

Středoškolská odborná činnost 2008/2009

**Obor 7. - Zemědělství, potravinářství,
lesní a vodní hospodářství**

Odradonování vody pomocí kapalných sorbentů

Autor:

Lukáš Kozubík

SPŠ chemická Pardubice

Na Třísele 135,

530 88 Pardubice

3. ročník

Pardubický kraj

Konzultanti práce:

Ing. Jan Ptáček

Prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.

Zadávatel práce:

VŠB - TU - Ostrava

Pardubice 2009

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a informační zdroje jsem uvedl v seznamu použité literatury.

Podpis:

Anotace

Cílem práce bylo snížit objemovou aktivitu radonu v pitné vodě z malých vodních zdrojů se zvýšenou objemovou aktivitou radonu (500 až 1000 Bq/l) a dostat se na hodnotu, která bude pod mezní hodnotu 300 Bq/l pro balenou stolní vodu a pitnou vodu pro veřejné zásobování dle vyhlášky č.307/2002 Sb. tak, aby nebyla tato voda nebezpečná pro člověka.

Pro snížení objemové aktivity radonu jsem si vybral kapalné sorbenty. Musel jsem zvolit takové sorbenty, které se špatně smísí s vodou, (v ideálním případě jsou nemísitelné) z důvodů lepšího rozdělení vody a sorbentu při skončení experimentu. Pracoval jsem tedy s rostlinným, olivovým, slunečnicovým a parafínovým olejem.

Níže je popsán postup odradonování, který jsem použil a také pomůcky, které jsou potřebné na provedení experimentů.

Zabýval jsem se pouze experimenty v laboratoři, abych zjistil, které kapalné sorbenty, při jakém čase a v jakém poměru jsou nejlepší. Pro použití v praxi jsou tyto výsledky důležité.

Všechny naměřené výsledky jsou uvedeny níže v této zprávě či v protokolech, které jsou přiloženy. Výsledky jsou zpracovány také do grafů pro lepší přehlednost.

Seznam použitých zkratek

OARobjemová aktivita radonu ve vzorku

OAR (1)objemová aktivita radonu ve vodě před experimentem

OAR (2)objemová aktivita radonu ve vodě po experimentu

Drozdělovací koeficient

ckoncentrace

Radim 3Aměřící zařízení pro zjištění OAR (1) i OAR (2), ověřené ČMI

η účinnost

Vobjem

vvýška tělesa

dprůměr tělesa

rpoloměr tělesa

Obsah

Úvod.....	6
Metodika měření.....	7
Výsledky.....	13
Návrh zařízení pro odradonování v praxi.....	25
Závěr a diskuze.....	27
Dokumentační přílohy.....	31



Úvod

Česká kotlina patří v globálním měřítku k lokalitám s největší koncentrací uranových rud. Existují zde proto rozsáhlá území se zvýšeným výskytem vyvěrajícího radonu. Radon je bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, nereaktivní. Vzniká jako produkt radioaktivního rozpadu radia a uranu, díky své nestálosti postupně zaniká dalším radioaktivním rozpadem, proto je velmi radioaktivní (více o radonu v dokumentační příloze č.4). V současné době bylo vyvinuto již několik účinných metod na odstranění radonu z vody, nejpoužívanější je aerační způsob, při kterém je radon uvolňován z vody pomocí vzduchu a vyvětrán do okolí, ovšem zvýšený výskyt radonu v ovzduší s sebou přináší nárůst nebezpečí výskytu rakoviny, především plicní. Práce je zaměřena na nalezení vhodné alternativy pro odradonování vody, která by byla nejlépe také ekonomičtější a méně závislá na dodávané energii než již zmíněná aerace.

Cílem této práce je provedení experimentů s kapalnými sorbenty a zjištění jejich účinnosti na snížení objemové aktivity radonu ve vodě. Z kapalných sorbentů byly použity: rostlinný olej, slunečnicový olej, olivový olej a parafínový olej.

Hlavním předmětem této práce je zjištění, jaký vliv mají různé faktory na účinnost odradonování, například vliv poměru oleje ku vodě či doby míchání a dalších. Také je důležité zjistit, jaký aplikovaný kapalný sorbent je neúčinnější.

Nejdříve budou provedeny laboratorní pokusy, které nám stanoví účinnosti sorbentů a vlivy různých faktorů na eliminaci radonu, také jestli se vůbec dají kapalně sorbenty použít. Pokud budou experimenty v laboratoři pozitivní, budou zjištěné poznatky aplikovány na obecní studnu v Krouně, okres Skuteč, smlouva o pronájmu v dokumentačních přílohách č. 8.

V případě, že bude zjištěno možné použití aplikovaných sorbentů, bude navrženo zařízení, které bude možné dále zkoušet a upravovat, předmětem této práce je pouze návrh zařízení, ne jeho aplikace v praxi!

Metodika měření

Pro pokusy s kapalnými sorbenty jsem zvolil následující kapaliny:

- olivový olej
- rostlinný olej
- slunečnicový olej
- parafínový olej

Na eliminaci radonu z vody mohou mít vliv i jiné kapalné sorbenty, avšak stanovil jsem si, že budu pracovat s těmito čtyřmi oleji (více o použitých sorbentech v dokumentační příloze č. 2).

Cílem práce je získání souboru dat pro srovnání jednotlivých kapalných sorbentů a veličin mající vliv na účinnost odradonování radonu z vody. Na základě naměřených parametrů při jednotlivých pokusech bude možné stanovit a hlavně experimentálně podložit nejoptimálnější systém odradonování pomocí kapalných sorbentů.

Již z logiky věci vyplývá, že závislost eliminace radonu z vody bude závislá na více parametrech:

- způsobu promíchávání dvou nesmíselných kapalin (oleje a vody), nesmí se vytvořit emulze (jak už máme z experimentu vyzkoušené), protože následné oddělení vody s olejem je časově náročné a nedokonalé.
- době (délce) extrakce
- poměru oleje ku vodě
- počtu extrakcí (tj. vícenásobná extrakce).

Je však nutné najít i vzájemné souvislosti, kdy např. kratší doba odradonování za použití většího množství kapalného sorbentu může být účinnější než dlouhodobá extrakce za použití menšího množství kapalného sorbentu.

Výstupem budou jednak základní data, která budou zpracovaná do příslušných grafů. Dále bude muset následovat rozvaha o tom zda, se dají použít kapalné sorbenty, které jsme v tomto experimentu použili, v praxi. Významným faktorem bude rozhodnutí, která data jsou pro projekt důležitá a která nejsou použitelná. Na základě této rozvahy rozhodneme a eventuálně navrhneme zařízení, které bude splňovat podmínky, za kterých je odradonování způsobem námi použitým nejúčinnější.

