DP 14

LÉČIVÉ ÚČINKY RADIOAKTIVNÍCH MINERÁLNÍCH VOD

Bakalářská práce

Eva Macháčková

školitel : Mgr. Viktor Goliáš Ph.D.

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Hospodaření s přírodními zdroji

21. srpna 2006

1. Úvod 2
1.1.O radonu 2
1.2.Radon a medicína 2
1.3.Definice minerální vody 2
1.4.Jednotky aktivity radonu 2

2. Historie použití radioaktivního záření v balneologii .. 3
2.1.Terapeutické použití radioaktivních vod před objevením radonu 3
2.2.Historie jáchymovských lázní 4

3. Současné postavení radonové terapie 5

4. Biologické účinky radonu při terapii 5
4.1.Indikace radonové terapie 8
4.2.Úroveň dávek 10

5. Radon v USA a v Evropě 10
5.1.Radonový spor v USA 10
5.2.Radonové zdravotní doly v Montaně 11
5.3.Radonová terapie v Evropě 13

6. Zdroje radioaktivních minerálních vod.....13
6.1.**ČR :** 13
6.1.1.Jáchymov.....13
6.1.2. ostatní lokality..... 15
6.2.**Zahraničí :.....16**
6.2.1. Německo.....16
6.2.2 Rakousko.....16
6.2.3. Rusko 17
6.2.4. Polsko 18

7. Závěr 18

Literatura 19

1.ÚVOD

1.1. **O radonu**

RADON – vzácný inertní plyn, který je zdrojem záření alfa, tzn. je prvkem radioaktivním.Už tato skutečnost je dostatečným podkladem pro některé zkreslené názory.Ve světě je od konce druhé světové války víceméně živen strach ze všeho, co je radioaktivní. I radon je dodnes pronásledovaným prvkem a je mu často přisuzováno něco, co nespáchal.

1.2. **Radon a medicína**

Záření alfa, využívané terapeuticky v radonových koupelích, je nejměkčím, ovšem biologicky nejúčinnějším přírodním zářením. Patří mezi záření korpuskulární, vyzařována jsou heliová jádra, složená vždy ze dvou protonů a dvou neutronů. Heliové jádro doletí ve vzduchu maximálně několik centimetrů. Nepronikne ani obyčejným sklem, a pokud působí na živou tkáň, počítá se jeho průnik v desetinách milimetrů. V lázeňské medicíně jsou účinky alfa záření využívány téměř sto let, přesný mechanismus není dokonale objasněn, jsou však určité teorie a existují i důkazy některých účinků.

1.3. **Definice radioaktivní minerální vody**

Minerální vodou pro léčebné využití se rozumí přirozeně se vyskytující podzemní voda původní čistoty s obsahem rozpuštěných pevných látek nejméně 1 g/l nebo s obsahem nejméně 1 g/l rozpuštěného oxidu uhličitého nebo s obsahem jiného pro zdraví významného chemického prvku anebo která má u vývěru přirozenou teplotu vyšší než 20°C anebo radioaktivitu radonu nad 1,5 kBq/l. (Zákon č. 164/2001 Sb., ve znění pozdějších zákonů, Zákon o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázní a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů, „Lázeňský zákon“)

1.4. **Jednotky aktivity radonu**

Mache představil první jednotku pro koncentraci radioaktivity, která byla pojmenována po něm Macheova jednotka - (M.J.) a byla hodně používána v německé literatuře, zatímco anglofonní země preferovaly „Curie„,které byla zavedena v roce 1910. 1 M.J. odpovídá 364 pCi/l. Jiné používané jednotky „Stat„ (St) , s 1 M.J. = 1 mSt/L, a „Eman„ s 1M.J. ekvivalentní k 3,64 Eman. V souhrnu, 1Ci odpovídá 37 Gbq, 1 Bq je 27 pCi nebo 1 M.J. je ekvivalentní 13,5 Bq/l. Nyní jsou koncentrace prezentovány podle SI systému v Bq/l pro vodu a v Bq/m^3 pro vzduch (Becker 2004).

2. HISTORIE POUŽITÍ RADIOAKTIVNÍCH VOD

2.1.Terapeutické použití radioaktivních vod před objevením radonu

Italský ostrov Ischia, který objevili Řekové před 2500 lety, byl prvním místem ve kterém byly používány ve velkém měřítku teplé zdroje radonu. Koupele se prováděly v starověkých umělých jeskyních a koupacích vanách vytesaných z kamene. Aktivity radonu ve vodě byly vysoké (Becker 2004).

Bylo empiricky zjištěno, že vody léčí, ale nebyl znám důvod. První psaný dokument zdravotních účinků byl zaznamenán v Ischia roku 1559, následovaný knihou v roce 1835. Aplikace radonu při léčení je obvykle inhalací nebo koupelemi. Používání nejznámějších starých lázní v alpském regionu sev. Itálie (2000 Bq/l v prameni) a v dalších lázních v Itálii (Lurisia 40 000 Bq/l) .

Jiným příkladem je Německo se záznamem vlastností radonového zdroje z roku 1473 a roku 1690 byly popsány léčivé vlastnosti tohoto zdroje. Radonové lázně byly populární v různorodých kulturách a v době dlouho předtím než byl radon identifikován. Až později se zjistilo , že za terapeutický účinek těchto zdrojů je odpovědný radioaktivní plyn.

Používání více či méně pozitivních zdravotních účinků radonu se rozšiřuje i v místech, kde je radonová terapie jen málo známa nebo vůbec nebyla dosud aplikována. Například, bývalé uranové doly blízko Boulderu (USA), kde byl založený radonový zdravotní důl, který začal svoji činnost v roce 1950. Dalším příkladem je usilí o založení center radonové terapie v Kanadě a USA, zahrnující centrum v Saratoga Springs s kapacitou ošetřování 4500 lidí denně. Krátkodobě byly využívány i radonové prameny v Arkansasu, Virginii, Novém Mexiku, Oklahomě a Britské Kolumbii, ale o výsledcích těchto lázní je velmi málo známo (Becker, 2004).

První poznatky o aktivitách radonu v lázeňských vodách se objevily ve zprávách Macheho o termálních zdrojích Rakouska v roce 1904. H. Mache a St. Meyer měřili parametry pramenů v Mariánských lázních, Karlových Varech, Františkových lázních, Teplicích a Jáchymově , a tak v roce 1905 byly poprvé stanoveny aktivity vod v českých lázních (Mache, Meyer 1905). Měřením těchto autorů byly objeveny radioaktivní vody v Jáchymově, zatímco aktivity v ostatních lázeňských lokalitách byly naměřeny relativně nízké.

Jako první návrh pro terapeutické využití radonových vod navrhli v roce 1903 v Anglii inhalaci thoriové emanace pro léčbu TBC. První radonová léčení byla prováděna ve Vídni a zahrnovala pokusy s vnějšími aplikacemi uranové rudy nebo uran-obsahujícím pískem ve vanách, uspořádaných k získávání vody aktivované radonem.

První specifická aplikace pro chronický a akutní revmatismus byla provedena roku 1907 v Čechách. Další studie o radonové terapii, biologii a výzkum byly shrnuty ve dvou knihách německých vědců v roce 1912 a 1913. Mnoho z těchto studií popisují výsledky koupelí prováděných ve vodě, dlouhodobým ponořením člověka zabaleného do plátna. Několik předchozích badatelů také hledalo možné škodlivé účinky, ale nemohli je najít (Becker, 2004).

