

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



Bakalářská práce

**Změny zásoby podzemní vody v oblasti Praha-Ruzyně
v důsledku sucha a kontextu klimatické změny**

Vedoucí práce: Ing. Petr Bašta

Autor: Marek Peták

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marek Peták

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Změny zásoby podzemní vody v oblasti Praha-Ruzyně v důsledku sucha a kontextu klimatické změny

Název anglicky

Changes in groundwater storage in the Prague-Ruzyně area due to drought and in the context of climate change

Cíle práce

Hlavním cílem práce bude analýza vlivu srážkových úhrnů na stavy hladiny podzemní vody v pozorovacích vrtech ve vybraném území a vyhodnocení změn stavů podzemní vody. Dílčím cílem bude vypracování rešerše odborných zdrojů zabývajících se problematikou sucha a podzemních vod.

Metodika

První část práce bude řešena formou rešerše, v níž budou uvedeny a vysvětleny základní pojmy týkající se zadané problematiky (podzemní vody, atmosférické srážky, sucho, opatření před vysycháním podzemní vody).

Další bod práce se bude týkat rozboru přírodních poměrů nacházejících se v zájmové lokalitě, a to zejména geologickými a hydrologickými (výstupy z pozorovacích vrtů, srážkové úhrny), které budou základním podkladem pro tento výzkum.

V rámci stěžejní části práce bude provedena praktická analýza měřených dat hladiny podzemní vody a srážkových úhrnů, díky které bude vyhodnoceno, jak ovlivňují srážky hladinu podzemní vody v pozorovacích vrtech. Výsledky budou prezentovány pomocí grafů poukazujících na rostoucí či klesající trend hladiny podzemní vody za vytyčené časové období a případnou souvislost s hydrometeorologickými podmínkami; zhodnocení výsledků bude provedeno formou diskuze.

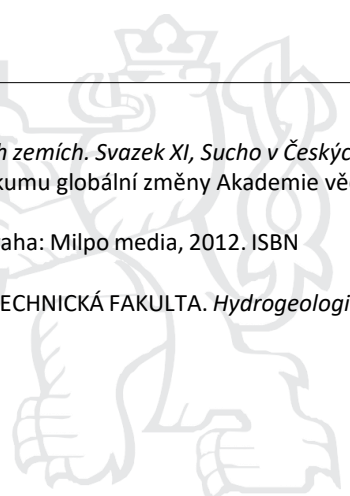
Doporučený rozsah práce

30 normostran textu

Klíčová slova

budou doplněna

Doporučené zdroje informací

- BRÁZDIL, R. – TRNKA, M. *Historie počasí a podnebí v Českých zemích. Svazek XI, Sucho v Českých zemích : minulost, současnost, budoucnost.* Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i., 2015. ISBN 978-80-87902-11-0.
- PYTL, V. – BRONCOVÁ, D. *Podzemní vody České republiky.* Praha: Milpo media, 2012. ISBN 978-80-87040-24-9.
- TOURKOVÁ, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Hydrogeologie.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03101-2.
- 

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Bašta

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2020

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Změny zásoby podzemní vody v oblasti Praha-Ruzyně v důsledku sucha a kontextu klimatické změny vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 30. března 2021

Poděkování

Mé poděkování patří zejména vedoucímu práce Ing. Petru Baštovi, za jeho trpělivost, odborné vedení, veškeré rady a připomínky směřující k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Zrzáveckému, který poskytl potřebná data, bez nichž by tuto práci nebylo možno zpracovat. Rád bych také poděkoval celé mojí rodině a přítelkyni za podporu v celém průběhu studia.

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá vlivem suchých epizod na stavy hladiny podzemní vody v oblasti Praha-Ruzyně. V této oblasti byly vybrány čtyři pozorovací objekty, u kterých se dává do souvislosti vliv srážkových úhrnů a průměrných teplot na vydatnosti pramenů nebo na stavy hladiny podzemní vody za jejich sledované období. Řešenými objekty jsou prameny PP0427 Hostouň, PP0906 Praha-Šárka, PP0428 Středokluky a vrt VP1728 Jeneč.

Úvodní část práce je věnována literární rešerši, ve které jsou popsána témata jako sucho, opatření před vznikem sucha, metody hodnocení sucha, následky sucha, podzemní vody, klimatická změna atp. Další část práce se zabývá charakteristikou přírodních poměrů v zájmovém území. Především tedy hydrologickou, pedologickou a geologickou. Území je popisováno na základě povodí IV. řádu, neboť proudění vody v krajině je spojené právě s hranicemi povodí.

Závěrečná část práce se týká samotné analýzy vlivu množství srážek na stavy hladiny podzemní vody, která je provedená pomocí grafů, tabulek a P-T indexu sucha.

Výsledek této práce prokázal, že v oblasti Praha-Ruzyně nemají srážkové úhrny přímou spojitost se stavy hladiny podzemní vody nebo vydatnostmi pramenů u žádného z pozorovacích objektů. Dále z analýzy stavů hladin a vydatností vyplynulo, že u všech zkoumaných objektů dochází zejména v posledních několika letech k úbytku jejich vydatností.

Klíčová slova: Sucho, podzemní voda, klimatická změna, Praha-Ruzyně, P-T index pozorovací objekt, vrt, pramen.

Abstract

Submitted bachelor thesis considers an effect of dry episodes on groundwater levels in a selected area – city district Praha-Ruzyně. There were chosen four monitor objects in this zone, for which direct effects of precipitation and average temperatures on groundwater yield and level might have exist in the monitoring period. Objects in question are springs PP0427 Hostouň, PP0428 Středokluky, PP0906 Praha-Šárka and well VP1728 Jeneč.

The introductory part of the thesis is focused on literary research of subjects like drought, drought counteracting measures, techniques of drought rating, aftereffects of drought, groundwater, climate change etc.

Main topics of the next thesis part are characteristics of natural relationships in the selected area, especially hydrological, pedological and geological. The area is described on the basis of „Category 4 Drainage Basin”, since the water circulation in the region is linked with the border of the drainage area.

The final part of the thesis focuses on impact analyses of precipitation volume on groundwater levels, which are compiled by means of graphs, charts and P-T index of drought.

The result of this thesis proves, that in the region Praha-Ruzyně the precipitation volume does not have direct interrelation with the groundwater level or yield on any of the monitored objects. Additionally, the analysis of groundwater yield and level showed the decrease of yield at all examined objects, especially in recent years.

Keywords: Drought, groundwater, climate change, Praha-Ruzyně, P-T index, monitor object, well, spring.

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíle práce	12
3 Podzemní vody	13
3.1 Podpovrchová voda	14
3.2 Charakteristika podzemních vod	16
3.3 Geneze podzemních vod	16
3.4 Propustnost podzemních vod.....	18
3.4.1 Průlinová propustnost	18
3.4.2 Puklinová propustnost.....	19
3.4.3 Krasová propustnost.....	19
3.5 Prameny	19
4 Sucho	20
4.1 Definice sucha	20
4.2 Rozdělení.....	21
4.2.1 Meteorologické sucho	21
4.2.2 Zemědělské sucho	22
4.2.3 Hydrologické sucho	22
4.2.4 Socio-ekonomické sucho	23
4.3 Dopady	23
4.3.1 Dopady na zemědělství	24
4.3.2 Dopady na lesnictví.....	24
4.3.3 Dopady na vodní hospodářství a podzemní vody	24
4.4 Opatření před úbytkem podzemních vod a vznikem sucha.....	25
4.5 Metody hodnocení sucha	27
4.5.1 Standardizovaný srážkový index (SPI)	27
4.5.2 Standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI)	28
4.5.3 Palmerův index intenzity sucha (PDSI)	28
4.5.4 P-T index.....	28
4.5.5 P-E index.....	29
5 Klimatická změna	30
5.1 Opatření před klimatickou změnou	31
5.2 Odhadovaný globální vývoj klimatu	32
5.3 Odhadovaný vývoj klimatu v České republice.....	33
5.3.1 Odhad teploty vzduchu	33
5.3.2 Odhadovaný průběh srážek	34
6 Atmosférické srážky	35

7 Charakteristika území	36
7.1 Vymezení území	36
7.2 Využití území	37
7.3 Hydrologická charakteristika	39
7.3.1 Povodí Jenečského potoka	39
7.3.2 Povodí Litovického potoka	40
7.3.3 Povodí Dobrovízského potoka	41
7.3.4 Povodí Zákolanského potoka	42
7.4 Půdní charakteristika	42
7.5 Geologická charakteristika	47
7.6 Geomorfologická charakteristika	48
7.7 Klimatické podmínky	49
8 Metodika.....	50
9 Výsledky	53
9.1 Vrt VP1728 Jeneč.....	53
9.2 Pramen PP0427 Hostouň.....	57
9.3 Pramen PP0906 Praha-Šárka (denní)	60
9.4 Pramen PP0428 Středokluky	61
9.5 Akumulace povrchového odtoku.....	62
9.6 P-T index	62
10 Diskuse.....	64
11 Závěr.....	67
12 Přehled literatury a použitých zdrojů	69
Knižní publikace a časopisy	69
Internetové zdroje	75
13 Seznam použitých obrázků.....	80
14 Seznam tabulek.....	81
15 Seznam příloh	81

1 Úvod

Voda, jakožto základní podmínka života pro všechny organismy na světě, je v dnešní době velmi ohroženou komoditou, a to převážně v důsledku bezohledného nakládání se sladkovodními zdroji a vlivem klimatické změny. Problémy spojené s nakládáním s vodními zdroji vznikají už na úrovni domácností, kam patří zbytečné plýtvání vodou, splachování pitnou vodou nebo odvádění dešťové vody do jednotné kanalizace a pokračují až na celostátní úroveň, kde vznikají problémy jako kontaminace podzemních vod, odvodňování území, až 50% ztráty ve vodovodní síti, dehumifikace či zvyšování podílu nepropustných ploch.

Z důvodu klimatické změny dochází k častějším klimatickým extrémům, srážky a výpar povrchové vody se stanou proměnlivější, což povede k ohrožení podzemních vod (Amanambu et al. 2020).

To vše přispívá k tomu, že v dnešní době se celosvětově spotřebovává více vody, než je příroda schopná znovu obnovit (Zavřel, ©2020). Sladká voda tvoří pouze 3 % z celosvětových zásob vody, a z toho je 0,12 % dosažitelné pro člověka ke spotřebě (Hydrotech, ©2020). Při zanedbání ledovců a ledových příkrov tvoří podzemní voda až 97 % všech sladkovodních zásob (Krásný et al. 2012).

Celkově představuje podzemní voda čtvrtinu celkového odběru vody a 50 % současné pitné vody na světě (Margat et Gun, 2013). Podzemní voda je tedy životně důležitým zdrojem sladké vody, a to nejen pro lidské využití, ale také pro zachování rostlinných a živočišných ekosystémů (Amanambu et al. 2020). Z toho důvodu je třeba dbát na ochranu podzemních vod a využívat vodní zdroje v duchu udržitelného rozvoje takovým způsobem, aby nedocházelo k úbytku zásob, ale naopak k jejich postupnému doplňování.

Sucho je již od biblických dob citováno jako pohroma lidstva a je součástí naší společnosti již stovky let (Palmer, 1965). Nejstarší dochovaná zpráva o tzv. suchu na území České republiky pochází již z roku 1090 a v ní se pravilo „Et in hieme neque nix neque pluvia fuit.“(Kosmas), neboli „Nebyl žádný déšť, ani žádné sněžení.“ (Brázdil et al. 2015). Ve světě je ale tento problém znám mnohem déle, extrémně dlouhé sucho, způsobené rozsáhlým odlesněním přispělo nemalou částí k postupnému zhroucení mayeské civilizace mezi lety 800 až 900 (Stockl, 2011).

Význam sucha je často v oblastech mírného podnebí, jako je střední Evropa, podceňován. Nicméně události v posledních letech (1992, 2003, 2015, 2018) ukázaly, že sucho je problém, který by se neměl přehlížet (Hansel et al. 2019).

Riziko výskytu suchých epizod v České republice je v poslední době největší za posledních 130 let. Předpokládá se, že tyto epizody budou v důsledku klimatické změny delší a intenzivnější. V období od dubna do června dochází ke snižování množství disponibilní vody v půdě, což je velmi zásadní věc, protože území České republiky je závislé na rovnoměrném rozložení srážek během roku (Brázdil et al. 2015).

Na to má nemalý vliv nárůst teploty, která stoupá od roku 1980 a k roku 2010 byl její nárůst přibližně o jeden stupeň Celsia. Tento nárůst teploty zapříčinil navýšení územního výparu až o 20 %, a zmenšení základního odtoku v některých povodích až o jednu třetinu (Soukalová et Muzikář, 2015).

Podstatou této práce je více přiblížit problematiku související se suchem a jeho dopady na podzemní vody v kontextu klimatické změny v oblasti Praha-Ruzyně.

První část práce je věnována literární rešerši, kde je popsán vznik podzemních vod, včetně jejich rozdělení a charakteristiky. Dále je vysvětlen termín sucho, jak vzniká a jaká opatření zabraňují jeho vzniku. Také se rozebírá, jaké jsou dopady sucha, kde všude působí a jakými metodami se hodnotí.

V závěru literární rešerše se práce věnuje vysvětlení pojmu klimatická změna a jakým způsobem vzniká. Také popisuje momentální stav klimatu a predikci možného budoucího vývoje v nadcházejících letech.

Další část práce se soustředí na rozbor přírodních poměrů v zájmové oblasti Praha-Ruzyně, kde je mimo jiné uvedena geologická, pedologická a hydrologická charakteristika.

Finální část práce se věnuje analýze vývoje hladin podzemních vod v průběhu sledovaného období ve vybraných pozorovacích objektech, a dále samotné spojitosti mezi srážkovými úhrny a hladinou podzemní vody v pozorovacích objektech.

Závěr práce se spolu s diskusí zabývá konečným shrnutím všech výsledků, vyhodnocením situace a následným uvedením do souvislostí.

2 Cíle práce

Hlavním cílem této práce bude analýza vlivu srážkových úhrnů na stavy vydatnosti pramenů a hladiny podzemní vody v pozorovacích objektech (PP0428, PP0427, PP0906, VP1728), které se vyskytují v okolí oblasti Praha-Ruzyně. Současně se práce bude zabývat zjištěním, zdali stavy hladiny podzemní vody a vydatnosti pramenů projevují stoupající či klesající trend v průběhu měřeného období. Dále se také práce zaměří na podrobný rozbor přírodních podmínek řešeného území.

Analýza dat uvede do souvislosti úhrny srážek, průměrné teploty a stavy hladiny podzemní vody. Tyto spojitosti budou následně vyjádřeny grafy a použitím P-T indexu sucha.

Dílčím cílem práce bude vypracování rešerše odborných zdrojů, jež vysvětluje základní problematiku týkající se vzniku podzemních vod, včetně jejich rozdělení a charakteristiky. Dále objasní vznik sucha, jeho dopady, metody hodnocení sucha a jak suchu předcházet. Závěrečná část literární rešerše se bude věnovat klimatické změně a jejímu budoucímu vývoji.

3 Podzemní vody

Podzemní voda je jedna z hlavních složek životního prostředí, na kterou má krátkodobá klimatická a hydrologická variabilita poměrně malý vliv (Karamouz et al. 2020).

Předpoklady přítomnosti a pohybu podzemních vod na území České republiky jsou dány hlavně geologickými poměry, jejich množství je pak určeno především klimatickými činiteli (Krásný et al. 2012).

V dnešní době je význam podzemní vody mnohem důležitější, než kdy dříve, z důvodu značných zásahů člověka do životního prostředí. A je zřejmé, že podzemní vody nelze stále brát v potaz jen jako zdroj vody, ale také jako důležitou složku životního prostředí, kterou je třeba chránit. Podzemní vody plní nejen funkci zásobování pitnou a užitkovou vodou, ale také slouží k transportu přírodních látek i kontaminantů antropogenního původu (Krásný et al. 2012). Dále plní důležitou roli v hydrologickém cyklu, výrazným podílem rozhoduje o existenci mokřadů a vodních toků a slouží jako kompenzátor během suchých období. Jinými slovy, formuje základní odtok, který následně zásobuje vodní toky a během suchých období jsou jediným zdrojem vody v povrchových tocích (Pytl et Broncová, 2012). Odtok podzemních vod je při porovnání s povrchovým, výrazně ustálenější, z toho důvodu je také označován jako základní odtok. Podzemní vody formují až 43 % celkového odtoku ve vodních tocích na území ČR (Krásný et al. 2012).

Hlavní rozdíly mezi povrchovou a podzemní vodou vyplývají právě z jejího výskytu pod povrchem Země. Patří k nim přirozená ochrana proti znečištění z povrchu, menší kolísání objemů podzemních vod v čase, a obecně lepší jakost pro lidské využití (Krásný et al. 2012).

Podzemní vody spolu s povrchovými tvoří nedílnou součást celkového oběhu vody na Zemi. Podzemní vody mimo ledovce a ledové kry tvoří přes 97 % z celkového objemu sladkých vod. Veškerá povrchová voda pak zaujímá přibližně 3 % z objemu sladkých vod (Krásný et al. 2012). Přibližně 50 % zásob podzemních vod se vyskytuje v hloubkách přes 800 m pod povrchem (Němec et al. 2006).

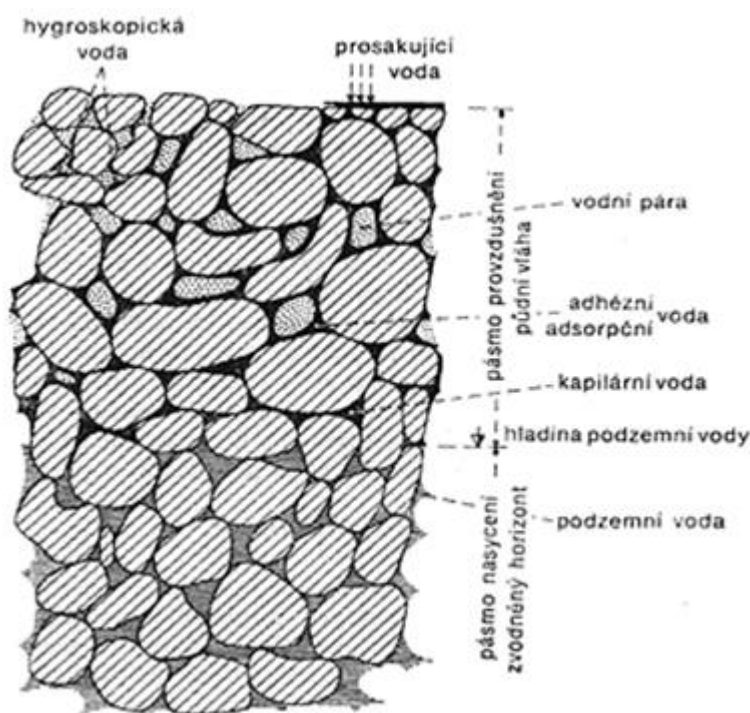
UNESCO ve své zprávě v roce 2012 uvedlo, že přibližně 2,5 miliardy lidí je závislých na pitné vodě z podzemních vod (Karamouz et al. 2020).

3.1 Podpovrchová voda

Podpovrchová voda je taková voda, která se vyskytuje pod zemským povrchem ve všech skupenstvích a je součástí horninového prostředí. Můžeme ji rozdělit na dvě základní části, a to na vodu půdní a vodu podzemní (Trizna, 2004).

Půdní voda se nachází v tzv. pásmu aerace. To znamená, že půdní voda společně se vzduchem vyplňuje pukliny a trhliny v půdním prostoru a nevyskytuje se zde souvislá hladina vody. Půdní voda je klíčovým faktorem pro život rostlin a edafonu (Chmelová et Frajer, 2013; Trizna, 2004; Ruda, 2014).

Podzemní voda se pak vyskytuje v zóně saturace (nasyčení) v níž jsou všechny dutiny a póry zaplněny vodou. Tyto dvě pásma poté odděluje tzv. hladina podzemní vody (Chmelová et Frajer, 2013; Trizna, 2004; Ruda, 2014).



Obr. 1: Členění druhů podpovrchové vody v horninovém prostředí (Netopil, 1984)

Půdní voda se podle sil, na které je vázaná a dle prostředí jejího výskytu dále rozlišuje na (Ruda, 2014; Chmelová et Frajer, 2013):

- vodní páru – Je to jedna z forem půdní vody, která vyplňuje pukliny i póry v plynném skupenství a její pohyb v hornině je určen jejím momentálním napětím. Vznik vodní páry probíhá při výparu v prostředí s vyšší teplotou.
- adsorpční vodu (adhezní) – Vážou ji značně velké adsorpční síly půdních zrn a horninových částic, které mají malý dosah. Tvoří se

z vodní páry, infiltrující vody a filtrující vody. Její množství se odvíjí na základě nároků vegetace.

- kapilární vodu – Zaplňuje póry menší než 1 mm a pukliny menší než 0,25 mm, v nichž je pomocí kapilárních sil poutána k povrchu. Trvale se vyskytuje v jemnozrnné sypké hornině nad hladinou podzemní vody, tento prostor formuje pásmo kapilárního zdvihu. Toto pásmo kapilárního zdvihu má vliv jak na chemismus půd, tak i na zásobování kořenových systémů rostlin vodou.
- vsakující vodu (gravitační) – Vlivem gravitačních sil prosakuje z povrchu do hlubších vrstev, tam se z části zachycuje na povrchu horninových částic, kde se spojí s kapilární a adsorpční vodou. Hloubka jejího průniku je závislá na množství vody, které dopadne na zemský povrch.
- půdní led – Vytváří se v případě, pokud teplota půdy klesne pod bod mrazu. Prvním krokem je vznik jinovatky z vodní páry půdního vzduchu, ta je dále zdrojem pro vznik větších krystalů. Hloubka zamrzlé půdy může v určitých částech světa dosahovat i několika stovek metrů.

Vznik podpovrchové vody je možný hned několika způsoby (Chmelová et Frajer, 2013):

- Infiltrací z povrchu nebo infiltrací vody tekoucí v korytech, to se nazývá jako voda infiltrační.
- Srážením vodních par v půdě, zde se uvádí pojem voda kondenzační. Ta se společně s vodou infiltrační nazývá voda vadózní neboli plytká.
- V hlubinných vrstvách probíhá vznik vody v plynném skupenství, kdy za vhodných tepelných i tlakových podmínek dochází ke spojování molekul kyslíku a vodíku, poté v chladnějších vrstvách zemské kůry dochází k jejímu zkapalnění. Vzniklá voda se nazývá jako juvenilní voda.

3.2 Charakteristika podzemních vod

Dle Holmese (2000) může podzemní voda pro různé lidi znamenat různé věci. Německá technická norma DIN (Deutsches Institut für Normung) charakterizuje podzemní vodu jako vodu, která se vyskytuje pod zemí a pohybuje se v důsledku gravitace (DIN, ©1994). Přestože hlavní části nějakých řek tečou převážně podpovrchově, což splňuje tuto definici, z biologického hlediska ji však nelze klasifikovat jako podzemní vodu (Schmidt et Hahn, 2012).

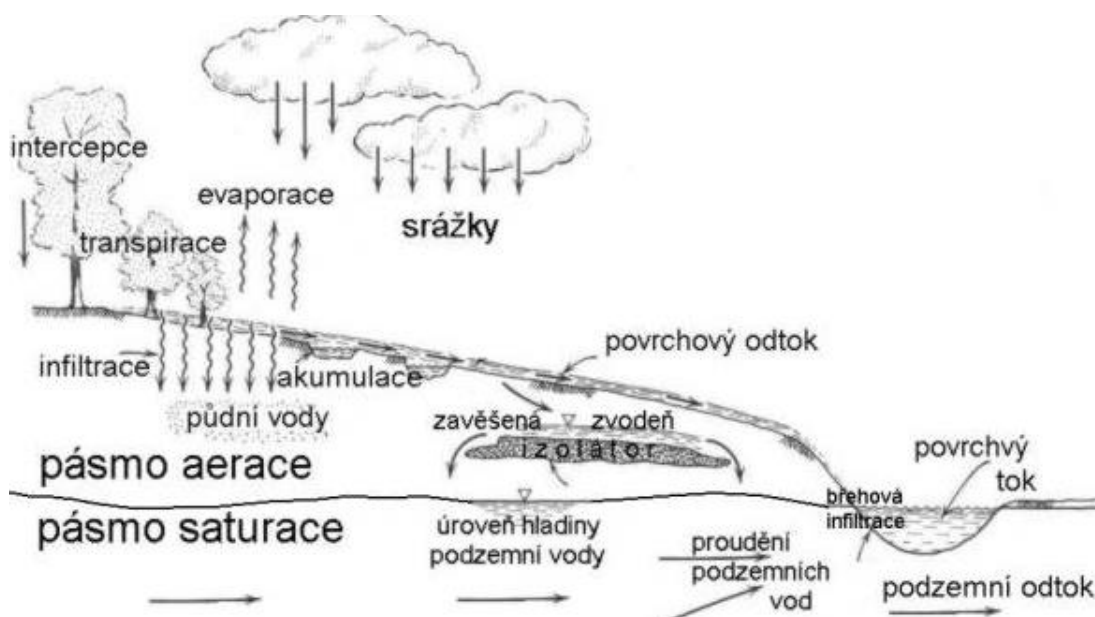
Holmes (2000) uvádí další definici podzemní vody jako vodu, která se zatím nestihla vyměnit s vodou povrchovou. Dle této definice by klasifikaci podzemní vody splňovala voda infiltrující se pod povrch země, ale voda doplňovaná z potoků a jezer už nikoliv (Négrel et al. 2003).

Dle Krásného et al. (2012) jsou podzemní vody, oproti povrchovým vodám, skryté pod zemským povrchem a při porovnání s povrchovou vodou jsou méně viditelné. Podzemní voda se dá na povrchu spatřit například průsaky nebo pomocí umělých objektů, jímající podzemní vodu, jako jsou kopané nebo vrtané studny.

Podzemní vodou je veškerá voda v kapalném skupenství, která vyplňuje prostory uvnitř horniny od mikroskopických rozměrů až po kavernózní dutiny a její pohyb je umožněn vlivem hydraulického gradientu. Podzemní vodou není voda fyzikálně nebo chemicky vázaná. Převážná část podzemní vody je součástí hydrologického cyklu, takže dochází k její výměně v řádu dnů až stovek let. Zbylá část podzemní vody, nevstupující do hydrologického cyklu, se nazývá fosilní voda (Tourková, 2004).

3.3 Geneze podzemních vod

Voda na Zemi vstupuje do nepřetržitého oběhu vody, jenž nazýváme hydrologický cyklus. Ten spočívá v odpařování vody z rostlinného pokryvu, oceánů, vodních nádrží atd. za působení slunečního záření. Vzniklá vodní pára vystoupá do atmosféry, kde se ochladí a kondenzuje. Zkondenzovaná voda dopadá ve formě atmosférických srážek zpět do moře a na pevninu (Inglezakis et al. 2016). Jednou ze součástí tohoto cyklu je proudění podzemní vody horninovým prostředím, které je spojené s infiltrací, pohybem, akumulací a přirozeným odvodněním podzemních vod (Tourková, 2004). Bližší nastínění průběhu hydrologického cyklu zobrazuje obrázek č. 2.



Obr. 2: Hydrologický cyklus (VŠB, ©2020)

Infiltrace je jedním z nejdůležitějších procesů, které způsobují vznik podzemní vody (Rawls, 2002). Podzemní voda vzniká zejména vsakem srážkových vod do horninového prostředí (Tourková, 2004).

Po dopadu dešťové vody na povrch může dojít ke třem situacím. V první situaci dochází k infiltraci vody do půdy, druhou situací může být povrchový odtok a poslední možností je odpaření vody z povrchu. Infiltrace je ovlivněná hned několika faktory (Fitts, 2002):

- velikostí zastavěných a nepropustných ploch – Zejména v městských a příměstských oblastech.
- morfologií terénu;
- vlastnostmi půdy – Jako je zrnitost, půdní typ, obsah organických látek.
- intenzitou srážek;
- hladinou podzemních vod.