Návrh pokusného zařízení pro základní experimenty:

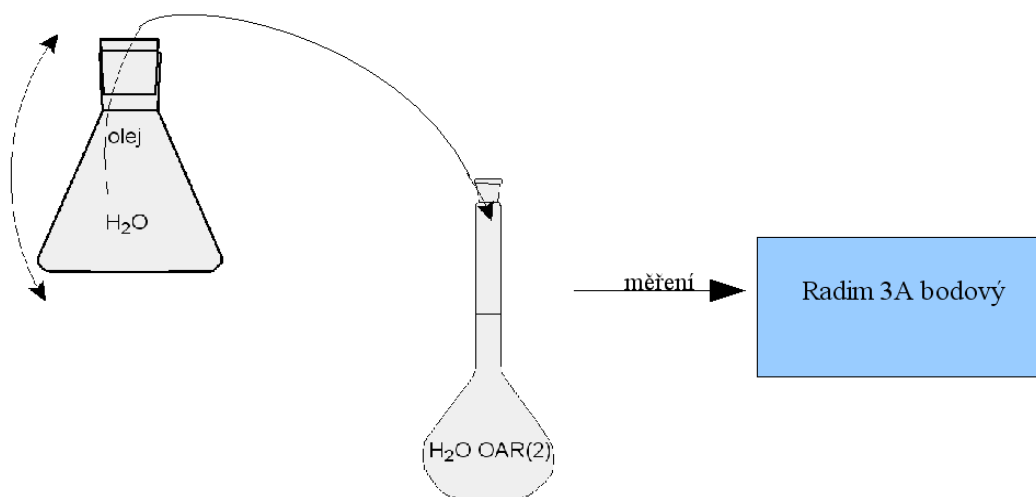
Pro jednotlivé experimenty, které budou popsány níže, je třeba připravit testovací sestavu. Po úvahách a konzultacích, jsem sestavil aparaturu, kde na eliminaci radonu z vody má vliv pouze kapalný sorbent a účinnost není ovlivňována dalšími faktory např.: probublávání, zahřívání, stripování. Při pokusech je důležité vlévat do všech nádob vodu a olej až po vrch, aby došlo při vtlačení víčka do nádoby k vytlačení pár mililitrů kapaliny, pomocí tohoto způsobu nevznikne vzduchová bublina, která by měla vliv na účinnost odradonování (zvýšila by ji, protože vzduch by do sebe částečně absorboval radon z vody).

Pro základní experimenty se jednalo o velmi jednoduché zařízení, které je zobrazeno na schématu níže, ilustrace 1.

Pro testovací sestavu pro experimenty jsem použil Erlenmayerovu baňku o objemu 550 ml se zábrusem a víčkem, odměrnou baňku objemu 250 ml, hadičky na přesun kapalin a měřicí zařízení Radim 3A bodový, ověřené měřidlo ČMI (viz dokumentační přílohy č. 8).

Parametry mající vliv na odradonování:

- poměr vody ku oleji,
- čas kontaktu vody s olejem,
- další vlivy.



Ilustrace 1: Schéma zapojení experimentální aparatury

1. Vliv intenzity extrakce (poměr množství oleje ku množství vody) za konstantní jednotku času

Experiment má za úkol zjistit vliv poměru kapalného sorbentu a vody, jeho vliv na účinnost odradonování a vlastnosti vody (chuť, barva a další). V experimentu se budeme hlavně zabývat poměrem oleje ku vodě. Musíme stanovit, kdy je objem oleje neoptimálnější v ohledu na cenu a hlavně účinnost, kdy je objem oleje nepoužitelný a kdy je už moc velký, je totiž možné, že např. pro poměr oleje ku vodě 1/1 bude stejná či velmi podobná účinnost jako v poměru 1/5. V tomto případě radši zvolíme poměr 1/5, i když má o něco menší účinnost, ale v praxi je lépe a více použitelný, ale je hlavně také jeho použití ekonomicky méně náročné.

2. Vliv kapalných sorbentů na odstranění radonu v čase

Pro doplnění předchozího experimentu je třeba zohlednit vliv doby kontaktu mezi vodou a olejem. Čas bude mít na účinnost velký vliv, proto ve všech pokusech budeme používat stanovený stejný čas pro všechny experimenty.

Po konzultaci jsem si určil, že všechny experimenty budou prováděny s jednotkou času 5 minut, čili doba kontaktu vody s olejem bude 5 minut. Tuto časovou jednotku budu používat pouze pro experimenty, kde budu sledovat závislost použité kapaliny na účinnosti, tedy schopnost zvolené kapaliny za stejných podmínek absorbovat více radonu.

3. Vliv doby míchání oleje s vodou na účinnost

Na účinnost bude mít velký vliv doba mísení oleje s vodou v Erlenmayerově baňce, musíme stanovit jaká doba je pro nás neoptimálnější, tj. neúčinnější s ohledem na nežádoucí velké zdržení vody při odradonování. Také by pro nás nebylo ekonomické dlouhé míchání v případném zařízení, kdy by se spotřebovalo velké množství energie při míchání,

4. Další vlivy na odradonování

Na odradonování může mít vliv i teplota vody i vzduchu, také je možný i vliv tlaku vzduchu či dalších faktorů. V průběhu experimentů se pokusíme zjistit zda má nějaký větší vliv na účinnost odradonování teplota, tlak či i jiný faktor, který zjistíme při experimentech (je známo, že poločas rozpadu radonu nelze ovlivnit ničím, ale lze různými faktory, např. které jsem uvedl výše, zvýšit účinnost extrakce do sorbentu).

Nutné je sledovat také radioaktivitu oleje po odradonování. Nesmíme olej zasytit radonem natolik, aby byl radioaktivní a tím byl nebezpečný pro lidi i pro životní prostředí. Po té by bylo složité se zbavit oleje po odradonování jako odpadu. Uvolňovací úroveň pro ^{210}Pb je 300 Bq/kg. Nepřekročí-li hmotnostní aktivita ^{10}Pb zachyceného v oleji tuto uvolňovací úroveň je možno uvést tento olej uvést do životního prostředí bez povolení SÚJB, tj. není nutno s ním nakládat jako s radioaktivním odpadem.

Výpočet délky doby použití oleje:

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

Výpočet s postupem, výsledkem, legendou a úvahou viz dokumentační část 7.

