

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



Jakost pitné vody v soukromých studních

Quality of a drinking water in private wells

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D.

Bakalant: Iveta Líznerová

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Iveta Líznerová

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Jakost pitné vody v soukromých studních

Název anglicky

Drinking water quality in private wells

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je literární rešerše zaměřená na problematiku jímání podzemních vod ve studních a jakosti pitné vody v nich.

Metodika

Rešeršní práce, která je zaměřena na následující aspekty:

- podzemní vody a jejich jímání,
- kvalita jímaných podzemních vod,
- porovnání kvality pitné vody v ČR a ve světě.

Práce bude zakončena diskuzí získaných poznatků.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

stoková síť, porucha, oprava,

Doporučené zdroje informací

ČVTVHS (2003): Stevební materiály pro výstavbu stokových sítí. Česká vědeckotechnická společnost, Praha, 95 s.

KLEPSATEL, F. & RAČLAVSKÝ, J. (2007) Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. IAGA, Brno

MICÍN, J. – HLAVÍNEK, P. – PRAX, P. *Příručka stokování a čištění*. Brno. NOEL 2000, 2001. ISBN 80-86020-30-4.

NODIG (www.czstt.cz/zpravodaj_nodig.htm) obsahuje 21 čísel časopisu NODIG 2005-2010

STEIN D. & NIEDERHE W. (1992): Instandhaltung von Kanalisationen. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 814 s

SYNÁČKOVÁ, M. – SYNÁČKOVÁ, M. – NYPL, V. *Základní inženýrské služby 30. stokování*. Praha. ČVUT, 1998. SBN 80-01-01729-.

Předběžný termín ukončení

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantuji pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 16. 12. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 12. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2020

Poděkování

Chtěla bych touto formou poděkovat panu Ing. Martinu Heřmanovskému, Ph.D. za jeho velmi cenné rady, čas a ochotu, kterou mi během vedení mé bakalářské práce poskytl. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu při studiu.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma „Jakost pitné vody v soukromých studních“ 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 závěrečnou 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/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze,

Podpis:

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je literární rešerše zaměřená na kvalitu vody v soukromých studních a možnosti jejího jímání. V práci jsou podrobněji rozebrány způsoby jímání podzemní vody, její fyzikálně chemické vlastnosti a monitoring její kvality, pokud je využívána jako zdroj pitné vody. Jedním z cílů práce bylo také porovnat kvalitu pitné vody v ČR a zahraničí. Z bakalářské práce je patrné, že v České republice je vhodnější, z pohledu kvality, jímání pitné vody z vod podzemních. Podobně je tomu i ve světě, a to hlavně z důvodu samočisticí schopnosti horninového prostředí podzemních vod. V práci jsou dále popsány druhy kontaminace zdrojů pitné vody, především dusičnany, které se do pitné vody dostávají hlavně v důsledku intenzivního hnojení v zemědělském průmyslu. V práci jsou uvedeny hlavní způsoby zamezení infiltrace dusičnanů do podzemních vod a důležitost kontrol pitné vody obecně. Přínos bakalářské práce spočívá v pochopení problematiky kvality pitné vody v soukromých studních.

Klíčová slova: jímání vody, podzemní voda, monitoring

Abstract

The aim of the bachelor's thesis is a literature search focused on the quality of water in private wells and the possibility of its collection. The work discusses in more detail the methods of ground water collection, its physicochemical properties and monitoring of its quality, if it is used as a source of drinking water. One of the aim soft the work was also to compare the quality of drinking water in the Czech Republic and abroad. From the bachelor's thesis it is clear that in the Czech Republic it is more appropriate, from the point of view of quality, the collection of drinking water from groundwater. The situationis similar in the world, mainly due to the self-cleaning ability of the rock environment of groundwater. The work also describes the types of contamination of drinking water sources, especially nitrates, which enter the drinking water mainly due to intensive fertilization in the agricultural industry. The main ways of preventing nitratein filtration in to groundwater and the importance of drinking water controls in general are presented. The contribution of the bachelor thesis lies in understanding the issues of drinking water quality in private wells.