Množství podzemní vody v hydrogeologickém prostředí naakumulované díky infiltraci vody, závisí na přírodních, klimatických, a v dnešní době, zejména antropogenních podmínkách. Z tohoto důvodu je velmi podstatným faktorem pro vznik a výskyt dostatečného množství podzemní vody vhodná kombinace geologických, klimatických a hydrologických podmínek (Krásný et al. 2012).

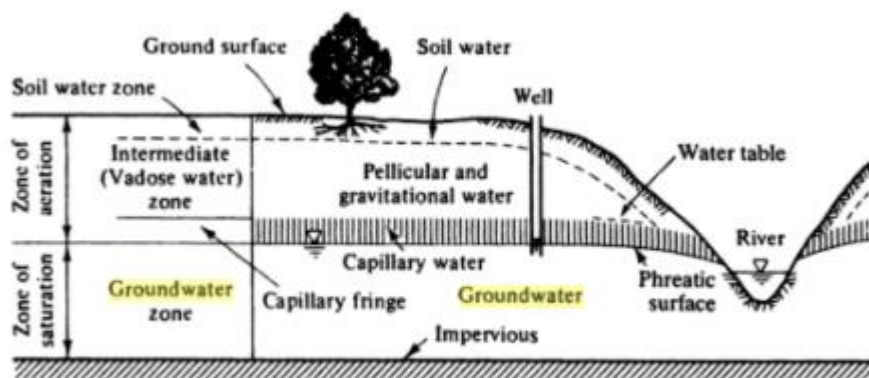


Fig. 1.3. Subsurface moisture zones.

Obr. 3: Rozdělení podpovrchové vody v homogenní půdě (Bear, 2007)

Obrázek č. 3 zobrazuje schematické rozdělení podpovrchové vody v homogenní půdě. Srážková voda pronikající povrchem země, se vlivem gravitace pohybuje směrem dolů a vyplňuje všechny prostory v oblasti nad nepropustným podložím. Saturated zóna je shora omezená freatickým povrchem (hranice mezi saturovanou a nesaturovanou zónou). Freatický povrch je místo, kde voda vytváří volnou hladinu, a atmosférický tlak je zde stejný s tlakovou výškou vody. Nesaturované pásmo se skládá ze tří dílčích zón (Bear, 2007; Bear et al. 1992):

- zóna půdní vody;
- vadózní zóna – Obsahuje vadózní vodu, která se vyskytuje v mělkých vrstvách a vzniká infiltrací z atmosférických srážek.
- kapilární zóna – Obsahuje kapilární vodu.

3.4 Propustnost podzemních vod

Jednou z možností, jak rozdělit podzemní vody je podle propustnosti horninových celků, a to na průlinovou, puklinovou a krasovou (Tourková, 2004).

3.4.1 Průlinová propustnost

Průlinová propustnost, nazývaná také jako filtrační, je schopnost průlin v hornině propouštět tekutiny. Typicky se vyskytuje u pórovitých hornin, zejména u sypkých nesoudržných sedimentů (písek, štěrk, suť). Průlina je označení pro pór, který je tvořený volným prostorem mezi zrny horniny. S průlinovou propustností je spojena průlinová voda (ČVUT, © 2018; Tourková, 2004).

Průlinová voda se pohybuje v pórech hornin pomocí filtračního proudění. Její pohyb je velmi pomalý a může se pohybovat maximálně v řádu metrů za den

v důsledku horninového prostředí. Mezi průlinové vody patří například artézská voda (Ruda, 2014).

3.4.2 Puklinová propustnost

Závisí na hydraulických vlastnostech puklin, nikoliv horniny. Hornina má pouze vliv na charakter puklin. Jedná se o vyvěřelé horniny, krystalické břidlice, karbonáty a metamorfované horniny. Voda obsažená v puklinách se označuje jako puklinová voda (ČVUT, ©2018; Tourková, 2004).

Puklinová voda vtéká vlivem gravitace do puklin, trhlin nebo zlomů mezi vrstvami hornin. Neprobíhá zde filtrace jako u průlinových vod, neboť voda v horninovém prostředí zůstává jen krátkou dobu (Ruda, 2014).

3.4.3 Krasová propustnost

Je charakteristická pro karbonátové a rozpustné horniny jako jsou vápence, dolomity či mramory. Díky vyluhování a rozpouštění uhličitanových hornin vznikly obrovské dutiny, téměř až jeskyně, ve kterých se pohybuje podzemní voda (ČVUT, ©2018; Tourková, 2004).

Krasové vody jsou velmi podobné jako puklinové vody. Voda z povrchu v krasových oblastech nevtéká do jednotného systému podzemní vody, ale vzniká systém vzájemně oddělených toků. Výskyt krasových vod na povrchu je vyvolán vývěrem soustředěných pramenů ze svislých puklin (Ruda, 2014).

3.5 Prameny

Jedná se o přirozené vývěry podzemní vody na zemský povrch. Výtok může být viditelný nebo skrytý (Ruda, 2014). Tento jev vzniká tam, kde hladina podzemní vody přetíná povrch země, nebo na místě vyústění zvodněných puklin, či dutin na zemský povrch (ČVUT, ©2018). Vydátnost pramene vyjadřuje množství vody, které vyvěrá z pramene, běžně se udává v $l \cdot s^{-1}$ nebo $m^3 \cdot s^{-1}$ (Ruda, 2014).

Prameny se dají rozeznávat podle mnoha kritérií. Mezi často používané rozdělení patří například dle způsobu vývěru vody z podzemí na sestupné a výstupné. Běžně se prameny dělí také podle obsahu minerálních látek, a to na prameny s vodou prostou nebo minerální (koncentrace rozpuštěných látek ve vodě musí být vyšší jak 1 g na 1 l) (Ruda, 2014).

4 Sucho

Sucho se často označuje jako plíživý jev, protože se vyznačuje svým pomalým nástupem, a jeho účinky se tak díky tomuto jevu pomalu hromadí po určitou dobu, proto je obtížné stanovit jeho začátek a konec (Wilhite, 2005).

Sucho vyvolané lidskou činností může mít buď dočasné nebo trvale nevratné následky. Dočasné následky mohou být způsobeny např. takovým odběrem vodního zdroje, který není příroda schopna doplnit nebo špatným hospodařením s vodními zásobami. Mezi trvale nevratné následky patří např. rozsáhlé odlesňování nebo totální vyčerpání vodního zdroje. Tyto důsledky se ale většinou projeví až s delším časovým posunem (Němec et al. 2006).

Hlavní příčina sucha spočívá ve změně klimatu. S rostoucí teplotou dochází ke zvýšení evapotranspirace, a to dává možnost vzniku sucha i za normálních srážkových podmínek (Žalud, 2020).

Dle Kravčíka et al. (2007) tkví příčina sucha v narušení malého vodního cyklu. Malý vodní cyklus je uzavřený koloběh vody, ve kterém voda co naprší na pevninu se z části vsákne do půdy, a z větší části se vypaří do atmosféry. V atmosféře se voda vysráží a znovu dopadá ve formě srážek na tu stejnou pevninu. Narušení tedy spočívá v tom, že voda, která naprší se nemá kam vsáknout, a to zejména v případě větších měst, z důvodu nepropustných ploch. Voda tedy povrchovým odtokem směřuje do kanalizací, přes které směřuje do řek a oceánů. V tom důsledku se snižuje množství vody, která se může vypařit a znovu vstupovat do malého vodního cyklu. To následně zapříčiňuje úbytek celkového množství srážek, a narušuje se tak tepelný i vodní režim krajiny.

K dalším příčinám se řadí degradace půdy antropogenním vlivem. Od roku 1950 se v České republice snížila půdní retenční kapacita o více jak 40 %. Nemaleý vliv na to má například utužení půdy, které postihuje až 40 % zemědělské půdy v ČR, dehumifikace půdy nebo vodní a větrná eroze (MŽP, ©2017b).

4.1 Definice sucha

Sucho se nedá hydrologicky jednoznačně definovat, existuje více jak 150 různých definic sucha (Němec et al. 2006). Některé z nich uvádí sucho jako:

Zápornou odchylku vodní bilance od klimatického normálu v dané oblasti během určitého časového intervalu neboli sucho je zapříčiněno malým množstvím

srážek, vyšší teplotou vzduchu, intenzivnějším slunečním zářením a nízkou relativní vlhkostí vzduchu (Allen et al. 1998).

Němec et al. (2006) uvádí sucho jako nedostatek vody, který má za následek snížené množství a četnost srážek pro určité místo a období.

Nicméně mezi nejjednodušší definice sucha patří určitě všeobecně známá věta: „Sucho je nedostatek vody.“ (Chmelová et Frajer, 2013).

Avšak podle Hughese (2013) vlastně obecná definice sucha neexistuje, z důvodu mnoha proměnných potřebných k určení univerzální definice sucha jako například, každý region má své klimatické charakteristiky, nebo to co může být považováno za sucho v tropických deštných pralesech, nemůže být považováno za sucho v pouštních oblastech. Takže definice musí být pro každý region specifická, také musí být specifická pro konkrétní odvětví, protože sucho může znamenat pro vodohospodáře něco jiného než pro zemědělce. Shoduje se na tom i se staršími závěry Wilhita a Glanze.

4.2 Rozdělení

Stejně jako existuje mnoho definic sucha, existuje také mnoho způsobů jeho dělení. Wilhite et Glantz (1985) uvádí jedno z nejčastějších rozdělení sucha do těchto čtyř skupin: meteorologické sucho, zemědělské sucho, socio-ekonomické a hydrologické sucho, přičemž Mishra et Singh (2010) k tomu ještě přidávají sucho podzemní vody.

Jedno z dalších rozdělení sucha představuje Critchfield (1984), který sucho dělí do tří následujících skupin:

- Stálé sucho spojené s aridními podnebími.
- Sezónní sucho, které se vyskytuje v podobě zřetelných každoročních období suchého počasí.
- Sucho způsobené proměnlivostí srážek.

4.2.1 Meteorologické sucho

Meteorologické sucho se stanovuje na základě meteorologických veličin a jeho včasné rozpoznání tak předchází vzniku dalších druhů sucha (Brázdil et al. 2015).

Často bývá definováno pouze na stupni a době trvání sucha jako trvalé období bez výrazných srážek (Linsley et al. 1958), nebo deficit vody pod danou referenční

hodnotou, přičemž se zohledňuje jak doba trvání deficitu, tak jeho velikost (Downer et al. 1967).

Některé definice se také používají přímo pro dané místo a prahové hodnoty například (Wilhite et Glantz, 1985):

- V Libyi, pokud jsou srážky menší než 180 mm za rok.
- Ve Velké Británii, pokud jsou za 15 dní srážky menší než 0,25 mm.

Jiné definice se udávají na základě odchylek úhrnu srážek od dlouhodobých průměrů (Němec et al. 2006).

Výskyt meteorologického sucha se v České republice za posledních 40 let opakoval každých 3 až 5 let (Brázdil et al. 2015).

4.2.2 Zemědělské sucho

Označení agronomické (zemědělské) sucho vychází ze sucha meteorologického. Nastává po nástupu meteorologického sucha, ale ještě před suchem hydrologickým. Vzniká za předpokladu, když dostupné množství vody není schopno pokrýt potřeby zemědělských kultur v daném čase (Němec et al. 2006).

Záleží, v jaké fázi růstu plodiny se sucho vyskytne, pokud je nedostatečná vlhkost podloží pouze v rané fázi růstu, tak konečný dopad na výnos plodiny je malý. Pro výsadbu je rozhodující obsah vody v prvních 20 centimetrech hloubky podloží, protože v této hloubce bývá největší kořenová aktivita (Wilhite et Glantz, 1985).

Půdy hrají důležitou roli v tom, jak sucho ovlivní zemědělskou produkci. Záleží na míře infiltrace, typu půdy, sklonu, vlastnostech půdy, některé mají vysokou retenční kapacitu vody a jiné nízkou. Půdy s nízkou kapacitou zadržování vody jsou náchylnější k suchu (Wilhite et Pulwarty, 2018). Optimální jsou půdy se střední až vysokou infiltrační schopností, protože se minimalizuje povrchový odtok a zvyšuje se množství vody zadržované v půdě (Brázdil et al. 2015).

4.2.3 Hydrologické sucho

Němec et al. (2006) uvádí definici hydrologického sucha pro povrchové toky jako počet za sebou jdoucích dnů, týdnů, měsíců i roků, s výskytem velmi malých průtoků ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Při hodnocení tohoto typu sucha se pozorují zásoby vody ve vodních nádržích a velikost odtoku z povodí.

Hydrologické sucho vzniká v důsledku dlouhodobého působení meteorologického sucha (Rathore, 2004).

Hydrologické sucho podzemních vod definuje Castany (1978) jako deficit efektivních srážek a vyčerpání podzemních zásob.

Podle technické zprávy EU (Evropská unie) se sucho v podzemních vodách vyznačuje značným poklesem průměrného disponibilního množství vody při čteném snížení průměrných hladin podzemní vody (EC, ©2008).

Nízké stavy hladiny podzemní vody jsou zapříčiněny zejména odběry podzemních vod, odvodňováním ložisek nerostných surovin a trvalým snižováním hladin pod základy staveb v městských prostorech. Dále mají nemalý vliv na nepříznivý stav hladiny úpravy vodních toků, například napřimování meandrů nebo také podzemní vodovodní a kanalizační sítě. Částečně se vyskytuje vliv zemědělské techniky například použitím nevhodného osevního postupu nebo těžké zemědělské techniky na rozbahněných pozemcích (Brázdil et al. 2015).

Následky hydrologického sucha jsou patrné až s delším časovým odstupem stejně jako u sucha podzemní vody nebo socio-ekonomického sucha (Brázdil et al. 2015).

4.2.4 Socio-ekonomické sucho

Toto slovní spojení se používá v okamžiku, kdy výskyt sucha začíná negativně ovlivňovat celou společnost. Jde zejména o oblasti zemědělství, lesnictví a vodního hospodářství. Výjimkou není ani průmysl, turistický ruch nebo všeobecné základní životní potřeby pro člověka jako je pitná voda (Brázdil et al. 2015).

Spojuje lidskou činnost s prvky meteorologického, zemědělského a hydrologického sucha. Může ovlivňovat poptávku a nabídku určitých komodit závislých na srážkách například: voda, píce (Wilhite et Pulwarty, 2018).

4.3 Dopady

Působení sucha je pomalé a jeho dopady jsou patrné i několik let po skončení suchých period (Blinka, 2002). Ničivé účinky sucha nejsou tak nápadné, nicméně sucho postihuje větší oblasti než jiná přírodní rizika. Studie dokázaly, že ztráty způsobené suchem převyšují nad škodami, které způsobily jiné přírodní nebezpečí (Wilhite, 2000).

4.3.1 Dopady na zemědělství

Nejzávažnější dopady sucha vznikají v oblasti zemědělství, protože voda je nejdůležitějším zdrojem pro růst rostlin (Brázdil et al. 2015). Analýza dokázala, v letech 1981 až 2000, že významné periody sucha přispívaly k nízkým výnosům obilovin a dalších zemědělských plodin (Hlavinka et al. 2009). Sucho snižuje výnosy zemědělských plodin v průměru o 10 až 15 %, a to hlavně z důvodu nerovnoměrného rozprostření srážek v průběhu vegetačního období (Brázdil et al. 2015).

4.3.2 Dopady na lesnictví

Sucho významně ovlivňuje produkci lesa přímým i nepřímým způsobem. Mezi přímé ovlivnění patří například snížený přírůst letokruhů. Nepřímé ovlivnění se projevuje například sníženou tvorbou pupenů, z kterých následně vznikají výhony (Brázdil et al. 2015).

Sucho zhoršuje fyziologický stav dřevin, a v tom důsledku jsou dřeviny náchylné k napadení biotickými škůdci (Brázdil et al. 2015). Spiecker (2000) přiřazuje sucho společně s dalšími přírodními katastrofami k faktorům, které způsobují změny v přirozené sukcesi lesa a mění řídicí faktory lesního porostu (například druhové složení, dostatek živin a vody). Proto může být sucho přímým důvodem úmrtnosti a poklesu růstu dřevin.

Další predikované dopady v lesnictví jsou spojeny s nárůstem nebezpečí výskytu lesních požárů, půdní eroze, ohrožení lesů znečištěním ovzduší a úbytkem lesů (Brázdil et al. 2015).

Hlásný et al. (2011) udávají sucho jako limitující faktor pro lesní porosty hlavně v nižších polohách. Naopak nárůstem teplot ve vyšších polohách může dojít ke zlepšení podmínek pro lesní porosty.

4.3.3 Dopady na vodní hospodářství a podzemní vody

V období hydrologického sucha dochází ke snižování objemu vody v toku, to zapříčiňuje zvýšenou náchylnost vody k eutrofizaci a horší podmínky pro vodní ekosystémy. Organismy jsou přizpůsobeny na určité podmínky, nedostatek nebo úplná nepřítomnost vody může způsobit zvýšenou mortalitu organismů nebo jejich úplné vyhynutí. Zhoršení kvality vody má vliv nejen na ekologické podmínky toku, ale také na zásobování vodou pro obyvatelstvo, průmysl, energetiku, nebo zemědělství (Brázdil et al. 2015).

Výskyt minimálních hladin u podzemních vod se periodicky opakuje přibližně každých 10 let. Při výskytu minimálních hladin u podzemních vod může dojít k ohrožení ekologické funkce povrchových toků, protože malé průtoky v povrchových tocích jsou tvořeny podzemní složkou odtoku (Soukalová et Muzikář, 2015).

4.4 Opatření před úbytkem podzemních vod a vznikem sucha

Sucho bylo v České republice dlouho opomíjené téma a soustředilo se zde pouze na ochranu proti povodním, která spočívala ve snaze odvodnit celé území České republiky.

V dnešní době už je zřejmé, že toto řešení nebylo správné a vynakládají se kroky k tomu, aby byla voda opět zadržována v krajině.

Největší množství vody v České republice pochází z atmosférických srážek, jelikož voda z našeho území odtéká až do tří úmoří, a je tedy třeba rozumně hospodařit se srážkovou vodou v krajině. To se ale v posledních desetiletích na našem území nedělo. Místo toho se napřimovaly vodní toky, vytvářely obrovské půdní bloky a celkově se zvyšovalo odvodňování a erozní ohrožení zemědělské a lesnické půdy. Tím se narušil přirozený vodní režim krajiny a vznikala postupná degradace půdy. To vše vedlo na našem území k vyššímu ohrožení suchými epizodami spolu s rostoucí klimatickou změnou. Z tohoto důvodu je třeba realizovat opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody (eAGRI, ©2015).

Koncepce ochrany před suchem od Ministerstva životního prostředí obsahuje navrhovaná opatření před následky sucha, ty se rozdělují do 5 základních skupin. První skupina obsahuje návrh na vytvoření platformy o suchu, která bude pomocí monitoringu a předpovědi výskytu sucha informovat o jeho možném riziku. To znamená, že je třeba zvýšit počet klimatologických stanic, zrekonstruovat a zmodernizovat pozorovací objekty podzemních vod (MŽP, ©2017a; MŽP, ©2017b).

Druhá skupina má za cíl zvýšit rozvoj a odolnost vodních zdrojů. Podporou výstavby nových závlahových a přehradních víceúčelových nádrží nebo vytvořením takové vodárenské soustavy, která zajistí zásobování pitnou vodou i při dlouhotrvajících epizodách sucha (MŽP, ©2017a).

Třetí skupina se zaměřuje na snížení následků sucha v zemědělství, zlepšení fyzikálních vlastností půd a na zpomalení odtoku vody z krajiny. K docílení těchto

záměrů je třeba zavést zvýšení ochrany půdy před erozí novými půdoochrannými technologiemi. Dále je nutné zvýšit podíl organické hmoty v půdě, například ponecháním posklizňových zbytků, použitím organických hnojiv nebo zařazením meziplodin do osevního postupu (MŽP, ©2017a).

Do čtvrté skupiny spadá podpora zvýšení retenční a akumulární schopnosti krajiny a také zvyšování odolnosti vodních ekosystémů. Pro dosažení těchto cílů by se měly provádět opatření jako je obnova přirozených funkcí vodních toků a niv, ochrana a obnova mokřadů, meliorace a hrazení bystřin v lesích. (MŽP, ©2017a).

Do poslední páté skupiny patří podpora zodpovědného hospodaření s vodou. Hlavním záměrem tohoto opatření je snížení poptávky po vodě a docílení opětovného využívání a snižování míry znečištěné vody. Docílení těchto cílů je možné dosáhnout pomocí podpory hospodaření se srážkovými vodami, nastavením legislativy pro opětovné využívání odpadních vod, snížením spotřeby vody v průmyslu a energetice nebo modernizací technologie čistíren odpadních vod (MŽP, ©2017a).

Výsledky takto navrhovaných opatření by měly znamenat pokles deficitu půdní vláhy, omezení výskytu nízkých průtoků v tocích, snížení objemu znečištěné vody, zmírnění dopadů sucha na vodní a suchozemské ekosystémy a zvýšenou informovanost o suchu (MŽP, ©2017a).

Česká legislativa do této doby nedisponovala možností pružně reagovat na probíhající suché epizody. Proto vznikla novela vodního zákona č. 254/2001 Sb. schválená v roce 2019, která umožňuje úřadům lépe regulovat odběry vody v dobách suchých epizod (MŽP, ©2019).

Novela vodního zákona obsahuje opatření s názvem „Zvládání sucha a stavu nedostatku vody“. Toto opatření vypracují krajské úřady ve všech krajích, a na úrovni celé České republiky ho vypracuje Ministerstvo životního prostředí v kooperaci s Ministerstvem zemědělství. V období nedostatku pitné vody budou na úrovni krajů svolávány Komise pro zvládnutí sucha, které rozhodnou o přijetí předem připravených plánů. Plány obsahují zejména údaje potřebné pro zvládnutí sucha na daném území. Patří mezi ně popis vodních zdrojů, popis úpravy, dopravy a zásobování vodou, charakteristika suchem zasaženého území nebo seznam zařízení využitelných pro zvládnutí nedostatku vody. Dále se v plánu nachází operativní část, která zahrnuje seznam orgánů a osob podílejících se na zvládnutí sucha a nedostatku vody, popis jejich činností a návrh postupů pro zvládnutí sucha (MŽP, ©2019).

4.5 Metody hodnocení sucha

Sucho, jakožto komplexní jev, se nejčastěji stanovuje použitím různých typů indexů, které nejčastěji vychází z meteorologických a hydrologických hodnot (Brázdil et al. 2015). Niemeyer (2008) ve své práci uvádí, že literatura popisuje více jak 80 takových indexů a jejich celkový počet odhaduje na téměř dvojnásobný. Nicméně neexistuje žádný, který by zaujímal všeobecnou platnost.

Mezi často používané meteorologické indexy hodnocení sucha patří standardizovaný srážkový index, Palmerův index intenzity sucha, standardizovaný srážkový evapotranspirační index a souhrnný indikátor sucha. Hydrologické indexy sucha mají základní dělení na prosté a komplexní indexy (Brázdil et al. 2015).

Prosté indexy vyjadřují souvislost mezi sledovanou veličinou a jejím dlouhodobým průměrem. Tyto jednotlivé indexy se mezi sebou většinou liší způsobem stanovení odchylky a tím, jak dlouhé časové období charakterizují. Pro monitoring sucha se využívají poměrně často z důvodu jejich jednoduchosti. Patří mezi ně například standardizovaný index úrovně hladiny nebo index zdrojů podzemní vody (Brázdil et al. 2015).

Komplexní indexy obsahují odhad vlhkosti půdy, který se porovnává s dlouhodobou normální vlhkostí půdy ve zvoleném časovém období nebo s empiricky stanovenou hraniční hodnotou. K těmto indexům se řadí například Palmerův index hydrologického sucha nebo agregovaný index sucha (Brázdil et al. 2015).

Hodnocení epizod sucha se provádí na základě časových a prostorových údajů. Prostorovými údaji se rozumí plocha, na které se sucho vyskytuje. Tato rozloha se může pohybovat od stovek km² až do extrémních ploch v řádu milionů km². Časovými údaji se rozumí především začátek, konec a délka trvání suché epizody (Burgos et al. 1975).

4.5.1 Standardizovaný srážkový index (SPI)

SPI index je založený pouze na sledování týdenních nebo měsíčních srážkových úhrnů (Hayes et al. 1999). Je jedním z nejpoužívanějších indikátorů sucha, a to zejména pro jeho jednoduchost a flexibilitu (McKee et al. 1993). Lze jej určit pro různé časové osy. Je vhodný pro stanovení krátkodobého i dlouhodobého sucha. Pomocí SPI nelze určit regiony, které jsou více náchylné k suchu z důvodu

standardizovaného charakteru indexu (Hayes et al. 1999). SPI také nezohledňuje ostatní proměnné, které mohou ovlivnit sucho, jako je evapotranspirace, teplota, rychlost větru a nebo schopnost zadržování vody v půdě. Jedná se pouze o indikátor nedostatku srážek (Brázdil et al. 2015).

4.5.2 Standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI)

K vývoji SPEI došlo z důvodu neschopnosti SPI uvažovat evapotranspirační faktor, což může vést k podcenění závažnosti sucha v určitých regionech nebo v obdobích s vysokou úrovní evapotranspirace (Barker et al. 2016). SPEI je založen na diferenciaci mezi srážkami a potencionální evapotranspirací. Pomocí SPEI lze určit intenzitu, trvání, začátek a konec suchých epizod. Umožňuje také srovnání závažnosti sucha v čase a prostoru. Největší výhodou tohoto indexu je možnost identifikovat různé typy a účinky sucha v kontextu s globálním oteplováním. Vzhledem k menšímu množství vstupních veličin potřebných pro výpočet SPEI oproti SPI je SPEI vhodnější pro identifikaci a monitorování sucha v jakékoli klimatické oblasti světa (Vincente-Serrano et al. 2010).

4.5.3 Palmerův index intenzity sucha (PDSI)

PDSI je nejrozšířenější a nejčastěji používaný index (Blinka, 2002). Tento index je založený na vodní bilanci studovaného území, která zahrnuje obsah vlhkosti v půdě, údaje o úhrnu srážek a potencionální evapotranspiraci (Brázdil et al. 2015). Index je vhodný pro srovnání různých oblastí i časových období. K výhodám se řadí možnost zobrazit místo a délku výskytu suchých epizod, které probíhaly v minulosti. Mezi nevýhody PDSI patří například skutečnost, že index neuvažuje sněžení a ani sněhovou pokrývku, takže všechny srážky uvažuje pouze jako dešťové. To může způsobovat nepřesnosti v zimních a jarních měsících (Alley, 1984).

4.5.4 P-T index

P-T index je založen na poměru srážek a teploty za daný časový interval. Tento index spolu s P-E indexem vykazovaly na území České republiky nejvyšší korelaci ve spojení s agronomickým suchem a výnosy ze zemědělských plodin. K výhodám se řadí nízká náročnost na vstupní data a jednoduchý výpočet (Novický et al. 2012) Vstupní data jsou snadno dostupná pro celé území ČR z důvodu velmi husté monitorovací sítě. Díky tomu nabízí index rozsáhlou prostorovou variabilitu.

K dalším výhodám se řadí možnost tento index použít pro různě dlouhá období. Při výpočtu slouží hodnoty teploty jako jednoduchý ukazatel evapotranspirace, to znamená, že je zde možné mluvit o jednoduché bilanci zásoby vody v půdním profilu. Index nevyčísluje zásobu vody v půdním profilu, ale výsledkem tohoto indexu je poměrné číslo vyjadřující výšku srážek na jeden stupeň průměrné teploty v hodnoceném období (Novický et al. 2011).

4.5.5 P-E index

Tento index funguje na principu poměru srážek a aktuální evapotranspirace za daný časový interval. Stejně jako P-T index umožňuje velmi rozsáhlou prostorovou i časovou variabilitu a jeho náročnost na vstupní data a složitost výpočtů je minimální (Novický et al. 2012). Index pomocí jednoduché bilance dokáže posoudit, zda dochází k úbytku nebo nárůstu vláh v půdním profilu (Novický et al 2011).