První léčba přírodní radonovou vodou v nových místech vybraných kvůli vysoké koncentraci radonu ve vodě, se konala v Jáchymově za účasti 43 pacientů . Většina z nich byla léčena na chronický revmatismus a neurologické problémy a výsledky byly popsány jako extrémně úspěšné. V té době tradiční lázně s vysokou koncentrací radonu, jako je Rakousko a Německo, začaly rozvíjet použití léčby radonem. První tradiční lázně, které instalovaly nadzemní radonovou inhalaci (inhalatorium) byly Bad Kreuznach (Becker, 2004).

V Německu v roce 1910 byl ve Schlema objeven a terapeuticky využíván zatím nejsilnější zdroj na světě: Hindenburgquelle s aktivitou 181 818 Bq/l (jiné měření 246 500 Bq/l) (Wolkensdorfer, 1995). V Radiumbad Oberschlema rostl počet pacientů, stejně jako v Jáchymově, kde v roce 1918 byl počet pacientů 300 a v roce 1943 vzrostl na 17 000. Na konci II. světové války byly lázeňské aktivity v Bad Schlema zastaveny, protože se lokalita stala jedním z hlavních producentů uranu na světě a prameny při těžbě uranových rud zanikly (Becker, 2004). V roce 1998 byly lázně znovu otevřeny, je však používán jiný náhradní zdroj o aktivitě pouze okolo 1,3 kBq/l (Wolkensdorfer, 1995).
Historie použití radioaktivních pramenů v Japonsku, které je jednou ze zemí s nejvíce horkých pramenů na světě, je datována k roku 1909. První stanovení aktivity minerálních pramenů zde bylo uveřejněno v roce 1915. Nejznámější jsou prameny Misasa s aktivitou okolo 3000 Bq/l v Gunze-ho-yu. Jsou známy a používány ale i jiné zdroje, v Masutomi, Ikeda, a dalších lokalitách, s vyšší aktivitou, jeden z nich se 130 000 Bq/l je nyní nejsilnější na světě (Becker, 2004).

2.2. **Historie jáchymovských lázní**

V průběhu 16. století byl důl Svornost využíván pro těžbu stříbra. Od poloviny 19. století se stala hlavním těženým nerostem uranová ruda – smolinec.
Roku 1864 při prohlubování šachty dolu Svornost z 12. na 14. patro v půlkilometrové hloubce vytryskl silný pramen vody, která postupně zatopila šachtu až na úroveň dědičné štoly. Desetiletí nikdo nevěděl, že to bude právě ona, která po objevu manželů Curieových proslaví Jáchymov jako město lázeňské. Jen v ústním podání letitých horníků jí byla přisuzována neobyčejnost, pro niž chybělo vysvětlení. To podává Marie Curie-Sklodowská, když publikuje uprostřed léta roku 1898 objev nového prvku, který nazývá polonium a o pět měsíců později oznamuje objevení zářivého prvku, který pojmenuje radium. Roku 1902 vyrobila jednu desetinu gramu nového prvku, čistého radia.
Na šachtě Werner (později Rovnost) působil tehdy jako závodní báňský inženýr Josef Štěp. Také zde vyvěrala voda na křížení Červené a Radiové žíly (Štěpovy prameny). Po jejím proměření Machem a Meyerem se ukázalo, že obsahuje radon ve vysoké aktivitě. Ta byla schopna působit jako léčebný faktor v termálních vodách.
Dochází proto k prvním pokusům s léčebnými účinky radioaktivních vod. Děje se nejprve v privátních lázničkách, otevřených v domě pekaře Kuhna, kam přinášel léčivou vodu v dřevěné štoudvi vysloužilý horník Prennig. Úspěšnost léčení vedla k tomu, že v budově továrny na uranové barvy bylo zřízeno několik lázeňských kabin.

Prameny z dolu Werner (tzv. Štěpovy prameny) byly svedeny několika kilometrovým potrubím štolou Daniel až do objektu lázní a tak se o lázeňství hovoří od roku 1906, kdy se Jáchymov stává městem prvních radioaktivních lázní. Jelikož se kapacita Štěpových pramenů stala nedostačující, využíval se pro lázeňskou péči vydatný pramen, který původně zatopil důl Svornost. U příležitosti návštěvy Marie Curie právě na tomto dole v roce 1925, byl tento pramen pojmenován Curie..
V roce 1910 podstoupilo léčbu 373 pacientů a v roce 1913 již 2476. Po postavení vodoléčebného ústavu , v němž byly kromě čtyřiceti kabin, pitné haly i ordinace lékařů, byl roku 1912 otevřen na svou dobu jeden z nejmodernějších lázeňských hotelů, Radium Kurhaus, dnešní Radium Palác. Roku 1913 se v jáchymovských lázních léčilo na dva a půl tisíce hostů. Další rozvoj lázní překazila druhá světová válka.
V roce 1930 stála radiová koupel od 14 do 30 Kč, radiové obklady se podávaly za 10 Kč, ozáření přišlo na 50 až 90 Kč, radonová injekce byla spočítána na 100 až 300 Kč. Lázeňský pobyt tehdy trval 3 – 4 týdny s 19 až 25 koupelemi.

Vyráběl se i tzv. „kapesní Jáchymov" přístrojík měl tvar kovové nádobky se zašroubovaným víčkem, nosičem radiové soli a dvěma trubičkami, kudy se vylévala a vlévala voda na aktivování. Přístrojek stál 100 dolarů.
V souvislosti s dalším plánovaným rozvojem lázní bylo v 60. letech rozhodnuto, že důl Svornost, tvořený jámami Josef a Svornost, bude po ukončení těžby uranu nadále využíván pro jímání a čerpání radonových vod. Byl proveden rozsáhlý hydrologický průzkum, v jehož rámci byly na 12. patře dolu Svornost objeveny další dva prameny radonové vody, a to pramen C1(1960) a pramen Běhounek (1962) (Laboutka, Pačes, 1966). Po ukončení všech těchto zajišťovacích a průzkumných prací byl důl Svornost dne 1.4.1964 předán Státním lázním Jáchymov.
Roku 1975 zahajuje provoz moderní lázeňské sanatorium akademika Běhounka a po dalších sedmnácti letech je otevřen lázeňský ústav Curie.Během uplynulých 40 let byly mimo jiné provedeny rozsáhlé rekonstrukce jámy Josef (1983-87) a jámy Svornost (1992-96). V roce 2000 byl navrtán další pramen nazvaný Agricola. (www.jáchymov.cz)

3. SOUČASNÉ POSTAVENÍ RADONOVÉ TERAPIE

Ve větší části lékařské a vědecké společnosti stále zůstaly pochybnosti o účinku radonové léčby. Průkopnickou práci zpracoval Pratzel z Mnichovské univerzity roku 1992 v německých radonových lázních Schlema a zopakoval roku 1995 v Bad Steben. V přírodních zdrojích je situace často komplikovaná přítomností součástí dalších složek jako jsou, H_2S , CO_2 a další minerální látky, které mají pravděpodobně také biopozitivní účinek interagující s účinky radonu. Proto považuji za vhodné na tomto místě podrobněji rozebrat klinické, biologické a biochemické účinky radioaktivní terapie.

