



## **Středoškolská technika 2016**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **Souvislost výskytu radonu v prostředí s různým geologickým podložím v oblasti Blovice a Nepomucka**

**Jakub Sochor**

Gymnázium Blovice

Družstevní 650, 33613 Blovice

## **Poděkování**

Děkuji Mgr. Haně Chytré, Bc. Kateřině Chytré, prof. Marii Bílkové a RNDr. Josefu Tykalovi za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytovali.

## **ANOTACE**

Předkládaná práce se zabývá problematikou koncentrace radonu v atmosféře budov a obecně radonového indexu pozemků v zájmovém území Blovicka a Nepomucka a snaží se najít souvislost kvantity přítomného radonu s geologickým podložím zkoumané oblasti. Přestože jsou obě lokality vzdálené od sebe pouze několik kilometrů, jejich geologická charakteristika je diametrálně odlišná a to mimo jiné souvisí také s možností geneze radonu a jeho přestupem do životního prostředí.

**Klíčová slova:** radon, geologie, Blovicko, Nepomucko, těžba uranu

## **ANNOTATION**

The submitted work deals with issues of radon concentration in the atmosphere of buildings and in general with radon index of lands in the area around the town Blovice and Nepomuk (district Pilsen-south). This work tries to find the context of radon quantity with geology subsoil of the investigated area. Notwithstanding both areas are divided by only few kilometres, their geology characteristic is diametrically different. That being related to genesis of radon and its transition to environment.

**Keywords:** radon; geology; Blovice neighbourhood; Nepomuk neighbourhood; uranium mining

## Seznam zkratk

č. – číslo

čp. – číslo popisné

ČR – Česká republika

ČSÚ – Český statistický úřad

JD – Jáchymovské doly, národní podnik

JEZ – jaderná energetická zařízení

k. ú. - katastrální území

m n. m. – metr nad mořem

MNV – místní národní výbor

n. p. – národní podnik

OAR – objemová aktivita radonu

ONV – okresní národní výbor

pozn. – poznámka

ref. – referát

Sb. – sbírka zákonů

SI – Le Système International d'Unités

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRO – Státní ústav radiační ochrany

UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

WHO – Světová zdravotnická organizace

## Obsah

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Úvod .....   | 6  |
| 1.1   | Dávky radioaktivity .....  | 7  |
| 1.2   | Přírodní zdroje ozáření .....  | 7  |
| 1.3   | Základní veličiny a jednotky v oblasti radiace .....                                       | 8  |
| 1.3.1 | Aktivita .....   | 8  |
| 1.3.2 | Dávka .....  | 9  |
| 1.4   | Kvantita přírodního ozáření .....  | 11 |
| 1.5   | Přeměnové řady .....   | 11 |
| 1.6   | Minerály obsahující uran .....   | 14 |
| 1.7   | Geologický původ ložisek uranových rud .....   | 15 |
| 1.8   | Problematika radonu .....  | 17 |
| 1.8.1 | Radon .....  | 17 |
| 1.8.2 | Geneze radonu v přírodním prostředí .....  | 18 |
| 1.8.3 | Horniny produkující radon .....  | 20 |
| 1.8.4 | Migrace radonu z podloží .....   | 21 |
| 1.8.5 | Zdroje radonu v životním prostředí .....   | 23 |
| 1.8.6 | Vliv radonu na lidský organismus .....   | 24 |
| 1.8.7 | Legislativní rámec radonové problematiky (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016) ..... | 25 |
| 1.9   | Měření radonového indexu .....   | 26 |
| 2     | Výsledky a diskuze .....   | 29 |
| 2.1   | Mapování výskytu radonu v zájmových oblastech .....  | 30 |
| 2.1.1 | Výskyt radonu na Blovicku .....  | 30 |
| 2.1.2 | Výskyt radonu na Nepomucku .....   | 32 |
| 2.2   | Geomorfologické zařazení zájmového území .....   | 35 |
| 2.3   | Geologie – Blovicko .....  | 35 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.3.1 | Geologické profily vybraných vrtů na Blovicku .....  | 38 |
| 2.4   | Geologie – Nepomucko.....                            | 39 |
| 2.4.1 | Geologické profily vybraných vrtů na Nepomucku ..... | 41 |
| 2.5   | Ložiska uranu v okrese Plzeň-jih .....               | 42 |
| 2.5.1 | Průzkum radioaktivních ložisek na vrchu Hůrka.....   | 43 |
| 2.5.2 | Těžba uranu na k. ú. Novotníky a Prádlo .....        | 44 |
| 3     | Zhodnocení výsledků a závěr .....                    | 46 |
| 4     | Seznam použité literatury .....                      | 48 |
| 4.1   | Seznam obrázků .....                                 | 52 |
| 4.2   | Seznam tabulek .....                                 | 53 |
| 4.3   | Seznam příloh.....                                   | 54 |
| 5     | Přílohy .....  | 54 |
| 5.1   | Geologické profily vrtů .....                        | 54 |
| 5.2   | Fotografie lokalit Hůrka a Borek .....               | 61 |
| 5.3   | Informace z kronik .....                             | 64 |
| 5.4   | Informace od pamětníků .....                         | 65 |

# 1 Úvod

V současné době se v oblasti radioaktivní zátěže lidé obávají především jejích umělých zdrojů, hlavně jaderných zařízení. Neuvědomují si ale, že hlavní zátěž jejich organismu v tomto směru způsobují zdroje přírodního ozáření.

Paradoxně se hlavnímu zdroji ozáření – přítomnosti radonu v životním prostředí - v naší zemi začala věnovat pozornost až na přelomu 70. – 80. let minulého století. V některých rodinných domech v České republice byly nalezeny dokonce tak vysoké úrovně radonu pronikajícího z geologického podloží, že jeho koncentrace převyšují více než 10x mezní hodnoty koncentrací radonu v uranových dolech a odpovídající roční dávky ozáření obyvatelů těchto domů jsou na úrovni více než stonásobku průměrné dávky (Státní ústav radiační ochrany, 2016).

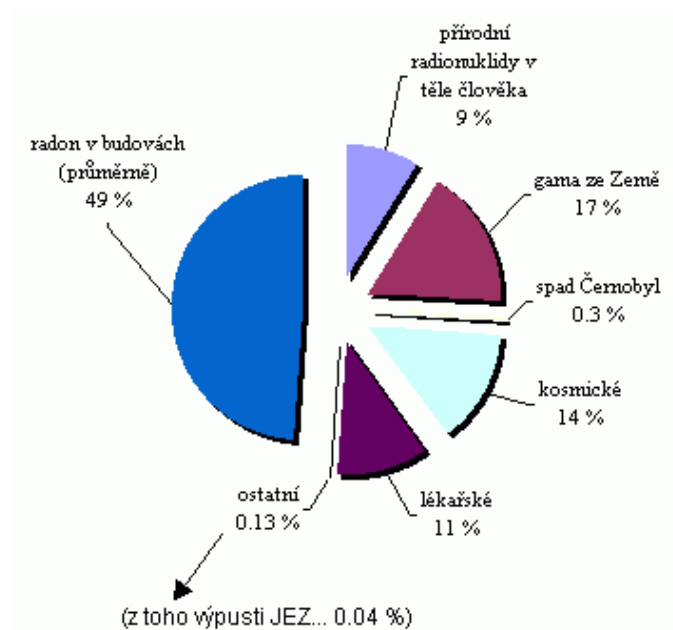
V současné době jsou již k dispozici dostatečné možnosti monitoringu kvalitativní i kvantitativní radiologické zátěže obyvatelstva prostřednictvím životního prostředí a existuje společenská snaha o regulaci těch složek, které jsou lidskou snahou ovlivnitelné. To je právě dotace organismu radonem, a to jak prostřednictvím atmosféry v uzavřených prostorech budov, tak i dotace vodou.

Vedle snahy o snížení obsahu radonu ve stávajících objektech je kladen velký důraz na prevenci radonového rizika u nových staveb. Při dostatečné znalosti zákonitostí geneze radonu a jeho transportu z podloží do životního prostředí člověka je možné odhadovat pravděpodobnost této zátěže pro určitou lokalitu a tím již od samého stavebního záměru s rizikem počítat a jemu předcházet vhodnými opatřeními, která jsou jednodušší i ekonomicky méně náročná, pokud se provádí již během stavby než následně po jejím dokončení. Z toho vyplývá, že pro snížení následků dopadu výskytu radonu na lidský organismus je vždy vhodné provést dostatečnou předprojektovou přípravu.

Předkládaná práce si klade za cíl posoudit souvislost přítomnosti radonu v atmosféře budov v zájmových lokalitách se složením geologického podloží na daných místech a také najít další fakta dokládající zdroje radioaktivity v těchto oblastech. Informace budou konfrontovány s daty v mapách radonového rizika.

## 1.1 Dávky radioaktivity

Zatímco z celkové dávky záření pro obyvatelstvo asi 11% pochází z lékařských metod, 0,03% ze spadu z Černobylu a 0,04 % z výpustí jaderných elektráren, přírodní zdroje přinášejí všechna ostatní penza celkové dávky, a představují tak naprostou většinu dotace organismu zářením. Jedná se o 9% záření pocházejících z radionuklidů uložených v těle člověka, 14% je původem z kosmického záření, 17% činí gama záření z nitra Země a celých 49% záření (v průměru) generuje rozpad radonu v budovách (Státní ústav radiační ochrany, 2016).



Obrázek 1 - Rozdělení dávek radioaktivity obyvatelstvu (Státní ústav radiační ochrany, 2016)

## 1.2 Přírodní zdroje ozáření

Existují dva základní typy zdrojů přírodního ozáření. Jedná se o kosmické záření a přírodní radionuklidy.

Kosmické záření se podílí na celkovém ozáření organismu asi 14%. Kosmické záření dopadající na povrch Země se skládá ze dvou složek, z galaktického kosmického záření a slunečního kosmického záření. Část částic přicházejících na Zemi z kosmu je zachycena magnetickým polem Země v tzv. van Allenových pásech. Galaktické kosmické záření má původ v oblastech mimo sluneční soustavu. Skládá se z protonů, alfa částic, elektronů a těžkých jader. Sluneční složka kosmického záření pochází hlavně ze slunečních erupcí.

Skládá se převážně z protonů, alfa částic a některých lehkých iontů. Kvalitativní i kvantitativní expozice člověka kosmickým zářením závisí na jeho nadmořské výšce a poloze na Zemi a je externího charakteru (Státní ústav radiační ochrany, 2016) (Čechák et al., 2013).

Jadernými reakcemi kosmického záření s některými prvky ve vzduchu, půdě a vodě dochází ke vzniku kosmogenních radionuklidů. K typickým představitelům těchto radionuklidů patří uhlík  $^{14}\text{C}$ , tritium  $^3\text{H}$ , beryllium  $^7\text{Be}$  a sodík  $^{22}\text{Na}$ .

Druhým typem zdroje přírodního ozáření jsou přírodní radionuklidy. Dělí se na dva druhy podle způsobu, kterým vznikly. Radionuklidy, které jsou obsažené v zemské kůře od počátku její existence, nazýváme terestrální či primordiální. Díky dlouhému poločasu rozpadu většímu než  $10^8$  let se dosud vyskytují na Zemi ve významném množství (izotopy uranu  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ , thorium  $^{232}\text{Th}$ , draslík  $^{40}\text{K}$ ,...). Řada dalších původně přítomných radionuklidů kvůli kratšímu poločasu rozpadu již zanikla nebo jsou prakticky nedetekovatelné (Skalická-Freitinger et al., 2016).

Druhou skupinou jsou radionuklidy vznikající sekundárně z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady.

### 1.3 Základní veličiny a jednotky v oblasti radiace

Pro možnost kvantifikace ozáření a porovnávání jeho jednotlivých příspěvků je potřeba definovat a popsat užívané veličiny a jednotky.

#### 1.3.1 Aktivita

Aktivita  $A$  je počet radioaktivních přeměn v látce vztažený na jednotku času.

$$A = \frac{dN}{dt},$$

kde  $dN$  je střední počet samovolných jaderných přeměn, k nimž dojde za dobu  $dt$ .

Jednotkou aktivity je 1 Bq. Aktivitu lze vyjádřit pomocí tzv. přeměnové konstanty

$$A = \lambda N,$$

kde  $N$  je počet částic v radioaktivním materiálu.  $\lambda$  vyjadřuje jakousi pravděpodobnost, že dojde k přeměně. Jednotkou  $\lambda$  je reciproký čas (1/s).



Bq je odvozenou jednotkou SI, Becquerel je definován jako počet rozpadlých atomových jader za sekundu.

$$1 \text{ Bq} = \text{s}^{-1}$$

Pojmenována je podle francouzského fyzika a nositele Nobelovy ceny za fyziku (1903) Henriho Becquerela (1852-1908), který se velmi významně podílel na výzkumu radioaktivity, objevil přirozenou radioaktivitu, a stál tedy na začátku celého nového odvětví výzkumu.

Starší jednotkou, se kterou se ještě v některých zdrojích lze setkat, je curie – pojmenována podle manželů Pierra a Marie Curieových. Převodní vztah je  $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$ .

Vztáhneme-li aktivitu na jednotkovou hmotnost zářiče, dostaneme hmotnostní aktivitu (Bq/kg). U plošných zdrojů se uvádí plošná aktivita, tj. aktivita vztažená na plochu (Bq/m<sup>2</sup>) Obdobně u objemových zdrojů (kapaliny, plyny, aerosoly) se používá objemová aktivita, jejíž jednotkou je Bq/m<sup>3</sup> nebo Bq/l (Bureau International des Poids et Mesures, 2016) (Čechák et al., 2013).

### 1.3.2 Dávka

Dávka D je definovaná jako podíl střední sdělené energie  $d\varepsilon$  a hmotnosti objemového elementu  $dm$  v bodě, kterému byla energie předána.

$$D = d\varepsilon/dm$$

Jednotkou dávky je 1 joule/kg = 1 gray (Gy). Absorbovaná dávka se používá pro popis deterministických účinků (tj. např. poškození kůže, katarakta, nemoc z ozáření, poškození plodu in utero).

Z absorbované dávky vychází veličiny pro popis stochastických účinků (tj. zhoubné nádory, genetické změny).

Ekvivalentní dávka  $H_T$

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

$D_{T,R}$  je střední absorbovaná dávka ve tkáni.

Vynásobíme-li dávku v tkáni nebo orgánu T způsobenou zářením typu R dvěma koeficienty, radiačním váhovým faktorem  $w_R$  a tkáňovým váhovým faktorem  $w_T$ , dostaneme efektivní dávku E v příslušném orgánu T způsobenou zářením R. Koeficient  $w_R$ , tzv. radiační váhový faktor, vyjadřuje skutečnost, že různé typy záření mají odlišnou biologickou účinnost. Hodnota  $w_R$  (fotony, elektrony) = 1,  $w_R$  ( $\alpha$ ) = 20.

Koeficient  $w_T$ , tzv. tkáňový váhový faktor, zohledňuje citlivost jednotlivých orgánů lidského těla vůči záření z hlediska vzniku zhoubných nádorů či genetických změn. Pokud se provede sumace přes všechny ozářené orgány a tkáně a přes všechny druhy záření, které se v příslušném poli záření vyskytují, za období jednoho roku, výsledkem je veličina roční efektivní dávka v Sv/rok (Bureau International des Poids et Mesures, 2016) (Čechák et al., 2013).

Efektivní dávka E

$$E = \sum_T w_T H_T$$

- pro hodnocení účinků záření na celé tělo.

Jednotkou obou těchto veličin je Sv. Vždy je třeba specifikovat, o kterou veličinu se jedná - ekvivalentní dávku či efektivní dávku. Ekvivalentní dávka a efektivní dávka jsou veličiny používané v radiační ochraně a jsou v nich stanoveny limity ozáření pro radiační pracovníky a obyvatelstvo. Limity se nevztahují na lékařské a přírodní ozáření.

Rozměrově platí Sv = Gy.

Sievert je odvozenou jednotku SI, která vyjadřuje dávku ionizujícího záření a dávkového ekvivalentu. Tato jednotka se používá hlavně při popisu účinků záření na organismy.

$$1 Sv = J \cdot kg^{-1} = m^2 \cdot s^{-2} = 1 Gy$$

Pojmenována je podle Rolfa Maxmiliána Sieverta (1896-1966), který byl průkopníkem v oblasti ochrany před radioaktivním zářením (Bureau International des Poids et Mesures, 2016) (Čechák et al., 2013) (Skalická-Freitinger et al., 2016).

## 1.4 Kvantita přírodního ozáření

Z hlediska ozáření člověka jsou významné jen některé přírodní radionuklidy.

Externí gama ozáření člověka způsobuje především přítomnost  $^{226}\text{Ra}$  (resp. uranu),  $^{232}\text{Th}$  a  $^{40}\text{K}$  v horninách a půdách povrchové vrstvy Země (jde o vrstvu několik desítek centimetrů pod povrchem) (Skalická-Freitinger et al., 2016). Z hlediska vnitřního ozáření je zcela dominantní radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) a jeho izotop thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) a příslušné produkty přeměny izotopů (viz. tabulka 1). Ingeací je rozuměno pohlcení, inhalací vdechnutí.

| Radio-nuklid      | Roční příjem (Bq) |          | Roční efektivní dávka ( $\mu\text{Sv}$ ) |          |
|-------------------|-------------------|----------|--|----------|
|                   | Ingece            | Inhalace | Ingece                                   | Inhalace |
| $^{238}\text{U}$  | 5,7               | 0,007    | 0,22                                     | 0,056    |
| $^{234}\text{U}$  | 5,7               | 0,007    | 0,24                                     | 0,066    |
| $^{230}\text{Th}$ | 3                 | 0,0036   | 0,53                                     | 0,05     |
| $^{226}\text{Ra}$ | 22                | 0,0036   | 5,3                                      | 0,013    |
| $^{210}\text{Pb}$ | 36                | 3,6      | 22                                       | 4        |
| $^{210}\text{Po}$ | 63                | 0,36     | 66                                       | 1,2      |
| $^{232}\text{Th}$ | 1,7               | 0,007    | 0,3                                      | 0,18     |
| $^{228}\text{Ra}$ | 15                | 0,007    | 9  | 0,019    |
| $^{228}\text{Th}$ | 3                 | 0,007    | 0,09                                     | 0,28     |
| $^{235}\text{U}$  | 0,2               | 0,0004   | 0,009                                    | 0,003    |

Tabulka 1 - Průměrný roční příjem přírodních radionuklidů ingeací a inhalací (Skalická-Freitinger et al., 2016)

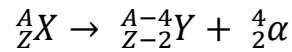
## 1.5 Přeměnové řady

Vlastností všech radionuklidů s vysokým hmotnostním číslem je to, že se samovolně dále přeměňují a vytvářejí další produkty přeměny. Pro tyto jevy se používá termín přeměnové (rozpadové) řady (decay series, decay chain). Každá řada má svůj počáteční (mateřský) člen, který má nejdelší poločas přeměny a umožňuje, aby se po uplynutí dostatečně dlouhé doby ustavil stav sekulární (dlouhotrvající) radioaktivní rovnováhy. Každý následující člen řady vzniká radioaktivní přeměnou  $\alpha$  nebo  $\beta$  z předcházejícího radionuklidu. Většina těchto přeměn je doprovázena emisí záření  $\gamma$ . Na konci přeměnové řady je atom prvku se stabilním jádrem (Čechák et al., 2013).

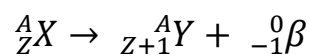
Ze čtyř možných přeměnových řad - uran-radiové (vychází od  $^{238}\text{U}$ ), thoriové (od  $^{232}\text{Th}$ ), aktiniové (od  $^{235}\text{U}$ ) a neptuniové (od  $^{237}\text{Np}$ ) se v přírodě setkáme pouze s prvními třemi.

V neptuniové řadě jsou výhradně umělé radionuklidy a tato řada neobsahuje žádný izotop radonu (Čechák et al., 2013).

V rámci radioaktivního rozpadu se v případě přeměny  $\alpha$  hmotnostní číslo radionuklidu zmenší o 4:

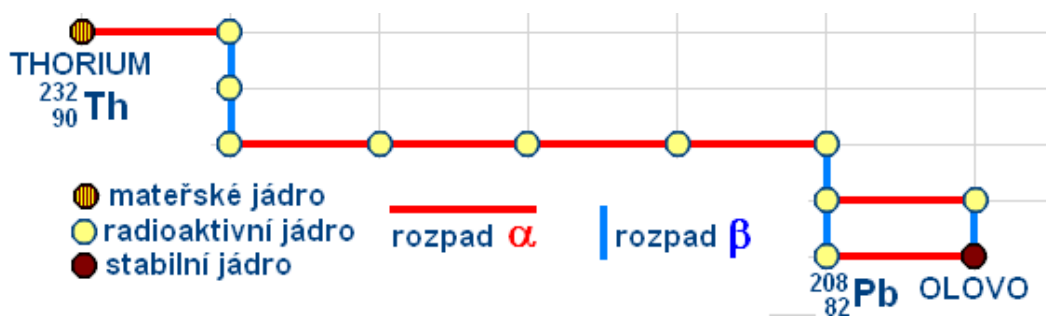


nebo se nezmění (v případě přeměny  $\beta^-$  nebo přeměny  $\beta^+$ ).



