventuální použití je u vod, kde jsou menší koncentrace radonu (max do  $350 \text{ Bq.l}^{-1}$ ).

Jediný problém nastává, že v praxi by bylo toto využití velmi drahé, protože je poměr objemu oleje ku objemu vody velmi velký. V dalším měření se pokusím odradonovat s menším množstvím oleje.

Potřebovali bychom zjistit, za jak dlouho se olej nasytí radonem natolik, že bude radioaktivní, čili pro člověka a pro přírodu nebezpečný. Protože pokud by se olej nasytil rychle (v praxi cca. týden) byl by tento poměr velmi neekonomický, ale pokud by se nasytil olej v praxi například za 3 měsíce a byl stále nezávadný, že bychom ho mohli 3 měsíce používat, dalo by se už o tomto poměru pro odradonování vod uvažovat.

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Rost: 2.1–2.12

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 11.3.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

Závislá veličina:  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

nezávislé veličiny objem oleje 50 (ml)

poměr objemu oleje k objemu vody  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

otáčky míchání 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

doba míchání 5 (min)

doba rozdělování 5 (min)

zařízení Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

konstrukce nástavce sklo se zábrusem



# Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	61	61	0	-	Starý- s.č./1001	9
2.	1/10	292	93	68,151	2,1398	Nový	17
3.	1/10	151	79	47,682	0,9114	Starý-s.č./1001	9
4.	1/10	137	122	10,949	0,12295	Starý-s.č./1001	18
5.	1/10	137	117	14,8	0,17094	Starý-s.č./1001	18
6.	1/10	99	89	10,101	0,11235	Starý-s.č./1001	20
7.	1/10	170	165	2,9411	0,0303	Starý-s.č./1001	13
8.	1/10	178	173	2,259	0,2312	Starý-s.č./1001	13
9.	1/10	179	179	0	-	Starý-s.č./1001	13
10.	1/10	177	170	3,954	0,0412	Starý-s.č./1001	13
11.	1/10	471	450	4,45	0,0466	Starý-s.č./1001	12
12.	1/10	540	540	0	-	Starý-s.č./1001	17

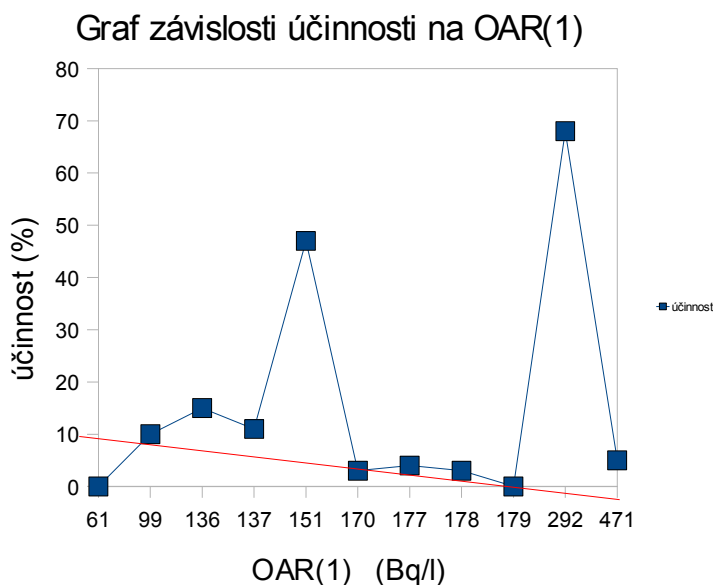
Pozn.:

Při měření číslo 2 jsme dosáhli velmi vysoké účinnosti, předpokládáme, že došlo k chybě.

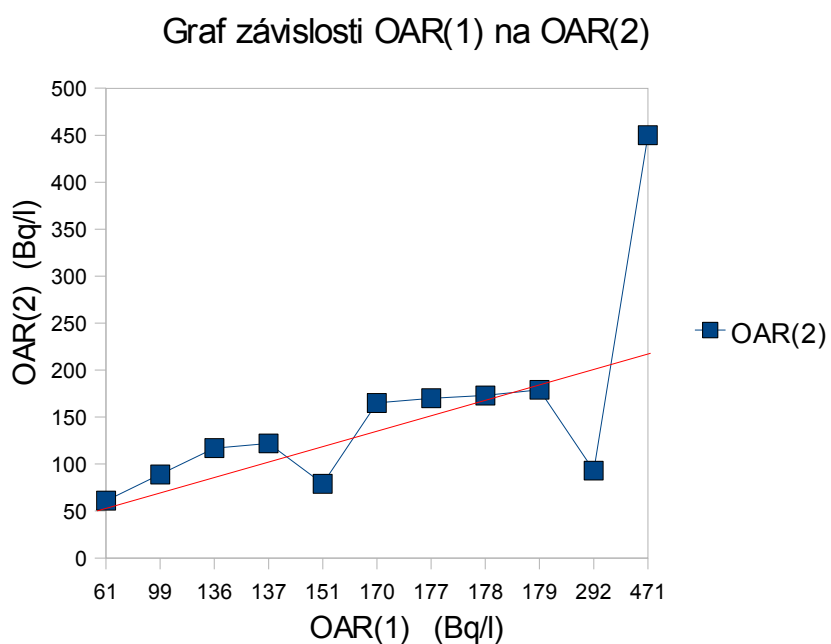
Při měření číslo 3 jsem dosáhli velmi vysoké účinnosti, předpokládáme, že došlo k chybě, avšak probíhalo absolutně nezávisle na měření číslo 2 ( jiná voda, jiné podmínky, prováděl vždy někdo jiný, ale postup byl stejný)

Měření číslo 4. a 5. jsem dělal se stejným OAR(1) a dělal jsem je hned po sobě. OAR(2) vyšel podobně, proto si myslím, že pracuji pečlivě a přesně (rozdíl může být způsoben i RADIMEM).

Graf:



*Na tomto grafu je vidět jak klesá účinnost s ohledem na zvyšující se OAR(1). Extrémní hodnoty(67%,47%) neberme v potaz. Pro názornost proložena progresí.*



*Na tomto grafu je patrné jak když se zvyšuje OAR(1) tak se zvyšuje i OAR(2). Pro názornost proložena progresí.*

#### Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** - Výsledky jsou uvedeny v tabulce. Tento nízký poměr oleje ku vodě by při užití tohoto oleje nebyl použitelný v praxi!! Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení** – Doporučuji vyzkoušet větší poměr či delší míchání (dobu přechodu radonu do oleje), nebo také možnost vyzkoušení jiného oleje k odradonování.

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Rost: 3.1–3.5

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 1.6. 2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{150}{400} = \frac{3}{8} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**doba míchání** 5 (min)

**doba rozdělování** 5 (min)

**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

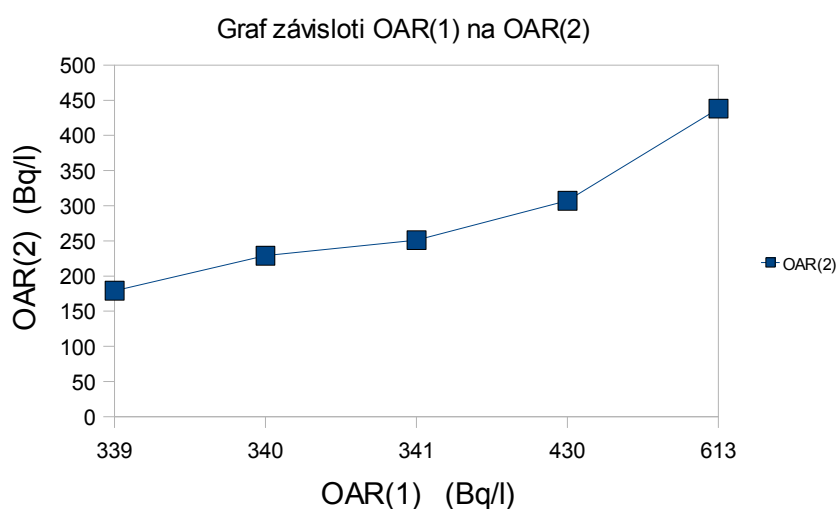
**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

## Tabulky měření

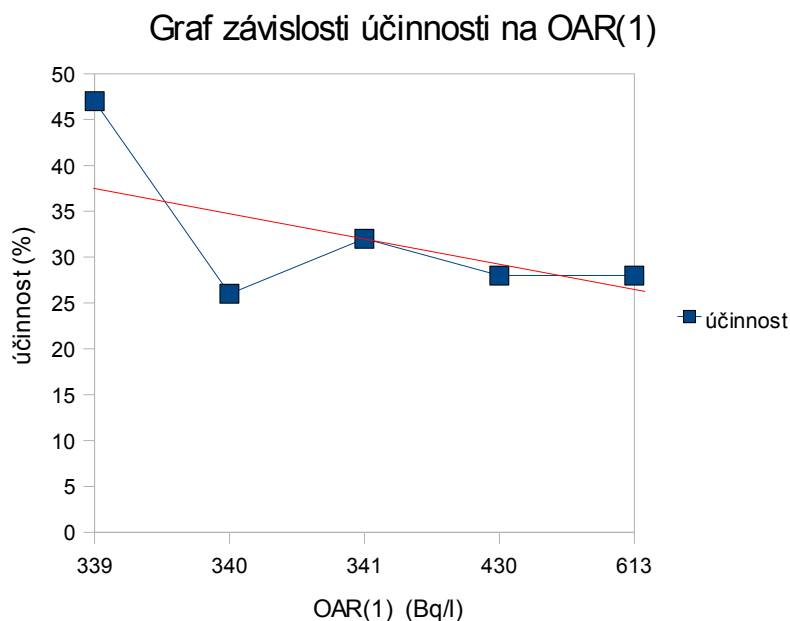
č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	3/8	613	438	28,56	0,399	Starý- s.č./1001	12
2.	3/8	430	307	28,6	0,401	Starý-s.č./1001	13
3.	3/8	339	179	47,2	0,838	Starý-s.č./1001	15
4.	3/8	340	251	26,18	0,355	Starý-s.č./1001	16
5.	3/8	341	229	32,84	0,489	Starý-s.č./1001	16

Pozn.: Při 3. měření musel dojít k chybě, protože tam je výrazná změna v účinnosti od ostatních měření.

graf:



Na tomto grafu je patrné jak když se zvyšuje OAR(1) tak se zvyšuje i OAR(2). Pro názornost proložena progresí.



Na tomto grafu je patrné, že se nesnižuje účinnost s rostoucím OAR(1) tak razantně jako u ostatních olejů. Ale je to mu stále tak. Pro názornost proložena progresí.

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** - Výsledky uvedeny v tabulce. Účinnost je lepší než v nižším poměru.

Eventuálně by se tento olej v tomto poměru dal použít, ale musíme ještě zkusit jak se bude měnit účinnost v závislosti na čase. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení** – V tomto poměru by tento olej nebyl vhodný na odradonování vody s velkým OAR, avšak byl by vhodný jako finální doodradonování či by se musel zkombinovat s nějakým jiným mechanismem na odradonování.

Vidíme, že rozdíl v účinnosti poměru 5/6 (účinnost 15%-35%) a poměru 3/8 (28%-33%) není velký, ba je dokonce stejná. Proto si myslím, že je použití poměru 5/6 v praxi či v dalších experimentech zbytečné a je lepší provádět experimenty s poměrem 3/8 (v praxi by to také bylo aspoň levnější).

## Zhodnocení experimentu: Extrakce – Rostlinný olej

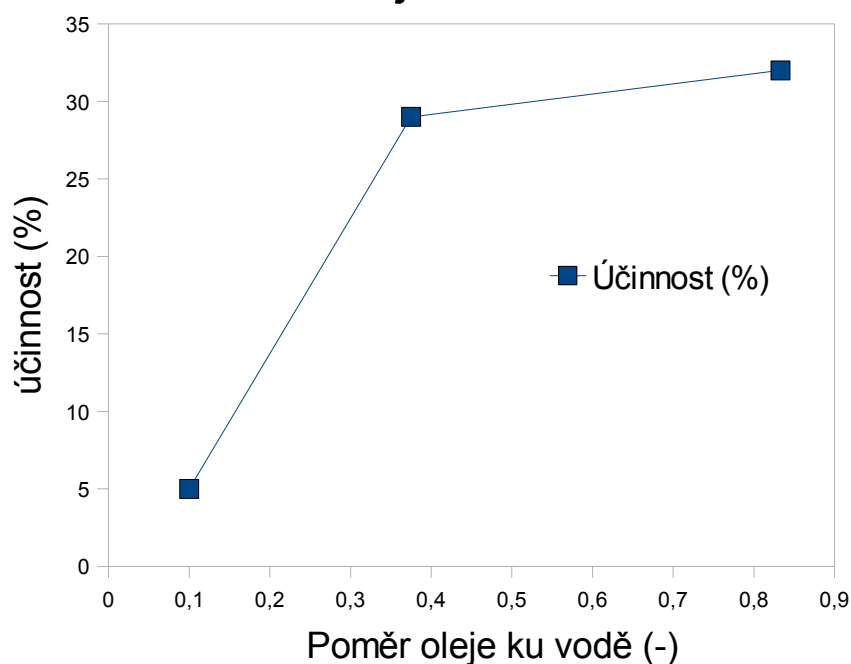
označení: La-EX-Rost

Porovnání výsledků 1.1–1.3, 2.1–2.12 a 3.1–3.5.

Porovnání je uvedeno v tabulce a hlavně v grafu, aby bylo vidět jak ovlivňuje poměr oleje ku vodě účinnost. Pro graf byly vybrány vhodné zástupci výsledků, které neodpovídají přímo aritmetickým průměrům!

Použitý poměr (objem použitého oleje)	účinnost
5/6 (250ml oleje)	14 %-36 %
3/8 (150 ml oleje)	26 %-32 %
1/10 (50 ml oleje)	2 %-15 %

Graf závislosti účinnosti na poměru oleje ku vodě



*Na tomto grafu je vidět závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě. Účinnost roste s rostoucím poměrem.*

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** - Výsledky uvedeny v tabulce a v grafu. Na grafu je vidět závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě. Účinnost roste s rostoucím poměrem. V grafu a v tabulce je vidět, že rozdíl mezi poměrem 1/10 a poměrem 3/8 je velmi znatelný, ovšem rozdíl mezi poměrem 3/8 a 5/6 už není velký.

**Doporučení** – Graf poukázal na to, že by pro nás bylo **nejvýhodnější pro praxi či pro další experimenty používat poměr 3/8**, protože poměr 1/10 nemá velkou účinnost a poměr 5/6 je neekonomický a jeho účinnost je pouze o trochu větší než 3/8. Ovšem účinnost stále není dost veliká, proto provedeme další experimenty, u kterých zvětšíme délku míchání oleje s vodou. Zkusíme tyto experimenty i s více poměry, ale myslím si že 3/8 je pro nás **nejlepší**.