4. BIOLOGICKÉ ÚČINKY RADONU PŘI TERAPII

Důležitým momentem pro akceptování přínosu terapie zářením alfa je pochopení faktu, že je možné mít dvojí pohled na záření ve smyslu vztahu výše dávek a škodlivosti. První pohled předpokládá mezi výší dávky a škodlivostí lineární vztah. Vysoké dávky škodí. Nižší a nižší dávky škodí méně a méně, leč přesto škodí. Takto lze čistě teoreticky dojít k poznatku, že každé záření je škodlivé. Exaktní důkazy pro tento pohled však nejsou.
Druhý pohled má blíže k medicínskému chápání věci. Na působení záření se lze dívat jako na aplikaci farmaka. Nízké dávky jsou indiferentní, pak následuje terapeutické rozmezí a vyšší dávky škodí. Tato skutečnost je pro terapii alfa zářením opakovaně prokázána. Nízké dávky alfa záření mají na buněčné úrovni stimulační účinek. V německé literatuře je toto prezentováno jako tzv. Hormesis-Effekt. V roce 1994 vydal UNSCEAR, vědecký výbor při OSN, suplementum, v němž je shromážděno kolem jednoho tisíce vědeckých potvrzení tohoto efektu.
K vlastnímu účinku terapie alfa zářením je třeba sdělit, že musíme vidět několik zásadních problémových okruhů :

1. Kde v organismu se alfa záření uplatňuje.
2. Jak působí na buněčné úrovni.
3. Jaké jsou klinické účinky.

Už první problematika rozděluje zainteresovanou lékařkou a vědeckou veřejnost do dvou škol, které mají různé pohledy na to, jak by měl být aplikován radon, aby se dosáhlo účinku.
První škola, kterou lze označit jako západoevropskou, předkládá nutnost průniku radonu do krve. Radon je dobře rozpustný v tucích a lze předpokládat, že se krví přenese do cílových

míst působení. Zde je zmiňována nervová tkáň, ale především žlázy s vnitřní sekrecí, jde zejména a působení na činnost nadledvin. Tato škola preferuje jako nejjednodušší metodu inhalační aplikaci radonu a přijímá i možnost léčby pitnými kúrami s použitím radonových vod.

Druhá škola preferuje jako hlavní cílové místo pro působení radonu kůži. Dává tedy přednost radonovým koupelím. I zde lze odlišit dvě názorové skupiny, jejichž výklad se však vzájemně nepopírá.

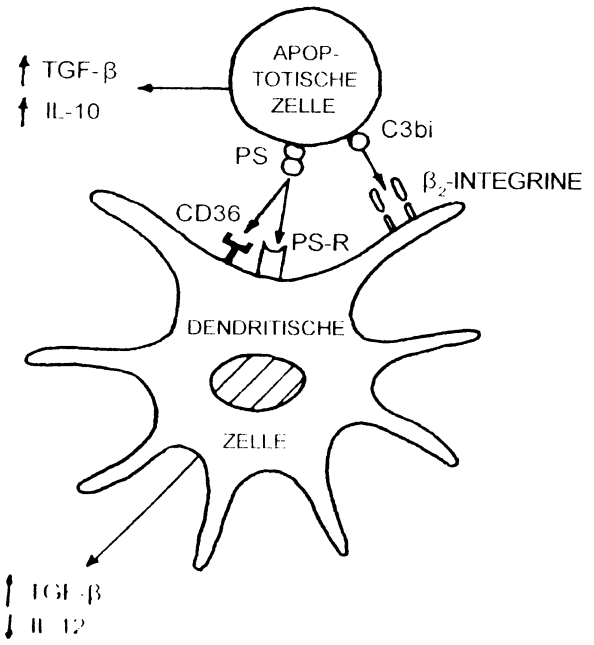
Kůže je pasivním orgánem. Slouží k tomu, aby se radon dostal do krve a účinkoval, jak bylo výše zmíněno.

Kůže je orgánem aktivním. Jsou zde určité struktury, na které alfa záření přímo působí a jejichž změna stavu může v konečném důsledku navodit nervovou nebo humorální cestou klinické účinky.

Jáchymov se kloní k této druhé škole. Domnívají se zde, že klinických účinků lze dosáhnout při aplikaci formou radonových koupelí, pokud je aktivita radonové vody dostatečná. V Jáchymově jsou poskytovány radonové koupele o aktivitě 4000 –5000 Bq/l. Výše aktivity je dostatečnou zárukou vyvolání klinických účinků. (Šimek,2001)

V lázních Schlema byla pro terapeutické používání radonu stanovena minimální hodnota koncentrace ^{222}Rn 37 kBq/m3 pro inhalace a vzdušné lázně, a 666 Bq/l pro vodní lázně.

Radon lze do organismu k terapeutickým účinkům dostat třemi způsoby: pokožkou, plícemi a sliznicí žaludku a střevního traktu. Při vanových koupelích s vodou obsahující radon dospěje plyn pokožkou do krevního oběhu. Metoda přes pokožku se volí rovněž při suché plynné koupeli s radonem a při radonové parní lázni. Ojediněle se také provádějí pitné kúry s radonovou vodou, přičemž radon se přijímá do krve sliznicí žaludku a střevního traktu. Vzhledem k vymezenému pitnému objemu je ovšem absorpce radonu touto cestou možná jen omezeně. (Deetjen et al., 2005)



Obrázek 1. Schéma produkce anti-flamatorického cytokinu následkem buněčné apoptosy (Deetjen et al., 2005)

Jak působí nízké dávky alfa záření na buněčné úrovni, je prokázáno. Účinek lze shrnout do pojmu stimulace. Alfa záření aktivuje řadu enzymatických pochodů, které jednak opravují různá poškození DNA, jednak působí v procesu tzv. apoptosy, což je naprogramovaný zánik buňky, která už byla jinými vlivy poškozena tak, že může sama organismu škodit.

Jde tedy o aktivity adaptačních mechanismů. Ty jsou zjevně geneticky zakódovány, živé organismy se v celé dlouhé historii vyvíjely za přítomnosti radioaktivity. Ta byla podle výpočtů fyziků dokonce v daleké minulosti mnohem vyšší než dnes. Předpokládá se, že adaptační mechanismy nejsou trvale v činnosti. Mají zřejmě určitý spouštěcí práh, který je překonán právě při terapii radonovými vodami.

Pokud bychom vyjmenovali enzymy, jejichž aktivitu má zvyšovat terapie alfa zářením (např. superoxiddizmutasa), došli bychom k nápadné shodě s působením antioxidantů. Léčebné lázně Jáchymov a.s., uvažují do budoucna o spolupráci s dalšími pracovišti na objektivním doložení těchto účinků u radonových koupelí.

Nejcennějším z klinických účinků radonových koupelí je účinek analgetický. Byl opakovaně různými studiemi prokázán. Nastupuje s určitou latencí, literatura uvádí první efekty po 14 dnech při každodenní aplikaci. Ze zkušeností v jáchymovských lázní někdy přichází až za 4-5 týdnů. Přetrvává v průměru zhruba 8-10 měsíců po lázních. Je předpokládán několikerý mechanismus tohoto účinku :

Stimulace produkce endorfinů. Jsou k dispozici práce, které tuto skutečnost objektivně dokládají.

Zvýšené vyplavování kortikoidů po stimulaci kůry nadledvin. I toto je objektivně dokázáno.

Aktivizace některých enzymatických reakcí v organismu. Jde o podobné působení jako u antioxidantů.

Stimulace Langerhansových buněk v epidermis. Podobnou cestou působí analgeticky např. sirné koupele, tento účinek je prokázán.

