



MASARYKOVA UNIVERZITA

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

GEOGRAFICKÝ ÚSTAV



Bakalářská práce

**PRAMENY PODZEMNÍCH VOD V SEVERNÍM SEGMENTU
MĚSTA BRNA**

David HONEK

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Kolář, CSc.

Brno 2013

Bibliografický záznam

Autor: David Honek
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita
Geografický ústav

Název práce: Prameny podzemních vod v severním segmentu Brna

Studijní program: Geografie a kartografie

Studijní obor: Geografie

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Kolář, CSc.

Akademický rok: 2012/2013

Počet stran: 59 + 9

Klíčová slova: pramen, podzemní voda, vydatnost, srážky, Brno, Bílovice nad Svitavou, Ochoz u Brna, Babice nad Svitavou

Bibliographic Entry

Author: David Honek
Faculty of Science, Masaryk University
Department of Geography

Title of Thesis: Springs of groundwater in the northern part of Brno

Degree programme: Geography and Cartography

Fields of Study: Geography

Supervisor: RNDr. Miroslav Kolář, CSc.

Academic Year: 2012/2013

Number of Pages: 59 + 9

Keywords: spring, groundwater, flow, precipitation, Brno, Bílovice nad Svitavou, Ochoz u Brna, Babice nad Svitavou

Abstrakt

Cílem práce je charakterizovat variabilitu vydatnosti pramenů podzemní vody, vlivu srážek na celkovou vydatnost a popsání dalších charakteristik pramenů a jejich okolí, zejména kvalitativních. Oblast se nachází u severní hranice města Brna a mezi obcemi Bílovice nad Svitavou, Ochoz u Brna a Babice nad Svitavou. V práci budou použita zejména data o vydatnostech v litrech za sekundu ze tří pramenů – Doležalova studánka, Janáčková studánka a pramen V3 (Kaprálůva studánka) za období 2002 (leden) – 2011 (prosinec), dále úhrny srážek v milimetrech ze stanice Babice nad Svitavou za období 2007 (leden) - 2011 (prosinec). Kvalitativní charakteristiky jsou vyhodnoceny na základě vlastního pozorování na místě.

Abstract

The main of this paper is to present variability of spring's flow of the groundwater, an influence of precipitation on total flow and to describe another characteristic of springs, especially qualitative characteristics. The region is near the northern boundary of city Brno and around villages Bílovice nad Svitavou, Ochoz u Brna and Babice nad Svitavou. We use data about the flows in liters per seconds of three springs – Doležel's spring, Janáček's spring and V3's spring (or Kaprál's spring), this data are for the period 2002 (January) – 2011 (December), and next we use data of the precipitation in millimeters from meteorological station in Babice nad Svitavou, this data are for the period 2007 (January) – 2011 (December). The qualitative characteristics are evaluated on the basis of personal observing of the region.



Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: David Honek
Studijní program: Geografie a kartografie
Studijní obor: Geografie

Ředitel Geografického ústavu Přírodovědecké fakulty MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

Prameny podzemních vod v severním segmentu Brna

Springs of groundwater in the northern part of Brno

Zásady pro vypracování:

1. Charakterizujte hydrogeologické a srážkové poměry v zájmovém území s ohledem na doplňování zásob podzemní vody a parametry jejího transportu.
2. Proveďte analýzu vydatnosti pramenů v severním segmentu města Brna s akcentem na její časovou a prostorovou proměnlivost, vazbu na srážkovou aktivitu vč. časové odezvy ap.
3. Pozornost věnujte jak kvantitativním, tak kvalitativním parametrům podzemní vody a jejímu využití. Popište současný stav ochrany podzemních vod, možná rizika kontaminace a navrhněte opatření na jejich eliminaci.
4. Bakalářskou práci dokumentujte mapovými, grafickými a tabelárními přílohami.

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 30-40 stran

Seznam odborné literatury:

ŠRÁČEK O. - KUCHOVSKÝ T. (2003): Základy hydrogeologie. Masarykova univerzita, 173. Brno

MICHLÍČEK E. et al. (1986): Hydrogeologické rajóny ČSR. svazek 2 - Povodí Moravy a Odry. - Geotest, 59-62. Brno

BRÁZDA, Č. (1972): Režim vydatnosti pramenů u Arnolce na Českomoravské vrchovině. Skripta Fac. Sci. Nat. UJEP Brunensis, Geographia 1, 2, s. 1-18.

Materiály ČHMÚ, GEOtestu Brno, Povodí Moravy, s.p., Výzkumného ústavu vodohospodářského, odborů ŽP a regionálního rozvoje Jm kraje, Agentury ochrany přírody a krajiny ČR, ap.

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Miroslav Kolář, CSc.

Podpis vedoucího práce:


.....

Datum zadání bakalářské práce:

říjen 2011

Datum odevzdání bakalářské práce:

do 11. května 2012



RNDr. Vladimír Herber, CSc.
pedagogický zástupce ředitele ústavu

Zadání práce převzal(a):



dne 20.10.2011

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat RNDr. Miroslavu Kolářovi, CSc. za odborný dohled nad mojí bakalářskou prací, za poskytnutí cenných rad a připomínek. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Haně Bortlové z ČHMÚ za pomoc s výběrem dat a praktické ukázce měření vybraných charakteristik pramenů. Také bych chtěl poděkovat ČHMÚ v Brně za poskytnutí potřebných dat a informací ke zpracování mé práce.

Prohlášení

Prohlašuji tímto, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Miroslava Koláře, CSc. V seznamu literatury jsem uvedl veškerou použitou literaturu a další zdroje.

V Brně dne 10. května 2013

.....

David Honek

OBSAH

1	Úvod.....	10
	1.1 Podzemní voda.....	10
	1.2 Prameny podzemní vody.....	13
2	Rešerše	15
3	Vymezení a charakteristika zájmového území	16
	3.1 Lokalizace.....	16
	3.2 Fyzicko-geografické podmínky	18
	3.2.1 Geologické a hydrogeologické podmínky.....	18
	3.2.2 Klimatické a hydrologické podmínky	22
	3.2.3 Biota	24
4	Použitá data.....	26
5	Vydatnost pramenů	27
	5.1 Měření vydatnosti pramenů	27
	5.2 Zjištěné hodnoty.....	27
	5.2.1 Doležalova studánka	30
	5.2.2 Janáčková studánka	32
	5.2.3 Pramen V3.....	34
6	Srážkové úhrny	37
	6.1 Naměřené hodnoty.....	37
	6.2 Vliv na vydatnosti pramenů	39
7	Kvalitativní parametry pramenů	45
	7.1 Kvalitativní měření pramenů	45
	7.2 Zjištěná situace.....	45
	7.2.1 Doležalova studánka	46
	7.2.2 Janáčková studánka	46
	7.2.3 Pramen V3.....	47
8	Ochrana podzemních vod	50
	8.1 Obecná charakteristika.....	50
	8.2 Možná rizika	51
	8.3 Vhodná opatření.....	52
9	Závěrečné zhodnocení	54

Použitá literatura	56
Seznam příloh	59

1 ÚVOD

Prameny a podzemní vody jsou velice důležitou složkou fyzicko-geografické sféry, která se zabývá studiem hydrosféry. Studium hydrosféry je úzce spjato s lidskou činností. Mezi časté parametry, které lidé sledují pro svoji potřebu, jsou vydatnosti pramenů, teploty podzemních vod a jejich chemické složení, což je důležité zejména pro přímé odběratele podzemních vod a její využití.

Tato práce je zaměřena na prameny v blízkosti velkého města, které se nachází ve specifické oblasti podle fyzicko-geografických podmínek. V této oblasti se nachází velké množství pramenů. Pro práci byly vybrány pouze tři prameny, na kterých probíhá pravidelné měření pracovníky Českého hydrometeorologického ústavu v Brně (dále jen ČHMÚ) již po mnoho let. Jsou analyzovány jak kvantitativní a tak kvalitativní parametry pramenů. Práce je zaměřena hlavně na popis a vyhodnocení kvantitativních parametrů (vydatnost pramenů, vliv srážek na vydatnost apod.), protože k nim jsou dostupné potřebné naměřené hodnoty. Kvantitativní parametry budou popsány co nejspřávněji podle pozorování v místě pramenů a jejich okolí a budou doplněna a konfrontována s dostupnými měřeními a jejich výsledky. Pro zhodnocení jsou použita data za desetileté období (leden 2002 až prosinec 2011) pro vydatnost pramenů a pětileté období (leden 2007 až prosinec 2011) pro srážkové úhrny.

V říjnu 2012 jsem se zúčastnil vědeckého pozorování a měření s pracovníky ČHMÚ na několika pramenech v okolí Brna včetně mých vybraných (Janáčkova studánka a pramen V3). Zde jsem se seznámil s měřicími technikami, o kterých se zmíním v následujících kapitolách (kap 5 a 6). Jednalo se o kontrolní měření vydatnosti pramenů a teploty vody v pramenech.

1.1 Podzemní voda

Studiem podzemní vody se zabývá **hydrogeologie**, která je součástí **hydrologie**. Ta se zabývá zkoumáním všech terestrických vod. Proto se budeme částečně zabývat i povrchovými vodami a atmosférickými procesy (Šrámek, Kuchovský, 2003).

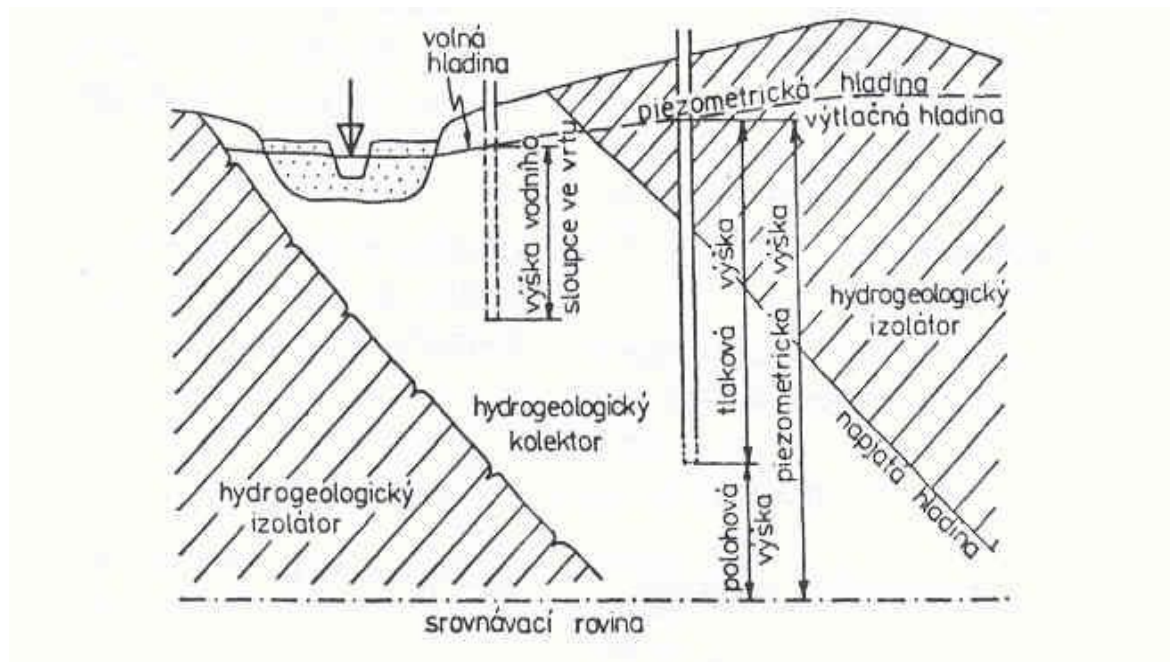
Podzemní vody tvoří důležitý subsystém v rámci systému oběhu vody v krajině. Představují jeho významnou část, která probíhá pod zemským povrchem v horninovém a půdním prostředí, v němž se tyto vody hromadí a pohybují. Ve vhodných místech dochází

pak k odtoku podzemních vod do vodních toků (Kříž, H., 1983). V publikaci J. Krásného et al. (2012) se podzemní voda definuje několika způsoby, např.: jako veškerá voda pod povrchem Země, včetně všech tří skupenství – kapalná voda, vodní pára a led. Podle jiné definice je podzemní voda pouze to, co se nachází v nasycené (**saturované**) zóně, tedy vytváří souvislá tělesa (**zvodně**).

Podle Huberta Kříže (1983) podzemní vody lze dělit podle propustnosti horninového prostředí na **průlinové**, **puklinové** a **krasové**. *Průlinové vody* vznikají převážně vyplňováním prostor mezi usazenými horninami nebo zvětralinami (písky, štěrky, spraše atd.). *Puklinové vody*, jak už napovídá název, vznikají v puklinách, trhlinách a zlomech, které vznikly při usazování (vrstevnatosti) hornin. *Krasové podzemní vody* vznikají v oblasti krasových hornin, které se vlivem vody rozpouští a tím vzniká rozsáhlá podzemní síť, včetně jeskyní, propastí atd. Poslední dva typy jsou nejdůležitější, protože odpovídají charakteristikám ve sledované oblasti a budou dále popsány.

Na základě rozdílných hydraulických poměrů zvodněného prostředí se podzemní vody dělí podle toho, zda mají **volnou** či **napjatou hladinu** (obr. 1). Za *volnou hladinu* se považuje taková plocha horního omezení zvodně, na níž tlak odpovídá atmosférickému tlaku. Oproti tomu *napjatá hladina* vznikne tehdy, když nepropustné nadložní vrstvy hornin zabraňují jejímu vzestupu směrem k zemskému povrchu a zdržují ji pod tlakem. V těchto místech vznikají tzv. **artézské vody** (Kříž, H., 1983). Podle těchto definic se ve sledované oblasti nachází převážně voda s volnou hladinou. Tato hladina by teoreticky měla mít vodorovný sklon, ale není tomu tak díky rozdílům mezi oblastmi doplňování podzemní vody a oblastmi odvodňování. Pohybuje se tedy vlivem gradientu sil – **hydraulický tlak** (potenciál zemské gravitace) a nahodilé tlaky (např. tlak plynů apod.). Další omezení v proudění podzemní vody mají na svědomí rozdílné tvary nepropustných vrstev, které mohou ovlivňovat směr, rychlost a polohy podzemní vody (Kříž, H., 1983).

Podle obrázku 1 se v podloží rozlišují dvě základní skupiny hornin v systému podzemních vod a to **hydrogeologické kolektory** a **izolátory**. *Hydrogeologický kolektor* se svou vyšší propustností liší od sousedních hornin a umožňuje tedy snazší pohyb podzemní vody. Kolektor může mít funkci vodiče, tj. protéká jím voda a z něho vytéká, nebo funkci nádrže, tj. udrží vodu i po přerušení jejího přítoku. *Hydrogeologický izolátor* je naopak hornina s výrazně nižší propustností ve srovnání s okolními horninami. (Geologická encyklopedie, 2013). Další důležitou složkou je **piezometrická hladina**, tedy



Obr. 1: Jednotlivé složky v systému podzemní vody

plocha odpovídající volné hladině u volné zvodně nebo výtlačné hladině u napjaté zvodně. Úroveň, na níž se ustálí hladina vody v jednotlivých studnách nebo vrtech, se nazývá *piezometrická úroveň* (Geologická encyklopedie, 2013).

Podzemní vody ovlivňují velké množství pochodů na zemském povrchu i uvnitř zemského tělesa a jsou důležité pro biotu včetně člověka. Podzemní vody mohou ovlivňovat reliéf zemského povrchu a to při různých svahových pohybech (soliflukce) a různých typických tvarech, které se vytváří na povrchu (při výstupu podzemních vod na povrch – prameny), což úzce souvisí s výškou hladiny podzemní vody. Podzemní vody mohou mít vliv i na fyzikální procesy spojené s erozí půdy a hornin, kde povrchová voda při infiltraci do půdy nebo skalního podloží je schopna rozrušovat podloží při pronikání do puklin nebo naopak při postupu podzemní vody k povrchu (pískovce, vápence, dolomity). Často dochází i k různým chemickým reakcím, které jsou často spojeny právě s podzemní vodou (krasové oblasti) Dále jsou podzemní vody důležité pro rostliny, které si berou z půdy většinu potřebné vody k růstu. Zde se opět projevuje výška hladiny podzemní vody, která může ovlivňovat růst rostlin i negativně (sucho, mokřady).

Podzemní voda je velice důležitá pro člověka, protože často představuje nejlepší přístup k jak užitkové tak pitné vodě. Buď se voda dá čerpat z podzemí pomocí vrtů (studny, artézské vody) nebo podzemní voda sama vyvěrá na povrch. Pokud je v dané oblasti dostatek pramenů, je pro člověka ekonomicky velice výhodné takovou vodu

využívat. I když vrty musí člověk vytvořit a někdy je musí zavézt do značných hloubek, tak přesto podzemní vody jsou z hlediska ekonomického a ekologického daleko výhodnější, než stavba velkých umělých zásobáren vody (přehrad) a ne všude se takové stavby dají postavit (aridní a semiaridní oblasti), kdežto prameny se vyskytují i na nepříznivých místech (oázy v pouštích apod.).

1.2 Prameny podzemní vody

Podzemní vody, které se hromadí v propustných horninách nad nepropustnými vrstvami, proudí ve směru od vyšších poloh jejich hladin k nižším a odtékají v některých vhodných místech. V případě, že dochází k přirozenému a soustředěnému výtoku podzemní vody ze zvodněných hornin na zemský povrch, označuje se tento jev jako **pramen**. Nejde tedy o pouhé prosakování podzemní vody na povrch, které se projevuje zamokřením půdy, ale o **soustředěný přirozený vývěr** této vody (Kříž, H.; 1983).

Vznik pramenů je podmíněn příznivými geologickými, tektonickými a hydrogeologickými poměry nebo i reliéfem území. Nejčastěji se prameny vyskytují na výchozech nepropustných vrstev, které jsou v podloží zvodněných hornin, nebo na tektonických poruchách a zlomech, popřípadě i při úpatí zvodněných svahových sutí. Jde zpravidla o jednotlivé prameny, ale v některých případech i o skupiny pramenů, které tvoří např. tzv. pramené linie vyskytující se zejména na tektonických zlomech (Kříž, H.; 1983).

Jak vidíme podle definic pramenů a jejich vzniků podle H. Kříže (1983), tak prameny se mohou vyskytovat kdekoli na zemském povrchu a jejich vznik je podmíněn řadou odlišných faktorů. V podstatě jediné, co mají společného, je výška hladiny podzemní vody, která má možnost dostat se na povrch. Pramen nemusí být v lokalitě jediný, ale může se vyskytovat ve větším počtu, tzv. **prameniště**. Tento jev je celkem častý například v krasových oblastech, ale může to být problém pro pozorovatele, protože se zde těžko stanovuje, kde vyvěrá veškerá voda z podzemí (příčina možných chyb měření nebo náhlých změn).