## **Experiment:      Extrakce – Slunečnicový olej**

**Označení:** La - EX - Slu

**Cíl:** Zjistit vliv různých parametrů extrakce na odradonování vody. Účinnost odradonování je hodnocena rozdílem OAR ve vodě před a po jednotlivých experimentech

závislá veličina:      účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100 \quad (\%)$$

OAR(1), OAR(2) – objemová aktivita radonu ve vodě před a po měření

Rozdělovací koeficient

$$D = \frac{C_{(olej)}}{C_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

Dále sledovat: teplotu vody, poměr objemu oleje k objemu vody, poměr času míchání s odradonovacím, možnost ovlivnění kvality vody experimentem, vztah účinnosti odradonování a počáteční hodnoty OAR

**Místo provedení:** laboratoře SPŠCh

**Měřicí přístroje a pomůcky:**

objem vody: odměrný válec

objem oleje: odměrný válec

čas: stopky (mobilní telefon–Nokia, Samsung)

otáčky: manuální otáčení

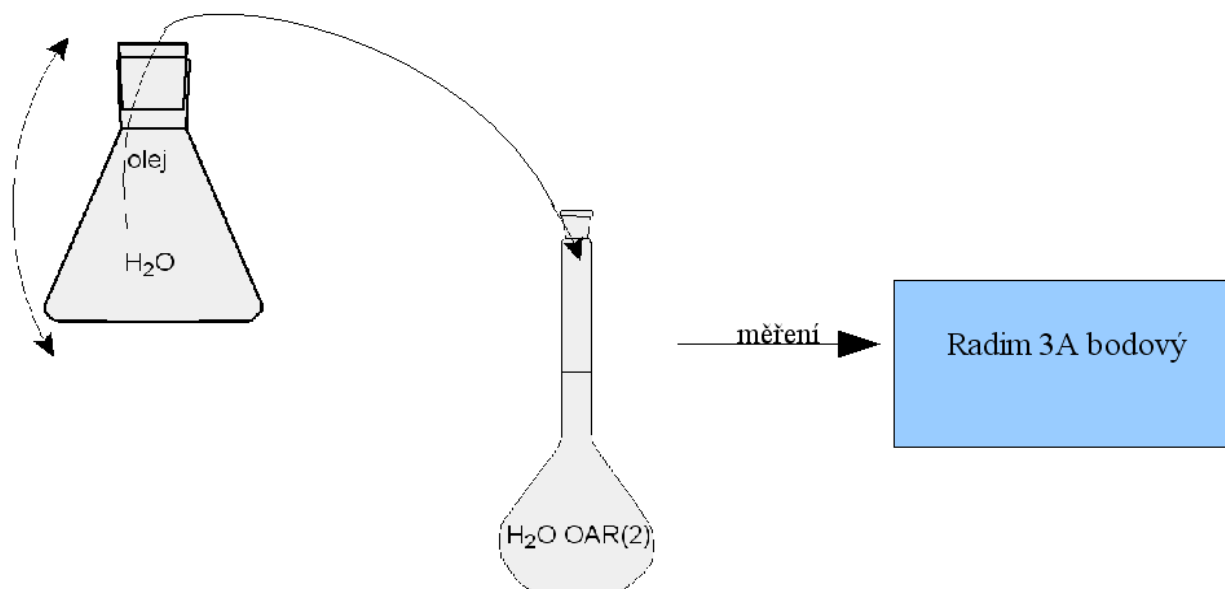
teplota vody: lihový teploměr

OAR      Radim 3A bodový–nastavení, ověřené měřidlo ČMI

počet opakovaných měření: pro každý typ měření minimálně 3x



## Sestava aparatury



*Ilustrace 2: Sestava aparatury*

## Postup experimentu

9. Naměření daného objemu vody, který chceme odradonovat.
10. Naměření daného objemu oleje.
11. Převedení látek po stěně do Erlenmayerovy baňky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
12. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
13. Dělení a stání vody s olejem v baňce.
14. Oddělení oleje od vody odsáním.
15. Měření obsahu radonu v odradovanované vodě.

**Vyhodnocení experimentu:** na základě výsledků jednotlivých měření stanovit optimální podmínky pro odradonování vody extrakcí olejem, zhodnotit vliv všech vnějších faktorů, posoudit nejistoty

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX-Slun: 1.1–1.3

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 26.2.-18.3.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

Závislá veličina:  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

nezávislé veličiny objem oleje 250 (ml)

poměr objemu oleje k objemu vody  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{250}{300} = \frac{5}{6} \quad (-)$

otáčky míchání 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

doba míchání 5 (min)

doba rozdělování 5 (min)

zařízení Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

konstrukce nástavce sklo se zábrusem

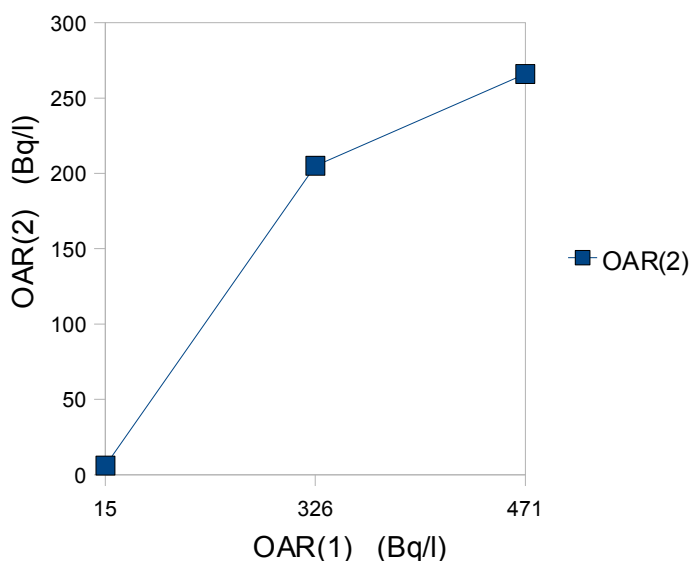
## Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	5/6	15	6	60%	1,5	Starý- s.č./1001	10
2.	5/6	471	266	43,524%	0,771	Starý- s.č./1001	9
3.	5/6	326	205	37,11%	0,590	Starý- s.č./1001	18

Pozn: 1. měření nebereme v potaz kvůli velmi nízkému OAR(1)

graf:

Graf závislosti OAR(2) na OAR(1)



*Na tomto grafu je vidět závislost OAR(2) na OAR(1).  
Pokud se OAR(1) zvyšuje, zvyšuje se také OAR(2).*

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** – výsledky uvedené v tabulce. Na použití v praxi by bylo potřeba dosáhnout větší účinnosti za použití znatelně menšího objemu oleje. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení** – Slunečnicový olej má dobrou účinnost. Pro použití v praxi bychom ovšem potřebovali dosáhnout větší účinnosti. Byli by dva faktory, či dva vlivy, kterými bychom mohli účinnost zvýšit. Je možné zvětšit poměr oleje ku vodě, ovšem to je velmi neekonomické, už tento poměr by byl drahý, čili si myslím, že to je pro nás nevhodné. Ale je možné zvýšit čas míchání oleje s vodou a to by mohlo být i ekonomické tak také účinné.

Potřebovali bychom zjistit za jak dlouho se olej nasytí radonem natolik, že bude radioaktivní čili pro člověka a pro přírodu nebezpečný. Protože pokud by se olej nasytil rychle (v praxi cca. týden) byl by tento poměr velmi neekonomický, ale pokud by se nasytil olej v praxi například za 3 měsíce a byl stále nezávadný, že bychom ho mohli ty 3 měsíce používat. Dalo by se už o tomto poměru pro odradonování vod uvažovat.

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX-Slun: 2.1–2.4

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 11.3.-15.4.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

Závislá veličina:  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

nezávislé veličiny objem oleje 50 (ml)

poměr objemu oleje k objemu vody  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

otáčky míchání 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

doba míchání 5 (min)

doba rozdělování 5 (min)

zařízení Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

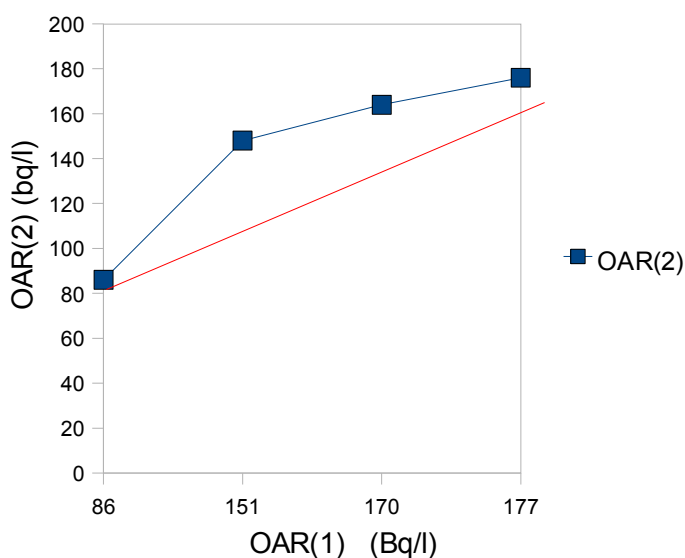
konstrukce nástavce sklo se zábrusem

## Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	86	86	0	-	Starý- s.č./1001	9
2.	1/10	151	148	1,99	0,0202	Starý- s.č./1001	9
3.	1/10	170	164	3,529	0,0365	Starý-s.č./1001	13
4.	1/10	177	176	0,565	0,0056	Starý-s.č./1001	13

Graf:

Graf závislosti OAR(2) na OAR(1)



*Na tomto grafu je patrné jak když se zvyšuje OAR(1) tak se zvyšuje i OAR(2). Pro názornost proložena progresí.*

### Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření-** výsledky uvedeny v tabulce. Na použití v praxi by bylo potřeba dosáhnout o mnoho větší účinnosti. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení**—V tomto malém poměru oleje ku vodě, se slunečnicový olej na odradonování *nedá použít!* A proto doporučuji použít více oleje, co je ovšem nevýhodné, nebo použití jiného oleje, pokud by měl v tomto malém poměru větší účinnost. Nebo je tu možnost déle míchat olej s vodou, jestli to bude mít vliv na účinnost.

## Vyhodnocení experimentu: Extrakce – Slunečnicový olej

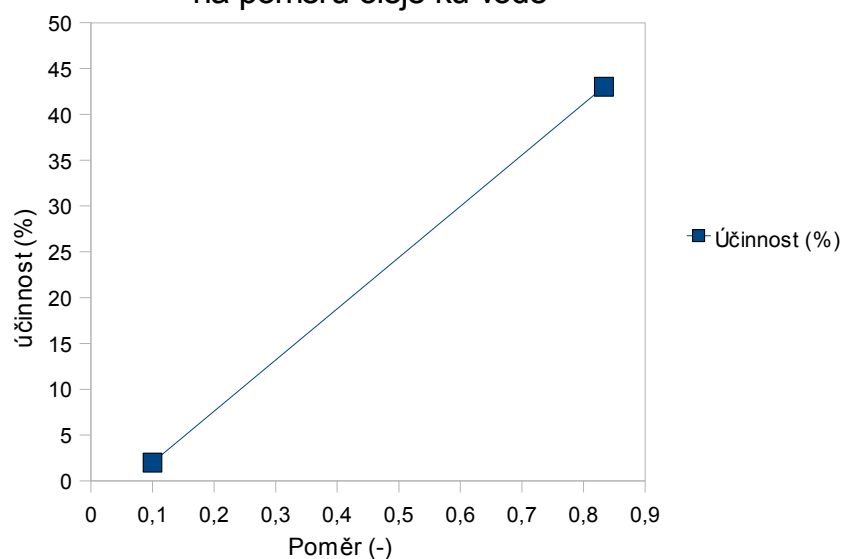
označení: La - EX - Slun

Porovnání výsledků 1.1–1.3, 2.1–2.4

Porovnání je uvedeno v tabulce a hlavně v grafu, aby bylo vidět jak ovlivňuje poměr oleje ku vodě účinnost. Pro graf byly vybrány vhodné zástupci výsledků, které neodpovídají přímo aritmetickým průměrům!

Použitý poměr (objem použitého oleje)	účinnost
5/6 (250ml oleje)	37 %-43 %
1/10 (50 ml oleje)	0 %-3 %

Graf závislosti účinnosti  
na poměru oleje ku vodě



*Na tomto grafu je vidět závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě.  
Účinnost roste s rostoucím poměrem.*

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření-** výsledky uvedeny v tabulce a v grafu. Na grafu je vidět závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě. Účinnost roste s rostoucím poměrem. V grafu a v tabulce je vidět, že rozdíl mezi poměrem 1/10 a poměrem 5/6 je velmi znatelný. Ovšem poměr 5/6 je neekonomický čili by bylo lepší zkusit poměr který by byl menší než 5/6 a větší než 1/10 nejlépe zkusit 3/8.

**Doporučení –** Graf poukázal na to, že by pro nás bylo a výsledky tomu nasvědčují, že poměr 1/10 je nepoužitelný a poměr 5/6 by se eventuálně dal využít, ale lepší by byl poměr například 3/8, ale stále bychom potřebovali zvýšit účinnost. Do budoucna by bylo dobré to vyzkoušet, ale **myslím si a výsledky mé tvrzení potvrzují, že se olivový olej na odradonování vod nedá použít.**

## Experiment:      Extrakce – Olivový olej

**Označení:** La - Ex - Oliv

**Cíl:** Zjistit vliv různých parametrů extrakce na odradonování vody. Účinnost odradonování je hodnocena rozdílem OAR ve vodě před a po jednotlivých experimentech

závislá veličina:      účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100 \quad (\%)$$

OAR(1), OAR(2) – objemová aktivita radonu ve vodě před a po měření

Rozdělovací koeficient

$$D = \frac{C_{(olej)}}{C_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

Dále sledovat: teplotu vody, poměr objemu oleje k objemu vody, poměr času míchání s odradonovacím, možnost ovlivnění kvality vody experimentem, vztah účinnosti odradonování a počáteční hodnoty OAR

**Místo provedení:** laboratoře SPŠCh

**Měřicí přístroje a pomůcky:**

objem vody: odměrný válec

objem oleje: odměrný válec

čas: stopky (mobilní telefon–Nokia, Samsung)

otáčky: manuální otáčení

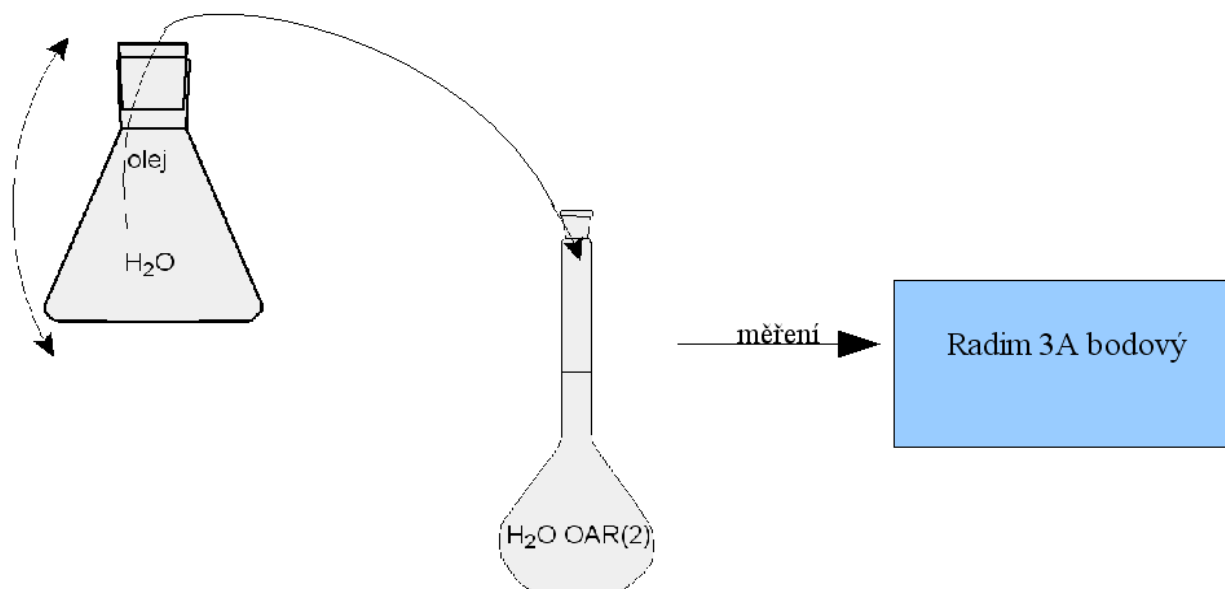
teplota vody: lihový teploměr

OAR      Radim 3A bodový–nastavení, ověřené měřidlo ČMI

počet opakovaných měření: pro každý typ měření minimálně 3x



### Sestava aparatury



*Ilustrace 3: Sestava aparatury*

#### Postup experimentu

16. Naměření daného objemu vody, který chceme odradonovat.
17. Naměření daného objemu oleje.
18. Převedení látek po stěně do Erlenmayerovy baňky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
19. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
20. Dělení a stání vody s olejem v baňce.
21. Oddělení oleje od vody odsáním.
22. Měření obsahu radonu v odradovanované vodě.

