

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V
PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a enviromentálního modelování



Potenciální vliv klimatických změn na zdroje podzemní vody
ve správě VOSS Sokolov

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

Bakalant: Jana Beranová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Beranová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Potenciální vliv klimatických změn na zdroje podzemní vody ve správě VOSS Sokolov

Název anglicky

Potential impact of climate change on groundwater resources managed by VOSS Sokolov

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je provést rešerši relevantních informačních zdrojů k problematice klimatických změn s důrazem na jejich vliv na podzemní vody v České Republice. Dále analyzovat a vyhodnotit potenciální vliv změn klimatu na zdroje podzemních vod a to na konkrétním příkladu stavu pramenišť na Sokolovsku v Karlovarském kraji. To znamená posoudit souvislosti stavu zdrojů podzemních vod ve správě VOSS Sokolov se zaměřením na řešení distribuce pitné vody v případě poklesu vydatnosti původního zdroje.

Metodika

Hlavními metodami použitými v této bakalářské práci je rešerše relevantních informačních zdrojů a dále zpracování získaných dat, včetně výběru posuzovaných kritérií, zpracování výsledků, jejich interpretace a diskuse.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

Vodní zdroje, podzemní vody, klimatické změny, sucho, prameniště

Doporučené zdroje informací

MRKVIČKOVÁ, M. a kol. 2012. Návrh adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Praha. 133 s. ISBN: 978-80-87402-25-2.

NĚMEC, J. a kol. 2009. Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu. Pro Ministerstvo zemědělství ČR vydal Consult, Praha. 255 s. ISBN: 978-80-903482-7-1

Vlnas, R. a kol. 2012. Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. T. G. Masaryka, v. v. i. Praha. 52 s. ISBN: 978-92-9167-989

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2020

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: *Potenciální vliv klimatických změn na zdroje podzemní vody ve správě VOSS Sokolov* vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědoma, 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 vědoma, 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.

Ve Svatavě dne: 10. 6. 2020

Podpis autora:



Poděkování

Ráda bych poděkovala především vedoucí mé bakalářské práce paní Mgr. Martě Martínkové Ph.D. za odborné vedení, konzultace a vstřícnost.

Dále bych chtěla poděkovat zaměstnancům VOSS Sokolov za poskytnuté informace a ochotu odpovídat na mé otázky.

V neposlední řadě děkuji své rodině za trpělivost a podporu při psaní mé práce.

Abstrakt

Práce se zabývá hydrologickým suchem a suchem v podzemních vodách. V první části jsou rešeršní formou charakterizovány základní pojmy této problematiky a shrnuty potenciální důsledky klimatické změny pro podzemní vody.

V praktické části jsou popsána jednotlivá prameniště podzemních vod na Sokolovsku s důrazem na jejich vydatnost a možné ovlivnění klimatickými změnami.

Mezi sebou jsou vzájemně porovnány údaje Českého hydrometeorologického ústavu za sledované období tří let o naměřené teplotě a množství srážek v Karlovarském kraji.

Zjištěné výsledky poukazují na nutnost řešení zásobování obcí pitnou vodou tam, kde vlivem klimatických změn klesá vydatnost pramenišť a potřebnost přijetí opatření do budoucna.

Klíčová slova: Vodní zdroje, podzemní voda, klimatické změny, sucho, prameniště

Abstract

The bachelor thesis is focused on hydrological and groundwater drought. First part explains the most relevant terms of the issue and summarizes potential impacts of climate change on groundwater in the context of Czech Republic. The next part describes the individual groundwater springs in the Sokolov region with an emphasis on their capacity and potential impact of climate change. The data of the Czech Hydrometeorological Institute for the monitored period of three years on the measured temperature and the amount of precipitation in the Karlovy Vary Region are compared with each other. The results show that there is a need to address the drinking water supply of municipalities, where the influence of climate change decreases the yield of spring areas and the need to implement measures in the future.

Keywords: water resources, groundwater, climate change, drought, spring

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl.....	1
3 Literární rešerše	2
3.1 Úvod.....	2
3.2 Koloběh vody.....	3
3.3 Povrchové vody	3
3.4 Podzemní vody.....	4
3.5 Jímací objekty	5
3.5.1 Jímací zářez.....	5
3.5.2 Šachtová studna	6
3.5.3 Vrtaná studna	6
3.6 Prameny	7
3.7 Hydrogeologie.....	7
4 Vodárenské sítě.....	8
4.1 Vodovod.....	9
4.2 Vodojem.....	10
5 Relevantní legislativa.....	10
6 Nakládání s vodami.....	12
6.1 Nakládání s povrchovými vodami	12
6.2 Povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami	12
7 Klimatické změny	13
7.1 Příčiny změny klimatu	15
7.2 Dopady změny klimatu	16
7.3 Srážky	17
7.4 Sucho	18
7.4.1 Meteorologické sucho.....	19
7.4.2 Hydrologické sucho	20
7.4.3 Agronomické sucho	20
7.4.4 Socioekonomické sucho.....	21
7.4.5 Dopady sucha.....	21
7.5 Adaptační opatření.....	21
8 Potenciální vliv klimatické změny na podzemní vody	22
9 Praktická část	23
9.1 Prameniště Březová	24
9.2 Prameniště Dolní Rychnov	26

9.3	Prameniště Stříbrná	27
9.4	Studna Nadlesí	37
9.5	Prameniště Oloví.....	38
9.6	Prameniště Hrušková	42
9.7	Prameniště Podstrání.....	44
9.8	Studna Lobzy	45
9.9	Studny Jindřichovice – U Bartošů a Okály.....	46
10	Diskuze	49
11	Závěr	51
12	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	52
12.1	Literární zdroje.....	52
12.2	Internetové zdroje	54
12.3	Obrázky.....	57
12.4	Tabulky	59
12.5	Přílohy.....	59

1 Úvod

Pravou hodnotu vody poznáme až v momentě, kdy se její zásoby začínají snižovat a je jí nedostatek. V posledních několika letech pozorujeme stále častější výskyt suchých období. Do popředí zájmu veřejnosti se dostává problematika změny klimatu a její dopady na zásoby vod. Nejen proto, že je Česká republika „střechou Evropy“ je potřeba tento problém řešit zvyšováním retenční schopnosti krajiny.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na zdroje podzemních vod sledovaného území Sokolovska s cílem zhodnocení vydatnosti jednotlivých pramenišť. Zamýšlí se nad způsobem zásobování pitnou vodou obcí závislých na podzemních vodních zdrojích. Hledá řešení v posílení stávajících zdrojů budováním hlubokých podzemních vrtů nebo možnosti napojení malých obcí na centrální zásobování vodovodem Horka ze Sokolova. Neopomene důležitost zadržování vody v krajině.

V úvodní kapitole rešeršní části jsou popsány vodní zdroje, jejich definice a rozdělení, v další části způsob distribuce vody ke spotřebiteli. Následně je vyjmenována relevantní legislativa a obecné normy spolu se způsobem nakládání s vodami podle zákona č. 254/2001 Sb. Větší prostor je věnován suchu a vlivu klimatických změn na podzemní vodní zdroje. Praktická část popisuje prameniště zájmového území Sokolovska v Karlovarském kraji, jejich stav a následná opatření posílení zdrojů vydatnosti.

2 Cíl

Cílem této bakalářské práce je provést rešerši relevantních informačních zdrojů k problematice klimatických změn s důrazem na jejich vliv na podzemní vody v České republice. Dále analyzovat a vyhodnotit potenciální vliv změn klimatu na zdroje podzemních vod, a to na konkrétním příkladu stavu pramenišť na Sokolovsku v Karlovarském kraji. To znamená posoudit souvislosti stavu zdrojů podzemních vod ve správě VOSS Sokolov se zaměřením na řešení distribuce pitné vody v případě poklesu vydatnosti původního zdroje.

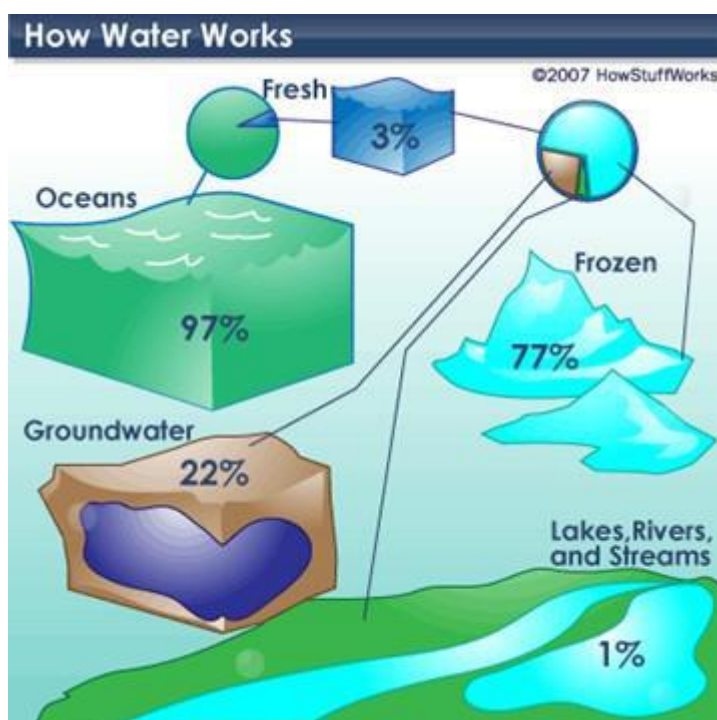
3 Literární rešerše

3.1 Úvod

Voda je jednou z nejjednodušších sloučenin ve vesmíru, obsahuje atomy vodíku a kyslíku. Běžně se s ní můžeme setkat ve třech skupenstvích – v podobě ledu, kapaliny a páry. Funkce vody v krajině jsou přirovnávány k významu krve v lidském těle. Vodní roztoky zabezpečují přenos látek i energie (Cílek a kol., 2006).

Praktické a jednoduché je označení různých typů vod jako voda modrá, zelená a šedá. Modrá voda je déšť, řeky a potoky a také voda v podzemních zásobnících. Doma zacházíme s modrou vodou. Naproti tomu zelená voda není vidět a téměř s ní nepřicházíme do kontaktu. Je to totiž vláha skrytá v půdních pokryvech, kterou pro svůj růst využívají rostliny. Šedá voda padá ve městech, kde se dá využít jako technická voda, třeba na zavlažování parků, ale většina jen tak odteče kanalizací (Cílek a kol., 2017).

Z veškeré vody na zemi soustředí voda v oceánech 97% slané vody, zbývající 3 % tvoří voda sladká.



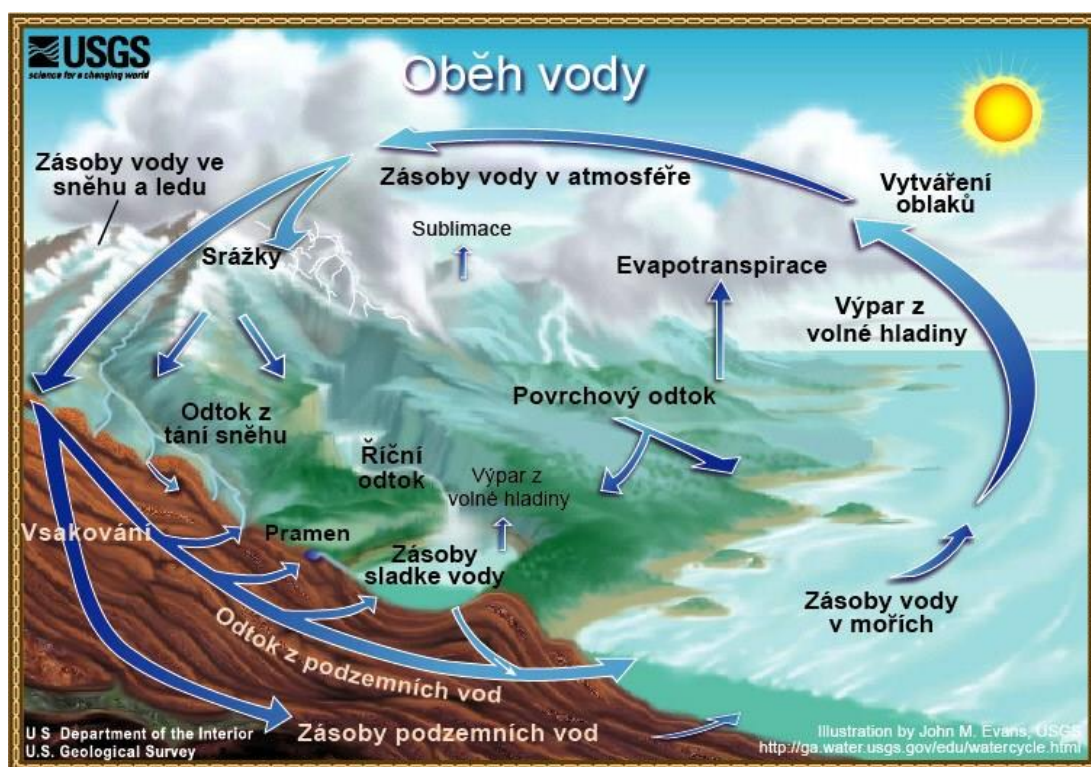
Obr. 1: Rozložení vody na Zemi (<https://slideplayer.cz/slide/3151609/>).

Za vodní zdroje pokládáme vody povrchové a podzemní, které jsou využívány pro potřeby společnosti. Nejdůležitějšími přírodními faktory ovlivňující vodní zdroje

jsou: klimatické poměry, teplota, srážky, výpar, morfologické a geologické poměry, vegetační pokryv, složení půdy a hydrogeologické vlastnosti území (Plecháč, 1989).

3.2 Koloběh vody

Neustálý oběh vody spojený se změnami jejího skupenství nazýváme hydrologickým cyklem neboli koloběhem vody (zjednodušeně odpar vody z hladiny oceánů, srážky, zpětný odtok do moří). Mezi výparem, transpirací, srážkami, povrchovým odtokem, vsakem pod povrch a vývěrem na zemský povrch se vytváří dynamický rovnovážný vztah – hydrologická bilance (MŽP, 2010).



Obr. 2: Rámcový mechanismus oběhu vody na Zemi (Ruda, 2014).

Malý koloběh vody (malý hydrologický cyklus) probíhá pouze nad pevninou nebo pouze nad oceánem a ve velkém koloběhu vody (velký hydrologický cyklus) dochází k přesunu vody mezi pevninou a oceánem.

3.3 Povrchové vody

Povrchové vody se přirozeně vyskytují na zemském povrchu a dělí se na vody stojaté a tekoucí. Jsou charakteristické velkou dynamikou prostředí a změnami v čase. U tekoucího typu vod se toto projevuje prohlubováním koryta toku, rozšiřováním příčného průřezu, vyrovnáním dna, erozí a meandry. U stojatých vod dochází především k zarůstání, sedimentaci a hromadění živin. Ochrana povrchových vod

vyplývá ze zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů (MŽP, 2019).

Povrchovou vodu odebíráme hlavně z přehradních nádrží, méně z jiných přírodních a umělých nádrží, a ještě méně z řek.

Přehradní jezera zadržují pětkrát více vody, než kolik proudí koryty všech řek. Řeky mají obrovský význam, odvádějí totiž srážkovou vodu z povrchu a vsakováním podporují zásobování podzemních vod (Geology.cz, 2014).

3.4 Podzemní vody

Podpovrchová voda je voda, která se vyskytuje pod povrchem v zemské kůře a dělí se na **vodu půdní** a **vodu podzemní**, která vyplňuje průliny, pukliny a dutiny ve zvodnělých horninách.

Podle místa výskytu se podzemní vody dělí na vadózní (mělké), juvenilní (mladé) a fosilní. Podle vazby vody rozlišujeme podzemní vodu na chemicky vázanou v minerálech, vodu absorpční, kapilární a gravitační a podle hydraulických poměrů na vody s volnou nebo napjatou hladinou.

Podzemní vody jsou velikou zásobárnou vod, které vydrží, i když na povrchu je vody nedostatek. Podzemní vodu nepovažujeme jen za vodu pitnou a užitkovou, ale i potřebnou při využívání nerostných surovin a také pro zemědělské, průmyslové a stavební práce. Hlavní zásobárnou podzemních vod jsou atmosférické srážky. Částečně přispívá i voda odtávající z ledovců a sněhu, něco málo dodají nádrže sladkých vod. Podzemní vody odtékají k vývěrům, pramenům, a to nejen na suchou zemi, ale také do řek, vodních nádrží, a dokonce i do moře. To vše patří k přírodnímu koloběhu vod, do kterého však zasahuje člověk odčerpáváním podzemní vody. V České republice máme řadu údajů o stáří podzemních vod. Potíž je v tom, že se podzemní vody pohybují a mísí. Nejstarší vody nazýváme pohřbené a jsou to zbytky vod z moří či jezer, které se zachovaly. Takové vody mohou být staré i miliony let. Je v nich obvykle rozpuštěno více minerálních látek, takže jde o vody minerální. Srážková a povrchová voda proniká pod povrch a mění se na vodu podzemní vsakem neboli infiltrací. Hladina podzemních vod se mění, dnes obvykle klesá. Tyto změny se projevují i na povrchu, při jejich poklesu vysychají prameny a studnám ubývá na vydatnosti. Kolísání hladin podzemní vody je závislé hlavně na atmosférických srážkách, tedy na ročním období (Geology.cz, 2014).

Režim podzemních vod je ovlivněn především hydrogeologií, geomorfologií, klimatickými a hydrologickými poměry, vegetací a v neposlední řadě činností člověka.

3.5 Jímací objekty

Jímání znamená odběr vody z vodního zdroje prostřednictvím jímacího objektu. Jímání podzemních i povrchových vod musí zabezpečovat hygienicky nezávadný, technicky účelný, a hospodárný odběr. Jímací objekt je technické zařízení, které slouží k odběru povrchové a podzemní vody do vodovodního systému (Wikipedie, 2016).

Jímání povrchových vod

V případě jímání povrchových vod je hlavní zřetel brán na kvalitativní vhodnost zdroje, neboť od ní se následně odvíjí náklady na technologii úpravy (Zelinka, Formánek, 2005).

Jímání podzemních vod

Hlavními faktory pro výběr vhodného jímacího zařízení jsou struktura horninového prostředí, jeho propustnost, rychlost a směr proudění podzemní vody, vydatnost zdroje, stálost hladiny a také složení vody.

Hlavní druhy jímacích objektů:

- 1) pro jímání povrchové vody: jímadla břehová, řečištní, hrázová a věžová
- 2) pro jímání podzemní vody:
 - a) horizontální jímací objekty (zářezy, galerie a štoly)
 - b) vertikální jímací objekty (trubkové, trubní a šachtové studny)

3.5.1 Jímací zářez

Horizontální jímací zářez je objekt budovaný v rýze, který slouží k zachycení nesoustředěných pramenů vody. Buduje se především u slabě propustných mělkých zvodnělých vrstev. Hloubí se až k nepropustnému podloží, na něhož se pokládají kameninové trouby, které se obkládají lomovým kamenem a obsypávají vrstvou šterku. Po šterkové vrstvě následuje přibližně 20 cm písku. Rýha se utěsňuje vrstvou jílu a doplní vytěženým materiálem. Pro účel odstranění oxidu uhličitého z vody

může být jímka doplněna otevřeným filtrem, který obsahuje odkyselovací hmotu (SOVAK, 2003).



Obr. 3: Jímací zářez (Google, 2020).

3.5.2 Šachtová studna

Šachtová studna může být kopaná nebo spouštěná. Plášť studny je z betonu, cihel nebo kamene. Kopaná studna se buduje od spodu vyhloubené šachty. Spouštěná studna se buduje podkopáváním břitu patky pláště studny (SOVAK, 2003).