Klasifikace pramenů byly vypracovány na základě různých hledisek. Rozlišují se např. prameny podle geologických útvarů, v nichž se vyskytují, nebo podle petrografie hornin, např. **prameny flyšové** a **krasové**, které bývají někdy označovány názvem **vyvěračka**, dále prameny **puklinové**, **puklino-krasové** atd. Další dělení pramenů je podle teploty jejich vody na *studené* (**akratopegy**) a *teplé* (**akratotermny**). Nejčastěji se rozdělují

prameny podle původu, způsobu vzniku a podle vydatnosti. Rozlišují se přitom dvě základní skupiny pramenů, a to prameny **sestupné** a **výstupné**. První vznikají tak, že podzemní voda proudí v propustných horninách ve směru sklonu jejich vrstev a v určitých místech volně bez přetlaku vyvěrá. Tyto prameny se dále dělí na **vrstevné**, které se vyskytují na výchozech styčných ploch zvodněných hornin a nepropustných vrstev v jejich podloží, a **přelivné** vznikající v místech, kde se podzemní voda vzdouvá polohou nepropustné horniny a přelévá se přes ni na zemský povrch. Prameny **výstupné** naproti tomu vyvěrají vlivem působení přetlaku, který je vyvolán buď hydrostatickým tlakem, nebo napětím vodních par, popřípadě plynů obsažených v podzemní vodě. Rozdělují se na **vrstevné** a **zlomové** prameny. V obou případech jde o výtoky podzemní vody s napjatou hladinou, pouze s tím rozdílem, že u zlomových pramenů vystupuje voda k povrchu po tektonických poruchách/zlomech. (Kříž, H.;1983). Dalším typem pramene je například pramen **suťový**, který se vyskytuje na nebo pod svahy tvořené suť a kterým voda volně vytéká.

Vybrané prameny se dají klasifikovat jako prameny sestupné, dále buď puklinové, nebo krasové, podle toho, jaké mají podloží. Prameny patří mezi akrotopegy, tedy prameny studené (teplota do 10 °C, kapitola 7). Prameny jsou spíše sestupné, tedy jejich vývěr vody není ovlivněn silným přetlakem a vyvěrají volně. Pramen u Ochozu u Brna (PB0337) je typ puklinový, pramen u Útěchova (PB0302) je pramen suťový a pramen u Bílovic nad Svitavou je podobný prameni u Útěchova, bude nejspíš také suťový (příloha 5). Oblast kolem pramene PB0337 se nachází na puklinovo-krasovém až krasovém kolektoru, ostatní prameny se nachází na puklinových kolektorech brněnského masivu.

2 REŠERŠE

Podobným tématem se zabýval Čestmír Brázda ve své práci z roku 1972, kde se zaměřil na vyhodnocování vydatnosti pramenů v okolí Arnolce v horním toku řeky Oslavy. Zde byly vyhodnocovány týdenní údaje o vydatnostech a práce byla zaměřena na charakteristiku změn během časového období 10 let (1961 – 1970). Protože se území nachází na Českomoravské vrchovině a geologické podloží je velice podobné mému území (krystalinikum, amfibolity, břidlice) a je zde hojný výskyt puklin, podobně jako v Moravském krasu, kde je i silný vliv krasových struktur, můžeme předpokládat podobné výsledky.

Týdenní hodnoty byly podrobeny statistickému zpracování pro lepší interpretaci a k zjištění jak závislosti mezi vydatností a srážkami ve stejném časovém období, tak nalezení extrémů a jejich vysvětlení. Zde bylo zjištěno, že hlavní napájení podzemních vod je z atmosférických srážek v létě a tání sněhu během chladného pololetí roku a na jaře. Dále zde bylo zjištěno, že maximální odtok podzemních vod se vyskytuje na přechodu mezi zimním a jarním obdobím v roce, nejnižší hodnoty jsou po zbytek roku.

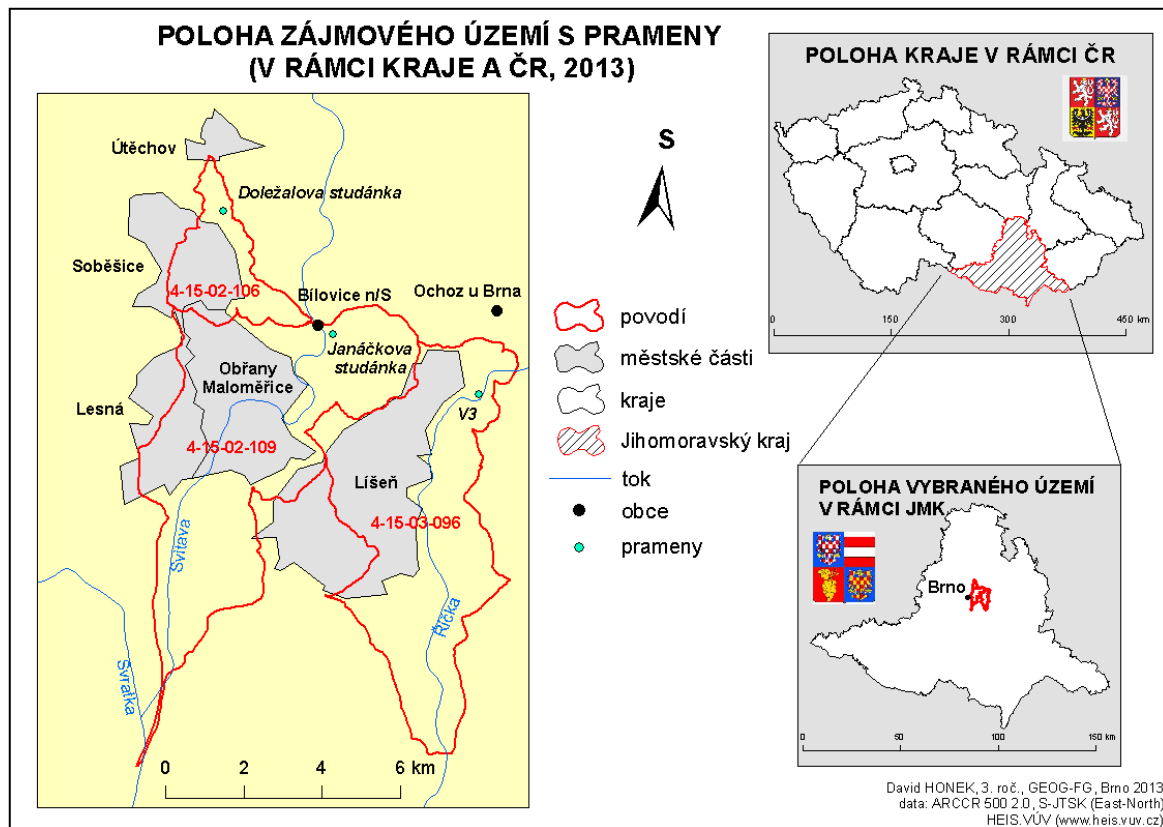
Silný vliv má zde již zmíněné podloží, díky kterému dochází k průniku povrchových vod do podzemí díky puklinám a také k zadržování srážek ve zvětralinách a uloženinách, které jsou tvořeny převážně písčítými frakcemi a kamenitými deluvii.

V této práci budou využity podobné hodnotící metody, například statistické hodnocení (zejména pro hledání extrémů a nalezení periodicity), hledání spojitostí mezi vydatností a srážkami apod. V práci budou navíc popsány i zjištěné kvalitativní hodnoty.

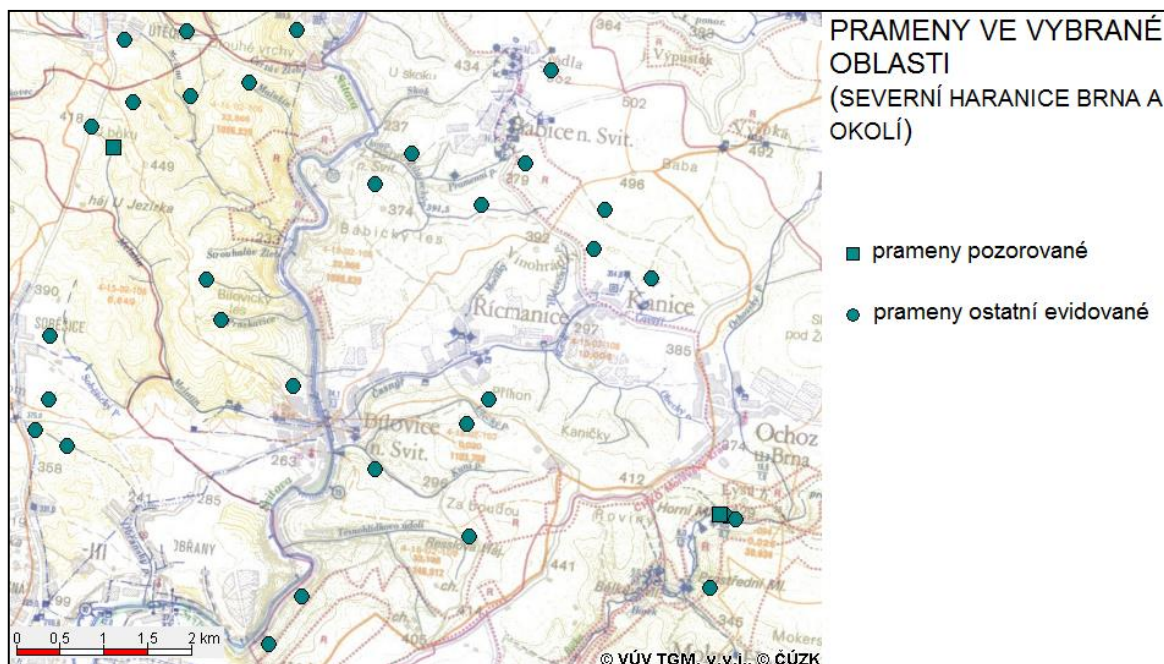
3 VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

3.1 Lokalizace

Vybrané území se nachází v blízkosti severní katastrální hranice města Brna, městské části Lesná, Obřany a Líšeň, a mezi odlehlejšími městskými částmi, Soběšicemi a Útěchovem (obr. 2). Vedle Brna jsou významnějšími obcemi Bílovice nad Svitavou a Ochoz u Brna (obr. 2), ke kterým katastrálně spadají dva pozorované prameny. Pro naši práci jsou vybrány prameny **PB 0302** (příloha 1 a 5), místní název *Doležalova studánka* (N49° 16.576', E16° 37.890') u Útěchova, **PB 0488** (příloha 2 a 5), místní název *Janáčkova studánka* (N49° 14.657', E16° 40.851') u Bílovic nad Svitavou, a **PB 0337** (příloha 3 a 5), podle ČHMÚ *pramen V3* (dále v práci), místní název *Kaprálova studánka* (N49° 14.579', E16° 44.125') u Ochozu u Brna. Hodnoty úhrnů srážek za vybrané období jsou z meteorologické stanice *Babice nad Svitavou* (N49° 17', E16° 42') v nadmořské výšce 500 m n. m. nedaleko Bílovic nad Svitavou.



Obr. 2: Vymezení zájmového území. (Arc500, v. 2.0., ARCDATA 2003)



Obr. 3: Výřez z rastrové základní vodohospodářské mapy 1 : 50 000.

Zdroj: http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_mapyvodaarchiv&

Průměrná nadmořská výška oblasti je kolem 350 m n. m. (PB0488 235 m n. m., PB0302 410 m n. m. a PB0337 324 m n. m.). Maximum je těsně před Útěchovem, kde je nejvyšší bod zvoleného území 475 m n. m., o něco nižší je vrchol nedaleko Ochozu u Brna s výškou 465 m n. m. Nejnižší část území je okolo řeky Svitavy při průtoku řeky městskou zástavbou a to okolo 220 m n. m.

Většina území je zalesněná (cca 80 %), sídla a komunikace tvoří cca 15 % území, přičemž největší koncentrace je samozřejmě v jižní části oblasti (severní hranice města Brna). Zemědělsky využívaná půda zabírá cca 5 % a nachází se zejména v blízkosti menších sídel v oblasti.

V oblasti se nachází spousta dalších pramenů (obr. 3), které mají svůj lokální význam, ale nejsou zavedeny v pozorovací síti ČHMÚ. Přesto některé prameny budou později popsány pro lepší představu situace v oblasti a doplnění či podtrhnutí zjištěných hodnot a výsledků v práci. Oblast byla vybrána co nejbližže městu Brnu, aby byl co nejlépe popsán stav pramenů v blízkosti velkého města. Bohužel se nepodařilo nalézt prameny přímo v městské zástavbě, zvláště zajímavé by byly prameny v panelové zástavbě (sídlíště Lesná a Líšeň), což by bylo pro porovnání výsledků mezi prameny určitě zajímavé. Přesto si myslím, že vybrané prameny reprezentují dobře situaci v této lokalitě a alespoň pro městské části Soběšice a Útěchov a menší obce v těsné blízkosti Brna.

3.2 Fyzicko-geografické podmínky

Území se v rámci ČR nachází v Jihomoravském kraji, v jeho severní části. Území spadá do katastrů 5 městských částí města Brna (od severu Útěchov, Soběšice, Lesná, Obřany a Maloměřice a Líšeň) a několika okolních obcí, nejdůležitější jsou obce Bílovice nad Svitavou a Ochoz u Brna. Jedná se o oblast zalesněnou s malým podílem zastavěné nebo zemědělsky využívané plochy. Územím prochází významná železniční trať (Brno – Praha), která byla v nedávné minulosti zmodernizována (výstavba mostů a tunelů). Silnice jsou zde nižších tříd, přesto jsou silně frekventované.

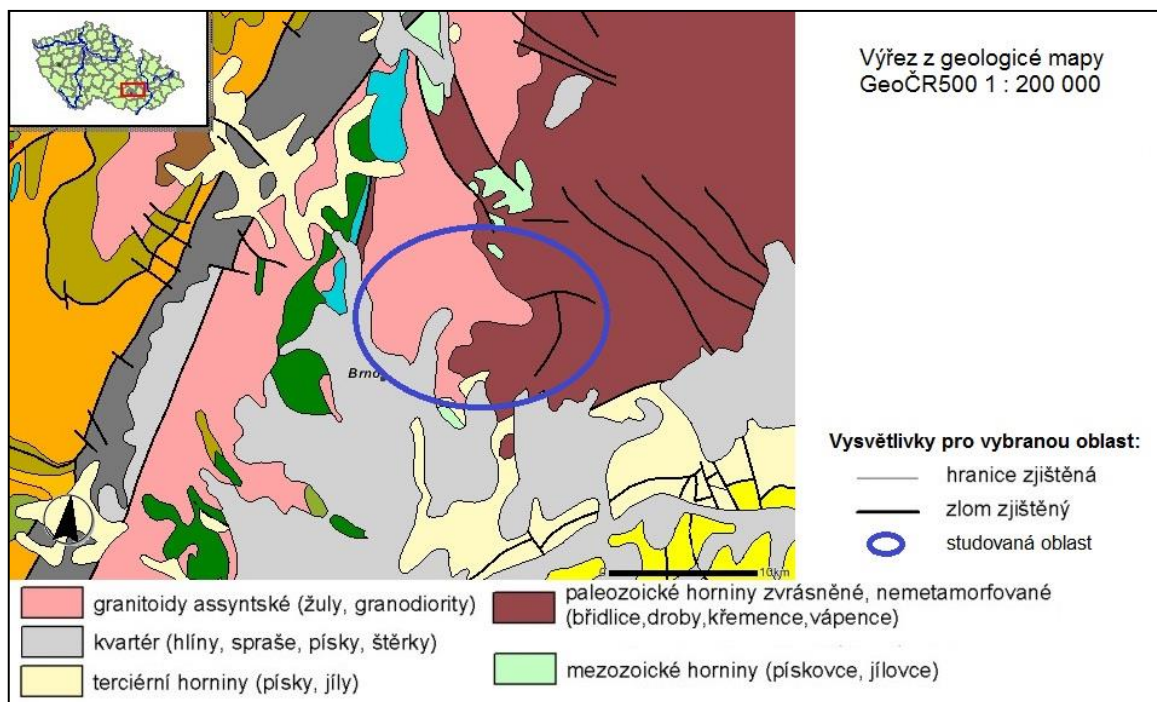
Podle geomorfologického členění (Demek et al., 2006) oblast náleží do Hercynského systému, podsystemu Hercynské pohoří a provincie Česká vysočina. Podrobnější dělení v tabulce 1.

Tab. 1: Geomorfologické členění ČR pro vybranou oblast. (Demek et al., 2006)

provincie	soustava	podstousta	celek	podcelek	okrsek
Česká vysočina					
	II Česko-moravská soustava				
		IID Brněnská vrchovina			
			IID-3 Drahanská vrchovina		
				IID-3A Adamovská vrchovina	
					IID-3A-8 Řícmanicko-kanický prolom
					IID-3A-9 Bílovický hřbet
					IID-3A-10 Obřanská kotlina
					IID-3A-11 Soběšická vrchovina
				IID-3B Moravský kras	
					IID-3B-3 Ochozské plošiny

3.2.1 Geologické a hydrogeologické podmínky

Z geologického hlediska je území tvořeno převážně krasovými horninami (vápenec) s relikty starších hornin (granodiorit, žula).



Obr. 4: Výřez z geologické mapy GeoCR500 1 : 200 000.

Zdroj: <http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer2.htm>

Podle geologické mapy (obr. 4) se na severozápadě území převážně vyskytují granodiority a žuly, do kterých zasahují u jihu kvartérní uloženiny, které zde byly uloženy řekou Svitavou po jejím průchodu přes zvýšený terén Brněnského masivu. Na severovýchodě převažují paleozoické horniny, které byly postupně přeměňovány a metamorfovány, jako např. křemence, břidlice, droby a neposledně vápence, které v této lokalitě nejčastěji vystupují až na povrch a jsou dominantní v této oblasti. Ostrůvkovitě se zde vyskytují terciární horniny (písky a jíly) na jihu území, v severní části území se vyskytují mezozoické horniny (pískovce a jílovce).

Jak uvádí Müller, Novák et al. (2000) oblast spadá do Brněnského masivu, který je tvořen krystalinickými, převážně magmatickými horninami kadomského stáří, které byly později přetvořeny a uloženy do současné geologické pozice při variské orogenezi. Regionálně se území nachází na jižní hranici Moravského krasu, který je tvořen horninami devonského stáří. Vyskytují se zde rozsáhlé bloky karbonátů, které mohou vystupovat až na povrch (okolí Ochozu u Brna), hojné jsou i vločky siliciklastických sedimentů.

Východní granodioritovou oblast tvoří horninová řada granodiorit-tonalit. Zbytky metamorfovaného pláště jsou zachovány pouze v drobných výskytech u Soběšic,

Adamova, Vranova, Olešné. Převažují zde jemnozrnné, převážně biotitické pararuly, méně časté jsou diority až amfibolity (Müller, Novák et al.; 2000).

Zatímco severovýchodně od Ochozu u Brna nebo jižně od Křtin lze očekávat primární mocnosti macošského souvrství až 1 000 metrů, na jižním okraji Moravského krasu dochází k redukci mocnosti tohoto souvrství až na několik málo desítek metrů. Svrchnofrasnské polohy ukazují příslušnost ke dvěma rozdílným fatálním vývojem. První je označován jako **horákovsko-šumberský** a převládá v něm hrubší karbonátová drť. Přítomná fauna, v níž jsou nápadní koráli *Frechastarea pentagona* a *Crassialveolites domrachevi*, je charakteristická pro otevřené moře. Nejsvrchnější část macošského souvrství zde tvoří již od konce frasnú brekcie a hiáty, které pokračují až do famenské konodontové zóny *Palmatolepis crepida*. Výše spočívají mocnější lavicovité sekvence hádských a říčských vápenců. Druhý vývoj je označován jako **mokerský**. Vyznačuje se periodickým střídáním laminitů s amfiporovými a řasovými polohami. Obsah vápencového kalu je v těchto uloženinách značný. Na rozdíl od předcházejícího vývoje jsou průniky fauny z otevřeného moře minimální. Macošské souvrství pokračuje v tomto vývoji déle než vývoj horákovsko-šumberský. Může zasahovat až do doby po pádu hladiny světových oceánů mezi frasnem a famenem. Celé devonské nadloží tohoto vývoje je tvořeno výhradně hlíznatými vápenci, jejichž mocnosti bývají lokálně zkondenzovány pouze do několika málo metrů (Mokrá – západní lom, oblast Líšeň - Hády). Tento komplex, přerušovaný četnými hiáty doloženými jak litologicky, tak obsaženou faunou, spočívá na svém podloží konkordátně (Müller, Novák et al.; 2000).