**Vyhodnocení experimentu:** na základě výsledků jednotlivých měření stanovit optimální podmínky pro odradonování vody extrakcí olejem, zhodnotit vliv všech vnějších faktorů, posoudit nejistoty

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Oliv: 1.1–1.3

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 26.2.-18.3.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

Závislá veličina:  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

nezávislé veličiny objem oleje 250 (ml)

poměr objemu oleje k objemu vody  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{250}{300} = \frac{5}{6} \quad (-)$

otáčky míchání 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

doba míchání 5 (min)

doba rozdělování 5 (min)

zařízení Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

konstrukce nástavce sklo se zábrusem

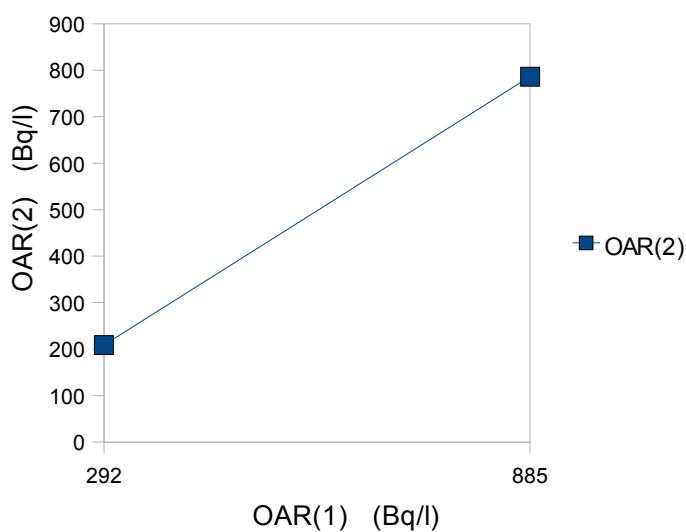
## Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	5/6	15	2	86,66	6,5	Starý- s.č./1001	9
2.	5/6	885	786	11,186	0,126	Starý- s.č./1001	9
3.	5/6	292	209	28,424	0,3971	Nový-s.č./	13

Pozn: 1. měření nebereme v potaz kvůli velmi nízkému OAR(1)

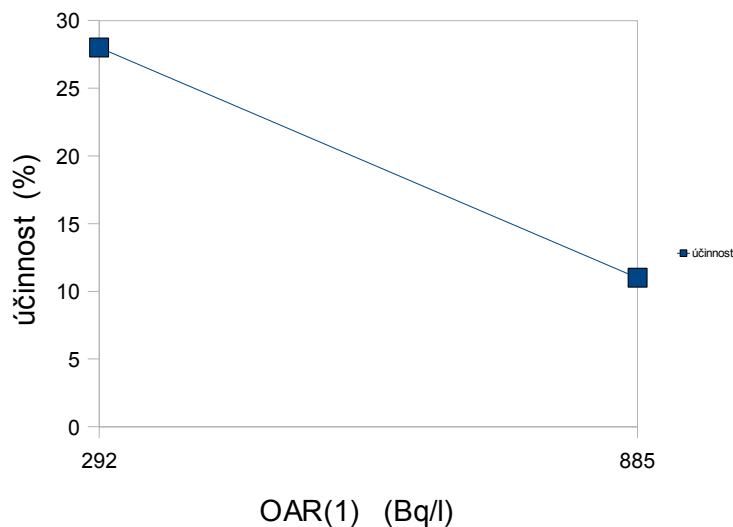
graf:

Graf závislosti OAR(2) na OAR(1)



Zde je vidět závislost OAR(2) na OAR(1). Pokud se OAR(1) zvyšuje, zvyšuje se také OAR(2).

Graf závislosti účinnosti na OAR(1)



Na tomto grafu je patrné, že pokud se zvyšuje OAR(1) tak se razantně snižuje účinnost.

## **Vyhodnocení měření**

**Formulace výsledků měření** – Výsledky uvedené v tabulce a grafu. Na použití v praxi by bylo potřeba dosáhnout větší účinnosti, ale hlavně za použití znatelně menšího objemu oleje. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení** – Olivový účinnost nemá v tomto poměru velkou účinnost. Dalo by se použít větší poměr oleje ku vodě (více oleje), ale to by bylo neekonomické. Musíme zkusit jak se bude měnit účinnost s časem míchání. Toto odradonování je už v tomto poměru neekonomické, proto zkusíme zmenšit poměr oleje ku vodě.

Potřebovali bychom zjistit za jak dlouho se olej nasytí radonem natolik, že bude radioaktivní čili pro člověka a pro přírodu nebezpečný. Protože pokud by se olej nasytil rychle (v praxi cca. týden) byl by tento poměr velmi neekonomický, ale pokud by se nasytil olej v praxi například za 3 měsíce a byl stále nezávadný, že bysme ho mohli ty 3 měsíce používat. Dalo by se už o tomto poměru pro odradonování vod uvažovat.

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Oliv: 2.1–2.5

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 11.3.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

Závislá veličina:  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

nezávislé veličiny objem oleje 50 (ml)

poměr objemu oleje k objemu vody  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

otáčky míchání 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

doba míchání 5 (min)

doba rozdělování 5 (min)

zařízení Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

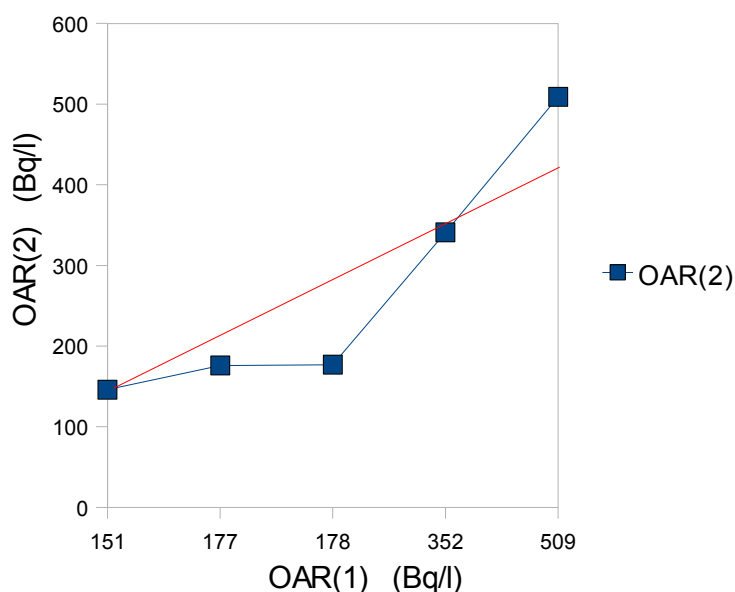
konstrukce nástavce sklo se zábrusem

## Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	509	509	0	-	Starý- s.č./1001	/
2.	1/10	151	146	3,31	0,0342	Starý- s.č./1001	9
3.	1/10	177	177	0	-	Starý-s.č./1001	13
4.	1/10	177	176	0,564	0,0056	Starý-s.č./1001	13
5.	1/10	352	341	3,12	0,03	Starý-s.č./1001	13

Graf:

Graf závislosti OAR(2) na OAR(1)



*Zde je vidět závislost OAR(2) na OAR(1). Pokud se OAR(1) zvyšuje, zvyšuje se také OAR(2). Pro přehlednost proložena regresí.*

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** - Výsledky uvedeny v tabulce. Na použití v praxi by bylo potřeba dosáhnout o mnoho větší účinnosti. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení** – V tomto malém poměru oleje ku vodě, se olivový olej na odradonování *nedá použít!* A proto doporučuji použít více oleje nebo použití jiného oleje, pokud by měl v tomto malém poměru větší účinnost. Je tu možnost také zvětšit dobu míchání oleje s vodou.

## Zhodnocení experimentu: Extrakce – Olivový olej

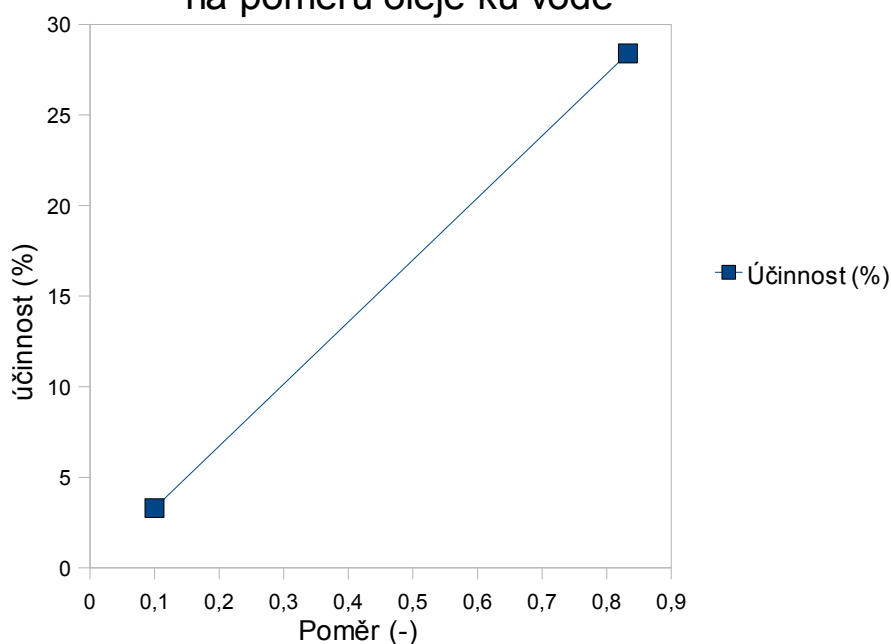
označení: La - EX - Oliv

Porovnání výsledků 1.1–1.3, 2.1–2.5

Porovnání je uvedeno v tabulce a hlavně v grafu, aby bylo vidět jak ovlivňuje poměr oleje ku vodě účinnost. Pro graf byly vybrány vhodné zástupci výsledků, které neodpovídají přímo aritmetickým průměrům!

Použitý poměr (objem použitého oleje)	účinnost
5/6 (250ml oleje)	12% - 30 %
1/8 (50 ml oleje)	0% - 4%

Graf závislosti účinnosti  
na poměru oleje ku vodě



*Na tomto grafu je vidět závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě.  
Účinnost roste s rostoucím poměrem..*

### Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření-** výsledky uvedeny v tabulce a v grafu. Na grafu je vidět závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě. Účinnost roste s rostoucím poměrem. V grafu a v tabulce je vidět, že rozdíl mezi poměrem 1/10 a poměrem 5/6 je velmi znatelný. Ovšem poměr 5/6 je neekonomický čili by bylo lepší zkusit poměr který by byl menší než 5/6 a větší než 1/10 nejlépe zkusit 3/8.

**Doporučení –** Graf poukázal na to, že by pro nás bylo a výsledky tomu nasvědčují, že poměr 1/10 je nepoužitelný a poměr 5/6 by se eventuálně dal využít, ale lepší by byl poměr například 3/8, ale stále bychom potřebovali zvýšit účinnost. Do budoucna by bylo dobré to vyzkoušet, ale **myslím si a výsledky mé tvrzení potvrzují, že se olivový olej na odradonování vod nedá použít.**

## **Experiment:      Extrakce – Parafínový olej**

**Označení:** La - Ex - Paraf

**Cíl:** Zjistit vliv různých parametrů extrakce na odradonování vody. Účinnost odradonování je hodnocena rozdílem OAR ve vodě před a po jednotlivých experimentech

závislá veličina:      účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100 \quad (\%)$$

OAR(1), OAR(2) – objemová aktivita radonu ve vodě před a po měření

Rozdělovací koeficient

$$D = \frac{C_{(olej)}}{C_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

Dále sledovat: teplotu vody, poměr objemu oleje k objemu vody, poměr času míchání s odradonovacím, možnost ovlivnění kvality vody experimentem, vztah účinnosti odradonování a počáteční hodnoty OAR

**Místo provedení:** laboratoře SPŠCh

**Měřicí přístroje a pomůcky:**

objem vody: odměrný válec

objem oleje: odměrný válec

čas: stopky (mobilní telefon–Nokia, Samsung)

otáčky: manuální otáčení

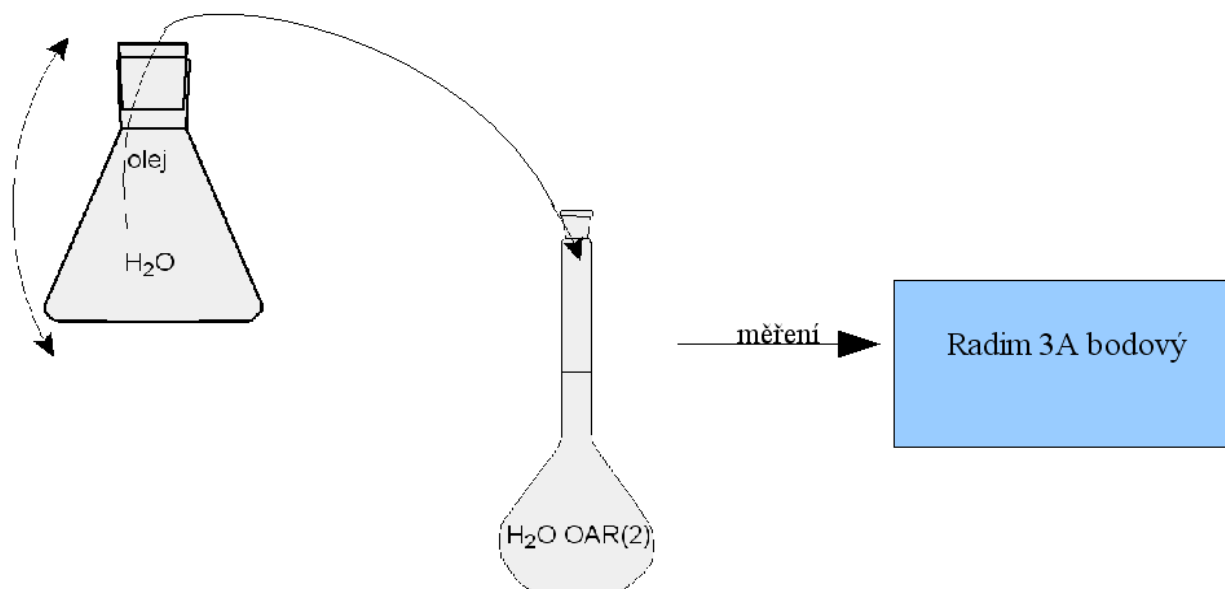
teplota vody: lihový teploměr

OAR      Radim 3A bodový–nastavení, ověřené měřidlo ČMI

počet opakovaných měření: pro každý typ měření minimálně 3x



### Sestava aparatury



*Ilustrace 4: Sestava aparatury*

### Postup experimentu

23. Naměření daného objemu vody, který chceme odradonovat.
24. Naměření daného objemu oleje.
25. Převedení látek po stěně do Erlenmayerovy baňky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
26. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
27. Dělení a stání vody s olejem v baňce.
28. Oddělení oleje od vody odsáním.
29. Měření obsahu radonu v odradovanované vodě.