Také je velmi důležité si zvolit vhodný zdroj vody. Pro objektivitu měření a pro zjištění účinnosti při měnicím se OAR (1) jsem používal více zdrojů vody. Převážně jsem používal vodu z monitorovacího vrtu v Krouně. Pro experimenty je vhodná voda, která má vhodný OAR(1) od 100 Bq.l⁻¹ do 1000 Bq.l⁻¹.

Voda byla jímána do skládacích kanystrů od společnosti Ferrino (viz foto–přílohová část č. 2), tak aby se do kanystru nedostal vzduch, který by způsobil snížení OAR(1). Pokud se tam nějaký vzduch dostal byl okamžitě odstraněn vyfouknutím. Voda byla skladována v kanystru nejlépe pouze jeden den, kdy jsme prováděli experimenty, maximálně ovšem do druhého dne, pokud jsme vodu první den nepoužívali.

Postup experimentu:

1. Měření obsahu radonu ve vodě před odradonováním (OAR 1).
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, musí být Erlenmayerova baňka naplněna po maximum.
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 (OAR 2).

Po skončení experimentu jsem musel zjistit účinnost odradonování způsobem, který jsem použil. Měření jsem prováděl na zařízení, které bylo ověřeno ČMI. Použité zařízení je Radim 3A bodový (foto viz přílohová část č. 2). Pro zjištění účinnosti odradonování jsem si musel změřit OAR(1). Pro přesnost jsem měřil OAR(1) vícekrát v průběhu experimentů, někdy až pětkrát z důvodu větší přesnosti měření.

Postup měření pomocí Radim 3A bodový:

1. Sestavení měřícího zařízení (Radim 3A bodový) podle návodu. Je nutné mít vše správně zapojeno a hadičky pevně nasazený.
2. Odměření daného objemu kapaliny, který potřebujeme k měření. V našem případě je to 200 ml vody, u které chceme zjistit OAR.
3. Následné uzavření nádoby kovovým uzávěrem se závitěm.
4. Probublání vody v nádobce, které trvá 5 minut. Přesně, protože každá vteřina na víc či méně ovlivní výsledný OAR.
5. Hned (max. do 3 sec) po vypnutí aerátoru, který probublával vzorek v nádobce spustíme měřící zařízení. Samotné měření trvá 20 minut (dvě fáze po 10 minutách).
6. Po dobu měření v měřícím zařízení necháme stále vodu v nádobce a vše zapojeno. Nesmí se přerušit obvod, který hadičkami a měřícím zařízením získáme.
7. Po skončení měření vodu (vzorek) vylijeme a můžeme měřit znovu. Upozornění: Před dalším měřením je nutno nechat aerátor běžet na prázdko, aby se pročistil (cca 5 minut)
8. Následný výpočet účinnosti odradonování:

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

Tento výpočet nám udá číslo v procentech, které odpovídá účinnosti odradonování.

Výsledné zařízení (pro použití v praxi)

Pokud by odradonování pomocí kapalných sorbentů mělo dobrou účinnost a dalo by se použít v praxi, musíme navrhnout zařízení, které bude lehce použitelné. Také je důležitým hlediskem cena. Je nutné vyzkoušet toto zařízení a následně je nutné zjistit či je možné použití pro širokou veřejnost.

Také je možné použít kapalný sorbent jako konečné odradonování či s pomocí nějaké jiné techniky např.: pevných sorbentů či aerace. V tomto případě je nutno provést další měření pro zjištění různých kombinací technik.

Výsledky

1. Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost odradonování

Tímto měřením zjistím jaký olej a v jakém poměru je nejvhodnější použít. U každého oleje jsou uvedeny tabulky s poměrem a s danou účinností.

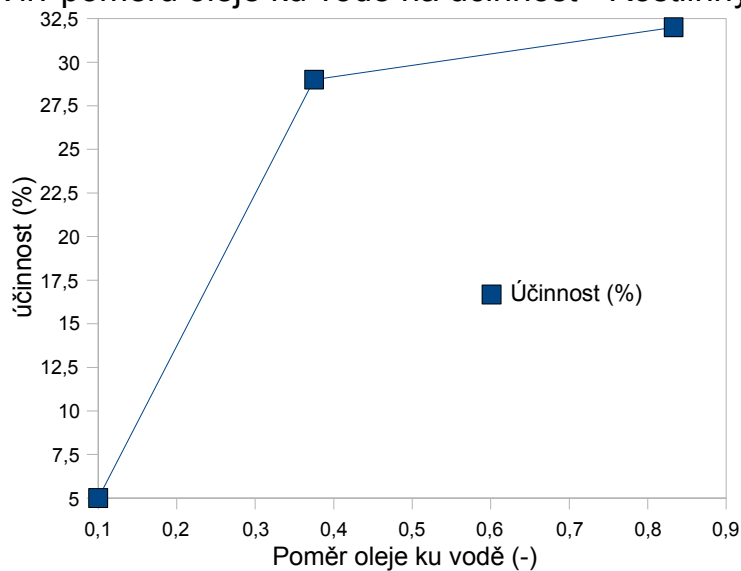
Rostlinný olej

Rostlinný olej je dobře použitelný pro odradonování. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili po rozdělení se neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody. Ovšem účinnost je nízká při těchto podmínkách. Dal by se použít při tomto poměru a podmínkách pouze jako konečné odradonování či ho zkombinovat s nějakou jinou technologickou operací.

Tabulka 1: Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost - rostlinný olej

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

Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost - Rostlinný olej



Graf č. 1: Závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě

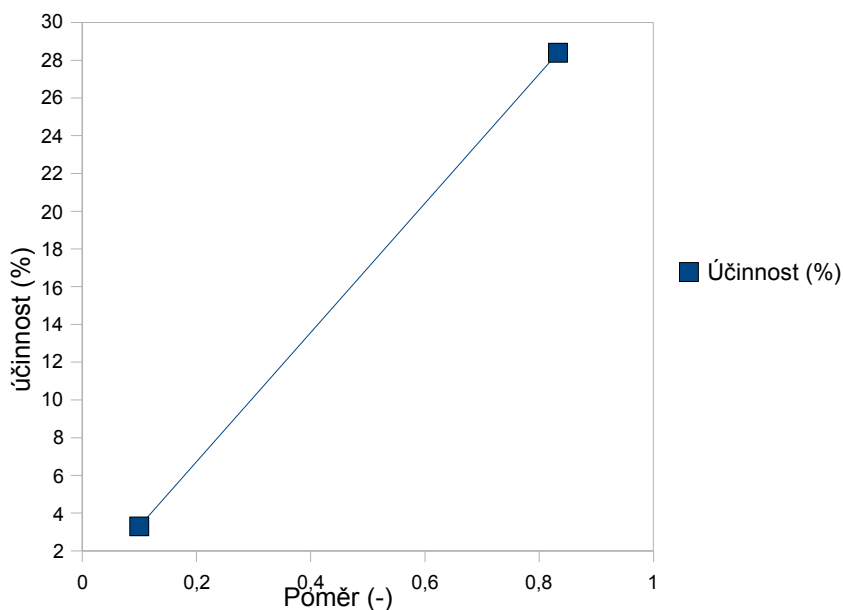
Olivový olej

Olivový olej je dobře použitelný při odradonování. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili se po rozdělení neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody. Ovšem účinnost je velmi nízká při těchto podmínkách. Dal by se použít při tomto poměru a podmínkách pouze jako konečný proces eliminace radonu či ho zkombinovat s jinou technologickou operací.