Hydrogeologický význam bazálních devonských klastik je, vzhledem k jejich malému plošnému rozsahu a morfoloické pozici většinou nad úrovní místních erozních bází, zcela zanedbatelný. Vodárensky nejvýznamnější jsou vápence vystupující v podloží hornin kulmu Drahanské vrchoviny při jihovýchodním okraji Moravského krasu. Kulmské sedimenty mají jen slabou propustnost, a proto jsou artézským stropem krasového kolektoru podložních vápenců. Dokladem toho je např. pokleslá kra devonských vápenců, zjištěná vrty V-2 a V-2A u Bělkova mlýna v údolí Řičky, v jejímž nadloží kulmské horniny tvoří hydraulickou bariéru a způsobují artézské napětí v podložních krasovo-puklinových kolektorech v devonských vápencích (Müller, Novák et al.; 2000).

Na území Moravského krasu existují velmi příznivé podmínky pro infiltraci, což se projevuje i tím, že prakticky neexistuje povrchový odtok, a naopak jsou pro toto území

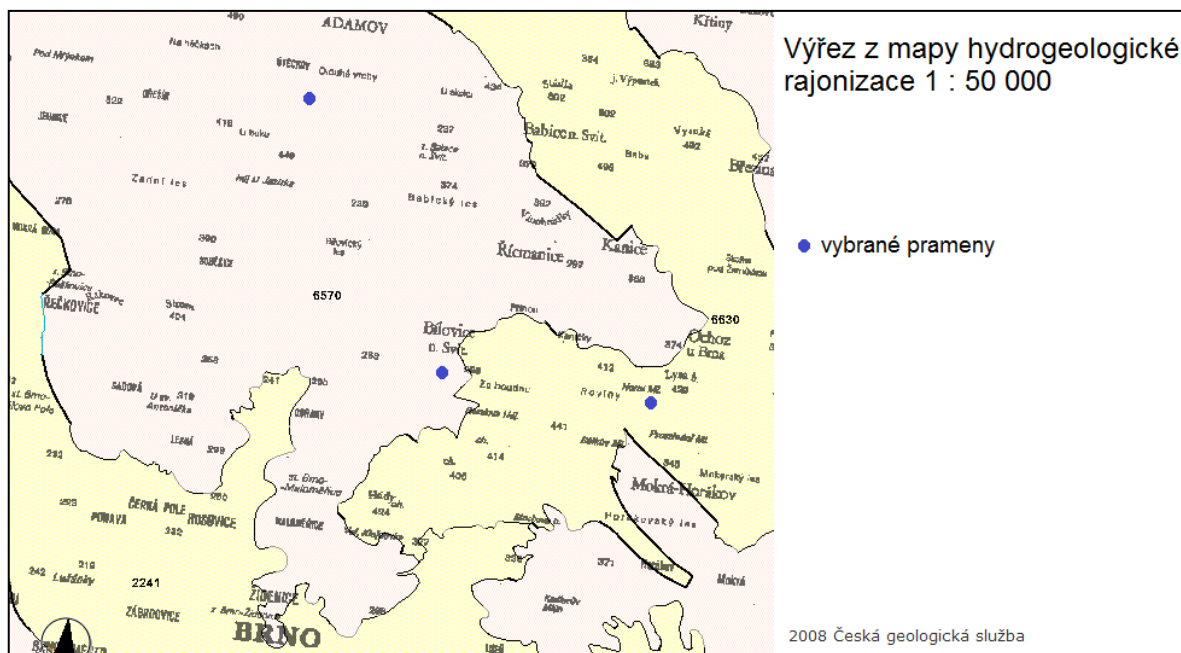
typické vysoké hodnoty odtoku podzemního. Zranitelnost krasového hydrogeologického systému vnějšími antropogenními zásahy jsou proto vysoká (Müller, Novák et al.; 2000).

Ve Svinošickém prolomu u Šebrova a v území mezi Kanicemi, Řícmanicemi a Ochozem u Brna vrty zastihly pravděpodobné limnické až fluviální písky, uložené v nadloží bazálních klastik, popř. na zvětralém povrchu brněnského masivu, které tvoří dosti slabě propustný kolektor (Müller, Novák et al.; 2000).

Podle Krásného et al. (2012) se na tomto území (zejména v Moravském krasu) často vyskytují ponory a vývěry potoků a řek, které se tím dostávají do krasového systému (např.: *Sloupské propadání*, *Rudické propadání* atd.). V tomto systému jsou podzemní vody často doplňovány vodami ze závrťů z povrchu a také mnohými dalšími přítoky, takže zde vzniká složitý puklino-krasový systém. Celkově zde proudění vody prochází ve směru sever-jih a východ-západ. Směrem od severu k jihu dochází ke zmenšování přírodních zdrojů vody podle intenzity zkrasování, místy od více než 4,5 l/s km² na méně než 3,0 l/s km².

Olmer et al. (2006) uvádí na vybraném území 2 hydrogeologické rajóny – *rajóny základní vrstvy v terciérních a křídových pánevních sedimentech* a *rajóny základní vrstvy v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika*. To odpovídá výše zmíněným informacím o geologii i dále zmíněným informacím o odběrech vody a transmisivitě v následující kapitole. Mapa hydrogeologické rajonizace Geologické služby (2008, obr. 5) registruje tyto dva rajóny pod názvem **Moravský kras** (ID 6630) a **Krystalinikum brněnské jednotky** (ID 6570). Hranice mezi rajóny prochází ze severu na jih a rozděluje území na dvě části – *menší*, východní rajón krasových hornin tvoří pás cca 5-10 km široký okolo řeky Říčka, který je pokračováním pásu ze severu; *větší* část území zahrnuje oblast krystalinika mezi Bílovicemi n/S, Obřany, Soběšicemi a Útěchovem. Srážky spadlé v okolí meteorologické stanice v Babicích n/S stékají do obou rajónů, protože přímo touto obcí prochází hranice mezi rajóny.

Jak je zmíněno výše, tak podmínky pro vznik významného územního odtoku nebo zásoby podzemní vody jsou velice dobré v této oblasti. Většina vody, která spadne na toto území v podobě srážek, je odvedena puklinovým systémem pod zem, kde se často podílí na krasování. Díky tomu jsou zde povrchové toky často občasně za vydatnějších dešťů, ale mohou mít celkem velký lokální erozní vliv na své břehy. Tomu může napomáhat i větší sklon toků, které musí zvládnout celkem velké převýšení mezi



Obr. 5: Výřez z mapy hydrogeologické rajonizace 1 : 50 000

Zdroj: http://mapy.geology.cz/website/hydro_rajony/viewer2.htm

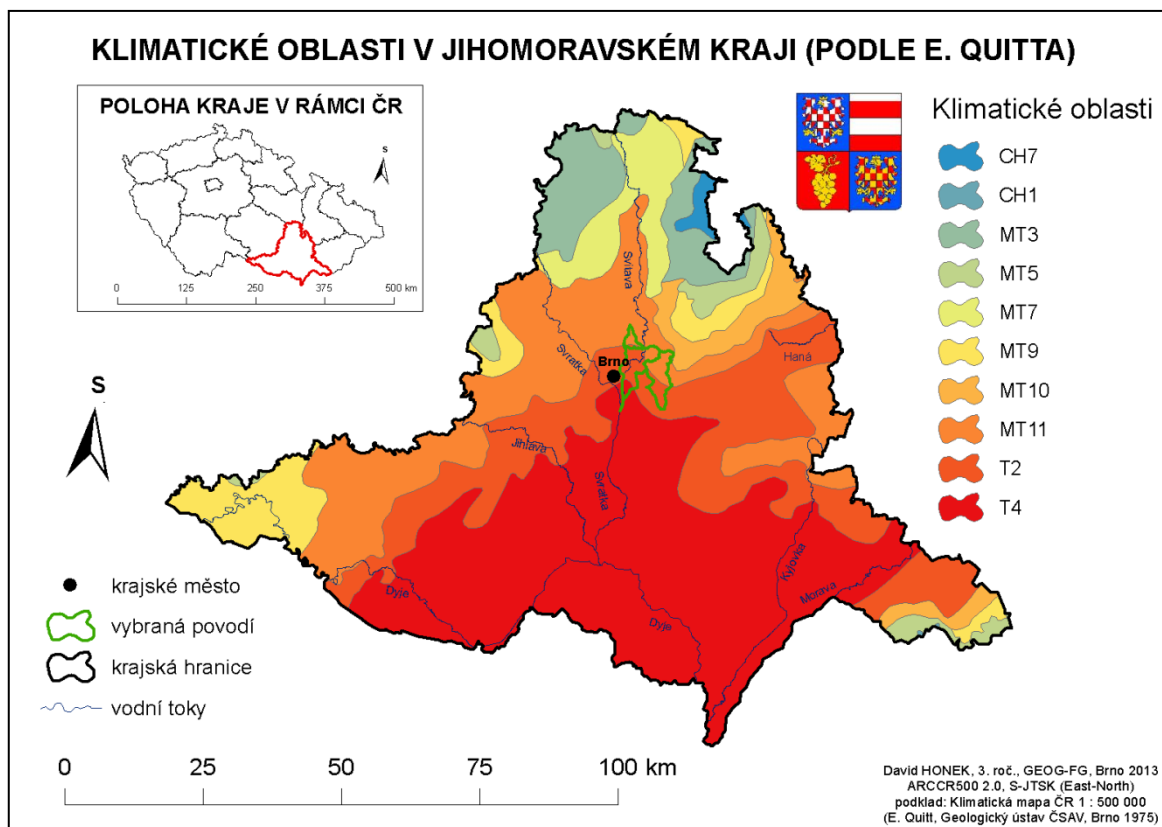
pramennou částí a ústím do řeky Svitavy nebo Řičky, které jsou v silně zaříznutých a hlubokých údolích.

Podle Michlíčka et al. (1986) je dosavadní hydrogeologická prozkoumanost této oblasti malá. Spíše je soustředěna lokálně k místům odběru podzemní vody, což je většinou v blízkosti sídel.

3.2.2 Klimatické a hydrologické podmínky

Podle Quittovy klimatické klasifikace (1971, obr. 6) spadá oblast zejména do mírně teplého klimatu **MT10** (pouze okolo Ochozu u Brna) a **MT11** (převážná část území), jižní část území (převážně městské části) se nachází v teplých oblastí **T2** a **T4** (nespadá přímo k našemu sledovanému území, jen část povodí). Z klimatických charakteristik vyplývá, že průměrná teplota v lednu činí -2 až -3 °C, v červenci se průměrná teplota pohybuje mezi +17 až +19 °C. Počet dnů se srážkami 1 mm a více činí 90 až 120 dnů, srážkový úhrn ve vegetačním období se pohybuje mezi 350 až 450 mm, v zimním období mezi 200 až 300 mm, celkem 500 až 750 mm za rok. Počet dní se sněhovou pokrývkou je 40 až 60 dní.

V území se nachází velké množství pramenů, což má souvislost s již zmíněnou geologií zájmové oblasti, která je tvořena převážně krasovými horninami. Většina území je



Obr. 6: Mapa klimatických oblastí podle E. Quitta s vybranými povodími. (Arc500, v. 2.0., ARCDATA 2003)

odvodňována řekou Svitavou, která protéká územím přes obec Bílovice nad Svitavou ze severu na jih. Dalším důležitým tokem je řeka Říčka, která teče v blízkosti obce Ochoz u Brna a v podstatě hned na pravém břehu (cca 3 metry) kousek za Ochozem u Brna se nachází studovaný pramen V3 (jeho vývěr). Dále je území odvodňováno množstvím menších toků, jedná se především o krátké a strmé potoky, které jsou často jen občasně protékány vodou, což souvisí s výše uvedenými klimatickými charakteristikami.

Celé území je pak součástí povodí řeky Svatky (Svitava tvoří levostranný přítok za městem Brnem, Říčka tvoří pravostranný přítok řeky Litavy, která tvoří levostranný přítok řeky Svatky pod Brnem). Území spadá do úmoří Černého moře díky systému: *Svatka*→*Dyje*→*Morava*→*Dunaj*→*Černé moře*.

Podle klasifikace režimu podzemních vod (Kříž, H., 1983) mají místní podzemní vody **krasový režim**, který se utváří v krasových oblastech, pro které je příznačné pronikání vody z povrchu do horninového prostředí a postupná přeměna puklinové propustnosti na krasovou. Podle jiné klasifikace, kterou navrhl R. Netopil (1964), místní

vody mají spíše **režim s celoročním doplňováním** podzemních vod, kde je závislost zvětšování/zmenšování zásob podzemních vod závislé na rozložení srážek během roku.

Ve vybraném území je zjištěn specifický dlouhodobý průměrný podzemní odtok okolo 1-2 l/s km², maximální je v krasových oblastech, kde se pohybuje mezi 5-7 l/s km² (Krásný et al., 2012). S tímto úzce souvisí tzv. **transmisivita**, která udává schopnost hydrogeologického kolektoru propouštět podzemní vodu (Krásný et al., 2012). Ve vybrané oblasti se pohybuje od 1 do 10 m²/d, což je *nízká transmisivita*, tedy je zde možnost odběrů podzemní vody jen pro místní zásobování (na úrovni jednotlivých domů, hospodaření atd.). Z toho vyplývá maximální odběr vody do 50 l/s, průměrně okolo 25 l/s (Krásný et al., 2012). Podle hydrogeologické mapy Geologické služby (1986) se pramen PB0302 nachází v oblasti granodioritů s nízkou transmisivitou, Pramen PB0488 také v oblasti granodioritu s nízkou transmisivitou. Pramen PB0307 se nachází z části na vápencích Moravského krasu se střední až nízkou transmisivitou a z části na arkózách a slepencích devonu s nízkou transmisivitou.

Podle Müllera a Nováka et al. (2000) se v podzemních vodách většiny brněnského okolí vyskytují převážně kationty vápníku a anionty hydrogenuhličitanu. Jen výjimečně se vyskytují vody CaCo₄ nebo Mg-HCO₃ typu. Celková mineralizace podzemních vod tohoto prostředí je nízká, pohybuje se většinou v rozmezí 0,3 až 0,6 g/l. Krásný et al. (2012) uvádí obdobné údaje o mineralizaci (celková min. 0,3 až 0,4 g/l a kolem 0,6 g/l v hlubších vrtech). Rozdíl je pouze ve sloučenině, kterou uvádí jako Ca-HCO₃.

3.2.3 Biota

Podle mapy biogeografického členění AOPK ČR (2013) území patří do provincie *středoevropských listnatých lesů, hercynská podprovincie*. Dále území spadá pod dva bioregiony - 1.24 *Brněnský* a 1.25 *Macošský*. Podrobnější členění v tabulce 2.

Na území se nachází 5 vegetačních jednotek (tab. 3) podle geobotanické mapy AOPK ČR (2013). Největší podíl zde mají *doubravy* a *dubo-habřiny*, které společně zabírají přes 70 % území. Lesy jsou zde smíšené, hlavními druhy stromů jsou *dub*, *habr*, *buk*, *lípa*, *javor*, *borovice* atd. Tyto druhy jsou zejména teplomilnější, vyskytující se převážně v druhém až třetím vegetačním stupni, čemuž odpovídá i tabulka 2.

Tab. 2: Biochory a vegetační stupně na sledovaném území. (AOPK ČR, 2013)

Kód	Název	Veg. s.
2BA	Erodované plošina na vápencích	2
2BE	Erodované plošiny na spraších	2
2BP	Erodované plošiny na neutrálních plutonitech	2
2RE	Plošiny na spraších	2
2UA	Významná údolí na vápencích	2
-2UP	Výrazná údolí na neutrálních plutonitech v suché oblasti	2
3BA	Erodované plošiny na vápencích	3
3UP	Výrazná údolí v neutrálních plutonitech	3
3VP	Vrchoviny na neutrálních plutonitech	3
-3UA	Výrazná údolí ve vápencích v suché oblasti	3

Tab. 3: Vegetační jednotky na vybraném území. (AOPK ČR, 2013)

Kód	Vegetační jednotka	Podíl na ploše [%]
AU	Luhy a olšiny	8
C	Dubo-habrové háje	35
Q	Subxerofilní doubravy	10
Qa	Acidofilní doubravy	45
Qp	Šípákové doubravy a skalní lesostepi	2

Většina pozorovaného území spadá do velkoplošně chráněného území *CHKO Moravský kras*, což je také Evropsky významná lokalita *CZ0624130 Moravský kras*. Dále se zde vyskytuje větší množství maloplošných chráněných území. Mezi významnější patří např.: *Hádecká plošina*, *Velký Hornek*, *Zadní Hády*, *Údolí Řičky* a další.

Z výše uvedených informací vyplývá, že území je nejen lokálně významné. Často je podrobena dlouhodobějšímu pozorování, včetně snahy o ochranu tohoto přírodního prostředí, které je díky tomu velice žádanou turistickou lokalitou na Brněnsku. Celkově je zde biota silně podmíněná podložím, zejména se jedná o vápence, spraše a časté výskyty plutonitů, které jsou silně erodované. Většina území je zalesněná, což má určitě vliv na celkový hydrologický cyklus, zejména zde bude zvýšený vliv **intercepce** (což je hodnota zachycení atmosférických srážek na povrchu rostlin a následný výpar) a **transpirace** (okamžité nasátí vsáknuté vody do půdy kořenovým systémem rostlin a následné uvolnění do ovzduší listy). V mezních případech může intercepce zadržet až 52 % a transpirace až 48 % atmosférických srážek (Pelikán, V., 1983). Celkové srážky se tedy nedostanou k povrchu a nezapojí se tak do hydrologického cyklu pod povrchem.

4 POUŽITÁ DATA

V práci jsou zpracovávána data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem v Brně (dále jen ČHMÚ) a to z oblasti hydrologie a meteorologie.

Z oblasti hydrologie se jedná o týdenní hodnoty vydatností pramenů ze tří vybraných pramenů uvedených výše (kap. 3.1, **PB0302**, **PB0488** a **PB0337**) za desetileté období 2002 – 2011 (od 2.1.2002 do 28.12.2011). Tato data jsou sbírána/měřena pomocí dobrovolnické sítě pozorovatelů pod vedením ČHMÚ. Jednotlivé prameny jsou v průběhu roku namátkově kontrolovány pracovníky ČHMÚ.

Z meteorologické části jsou využita data denních úhrnů srážek z amatérské meteorologické stanice **Babice nad Svitavou** (popsána výše v kap. 3.1) za pětileté období 2007 – 2011 (od 1.1.2007 do 31.12.2011). I tato data jsou kontrolována pracovníky ČHMÚ.

Všechna data byla podrobena statistickému zpracování a následně porovnávána a vyhodnocována. Výsledné hodnoty jsou slovně popsány a doplněné o tabelární a grafické výstupy.

5 VYDATNOST PRAMENŮ

Vydatnost pramenů patří k základním prvkům v hydrologii. Jedná se o měření na počátcích toků (vývěry podzemní vody na povrch). Díky získaným informacím se dají odvodit i další charakteristiky, nejen hydrologické (např.: geologické, meteorologické atd.).