Kromě účinku analgetického se radonovým koupelím připisují i některé další pozitivní efekty. Literatura dokazuje pozitivní vliv na posílení imunitních systémů organismu, mechanismem je zřejmě stimulace některých struktur v T lymfocytech. Nedaří se objektivizovat vazodilatační účinek. Zde je ale vhodné podotknout, že radonové koupele nejsou velkou zátěží pro kardiovaskulární aparát. Je prokázáno postupné mírné snižování tlaku krve a lehce zvýšená diuréza. Koupele mají obvykle teplotu 36 stupňů , jde tedy o proceduru téměř izotermní. Empiricky lze dodat, že se v Jáchymově dobře daří kardiakům. Věkový průměr pacientů je vysoký a lázeňská léčba je velkou zátěží. Přesto mají minimum akutních kardiálních příhod. Příčiny však zjevně nejsou pouze v působení radonových koupelí, i když předpokládáme celkový roborující vliv koupelí u lidí vyššího věku.

V některých pracích je sledován antialergický účinek radonových koupelí a v neposlední řadě mohou jáchymovští lékaři potvrdit, že koupele zlepšují některá kožní onemocnění, např. psoriázu.

Během lázeňské léčby v Jáchymově dochází také často ke snižování glykemií a hladin cholesterolu v krvi. Zčásti lze i toto přičíst účinku radonových koupelí (Šimek, 2001).

Léčba revmatoidní artritidy s použitím radonových koupelí o aktivitě ^{222}Rn 1,3 kBq/l + 1,6 g/l CO2 s počtem 15 koupelí vykazovala zlepšené výsledky ještě 6 měsíců po radonové terapii. (Franke et. al., 2000).

Velmi významný je antiflogistický (protizánětlivý) účinek radonových koupelí. Mechanismus není úplně objasněn, ale četné práce dokazují pozitivní efekty, zejména u pacientů s revmatoidní artritidou nebo s ankylozující spondylitidou (m. Bechtěrevi).

4.1. Ze všeho výše zmíněného vyplývají hlavní **indikace radonové terapie** :

Nemoci pohybového aparátu
zánětlivé : revmatoidní artritidy, Bechtěrevova nemoc
degenerativní : artrosy kloubů a páteře
stavy po úrazech a operacích včetně endoprotéz kloubů

Nemoci periferního nervového systému
Neuritida, neuralgie, polyneuropatie

Kloubní komplikace při metabolických chorobách
diabetické a dnavé artropatie

Vertebrogenní algický syndrom
na podkladě degenerativních změn obratlů nebo funkčních poruch, diskopatie, kořenové syndromy (Šimek, 2001)

Nemoci dýchacího ústrojí
astma, chronická bronchitida (Deetjen et al., 2005)
Alergie
Gynekologické problémy – neplodnost, klimakterium (Becker, 2004)

Celkově roborující účinky
osteoporosa, regenerace ve stáří
Vyšší věk, není v oficiálních indikacích, ale pozitivní účinek radonových koupelí je v tomto ohledu znám, a proto jsou např. japonské radonové lázně vyhledávány převážně klientelou vyššího věku. (Šimek, 2001)

Nejlepší výsledky byly zjištěny u revmatických chorob, v gynekologii, chorob pokožky a hypertenze.(Becker, 2004)

Kontraindikace radonové terapie:

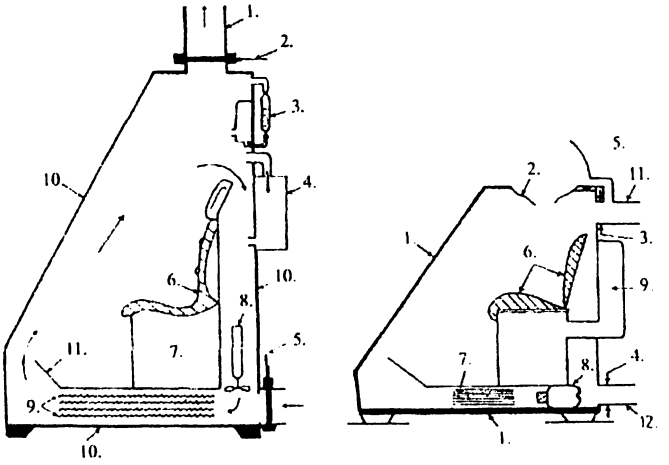
tumory v aktivní fázi
akutní infekční onemocnění
aktivní TBC
těžká srdeční slabost
akutní a subakutní psychogenní onemocnění

Radonová terapie je dále nevhodná pro :
těhotné ženy (pro které je vůbec nevhodná každá lázeňská léčba)
v určitém omezení děti a dospívající
pacienty s hyperfunkcí štítné žlázy
pacienty po operaci či léčbě nádorového onemocnění v období prvních 2 let
(Šimek, 2001)

Tři důvody, proč pozitivní účinky vystavení nízké dávky záření nejsou ještě plně objasněné :
- pokusy na molekulární nebo buněčné úrovni jsou rozdílné v extrapolaci účinků na celý organismus, který zahrnuje komplex kompenzací a zlepšení mechanismů stejně jako adaptivní odezvy a pozitivní stresovou stimulaci.
- epidemiologické studie často selžou v rozpětí nízkých dávek, protože skutečný účinek je zastřen rakovinou plic z důvodu kouření.
- v současné veřejné správě a podpoře výzkumu účinků záření, je kladen důraz na škodlivé zdravotní účinky a terapeutické aspekty jsou často ignorované jako porušení oficiálních pravidel a oficiální anti-radonové kampaně.(Becker, 2004)

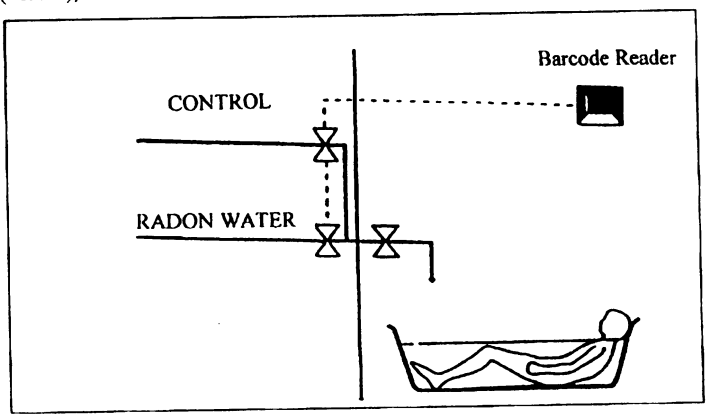
Obr.2. Boxy používané v Rusku pro aplikaci léčby radonovým plynem včetně inhalace (vlevo), a pro ozáření jen pokožky těla (vpravo). (Becker, 2004)

Figure 6 Boxes used in Russia for application (and research) of radon gas treatment including inhalation (left), and for exposure of the body skin only (right), including (left) the radon gas production (3), air heating devices (10 left, 7 right), radon control chamber (left 4), etc



Obr.3. Schéma aplikace radonu při slepých pokusech

Figure 2 Schematic diagram of bar-code regulated double-blind bathing studies in radon water (verum), otherwise identical warm non-radon water (Kontrolle)



4.2. **Úroveň dávek**

Dávka orgánů při 15 min. koupeli ve vodě s aktivitou 1500 Bq/l byla vypočítána na 0,1 mSv pro pokožku, 0,003 mSv pro ledviny a 0,0015 mSv pro tělesný tuk. Dvě hodiny po koupeli, zůstávalo v těle jen 10% původního radonu (Becker, 2004).

Každoroční účinný ekvivalent dávky pacientům je obvykle v uspořádání 0,1 – 3 mSv. Léčebný personál je podle jedné studie obdržel dávku blízkou 100 mSv. V jiných výzkumech činí dávka pokožky méně než 1-3 mSv pro sérii aplikací v koupelích, 1 mSv plicní dávka inhalace a 0,1 mSv pro žaludek pro pití radonové vody (Becker, 2004).