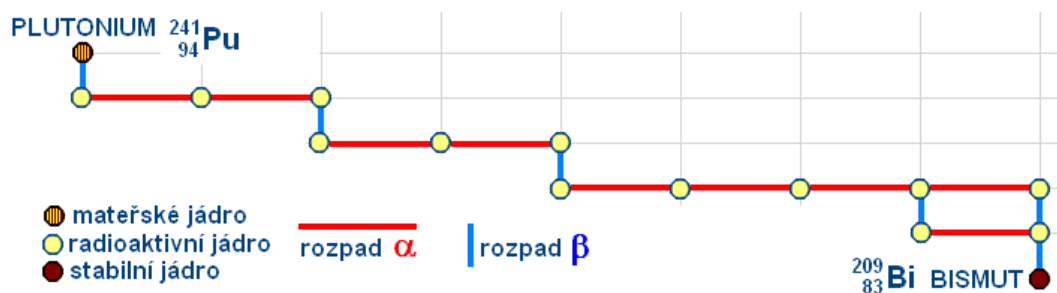
Vlastností přeměnových řad je to, že pro hmotnostní čísla všech členů určité přeměnové řady platí, že po vydělení hmotnostního čísla každého členu přeměnové řady čtyřmi je celočíselný zbytek roven buď (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016):

- nule (hmotnostní čísla mají tvar  $4n$ ) – thoriiová řada,



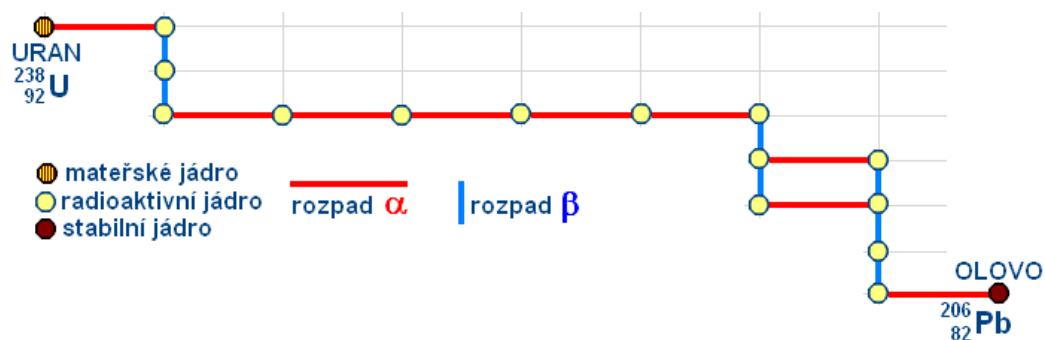
Obrázek 2 - Thoriiová přeměnová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016)

- jedničky (hmotnostní čísla mají tvar  $4n + 1$ ) – neptuniová řada,



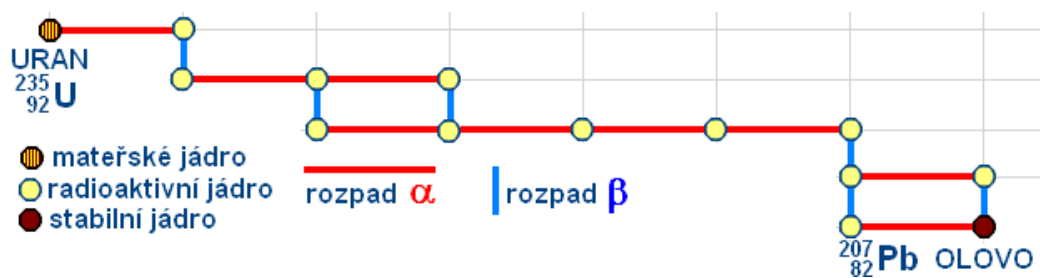
Obrázek 3 - Neptuniová přeměnová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016)

- dvojice (hmotnostní čísla mají tvar  $4n + 2$ ) – uran - radiová řada,



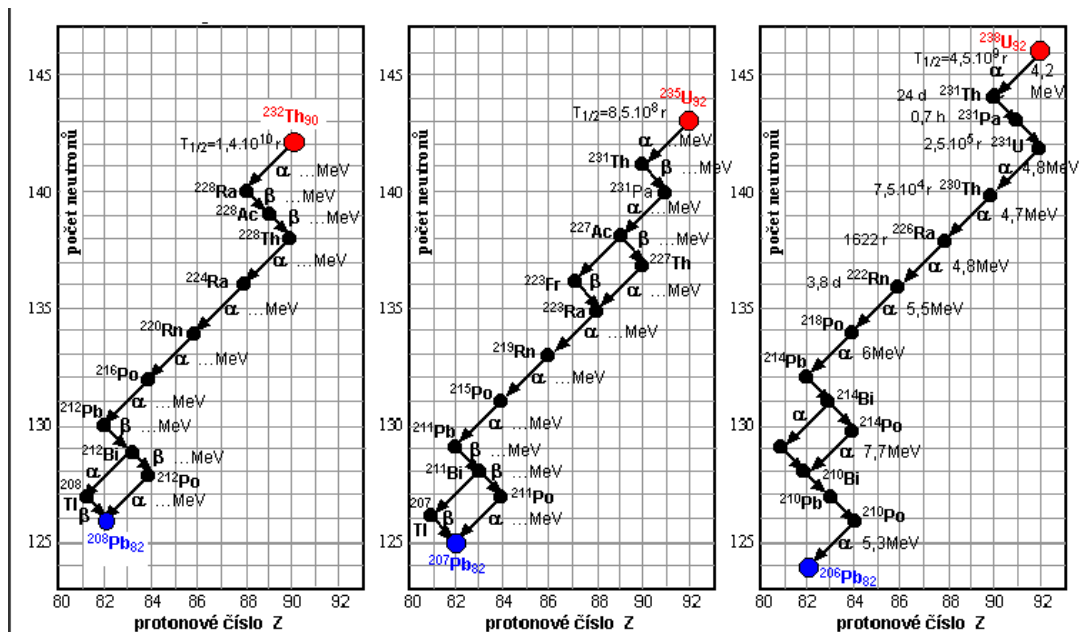
Obrázek 4 - Radiová rozpadová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016)

- trojce (hmotnostní čísla mají tvar  $4n + 3$ ) – uran - aktiniová řada.



Obrázek 5 - Aktiniová přeměnová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016)

Celkovou posloupnost v přírodě se vyskytujících přeměnových řad (thoriová, aktiniová, uran-radiová) znázorňuje následující obrázek:



Obrázek 6 - Celková posloupnost v přírodě se vyskytujících přeměnových řad (Skalická-Freitinger et al., 2016)

Podle výše uvedeného je zřejmé, že radon a jeho izotopy jsou členy všech tří v přírodě se vyskytujících přeměnových řad. Prioritně vzniká v podmínkách České republiky radon prostřednictvím uran - radiové rozpadové řady, hlavním zdrojem radonu  $^{222}\text{Rn}$  je uran  $^{238}\text{U}$ , který je obsažen v horninách (Tegel, 2010).

## 1.6 Minerály obsahující uran

Průmyslově nejvýznamnějším minerálem uranu je uraninit  $\text{UO}_2$ . Pro málo soudržné polvaky, žilky nebo i práškovité agregáty uraninitu se používá označení „uranová čern“. K dalším významným minerálům uranu patří coffinit  $(\text{U}, \text{Th})[\text{SiO}_4]_{1-x}(\text{OH})_{4x}$ , brannerit  $(\text{U}, \text{Ca}, \text{Y}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6$ , davidit-(La), tj. lanthanový davidit  $(\text{La}, \text{Ce})(\text{Y}, \text{U}, \text{Fe}^{2+})(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})_{20}(\text{O}, \text{OH})_{38}$ , uranofan  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , carnotit  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , autunit  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$  a torbernit  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{-}12\text{H}_2\text{O}$  (Jirásek et al., 2010) (Daněk, 1935).

Obsah uranu v těchto minerálech kolísá v jednotkách až desítkách procent, díky obsahu jalových příměsí však průmyslově těžené rudy obsahují obvykle jen 0,02 - 3 % U (Jirásek et al., 2008).

Průmyslové typy ložisek uranu jsou uranonosné pískovce, Au-U konglomeráty a plutonická ložiska, jejichž charakteristika je uvedena dále (Zimák, 2016).

Do skupiny uranonosných pískovců patří morfologicky i geneticky rozmanité akumulace U-minerálů v klastických říčních, jezerních, deltových a mořských sedimentech. Uran je zde přítomen v podobě uraninitu a coffinitu; značná část uranu bývá vázána na oxidy a oxy-hydroxidy Ti, fosfáty, vanadáty a organickou hmotu. Jako vedlejší produkt se z těchto rud často získává V, Cu, Mo, Se a Ag. Na území ČR jsou velká ložiska v severní části české křídové pánve (např. Hamr).

V uranových ložiskách typu Au-U konglomerátů jsou uraninit a další U-minerály součástí tmelu konglomerátů (společně se zlatem, pyritem, monazitem, xenotimem a dalšími minerály).

V rámci skupiny plutonických ložisek U-rud se vyčleňuje značný počet formací, z nichž tři nejvýznamnější jsou pětiprvková formace (U-Ag-Bi-Co-Ni, resp. U-Ag-As-Bi-Co-Ni), U-sulfidická formace a U-karbonátová formace.

Ložiska pětiprvkové formace jsou žilného typu. Žilovina je tvořena křemenem, karbonáty (kalcit, dolomit), příp. barytem a fluoritem. Uran je vázán v podobě uraninitu. Na ložiskách je přítomna pestrá asociace arzenidů a sulfoarzenidů Co, Ni a Fe, společně s minerály Bi a Ag (mnohá z ložisek byla v minulosti významným zdrojem stříbra). Na území ČR je reprezentantem pětiprvkové formace ložisko Jáchymov v Krušných horách a Horní Slavkov ve Slavkovském lese.

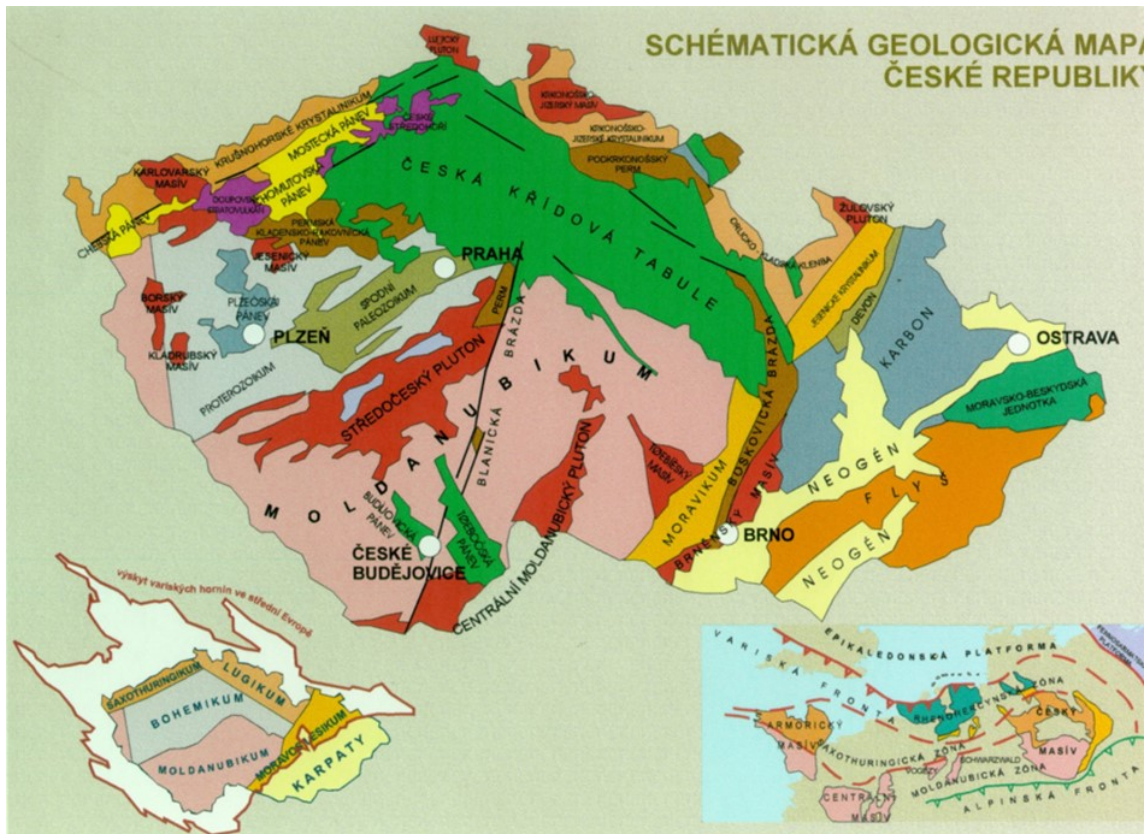
Ložiska U-sulfidické formace mají charakter žil s křemen-karbonátovou hlušinou, na nichž je uran přítomen v podobě uraninitu nebo i coffinitu. Hojně jsou zastoupeny sulfidické minerály (pyrit, galenit, sfalerit, chalkopyrit, příp. i minerály Bi, Ag a As). K této formaci patří i příbramské uranové ložisko.

Na ložiskách U-karbonátové formace je zrudnění tvořeno uraninitem, jenž je často provázen coffinitem, příp. branneritem. Hlušínové minerály jsou zastoupeny karbonáty, k nimž ve variabilním množství přistupuje křemen. V ČR k této formaci náleží např. ložisko Rožná u Bystřice nad Pernštejnem.

## **1.7 Geologický původ ložisek uranových rud**

Geologická stavba České republiky je tvořena dvěma platformními jednotkami, a to Českým masivem a Západními Karpaty. Český masiv vznikl před 660 - 550 miliony let.

Západní Karpaty jsou mladšího původu, vznikaly před 65 - 30 miliony let. Český masiv má blokovou stavbu a je ovlivněn mnoha zlomy. Západní Karpaty jsou většinou tvořeny sedimenty (Ústav geotechniky VÚT v Brně, 2016).



Obrázek 7 - Schematická geologická mapa ČR (Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky, 2016)

V Českém masivu lze odlišit dvě hlavní etapy vzniku uranových rud - pozdněvariskou a alpskou (Ministerstvo životního prostředí, 2000).

Ložiska uranových rud je možno rozdělit do šesti morfo-genetických typů (Ministerstvo životního prostředí, 2000):

- grafitizované drcené zóny se zrudněním vtrošeninového typu v horninách krystalinika (Rožná, Zadní Chodov),
- žíly a žilné systémy - hydrotermální ložiska, geneticky spjatá s variskými granitoidy (Jáchymov, Slavkov, Příbram),
- metasomatické zrudnění v chloritizovaných granitoidech borského masivu (Vítkov II, Lhota) a stře-dočeského plutonu (Nahošín),
- stratiformní zrudnění v mladším paleozoiku - v uhelných slojích vnitrosudetské a kladensko-rakovnické pánve,



- zrudnění v křídových sedimentech - rudní tělesa, vázaná na cenomanské sedimenty lužického vývoje české křídové pánve,
- stratiformní zrudnění v terciérních pánvích - drobná ložiska bohatých rud v sedimentech obohacených organickým materiálem v širším okolí Karlových Varů.

## 1.8 Problematika radonu

### 1.8.1 Radon

Radon, chemická značka Rn, lat. Radonum ( $Z = 86$ ) je nejtěžší chemický prvek v XIII. skupině periodické soustavy prvků, je radioaktivní a nemá žádný stabilní izotop. Má valenční sféru zcela zaplněnou elektrony a řadí se do skupiny vzácných plynů jako jejich nejtěžší homolog (Přispěvatelé Wikipedie, 2016).

Byl objeven roku 1900 Friedrichem Ernestem Dornem při zkoumání radioaktivního rozpadu radia a byl pojmenován jako radiová emanace. William Ramsay charakterizoval radiovou emanaci jejím spektrem roku 1910, určil její hustotu a z ní i atomovou hmotnost a navrhl pro ni název „svítící“, – niton Nt. Později se jméno prvku ještě několikrát změnilo, až byl nakonec přijat návrh na jméno radon a toto označení se používá od roku 1923. Jeho radioaktivita byla potvrzena v roce 1926 manželi Curieovými (Tölgqessy, 1981) (Heslop et al., 1982).

Radon  $^{222}\text{Rn}$  je členem uran - radiové přeměnové řady, kde vzniká alfa přeměnou z  $^{226}\text{Ra}$  a dále přechází rovněž alfa přeměnou s poločasem přeměny 3,825d na  $^{218}\text{Po}$  (Tölgqessy, 1981). Podobně se v aktiniové a thoriové přeměnové řadě tvoří z  $^{223}\text{Ra}$  aktinon  $^{219}\text{Rn}$  s poločasem přeměny 4,0s a z  $^{224}\text{Ra}$  thoron  $^{220}\text{Rn}$  s poločasem přeměny 55,3s. Uměle bylo připraveno dalších více než 20 izotopů radonu, jejichž hmotnostní čísla leží v intervalu od 201 do 224 (Skalická-Freitinger et al., 2016).

Uran - radiová rozpadová řada a vzniklé dceřiné produkty s jejich poločasy rozpadu (Tegel, 2010):

| Izotop            | Poločas                    | Přeměny   | Izotop            | Poločas                        | Přeměny                     |
|-------------------|----------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $^{238}\text{U}$  | 4,468.10 <sup>9</sup> roku | $\alpha$  | $^{214}\text{Pb}$ | 26,8 minuty                    | $\beta^-$                   |
| $^{234}\text{Th}$ | 24,1 dne                   | $\beta^-$ | $^{214}\text{Bi}$ | 19,9 minuty                    | $\beta^-$ ( $\alpha$ 0,02%) |
| $^{234}\text{Pa}$ | 1,17 minuty                | $\beta^-$ | $^{214}\text{Po}$ | 164,3.10 <sup>-6</sup> sekundy | $\alpha$                    |
| $^{234}\text{U}$  | 2,455.10 <sup>5</sup> roku | $\alpha$  | $^{210}\text{Tl}$ | 1,30 minuty                    | $\beta^-$                   |
| $^{230}\text{Th}$ | 7,538.10 <sup>4</sup> roku | $\alpha$  | $^{210}\text{Pb}$ | 22,2 roku                      | $\beta^-$                   |
| $^{226}\text{Ra}$ | 1600 let                   | $\alpha$  | $^{210}\text{Bi}$ | 5,012 dne                      | $\beta^-$                   |

|                   |             |          |                   |                |          |
|-------------------|-------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| $^{222}\text{Rn}$ | 3,825 dne   | $\alpha$ | $^{210}\text{Po}$ | 138,376 dne    | $\alpha$ |
| $^{218}\text{Po}$ | 3,10 minuty | $\alpha$ | $^{206}\text{Pb}$ | stabilní prvek |          |

**Tabulka 2 – Uran - radiová rozpadová řada a dceřiné produkty rozpadu uranu (Tegel, 2010)**

Celkem je známo 39 izotopů radonu, všechny jsou nestabilní a všechny mají krátké poločasy přeměny. Většina z nich je zdrojem záření  $\alpha$ . Ze všech známých izotopů radonu se v přírodě vyskytují pouze čtyři, ostatní izotopy radonu jsou umělé a v přírodě se nevyskytují. Všechny tyto čtyři izotopy radonu jsou stoprocentními zářiči  $\alpha$ , izotop  $^{222}\text{Rn}$  vyzařuje  $\alpha$  částice, které mají dolet ve vzduchu při atmosférickém tlaku přibližně 4 cm (Čechák et al., 2013).

| Izotop radonu     | Název          | Zdrojový radionuklid | Poločas přeměny | Energie částic MeV |
|-------------------|----------------|----------------------|-----------------|--------------------|
| $^{218}\text{Rn}$ |                | $^{218}\text{At}$    | 35 ms           | 7,293              |
| $^{219}\text{Rn}$ | <i>Actinon</i> | $^{223}\text{Ra}$    | 3,96 s          | 6,946              |
| $^{220}\text{Rn}$ | <i>Thoron</i>  | $^{224}\text{Ra}$    | 55,6 s          | 6,404              |
| $^{222}\text{Rn}$ | <i>Radon</i>   | $^{226}\text{Ra}$    | 3,825 d         | 5,590              |

**Tabulka 3 - Přehled izotopů radonu vyskytujících se v přírodě (dle (Heslop et al., 1982))**

Izotop radonu  $^{218}\text{Rn}$  se nachází ve velmi slabě zastoupené větvi uran-radiové přeměnové řady a má velmi krátký poločas přeměny, proto je velmi vzácný v jiném než horninovém prostředí (Skalická-Freitinger et al., 2016).

Izotop  $^{219}\text{Rn}$  má samostatný název aktinon (actinon), protože představuje plynný člen uran - aktiniové přeměnové řady. Jeho výskyt je velmi vzácný a jeho poločas přeměny krátký (3,96 s). Proto plynný aktinon není z horninového prostředí přesunován do ovzduší ve významných množstvích a nemůže způsobovat významné ozáření osob (Skalická-Freitinger et al., 2016).

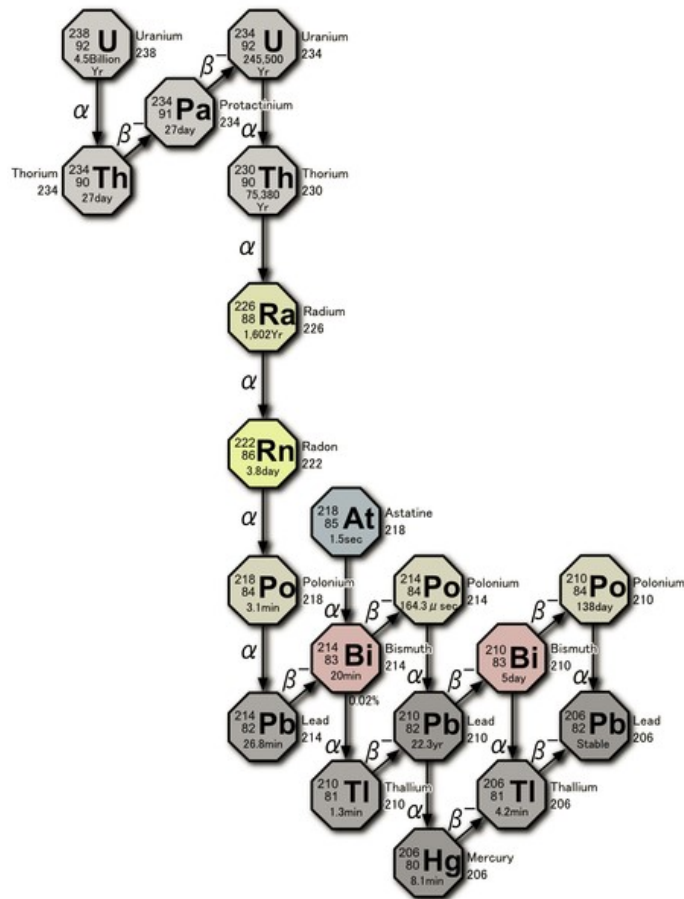
Izotop radonu  $^{220}\text{Rn}$  má název thoron, eventuálně toron. I když v horninovém prostředí je jeho výskyt srovnatelný s výskytem radonu, je jeho kratší poločas přeměny (55,6 s) příčinou toho, že jeho výskyt v ovzduší je podstatně méně častý. Thoron je členem thoriové přeměnové řady (Skalická-Freitinger et al., 2016).

Z hlediska významnosti jednotlivých izotopů radonu pro ozáření osob stojí na prvním místě izotop  $^{222}\text{Rn}$ . V přírodě se vyskytuje jako člen uran-radiové přeměnové řady.

### 1.8.2 Geneze radonu v přírodním prostředí

Prioritně vzniká v podmínkách České republiky radon prostřednictvím uran - radiové rozpadové řady, hlavním zdrojem radonu  $^{222}\text{Rn}$  je uran  $^{238}\text{U}$ , který je obsažen v horninách.