5.1 Měření vydatnosti pramenů

Podle H. Kříže (1983) vydatnost pramene znamená množství vyvěrající vody za sekundu, která se udává buď v l/s nebo m³/s a měří se dvěma způsoby. První způsob se běžně provádí a jde o zachytávání vyvěrající vody do nádoby o známém objemu za určitý čas (obr. 7). Druhý způsob se provádí na měrných přelivech (vztah mezi vydatností a přepadovou výškou).

kde: Q – vydatnost pramene v l/s,

V – obsah měrné nádoby v litrech,

t – naměřený čas v sekundách.

$$Q=V/t$$

Obr. 7: Vzorec pro výpočet vydatnosti pramene. (Kříž, H., 1983)

Hodnoty naměřené v této práci jsou pomocí prvního způsobu do nádoby. Tento způsob se také využívá při kontrolních měřeních prováděných pracovníky ČHMÚ na pramenech v okolí Brna.

5.2 Zjištěné hodnoty

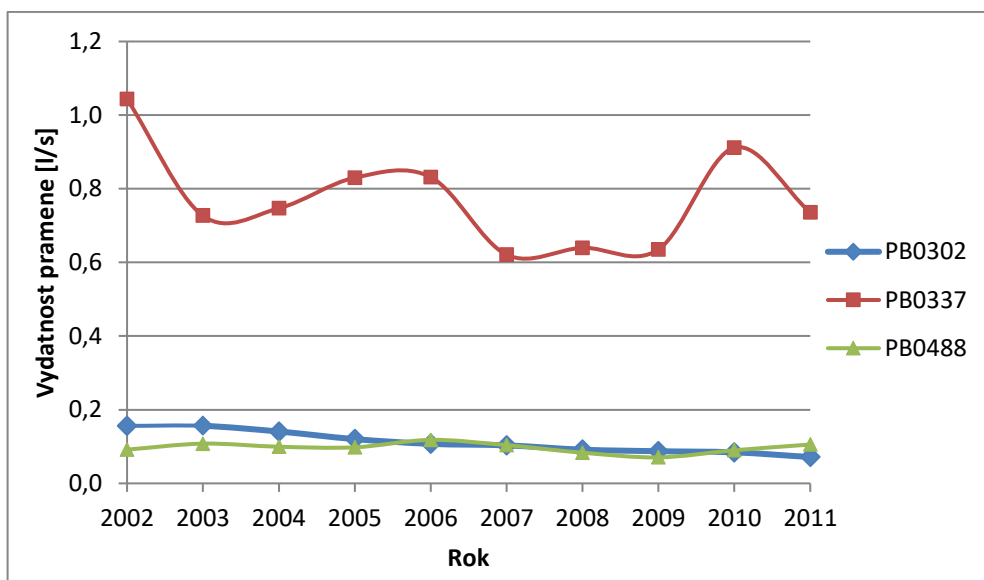
Jak je uvedeno dále, průměrné vydatnosti se pohybují maximálně kolem 1 l/s, což je velmi nízká vydatnost, která odpovídá krasovým oblastem v ČR, zejména na Českomoravské vrchovině. V tabulce 4 máme průměrné roční vydatnosti na vybraných pramenech, které se pohybují zejména mezi 0,1 – 0,15 l/s, výjimku představují hodnoty na prameni PB0337, kde se hodnoty vydatností pohybují průměrně mezi 0,6 – 0,8 l/s.

Tab. 4: Průměrné roční vydatnosti [l/s] na vybraných pramenech PB0302 (Doležalova st.), PB0488 (Janáčkova st.) a PB0337 (V3) za období 2002 – 2011.

Rok \ Pramen	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Průměr
PB0302	0,16	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,11
PB0337	1,04	0,73	0,75	0,83	0,83	0,62	0,64	0,64	0,91	0,74	0,77
PB0488	0,09	0,11	0,10	0,10	0,12	0,10	0,08	0,07	0,09	0,11	0,10

Na obrázku 7 jsou vyneseny hodnoty průměrných ročních vydatností u všech tří pozorovaných pramenů. Prameny PB0302 a PB0488 mají podobné vydatnosti, včetně jejich kolísání. To poukazuje na obdobné přírodní podmínky (granitoidy) u obou pramenů, zejména by se zde mohla projevit hydrogeologie a velikost odvodňovaného území. Pramen PB0337 je od ostatních dvou pramenů značně vzdálen a jsou zde i jiné přírodní podmínky (vápence), proto celkové hodnoty vydatností jsou odlišné, včetně změn během desetiletého období. Pramen PB0337 nejspíš odvodňuje větší území, čemuž může napovídat i poloha pramene na dně údolí a v těsné blízkosti se také nenachází žádný další pramen, který odváděl podzemní vodu jinudy. Naproti tomu pramen PB0302 se nachází ve vyšším terénu (v blízkosti vrcholu kopce) a neodvodňuje tak rozsáhlé území. Pramen PB0488 se nachází sice na dně údolí, ale v jeho blízkosti se vyskytují další prameny, které mohou „krást“ podzemní vodu tomuto prameni.

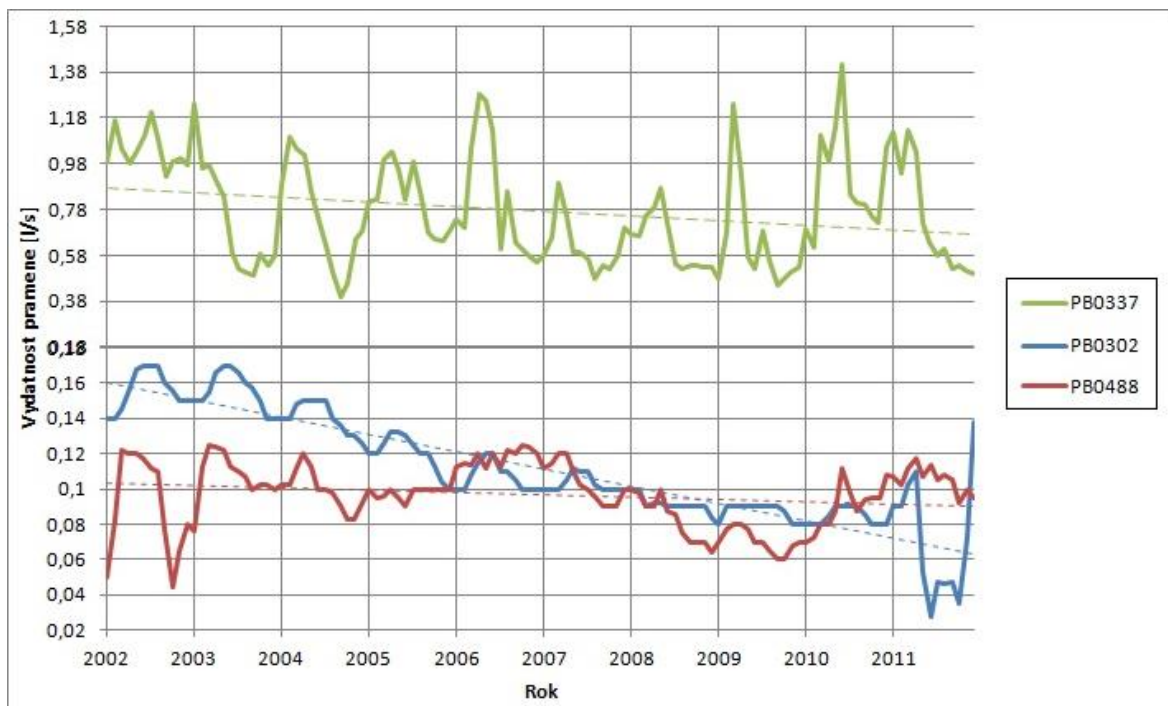
Dále na obrázku 8 je vidět změna vydatností během desetiletého období, kdy dochází k celkovému poklesu vydatností. U pramenů PB0302 a PB0488 jsou průběhy pozvolné, bez většího kolísání. To může poukazovat na velmi stabilní prameny, které nejsou silně ovlivňované změnami srážek, ale spíše geologií. U pramene PB0337 je průběh viditelně rozkolísaný. Na tento jev by mohly mít vliv srážky, které v oblasti spadnou. Jak je uvedeno níže (kap. 6), tak právě v roce 2010 došlo k silnému nárůstu srážek. Díky tomu se dá předpokládat, že podobně tomu bylo i v letech 2002, 2005 a 2006. I na ostatních dvou pramenech se dá rozpoznat nárůst vydatností ve zmíněných letech, zejména u pramene PB0488. Z těchto informací je zřejmé, že je zde velice důležitý rozdíl mezi hydrogeologickou situací mezi prameny, což ovlivňuje výsledný vliv změn srážek na vydatnosti pramenů i během delšího časového období.



Obr. 8: Změna průměrných ročních vydatností [l/s] na vybraných pramenech PB0302 (Doležalova st.), PB0488 (Janáčkova st.) a PB0337 (V3) za období 2002 – 2011.

Na obrázku 9 jsou vyneseny chody měsíčních průměrných vydatností pramenů během celého období. Zde se dá odhalit určitá perioda, která ukazuje na nárůst hodnot v první polovině roku a značný pokles v druhé polovině roku u všech tří pramenů. U pramene PB0337 je rozdíl ve strmějším nárůstu vydatností začátkem roku a dřívější pokles hodnot již v polovině roku. Tento trend poukazuje opět na větší odezvu pramene na srážky a také na tání sněhu a ledu v jarních měsících, včetně poklesu vydatností v sušší části roku. Opět je zde vidět celkový pokles vydatností (vyjádřeno lineárním trendem) a značná míra rozkolísanosti během jednotlivých roků na všech třech pramenech, zejména u pramene PB0337. Je zde také patrný zajímavý rozdíl mezi prameny PB0302, PB0488 a pramenem PB0337, kdy u prvních dvou pramenů dohází k největšímu rozkolísání vydatností tehdy, když třetí pozorovaný pramen má tyto proměnlivosti nejmenší. To poukazuje opět na rozdílnost v hydrogeologii a také na rozdílné objemy vydatností, i když určité obdobné chování (periody) můžeme rozpoznat u všech tří pramenů.

Další podrobnosti ohledně vydatností jsou popsány v následujících podkapitolách o jednotlivých pramenech.



Obr. 9: Chod průměrných měsíčních vydatností [l/s] na pramenech PB0302 (Doležalova studánka), PB0488 (Janáčkova studánka) a PB0337 (V3) za období 2002 až 2011. (lineární trend...přerušovaná čára)

5.2.1 Doležalova studánka

Pramen PB0302, neboli Doležalova studánka, podle tabulky 5 vykazuje průměrné roční hodnoty vydatností velice nízké, někde kolem 0,11 l/s. Podle celoročních průměrů je zde zřetelně vidět celkový pokles vydatností z 0,16 na 0,07 l/s, což je více jak o polovinu. Jedná se tedy o velice prudký pokles v rámci tohoto pramene a nejvýraznější mezi námi sledovanými prameny.

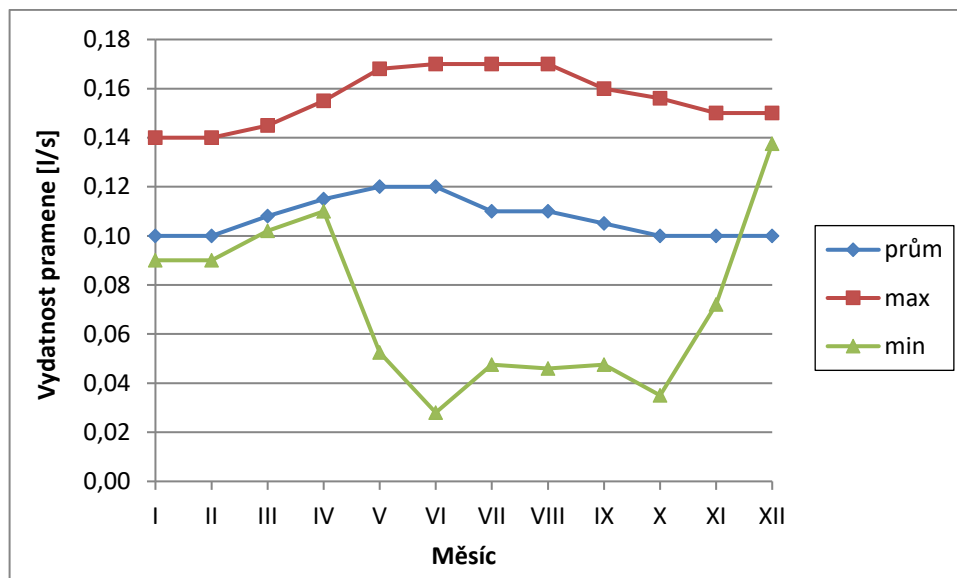
Tab. 5: Průměrné měsíční a roční hodnoty vydatnosti [l/s] na prameni PB0302 (Doležalova studánka) za období 2002 – 2011.

Měsíc Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměr
2002	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16
2003	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,16
2004	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14
2005	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,12
2006	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11
2007	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
2008	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09
2009	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
2010	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
2011	0,09	0,09	0,10	0,11	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,07	0,14	0,07

V následující tabulce 6 jsou zobrazeny extrémní hodnoty průměrných měsíčních vydatností za celé období, včetně dalších charakteristik. Průměrná hodnota vydatností se pohybuje od 0,10 do 0,12 l/s, malá rozkolísanost, což potvrzují i hodnoty variačního koeficientu, který je, až na výjimky v letních měsících, nízký. Maximální vydatnosti pramene jsou mezi 0,15 – 0,17 l/s. Největší vydatnosti se zde vyskytují od dubna až do srpna. Minimální vydatnosti jsou v rozmezí 0,03 – 0,08 l/s a vyskytují se v letních měsících. Je velice zajímavé, že právě maxima i minima se časově překrývají. Bude zde silný vliv sucha v letních měsících a zároveň přívalových dešťů (*bouřek*) ve stejném období roku.

Tab. 6: Vybrané statistické charakteristiky měsíčních vydatností [l/s] na prameni PB0302 (Doležalova studánka) za období 2002 – 2011. (Smoch...směrodatná odchylka, Var...variační koeficient [%])

Charakter.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Průměr	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11
Maximum	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15
Rok	2003	2003	2003	2003	02, 03	02, 03	02, 03	2002	02, 03	2002	2002	2002
Minimum	0,08	0,08	0,08	0,09	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,07	0,08
Rok	09, 10	2010	2010	08,09,10	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	08,09,10
Smoch	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Var	18,2	18,2	27,2	25,0	33,3	36,4	36,4	36,4	27,3	30,0	30,0	27,2



Obr. 10: Roční chod průměrných měsíčních vydatností [l/s] na prameni PB0302 (Doležalova studánka) v průměrném (2006), maximálním (2002) a minimálním (2011) roce podle vydatností pramene.

Na obrázku 10 jsou vyjádřeny průběhy průměrných, maximálních a minimálních roků podle průměrných měsíčních úhrnů za sledované období 2002 – 2011 a je zřetelný propad v oblasti minimálního roku (2011) v letních měsících, který ze začátku roku sleduje průměrný rok (2006), ale na přelomu dubna a května dojde k silnému poklesu. Naproti tomu maximální rok (2002) sleduje velice přesně trend vývoje průměrného roku, kdy dochází k nárůstu hodnot v jarních měsících, určitá stagnace v letním období a pokles ke konci roku. Během minimálního roku došlo nejspíš k výskytu velice suchých a srážkově chudých měsíců.

Celkově jsou hodnoty vydatností nízké, nepřesahující hranici 0,2 l/s. Trend průběhu během roku je maximum na jaře, stagnace v létě a zimě a pokles na podzim. Rozkolísanost během desetiletého období není, ale je zde citelný pokles vydatností se setrvačnou tendencí.

5.2.2 Janáčkova studánka

Pramen PB0488, neboli Janáčkova studánka, jako jediný vykazuje nižší průměrnou roční vydatnost na začátku sledovaného období než na konci (tab. 7). Trend poklesu je zde ale také zřejmý, rok 2011 je na tomto prameni extrémní, protože podle hodnot v tabulce 7

Tab. 7: Průměrné měsíční a roční hodnoty vydatnosti [l/s] na prameni PB0488 (Janáčkova studánka) za období 2002 – 2011.

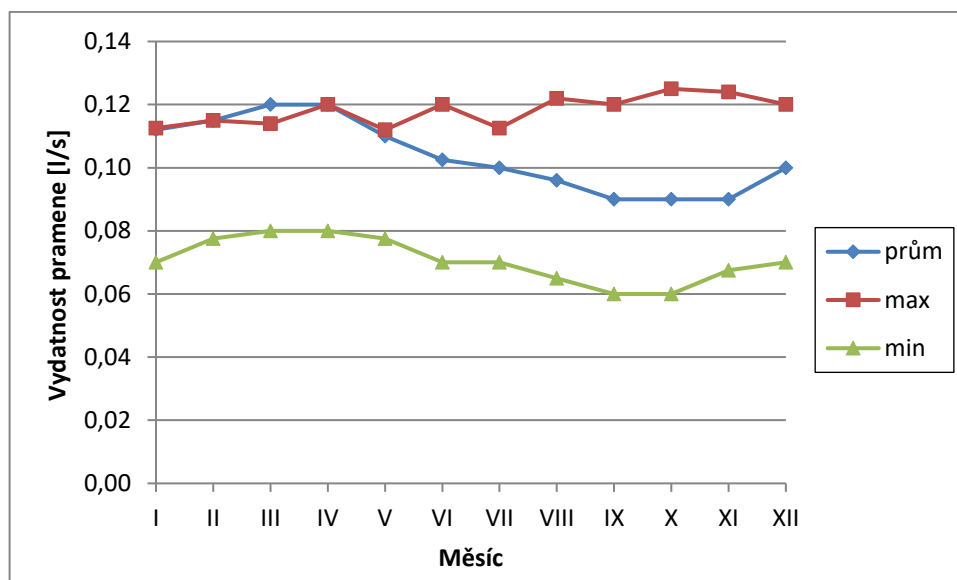
Měsíc Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměr
2002	0,05	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,08	0,04	0,07	0,08	0,09
2003	0,08	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
2004	0,10	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10
2005	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
2006	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12
2007	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10
2008	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08
2009	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
2010	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,09
2011	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11

má nejvyrovnanější průměrné měsíční vydatnosti, okolo 0,11 l/s, což je blízko celkovému průměru vydatnosti za sledované období, který je 0,1 l/s.

V tabulce 8 jsou opět vybrané charakteristiky. Maximální průměrné měsíční hodnoty vydatností se pohybují okolo 0,12 l/s, což je méně než u předchozího pramene. Tyto maxima jsou během roku celkem rovnoměrné, nejsou zde žádné viditelné skoky, nejvyšších hodnot dosahují jarní a podzimní měsíce (0,13 l/s). Minimální vydatnosti jsou velice podobné předchozímu prameni (kolem 0,07 l/s), ale neklesají pod 0,05 l/s. Opět rozložení je velice rovnoměrné, nejnižší hodnoty jsou v zimních měsících. Jak je zde zmíněno, tak celkový průběh vydatností (včetně extrémních) je velice vyrovnaný, čemuž napovídá i variační koeficient, který udává míru rozkolísanosti, který se pohybuje od 10 do 22 %, tedy nízký, obdobně jako u předchozího pramene PB0302, ale je více vyrovnaný.