**Vyhodnocení experimentu:** na základě výsledků jednotlivých měření stanovit optimální podmínky pro odradonování vody extrakcí olejem, zhodnotit vliv všech vnějších faktorů, posoudit nejistoty

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Paraf: 1.1–1.5

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 30.5.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**dobu míchání** 5 (min)

**dobu rozdělování** 5 (min)

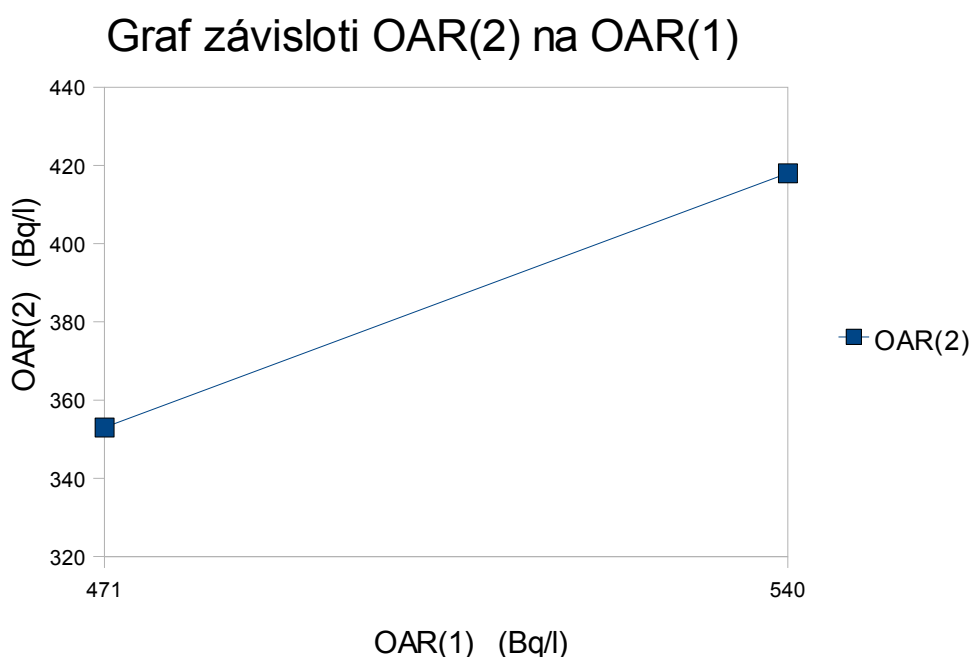
**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

## Tabulky měření

číslo měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	540	412	23,7	0,311	Starý- s.č./1001	12
2.	1/10	540	418	22,6	0,32	Starý- s.č./1001	12
3.	1/10	540	448	17,04	0,205	Starý- s.č./1001	13
4.	1/10	471	381	19,1	0,236	Starý- s.č./1001	15
5.	1/10	471	353	25,1	0,334	Starý- s.č./1001	17

graf:



*Na tomto grafu je patrné, že pokud vzrůstá OAR(1) tak vzrůstá i OAR(2). Pro graf jsou vybráni 2 zástupci z každé skupiny výsledků.*

## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření**–Výsledky uvedeny v tabulce a zavedeny do grafu. Parafínový olej má v tomto poměru docela slušnou účinnost oproti jiným olejům. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

**Doporučení**–Má příliš nízkou účinnost na použití v praxi. Bylo by dobré zkusit jeho účinnost při větším poměru nebo zvýšit délku míchání oleje s vodou v erlenmayerově baňce. Spíše by bylo lepší zvýšit čas míchání, protože tento olej je oproti ostatním použitým olejům drahý a proto by bylo zvýšení poměru oleje ku vodě např. na 5/6 velmi neekonomické, eventuálně by připadal v potaz poměr 3/8 (maximálně více už ne - z důvodu ceny oleje).

## **1.2. Vliv doby míchání oleje s vodou na účinnost odradonování**

## Experiment: Extrakce – vliv doby míchání oleje s vodou

**Označení:** La - Ex - time

**Cíl:** Zjistit vliv různé doby extrakce na odradonování vody, účinnost odradonování je hodnocena rozdílem OAR ve vodě před a po jednotlivých experimentech

závislá veličina: účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100 \quad (\%)$$

OAR(1), OAR(2) – objemová aktivita radonu ve vodě před a po měření

Rozdělovací koeficient

$$D = \frac{C_{(olej)}}{C_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

Dále sledovat: teplotu vody, poměr objemu oleje k objemu vody, poměr času míchání s odradonovacím, možnost ovlivnění kvality vody experimentu, vztah účinnosti odradonování a počáteční hodnoty OAR

**Místo provedení:** laboratoře SPŠCh

**Měřicí přístroje a pomůcky:**

objem vody: odměrný válec

objem oleje: odměrný válec

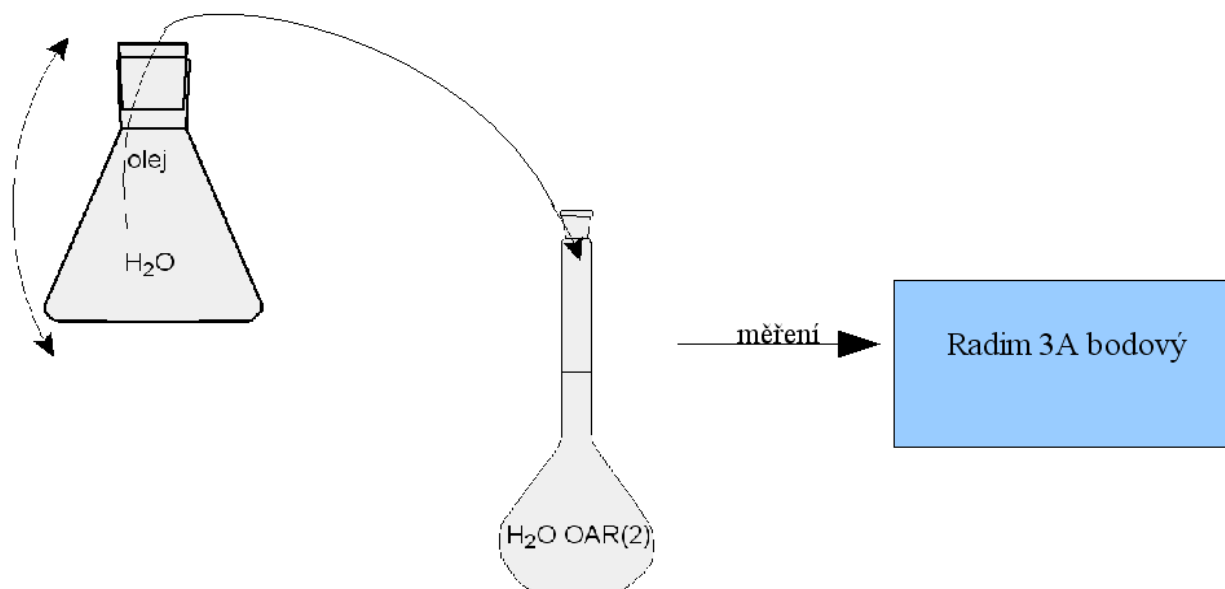
čas: stopky (mobilní telefon–Nokia, Samsung)

otáčky: manuální otáčení

teplota vody: lihový teploměr

OAR Radim 3A bodový–nastavení, ověřené měřidlo ČMI

## Sestava aparatury



*Ilustrace 5: Sestava aparatury*

### Postup experimentu

30. Naměření daného objemu vody, který chceme odradonovat.
31. Naměření daného objemu oleje.
32. Převedení látek po stěně do Erlenmayerovy baňky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
33. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
34. Dělení a stání vody s olejem v baňce.
35. Oddělení oleje od vody odsáním.
36. Měření obsahu radonu v odradovanované vodě.

**Vyhodnocení experimentu:** na základě výsledků jednotlivých měření stanovit optimální podmínky pro odradonování vody extrakcí olejem, zhodnotit vliv všech vnějších faktorů, posoudit nejistoty

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX-time: 1.1–1.3

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 30.5.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv doby míchání oleje s vodou na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**doba míchání** 5, 10, 15 (min)

**doba rozdělování** 5 (min)

**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

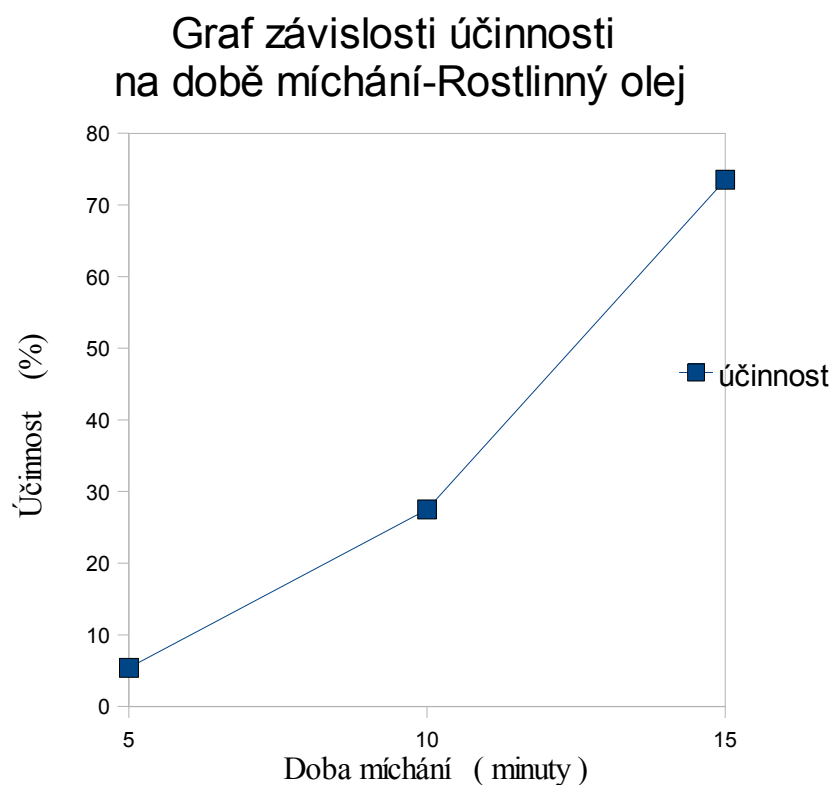
**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

**Použitý olej - Rostlinný olej**

### Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	Doba míchání (min.)	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	t H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	5	574	543	5,4	0,057	Starý- s.č./1001	16
2.	1/10	10	574	416	27,5	0,38	Starý- s.č./1001	16
3.	1/10	15	574	152	73,52	2,77	Starý- s.č./1001	16

graf:



### Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** – výsledky uvedené v tabulce a grafu. Graf nám udává závislost účinnosti na době míchání. Tu jsem si zvolil na 5, 10 a 15 minut. Po 15 minutách jsem měl účinnost 73% což je velmi dobré.

**Doporučení** – Přesvědčili jsme se že doba míchání má na účinnost odradonování velmi velký vliv. Po 15 minutách jsme dosáhli účinnosti (73%), která je velmi dobrá a **myslím si, že by se dal tento olej v tomto poměru a za času míchání 15 minut použít v praxi či přinejmenším jako konečné odradonování vody.**



## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - time: 2.1–2.4

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 30.5.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv doby míchání oleje s vodou na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**doba míchání** 5, 10, 15 (min)

**doba rozdělování** 5 (min)

**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

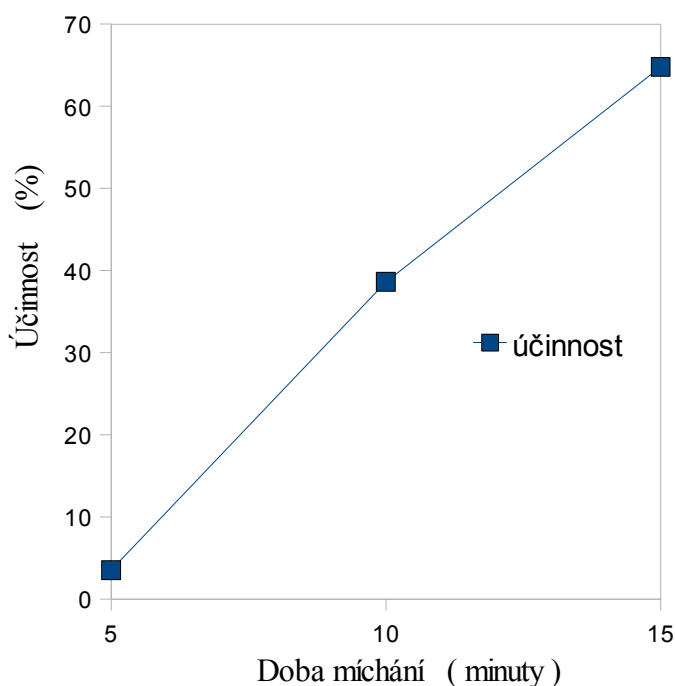
**Použitý olej - Slunečnicový olej**

## Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	Doba míchání (min.)	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	t H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	5	170	164	3,529	0,037	Starý- s.č./1001	13
2.	1/10	10	409	251	38,63	0,629	Starý- s.č./1001	16
3.	1/10	10	409	268	34,47	0,526	Starý- s.č./1001	16
4.	1/10	15	409	144	64,79	1,84	Starý- s.č./1001	16

graf:

Graf závislosti účinnosti  
na době míchání - Slunečnicový olej



## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** – Výsledky uvedené v tabulce a grafu. Graf nám udává závislost účinnosti na době míchání. Tu jsem si zvolil na 5, 10 a 15 minut. Po 15 minutách jsem měl účinnost 65% což je velmi dobré, jestliže si vezmeme v potaz, že účinnost po 5 minutách dosáhla maximálně 4%.