5 Klimatická změna

Pojem „změna klimatu“ znamená podle IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) jakoukoli změnu klimatu v průběhu času, která je zapříčiněná lidskou činností nebo přirozenou variabilitou (Kuro-šio et al. 2007).

Za klimatickou změnou v dnešní době stojí zejména globální oteplování, kterým se rozumí vzestup průměrné teploty vzduchu. Globální oteplování úzce souvisí s antropogenně podmíněným zesilováním skleníkového efektu. Podle zprávy IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) vzrostla průměrná globální teplota na zeměkouli od roku 1880 do roku 2012 o 0,85 °C a hladina moří se zvýšila o 22 centimetrů, přičemž nejvyšší teploty byly vykazovány od roku 2001 do roku 2010. Období 2003 až 2012 vykazovalo v průměru o 0,78 °C vyšší teplotu než období mezi léty 1850 až 1900 (Stocker et al. 2013). Modely zabývající se budoucím vývojem klimatické změny odhadují nárůst globální teploty do konce 21. století o 1,1 až 6,4 °C a navýšení hladiny moří o 52 až 98 centimetrů. Jestliže se tyto odhady naplní bude se jednat o nejvýznamnější a nejrychlejší nárůst teploty za posledních 10 tisíc let (ČHMÚ, ©2020a).

Mezi nejvíce zasažené oblasti klimatickou změnou patří státy s nejvyšším nárůstem populace, státy sociálně a ekonomicky slabé a státy se špatně fungující státní správou (ČHMÚ, ©2020a).

Při nárůstu globální teploty se v budoucnu dle odhadů uvažuje nárůst globálních srážek o 7 až 15 % a zvýšení evapotranspirace až o 10 %, což by vedlo ke zintenzivnění globálního hydrologického cyklu. Předpovědní modely se obecně shodují na faktu, že k navýšení srážek dojde zejména ve vyšších zeměpisných polohách a v nižších až středních polohách bude množství srážek naopak klesat. V tomto důsledku bude v některých regionech světa převládat evapotranspirace nad srážkami, což povede k závažnějším a déle trvajícím epizodám sucha (NDMC, 2020).

Negativní projevy globální změny klimatu se vyskytují v oblasti životního prostředí a fungování ekosystémů, v lesním a vodním hospodářství, zemědělství, ale působí také na zvyšování hladiny moří a oceánů. Všechny tyto problémy představují nemalý ekonomický dopad. K možným důsledkům globální klimatické změny jsou často přiřazovány extrémní výkyvy počasí, mezi něž patří povodně nebo sucho (ČHMÚ, ©2020a).

Změna klimatu ať už způsobena přirozenou variabilitou nebo lidskou činností, závisí na rovnováze mezi příchozím (slunečním) krátkovlnným zářením a odchozím (infračerveným) dlouhovlnným zářením, které vyzařuje Země do okolního vesmíru. Tuto váhu ovlivňuje zemská atmosféra, která plní stejnou funkci jako sklo u skleníku, proto se tento jev označuje jako skleníkový efekt (Levy et al. 2015). Tento efekt otepluje naši planetu přibližně o 33 °C a udržuje průměrnou povrchovou teplotu na 15 °C. Díky skleníkovému efektu jsou na Zemi vhodné podmínky pro život (Romm, 2016).

Princip skleníkového efektu spočívá v krátkovlnném slunečním záření, které prochází zemskou atmosférou a ohřívá zemský povrch. Dlouhovlnné záření zemského povrchu je částečně pohlcováno plyny v atmosféře, které jej opětovně vyzařují zpět na povrch. Energie se tak částečně vrací zpět k zemskému povrchu, který se ohřívá spolu s nejnižšími částmi atmosféry. Plyny, které způsobují tento efekt, se nazývají skleníkové plyny. Ty se rozdělují na přirozené atmosférické a antropogenní plyny (ČHMÚ, ©2020a). Antropogenní plyny a jejich emise ovlivňuje obzvláště velikosti populace, ekonomická aktivita, životní styl, využívání energie a technologie (Klimatická změna, ©2020).

5.1 Opatření před klimatickou změnou

Jeden ze způsobů boje proti klimatické změně se nazývá mitigační opatření neboli opatření ke snížení emisí skleníkových plynů. Oproti adaptačním opatřením, které řeší dopady klimatické změny, se mitigační opatření snaží těmto dopadům předcházet. Na celkovém nárůstu skleníkových plynů od roku 1970 do roku 2010 se podílely ze 78 % emise CO₂ vzniklé spalováním fosilních paliv (Trnka et al. ©2020).

Mitigace přispívá ke splnění cíle v článku 2 Rámcové úmluvy OSN (Organizace spojených národů) o změně klimatu z roku 1992. Úlohou této úmluvy je dosáhnout stabilizace koncentrací skleníkových plynů. Emise lze efektivně snížit změnami ve způsobu dopravy, využití energie v domácnostech, využívání výrobků s dlouhou životností, využíváním energie z obnovitelných zdrojů, snížením plýtvání potravin nebo změnou ve způsobu stravování (Trnka et al. ©2020).

Možnou nevýhodou mitigační politiky je riziko vzniku ekonomických problémů u vývozců fosilních paliv. V Evropské unii bylo odsouhlaseno zvýšení podílu energie využívané z obnovitelných zdrojů alespoň na 27 % do roku 2030. Mezi nejvýhodnější mitigační opatření v oblasti zemědělství patří aplikace

organických látek na ornou půdu a pastviny. V lesnictví jsou nejvhodnější mitigační opatření zejména snížení odlesňování, zvýšené zalesňování a udržitelné obhospodařování lesů (Trnka et al. ©2020).

5.2 Odhadovaný globální vývoj klimatu

Pro sledování budoucího vývoje klimatu byla vyvinuta řada klimatických modelů. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) publikovala zprávu označovanou ve zkratce jako SRES (Special Report on Emission Scenarios), která popisuje možné scénáře ve vývoji klimatu na základě předpovědi emisí skleníkových plynů. Tyto scénáře byly vytvořeny na základě populačního růstu, dynamiky vývoje ekonomiky a technologií, způsobu využití krajiny, dostupnosti potravin a další. Vzniklo tak celkově 40 scénářů, které se následně zjednodušily do čtyř primárních skupin SRES-A1, SRES-A2, SRES-B1, SRES-B2. Scénář SRES-A1 popisuje rychlý ekonomický růst a současně s ním i rozvoj nových technologií, které jsou šetrné k životnímu prostředí. V důsledku vzrůstající globalizace dojde ke konvergenci světových regionů. Sníží se rozdíl v příjmech mezi nízkou a vysokou platovou třídou, zvýší se sociální a kulturní interakce. Maximálního zalidnění bude dosaženo v polovině 21. století (Houghton et al. 2001).

Scénář A2 je poněkud různorodější. Stále dominuje velká ekonomická nevyváženost mezi jednotlivými regiony světa. Zalidnění stále stoupá enormní rychlostí a převládá sociální nestabilita. Ekonomický růst a technologický rozvoj je velmi rozdílný a je vázán na jednotlivé regiony (Houghton et al. 2001).

Ve scénáři B1 probíhá populační růst stejně jako v případě scénáře A1. V globálním měřítku zde probíhá rychlý rozvoj ekonomiky a technologií šetrných k životnímu prostředí. V tomto důsledku klesá materiálová a energetická náročnost na produkci. Všechna rozhodnutí se provádí s důrazem na ekonomickou, sociální a biologickou udržitelnost a sociální spravedlnost, ale není zde kladen důraz na opatření k ochraně klimatu (Houghton et al. 2001).

V posledním scénáři B2 převládají lokální a regionální zájmy. Svět se snaží najít způsob pro ekonomický, sociální a biologický udržitelný rozvoj. Populační růst je vysoký, ale ne natolik enormní jako v případě scénáře A2. Ekonomický a technologický postup probíhá pomaleji než v případě A1 a B1. Snaha o zlepšení stavu životního prostředí a sociální spravedlnosti probíhá pouze na lokální a regionální úrovni, nikoliv však v globálním měřítku (Houghton et al. 2001).

Tyto 4 scénáře byly v roce 2013 ve zprávě IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) nahrazeny čtyřmi reprezentativními směry dosažení koncentrací, které porovnávají radiační působení ekvivalentního CO₂ z konce 21. století s koncem předindustriálního období kolem roku 1750. Jsou označovány jako RCP2.6, RCP4.5, RCP6, RCP8.5. K výhodám se řadí schopnost těchto reprezentativních směrů hodnotit celou škálu možností od scénářů, kdy je snaha o co nejnižší koncentraci ekvivalentního CO₂ až po úplné ignorování negativních dopadů na atmosféru. (Stocker et al. 2013).

5.3 Odhadovaný vývoj klimatu v České republice

Pro odhad vývoje klimatu v České republice byli použity tři modelové projekce. První je matematický model ALADIN-Climate/CZ (dále jen Aladin 10) v rozlišení 10 km. Tento model poskytuje projekce pro období 2021 až 2050 a pro roky 2071 až 2100 (Farda et al. 2007; Farda, 2008). Druhý model se nazývá RegCM, který je řízený globálním klimatickým modelem ECHAM₅. Původně byl navržen pro celou Evropu v prvotním rozlišení 25 km. Poté byl ale přepočítán do 10 km rozlišení. Třetím a posledním modelem je znovu ALADIN-Climate/CZ (dále jen Aladin 25). Ten se od prvního modelu liší rozlišením, které činí 25 km (Halenka, 2010).

5.3.1 Odhad teploty vzduchu

Teplota vzduchu spolu se srážkovými úhrny jsou považovány za základní klimatologické charakteristiky a patří k nejvýznamnějším ukazatelům budoucího vývoje klimatu.

V České republice dochází dlouhodobě k růstu průměrné roční teploty a v posledních dvou desetiletích se její nárůst stupňuje. Došlo ke zvýšení průměrné teploty o 0,8 °C oproti období 1961 až 1990 a to zejména v letních měsících (ČHMÚ, ©2021a). Všechny tři modely nadále předpokládají růst průměrné roční teploty i v budoucnu. V letech 2021 až 2050 by mělo dojít k nárůstu teploty v rozmezí od 1,2 °C až po 1,5 °C oproti období 1961 až 2000. V období 2071 až 2100 se předpokládá nárůst teplot o 3,2 až 3,3 °C (Štěpánek et al. 2012).

Pro období 2021 až 2050 předpokládá Aladin 10 nárůst teplot zejména v letních a zimních měsících. RegCM vykazuje naopak nepatrný nárůst v letních měsících oproti ostatním obdobím a Aladin 25 předpokládá rovnoměrné zvyšování

teplot. V případě období 2071 až 2100 předpokládá Aladin 10 a Aladin 25 vyšší nárůst teplot v letních měsících (Štěpánek et al. 2012).

5.3.2 Odhadovaný průběh srážek

Průběh srážek v České republice je časově a prostorově proměnlivý. Z důvodu atmosférické cirkulace, kdy množství srážek závisí na daném typu synoptické situace a na srážkotvorných synoptických objektech. Prostorová proměnlivost souvisí s orografickými vlivy území, ke kterým se řadí růst množství srážek s rostoucí nadmořskou výškou nebo projev expozice, kdy návětrné svahy vykazují větší množství úhrnů srážek než svahy závětrné (Tolasz et al. 2007).

Modely odhadují pro ČR mírný nárůst srážkových úhrnů v letech 2021 až 2050 oproti referenčnímu období 1961 až 2000. Aladin 10 a Aladin 25 odhadují úbytek srážkových úhrnů v zimním období až o 15 %. Naopak na podzim odhadují nárůst až o 20 % a v letních měsících předpokládají vzestup srážek okolo 10 % (Štěpánek et al. 2012).

Pro období 2071 až 2100 předpokládají Aladin 10 a Aladin 25 mírný úbytek srážkových úhrnů. S tím se ale neshoduje RegCM model, který odhaduje vyšší množství srážek i pro budoucí období. Pro toto období nepředpokládá Aladin 10 ani Aladin 25 takový pokles srážek v zimních měsících (pouze okolo 4 %) jako tomu bylo pro léta 2021 až 2050. Naopak v případě letního období předpokládají pokles srážek až o 12 %. V jarních a podzimních měsících je odhadovaný malý nárůst srážkových úhrnů. RegCM model predikuje nárůst srážek v případě zimního, jarního a podzimního období až o 20 %. V rámci území České republiky byl v celém zkoumaném období 1961 až 2100 zjištěn pro průměrnou řadu ročních srážkových úhrnů pokles o 1,7 mm/10 let (Štěpánek et al. 2012).

6 Atmosférické srážky

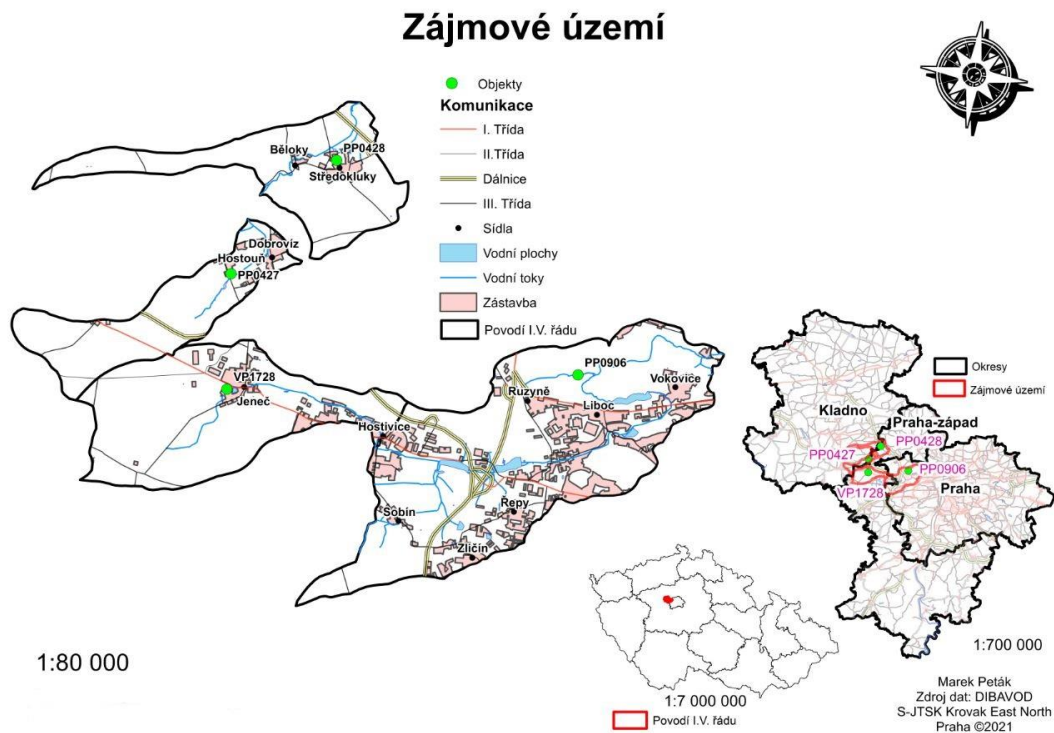
Atmosférické srážky definujeme jako vodní částice vzniklé důsledkem kondenzace nebo sublimace vodní páry v ovzduší, které se vyskytují v pevné (sníh, kroupy, zmrzlý déšť) či kapalné (déšť, mrholení) formě. Vyskytují se jako padající eventuelně vznášející se částice v atmosféře nebo jako částice zdvižené větrem ze zemského povrchu či usazené na předmětech (rosa, námraza, ledovka) (ČHMÚ, ©2021b).

Srážky lze rozdělit na horizontální a vertikální. Usazené neboli horizontální srážky vznikají usazením vodních kapek nebo zmrzlé vody na zemském povrchu. Na povrchu země se vyskytují jako rosa, ovlhnutí, jíní, jinovatka nebo námraza. Vertikální srážky, také označované jako padající, jsou hlavní složkou tvořící srážkovou činnost. Tyto srážky padají z oblaků ve formě mrholení, deště, sněžení, krup, zmrzlého deště atd. (Meteo aktuality, ©2018). Český hydrometeorologický ústav uvádí další možné rozdělení atmosférických srážek podle doby trvání padajících srážek na (ČHMÚ, ©2021b):

- trvalé – Vyskytující se delší dobu se stálou intenzitou.
- občasné – Opakovaný výskyt srážek, mezi jednotlivými srážkovými událostmi jsou pauzy v řádu hodin.
- přeháňky – Vyznačují se nenadálým koncem i začátkem. Vydatnost srážek a oblačnost rychle kolísá. Délka padání srážek je relativně krátká převážně minuty až desítky minut.
- četné – Označení především pro přeháňky opakující se v krátkém časovém úseku (v řádu desítek minut).

7 Charakteristika území

7.1 Vymezení území



Obr. 4: Mapa zájmového území

Sledované objekty se nachází v blízkém okolí letiště Václava Havla, které je největší a nejvíce využívané letiště v České republice. Vrty se z administrativního členění nachází ve 3 různých okresech, Hlavní město Praha, Praha západ a Kladno. Zájmové území bylo vymezeno z hydrologického hlediska pomocí čtyř povodí IV. řádu viz obrázek č. 4. V zájmovém území se do těchto povodí řadí Jenečský potok (VP1728), Litovický potok (PP0906), Dobrovízský potok (PP0427) a Zákolanský potok PP0428). Území je takto vymezené, neboť proudění vody v krajině je vázáno právě na hranice povodí.

Předmětem práce jsou tyto čtyři pozorovací objekty:

- pramen PP0427 Hostouň;
- vrt VP1728 Jeneč;
- pramen PP0428 Středokluky;
- pramen PP0906 Praha-Šárka.

Pozorovací objekt PP0427 se vyskytuje na Jižním okraji obce Hostouň a je vzdálený 0,5 km od Dobrovízského potoka. Jeho nadmořská výška činí 350 m n. m. (ČHMÚ, ©2020b).

Pozorovací objekt PP0906 leží v nadmořské výšce 291 m n. m. (ČHMÚ, ©2020b). Vyskytuje se v městské části Praha 6 v přírodním parku Šárka-Lysolaje a je to jeden z hlavních pramenů v povodí Litovického potoka (Pražská příroda, ©2020).

Pozorovací vrt VP1728 je umístěn 40 m od Jenečského potoka, v jižní části obce Jeneč. Jeho nadmořská výška skýtá 365 m n. m. (ČHMÚ, ©2020b).

Pramen PP0428 se nachází v severní části intravilánu obce Středokluky s nadmořskou výškou 310 m n. m. a se vzdáleností 200 m od Dolanského potoka, který tvoří přítok Zákolanského potoka. Tento pramen je pozorován českým hydrometeorologickým ústavem od roku 1962 (ČHMÚ, ©2020b).

7.2 Využití území

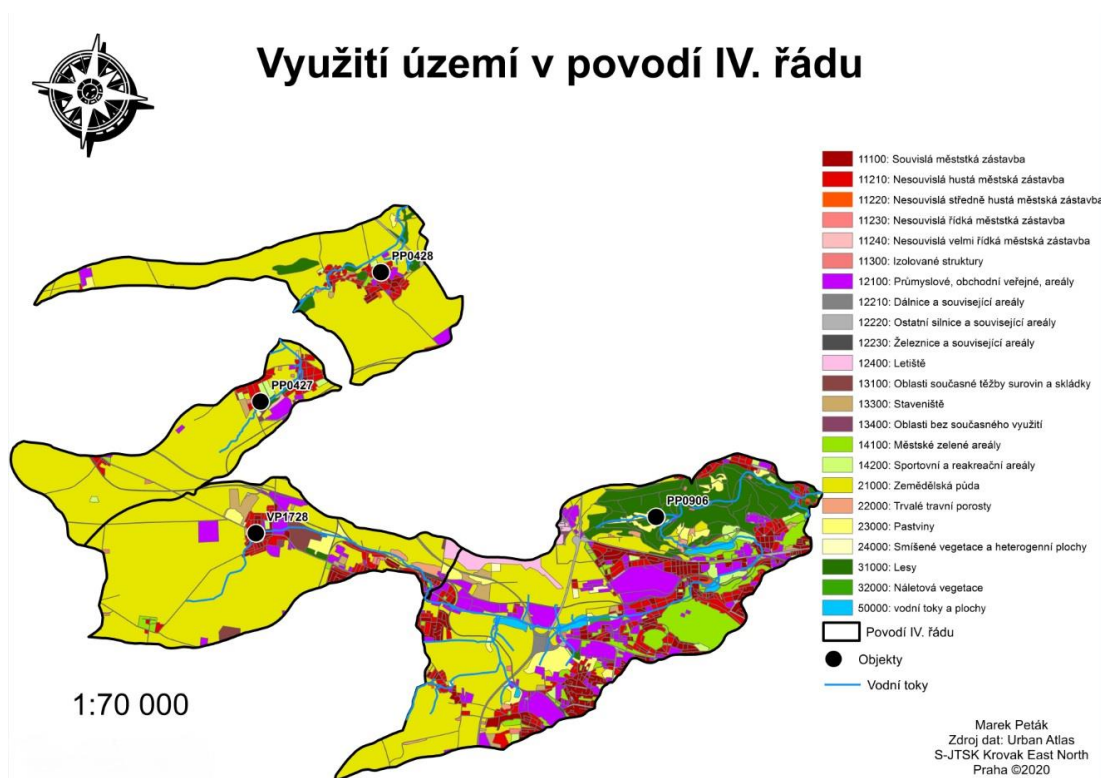
Jedná se o popis momentální a plánované funkce krajiny nebo společensko-hospodářských účelů (průmyslové, obytné, zemědělské) (ČÚZK, ©2020a).

V tomto případě může využití území neboli Land use sloužit také ke zjištění podmínek pro možnou infiltraci vody. Například může poukázat, kde se nacházejí propustné či nepropustné plochy, a jaký tyto plochy mají vliv na stavy hladiny podzemní vody nebo na vydatnosti pramenů ve sledovaných objektech.

Tabulka č. 1 obsahuje procentuální a rozlohové zastoupení ploch nacházejících se ve sledovaném území k roku 2012. Na tomto území s celkovou rozlohou přes 5 478 ha převládá se zastoupením 58 % zemědělská půda. Vodní plochy a toky nezaujímají ani 1 % z celkové rozlohy.

Tab. 1: Využití území v zájmové oblasti

Kód	Využití území	Rozloha [Ha]	Zastoupení [%]
11100	Souvislá městská zástavba	252,379	4,61
11210	Nesouvislá hustá městská zástavba	297,689	5,43
11220	Nesouvislá středně hustá městská zástavba	5,432	0,10
11230	Nesouvislá řídká městská zástavba	6,352	0,12
11240	Nesouvislá velmi řídká městská zástavba	3,115	0,06
11300	Izolované struktury	9,589	0,18
12100	Průmyslové, obchodní, veřejné, vojenské a soukromé areály	425,354	7,76
12210	Dálnice a související areály	32,054	0,59
12220	Ostatní silnice a související areály	193,891	3,54
12230	Železnice a související areály	41,589	0,76
12400	Letiště	50,739	0,93
13100	Oblasti současné těžby surovin a skládky	33,388	0,61
13300	Staveniště	58,485	1,07
13400	Oblasti bez současného využití	5,791	0,11
14100	Městské zelené areály	219,309	4,00
14200	Sportovní a rekreační areály	62,179	1,13
21000	Zemědělská půda	3185,471	58,14
22000	Trvalé travní porosty	23,314	0,43
23000	Pastviny	125,344	2,29
24000	Smíšená vegetace a heterogenní plochy	7,119	0,13
31000	Lesy	401,018	7,32
32000	Náletová vegetace	4,442	0,08
50000	Vodní plochy a toky	34,482	0,63
Celkem		5478,521	100



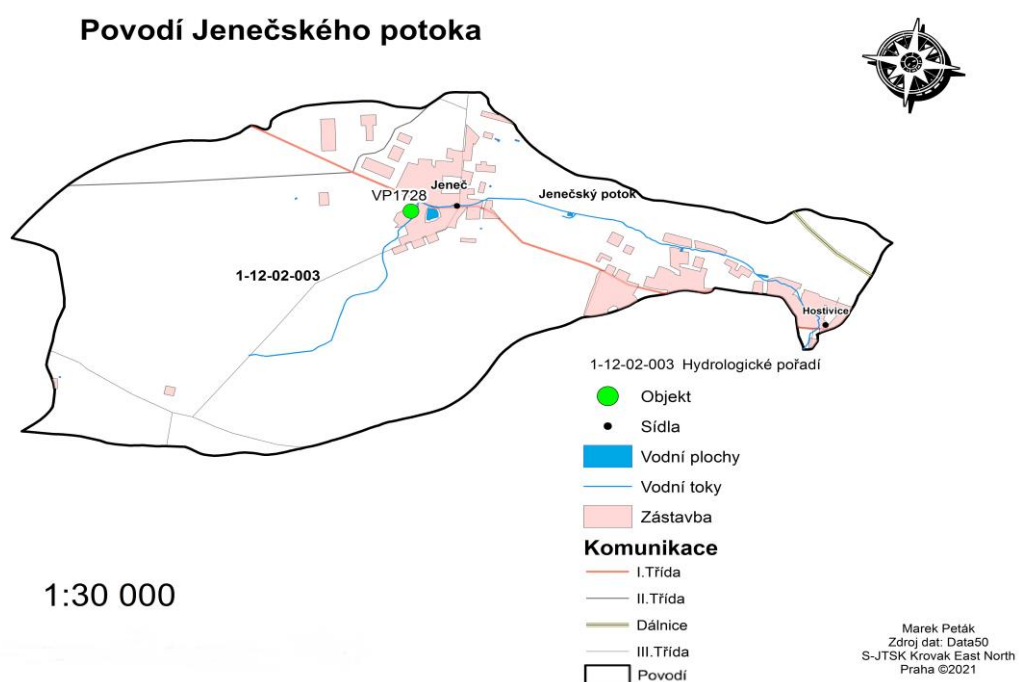
Obr. 5: Mapa využití území v zájmovém území

Obrázek č. 5 obsahuje prostorové rozmístění jednotlivých druhů využití území v zájmové oblasti. Všechny pozorovací objekty se nachází v blízkosti vodních toků. Vyjma PP0906, se zbývající pozorovací objekty nalézají v bezprostřední blízkosti městské zástavby, či průmyslové zóny a ve zbytku území převládá zastoupení zemědělské půdy. Na území povodí objektu PP0906 se v jeho přímé blízkosti nachází lesy a smíšená vegetace. Zbývající část území je tvořena různými typy ploch, zejména tedy městskou zástavbou, průmyslovou zónou a zemědělskou půdou.

7.3 Hydrologická charakteristika

Sledované území spadá do působnosti hlavního povodí Labe, jehož úmořím je Severní moře. Toto sledované území náleží do dílčího povodí Dolní Vltava, což je svojí plochou 7266,7 km² nejmenší z 5 dílčích povodí Labe. Výše zmíněné povodí se skládá z dalších 8 povodí III. řádu. Ve sledovaném území je obsaženo právě povodí III. řádu, jehož název je Vltava od Rokytky po ústí. Poslední rozdělení pro studovanou oblast je na povodí IV. řádu, kde se nachází 4 vybraná povodí (Jenečský potok, Litovický potok, Dobrovízský potok, Zákolanský potok) udávající hranice sledovaného území (eAGRI, ©2020).