Tab. 8: Vybrané statistické charakteristiky měsíčních vydatností [l/s] na prameni PB0488 (Janáčkova studánka) za období 2002 – 2011. (Smoch...směrodatná odchylka, Var...variační koeficient [%])

Charakter.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Průměr	0,09	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
Maximum	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12
Rok	06,07, 11	06, 07	2003	02,03, 04,06, 07,11	02, 03	02, 06	02,03, 06,11	2006	2006	2006	2006	2006
Minimum	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,07	0,06
Rok	2002	2010	09, 10	09, 10	2009	2009	2008	2009	2009	2002	02,08,09	2009
Smoch	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Var	22,2	10,0	18,2	18,2	10,0	20,0	10,0	20,0	22,2	22,2	22,2	22,2



Obr. 11: Roční chod průměrných měsíčních vydatností [l/s] na prameni PB0488 (Janáčkova studánka) v průměrném (2007), maximálním (2006) a minimálním (2009) roce podle vydatností pramene.

Obrázek 11 nabízí opět pohled ke srovnání průběhu maximálních, minimálních a průměrných roků podle průměrných měsíčních vydatností za celé období 2002 – 2011. Oproti předchozímu prameni, tak zde mají obdobný trend průměrný (2007) a minimální (2009) rok, tedy mírný nárůst na začátku roku, poté pokles až do podzimních měsíců. Maximální rok (2006) má trend postupného nárůstu od začátku roku, je zde patrná rozkolísanost v letních měsících. Celkově si maximální rok udržuje konstantní vydatnosti okolo 0,12 l/s, což může být způsobeno rovnoměrnějšími a vydatnějšími srážkami během roku, než je tomu u ostatních roků.

Pramen PB0488 patří také k méně vydatnějším pramenům v oblasti, průměr cca 0,1 l/s, má ale velice konstantní vydatnosti, včetně extrémních hodnot. Sice dochází k menšímu poklesu hodnot celkových průměrných ročních vydatností, ale rozdíl není tak výrazný jako u předchozího pramene (na konci je dokonce vyšší než na začátku sledovaného období o 0,02 l/s).

5.2.3 Pramen V3

Pramen PB0337, neboli V3, má ze všech tří pozorovaných pramenů největší průměrnou roční vydatnost, která se průměrně pohybuje kolem 0,75 l/s. Jak uvádí tabulka

Tab. 9: Průměrné měsíční a roční hodnoty vydatnosti [l/s] na prameni PB0337 (V3) za období 2002 – 2011.

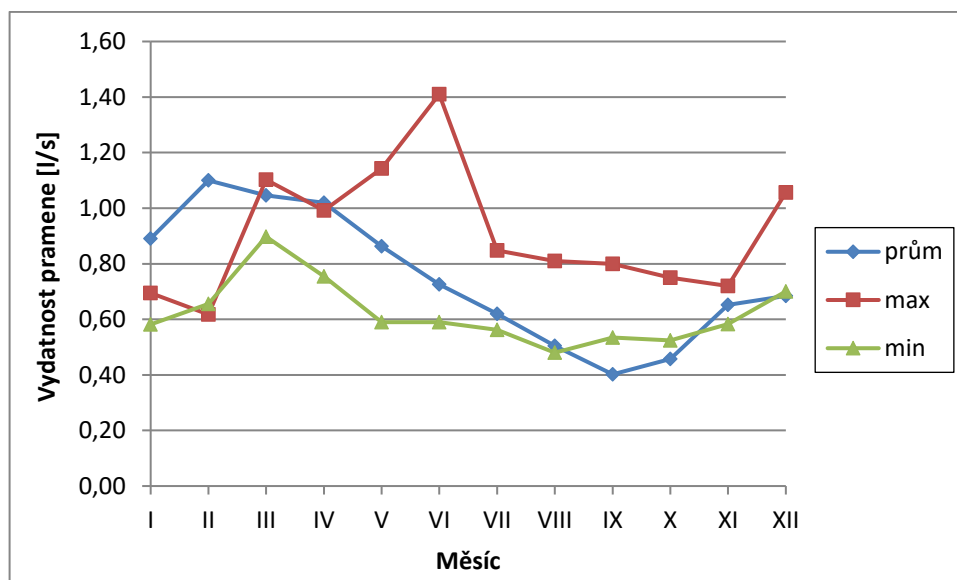
Měsíc Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměr
2002	0,99	1,17	1,05	0,98	1,03	1,11	1,21	1,09	0,93	0,99	1,01	0,98	1,04
2003	1,24	0,96	0,98	0,90	0,84	0,60	0,52	0,51	0,49	0,58	0,54	0,58	0,73
2004	0,89	1,10	1,05	1,02	0,86	0,73	0,62	0,51	0,40	0,46	0,65	0,68	0,75
2005	0,82	0,82	0,99	1,04	0,96	0,83	0,99	0,86	0,68	0,65	0,65	0,69	0,83
2006	0,74	0,70	1,05	1,29	1,25	1,13	0,61	0,86	0,64	0,61	0,57	0,55	0,83
2007	0,58	0,66	0,90	0,76	0,59	0,59	0,56	0,48	0,54	0,52	0,58	0,70	0,62
2008	0,67	0,67	0,75	0,79	0,88	0,73	0,54	0,52	0,54	0,54	0,53	0,53	0,64
2009	0,48	0,68	1,24	0,93	0,57	0,52	0,69	0,56	0,45	0,48	0,51	0,53	0,64
2010	0,70	0,62	1,10	0,99	1,14	1,41	0,85	0,81	0,80	0,75	0,72	1,06	0,91
2011	1,12	0,94	1,13	1,04	0,73	0,63	0,58	0,61	0,52	0,53	0,52	0,50	0,74

9, tak je zde vidět opět zřetelný pokles celkových průměrných ročních vydatností a to o 0,3 l/s, i přesto je cca 7-8 krát vydatnější jak předchozí dva prameny.

Podle tabulky 10 maximální hodnoty průměrných měsíčních vydatností jsou v průměru přes 1 l/s (nejvyšší hodnota je 1,41 l/s v červnu). Nejvyšší vydatnosti jsou na jaře a v létě. Minimální hodnoty jsou mezi 0,4 – 0,8 l/s. Vyskytují se zejména v podzimních a zimních měsících. Podle variačního koeficientu nejsou vydatnosti nijak zvlášť rozkolísané, i když nejčastěji k rozkolísanosti dochází v létě. Oproti předchozím dvěma pramenům je variační koeficient také nízký, tudíž i jeho proměnlivost je obdobná. Nejvíce se podobá hodnotám na prameni PB0302.

Tab. 10: Vybrané statistické charakteristiky měsíčních vydatností [l/s] na prameni PB0337 (V3) za období 2002 – 2011. (Smodch...směrodatná odchylka, Var...variační koeficient [%])

Charakter.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Průměr	0,82	0,83	1,02	0,97	0,88	0,83	0,72	0,68	0,60	0,61	0,63	0,68
Maximum	1,24	1,17	1,24	1,29	1,25	1,41	1,21	1,09	0,93	0,99	1,01	1,06
Rok	2003	2002	2009	2006	2006	2010	2002	2002	2002	2002	2002	2010
Minimum	0,48	0,62	0,75	0,76	0,57	0,52	0,52	0,48	0,40	0,46	0,51	0,50
Rok	2009	2010	2008	2007	2009	2009	2003	2007	2004	2004	2009	2011
Smodch	0,23	0,19	0,13	0,14	0,21	0,28	0,22	0,20	0,16	0,15	0,14	0,18
Var	28,1	22,9	12,7	14,4	23,9	33,7	30,6	29,4	26,7	24,6	22,2	26,5



Obr. 12: Roční chod průměrných měsíčních vydatností [l/s] na prameni PB0337 (V3) v průměrném (2004), maximálním (2010) a minimálním (2007) roce podle vydatnosti pramene.

Obrázek 12 opět nabízí pohled na průběh průměrných měsíčních vydatností v průměrném, maximálním a minimálním roce podle vydatností. Zde je průběh linií velice komplikovaný. Nejblíže k sobě mají trendy chodu průměrného (2004) a minimálního (2007) roku, jako u předchozího pramene, tedy mírný nárůst začátkem roku, poté dlouhodobý pokles do podzimu a opětovný nárůst přes zimu. Maximální rok (2010) se od ostatních dvou roků liší zejména v jarních měsících (duben až červen), kdy dochází k prudkému nárůstu vydatností, poté k prudkému poklesu na přelomu jara a léta. V tomto roce nejspíš došlo k prudkému tání sněhu a ledu koncem zimy a na jaře než u ostatních roků.

Pramen PB0337 patří tedy k nejvydatnějším pramenům v oblasti. Rozdíl mezi maximy a minimy je až 1 l/s, což je ve srovnání s ostatními prameny obrovský rozdíl. Je zde také daleko větší ovlivnění srážkovými úhrny a táním sněhu a ledu v jarních měsících.

6 SRÁŽKOVÉ ÚHRNY

Srážkové úhrny mají velký vliv na tvorbu podzemní vody a její vydatnosti v pramenech. Sledování a měření srážek je tedy důležitou součástí k posuzování vydatností pramenů a to zejména při posuzování jejich celkového vlivu a nalezení určitých souvislostí a časových odezev.

6.1 Naměřené hodnoty

Průměrná hodnota denních úhrnů srážek během roku je kolem 3,5 mm (tab. 11), celkový průměrný roční úhrn srážek je okolo 650 mm/rok (tab. 12). Podle tabulky 12 největších celkových srážkových úhrnů dosahují letní měsíce (červen až srpen), kdy naměřené hodnoty přesahují hranici 100 mm. Podzimní a jarní měsíce mají podobné hodnoty, ale jsou zde vidět i velké propady, například únor a listopad 2011, kdy srážky byly zanedbatelné, přestože v předchozích letech patřily k nejvydatnějším měsícům. I tabulka 11 podporuje výše uvedené tvrzení, kdy největší průměrné denní úhrny srážek se objevují v letních měsících. Během podzimu a zimy dochází k jejich poklesu a stagnaci. Celkově se průměrné roční úhrny za den příliš nemění. Jejich změny odpovídají změně celkových srážek uvedených dále.

Tab. 11: Průměrné měsíční a roční hodnoty úhrnů srážek za den [mm] na stanici Babice nad Svitavou za období 2007 – 2011.

Měsíc Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměr
2007	1,6	2,4	6,6	0,3	2,0	5,2	2,4	4,3	6,9	2,2	2,9	1,7	3,1
2008	1,4	0,9	2,1	3,7	6,2	9,3	4,8	5,1	4,2	2,5	2,9	1,8	3,6
2009	2,0	3,2	3,0	1,7	3,5	5,8	8,9	3,1	2,9	2,3	2,8	2,6	3,5
2010	3,9	2,0	0,8	4,4	4,8	7,8	9,0	6,4	6,2	1,8	2,9	1,7	4,2
2011	1,2	0,3	7,0	2,8	6,1	6,3	6,8	5,2	5,2	2,6	0,3	1,0	3,5

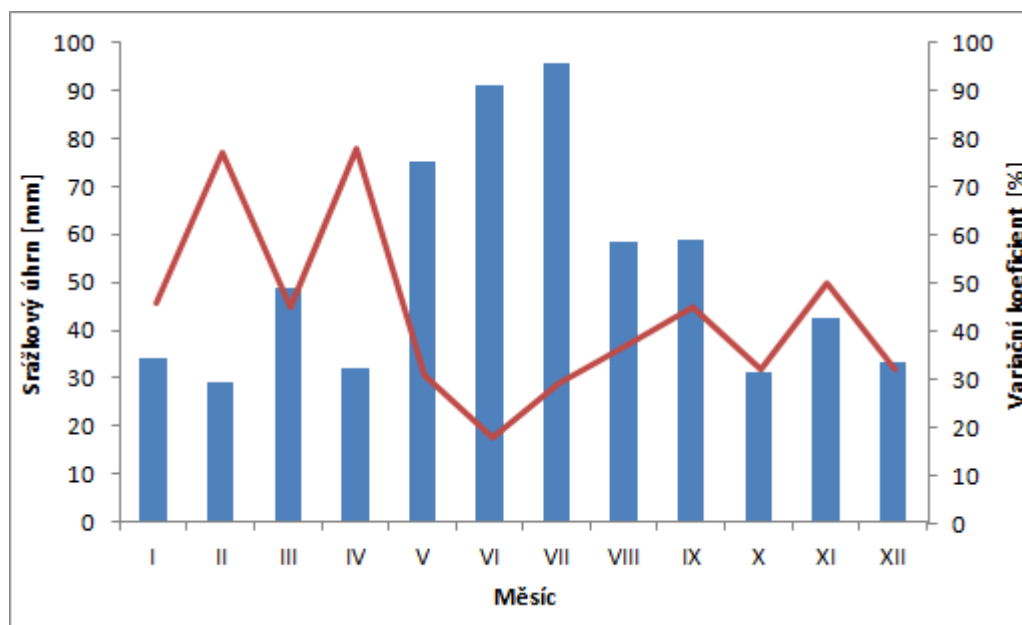
Tab. 12: Celkové měsíční a celkové roční úhrny srážek [mm] na stanici Babice nad Svitavou za období 2007 – 2011.

Měsíc Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
2007	40,6	36,1	66,4	0,5	36,7	67,6	48,1	43,3	97,2	33,4	60,9	26,2	557,0
2008	23,5	11,8	40,8	58,8	87,3	102,2	82,1	55,7	54,3	28,0	43,4	26,9	614,8
2009	24,1	67,2	76,1	10,0	59,1	109,9	125,0	33,9	25,8	43,8	46,8	52,6	674,3
2010	62,0	27,6	12,5	61,7	130,9	100,9	107,6	96,1	80,8	14,1	60,1	37,3	791,6
2011	20,2	2,5	49,3	28,4	61,4	75,1	116,3	62,3	36,7	36,2	2,3	23,5	514,2

V tabulce 13 jsou vypočítané vybrané statistické charakteristiky celkových měsíčních úhrnů srážek za vybrané období, které dotvrzují již zmíněné výše, že největší hodnoty ve všech kategoriích mají zejména letní měsíce červen až srpen, včetně jarního měsíce května. V těchto měsících jsou minimální hodnoty nad 30 mm, maxima až přes 100 mm. Celkově jsou jejich hodnoty až trojnásobné oproti zbytku měsíců v roce. Nejmenší vydatnosti se objevují na podzim (listopad a prosinec) a na přelomu zimy a jara (únor až duben). Podle této tabulky by nejvydatnější rok měl být rok 2009, ale podle tabulky 12 tím byl rok 2010, v kterém napadlo až o 120 mm srážek více. Tento zajímavý rozdíl je způsoben menší proměnlivostí srážek během roku 2010. Nejméně vydatné jsou roky 2007 a 2011.

Tab. 13: Vybrané statistické charakteristiky celkových měsíčních úhrnů srážek [mm] na stanici Babice nad Svitavou za období 2007 – 2011. (Smoch...směrodatná odchylka, Var...variační koeficient [%])

Charakter.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Průměr	34,1	29,0	49,0	31,9	75,1	91,1	95,8	58,3	59,0	31,1	42,7	33,3
Maximum	62,0	67,2	76,1	61,7	130,9	109,9	125,0	96,1	97,2	43,8	60,9	52,6
Rok	2010	2009	2009	2010	2010	2009	2009	2010	2007	2009	2007	2009
Minimum	20,2	2,5	12,5	0,5	36,7	67,6	48,1	33,9	25,8	14,1	2,3	23,5
Rok	2011	2011	2010	2007	2007	2007	2007	2009	2009	2010	2011	2011
Smoch	15,7	22,4	22,1	24,9	32,2	16,6	27,8	21,3	26,7	9,9	21,4	10,7
Var	46,0	77,2	45,1	78,1	30,9	18,2	29,0	36,5	45,3	31,8	50,1	32,1

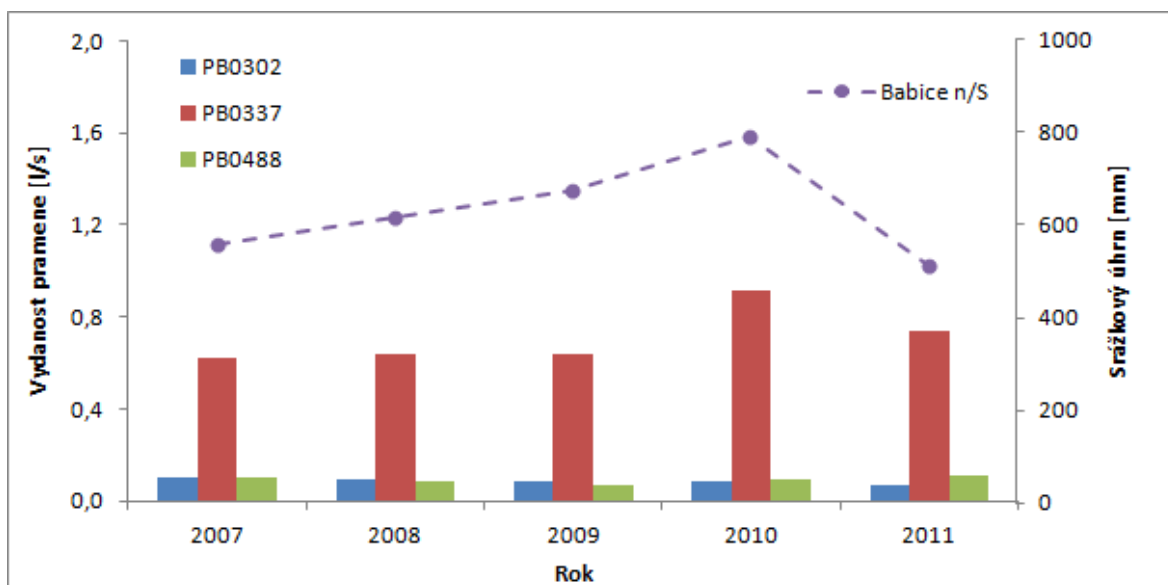


Obr. 13: Roční chod průměrných celkových měsíčních úhrnů srážek [mm] (sloupky) a jeho proměnlivost vyjádřená variačním koeficientem (lomená čára) na stanici Babice nad Svitavou za období 2007 – 2011.

Zajímavé jsou hodnoty variačního koeficientu (obr. 13), který poukazuje na proměnlivost dat v souboru, a který má hodnoty v desítkách procent. To značí velice rozkolísané hodnoty úhrnů srážek za jednotlivé měsíce během sledovaného období (srážkové úhrny patří k nejrozkolísanějším charakteristikám). Maxima jsou v únoru a dubnu, kdy jsou ale velice malé úhrny srážek, minima jsou hlavně v letních měsících. To napovídá větším rozdílům v rozložení srážek mezi letními a zimními měsíci, kdy v zimě jsou srážky více rozkolísané. Dále jsou na obrázku velice patrné rozdíly mezi měsíci v celkových úhrnech, kdy zejména letní měsíce jsou i v průměru 2krát vydatnější než zimní a jarní.