3.5.3 Vrtaná studna

Nejrozšířenějším typem jímacích objektů podzemní vody je vrtaná studna. Aktivní část vrtu zabezpečuje stabilitu vrtu, přítok vody, nejmenší možné tlakové ztráty, dále zamezuje vniku jemnozrnných částic horniny do vrtu. Vystrojení vrtu zárubnicemi (ocelovými, plastovými nebo keramickými) je důležitým faktorem, který ovlivňuje životnost vrtu. Volba zárubnic odpovídá podmínkám kvality odebírané vody a hloubce realizovaného vrtu. Prostor mezi zárubnicí a stěnou vrtu vyplňuje obsyp, který nesmí mít zrna menší, než jsou otvory v zárubnici, nesmí ovlivňovat vlastnosti a složení vody (SOVAK, 2003).

Hlavní zásadou pro jímání podzemní vody je zajištění vodního zdroje nejen trvalé vydatností, ale i vhodné jakosti a hygienické nezávadnosti. Aby bylo jímání podzemní vody technicky účelné a hospodárné, musí být zvolený způsob jímání navržen na základě znalostí hydrogeologických poměrů a dalších kritérií, jako je:

- potřebné množství vody
- předpokládaná využitelná vydatnosti vodního zdroje
- předpokládaná kvalita vody

- úroveň HPV
- charakter hornin s ohledem na jejich propustnost, vrtatelnost a těžitelnost
- mocnost zvodně
- hloubka nepropustného podloží
- předpokládaný směr proudění
- možnost ochrany vodního zdroje

Všechna tato kritéria by měla být řešena v hydrogeologickém průzkumu na základě kterého by měl být doporučen konkrétní způsob jímání podzemní vody (Tourková, 1999).

3.6 Prameny

Pramen je přirozený vývěr vody na zemský povrch, který je vázaný na konkrétní místo. Místo vývěru určuje geologická stavba podloží, svou propustností. Vydatnost pramenů podporovaných mělkou pozemní vodou přímo závisí na lokálních klimatických jevech. Prameny podzemních vod, které vystupují z větších hloubek, reagují na klimatické změny v menší míře a většinou s delší časovou odezvou. Vyskytuje-li se v území pohromadě více pramenů, které jsou ve vzájemném hydrologickém vztahu, nazýváme je prameništěm. Vyvěrající podzemní voda v pramenech představuje část složky podzemního odtoku. Množství vyvěrající vody za časovou jednotku (litr/sekundu) udává vydatnost pramene.

3.7 Hydrogeologie

Horniny jsou schopny pohlcovat a zadržovat vodu určitou silou podle vzájemné přitažlivosti mezi molekulami vody a horninou. Rozeznáváme horniny:

Nepropustné (vodotěsné) – s těsnými kapilárními póry, které za normálních tlakových poměrů vedou jen stěží měřitelné malé množství vody. (např. jílu, který je schopen zadržet váhově větší množství vody, než je vlastní váha suché zeminy).

Málo propustné – ty, z jejichž obnažených ploch vytéká malé množství vody a nezvětšuje se s hloubkou.

Propustné – jsou schopné akumulovat vodu a umožnit její pohyb a tím vytváří hydrogeologický kolektor.

Propustnost horninového prostředí

Propustnost je schopnost horniny propouštět vodu. Propustné horniny jsou takové, které jsou schopny předávat obsaženou vodu dále do horninového prostředí nebo ji nechat vystoupit vlivem hydraulického gradientu. Podzemní voda vyplňuje v hornině prostory různých velikostí, a právě velikost a uspořádání těchto prostor ovlivňuje výskyt a pohyb podzemní vody a určuje hydraulické vlastnosti hornin (Tourková, 1999).

Rozlišujeme 3 typy propustnosti hornin:

Průlinová propustnost vyplňuje malé i větší prostory v usazených a nezpevněných horninách, je zde malá rychlost pohybu. Označuje se také jako filtrační, protože filtrace je průvodním jevem laminárního proudění.

Puklinová propustnost proudí v puklinách, trhlinách a zlomech, kapacita puklin a trhlin je zpravidla menší než kapacita soustavy průlin. Vyšší rychlost pohybu.

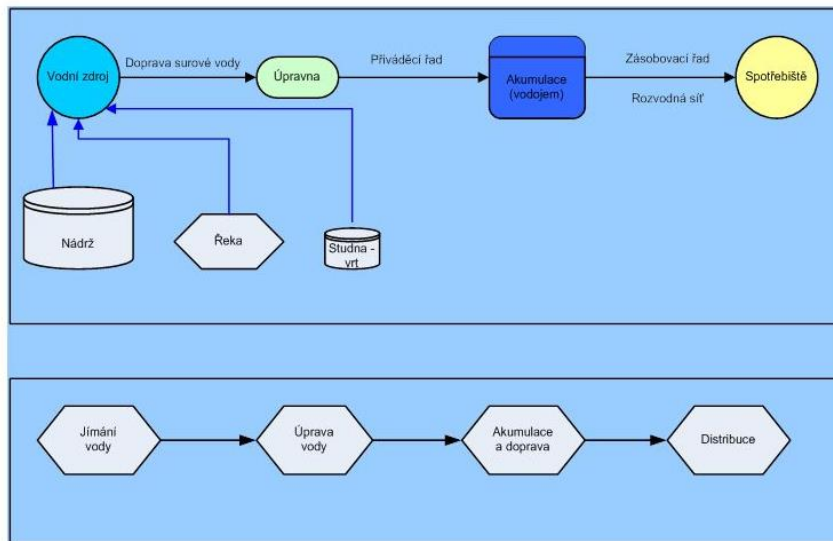
Krasová propustnost vzniká v krasových horninách po vyluhování vápencových a dolomitových hornin. Proudění podobné jako v potrubí nebo korytě.

4 Vodárenské sítě

Schéma distribuce vody ke spotřebiteli – systém zásobování vodou:

- jímání nebo odběr vody
- úprava vody a její hygienické zabezpečení
- čerpání a doprava vody příváděcím řadem (do vodojemu)
- akumulace vody ve vodojemu
- doprava vody zásobovacím řadem
- rozvádění vody zásobovacím řadem

Schéma zásobování vodou



Obr. 4: Schéma zásobování vodou (Škrobánková, 2020).

4.1 Vodovod

Vodovod je zařízení pro dopravu vody. Veřejná **vodovodní síť** zajišťuje zásobování vodou pro určitý počet spotřebitelů pitné vody.

Typy vodovodů:

: vnitřní pro rozvod vody uvnitř nemovitosti

: vnější pro hromadné zásobování měst a obcí pitnou či užitkovou vodou

: skupinový (1. typu s jedním vodojemem pro celou skupinu a 2. typu s místními vodojemy u jednotlivých spotřebičů)

Skupinový vodovod je vodovod dodávající vodu odběratelům několika spotřebičů s jedním nebo více zdroji. Skupinový vodovod zásobuje zpravidla tři a více obcí. Skupinový vodovod vytváří samostatnou bilanční jednotku. Do Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací ČR jsou zahrnuty skupinové vodovody s počtem trvale bydlících obyvatel větším než 2 000 obyvatel (tj. s maximální denní potřebou vody nad 5 l/s).

Vodárenská soustava je vodovod sestávající ze dvou nebo více skupinových vodovodů se dvěma nebo více zdroji, zajišťující zásobení rozsáhlé územní oblasti pitnou vodou. Pro potřeby zpracování dat vodárenská soustava vytváří vždy

samostatnou bilanční jednotku a je tvořena souhrnem skupinových vodovodů spojených do jednoho celku (Eagri.cz, 2007).

4.2 Vodojem

Vodojemy slouží převážně jako zásobníky na vodu, jiné zabezpečují potřebný tlak v síti, nebo vyrovnávají rozdíly mezi přítokem a odběrem vody. Důležitá je jejich úloha v případě požárů nebo poruch ve vodovodní síti. Jedná se o vodohospodářské stavby výškově dominantní, které jsou v krajině často z dálky viditelné a přirozeně tak na druhou stranu poskytují výhledy do širokého okolí. Prostorově nezabírají příliš rozsáhlé části pozemku, což je na jednu stranu výhodou při jejich výstavbě (úspora zastavěného území a v souvislosti s tím úspora finančních prostředků), na druhou stranu jsou však jejich interiéry menších rozměrů a nabízejí tak omezené možnosti pro nové využití – jsou málo adaptabilní (Košánek, 2016).

5 Relevantní legislativa

Zákony

* Zákon č. 254/2001 Sb., *o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)* a jeho změny. Vodní zákon chrání povrchové a podzemní vody, stanoví podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytváří podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajišťuje bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Dále upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha.

V roce 2018 došlo k novele vodního zákona zákonem č. 113/2018 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a zákon č. 388/1991 Sb., o Státním fondu životního prostředí České republiky v oblasti poplatků za odběr podzemních vod a poplatků za vypouštění odpadních vod do vod povrchových. K výrazným změnám došlo také v oblasti vypouštění odpadních vod. Dále v novele také došlo ke zpřesnění požadavků na užívání bezodtokových jímek sloužících k akumulaci odpadních vod

a k provádění průzkumných hydrogeologických vrtů musí být nově vydán souhlas vodoprávního úřadu (MZE + MŽP, 2019).

* Zákon č. 274/2001 Sb., *o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)* a jeho změny. Tento zákon se vztahuje na vodovody a kanalizace, pokud je trvale využívá alespoň 50 fyzických osob, nebo pokud průměrná denní produkce z ročního průměru pitné nebo odpadní vody za den je větší než 10 m³. Vlastníkem vodovodů a kanalizací jsou obce a provozovatelem je buď obec nebo provozující společnost. Plány rozvoje vodovodů a kanalizací stanovuje, po konzultaci s obcemi a územním plánem, daný kraj na dobu 10 let.

Vyhlášky

* Vyhláška č. 431/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, *o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci* popisuje vodní, hydrologickou a vodohospodářskou bilanci. Soustředí se na hodnocení množství a jakosti povrchových a podzemních vod.

* Vyhláška č. 432/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, *o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu a její změny* stanoví potřebné doklady, které musí žadatel předložit vodoprávnímu úřadu v případě žádosti o povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami, dále k žádosti o stavební povolení k vodním dílům. Vyhláška určuje náležitosti povolení, souhlasů a vyjádření vydávaných podle vodního zákona.

* Vyhláška č. 428/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. upravuje rozsah a způsob zpracování plánu rozvoje vodovodů a kanalizací, evidenci vodovodů a kanalizací, technické požadavky na stavbu vodovodů atd.

Normy

Normy ve vodním hospodářství jsou spíše technického ražení. Všechny jsou doporučující, oproti zákonu nejsou závazné.

Norma **ČSN 75 0130** *Názvosloví ochrany vod a procesů změn jakosti vod* určuje základní termíny a jejich definice v odvětví ochrany vod a procesů změn jakosti vod.

Norma **ČSN 75 1500** *Hydrologické údaje podzemních vod* stanovuje zásady pro zpracování hydrologických údajů, které jsou podkladem pro vyhodnocování režimů podzemních vod.

Norma **ČSN 73 6614** *Zkoušky zdrojů podzemní vody* slouží pro zjišťování a vyhodnocování údajů potřebných k určení vydatnosti a jakosti zdrojů podzemní vody.

Norma **ČSN 75 5115** *Jímání podzemní vody* nahradila v roce 2010 dvě starší normy a zabývá se především navrhováním, umístěním a zřizováním jímacích zařízení od studní vrtaných i klasických přes studny s radiálními sběrači až po jímací zářezy a pramenní jímky.

6 Nakládání s vodami

Vodní zákon č. 254/2001 Sb. upravuje povinnosti o ochraně, zabezpečení a hospodárné užívání povrchových a podzemních vod.

6.1 Nakládání s povrchovými vodami

Bez povolení nebo souhlasu vodoprávního úřadu může odebírat povrchové vody nebo s nimi jinak nakládat pro vlastní potřebu každý na vlastní nebezpečí, pokud k tomu není třeba zvláštního technického zařízení. Při nakládání s povrchovými vodami se nesmí ohrožovat jakost nebo zdravotní nezávadnost vod.

Vodoprávní úřad může rozhodnutím upravit, omezit, případně zakázat, vyžaduje-li to veřejný zájem, obecné nakládání s povrchovými vodami.

6.2 Povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami

Povrchové vody – povolení k odběru, vzdouvání, popřípadě akumulaci, k využívání jejich energetického potenciálu, k využívání těchto vod pro chov ryb, popřípadě jiných vodních živočichů za účelem podnikání.

Podzemní vody – povolení k odběru, akumulaci, čerpání za účelem snižování jejich hladiny, umělému obohacování podzemních zdrojů vod, vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních.

Povolení k nakládání s vodami vydává **vodoprávní úřad** obce s rozšířenou působností (ORP) na dobu ne delší než 10 let se stanovením účelu, rozsahu,

povinností a podmínek, za kterých se povolení vydává. Jako podklad k vydání povolení k nakládání s podzemními vodami slouží vyjádření osoby s odbornou způsobilostí – hydrogeologický posudek. Konkrétní doklady nutné k doložení žádosti upravuje vyhláška č. 183/2018 Sb. o náležitostech rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu a o dokladech předkládaných vodoprávnímu úřadu. Vodoprávní úřad ORP Sokolov mimo jiné upravuje, omezuje či zakazuje obecné nakládání s povrchovými vodami, dále povoluje odběr a další nakládání s povrchovými nebo jinými vodami, ke kterému je takové povolení nutné (MěÚ Sokolov).

7 Klimatické změny

Klima

Klima je dlouhodobý charakter podnebí v daném místě ovlivněn atmosférickými jevy a člověkem. Klimatologie je věda zabývající se chováním klimatu se snahou předvídat chování počasí v různě dlouhých časových intervalech. Mezi základní prvky, které rozlišujeme u klimatu, patří teplota vzduchu a množství srážek v určitém místě.

Nárůst globální průměrné povrchové teploty na konci 21. století (v období 2081–2100) ve srovnání s obdobím 1986–2005 bude podle zprávy IPCC pravděpodobně 0,3 °C – 1,7 °C (MŽP, 2015).

Při studiu příčin klimatických změn je velmi důležité rozlišovat přirozenou variabilitu klimatu a antropogenní změnu klimatu (Jungclaus a kol., 2010).

Pojem antropogenní změna klimatu vyjadřuje klimatické změny se zjevnou vazbou na důsledky lidské činnosti. Prvořadým důsledkem lidské činnosti v této souvislosti je produkce skleníkových plynů, především ze spalování fosilních paliv. Následkem toho dochází ke změnám klimatu, hlavně ke zvyšování teploty vzduchu (Martínková a Hanel, 2016).

Počasí

Počasí je okamžitý stav atmosférických podmínek v konkrétním čase a místě. Je to souhrn meteorologických jevů a veličin, které charakterizují stav atmosféry v určitém okamžiku.

Skleníkový efekt

Skleníkový efekt je proces, při kterém záření atmosféry planety ohřívá jeho povrch na vyšší teplotu. Země odráží zpět do kosmu stejné množství energie, které na ni dopadá. S ohledem na výrazně nižší teplotu, nabývá velikosti také vlnová délka odraženého záření. Pohlcená část této energie je vyzářena atmosférickými plyny zpět k povrchu. Tyto plyny nazýváme skleníkové a patří mezi ně především oxid uhličitý, který vzniká oxidací uhlíku s kyslíkem (Kadrnožka, 2008).

Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, se mění v tepelné záření vyzářené zpět do prostoru. Tomu však brání vrstva skleníkových plynů, a tak dochází k nárůstu globální teploty. Příčinou jsou spalovací procesy v kotlích tepláren a elektráren (Valníček, 2015).

Globální oteplování

Globální oteplování je jedním z projevů změny klimatu v planetárním měřítku a vztahuje k jakékoli změně průměrné globální teploty. Pojem globální oteplování je často chybně vnímán tak, že k oteplování dochází na celé planetě stejnorodě. Ve skutečnosti však zvýšení průměrné globální teploty planety vyvolává změny v globální cirkulaci, které způsobují nerovnoměrné ohřívání různých částí planety, v některých oblastech může dojít i k ochlazení (ČHMÚ, 2019).

Změna klimatu

Změny klimatu na naší planetě probíhají od jejího vzniku, poznatky vědců z posledních desetiletí však ukazují, že v současné době tyto změny probíhají celkově rychleji. Hlavní příčinou těchto změn, stejně jako jejich důsledků, je činnost člověka. Nejedná se však pouze o nárůst emisí skleníkových plynů, ale i o aktivity člověka, které činí v současnosti klimatický systém více zranitelný. Změnou klimatu označujeme dlouhodobý posun klimatického režimu v daném místě, regionu nebo na celé planetě. Tento posun je spojen se změnou typického průměrného počasí, jako je teplota, rozložení větru, srážek atd. Změnou klimatu jsou rovněž chápány změny v jeho proměnlivosti i tehdy, kdy se průměrné počasí nemění (ČHMÚ, 2019).

Příkladem může být letošní „teplá“ zima (2019-2020). Na většině území již v únoru kvete líska a přidává se i olše. Oba druhy přitom patří mezi velmi významné pylové alergenů a kvetou před olistěním a při několikanásobném zvýšení teploty vzduchu nad 0 °C. Na části území začínají kvést sněženky, v Praze byl zaznamenán vykvetlý

podběl. V půdě byly naměřeny rekordní teploty a na části území se stále vyskytují nepříznivé vláhové podmínky (TZ ČHMÚ, 2020).

Očekávané dopady změny klimatu v ČR na vodní režim

Vodní režim je, dle ČHMÚ, probíhajícími změnami klimatu nejvíce ovlivněn. Působí nejen na kvalitu, stav i množství vodních zdrojů, ale i na dostupnost a spotřebu vody.

V klimatu dochází k neustálým změnám. Mezi činitele, kteří ovlivňují klima, patří množství absorbované energie, způsob, jakým je přenášena na povrchu Země a v neposlední řadě sněhová pokrývka na povrchu planety. Faktory působící na tyto činitele jsou sluneční záření, oceánské proudění, vulkanická a lidská činnost. Hlavními projevy klimatických změn jsou především změny teplot vzduchu, rozložení srážek a zvýšení množství hydrometeorologických extrémů (Hron, 2016).

Vliv člověka na klimatické změny dokazuje i studie odborníků z Matematicko-fyzikální fakulty Karlovy univerzity (MFF UK), která upozorňuje na zesílení projevů „Tepelného městského ostrova“, které jsou prozatím v Praze a v Brně. Za vznikem těchto tepelných ostrovů stojí zásahy do prostředí ve městě (zástavby, průmyslová činnost a neustále se zvyšující doprava) a přispívá sem např. i kanalizace, která odvádí srážkové vody (MFF UK, 2012).

7.1 Příčiny změny klimatu

Od doby před průmyslovou revolucí se zvýšily antropogenní emise skleníkových plynů především vlivem růstu ekonomického a populačního a v současné době jsou vyšší než kdy předtím. To vedlo k nevídaným atmosférickým koncentracím oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného nejméně. Jejich účinky a další antropogenní efekty byly zjištěny v celém klimatickém systému a byly pravděpodobně hlavní příčinou zjištěného oteplování od poloviny 20. století. Antropogenní vlivy, které vznikají činností člověka, pravděpodobně ovlivňují globální koloběh vody již od roku 1960, zřejmě přispěly k úbytku arktického mořského ledu od roku 1979 a jsou příčinou globálního nárůstu střední hladiny oceánu pozorovaného od roku 1970. Bez ohledu na původ změn je zřejmé, že se klima na Zemi mění a bude se i nadále měnit. Zvyšuje se počet horkých dní a nocí a snižuje se počet studených dní a nocí. Vlny veder se stále prodlužují a zintenzivňují, zvyšuje se frekvence a intenzita příválových dešťů, prodlužují se a zvyšují periody sucha (MŽP, 2015).

Jedním z nejdůležitějších výsledků výzkumu klimatu v poslední době je zjištění, že klimatické změny ovlivňují hydrologický cyklus, jehož důležitou součástí jsou i podzemní vody (Held a Soden, 2006).