Ten je počátečním radionuklidem v řadě radioaktivních přeměn, a to nuklidů  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$  a  $^{226}\text{Ra}$ . Z radia pak alfa přeměnou vzniká plynný radon  $^{222}\text{Rn}$  (Čechák et al., 2013).



Obrázek 8 - Uran - radiová přeměnová řada (Skalická-Freitinger et al., 2016)

Uran jako hlavní zdroj geneze radonu v prostředí je v zemské kůře zastoupen v poměrně malých koncentracích, zpravidla několika jednotek ppm. Jeho průměrné zastoupení je 2,7 ppm. Přírodní uranium je tvořen směsí jeho izotopů, ve které je dominantně zastoupen  $^{238}\text{U}$  (99,2739 – 99,2752%), podstatně méně  $^{235}\text{U}$  (0,7198 – 0,7202%) a minimálně  $^{234}\text{U}$  (0,0050 – 0,0059%) (Ulmann, 2016).

Uran – radiová přeměnová řada začíná  $^{238}\text{U}$ , jehož poločas přeměny je  $4,77 \cdot 10^9$  let. To je doba srovnatelná se stářím Země, takže v okamžiku vzniku Země bylo  $^{238}\text{U}$  asi dvojnásobné množství ve srovnání se současným stavem (Ulmann, 2016).

Mnohem méně zastoupený je v přírodní směsi  $^{235}\text{U}$ , který má poločas přeměny 704 milionů let a proto současný stav představuje pouhé 1,1 % jeho původní koncentrace (Ulmann, 2016).

### 1.8.3 Horniny produkující radon

Jak vyplývá z výše uvedeného, hlavním zdrojem radonu je geologické podloží obsahující minerály s obsahem uranu. Množství radioaktivního uranu v jednotlivých typech hornin je značně rozdílné.

Nejvyšší obsah radioaktivního uranu a produktů jeho radioaktivní přeměny mají vyvěřelé, magmatické horniny typu žul, granodioritů atd., protože primárně již v době svého vzniku byly obohaceny uranem a obsahují některé nehomogenně rozptýlené horninotvorné minerály s vyšším obsahem uranu. Tyto horniny byly generovány utužením magmatu, které vzniká přetavením hornin ve svrchním plášti Země. Při diferenciaci zemského tělesa došlo ke klesání těžkých prvků směrem ke středu Země a tím se stalo, že koncentrace uranu a jiných těžkých prvků s hloubkou roste. Z místa vzniku vystupuje magma obohacené radionuklidy do zemské kůry, kde tuhne a vytváří intruzivní vyvěřeliny, které nazýváme plutony, batolity, lakolity, nebo tvoří v podloží žilné vyvěřelé horniny. Protože horninové složení Českého masívu je z velké části tvořeno právě vyvěřelými a metamorfovanými horninami, je zřejmé, že přísun radonu z tohoto radionuklidy obsahujícího podloží je vyšší. Geologické podloží České republiky je z více než ze dvou třetin tvořeno metamorfovanými a magmatickými horninami (Skalická-Freitinger et al., 2016).

Podle níže uvedené tabulky nejvyšší objemovou aktivitu radonu vykazují právě horniny magmatického původu; ty jsou zastoupeny ve velké míře na území Českého masívu. Silurské sedimenty jsou mnohem omezeněji zastoupeny na našem území, a proto nenesou takový význam. Vysoké hodnoty OAR silurských sedimentů jsou způsobeny tím, že se radon váže na jejich organickou složku (Tegel, 2010).

Střední množství uranu nacházíme v přeměněných horninách metamorfovaných tlakem a teplotou během dlouhé geologické historie jejich vzniku (typu pararuly). Velkou část území České republiky tvoří tyto přeměněné sedimenty, ty mají většinou objemovou aktivitu ve středních hodnotách. Střední hodnoty OAR jsou také reprezentovány permskými sedimenty hojně zastoupenými v Českém masívu. Střední koncentrace permských sedimentů jsou způsobeny obsahem jílovitých hornin s obsahem slídy, na kterou se radon váže (Tegel, 2010).

Nejméně uranu a produktů jeho radioaktivní přeměny je v usazených, sedimentárních horninách typu pískovců, jílovců a slepenců (tyto horniny byly již jednou procesem zvětrávání rozrušeny, separovány, přetransportovány, usazeny a nakonec diagenézí zpevněny). Proto nejmladší sedimenty představují nejnižší koncentrace radonu; jsou to křídové, paleogenní a neogenní písky, pískovce a jílovce (Tegel, 2010).

| Horninový typ               | Převažující kategorie radonového rizika |         |        |
|-----------------------------|---|---------|--------|
|                             | nízká                                   | střední | vysoká |
| silurské sedimenty          |   |         | red    |
| durbachity a syenity        |   |         | red    |
| granodiority                |   | yellow  | red    |
| granity                     |   | yellow  | red    |
| ordovické sedimenty         |   | yellow  |        |
| permské sedimenty           |   | yellow  |        |
| karbonské sedimenty         |   | yellow  |        |
| pararuly                    |   | yellow  |        |
| ortoruly                    |   | yellow  |        |
| proterozoické metasedimenty | green                                   | yellow  |        |
| aluvium                     | green                                   | yellow  |        |
| neogenní sedimenty          | green                                   | yellow  |        |
| devonské sedimenty          | green                                   | yellow  |        |
| říční terasy                | green                                   | yellow  |        |
| paleogenní sedimenty        | green                                   |         |        |
| křídové sedimenty           | green                                   |         |        |

Tabulka 4 - Radonové riziko vzhledem k horninovému typu (Tegel, 2010)

#### 1.8.4 Migrace radonu z podloží

Kromě izotopů radonu jsou všechny ostatní členy přeměnových řad atomy těžkých kovů. Radon jakožto vzácný plyn má v některých prostředích (například prostředí zemin) na rozdíl od těžkých kovů zvýšenou mobilitu a transport radonu pak může významně narušovat podmínky pro vytvoření sekulární radioaktivní rovnováhy v přeměnových řadách.

Z minerálů mateřské horniny, která obsahuje radium  $^{226}\text{Ra}$ , se uvolňují při přeměně atomy radonu  $^{222}\text{Rn}$ . Tento proces se nazývá emanace. Při emanaci radonu dochází k několika dějům. Emanace zahrnuje nejdříve vlastní děj rozpadu radia, následuje děj migrace atomu radonu po krystalové mřížce minerálu k jeho povrchu a konečně přechod atomu radonu do pórů a trhlin horniny. Koncentrace radonu v půdním vzduchu tedy tvoří ty atomy radonu, které pronikly až do pórů hornin a zemin. V této fázi dochází ke dvěma základním typům transportu radonu z geologického podloží (Mucha, 2016):

1. **Difúze** - je jev způsobený tepelným pohybem molekul a atomů plynu, který vede k jejich přemísťování z míst o vyšší koncentraci do míst s nižší koncentrací. Migrace radonu difúzí závisí na pórovitosti prostředí, uspořádání částic horniny, na nasycenosti pórů zeminy kapalinou a na teplotě. Z fyzikální podstaty jevu vyplývá, že rychlost difúze je velmi malá a vzdálenost, na kterou se radon difúzí může přemístit, činí maximálně 1 m. Typická vzdálenost, na kterou koncentrace radonu v zeminách klesá 100-krát, je 6-7 m.

2. **Konvekce** ( proudění ) radonu je způsobena vnějšími fyzikálními jevy v geologickém prostředí, velikostí tektonických struktur a poruch (zlomy), pohybem podzemních vod apod. Rychlost transportu radonu konvekci je o několik řádů vyšší než difúzí. Radon může v půdě či tektonicky porušené hornině migrovat až na vzdálenost několik metrů od zdroje.

Na tyto dva základní způsoby migrace působí i další omezující faktory (Mucha, 2016):

- **Propustnost hornin a půd.** Horniny se zvýšenou propustností (např. písky, štěrky) slouží jako transportní cesta pro radon, a to jak ve svislém, tak i ve vodorovném směru. Naopak horniny s nízkou propustností (např. jíly) naopak brání proti pronikání radonu z podloží a mohou vytvářet bariéry, pod nimiž se radon hromadí.

- **Tektonické porušení hornin** různými zlomy a přesmyky. Tyto poruchy tvoří výbornou transportní cestu pro radon, neboť může podél poruch migrovat jednodušeji než kompaktní horninou. Terénními měřeními bylo prokázáno, že nad tektonickými poruchami ze základových půd uniká až několikanásobné množství radonu než nad horninami neporušenými. Zlomy jsou navíc velmi často provázány uranovou mineralizací a tím se stávají i výrazným zdrojem radonu.

- **Teplota atmosféry a půdy** způsobuje změny objemové aktivity radonu během kalendářního roku. V našich zeměpisných šířkách byl pozorován pokles průměrných radonových hodnot v letních měsících (nízká vlhkost půdy, dobře odvětraný půdní profil) a jejich nárůst v zimním období. Tyto rozdíly jsou způsobeny promrzáním svrchních půdních profilů v zimních měsících, čímž dochází k uzavření pórů v půdě, tím se radon akumuluje v hlubších horizontech profilu a nemůže volně unikat do atmosféry.

- Mezi **další faktory** ovlivňující pronikání radonu z podloží patří vlhkost půdy, srážková činnost, tlak vzduchu, rychlost větru, nasycenost horninového podloží mineralizovanou podzemní vodou, charakter vertikálního profilu hornin a jejich homogenita apod. Tyto faktory většinou působí ve vzájemné kombinaci, přičemž se nedá přesně určit podíl jednotlivých faktorů. Dá se však obecně říci, že za vlhkého počasí je radon zadržován v půdě a do atmosféry uniká méně.

#### 1.8.5 Zdroje radonu v životním prostředí

Primárním zdrojem radonu  $^{222}\text{Rn}$  je uran  $^{238}\text{U}$  v horninách a přeneseně dále půdní vzduch. Dalším médiem výskytu radonu je podzemní voda. Zde radon vzniká z radia rozpuštěného ve vodě nebo pohlcením již vzniklého radonu v horninovém prostředí. Obsah radonu v průměrně zatížených zdrojích je sice nižší než v horninovém vzduchu, ale vzhledem k mobilitě nosného média (vody) může, zvláště není-li upravována, být významným příspěvkem radonu do obytného prostředí (Čechák et al., 2013).

Třetím zdrojem radonu (odvozeným od zdroje prvního) mohou být stavební materiály. Jejich základem jsou většinou horniny, zeminy nebo zbytky po technologické úpravě nebo spálení (uhelný popel) s často velmi rozdílným obsahem uranu, resp. následně vznikajícího radia  $^{226}\text{Ra}$  tj. mateřského nuklidu radonu (Čechák et al., 2013).

Téměř polovina celkové efektivní dávky, kterou obdrží obyvatelé České republiky, pochází od radonu a produktů jeho přeměny. Tato hodnota se může výrazně lišit v závislosti na zdrojích radonu. Informační časopis SÚJB Bezpečnost jaderné energie uvádí průměrnou objemovou aktivitu v českých domácnostech  $118 \text{ Bq/m}^3$ . Dokument WHO z roku 2004 informující o radonové problematice uvádí průměrné koncentrace radonu v některých evropských zemích; ty se pohybují mezi 20 a  $75 \text{ Bq/m}^3$  (Čechák et al., 2013).

Ve venkovním atmosférickém vzduchu se pohybuje objemová aktivita Rn v intervalu 5 – 10 Bq/m<sup>3</sup>. V půdním vzduchu jsou objemové aktivity Rn výrazně vyšší (Čechák et al., 2013).

### 1.8.6 Vliv radonu na lidský organismus

Radon sám o sobě není toxický, při jeho vdechování se neakumuluje v tkáních a na jejich povrchu, v převážné míře je opět vydechován zpět do atmosféry. Problém nastává při inhalaci produktů jeho radioaktivní přeměny (např. <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Po, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi), které se po navázání na aerosolové částice obsažené ve vzduchu ukládají v plicní tkáni a způsobují vnitřní ozáření produkcí  $\alpha$  záření. Důsledkem působení těchto částic může být poškození plicní buňky vedoucí až k rakovině. Rakovina vyvolaná radonem nevzniká okamžitě. Doba, než se mohou začít objevovat příznaky rakoviny plic, je dlouhá 10 až 30 let (Státní ústav radiační ochrany, 2016).

Z hlediska ozáření člověka mají nejzávažnější důsledky především dva izotopy polonia, a to <sup>214</sup>Po a <sup>218</sup>Po. Oba dva jsou velmi silné alfa zářiče, jejichž energie je 6,0 MeV, respektive 7,7 MeV, a mají tak silné ionizační účinky (Tegel, 2010).

Z výše uvedeného vyplývá, že toxicita radonu spočívá v účincích produktů jeho rozpadu, které inhalujeme. V případě požití vody s nadlimitním obsahem radonu dojde k normálnímu průchodu trávicím traktem a vzhledem k poločasu rozpadu odchází z trávicího traktu bez zdravotních následků. V okrajových případech může dojít ke zdravotní újmě i ingescí dceřiných produktů radonu spočívající zejména ve vnitřním poškození tenkého střeva. Nebezpečí používání vody s obsahem radonu je opět v inhalaci aerosolu např. během sprchování.

Radon rozpuštěný ve vodě má dokonce léčivé účinky. Například v Jáchymově se již od roku 1906 provozují tzv. radonové lázně (mimořádně nejstarší na světě), kde se nemocný během 3 týdnů podrobí celkem 18 koupelím v radonové vodě (na množství obdrženého záření to odpovídá zhruba 1 rentgenovému snímku). Princip léčebných účinků zatím není objasněn, ale je prokázáno zmírnění bolesti a zlepšení prokrvení.

V celosvětové studii sdružující údaje z více národních studií bylo riziko rakoviny plic spolehlivě statisticky prokázáno pro koncentrace radonu vyšší než 150 Bq/m<sup>3</sup>. Podle výsledků této studie se při každém zvýšení koncentrace radonu o 100 Bq/m<sup>3</sup> zvyšuje riziko rakoviny plic o 16 %. V průběhu studií vyšlo také najevo, že společné působení radonu a



kouření škodlivé účinky na zdraví zesiluje, tj. poškození je vyšší než pouhý součet působení obou faktorů (Státní úřad radiační ochrany, 2010).

Skutečnost, že radon představuje po kouření nejdůležitější příčinu rakoviny plic, uznala v roce 2009 Světová zdravotnická organizace (WHO) a doporučila všem státům, aby věnovaly problematice radonu patřičnou pozornost. Podle UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) až 55% ročního ozáření člověka pochází z radonu a jeho produktů vzniklých rozpadem (Státní úřad radiační ochrany, 2010).

Velikost rizika od radonu je zřejmá ze srovnání s jinými příčinami úmrtí v České republice, jak je uvedeno v následující tabulce (Státní úřad radiační ochrany, 2016):

| příčina úmrtí                   | počet úmrtí v ČR za rok 2008 | zdroj   |
|---------------------------------|------------------------------|---|
| rakovina plic                   | 5402                         | ČSÚ   |
| dopravní nehody                 | 1167                         | ČSÚ   |
| rakovina plic způsobená radonem | 800 - 900                    | odhad na základě celosvětové epidemiologické studie |
| virová encefalitida             | 7                            | ČSÚ   |

**Tabulka 5 - Některé příčiny a počty úmrtí (Státní úřad radiační ochrany, 2016)**

Velikost ozáření obyvatel radonem lze porovnat také s ozářením způsobeným jinými radioaktivními zdroji. Při ročním pobytu v objektu s koncentrací 400 Bq/m<sup>3</sup> je ozáření srovnatelné např. s ozářením způsobeným 440 rentgenovými snímky plic. Podle současných poznatků ozáření z radonu v budovách nevyvolává žádná jiná onemocnění (Státní úřad radiační ochrany, 2010).

#### **1.8.7 Legislativní rámec radonové problematiky (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016)**

Legislativně byla problematika upravena nejprve vyhláškou ministra zdravotnictví č. 76/1991 Sb. Následovala usnesení vlády k radonové problematice č.150/1990 a č.709/1993, která umožnila poskytnutí státních dotací na protiradonová opatření.

V roce 1997 byla problematika radonu poprvé upravena zákonem (tzv. "atomovým" zákonem č.18/1997 Sb.) a vyhláškou SÚJB o radiační ochraně č.184/1997Sb. Byla uložena povinnost změřit tzv. radonový index pozemku, kde se bude stavět nový objekt. Výrobci mají dále povinnost měřit radioaktivitu stavebních materiálů a dodavatelé vody radioak-

tivitu dodávané vody. Byly stanoveny i směrné hodnoty pro nový a stávající objekt. Současně platná novela vyhlášky o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. problematiku radonu dále rozpracovala - stanovila únosnou mez zamoření objektu radonem a jeho rozpadovými produkty. Tato mezní hodnota byla stanovena pro stávající zástavbu OAR 400 Bq/m<sup>3</sup> a pro novou a plánovanou výstavbu OAR 200 Bq/m<sup>3</sup>.

V roce 1999 vyšlo vládní usnesení č. 538, které zahájilo desetiletý tzv. Radonový program. Ten se zabýval vyhledáváním existujících objektů s vysokou koncentrací radonu, preventivním protiradonovým opatřením i protiradonovými opatření v existujících objektech, informováním veřejnosti i programem vývojové a výzkumné činnosti.

V roce 2009 vydala WHO (Mezinárodní zdravotnická organizace) stanovisko, ve kterém radon v bytech považuje (po kouření) za druhou nejvýznamnější příčinu rakoviny plic.

V roce 2009 bylo připraveno nové vládní usnesení k radonu „Radonový program ČR 2010 až 2019 - Akční plán“. Jeho cílem je především prohloubit informovanost i zájem našich občanů o snížení obsahu radonu v budovách.

## **1.9 Měření radonového indexu**

Vzhledem k využití radonových map České geologické služby v praktické části této práce je vhodné podložit tuto část teoretickým základem. Stupeň a způsob ochrany staveb proti pronikání radonu z geologického podloží se v ČR volí na základě stanovení radonového indexu pozemku. Hodnocení radonového indexu pozemku je součástí stavebního řízení a podle jeho úrovně projektant navrhuje odpovídající protiradonová opatření.

Měření aktivity radonu v prostředí pro účely hodnocení radonového indexu mohou provádět pouze společnosti, které mají povolení k činnosti vydávané Státním úřadem pro jadernou bezpečnost.

Radonový index se stanovuje ze dvou základních parametrů - třetího kvartilu naměřených hodnot objemové aktivity radonu a stanovené plynopropustnosti zemin na měřeném pozemku (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016).

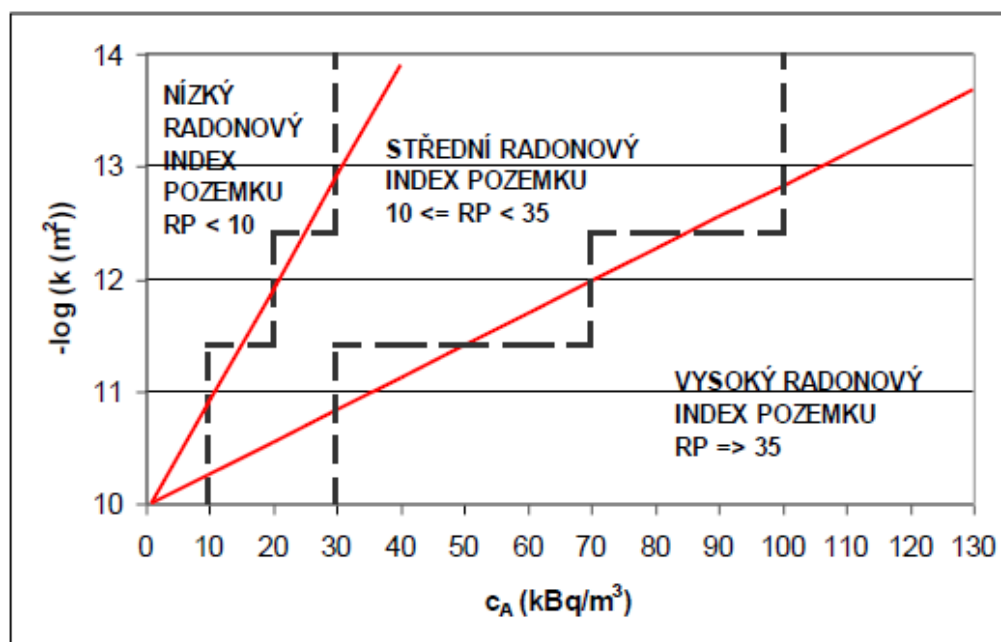
Přítomnost a objemové aktivity radonu a thoronu v půdním vzduchu se stanovují detekcí jaderného záření. Převážně se využívá detekce záření alfa, ojediněle detekce záření gama. Z hlediska délky měření se metody měření radonu dělí na okamžité, kontinuální a integrální. Okamžité měření radonu je uskutečněno jednorázovým odběrem vzorku půdního

vzduchu, který se odebírá z hloubky 80 cm pomocí duté tyče s hrotem. Jako detektory radonu jsou používány ionizační komory, Lucasovy komory, polovodičové počítače záření alfa, stopové detektory a aktivní uhlí (Čechák et al., 2013).

S ohledem na nehomogenitu geologického podloží, variabilitu přítomnosti radonu v horninách a přesnosti měření radonu je radonový index pozemku určován ze souboru dat měření. Na malém stavebním pozemku (<800 m<sup>2</sup>) je předepsáno změřit minimum 15 bodů, na velkém stavebním pozemku (> 800 m<sup>2</sup>) se měří v síti 10 x 10 m. Výsledná reprezentativní hodnota pro daný pozemek je třetí kvartil souboru hodnot objemové aktivity radonu  $c_{75}$  (kBq/m<sup>3</sup>) (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2012).

Plynopropustnost podloží  $k$  (m<sup>2</sup>) se stanovuje zmitostním rozbořem, měřením zemním plynopropustoměrem na pozemku in situ nebo odborným posouzením základových púd (Čechák et al., 2013).

Naměřené hodnoty objemové aktivity radonu, které se většinou udávají v kBq/m<sup>3</sup>, a zjištěná plynopropustnost podzemí se převedou na stupeň radonového indexu (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016).