Tabulka 2: Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost – olivový olej

Použitý poměr (objem použitého oleje)	Účinnost (%)
5/6 (250 ml oleje)	12-30
1/8 (50 ml oleje)	1-3

Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost - Olivový olej



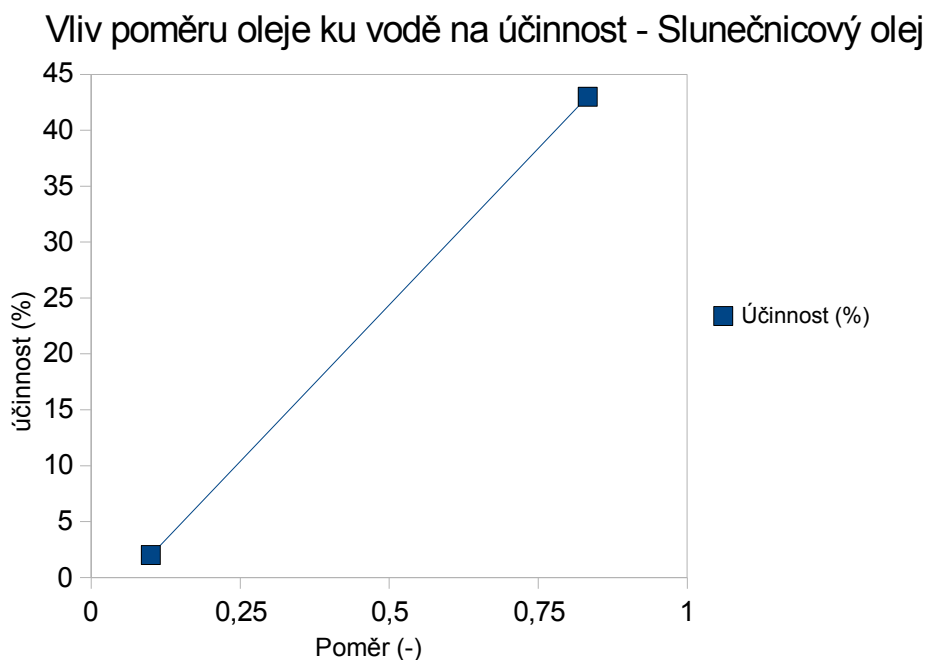
Graf č. 2 : Závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě

Slunečnicový olej

Slunečnicový olej je dobře použitelný při odradonování. Barva, vůně ani chuť vody nebyla změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili po rozdělení se neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody. Účinnost je při těchto podmínkách o trochu vyšší, ale stále je nízká. Dal by se použít při tomto poměru a podmínkách pouze jako konečné odradonování či ho zkombinovat s nějakou jinou technologickou operací.

Tabulka 3: Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost – slunečnicový olej

Použitý poměr (objem použitého oleje)	Účinnost (%)
5/6 (250 ml oleje)	37-43
1/10 (50 ml oleje)	0-4



Graf č. 3 : Závislost účinnosti na poměru oleje ku vodě

Parafínový olej

Parafínový olej má vysokou účinnost v poměru 1/10 olej ku vodě oproti ostatním. Jeho nevýhodou je jeho vysoká cena. Parafínový olej je zdravotně závadný, pro nějaké lidi může být nebezpečný – dráždí kůži, sliznice a při vnitřním užití může způsobit zažívací problémy a proto musíme zjistit, jestli nepoškodí/nekontaminuje vodu, avšak barva, vůně ani chuť vody nebyla při experimentu změněna. Rozdělení bylo téměř dokonalé, čili po rozdělení se neobjevilo znatelné množství oleje na hladině vody.

Tabulka 4: Účinnost parafínového oleje při daném poměru

Použitý poměr (objem použitého oleje)	Účinnost (%)
1/10 (50 ml oleje)	17-25

Měřením jsme dokázali, že zvětšující se poměr oleje ku vodě má příznivý vliv na účinnost. Bohužel pokud už máme velký poměr např 5/6 tak to je už neekonomické, avšak poměry 3/8 by se za jistých podmínek daly použít.

V poměru 1/10 měl nejlepší výsledek parafínový olej a to 17 %-25 % účinnosti, což je stále málo na použití v praxi. Rostlinný olej a slunečnicový olej mají podobnou účinnost, nejnižší účinnost má olivový olej.

Žádný olej neměl dostatečně vysokou účinnost, aby se dal použít v praxi při aplikaci těchto podmínek. Vliv poměru oleje ku vodě, ovlivňuje účinnost daného oleje, ale nezvýší jí natolik, že bychom mohli ostatní faktory pozitivně působící na účinnost opomenout.

Předpokládáme, že velký vliv bude mít délka doby míchání oleje s vodou v Erlenmayerově baňce.

2. Vliv doby míchání na účinnost odradonování

Předpokladem je, že proměnlivá doba míchání bude mít na účinnost odradonování velký vliv. Pro svoje pokusy jsem si zvolil časy 5, 10 a 15 minut. Myslím si, že 15 minut by mělo stačit a déle než 15 minut by bylo neekonomické v praxi a také náročné na zařízení, které by provádělo míchání.