7.2 Dopady změny klimatu

Důkazy pozorovaných dopadů změny klimatu jsou nejvýznamnější u přírodních systémů. V mnoha sférách mění se srážky nebo tání sněhu a ledu mění hydrologické systémy a ovlivňují množství a kvalitu vodních zdrojů (MŽP, 2015).

Mezi nejvýznamnější negativní dopady lze zařadit extrémní záplavy, které sebou přináší znečištění vodních zdrojů a následné úniky odpadní vody z kanalizačních systémů. Dalšími negativními dopady ovlivňující klima může být i nárůst řas ve vodních útvech a vyšší koncentrace kontaminujících prvků a nerozpustných látek. S tím souvisí i vyšší ekonomické náklady na úpravu vody pro dodávky pitné vody (Hanewinkel a kol., 2013).

Dle zprávy IPCC se očekává, že změna klimatu v městských oblastech zvýší rizika nejen pro lidi, ale i pro majetek, ekonomiku a ekosystémy, včetně rizik, které vyplývají z tepelného stresu, bouří a extrémních srážek, záplav, sesuvů půdy, znečištění ovzduší, sucha, nedostatku vody a zvýšení hladin oceánů. Tato rizika zesilují především v místech, kde není základní infrastruktura a služby a kde jsou obydleny ohrožené oblasti (MŽP, 2015).

Mitigace a adaptace jsou vzájemně se doplňující postupy pro snižování rizik dopadů změny klimatu v různých časových horizontech. Mitigace může v krátkodobém horizontu významně snížit dopady změny klimatu v posledních desetiletích 21. století a později. Výhody adaptace jsou realizovatelné již při řešení aktuálních rizik a mohou být aplikovány v budoucnu při řešení nově vznikajících rizik. Výrazné snížení emisí skleníkových plynů může podstatně snížit riziko změny klimatu tím, že omezí oteplování ve druhé polovině 21. století a později. Rostoucí emise CO₂ do značné míry určují průměrné globální oteplení povrchu na konci 21. století a dále. Některá rizika vyplývající z klimatických škod jsou nevyhnutelná, a to i s mitigačními a adaptačními opatřeními (MŽP, 2015).

7.3 Srážky

Srážky jsou hlavním vstupem do povodí z hlediska hydrologické bilance. Obsahují veškerou vodu ze vzduchu, která se dostane na povrch Země. Mohou se vyskytovat ve formě kapalné (déšť a mrholení), v pevném skupenství (sníh a kroupy) i v dalších formách skupenství (např. zmrazky, rosa či jinovatka). Všechny formy srážek vznikají změnou teploty a tlaku vzduchu (Beran, 2019).

Vzduch o vyšší teplotě může přijmout větší množství vodní páry. Globální oteplování však také zvyšuje kolísání tlaků, teplot a dalších meteorologických parametrů vytvářejících lokální podmínky pro srážky i v situacích, kdy vlivem rozložení teploty a vzduchu ke srážkám nedochází. Většina vodní páry, která se ve vzduchu přesune z oceánu nad pevninu pomocí větrů, spadne formou srážek poblíž pobřeží a na střed kontinentu se jí dostane jen nepatrná část. Při globálním oteplování se zvyšuje teplota pevnin více než povrchová teplota oceánů, což je příčinou dalšího snižování vlhkosti vzduchu nad pevninami, úbytku srážek a následného sucha. Na suché pevnině se odpařuje jen malé množství vody, což dále snižuje pravděpodobnost srážek a vede k menší oblačnosti. Tudiž zvyšování teploty Země, vlivem zvětšující se intenzity skleníkového efektu v ovzduší vede k narůstajícímu suchu na pevninách. Doprovází jej často vysoké teploty (Kadrnožka, 2010).

Množství vody z atmosférických srážek, které je určené pro doplňování podzemních vod, je negativně ovlivněno výparem, zvyšujícím se se stoupající teplotou (Taylor a kol., 2013).

V podmínkách ČR existují dva typy doplňování podzemních vod. S celoročním doplňováním zásob a se sezónním doplňováním zásob. V předpokladech sezónního doplňování zásob je největší část zimního období na daném území sněhová pokrývka (Soukalová a kol., 2015).

Na pevnině více oblastí, ve kterých se četnost silných srážek zvyšuje než takových, kde se snižuje. Nedávná zjištění růstu extrémních srážek a průtoků v některých povodích poukazují na zvýšená rizika povodní na regionální úrovni. Je pravděpodobné, že radikální stavy hladiny oceánu (například při vzduť v bouři) se zvýšily od roku 1970, a to hlavně v důsledku rostoucí střední hladiny oceánu (MŽP, 2015).

7.4 Sucho

Sucho je přírodním rizikem. Jeho začátek a konec nelze zcela přesně stanovit. Účinky sucha mají však stoupající charakter, protože s délkou sucha se zvyšuje i jeho intenzita. Sucho způsobuje ztráty, které dosahují značných rozměrů (Blinka a kol., 2002).

Sucho není jen nedostatkem deště. Deště jsou po celé zeměkouli rozloženy nepravidelně, a proto je přírůstek srážek v některých oblastech nižší a v jiných naopak vyšší. Sucho je tudíž podmíněný pojem založený na očekávaném úhrnu srážek pro určitou oblast v určitém období (Fry et al., 2012).

V Meteorologickém slovníku výkladovém a terminologickém je sucho definováno jako velmi nejasný, ale v meteorologii často používaný pojem, který znamená nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře. Hlediska hydrologická, meteorologická a zemědělská jsou natolik rozmanitá, a i s ohledem na škody které sucho způsobuje, neexistuje jednotné kritérium pro jeho vyčíslitelné vymezení (Sobíšek, 1993).

Je možné sucho také charakterizovat jako stav, kdy množství vody, které je obsaženo v jednotlivých složkách zemského povrchu nebo atmosféry, není schopno pokrýt potřeby na jeho využití (Novický a kol., 2010).

Nedostatek srážek je hlavní příčinou sucha v podmínkách České republiky, který se obvykle hromadí během poměrně dlouhého období. Suchá období v České republice působí problémy nejen v zemědělství, ale i lesnictví a vodním hospodářství. Po skončení suché epizody mohou velmi dlouho přetrvávat jejich následky, například v podobě snížené hladiny podzemní vody (Šarapatka a kol., 2010).

V České republice se vyskytuje sucho v rádech týdnů až měsíců. Problematika sucha je velmi aktuálním tématem na našem území. Letošní zima (2019-2020) je toho příkladem z důvodu nedostatečného množství sněhových zásob. Tání sněhu je přitom hlavním zdrojem vody v půdě a v podzemních vodách. Právě při nedostatku sněhu nemohou být tyto zásoby doplněny a současně průběh jarních srážek může tento negativní stav prodloužit až po celou letní polovinu roku (ČHMÚ, 2020).

Podle nejnovějších dat Českého hydrometeorologického ústavu byla koncem února 2020 zásoba vody ve sněhové pokrývce 0,284 miliardy m³. V loňském roce přitom byla ve stejném období zásoba vody ve sněhu desetkrát vyšší, přesněji 2,87 miliardy

m³. Nepřijde-li chladné a deštivé jaro, bude tento rozdíl Česku výrazně chybět. Vodu, která nyní v půdě je, na jaře využijí rostliny, ale není jí v půdě takové množství, aby dostatečně zasákla a doplnila hladiny podzemních vod. Pokud se potvrdí dlouhodobé předpovědi, čeká nás teplotně nadprůměrné jaro s dřívějším začátkem vegetační sezóny, kdy rostliny začnou vodu potřebovat a čerpat dřív. V průběhu června až července již může zásoba vody v půdě dojít a potom budeme závislí čistě na průběhu srážek, jako tomu bylo i v letech 2015 a 2018, upozorňuje bioklimatolog Miroslav Trnka v Ústavu výzkumu globální změny Akademie věd, profesor Mendelovy univerzity v Brně (Zprávy Seznam, 2020).

Mishra a Singh, uvádí, že dosud nebyl proveden dostatek výzkumů o výskytu a šíření sucha v podzemních vodách. Sucho podzemních vod by mělo být zavedeno do klasifikace sucha a patřit mezi základní typy sucha. Mishra a Singh, popsali sucho podzemních vod takto: Stejně jako ostatní typy sucha, způsobuje sucho podzemních vod nedostatek srážek, popřípadě v kombinaci s vysokou evapotranspirací. Málo srážek způsobuje nedostatečnou vlhkost půdy, a ta poté nízkou hladinu podzemních vod. Následek nedostatku srážek způsobuje sucho v různých segmentech hydrologického systému (Mishra a Singh, 2010).

V přírodních podmínkách České republiky je prvotní příčinou všech typů sucha nedostatek atmosférických srážek. Sucho rozlišujeme podle typu na meteorologické, hydrologické, zemědělské (agronomické) a socioekonomické.

7.4.1 Meteorologické sucho

Meteorologické sucho je nejčastěji definováno srážkovými poměry, jako je například výskyt suchého období. Vedle množství a intenzity srážek závisí také na výparu, teplotě a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru atd. (Rožnovský a kol., 2012).

J. Němec a kol. definují meteorologické sucho na základě odchylek úhrnu srážek od dlouhodobých průměrů. Řada formulací stanovuje suché periody jako sérii dnů s menším úhrnem srážek, pod určitou limitní hodnotou. Definice jsou pokaždé aplikované na určitou oblast, závislou na místním klimatu (Němec a kol., 2009).

S tím se ztotožňují i D. A. Wilhite a M. H. Glantz když uvádí, že je meteorologické sucho zpravidla vyjádřeno v určité oblasti jako srážková odchylka od normálu v průběhu delšího časové období (Wilhite a Glantz, 1985).

7.4.2 Hydrologické sucho

Hydrologické sucho je spojeno především s dopady srážkového období na úbytek povrchových nebo podzemních zásob vody než s vlastním nedostatkem srážek. Hydrologické sucho se obvykle dostaví se zpožděním, neboť uplyne více času, než se nedostatek vody projeví poklesem hladin v přehradních nádržích, rybnících, v průtocích vodních toků a v úrovni hladin podzemních vod. Vlivem hydrologického sucha jsou silně postižena i další hospodářská odvětví jako výroba elektrické energie, ochrana před povodněmi, zavlažování, zásobování pitnou vodou, potřeby průmyslu a rekreační využití (Trnka, 2015).

R. Vlnas uvádí, že hydrologické sucho vzniká z rozdílných příčin. Z pohledu povrchových vod může být způsobeno i kratším obdobím bez srážek. Hydrologické sucho se dělí na:

- sucho způsobené nedostatkem srážek v kapalném stavu
- sucho v období smíšených srážek
- sucho přechodného období (při střídání vlhkých a suchých období, v ČR se nevyskytuje)
- sucho v období zmrzlého sněhu
- sucho v období tání
- smíšené sucho

Procesy, které určují tyto typy sucha jsou následkem vzájemného působení teploty a srážek v měřítku povodí během různých ročních období (Vlnas, 2012).

7.4.3 Agronomické sucho

Po meteorologickém suchu, když množství půdní vláhy nedostačuje potřebám rostlin, nastává agronomické sucho. Suché půdní prostředí, ve kterém nejsou rostliny již dostatečně vyživovány, a tudíž nemohou dále růst, je ukazatelem agronomického sucha. Následkem je špatná a malá sklizeň, v horším případě úhyn rostlin (Jůva, 1959).

Oproti hydrologickému suchu je agronomické více vázáno na určité charakteristiky samostatných zemědělských pozemků. Je specifické pro konkrétní pěstovanou zemědělskou plodinu a místně velmi kolísavé, ve srovnání se suchem hydrologickým (Bidwell, 1973).

7.4.4 Socioekonomické sucho

Ve chvíli, kdy je narušen chod některého hospodářského odvětví, nastává socioekonomické sucho. Vyznačuje se především nedostatkem pitné vody pro obyvatelstvo. Soubor socioekonomických definicí sucha se zabývá dopadem následků meteorologického, agronomického a hydrologického sucha na společnost a jeho hospodářské činnosti. Většina zdrojů závislých na podnebí jsou nezbytné pro fungování státu a udržitelný rozvoj. Mezi tyto zdroje patří především voda, vodní energie, zvířata, obilí, půda a další (Němec a kol., 2009).

7.4.5 Dopady sucha

Dopady sucha ovlivňují nejen přírodu a krajinu. Velmi závažným problémem by i pro společnost mohla být změna hydrologického režimu. Spousta řek pramení v naší zemi, ale nepřitékají k nám téměř žádné toky, tudíž stavy povrchových a podpovrchových vod jsou závislé na množství spadlých srážek. Můžeme jednak očekávat opakující se dlouhá období sucha, možná i zcela bez srážek, a na druhou stranu intenzivní přívalové deště vyvolávající povodně. Období s nedostatkem vody jsou přitom pravděpodobnější než přívalové srážky. Sucho může změnit některé ekosystémy tak, že se stanou pro řadu rostlinných a živočišných druhů neobyvatelnými a vyhynou. Zvýší se eroze a nebezpečí požárů, rozšíří se migrace živočišných a rostlinných druhů (Stejkal, 2012).

7.5 Adaptační opatření

Vodu je potřeba zadržovat v krajině ve větší míře než dosud. Příroda, zeleň, čistý vzduch a dostatek vody, to jsou důležité věci, o které je nutné pečovat a chránit je, abychom tak zmírnili možné dopady klimatických změn.

Adaptační opatření je možné hodnotit podle různých hledisek:

- místní – opatření na konkrétní vodní útvar nebo obec
- regionální – opatření na území dílčího povodí nebo kraje
- národní, přeshraniční, celoevropské

Podle zaměření můžeme opatření dělit na opatření proti přímým dopadům klimatických změn a nepřímým dopadům environmentálním socio-ekonomickým. Komplexní adaptační záměr by měl zahrnovat druhy opatření napříč kategoriemi od legislativních, přes preventivní až po opatření obnovy. Pro výběr vhodné varianty

adaptačního opatření je nejdůležitější jeho očekávaná účinnost, náklady na realizaci a proveditelnost (Mrkvičková a kol., 2012).

Karlovarský kraj schválil nový dotační program „PODPORA PREVENCE PROTI SUCHU, ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ A PÉČE O ZELEŇ“.

Účelem je podpořit opatření zaměřená na hospodaření s povrchovou a podzemní vodou v krajině, posílení schopnosti zadržení vody v krajině a odbornou péči o zeleň, která povedou ke zmírnění dopadů klimatických změn na území Karlovarského kraje. Z rozpočtu kraje pro rok 2020 byla na dotační program uvolněna částka 5 mil Kč (Karlovarský kraj, 2020).

Klimatické a hydrologické podmínky zájmového území

Karlovarský kraj má rozlohu 3 314 km². V severní části kraje leží Krušné hory s nejvyšší horou Klínovec (1 244 m n. m.). Páteřní řeka Ohře rozděluje kraj zhruba v polovině a odděluje Krušné hory, Slavkovský les a Doupovské hory. Slavkovský les a Doupovské hory jsou od sebe oddělené řekou Teplá, největším přítokem Ohře. Mezi další významné přítoky Ohře patří Rolava, Svatava, Libocký potok, Odrava a Bystřice. Nadmořská výška v okrese Sokolov je v rozmezí 375 až 991 m n. m. Ráz krajiny je převážně pahorkatinný. Z klimatického hlediska patří Karlovarský kraj spíše do mírně teplé oblasti, s průměrnou roční teplotou nad 6 °C a s cca 700 mm průměrného ročního úhrnu srážek. Mezi nejdůležitější přírodní zdroje patří zásoby hnědého uhlí, které v poslední době sice slábnou, ale útlum těžby nastává především z finančních důvodů. Z regionu ročně mizí 2 mld Kč za emisní povolenky a kraj se začíná připravovat na dobu „pouhelnou“. Velmi významné jsou zejména zdroje minerálních a léčivých vod.

8 Potenciální vliv klimatické změny na podzemní vody

Z výše uvedené rešerše vyplývají tyto důsledky pro podzemní vody: stále se zvyšující teplota způsobuje zvyšování výparu ze zemského povrchu do atmosféry a tím snížení dotace podzemních vod infiltrací. A protože se stoupající teplotou stoupá i nejvyšší možný obsah vlhkosti ve vzduchu, dá se předpokládat zvyšování intenzity a zkracování doby trvání srážkových událostí a srážky v létě mohou mít pak častěji přívalový charakter. Následkem toho může docházet ke zvýšení povrchového odtoku a dalšímu snížení dotace podzemních vod infiltrací. Zvyšování teploty

v zimě pak může ovlivnit i změnu formy srážek ze sněhu na déšť, což může také nepřímo negativně ovlivnit dotaci podzemních vod (Martínková, 2014).

9 Praktická část

Posouzení stavu zásobení Sokolovského regionu pitnou vodou z podzemních zdrojů



Obr. 5: Obce okresu Sokolov (Wikipedia, 2020).

Posuzovaná kritéria:

Stav prameniště, vydatnost prameniště, legislativní zajištění zdrojů, povolení k nakládání s vodami, problémy s vydatností, doporučení k dalšímu využití

Použité metody:

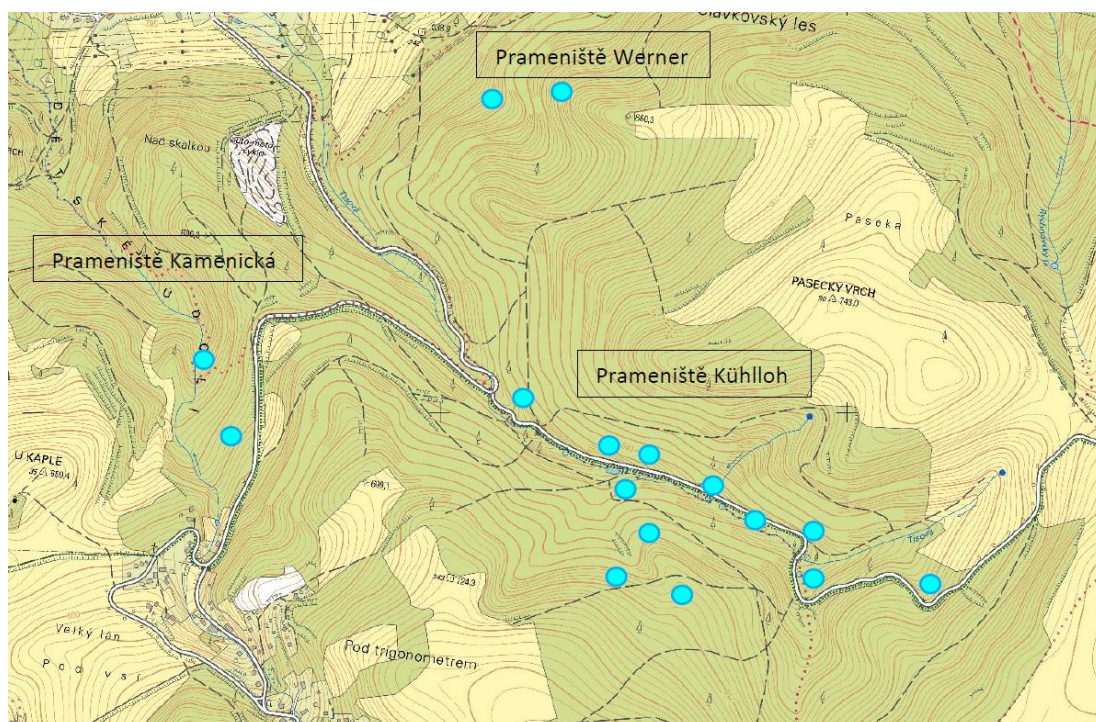
Výsledné údaje byly zpracovány v excelových tabulkách, které byly seříděny pro větší názornost a porovnání.

Seznam využívaných prameniště:

Březová, Dolní Rychnov, Stříbrná, Nadlesí, Oloví, Hrušková, Podstrání, Lobzy, Jindřichovice

Materiály ke zpracování praktické části poskytla Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. – viz. příloha Souhlas s použitím údajů.

9.1 Prameniště Březová



Obr. 6: Mapa pramenišť Březová (VOSS, 2019).