**Doporučení** – Přesvědčili jsme se že doba míchání má na účinnost odradonování velmi velký vliv. Po 15 minutách jsme dosáhli účinnosti (65%), která je velmi dobrá a myslím si, že by se dal tento olej v tomto poměru a za času míchání 15 minut použít v praxi či přinejmenším jako konečné odradonování vody

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - time: 3.1–3.4

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 30.5.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv doby míchání oleje s vodou na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**doba míchání** 5, 10, 15 (min)

**doba rozdělování** 5 (min)

**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

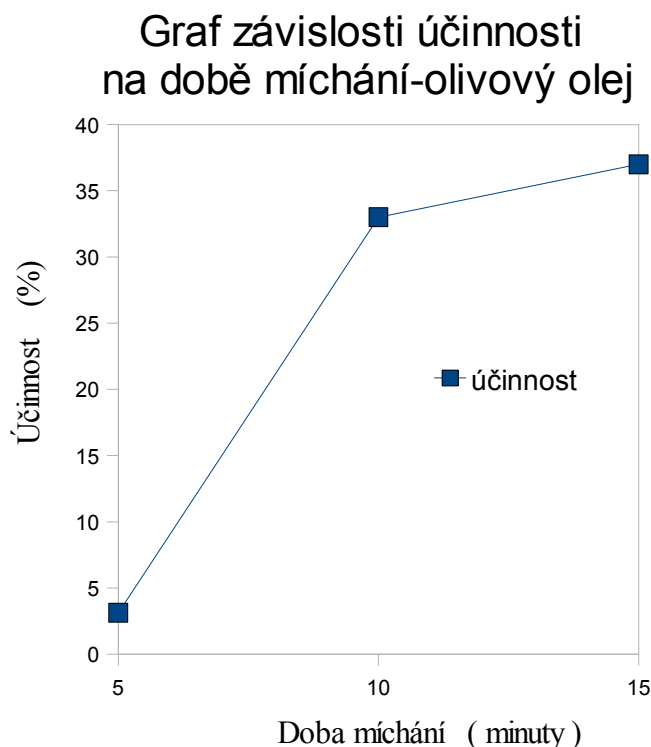
**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

**Použitý olej - Olivový olej**

## Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	Doba míchání (min.)	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	t H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	5	352	341	3,13	0,032	Starý- s.č./1001	13
2.	1/10	10	352	236	32,95	0,492	Starý- s.č./1001	16
3.	1/10	15	352	248	29,54	0,419	Starý- s.č./1001	16
4.	1/10	15	352	221	37,21	0,593	Starý- s.č./1001	16

graf:



## Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** – Výsledky uvedené v tabulce a grafu. Graf nám udává závislost účinnosti na době míchání. Tu jsem si zvolil na 5, 10 a 15 minut. Po 15 minutách jsem měl účinnost 37% je to velký rozdíl, jestliže si vezmeme v potaž, že účinnost po 5 minutách dosáhla maximálně 4%.

**Doporučení** – Přesvědčili jsme se že doba míchání má na účinnost odradonování velmi velký vliv. Po 15 minutách jsme dosáhli účinnosti (37%), která je dobrá, ale stále velmi malá na použití olivového oleje v praxi. V budoucnu by bylo dobré změřit vliv času na poměr například 3/8, protože v tomto poměru by to mohla vycházet účinnost lepší a dalo by se uvažovat o použití v praxi.

**V tomto poměru a za těchto podmínek (doba míchání,...) se olivový olej nedá použít.**

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - time: 4.1–4.2

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 30.5.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv doby míchání oleje s vodou na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{150}{400} = \frac{3}{8} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**doba míchání** 5, 10, 15 (min)

**doba rozdělování** 5 (min)

**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

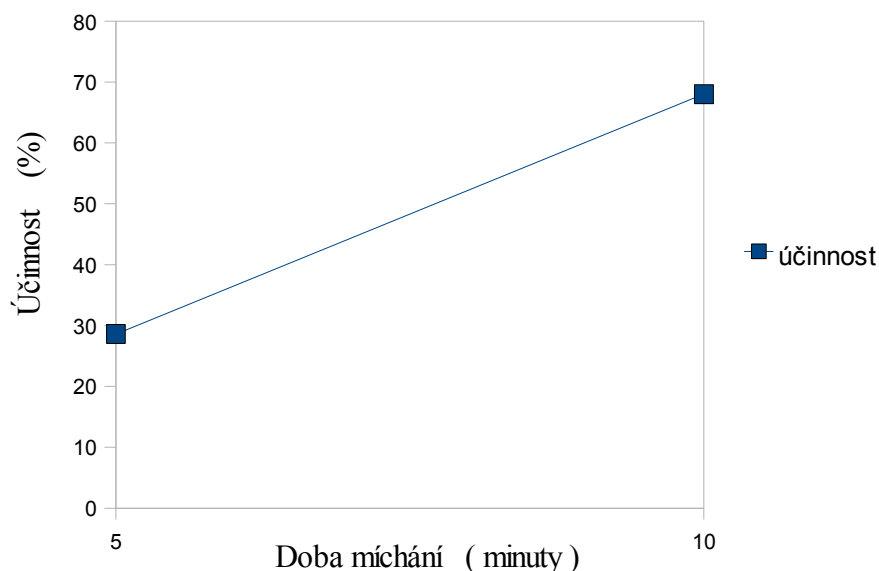
**Použitý olej** -Rostlinný olej

### Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	Doba míchání (min.)	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	t H <sub>2</sub> O °C
1.	3/8	5	430	307	28,6	0,401	Starý- s.č./1001	13
2.	3/8	10	340	109	67,94	2,12	Starý- s.č./1001	15

graf:

Graf závislosti účinnosti na době míchání



### Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** - Výsledky uvedené v tabulce a grafu. Graf nám udává závislost účinnosti na době míchání. Tu jsem si zvolil na 5, 10. Po 10 minutách jsem měl účinnost 68% je to velký rozdíl, jestliže si vezmeme v potaz, že účinnost po 5 minutách dosáhla maximálně 29%.

**Doporučení** – Přesvědčili jsme se že doba míchání má na účinnost odradonování velmi velký vliv. Po 10 minutách jsme dosáhli účinnosti (67%), která je velmi dobrá a myslím si, že by se dal tento olej v tomto poměru a za času míchání 10 minut použít v praxi či přinejmenším jako konečné odradonování vody.

### **1.3. Vliv vícenásobné extrakce na účinnost odradonování**

## **Experiment:      Extrakce – Vliv vícenásobné extrakce**

**Označení:** La - Ex - Vice

**Cíl:** Zjistit vliv vícenásobné extrakce na odradonování vody. Účinnost odradonování je hodnocena rozdílem OAR ve vodě před a po jednotlivých experimentech

závislá veličina:      účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100 \quad (\%)$$

OAR(1), OAR(2) – objemová aktivita radonu ve vodě před a po měření

Rozdělovací koeficient:

$$D = \frac{C_{(olej)}}{C_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

Dále sledovat: teplotu vody, poměr objemu oleje k objemu vody, poměr času míchání s odradonovacím, možnost ovlivnění kvality vody experimentu, vztah účinnosti odradonování a počáteční hodnoty OAR

**Místo provedení:** laboratoře SPŠCh

**Měřicí přístroje a pomůcky:**

objem vody: odměrný válec

objem oleje: odměrný válec

čas: stopky (mobilní telefon–Nokia, Samsung)

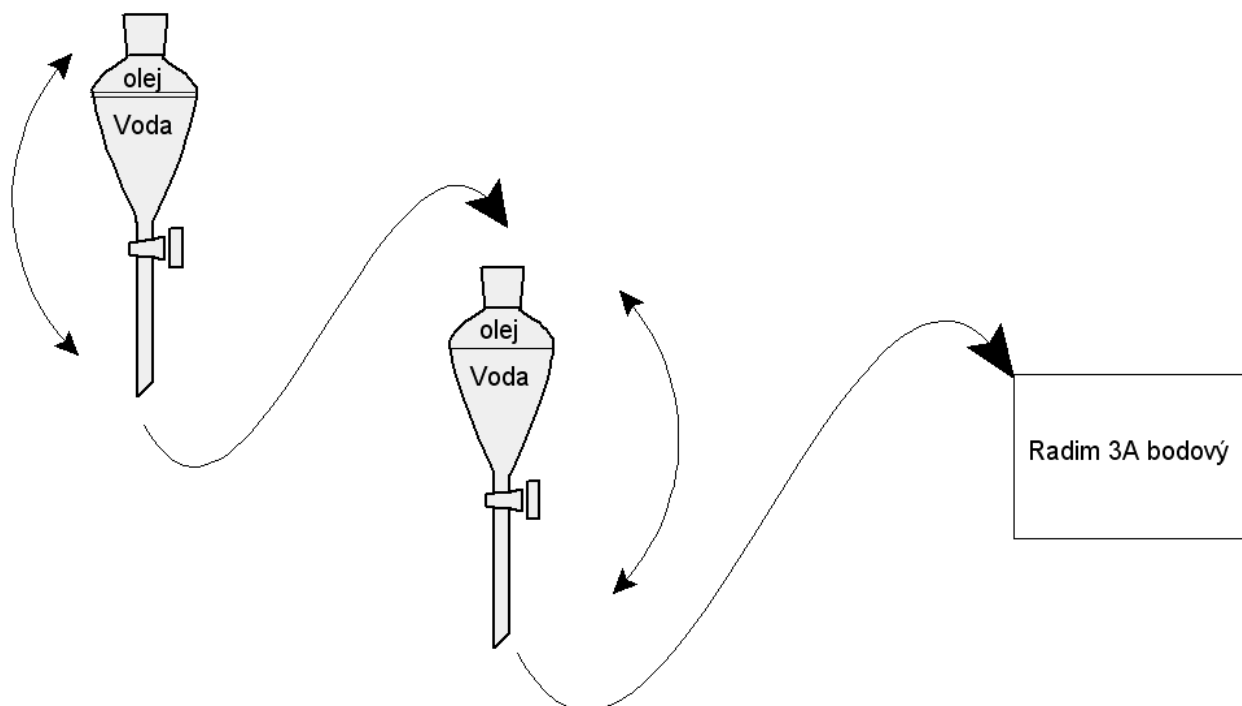
otáčky: manuální otáčení

teplota vody: lihový teploměr

OAR      Radim 3A bodový–nastavení, ověřené měřidlo ČMI



## Sestava aparatury



*Ilustrace 6: Sestava aparatury*

### Postup experimentu

37. Naměření daného objemu vody, který chceme odradonovat.
38. Naměření daného objemu oleje.
39. Převedení látek po stěně do děličky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
40. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
41. Dělení a stání vody s olejem v děličce po dobu 3 minut..
42. Převedení vody, která se oddělila od oleje. Odlijeme do děličky číslo 2 poté si do ní opět po stěně nalijeme odměřený objem oleje, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
43. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
44. Dělení a stání vody s olejem v děličce po dobu 3 minut..
45. Měření OAR(2) v měřicím zařízení.
46. Vyhodnocení experimentu.

**Vyhodnocení experimentu:** na základě výsledků jednotlivých měření stanovit optimální podmínky pro odradonování vody extrakcí olejem, zhodnotit vliv všech vnějších faktorů, posoudit nejistoty

## MĚŘENÍ K EXPERIMENTU LA

**Označení měření:** La - EX - Vice: 1.1–1.2

**Místo měření:** Laboratoře SPŠCh

**Datum měření:** 30.5.-1.6.2008

**Měřil:** Lukáš Kozubík

**Cíl měření** Stanovit vliv poměrů extrakční látky a vody na odradonování při konstantních otáčkách.

**Závislá veličina:**  $\eta$ -účinnost odradonování

$$\eta = \frac{OAR(1) - OAR(2)}{OAR(1)} \cdot 100\%$$

**Rozdělovací koeficient:**

$$D = \frac{c_{(olej)}}{c_{OAR(2)}} \quad \text{poměr koncentrací radonu v oleji a OAR(2)}$$

**nezávislé veličiny** objem oleje 50 (ml)

**poměr objemu oleje k objemu vody**  $\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} \quad (-)$

**otáčky míchání** 20 (ot.min<sup>-1</sup>)

**ddoba míchání** 2 × 10 (min)

**doba rozdělování** 2 × 3 (min)

**zařízení** Erlenmayerova baňka o objemu 550 ml

**konstrukce nástavce** sklo se zábrusem

**Použitý olej:** Slunečnicový olej

### Tabulky měření

č. měření	$\frac{V}{V_{H_2O}}$	OAR(1) Bq.l <sup>-1</sup>	OAR(2) Bq.l <sup>-1</sup>	$\eta$ %	D	Radim	Teplota H <sub>2</sub> O °C
1.	1/10	268	46	82,835	4,83	Starý- s.č./1001	19
2.	1/10	268	21	92,16	11,76	Starý- s.č./1001	20

### Vyhodnocení měření

**Formulace výsledků měření** – Výsledky uvedené v tabulce. Vícenásobná extrakce menším objemem oleje by je účinnější než jedna extrakce velkým (sumárním) objemem oleje. Za těchto podmínek jsme dosáhli skvělých výsledku (velké účinnosti).

**Doporučení** – Vícenásobnou extrakcí jsme dosáhli velmi dobrých výsledků. Tento způsob by se dal použít v praxi pro odradonování menších zdrojů vod. Bylo by ještě vhodné pokusit se zvýšit, účinnost odradonování nějakými faktory, které se pokusíme při pokusu aplikujeme. Také je možné zkusit aplikovat do experimentu menší poměr oleje ku vodě (1/15 či dokonce 1/20) a zjistit jak velký to má vliv na účinnost a jestli by nebylo možné použít spíše menší poměr než 1/10.

## **2. Použité kapalné sorbenty, přístroje a pomůcky**

## Použité oleje



*Zleva: Olivový olej Euroshopper, Slunečnicový olej Lukana, Rostlinný olej Lukana*

Rostlinný olej

Slunečnicový olej

Olivový olej

Parafínový olej

## Rostlinný olej-Lukana

Jednodruhový či vícedruhový rostlinný olej

výrobce Lukana

objem: cca 1 litr





## Slunečnicový jedlý olej–Lukana

složení: slunečnicový olej, vitamín E, vysoký obsah nenasycených mastných kyselin (především kyseliny linolové)

příměs: řepkový nízkotučný olej, sojový olej

výrobce Lukana

objem: cca 1 litr



## Olivový olej z pokrutin–Euro shopper

Olivový olej obsahující pouze olivový olej získaný zpracováním olivového oleje z pokrutin a oleje získaného přímo z oliv.

prodejce: Gaston, spol. s r.o.