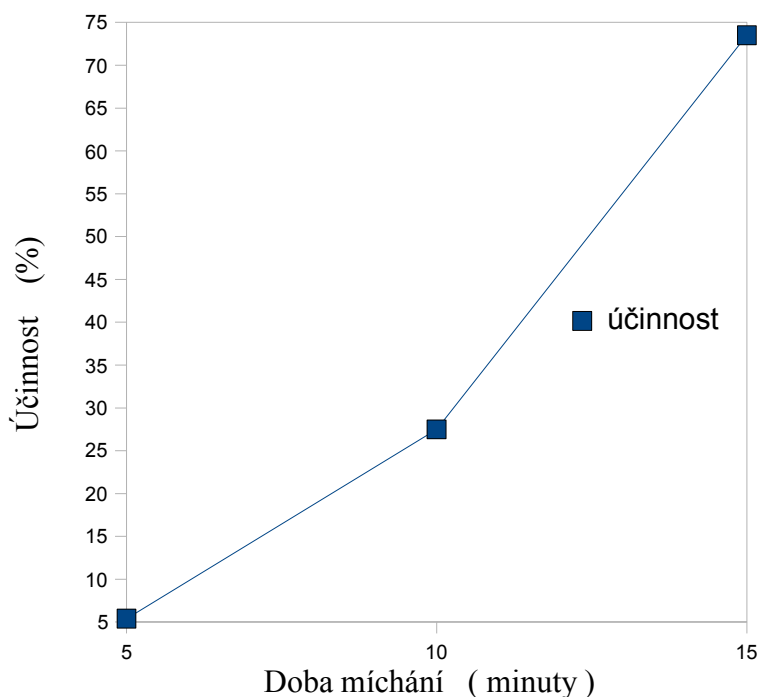
Vliv doby míchání oleje s vodou na účinnost je u každého oleje různý. U každého oleje je uveden v tabulce i v grafu pro přehlednost.

Vliv doby míchání na **Rostlinný olej**

Tabulka 5: Vliv doby míchání na účinnost – 1/10 rostlinný olej

Poměr oleje ku vodě	Doba míchání (min.)	Účinnost (%)
1/10	5	5,4
1/10	10	27,5
1/10	15	73,5

Vliv doby míchání na účinnost - 1/10 rostlinný olej ku vodě



Graf č.4 : Závislost účinnosti na délce míchání

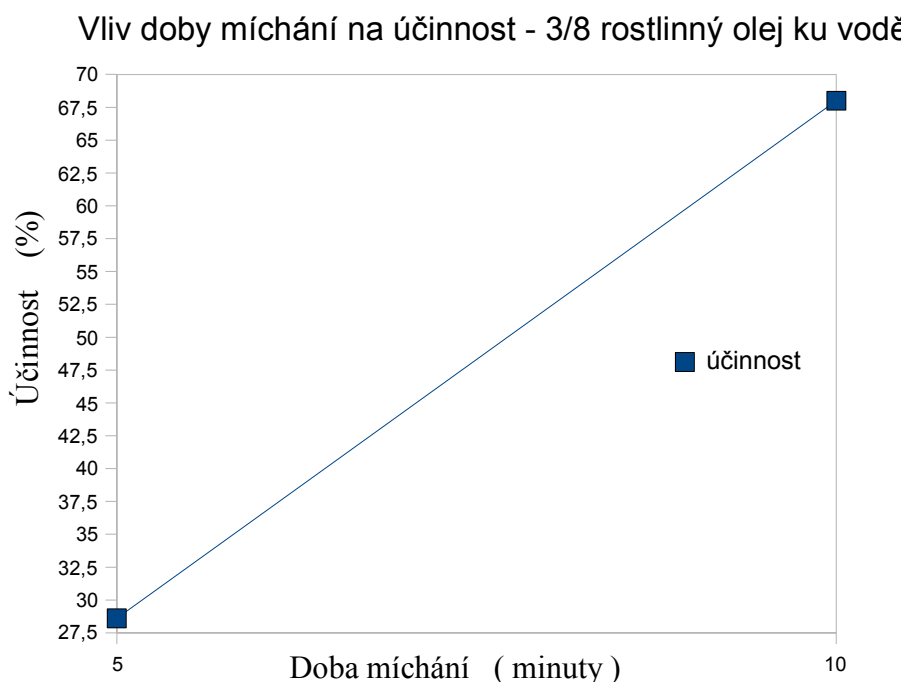
Z grafu je patrné, že doba míchání působí na účinnost rostlinného oleje podstatně. Poté co by se aplikovala doba míchání 15 minut, rostlinný olej by se dal použít v praxi na odradonování, protože jsem dosáhl účinnosti téměř 74 % což je pro experiment velmi zajímavý výsledek.

Experimentem jsem chtěl zjistit jak velký rozdíl je účinnosti při měnící se době míchání oleje s vodou při jiném poměru než 1/10, v našem případě při tomto měření 3/8.

Tabulka 6: Vliv doby míchání na účinnost – 3/8 rostlinný olej

Poměr oleje ku vodě	Doba míchání (min.)	účinnost
3/8	5	29
3/8	10	68

Z tabulek (tabulka 5 a tabulka 6) je vidět že poměr 3/8 (olej ku vodě) má účinnost 68 % při době míchání 10 minut zatímco poměr 1/10 má účinnost pouze 27,5 %. Je samozřejmé a výsledky to potvrzují, že použití většího objemu extrahovačla je účinnější.



Graf č.5 : Závislost účinnosti na délce míchání

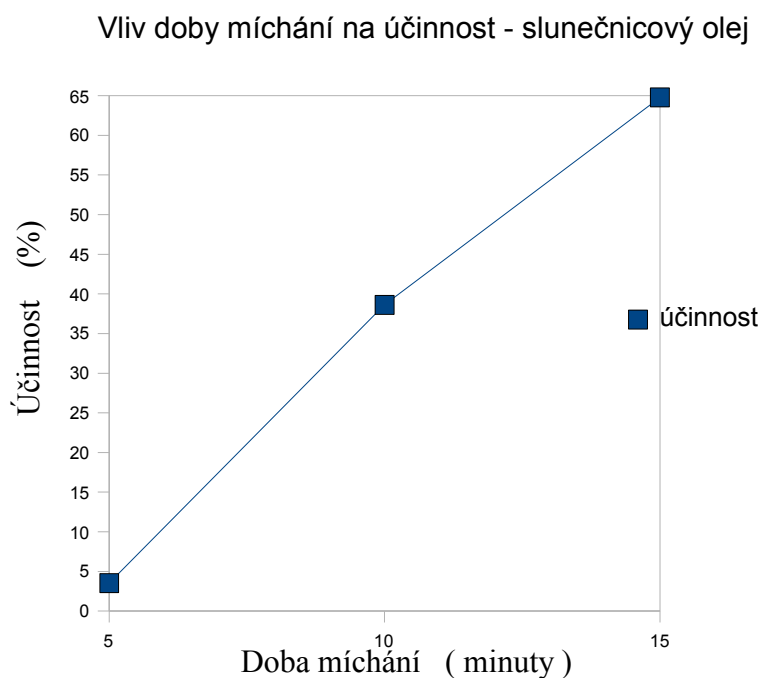
Vliv doby míchání na **Slunečnicový olej**

Zde je vidět jak je proměnlivá účinnost při aplikaci delší doby míchání. Účinnost se velmi razantně a kladně mění.