Město Březová se nachází přibližně 3,5 km jihozápadně od města Sokolov, na severozápadním okraji Slavkovského lesa. Území je značně členité s mnoha vrchy oddělenými od sebe údolními s množstvím toků (Lobezský potok, Tisová, Dolnorychnovský potok, Kamenický potok). Vodní zdroj jímá mělké podzemní vody. Zájmové prameniště je rozděleno do tří částí: Werner, Kühllöh a Kamenická. Vody z pramenišť jsou svedeny do vodojemu o objemu 650 m³ přes rozdělovací komoru, ze které je možné část množství převádět do vodojemu Dolní Rychnov.

Vydatnost prameniště

v suchém letním období dochází k postupnému poklesu vydatnosti. Prameniště Werner nejeví známky úniku vody ve sběrném potrubí. U prameniště Kühllöh byl zjištěn výrazný únik vody z potrubí, především mezi sběrnou jímku a rozdělovací komorou, a to ve výši 2 l/s.

Pro posouzení vydatnosti pramenišť bylo provedeno měření průtoků v pramenních a sběrných jímkách.

Části prameniště	Naměřená hodnota l/s
Werner	1,75
Kühlloh	3,25

Tabulka 1: Prameniště Březová, Naměřené hodnoty vydatnosti (VOSS, 2019).

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 4,6 l/s

Maximální denní povolený odběr 397 m³/den

Roční povolený odběr 146 tis. m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2022

Kvalita vody

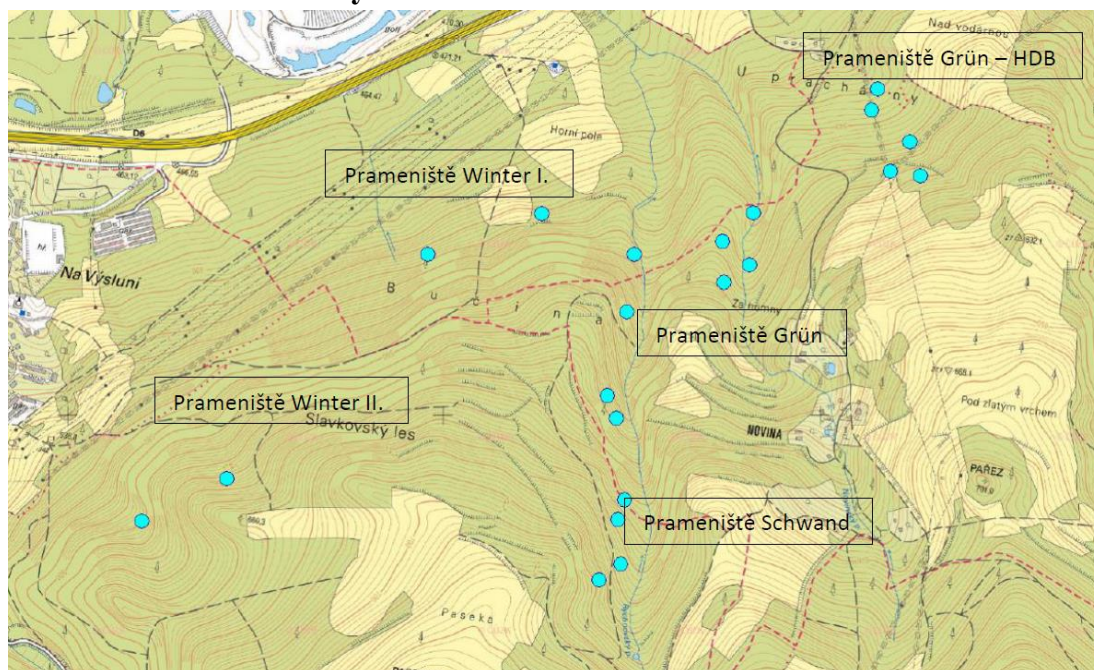
Surová voda – naměřen byl zvýšený obsah přírodních radionuklidů a hodnota pH 5,7-6,2. Výsledná kategorie surové vody 2 vyžaduje jednodušší úpravu. Pro zlepšení vlastnosti je vhodná stabilizace vody. Podle obsahu vápníku a hořčíku lze považovat vodu za velmi měkkou.

Upravená voda – jímaná surová voda je gravitačně dopravována do úpravny vody. Prvním stupněm je provzdušňovací věž, kde je pomocí ventilátoru odstraňován nežádoucí radon. Z akumulární nádrže, která je součástí provzdušňovací věže, je čerpána voda do vodojemu. Na výtlačném potrubí je čerpadlo dávkující chloran sodný.

Možnost náhradního zásobování obce

Při problémech s vydatností prameniště lze město zásobit ze skupinového vodovodu Horka přes čerpací stanici Březová. Toto zásobení pokryje celou potřebu vody ve městě. Jímaná voda z pramenišť je dobré kvality, po úpravě pH, odstranění radonu a zdravotním zabezpečení je voda v souladu s požadavky normy.

9.2 Prameniště Dolní Rychnov



Obr. 7: Mapa pramenišť Dolní Rychnov (VOSS, 2019).

Prameniště Dolní Rychnov se nachází jižně od města Sokolov, přibližně 2 km od města Dolní Rychnov a 2,5 km od města Březová. Prostor představuje pět pramenišť, které jsou umístěny na severozápadním okraji slavkovského lesa. Území je značně členité a formované množstvím větších i menších toků (Lobezský potok, Rychnovský potok, Novinský potok). Dolní Rychnov má samostatný vodovodní systém. Zdrojem pitné vody pro obytnou část obce jsou prameniště, průmyslová část navazuje na vodovod Sokolova. Dalším možným zdrojem pitné vody je skupinový vodovod Horka. Podzemní zdroje pitné vody pro Dolní Rychnov tvoří soustavu pramenních a sběrných jímek s jímacími zářezy, které jsou gravitačně svedeny do spotřebišť: Grün HDB, Grün, Schwand, Winter I. a Winter II. Celé území prameniště Dolní Rychnov se nachází na lesních pozemcích, které nevykazují závažné znečištění zdroje. Stav pramenní i sběrných jímek je uspokojivý.

Vydatnost prameniště

Vydatnost pramenišť je nedostatečná, 4 měsíce v roce se musí zásobovat město vodou ze skupinového vodovodu Horka.

Části prameniště	Naměřená hodnota l/s
Winter I.	0,08
Winter II.	0,1
Grün	0,73

Schwand	0,82
Celkem:	1,73

Tabulka 2: Prameniště Dolní Rychnov, Naměřené hodnoty vydatnosti (VOSS, 2019).

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 4,6 l/s

Maximální denní povolený odběr 400 m³/den

Roční povolený odběr 146 tis. m³/rok

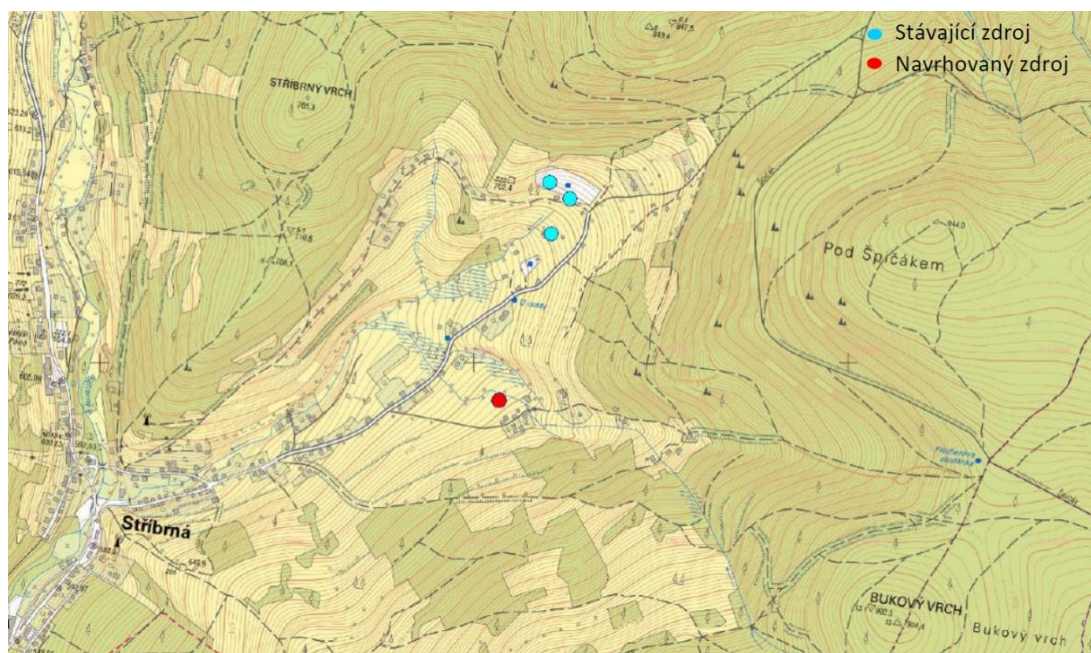
Povolení platné do 31. 12. 2022

Kvalita vody

Problémovým ukazatelem je nižší hodnota pH. Výsledná kategorie surové vody je stupeň 2. Zdravotní zabezpečení je v souladu s požadavky platné vyhlášky.

Systém zásobení vodou pokrývá potřeby obce, do budoucna se neuvažuje s většími investicemi do rozšíření sítě ve spotřebišti, v návrhu je rekonstrukce přívodního řadu z prameniště v délce 2,46 km.

9.3 Prameniště Stříbrná



Obr. 8: Mapa prameniště Stříbrná (VOSS, 2019).

Horská obec Stříbrná leží v nadmořské výšce 592 m n.m., lokalita zásobení je z kopce, má výhodu gravitační sítě, takže se nemusí nic čerpat, ale nevýhodou je, že veškerá voda odeče pryč.

Vydatnost zdroje

Do roku 2016 nebylo potřeba řešit v obci Stříbrná nedostatek vody. V zimě byl dostatek sněhu, doplnila se hladina podzemních vod, voda se zasákla a zásoba vydržela na celý rok. Je to vidět na nátoku vody do vodojemu, když je jarní nebo podzimní tání nebo v zimě obleva, nateče až 14 m³/měsíc. Spotřeba obce je zhruba 1-1,5 m³/měsíc. Když je sucho a podzemní vody málo, vzniká deficit vody a jediným řešením je zavážení cisternou. Vydatnost je v průběhu roku proměnlivá a nepostačuje potřebě obce. Čerpací zkouška a měření spočívalo ve sledování naplnění nádoby o známém objemu v čase. Měření bylo několikrát opakované.

	Průměrná vydatnost l/s
Rozhodnutí MÚ Sokolov	1,148 (max. 1,00)
Čerpací zkouška	1,18

Tabulka 3: Prameniště Stříbrná, Výsledky čerpací zkoušky (VOSS, 2019).

Na Stříbrné jsou 3 zdroje vody, 2 kované studny označené S1 a S2 (v hloubce 6-10 m) umístěné nad vodojemem, které jsou ovšem mimo provoz. Svou polohou je obec v geoaktivní zóně a kolem roku 1990, kdy byla silně zasažena zemětřesením, voda z těchto zdrojů klesla o 3-4 m. Z tohoto důvodu se vytvořil jiný zdroj, a to je jímací sběrná studna označená S3. Původní vývěr ze svahu se odkopal, položila se sběrná děrovaná kameninová roura, obsypala se štěrkem, obložila geotextilií. Místo, kde voda unikala se utěsnilo jílem a na to se postavila šachta se sběrným košem. Takže nyní voda natéká ze svahu, je jímána a jde do vodojemu, kde se odkyselí a akumuluje. A protože tato studna ztrácí v letních měsících, vlivem klimatických změn, kdy se stále zvyšuje teplota a klesá úhrn srážek, svou vydatnost, nastává deficit vody.



Obr. 9: Stříbrná, sběrná studna S3 (vlastní, 2020).

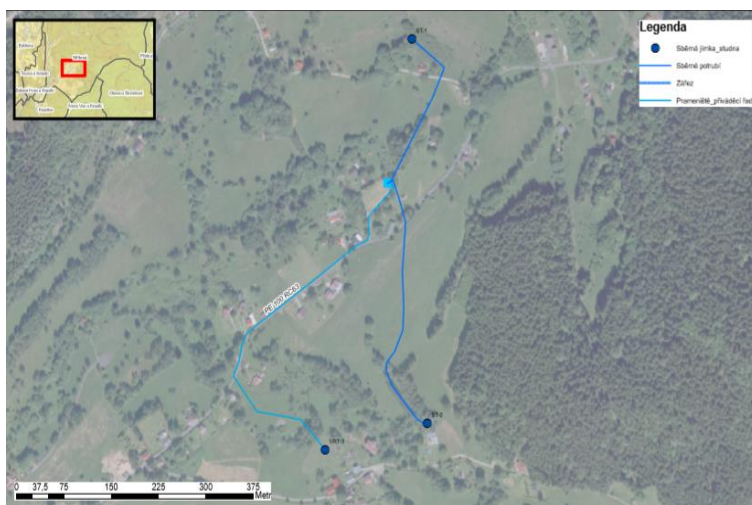
Stříbrná má jednu velkou nevýhodu a to, že je převážně rekreační oblastí. Standardně má kolem 400 trvale žijících obyvatel, ale o víkendech, prázdninách, o Vánocích apod. se navýší počet až trojnásobně. Na druhou stranu se počet trvale žijících obyvatel zvyšuje, staví se nové domy, rekonstruují staré, celkově se obec rozvíjí a tím se i zvyšuje spotřeba vody. Na prameništích je vidět, jak voda v krajině chybí. Když je vody dostatek, tak natéká pravidelně a prameniště je dostatečně zásobeno. V momentě, kdy není nasycená půda vodou, při suchu vyschne a když začne pršet, tak se všechno smyje, nic se nevsákne, vzniká půdní smyv, sesuvy půdy a eroze a voda se tím pádem nedá dále využít.

12. 3. 2020 byl v pořadí čtvrtý den deštivý, teplota byla 10 °C, oblačno s přeháňkami, což se mělo projevit na přítoku do sběrné studny S3. Na místě byl však zjištěn problém, přívodní trubka byla ucpaná, což je patrné na fotografii níže (Obr. 19) a tudíž byl nižší přívod vody. Závada byla zaznamenána a nahlášená k odstranění.



Obr. 10: Stříbrná, sběrná studna S3 (vlastní, 2020).

Vzhledem k problémům s vydatností prameniště byla zpracována hydrologická studie lokality s cílem nalezení nového podzemního zdroje. Projektová dokumentace řeší strojně vrtanou studnu hloubky 70 m a vodovodní výtlač, který propojí novou studnu a stávající objekt vodojemu Stříbrná. K posílení vydatnosti prameniště na Stříbrné byl proveden hlubinný vrt s čerpáním a úpravnou vody. Rozdíl v nich je hlavně ten, že stávající zdroj S3 je mělký, tudíž více náchylný na klimatické změny a výkyvy, ale tento nový vrt je vyhlouben do hloubky 70 m pod zemí, takže prošel přes všechna podloží a v této hloubce by již na něj neměly působit právě klimatické změny a jeho vydatnost by měla být stálá.



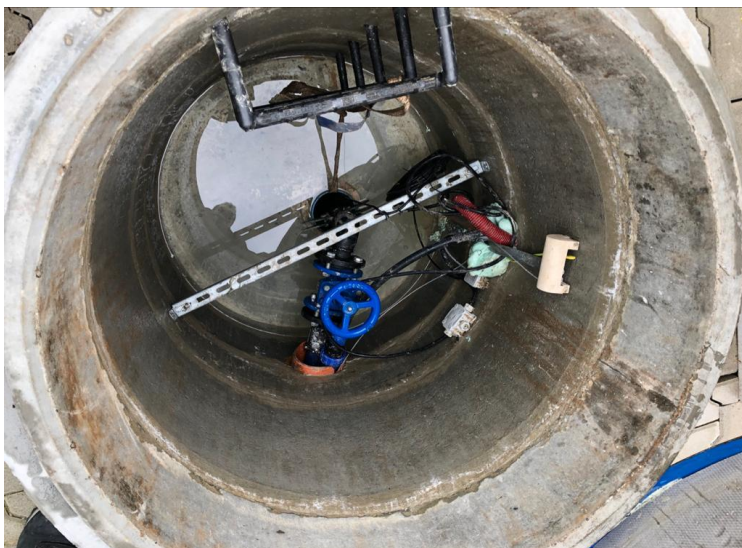
Obr. 11: Stříbrná, mapa prameniště (VOSS, 2019).



Obr. 12: Stříbrná, nový hlubinný vrt (vlastní, 2020).



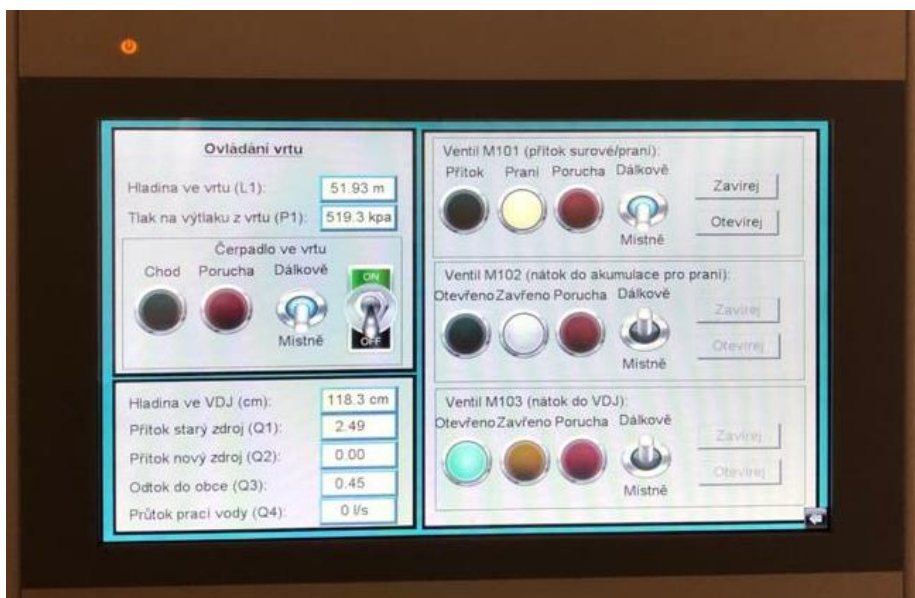
Obr. 13: Stříbrná, nový hlubinný vrt (vlastní, 2020).



Obr. 14: Stříbrná, nový hlubinný vrt (vlastní, 2020).

Nevýhodou ovšem stále zůstává vydatnost, která je $0,75 \text{ m}^3/\text{hodinu}$, důvodem je právě poloha obce. Na doplnění deficitu v letních měsících je to ovšem dostačující.

Ovládací a odkyselovací místo k odstraňování manganu a železa. Na ovládacím panelu je vidět přítok vody do vodojemu ze starého zdroje (nový vrt je zatím ve zkušebním provozu, a ještě nenatéká do vodojemu), hladina vody ve vodojemu, odtok do obce a průtok prací vody.



Obr. 15: Stříbrná, ovládací panel, odkyselovací místo (vlastní, 2020).



Obr. 16: Stříbrná, odkyselovací místo, vyrovnávací nádoba, reaktor, kde se míchá nadávkovaná chemie pro zvýšení pH. V další nádobě jsou 2 filtry, díky nimž se usadí a vysráží železo a mangan. (vlastní, 2020).



Obr. 17: Stříbrná, odkyselovací místo (vlastní, 2020).

Propraná voda se dále dělí na vodu odpadní, která odchází do odpadu, po přenastavení ventilů se pustí voda znovu na filtraci, a než půjde do vodojemu, musí se doplnit prací nádrž, takže při vydatnosti $0,75 \text{ m}^3$, na potřebné 3 m^3 bude doplnění trvat přibližně 4-5 hodin. Potom se přenastaví ventily a voda odchází do vodojemu.



Obr. 18: Stříbrná, přívodní šachta u vodojemu (vlastní, 2020).