Lidé využívající radonovou terapii v jakékoli formě léčby, jsou většinou starší, s rostoucím věkem tělo metabolizuje léky méně účinně a věk také přináší chronické nemoci. (Erickson, 2004).

Nová pravidla radonové ochrany byla legálně prosazena v několika zemích. Ty ale způsobují těžkosti a nemožnost založit nová centra radonové léčby. V jiných zemích (ČR, Německo, Rakousko) s dlouhou tradicí na poli radonové léčby s přírodními zdroji vod nebo vzduchu je léčba radonem tolerována (Becker, 2004).

Jiné problémy v obecně rozšířené aplikaci radonové balneologie jsou :

- radiofóbický syndrom způsobila anti-nukleární politika a mediální kampaně odstrašují mnoho potenciálních pacientů.
- Národní zdravotní pojišťovací systém, s rostoucími finančními problémy způsobenými demografickou a ekonomickou situací v západní Evropě, je v procesu snižování svých služeb a nákladů, a to vyloučením přírodní léčby stejně jako minerální a radonové léčby z jejich resortu (Becker, 2004).
-

5. RADON V USA A V EVROPĚ

5.1. **Radonový spor v USA**

V USA je v současnosti radonová terapie aplikována pouze inhalací ve čtyřech starých dolech blízko malých měst Boulder a Basin, Montana. V Evropě je radonová terapie aplikována v mnoha formách, včetně koupelí, výparů a inhalací v tunelech a dolech.

Radonová terapie není schválena jako biolékařská terapie v USA. V USA a v Evropě se předpokládá průnik radonu z podloží a jeho akumulace v budovách jako zdravotní riziko. Největším zdrojem zájmu je, že rozpad radonu produkuje radioaktivní částice, které jsou zadržovány prachem a kouřem a jsou inhalovány.Inhalace těchto částí koreluje s výskytem rakoviny plic v uranových dolech. Agentura ochrany prostředí a jiné státní regulační úřady odpovědné za ochranu veřejnosti věří, že zde neexistuje úroveň, ve které je ozáření radonem bezpečné.

Protože přírodní radon a jeho potenciální nebezpečí je sporné, radonová terapie není v USA nikdy hrazena zdravotním pojištěním. Tudíž je pro radonovou terapii nejvíce vhodná americká definice „alternativní terapie„ . Výsledkem je fakt, že mnoho návštěvníků dolu v Montaně váhá informovat doktory, nebo rodiny a přátele, o svém rozhodnutí zkusit terapii radonem. Tím směřují k neschválení radonové terapie hlavními agenturami, které, v dychtivosti ochránit veřejnost, možná zakážou tuto metodu úlevy od bolesti, přestože tito lidé věří, že je velmi účinná. Obviňují Americkou Lékařskou Asociaci, (možná i oprávněně), za úpadek klinických testů na účinnost radonu v USA.

5.2.**Radonové zdravotní doly v Montaně**

V Montaně jsou v současné době v činnosti čtyři radonové zdravotní doly. Radonová léčba v těchto dolech je pasivní samoléčení, které zahrnuje pouze ozáření těla radonem vystupujícím z dolu. Navrhovaný optimální léčebný program obsahuje čtyřicet dva hodinových návštěv v průběhu deseti dnů. Většinou se dochází dvakrát až třikrát za den, pro celkové tříhodinové ozáření denně. Během návštěvy v dolu, lidé sedí na židlích a lavičkách umístěných podél tunelu, kde si mohou číst, spát nebo sedět a povídat si s ostatními. Mezi návštěvami jsou návštěvníci dolu vyzváni ke klidu, hlubokému dýchání a pití vody. Klienti dolu nejsou kontrolováni a předpokládá se dodržování jejich doby strávené v dolu s časovým limitem a systém také předpokládá, že klienti si vezmou jen číslo té léčby, kterou zaplatili.
Těhotné ženy, děti pod osmnáct let nemohou využívat důl bez předpisu a rady, povolené lékařem. Ministerstvo zdravotnictví a přírodních věd státu Montana tyto doly neřídí, a netestují úroveň radonu. Vyhrazují si ale, že přijatelná doba ozáření je 42 hodin v roce.

Charakteristika radonových dolů

Kromě aktivity radonu existuje ještě několik podstatných rozdílů mezi jednotlivými doly v Montaně. Důl The Free Enterprise Mine je pouze jediný aktuálně umístěný pod povrchem; jeho důlní chodba je 45 stop pod zemí a musí být použit výtah. Jiné doly jsou horizontální štoly, které se jednoduše projdou pěšky. Na jednom z nich nikdy neprobíhaly důlní práce, byl vyražen speciálně pro návštěvníky radonového dolu. Jiný rozdíl je v množství minerální vody. Dva z dolů mají vodní páru stoupající těsně podél chodby.
Ve všech těchto dolech je uvnitř chladno, jejich teplota je odhadována na 60 F, a kvůli tomu byly instalovány podél tunelů vytápěcí lampy.
Ceny léčby se liší, ta nejdražší je stále srovnatelná s drahými léky, kolem 150 dolarů za strávení 42 hodin v dole (Erickson, 2004).

Aktivita radonu
Radon v dolu Montana je měřen v pikoCurie na litr ve vzduchu. Podle EPA standardů, maximální ozáření může být doma více než 4 pCi/l (148 Bq/m^3)a pokud technologie dovolí, tato úroveň radonu může být snížena k 2 pCi/l (74 Bq/m^3). V dolech jsou radonové aktivity vyšší než 59250 Bq/m^3. Podle testu provedeného Ministerstvem zdravotnictví a přírodních věd v roce 1991 , dosahovala aktivita radonu v šesti dolech od 8629 do 48000 Bq/m^3 (Erickson, 2004).

The Free Enterprise Radon Health Mine

Jedinečný radonový důl v Montaně je The Free Enterprise Mine, který byl pro léčení oficiálně otevřen 23. června 1952. W. Lewis, vlastník, těžil v tomto dole uranovou rudu, předmět zájmu se ale náhle změnil v roce 1951, s návštěvou ženy jednoho z těžebních inženýrů. Měla vážné bolesti v zádech, ale po návštěvě 85 stop hluboké důlní šachty tvrdila, že bolest je pryč. Rozkřikla to po přátelích v Los Angeles, kteří to řekli jiným přátelům, a důl byl zavalen žádostmi od lidí s artritidou, kteří chtěli podstoupit v dole léčbu.
Od roku 1952 bylo mnoho lidí, co chtěli podstoupit terapii, tak Lewis rozhodl ukončit důlní činnost a důl znovu otevřel jako zdravotní. Podle místních novin, od roku 1954 cestovaly

desítky tisíc lidí do Montany kvůli návštěvě FERHM nebo jednoho z jiných místních dolů, které tvrdily, že obsahují radon. Americká Medicínská Asociace v té době vyhlásila radonovou terapii aplikovanou k uvolnění bolesti od artritidy jako podvod.
Dnes navštěvuje důl 500 lidí každý rok. Mnoho z návštěvníků dolu jsou návštěvníci, kteří se vracejí, někteří přicházejí do dolu každý rok. Mnoho lidí tvrdí, že po dvou týdnech strávených v dole, mohli přestat brát léky a po dlouhou dobu setrvala i relativní bezbolestnost.