Tabulka 7: Vliv doby míchání na účinnost – slunečnicový olej

Poměr oleje ku vodě	Doba míchání (min.)	Účinnost (%)
1/10	5	3,5
1/10	10	38,6
1/10	15	64,8

Na grafu je patrné, že doba míchání působí na účinnost slunečnicového oleje znatelně. Poté co by se aplikovala doba míchání 15 minut, by se slunečnicový olej dal použít v praxi na eliminaci radonu, či by se aspoň dal použít jako konečné odradonování. Musím porovnat s ostatními oleji.



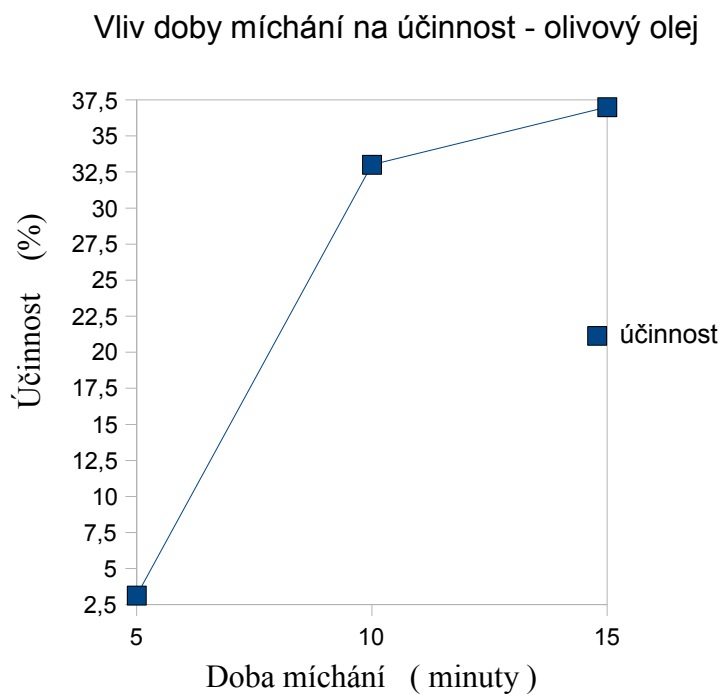
Graf č.6: Závislost účinnosti na délce míchání

Vliv doby míchání na **olivový olej**

Zde vidíme jak velký vliv má doba míchání na účinnost olivového oleje.

Tabulka 8: Vliv doby míchání na účinnost – olivový olej

Poměr oleje ku vodě	Doba míchání (min.)	Účinnost (%)
1/10	5	3,1
1/10	10	33
1/10	15	37



Graf č.7 : Závislost účinnosti na délce míchání

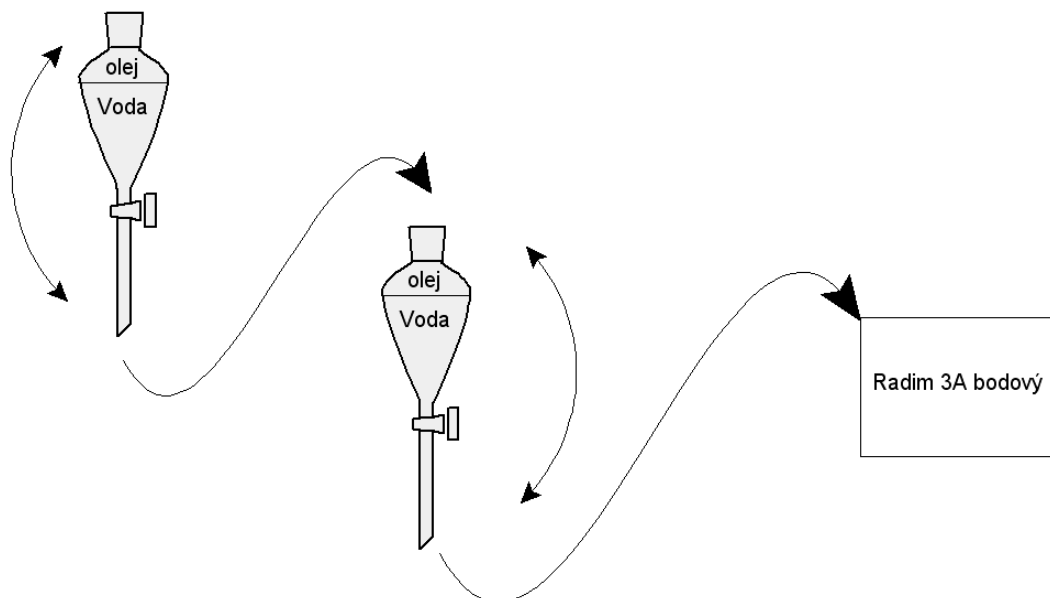
Na grafu je patrné, že doba míchání působí na účinnost olivového oleje znatelně. Ovšem je patrné, že není velký rozdíl v účinnosti při době míchání 10 a 15 minut. Čili v praxi by bylo lepší použít dobu 10 minut. Ovšem stále jsme nedosáhli tak velké účinnosti, aby se to za těchto podmínek dal olivový olej použít v praxi.

Delší doba míchání kladně a velmi znatelně působí na účinnost. Myslím si, že by se oleje daly použít v praxi, pokud bychom aplikovali dobu míchání 10–15 minut (delší doba míchání se nevyklučuje, ale je to méně ekonomické a tato doba by mohla stačit). U každého oleje je použitelná jiná doba míchání, ta se zjistí experimenty, které v případě použitelnosti olejů v praxi provedeme, ale myslím si, že u většiny olejů by se měla použít doba míchání 15 minut. Je totiž ekonomická a také velmi účinná.

3. Vliv vícenásobné extrakce na účinnost odradonování

Vícenásobná extrakce menším objemem oleje by měla být účinnější než jedna extrakce velkým (sumárním) objemem oleje. Proto experimentem stanovím jakou účinnost má dvojnásobná či trojnásobná extrakce.

Pro experiment jsem si sestavil tuto aparaturu.



Ilustrace 2: Návrh experimentálního zařízení pro vícenásobnou extrakci

Při experimentu jsem postupoval tímto způsobem:

1. Naměření daného objemu vody.
2. Naměření daného objemu oleje.
3. Převedení látek po stěně do děličky, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
4. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).
5. Dělení a stání vody s olejem v děličce po dobu 3 minut.
6. Převedení vody, která se oddělila od oleje. Odlijeme do druhé děličky, poté si do ní opět po stěně nalijeme odměřený objem oleje, tak aby nevznikla vzduchová bublina.
7. Promíchávání manuálním otáčením (20 ot./min.).