Na obr. 19 je vidět umístění UV lampy v místě odtoku, kde se sbíhají potrubí z obou dvojic komor, tam UV lampa slouží na místo chlorace. Před ní je umístěn filtr, který filtruje vodu před samotným působením UV lampy.



Obr. 19: Stříbrná, místo s umístěním UV lampy (vlastní, 2020).

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 1,148 l/s

Roční povolený odběr 36,23 tis. m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2027

V rámci povodňové ochrany byly v obci vybudované 2 kaskádové zasakovací nádrže s cílem zastavit povodňovou vlnu. V době velkého deště nebo tání ledu a sněhu se voda dříve valila ze svahů a vyplavovala pozemky. Tyto nádrže slouží nyní jako retenční vody v krajině formou poldrů, kdy jsou běžně suché, jen v případě dešťů se naplňují, pojmu přívál vody a poté se voda částečně vsákne anebo pomocí regulované výpusti postupně odteče bez větších následků výplavy pozemků apod.



Obr. 20: Stříbrná, zasakovací nádrže, stav po 4 dnech deště (vlastní, 2020).



Obr. 21: Stříbrná, zasakovací nádrže, stav po 4 dnech deště (vlastní, 2020).

9.4 Studna Nadlesí



Obr. 22: Mapa studna Nadlesí (VOSS, 2019).

Pozemek, na kterém se nachází vodní zdroj, je v majetku města Loket. Jedná se o kopanou studnu hlubokou 11,5 m. Zdroj jímá mělké podzemní vody. Voda je znečištěna především železem a manganem, proto je čerpána přes tlakový pískový filtr na úpravnu vody a po úpravě je pomocí hydroforové stanice čerpána do sítě. Stav studny i objektu úpravy vody je dobrý. Obec má cca 52 stálých obyvatel a cca 56 obyvatel s časově omezeným pohybem.

Vydatnost prameniště je nedostatečná pro 46 vodou zásobovaných obyvatel. Je řešeno zavážením akumulace vodojemu vodou z cisteren.

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 0,099 l/s

Maximální měsíční povolený odběr 120 m³/den

Roční povolený odběr 1.440 m³/rok

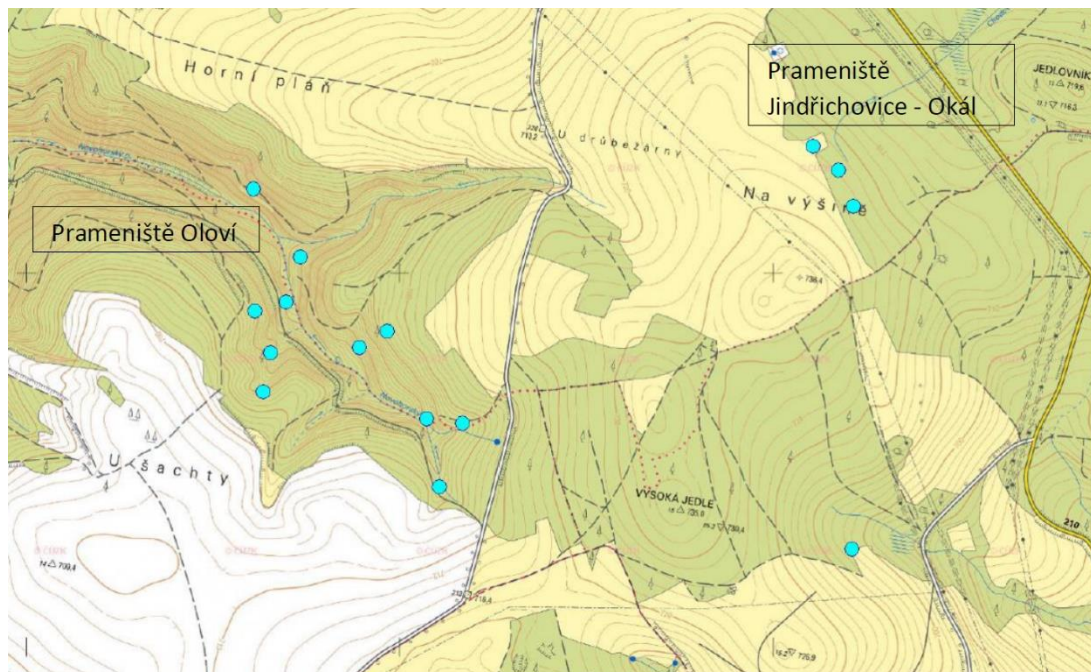
Povolení platné do 31. 12. 2028

Kvalita vody

Výsledná kategorie surové vody je 4 se zvýšeným obsahem hořčíku, manganu a železa. Technologie úpravy vody je zajištěna odželezováním, odmanganováním a dávkováním desinfekčního činidla. Stejně tak jako u prameniště Stříbrná byla zpracována hydrologická studie s cílem nalezení nového podzemního zdroje,

z důvodu nedostatečné vydatnosti prameniště. Voda z prameniště je dobré kvality, po odželezování, odmanganování a zdravotním zabezpečení splňuje voda požadavky normy.

9.5 Prameniště Oloví



Obr. 23: Mapa pramenišť Oloví (VOSS, 2019).

Obec Oloví leží v nadmořské výšce 528 m n. m. Zájmový prostor se nachází přibližně 1 km severním směrem od okraje osady Háj u Jindřichovic. Prameniště Oloví – Háj je původní zdroj pro obě části obce – dolní i horní. Hlavními odběrateli vody v obci jsou podnik bývalé sklárny a sídliště. Oloví má soustavu jímacích zářezů, které se stavěly přibližně v roce 1910 a původně byly budovány jako zásobárna sklárny v Oloví. Postupně se kolem začala budovat vesnice, poté byl přiveden i druhý zdroj vody, a to z vodní nádrže Horka. Oloví má tudíž dvě možnosti napájení, má svou vodu z pramenišť a v případně nutnosti je možné plně zásobovat obec vodou z nádrže Horka. Ale protože voda z pramenišť je levnější, využívá se hlavně tato. Z tohoto důvodu se investují peníze do renovace a provádí se výměna přívodu prameniště. Prameniště je na vysokém kopci, které jde z vrchu Háj, směrem do Oloví. Vodojem se nachází v části Oloví zvané Hory a je zásobován přípojkou z řady z prameniště. Z hydrogeologických poměrů lze konstatovat, že prostředí vykazuje ve vrchních polohách volnou hladinu a průlinovou propustnost. Dle studie hydrologického a klimatologického hodnocení podzemních vod je zřejmé, že se jedná o typ vody se sezónním doplňováním zásob. Nejvyšší průměrné stavy jsou

naměřeny v měsíci březnu a dubnu, nejnižší pak v červenci a v srpnu. Stav pramenní jímky a jímácích zářezů je uspokojivý.

Vydatnost prameniště

Prameniště je vydatné, problém je s přivedením vody do obce. V suchých letních měsících poklesá vydatnost. Celková vydatnost prameniště je 1,7 l/s. Při problémech s vydatností lze využít vodu ze skupinového vodovodu Horka, který pokryje celkovou potřebu obce. Lokalita je dostatečně kapacitní, pro zlepšení využití zdrojů je nutná výměna přívodního potrubí do obce.

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 4,1 l/s

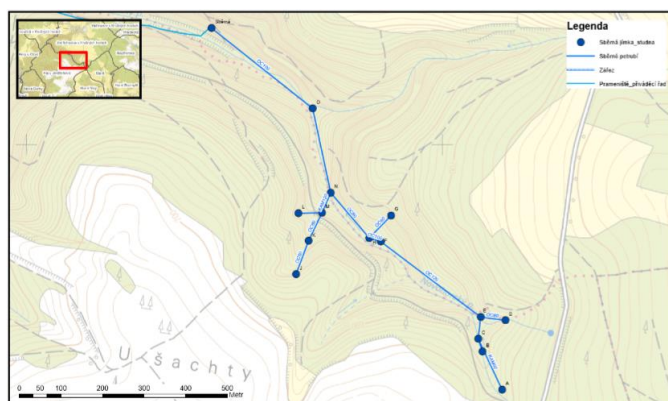
Maximální měsíční povolený odběr 354 m³/den

Roční povolený odběr 129,21 tis. m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2027

Kvalita vody

Voda má nižší hodnotu pH. V lokalitě je nefunkční odkyselovací stanice. Zdravotní zabezpečení je v souladu s požadavky platné vyhlášky.



Obr. 24: Oloví, mapa prameniště (VOSS, 2019).

Jímácí zářezy jsou budované v místě zvodnění vykopáním brázdy, ta je vyložena kameny, do ní je položena jímácí děrovaná trubka, většinou kameninová, obsypáno hrubým štěrkem, zaklopené většinou placatými kameny a znovu obsypané štěrkem. Pak si voda z terénu najde cestu nejmenšího odporu právě do tohoto místa. Zářezy jsou svedeny do sběrných šachet, vždy jsou např. 3 sběrné zářezy a z toho je jeden odtok, který probíhá mezi těmi jednotlivými sběrnými jímkami a končí

v odkyselovací stanici a odtud voda běží vodovodním řadem do Oloví, kde zásobuje dva vodojemy. V případě, kdy je vody dostatek a není žádná porucha, tak vodojemy zvládnou zásobit obě strany Oloví.



Obr. 25: Oloví, sběrná šachta (vlastní, 2020).

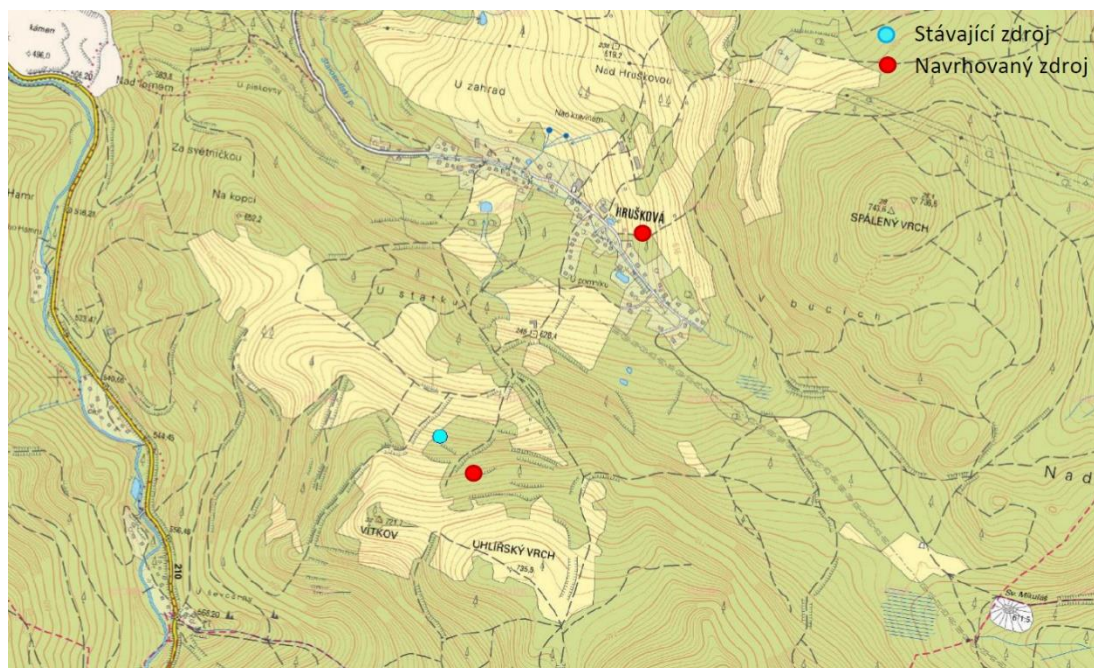
Většina pramenišť v této obci je vybudována před 1. světovou válkou, mezi roky 1890-1920. Všechny betony jsou původní a neuvěřitelně zachovalé, není zde potřeba oprav, výměn apod.



Obr. 26: Oloví, sběrná šachta (vlastní, 2020).

Původně zde byly ještě litinové poklopy s odvětráním, ty však byly všechny odcizeny. Většina z nich se otvírala tam, kde byl přítok, takže po otevření jednoho, bylo vidět na druhý. Sběrné zářezy, které nejsou vidět, jsou označovány jako „patníčky“ (betony obrostlé mechem) a je na nich vyznačeno číslo, které je uvedeno na mapě pramenišť, kde jsou sběrné jímky a do nich vede sběrný zářez. Na konci těchto zářezů začíná svodné potrubí, většinou kovové nebo kameninové. U kameninových jsou nevýhodou stromy, které nad nimi rostou, protože kořeny stromů prorůstají hrdla a tím se ztrácí vydatnost (např. u pramenišť na Březové je to výrazné, tam se musí svody často čistit a některá místa se musí měnit z důvodu poničení od kořenů stromů). Zde v Oloví je přibližně 30 sběrných zářezů a 11 sběrných jímek, ze kterých vede voda do vodojemu a z toho se zásobuje celé Oloví. Jednotlivé šachty jsou propojené a do každé šachty vede přítok z některého ze zářezů. Je to rozsáhlý systém. V případě „dobré“ zimy zásoba vody vydrží většinou do května až do června, poté začne ale ubývat.

9.6 Prameniště Hrušková



Obr. 27: Mapa pramenišť Hrušková (VOSS, 2019).

Osada Hrušková se nachází 4 km jihovýchodně od města Sokolov a 6,4 km severozápadně od města Horní Slavkov. Osada je součástí města Sokolov. Vodní zdroj tvoří dva jímací zářezy. Trubní vedení jsou svedena do sběrné jímky, ze které natéká voda gravitačně do vodojemu. Jedná se o zemní vodojem a z něj je voda gravitačně svedena zásobním řadem do spotřebiště. Vodní zdroj jímá mělké podzemní vody. Oblast náleží do povodí řeky Ohře a Hruškovského potoka.

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 0,3 l/s

Maximální měsíční povolený odběr 25,92 m³/den

Roční povolený odběr 5,95 tis. m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2027

Kvalita vody, která je jímána z prameniště je dobré kvality, v souladu s limity danými vyhláškou.

Vydatnost prameniště

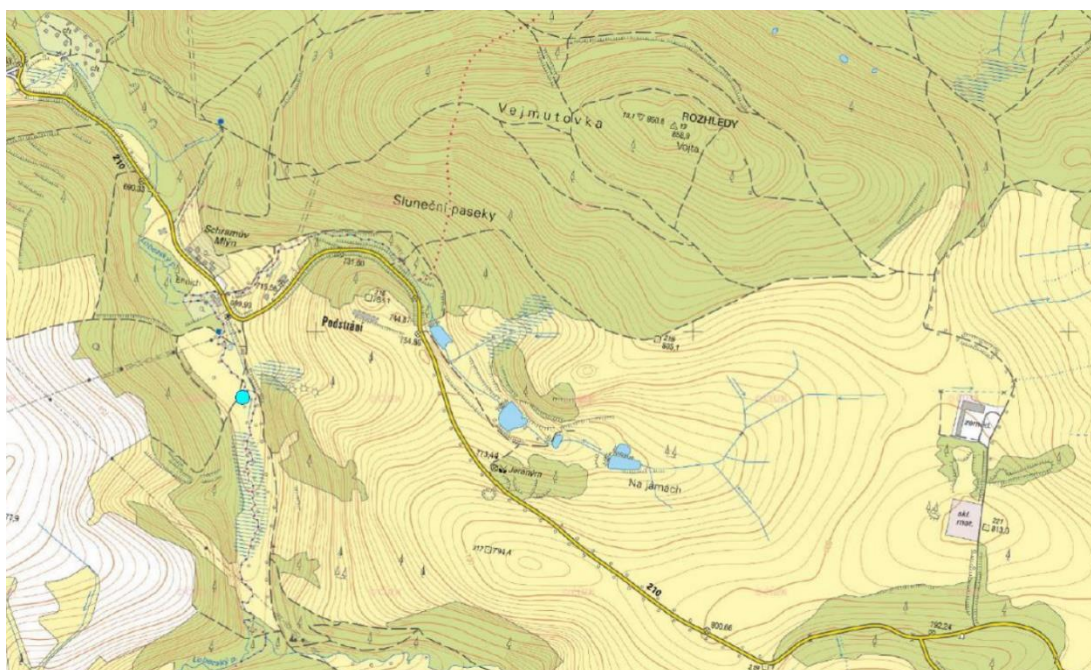
Vydatnost je na hodnotách spotřeby obce. Obec není možné zásobovat z jiných zdrojů, při nedostatečnosti prameniště je obec zavázána vodou. Navíc vodojem je pro cisternu, v případě mokrého nebo zasněženého terénu, nepřístupný. Vzhledem

k problémům s vydatností prameniště byla zpracována projektová dokumentace pro zásobování obce pitnou vodou ze skupinového vodovodu Horka.

Cílem by bylo kompletně vybudovat vodovod ze Sokolova do obce Hrušková a přivést tak pitnou vodu z nádrže Horka. Po dokončení stavby může být zajištěno cca 60 m³ pitné vody/den, což by umožnilo zásobit až 500 obyvatel při spotřebě 120 l/osobu/den. V obci Hrušková se do budoucna plánuje výstavba 165 nových domů.

Bohužel dle podmínek dotačního titulu o počtu ekvivalentních obyvatel (v současné době je v obci trvale přihlášeno cca 45 obyvatel) nesplňuje obec Hrušková limit a nemůže tedy žadatel (město Sokolov) dotaci na vybudování nového zdroje pitné vody čerpat. Město Sokolov si nechalo zpracovat kompletní projektovou dokumentaci a investice města do vybudování vodovodu pro Hruškovou by byla v tomto případě vyšší než 80 mil. Kč. Z finančních důvodů se tedy prozatím realizace neplánuje. Nově stavěné domy budou muset svůj zdroj vody prozatím řešit vlastní studnou. Tam však hrozí riziko dalšího poklesu vydatnosti zdroje i pro stávající občany. Do budoucna se plánuje možnost čerpání dotace na „Zahlazování následků těžby“, díky níž by město Sokolov chtělo (i mimo jiné) vybudovat stavební parcely mezi Hruškovou a vodní nádrží Michal a součástí tohoto je i budování vodovodu, na který by se poté mohla napojit i obec Hrušková. Realizace této možnosti je však v řádu více než deseti lety. Z hydrogeologických posudků je zřejmé, že je možné v obci zajistit dostatečné zdroje podzemní vody k zásobení pitnou vodou stávající i nové zástavby. Stávající stav prameniště Hrušková není nyní dostatečně kapacitní pro obyvatele napojené na vodovod v centrální části obce, zároveň již není možné připojit další obyvatele. Jako nejrychlejší a nejschůdnější se jeví řešení posílení stávajícího podzemního zdroje vybudováním nového podzemního vrtu. Projekt byl zpracován pro žádost o dotaci z dotačního titulu MŽP výzvy 2/2018 priorita 1 voda, podoblast 1.6 zdroje vody, podporovaná aktivita 1.6.A *Průzkum, posílení a budování zdrojů pitné vody*. Cílem výzvy bylo zajištění průzkumu, navržení a realizace technických prací (např. vrtů) pro rozšíření možnosti zásobování obyvatelstva pitnou vodou z podzemních zdrojů a tím zajištění dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství v lokalitách, kde je pitné vody nedostatek nebo je v neodpovídající jakosti. Realizace je plánována na rok 2021.

9.7 Prameniště Podstrání



Obr. 28: Mapa prameniště Podstrání (VOOS, 2019).

Lobezský potok je zdrojem pitné vody pro vodovod Podstrání. Na něm je umístěn břehový jímací objekt vody, odkud se voda přivádí do čerpacích studní. Vodní zdroj se nachází v k.ú. Čistá u Rovné a jímá mělké podzemní vody vázané na blízko protékající tok Lobezského potoka. Jedná se tedy o vodu poříční, která je v hydraulické závislosti na uvedeném toku. Prostředí vykazuje průlinovou propustnost a volnou hladinu. Sběrná jímka, čerpací studny i stanice jsou v dobrém stavu.