Obr.5- Centrální galerie v The Free Entertaiment Radon Mine

Klientela, která navštěvovala důl v pětileté periodě mezi lety 1993 – 1997, byla ve věku přes 65 let. Z 807 lidí, 83 využívalo důl po 20 a více let a 173 po 10 nebo více let, a přiznávají velkou spokojenost s radonovou terapií. Většina klientů dolu trpí artritidou, revmatickými chorobami, dále dýchacími nemocemi, problémy s pokožkou, a alergiemi. Také zde byly léčeny další choroby včetně lupenky a několik návštěvníků s těmito stavy bylo po léta léčeno radonem s vynikajícími úspěchy (Erickson, 2004).

5.3. **Radonová terapie v Evropě**

Ve srovnání s důlními díly v Montaně, je radonová terapie v Evropě mnohem více rozšířena a brána jako jedna z možností léčby. Radonová terapie v Evropě má výhodu v krytí zdravotním pojištěním (Erickson, 2004).

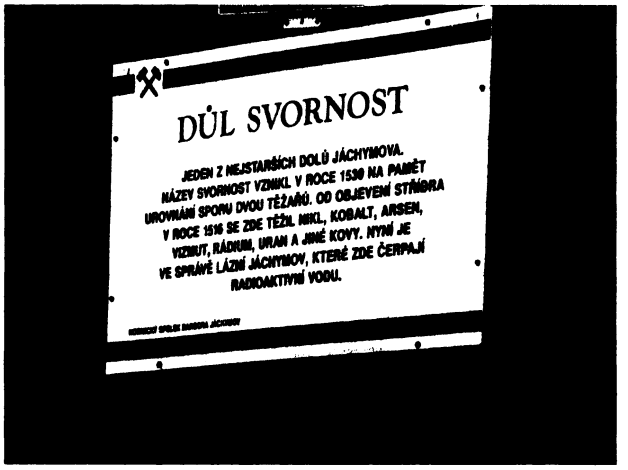
Zájmy evropských enviromentálních agentur o nebezpečí kontaminace radonem uvnitř budov, jsou stejné jako v USA. Z části je to proto, že evropské země směřují k přestupu na jejich biolékařské zdravotní systémy péče, ve kterých je mnoho druhů léčby kategorizované jako alternativní.
Radonová léčba je terapie, která se zakládá na sto let starých lázeňských postupech. Lázně a lázeňská města jsou hojná v celé Evropě, kde pacienti používají vodu, buď ve formě koupelí nebo jako pitné kúry, či inhalace v dolech a umělých jeskyních .V radonových štolách jsou pacienti vyšetřeni a na základě jejich individuálního zdravotního stavu je předepsána specifická dávka radonu. Podle slov Dr. Hornátové, ředitelky Radium Palace v ČR, není radonová léčba brána jako alternativní terapie, ani jako přírodní kúra. Je to jednoduše jedna z mnoha vědecky podložených možností léčby specifických zdravotních problémů (Erickson, 2004).

6. ZDROJE RADIOAKTIVNÍCH MINERÁLNÍCH VOD

6.1. **ČR**

6.1.1Jáchymov

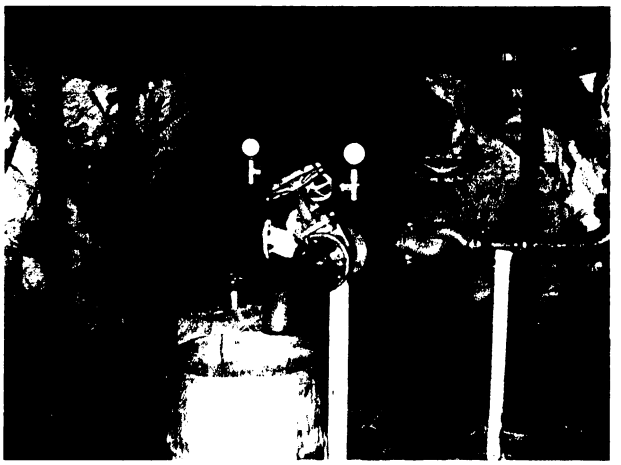
Důležitou součástí jáchymovských lázní je důl Svornost, kde se jímají léčivé radonové vody a odkud se následně dopravují do balneoprovozů v lázeňských sanatoriích.
Důl Svornost byl založen téměř současně s městem Jáchymov (1518), svůj současný název nese od roku 1530. Jedná se tedy o nejstarší dosud provozovaný důl nejen v Čechách, ale pravděpodobně i v celé Evropě.



Obr.6. Informační tabule při vstupu do dolu Svornost. Foto J.Trubač

V současné době jsou tedy na 12. patře dolu Svornost v hloubce 500 m pod povrchem využívány 4 prameny, a to :

pramen CURIE	vydatnost 30 l/min	teplota 29°C	aktivita radonu	5 kBq/l
pramen C1	vydatnost 30 l/min	teplota 29°C	aktivita radonu	11kBq/l
pramen BĚHOUNEK	vydatnost 300 l/min	teplota 36°C	aktivita radonu	10 kBq/l
pramen AGRICOLA	vydatnost 10 l/min	teplota 29°C	aktivita radonu	20 kBq/l

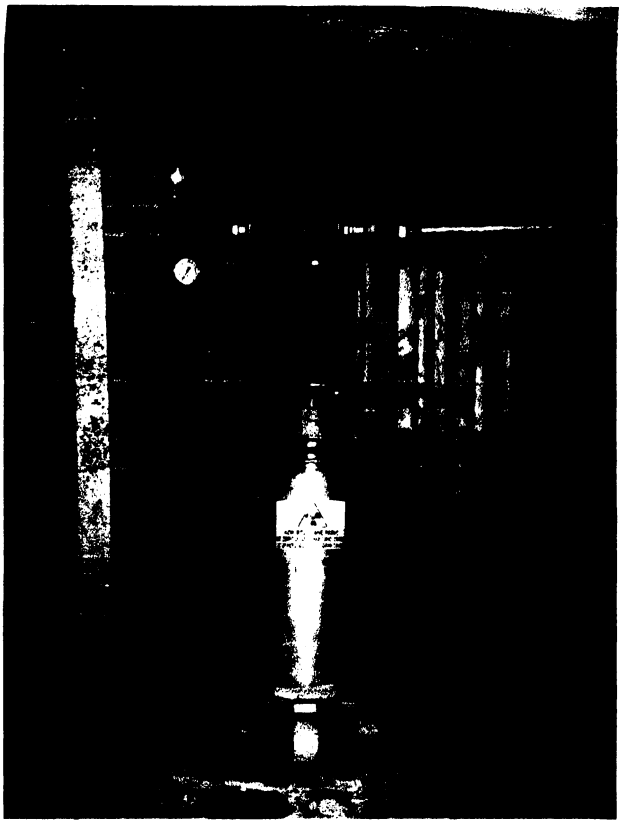


Obr.7.
Pramen Agricola v dolu Svornost,Jáchymov. Foto J.Trubač

Voda ze všech těchto pramenů je jímána do bazénu na 12. patře a odtud čerpána na výšku 400 m do akumulační nádrže na patře Barbora. Z nádrže je pak radonová voda spouštěna na patro Daniel a po něm v potrubí o celkové délce cca 3000 m vedena do jednotlivých balneoprovozů. Pro zajištění maximální kvality radonové vody bylo v roce 2001 položeno nové potrubí o délce 2700 m v podzemí, a dále do jednotlivých lázeňských sanatorií. (www.jachymov.cz)

Radonové koupele v lázních Jáchymov jsou povinnou součástí léčby. Léčba dávkami alfa záření trvá 3-4 týdny. Celková dávka ozáření za tři až čtyři týdny nepřekročí dávku jednoho rentgenového snímku srdce a plic.