Výrobce: Euro shopper

Objem: cca1 litr





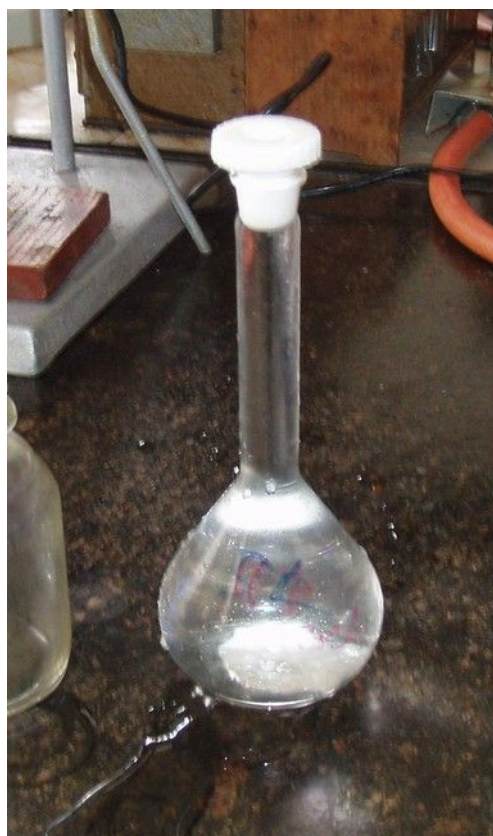
## Parafínový olej (lékárenský olej)



## Použité přístroje a pomůcky



*Skládací kanistr*



*Odměrná baňka*



*Radim 3A bodový-ověřené měřidlo ČMI*



*Erlenmayerova baňka*

### **3. Fotodokumentace-měření, práce a další**



# Laboratoře SPŠCH



*Odměření daného objemu oleje*



*Převedení daného objemu oleje do Erlenmayerovi baňky*



*Převedení vody ze skládacího kanytru do erlenmayerovy baňky*



*Erlenmayerova baňka naplněná  
olejem a vodou*



*Erlenmayerova baňka po vysátí vody (po  
dokončení míchání)*



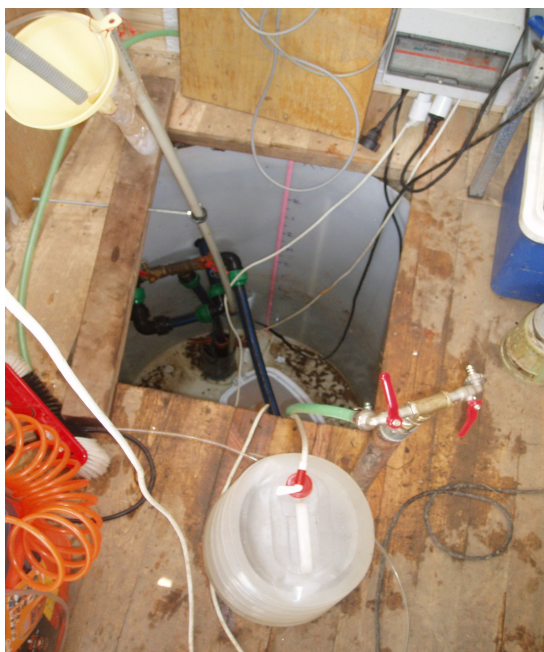
*Měření teploty vody lihovým  
teploměrem*



## Obecní vrt Krouna (30.5–1.6 2008)



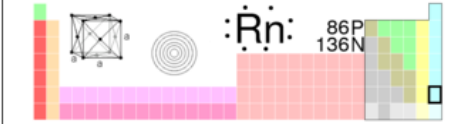
*Vrt v Krouně, v které byla odebírána voda pro experimenty*



*Detail vrtu v Krouně*

## **4. Obecně o radonu**



Radon	
	
Chemická značka	Rn (lat. <i>radonum</i> )
Atomové číslo	86
Izotopy	208, 209, 210, 211, 212, 219, 220, 221, <b>222</b> , 223, 224
Relativní atomová hmotnost	222 amu
Elektronová konfigurace	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>
Skupenství	Plynné
Teplota tání	-71 °C (202 K)
Teplota varu	-65 °C (208 K)
Hustota	9,73 g/cm <sup>3</sup> (0 °C, 101,325 kPa)
Ve vzduchu	10 <sup>-17</sup> %
Skupenské teplo varu při -62 °C	17,985 kJ/mol
Skupenské teplo tání při -71 °C	3,346 kJ/mol
Kritická teplota	+104,5 °C
Kritický tlak	62,4 atm
Kritická hustota	1,2

Radon, chemická značka Rn, lat. Radonum je nejtěžším prvkem ve skupině vzácných plynů, je radioaktivní a nemá žádný stabilní izotop.

## Základní fyzikálně-chemické vlastnosti

Bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, nereaktivní. Vzniká jako produkt radioaktivního rozpadu radia a uranu a díky své nestálosti postupně zaniká dalším radioaktivním rozpadem. Je známo přibližně dvacet nestabilních izotopů radonu. Chemické sloučeniny tvoří stejně jako krypton a xenon pouze vzácně s fluorem, chlorem a kyslíkem, všechny jsou velmi nestálé a jsou mimořádně silnými oxidačními činidly. Radon je velmi dobře rozpustný ve vodě (okolo 51 % svého objemu) a ještě lépe se rozpouští ve v nepolárních organických rozpouštědlech. Radon je možno při velmi nízkých teplotách zachytit na aktivní uhlí.

Radon stejně jako i ostatní vzácné plyny má velmi nízký elektrický odpor a tudíž vede velmi dobře elektrický proud. Toho by se dalo využívat při výrobě osvětlovací techniky, ale je velmi radioaktivní, a proto to není možné. Radon ve výbojce vydává jasně bílé světlo.

## Výskyt a získávání

Koncentrace radonu v zemské atmosféře jsou nesmírně nízké, prakticky na hranici detekce těch nejcitlivějších analytických metod. Radon se nejčastěji nalézá ve vývěrech podzemních minerálních vod, kam se dostává jako produkt rozpadu jader radia, thoria a uranu. Může však v malých dávkách vyvěrat sám z podloží přímo v plynné podobě.

Radon se získává tak, že se roztok radnaté soli nechá stát asi čtyři týdny v uzavřené láhvi. Za tuto dobu se ustanoví rovnováha s radiem a jeho emanací (minerálu s obsahem radonu). Radon se poté dá oddestilovat nebo vyvařit.

## Zdravotní rizika

Zvýšený výskyt radonu v určité lokalitě s sebou přináší nárůst nebezpečí výskytu rakoviny, především plicní. Přitom nebezpečné nejsou ani tak samotné izotopy radonu, ale fakt, že se radioaktivní látky dostávají do plynného skupenství. Produkty, vzniklé rozpadem radonových atomů jsou obvykle také radioaktivní a při svém vzniku se v atmosféře udrží ve formě aerosolu, sorbované na mikroskopické prachové částice. Při vdechnutí často zůstávají v plicích a při svém dalším rozpadu mohou iniciovat vznik plicní rakoviny.

Na geologickém podloží se zvýšeným obsahem těžkých radioaktivních prvků dochází k přirozenému vyvěrání radonu z podloží. Radon se tak může dostávat do lidských obydlí, kde výše naznačeným způsobem roste radioaktivní pozadí a při dlouhodobém pobytu v takovém prostředí narůstá u exponovaných osob nebezpečí vzniku plicní rakoviny. Riziko nemusí přitom pocházet pouze z podloží staveb, jsou známy i případy, kdy byly při výrobě betonových panelů použity suroviny, které v dlouhodobém časovém horizontu způsobovaly rizikové koncentrace radonu v bytech. Kuriózním případem je např. nález velkého bloku radioaktivního smolince přímo v nosné zdi rodinného domku.

Česká kotlina patří v globálním měřítku k lokalitám s největší koncentrací uranových rud a existují zde proto rozsáhlá území se zvýšeným výskytem vyvěrajícího radonu. V současné době bylo vyvinuto již několik účinných metod, které izolují stavbu od podloží a riziko zvýšené koncentrace radonu ve vlastní stavbě minimalizují.

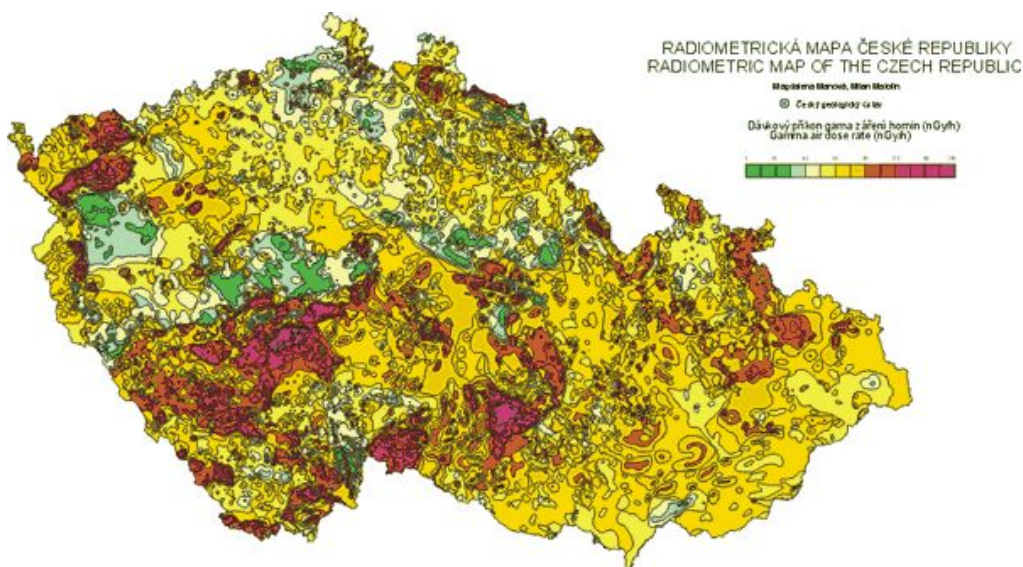


# Radon v geologickém podloží

Radon  $^{222}\text{Rn}$  vzniká radioaktivní přeměnou uranu  $^{238}\text{U}$ . Koncentrace uranu v jednotlivých typech hornin se velmi liší. Obecně lze říci, že v usazených, sedimentárních horninách se setkáváme s nižšími koncentracemi uranu než v horninách přeměněných, metamorfovaných tlakem a teplotou během dlouhé geologické historie jejich vzniku. Nejvyšší koncentrace uranu jsou obvyklé ve vyvřelých, magmatických horninách, jako jsou např. žuly, protože primárně již v době svého vzniku byly obohaceny uranem a obsahují některé nehomogenně rozptýlené horninotvorné minerály (např. zirkon) s vyšším obsahem uranu. Sedimentární horniny, které vznikají usazením starších metamorfovaných a magmatických hornin, jsou však tvořeny minerály z těchto hornin pocházejících, a proto nelze vyloučit, že při jejich vzniku došlo k lokálnímu nahromadění minerálů s vyšším obsahem uranu. S tím souvisejí také hodnoty objemové aktivity radonu v těchto typech hornin. Objemovou aktivitu radonu pro dané místo však nelze přepočítat z hodnot koncentrace uranu, protože migrace radonu z místa jeho vzniku k povrchu je závislá na řadě klimatických a pedologických faktorů. Radon se dále přeměňuje na dceřiné produkty (izotopy polonia a vizmutu), které jsou kovové povahy. Vážou se na aerosoly v ovzduší, při vdechnutí ulpívají na plicní výstelce a zvyšují tak vnitřní ozáření lidského organismu.

Geologické podloží České republiky je z více než z dvou třetin tvořeno metamorfovanými a magmatickými horninami (viz geologická mapa). Z toho vyplývá, že radonu pocházejícímu z geologického podloží a odtud pronikajícímu do objektů je nutno věnovat zvýšenou pozornost. Kromě uranu (U) se na ozáření z přírodních zdrojů podílí i draslík (K) a thorium (Th). Celkový účinek těchto tří radioaktivních prvků je znázorněn v mapě dávkového příkonu gama záření, sestavené z leteckých gamaspektrometrických měření v r. 1990 M. Matolínem a M. Manovou.

Radon může pronikat do objektů jednak z hornin a zemin, které vycházejí na povrch v jejich základech, jednak z pitné vody, dodávané do objektů a ze stavebních materiálů, jejichž základem jsou obvykle přírodní materiály. Stavební materiály jsou však v současnosti sledovány z hlediska radioaktivity, případy jejich použití z minulosti jsou známy a proto je pravděpodobnost přítomnosti radonu z nich podstatně menší než z geologického podloží. Rovněž v podzemních zdrojích pitné vody jsou v současnosti prováděna měření koncentrace radonu a následné odradonování a proto je malá pravděpodobnost, že by radon unikající z vody dodávané do objektů mohl výraznějším způsobem ovlivnit objemovou aktivitu radonu v objektu. Hlavním zdrojem radonu tedy zůstává geologické podloží.



*Geologická mapa znázorňující výskyt radonu*

## **5. Řešení, informace o měření radonu a další**

# **k projektu MPO ev. Č. 2A-1TP1/Odstraňování radonu z vody pocházejících z malých zdrojů**

Vzhledem k rozpracovanosti řešení, které podle harmonogramu začalo v roce 2006 a jehož výsledky nebyly pro posouzení k dispozici, stručně komentuji i dílčí úkoly z období, které již proběhlo.

Rok 2006

## **Ke kapitole 1. Rešerše, ad 1.a)**

Na ČGS probíhal dlouhodobý úkol zaměřený na tvorbu map radonového rizika, které se sice týkají výskytu radonu v horninách a rizika jeho přestupu do obydlí. Když se mapy netýkají přímo mapování výskytu radonu v podzemních vodách je nespornou skutečností, že v regionech se zvýšeným obsahem mateřských radionuklidů v horninách, je i potencionální riziko zvýšeného výskytu radonu ve zdrojích vod.

Po roce 1990 byl zahájen Radonový program ČR, zpočátku výlučně zaměřený na výskyt radonu v obytných budovách, později rozšířený na sledování výskytu a zejména odstraňování radonu ze zdrojů vod. Při realizaci Radonového programu v oblasti vod se ukázalo, že zvýšené výskyty v podzemních vodách se týkají vesměs malých zdrojů, resp. malých veřejných vodovodů, kde většinou je hlavní a jediný problém radon, v menším počtu těchto zdrojů se ukázaly zvýšené celkové objemové aktivity alfa a beta působené nejčastěji radiem 226, radiem 228 a jejich rozpadovými produkty a radioizotopy uranu.

Na základě překročení mezních hodnot pro radon v pitné vodě 300 Bq/l podle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. již bylo ozdraveno velké množství vodovodů, zejména v oblastech Kraje Vysočina, Kraje Jihočeského a Kraje Pardubického. Maximální objemové aktivity radonu dosahovaly v ojedinělých případech ca 4000 Bq/l.