8. Dělení a stání vody s olejem v děličce po dobu 3 minut.

9. Měření OAR(2) v měřícím zařízení.

10. Vyhodnocení experimentu.

Vliv vícenásobné extrakce na **slunečnicový olej při poměru 1/10**.

Při experimentu jsem pracoval se slunečnicovým olejem v poměru 1/10 (olej ku vodě). Dosáhli jsme skvělé účinnosti

Tabulka 9: Vliv vícenásobné extrakce na účinnost

Doba míchání (min.)	Poměr oleje ku vodě	Účinnost (%)
2x 10	1/10	83
2x 10	1/10	92

Zjistil jsem, že vícenásobná extrakce je neúčinnější a s ohledem na spotřebu oleje ekonomičtější než vyšší poměry při aplikaci jednonásobné extrakce, které jsou hlavně také o mnoho méně účinnější.

Vícenásobná extrakce je nejlepším způsobem odradonování, je možné použití slunečnicového či rostlinného oleje.

Návrh zařízení pro odradonování v praxi

Návrh zařízení je vypracován pro dvojnásobnou extrakci, toto zařízení má dvě patra. Samozřejmě pokud bude objem radonu ve vodě vyšší (více než 500-600 Bq/l) musí se použít trojnásobná extrakce.

Přívod vody je přímo ze studně/vrtu z kterého čerpáme. Voda je přečerpána do zásobníku, který bude mít objem 100-200 litrů vody (podle potřeby domácnosti–podle nárazové spotřeby). Zásobník se bude stále doplňovat. Toto zařízení dokáže vyrobit 50 litrů odradonované vody na jednu dávku a to během 25-30 minut a 100 litrů (dvě dávky) během 35-40 minut, každých dalších 50 litrů, které budeme potřebovat, nám zabere 10 minut, pokud budou na sebe procesy rovnou navazovat (tyto časy jsou pouze ilustrační záležitosti na nastavení časových ovladačů, ale nebudou se příliš měnit).

V zařízení jsou použity clony pro lepší promíchání vody s olejem a pro zabránění tvoření víru v zařízení. Clony budou použity na stranách a je možné i na strop, podobně jako norná stěna, ale bude zešikmená po směru míchání kapaliny (úhel clony a stropu zařízení cca. 60 °).

V zařízení jsou také použity sprchy (přívod vody), které využívají tlaku, kterým je voda dopravena z vrtu. Voda se přes sprchy rozstříkne na olej, kde dochází k prvnímu kontaktu vody a zajistíme téměř okamžité promísení vody s olejem..

Jsou použita dvakrát dvě míchadla pro lepší promíchání oleje s vodou.

V zařízení jsou aplikovány 3 časové ovladače, které budou naprogramovány tak, aby vždy po ukončení procesu odradonování vypustily vodu buď do dalšího patra, které už musí být prázdné, nebo do zásobníku s vodou. Časový ovladač, který je navrchu zařízení je naprogramován tak, aby vždy po ukončení procesu v prvním patře vypustil vodu, která má být odradonovaná (musí protéct 50 litrů–rozdíl může činit maximálně 4 % tj. 48-52 litrů). Je možné použít také zařízení, které měří průtok kapaliny a po protěčení 50 litrů uzavře trubku.

Také je nutné, aby se dalo zařízení jednoduše přeprogramovat (ovládací panel na programování zařízení není na návrhu zařízení zakreslen).

Programovatelné jednotky:

- doba míchání
- rychlost míchání a počet otáček – bude asi nutné naprogramovat tak aby prvních cca. 20 sekund a také v polovině času míchání (po 5 minutách od začátku) se míchadla otáčela na plný výkon motoru. Dále už na ekonomické otáčky.
- objem přívodu vody (pokud bychom chtěli měnit poměr oleje ku vodě–dávat více či méně oleje či vody)

Dále je potřebné, aby zařízení mělo aspoň dva programy:

1. Program odradonování (zde bude pracovat zařízení tak aby se napouštěl zásobník na vodu odradonovanou vodou).
2. Program čištění (zde bude zařízením protékat pouze voda, po nasycení oleje radonem, kdy se olej vypustí a voda (olej) bude vytékat speciálním otvorem).

Také by bylo možné zabudovat do zařízení malý aerátor s rozvody, který by jednou za delší čas probublal olej vzduchem, aby z něj unikl radon. Tím bychom mohli prodloužit životnost oleje na znatelně delší dobu. Je ale nutno změřit či vypočítat o jakou dobu by se nám protáhla životnost oleje a jestli by to bylo ekonomické (aerátor s rozvody zakreslen v dokumentační příloze č.7 v úvaze).

Toto zařízení by bylo novinkou mezi zařízeními pro odradonování. Drtivá většina zařízení pro odradonování pracuje na principu aerace (probublávání kapaliny). Při aeraci se spotřebuje velké množství energie a při použití mého zařízení pro odradonování je spotřeba energie pouze při míchání a když použijeme vhodný motor, který nebude energicky náročný, tak dosáhneme provozně levnějšího zařízení.

Ilustrativní předběžně okótovaný náčrt zařízení, pro lepší názornost znázorněn ze 3 pohledů, je přiložen v dokumentační příloze 6.1.,6.2. a 6.3.

Závěr a diskuze

Při hodnocení olejů v ohledu na jejich účinnost odradonování vody, musíme vzít v potaz více hledisek.

1. Vliv poměru oleje a vody na účinnost odradonování

poměr 1/10 (olej ku vodě)

V tomto poměru má rozhodně **nejlepší účinnost parafínový olej** (jeho účinnost **17 %-25 %**).

Ostatní oleje měly velmi malou účinnost (0 %-15 %), což mohlo být způsobeno chybami při experimentu – zanedbatelná účinnost, bez významu pro nás.

Ani jeden z těchto olejů není při těchto podmínkách moc účinný. A proto se **nedá použít v praxi za těchto podmínek**.

poměr 5/6 (olej ku vodě)

V tomto poměru má **největší účinnost slunečnicový olej** (jeho účinnost **37 %-43 %**).

Druhý nejúčinnější olej je rostlinný olej (jeho účinnost 14 %-36 %).

Tato účinnost už by se eventuálně dala použít jako konečné odradonování, ale kvůli vysokému objemu použitého oleje by byl tento způsob neekonomický.