6.2 Vliv na vydatnosti pramenů

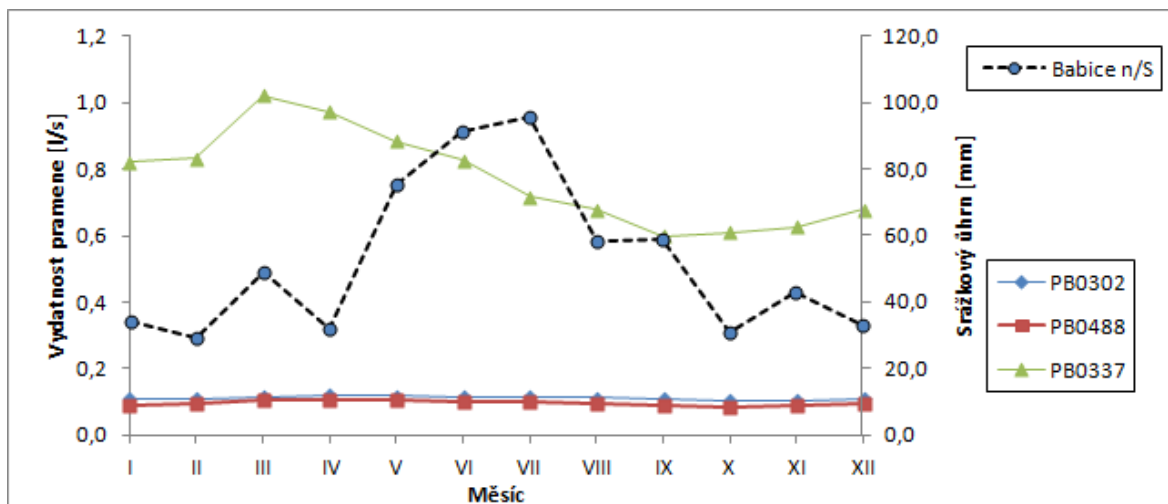
Spadlé srážky by měly mít obecně na vydatnost pramenů velký vliv. Silně ale záleží na prostředí, ve kterém se prameny nachází. Podle zjištěných informací výše, tak situace ve sledované lokalitě není jednoznačná, spíše se zde budou projevovat různé zvláštnosti, protože v oblasti se nachází velké množství puklin i v odolnějších horninách (př. granity) a je zde také hojný výskyt krasových hornin.



Obr. 14: Chod celkových srážkových úhrnů [mm] na stanici Babice nad Svitavou (přerušovaná čára) a chod průměrných ročních vydatností [l/s] (sloupce) na pramenech PB0302 (Doležalova st.), PB0488 (Janáčkova st.) a PB0337 (V3) za období 2007 – 2011.

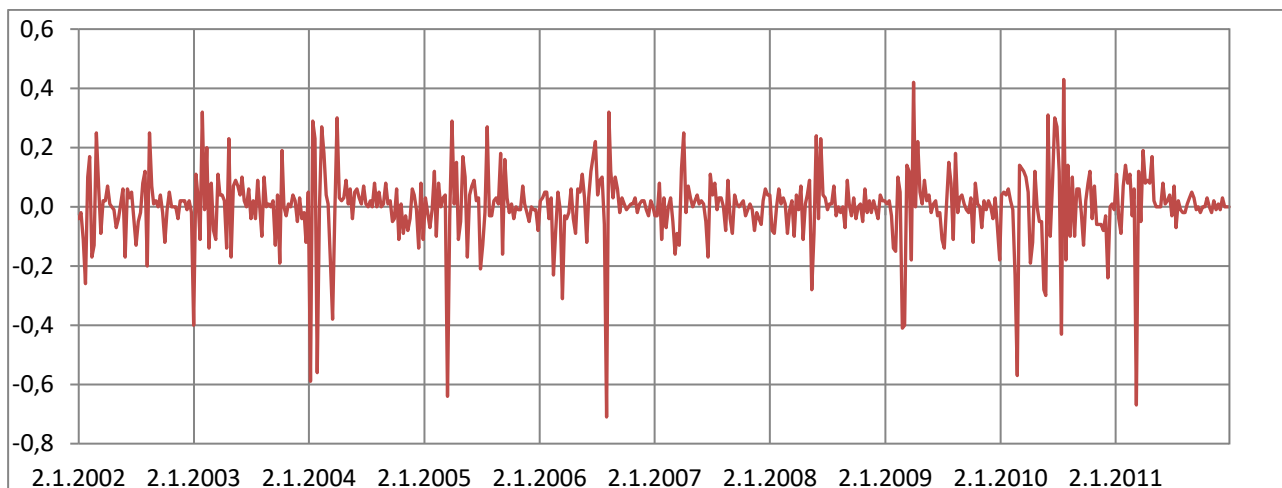
Jak bylo nastíněno výše, tak přímo na srážky nejvíce reaguje pramen PB0337 u Ochozu u Brna. Nejlépe je to vidět na obrázku 14, kde je vidět chod vydatností za pětileté období srovnané se změnou celkových úhrnů srážek za téže období. Pramen PB0337 přesně koresponduje se změnami na srážkové linii. U ostatních dvou pramenů se změny projevují méně a nejsou vázané na srážky, což je vidět například na roce 2011, kde došlo k výraznému poklesu srážek, ale pramen PB0488 vykazuje vyšší hodnoty vydatností než v předchozích letech.

Podobný graf je na obrázku 15, kde jsou srovnány průběhy průměrných měsíčních hodnot během roku za pětileté období. Zde opět prameny PB0302 a PB0488 mají zcela odlišný průběh než je tomu u pramene PB0337 a srážkových úhrnů. Zde si tyto dva prameny udržují víceméně stabilní průběhy, i když po bližším pozorování i zde můžeme vidět malá kolísání, která odpovídají srážkovým změnám. Na druhé straně pramen PB0337 má daleko rozkolísanější průběh křivky. V prvních třech měsících silně koresponduje se srážkami, ale poté dochází k pozvolnému poklesu vydatností až do čtvrtého čtvrtletí, kde dochází k mírnému nárůstu. Srážky naproti tomu mají spíše silný nárůst do poloviny roku, poté silný pokles a stagnaci v období zimních měsíců.



Obr. 15: Roční chod průměrných celkových měsíčních úhrnů srážek [mm] na stanici Babice nad Svitavou (přerušovaná čára) a roční chod průměrných měsíčních vydatností [l/s] (plné čáry) na pramenech PB0302 (Doležalova st.), PB0488 (Janáčkova st.) a PB0337 (V3) za období 2007 – 2011.

V další části je popsán pouze pramen PB0337 (Ochoz u Brna), který byl vybrán pro jeho větší proměnlivost vydatností. Na obrázku 16 máme vyobrazeny hodnoty diferencí mezi týdenními vydatnostmi na prameni za období 2002 – 2011. Jak je vidět, tak největší rozdíly se objevují převážně v první polovině roku, kde jsou výrazné zejména záporné hodnoty, které ukazují na velké zvýšení vydatností. Kladné hodnoty poukazují na snížení vydatností, které sice nedosahují velikosti záporných hodnot, ale často přímo na ně navazují, takže rozdíly mezi týdenními vydatnostmi může být dosti značný, někdy se jedná více jak o 0,5 l/s (tab. 14).



Obr. 16: Chod výsledných hodnot difference týdenních vydatností [l/s] na prameni PB0337 (pramen V3) za období 2002 – 2011.

V tabulce 14 jsou zobrazeny difference, které měli podle obrázku 16 největší hodnoty (kladné i záporné). Tyto difference jsou doplněny o informace o datu jejich výskytu, včetně změn jednotlivých týdenních vydatností, a doplněné o srážkové úhrny za sledované období 2002 – 2011. Silný nárůst i pokles vydatností se objevuje především v jarních a letních měsících. Zajímavé je, že ne vždy největší srážkový úhrn za týden znamená také největší nárůst vydatností, například z 14. na 21. května 2008 byl srážkový úhrn přes 70 mm za týden, ale zvýšení vydatností bylo pouze o 0,28 l/s, oproti tomu v týdnu z 9. na 16. března 2011 byl srážkový úhrn pouze 0,2 mm, ale vydatnost se zvětšila o 0,67 l/s. Podobně je tomu u poklesů vydatností, kdy k výrazným poklesům došlo i za obdobných úhrnů srážek jako tomu bylo u zvýšení vydatností. Například v týdnu mezi 2. až 9. červnem 2010 došlo k poklesu vydatností o 0,31 l/s, ale úhrn srážek byl 21,8 mm. Většina poklesů ale souhlasí s velice nízkými úhrny srážek, pokud se vůbec nějaké vyskytovaly.

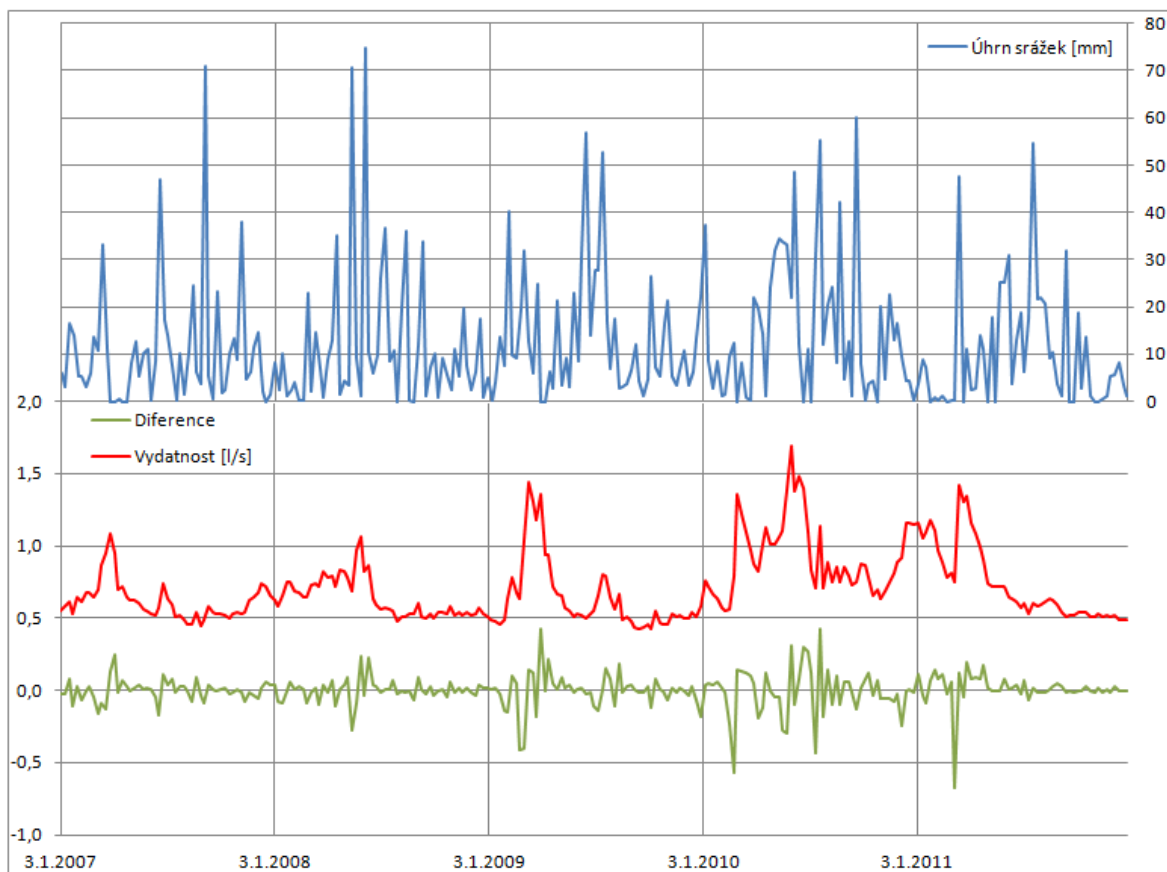
Na obrázku 17 jsou porovnány průběhy srážkových úhrnů na stanici Babice nad Svitavou, týdenních vydatností na prameni PB0337 a jejich diferencí během pěti let. Je zřejmé, že srážky jsou velice proměnlivé. Vydatnosti, včetně jejich diferencí, mají průběhy méně rozkolísané, důležitý je však jejich celkový průběh, který z velké části je podobný průběhu změn srážkových úhrnů, samozřejmě s menším zpožděním za srážkami (doba, než se srážky dostanou do podzemní vody). Ve většině případů se zvýšený úhrn srážek projeví na vydatnostech, ale jsou zde období, kde tomu tak není, například v druhé

Tab. 14: Hodnoty vybraných (maximálních a minimálních) diferencí vydatností [l/s] pramene PB0337 (pramen V3) a hodnoty celkových úhrnů srážek [mm] za vybrané týdny na stanici Babice nad Svitavou za období 2007 – 2011.

Diference		Změna vydatnosti [l/s]	Týden	Úhrn srážek za den během sledovaného týdne [mm]							Celkový úhrn srážek [mm]	
Nárůst vydatnosti (záporná diference)	-0,16	0,70→0,86	7.-14.3.2007	-	10,8	-	-	-	-	-	-	10,8
	-0,17	0,57→0,74	20.-27.6.2007	-	30,4	14,4	-	-	2	-	-	46,8
	-0,28	0,69→0,97	14.-21.5.2008	28,9	0,2	3,1	2,5	21,3	3,2	11,3	-	70,5
	-0,40	1,04→1,44	4.-11.3.2009	-	9,9	12,3	-	1,4	1,3	7	-	31,9
	-0,57	0,79→1,36	24.2.-3.3.2010	-	-	3,9	-	8,5	-	-	-	12,4
	-0,28	1,11→1,39	19.-26.5.2010	1,2	0,9	3,4	7	0,3	12,1	9	-	33,9
	-0,43	0,71→1,14	14.-21.7.2010	.	0,1	.	27,1	0,2	.	3,1	-	30,5
	-0,24	0,92→1,16	8.-15.12.2010	0,9	2,7	1,8	2,5	1,6	-	2,5	-	12
	-0,67	0,75→1,45	9.-16.3.2011	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,2
Pokles vydatnosti (kladná diference)	0,25	0,95→0,70	4.-11.4.2007	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	0,24	1,06→0,82	28.5.-4.6.2008	-	-	-	-	1,1	-	-	-	1,1
	0,23	0,86→0,63	11.-18.6.2008	7,9	-	-	-	-	2,2	0,2	-	10,3
	0,42	1,36→0,94	1.-8.4.2009	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	0,31	1,69→1,38	2.-9.6.2010	19,5	1,5	0,8	-	-	-	-	-	21,8
	0,27	1,10→0,83	30.6.-7.7.2010	-	-	-	-	-	2,4	8,6	-	11
	0,43	1,14→0,71	21.-28.7.2010	-	-	1,5	6,6	-	3	5,2	-	16,3
	0,19	1,35→1,16	30.3.-6.4.2011	-	1,4	-	-	-	9,6	0,1	-	11,1
	0,17	0,91→0,74	27.4.-4.5.2011	-	-	-	-	9,9	1,1	7,3	-	18,3

polovině roku 2011 vydatnosti celkově klesají bez výkyvů, přestože srážky mají prudké změny.

Zajímavé jsou reakce na náhlé zvýšení úhrnů srážek podle tabulky v příloze 4. U pramenů PB0488 a PB0302 nedochází k žádným reakcím, tyto prameny jsou v hodnotách vydatností velice stabilní. Pramen PB0337 na zvýšení srážkových úhrnů reaguje podstatně lépe, ale i zde jsou případy, kdy spadnou silně nadprůměrné srážky, a pramen nezareaguje. Například v roce 2007 z 5. na 6. července byl srážkový úhrn přes 66 mm, ale vydatnost se zvýšila během týdne pouze o 0,07 l/s (z 0,49 na 0,58), dále v roce 2008 4. června spadlo 60,5 mm srážek, ale vydatnost 11. června byla stejná jako 4. června. Zde je vidět, že na pramen mám velký vliv právě geologické podloží, které může díky krasovým vrstvám vodu více zadržovat nebo i rozvádět k jiným vývěřům. U ostatních dvou pramenů bude mít vliv kolektor, který dokáže zadržovat hromadící se vodu a pozvolna ji vypouští. Může se zde projevit i vliv samotného sběru dat, protože u srážek jsou hodnoty měřeny každý den, kdežto vydatnosti jen v týdenních intervalech, takže zde nejde úplně popsat okamžitý stav na pramenech po spadlých srážkách.



Obr. 17: Chod celkových úhrnů srážek [mm] na stanici Bílovice nad Svitavou, chod vydatnosti [l/s] na prameni PB0337 (pramen V3) a chod hodnot difference týdně vydatností na prameni PB0337 (pramen V3) za období 2007 – 2011.

Všechny výše uvedené informace o vlivu srážek na vydatnosti ukazují na to, že přímo v krasových lokalitách, jako je tomu u pramene PB0337, je zjistitelný vliv srážek na vydatnost pramene, respektive je zde patrná silná a rychlá odezva na právě spadlé srážky, jejich kolísání atd. U ostatních pramenů, které se nachází nepřímo na krasových horninách nebo jen z části, jejich kolísání vydatností spíše závisí na zásobách podzemních vod v kolektorech a velikostí puklin, které mohou dotovat ztrátové měsíce či roky, jako je tomu u pramenů PB0302 a PB0488, kde jsou změny minimální a vydatnost pramenů je více konstantní během kratších i delších období. Tyto informace odpovídají i typům pramenů, které jsou zde popsány, tedy pramen PB0337 je sestupný, puklinový, a prameny PB0488 a PB0302 jsou sestupné, suťové.

7 KVALITATIVNÍ PARAMETRY PRAMENŮ A JEJICH OKOLÍ

Kvalitativní pozorování pramenů patří k doplňkovým pozorováním pro hlubší charakteristiku pramene a zejména jeho okolí. Jakost podzemní vody, tj. *její fyzikální, chemické a biologické vlastnosti i radioaktivita*, je významným ukazatelem z hlediska jejího používání pro různé účely, především pak pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou (Kříž, H., 1983).

7.1 Kvalitativní měření pramenů

Mezi základní měření kvalitativních znaků patří měření teploty vody v pramenech. Měří se pomocí teploměru, který se vkládá po dobu několika vteřin přímo do proudu vody. Teplota se měří na jedno desetinné místo v °C. Toto měření je jednoduché a proto se provádí při každém měření vydatností a zejména při běžných kontrolách pramenů pracovníky ČHMÚ.

Další měření jsou již složitější a jedná se o chemická měření pouze na vybraných pramenech. Ve sledované lokalitě se jedná o pramen PB0488 a PB0337, které jsou zařazeny do sítě sledování jakosti podzemní vody v rámci ČHMÚ podle mapy vodního hospodářství a ochrany vod na mapovém severu HEIS (2013). Během měření se odebírají vzorky vody, které se poté analyzují v chemických laboratořích.

V této práci bude popsána situace na pramenech a jejich okolí zejména pomocí vlastní rekognoskace okolí výzkumníkem v době návštěvy oblasti. Hodnoty budou spíše jen orientační a doplňující.

7.2 Zjištěná situace

Sledované území je silně ovlivněno podložím, zejména krasovými horninami jako jsou vápence. Vápence jsou náchylné k erozi a to zejména vodou, do které se rozpouštějí. Průměrná celková mineralizace vod se pohybuje mezi 0,3 až 0,4 g/l, maximum je v hlubších vrtech okolo 0,6 g/l (viz kapitola 3). U jednotlivých prvků může ale taková mineralizace být v desítkách g/l (např.: *vápník, hliník* atd.). Maximální hodnoty se objevují zejména u pramenů ve východní části sledovaného území, na území Moravského krasu. Ve zbytku oblasti se vápence objevují jen ojediněle, spíše se zde jedná o výskyt

krystalinických hornin, které nepodléhají tak silně rozpouštění ve vodě, proto jejich mineralizace je nižší.