## **Ke kapitole 1. Rešerše, ad 1.b)**

Rozsáhlá rešerše k odstraňování radioaktivních látek z pitných vod byla u nás zahájena v roce 1976 v souvislosti s požadavkem upravit důlní vodu z tuonského kolektoru v lokalitě těžby uranových rud ve Stráži pod Ralskem až na kvalitu vody pitné. Rešeršní a další práce k této problematice pokračují prakticky až do současnosti. Postupně byly zkoušeny aerační systémy založené na principu barbotáže, tzv. mlžné komory (Bouček), zařízení na principu přísávání vzduchu (ERBO), dále na principu vodního skoku (Haindl). Společným jmenovatelem těchto zařízení bylo, že ke styku vzduchu a vody docházelo v uzavřeném prostoru a ustavily se rozdělovací koeficienty mezi radonem v ovzduší a ve vodě, které neumožnily v jednostupňovém uspořádání dosahovat vyšších účinností, ani při relativně vysoké energetické náročnosti na čerpání vody a vzduchu. V návaznosti na tuto zkušenost byly ověřovány efekty zařízení typu INKA s principem vhánění vzduchu pod děrované mezidno a dále aeračních věží, nejprve v tzv. souproutém uspořádání bez nuceného vhánění vzduchu a nakonec v protiproudém uspořádání s vháněním vzduchu u paty aerační kolony. Tato zařízení přinášela velké účinnosti a umožňovala odstranit radon na úroveň požadované citovanou vyhláškou SÚJB, resp. pod úroveň směrných hodnot. V neposlední řadě byla zkoušena malá zařízení pro lokální zdroje pro jednotlivá obydlí (Vodní zdroje EKOMONITOR, spol. s r.o. Chrudim).

Rok 2007

#### Ke kapitole 1. Rešerše, ad 1.a)

Na základě zkušeností je vedle problematiky zvýšeného obsahu radonu ve zdroji vody třeba pozornost věnovat i některým dalším vlastnostem vody, zejména výskytu železa a manganu, příp. nerozpuštěných látek, které mohou ovlivňovat procesy odstranění radonu. Součástí technologie odstraňování radonu by měla být i předúprava vody použitelná podle konkrétních vlastností surové (upravované) vody. Pokud by se jednalo o aerační systémy, je třeba pamatovat i na hygienické zabezpečení upravené vody.

#### Ke kapitole 1. Rešerše, ad 1.b)

V našich podmínkách většina velkých zdrojů pitné vody představují povrchové vody, resp. nádrže, kde radon, ale ani další radionuklidy nepředstavují žádný problém. U zdrojů podzemních vod se jedná o menší zařízení a odstraňování radonu, příp. dalších radionuklidů probíhalo v důsledku funkce jednotlivých stupňů úpravy navrhovaných pro jiné účely. Provozdušňování bylo většinou navrhováno pro snížení obsahu oxidu uhličitého, příp. jiných těkavých látek a k oxidaci železa a manganu. Starší úpravní byly téměř výlučně vybaveny aerací v mělké vrstvě (INKA). Oxidy železa a manganu byly odstraňovány filtrací na tlakových nebo otevřených filtrech a měly doprovodný účinek v odstraňování radioizotopů radia sorpcí na takto preparovaných filtračních náplních.

Teprve v novější době, tj. po roce 1990, byly navrhovány aerační věže. Zařízení na snížení obsahu radonu pracující na jiném principu u nás nebyla v praxi uplatněna. Pro úpravu balené vody byl navržen dovoz zařízení na odradonování, resp. odplynění vody na principu podtlaku.

#### Ke kapitole 1. Rešerše, ad 1.c)

V literatuře jsou publikovány laboratorní nebo poloprovozní pokusy se sorpcí radonu na granulovaném aktivním uhlí, tzv. GAG. Záchyt radonu je relativně účinný a dochází i k jeho rozpadu ve filtračních (sorpčních) náplních, vzhledem ke střední době zdržení radonu a jeho poločasu přeměny. Jako nevýhoda bývá citována relativně vysoká cena aktivního uhlí. Z poloprovozních pokusů však vyplynuly další problémy, které by bylo nutné řešit s použitím tohoto procesu. V první řadě je to výše citovaná potřeba přivádět na filtr s aktivním uhlím vodu bez nerozpuštěných látek, tzn. bez oxidů železa a manganu, které pasivují sorpční centra na povrchu aktivního uhlí. Znamená to tedy potřebu zařídit stupeň předúpravy, včetně praní filtrů. V důsledku účinné sorpce radonu na aktivním uhlí dochází k jeho rozpadu a současně k hromadění rozpadových produktů. Jako nejzásadnější problém je citován záchyt olova 210 se dvěma důsledky. Jsou uváděny zvýšené efektivní dávky na povrchu a v okolí filtrů a zvýšený obsah radioaktivních látek v takové míře, že obsahy filtrů (filtrační náplně) by bylo třeba řízeně zneškodňovat nebo alespoň provádět rizikovou analýzu před manipulací s nimi, včetně ukládání na skládku. Tyto zkušenosti je třeba mít na mysli při testování materiálů, které by efektivně absorbovaly radon z vody.

#### Ke kapitole 2. Zdroje radonu, ad 2.a)

K získání přehledu o geografické lokalizaci vod se zvýšeným obsahem radonu platí poznámka uvedená v kapitole 1., ad 1.a) – mapy radonového rizika. V další části tohoto bodu pokládám za záslužné sledovat dlouhodobá kolísání obsahu radonu ve vybraných zdrojích a studium jevů, které tyto fluktuace způsobují. Získané výsledky budou mít nesporně obecný přínos k prohloubení poznatků o možné variabilitě obsahu radonu v podzemních vodách v závislosti na okrajových podmínkách, resp. vlastnostech prostředí, kde vznikají, ale i praktický dopad na realizaci protiradonových opatření. V současné praxi se totiž naráží na jisté rozdíly ve výsledcích analýz na obsah radonu prováděných akreditovanými laboratořemi u jednoho zdroje. To má pochopitelně největší dopad, pokud se obsah radonu pohybuje v okolí směrné hodnoty podle citované vyhlášky SÚJB a s tím spojený nárok na státní dotaci na ozdravná protiradonová opatření v případě veřejných vodovodů.

## **Ke kapitole 2. Zdroje radonu, ad 2.b)**

Radon jako inertní plyn se významně nesorbuje na běžné materiály používané ve vodárenství. Závislost sorpčních vlastností radonu na teplotě není tak významná z důvodu, že průměrné roční teploty podzemních vod, jsou obecně v relativně úzkém rozmezí u jednoho zdroje, stejně jako mezi jednotlivými zdroji. Rozhodujícím faktorem ovlivňujícím obsah radonu při čerpání a úpravách vod je kontakt se vzduchem v otevřených systémech, přisávání vzduchu netěsností armatur. Tyto faktory vedou ke snížení obsahu radonu mezi zdrojem a jeho akumulací, příp. spotřebišťem. Úprava vody, kromě aeračních postupů a čerpání vody do otevřených systémů, např. akumulace, nevede k významnému snížení obsahu radonu. Ve výjimečných případech byla například pozorována dotace radonu do upravované vody v případě, že na filtračních náplních byl zachycován významný podíl radia 226. Jinými slovy to znamená, že v upravené vodě byl vyšší obsah radonu než v surové vodě, resp. než ve vodě za 1. stupněm aerace. Při transportu a skladování ubývá objemová aktivita radonu v souladu s rozpadovým zákonem, tzn. podle kinetiky 1. řádu (50 % za dobu poločasu rozpadu radonu).

## **Ke kapitole 2. Zdroje radonu, ad 2.c)**

Vzhledem k bilanci radonu, který je vnášen z hornin do životního prostředí, bude jeho množství z malých vodních zdrojů minoritní a tato část projektu by měla být zajišťována přiměřeně malými prostředky. Z hlediska exponování uživatelů individuální výstavby z vlastním zdrojem vody, zemědělské usedlosti, malé vodárny, doporučuji aplikovat postupy radiační ochrany a vyváženě hodnotit všechny zdroje radonu v obydlích. Problematika je na vysoké úrovni řešena pracovníky SÚRO a SÚJB.

## **Ke kapitole 2. Zdroje radonu, ad 2.d)**

K analýze rizik doporučuji, vzhledem k složitosti modelů hodnotících efektivní dávky z příjmu radonu ingescí a inhalací, tuto část nerozvíjet, resp. spolupracovat s pracovníky radiační ochrany nebo přímo u vhodného specialisty objednat jako službu (SÚRO, SÚJB).

## **Ke kapitole 3. Aplikační možnosti, ad 3.a)**

Na základě zkušenosti s odstraňováním radonu z veřejných vodovodů je třeba doporučit relativně malou variabilitu zařízení z hlediska výkonu. Ukazuje se totiž, že výroba zařízení “na míru” podle obsahu radonu ve zdroji není vyvážená přínosy. Z hlediska počtu zařízení je třeba odhad provést po získání prvních zkušeností při vyhledávání potenciálních uživatelů, jak je plánováno ad 3.b).

## **Ke kapitole 3. Aplikační možnosti, ad 3.b)**

Jedná se o nezbytný krok pro poloprovozní odzkoušení.

## **Ke kapitole 4. Materiály k separaci radonu, ad 4.a)**

V provozní praxi zatím nejsou známy aplikace membrán selektivně propouštějících radon a nepropouštějící vodu v kapalně fázi. Vzhledem k rozpracovanosti úkolu by již měly být známy první výsledky, které by bylo třeba kriticky vyhodnotit z hlediska možné aplikace v praxi, a to i z hlediska provozování (bez obsluhy).

## **Ke kapitole 4. Materiály k separaci radonu, ad 4.b)**

Jsou popsány pokusy se sorpcí radonu na granulovaném aktivním uhlí, jak bylo uvedeno výše u kap. 1, ad 1.c). Podobné problémy, jako byly zjištěny při testování aktivního uhlí, lze očekávat i u kapalin nemísitelných s vodou, navíc bude přistupovat hygienický atest, protože i tzv. nerozpustné látky mají reálný součin rozpustnosti. Celkově platí uvedené kap. 4, ad 4.a).

## **Ke kapitole 4. Materiály k separaci radonu, ad 4.c)**

Platí poznámka uvedená u kap. 4, ad 4.b), resp. u granulovaného aktivního uhlí kap. 1, ad 1.c).

Ke kapitole 4. Materiály k separaci radonu, ad 4.d)

Syntéza dosažených výsledků, pokud jsou pozitivní, by měla být dokončena urychleně a pokud byla ověřena (zjištěna) nadějná varianta, tu případně rozvíjet až do aplikace na úrovni prototypu a jeho odzkoušení u reálného zdroje podzemní vody. Podle zkušenosti, pokud by nebyl vhodný pokusný objekt, bylo by možné po dohodě umístit a zkoušet zařízení na vybrané úpravně vody, kde je možné angažovat obsluhu úpravní na testování prototypu a tím uspořit vlastní pracovní síly.

Ke kapitole 5. Pilotní zařízení, ad 5.a)

Z předloženého je nepřímo zřejmé, že se řešení zcela orientuje na izolování radonu z vody nebo z plynné fáze v uzavřeném systému. Vzhledem k tomu, že řešení je z hlediska časového vývoje za etapou rešerše a předběžných zkoušek, je třeba, aby řešitelské pracoviště kriticky zhodnotilo dosavadní výsledky, na jejichž základě bude možné reálně uvažovat o obsahu dalších fází. Ze stručného popisu cílů výzkumného projektu vyplývá, že se nepočítá s aplikací aeračních systémů. Tyto otázky by měly být na úrovni průběžné oponentury nebo kontrolního dne vyjasněny. To v této fázi není možné bez znalosti pokroku, který byl dosažen v období řešení 2006 – 2007.

2008

Ke kapitole 3. Aplikační možnosti, ad 3.b)

Obecně logický krok, v této fázi však je třeba mít konkrétní představy o charakteru procesu na odstraňování radonu a s tím související znalosti o velikosti zařízení, energetické náročnosti, příp. i o likvidaci vyčerpaných náplní (sorbentů).

Ke kapitole 4. Materiály k separaci radonu, ad 4.d)

V této kapitole, resp. časové etapě, by měla být řešena i odolnost vlastní technologie separace radonu z vod v uzavřeném systému pro reálné rozmezí chemického složení podzemních vod. Je míněn zejména celkový obsah rozpuštěných (konduktivita) a nerozpuštěných látek, z jednotlivých ukazatelů zejména koncentrace železa a manganu, příp. plynných komponent, jako oxid uhličitý a další. Pro konkrétní aplikace by měl být hodnocen obsah rozpadových produktů radonu z hlediska uvolňování (nebo neuvolňování) sorpčních médií do životního prostředí.

Ke kapitole 5. Pilotní zařízení, ad 5.a-d)

Vzhledem k fázi řešení již bude možné reálně posoudit postup prací odpovídající této fázi výzkumu, na základě již dosažených konkrétních výsledků. Za rozhodující stále pokládám, že musí být zodpovězena otázka, zda pro rutinní užívání budou nalezena dostatečně robustní řešení pro odstraňování radonu v uzavřeném systému.

2009

Ke kapitole 3. Aplikační možnosti, ad 3.b)

Tato část představuje logické kroky, za předpokladu pozitivních výstupů z předchozího řešení. Navržený program výzkumu neuvažuje alternativní variantu při nedosažení pozitivních výsledků pro zařízení na odradonování, resp. separaci radonu z vod v uzavřeném systému.

Ke kapitole 5. Pilotní zařízení, ad 5.c-e)

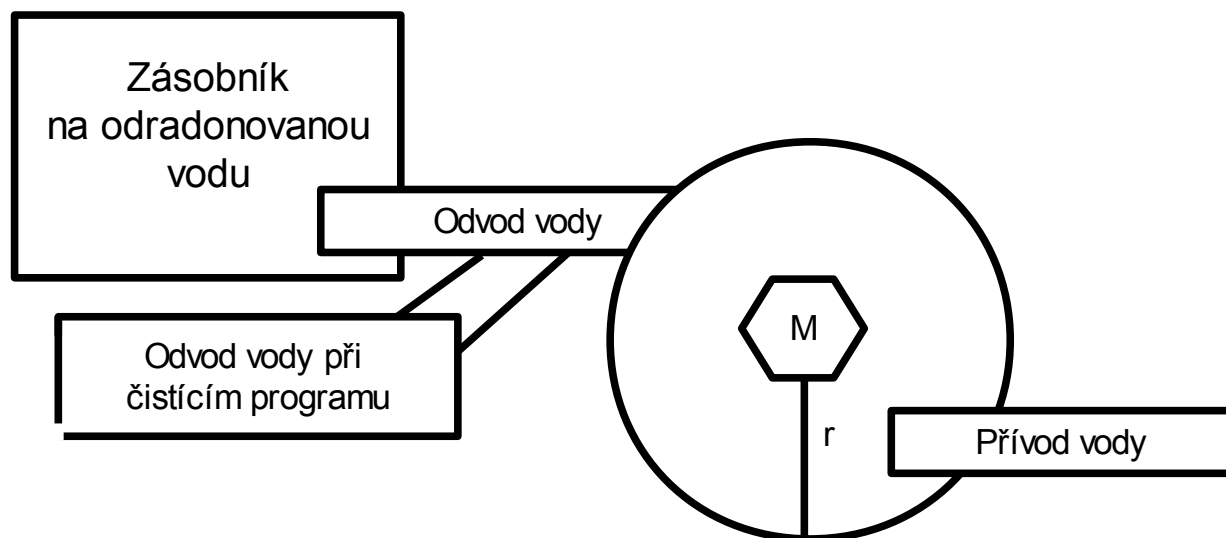
Dtto jako poznámka ke kap. 3, ad 3.b).