Keywords: water abstraction, groundwater, monitoring

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1 Cíle práce.....	3
2. Koloběh vody.....	4
2.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody.....	5
3. Rozdělení vody podle umístění a charakteru.....	6
3.1 Atmosférická voda.....	6
3.2 Podzemní voda.....	7
3.3 Povrchová voda.....	8
3.4 Pitná voda.....	11
3.4.1 Kontrola jakosti pitné vody v soukromých studních.....	14
3.4.2 Fyzikálně-chemické parametry pitné vody.....	14
3.4.3 Mikrobiologické znečištění pitné vody.....	17
4. Jímání podzemních vod.....	20
4.1 Vertikální jímadla.....	21
4.1.1 Vrtané studny.....	22
4.1.2 Kopané (šachtové) studny.....	23
4.1.3 Trubkové studny.....	24
4.2 Horizontální jímadla.....	24
4.2.1 Jímací zářezy.....	25
4.2.2 Galerie (štoly).....	26
5. Monitoring jímaných podzemních vod.....	27
6. Porovnání jakosti pitné vody v ČR a ve světě.....	31
7. Diskuze.....	34
8. Závěr.....	37
9. Přehled literatury.....	38

1. Úvod

Tato bakalářská práce byla vypracována na téma „Jakosti pitné vody v soukromých studních. Z většiny je tato práce soustředěna na teoretické poznatky a pravidla související s budováním soukromých studen.

Vzhledem k tomu, že voda je nezbytnou a nenahraditelnou součástí každého živého organismu na planetě Zemi, je obzvláště důležité dbát na jakost vody u povrchových sladkovodních zdrojů, jež slouží mimo jiné jako zdroj pitné vody pro člověka a v tomto ohledu jsou konkrétně pro potřeby obyvatel České republiky zcela nenahraditelné (Bulíček a kol., 1977).

Studna je ideální zdroj vody pro domácnosti. Podzemní voda je důležitá pro zásobení obyvatel pitnou vodou; bývá kvalitnější než voda povrchová. Důležitým předpokladem pro zásobování vodou je zajištění vodního zdroje, který má požadovanou kvalitu a je trvale vydatný. Voda nesmí ohrozit lidské zdraví z pohledu přenosu chorob ani chemickým složením. Kvalitní vody je v našich podmínkách málo, proto je důležité zdroje vody chránit (Synáčková, 1996). Studny můžeme rozdělit podle vlastností a typu výstavby na vertikální a horizontální jímadla. Mezi horizontální jímadla patří jímací zářezy a štoly, které mají významnější využití v rámci odvápnování terénu a sběru povrchové vody (Krásný, 2008). Mezi vertikální jímadla řadíme vrtané studny, které po vrtu a usazení čerpají vodu z velmi hlubokých zdrojů podzemní vody a slouží k trvalému užívání. Kopané studny jsou konstruovány kopanou metodou v terénu, kde vrtanou studnu nelze zrealizovat, jako například hornaté či výrazně kopcovité terény. Kopaná studna čerpá vodu z mělkých podzemních zdrojů než studna vrtaná. Posledním příkladem z vertikálních jímadel je studna trubková, která je levnější variantou studny, která má však velmi omezený dosah i životnost (Kožíšek, 2003).

Ve věci ochrany lidského zdraví nám slouží zákony, normy a vyhlášky tykající se konkrétních pravidel a parametrů, které jsou nastaveny v jednotlivých zemích světa trochu jiným způsobem. Zde je jistě vhodné zmínit zákon č. 254/2001 Sb., který především zakotvuje postavení a význam vody jako složky životního prostředí, sloužící pro uspokojování základních životních potřeb lidí a jejich hospodářských aktivit, ale také jako živlu, který může ohrozit životy či majetek. Dále

pak zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, definující pojmy jako je provozování vodovodů, provozovatel vodovodu, odběratel, plán rozvoje vodovodů či surová voda. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví definuje pojem a význam pitné vody. Dalším z pramenů právní úpravy vody je nařízení vlády č. 262/2007 Sb. Zde jsou stanoveny cíle a opatření, které mají zabezpečit předpoklady pro zajištění stanovených standardů pro pitnou vodu. Jedná se o rámcové cíle v ochraně vod jako složky životního prostředí.

1.1 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je literární rešerše zaměřená na problematiku jímání podzemních vod ve studních a jakosti pitné vody v nich. Pojednává zejména o problematice podzemních vod a jejich jímání, kvality jímaných podzemních vod a jejich možném znečištění a úpravou.

První část bakalářské práce je věnována právě popisu možných vodních zdrojů a rozdělení vody dle umístění a charakteru. Zde je poněkud obsáhleji popsána tematika týkající se pitné vody. Kapitola obsahuje způsoby hodnocení pitné vody, její parametry a charakteristiku. Pojednává o konduktivitě, tvrdosti vody a hodnotách pH, které je třeba průběžně stále monitorovat. Další kapitola se zabývá jímáním podzemních vod, tedy způsoby, kterými lze podzemní vodu získat a využít jako zdroj pitné vody. Dále v této bakalářské práci popisují monitorování jímaných podzemních vod, tedy pravidla a testování, kterými musí jímaná voda projít a být vyhodnocena jako nezávadná nebo zdraví neohrožující. Poslední kapitola zahrnuje informace ohledně porovnání kvality pitné vody v České republice a ve světě.