Radonová koupel se provádí šestkrát týdně po 20 minutách při teplotě 36° C. Pak následuje desetiminutový suchý zábal. Radon je po terapeutické aplikaci sám po 20 minutách do poloviny a po třech hodinách z těla zcela úplně vyloučen. Léčebný účinek alfaterapie se projeví teprve po opakovaných koupelích v radonové vodě, nejdříve však za týden. Prvním projevem příznivého účinku je pocit únavy. Organismus se znovu učí pohybovat. Minimální počet koupelí je deset, maximální dvacet čtyři za čtyři týdny.



Obr.8. Pramen Běhounek v dolu Svornost,Jáchymov. Foto J.Trubač

Alfa záření povzbuzuje celý organismus. Tato přírodní energie se v těle přeměňuje na energii tělu vlastní. Výsledkem je biostimulace, povzbuzení hormonální a buněčné aktivity a vzrůst regeneračních procesů v těle. Dá se říci, že je to omlazovací efekt léčby zářením.
Je zajímavé, že i když si pacienti po prvním týdnu léčení stěžují na bolesti a zhoršení, je již patrný lepší pohyb v kloubech. Ale až koncem třetího týdne je jasně vidět pozitivní působení léčby u nezánětlivých onemocnění a při artrózách velkých kloubů. U zánětlivých kloubních revmatických nemocí se objeví příznivý účinek teprve po 4 týdnech léčení.
Od 20. let minulého století se dělá také tzv. radioaktivní muláž (to je krabička se zdrojem gama záření). Výrazný efekt je cílený na těžce postižené klouby. Bolesti se zmírní a zánět se zklidní. Tuto léčbu provádí odborný radioterapeut, radiolog. Muláž se přikládá jedenkrát za pobyt, dávky záření jsou protokolované a přesně vedené. Procedura se může opakovat nejdřív za rok, nejvíce však tři roky po sobě, aby se vyloučilo riziko poškození kůže nebo nemoci z ozáření (Nerandžič, 2006).

Primární snaha lázní je úleva od bolesti a symptomů a pomoc pacientům snižovat nebo eliminovat jejich léky. Pacienti v Radium Palace musí přinést doporučení, svoje lékařské záznamy a návrh léčby od svého lékaře. Každý pacient je vyšetřen personálem lékařů před začátkem léčení, a každému pacientovi je napsán specifický léčebný plán (Erickson, 2004).

6.1.2.Ostatní lokality v ČR s výskytem radioaktivních vod :
Teplice (Pravřídlo,182,25 Bq/l, Horský pramen 1831,95 Bq/l), Mladkov, Skalná, Velká Úpa (Hynie, 1965)

A další drobné lokality (tyto prameny jsou zmiňovány v literatuře, ale obsah radonu je jen velmi malý a často zdaleka nedosahuje zákonem dané úrovně pro minerální radioaktivní vody) :
Bystřice nad Pernštejnem, Dobrohostov, Jablonské Paseky, Křemešník, Lipnice nad Sázavou, Podlesí, Petrkov, Vysoký Potok, Vrahoslavice nad Nisou, Louny, Nicov, Králíky, Harrachov-Nový Svět, Travná, Lázně Štramberk, Senohraby, Dolní Paseky (Kovařík, 1998; Burachovič, Wieser 2001). Vojnův Městec, pramen Judita, 3,45 kBq/l, (Marek, 2004)

6.2. **Zahraničí**

Nejznámější centra radonové léčby s lékařským dozorem jsou v Německu : Bad Brambach (Wettinquelle 22 kBq/l, pitná kůra), Bad Kreuznach, Bad Munster am Stein, Schlema, Sibyllenbad, Bad Steben
Rakousku: Bad Gastein, Bad Hofgastein, Bad Zell
Francii: Plombieres
Itálii: Ischia
Rusku: Pyatigorsk
Japonsku: Misasa (Becker, 2004)

6.2.1. Německo

Léčivé prameny Sibyllenbad jsou ve zdejším kraji zvláštností, kterou je třeba chránit. Kolem Sibyllenbadu nalezneme vyměřené ochranné pásmo. Jímací vrty jsou izolované od znečištěných povrchových vod. Je zaručena nejvyšší možná ochrana pramenů.
Prameny: Kateřinský pramen, Sibylin pramen – obsahuje také CO_2 U kombinovaných lázní z radonové vody a minerální vody s CO_2 se provádí koupele ve vodě s aktivitou radonu 800 +/- 380 Bq/l (Deetjen et al., 2005).
Oboje lázně využívají horkých zábalů a různých typů minerálních koupelí, i včetně koupelí radonových.
Radonovou koupel musí předepsat lékař a koncentrace radonu je specifická potřebě každého klienta. Radon je do koupele přidáván až zde. Jedním z důvodů je, že teplá koupel, výjimečně s přidaným CO_2, podmiňuje cirkulaci a obsah radonu v krvi. Koupele ve vanách vypadají tak, že venku je jen pacientova hlava, má to výhodu ve snižování ozáření a inhalaci rozpadových částí alfa záření. Typický průběh léčby se skládá z devíti radonových koupelí v 3-týdenní periodě (Erickson, 2004).
Lázně Bad Kreuznach neposkytují radonové koupele ; radon je aplikován jen podzemní inhalací, kde se aktivita radonu pohybuje kolem 50000 Bq/m^3. Radonový tunel je teplý a suchý, pacienti leží v pohodlných křeslech.

6.2.2. Rakousko

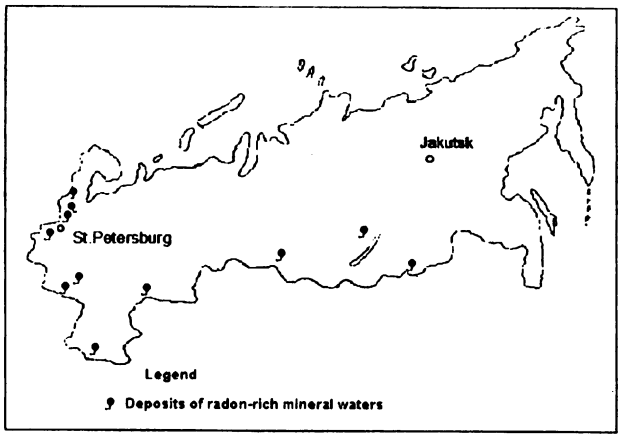
Jiný typ radonové terapie je používán v Rakousku v lázních Dunstbad, kde si odstrojení pacienti sednou na lavičku před velkou nádobou, jen s vystavenými hlavami. Teplá, radon obsahující pára je čerpána do nádoby, radon vstupuje do krevního oběhu ve stejném smyslu jako u koupelí. Ve všech těchto případech, teplota vody v koupeli nebo teplota páry způsobuje vzestup krve k povrchu pokožky a zlepšuje vstřebávání radonu (Erickson, 2004).

Bad Gastein: Termální voda je slabě mineralizována a obohacena radonem. Výzkum ukazuje, že srážková voda prosakuje v 1800m n.m., v hloubce 2000 m klesá, zahřívá se a opět v 1000 m n.m. vyvěrá z 16 rozdílných pramenů s vydatností 5 miliónů litrů za den.