V Praze dne 10. 4. 2008  
Ing. Eduard Hanslík, CSc.



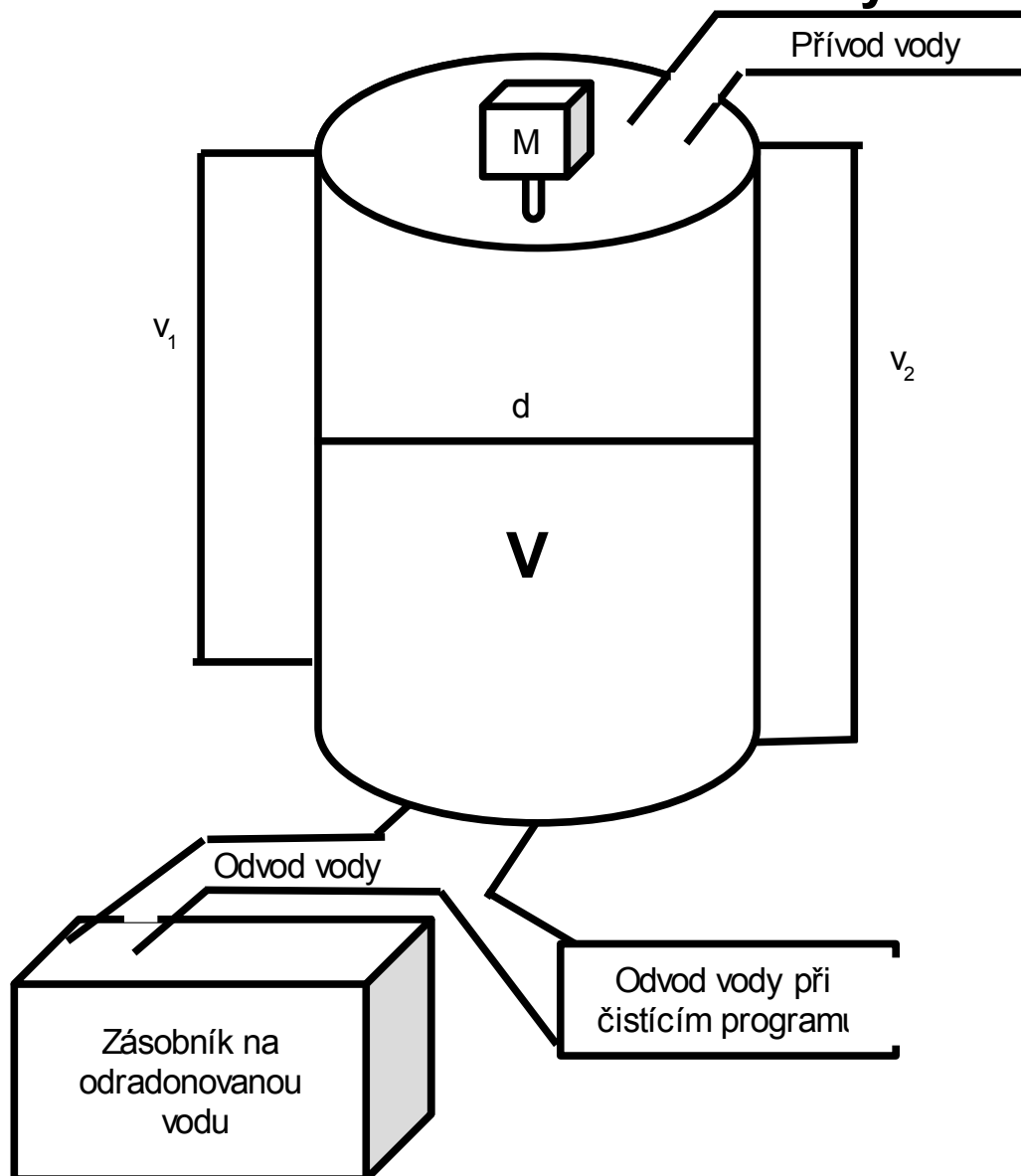
## **6. Návrh zařízení s kótami**

## Pohled na zařízení ze shora



$r = 25 \text{ cm}$

## Pohled na zařízení ze strany



$d = 50 \text{ cm}$

$v_2 = 100 \text{ cm}$

$v_1 = 60 \text{ cm}$  \*\*

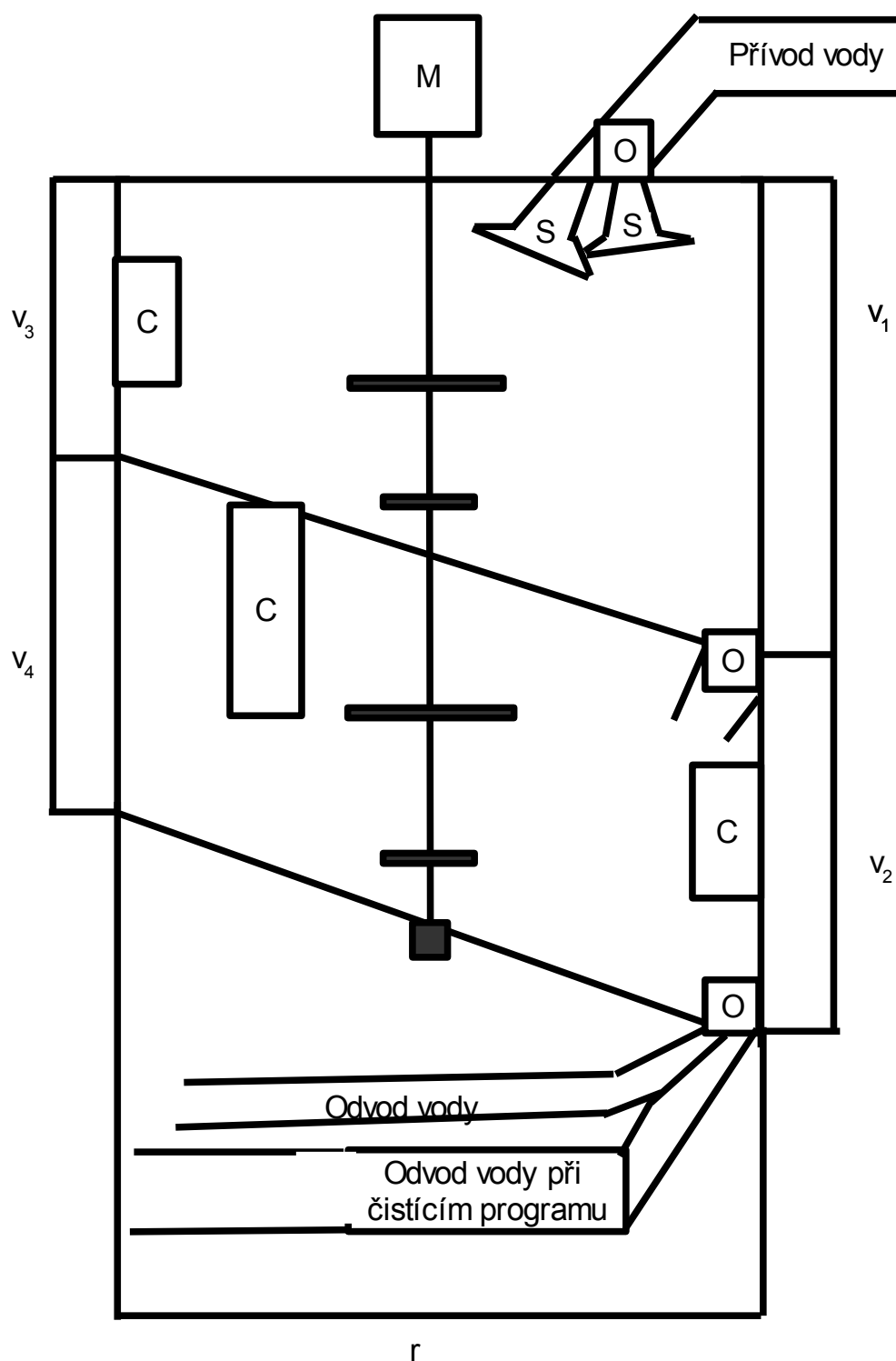
$V = 160 \text{ l}^*$

\* objem i rozměry zařízení se mohou měnit v závislosti na objemu clon, míchadel a dalších ovšem čistý objem každého patra nesmí být menší než 55 litrů. Nejlepší by bylo aby čistý objem každého patra byl 62 litrů.

\*\* dno je skosené na tomto obrázku není patrné. Je to vidět až na průřezu zařízením

Objem zásobníku na odradonovanou vodu je velmi proměnlivý vzhledem na nároku uživatelů. Neměl by být menší než 100 litrů. Optimální by bylo 150 litrů.

## Průřez zařízením



$v_1 = 50 \text{ cm}$     $v_2 = 50 \text{ cm}$     $v_3 = 30 \text{ cm}$     $v_4 = 30 \text{ cm}$   
 $d = 50 \text{ cm}$

Objem každého patra nesmí být menší nežli 55 litrů, ovšem nejlepší by bylo kdyby byl objem každého patra cca 62 litrů.

## **7. Výpočet délky použití mnou aplikovaných kapalných sorbentů**

$$t = 6,34 \times 10^5 \times \frac{V_{ol} \times \text{hustota}_{ol}}{a \times V_{spotřeba} \times \eta}$$

$t$ =počet dnů do výměny sorbentu

$V_{ol}$ =objem použitého sorbentu (v našem případě 0,005 m<sup>3</sup>)

$\text{hustota}_{ol}$  = hustota použitého sorbentu (v našem případě 890 kg/m<sup>3</sup>)

$a$ =objemová aktivita radonu ve vodě

$V_{spotřeba}$ =objem vody, který spotřebujeme za den

$\eta$ =účinnost odradonování (v našem případě 0,90 \*\*)

\*\*0,90 odpovídá 90% účinnosti odradonování

Výpočet:

$a=350 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$  \*<sup>1</sup>

$V_{spotřeba}=400 \text{ litrů}$  \*<sup>2</sup>

$V_{ol}=0,005 \text{ m}^3$  (50 litrů použitých v mnou navrženém zařízení)

$\text{hustota}_{ol}=890 \text{ kg/m}^3$

$\eta=0,9$

$$t = 6,34 \times 10^5 \times \frac{0,005 \times 890}{350 \times 400 \times 0,9}$$

$t = 6,34 \times 10^5 \times 3,531746 \times 10^{-5}$

**$t=22,39 \text{ dne}$**

Za těchto podmínek by jsme museli vyměnit kapalný sorbent za 22 dnů.

\*<sup>1</sup>-“ $a$ “ se bude měnit v závislosti na použitém zdroji vody (může se pohybovat od 100 Bq.l<sup>-1</sup> až po 1000 Bq.l<sup>-1</sup> )

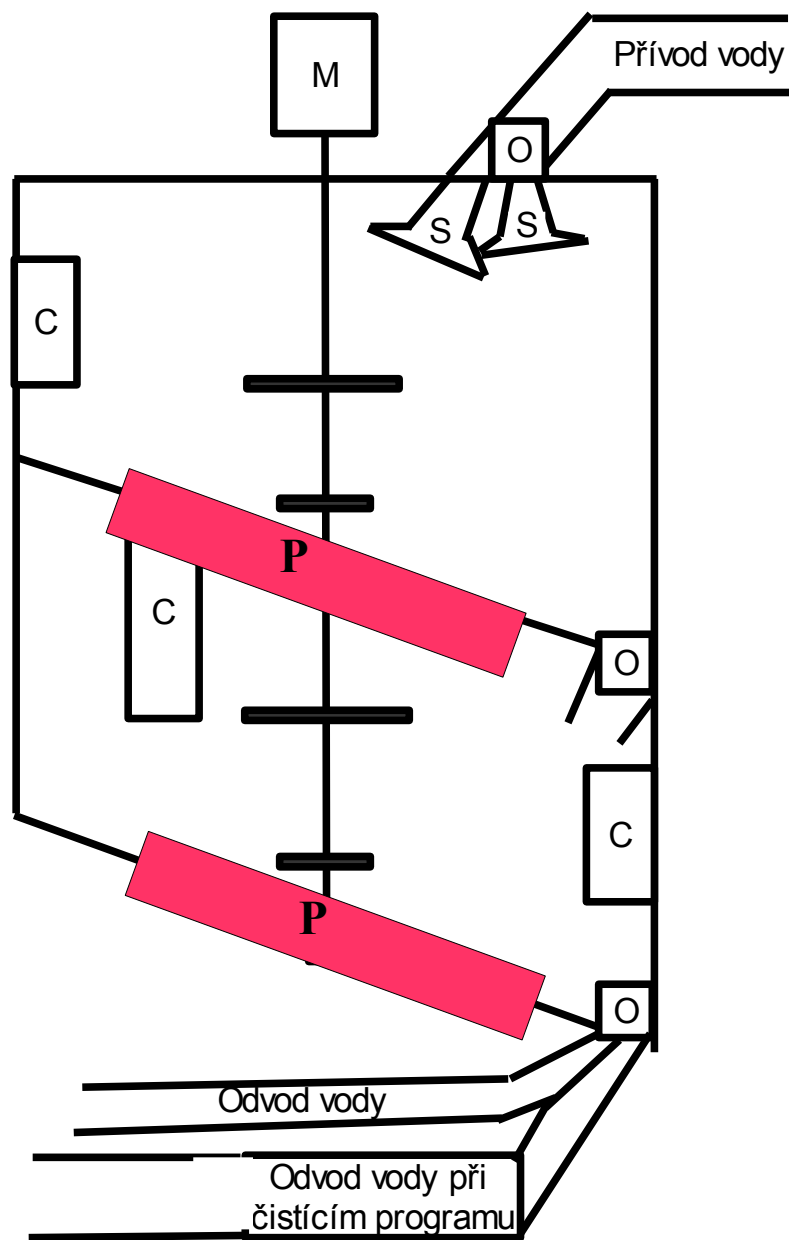
\*<sup>2</sup>-“ $V_{spotřeba}$ “ se bude měnit individuálně na nárocích odběratele vody (může se pohybovat od 50 l/ denně až po 500 l/denně

Tyto dva aspekty budou mít velký vliv na dobu, po kterou se dá použít kapalný sorbent.

## Úvaha nad výsledkem

Předpokládal jsem, že doba použití oleje v odradonovacím zařízení bude delší, ovšem 22 dnů je eventuálně dlouhá doba. Musíme propočítat to, jestli by z ekonomického hlediska pro nás bylo toto zařízení a tento způsob ekonomický. Pokud ne dal by se tento způsob použít u vod, které mají nižší OAR či u spotřebitelů, kteří nemají takovou denní spotřebu vody.

Také by bylo dobré vypočítat a hlavně v praxi zjistit, jak moc ovlivní dobu použití olejů probublávací zařízení, které by bylo usazeno na dně každého patra (viz. Ilustrace 1 označení P).



*Ilustrace 7: Zařízení pro odradonování se zakomponovaným probubláváním*

“P” značí probublávací zařízení, pro snížení obsahu radonu v kapalném sorbentu

## **8. Dokumenty - ověřovací list ČMI pro měřidlo Radim 3A bodový; nájemní smlouva**