7.3.1 Povodí Jenečského potoka

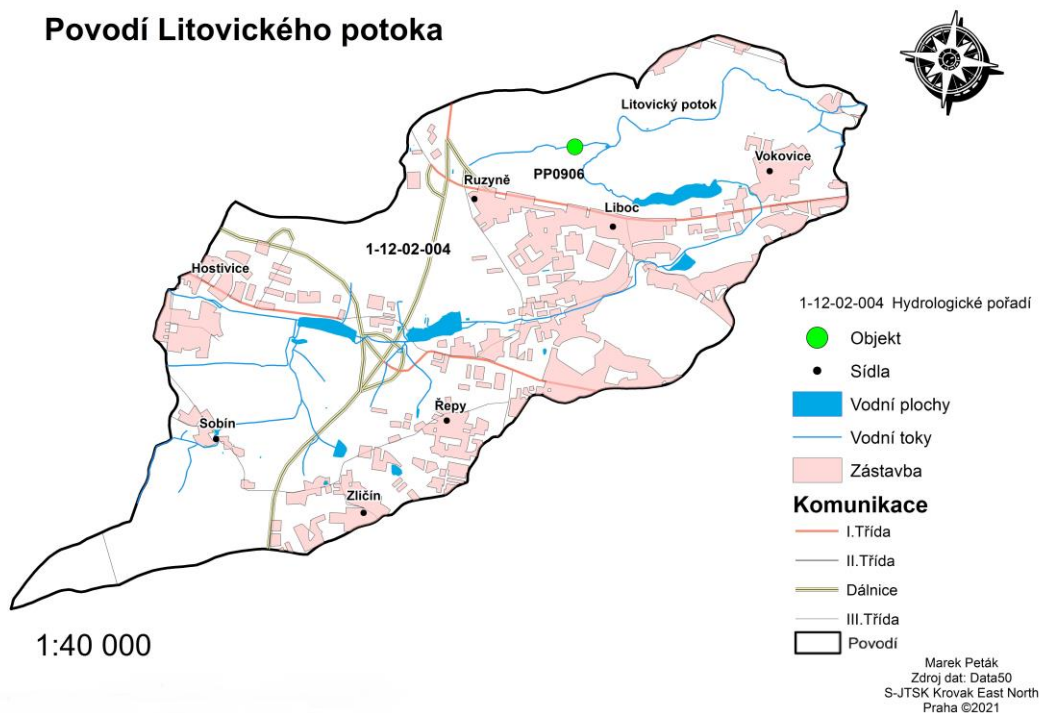


Obr. 6: Mapa povodí Jenečského potoka

Prameniště Jenečského potoka se nachází v jihozápadní části obce Jeneč a v centru města Hostivice ústí do Litovického potoka (Just, ©2021). Celková plocha tohoto povodí je 13 km².

7.3.2 Povodí Litovického potoka

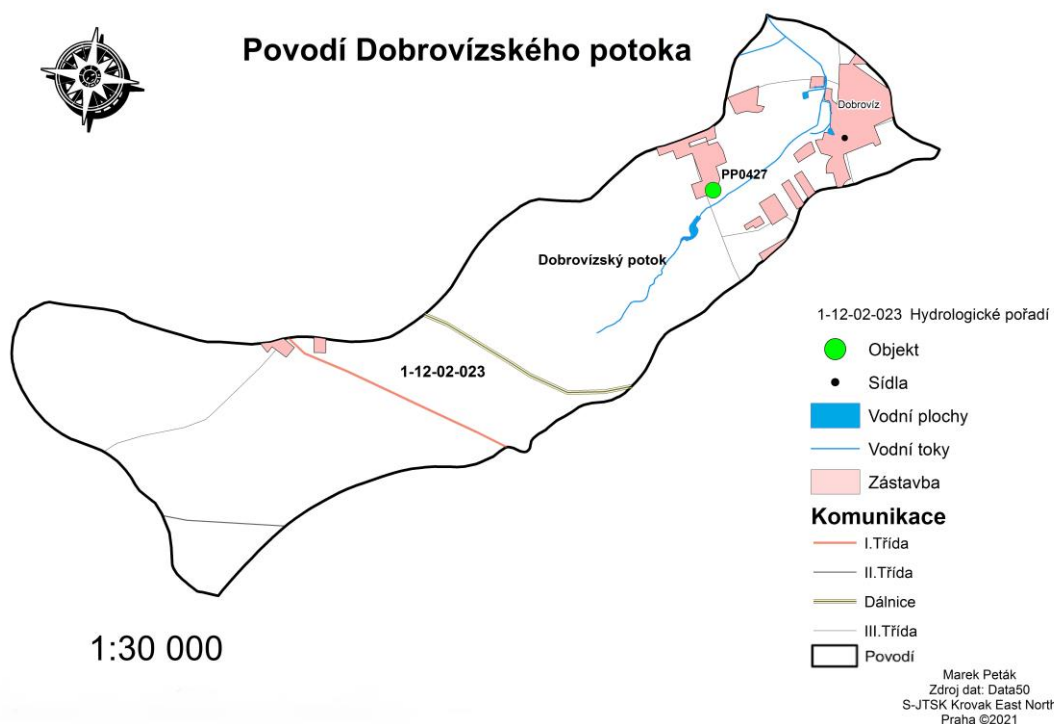
Povodí Litovického potoka



Obr. 7: Mapa povodí Litovického potoka

Litovický potok pramení u obce Chýně, která se nachází v západní části Středočeského kraje a ústí do Vltavy v Praze-Sedlci. Průměrný průtok u ústí potoka je 0,14 m³/s. Celková délka Litovického potoka po jeho následném spojení se Šáreckým potokem činí 19,5 km a celková plocha tohoto povodí skýtá 25 km² (Pražská příroda, ©2021).

7.3.3 Povodí Dobrovízského potoka

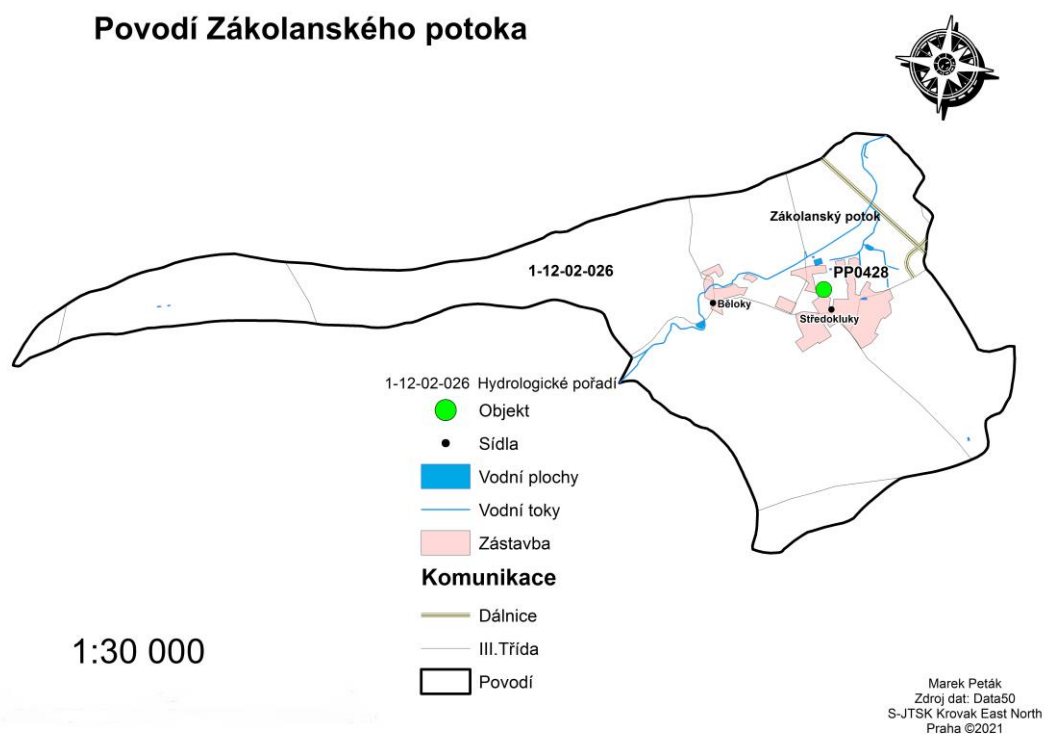


Obr. 8: Mapa povodí Dobrovízského potoka

Dobrovízský potok pramení v polní trati mezi Pavlovem a Hostouní a na jeho konci se vlévá do Zákolanského potoka. V území tohoto povodí se vyskytují puklinové podzemní vody s velmi malou vydatností. Tento potok se řadí mezi vodní toky dešťovo-sněhové (Viták, ©2017). Celková plocha tohoto povodí činí 7 km².

7.3.4 Povodí Zákolanského potoka

Povodí Zákolanského potoka



Obr. 9: Mapa povodí Zákolanského potoka

Prameniště Zákolanského potoka se vyskytuje jihovýchodně od Kladna u pleteného Újezdu a ústí do Vltavy v Kralupech nad Vltavou. Délka tohoto toku činí 28 km a celková rozloha povodí je 9 km². Průměrný průtok u ústí toku činí 0,63 m³/s (Dvořáková, 2012).

7.4 Půdní charakteristika

Na ploše zájmového území se vyskytují všechny tyto níže uvedené typy půd:

Povodí Jenečského potoka:

- hnědozem – modální, pelická;
- černozem – luvická;
- kambizem – modální, vyluhovaná.

Povodí Litovického potoka:

- kambizem – modální, vyluhovaná;
- hnědozem – modální;
- černozem – černická;
- antropozem – urbánní.

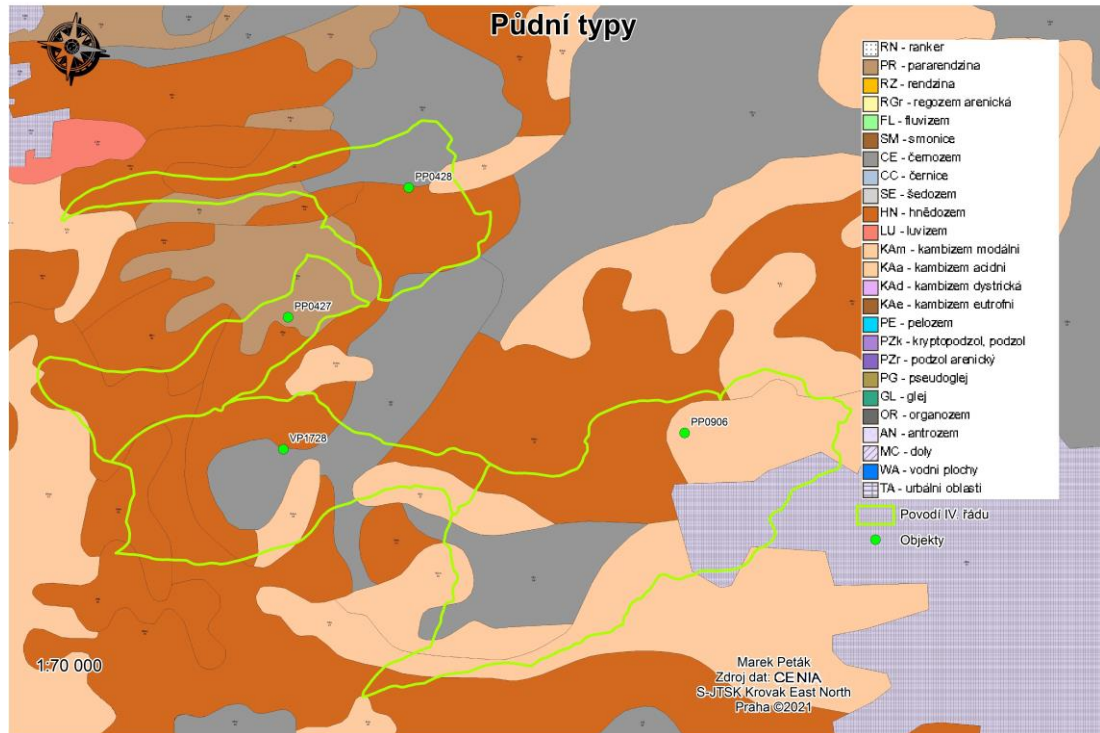
Povodí Dobrovízského potoka:

- pararendzina – modální;
- hnědozem – pelická, modální.

Povodí Zákolanského potoka:

- černozem – modální, luvická;
- hnědozem – pelická, modální;
- kambizem – vyluhovaná;
- pararendzina – kambická.

Bližší popis o rozložení těchto půdních typů v zájmovém území obsahuje obrázek č. 10.



Obr. 10: Mapa půdních typů v zájmovém území

Hnědozemě jsou půdy, které vznikaly zejména ze spraší prachovic a polygenických hlín na rovinatém nebo mírně vlnitém reliéfu a obsahují poměrně nízký obsah humusu (1,8 %) (UHUL, ©2021). Obsah půdní vody se ve svrchní části pohybuje v rozmezí od tzv. bodu vadnutí (vlhkost, při které jsou rostliny vystaveny trvalému nedostatku vody a tím pak vadnou) až po polní vodní kapacitu (maximální množství vody, kterou je půda schopna udržet vlastními silami) (MENDELU, ©2021). Subtyp hnědozem modální má střední zrnitost a je tvořená ze spraší, prachovic či polygenických hlín. Hnědozem pelická je vytvořená z těžších substrátů (UHUL, ©2021). Tento půdní typ se nachází na území všech čtyř povodí.

Černozem je hlubokohumózní půda vzniklá ze spraší, písčitych spraší a slínu zejména v sušších oblastech. Obsah humusu se pohybuje v rozmezí 2 až 4,5 %. Patří mezi nejúrodnější půdy a v období suchých epizod trpí na nedostatek vláhy. Subtyp černozem modální je tvořená zejména ze spraší s kalcickým horizontem (UHUL,

©2021; Sněhota et Šanda, ©2021). Černozem luvická obsahuje luvický šedý horizont, který je tvořený černohnědými povlaky (Vokoun et al. 2002). V černozech černické se vyskytují redoximorfni znaky (mramorování) objevující se do hloubky 0,6 m (UHUL, ©2021). Tento půdní typ se nevyskytuje pouze na území povodí Dobrovízského potoka.

Kambizem je nejrozšířenějším půdním typem v České republice a nachází se v mnoha klimatických oblastech. Vzniká z velkého množství různých substrátů, v tom důsledku jsou velmi rozdílné její fyzikální, biologické či chemické vlastnosti a tím i výsledná kvalita půdy. Výskyt modálního subtypu kambizemě je charakteristický pro nižší polohy vrchovin a vzniká ze středně těžkých a lehčích středních substrátů. Kambizem vyluhovaná se vyvinula na karbonátových horninách (UHUL, ©2021; Sněhota et Šanda, ©2021). Kambizem zasahuje do povodí Zákolanského, Litovického a Jenečského potoka.

Antropozem je půdním typem, vytvořený člověkem především ze substrátů získaných z těžební a stavební činnosti. Vlastnosti půd jsou udávány původním materiálem a způsobem jakým se na sebe vrství nebo mísí, dále pak dle toho, jakým způsobem se usměřňuje proces pedogeneze. Subtyp urbánní antropozem je tvořený především ze stavebních materiálů (UHUL, ©2021). Antropozem se vyskytuje pouze v povodí Litovického potoka, a to v jeho jihovýchodní části.

Pararendzina jsou skeletovité půdy vzniklé z karbonátosilikátových zpevněných hornin (opuka, vápenec). Patří do referenční třídy leptosolů, které se vyznačují nízkým stupněm vývoje půdního profilu a malou mocností. Schopnost zadržovat půdní vláhu je zde vyšší než v případě rendzin. Subtyp pararendzina modální obsahuje karbonáty v celém profilu, u pararendziny kambické se do 0,3 m od povrchu vyskytuje kambický horizont částečně obohacený o karbonáty s hnědým zbarvením (UHUL, ©2021; MENDELU, ©2021). Pararendzina se nachází na území Zákolanského a Dobrovízského potoka.

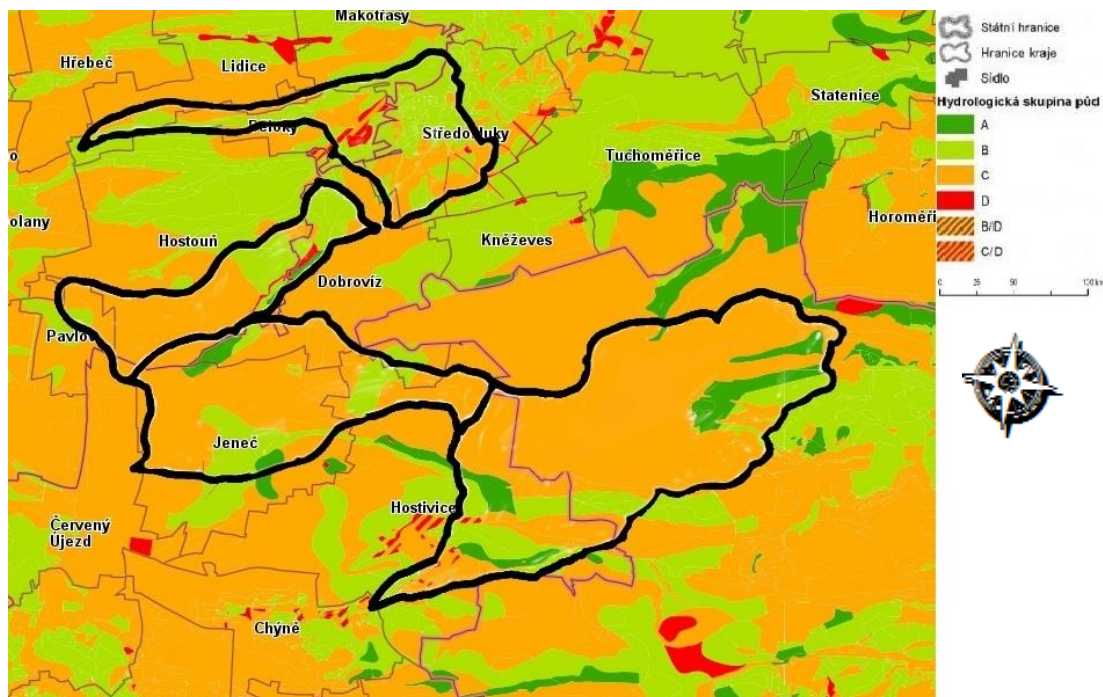
Hydrologické skupiny půd rozdělují hydrologické vlastnosti půdy do 4 skupin (A, B, C, D) podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu viz tabulka č. 2.

Jedná se tedy o schopnost půdy propouštět vodu. Ideální rychlost infiltrace je střední až vysoká, při těchto rychlostech dochází k minimalizaci povrchového odtoku a nízkému ohrožení vodní erozí. Extrémně vysoká rychlost infiltrace není vhodná, neboť dochází k rychlému vyplavování živin a polutantů do nižších vrstev a do

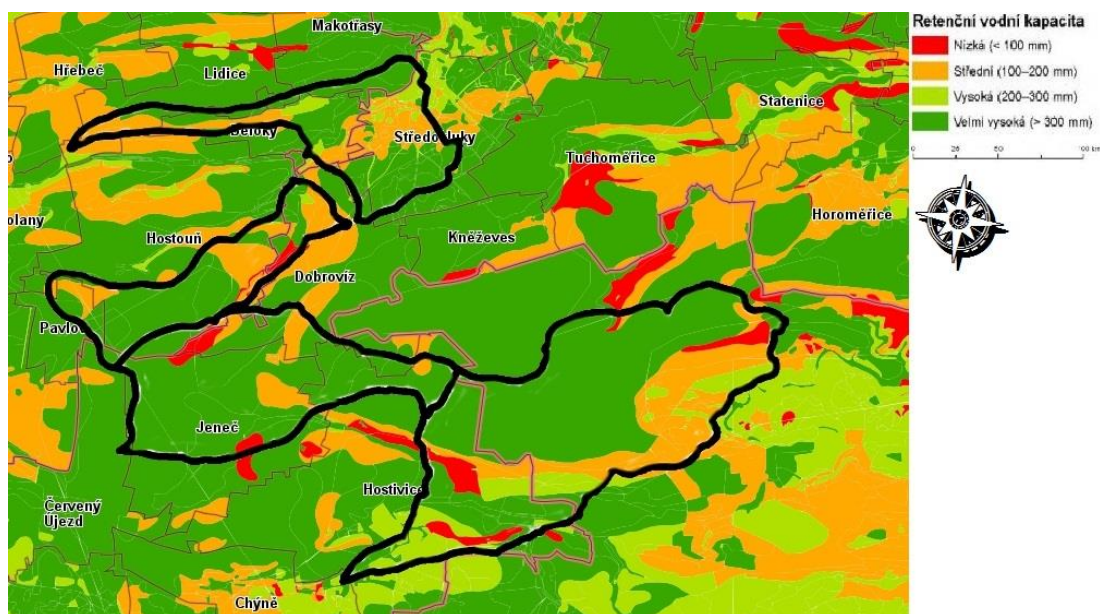
podzemní vody (VUMOP, ©2020a). S výjimkou povodí Zákolanského potoka, kde převyšuje výskyt půd se střední rychlostí infiltrace, se v zájmovém území nejčastěji nachází půdy s nízkou rychlostí infiltrace. Bližší popis rozmístění jednotlivých hydrologických skupin v celém zájmovém území popisuje obrázek č. 11.

Tab. 2: Rozdělení hydrologických skupin půd (VUMOP, ©2020a)

Hydrologická skupina	Charakteristika	Rychlost infiltrace
A	Vysoká rychlost infiltrace půd i při úplném nasycení, patří sem hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a šterky.	> 0,20 mm/min
B	Střední rychlosti infiltrace půd i při úplném nasycení, patří sem středně hluboké až hluboké půdy, hlinitopísčité až jílovitohlinité.	0,10 – 0,20 mm/min
C	Nízká rychlost infiltrace půd i při úplném nasycení, patří sem půdy jílovitohlinité až jílovité.	0,05 – 0,10 mm/min
D	Velmi nízká rychlost infiltrace i při úplném nasycení, patří sem půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, mělké půdy nad téměř nepropustným podložím, jíly s vysokou bobtnavostí.	< 0,05 mm/min



Obr. 11: Mapa hydrologických skupin půd v zájmovém území (Vumop, ©2020b)



Obr. 12: Mapa retenční vodní kapacity půd v zájmovém území (Vumop, ©2020b)

Retenční vodní kapacita obsahuje informace o tom, jaké množství vody je půda schopna při ideálních podmínkách zadržet (VUMOP, ©2020a). V oblasti všech čtyř povodí se vyskytují půdy převážně s velmi vysokou retenční kapacitou. Přesné rozložení těchto retenčních kapacit je zobrazeno na obrázku č. 12.

Tab. 3: Výčet hornin vyskytujících se v jednotlivých povodích IV. řádu

Povodí	Hornina
Dobrovízský potok	písčité slínovce až jílovec, opuka, spraš a sprašová hlína, silicity, nivní sediment, deluvieolický sediment, křemenné a jílovité pískovce
Litovický potok	droby, prachovce, břidlice, písek, štěrk, bazalty a pyroklastika, železné rudy, jílovité břidlice, křemenný pískovec, jílovec, opuky, písčité slínovce, křemenné a jílovité pískovce, nivní sediment, silicity
Jenečský potok	navážka, deluvieolický sediment, spraš a sprašová hlína, nivní sediment, písčité slínovce až jílovec, fylitické droby a břidlice, křemenné a jílovité pískovce
Zákolanský potok	písčité slínovce až jílovec, opuka, spraš a sprašová hlína, silicity, hlinitokamenitý sediment, fylitické droby a břidlice, nivní sediment, deluvieolický sediment, vápenec

7.6 Geomorfologická charakteristika



Obr. 14: Geomorfologická mapa záměstí

Dle obrázku č. 14 patří všechny čtyři povodí do podsoustavy Pražská plošina. Dále spadají do Kladenské tabule, což je severozápadní podcelek Pražské plošiny. Oblast Kladenské tabule se člení na další čtyři okrsky, jedním z nich je Hostivická tabule, pod kterou spadá celé záměstí.

Pražská plošina je částí celku Brdské oblasti, formují ji mírně ukloněné až zarovnané povrchy, složené ze zvrásněných hornin paleozoika a proterozoika, z nichž vyrůstají horniny jako silicity, bazalty, křemence nebo vápence. Na takovém podkladu jsou pak uloženy terasy mioceních a kvartérních štěrků či písků (Dufek, 2011).

Hostivická tabule je území se souvislým rozšířením svrchnokřídových hornin, které jsou charakteristické rozsáhlými zarovnanými povrchy. V oblasti mezi Veleslavínem a Letnou se vyskytuje odkryté křídové podloží z ordovických hornin. Údolí středního a dolního toku Šáreckého potoka vzniklo pomocí procesu epigeneze (Dufek, 2011).

7.7 Klimatické podmínky

Quitt (1971) vytvořil pro Českou republiku 3 hlavní klimatické oblasti (teplá, mírně teplá, chladná). Tyto oblasti jsou dále děleny na základě 14 specifických klimatologických charakteristik na celkem 23 jednotek.

Podle této klimatické regionalizace zasahuje do zájmového území teplá klimatická oblast s označením podoblasti T2. Tato podoblast je charakteristická krátkým jarem, které je teplé až mírně teplé, dlouhým a suchým létem, relativně krátkým podzimem a krátkou suchou až velmi suchou zimou. Podrobnější charakteristika je obsažena v tabulce č. 4.

Tab. 4: Klimatická charakteristika oblasti T2 (Quitt, 1971)

Klimatická charakteristika teplé oblasti	T2
Počet letních dní	50–60
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	160–170
Počet dní s mrazem	100–110
Počet ledových dní	30–40
Prům. lednová teplota	–2 až –3 °C
Prům. červencová teplota	18–19 °C
Prům. dubnová teplota	8–9 °C
Prům. říjnová teplota	7–9 °C
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	90–100 mm
Suma srážek ve vegetačním období	350–400 mm
Suma srážek v zimním období	200–300 mm
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40–50
Počet zatažených dní	120–140
Počet jasných dní	40–50

8 Metodika

Pro komplexní posouzení vlivu suchých epizod na stav hladiny podzemní vody v oblasti Praha-Ruzyně byla hodnocena dostupná data z jednotlivých pozorovacích objektů (VP1728, PP0906 [denní a týdenní záznamy], PP0427, PP0428). Konkrétně se jedná o data vydatností jednotlivých pramenů a stavu hladiny podzemní vody. Potřebná data byla poskytnuta od vedoucího oddělení podzemních vod Českého hydrometeorologického ústavu pana Ing. Martina Zrzávceckého. Dále byla použita veřejně dostupná data o srážkových úhrnech a průměrných teplotách z meteorologické stanice Praha-Ruzyně.

Pro statistické vyhodnocení dat formou histogramu bylo nutné roztřídit data o vydatnostech pramenů a stavu hladiny podzemní vody pomocí analytického nástroje „popisná statistika“ v MS (Microsoft) Excel, který z údajů o vydatnosti nebo stavu hladiny podzemní vody vytvořil analytickou tabulku, která mimo jiné obsahovala údaje o minimální a maximální hodnotě. Tyto dvě hodnoty byly rozděleny do 20 tříd se stejným intervalem rozestupu a k jednotlivým intervalům se poté pomocí analytického nástroje „histogram“ v MS Excel určila četnost jejich opakování, z těchto údajů byl následně vytvořen graf.

Analytický nástroj „popisná statistika“ byl také použit v případě vyhodnocení srážkových údajů. Byly tak vytvořeny dvě analytické tabulky, kdy první z nich byla vytvořena pro celé časové období, ve kterém existovala dostupná data o srážkových úhrnech dané meteorologické stanice. Druhá tabulka byla vytvořena vždy pro časové období, které bylo dostupné u jednotlivých zájmových objektů.

Graf zobrazující kolísání vydatnosti pramenů či hladiny podzemní vody v čase byl vytvořen pomocí funkce bodového grafu v MS Excel. Na osu y byla vynesena data o vydatnosti nebo hladině podzemní vody a na osu x bylo zobrazeno datum v týdenním nebo denním rozmezí v závislosti na dostupnosti dat z jednotlivých objektů. Poté byla vynesena v grafu druhá datová řada, do níž byla vsazena agregovaná data o vydatnosti pramenů či hladině podzemní vody v ročních průměrech pro vyloučení extrémních krátkodobých výkyvů.

K vytvoření grafu vykazující srážkové úhrny v průběhu několika desítek let bylo třeba vytvořit bodový graf v MS Excel s denními teplotami na ose y a s časovými údaji na ose x. Druhá datová řada tohoto grafu byla vytvořena jako roční agregace klouzavých sum srážkových údajů.