2. Koloběh vody

Voda je základem pro vše živé na naší planetě a přímo podmiňuje existenci veškerého přírodního a společenského bohatství na planetě Zemi (Bulíček a kol., 1977). Může mít významné hospodářské dopady a hraje podstatnou roli v civilizačním vývoji. V přírodě se účastní všech důležitých biologických, fyzikálních i chemických pochodů (Hlavínek, Říha, 2004). Voda je nositelkou fyzikálně chemických pochodů v tělech organismů (Novotná a kol., 2001). Veškerou atmosférickou a povrchovou vodu lze shrnout pod názvem hydrosféra. Voda se může vyskytovat v různých skupenstvích, tedy ve formě vodní páry, kapaliny či v pevném stavu ve formě ledu či sněhu.

V přírodě se setkáváme s jevem, který označujeme jako koloběh vody. Koloběh vody můžeme rozdělit na malý či velký. Jako malý koloběh vody označujeme účinek slunečního záření, kdy jeho následná přeměna na teplo způsobí, že se voda vypařuje z povrchu Země. Jako srážky pak dopadne zpět na povrch oceánu. Velkým koloběhem vody rozumíme jev, kdy mezi povrchem pevnin a atmosférou dochází ke složité a mnohokrát se opakující výměně vody, která nakonec vede k opětovnému návratu téhož množství do světového oceánu (viz. Obrázek 1). Z důvodu evaporace, která vzniká na základě slunečního záření, dochází k transmisi vodní páry nad kontinenty, přičemž voda následně padá na zemský povrch ve formě kapalné (déšť) či pevné (sníh a kroupy) nebo kondenzuje na povrch objektů. Ve směru gravitačního gradientu je následně ve formě povrchového a podpovrchového odtoku voda směřována zpět k oceánu, nebo se díky zásaku stává součástí podzemních vod (Synáčková, 1996).



Obr. 1 :Schéma oběhu vody (John Evans and Howard Perlman (USGS), Překlad: Ing. Petr Sercl)

2.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Vodu lze z chemického hlediska označit za sloučeninu vodíku a kyslíku, se sumárním vzorcem H_2O . Z hlediska fyzikálního je voda za normální teploty bezbarvá, v silnější vrstvě namodralá kapalina bez chuti a zápachu (Vacík a kol., 1999). Vyskytuje se ve třech skupenstvích: pevném – led, kapalném – voda a plynném – vodní pára. Teplota tání je za běžných podmínek při $0^\circ C$, což je teplota, při které se z vody začíná tvořit pevná látka, respektive led. Teplota varu odpovídá za normálního atmosférického tlaku ($101325 Pa$) $100^\circ C$, což je moment, kdy se voda přeměňuje do formy vodní páry. Vzhledem ke svému charakteru je voda významným polárním rozpouštědlem organických i anorganických látek (Vacík a kol., 1999). Nejlépe se ve vodě rozpouští látky obsahující iontovou vazbu. Při styku vody s iontovou mřížkou se okolo povrchových iontů seskupí molekuly vody. Tyto opačně nabitě póly působí přitažlivou silou na ionty mřížky tak dlouho, až je z mřížky vytrhnou. Uvolněné ionty se hydratují. Ve vodě se nerozpouští nepolární kapaliny (např. chloroform a uhlovodíky), přičemž tyto látky se s vodou vůbec nemísí (Hajari, Bandyopadhyay, 2017).

3. Rozdělení vody podle umístění a charakteru

Vodu můžeme rozdělit podle různých hledisek. Jedno ze základních rozdělení může být podle původu na vodu přírodní a odpadní. Přírodní vodu dále dělíme podle výskytu na atmosférickou, povrchovou a podzemní. Za velmi důležité můžeme považovat i třídění dle použití na vodu pitnou, užitkovou, provozní a odpadní (Kotovicová a kol., 2009). V následujících kapitolách si představíme několik základních skupin rozdělení reservoiru vody v různé formě a místě působnosti.