Jak ukazují výše zmíněné informace, voda v pramenech by se mohla využívat k vodárenským účelům, zejména jako užitková voda, místy i jako pitná. V oblasti jsou vybudovány studny, hlavně se jedná o soukromé studny obyvatel oblasti, ale jsou zde i veřejné studny, například u *Bělkova mlýna*, v blízkosti pramene V3. Podle mapy vodního hospodářství a ochrany vod na mapovém severu HEIS (2013) je tato studna jako jediná v oblasti využívána pro lidskou spotřebu, s ročním odběrem vody do 6 tis. m³. Voda je využívána jen pro komunální potřeby a kolem této studny je vytyčeno ochranné pásmo. Další prameny jsou využívány jen lokálně, hlavně turisty navštěvující často tuto oblast. Během vlastní návštěvy oblasti nebyly nikde zaregistrované výstrahy proti užívání vod jako pitných.

7.2.1 Doležalova studánka

Tento pramen je tradičně navštěvován turisty a často jej využívají právě k doplnění zásob pitné vody. Nikde v jeho okolí se nenachází žádná výstraha proti tomuto účelu. V okolí pramene (cca do 2 km) se nachází i další prameny, které jsou zčásti udržované a mohou být také podobně využívány.

Pramen se nenachází přímo na krasových horninách, zde je výskyt granodioritu a žuly, proto zde bude celková mineralizace nízká, maximálně do 0,3 g/l. Voda v prameni je sladká, chladná a na pohled velice čistá, bez výraznější chuti. Pramen není zařazen do sítě sledování jakosti podzemní vody.

7.2.2 Janáčkova studánka

Tato studánka se nachází v těsné blízkosti obce Bílovice nad Svitavou a je velice často navštěvovaná obyvateli i turisty. I zde není výstraha proti užívání vody jako pitného zdroje a pramen je upraven pro tento účel (výtok vody z kovové trubky cca půl metru nad zemí). Celková mineralizace vody bude vyšší než u předchozího pramene, protože do této lokality již zasahují vápence Moravského krasu.

Tab. 15: Průměrné hodnoty chemické analýzy vybraných ukazatelů na prameni PB0488 (Janáčkova studánka) za období 2009 – 2011. (ISARROW, 2013)

Id. ukazatele	Ukazatel	Hodnota	Jednotka
BA0000	pH vody v terénu	6,83	-
BA0030	barva	1-2	-
BA0035	teplota vody v terénu	9,03	°C
CC0045	dusičnany	9,54	mg/l
CC0070	fosforečnany	0,06	mg/l
CD0000	chloridy	12,53	mg/l
CD0005	sírany	64,87	mg/l
CD0010	křemičitany	23,10	mg/l
CD0015	fluoridy	0,17	mg/l
CD0045	sodík	13,70	mg/l
CD0050	draslík	1,15	mg/l
CD0060	vápník	90,90	mg/l
CD0065	hořčík	23,70	mg/l
DA0025	hliník	18,00	g/l
DA0075	měď	1,73	g/l
DA0090	nikl	1,99	g/l
DA0095	olovo	0,29	g/l
DA0100	rtuť	0,05	g/l
EA0015	humínové látky	0,55	mg/l

V tabulce 15 máme průměrné hodnoty vybraných ukazatelů za sledované období. Teplota vody se pohybuje kolem 9 °C, pH vody je do 7, tedy neutrální. Největší zastoupení mezi chemickými prvky má hliník (cca 18 g/l), dále je zde vysoký podíl mědi, niklu a vápníku (téměř 1 g/l). Všechny tyto prvky nenesou hodnoty pro člověka škodlivé a odpovídají rozpouštění podložních hornin v této oblasti.

7.2.3 Pramen V3

Posledním sledovaným pramenem je pramen V3. Tento pramen se nachází přímo v Moravském krasu a je silně ovlivněn krasovými horninami. Jeho celková mineralizace je největší ze všech tří sledovaných pramenů.

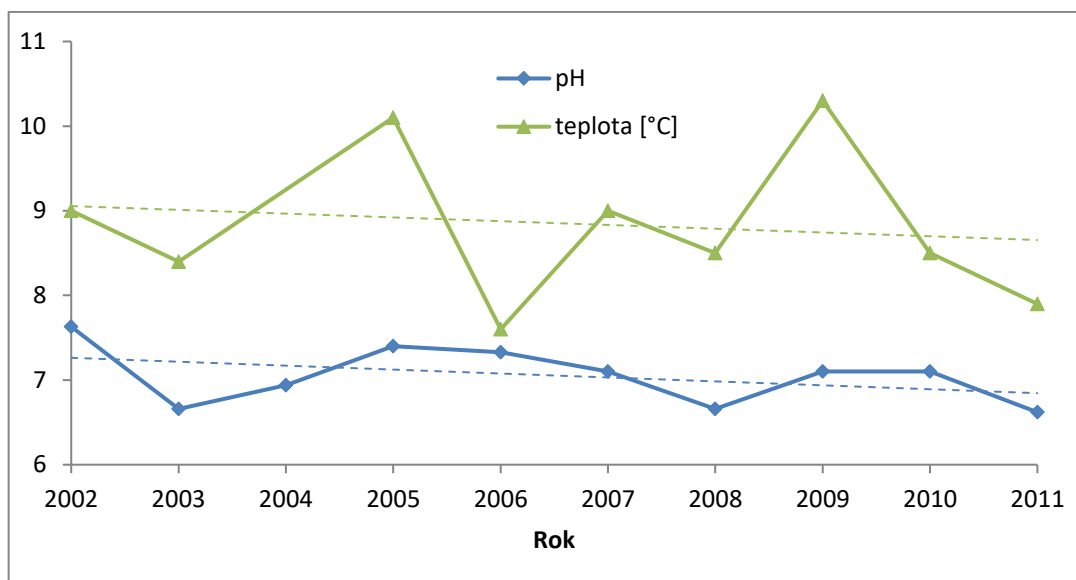
V tabulce 16 jsou průměrné hodnoty vybraných ukazatelů za sledované období, podle kterých se teplota vody pohybuje kolem 8,8 °C, pH vody je zde opět neutrální (cca 7). Oproti předchozímu prameni je zde velký pokles obsahu hořčíku, ale silný

Tab. 16: Průměrné hodnoty chemické analýzy vybraných ukazatelů na prameni PB0337 (pramen V3) za období 2002 – 2011. (ISARROW, 2013)

Id. ukazatele	Ukazatel	Hodnota	Jednotka
BA0000	pH vody v terénu	7,05	-
BA0030	barva	2	-
BA0035	teplota vody v terénu	8,81	°C
CC0045	dusičnany	21,67	mg/l
CC0070	fosforečnany	0,07	mg/l
CD0000	chloridy	26,28	mg/l
CD0005	sírany	61,81	mg/l
CD0010	křemičitany	11,48	mg/l
CD0015	fluoridy	0,15	mg/l
CD0045	sodík	11,03	mg/l
CD0050	draslík	1,50	mg/l
CD0060	vápník	136,20	mg/l
CD0065	hořčík	9,10	mg/l
DA0025	hliník	16,93	g/l
DA0075	měď	1,82	g/l
DA0090	nikl	2,13	g/l
DA0095	olovo	1,17	g/l
DA0100	rtuť	0,07	g/l
EA0015	huminové látky	0,68	mg/l

nárůst obsahu vápníku (až přes 1 g/l), což odpovídá poloze pramene v krasových horninách. Je zde i zvýšený podíl dusičnanů a chloridů, což může být díky výskytu polí a sídel v okolí pramene, které jsou i výše položené. Zajímavý je také nárůst obsahu těžších prvků olova a niklu, díky čemuž by se voda měla užívat spíše ke komunální potřebě, jako je tomu u již zmíněného pramene u Bělkova mlýna. Ostatní prvky mají obdobné hodnoty jako u předchozího pramene.

Na obrázku 18 máme vyjádřen vztah mezi chodem teploty a pH vody za sledované období a je zde vidět několik souvislostí. Pomocí lineárního trendu je zde vyjádřen celkový pokles hodnot během období a oba trendy jsou naprosto shodné (ve sklonu). Je vidět, že teplota vody a její pH spolu úzce souvisejí v této lokalitě, protože průběh jednotlivých lomených čar se víceméně shodují (*čím větší teplota, tím více voda rozpouští/váže a naopak*). Teplota vody má samozřejmě daleko větší výkyvy hodnot, protože daleko rychleji reaguje na změny v okolí, a pH je závislé na podloží hornin, které se na daném místě nemění a proto si pH udržuje stálejší hodnoty.



Obr. 18: Chod teploty vody [°C] a pH vody v terénu na prameni PB0337 (pramen V3) za období 2002 – 2011. (lineární trend – přerušovaná čára)

I přes silnější mineralizaci se dá voda využívat jako pitná (opět zde není žádné upozornění), čemuž se často děje, protože pramen je opět v těsné blízkosti turisticky vyhledávaných tras. Pouze přístup k prameni není zcela vhodný (musí se přes řeku Říčka po kamenech).

8 OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

Potřeba ochrany vodních zdrojů je nezbytná v určité fázi vývoje společnosti, kdy vzrůstají nároky na jejich využívání a současně se projevují negativní vlivy hospodářské činnosti v území jejich tvorby a oběhu, jež mohou ohrozit množství, jakost a zdravotní nezávadnost vody ve zdroji (Kliner, Kněžek a Olmer, 1978).

8.1 Obecná charakteristika

Jak je uvedeno výše (kap. 7), tak podzemní vody silně podléhají rozpouštění různých látek ze svého okolí a proto ochrana podzemních vod je přirozeným vývojem spolu s vývojem společnosti, protože postupně rostou nároky na kvalitu vody a její zabezpečení. Podzemní vody musí být chráněny zejména preventivně, protože jejich poškození se daleko hůře napravuje, než u povrchových vod. Vlivy, které mohou ohrožovat tvorbu podzemních vod, je velké množství a pro přehlednost je můžeme rozdělit do 5 skupin podle Klinera, Kněžka a Olmera (1978):

- *zemědělská a lesnická výroba,*
- *vodní hospodářství,*
- *průmysl,*
- *inženýrské stavby,*
- *výstavba měst a obcí.*

Sledované území je z velké části tvořeno krasovými horninami a horninami s výraznou pórovitostí a puklinatostí, což má samozřejmě velký vliv na stav podzemních vod. Tyto horniny se velice dobře rozpouští ve vodě, což ovlivňuje výsledné chemické složení vody, která v krasu vyvěrá. Krasové oblasti jsou také volně spojeny s vodami z nekrasových oblastí, ze kterých může lehce pronikat další znečištění apod., proto zde musí být snaha o ochranu velkého území i okolo krasu. Podle Klinera, Kněžka a Olmera (1978) se v krasových oblastech mohou projevat i další nepříznivé skutečnosti pro praktické vodárenské využití, např.: *kolísání hladiny podzemní vody, kalení vody po deštích, snadné znečištění z povrchu* apod.

Prvotní znečištění, které může mít i vliv na výše uvedené procesy, získává již voda kondenzující z par v ovzduší. Do dešťové vody se rozpouští plyny a látky rozpuštěné

z tuhých částic, které mohou produkovat zejména velké aglomerace nebo průmyslové oblasti, jako například město Brno v našem území. Pomocí srážek se pak takto znehodnocená voda dostává do podzemních vod.

8.2 Možná rizika

Ve zkoumaném území se přímo nenachází žádná velká průmyslová oblast, ale jak je uvedeno výše (kap. 7.1), tak se znečištění do této oblasti může dostat spolu se srážkami. K tomu může dojít díky blízkosti města Brna, což je velká aglomerace čítající cca 380 tis. obyvatel a jsou zde i větší průmyslové zóny, například v blízkosti městské části Líšeň se nachází spalovna komunálního odpadu firmy SAKO Brno a.s. (SAKO, 2013). Například tato spalovna může představovat opravdu vysoké riziko, protože se zde spaluje velké množství i toxických odpadů, které by silně znehodnotily podzemní vody (spalovna ale prošla v minulých letech modernizací; SAKO, 2013).

Největším rizikem u popisovaných pramenů by mohly představovat komunikace, které jsou často v těsné blízkosti pramenů. Například komunikace mezi Soběšicemi a Útěchovem je vzdálená cca 50 metrů od Doležalovy studánky. Také všechny pozorované prameny se nachází v údolích, takže případná znečištěná voda může lehce proudit, jak po povrchu, tak i podzemím, směrem k pramenům ze silnic. Silnice v této lokalitě jsou sice nižšího řádu, ale jsou velice frekventované. Například po komunikaci mezi Soběšicemi a Útěchovem projede cca 5 aut za minutu. Ostatní prameny nejsou v tak těsném kontaktu jako Doležalova studánka (nehrozí zde tedy přímý splach ze silnice), ale dopravou znečištěná voda se k nim může dostat podzemními cestami.

Další důležitý vliv by zde mohly mít lesnické práce. Lesnická technika může silně narušit povrch a celkovou absorpci půdy. Zvláště pokud půjde o nešetrné kácení lesů, kterých je zde velké množství. S tímto problémem by mohla být spojena i zemědělská činnost, protože ta má velký vliv na půdu. Nejde jen o narušení povrchu zemědělskou technikou (podobně jak u lesnictví), ale i vysazování nevhodných plodin může mít silný vliv na zásoby podzemních vod. U zemědělství také hrozí k prosakování použitých pesticidů a dalších chemických látek na ochranu plodin do spodních vod.

Možným rizikem by zde mohla být i výstavba a rozšiřování sídel v oblasti. Sídla jsou zde spíše menší (500 – 1 500 obyvatel), ale tato oblast je čím dál více vyhledávána jako příjemné nové bydliště obyvatel města Brna, kteří pak dojíždí do města za prací apod.

V některých obcích již dochází k výstavbě tzv. *satelitních městeček*, což může mít přímý vliv na tvorbu a stav podzemních vod v těchto lokalitách, ale také nepřímé vlivy hlavně při zvýšené dopravě.

Dalším, i když ne zcela významným vlivem, může být i turistika. Vybraná oblast patří k nejnavštěvovanějším oblastem v okolí Brna, jak už pro pěší tak cyklistickou turistiku. Tyto skutečnosti nemají silný vliv na celou oblast, ale mohou mít lokální význam, například při větších úpravách cest pro snadnější přístup turistů.

8.3 Vhodná opatření

Výše uvedená možná rizika jsou z velké části vysoce riziková. Zejména opravdový problém představuje spalovna komunálního odpadu, díky které se do ovzduší mohou dostávat silně toxické látky, které se po té spolu se srážkami dostávají na povrch studovaného území a po té se dostávají do spodní vody. Doposud nebyly žádné negativní vlivy spalovny zjištěny a to také díky modernizaci spalovny v posledních 10 letech, kdy se tato spalovna stala jednou z nejmodernějších v České republice, potažmo ve střední Evropě, přesto by měla být stále monitorována.

Velký vliv zde mají komunikace, které jsou silně frekventované, bývají v těsné blízkosti pramenů a většinou se nachází nad prameny. Zde by měla být snaha o vybudování ochranných valů (kanálů) pro odvod znečištěné vody, které ztékají z povrchu silnic ke krajům vozovek. Samotná výstavba komunikací by měla být podrobena důkladnějšímu prozkoumání, včetně zvýšení nároků na základy komunikací a jejich budoucí opravy. Určitý vliv mohou mít i těžké stroje použité při budování a správě komunikací. Hlavní nebezpečí by zde mohlo nastat při větších autonehodách, kdy se může náraz dostat do půdy velké množství motorových i jiných látek. Pro tyto případy by měly být vybaveny zejména místní záchranné složky sanačními prostředky.

Dalším vysokým rizikem jsou lesnické a zemědělské práce. Zejména zásahy v minulosti, které byly zaměřené hlavně na vysokou produkci a důsledky byly zlehčovány, by se měly co nejdříve napravit, pokud už tak nebylo provedeno. Zejména by zde měla být snaha o zalesnění holých oblastí a návratu původních přirozených lesních ekosystémů do krajiny. Území je částečně chráněno státem (CHKO Moravský kras), takže jsou zde všechny zásahy silně kontrolovány, přesto část území, které nespadá pod žádnou ochranu,

by se mělo chránit obdobně, což záleží i na obyvatelích a místní správě. Určitě by zde neměly být žádné snahy o rozšiřování nebo budování polí nebo o zvýšení těžby dřeva.

Určitý vliv zde mohou mít právě přímo lidé, a to zejména výstavbou nových sídel. Oblast patří mezi nejoblíbenější lokality k bydlení právě díky přírodnímu bohatství, což může mít i pozitivní vlivy, například se samotní obyvatelé mohou snažit o vlastní ochranu této lokality, ale právě „*pěkná příroda*“ láká spoustu obyvatel Brna ke stěhování do této oblasti, jak k trvalému pobytu, tak i k sezónním pobytům (chaty, chalupy). Nová výstavba by se měla silně kontrolovat a zejména sledovat místa výstavby, jestli by zde nemohlo dojít k přímému kontaktu se spodní vodou (díky kanalizacím apod.). Určitě se nedoporučuje výstavba již zmíněných satelitních městeček apod., jak je tomu například v Útěchově a Soběšicích, kde za posledních 15 let došlo k výstavbě stovek nových domů, dokonce celých ulic.

Nejmenší vliv na místní krajinu a potažmo podzemní vody mohou mít lidské aktivity spojené s rekreací a turismem. Místo je hodně využíváno k odpočinku a relaxaci právě obyvateli města Brna, kteří sem jezdí za pěší turistikou, cyklistikou i koupáním. Velké množství lidí může mít hlavně lokální vliv a to zejména přímo na prameny, které jsou ve velké míře spojeny právě s turistikou jako atrakce. Určitě se nedoporučuje budování speciálních cyklostezek apod., nebo přímých zásahů do lesa kvůli lepšímu přístupu pro návštěvníky. Měly by zde být snahy o zpřísnění pravidel chování návštěvníků v oblasti a více je o tom informovat, včetně zpřísnění postihů za porušení pravidel.

9 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Výsledkem práce je zhodnocení vybraného území v severní části města Brna a přilehlých obcí na základě pozorování a měření vybraných charakteristik na třech reprezentativních pramenech. K tomuto účely posloužily zejména hodnoty týdenních vydatností v l/s za desetileté období 2002 – 2011 ze tří pramenů a to PB0302 (Doležalova studánka, Útěchov), PB0488 (Janáčkova studánka, Bílovice nad Svitavou) a PB0337 (pramen V3, Ochoz u Brna). Dále byly využity denní srážkové úhrny v mm ze stanice Babice nad Svitavou za pětileté období 2007 – 2011 poskytnuté Českým hydrometeorologickým ústavem v Brně. Vydatnosti pramenů a srážkové úhrny se poté srovnávaly pro na lezení vztahů mezi nimi. Dále byly využity hodnoty pro kvalitativní zhodnocení území. Zde se využily opět data z ČHMÚ v Brně, ale v elektronické podobě na webových stránkách ČHMÚ v Brně. Opět se jednalo o stejné desetileté období. Poslední cíl práce byl zhodnotit možná rizika a ochranu podzemních vod ve vybraném území. Všechny výše uvedené informace poté konfrontovat s vlastním sledováním na místě.

Prameny patří mezi puklinové až krasové, sestupné tedy jejich vydatnosti nejsou ovlivňovány tak silně hydrostatickým tlakem a vyvěrají volně. Jejich vydatnosti nepatří mezi vysoké, největších vydatností dosahuje pramen PB0307 a to průměrnou vydatnost 0,77 l/s, zbývající dva prameny mají shodné vydatnosti cca 0,1 l/s. Pramen PB0337 má také velice rozkolísaný režim vydatnosti ve všech časových intervalech, oproti pramenům PB0302 a PB0488, u kterých jsou hodnoty stagnující (u těchto pramenů dochází k proměnlivosti pouze během roku). Celkově hodnoty vydatností na všech pramenech postupně klesají, což je vidět na obrázku 9, kapitola 5.2.