Obrázek 9 - Klasifikační graf pro stanovení radonového indexu pozemku v ČR (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016)

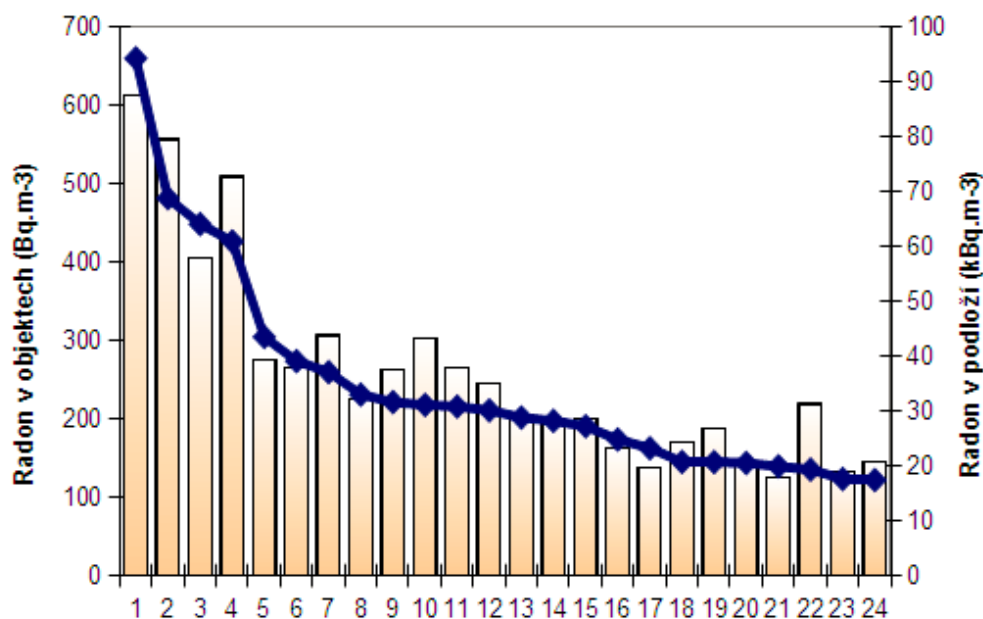
| <b>Radonový index</b> | Objemová aktivita radonu $^{222}\text{Rn}$ ( $c_A$ ) v $\text{kBq/m}^3$ při klasifikaci plynopropustnosti zemín |                |               |
|-----------------------|---|----------------|---------------|
|                       | <b>nízká</b>  | <b>střední</b> | <b>vysoká</b> |
| <b>nízký</b>          | < 30  | < 20           | < 10          |
| <b>střední</b>        | 30 - 100  | 20 - 70        | 10 - 30       |
| <b>vysoký</b>         | > 100   | > 70           | > 30          |

**Tabulka 6 - Klasifikační tabulka pro stanovení radonového indexu pozemku v ČR (Česká geologická služba, 2016)**

Veřejně dostupné (např. na portálu geology.cz) jsou mapy radonového indexu geologického podloží, které ovšem neslouží pro hodnocení radonového indexu pozemku pro stavební účely ve smyslu vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost „O radiační ochraně“ č.307/2002 Sb. v platném znění (vyhláška 499/2005 Sb.). Mapy radonového indexu geologického podloží jsou primárně určeny pro vytipování oblastí, v nichž je možno očekávat zvýšený výskyt objektů s vnitřní koncentrací radonu překračujících směrné hodnoty.

V průběhu výzkumných prací v období 2008 – 2011 bylo potvrzeno, že nehomogenita kvartérních sedimentů a vliv transportu horninového materiálu podél vodního toku nemá takový vliv na výslednou koncentraci radonu jako hlubší geologické podloží těchto sedimentů. Proto byla v aktualizovaných mapách provedena detailizace přechodného indexu do tří kategorií - nízká, střední a vysoká podle radonových charakteristik hlubšího geologického podloží. Vzhledem k tomu, že cca 50 % obcí je situováno na kvartérních sedimentech, jedná se o významné zpřesnění radonových map (Česká geologická služba, 2016).

Vztah radonu v objektech a v podloží vyjadřuje následující obrázek zpracovaný podle statistického zhodnocení objemové aktivity radonu na 9100 plochách (údaje z radonové databáze České geologické služby) a 92 000 měření radonu v objektech (databáze Státního ústavu radiační ochrany v.v.i.). Generalizované horninové typy jsou vybrány podle nejvyššího plošného zastoupení na území České republiky, řazení horninových typů je provedeno podle klesající objemové aktivity radonu v podloží (Česká geologická služba, 2016).



Obrázek 10 - Radon v podloží a objektech v závislosti na typu podloží (Česká geologická služba, 2016)

|    |                                   |    |  |
|----|-----------------------------------|----|--|
| 1  | Durbachity                        | 13 | Paleozoikum ČR bez siluru                    |
| 2  | Teplický ryolit                   | 14 | Terciér terrestrický                         |
| 3  | Variské granity                   | 15 | Moldanubické pararuly                        |
| 4  | Variské granodiority              | 16 | Granulity                                    |
| 5  | Prekambrické - paleozoické fylity | 17 | Prevariské diority                           |
| 6  | Ortoruly a migmatity              | 18 | Kvarcicity, erlány, amfibolity v moldanubiku |
| 7  | Trondhjemit                       | 19 | Prevariské granitoidy                        |
| 8  | Terciér – Český masív             | 20 | Terciér alpský                               |
| 9  | Svory                             | 21 | Neovulkanity Českého masívu                  |
| 10 | Neoproterozoikum                  | 22 | Gabra  |
| 11 | Paleovulkanity                    | 23 | Mezozoické sedimenty                         |
| 12 | Variské diority                   | 24 | Terciér marinní - Karpaty                    |

Tabulka 7 - Legenda k obrázku číslo 10 (dle (Česká geologická služba, 2016))

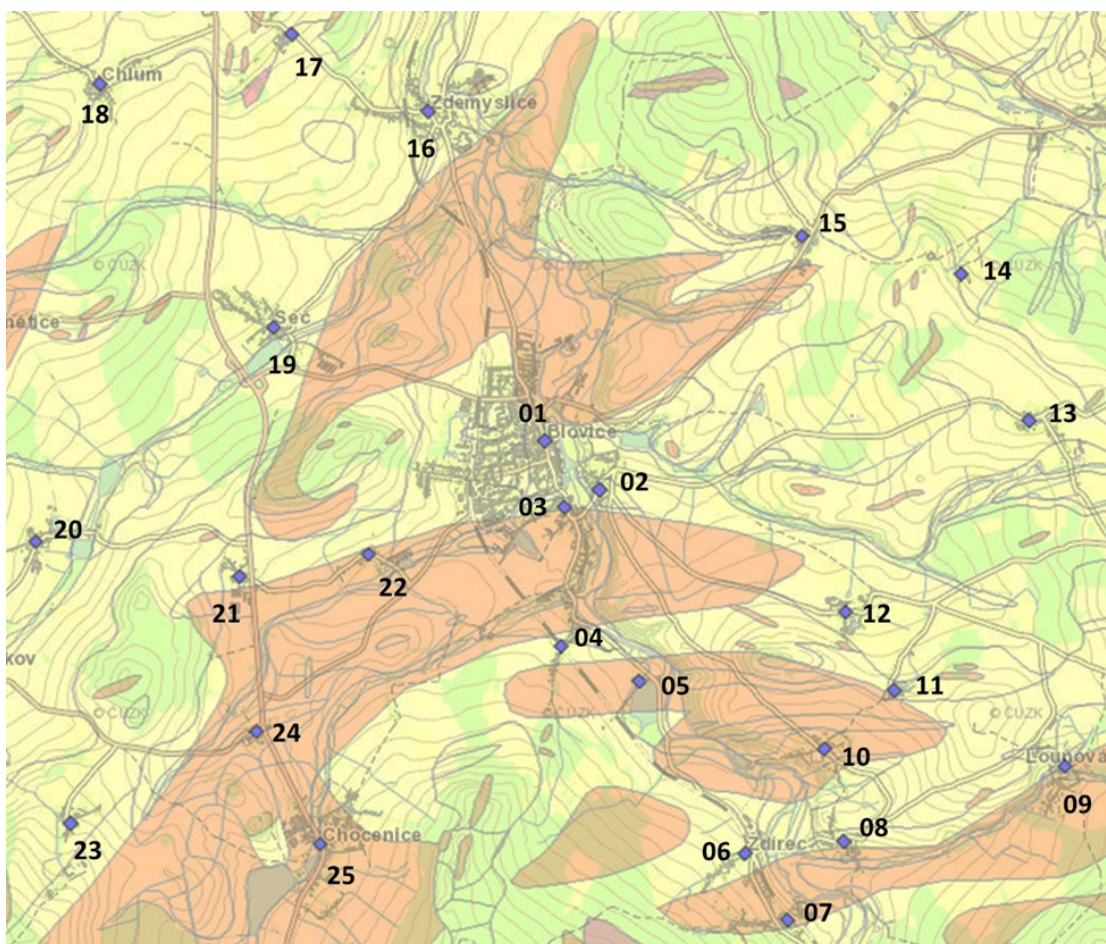
## 2 Výsledky a diskuze

Podstatou praktické části práce bylo posoudit výskyt radonu v podloží ve vybraných lokalitách, kterými byly Blovicko a Nepomucko (se zaměřením na oblast obce Prádlo). Jako zdroj informací byly použity mapy radonové zátěže a data ze Státního programu vyhledávání budov s vyšším výskytem radonu (1981-2009). Zjištěné údaje byly konfrontovány s informacemi o geologickém podloží diskutovaných lokalit, profily vybraných geologických průzkumných vrtů a dalšími dostupnými zdroji souvisejících informací se snahou najít příčinnou souvislost zvýšeného výskytu radonu a místních geologických podmínek.

## 2.1 Mapování výskytu radonu v zájmových oblastech

### 2.1.1 Výskyt radonu na Blovicku

Zájmové území Blovicko na mapě typu „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“ (Česká geologická služba) je na následujícím obrázku; lze konstatovat, že radonový index pozemků na Blovicku je podle tohoto zdroje nízký až střední.



Obrázek 11 – Mapa „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“; Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016)

| Barva    | Popis                                   |
|----------|---|
| bílá     | nízký radonový index                    |
| oranžová | střední radonový index                  |
| červená  | vysoký radonový index                   |
| zelená   | lesní porosty (součást podkladové mapy) |

Tabulka 8 - Legenda k obrázku číslo 11 (Česká geologická služba, 2016)

V mapě jsou uvedena také odběrná místa s měřením objemové aktivity radonu ve vytypovaných budovách podle Státního programu vyhledávání budov s vyšším výskytem radonu.

Podle Státního programu vyhledávání budov s vyšším výskytem radonu je v přehledu dosavadních výsledků v Plzeňském kraji za období 1981-2009 uvedeno přímo v obci Blovice celkem 73 proměřených objektů s pouze jednou lokací s překročením objemové aktivity v radonu v atmosféře budovy nad 400 Bq/m<sup>3</sup>. Souhrn dat je uveden v následující tabulce č. 6, v daném území je v monitorovaných budovách naměřena objemová aktivita radonu v atmosféře budov na nízké úrovni.

|                | Počet změřených objektů | Počet objektů nad 400 Bq/m <sup>3</sup> | Počet objektů nad 1000 Bq/m <sup>3</sup> | Aritmetický průměr    | Geometrický průměr    |
|----------------|-------------------------|---|--|-----------------------|-----------------------|
| <b>Blovice</b> | 73                      | 1                                       | 0  | 163 Bq/m <sup>3</sup> | 133 Bq/m <sup>3</sup> |

**Tabulka 9 - Informace o městu Blovice (Státní ústav radiační ochrany, 2016)**

Tabulka č. 10 představuje konkretizaci informací o naměřených datech na výše znázorněných odběrných místech z mapy „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“ včetně radiologických charakteristik podloží.

| Čís. | Obec | Prům. dávkový příkon gama záření hornin | Průměr obj. aktivity Rn v ovzduší ve stavbách | Prům. obj. aktivity Rn v geologickém podloží |
|------|------|---|---|--|
|------|------|---|---|--|

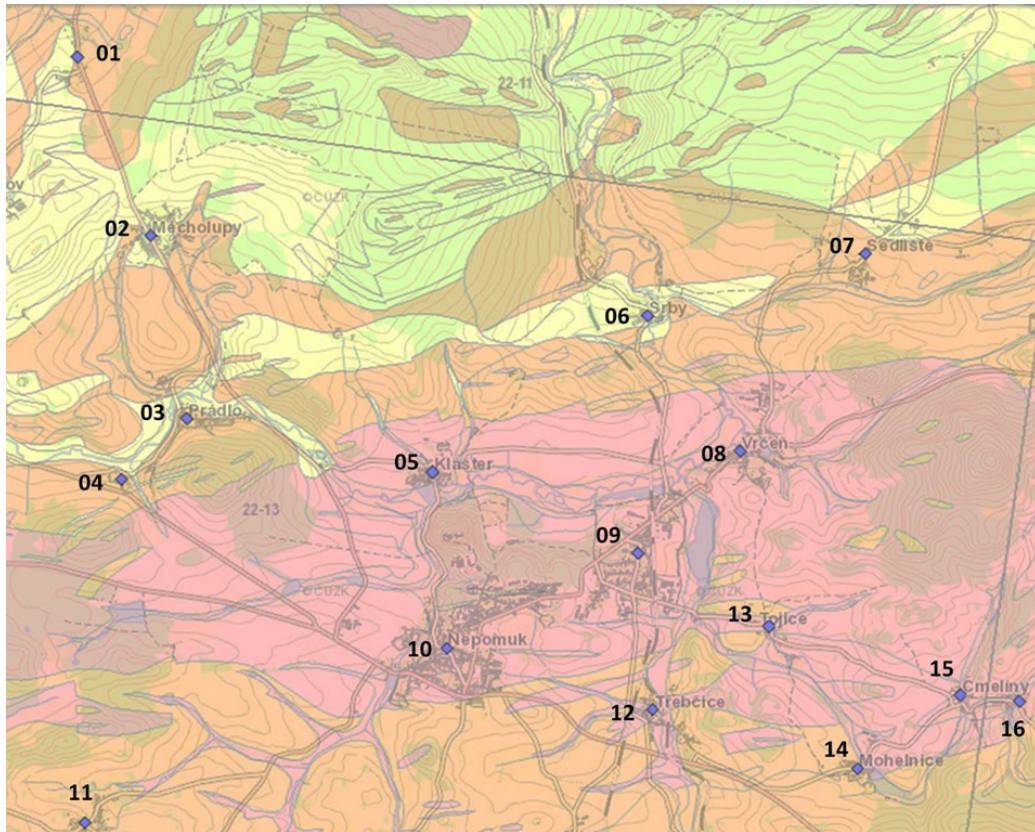
|    |                      |                              |                                |                                |
|----|----------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1  | Blovice              | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 2  | Hradiště             | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 3  | Bohušov              | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 4  | Vlčice               | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 5  | Stará Huť            | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 6  | Ždírec               | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,51 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 7  | Myť                  | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,51 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 8  | Ždár                 | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,51 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 9  | Louňová              | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,09 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 10 | Smederov             | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,51 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 11 | Hradišťská<br>Lhotka | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 12 | Hradišťský<br>Újezd  | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 13 | Struhaře             | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,28 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 14 | Karlov               | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,28 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 15 | Štítov               | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 16 | Zdemyslice           | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,26 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 17 | Chlumánky            | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0 kBq.m <sup>-3</sup>          | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 18 | Chlum                | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,08 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 19 | Seč                  | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,21 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 20 | Chocenický<br>Újezd  | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,37 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 21 | Chocenická<br>Lhota  | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 22 | Komorno              | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 23 | Bzí                  | 45 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,37 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 24 | Kotousov             | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,19 kBq.m <sup>-3</sup>       | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>       |
| 25 | Chocenice            | 55 nGy.h <sup>-1</sup>       | 0,19 kBq.m <sup>-3</sup>       | 30,8 kBq.m <sup>-3</sup>       |
|    | <b>Minimum</b>       | <b>45 nGy.h<sup>-1</sup></b> | <b>0 kBq.m<sup>-3</sup></b>    | <b>30,8 kBq.m<sup>-3</sup></b> |
|    | <b>Průměr</b>        | <b>51 nGy.h<sup>-1</sup></b> | <b>0,25 kBq.m<sup>-3</sup></b> | <b>31,1 kBq.m<sup>-3</sup></b> |
|    | <b>Maximum</b>       | <b>55 nGy.h<sup>-1</sup></b> | <b>0,51 kBq.m<sup>-3</sup></b> | <b>31,1 kBq.m<sup>-3</sup></b> |

Tabulka 10 - Tabulka s podrobnými údaji naměřených dat v obrázku číslo 11 (dle (Česká geologická služba, 2016))

### 2.1.2 Výskyt radonu na Nepomucku

Zájmové území Nepomucko na mapě typu „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“ (Česká geologická služba) je na následujícím obrázku; je zřejmé, že radonový index pozemků na Nepomucku je hodnocen jako vysoký.





Obrázek 12 - Mapa „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“; Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016)

| Barva    | Popis                                   |
|----------|---|
| bílá     | nízký radonový index                    |
| oranžová | střední radonový index                  |
| červená  | vysoký radonový index                   |
| zelená   | lesní porosty (součást podkladové mapy) |

Tabulka 11 - Legenda k obrázku číslo 12 (Česká geologická služba, 2016)

V mapě jsou uvedena také odběrná místa s měřením objemové aktivity radonu ve vytypovaných budovách podle Státního programu vyhledávání budov s vyšším výskytem radonu.

Podle Státního programu vyhledávání budov s vyšším výskytem radonu je v přehledu dosavadních výsledků v Plzeňském kraji za období 1981-2009 uvedeno přímo v obci Nepomuk celkem 359 proměřených objektů s pouze 141 budovami s překročením objemové aktivity v radonu v atmosféře budovy nad  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Souhrn dat je uveden v následující tabulce č. 9, v daném území je v monitorovaných budovách naměřena objemová aktivita radonu v atmosféře budov na vysoké úrovni.

|                | Počet změřených objektů | Počet objektů nad 400 Bq/m <sup>3</sup> | Počet objektů nad 1000 Bq/m <sup>3</sup> | Aritmetický průměr       | Geometrický průměr       |
|----------------|-------------------------|---|--|--------------------------|--------------------------|
| <b>Nepomuk</b> | 359                     | 141                                     | 21                                       | 431<br>Bq/m <sup>3</sup> | 304<br>Bq/m <sup>3</sup> |

Tabulka 12 - Informace o městu Nepomuk (Státní ústav radiální ochrany, 2016)

Tabulka č. 13 představuje konkretizaci informací o naměřených datech na výše znázorněných odběrných místech z mapy „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“ včetně radiologických charakteristik podloží.

| Čís. | Obec            | Prům. dávkový příkon gama záření hornin | Průměr obj. aktivity Rn v ovzduší ve stavbách | Prům. obj. aktivity Rn v geologickém podloží |
|------|-----------------|---|---|--|
| 1    | Zhůř            | 55 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,18 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 30,8 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 2    | Měcholupy       | 45 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,36 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 30,8 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 3    | Prádlo          | 85 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,45 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 4    | Novotníky       | 105 nGy.h <sup>-1</sup>                 | 0,45 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 5    | Klášter         | 75 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0 kBq.m <sup>-3</sup>                         | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 6    | Srby            | 45 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0 kBq.m <sup>-3</sup>                         | 31,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 7    | Sedliště        | 55 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0 kBq.m <sup>-3</sup>                         | 30,8 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 8    | Vrčeň           | 85 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,41 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 9    | Dvorec          | 95 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,63 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 10   | Nepomuk         | 85 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,63 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 11   | Nová Ves u Nep. | 75 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,46 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 12   | Třebčice        | 85 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0 kBq.m <sup>-3</sup>                         | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 13   | Tojice          | 85 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0 kBq.m <sup>-3</sup>                         | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 14   | Mohelnice       | 75 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,25 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 15   | Čmelíny         | 75 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,28 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
| 16   | Víska           | 75 nGy.h <sup>-1</sup>                  | 0,28 kBq.m <sup>-3</sup>                      | 64,1 kBq.m <sup>-3</sup>                     |
|      | <b>Minimum</b>  | <b>45 nGy.h<sup>-1</sup></b>            | <b>0 kBq.m<sup>-3</sup></b>                   | <b>30,8 kBq.m<sup>-3</sup></b>               |
|      | <b>Průměr</b>   | <b>75 nGy.h<sup>-1</sup></b>            | <b>0,27 kBq.m<sup>-3</sup></b>                | <b>51,7 kBq.m<sup>-3</sup></b>               |
|      | <b>Maximum</b>  | <b>105 nGy.h<sup>-1</sup></b>           | <b>0,63 kBq.m<sup>-3</sup></b>                | <b>64,1 kBq.m<sup>-3</sup></b>               |

Tabulka 13 - Tabulka s podrobnými údaji naměřených dat v obrázku číslo 12 (dle (Česká geologická služba, 2016))

## 2.2 Geomorfologické zařídění zájmového území

Podle geomorfologického členění náleží dotčená území do následujících geomorfologických jednotek: systém Hercynský, subsystém Hercynská pohoří a provincie Česká vysočina.

V dalším zařídění se již zájmová území liší. Oblast Blovic patří do subprovincie Pobereunská soustava, oblasti Plzeňská pahorkatina, celek Švihovská vrchovina, podcelek Radyňská pahorkatina a okrsek Blovická pahorkatina.

Oblast Nepomucka s obcí Prádlo patří do subprovincie Česko-Moravské, oblasti Středočeská pahorkatina, celek Blatenská vrchovina, podcelek Nepomucká pahorkatina a okrsek Zelenohorská pahorkatina.