Radonové termální koupele se provádí ve speciálních vanách s objemem termální vody 480 l , teplota koupele je 36-39°C, aktivita radonu je 662 Bq/l a trvá 15-22 minut (Deetjen at al., 2005).
Další možností aplikace radonu je inhalace s aktivitou 44 kBq/m^3 (Deetjen et al., 2005). Inhalační léčba se skládá z 10 pobytů ve štole s jedním volným dnem mezi aplikacemi, průběh léčby je individuální. Individuální dávkování je založeno na stavu pacientů a lékařském doporučení. Mnoho pacientů trpí typem artritidy, postihující páteř. Radonová léčba začíná na klinice, kde lékaři provádějí kompletní lékařské vyšetření každého pacienta. Účel tohoto rozsáhlého výzkumu je určit, jak silná je radonová terapie zapotřebí. Mimo to, doktoři si chtějí ověřit, že pacienti jsou schopni tolerovat extremně horké a vlhké podmínky ve štole, v úvaho je také brán krevní tlak a kardiovaskulární stav. (Erickson, 2004)

6.2.3.Radonem obohacené vody v Rusku
Podle Ruské klasifikace radonové minerální vody, musí být radonová aktivita více než 185 Bq/l. V Rusku je kolem 30 minerálních pramenů s vysokou aktivitou radonu.

Prameny	aktivita radonu	teplota
Pjatigorsk	600 – 1300 Bq/l	18-24°C
Belokurikcha	480 Bq/l	60°C
St. Petersburg	200 – 400 Bq/l	



Obr.9. Rozmístění radonem obohacených vod v Rusku.

Radonem obohacené vody v Rusku se dělí do dvou skupin podle jejich chemického složení. První skupina jsou povrchové vody, ve kterých balneologická komponenta pouze radon, mineralizace této skupiny je méně než 1 g/l.
Druhá skupina zahrnuje povrchové vody s více složkami, než jen s radonem, v chemické struktuře, většinou s vysokou koncentrací křemíku, železa a CO2.

Podle genetické klasifikace první skupina těchto vod souvisí s kyselými krystal. horninami s vysokým obsahem radioaktivních minerálů. Druhá genetická skupina je spojována se zónami styku vody s ložisky uranu. Třetí skupina souvisí se sedimentárními akumulacemi radioaktivních minerálů. (Voronov, 2003)

6.2.4.Polsko

Ladek Zdrój v jihozápadním Polsku, je místem kde vyvěrají termální vody, charakterizované jako léčivé. Obsahují kromě jiných charakteristických parametrů, relativně vysoké množství ^{222}Rn, který je rozpuštěn v těchto vodách v místě jejich vývěru na povrch. Zřetelná kolísání v jeho koncentracích s časem jsou charakterizovány nepravidelností a liší se pro jednotlivé prameny. V několika minulých desetiletích byl pozorován neměnný trend (Dabrówka), padající trend (Chrobry, Sklodowska-Curie) nebo vzrůstající trend (Jerzy a Wojciech). Existují sezonní variace v koncentraci ^{222}Rn těchto vod, kromě pramene Jerzy, kde byl pozorován 6 –měsíční cyklus v letech 1970- 71. Nicméně amplituda kolísání byla bezvýznamná v porovnání s tímto nepravidelným kolísáním. To znamená, že změny koncentrace ^{222}Rn v termálních povrchových vodách Ladek Zdrój možná způsobují atmosférické faktory, jako tlak, teplota, vlhkost a vytékání z přívodů. Teplota těchto pramenů je v rozmezí 18,7 – 44,7°C. Stáří těchto vod je odhadován na 9000 let. (Przylibski, 1999).

průměrná koncentrace 222Rn (Bq/l)

	min.	průměr	max.
Chrobry	65	122	178
Sklodowska-Curie	111	232	378
Dabrówka	41	139	189
Jerzy	878	1284	1780
L – 2	68	134	171
Wojciech	68	161	247

(Przylibski, 1999)

Další prameny :	aktivita radonu
Jedlina Zdroj	168 600 Bq/l
Szczawno Zdroj	215 700 – 9600 Bq/l
Dlugopole Zdroj	108 500 – 65 300 Bq/l
Przerzeczyn Zdroj	147 200 – 14 500 Bq/l

(Przylibski, 2005)

7. ZÁVĚR

Přes obecně rozšířený strach ze záření není ve světové literatuře jediný doklad o úmrtí pacienta v přímé souvislosti s terapií alfa zářením. Lze však dokladovat přímou souvislost úmrtí pacientů s léčbou antirevmatiky. Tato úmrtí jsou vykazována a ve velkých západoevropských zemích se jedná každoročně až o několik tisíc pacientů.

Použití radonem obohacených vod má jistě budoucnost vzhledem k jejich širokému rozšíření a terapeutickému účinku. Nové možnosti, které mohou být objeveny studiem pramenů radonových vod a léčivých vřídel, jsou v dotčené krajině kulturní a historickou hodnotou. Zbývají jen otázky původu a použití těchto vod, které musí být dále zkoumány.

Literatura:

Becker K. (2004) : One century of radon therapy. *Int. J. Low Radiation 1*, 3, p 334-357.

Burachovič St., Wieser St. (2001): Encyklopedie lázní a léčivých pramenů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Nakladelství Libri. 456s.

Deetjen P.,Falkenbach A., Harder D., Jockel H., Kaul A., von Philipsborn H. (2005) : Radon als Heilmittel: Terapeutische Wirksamkeit, biologischer Wirkungsmechanismus und vergleichende Risikobewertung. RADIZ Radon-Dokumentations-und Informationszentrum Schlema e.V. (Hrsg.). Kovač Verlag, Hamburg. 111s.

Erickson B.E. (2004) : Radiation and Health: An Overview of Radon Therapy in the U.S. and Europe. Prezentováno na Pacific Basin Nuclear Conference, březen 2004.

Hynie O. (1963) : Hydrogeologie ČSSR II. Minerální vody. Nakladatelství ČSAV, Praha 797s.

Kovařík P.(1998) : Studánky a prameny Čech, Moravy a Slezska. Nakladatelství Lidové noviny, 261s.

Laboutka M., Pačes T. (1966): Hydrogeologie a geochemie vod jáchymovské oblasti. *Sborn. geol. věd, HIG, 4*. 59-112.

Mache H., Meyer St. (1905): Über die Radioaktivität der Quellen der böhmischen Bädergruppe: Karsbad, Marienbad, Teplitz-Schönau-Dux, Franzensbad sowie von St. Joachimsthal. Aus den Sitzungsbereichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse. 114. Abt. II.a. Wien. 355-385.

Marek J. (2004): Studánka ukrývala tajemství stovky let. Noviny Žďárska Vysočina, str. 3

Nerandžič Z. (2006): Kde radiace pomáhá. Rytmus Života 6 : 42

Przylibski T.A. (2000): Radon-222 concentration changes in medicinal groundwaters of Ladek Zdrój (Sudety Mountains, SW Poland). *Journal of Environ. Radioactivity 48*: 327-347

Przylibski T.A. (2005): Radon. Skladnik swoisty wód leczniczych sudetów, Oficyna Wydawnicza politechniki wroclawskiej, 326s.

Šimek J. (2001): Jáchymovské radonové koupele. *Lékařské listy*, příloha Zdravotnických novin č.42.

Voronov A.N. (2003) : Radon-rich waters in Russia. *Environmental Geology 46*: 630-634.

Wolkersdorfer Ch. (1995) : Hydrogeochemische Verhaltnise im Flutunswasser eines Uranbergwerks – Die Lagerstatte Niederschlema/Alberoda. Dissertation thesis. Technischen Universitat Clausthal, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultat. 222s.