Vydatnost prameniště

Prozatím nebyla zaznamenána snížená vydatnost zdroje. Čerpací zkouška proběhla za použití ponorného čerpadla s výsledkem průměrné vydatnosti.

	Průměrná vydatnost l/s
Rozhodnutí MÚ Sokolov	0,18 (max. 0,20)
Čerpací zkouška	0,43

Tabulka 4: Prameniště Podstrání, Výsledky čerpací zkoušky (VOOS, 2019).

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 0,18 l/s

Maximální měsíční povolený odběr 496 m³/den

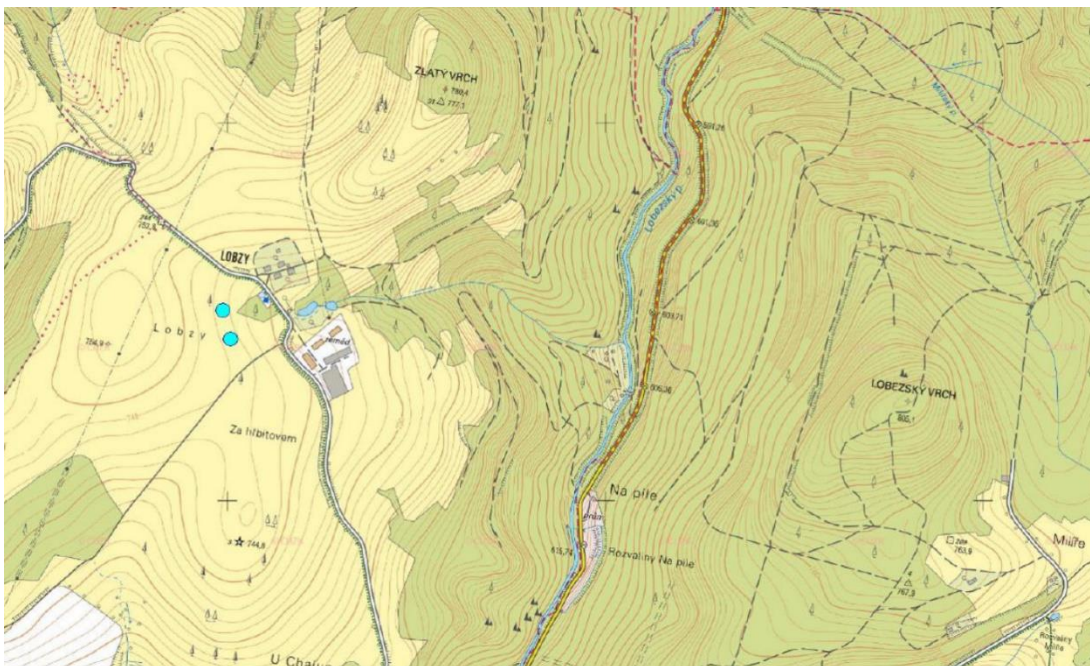
Roční povolený odběr 5,95 tis. m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2027

Kvalita vody

jako problematická se jeví hodnota pH a radonu. Obec není možné zásobovat z jiných zdrojů, při problémech s vydatností prameniště je voda do obce zavážena.

9.8 Studna Lobzy



Obr. 29: Mapa studna Lobzy (VOSS, 2019).

Areál vodního zdroje se nachází v k.ú. Lobzy u Březové a tvoří jej objekt úpravný vody a čerpacího zařízení, akumulční jímka S1 a dvě kopané studny S2, S3. V akumulční jímce se shromažďuje jímaná podzemní voda ze studní, která je přes čerpací stanici vedena do vodovodního řádu osady. V minulosti nebylo zaznamenáno snížení vydatnosti zdroje, dodávka vody do osady byla dostatečná. Ovšem prostředí je zde s průlinovou propustností a s volnou hladinou, silně závislé na intenzitě srážkové činnosti. Stav jímacích objektů a akumulční jímky je uspokojivý.

Vydatnost prameniště – v průběhu sledovaného období byly prováděny čerpací zkoušky. Výsledná hodnota vydatnosti zdroje nedosahuje požadovaných limitů daných v rozhodnutí MÚ Sokolov. Při problémech s vydatností prameniště je řešeno zavážením vodou, protože obec není možné zásobovat z jiných zdrojů.

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 0,16 l/s

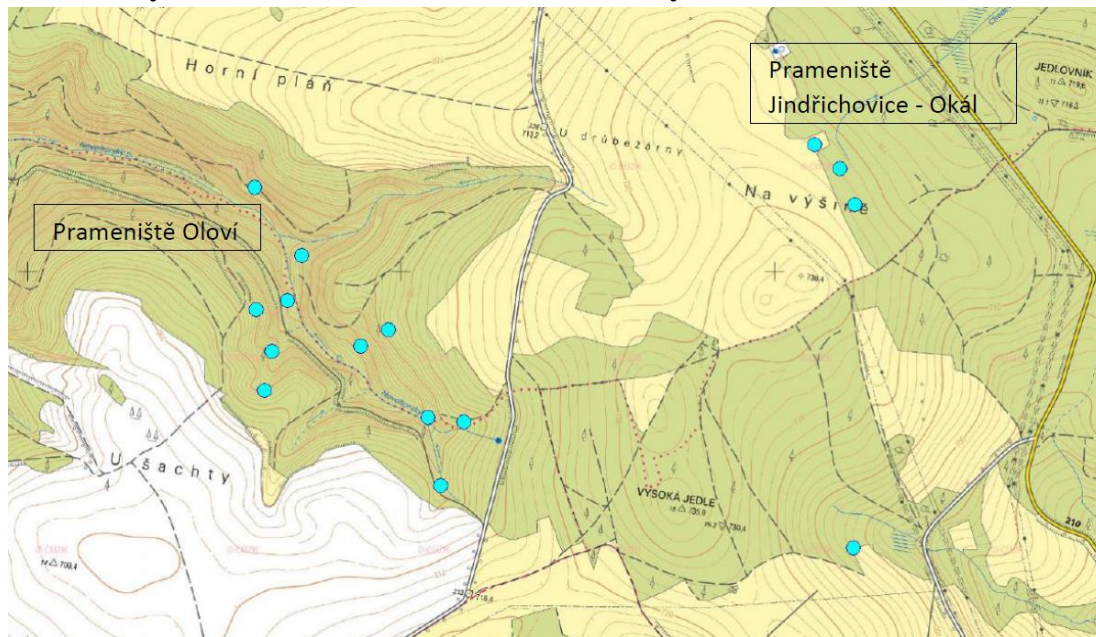
Maximální měsíční povolený odběr 0,43 tis. m³/den

Roční povolený odběr 5,16 tis. m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2025

Kvalita vody - výsledná kategorie surové vody je 4, nevyhovující je hodnota radonu a pH. Voda z prameniště je dobré kvality, po úpravě pH a zdravotním zabezpečení je voda v souladu s požadavky normy. Při aktivním odčerpání vykazuje lokalita průměrnou vydatnost.

9.9 Studny Jindřichovice – U Bartošů a Okály



Obr. 30: Mapa studny Jindřichovice (VOSS, 2019).

Prameniště se nachází v k.ú. Jindřichovice v Krušných horách a tvoří jej tři studny a jeden akumulční objekt. Jedná se o prostředí s průlinovou propustností a s volnou hladinou, silně závislé na intenzitě srážkové činnosti. Stav všech studní odpovídá požadavkům na prameniště pitné vody.

Vydatnost prameniště

Již v minulosti byly zaznamenány snížené vydatnosti zdrojů. Od roku 2016 zásobují zdroje pouze objekt Statek Jindřichovice, v letním období je přítok vody nedostačující. Aktuální vydatnost zdroje zjišťována čerpací zkouškou v kopaných studních o hloubce 6 m a vnitřním průměrem 1,5 m. Objekty jímají mělké podzemní vody vázané na kvartérní sedimenty. Vydatnost zdroje je v průběhu roku proměnlivá, byly zaznamenány i nulové přítoky. Při problémech s vydatností prameniště je řešeno zavážením vodou. Obec Jindřichovice je zásobena vodou ze sousední Rotavy.

	Průměrná vydatnost l/s
Rozhodnutí MÚ Sokolov	0,17 (max. 0,22)
Čerpací zkouška	1,54

Tabulka 5: Prameniště Jindřichovice, Výsledky čerpací zkoušky (VOSS, 2019).

Povolení k nakládání s podzemními vodami

Povolený odběr 0,27 l/s

Maximální měsíční povolený odběr 43 m³/den

Roční povolený odběr 500 m³/rok

Povolení platné do 31. 12. 2024

Kvalita vody

hodnota radonu a pH jsou problémovým ukazatelem. Surová voda má výslednou kategorii 2 a je upravována dávkováním desinfekčního činidla chlornanu sodného. Kvalita vody je dobrá, po úpravě pH a zdravotním zabezpečením je voda v souladu s požadavky normy.

Ze zprávy vypracované v letech 2016-2018, která měla zmapovat jednotlivé prameniště a jejich vydatnosti vyplynulo, že je potřeba řešit lokality Březová, Stříbrná a Nadlesí, a to vybudováním nového nebo posílením stávajícího zdroje vody.

Březová – provedena rekonstrukce prameniště směrem na Kamenici.

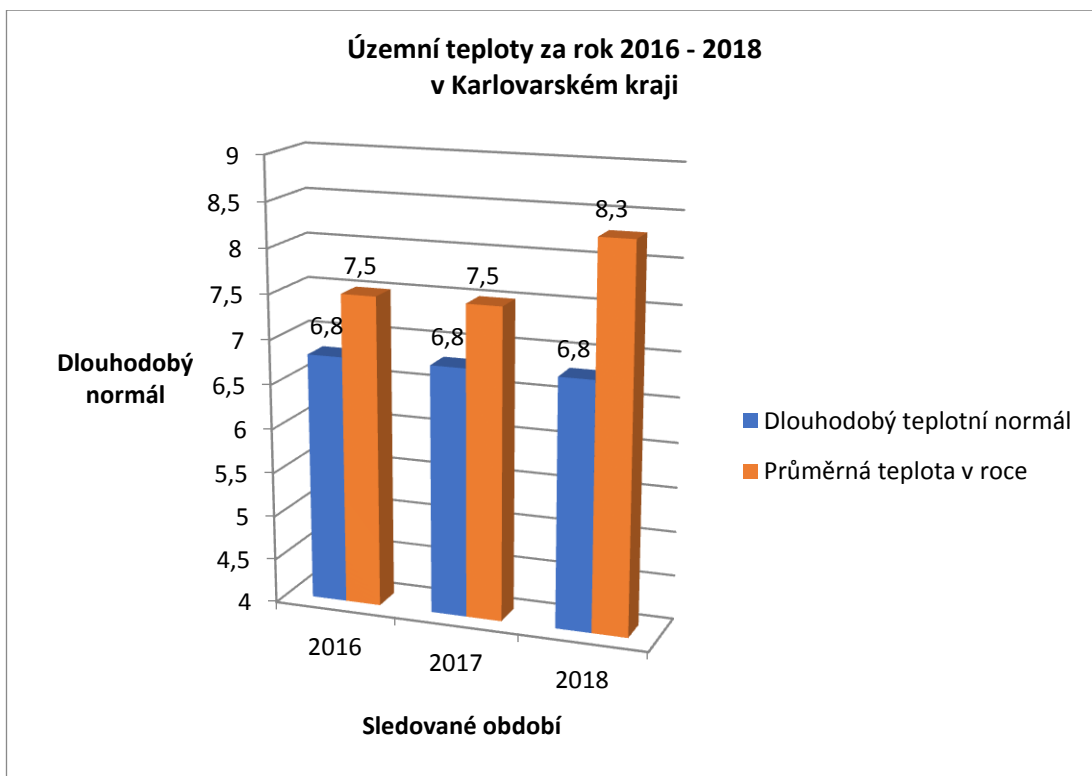
Stříbrná – vybudován nový zdroj pitné vody (hlubinný vrt) - v současné době je zrealizováno, kolaudace proběhla 28. 2. 2020.

Nadlesí – vybudován nový zdroj pitné vody (hlubinný vrt). Stavba je dokončena, zkolaudováno.

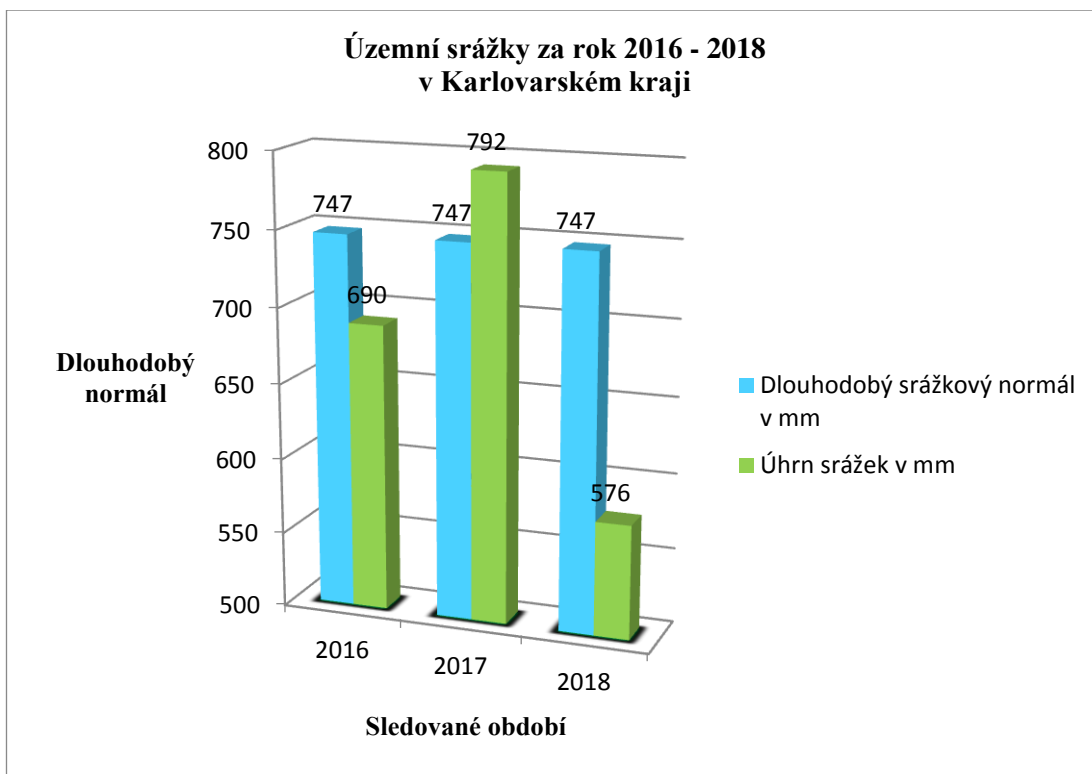
Lokality Stříbrná a Nadlesí byly realizovány za pomoci Státního fondu životního prostředí - výzva 8/2016.

Nejvýrazněji podléhají probíhajícím klimatickým změnám nejdostupnější charakteristiky, o kterých máme nejvíce informací, a to je **teplota a srážky**. Mohou sloužit jako základní ukazatele klimatických změn.

Dle dostupných údajů ČHMÚ byla porovnána data naměřených teplot a množství srážek oproti dlouhodobému průměru v Karlovarském kraji za sledované období 2016-2018. Průměrná teplota v každém jednotlivém roce stoupá a naměřené množství srážek se snižuje, což má vliv na vydatnost jednotlivých pramenišť.



Obr. 31: Graf, Územní teploty ve srovnání s dlouhodobým průměrem (vlastní, 2020).



Obr. 32: Graf, Územní srážky ve srovnání s dlouhodobým průměrem (vlastní, 2020).

10 Diskuze

Práce se zabývá možným vlivem klimatických změn na vodní zdroje. Na začátku je položena otázka, zda mají klimatické změny dopad už i na podzemní zdroje vody na Sokolovsku v Karlovarském kraji. Podkrušnohorská oblast přitom nepatří mezi nejvíce suchem nebo klimatickými změnami postižené oblasti v České republice, díky své nadmořské výšce, zalesnění apod. Intenzita a dopady sucha jsou nejvýraznější v Jihomoravském a Středočeském kraji. Přesto i v Karlovarském kraji, v okrese Sokolov jsou dopady sucha zřejmé a prokazatelné a následky suchých období čím dál tím častěji sužují i tuto oblast. Výsledky z prostudované literatury, data ČHMÚ, technická zpráva pramenišť a odpovědi na dotazy směřované na odborníky z praxe toto potvrdily.

Klimatické změny, stále se zvyšující teplota, málo sněhu, málo srážek a tím nedostatek vody zasáknuté do terénu mají vliv převážně na podzemní vody. Voda, která naprší, steče do nádrže a zásobuje vody povrchové, ale voda zásobující prameniště se musí nejprve vsáknout. Tudíž nejvíce ohrožené klimatickými změnami jsou vody mělké podpovrchové. Ale dlouhodobé sucho už má vliv i na kvalitní vody uložené hluboko pod zemí, filtrované průsakem, dotované z vod podpovrchových. Když je všude vody dostatek, tak má čas na to se postupně vsáknout a natéct až k těm hlubokým vodám a zásobovat je.

Postupný vývoj vydatnosti pramenů a množství vody v mělkých podzemních vrtech je porovnán z měsíčních údajů Českého hydrometeorologického ústavu za pozorované období 2016-2018, navíc doplněno rokem 2019 a především letošním rokem 2020 (vždy v lednu, kdy měly sílit zásoby vody ze sněhu), který je prozatím nejhorší z důvodu krátké a slabé zimy s minimálním přídělem sněhu. Z výsledných grafů je patrné, že průměrná teplota v Karlovarském kraji byla ve sledovaném období vyšší oproti dlouhodobému normálu, stejně tak bylo zaznamenáno klesající množství srážek. Tímto vším můžeme potvrdit, že klimatické změny mají vliv i na podzemní vodní zdroje na Sokolovsku.

Největším problémem na Sokolovsku jsou malé lokality, které jsou bez centrálního zdroje zásobování vodou z nádrže Horka a vodu čerpají z podzemních pramenišť. Vydatnost těchto zdrojů ale klesá a na některých místech se musí posilovat hlubokými vrty. Vodní nádrž Horka zásobuje vodou téměř celý okres Sokolov, ale

např. obec Stříbrná je v takové vzdálenosti, že je téměř nemožné ji přímo napojit, respektive vybudovat vodovod z Horky na Stříbrnou, proto má tedy přívod podzemní vody, který má ale problém s vydatností. Nyní byl vybudován podzemní vrt do hloubky 70 m, který bude řešit deficit vody, převážně v letních měsících. Jako řešení se nabízí zásobování obce Stříbrná postupným napojením z Oloví. Obec Oloví je již z části zásobena vodou z Horky. Nedaleké město Kraslice by bylo možné vodovodně připojit právě na Oloví a z Kraslic poté pokračovat na Stříbrnou. To je možný koncept do budoucna, jak by se dala vyřešit lokalita Stříbrná, aby byla napájena i z jiného zdroje než jen z toho nedostačujícího lokálního. Ideálně kombinace obou variant, jako je tomu právě v Oloví. Takto dvojitě zásobených míst je na Sokolovsku více – Oloví, Březová, Dolní Rychnov, to jsou místa, kde jsou podzemní prameniště, ale zároveň jsou obce napojeny na zdroj z Horky, aby je bylo možné, v případě potřeby, zásobit vodou z centrální soustavy, která nepodléhá nedostatku vody. Vše je ovšem hlavně otázkou financí. V současné době dopad klimatických změn ještě není tak veliký, ale podle prognóz a studií do budoucna cca za 20 let tento problém může být mnohonásobně větší.