## 2.3 Geologie – Blovicko

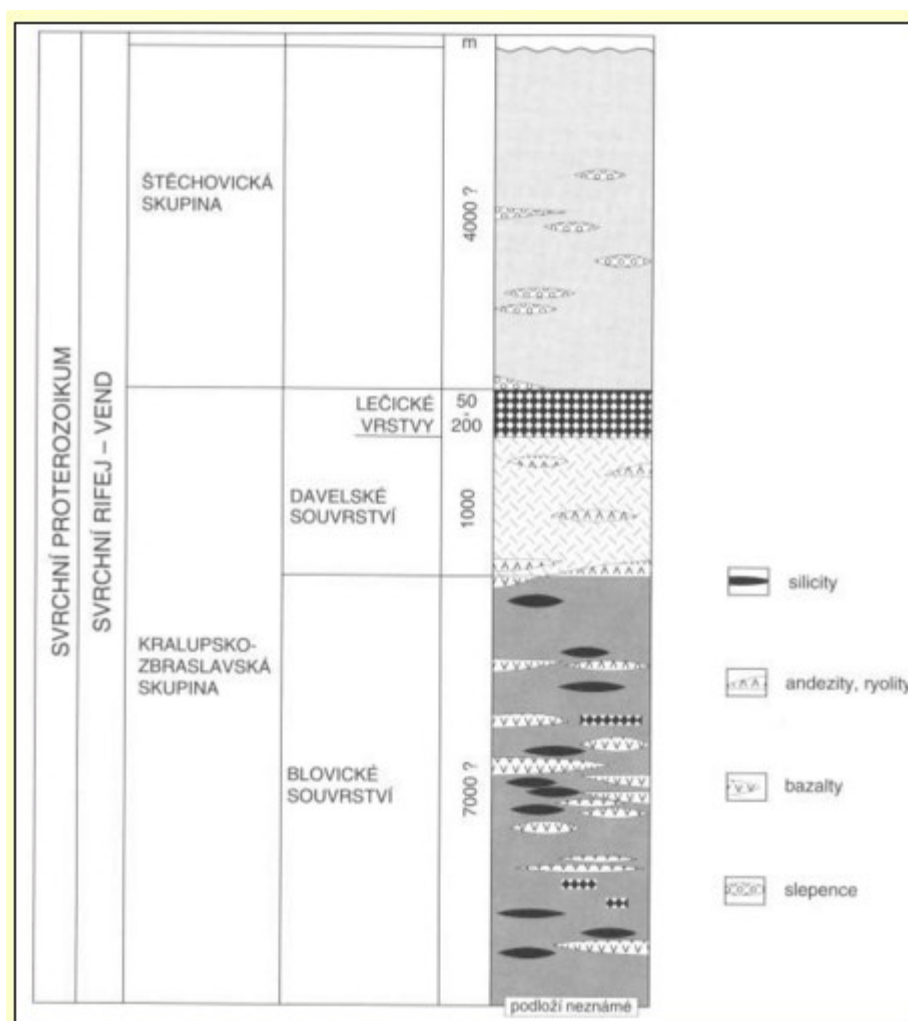
Blovicko leží v středočeském bloku Českého masivu, a to konkrétně v části barrandienského proterozoika.

Proterozoikum Barrandienu představuje až 10 000 m mocný sled mořských sedimentů usazující se v mobilním prostoru, do něhož bylo z pevniny a vulkanických elevací přinášeno gravitačními turbiditními proudy velké množství klastického materiálu vulkanického i pevninského původu. Sedimentace byla většinou doprovázena podmořským bazickým vulkanismem (Štelcl et al., 2011).

Podloží barrandienského proterozoika není známé. Převážnou část sledu zaujímá kralupsko-zbraslavská skupina, která se dělí na dvě souvrství. Starší z nich je blovické souvrství charakterizované přítomností vulkanitů bazaltového složení a silicitů, druhé je davelské známé pouze z jižního okolí Prahy a z pláště středočeského plutonu. V celé skupině převládají tmavé až černé jílové břidlice, prachovce, droby a vulkanické produkty. Specifickou horninou jsou šedé nebo černé silicity označované jako buližníky. Přestože jejich vznik není doposud jednoznačně vysvětlen, jsou geneticky uváděny do souvislosti s působením hydrotermálních roztoků spjatých s vulkanickou činností. Vzácnějšími horni-

nami kralupsko-zbraslavské skupiny jsou vápence (oolitické, pisolitické, mikritové vápence a vápnité brekcie) tvořící tenké vložky nebo tělesa metrových rozměrů těsně spjatá s vulkanity a vulkanoklastickými horninami (Štelcl et al., 2011).

Blovické souvrství obsahuje kromě bulizníků většinou slabě metamorfované břidlice, prachovce a také značný podíl vulkanitů, často diabasy, metatufy a metabazalty. Předpona meta- souvisí s plošnou přeměnou, neboť horniny blovického souvrství prošly nízkým stupněm regionální metamorfózy (Štelcl et al., 2011).



Obrázek 13 - Stratigrafické schéma proterozoika Barrandienu (Chlupáč et al., 2002)

Přes převládající názory spojující genezi silicitů s hydrotermálními roztoky, není jejich vznik doposud jednoznačně vysvětlen. Podle některých představ vznikaly nejspíše za přispění organismů srážením gelu kyseliny křemičité z horkých pramenů na mořském dně. Jiná hypotéza uvádí silicity rovněž jako sedimenty biochemické, avšak zdůrazňuje jejich

karbonátový původ, kdy původní vápence byly teprve sekundárně silicifikovány v raném stádiu diagenetických přeměn. Podle třetí koncepce se jedná o běžné sedimentární horniny (např. břidlice), které byly druhotně prokřemeněny při tektonických procesech (Ang, 2014) (Štecl et al., 2011).

Vzhledem k tomu, že základní charakteristika území Blovicka je starohorní sediment, jedná se o oblast chudou na doprovodné látky s minimálním zrudněním. Nelze zde tedy předpokládat více než stopovou přítomnost uranu.

Ale díky blízkosti Klatovského výběžku mohou skrz tektonické zlomy doputovat radioaktivní prvky i na vzdálenější místa. Radon zde většinou migruje po zlomech z prostoru, kde se nachází na uran bohatší hornina. Koncentrace radonu je pak největší tam, kde zlom vychází co nejbližší k povrchu.

Dále je uvedena mapa oblasti Blovicka geologicky charakterizující danou oblast.



Obrázek 14 – Výřez Blovicka z Geovědní mapy 1 : 500 000, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016)

| Barva                    | Období vzniku    | Popis  | Region      |
|--------------------------|------------------|--|-------------|
| zelená                   | prekambrium      | bazalty, bazaltické andesity a jejich alkalické ekvivalenty a tufy, nejvýš anchimetamorfované  | Český masiv |
| fialová                  | neoproterozoikum | trachyty, trachytové tufy<br>nanejvýše anchimetamorfované                                      |             |
| šedá + růžová            |                  | břidlice, droby (rytmické střídání, flyšový vývoj)<br>masivní tělesa drob - anchimetamorfované |             |
| růžová s černými tečkami |                  | olistostromy<br>anchimetamorfované až slabě metamorfované                                      |             |

Tabulka 14 - Legenda k obrázku číslo 14 (dle (Česká geologická služba, 2016))

### 2.3.1 Geologické profily vybraných vrtů na Blovicku

U České geologické služby jsem si vyžádal výpis z Databáze geologicky dokumentovaných objektů. Z blovické oblasti jsem získal data ze dvou vrtů – V-203 (k. ú. Chocenice) a HJ-1 (k. ú. Hradišský Újezd). První z uvedených vrtů jsem si vybral z toho důvodu, že vrt se nachází v blízkosti místa, kde se v minulosti prováděl hydrogeologický vrt, ze kterého vytékala voda se zvýšenou hladinou radioaktivity, jak jsem zjistil ústním pohovorem. Druhý z vrtů je zvolen proto, že se jedná o nejhlubší vrt v blízkosti Blovic, tudíž by měl mít největší vypovídající hodnotu o geologii v okolí. Výpis z databáze byl proveden dne 16. února 2016. Detailní výpis z databáze je umístěn v příloze, níže jsou shrnuta základní data.

|                                 | V - 203                                | HJ - 1                             |
|---------------------------------|--|------------------------------------|
| <b>Nadmořská výška</b>          | 500 m n. m.                            | 460,08 m n. m.                     |
| <b>Hloubka</b>                  | 174 m                                  | 64 m                               |
| <b>Rok</b>                      | 1958                                   | 1988                               |
| <b>Účel</b>                     | ložiskový na radioaktivní suroviny     | hydrogeologický                    |
| <b>Realizace</b>                | Jáchymovské doly<br>Geologický průzkum | Stavební geologie, n.p.<br>Praha   |
| <b>Geologické jednotky</b>      | Blovické proterozoikum                 | neurčeno                           |
| <b>Stratigrafie</b>             | proterozoikum, kvartér                 | proterozoikum, kvartér,<br>terciér |
| <b>Horniny</b>                  | břidlice, buližník, křemen             | břidlice, jíł                      |
| © Česká geologická služba, 2016 |  |                                    |

Tabulka 15 - Informace o vrtech na Blovicku (Česká geologická služba, 2016)

Dílčí závěr: zastížené geologické profily vybraných vrtů ověřují správnost zařídění oblasti do proteozoika, a to především nálezem hornin typu bulžníku s příměsí grafitu, pyritu a metamorfované grafitické a drobové břidlice.

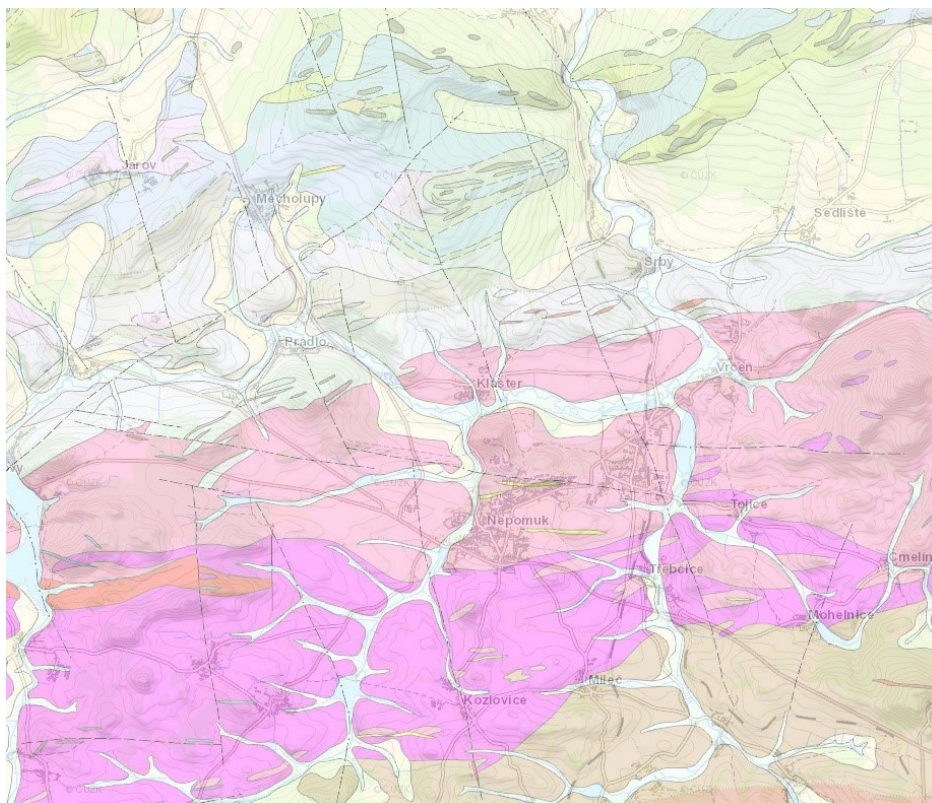
Zajímavá je informace o přítomnosti bulžníku ve formě mylonitu v nejhlubší části vrtu V – 203. Podle definice je název mylonit genetický termín, který charakterizuje velikost a intenzitu deformace horniny. Konkrétně se jedná o horninu, která vykazuje progresivní změnu velikosti zrna v průběhu deformace. Nejčastěji se s tímto typem horniny setkáme v oblastech zlomových struktur. To by odpovídalo důvodu, pro který byl tento vrt proveden, a tím je detekce výskytu uranu.

## **2.4 Geologie – Nepomucko**

Nepomucko leží na rozhraní dvou systémů – obecně předprvohorních vulkanických spilítů (barrandienské proteozoikum ) a žuly z konce prvohor. Jedná se o oblast středočeského plutonu, která zasahuje úzkým jazykem z oblasti od Příbrami. Středočeský plutonický komplex je rozsáhlé těleso vyvřelých hornin (plutonických a žilných) různorodého petrologického a chemického složení, tvořený převážně granitoidy doplněnými menšími tělesy neutrálních a bazických hlubinných vyvřelých hornin dioritů a gabra (Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky, 2016).

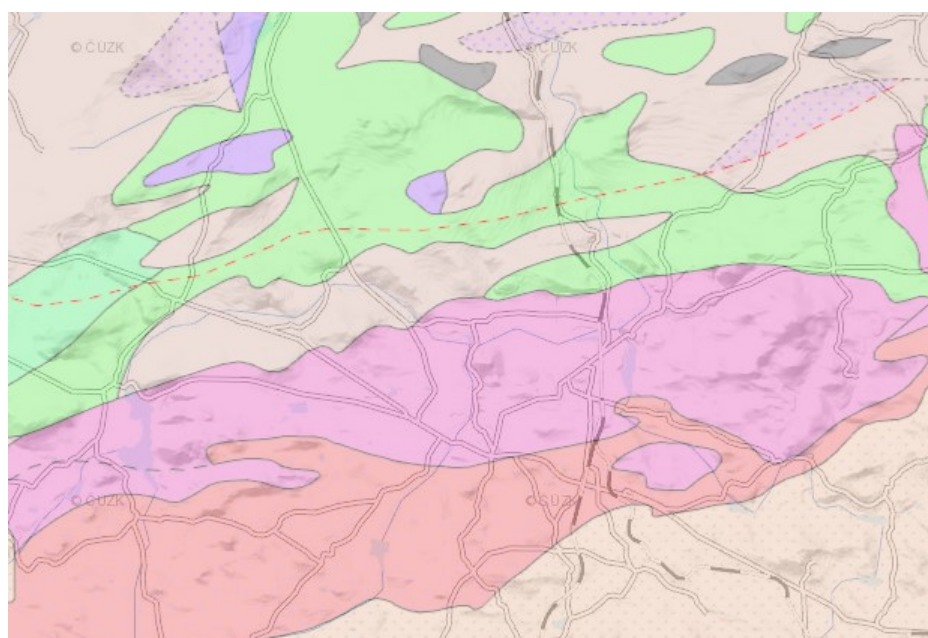
Na obrázku 14 je pro lepší orientaci v celkové geologické situaci proveden výřez většího území tak, aby byl patrný úzký pruh středočeského plutonu z příbramského směru. Odstíny růžové značí území středočeského plutonu. Odstíny béžové a žluté označují oblasti proterozoika Barrandienu.





Obrázek 15 - Geologická mapa 1 : 50 000, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016)

Další obrázek popisuje již přímo zájmovou oblast Nepomucka z geologického hlediska.



Obrázek 16 - Geovědní mapy 1 : 500 000, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016)



| Barva                             | Období                  | Popis  | Region                   |
|-----------------------------------|-------------------------|--|--------------------------|
| zelená                            | prekambrium             | bazalty, bazaltické andesity a jejich alkalické ekvivalenty a tufy, nejvýš anchimetamofrované        | Český masiv              |
| tmavě růžová ohraničená s tečkami | neoproterozoikum        | olistostromy, anchimetamorfované až slabě metamorfované  |                          |
| šedá tmavě růžová                 |                         | břidlice, droby (rytmické střídání, flyšový vývoj), masivní tělesa drob - anchimetamorfované         |                          |
| světle růžová se zelenými tečkami | prekambrium paleozoikum | ruly: nízký tlak (cordieritické ruly, cordieritické migmatity)                                       |                          |
| růžová                            | neurčeno                | biotitické až amfibol-biotitické monzogranity až granodiority a trondhjemity, hrubě - středně zrnité | oblast variská intruziva |
| růžovo-červená                    |                         | peraluminické cordieritické granity až tonality  |                          |

Tabulka 16 - Legenda k obrázku číslo 16 (dle (Česká geologická služba, 2016))

#### 2.4.1 Geologické profily vybraných vrtů na Nepomucku

U České geologické služby jsem si vyžádal výpis z Databáze geologicky dokumentovaných objektů. Z nepomucké oblasti jsem získal data ze tří vrtů – NO-44/79 (k. ú. Novotníky), NO 45/80 (k. ú. Novotníky) a 1-PR (k. ú. Prádlo). První z vrtů byl vybrán díky blízkosti vrtu a štoly na vrchu Hůrka, druhý z důvodu jeho hloubky a třetí opět díky blízkosti vrtu a štoly na vrchu Borek. Výpis z databáze byl proveden dne 16. února 2016. Detailní výpis z databáze je umístěn v příloze.

|                            | NO-44/79   | NO 45/79   | 1-PR                                  |
|----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| <b>Nadmořská výška</b>     | 515,68 m n. m.   | 474,40 m n. m.                                   | 532,70 m n. m.                        |
| <b>Hloubka</b>             | 266,70 m   | 1200 m   | 149,70 m                              |
| <b>Rok</b>                 | 1979   | 1981   | 1959                                  |
| <b>Účel</b>                | ložiskový na rudy  | ložiskový na radioaktivní suroviny               |                                       |
| <b>Realizace</b>           | Uranový průzkum, závod Příbram                           |  | Jáchymovské doly - Geologický průzkum |
| <b>Geologické jednotky</b> | Barrandien, Středočeský pluton                           | Středočeský pluton, Blovické proterozoikum       | Blovické proterozoikum                |
| <b>Stratigrafie</b>        | proterozoikum svrchní, hercynské stáří vyvřelin, kvartér | kvartér, hercynské stáří vyvřelin, proterozoikum | proterozoikum svrchní, kvartér        |
| <b>Horniny</b>             | břidlice, buližník, granodiorit                          | žula, rohovec, břidlice                          | břidlice, limonit, pyrit              |

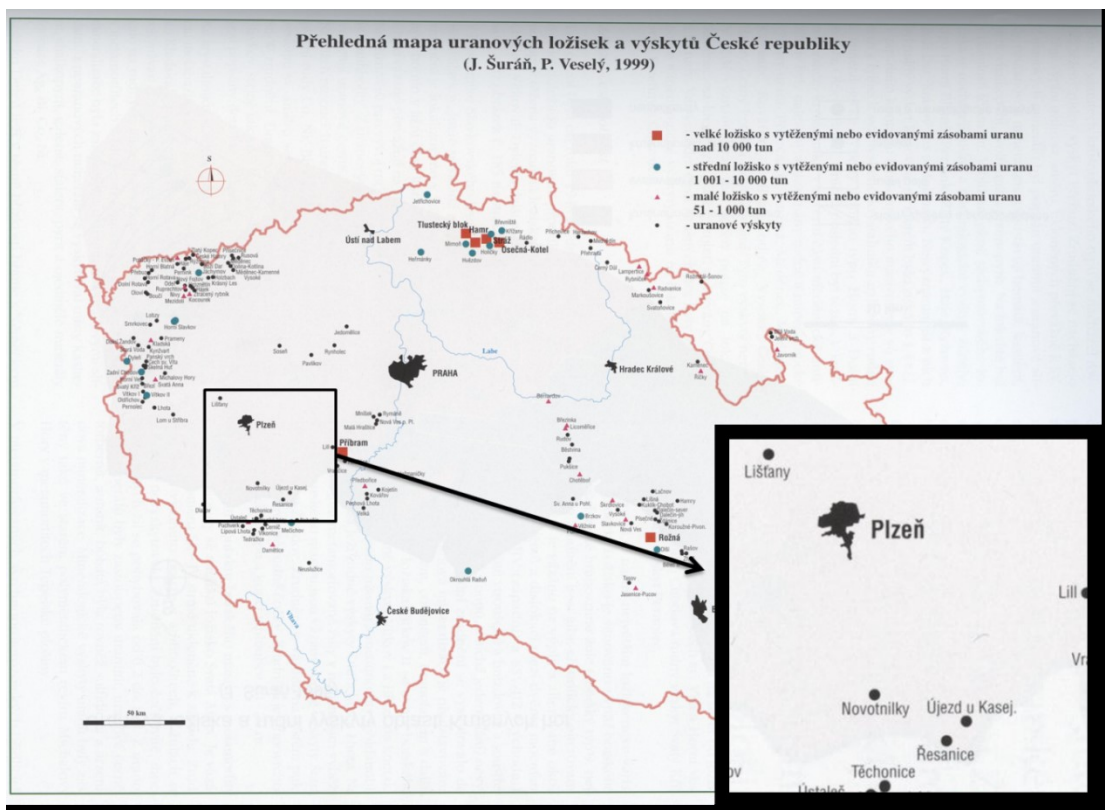
© Česká geologická služba, 2016

Tabulka 17 - Informace o vrtech na k. ú. Prádlo a Novotníky (Česká geologická služba, 2016)

Dílčí závěr: profily hodnocených vrtů zastihují pro oblast charakteristické rozhraní pro-  
 teozoického a plutonského systému. V podrobných výpisech se objevuje velká variabilita  
 zastižených horninových příměsí, které jsou pro tuto oblast typické – křemen, kalcit, py-  
 rit, chlorit, fluorit, pyrhotin - a dokazují výrazné zrudnění této oblasti. Častý je také výskyt  
 hornin ve formě mylonitu.

## 2.5 Ložiska uranu v okrese Plzeň-jih

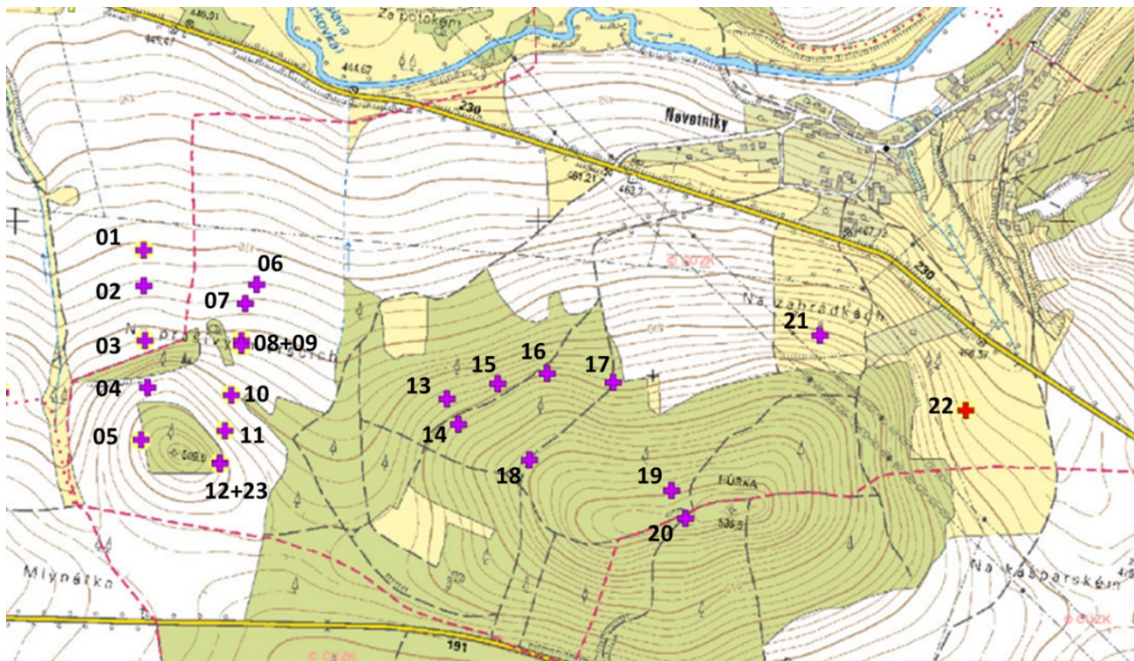
Při práci na vybraném tématu jsem postupně na základě různých ústních sdělení pamět-  
 níků zjistil, že pravděpodobně v nepomucké oblasti v nedávné historii docházelo k těžbě  
 uranu. Vzhledem k tomu, že oblast mého bydliště není uranovou lokalitou a nikdy jsem  
 žádnou informaci o uranu v této oblasti nezaznamenal, bylo to zjištění velmi překvapivé.  
 Pokusil jsem se dále o tuto problematiku zajímat, i když souvisí s mým tématem spíše  
 okrajově. Nejdříve bylo hledání pramenů velmi složité a neúspěšné a já začal pochybovat  
 o reálnosti původních informací. Nakonec byla pravdivost ústních informací ověřena pu-  
 blikovanou níže uvedenou mapou, na které je oblast Novotníků zakreslena jako uranový  
 výskyt.