Dále byly z údajů o srážkách a z dat o vydatnosti pramenů či hladiny podzemní vody jednotlivých objektů vypočteny kvantily (99%, 95%, 75%, 25%, 5%, 1%) za použití funkce „percentil“.

Mapový výstup akumulace povrchového odtoku byl vypracován za účelem vykreslení údolnic, díky kterým lze vyčíst způsob soustředování odtoku vody na území povodí. Výstup byl vytvořen v aplikaci Esri ArcMap následujícím způsobem. Jako podklad byl použit digitální model reliéfu poskytnutý z WMS služby ČÚZK, který se nastavil tak, aby zobrazoval nadmořské výšky (ČÚZK, ©2020b). Poté se pomocí funkce „Extract by Mask“ vyřízla zájmová lokalita a pro hydrologickou analýzu se na zájmové území postupně aplikovaly funkce Fill, Flow Direction a Flow Accumulation. Mapový výstup využití území byl vytvořen v aplikaci Esri ArcMap pomocí dat z Urban Atlasu 2012, jež byla upravena dle Geletiče (Copernicus Land Monitoring Service, ©2020; Geletič, 2019). Mapa zobrazující půdní typy byla vytvořena na podkladě dat z Národního geoportálu (INSPIRE, ©2020). Pro vytvoření zbývajících mapových výstupů v aplikaci Esri ArcMap (obr. 4, 6, 7, 8, 9, 14), byla použita data z Digitální báze vodohospodářských dat a z Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK, ©2020b; VÚV, ©2020).

Pro zjištění míry závislosti mezi úhrnem srážek a stavem hladiny podzemní vody (vydatností pramene) bylo potřeba vytvořit regresi dat za použití bodových grafů. Jelikož srážková voda vstupuje do podzemní vody s určitým zpožděním, bylo třeba vytvořit grafy s časovým posunem. Tento posun byl zvolen po jednom týdnu až do konečných 12 týdnů. K vytvoření grafů bylo třeba agregovat srážkové úhrny a stavy hladiny podzemní vody či vydatnosti pramenů do týdenních hodnot. Následně se v bodovém grafu na osu x vynesly týdenní úhrny srážek a na osu y týdenní vydatnosti pramenů (hladiny podzemní vody), tento postup se opakoval s týdenním posunem osy x oproti ose y až do konečných 12 týdnů.

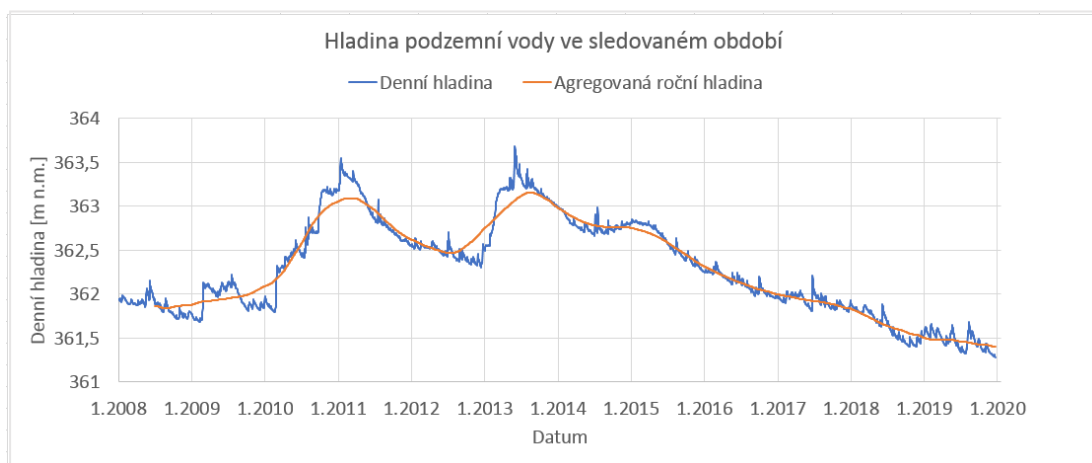
Dále se ke každému týdennímu posunu vypočetl korelační koeficient za použití funkce „correl“ v MS Excel, jehož výsledek udává vzájemnou závislost množství srážek na stav hladiny podzemní vody, čím vyšší hodnota vyšla, tím větší je mezi těmito veličinami spojitost. Na závěr se z těchto hodnot vytvořil graf korelační funkce, kde na osu y byl dosazen výsledek jednotlivých korelací a na osu x byl vynesena časový posun.

P-T index hodnotící míru sucha byl pro zájmovou lokalitu vybrán pro jeho nenáročnost na vstupní data a jednoduchost samotného výpočtu. Index byl vyhodnocen pro týdenní, dvoutýdenní a čtyřtýdenní intervaly v celém dostupném období. Pro jeho vypočtení bylo tedy potřeba agregovat srážky a teploty do výše uvedených intervalů. Následně se za použití filtru vyřadila období vykazující záporné hodnoty teplot, pro které není tento index zformulován. Samotný P-T index se poté vypočetl jako podíl již upravených srážek a průměrných teplot. Výsledkem tohoto indexu bylo číslo vyjadřující úhrn srážek na jeden stupeň průměrné teploty v daném hodnoceném období. Z těchto výsledků se použitím funkce „percentil“ vypočítaly 25%, 15% a 5% kvantily. Kvantily se počítaly jakožto určité mezní hodnoty, dle nichž lze také srovnat výsledné hodnoty indexu s referenčními výsledky studie vytvořené na půdě České zemědělské univerzity v Praze. Závěrečný graf zobrazující výskyty jednotlivých rizikových kvantilů v průběhu sledovaného období byl vytvořen v programu MS Excel, kde na osu y byla vynesena hodnota dvoutýdenních agregací P-T indexu a na osu x bylo zobrazeno datum.

9 Výsledky

V této kapitole se nachází zhodnocení výsledků pozorovacích objektů VP1728, PP0427, PP0906, PP0428 v podobě grafů, tabulek, či dalších výstupů a jejich následné okomentování.

9.1 Vrt VP1728 Jeneč



Obr. 15: Graf hladiny podzemní vody ve sledovaném období vrtu VP1728



Obr. 16: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období vrtu VP1728

Mezi srážkovými úhrny a hladinou podzemní vody se předpokládá určitá spojitost, ta ale jak lze vyčíst z grafů na obrázcích č. 15 a 16 v případě vrtu VP1728 příliš neplatí.

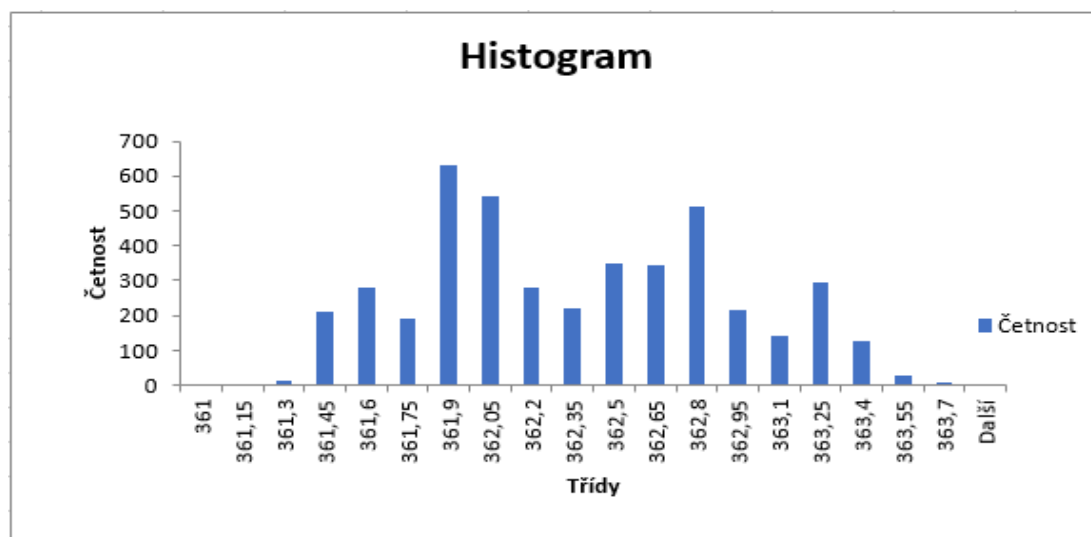
Lze to zpozorovat přibližně na konci roku 2013, kdy obrázek č. 15 zobrazuje výrazný lineární pokles hladiny podzemní vody až do konce sledovaného období, ale v případě obrázku č. 16, který zobrazuje vývoj srážek, došlo v tomto období jen k mírnému poklesu s určitými výkyvy srážkových úhrnů (například v roce 2015), nikoli ale v takové míře. Dále je to patrné na začátku sledovaného období vrtu, kdy

v této době zobrazuje obrázek č. 16 vyrovnaný vývoj srážkových úhrnů, ale zároveň dle obrázku č. 15 docházelo v tom samém období k nárůstu stavu hladiny podzemní vody.

Tab. 5: Kvantily denních srážkových úhrnů za sledované období VP1728

Kvantil [%]	Denní úhrny [mm]
99	18,7
95	7,8
75	0,8
25	0
5	0
1	0

Tabulka č. 5 obsahuje informace o tom, v jaké intenzitě se za sledované období ve vrtu VP1728 vyskytovaly srážkové úhrny. V 99 % případů nepřesáhly denní úhrny srážek 18,7 mm a v 75 % případů nebyly denní úhrny vyšší než 0,8 mm.

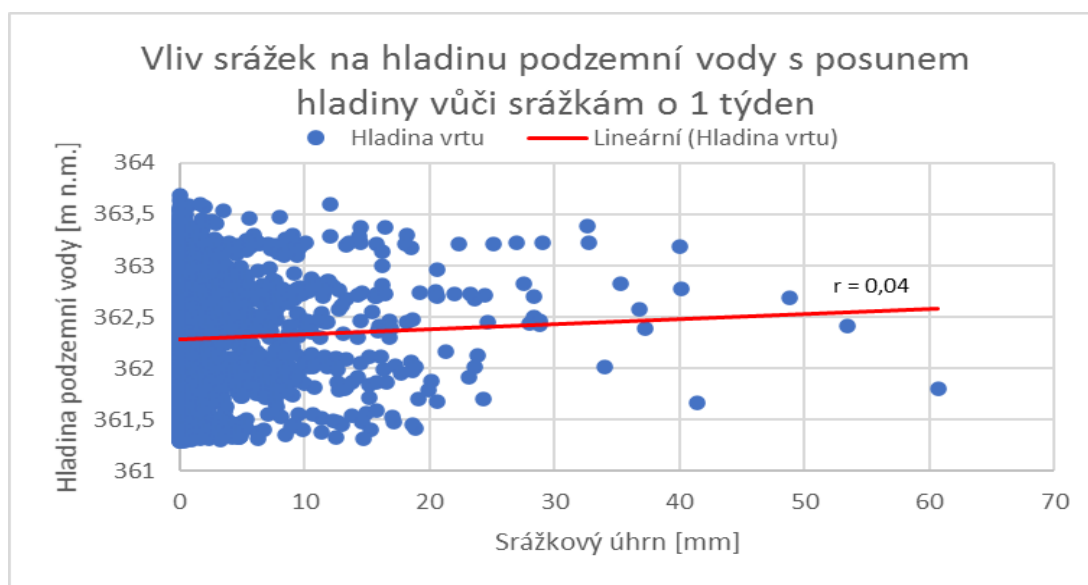


Obr. 17: Histogram úrovně hladiny podzemní vody vrtu VP1728 v m n. m.

Obrázek č. 17 je histogram zobrazující četnost zaznamenaných stavů hladiny podzemní vody za sledované období ve vrtu VP1728. Nejvíce zaznamenávaná hodnota byla se stavem hladiny v intervalu 361,76 až 361,9 m n. m. s četností téměř 650 záznamů. Nejčastěji se hodnoty pohybovaly v intervalech mezi 361,76 až 362,05 m n. m. a 362,36 až 362,8 m n. m. Četnost výskytu velmi nízkých nebo nadprůměrně vysokých hladin podzemní vody byla za celé sledované období minimální. Dle tabulky č. 6 se v 99 % případů vyskytovala ve zkoumaném vrtu hladina nižší než 363,37 m n. m. a pouze v 1 % případů byla ve vrtu naměřena hladina menší než 361,34 m n. m.

Tab. 6: Kvantily hladiny podzemní vody ve vrtu VP1728

Kvantil [%]	Hladina [m n.m.]
99	363,3718
95	363,21
75	362,73
25	361,86
5	361,45
1	361,34



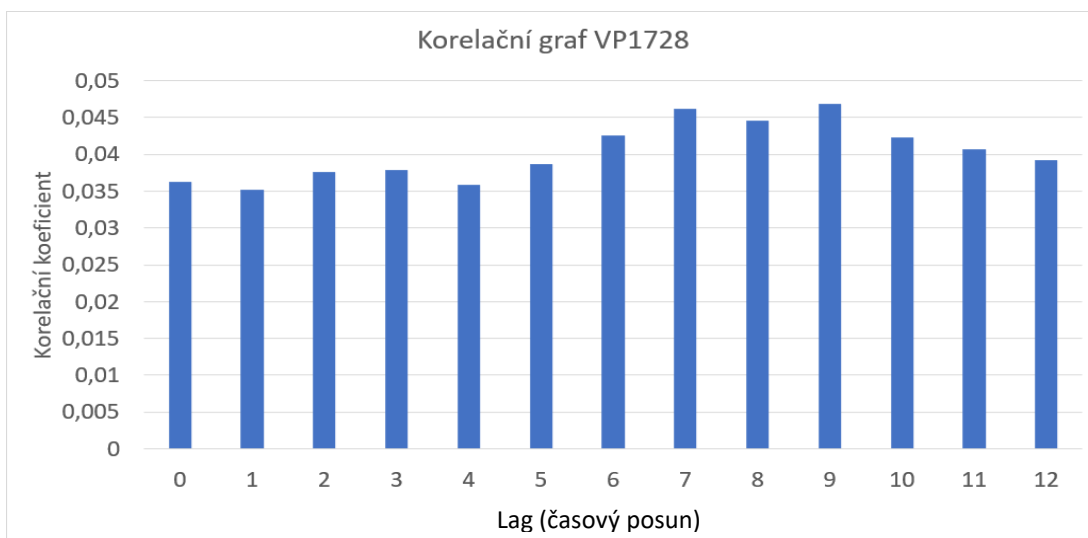
Obr. 18: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 pro posun o 1 týden

Z důvodu určitého zpoždění doby dotoku srážkové vody půdou do vrtu byly vytvořeny grafy, které toto zpoždění reflektují a zobrazují tak vzájemnou spojitost mezi úrovní hladiny podzemní vody a úhrnem srážek v časových posunech (Lag) rovných násobkům týdnů. Pro demonstraci výsledků jsou vloženy pouze grafy s týdenním a 12týdenním posunem. V prvním týdnu je dle grafu na obrázku č. 18 hodnota Pearsonova korelačního koeficientu pouze 0,035. Tento výsledek značí prakticky nulový vliv úhrnu srážek na stav hladiny podzemní vody.



Obr. 19: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 pro posun o 12 týdnů

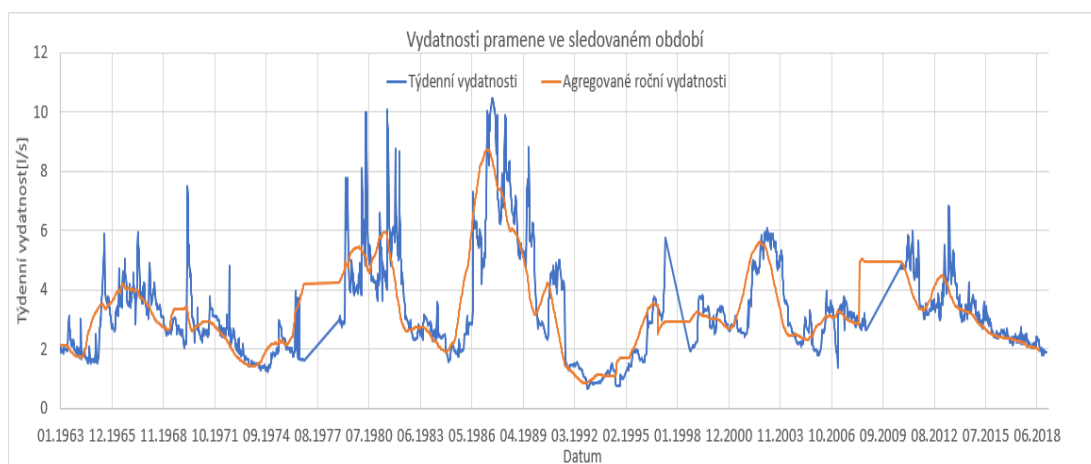
Dle obrázku č. 19 je v posledním měřeném týdnu hodnota Pearsonova korelačního koeficientu 0,039, což představuje minimální rozdíl oproti prvnímu týdnu a vliv úhrnu srážek na hladinu podzemní vody je zde opět zanedbatelný.



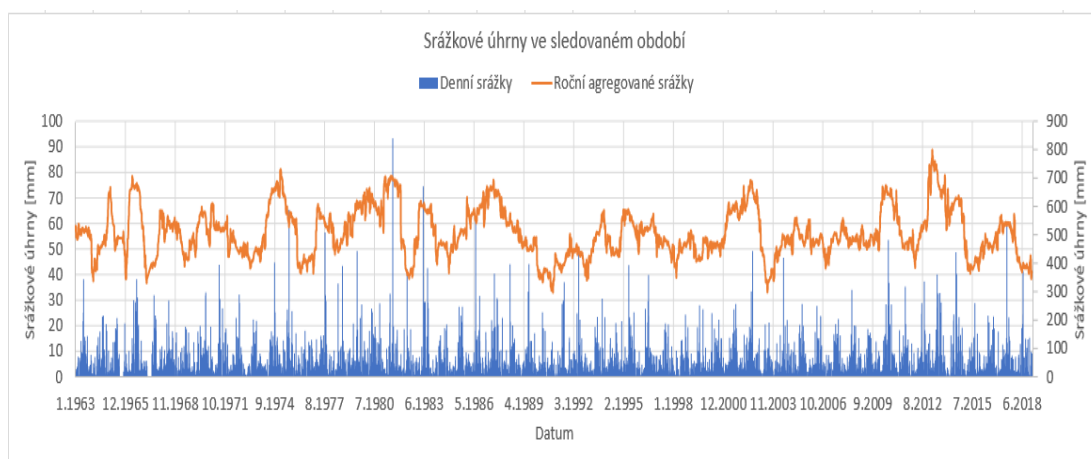
Obr. 20: Graf korelačních koeficientů ve vrtu VP1728 pro n -týdenní posuny srážek a hladin podzemní vody

Obrázek č. 20 znázorňuje výsledky korelačních koeficientů s posuny o jeden až 12 týdnů. Výsledky poukazují na fakt, že s žádným časovým odstupem se neprokázal statisticky významný vliv mezi úhrnem srážek a vývojem hladiny podzemní vody ve vrtu VP1728. Nejvyšší korelace byla zaznamenána pro devítitýdenní časový odstup mezi srážkami a hladinou podzemní vody, a to s hodnotou korelačního koeficientu 0,047, tudíž v tomto vrtu není prokazatelný vliv úhrnu srážek na stavy hladiny podzemní vody.

9.2 Pramen PP0427 Hostouň



Obr. 21: Graf vydatnosti pramen PP4027 ve sledovaném období



Obr. 22: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP0427

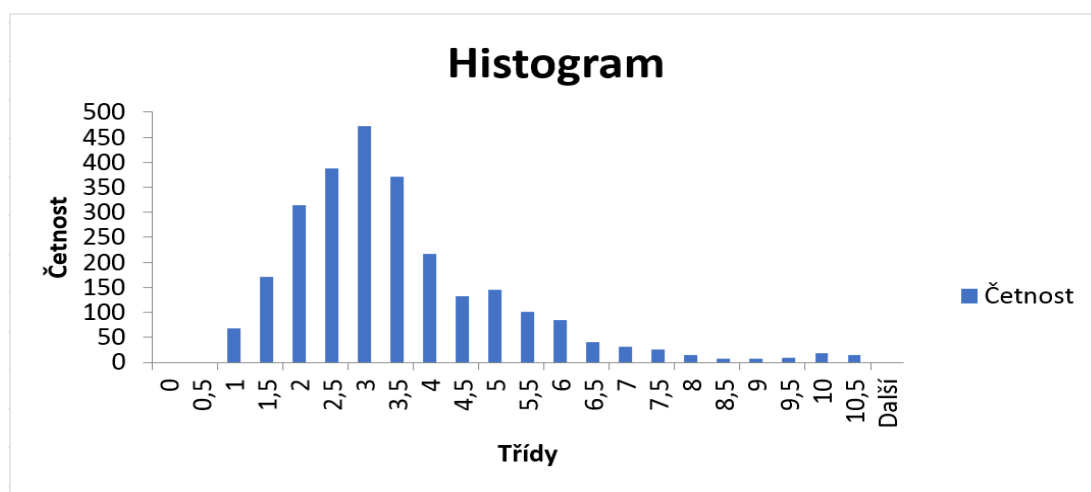
Obrázek č. 21 zobrazuje graf kolísání vydatností Hostouňského pramene od roku 1963 do konce roku 2018. Je patrné, že hodnoty vydatností v posledním desetiletí vykazují klesající trend nicméně jsou srovnatelné s těmi na počátku měření. Při srovnání se srážkovým grafem na obrázku č. 22 je zřejmé, že úhrny srážek v těchto posledních deseti letech příliš nekorrespondují s vydatnostmi na obrázku č. 21.

Nejvyšší hodnoty vydatností byly dle obrázku č. 21 zaznamenány okolo roku 1985, při srovnání s hodnotami srážek ve stejném období, lze pozorovat nárůst úhrnů srážek nicméně ten nebyl v takové míře jako nárůst vydatností.

Tab. 7: Kvantily denních srážkových úhrnů ve sledovaném období pramene PP0427

Kvantil [%]	Denní úhrny [mm]
99	18,7
95	7,5
75	1
25	0
5	0
1	0

Tabulka č. 7 obsahuje srovnatelné hodnoty jako v případě vrtu VP1728. V 75 % nebyly denní srážkové úhrny vyšší než 7,5 mm a v 25 % případů byly denní srážkové úhrny nulové.

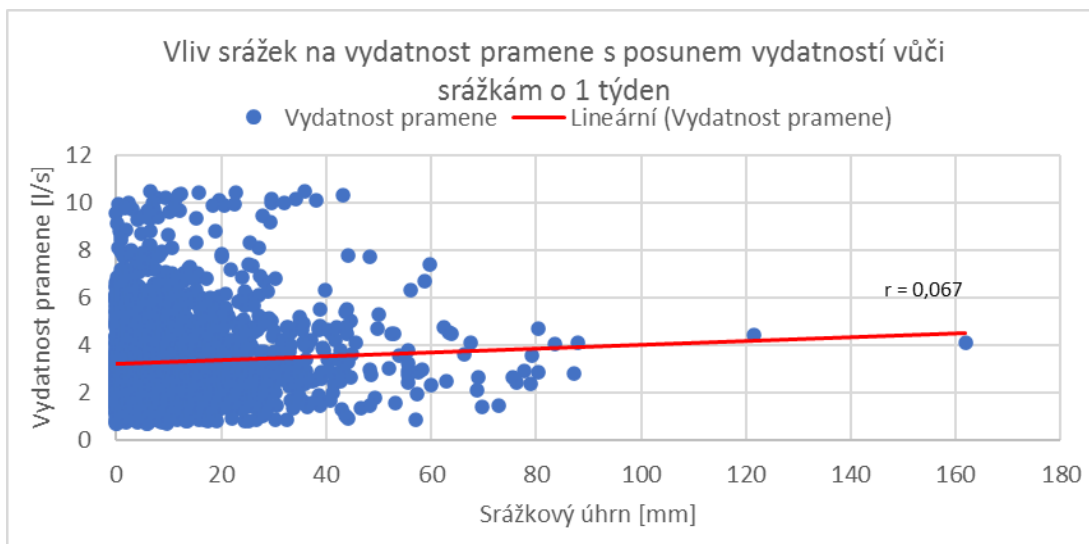


Obr. 23: Histogram vydatnosti pramene PP0427

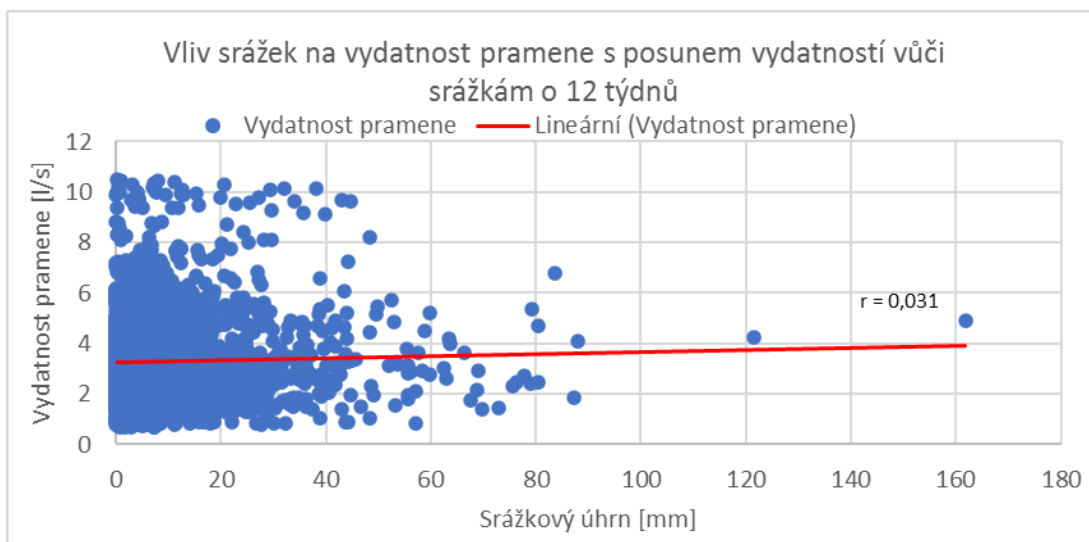
Obrázek č. 23 zobrazuje četnost týdenních vydatností naměřených ve sledovaném období. Nejčastěji zaznamenávané hodnoty byly s téměř 500 záznamy v intervalu 2,5 až 3 l/s. Ve sledovaném období bylo zaznamenáno i několik desítek hodnot vychylujících se od normálu. Podle tabulky č. 8 byla v 1 % případů naměřena vydatnost vyšší než 9,69 l/s a v 1 % případů byla zaznamenána vydatnost nižší nežli 0,83 l/s.

Tab. 8: Kvantily vydatností PP0427

Kvantil [%]	Vydatnost [l/s]
99	9,69
95	6,46
75	3,93
25	2,18
5	1,326
1	0,83

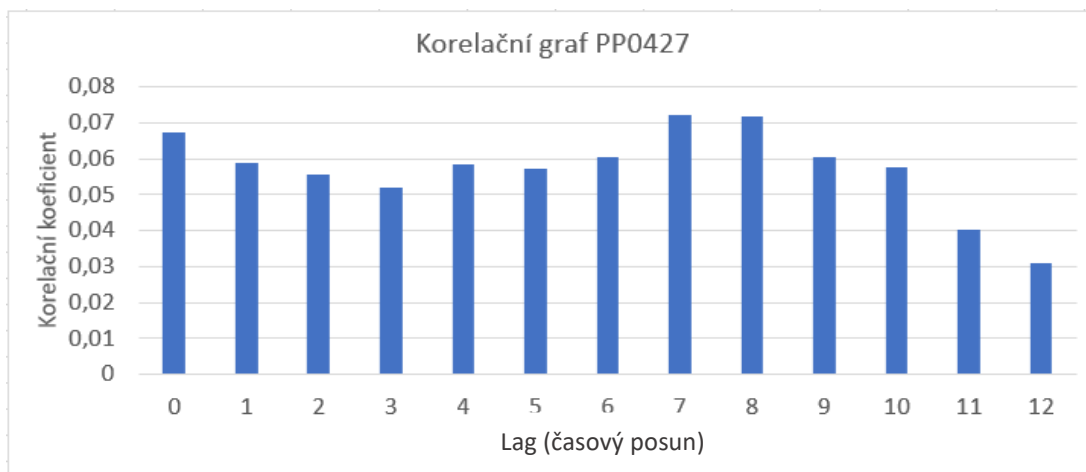


Obr. 24: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0427 pro posun o 1. týden



Obr. 25: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0427 pro posun o 12 týdnů

Obrázek č. 24 je graf prezentující kolísání zaznamenaných vydatností pramene PP0427 s týdenním posunem. Hodnota korelačního koeficientu v tomto týdnu činí 0,067, což značí velmi malou spojitost mezi úhrnem srážek a vydatností pramene. Dle obrázku č. 25 vykazuje korelační koeficient dokonce nižší hodnotu, nežli tomu je v případě prvního týdne a představuje tak nejnižší spojitost mezi úhrny srážek a vydatností pramene ze všech týdenních odstupů.