3.1 Atmosférická voda

Voda atmosférická, někdy nazývána také jako srážková, se vytváří kondenzací vodní páry v ovzduší. Výsledkem kondenzace jsou veškeré srážky. Rozlišujeme srážky pevné, kam spadá například námraza, sníh, jinozatka, mráz a kroupy. Dále se dělí na srážky kapalné, jako je například déšť, mlha, rosa nebo mrholení. Dále můžeme srážky rozlišit podle toho, zda vznikají v atmosféře a posléze padají na zemský povrch nebo zda vznikají na zemském povrchu. V atmosféře vznikající srážky nazýváme také jako vertikální a řadíme mezi ně déšť, kroupy a sníh. Srážky vznikající na zemském povrchu nazýváme horizontální a patří sem právě mlha, rosa, námraza a jinozatka (Hubačíková, Opletová, 2008).

Chemické složení srážkových vod závisí na složení a znečištění atmosféry (Žáček, 1998). Kyslík, dusík, oxid uhličitý a vzácné plyny jsou běžné plyny, které jsou v atmosféře obsaženy a je jimi také nasycena srážková voda (Král, 1984). Jako znečišťující látky jsou přítomny uhlovodíky, zejména methan, oxidy dusíku a síry, které mohou být přírodního i antropogenního charakteru (Žáček, 1998). Největší znečištění těchto vod je v okolí velkých průmyslových zón a sídlišť, naopak nejmenší bývá v horských oblastech (Hubačíková, Opletová, 2008). Postupný růst antropogenní činnosti a také látek antropogenního původu má za následek vznik kyselých dešťů (Synáčková, 1996), jež lze popsat jako vodu, v níž byla vyčerpána tlumivá kapacita uhličitánového systému a na kyselosti se podílí minerální kyseliny (Pitter, 1990). Kyselé deště mají velmi negativní vliv na životní prostředí. Způsobují především kyselost půd, podzemních i povrchových vod, omezení až zánik růstu

mechů a lišejníků, oslabení odolnosti lesů proti přirozeným škůdcům, snížení úrody u kořenové zeleniny (Jakrlová, Pelikán, 1999).

3.2 Podzemní voda

Podzemní vodou nazýváme vodu vznikající především infiltrací (vsakováním) srážkové a povrchové vody propustnou vrstvou zemské kůry. Převážná část podzemní vody pochází právě ze srážek (Pelikán, 1983). Za méně častý vznik podzemní vody se považuje uvolňování a následná kondenzace vodní páry z magmatu a půdy (Král, 1984). Tuto vodu je možné rozdělit na základě propustnosti horninového prostředí na puklinovou, která se nachází v trhlinách, puklinách nebo mezi vrstvami hornin nebo průlinovou, zaplňující prostory usazených hornin a zemi. Dále rozeznáváme vodu krasovou, která se vyskytuje v puklinách, dutinách a podzemních chodbách zkrasovatělých hornin, zejména vápenců.

Podzemní voda bývá kvalitnější než voda povrchová, protože horninové prostředí má vysokou samočisticí schopnost. Proto je vhodnější jímat pitnou vodu z větší hloubky, aby ovlivnění z povrchu bylo co nejmenší. Na kvalitu podzemní vody má vliv nejen roční období, ale i způsob zavlažování a používání hnojiv (Normatova kol., 2011). Podzemní voda se vyskytuje ve dvou formách. První formou je voda půdní, která se vyskytuje v půdě, avšak nevytváří souvislou hladinu. Její obsah v půdě může být vysoký, ale nedá se čerpat ani jímat a proto je pro lidskou činnost nevyužitelná. Naopak je velmi podstatná pro zemědělské plodiny. Druhou formou je voda podzemní, která vyplňuje prostory a mezery v horninách (Pelikán, 1983).

V závislosti na celkové koncentraci rozpuštěných anorganických látek můžeme vodu rozdělit na vodu prostou, s koncentrací rozpuštěných anorganických látek menší než 1000mg/l nebo minerální, s koncentrací rozpuštěných anorganických látek větší než 1000mg/l (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

Z hlediska mineralizace podzemní vodu dělíme na velmi slabě mineralizovanou (do 50 mg/l rozpuštěných pevných látek), slabě mineralizovanou (50-500 mg/l rozpuštěných pevných látek), středně mineralizovanou (500 - 1500 mg/l rozpuštěných pevných látek), silně mineralizovanou (1500 - 5000 mg/l rozpuštěných

pevných látek) a velmi silně mineralizovanou (přes 5000 mg/l rozpuštěných pevných látek).