Obrázek 17 - Přehledná mapa uranových ložisek a výskytů v ČR (Šuráň et al., 1997)

### 2.5.1 Průzkum radioaktivních ložisek na vrchu Hůrka

Na území Nepomucka se prokazatelně těžil uran na vrchu Hůrka u Novotníků (součást obce Prádló). V současné době se na tomto vrchu nachází mnoho průzkumných vrtů, z nichž jeden (na mapě označen červeným křížkem; kóta 474,4) má hloubku 1200m. Tento vrt vytvořený Uranovým průzkumem, závod Příbram z roku 1981, je klasifikován jako ložiskový na radioaktivní suroviny.



Obrázek 18 - Vrtná prozkoumanost vrchu Hůrka u Novotníků, mapa Vrtné prozkoumanosti, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016) , upraveno

| Čís. | Identifikace | Hloubka | Účel                               | Kóta   | Rok  | Instituce                            |
|------|--------------|---------|------------------------------------|--------|------|--------------------------------------|
| 1    | NO-32/79     | 208,7 m | ložiskový na rudy                  | 469,81 | 1979 | Uranový průzkum, závod Příbram       |
| 2    | NO-31/79     | 184,7 m |                                    | 473,82 | 1979 |                                      |
| 3    | NO-30/79     | 165,6 m |                                    | 480,77 | 1979 |                                      |
| 4    | NO-29/79     | 159 m   |                                    | 495,46 | 1979 |                                      |
| 5    | NO-23/79     | 210,5 m |                                    | 501,42 | 1979 |                                      |
| 6    | NO-26/79     | 102,5 m |                                    | 473,41 | 1979 |                                      |
| 7    | NO-21/79     | 155 m   |                                    | 475,9  | 1979 |                                      |
| 8    | NO-24/79     | 234,3 m |                                    | 481,45 | 1979 |                                      |
| 9    | NO-26A/79    | 180,1 m |                                    | 482,15 | 1979 |                                      |
| 10   | NO-27/79     | 202,8 m |                                    | 488,95 | 1979 |                                      |
| 11   | NO-28/79     | 250 m   |                                    | 495,96 | 1979 |                                      |
| 12   | NO-25/79     | 229,2 m |                                    | 500,43 | 1979 |                                      |
| 13   | 5-NO         | 117,4 m | ložiskový na radioaktivní suroviny | 495,5  | 1960 | Jáchymovské doly, Geologický průzkum |
| 14   | 15 NO        | 268 m   |                                    | 498,9  | 1960 |                                      |
| 15   | 3-NO         | 160 m   |                                    | 469,3  | 1960 |                                      |
| 16   | 6-NO         | 180 m   |                                    | 495,7  | 1960 |                                      |
| 17   | NO-43/79     | 275 m   | ložiskový na rudy                  | 498,33 | 1979 | Uranový průzkum, závod Příbram       |
| 18   | NO-44/79     | 266,7 m |                                    | 515,68 | 1979 |                                      |
| 19   | 1-NO         | 208,3 m | ložiskový na radioaktivní suroviny | 530,2  | 1959 | Jáchymovské doly, Geologický průzkum |
| 20   | 14 NO        | 227,6 m |                                    | 532,3  | 1960 |                                      |
| 21   | NO-42/79     | 203,4 m | ložiskový na rudy                  | 492,01 | 1979 | Uranový průzkum, závod Příbram       |
| 22   | NO 45/80     | 1200 m  | ložiskový na radioaktivní suroviny | 474,4  | 1981 |                                      |
| 23   | NO-22/79     | 133 m   | ložiskový na rudy                  | 500,66 | 1979 |                                      |

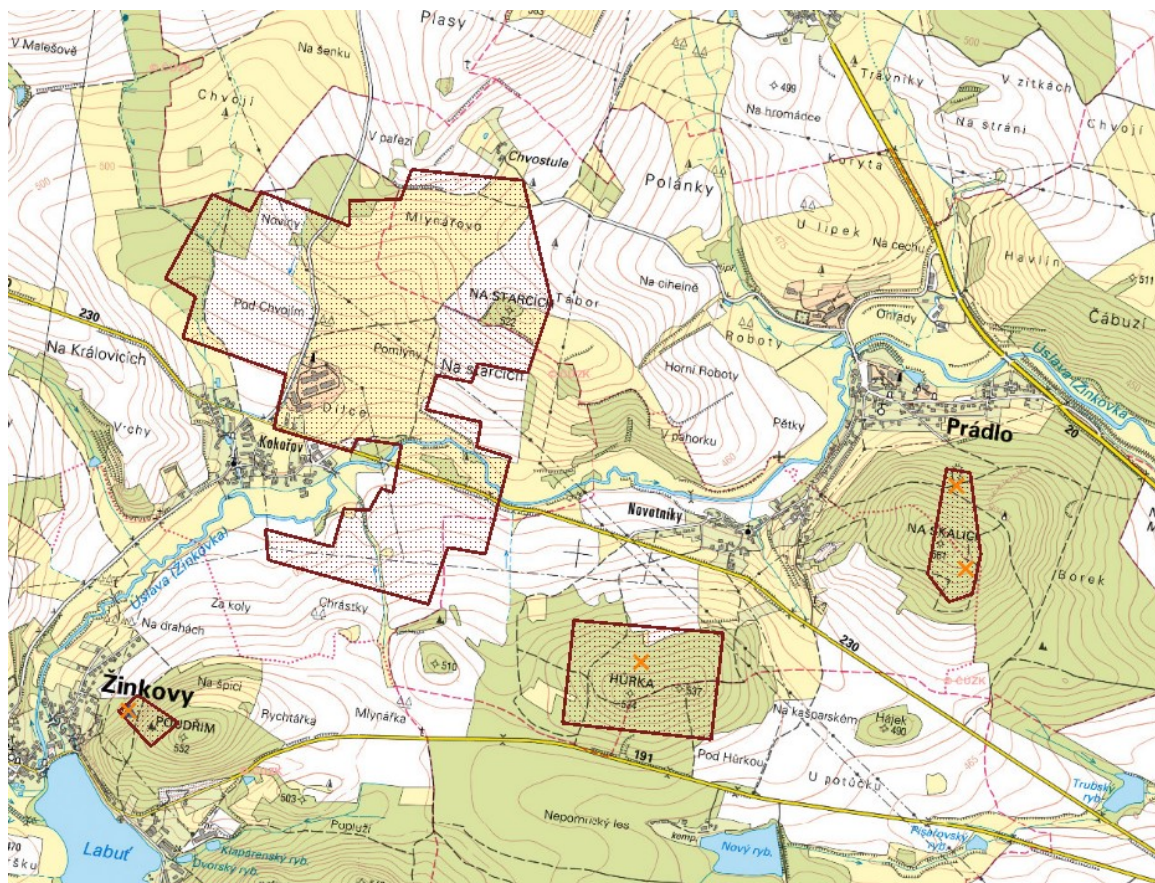
Tabulka 18 - Seznam vrtů na vrchu Hůrka (dle (Česká geologická služba, 2016))

Vrt č. 22: 1 strukturální vrt do hloubky 1200 m. Vrt ověřil charakter kontaktu klatovské apofýzy s proterozoickým souvrstvím (intruzivní kontakt), charakter metamorfózy a petrografického složení v těsném okolí kontaktu, geologický profil daného vrtu je uveden v příloze (Česká geologická služba, 2016).

### 2.5.2 Těžba uranu na k. ú. Novotníky a Prádlo

O těžbě uranu v katastrálních územích Novotníky a Prádlo u Nepomuka se bohužel nedochovalo žádné kvalitní materiály, ale jen útržkovité informace například v místní kronice nebo od pamětníků. Na níže uvedené mapě je zakres zaniklých důlních děl na zájmovém území, které odpovídají dřívějším těžebním lokalitám uranu.





Obrázek 19 – Mapa poddolovaných území; Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016)

Těžba uranové rudy v oblasti začala na počátku 50. let minulého století v souladu s požadavky Sovětského svazu po uranu. Jednalo se o ložiska se žilným zrudněním, která se těžila výhradně podzemním dobýváním. Vytěžená ruda byla odvážena do Příbrami na další zpracování. Těžba byla ukončena začátkem 60. let, kdy cena uranu na světových trzích klesla natolik, že daný typ získávání uranu již nebyl ekonomicky zajímavý (Tomek, 2016).

K negativním ekologickým důsledkům klasického podzemního dobývání patří terénní změny způsobené propadáním půdy a zakládáním úložišť vytěžené hlušiny, která je více či méně radioaktivní a volně vyzařuje. Podle mého místního šetření (viz fotodokumentace) jsou hlušinové haldy v místech těžby ještě nyní - po cca 50 letech od ukončení činnosti - stále patrné.

### **2.5.2.1 Výsledky místního šetření**

Během prosince 2015 jsem provedl několik návštěv lokality Hůrka a Borek, kde se mi za pomoci pamětníků podařilo najít pozůstatky těžby, a to jednak zasypaný vstup do šachty a hlušinové haldy na kopci Hůrka a dále původní vstup do šachty na Borku, kde se na rozdíl od Hůrky do dolu vstupovalo kolmo k hoře, nikoli směrem dolů. Fotodokumentace obou lokalit je uvedena v Příloze č.2.

Dnes již není možné bez detekce záření např. přenosným gamaspektrometrem v přírodě zájmových území nalézt uranovou rudu. RNDr. Tykal ale ve své sbírce ledvinový agregát uraninitu nalezený na vrchu Hůrka má a je dokumentován na níže uvedené fotografii.



**Obrázek 20 - Uraninit ze sbírky RNDr. Tykala**

V příloze č.3 této zprávy jsou uvedeny nalezené informace z kronik vážící se k těžbě uranu v lokalitě Prádlo, příloha č. 4 pak obsahuje soupis ústních informací od pamětníků týkající se téže problematiky.

## **3 Zhodnocení výsledků a závěr**

Záměrem předložené práce bylo najít souvislost mezi výskytem radonu v prostředí a geologickým podložím ve vybraných zájmových lokalitách, kterými byla okolí obcí Blovice a Nepomuk.

Kvantifikace obsahu radonu v životním prostředí byla provedena pomocí tzv. radonových map s vyznačenou hodnotou radonového indexu. V oblasti Blovicka je deklarován nízký až střední radonový index, Nepomucko je prakticky celé zahrnuto v oblasti vysokého radonového indexu. Tato data jsou podložena a verifikována také statistikou výsledků měření objemové aktivity radonu v odběrných místech ve vtipovaných budovách podle

Státního programu vyhledávání budov s vyšším výskytem radonu. Podle tohoto zdroje informací se v okolí Blovic pouze v jednom ze 73 proměřených objektů vyskytuje objemová aktivita radonu v atmosféře budovy nad hodnotou  $400 \text{ Bq/m}^3$ . V Nepomuku a okolí bylo v tomto programu proměřeno celkem 359 budov, z nichž limitu  $400 \text{ Bq/m}^3$  nevyhovělo 141 objektů a v dalších 21 byla dokonce naměřena objemová aktivita radonu nad  $1000 \text{ Bq/m}^3$ . Naměřená průměrná objemová aktivita Rn přímo v geologickém podloží je na Nepomucku ve srovnání s Blovicem přibližně ve dvojnásobných hodnotách.

Byla formulována hypotéza, že vzhledem ke znalosti geneze vzniku radonu v přírodě musí existovat návaznost zjištěných odchylek obou lokalit na jejich geologickou strukturu. Konkrétně se jednalo o potvrzení existence či absence hornin s uranovým zrudněním v daném místě. Pro zjištění těchto informací bylo nutné obě porovnávané lokality zařadit do geomorfologických celků a ty pak popsat z geologického hlediska. Bylo zjištěno, že zkoumané oblasti se skutečně liší svým geologickým původem a tím pádem i horninami tvořícími podloží.

Blovicko se nachází v části barrandienského proterozoika, jehož základem jsou mořské sedimenty částečně metamorfované. Usazené horniny nevynikají výraznějším zrudněním, což koresponduje s nízkým výskytem radonu, který nemá v této oblasti přítomný uran jako předpoklad pro svoji genezi.

Naopak Nepomucko má z geologického pohledu všechny předpoklady pro výrazné zrudnění podloží. Prvním je přítomnost výběžku středočeského plutonu, jakožto tělesa vyvřelých hornin se zásadním obsahem granodioritů, kde se obohacení o významné kovové i nekovové prvky dá předpokládat již z principu jeho vzniku. Tato skutečnost je ještě umocněna existencí rozhraní plutonického tělesa a v severním směru barrandienského proterozoika. V okrajových částech plutonu vlivem vhodných míst k rozlité vyvřelin docházelo k dalšímu obohacování hornin. Oblast je pak také bohatá na tektonické zlomy, které umožňují snadnější migraci prvků směrem k povrchu, což má také vliv na množství detekovaného radonu.

Tyto geologické informace byly zjištěny z mapových podkladů, ale bylo je třeba ověřit ještě z prakticky naměřených dat. K tomu byly využity informace o geologických profilech vybraných vrtů v zájmových oblastech, o které byla požádána Česká geologická služba. V oblasti Blovicka se bohužel nepodařilo nalézt dostatečně hluboké vrty, přesto jejich profil dokladuje zastížení sedimentů - proterozoika s výskytem břidlic a pro danou

oblast typického bulžníku (silicitu). Poznámka o mylonitu zastiženém ve vrtném profilu, který je typický pro významné tektonické zóny, vysvětluje zjištěné údaje o nálezů uranového zrudnění v oblasti Chocenic.

Jako hlavní a vyčerpávající zdroj informací o geologickém profilu oblasti Nepomucka je 1200 m hluboký průzkumný vrt na kopci Hůrka. Zastihuje jak pluton, tak i proteozoikum, což je významný důkaz průběhu rozhraní mezi těmito dvěma systémy právě v dané oblasti. Bohaté zrudnění lze odvodit z velkého počtu přítomných typů minerálů. Je deklarována také přítomnost mylonitických forem hornin.

Jako původně nepředpokládaný, ale nakonec zásadní fakt pro důkaz přítomnosti uranu jako prekurzoru vzniku radonu v oblasti Nepomucka bylo zjištění, že zde v minulosti byla těžena uranová ruda. Podle dostupných informací předpokládám, že se jednalo o ložiska plutonického typu, a to U - sulfidické formy. Ta je typická strukturou žilní s křemen-karbonátovou hlušinou, což je v souladu s podzemním dolováním ložiska i s nálezy pyritu v geologických profilech ve vrtech v dané oblasti.

Z předložené práce vyplývá, že přítomnost rozdílně vysoké objemové aktivity radonu v prostředí v lokalitě Blovicka a Nepomucka má svůj původ v geologickém složení podloží těchto oblastí, jak bylo dokázáno souhlasně z několika využitých zdrojů. Podle znalosti polohy určité lokality na geologické mapě lze tedy s určitou přesností odhadnout předpokládané radonové riziko, i když vzhledem k možnému pohybu radonu po zlomových liniích není odhad jistotou, které lze dosáhnout pouze experimentálním stanovením skutečné hodnoty.

## **4 Seznam použité literatury**



ANG, Martin. Buližníky Brd a Podbrdská. Brdské listy [online]. Rokycany, 2014 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.brdskelisty.cz/historie-a-mistopis/bulizniky-brd-a-podbrdaska.html>

BIPM: Bureau International des Poids et Mesures [online]. Sèvres, 2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.bipm.org>

ČECHÁK, Tomáš, Aleš FROŇKA, Milan MATOLÍN, Ladislav MOUČKA, Kateřina ROVENSKÁ, Lenka THINOVÁ a Oldřich FROŇKA. KATEDRA DOZIMETRIE A APLIKACE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ FAKULTY JADERNÉ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÉ ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE. *Dozimetrie a radioaktivita životního prostředí: studijní materiály k předmětu*. První. Praha: Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze, 2013 [cit. 2016-03-13].

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Česká geologická služba [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: [geology.cz](http://geology.cz)

PROF. DR. DANĚK, Gustav. Mineralogie a geologie pro učitelské ústavy. Druhé přepracované a rozšířené vydání. Praha: Československá grafická unie a.s., 1935. ISBN není. Schváleno výnosem ministerstva školství a národní osvěty ze dne 26. června 1935 č. 75.741/35-II/1, jako učebnice pro učitelské ústavy s československým jazykem vyučovacím v znění českém.

GEOFYZIKÁLNÍ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČR, V. V. I. Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, v. v. i. [online]. První. Praha, 2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.ig.cas.cz/>

HESLOP, R. B., K. JONES, Karel DOSTÁL (překl.) a František JURŠÍK (překl.). Anorganická chemie: Průvodce pro pokročilé studium. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury n. p. - Redakce chemické literatury, 1982, 836 s. ISBN není.

CHLUPÁČ I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stránilík Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia Praha, 436 s.

JIRÁSEK, J., SIVEK, M., LÁZNIČKA, P.: *Ložiska nerostů*. Ostrava: Anagram, 2010. ISBN 978-80-7342-206-6

JIRÁSEK, J., VAVRO, M.: Nerostné suroviny a jejich využití. Ostrava: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR & Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1378-3

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Surovinové zdroje České republiky - nerostné suroviny: stav 2000. První. Praha: Geofond ČR, 2001. ISBN 80-7212-179-0. Dostupné také z: <http://www.geology.cz/extranet/publikace/online/surovinove-zdroje/SUROVINOVE-ZDROJE-CESKE-REPUBLIKY-2001.pdf>

MOJŽÍŠ, Josef. LETOPISECKÁ KOMISE OBCE NOVOTNÍKY. Pamětní kniha obce Novotníky. Nevydáno. Novotníky, Prádló: nepublikováno, 1970, 280 s. ISBN není. Dostupné také z: [http://www.portafontium.eu/iipimage/30560633/soap-pj\\_00564\\_obec-pradlo-1918-1970\\_0010](http://www.portafontium.eu/iipimage/30560633/soap-pj_00564_obec-pradlo-1918-1970_0010). Kronika.

MUCHA, Josef. RDM servis: Měření radonu v Plzni a okolí [online]. Spálené Poříčí, 2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.radon-servis.cz/>

PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE, *Radon* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, 2016, Datum poslední revize 10. 02. 2016, 18:10 UTC, [citováno 20. 02. 2016]

SKALICKÁ-FREITINGER, Zuzana, Jiří HALAŠKA, Renata HAVRÁNKOVÁ, et al. Radiobiologie [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/>

STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost [online]. Praha [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/>

STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Radiační ochrana: Doporučení - Stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením* [online]. První. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2012 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.radonpozemky.cz/dokumenty/doporuceni-stanoveni-radonoveho-indexu-pozemku-primym-merenim-SUJB-2012.pdf>

STÁTNÍ ÚŘAD RADIAČNÍ OCHRANY V. V. I. *Radonový program* [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.radonovyprogram.cz/>

Do nitra hmoty: Přeměnové řady. STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ VSETÍN. Střední průmyslová škola strojnická Vsetín: Centrum technického a přírodovědného vzdělání [online]. Vsetín [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: [http://www.spssvsetin.cz/index\\_htm\\_files/dumy/06/rady.htm](http://www.spssvsetin.cz/index_htm_files/dumy/06/rady.htm)

SÚRO V. V. I. Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.: National Radiation Protection Institute [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: [www.suro.cz](http://www.suro.cz)

ŠTELCL, Jindřich a Václav VÁVRA. ÚSTAV GEOLOGICKÝCH VĚD, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA, MASARYKOVA UNIVERZITA. *Multimediální mineralogicko - petrografický exkurzní průvodce po území Čech* [online]. Brno, 2007, 8. 4. 2011 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz>. Vytvořeno za podpory Fondu rozvoje vysokých škol, projekt FRVŠ č. 86/2007.

ŠURÁŇ, J. a T. VESELÝ. *Uranový průzkum v České republice: Současnost a minulost*. Uhlí, Rudy, Geologický průzkum 4, 372-376, 1997.

TEGEL, Jakub. Odstranění radonu z menších zdrojů pitné vody za pomoci sorpce na nepolární pevné materiály [online]. Pardubice, 2010 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <https://socv2.nidv.cz/archiv32/getWork/hash/f359dbf2-2529-11df-ae82-001e6886262a>. Středoškolská odborná činnost. SPŠCH Na Třísle 135, 530 88 Pardubice. Zadavatelem práce je VŠ Báňská Fakulta bezpečnostního inženýrství.

TOMEK, Prokop. *Československý uran 1945-1989: Těžba a prodej československého uranu v éře komunismu* [online]. 1. [cit. 2016-03-05]. ISBN není.

TÖLGYESSY, Prof. Ing. Juraj, DrSc. a kolektiv autorů: *Malá encyklopédia chémie*. 3. vyd. Bratislava: Obzor n.p., 1981, 816s. ISBN není.

ULLMANN, Vojtěch. *KLINIKA NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY FNŠP OSTRAVA-PO-RUBA. AstroNuklFyzika: jaderná fyzika - astrofyzika - kosmologie - filosofie* [online]. Ostrava [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/>

Ústav geotechniky [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky, 2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://geotech.fce.vutbr.cz/>

ZIMÁK, Jiří. *Ložiska nerostných surovin* [online]. 1. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci [cit. 2016-03-05]. ISBN není.