Obr. 26: Graf korelačních koeficientů pramene PP0427 pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene

Obrázek č. 26 prezentuje výsledky korelačních koeficientů mezi srážkami a vydatností pramene s posuny o jeden až 12 týdnů. Při časovém odstupu obou veličin o jeden až tři týdny jde o klesající trend korelací. S posunem o čtyři až sedm týdnů vykazuje nárůst korelací až na hodnotu 0,072. S časovým odstupem delším než osm týdnů korelační koeficient postupně klesá až k hodnotě 0,031. Celkově nebyla vykázána taková hodnota korelačního koeficientu, která by naznačovala přímou spojitost mezi úhrnem srážek a vydatností pramene.

9.3 Pramen PP0906 Praha-Šárka (denní)

Dle grafu v příloze č. 15 vykazoval pramen PP0906 lineární pokles vydatností od roku 2014 až do konce sledovaného období a jeho hodnoty klesly o více jak polovinu za toto dané období. V příloze č. 16 lze zpozorovat určité kolísání srážkových úhrnů, nicméně spojitost s vývojem vydatností pramene v příloze č. 15 je zde nízká.

Kvantily denních srážkových úhrnů v příloze č. 13 vykazují téměř identické hodnoty jako v případě PP0427 a VP1728.

Příloha č. 14 je histogram zobrazující četnost naměřených vydatností. Nejčastěji zaznamenávaná hodnota vydatností byla v intervalu 1,65 až 1,8 l/s, s více jak 300 záznamy. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0,6 do 3,15 l/s. Hodnoty od 2,7 do 3,15 l/s byly zaznamenány velmi zřídka. Nižší hodnoty vydatností už byly zaznamenány o něco častěji. To potvrzuje i příloha č. 12 s kvantily vydatností, kdy v 1 % případů byla zaznamenána hodnota vydatností vyšší nežli 2,49 l/s a v 25 % případů byla zaznamenána hodnota vydatností nižší než 1,29 l/s.

Příloha č. 17 informuje o tom, že pro žádný časový posun, v jakém byla analyzována míra závislosti mezi srážkami a vydatnostmi pramene, nebyla zaznamenána prokazatelná závislost.

9.4 Pramen PP0428 Středokluky

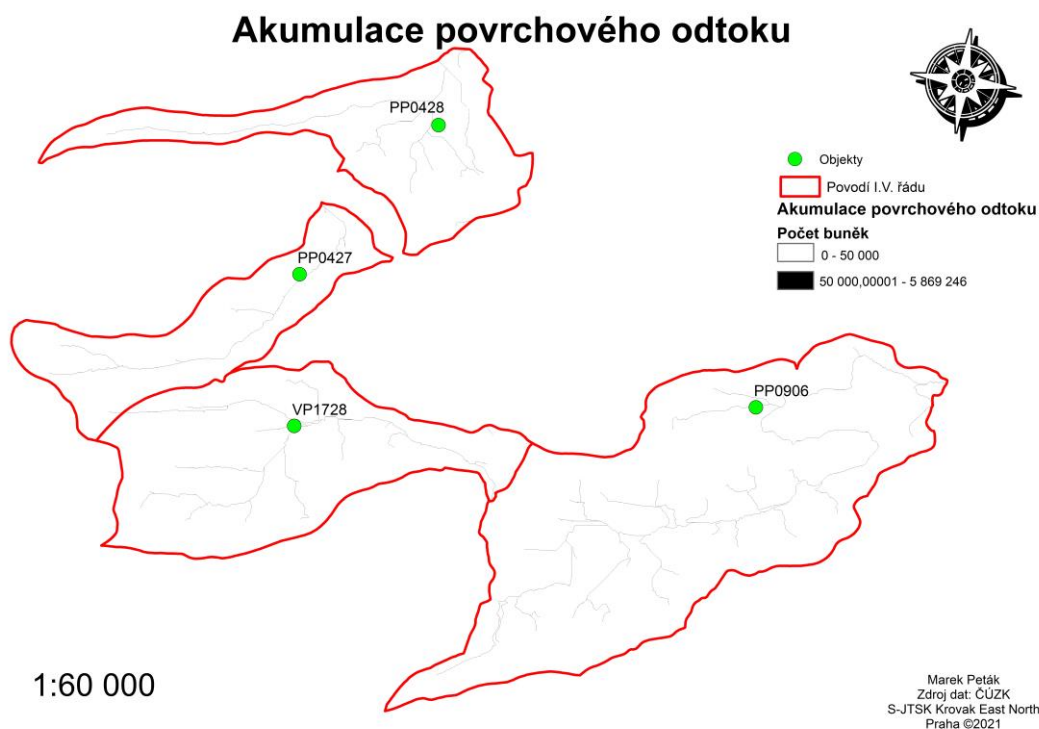
Příloha č. 5 je graf zobrazující vývoj vydatností pramene PP0428. V letech 1992 až 2009 byl vývoj vydatností ustálený a nijak výrazně nekolísá. Od roku 2013, kdy pramen vykazoval jedny z nejvyšších vydatností, začaly jeho hodnoty strmě klesat až do konce sledovaného období. Při srovnání se srážkovým grafem v příloze č. 4 je zřejmé, že úhrny srážek zejména v posledních pěti letech příliš nekorrespondují s vývojem vydatností v příloze č. 5, přestože vývoj srážek byl v tomto období také spíše klesající.

Tabulka kvantilů denních srážkových úhrnů v příloze č. 10 opět obsahuje analogicky obdobné hodnoty jako u zbývajících pozorovacích objektů.

Histogram v příloze č. 3 zobrazuje informace o četnosti naměřených týdenních vydatností pramene PP0428. Nejvíce se vyskytovaly hodnoty vydatností v rozmezí od 2 do 6 l/s. V malé četnosti byly zaznamenány i nadprůměrné hodnoty vydatností v rozmezí 9 až 15,5 l/s. Takovéto hodnoty se dle tabulky v příloze č. 11 vyskytovaly v 5 % případů a pouze v 1 % záznamů se vyskytovaly vydatnosti nižší nežli 1,87 l/s.

Příloha č. 6 je graf s korelačními koeficienty, dle kterého je zřejmé, že opět pro žádný časový posun nebyla prokázána spojitost mezi srážkami a vydatnostmi pramene.

9.5 Akumulace povrchového odtoku



Obr. 27: Mapa akumulace povrchového odtoku

Obrázek č. 27 vykresluje údolnice v zájmovém území a zobrazuje, v jakých místech se soustřeďuje povrchový odtok. V případě tohoto zájmového území se údolnice nachází v přímé blízkosti všech čtyř pozorovacích objektů, což může mít pozitivní vliv na průběžné doplňování podzemní vody z povrchového odtoku.

9.6 P-T index

Tento index byl vytvořen pro oblast Praha-Ruzyně v období 1963 až 2020 a je porovnán s referenčními hodnotami studie vytvořené pro okresy Louny a Rakovník. Jako limitní hodnoty pro vizualizaci stupňů ohrožení suchem slouží hodnoty vymezených kvantilů v tabulce č. 9.

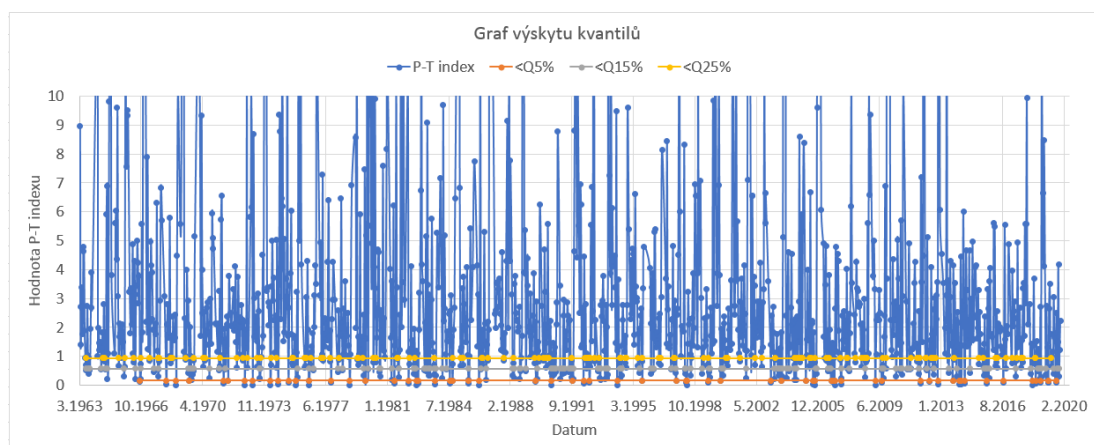
Tab. 9: Mezní hodnoty P-T indexu pro dvoutýdenní agregaci pro oblast Praha-Ruzyně

Roky	zvýšené riziko <Q25%	vysoké riziko <Q15%	extrémní riziko <Q5%
1963-2020	0,94	0,57	0,17

Tab. 10: Mezní hodnoty P-T indexu v okresech Louny a Rakovník (Novický et al. 2012)

okres	roky	charakteristika	zvýšené riziko < Q25%	vysoké riziko < Q15%	extrémní riziko < Q5%
Louny	1969-2010	mezní hodnota indexu	0.80	0.43	0.01
		počet zaznamenaných let	20	8	1
Rakovník	1970-2010	mezní hodnota indexu	0.94	0.58	0.06
		počet zaznamenaných let	16	6	2

Tabulky č. 9 a 10 prezentují výsledky P-T indexu při dvoutýdenní agregaci vstupních veličin. V tabulce č. 9 byly stanoveny hodnoty P-T indexu nižší nebo rovny 0,17 jako extrémní riziko výskytu sucha. Hodnoty v rozmezí 0,57 až 0,17 odpovídají vysokému riziku výskytu sucha a hodnoty 0,94 až 0,57 znamenají zvýšené riziko výskytu sucha. K porovnání výsledných hodnot P-T indexu slouží referenční tabulka č. 10, která obsahuje hodnoty P-T indexu v okresech Louny a Rakovník. Výsledky zejména v okrese Rakovník vychází velmi podobně s hodnotami v tabulce č. 9, nicméně kvantil extrémního rizika v tabulce č. 9 vykazuje řádově vyšší hodnotu a to znamená, že v referenčním souboru byla dosažena extrémnější míra sucha.

**Obr. 28:** Graf výskytu kvantilů P-T indexu u dvoutýdenní agregace v období 1963 až 2020

Výskyt jednotlivých rizikových kvantilů v celém sledovaném období je zobrazen pomocí grafu na obrázku č. 28. Výskyty extrémního rizika byly dle grafu spíše jednorázové, delší kontinuální období se vyskytlo například na počátku roku 2014, kdy trvalo přibližně 6 týdnů. Toto období se negativně projevilo na vývoji vydatností, i na stavu hladiny podzemní vody, u všech zkoumaných objektů. Od roku 2012 byla v zájmové oblasti zaznamenána častější četnost výskytu extrémního rizika sucha oproti předchozím obdobím. Vysoké a zvýšené riziko sucha se vyskytovalo takřka v každém roce sledovaného období, v mnoha případech i vícekrát za rok a v některých případech i jako delší kontinuální období například v roce 2018.

10 Diskuse

V oblasti Praha-Ruzyně byl vývoj hladiny podzemní vody a vydatností pramenů ve sledovaném období spíše klesající, a to převážně v posledních několika letech, také je z provedené analýzy zřejmé, že u všech čtyř pozorovacích objektů v zájmové oblasti mají srážky minimální až zanedbatelný vliv na vydatnosti pramenů nebo stavy hladiny podzemní vody.

Takovýto výsledek analýzy mohl být zapříčiněn působením několika různých faktorů. Jedním z nich je povrchový odtok části atmosférických srážek do koryt vodních toků, jelikož se všechny pozorovací objekty vyskytují v jejich blízkosti. Toto tvrzení podporuje další faktor, který poukazuje na fakt, že většina zájmového území se podle mapy hydrologických skupin půd nachází na zeminách s nízkou rychlostí infiltrace, což může nasvědčovat zrychlenému přímému odtoku spadlých srážek, protože půda není schopna srážkovou vodu dostatečně rychle zasáknout. Z toho důvodu se aktuální srážky zásadním způsobem neprojeví na aktuální dynamice hladiny podzemní vody.

Každopádně srážky mají zcela jistě nějaký vliv na dynamiku podzemní vody, nicméně spojitost nebude pozorovatelná v rámci krátkodobější odezvy jednotek týdnů nebo měsíců, ale spíše v dlouhodobém horizontu, například až v řádu jednotek let, a analýza tak dlouhé odezvy již nebyla předmětem této studie, neboť je velmi problematická.

Nicméně blízkost vodního toku může mít i kladný vliv na průběžné doplňování zdrojů podzemní vody, avšak ve výsledcích korelačního koeficientu se to neprojeví jako korelace mezi srážkami a hladinou podzemní vody, neboť podzemní vody mohou být dotované z vodního toku bez ohledu na srážkové úhrny.

Na to se váže ještě další možný důvod, který souvisí se zvýšením intenzity atmosférických srážek a nevhodným zemědělským hospodařením, kdy se místo déletrvajících srážek s nižší intenzitou, častěji vyskytují přivalové deště, které půda nedokáže dostatečně rychle pojmout. Srážkové vody tak směřují povrchovým odtokem do vodních toků nebo kanalizací, a proto se nestihnou ve větší míře infiltrovat do půdy.

Při celkovém pohledu na vývoj srážek v zájmovém území je zřejmé, že průměrné roční úhrny v dlouhodobém horizontu pravidelně oscilovaly okolo stejných hodnot. V průběhu sledovaného období bylo zaznamenáno několik srážkově velmi podprůměrných období zejména roky 1976, 1982, 2003, 2015, 2018. Přibližně od roku 2000 až do konce roku 2019 vykazovaly průměrné roční srážkové úhrny mírný klesající trend oproti přechozím obdobím. Tento pokles byl během posledních pěti let výraznější.

Dalším limitujícím faktorem mohou být nepropustné plochy, jako je městská zástavba nebo průmyslové areály, které se nacházejí v přímé blízkosti pozorovacích objektů s výjimkou pramene PP0906. Zejména na okraji Prahy je trendem poslední doby masivní zábor orné půdy, čímž se zásadním způsobem snižuje retenční schopnost krajiny, a to vede ke zvýšení přímého odtoku, vyšší hodnotě odtokového koeficientu a také zrychlení odtokové odezvy povodí. Právě na takovýchto plochách, nevsáknutá srážková voda směřuje povrchovým odtokem přímo do kanalizace. Tím se nejen snižuje množství vody, které mohlo být potencionálně vsáknuto do půdy, ale také tím dochází k narušení malého vodního cyklu, kdy se zásadně snižuje množství vody, která se mohla odpařit a znovu dopadnout na to samé místo ve formě srážek.

Jedna z proměnných může být i vliv klimatické změny, kdy v důsledku zvýšených průměrných teplot dochází k vyšší míře evapotranspirace a srážková voda, která mohla být vsáknuta do půdy, se odpařila.

Mezi možné faktory může patřit také vliv geologického podloží, jelikož se v blízkosti zájmových objektů střídají propustné a nepropustné horniny. To může ovlivnit zásobování podzemní vody z povrchových zdrojů i přes poměrně vysokou retenční kapacitu půd vyskytujících se v zájmovém území.

Dalším cílem práce byla analýza vývoje hladin podzemní vody a vydatností pramenů. V průběhu celého sledovaného období vykazoval pramen PP0427 výrazné fluktuování hodnot vydatností. V menší míře se toto kolísání vydatností vyskytovalo i v případě pramene PP0428. Co se týče zbývajících objektů, zde probíhal vývoj hladiny podzemní vody a vydatností bez výrazných výkyvů. Celkově všechny pozorovací objekty vykazovaly ve sledovaném období klesající trend vývoje hladiny podzemní vody a vydatností pramenů.

Z pohledu posledních několika let byl vývoj hladin podzemní vody a vydatností u pozorovacích objektů rozdílný, nicméně u všech pozorovacích objektů

docházelo ke stálému poklesu těchto hodnot. V případě PP0428 a PP0427 docházelo k poklesu vydatností již od konce roku 2012. Zájmový pramen PP0906 vykazoval kontinuální pokles vydatností až od roku 2014, a to z důvodu nedostupnosti dřívějších dat. U všech zkoumaných pramenů došlo od začátku poklesu jejich vydatností až do doby konce sledovaného období k více jak polovičnímu poklesu těchto hodnot. Co se týče vrtu VP1728 jeho stav hladiny podzemní vody vykazoval od konce roku 2013 postupně klesající vývoj hladiny podzemní vody, a to až do konce sledovaného období.

Pokud jde o zhodnocení míry sucha, tak dle výsledků P-T indexu pro dvoutýdenní agregaci v oblasti Praha-Ruzyně vyšly hodnoty kvantilu extrémního rizika řádově vyšší, nežli tomu bylo v případě referenční studie. To značí, že míra výskytu extrémního sucha byla v zájmové oblasti relativně menší než u referenční studie pro Rakovník a Louny. Nicméně to neznamená, že v zájmové oblasti neprobíhal výskyt sušších období, jak už napovídá vývoj indexu během několika posledních let.

11 Závěr

V rámci cílů této práce byla provedena analýza vlivu srážkových úhrnů na stavy hladiny podzemní vody pozorovacích objektů v oblasti Praha-Ruzyně, a to pomocí grafů, tabulek, mapových výstupů a výpočtu P-T indexu sucha. Kombinací celkové charakteristiky zájmové oblasti a výše uvedených analýz byl vyhodnocen celkový pohled na tuto problematiku.

Počáteční předpoklad této práce byl takový, že výskyt suchých epizod bude mít zásadní vliv na vývoj hladiny podzemní vody ve zkoumané oblasti. Tento předpoklad se měl prokázat vzájemnou spojitostí mezi srážkovými úhrny a stavy hladiny podzemní vody či vydatnostmi pramenů. Nicméně z jednotlivých výsledků analýzy je patrné, že ve zkoumané oblasti Praha-Ruzyně mají srážkové úhrny minimální spojitost se zásobováním hladiny podzemní vody. Nejvyšší korelace mezi hladinou podzemní vody a srážkovými úhrny vykazuje pozorovací objekt PP0906 s hodnotou korelačního koeficientu 0,16. Nicméně u takové hodnoty stále nelze prokázat spojitost mezi srážkovými úhrny a vydatností pramene.

Výsledky P-T indexu ukázaly, že v případě referenčního studie pro okresy Louny a Rakovník, byla dosažena extrémnější míra sucha nežli v zájmové oblasti Praha-Ruzyně.

Další částí analýzy bylo zhodnocení vývoje stavu hladin podzemních vod a vydatností pramenů u pozorovacích objektů v průběhu jejich sledovaného období.

Vzhledem k výskytu významných epizod sucha v roce 2015 a 2018 byl také pro tyto období předpokládán úbytek vydatností pramenů a hladiny podzemní vody. Tento předpoklad se v případě pramenů potvrdil, nicméně k samotnému kontinuálnímu úbytku vydatností docházelo u těchto pramenů již před těmito významnými epizodami sucha.

V případě vrtu VP1728 docházelo také k úbytku hladiny podzemní vody, a to již od konce roku 2013, nicméně právě v letech 2015 a 2018 došlo k mírnému ustálení poklesu hladiny podzemní vody i přes výrazný srážkový deficit v těchto obdobích.

I přes fakt, že v zájmové oblasti nebyla prokázána spojitost mezi srážkovými úhrny a stavy hladiny podzemní vody či vydatnostmi pramenů, došlo v posledních několika letech zároveň s poklesem průměrných srážkových úhrnů k více jak

polovičnímu úbytku vydatností u všech sledovaných pramenů, a to i když zde sucho nedosahovalo takové extrémní míry jako v případě referenční studie.

Dílčím cílem této práce bylo popsat a přiblížit čtenáři v rešeršní části problematiku týkající se sucha, jeho dopadů, následků a opatření. Dále uvést popis podzemních vod, klimatické změny a předpokladů budoucího vývoje.

Přínosem této práce je zhodnocení hydrologických a přírodních poměrů v oblasti Praha-Ruzyně, jelikož témata jako sucho a podzemní vody a obecně klimatická změna jsou dnes velmi aktuální a není jim věnována dostatečně velká pozornost. Přes původní předpoklad toho, že srážky mají přímý vliv na vývoj hladiny podzemní vody ve zmíněné zkoumané oblasti se toto očekávání, díky výsledkům provedené analýzy, nepotvrdilo. Tím se prokázalo, že vztah mezi srážkami a podzemní vodou je ovlivněn více faktory, než by se na první pohled mohlo zdát.

12 Přehled literatury a použitých zdrojů

Knížní publikace a časopisy

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998: Crop evapotranspiration. Guidelines of computing crop water requirements. FAO, Rome. ISBN 92-5-104219-5.

Alley W., 1984: The Palmer Drought Severity Index-Limitations and Assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 1984. S. 1100–1109.

Amanambu C. A., Obarein O. A., Mossa J., Li L., Ayeni S. S., Balogun O., Oyebamiji A., Ochege F. U., 2020: Groundwater system and climate change: Present status and future considerations. *Journal of Hydrology* 2020. S. 1–15.

Barker L., Hannaford J., Chiveron A., Svensson C., 2016: From meteorological to hydrological drought using standardised indicators. *Hydrology and Earth System Sciences* 2016. S. 2483–2505.

Bear J., Verruijt A., 1992: *Modeling Groundwater Flow and Pollution*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht. ISBN 1-55608-015-8.

Bear J., 2007: *Hydraulics of Groundwater*. Dover Publications INC, Mineola. ISBN 0-486-45355-3.

Blinka P., 2002: Metoda hodnocení sucha. In: Rožnovský J., Litschmann T.(eds.): Česko-slovenská bioklimatologická konference. ČHMÚ, Lednice na Moravě. S. 32–44. ISBN 80-85813-99-8.

Brázdil R., Trnka M. a kolektiv, 2015: *Historie počasí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. Centrum výzkum globální změny Akademie věd České republiky, Brno. ISBN 978-80-87902-11-0.

Burgos J. J., Kalik M.S., Palmer W.C., Rodda J., 1975: *Drought and agriculture Report of the CaGm Working Group on the Assessment of Drought*. WMO, Geneva. ISBN-978-92-63-10392-5.

Castany G., 1978: Effets de la sécheresse sur les eaux souterraines. Bulletin du B.R.G.M. 1978. S. 225–227.

Critchfield H. J., 1984: General Climatology. Prentice-Hall, New York. ISBN 0133492176.

Halenka T., 2010: Cecilia – EC FP6 Project on the Assessment of Climate Change Impacts in Central and Eastern Europe. In: Alexandrov V., Gajdusek M.F., Knight C. G., Yotova A., (eds.): Global Environmental Change: Challenges to Science and Society in Southeastern Europe. Springer Science + Business Media B.V, New York. S. 125–137.

DIN 4049–3 : Terms for the quantitative hydrology. German Institute for Standardization, 1994. 80 s.

Downer R.N., Siddiqui M. M., Yevjevich V., 1967: Applications of runs to hydrologic drought. In: Proceedings of the International Hydrology Symposium. Colorado State University, Fort Collins. S. 496–505.

Dufek J., 2011: Mezolitické až raně eneolitické osídlení Pražské plošiny. Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, Ústav pro pravěk a ranou dobu dějinnou, Praha. 125 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIS UK v Praze.

Farda A., Štěpánek P., Halenka T., Skalák P., Belda M., 2007: Model ALADIN in climate mode forced with ERA-40 reanalysis (coarse resolution experiment). Meteorologický časopis 10. S. 123–130.

Farda A. 2008: Dynamický downscaling teploty vzduchu v oblasti střední Evropy. Univerzita Karlova v Praze, Matematicko–fyzikální fakulta, Praha. 86 s. (Doktorská disertační práce). „nepublikováno“. Dep. SIS UK v Praze.

Fitts Ch.R., 2002: Groundwater Science. Elsevier Science, London. ISBN 0-12-257855-4.

Geletič J., 2019: Mapy s land cover klasifikací pro vybraná města, vysvětlivky s vlastnostmi klasifikovaných tříd. Adaptační výzvy měst: podpora udržitelného plánování s využitím integrované analýzy zranitelnosti. Ústav informatiky AV ČR v.v.i, Praha. „Nepublikováno“, výsledek projektu TA ČR reg. č. TL01000238. Dep.: Repozitář AV ČR.

Hansel S., Ustrnul Z., Lupikasza E., Skalak P., 2019: Assessing seasonal drought variations and trends over Central Europe. *Advances in Water Resources* 2019. S. 53–75.

Hayes M., Svoboda M. D., Wilhite D. A., Vanyarkho O. V., 1999: Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80. S. 429–438.

Hlásný T., Holuša J., Štěpánek P., Turčáni M., Polčák N., 2011: Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of forest science* 57. S. 422–431.

Hlavinka P., Trnka M., Semerádová D., Dubrovský M., Žalud Z., Možný M., 2009: Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* 149. S. 431–442.

Holmes R. M., 2000: The Importance of Ground Water to Stream Ecosystem Function. *Streams and Ground Waters* 2000. S. 137–148.

Houghton J., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., van der Linden P. J., Dai X., Maskell K., Johnson C. A. [eds.], 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press, New York. ISBN 0521 80767.

Hughes L. B., 2013: The impracticality of a universal drought definition. *Theoretical and Applied Climatology* 117. S. 607–611.

Chmelová P. R., Frajer J., 2013: *Základy hydrologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Inglezakis V.J., Pouloupoulos S. G., Arkhangelsky E., Zorpas A. A., Menegaki A. N., 2016: Aquatic Environment. *Environment and Development* 2016. S. 137–212.

Karamouz M., Ahmadi A., Akhbari M., 2020: *Groundwater Hydrology*. CRC Press, Boca Raton. ISBN 978-0-367-21147-9.

Krásný J., Císlarová M., Čurda S., Datel J. V., Dvořák J., Grmela A., Hrkal Z., Kříž H., Marszale Z., Šantrůček J., Šilar J., 2012: *Podzemní vody České republiky*. Česká geologická služba, Praha. ISBN 978-80-7075-797-0.

Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E., 2007: *Voda pre ozdravenie klímy–Nová vodná paradigma*. Krupa Print, Žilina.

Kuro-šio S., Qin D., Manning M., Marquis M., Averyt K., Tignor M. M. B., Miller L. H., Chen Z. [eds.], 2007: *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.

Levy B. S., Patz J. A. [eds.], Brundtland G.H., 2015: *Climate Change and Public Health*. Oxford University Press, New York. ISBN 978-0-19-020245-3.

Linsley R.K., Kohler M.A., Paulhus J.L. H., 1958: *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill, New York.

Margat J., Gun J., 2013: *Groundwater around the World: A Geographic Synopsis*. CRC Press, London. ISBN 978-1-138-00034-6.

McKee T. B., Doesken N. J., Kleist J., 1993: The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Bulletin of the American Meteorological Society* 10. S. 1722–1732.