Problémem je i bezohlednost obyvatel (převážně rekreatantů), kteří vodou plýtvají, nedodržují v létě při nedostatku vody např. zákaz napouštění bazénů, zavlažují své trávníky apod. Využít by se více dala i dešťová voda, a to jako voda užitková na zalévání a tím by klesla spotřeba pitné vody. Už zákon ukládá, jak by člověk měl nakládat s dešťovými vodami tam, kde spadnou. První volbou je její zasakování na pozemku. Tím se voda, která naprší, a stekla by ze zastavěné plochy, zadrží a vrátí zpátky do země. Nejhorší je, když nevyužitá dešťová voda odeče do kanalizace, to nastává hlavně v případě přívalových dešťů, které způsobují, že se voda nestihne vsáknout a rovnou odeče. Na hospodaření s dešťovou vodou a její využívání je možné čerpat dotaci od státu na projekt „Dešťovka“.

Obec Stříbrná již začala řešit zastavení vody z přívalového deště, a sice vybudováním dvou kaskádových zasakovacích nádrží, které mají za cíl zastavit povodňovou vlnu. Po delším suchu půda vyschne a prudké deště pak valící vodou ze svahů vyplavují pozemky. Tyto nádrže slouží nyní jako suché poldry s bezpečnostním přelivem, které pojmou příval vody, která se postupně rozlije v nich, tedy v místech, kde nemůže napáchat žádné škody. Slouží i jako retence se vsakem do půdy a výpuštění poldrů je nastavena na neškodný průtok.

Takže prioritou je zasakování nebo využívání dešťové vody na pozemku, není-li to možné, pak tedy do dešťové kanalizace a nejhůře do splaškové kanalizace. Pro hospodaření s vodou by bylo ideální, kdyby si všichni uvědomili, že je vody málo, nejrozumnější je jí vsakovat, jímat a využívat a tím by se voda vracela zpátky do „oběhu“. Je důležité myslet na to, že stávající zdroje nejsou bezedné a je potřeba si je zachovat i do budoucna.

Jedním z adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatických změn na hydrologickou bilanci v České republice je *Umělá infiltrace*, jejímž cílem je převádění povrchové vody do vod podzemních. Hlavním účelem infiltrace je zlepšení jakosti povrchové vody přirozenými filtračními pochody v půdě a poté její využití pro vodárenské účely (Mrkvičková a kol., 2012).

Nejdůležitějším opatřením je zadržování vody v krajině např. budováním retenčních nádrží, protože tím, že se voda zadrží, rychle neodteče a nezpůsobí škody, může se postupně vsáknout a dotovat právě podzemní vody. Je potřeba toto řešit s předstihem a preventivně, ne čekat na dobu, kdy voda úplně dojde.

11 Závěr

Sucho má negativní dopady nejen v České republice a dle klimatických předpovědí můžeme očekávat v budoucnu jeho silící dopady. Z důvodu nestálosti srážkovo-odtokového režimu můžeme v budoucnu očekávat výrazný pokles povrchové i podzemní vody. Ať je příčinou klimatických změn sluneční záření, atmosférické jevy nebo vliv člověka, nezbyvá než se přizpůsobit a snažit se vytvořit podmínky k zajištění budoucí generace.

Potenciální sucho v podzemních vodách, ke kterému sice dochází kombinací faktorů, z nichž nejdůležitější jsou změny klimatu bylo motivací k této bakalářské práci. Cílem práce bylo zhodnotit potenciální vliv změn klimatu na zdroje podzemních vod na Sokolovsku v Karlovarském kraji, posoudit souvislosti stavu pramenišť ve správě VOSS Sokolov a zaměřit se na řešení distribuce pitné vody v případě poklesu vydatnosti původního zdroje. Během let 2016-2018 byla porovnávána vydatnost pramenišť s výsledkem shrnutí stavu jednotlivých jímacích objektů. Na třech místech byla vyhodnocena nutnost posílení stávajícího nebo vybudování nového podzemního zdroje pitné vody. V práci je popsán následný stav z přelomu roku 2019-2020, kdy

byl již posílen pramen ve městě Březová a vybudován nový podzemní zdroj pro obec Nadlesí a pro obec Stříbrná. Vliv klimatických změn, zejména sucha, dokládá i dotace, kterou bylo možno na tyto rekonstrukce a stavby čerpat ze SFŽP.

Na území České republiky je dostatek vodárenských nádrží, díky kterým je dostatek vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Komplikace se ale začínají objevovat u spotřebišť, která jsou vázána na lokální zdroje vody. Většinou se jedná o obce, které leží na vzdálenějším předměstí nebo v okrajové části, vzdálené od velkých zdrojů a jednotlivých přiváděcích řadů. Pro tyto případy je potřeba najít alternativní způsob zásobování obyvatel pitnou vodou, protože následkem hydrologického sucha se snižuje hladina podzemní vody a vydatnost pramenů, tak jak je to v této práci řešeno u pramenišť Březová, Nadlesí a Stříbrná. Posílení pramenišť, především hlubinnými vrty, je jedním z řešení, další možností je druhé zásobování obce, a to z centrálního zdroje nádrže Horka, jako je tomu např. v obci Oloví. Prioritou by mělo být hospodaření v podobě neplýtvání a zadržování vody v krajině.

12 Přehled literatury a použitých zdrojů

12.1 Literární zdroje

Beran, A., 2019: Změny hydrologické bilance vlivem klimatické změny a možnosti adaptačních opatření. Dizertační práce. Praha. 161 s.

Bidwell, V. J., 1973: A Methodology for Analysing Agricultural Drought. In: Schulz E. F., Koelzer V. A., Mahmood K., Floods and Droughts, Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology, Colorado. 515 p.

Blinka, P., Rožnovský, J., Litschmann, T., 2002: Metoda hodnocení sucha. XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě. ISBN 80-85813-99-8.

Cílek, V., Just, T., Sůvová, Z., 2017: Voda a krajina. Dokořán, Praha. 200 s. ISBN 978-80-7363-837-5.

Held, I. M., Soden, B. J., 2006: Robust responses of the hydrological cycle to global warming. *Journal of climate*, 19(21), 5686–5699.

Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhass, M. J., Nabuurs, G. J., Zimmermann, N. E., 2013: Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3. 203-207.

Jungclauss, J. H., Lorenz, S. J., Timmreck, C., Reick, C. H., Brovkin, V., Six, K., Segschneider, J., Giorgetta, M. A., Crowley, T. J., Pongratz, J., 2010: Climate and carbon-cycle variability over the last millennium. *Climate of the Past*, 6, 723–737.

Jůva, K., 1959: *Závlaha půdy*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 597 s. ISBN 80-200-0128.

Kadrnožka, J., 2008: *Globální oteplování Země*. Vuzium, Brno. 467 s. ISBN 978-80-2143-498-1.

Kadrnožka, J., 2010: *Země se ubrání*. AN Cerm, Brno. 238 s. ISBN 978-80-7204-678-2.

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

Mrkvičková, M., Kožín, R., Hanel, M., Beran, A., Brabec, J., Novický, O., Fridrichová, R., 2012: *Návrh adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Praha. 133 s. ISBN: 978-80-87402-25-2.

Němec, J., Hladný, J., Blažek V., 2006: *Voda v České republice*. Consult, Praha. 256 s. ISBN 978-80-903-482-1-9.

NĚMEC, J., Kopp, J., 2009: *Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu*. Pro MŽP ČR. Consult, Praha. 255 s. ISBN: 978-80-903482-7-1.

NOVÁK, J., Bábíček, R., Bernard, J., Harciník, F., Hošek, V., Král, P., Kučera, J., Mlejnská, E., Polák, Z., Procházka, J., Procházková, L., Strnad, Z., Sýkora, P., 2003: *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. SOVAK-sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, Praha. 44 s. ISBN 80-238-9946-5.

Plecháč, V., 1989: *Voda, problém současnosti a budoucnosti*. Svoboda, Praha. 327 s. ISBN 80-205-096-0.

Sobíšek, B., Krška, K., Munzar, J., 1993: *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. 1. vyd., MŽP ČR, Praha. 594 s. ISBN: 80-85368-45-5.

Soukalová, E., Muzikář, R., 2015: Hydrologické sucho v podzemních vodách. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, Praha. 57(4–5), 34–41.

Šarapatka, B., Abrahámová, M., Čížková, S., Dotlačil, L., Hlučný, M., Křen, J., Kuras, T., Laštůvka, Z., Lososová, Z., Pokorný, E., Pokorný, J., Pokorný, R., Salašová, A., Tkadlec, E., Tuf, I., Vácha, M., Zámečník, V., Zeidler, M., Žalud, Z., 2010: Agroekologie: Východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, Praha. 440 s. ISBN: 978-80-87371-10-7.

Tourková, J., 1999: Hydrogeologie. ČVUT, Praha. 165 s. ISBN: 80-01-01501-7.

Valníček, B., 2015: Klimatické změny. Akcent, Třebíč. 55 s. ISBN 978-80-7497-081-8.

Vlnas, R., 2012: Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Praha. 52 s. ISBN: 978-92-9167-989.

Zelinka, Z., Formánek, Z., 2005: Úpravný vody. ERA, Brno. ISBN 80-7366-036-9.

12.2 Internetové zdroje

ČHMÚ, ©2019: Český hydrometeorologický ústav: Základní otázky a odpovědi (online) [cit.2020.02.08], dostupné z <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-otazky-a-odpovedi>>.

ČHMÚ, ©2020: Český hydrometeorologický ústav: Sucho, aktuální situace (online) [cit.2020.02.25], dostupné z <<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>>.

ČHMÚ, ©2020: Český hydrometeorologický ústav: Tisková zpráva 26. 2. 2020, Vliv počasí na stav vegetace (online) [cit.2020.03.10], dostupné z <<http://portal.chmi.cz/informace-pro-vas/tiskove-zpravy/2020>>.

EAGRI, ©2007: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky, Karlovarský kraj, (online) [cit.2020.03.05], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/40142/22865_13024_CZ041_Karlovarsky_kraj.pdf>.

GEOLOGY, ©2019: Podzemní vody, (online) [cit.2020.03.05], dostupné z <<http://www.geology.cz/extranet/vav/prirodni-zdroje/podzemni-vody>>.

KARLOVARSKÝ KRAJ, ©2020: Podpora prevence proti suchu, zadržení vody v krajině a péče o zeleň. Program pro poskytování dotací z rozpočtu Karlovarského kraje (online) [cit.2020.03.07], dostupné z <https://www.kr-karlovarsky.cz/dotace/Stranky/dotaceKK/prispevky-zivotni/prevence_sucho.aspx>.

Kořínek, R., 2016: Vodárenské věže – vodojemy. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha (online) [cit.2019.11.05], dostupné z <http://www.vodarenskeveze.cz/04_publicace/VTEI_2016.pdf>.

Martínková, M., 2014: Vliv klimatické změny na celkovou vodnost obou oblastí. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha (online) [cit.2020.03.22], dostupné z <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/grace2011/docstazeni/grace_zz_2014_studie_vlivu_klimatu.pdf>.

Martinkova, M., Hanel, M., 2016: Evaluation of relations between extreme precipitation and temperature in observational time series from the czech republic. Advances in Meteorology (online) [cit.2020.02.29], dostupné z <https://www.researchgate.net/publication/305218659_Evaluation_of_Relations_between_Extreme_Precipitation_and_Temperature_in_Observational_Time_Series_from_the_Czech_Republic>.

MFF UK, 2012: Univerzita Karlova, Katedra fyziky atmosféry: Klima, klimatický systém, klimatické modely (online) [cit.2020.03.07], dostupné z <<http://kfa.mff.cuni.cz/?p=57>>.

MZE + MŽP, ©2019: Ministerstvo zemědělství a ministerstvo životního prostředí: Modrá zpráva, Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR 2018 (online) [cit.2020.03.07], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/640731/Modra_zprava_2018_web.pdf>.

MŽP ČR, ©2015: Ministerstvo životního prostředí: Shrnutí Souhrnné zprávy k Páté hodnotící zprávě Mezivládního panelu změny klimatu (IPCC) publikované v Ženevě dne 18. 3. 2015: Mezivládní panel pro změnu klimatu 2014 (online) [cit.2020.02.26], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/souhrnna_zprava_ipcc_2015>.

MŽP ČR, ©2010: Ministerstvo životního prostředí: Základní principy hydrogeologie (online) [cit.2020.03.06], dostupné z

<[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf)>.

MŽP ČR, ©2019: Ministerstvo životního prostředí: Povrchové vody (online) [cit.2020.03.06], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/povrchove_vody>.

Novický, O., Kašpárek, L., Hanslík, E., Vlnas, R., Vizina, A., Fiala, T., Brzáková, J., Ledvinka, O., Kourková, H., Fridrichová, R., 2010: Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha (online) [cit.2020.03.20], dostupné z <http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2015/07/018_casova_variabilita_sucha.pdf>.

Rambousková, M., 2020: Česko vysychá. Seznam zprávy (online) [cit.2020.03.21], dostupné z <<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/cesko-vysycha-uz-ted-je-jasne-ze-na-letu-chybi-miliardy-litru-vody-90099?seq-no=2&dop-ab-variant=&source=clanky-home>>.

Rožnovský, J., 2012: Sucho na území ČR a jeho dopady. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno (online) [cit.2020.03.14], dostupné z <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky_sucho_230412.pdf>.

SOKOLOV, ©2020: Město Sokolov, Městský úřad, Odbor životního prostředí: Vodoprávní úřad, (online) [cit.2020.03.12], dostupné z <https://www.sokolov.cz/urad/odbory/odbor_zivotniho_prostredi/vodopravni_urad/informace-o-useku-26090>.

Stejskal, L., MV ČR, 2012: Ministerstvo vnitra České republiky: Změna klimatu a její dopady. Hlavní hrozba 21. století (online) [cit.2020.03.06], dostupné z <https://ceses.cuni.cz/CESES-65-version1-TRS_WP_15.pdf>.

Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J. S., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T. R., Chen, J., Taniguchi, M., Bierkens, M. F. P., MacDonald, A., Fan, Y., Maxwell, R. M., Yechieli, Y., Gurdak, J. J., Allen, D. M., Shamsudduha, M., Hiscock, K., Yeh, P. J., Treidel, H., 2013: Ground water and climate change. Nature Climate Change (online) [cit.2020.03.06], dostupné z

<https://www.researchgate.net/publication/258807224_Ground_water_and_climate_change>.

Trnka, P., 2015: Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě.

Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova univerzita Brno (online)

[cit.2020.03.06], dostupné z

<http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA_1.pdf>.

WIKIPEDIA, ©2016: Jímání vody (online) [cit.2020.03.08], dostupné z

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Jímání_vody#J%C3%ADmac%C3%AD_objekty_pod_zemn%C3%ADch_vod>.

Wilhite, D. A., Glantz, M. H., 1985: Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International. National Drought Mitigation Center,

University of Nebraska – Lincoln, 2005 (online) [cit.2020.03.07], dostupné z

<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=drought_facpub>.

12.3 Obrázky

Obr. 1: Rozložení vody na Zemi (Marešová, Z.: Prezentace, Hydrosféra, Rozložení vody na Zemi) (online) [cit.2019.11.08], dostupné z

<<https://slideplayer.cz/slide/3151609/>>.

Obr. 2: Rámcový mechanismus oběhu vody na Zemi (Ruda, A.: Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita) (online) [cit.2019.11.08] dostupné z

<https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html>.

Obr. 3: Jímací zářez (Google, 2020) (online) [cit.2020.03.20] dostupné z

<https://www.google.cz/search?q=j%C3%ADmac%C3%AD+z%C3%A1%C5%99ez+obr%C3%A1zek&sxsrf=ALeKk00BP3LkOW1P-0udVb2jkRgegEJgew:1585505152357&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiB9ZT7osDoAhXL5KQKHUnwDp8Q_AUoAXoECAwQAw&biw=1242&bih=595>.

Obr. 4: Schéma zásobování vodou (Škrobánková, H.: Prezentace, Zásobování vodou, bilance a měření) (online) [cit.2020.02.15] dostupné z

<<https://slideplayer.cz/slide/2510984/>>.

- Obr. 5: Obce okresu Sokolov (Wikipedia, Rozsah okresu Sokolov s vyznačenými hranicemi a názvy obcí dle stavu k roku 2008) (online) [cit.2020.03.09] dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Okres_Sokolov.
- Obr. 6: Mapa pramenišť Březová (Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2019).
- Obr. 7: Mapa pramenišť Dolní Rychnov (Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2019).
- Obr. 8: Mapa pramenišť Stříbrná (Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2019).
- Obr. 9: Stříbrná, sběrná studna S3 (vlastní, 2020).
- Obr. 10: Stříbrná, sběrná studna S3 (vlastní, 2020).
- Obr. 11: Stříbrná, mapa pramenišť (VOSS, 2019).
- Obr. 12: Stříbrná, nový hlubinný vrt (vlastní, 2020).
- Obr. 13: Stříbrná, nový hlubinný vrt (vlastní, 2020).
- Obr. 14: Stříbrná, nový hlubinný vrt (vlastní, 2020).
- Obr. 15: Stříbrná, ovládací panel, odkyselovací místo (vlastní, 2020).
- Obr. 16: Stříbrná, odkyselovací místo, vyrovnávací nádoba, reaktor, kde se míchá nadávkovaná chemie pro zvýšení pH. V další nádobě jsou 2 filtry, díky nimž se usadí a vysráží železo a mangan. (vlastní, 2020).
- Obr. 17: Stříbrná, odkyselovací místo (vlastní, 2020).
- Obr. 18: Stříbrná, přívodní šachta u vodojemu (vlastní, 2020).
- Obr. 19: Stříbrná, místo s umístěním UV lampy (vlastní, 2020).
- Obr. 20: Stříbrná, zasakovací nádrže, stav po 4 dnech deště (vlastní, 2020).
- Obr. 21: Stříbrná, zasakovací nádrže, stav po 4 dnech deště (vlastní, 2020).
- Obr. 22: Mapa studna Nadlesí (VOSS, 2019).
- Obr. 23: Mapa pramenišť Oloví (VOSS, 2019).
- Obr. 24: Oloví, mapa pramenišť (VOSS, 2019).
- Obr. 25: Oloví, sběrná šachta (vlastní, 2020).

Obr. 26: Oloví, sběrná šachta (vlastní, 2020).

Obr. 27: Mapa pramenišť Hrušková (VOSS, 2019).

Obr. 28: Mapa pramenišť Podstrání (VOSS, 2019).

Obr. 29: Mapa studna Lobzy (VOSS, 2019).

Obr. 30: Mapa studny Jindřichovice (VOSS, 2019).

Obr. 31: Graf, Územní teploty za rok 2016-2018 v Karlovarském kraji ve srovnání s dlouhodobým teplotním průměrem v Karlovarském kraji. (data ČHMÚ, vlastní, 2020).

Obr. 32: Graf, Územní srážky za rok 2016-2018 v Karlovarském kraji ve srovnání s dlouhodobým srážkovým úhrnem v Karlovarském kraji. (data ČHMÚ, vlastní, 2020).

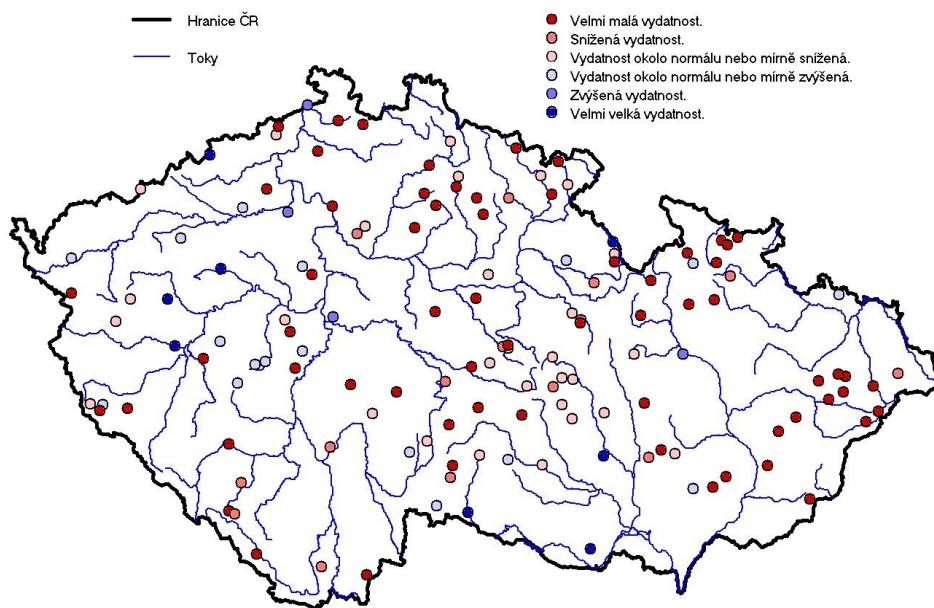
12.4 Tabulky

Tabulka 1-5 Čerpací zkoušky, naměřené hodnoty vydatnosti pramenišť (Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2019).