## 4.1 Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1 - Rozdělení dávek radioaktivity obyvatelstvu (Státní ústav radiační ochrany, 2016).....  | 7  |
| Obrázek 2 - Thoriová přeměnová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016) .....   | 12 |
| Obrázek 3 - Neptuniová přeměnová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016).....  | 12 |
| Obrázek 4 - Radiová rozpadová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016). 13  |    |
| Obrázek 5 - Aktiniová přeměnová řada (Střední průmyslová škola strojnická Vsetín, 2016) .....  | 13 |
| Obrázek 6 - Celková posloupnost v přírodě se vyskytujících přeměnových řad (Skalická-Freitinger et al., 2016) .....  | 14 |
| Obrázek 7 - Schematická geologická mapa ČR (Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky, 2016) .....   | 16 |
| Obrázek 8 - Uran - radiová přeměnová řada (Skalická-Freitinger et al., 2016) .....   | 19 |
| Obrázek 9 - Klasifikační graf pro stanovení radonového indexu pozemku v ČR (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016).....                                  | 27 |
| Obrázek 10 - Radon v podloží a objektech v závislosti na typu podloží (Česká geologická služba, 2016).....   | 29 |
| Obrázek 11 – Mapa „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“; .....   | 30 |
| Obrázek 12 - Mapa „Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky“; .....   | 33 |
| Obrázek 13 - Stratigrafické schéma proterozoika Barrandienu (Chlupáč et al., 2002) .....   | 36 |
| Obrázek 14 – Výřez Blovice z Geovědní mapy 1 : 500 000, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016).....   | 37 |
| Obrázek 15 - Geologická mapa 1 : 50 000, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016).....  | 40 |
| Obrázek 16 - Geovědní mapy 1 : 500 000, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016).....   | 40 |
| Obrázek 17 - Přehledná mapa uranových ložisek a výskytů v ČR (Šuráň et al., 1997).....   | 42 |
| Obrázek 18 - Vrtná prozkoumanost vrchu Hůrka u Novotníků, mapa Vrtné prozkoumanosti, Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016) , upraveno..... | 43 |
| Obrázek 19 – Mapa poddolovaných území; Česká geologická služba (Česká geologická služba, 2016).....  | 45 |
| Obrázek 20 - Uraninit ze sbírky RNDr. Tykala.....  | 46 |

## 4.2 Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 - Průměrný roční příjem přírodních radionuklidů ingescí a inhalací (Skalická-Freitinger et al., 2016)..... | 11 |
| Tabulka 2 – Uran - radiová rozpadová řada a dceřiné produkty rozpadu uranu (Tegel, 2010) .....                       | 18 |
| Tabulka 3 - Přehled izotopů radonu vyskytujících se v přírodě (dle (Heslop et al., 1982)) .....                      | 18 |
| Tabulka 4 - Radonové riziko vzhledem k horninovému typu (Tegel, 2010).....   | 21 |
| Tabulka 5 - Některé příčiny a počty úmrtí (Státní ústav radiační ochrany, 2016) .....                                | 25 |
| Tabulka 6 - Klasifikační tabulka pro stanovení radonového indexu pozemku v ČR (Česká geologická služba, 2016) .....  | 28 |
| Tabulka 7 - Legenda k obrázku číslo 10 (dle (Česká geologická služba, 2016)).....                                    | 29 |
| Tabulka 8 - Legenda k obrázku číslo 11 (Česká geologická služba, 2016).....  | 30 |
| Tabulka 9 - Informace o městu Blovice (Státní ústav radiační ochrany, 2016) .....                                    | 31 |
| Tabulka 10 - Tabulka s podrobnými údaji naměřených dat v obrázku číslo 11 (dle (Česká geologická služba, 2016))..... | 32 |
| Tabulka 11 - Legenda k obrázku číslo 12 (Česká geologická služba, 2016).....   | 33 |
| Tabulka 12 - Informace o městu Nepomuk (Státní ústav radiační ochrany, 2016) .....                                   | 34 |
| Tabulka 13 - Tabulka s podrobnými údaji naměřených dat v obrázku číslo 12 (dle (Česká geologická služba, 2016))..... | 34 |
| Tabulka 14 - Legenda k obrázku číslo 14 (dle (Česká geologická služba, 2016)).....                                   | 38 |
| Tabulka 15 - Informace o vrtech na Blovicu (Česká geologická služba, 2016).....                                      | 38 |
| Tabulka 16 - Legenda k obrázku číslo 16 (dle (Česká geologická služba, 2016)).....                                   | 41 |
| Tabulka 17 - Informace o vrtech na k. ú. Prádlo a Novotníky (Česká geologická služba, 2016) .....                    | 41 |
| Tabulka 18 - Seznam vrtů na vrchu Hůrka (dle (Česká geologická služba, 2016)) .....                                  | 44 |

## 4.3 Seznam příloh

Příloha č. 1: Geologické profily vrtů

Příloha č. 2: Fotografie lokalit Hůrka a Borek

Příloha č.3: Informace z kronik

Příloha č.4: Vzpomínky pamětníků na těžbu uranu

## 5 Přílohy

### 5.1 Geologické profily vrtů

19. 3. 2016 Výpis geologické dokumentace objektu 1-PR [ 362435 ]

Česká geologická služba gd3v  
databáze geologicky dokumentovaných objektů

**STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU**  
**1-PR [ Prádló ]**

|                 |   |                                  |             |               |        |             |
|-----------------|---|----------------------------------|-------------|---------------|--------|-------------|
| Klíč báze GDO   | : 362435                                | Číslo posudku                    | : P078270   | Mapy 1:25.000 | 22-132 | M-33-88-C-a |
| Souřadnice - X  | : 1098798.10                            | Y                                | : 814413.80 | [ zaměřeno ]  |        |             |
| Nadmořská výška | : 532.70                                | [ zaměřeno ( systém neuveden ) ] |             |               |        |             |
| Hloubka / délka | : 149.70                                | [ vrt šikmý nebo horizontální ]  |             |               |        |             |
| Účel objektu    | : ložiskový na radioaktivní suroviny    |                                  |             |               |        |             |
| Realizace       | : Jáchymovské doly - Geologický průzkum |                                  |             |               |        |             |
| Komentář        | :                                       |                                  |             |               |        |             |

---

|                          |  |
|--------------------------|--|
| hloubkový interval [ m ] | <b>stratigrafie</b><br>základní popis polohy<br>rozšíření popisu polohy<br>komentář k poloze |
|--------------------------|--|

---

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Kvartér</b>       |   |
| 0.00 - 3.00          | : půda humózní; geneze deluviální<br>přítomnost : hlína jílovitá; příměs: břidlice<br><b>Proterozoikum svrchní</b>        |
| 3.00 - 20.50         | : břidlice slídnatá, páskovaná, šedá; geneze sedimentární; příměs: limonit a chlorit                                      |
| 20.50 - 31.00        | : břidlice slídnatá, nepravidelně páskovaná, šedá; geneze sedimentární; příměs: kalcit a pyrit                            |
| 31.00 - 63.00        | : břidlice prokřemenělá, lokálně rozdrčená, šedá; geneze sedimentární<br>přítomnost : kalcit v povlacích puklin           |
| 63.00 - 65.00        | : mylonit; geneze metamorfovaná; příměs: grafit<br>přítomnost : brekcie   |
| 65.00 - 80.00        | : břidlice silně tektonicky porušená; geneze sedimentární; příměs: grafit<br>přechod : břidlice rozpukaná; příměs: kalcit |
| <b>Stáří neznámé</b> |   |
| 80.00 - 85.00        | : ztráta jádra<br><b>Proterozoikum svrchní</b>  |
| 85.00 - 149.70       | : břidlice prokřemenělá, lokálně rozpukaná, šedá; geneze sedimentární; příměs: pyrit<br>přítomnost : buřičník v čočkách   |

**ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY**

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| 3.00 - 149.70 | : Bloučické proterozoikum |
|---------------|---------------------------|

---

Hladina podzemní vody neuvedena

Česká geologická služba  
 databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

**STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU  
 NO-44/79 [ Prádlfo ]**

Klíč báze GDO : 362424 Číslo posudku : P073146 Mapy 1:25.000 22-132 M-33-88-C-a  
 Souřadnice - X : 1099456.82 Y : 815016.86 [ zaměřeno ]  
 Nadmořská výška : 515.68 [ Balt po vyrovnání ] Rok ukončení : 1979  
 Hloubka / délka : 266.70 [ vrt šikmý nebo horizontální ] Datum výpisu : 16.2.2016  
 Účel objektu : ložiskový na rudy  
 Realizace : Uranový průzkum, závod Příbram  
 Komentář :

**stratigrafie**  
 hloubkový interval : základní popis polohy  
 [ m ] : rozšíření popisu polohy  
 komentář k poloze

- Kvartér**
- 0.00 - 1.00 : **suť** svahová; geneze deluviální  
 přítomnost : břidlice grafitická, v ostrohranných úlomcích  
**Proterozoikum svrchní**
- 1.00 - 6.00 : **břidlice** zvětralá, grafitická, limonitizovaná  
 6.00 - 50.00 : **břidlice** grafitická, páskovaná, ojediněle s tektonickými ohlasy  
 přítomnost : pyrit v povlácích puklin  
 50.00 - 86.00 : **břidlice** rozdrčená, grafitická, páskovaná, s tektonickými ohlasy; příměs: kalcit  
 přítomnost : bulžník ve vložkách  
 66.00 - 74.00 : **břidlice** grafitická, páskovaná, s tektonickými ohlasy, tmavě šedá  
 přítomnost : kalcit v povlácích puklin; příměs: pyrit  
 74.00 - 120.00 : **břidlice** grafitická, jemnozmná, s tektonickými ohlasy, tmavě šedá  
 přítomnost : kalcit v povlácích puklin; příměs: pyrit  
 120.00 - 128.00 : **břidlice** grafitická, jemnozmná  
 128.00 - 132.00 : **bulžník** rozdrčený, jemnozmný; geneze sedimentární  
 přítomnost : přírodní dutina  
 132.00 - 149.50 : **bulžník** rozdrčený; geneze sedimentární; příměs: mylonit  
 přítomnost : křemen v žilkách  
 149.50 - 155.00 : **bulžník** jemnozmný; geneze sedimentární  
 přítomnost : křemen v žilkách, průměr, mocnost vrstev 3 cm  
 155.00 - 188.00 : **břidlice** grafitická, jemnozmná, rozdrčená, rozpukaná; příměs: mylonit  
 přítomnost : kalcit v žilkách bílý  
 188.00 - 199.00 : **bulžník** rozdrčený; geneze sedimentární  
 přítomnost : kalcit v žilkách  
 199.00 - 199.60 : **mylonit** plastický, šedozeleň; geneze metamorfovaná  
 přítomnost : žilný křemen v ostrohranných úlomcích  
**Hercynské stáří vyvělen**
- 199.60 - 236.30 : **granodiorit** rozdrčený, chloritizovaný, kaolinizovaný; geneze magmatická; příměs: křemen  
 přítomnost : pyrit v krystalech, ve výplni dutiny  
 236.30 - 239.00 : **granodiorit** rozdrčený; geneze magmatická  
 přítomnost : kalcit v žilkách; příměs: hematit  
 239.00 - 253.00 : **granodiorit** bílošedý; geneze magmatická  
 přítomnost : křemen v žilkách; příměs: hematit  
 253.00 - 262.00 : **granodiorit** slabě rozdrčený, rozpukaný; geneze magmatická  
 262.00 - 266.70 : **granodiorit** bílošedý; geneze magmatická
- ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY**
- 1.00 - 199.60 : Barrandien  
 199.60 - 266.70 : Středočeský pluton

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 18.00 druh hladiny : naražená

**Provedené zkoušky**  
 karotáž, inklinometrie



Česká geologická služba  
databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

**STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU  
NO 45/80 [ Prádlø ]**

Klíč báze GDO : 362450 Číslo posudku : P079684 Mapy 1:25.000 22-132 M-33-88-C-a  
Souřadnice - X : 1099360.70 Y : 815183.70 [ zaměřeno ]  
Nadmořská výška : 474.70 [ zaměřeno ( systém neuveden ) ] Rok ukončení : 1981  
Hĺoubka / délka : 1200.00 [ vrt šikmý nebo horizontální ] Datum výpisu : 16.2.2016  
Účel objektu : ložiskový na radioaktivní suroviny  
Realizace : Uranový průzkum, závod Příbram  
Komentář :

| hloubkový interval<br>[ m ] | <b>stratigrafie</b><br>základní popis polohy<br>rozšíření popisu polohy<br>komentář k poloze  |
|-----------------------------|---|
|                             | <b>Kvartér</b>  |
| 0.00 - 0.30                 | : ornice; geneze polygenetická  |
| 0.30 - 5.50                 | : <b>hĺina jílovitá; geneze deluviální</b><br>přítomnost : krystalická břidlice v ostrohranných úlomcích  |
| 5.50 - 12.00                | : <b>drť</b><br>přítomnost : hĺina svahová; příměs: břidlice  |
| 12.00 - 12.30               | : <b>krystalická břidlice v ostrohranných úlomcích, přemístěná</b><br>přítomnost : křemen hydrotermální, v ostrohranných úlomcích   |
| 12.30 - 16.00               | : <b>drť</b><br>přítomnost : hĺina svahová  |
| 16.00 - 16.30               | : <b>krystalická břidlice v ostrohranných úlomcích, částice řádově decimetrové, přemístěná</b>  |
| 16.30 - 19.00               | : <b>drť</b><br>přítomnost : hĺina svahová  |
| 19.00 - 19.30               | : <b>krystalická břidlice v ostrohranných úlomcích, max.velikost částic 2 dm, přemístěná</b>  |
| 19.30 - 21.80               | : <b>hĺina svahová; geneze deluviální</b><br>přítomnost : krystalická břidlice v ostrohranných úlomcích, max.velikost částic 3 dm   |
| 21.80 - 36.00               | : <b>hĺina svahová; geneze deluviální</b><br>přítomnost : rohovec písčitý   |
| 36.00 - 37.50               | : <b>hĺina svahová; geneze deluviální; příměs: rohovec</b><br>přítomnost : písek žulový   |
| 37.50 - 37.80               | : <b>žula v ostrohranných úlomcích, přemístěná</b><br>přítomnost : rohovec rozdrčený, v ostrohranných úlomcích  |
| 37.80 - 40.30               | : <b>hĺina svahová; geneze deluviální</b><br>přítomnost : rohovec v ostrohranných úlomcích  |
| 40.30 - 41.80               | : <b>Hercynské stáří vyvřelin</b><br><b>žula silně rozdrčená, alterovaná</b><br>přítomnost : rohovec silně rozdrčený  |
| 41.80 - 55.60               | : <b>žula alterovaná, hematizovaná, chloritizovaná; geneze magmatická</b><br>přítomnost : kalcit lokálně v povlacích puklin   |
| 55.60 - 89.70               | : <b>žula chloritizovaná, v povlacích puklin; geneze magmatická</b><br>přítomnost : kalcit v povlacích puklin<br><b>Proterozoikum</b>   |
| 89.70 - 111.80              | : <b>kontaktní rohovec biotitický, lokálně s tektonickými ohlasy; geneze metamorfovaná; příměs: chlorit</b><br>přítomnost : žula lokálně ve vložkách<br><b>Hercynské stáří vyvřelin</b> |
| 111.80 - 113.00             | : <b>žula chloritizovaná, v povlacích puklin; geneze magmatická</b><br>přítomnost : karbonát v žilkách<br><b>Proterozoikum</b>  |
| 113.00 - 123.00             | : <b>silicit kompaktní, kvarcitický, rozpukaný, šedočerný; příměs: pyrit</b><br>přítomnost : křemen v žilkách   |
| 123.00 - 135.80             | : <b>krystalická břidlice chloritická, biotitická, lokálně prokřemenělá, tektonicky porušená, šedočerná;</b><br>geneze metamorfovaná; příměs: pyrit                                     |
| 135.80 - 136.70             | : <b>krystalická břidlice silně tektonicky porušená, rozdrčená, s tektonickými ohlasy, šedočerná;</b><br>geneze metamorfovaná; příměs: pyrit  |
| 136.70 - 146.00             | : <b>silicit masivní, kvarcitický, lokálně silně prokřemenělý, šedočerný; příměs: chlorit a pyrit</b>   |
| 146.00 - 146.50             | : <b>krystalická břidlice silně rozdrčená, černošedá; geneze metamorfovaná; příměs: karbonát</b><br>přítomnost : křemen v čočkách   |
| 146.50 - 157.60             | : <b>silicit kvarcitický, silně tektonicky porušený, s tektonickými ohlasy, tmavě šedý; příměs: pyrit</b>   |
| 157.60 - 167.20             | : <b>krystalická břidlice páskovaná, prokřemenělá, šedočerná; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit</b><br>přítomnost : karbonát v žilkách  |
| 167.20 - 174.50             | : <b>silicit kvarcitický, masivní, kompaktní, světle šedý; příměs: pyrit</b>  |
| 174.50 - 175.60             | : <b>krystalická břidlice silně rozdrčená, chloritická, biotitická, šedozelená; geneze metamorfovaná;</b><br>příměs: pyrit  |



|                 |  |
|-----------------|--|
|                 | přítomnost : kalcit v žilkách  |
| 175.60 - 180.50 | : <b>kontaktní rohovec</b> lokálně rozpukaný, biotitický, hnědošedý; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : karbonát v žilkách  |
| 180.50 - 194.10 | : <b>silicit lokálně silně rozpukaný</b><br>přítomnost : krystalická břidlice lokálně ve vložkách; příměs: křemen  |
| 194.10 - 196.80 | : <b>krystalická břidlice</b> silně rozdrčená, biotitická; geneze metamorfovaná  |
| 196.80 - 200.80 | : <b>kontaktní rohovec</b> středně tektonicky porušený, s tektonickými ohlasy, tmavě šedý; geneze metamorfovaná  |
| 200.80 - 218.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> prokřemenělý, středně tektonicky porušený; geneze metamorfovaná; příměs: granát<br>přítomnost : pyrit hojně v povlacích puklin<br>přechod : krystalická břidlice lokálně    |
| 218.00 - 224.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně rozdrčený, s tektonickými ohlasy, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná; příměs: karbonát   |
| 224.00 - 235.30 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně rozdrčený, s tektonickými ohlasy, rozpadavý, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přechod : mylonit   |
| 235.30 - 253.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> páskovaný, středně tektonicky porušený; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : kalcit v povlacích puklin; příměs: chlorit                                      |
| 253.00 - 257.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně tektonicky porušený, s tektonickými ohlasy, lokálně mylonitizovaný; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit   |
| 257.00 - 259.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> biotitický, kvádřový; geneze metamorfovaná  |
| 259.00 - 262.30 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně tektonicky porušený, s tektonickými ohlasy; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit   |
| 262.30 - 280.70 | : <b>kontaktní rohovec</b> biotitický, s tektonickými ohlasy, chloritizovaný, v povlacích puklin; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : kalcit v povlacích puklin                                       |
| 280.70 - 300.30 | : <b>kontaktní rohovec</b> biotitický, lokálně prokřemenělý; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : chlorit v povlacích puklin   |
| 300.30 - 304.20 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně rozdrčený, biotitický; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : chlorit v povlacích puklin  |
| 304.20 - 305.60 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně rozdrčený, chloritizovaný, v povlacích puklin; geneze metamorfovaná   |
| 305.60 - 313.40 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně rozdrčený, biotitický; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : karbonát nepravidelně v žilkách; příměs: pyrit<br>přítomnost : chlorit v povlacích puklin                 |
| 313.40 - 313.60 | : <b>silicit</b> sklovitý, masivní, šedý   |
| 313.60 - 322.30 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně rozdrčený; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : chlorit v povlacích puklin  |
| 322.30 - 340.70 | : <b>žula hrubozrná</b> ; geneze magmatická<br><b>Proterozoikum</b>  |
| 340.70 - 351.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : tektonická brekcie lokálně s tektonickými ohlasy  |
| 351.00 - 352.00 | : <b>žulový aplit</b> světle hnědý; geneze žilná magmatická; příměs: pyrit a chlorit<br><b>Stáří neznámé</b><br><b>Proterozoikum</b>   |
| 352.00 - 374.70 | : <b>kontaktní rohovec</b> biotitický, páskovaný, tmavě šedohnědý; geneze metamorfovaná  |
| 374.70 - 385.60 | : <b>krystalická břidlice</b> velmi silně tektonicky porušená, rozpadavá, tmavě hnědošedá; geneze metamorfovaná; příměs: karbonát<br>přechod : tektonická brekcie s tektonickými ohlasy; příměs: pyrit |
| 385.60 - 393.30 | : <b>kontaktní rohovec</b> biotitický, hnědošedý; geneze metamorfovaná   |
| 393.30 - 394.70 | : <b>kontaktní rohovec</b> tektonicky porušený, rozpadavý, v ostrohranných úlomcích; geneze metamorfovaná  |
| 394.70 - 401.20 | : <b>žula hrubozrná</b> ; geneze magmatická<br>přítomnost : pyrit v povlacích puklin<br><b>Proterozoikum</b>   |
| 401.20 - 416.00 | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, hnědošedá; geneze metamorfovaná; příměs: silicidy<br>přítomnost : sekreční křemen v žilkách   |
| 416.00 - 419.40 | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, rozpadavá, ve střípkách; geneze metamorfovaná<br><b>Stáří neznámé</b>   |
| 419.40 - 419.90 | : <b>žulový aplit</b> jemnozrný, šedobílý; geneze žilná magmatická; příměs: granát<br><b>Proterozoikum</b>   |
| 419.90 - 427.80 | : <b>krystalická břidlice</b> tmavě hnědošedá; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : rohovec biotitický, v páscích  |
| 427.80 - 428.80 | : mylonit; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : kalcit v povlacích puklin   |
| 428.80 - 444.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně tektonicky porušený; geneze metamorfovaná   |
| 444.00 - 445.80 | : <b>kontaktní rohovec</b> tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přechod : krystalická břidlice   |
| 445.80 - 447.80 | : <b>krystalická břidlice</b> křemitá, černošedá; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| 447.80 - 447.90 | : tuf světlé zelenošedý<br>přítomnost : krystalická břidlice smouhovitá, prohnětená hnědošedá  |
| 447.90 - 448.60 | : <b>krystalický vápenec</b> tmavě šedočervený; geneze metamorfovaná   |
| 448.60 - 449.70 | : tuf zelenošedý<br>přítomnost : pyrit hojně v povlacích puklin  |
| 449.70 - 455.00 | : <b>krystalická břidlice</b> slabě biotilitická, tmavě šedá; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : kontaktní rohovec v páscích šedohnědý   |
| 455.00 - 456.10 | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, v ostrohranných úlomcích, s tektonickými ohlasy, tmavě šedá; geneze metamorfovaná   |
| 456.10 - 468.20 | : tuf zelenošedý; příměs: karbonát<br>přítomnost : pyrit hojně v povlacích puklin  |
| 468.20 - 475.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> lokálně laminovaný; geneze metamorfovaná; příměs: chlorit<br>přítomnost : pyrit v povlacích puklin  |
| 475.00 - 498.80 | : <b>krystalická břidlice</b> laminovaná, tmavě šedohnědá; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : pyrit ojediněle v povlacích puklin   |
| 498.80 - 505.00 | : <b>krystalická břidlice</b> slabě biotilitická, tmavě šedočerná; geneze metamorfovaná  |
| 505.00 - 507.50 | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, v ostrohranných úlomcích, s tektonickými ohlasy; geneze metamorfovaná   |
| 507.50 - 517.50 | : <b>krystalická břidlice</b> slabě biotilitická, tmavě šedočerná; geneze metamorfovaná  |
| 517.50 - 518.30 | : <b>tektonická brekcie</b><br>přítomnost : kalcit   |
| 518.30 - 536.40 | : <b>krystalická břidlice</b> slabě biotilitická; geneze metamorfovaná   |
| 536.40 - 538.50 | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, v ostrohranných úlomcích, s tektonickými ohlasy; geneze metamorfovaná   |
| 538.50 - 578.00 | : <b>krystalická břidlice</b> slabě biotilitická; geneze metamorfovaná   |
| 578.00 - 609.80 | : <b>kontaktní rohovec</b> hnědošedý; geneze metamorfovaná; příměs: křemen<br>přechod : krystalická břidlice lokálně   |
| 609.80 - 610.80 | : <b>silicit</b> jemnozrný, plastický, šedý<br>přechod : tektonická brekcie; příměs: pyrit   |
| 610.80 - 615.00 | : <b>krystalická břidlice</b> biotilitická, lokálně skvrnitá, lokálně s tektonickými ohlasy, tmavě šedá; geneze metamorfovaná  |
| 615.00 - 617.50 | : <b>křemen</b> brekciovitý; geneze žilná magmatická; příměs: pyrit<br>přítomnost : karbonát; příměs: fluorit  |
| 617.50 - 625.00 | : <b>silicit</b> černošedý<br>přítomnost : křemen v žilkách  |
| 625.00 - 635.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : křemen tence v žilkách   |
| 635.00 - 639.60 | : <b>krystalická břidlice</b> laminovaná, lokálně prokřemenělá, tmavě šedá; geneze metamorfovaná   |
| 639.60 - 644.80 | : <b>silicit</b> jemnozrný, celistvý, šedočerný; příměs: křemen<br>přítomnost : pyrit v povlacích puklin, impregnovaný   |
| 644.80 - 695.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> jemnozrný, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přechod : krystalická břidlice laminovaná   |
| 695.00 - 715.60 | : <b>kontaktní rohovec</b> rozpukaný, s tektonickými ohlasy, chloritizovaný, v povlacích puklin, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná; příměs: kalcit<br>přítomnost : jílový minerál v povlacích puklin |
| 715.60 - 731.50 | : <b>kontaktní rohovec</b> jemnozrný, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přechod : krystalická břidlice lokálně  |
| 731.50 - 734.90 | : <b>kontaktní rohovec</b> jemnozrný, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : tuf ve vložkách   |
| 734.90 - 745.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> jemnozrný, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přechod : krystalická břidlice lokálně  |
| 745.00 - 746.30 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně tektonicky porušený, s tektonickými ohlasy; geneze metamorfovaná  |
| 746.30 - 746.70 | : <b>tektonická brekcie</b><br>přítomnost : karbonát   |
| 746.70 - 751.50 | : <b>kontaktní rohovec</b> silně tektonicky porušený, s tektonickými ohlasy; geneze metamorfovaná  |
| 751.50 - 751.80 | : <b>tektonická brekcie</b><br>přítomnost : karbonát   |
| 751.80 - 772.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> jemnozrný, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přechod : krystalická břidlice lokálně  |
| 772.00 - 774.50 | : <b>kontaktní rohovec</b> s tektonickými ohlasy, rozpadavý, ve střípkách; geneze metamorfovaná  |
| 774.50 - 810.90 | : <b>kontaktní rohovec</b> jemnozrný, tmavě hnědošedý; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : kalcit lokálně v závalcích; příměs: pyrit  |
| 810.90 - 814.20 | : <b>krystalická břidlice</b> tmavě hnědošedá; geneze metamorfovaná<br>přechod : krystalická břidlice prokřemenělá   |
| 814.20 - 818.70 | : <b>silicit</b> kvarcilitický, tmavě šedý   |
| 818.70 - 823.40 | : <b>silicit</b> brekciovitý, tmavě šedý; příměs: křemen a pyrit   |
| 823.40 - 828.70 | : <b>silicit</b> kvarcilitický, tmavě šedý   |
| 828.70 - 830.80 | : <b>krystalická břidlice</b> biotilitická, křemitá, laminovaná, tektonicky porušená, černošedořalová; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit   |
| 830.80 - 831.50 | : <b>krystalický vápenec</b> tektonicky porušený, tmavě šedočerný; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : kalcit v žilkách  |
| 831.50 - 832.50 | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, černošedořalová; geneze metamorfovaná   |
| 832.50 - 833.10 | : <b>krystalický vápenec</b> tmavě šedočerný; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit  |