Mishra A.K., Singh V.P., 2010: A review of drought concepts. *Journal of Hydrology* 391. S. 202–216.

Négrel P., Petelet–Giraud E., Barbier J., Gautier E., 2003: Surface water–groundwater interactions in an alluvial plain: Chemical and isotopic systematics. *Journal of Hydrology* 277. S. 248–267.

Němec J., Hladný J. [eds.], Blažek V., 2006: Voda v České republice. Consult, Praha. ISBN 80-903482-1-1.

Netopil R., 1984: Fyzická geografie. SPN, Praha. ISBN 14-383-84.

Niemeyer S., 2008: New drought indices. In: Lopez–Francos A. (ed.): Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens. CIHEAM–IAMZ, Zaragoza. S. 267–274.

Novický O., Pavlásek J., Vizina A., Jačka L., Bašta P., 2011: Dílčí zpráva projektu Bezpečnostního výzkumu MV ČR – Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. v.v.j. a Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Novický O., Pavlásek J., Vizina A., Jačka L., Bašta P., 2012: Dílčí zpráva projektu Bezpečnostního výzkumu MV ČR – Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. v.v.j. a Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Palmer W. C., 1965: Meteorological Drought. Research paper 45. S. 1–65.

Pytl V., Broncová D., 2012: Podzemní vody České republiky. Milpo media s.r.o., Praha. ISBN 978-80-87040-24-9.

Quitt, E. 1971: Klimatické oblasti Československa. Československá akademie věd-geografický ústav, Brno.

Rathore M. S., 2004: State Level Analyses of Drought Policies and Impacts in Rajasthan, India. ICFAI Journal of Agricultural Economics 2005. S. 8–35.

Rawls W. J., 2002: Infiltration Properties. Encyclopedia of Soil Science 2002. S. 689–692.

Romm J., 2016: Climate Change: What Everyone Needs to Know. Oxford University Press, New York. ISBN 978-0-19-025017-1.

Schmidt S. I., Hahn H. J., 2012: What is groundwater and what does this mean to fauna ? An opinion. Limnologica 2012. S. 1–6.

Spiecker H., 2000: Growth of Norway Spruce under changing environmental conditions in Europe. In: Klimo E., Hager H., Kulhavý J., (eds.): Spruce monocultures in central Europe—problems and prospects. EFI Proceedings. S. 11–26.

Stocker T.F, Qin D., Plattner G. K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. [eds.], 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Štěpánek P., Skalák P., Farda A., Zahradníček P., 2012: Climate change in the area of the Czech Republic according to various model simulations. In: Kožnárová V., Sulovská S., Hájková L., (eds.): Proceedings of BIOCLIMATE 2012—Bioclimatology of Ecosystems. CULS, Ústí nad Labem. S. 122–124.

Tolasz R., Míková T., Valeriánová A., Voženílek V. [eds.], 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Olomouc.

Tourková J., 2004: Hydrogeologie. ČVUT, Praha. ISBN 80-01-03101-2.

Trizna M., 2004: Klimageografia a hydrogeografia. Geo-grafika, Bratislava. ISBN 809-681-14-672.

Vincente-Serrano S., Beguería S., Mereno L., 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* 2010. S. 1696–1718.

Wilhite D. A., 2000: Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. *Drought A Global Assessment 2000*. S. 3–18.

Wilhite D. A. [ed.], 2005: Drought and Water Crises Science, Technology, and Management Issues. CRC Press, New York. ISBN 978-1-4200-2838-6.

Wilhite D. A., Glantz M., 1985: Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International* 1985. S. 111–120.

Wilhite D. A., Pulwarty R. S., 2018: Drought and Water Crises Integrating Science, Management, and Policy: Second Edition. CRC Press, New York.

Internetové zdroje

Copernicus Land Monitoring Service, ©2020: Urban Atlas 2012 (online) [cit. 2020.12.10], dostupné z <<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012>>.

ČGS, ©2021: Geovědní mapy (online) [cit. 2021.01.25], dostupné z <<https://mapy.geology.cz/geocr50/>>.

ČHMÚ, ©2020a: Úvod do problému klimatické změny (online) [cit. 2020.11.28], dostupné z <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap01.pdf>.

ČHMÚ, ©2020b: Pozorovací objekty podzemních vod (online) [cit. 2020.11.29], dostupné z <<https://hydro.chmi.cz/hydro/index.php?wmapp=WEBAPP&wmap=pzv&srscode=32633%22%20\1%20%22center=526000,5525000&zoom=2%22%20>>.

ČHMÚ, ©2021a: Změna klimatu v ČR (online)[cit. 2021.01.12], dostupné z <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf>.

ČHMÚ, ©2021b: Meteorologická terminologie (online) [cit. 2021.01.10], <<https://www.chmi.cz/informace-pro-vas/prezentace-a-vyuka/meteorologicka-terminologie>>.

ČÚZK, ©2020a: Využití území (online) [cit. 2020.12.20], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(n3lrxdehnfei5ppyg2mqg4n3\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&text=INSPIRE_V_uzemi&side=INSPIRE_dSady&head_tab=sekc-e-04-gp&menu=424](https://geoportal.cuzk.cz/(S(n3lrxdehnfei5ppyg2mqg4n3))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&text=INSPIRE_V_uzemi&side=INSPIRE_dSady&head_tab=sekc-e-04-gp&menu=424)>.

ČÚZK, ©2020b: Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (online) [cit. 2020.12.30], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cevtbx3czkazsdtgacq0gk53\)\)/Default.aspx?head_tab=sekc-e-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes](https://geoportal.cuzk.cz/(S(cevtbx3czkazsdtgacq0gk53))/Default.aspx?head_tab=sekc-e-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes)>.

ČVUT, ©2018: Podzemní vody (online) [cit. 2020.11.15], dostupné z http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2018/01/podzemni-voda_kc.pdf.

Dvořáková N., 2012: Vltava a její přítoky – Zákolanský potok (online) [cit. 2021.01.15.], dostupné z <https://www.kct-tabor.cz/gymta/Vltava/ZakolanskyPotok/index.htm>.

eAGRI, ©2015: Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody (online) [cit. 2020. 12.1], dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/417667/3_material_VLADA.pdf.

eAGRI, ©2020: Mezinárodní a dílčí povodí ČR (online) [cit. 2020.12.14], dostupné z http://eagri.cz/public/app/vodev/oblasti_povodi/default.aspx.

EC – European commission, ©2008: Drought management plan report (online) [cit. 2020.11.12], dostupné z https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp_report.pdf.

Hydrotech, ©2020: Voda na Zemi: Kolik jí máme na naší planetě a kolik z toho je pitná voda (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/voda-na-zemi-kolko-jej-na-planete-mame-a-ake-mnozstvo-z-toho-tvori-pitna-voda>.

INSPIRE, ©2020: Národní geoportál INSPIRE (online) [cit. 2020.12.15], dostupné z <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home>.

Just T., ©2021: Revitalizace Litovického potoka v Hostivicích (online) [cit. 2021.01.25], dostupné z <https://vodnihospodarstvi.cz/revitalizace-litovickeho-potoka/>.

Klimatická změna, ©2020: Úvod do metodiky (online) [cit. 2020.12.15], dostupné z <https://www.klimatickazmena.cz/cs/metodika/uvod-do-metodiky/>.

Mendelu, ©2021: Taxonomické kategorie klasifikačního systému půd ČR (online) [cit. 2021.02.10], dostupné z <http://user.mendelu.cz/xvlcek1/pevr/5%20TKSP%20typy.ppt>.

Meteo Aktuality, ©2018: Atmosférické srážky (online) [cit. 2020.12.16], dostupné z <<https://www.pocasimeteoaktuality.cz/meteorologie/atmosfericke-srazky/>>.

MŽP, ©2017a: Koncepce ochrany před následky pro území České republiky (online) [cit. 2020.11.25], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170724_sucho/\\$FILE/koncepce_sucho_material.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170724_sucho/$FILE/koncepce_sucho_material.pdf)>.

MŽP ©2017b: Boj se suchem: naše půda potřebuje vrátit kondici (online) [cit. 2020.11.29], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/news_170724_sucho>.

MŽP, ©2019: Udělali jsme další krok ke zvládnutí sucha. Vláda schválila návrh novely vodního zákona (online) [cit. 2020.12.20], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/news_20190708_sucho-vodni-zakon>.

NDMC, ©2020: Climate change (online) [cit. 2020.12.18], dostupné z <http://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/ClimateChange.aspx#Climate_Change_and_the_Hydrological_Cycle>.

Pražská příroda, ©2020: Šárecká Habrůvka (online) [cit. 2020.12.20], dostupné z <<http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/studanky-abecedne/sarecka-habruvka/>>.

Pražská příroda, ©2021: Litovicko – Šárecký potok (online) [cit. 2021.01.25], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cw4hj0zxc125xe1cf0ibr30g\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&text=INSPIRE_V_uzemi&side=INSPIRE_dSady&head_tab=sekce-04-gp&menu=424](https://geoportal.cuzk.cz/(S(cw4hj0zxc125xe1cf0ibr30g))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&text=INSPIRE_V_uzemi&side=INSPIRE_dSady&head_tab=sekce-04-gp&menu=424)>.

Ruda A., 2014: Podpovrchová voda (online) [cit. 2020.11.28], dostupné z <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/11-podpovrchova-voda.html>.

Sněhota M., Šanda M., ©2021: Hydropedologie (online) [cit. 2021.01.15], dostupné z <<http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/HYP/K143HYPE11.pdf>>.

Soukalová E., Muzikář R., 2015: Hydrologické sucho v podzemních vodách (online) [cit. 2020.12.10], dostupné z https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2015_4_5_hydrologicke_sucho.pdf.

Stockl P., 2011: Mayové-Civilizace, která se snědla (online) [cit. 2020.12.27], dostupné z <https://www.national-geographic.cz/clanky/mayove-civilizace-ktera-se-snedla.html>.

Suk M., ©2021: Přehled geologických jednotek Českého masivu (online) [cit. 2021.02.05], dostupné z http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/regionalni_geol/geologie_CM.htm#kap3.3.

Trnka M., Žalud Z., Hlavinka P., Bartošová., ©2020: Mitigační a adaptační opatření (online) [cit. 2020.11.27], dostupné z http://www.klimatickazmena.cz/download/16a8db869a4c9cbbcdf5b043f1c0810a/9.%20kapitola_mitigace%20a%20adaptace.docx.pdf.

UHUL, ©2021: Taxanomický klasifikační systém půd ČR (online) [cit. 2021.01.20], dostupné z http://www.uhul.cz/images/typologie/taxonomicky_klasifikacni_system_pud_v_cr.pdf.

Viták Z., ©2017: Technická zpráva Dobrovizský potok (online) [cit. 2021.01.25], dostupné z https://mestokladno.cz/assets/File.ashx?id_org=6506&id_dokumenty=1466936.

Vokoun J., 2002: Příručka pro průzkum lesních půd (online) [cit. 2021.01.12], dostupné z http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/ugp-files/attachment/prirucka_pro_puzkum_lesnich_pud.pdf.

VŠB, ©2020: Koloběh vody na Zemi a rovnice bilance (online) [cit. 2020.12.10], dostupné z <http://geologie.vsb.cz/inzgeol/sylaby/08%20Hydrogeologicke%20pomery/Kolob%20C4%9Bh%20vody%20na%20Zemi%20a%20rovnice%20bilance.htm>.

VUMOP, ©2020a: Nabídka mapových a datových produktů - Hydrologické charakteristiky (online) [cit. 2020.12.15], dostupné z <https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf>.

VUMOP, ©2020b: Půda v mapách (online) [cit. 2020.12.15], dostupné z <<https://mapy.vumop.cz/>>.

VÚV, ©2020: Struktura DIBAVOD (online) [cit. 2020.12.22], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/index.php?id=27>>.

Zavřel R., ©2020: Čím je způsoben nedostatek vody (online) [cit. 2020.11.25], dostupné z <<https://voda235.webnode.cz/cim-je-zpusoben-nedostatek-vody/>>.

Žalud Z., 2020: Proč je sucho a jak se mu bránit? (online) [cit.2020.12.25], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/zdenekn-zalud-proc-je-sucho-a-jak-se-mu-branit>>.

13 Seznam použitých obrázků

Obr. 1: Členění druhů podpovrchové vody v horninovém prostředí (Netopil, 1984)	14
Obr. 2: Hydrologický cyklus (VŠB, ©2020)	17
Obr. 3: Rozdělení podpovrchové vody v homogenní půdě (Bear, 2007)	18
Obr. 4: Mapa zájmového území	36
Obr. 5: Mapa využití území v zájmovém území	38
Obr. 6: Mapa povodí Jenečského potoka	39
Obr. 7: Mapa povodí Litovického potoka	40
Obr. 8: Mapa povodí Dobrovízského potoka	41
Obr. 9: Mapa povodí Zákolanského potoka	42
Obr. 10: Mapa půdních typů v zájmovém území	43
Obr. 11: Mapa hydrologických skupin půd v zájmovém území (Vumop, ©2021b)	46
Obr. 12: Mapa retenční vodní kapacity půd v zájmovém území (Vumop, ©2021b)	46
Obr. 13: Geologická mapa zájmového území (ČGS, ©2021)	47
Obr. 14: Geomorfologická mapa zájmového území	48
Obr. 15: Graf hladiny podzemní vody ve sledovaném období vrtu VP1728	53
Obr. 16: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období vrtu VP1728	53
Obr. 17: Histogram úrovně hladiny podzemní vody VP1728	54
Obr. 18: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 1. týden	55
Obr. 19: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 12. týden	56
Obr. 20: Graf korelačních koeficientů ve vrtu VP1728 pro každý týden	56
Obr. 21: Graf vydatnosti pramen PP4027 ve sledovaném období	57
Obr. 22: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP4027	57
Obr. 23: Histogram vydatnosti pramene PP4027	58
Obr. 24: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP4027 1. týden	59
Obr. 25: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP4027 12. týden	59
Obr. 26: Graf korelačních koeficientů pramene PP4027 pro každý týden	60
Obr. 27: Mapa akumulace povrchového odtoku	62
Obr. 28: Graf výskytu kvantilů P-T indexu u dvoutýdenní agregace v období 1963 až 2020	63

14 Seznam tabulek

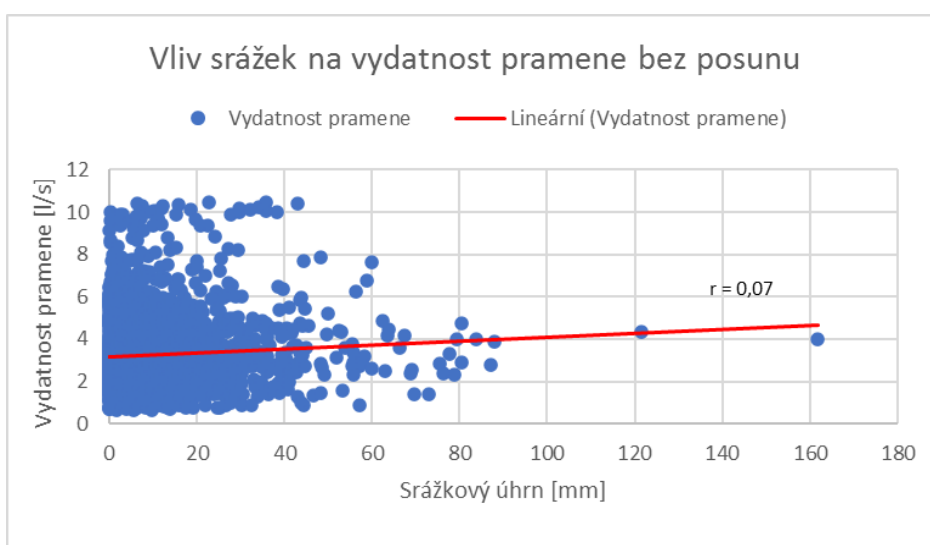
Tab. 1: Využití území v zájmové oblasti.....	38
Tab. 2: Rozdělení hydrologických skupin půd (VUMOP, ©2021a).....	45
Tab. 3: Výčet hornin vyskytujících se v jednotlivých povodích IV. řádu	48
Tab. 4: Klimatická charakteristika oblasti T2 (Quitt, 1971)	49
Tab. 5: Kvantily denních srážkových úhrnů za sledované období VP1728.....	54
Tab. 6: Kvantily hladiny podzemní vody ve vrtu VP1728	55
Tab. 7: Kvantily denních srážkových úhrnů ve sledovaném období pramene PP0427	58
Tab. 8: Kvantily vydatností PP0427	58
Tab. 9: Mezní hodnoty P-T indexu pro dvoutýdenní agregaci pro oblast Praha-Ruzyně.....	62
Tab. 10: Mezní hodnoty P-T indexu v okresech Louny a Rakovník (Novický et al. 2012)	63

15 Seznam příloh

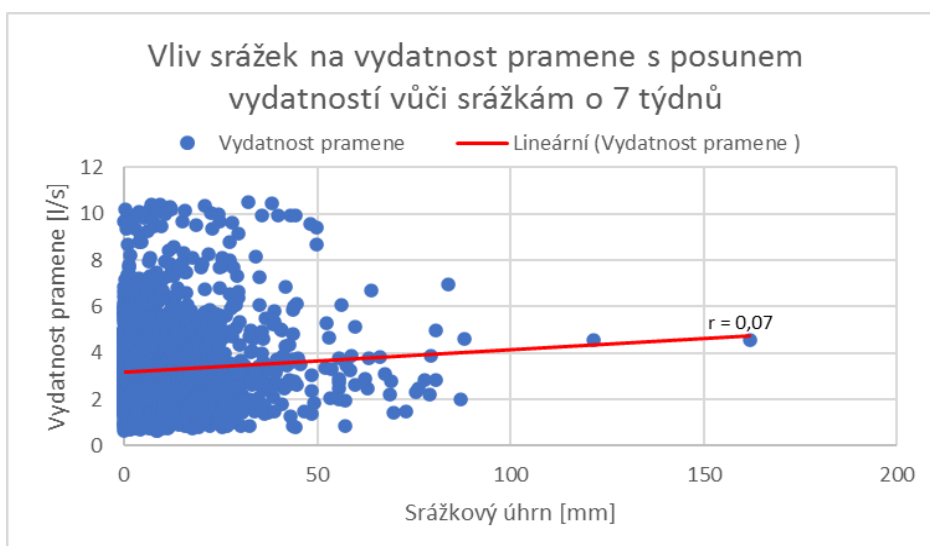
Příloha 1: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0427 bez posunu	83
Příloha 2: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0427 pro posun o 7 týdnů ...	83
Příloha 3: Histogram vydatností pramene PP0428	83
Příloha 4: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP0428	84
Příloha 5: Graf vydatností pramene PP0428 ve sledovaném období.....	84
Příloha 6: Graf korelačních koeficientů pramene PP0428 pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene	84
Příloha 7: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0428 bez posunu	85
Příloha 8: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0428 pro posun o 1 týden....	85
Příloha 9: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0428 pro posun o 12 týdnů .	85
Příloha 10: Kvantily denních srážkových úhrnů PP0428	86
Příloha 11: Kvantily vydatností PP0428.....	86
Příloha 12: Kvantily vydatností PP0906 (denní)	86
Příloha 13: Kvantily denních srážkových úhrnů PP0906 (denní).....	86
Příloha 14: Histogram vydatností pramene PP0906 (denní)	87
Příloha 15: Graf vydatností pramene PP0906 (denní) ve sledovaném období.....	87
Příloha 16: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP0906 (denní).....	87

Příloha 17: Graf korelačních koeficientů pramene PP0906 (denní) pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene.....	88
Příloha 18: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) bez posunu...	88
Příloha 19: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) pro posun o 1 týden.....	88
Příloha 20: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) pro posun o 9 týdnů.....	89
Příloha 21: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) pro posun o 12 týdnů.....	89
Příloha 22: Histogram vydatností pramene PP0906 (týdenní)	89
Příloha 23: Graf vydatností pramene PP0906 (týdenní) ve sledovaném období.....	90
Příloha 24: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP0906 (týdenní).....	90
Příloha 25: Kvantily vydatností PP0906 (týdenní).....	90
Příloha 26: Kvantily denních srážkových úhrnů ve sledovaném období pramene PP0906 (týdenní).....	90
Příloha 27: Graf korelačních koeficientů pramene PP0906 (týdenní) pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene.....	91
Příloha 28: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) bez posunu	91
Příloha 29: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) pro posun o 1 týden.....	91
Příloha 30: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) pro posun o 10 týdnů.....	92
Příloha 31: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) pro posun o 12 týdnů.....	92
Příloha 32: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 bez posunu	92
Příloha 33: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 pro posun o 9 týdnů.....	93
Příloha 34: Mezní hodnoty P-T indexu pro týdenní agregaci pro oblast Praha-Ruzyně.....	93
Příloha 35: Mezní hodnoty P-T indexu pro čtyřtýdenní agregaci pro oblast Praha-Ruzyně.....	93

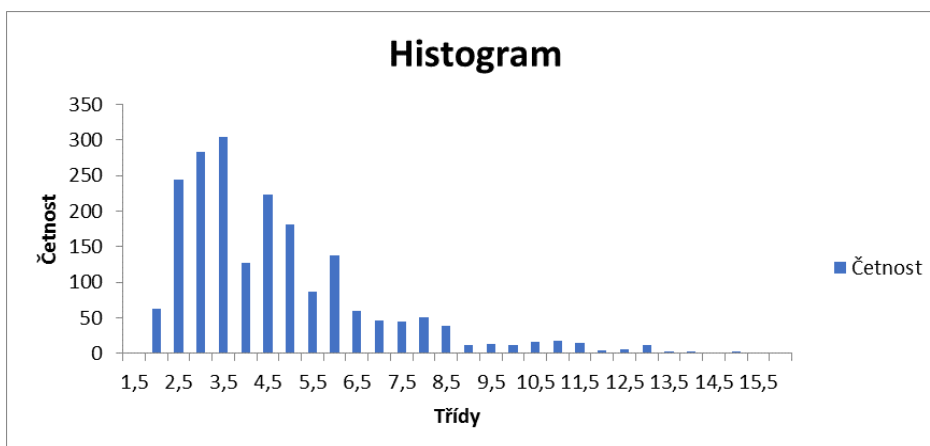
Příloha 1: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0427 bez posunu



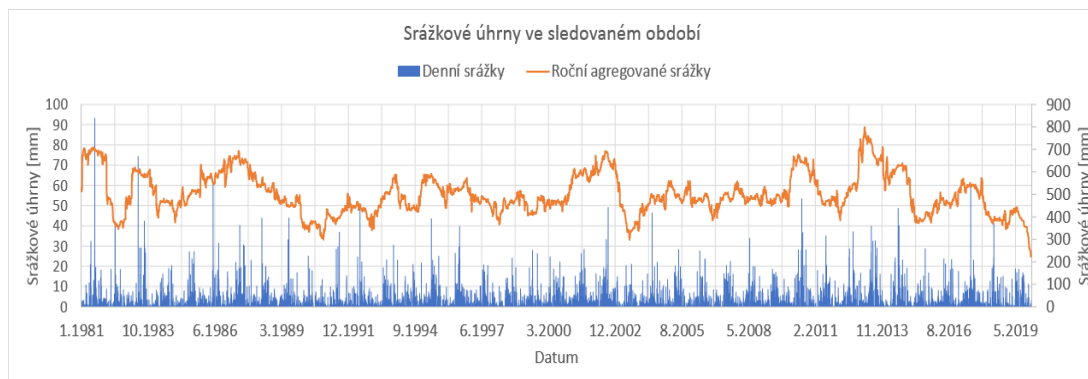
Příloha 2: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0427 pro posun o 7 týdnů



Příloha 3: Histogram vydatností pramene PP0428



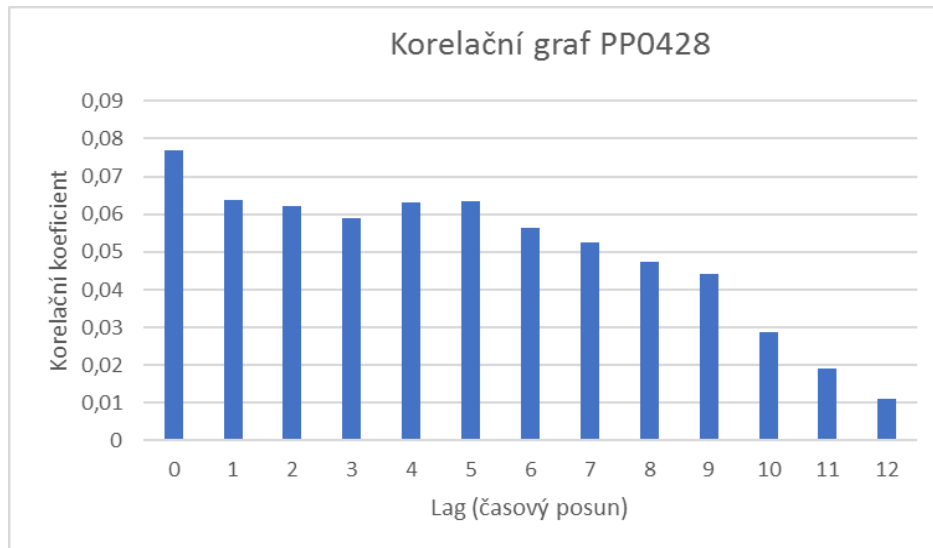
Příloha 4: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP0428



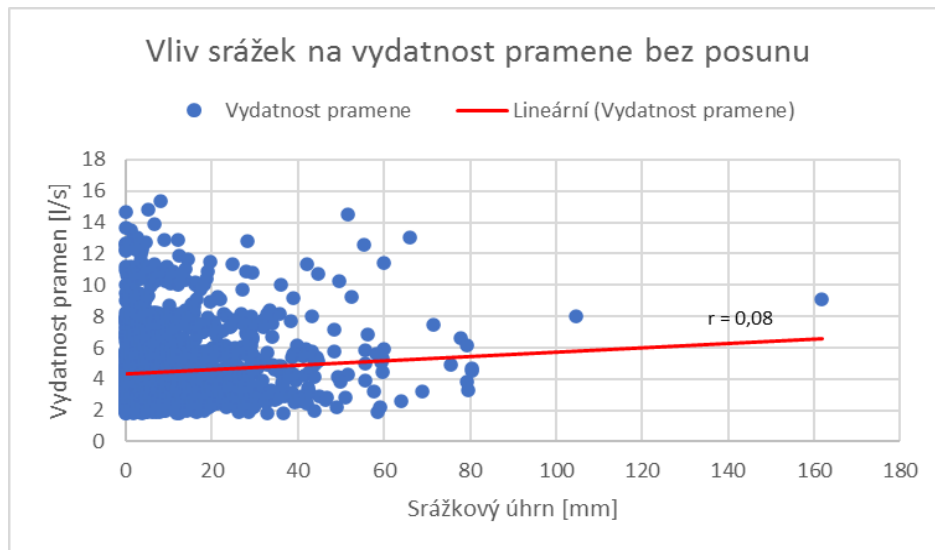
Příloha 5: Graf vydatností pramene PP0428 ve sledovaném období



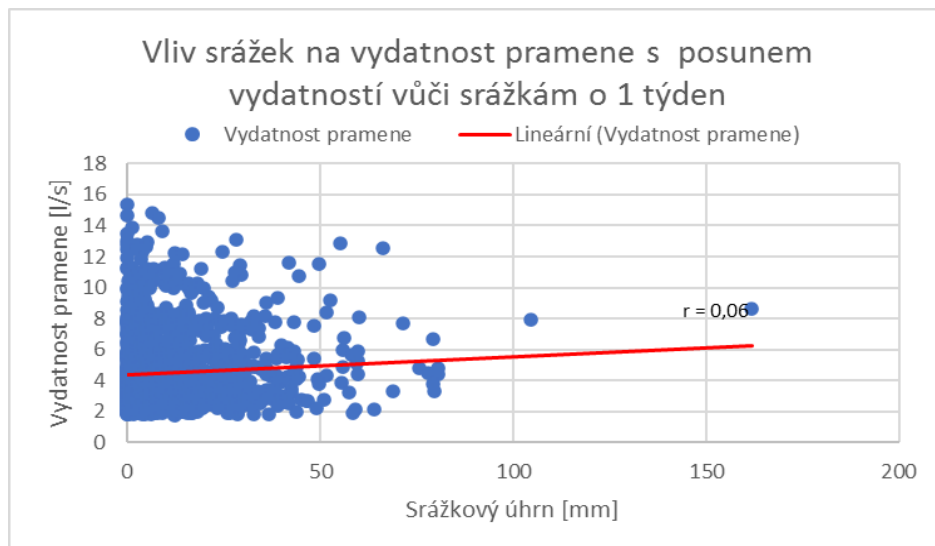
Příloha 6: Graf korelačních koeficientů pramene PP0428 pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene



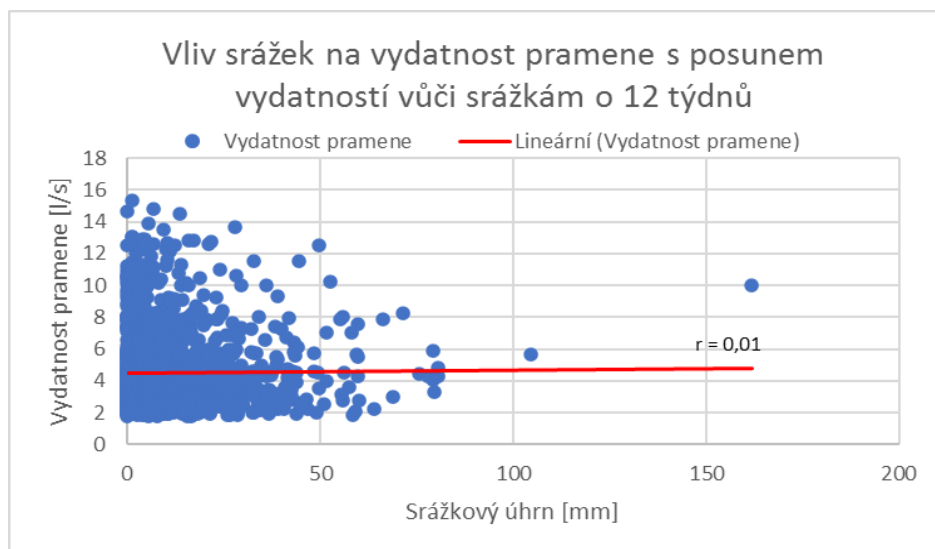
Příloha 7: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0428 bez posunu



Příloha 8: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0428 pro posun o 1 týden



Příloha 9: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0428 pro posun o 12 týdnů



Příloha 10: Kvantily denních srážkových úhrnů PP0428

Kvantil [%]	Denní úhrny [mm]
99	18,5
95	7,3
75	0,9
25	0
5	0
1	0

Příloha 11: Kvantily vydatností PP0428

Kvantil [%]	Vydatnost [l/s]
99	12,48
95	9,1
75	5,44
25	2,83
5	2,17
1	1,87

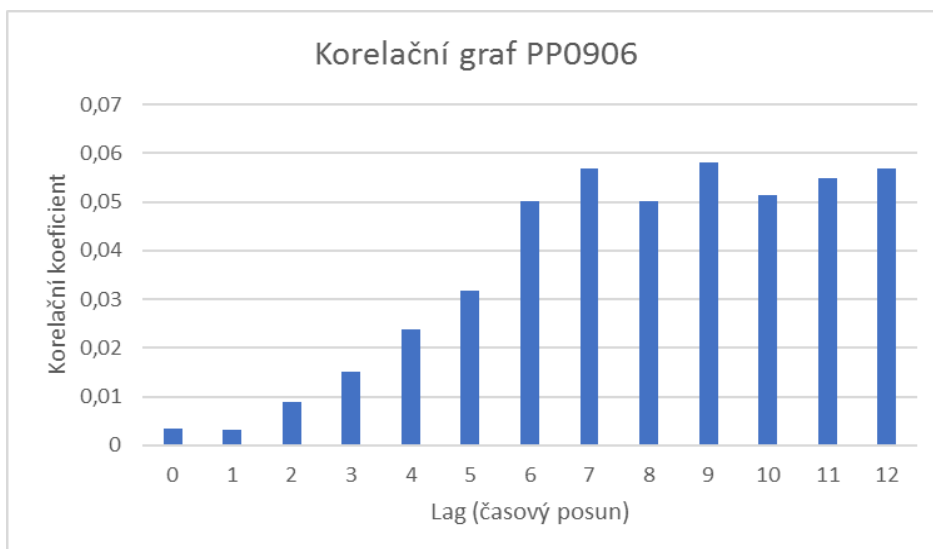
Příloha 12: Kvantily vydatností PP0906 (denní)

Kvantil [%]	Vydatnost [l/s]
99	2,49
95	2,33
75	1,97
25	1,29
5	0,89
1	0,7

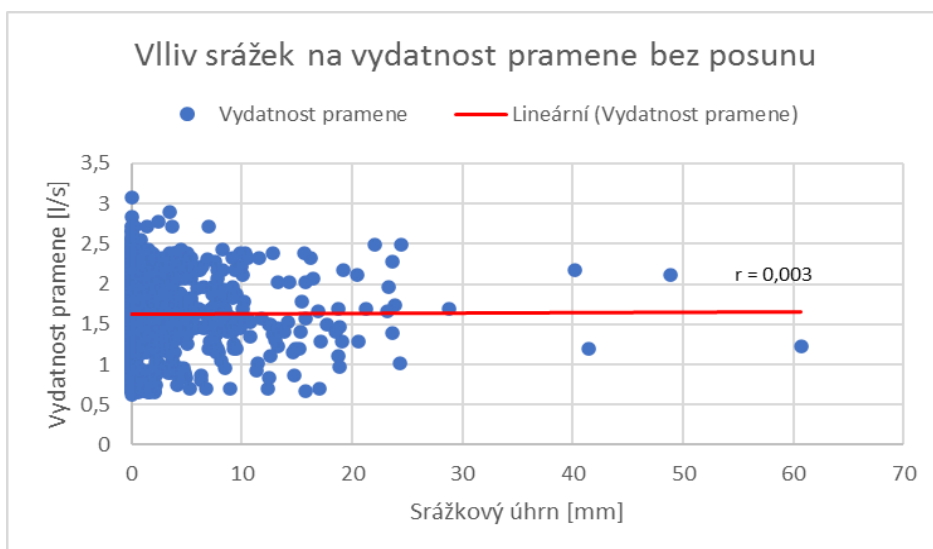
Příloha 13: Kvantily denních srážkových úhrnů PP0906 (denní)

Kvantil [%]	Denní úhrny [mm]
99	18,5
95	7,6
75	0,7
25	0
5	0
1	0

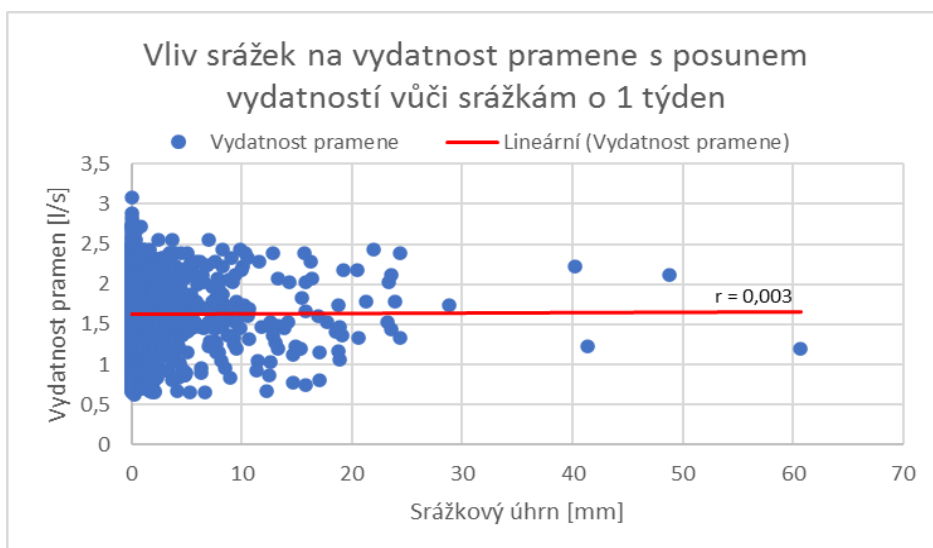
Příloha 17: Graf korelačních koeficientů pramene PP0906 (denní) pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene



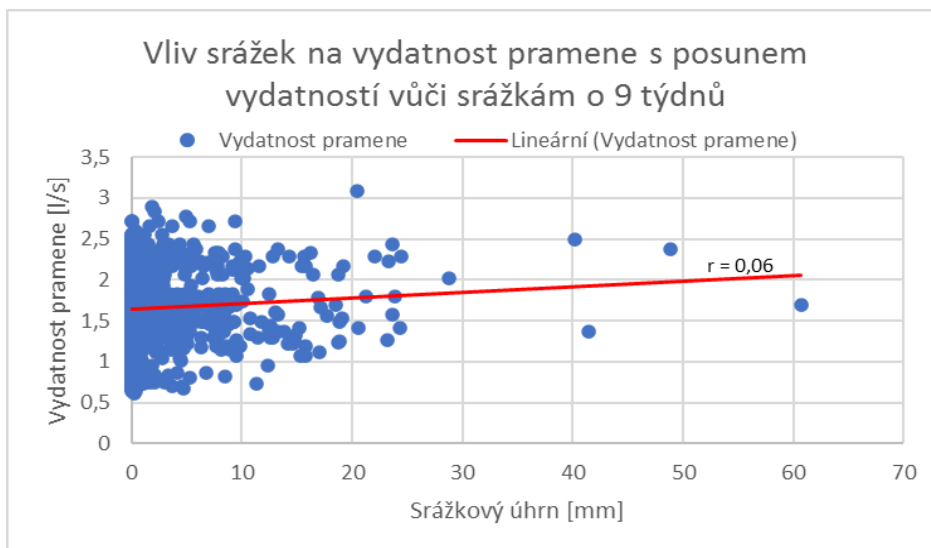
Příloha 18: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) bez posunu



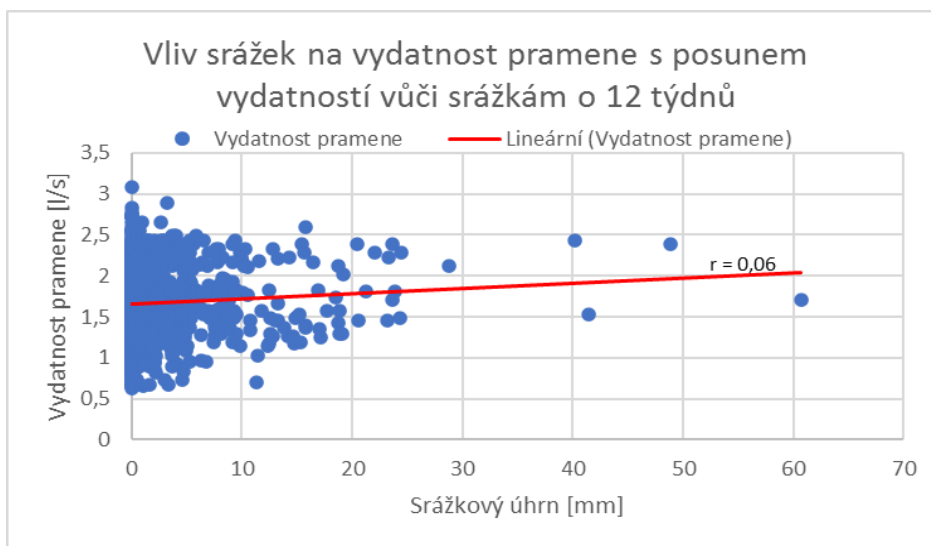
Příloha 19: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) pro posun o 1 týden



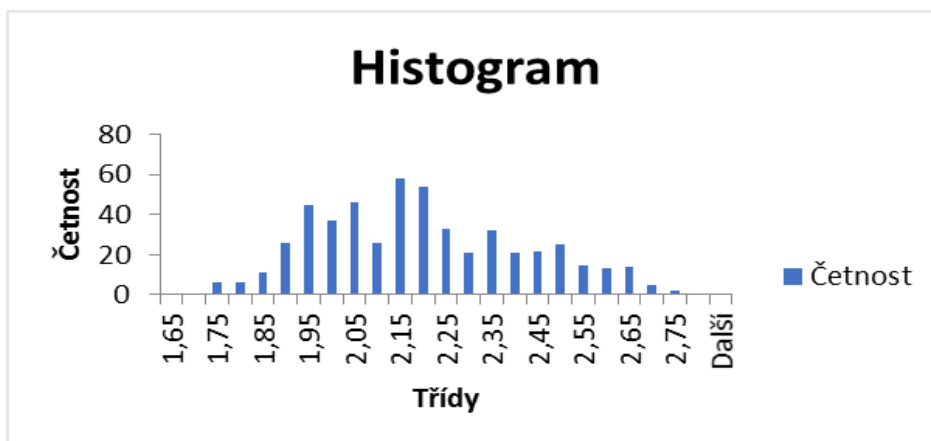
Příloha 20: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) pro posun o 9 týdnů



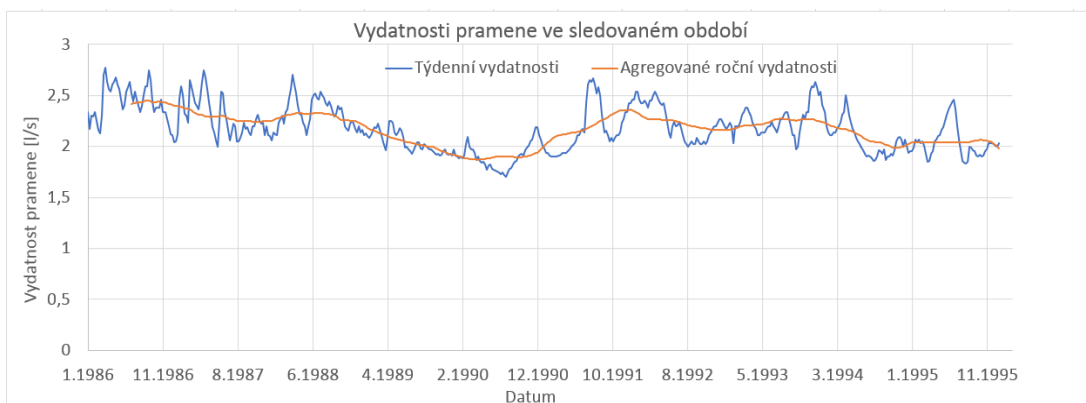
Příloha 21: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (denní) pro posun o 12 týdnů



Příloha 22: Histogram vydatností pramene PP0906 (týdenní)



Příloha 23: Graf vydatností pramene PP0906 (týdenní) ve sledovaném období



Příloha 24: Graf srážkových úhrnů ve sledovaném období PP0906 (týdenní)



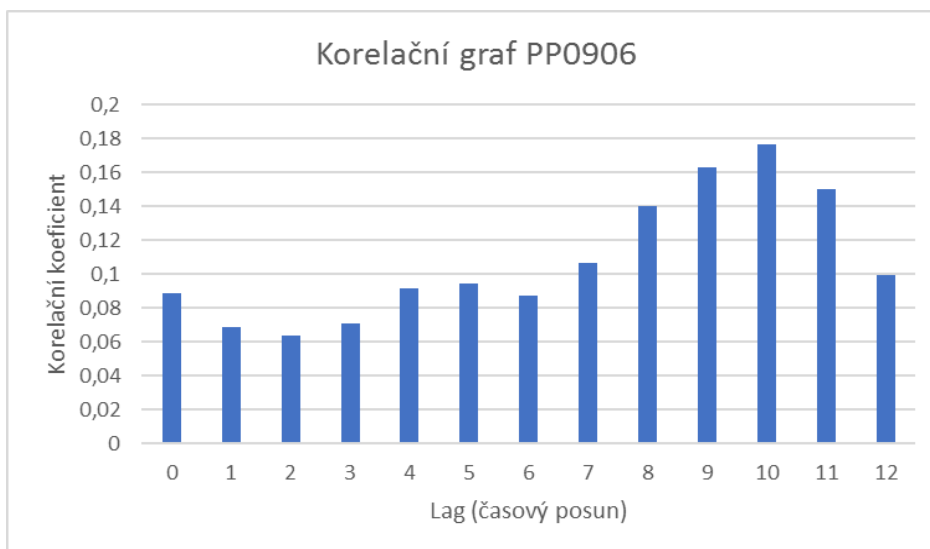
Příloha 25: Kvantily vydatností PP0906 (týdenní)

Kvantil [%]	Vydatnost [l/s]
99	2,68
95	2,58
75	2,34
25	2
5	1,86
1	1,7419

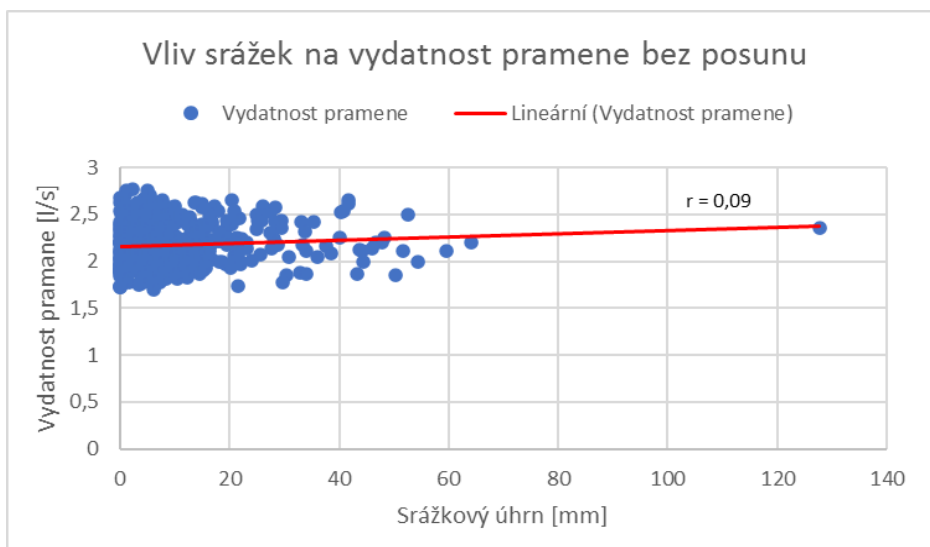
Příloha 26: Kvantily denních srážkových úhrnů ve sledovaném období pramene PP0906 (týdenní)

Kvantil [%]	Denní úhrny [mm]
99	18,6
95	6,7
75	0,9
25	0
5	0
1	0

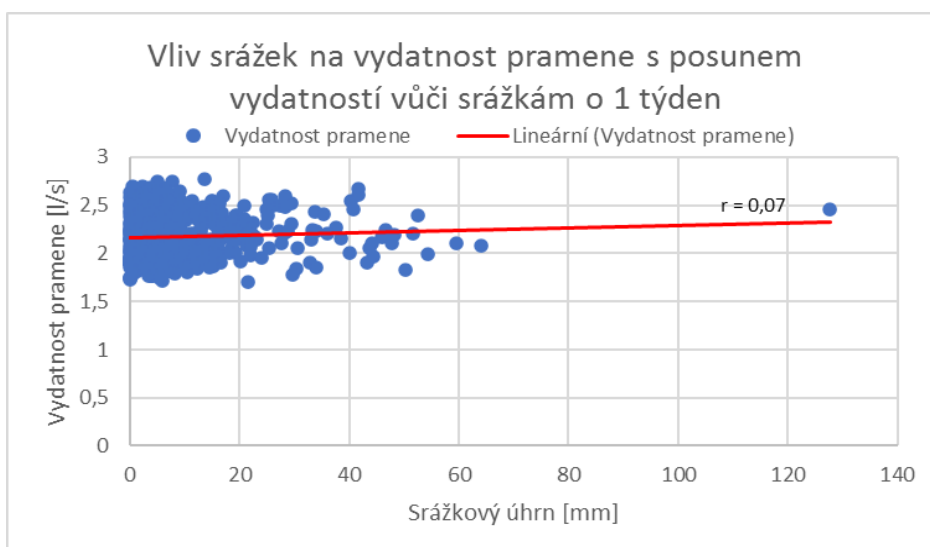
Příloha 27: Graf korelačních koeficientů pramene PP0906 (týdenní) pro n -týdenní posuny srážek a vydatností pramene



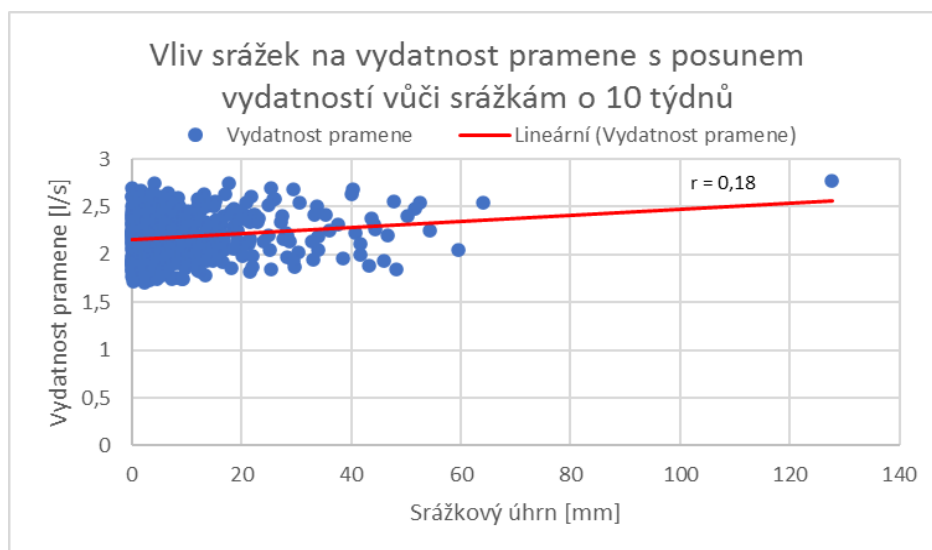
Příloha 28: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) bez posunu



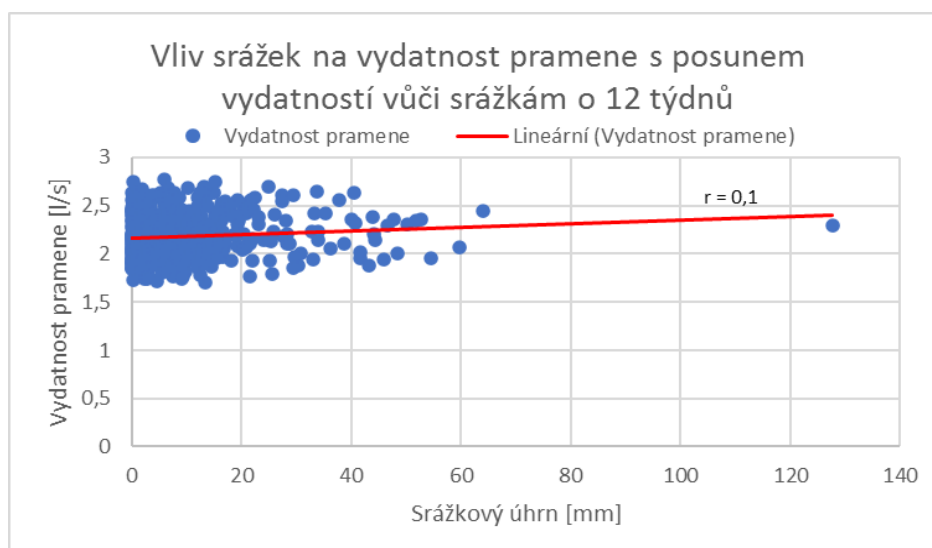
Příloha 29: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) pro posun o 1 týden



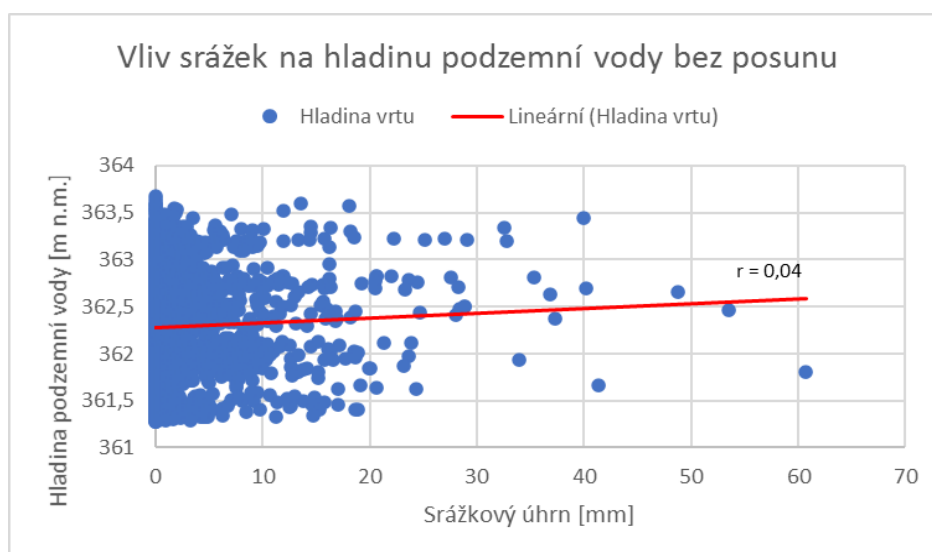
Příloha 30: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) pro posun o 10 týdnů



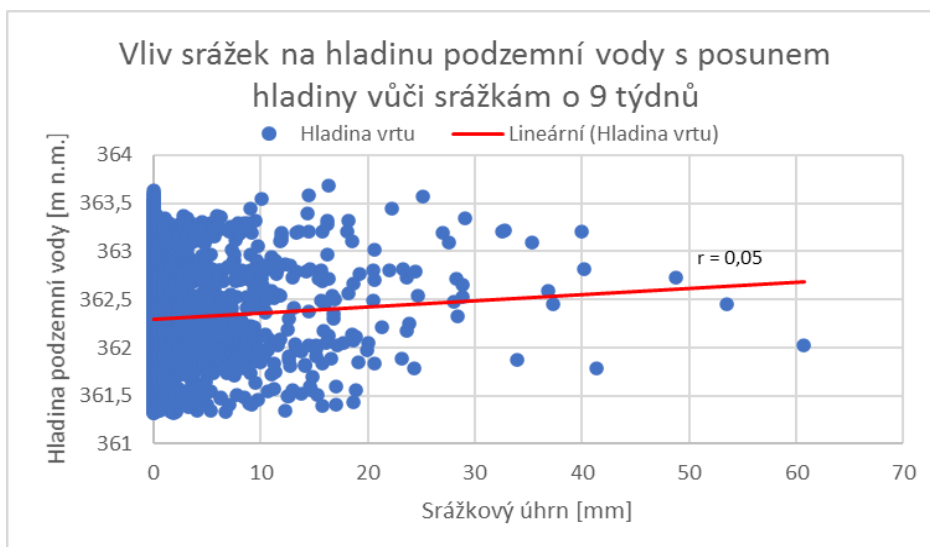
Příloha 31: Graf vlivu srážek na vydatnost pramene PP0906 (týdenní) pro posun o 12 týdnů



Příloha 32: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 bez posunu



Příloha 33: Graf vlivu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1728 pro posun o 9 týdnů



Příloha 34: Mezní hodnoty P-T indexu pro týdenní agregaci pro oblast Praha-Ruzyně

Roky	Zvýšené riziko <Q25%	vysoké riziko <Q15%	extrémní riziko <Q5%
1963–2020	0,25	0,09	0

Příloha 35: Mezní hodnoty P-T indexu pro čtyřtýdenní agregaci pro oblast Praha-Ruzyně

Roky	Zvýšené riziko <Q25%	vysoké riziko <Q15%	extrémní riziko <Q5%
1963–2020	2,44	1,82	1,05