Co se týče proměnlivosti vydatností, tak je nejvýraznější u pramene PB0337, kde dochází k výrazným změnám ve všech sledovaných obdobích, což je důkazem většího ovlivnění srážkami. Většinou zde dochází k nárůstu hodnot v jarních měsících, poté pokles. U ostatních dvou pramenů jsou změny minimální, jen během jednotlivých roků dochází ke změnám, což odpovídá jednotlivým ročním obdobím, a zejména v jarních a letních měsících dochází ke zvýšení vydatností.

Důležitým faktorem, který zde byl sledován, je vliv srážek na jednotlivé vydatnosti vybraných pramenů. Zde se odrazila důležitost podloží a typu pramenů, protože prameny PB0302 a PB0488 mají shodné reakce na zvýšení/pokles srážkových úhrnů, který je v podstatě nulový, a to právě proto, že tyto prameny jsou na odolnějších granodioritových

horninách s puklinovým systémem, který vodu velice rovnoměrně propouští. Naproti tomu u pramene PB0337 se silně projevuje výskyt krasových hornin se silným puklinovým systémem, kdy dochází k větším okamžitým reakcím na právě spadlé srážky (viz kapitola 6.2), zejména v jarních měsících, kdy zde bude mít silný vliv i tání sněhové pokrývky. I zde jsou však patrné výkyvy, kdy například v druhé polovině roku 2011 pramen vůbec nereaguje na silné rozkolísání chodu srážek.

Podle vybraných kvalitativních parametrů jsou prameny ve vybrané oblasti nízko mineralizované (max. 0,6 g/l a to jen v hlubších vrstvách), přesto se zde mohou vyskytovat zvýšené hodnoty hliníku, vápníku a hořčíku, což souvisí s rozpouštěním hornin (zejména vápenců) v oblasti, nejvíce ve východní části, kde se nachází souvrství krasových hornin Moravského krasu. Vody jsou také chladné (max. teploty do 10 °C), pH vody je zde neutrální okolo 7,0. Voda zde není využívána ve velkých objemech ani pro komunální ani občanské potřeby, spíše se jedná o lokální využití, např.: studny, pumpy, upravené prameny pro turisty apod. U žádného pramene nebyla objevena výstraha proti užívání vody jako pitné, čemuž odpovídají i získané hodnoty.

Rizikovost oblasti, co se týče znečištění podzemních vod, je podle výsledků spíše střední. Oblast není intenzivně zemědělsky ani lesnický využívána. Nevyskytují se zde přímo žádná velká sídla (pokud nepočítáme okrajové části města Brna) ani velké průmyslové zóny. Přesto by se zde mělo dbát o zajištění větší kontroly dopravy včetně komunikací vedoucích přes území, které jsou často silně využívány a jsou i v těsné blízkosti některých pramenů. Určitá obezřetnost by zde měla být na intenzitu využívání území jako rekreační oblasti, která je velice oblíbená jak místním obyvatelstvem, tak především obyvateli města Brna. Největší nebezpečí zde hrozí ze strany jednotlivých obcí, jestli budou i nadále podporovat novou výstavbu satelitních městeček, kde by mohlo dojít i k přímému kontaktu s podzemní vodou už při samé výstavbě.

Výsledný závěr nemusí být zcela správný a reprezentativní. Pro lepší pochopení vlivů a propojení jednotlivých charakteristik by bylo lepší delší období a z více stanovišť, zejména se jedná o jednotlivé prameny, kterých je ve zvoleném území mnoho. K lepšímu zjištění chodů vydatností na jednotlivých pramenech a porovnání se srážkovými úhrny by byly lepší denní vydatnosti. Tohle všechno si však vyžaduje daleko větší čas jak na samotné měření, tak i zpracování. I přes tyto nedostatky práce poskytuje dobrý přehled o dění ve vybrané lokalitě a je v hodná jako návod pro další zpracování této tematiky.

POUŽITÁ LITERATURA

Tištěná literatura

Brázda, Č. (1972): *Režim vydatnosti pramenů u Arnolce na Českomoravské vrchovině*. Scripta Fac. Sci Nat. UJEP Brunensis, Geographia 1, Brno, s. 1-18.

Demek, J. et al. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. 2. vydání, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 582 s.

Kliner, K., Kněžek, M., Olmer, M. (1978): *Využití a ochrana podzemních vod*. 1. vydání, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 295 s.

Krásný, J. et al. (2012): *Podzemní vody České republiky*. 1. vydání, Česká geologická služba, Praha, 1144 s.

Kříž, H. (1983): *Hydrologie podzemních vod*. 1. vydání, Academia Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 292 s.

Michlíček, E. et al. (1986): *Hydrogeologické rajóny ČSR. svazek 2 – Povodí Moravy a Odry*. Geotest, Brno, 165 s.

Müller, P., Novák, Z. et al. (2000): *Geologie Brna a okolí*. 1. vydání, Český geologický ústav, Praha, 92 s.

Netopil, R. (1964): *K problémům hydrologického rajónování území ČSSR podle režimu podzemních vod*. Sborník ČSSZ 67:1:7-20, Academia, Praha.

Olmer, M., Herrmann, Z., Kadlecová, R., Prchalová, H. et al. (2006): *Hydrogeologická rajonizace České republiky*. Sborník geologických věd: Hydrogeologie, inženýrská geologie, 23, s. 5-32.

Pelikán, V. (1983): *Ochrana podzemních vod*. 1. vydání, SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha, 324 s.

Šráček, O., Kuchovský, T. (2003): *Základy hydrogeologie*. 1. vydání, Masarykova univerzita, PřF MU, Brno, 186 s.

Elektronické podklady

Agentura ochrany přírody a krajiny: Mapový projekt ÚSOP [cit. 2013-2-21]. Dostupné na WWW:

<http://drusop.nature.cz/tms/aopk_arcims/index.php?client_type=map_resize&Project=MAP=TMS_AOPK_ARCIMS&client_lang=cz_win&strange_opener=1>

Geologická encyklopedie on-line: [cit. 2013-19-4]. Dostupná na WWW:

<<http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>>

Hydroekologický informační systém VÚV: Starší rastrové a vektorové mapy vodohospodářské mapy (archiv, 1986 – 2001) [cit. 2012-11-11]. Dostupné na WWW:

<http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_mapyvodaarchiv&>

Hydroekologický informační systém VÚV: Vodní hospodářství a ochrana vod [cit. 2013-13-4]. Dostupné na WWW:

<http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&>

Informační systém ARROW – ČHMÚ: Podzemní vody [cit. 2013-18-4]. Dostupné na WWW:

<<http://hydro.chmi.cz/isarrow/mfilter.php>>

Mapový server AOPK ČR: Biogeografické členění [cit. 2013-3-21]. Dostupné na WWW:

<http://mapy2.nature.cz/mapinspire/MapWin.aspx?M_WizID=8&M_Site=aopk&M_Lang=cs>

Mapový server AOPK ČR: Geobotanická mapa [cit. 2013-3-21]. Dostupná na WWW:

<http://mapy2.nature.cz/mapinspire/MapWin.aspx?M_WizID=8&M_Site=aopk&M_Lang=cs>

Mapový server České geologické služby: Hydrogeologická rajonizace 1 : 50 000 [cit. 2013-5-1]. Dostupná na WWW:

<http://mapy.geology.cz/website/hydro_rajony/viewer2.htm>

Mapový server České geologické služby: Hydrogeologická mapa 1 : 50 000 (rastrová mapa) [cit. 2013-5-1]. Dostupná na WWW:

<http://mapy.geology.cz/website/hydro_rajony/viewer2.htm>

Mapový server České geologické služby: Geologická mapa GEOČR500 1 : 200 000 [cit. 2012-7-10]. Dostupná na WWW:

<<http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer2.htm>>

SAKO Brno a.s.: Spalovna – seznam druhů odpadů přijímaných ve spalovně [cit. 2013-3-23]. Dostupná na WWW:

<<http://www.sako.cz/spalovna/seznamodpadu/>>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: PB0302, Doležalova studánka, Brno-Útěchov
- Příloha 2: PB0488, Janáčkova studánka, Bílovice nad Svitavou
- Příloha 3: PB0337, Pramen V3 (Kaprálůva studánka), Ochoz u Brna
- Příloha 4: Tabulka maximálních úhrnů srážek [mm] na Stanici Babice nad Svitavou a odpovídajících vydatností [l/s] pramene PB0337 (pramen V3) za období 2007 až 2011
- Příloha 5: Katalogy popisných údajů objektů podzemních vod – prameny (pasporty vybraných pramenů - skeny)

Příloha 1



PB0302 – Doležalova studánka, pohled od Z (foto ze dne 16. 9. 2012 v 9:45, D. Honek)



PB0302 – Okolí Doležalovy studánky, pohled od SZ (foto ze dne 16. 9. 2012 v 9:43, D. Honek)

Příloha 2



PB0488 – Janáčková studánka, pohled od Z (foto ze dne 16. 9. 2012 v 11:00, D. Honek)



PB0488 – Okolí Janáčkovy studánky, pohled od J (foto ze dne 16. 9. 2012 v 10:55, D. Honek)

Příloha 3



PB0337 – pramen V3 (Kaprálůva studánka), pohled od JV (foto ze dne 18. 10. 2012 v 9:58, D. Honek)



PB0337 – Okolí pramene V3 (Kaprálůva studánka), pohled ze SV (foto ze dne 18. 10. 2012 v 10:05, D. Honek)

Příloha 4

Tabulka maximálních úhrnů srážek [mm] na Stanici Babice nad Svitavou a odpovídajících vydatností [l/s] pramene PB0337 (pramen V3) za období 2007 až 2011

Úhrn srážek [mm]	Datum	Chod vydatnosti [l/s]					Datum				
11,7	19.3.2007	0,86	0,95	1,8			14.3.2007	21.3.2007	28.3		
19	26.3.2007										
30,4	21.6.2007	0,57	0,74				20.6.2007	27.6.2007			
14,4	22.6.2007										
21,5	20.8.2007	0,46	0,54				15.8.2007	22.8.2007			
35,3	5.9.2007	0,49	0,58				5.9.2007	12.9.2007			
31,5	6.9.2007										
22,5	19.4.2008	0,72	0,83				16.4.2008	23.4.2008			
28,9	14.5.2008	0,69	0,97	1,06			14.5.2008	21.5.2008	28.5.2008		
21,3	18.5.2008										
11,3	20.5.2008										
9,1	21.5.2008										
60,5	4.6.2008	0,82	0,86				4.6.2008	11.6.2008			
27,6	12.7.2008	0,57	0,56				9.7.2008	16.7.2008			
33,9	15.8.2008	0,51	0,53				13.8.2008	20.8.2008			
23,5	15.9.2008	0,51	0,5				10.9.2008	17.9.2008			
18,5	10.2.2009	0,63	0,78				4.2.2009	11.2.2009			
9,9	5.3.2009	1,04	1,44	1,3	1,18	1,36	4.3.2009	11.3.2009	18.3.2009	25.3.2009	1.4.2009
12,3	6.3.2009										
16,5	29.3.2009										
20,4	4.5.2009	0,67	0,66				29.4.2009	6.5.2009			
16,1	10.6.2009	0,53	0,52	0,5	0,53		3.6.2009	10.6.2009	17.6.2009	24.6.2009	
31,2	19.6.2009										
16,1	23.6.2009										
26,1	14.7.2009	0,66	0,88	0,79			8.7.2009	15.7.2009	22.7.2009		
32,3	15.7.2009										
20,5	18.7.2009										
24,9	8.1.2010	0,76	0,72				6.1.2010	13.1.2010			
18,8	1.6.2010	1,39	1,69	1,38	1,48	1,4	26.5.2010	2.6.2010	9.6.2010	16.6.2010	23.6.2010
19,5	2.6.2010										
37,3	12.6.2010										
27,1	17.7.2010	0,71	1,14	0,71			14.7.2010	21.7.2010	28.7.2010		
44,5	23.7.2010										
24,1	31.8.2010	0,75	0,85				25.8.2010	1.9.2010			
19,4	25.10.2010	0,66	0,7	0,63			20.10.2010	27.10.2010	3.11.2010		
30,6	26.10.2010										
11,5	16.3.2011	0,75	1,42	1,3			9.3.2011	16.3.2011	23.3.2011		
17	17.3.2011										
19,1	18.3.2011										

15,1	27.5.2011	0,72	0,72				25.5	1.6.2011					
10,2	28.5.2011												
25,1	1.6.2011												
21,7	8.6.2011	0,72	0,64	0,63			1.6.2011	8.6.2011	15.6.2011				
9,1	9.6.2011												
16,2	3.7.2011	0,57	0,6				29.6.2011	6.7.2011					
15,5	14.7.2011	0,53	0,6	0,58	0,59			13.7.2011	20.7.2011	27.7.2011	3.8.2011		
7,4	20.7.2011												
32,4	21.7.2011												
13,4	23.7.2011												
8,5	27.7.2011												
10,3	28.7.2011												
22,5	19.9.2011	0,51	0,52				14.9.2011	21.9.2011					

Příloha 5

KATALOG POPIŠNYCH UDAJU OBJEKTU PODZEMNICH VOD - PRAMENY			

DTB číslo stanice:	PB 0488		
Obec a název pramene:	BILOVICE NAD SVITAVOU-JANÁČKOVA STUDANKA		
		PCHMU:	Brno
		Kraj :	Jihomoravský
		Okres:	Brno venkov
Hydrologické číslo:	3-4-15-02-109-020		
Hydrogeologický rajon:	657	Císlo listu ZM:	24-41
Název toku:	SVITAVA	M33:	106-A-d
Souradnice XY:	X=5458406 Y=3622498		Zarazeno do hlasné site:
Souradnice zeměpisné:	VD 16 40 55	SS 49 14 43	
Souradnice Krovak:	Zarazeno do sled. jakosti:		
Nadmorská výška [m.n.m]:	235.00		
Způsob zjištění nadmořské výšky:	odčtení z mapy		
Typ pramene:			
Horninové prostředí, zvoděn:	BRNENSKÝ MASIV		
MERNÝ OBJEKT - vystavba, přestavba			
Rok:	Druh:	Typ:	Lokalizace:
1991	vytok z roury	BETON	SMISENÝ LES
MERICI zařízení			
Vydatnost	Vydatnost	Teplota	
Rok: zařízení: Četnost:	Rok: zařízení: Četnost:	Rok: zařízení: Četnost:	
1991 nádoba	1	1991 teplomer	1
Pozorovatel	DRAHMIRA PRUDKOVÁ, KOZLIKOVÁ 431, BILOVICE N. SVIT.		
	664 01		
Začátek pozorování	03/07/91		
Konec pozorování			
CHYBEJÍCÍ MĚŘENÍ - vydatnost	CHYBEJÍCÍ MĚŘENÍ - teplota:		
Období: Četn.: Důvod:	Období: Četn.: Důvod:		
Jiné údaje: SRAZKOMERNA STANICE: BABICE N. SVIT.			

Pasport (sken) pramene PB0488 (Janáčková studánka), zdroj ČHMÚ v Brně (2013)

KATALOG POPISNÝCH ÚDAJŮ OBJEKTU PODZEMNÍCH VOD - PRAMENY

DTB číslo stanice: PB 0302
 Obec a název pramene: BILOVICE NAD SVITAVOU-DOLEŽALOVA STUDANKA
 PCHMÚ: Brno
 Kraj: Jihomoravský
 Okres: Brno venkov

Hydrologické číslo: 3-4-15-02-106-001
 Hydrogeologický rajon: 657
 Název toku: SVITAVA
 Cislo listu ZM: 24-32
 M33: 106-A-b

Souradnice XY: X=546177, Y=361887
 Souradnice zeměpisné: VD 16 38 01 SS 49 16 36
 Souradnice Krovak:
 Zarazeno do hlasné site:
 Zarazeno do sled. jakosti:

Nadmorská výška [m.n.m]: 410.00
 Způsob zjištění nadmořské výšky: odečtení z mapy
 Typ pramene: sutový
 Horninové prostředí, zvěten: BRNENSKÝ MASIV-ZULA

MERNÝ OBJEKT - vystavba, přestavba

Rok:	Druh:	Typ:	Lokalizace:
1978	vytok z roury	BETON	LES. PALOUK U OKR. LESA
1990	vytok z roury	BETON	LES. PALOUK U OKR. LESA

MERICI zařízení

Vydatnost	Vydatnost	Teplota
Rok: zařízení: Cetnost:	Rok: zařízení: Cetnost:	Rok: zařízení: Cetnost:
1978 nádoba 1		1978 teplomer 1

Pozorovatel EVA JURASKOVA, FOERSTROVA 17, BRNO 16, 616 00
 Začátek pozorování 01/11/78
 Konec pozorování

CHYBEJÍCÍ MĚŘENÍ - vydatnost
 Období: Cetn.: Důvod:

CHYBEJÍCÍ MĚŘENÍ - teplota:
 Období: Cetn.: Důvod:

Jiné údaje: SRAZKOMERNA STANICE: BABICE N. SVIT.

Pasport (sken) pramene PB0302 (Doležalova studánka), zdroj ČHMÚ v Brně (2013)

KATALOG POPISNÝCH ÚDAJŮ OBJEKTŮ PODZEMNÍCH VOD - PRAMENY

DTB číslo stanice: PB 0337
 Obec a název pramene: OCHOZ U BRNA,V-3
 PCHMU: Brno
 Kraj : Jihomoravský
 Okres: Brno venkov

Hydrologické číslo: 3-4-15-03-096-003
 Hydrogeologický rajon: 663
 Název toku: SVRATKA
 Cislo listu ZM: 24-41
 M33: 106-A-d

Souradnice XY: X=545824, Y=362657
 Souradnice zeměpisné: VD 16 44 18 SS 49 14 36
 Souradnice Krovak:
 Zarazeno do hlasné site: 1993
 Zarazeno do sled. jakosti: 1984

Nadmorská výška [m.n.m]: 324.00
 Způsob zjištění nadmořské výšky: odečtení z mapy
 Typ pramene: puklinový
 Horninové prostředí, zvětení:

MERNÝ OBJEKT - vystavba, přestavba
 Rok: Druh: Typ: Lokalizace:
 1966 preliv s trojúheln. výřezem DREVO LES
 1983 preliv s trojúheln. výřezem DREVO LES
 1986 preliv s trojúheln. výřezem DREVO LES
 1996 preliv s trojúheln. výřezem DREVO LES
 2006 preliv s trojúheln. výřezem NEREZ, ŽETON

MERICI zařízení
 Vydatnost Vydatnost Teplota
 Rok: zařízení: Četnost: Rok: zařízení: Četnost: Rok: zařízení: Četnost:
 1966 nádoba 1 1966 teplomer 1

Pozorovatel HANA ODEJNDLOVA 35
 BOŽENA KALOUSKOVÁ, OCHOZ U BRNA 331, 664 02

Začátek pozorování 22/05/66
 Konec pozorování

CHYBEJÍCÍ MĚŘENÍ - vydatnost
 Období: Četn.: Důvod:
 1981-1983 1 KRACENÍ OOV

CHYBEJÍCÍ MĚŘENÍ - teplota:
 Období: Četn.: Důvod:
 1981-1983 1 KRACENÍ OOV

Jiné údaje: SRAZKOMERNA STANICE: BABICE N. SVIT

Pasport (sken) pramene PB0337 (pramen V3), zdroj ČHMÚ v Brně (2013)