|                   |   |
|-------------------|---|
|                   | přítomnost : kalcit v žilkách   |
| 833.10 - 864.40   | : <b>krystalická břidlice</b> s tektonickými ohlasy, laminovaná, šedočerná; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : tuf ojedinelé ve vložkách<br><b>Stáří neznámé</b> |
| 864.40 - 871.30   | : <b>porucha alterovaná</b><br>přítomnost : karbonát v žilách<br><b>Proterozoikum</b>   |
| 871.30 - 875.50   | : <b>krystalický vápenc</b> šedý; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : kalcit v žilkách bílý  |
| 875.50 - 895.60   | : <b>krystalická břidlice</b> biotitická, křemitá, tektonicky porušená, černošedofialová; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : karbonát v žilkách                  |
| 895.60 - 899.50   | : <b>tektonická brekie</b> silně tektonicky porušená<br>přítomnost : karbonát šedobílý  |
| 899.50 - 908.00   | : <b>krystalická břidlice</b> křemitá, kamenitá, chloritizovaná, v povlacích puklin, šedočerná; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit<br>přítomnost : karbonát v povlacích puklin   |
| 908.00 - 913.40   | : <b>krystalická břidlice</b> tektonicky porušená, rozpadavá, v ostrohranných úlomcích, šedočerná; geneze metamorfovaná; příměs: pyrit a chlorit                                  |
| 913.40 - 915.10   | : <b>krystalická břidlice</b> silně tektonicky porušená, rozpadavá; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : karbonát v závalcích, max. velikost částic 4 cm šedobílý; příměs: pyrit  |
| 915.10 - 918.00   | : <b>silicit lokálně brekciovitý, světle šedočerný</b><br>přítomnost : křemen lokálně v žilkách   |
| 918.00 - 967.40   | : <b>kontaktní rohovec</b> šedohnědý; geneze metamorfovaná; příměs: karbonát<br>přechod : krystalická břidlice laminovaná   |
| 967.40 - 988.10   | : <b>silicit brekciovitý, lokálně fluidální, světle šedočerný</b><br>přítomnost : křemen jemně v žilkách bílý   |
| 988.10 - 991.00   | : <b>krystalická břidlice</b> laminovaná, šedoohnědá; geneze metamorfovaná  |
| 991.00 - 1021.90  | : <b>silicit lokálně brekciovitý, lokálně fluidální, světle šedočerný</b><br>přítomnost : křemen v žilkách bílý   |
| 1021.90 - 1032.00 | : <b>kontaktní rohovec</b> laminovaný, šedoohnědý; geneze metamorfovaná   |
| 1032.00 - 1035.40 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý, lokálně fluidální; příměs: křemen</b>   |
| 1035.40 - 1044.60 | : <b>kontaktní rohovec</b> laminovaný, šedoohnědý; geneze metamorfovaná; příměs: fluorit<br>přítomnost : křemen drobný, v žilkách   |
| 1044.60 - 1056.50 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý, světle šedočerný; příměs: pyrit</b><br>přítomnost : křemen v žilkách  |
| 1056.50 - 1058.60 | : <b>krystalická břidlice</b> grafitická, prokřemenělá, černá; geneze metamorfovaná<br>přítomnost : křemen v žilkách; příměs: pyrotin   |
| 1058.60 - 1105.30 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý; příměs: pyrit</b><br>přítomnost : křemen v žilkách  |
| 1105.30 - 1108.80 | : <b>krystalická břidlice</b> prokřemenělá, šedočerná; geneze metamorfovaná   |
| 1108.80 - 1108.30 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý, lokálně fluidální, světle šedočerný; příměs: křemen</b>   |
| 1108.30 - 1112.50 | : <b>kontaktní rohovec</b> šedoohnědý; geneze metamorfovaná   |
| 1112.50 - 1113.10 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý, lokálně fluidální, světle šedočerný; příměs: pyrotin</b>  |
| 1113.10 - 1149.10 | : <b>krystalická břidlice</b> laminovaná, šedoohnědá; geneze metamorfovaná  |
| 1149.10 - 1157.80 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý, lokálně fluidální, světle šedočerný; příměs: křemen</b>   |
| 1157.80 - 1161.50 | : <b>krystalická břidlice</b> laminovaná, šedoohnědá; geneze metamorfovaná  |
| 1161.50 - 1170.90 | : <b>silicit hrubozrný až jemnozrný, brekciovitý, lokálně fluidální, světle šedočerný; příměs: křemen</b>   |
| 1170.90 - 1200.00 | : <b>krystalická břidlice</b> laminovaná, šedoohnědá; geneze metamorfovaná  |
|                   | <b>ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY</b>  |
| 41.80 - 89.70     | : Středočeský pluton  |
| 89.70 - 111.80    | : Blovícké proterozoikum  |
| 111.80 - 113.00   | : Středočeský pluton  |
| 113.00 - 322.30   | : Blovícké proterozoikum  |
| 322.30 - 340.70   | : Středočeský pluton  |
| 340.70 - 394.70   | : Blovícké proterozoikum  |
| 394.70 - 401.20   | : Středočeský pluton  |
| 401.20 - 864.40   | : Blovícké proterozoikum  |
| 871.30 - 1200.00  | : Blovícké proterozoikum  |

Hladina podzemní vody neuvedena

#### Provedené zkoušky

karotáž, inklinometrie, několiké rozboru a zkoušky, mineralogické rozboru a zkoušky, petrografické rozboru a zkoušky

Česká geologická služba  
databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

**STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU  
V-203 [ Chocence ]**

Klíč báze GDO : 360929 Číslo posudku : P079698 Mapy 1:25.000 22-114 M-33-88-A-c  
Souřadnice - X : 1093240.40 Y : 814620.10 [ zaměřeno ]  
Nadmořská výška : 500.00 [ zaměřeno ( systém neuveden ) ] Rok ukončení : 1958  
Hloubka / délka : 174.00 [ vrt svislý ] Datum výpisu : 16.2.2016  
Účel objektu : ložiskový na radioaktivní surovinu  
Realizace : Jáchymovské doły - Geologický průzkum  
Komentář :

| hloubkový interval<br>[ m ] | stratigrafie<br>základní popis polohy<br>rozšíření popisu polohy<br>komentář k poloze   |
|-----------------------------|---|
|                             | <b>Kvartér</b>  |
| 0.00 - 1.00                 | : omice; geneze polygenetická<br>přítomnost : hlína   |
|                             | <b>Proterozoikum</b>  |
| 1.00 - 9.65                 | : břidlice silně rozpukaná, šedozeleň; geneze sedimentární<br>přítomnost : limonit v povlacích puklin<br><b>Stáří neznámé</b> |
| 9.65 - 10.00                | : žilný křemen bílý; geneze žilná magmatická<br><b>Proterozoikum</b>  |
| 10.00 - 14.00               | : břidlice slabě usměrněná, šedozeleň; geneze sedimentární<br>přítomnost : pyrit hojně  |
| 14.00 - 60.00               | : břidlice slabě usměrněná, šedozeleň; geneze sedimentární  |
| 60.00 - 64.00               | : břidlice slabě usměrněná, šedočerná; geneze sedimentární; příměs: grafit  |
| 64.00 - 77.00               | : břidlice slabě usměrněná; geneze sedimentární   |
| 77.00 - 78.00               | : bulžník silně, šedočerný; geneze sedimentární   |
| 78.00 - 81.50               | : břidlice prokřemenělá, tmavě šedá; geneze sedimentární<br>přítomnost : pyrit v povlacích puklin                             |
| 81.50 - 90.00               | : bulžník tmavě šedý; geneze sedimentární; příměs: pyrit<br>přítomnost : křemen v žilkách bílý                                |
| 90.00 - 93.00               | : břidlice silně grafitická; geneze sedimentární  |
| 93.00 - 97.00               | : bulžník tmavě šedý; geneze sedimentární   |
| 97.00 - 99.80               | : břidlice silně grafitická; geneze sedimentární<br>přítomnost : chlorit lokálně v povlacích puklin                           |
| 99.80 - 100.50              | : bulžník; geneze sedimentární  |
| 100.50 - 103.00             | : břidlice grafitická; geneze sedimentární  |
| 103.00 - 106.00             | : břidlice prokřemenělá; geneze sedimentární  |
| 106.00 - 116.80             | : břidlice; geneze sedimentární   |
| 116.80 - 119.80             | : břidlice rozpukaná, šedozeleň; geneze sedimentární<br>přítomnost : kalcit v žilkách bílý                                    |
| 119.80 - 121.30             | : břidlice prokřemenělá; geneze sedimentární  |
| 121.30 - 128.00             | : břidlice grafitická; geneze sedimentární; příměs: pyrit<br>přítomnost : chlorit v povlacích puklin                          |
| 128.00 - 129.50             | : břidlice prokřemenělá; geneze sedimentární  |
| 129.50 - 133.00             | : břidlice; geneze sedimentární<br>přítomnost : křemen v žilkách  |
| 133.00 - 167.80             | : bulžník brekciovitý, tmavě šedočerný; geneze sedimentární; příměs: pyrit<br>přítomnost : křemen v žilkách bílý              |
| 167.80 - 174.00             | : bulžník rozdrčený; geneze sedimentární; příměs: grafit<br>přítomnost : mylonit lokálně v povlacích puklin; příměs: pyrit    |
|                             | <b>ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY</b>  |
| 1.00 - 174.00               | : Blovicke proterozoikum  |

Hladina podzemní vody neuvedena

Provedené zkoušky  
karotáž



Česká geologická služba  
databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

**STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU  
HJ-1 [ Blovice ]**

Klíč báze GDO : 360877 Číslo posudku : P064081 Mapy 1:25.000 22-114 M-33-88-A-c  
Souřadnice - X : 1091113.90 Y : 810784.60 [ zaměřeno ]  
Nadmořská výška : 460.08 [ Balť po vyrovnání ] Rok ukončení : 1988  
Hloubka / délka : 64.00 [ vrt svislý ] Datum výpisu : 16.2.2016  
Účel objektu : hydrogeologický  
Realizace : Stavební geologie, n.p. Praha  
Komentář :

**stratigrafie**  
hloubkový interval : základní popis polohy  
[ m ] : rozšíření popisu polohy  
komentář k poloze

**Kvartér**  
0.00 - 0.30 : hlína jílovitá, humózní, hnědá; geneze sedimentární  
0.30 - 7.00 : jíl kamenitý až balvanitý, částice fádové decimetrové, okrovožlutý; geneze sedimentární; příměs: buřtník  
**Terciér**  
7.00 - 12.00 : jíl celistvý, mastný, světle žlutý; geneze sedimentární  
12.00 - 13.50 : jíl jemné písečný, světle okrový; geneze sedimentární  
**Proterozoikum**  
13.50 - 22.00 : břidlice měkká, zvodnělá, světle modrošedá; geneze metamorfovaná  
přechod : břidlice grafitická tmavě šedá  
22.00 - 28.00 : břidlice grafitická, prachová, měkká, černošedá; geneze metamorfovaná; příměs: křemen  
přechod : břidlice světle šedá  
28.00 - 35.00 : břidlice grafitická, zvodnělá, šedočerná; geneze metamorfovaná  
přechod : břidlice drobová světle šedá  
35.00 - 48.00 : břidlice drobová, silně zvodnělá, šedá; geneze metamorfovaná; příměs: křemen  
48.00 - 64.00 : břidlice drobová, navětralá, rozpukaná, rozpadavá, světle šedá; geneze metamorfovaná

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 1.47 druh hladiny : ustálená

**Provedené zkoušky**  
hydrogeologické zkoušky a měření, chemické rozbory vody, několikrát rozbory a zkoušky, jiné zkoušky

## 5.2 Fotografie lokalit Hůrka a Borek



Zasypaná šachta na vrchu Hůrka



**Zbytky po šachtě na vrchu Hůrka (pohled z jihu)**



**Haldy hlušiny na vrchu Hůrka východně od šachty**





**Zbytky vodovodního potrubí na vrchu Hůrka poblíž šachty**



**Zasypaný vstup do štoly na vrchu Borek**



**Zasypaný vstup na vrchu Borek (pohled ze shora)**

### **5.3 Informace z kronik**

Všechny níže uvedené informace pocházejí z (Mojžiš, 1970).

Kronika obce Prádlo, zápis z roku 1954: „V roce 1954 zavítali do naší obce geologičtí výzkumníci, kteří zjistili, že se na katastru naší obce i obce Novotník nachází uranová ruda a dnes jsou zde již stroje, zaměstnáno množství lidí dobýváním uranové rudy, která je dnes pro všechny státy nejvzácnějším nerostem, poněvadž uran se samočinně rozpadává v atomy a dává tím lidstvu k dispozici nevyčerpatelnou energii, jejíž využití pro mírové účely v průmyslu pozvedne výrobu a urychlí pokrok v nebyvalé míře. To ovšem jde na nervy světovým boháčům a vykořisťovatelům, kteří by nejraději vyvolali světový požár, aby se co nejvíc lidí vybilo, aby se kultura vrátila o kolik staletí zpět, aby lid se cítil šťastným, že je vykořisťován. A kdo bude kutat s uhlím, naftou, když je nahradí atomy uranu? Sovětský svaz již zavedl první elektrárnu zařízenou na atomový pohon a navrhuje celému světu mírové využití atomové energie a dává k dispozici všechny svoje zkušenosti v tomto směru a usiluje od počátku na zákaz atomové zbraně, za světový mír, takže je naprosto jasné, kdo pracuje pro dobro a kdo pro zkázu lidstva.“



V zápisu schůze zastupitelů MNV Prádlo z 21. února 1951 se uvádí: „*Na přípis ONV (v Blovicích, pozn. autora), ref. práce o získání jednoho brigádníka do dolů na 1 rok, nebo 4 střídavě po 3 měsících vneseno odpovědět, že všechny pracovní síly v obci jsou již plně zaměstnány.*“

V novotnické kronice se v roce 1959 píše toto: „*Po skončení průzkumu v naší obci, zahájil 3 směnový provoz Geologický průzkum n. p. závod Horažďovice od 1. listopadu 1959 v Hůrce.*“

V roce 1960 bydleli na katastru obce Prádlo 3 zaměstnanci Jáchymovských dolů (Jiřina Růžičková, čp. 8, psaná jako zaměstnankyně JD; Vojtěch Hlůžek, čp. 20, psán jako dělník JD; Jan Všelák, čp. 80, psán jako horník JD).

Tamtéž se v roce 1961 píše: „*Aby se mohl provést výmlat, bylo nutné učiniti opatření za účelem výmlatu. Jáchymovské doly dovolily připojit skříňku k jejich transformátoru a zapůjčily nám kabel. Výmlat byl zajištěn*“ Také se zde píše: „*V měsíci listopadu odevzdal geologický průzkum jáchymovských dolů zdejší šachtu do těžby Jáchymovským dolů se sídlem v Horažďovicích. Zaměstnance dováží doly autobusy a to 3 krát ve směnách.*“

V roce 1961 taktéž proběhl sňatek Štefana Mráze, důlního technika Jáchymovských dolů, který pracoval na zdejší šachtě jako štajgr (důlní mistr, pozn. autora), s místní dívkou Alžbětou Kunešovou.

V roce 1965 se v novotnické kronice píše: „*Studniční voda je většinou vadná. Příčina je ta, že Jáchymovské doly prováděly vrty i těžbu v polesí Borku a Hůrce.*“

Při obsazování republiky vojsky Varšavské smlouvy v srpnu 1968 došlo k obsazení lesů Borek a Hůrka sovětskými vojsky a lidé, kteří si zde opatřovali palivo, do lesa nemohli, protože „*Rusové vyhrožovali samopalem a bylo slyšet i střelení.*“

#### **5.4 Informace od pamětníků**

Jelikož všechny tyto informace byly získány od pamětníků, kteří tyto události sami zažili, a tudíž jsou poměrně staří, nelze všechny tyto informace brát jako zcela přesné.

**Těžba na vrchu Hůrka (varianta RNDr. Josefa Tykala):** Byla zde vybudována těžní věž i s generátorem; dolů (asi do 60m hloubky; podle některých dalších pamětníků až 600m, což je ale velmi nepravděpodobné) se jezdilo v kleci. Pracovalo zde velké množství lidí a všude okolo bylo potrubí, které vedlo vodu. Variantu pana Mráze nevyvracím, ale myslím, že vzpomíná na dobu, kdy se tato štola razila a kdy se tam ještě nedolovala ruda – v tom případě je opravdu pravděpodobné, že se na dno lezlo po žebřících. Těžil se tady čistý smolinec v podobě lesklých černých až černo-hnědých bublinek. Vytěžený smolinec byl odvážen bez jakéhokoliv zpracování do Sovětského svazu. Vytěžená hlušina z tohoto dolu byla používána jako podklad pro všechny silnice, železnice a stavby v okolí. Těžba měla pokračovat stále dál, až do dosažení zhruba 100m hloubky, ale kvůli velkému prosakování podzemních vod k tomu nakonec nedošlo (protože právě v tomto místě se nachází dolní erozní báze).

**Těžba na vrchu Hůrka (varianta štajgra Štefana Mráze):** Bylo zde zaměstnáno celkem 12 lidí po třech směnách, takže se těžilo 24 hodin denně. Dolů se lezlo po žebřících a kýble s rudou se vyvážely nahoru pomocí ručního rumpálu. Dole (zhruba 60m pod povrchem) se těžilo pomocí sbíječek.

**Těžba na vrchu Borek (varianta RNDr. Josefa Tykala):** Na vrcholu byl komín, který byl spojen s vodorovnou šachtou, a tak zařizovala přívod vzduchu a odvod nežádoucích plynů vně. Jelikož se zde těžily hlavně spility, které jsou velmi houževnaté, docházelo k rychlému opotřebování drtičů a těžba tak byla velmi ekonomicky neefektivní.