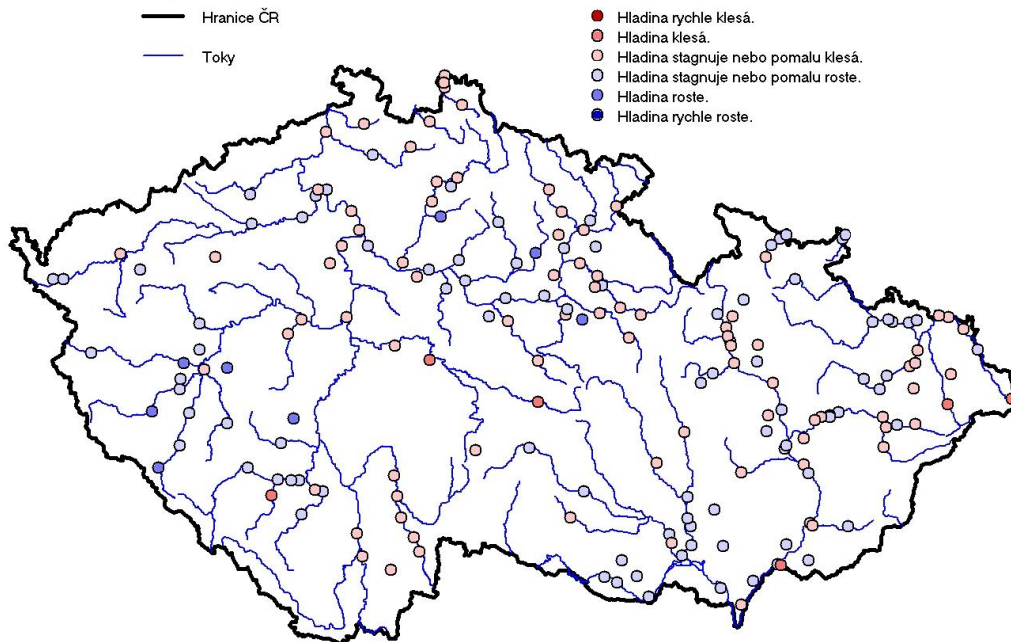
12.5 Přílohy

Příloha 1: Porovnání vydatnosti pramenů a hladiny podzemní vody v mělkých vrtech ve sledovaném období 2016-2018 doplněné k porovnání o rok 2019 a rok 2020, vždy ve stejném měsíci lednu. Teplota jsou uváděna ve stupních Celsia (°C), úhrn srážek je uváděn v milimetrech (mm) (Český hydrometeorologický ústav, 2020).

Vydatnost pramenů hodnocená podle pravděpodobnosti překročení pro měsíc: 01/2016

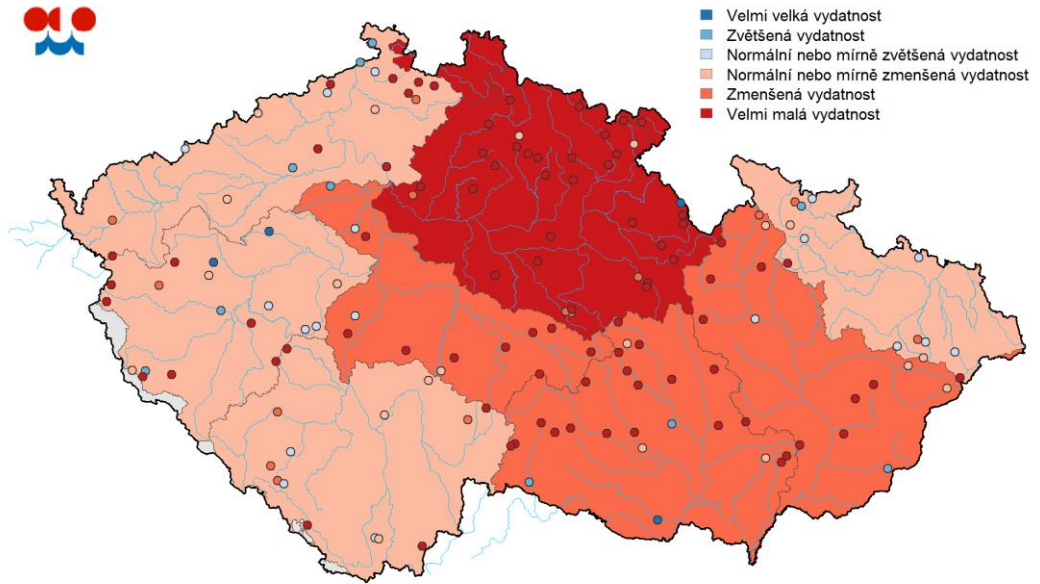


Nárůst nebo pokles hladiny ve vrtech v měsíci: 01/2016 Srovnání s předchozím měsícem.



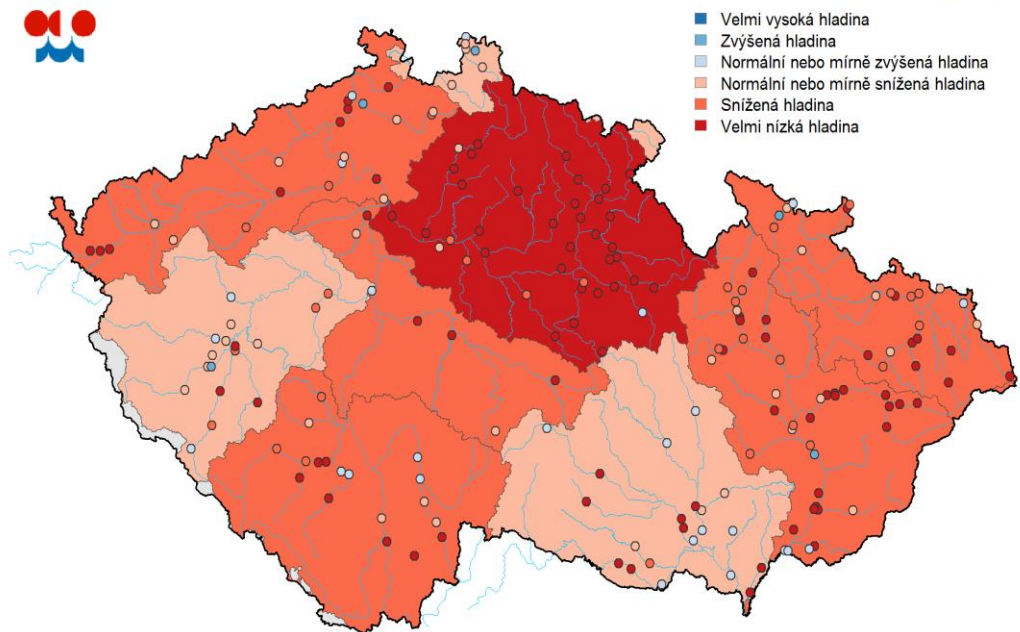
Stav vydatnosti pramenů

Leden 2017



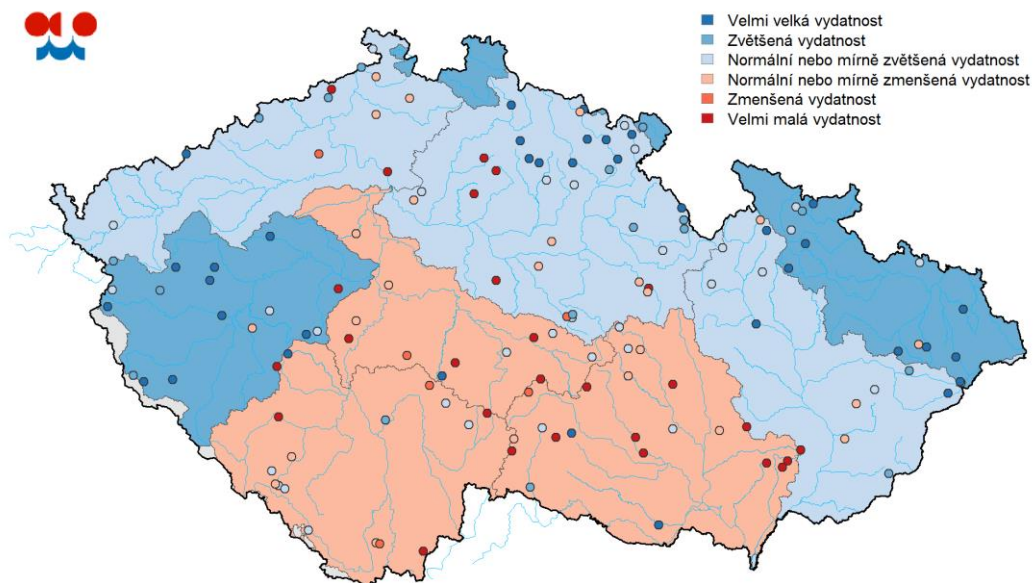
Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

Leden 2017



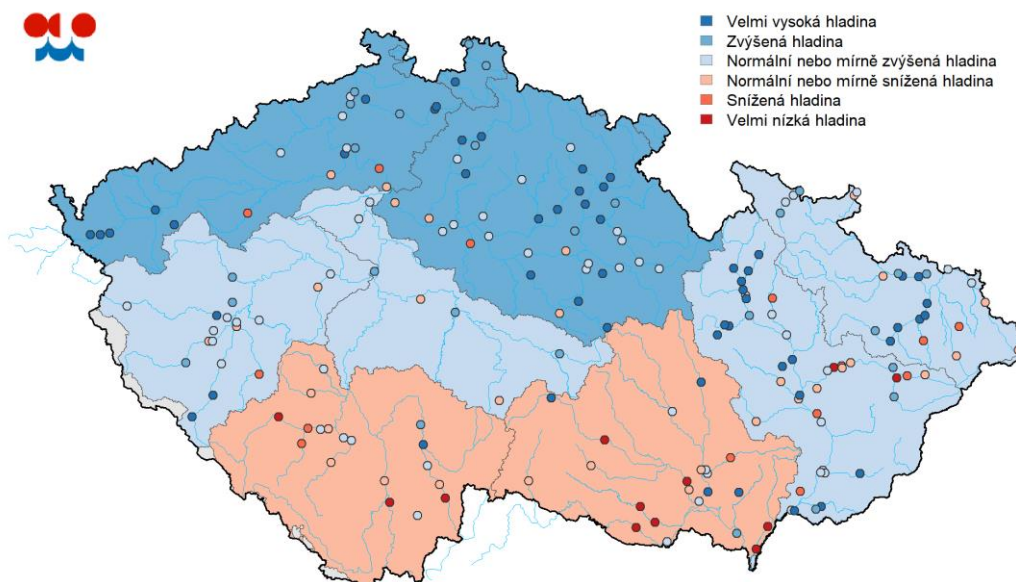
Stav vydatnosti pramenů

Leden 2018



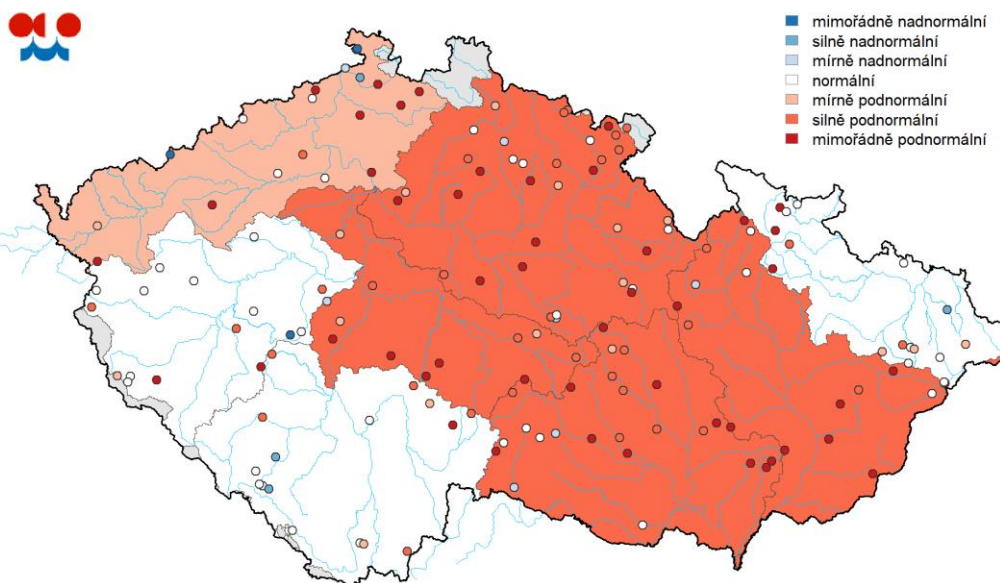
Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

Leden 2018



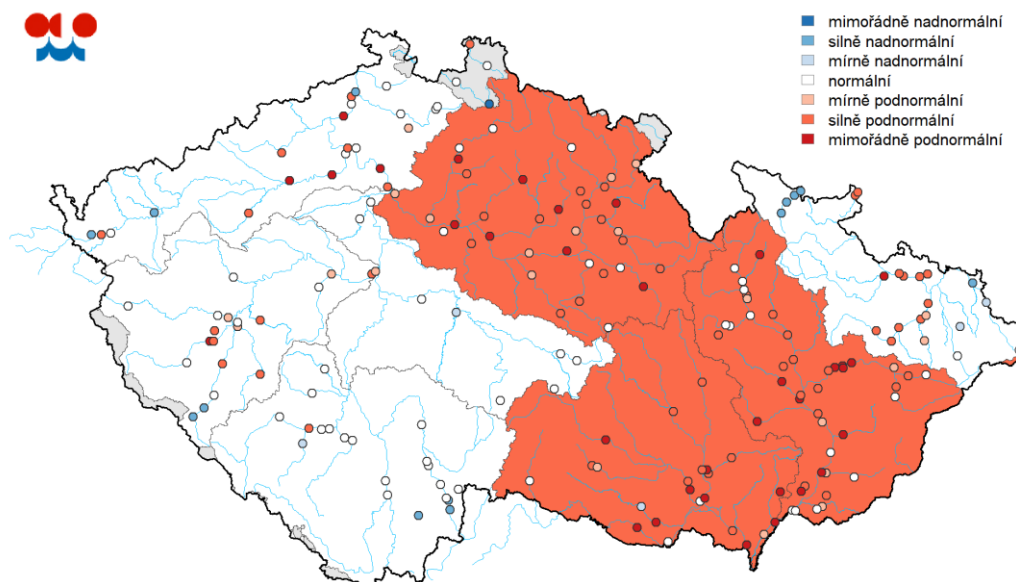
Stav vydatnosti pramenů

Leden 2019

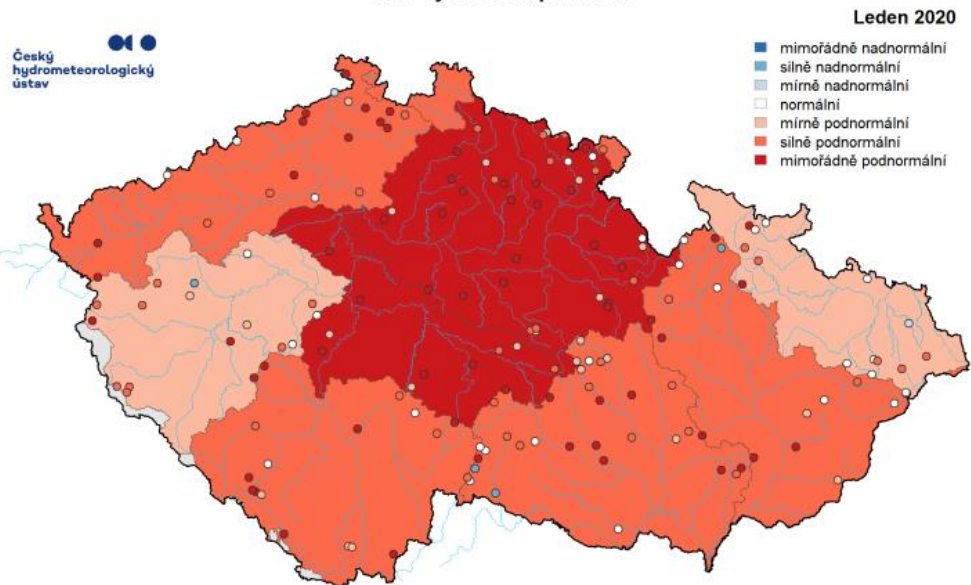


Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

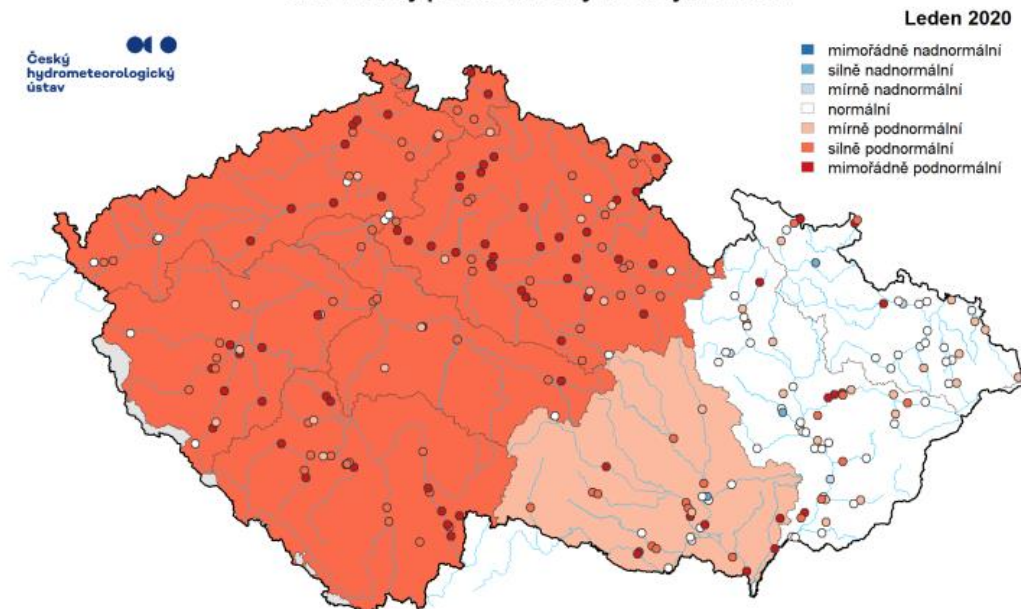
Leden 2019



Stav vydatnosti pramenů



Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech



Příloha 2: Souhlas s použitím dat Vodohospodářské společnosti Sokolov s.r.o.

Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o.
Jířího Dimitrova 1619
356 01 Sokolov

V Sokolově dne 12. 9. 2019

Žádost o souhlas s použitím dat

Studuji Českou zemědělskou univerzitu, na fakultě životního prostředí obor Krajinářství.
Ve své bakalářské práci na téma: „Vyhodnocení potenciální vlivu klimatických změn na vodní zdroje ve správě VOSS Sokolov“ bych ráda použila data vaší společnosti – konkrétně projekt pramenišť a žádám vás o souhlas s jejich použitím. Data budou použita pouze pro potřeby zpracování bakalářské práce a nebudou dále šířena.

Děkuji předem za kladné vyřízení

S pozdravem

Jana Beranová
Sadová 446
357 03 Svatava
beranova.janina@seznam.cz


VODOHOSPODÁŘSKÁ
SPOLEČNOST SOKOLOV, s.r.o.
356 01 Sokolov
SOUHLAS