2. Vliv doby míchání oleje s vodou na účinnost odradonování

Předpokládal jsem a také jsem to ověřil, že vliv doby míchání na účinnost je o hodně větší nežli vliv poměru oleje ku vodě na účinnost. Pracoval jsem s dobou míchání 5, 10, 15 minut a s různými poměry oleje ku vodě. Například u rostlinného oleje při aplikaci 15 minut doby míchání namísto 5 minut se účinnost zvýšila téměř 14 krát.

Při aplikaci 10 minut doby míchání

Nejúčinnější olej je **rostlinný olej v poměru 3/8** (olej ku vodě), u kterého jsem dosáhl účinnosti téměř **68 %**.

Druhý **nejúčinnější olej je slunečnicový olej v poměru 1/10** (olej ku vodě), u kterého jsem dosáhl účinnosti téměř 38 %.

pozn.: Při poměřování těchto dvou olejů a jejich účinností musíme brát v potaz použitý poměr oleje ku vodě, který nebyl stejný!

Při aplikaci 15 minut doby míchání

Nejúčinnější olej je rostlinný olej v poměru 1/10 (olej ku vodě), u kterého jsem dosáhl účinnosti **74 %**.

Druhý nejúčinnější olej je slunečnicový olej v poměru 1/10 (olej ku vodě), u kterého jsem dosáhl účinnosti téměř 65 %.

Při aplikaci doby míchání 15 minut jsem dosáhl účinnosti, která by se už dala použít v praxi. Musíme ovšem vyzkoušet ještě vliv dalších faktorů, před uzavřením práce.

Z těchto dvou skupin experimentů jsem se dozvěděl, že olivový olej, o kterém jsme si mysleli, že bude nejúčinnější, je naprosto nepoužitelný, a proto jsem s ním už při svých experimentech dále nepracoval. Olivový olej je pro odradonování za těchto podmínek nepříjemný, nepoužitelný.

3. Vliv vícenásobné extrakce na účinnost odradonování

Vícenásobná extrakce menším objemem oleje je účinnější než jedna extrakce velkým (sumárním) objemem oleje. Pro svoje experimenty jsem si zvolil dvojnásobnou extrakci. Trojnásobná extrakce by se musela použít pro odradonování vody s obsahem radonu vyšším než 500-600 Bq/l.

Při použití **slunečnicového oleje** v poměru **1/10** (v každé extrakci) a doby míchání dvakrát **10 minut** je účinnost kolem kolem **90 %**.

Zhodnotil jsem, že vícenásobná extrakce za použití těchto podmínek je schopná použití v praxi.

Posledním hlediskem, které musíme zhodnotit je doba, po kterou vydrží kapalným sorbent v zařízení, doba po kterou zůstane olej bezpečný, nebude radioaktivní.

Vzoreček pro výpočet:

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

Po té co jsem do vzorečku dosadil (rozepsaný výpočet viz přílohová část 7), při podmínkách OAR(1)=500 Bq.l⁻¹ a při denní spotřebě vody 400 l, mi vyšlo, že bych musel vyměnit kapalným sorbent za 22 dnů. Hlavně musíme brát v potaz, že za 22 dnů od začátku použití oleje se stane radioaktivním a bude se velmi těžko zpracovávat jako odpad, proto musíme olej vyměnit dříve než se stane radioaktivním (cca 21 dne). Tato doba se bude měnit s měnícími se podmínkami hlavně s měnící se denní spotřebou vody a OAR(1). Doba 22 dnů je pro nás dobrá, ale musím zjistit zda je ekonomická, ale hlavně tuto dobu nesmíme překročit. Odpad musíme zpracovávat jako nebezpečný odpad, ale pokud by jsme překročili tuto dobu, museli bychom ho zpracovávat jako odpad radioaktivní, což by činilo velké komplikace.

Použitý olej je pro nás odpad, ovšem máme možnost ho prodat zpracovatelské firmě na použitý olej, která nám olej zdarma odveze a hlavně nám také za něj zaplatí (více v dokumentační příloze č. 2).

Jestli bude délka doby, po kterou můžeme oleje použít delší, či pokud bude doba 22 dnů ekonomická navržené zařízení by se dalo použít.

Při aplikaci faktorů, které jsem v této práci popsal a podložil protokoly, použití kapalných sorbentů v našem případě olejů a nejlépe rostlinného či slunečnicového oleje je v praxi použitelné.

Seznam použité literatury

<http://www.vz.cz/de_radon/index.php>

<<http://81.2.226.7/DocMinA/DocList.aspx>>

<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Radon>>

<<http://www.sujb.cz/>> státní úřad pro jadernou bezpečnost

<http://www.suro.cz/cz/index_html> státní úřad radiální ochrany

<<http://www.radon-servis.cz/>>

<<http://www.suro.cz/cz/prirodnioz>>

<http://web.vscht.cz/poustkaj/ISM_LE_ASE_MASE_0907.pdf>

Jan Douček¹, Ing. Marek Čáslavský Ph.D.¹, Ing. Lubomír Kříž¹, Ing. Jaroslav Nadrchal¹, RNDr. Tomáš Pavlík¹, Ing. Bohuslav Tefr¹, Ing. Lubomír Vlček¹, Ing. Jan Ptáček³, Ing. Stanislav Čurda, Ph.D.², Prof. RNDr. Pavel Danihelka², CSc., Kopecká Lenka², Ing. Jana Suchánková², doc. RNDr. Jiří Švec², Ilona Uhrová²: *Rešerše, Odstranění radonu z vody pocházející z malých vodních zdrojů, projekt č. 2A-1TP1/044*

¹(Vodní zdroje Chrudim, spol. s r.o.)

²(Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava)

³(Střední průmyslová škola chemická)

Al-Azmi D., Snopek B., Sayed A. M., Domanski T.: *A simple bubbling system for measuring radon (²²²Rn) gas concentrations in water samples based on the high solubility of radon in olive oil* [online] [citováno dne 3.8.2007] <<http://www.sciencedirect.com>>

Dokumentační přílohy

1. Protokoly
 1. Vliv poměru oleje ku vodě na účinnost
 2. Vliv doby míchání oleje s vodou na účinnost
 3. Vliv vícenásobné extrakce
2. Použité kapalné sorbenty, přístroje a pomůcky
 - Co s použitými oleji
3. Fotodokumentace – měření, práce a další
4. Obecně o radonu
5. Rešerše, informace o měření radonu a další
6. Návrh zařízení s kótami
 1. Pohled ze shora
 2. Pohled ze strany
 3. Průřez zařízením
7. Výpočet délky použití použitých kapalných sorbentů
8. Dokumenty - ověření měřidla Radim 3A bodový, smlouva o pronájmu