Z hlediska obsahu rozpuštěných plynů a obsahu významných složek rozdělujeme podzemní vody na uhličitě, siřné, jodové. Vodu lze kategorizovat také podle hodnoty pH na silně kyselé ($\text{pH} \leq 6,0$), slabě kyselé ($\text{pH} = 6,1 - 6,7$), téměř neutrální ($\text{pH} = 6,8 - 7,2$), slabě alkalické ($\text{pH} = 7,3 - 8,2$) a alkalické ($\text{pH} > 8,2$). Další kritérium pro rozdělení může být také v závislosti na teplotě vývěru (studené – do 20°C, termální: vlažné – do 35°C, teplé – do 42°C, horké – nad 42°C) či osmotickém tlaku (hypotonické, isotonické, hypertonické) (Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o zdrojích přírodních minerálních vod a lázních, č. 423/2001 Sb.).

Podzemní voda také obsahuje různou koncentraci iontů dle podmínek, ve kterých se vyskytuje. Tabulka č.1 ukazuje koncentraci vybraných rozpuštěných látek v různých oblastech USA a Kanady.

Příklady složení podzemní vody				
	1	2	3	4
Vápník	144	6,5	3,11	4540
Hořčík	55	1,1	0,7	160
Sodík	27	37	3,03	2740
Draslík	2	3	1,09	32,1
Bikarbonát	622	77	20	55
Sulfát	60	15	1,0	1
Chlorid	53	17	0,5	12,600
Křemík	22	103	16,4	8,5
TDS	670	222	36	20,338
pH	-	6,7	6,2	6,5

Tab. 1: Koncentrace v mg/l vybraných rozpuštěných látek v podzemní vodě z vápencové oblasti SupaiFormation (1), z vulkanických hornin v Novém Mexiku (2), z oblasti Sierra Nevada (3) a z metamorfovaných hornin v Kanadě (4), TDS vyjadřuje celkové množství rozpuštěných látek (český překlad dle HEM, 1985, www.waterencyclopedia.com).

3.3 Povrchová voda

Povrchovou vodou můžeme nazvat veškerou vodu vyskytující se na zemském povrchu. Zároveň platí, že tento charakter neztrácí ani v případě, že protékají

přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních (Zákon o vodách, č. 254/2001 Sb.). Jedná se tedy vlastně o vodu, která odtéká nebo je zadržovaná v přirozených či umělých nádržích na zemském povrchu (Novotná a kol., 2001). Povrchovou vodu můžeme dělit podle salinity na sladkou (obsahuje minimum rozpuštěných solí), slanou (obsahuje zvýšené množství solí) a brakickou (tvoří přechod mezi sladkou a slanou vodou především při ústí řek do moře) (Jakrlová, Pelikán, 1999).

Povrchovou vodu v základu dělíme na mořskou a kontinentální (Hubačíková, Oppeltová, 2008). Za mořskou vodu považujeme všechnu vodu v mořích, oceánech, ale i ve velkých zasolených jezerech. Více než 95% veškeré vody na planetě Zemi a přes 70 % zemského povrchu je právě mořská voda. Je pro ni charakteristická vysoká mineralizace, tedy zvýšený obsah chloridů, sodíku a hořčíku (Žáček, 1998). Základní dělení kontinentální povrchové vody je na stojatou (jezera, rybníky, nádrže) a tekoucí (vodní toky) (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

Zajímavostí je, že povrchová voda se běžně nevyskytuje v čisté podobě, ale vždy obsahuje určité množství rozpuštěných látek a plynů (Benešová, Satrapová, 2002). Z chemického hlediska můžeme látky, které voda obsahuje, rozdělit na anorganické a organické. Organické látky se do vody přirozeně dostávají z tlejícího dřeva, z výluhů listů, z půdního a rašelinného humusu, z rostlinných i živočišných organismů a jejich produktů včetně zbytků odumřelých těl. Tyto látky nemusí mít pouze přírodní charakter, ale mohou být i antropogenního původu, například z městských a průmyslových odpadních vod, ze zemědělských odpadů, ze skládek nebo ze znečištěného ovzduší (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

Z fyzikálního hlediska rozdělujeme látky rozpuštěné v povrchové vodě na elektrolyty (iontové) a neelektrolyty (neiontové). Jedná se o anionty, mezi které řadíme například hydrogenuhličitany, chloridy, sírany, uhličitany, dusičnany a fosforečnany nebo se jedná o kationty, kam spadají prvky jako vápník, hořčík, sodík, draslík, železo či mangan. Do neelektrolytů patří sloučeniny křemíku, boru nebo titanu a rozpuštěné plyny, což jsou kyslík, dusík nebo oxid uhličitý. Několik praktických příkladů zjištěné koncentrace výše zmíněných iontů je obsaženo v Tabulce č. 2. Vedle rozpuštěných látek jsou zde obsaženy i nerozpuštěné, které se zpravidla usazují na dně (Král, 1984).

Množství rozpuštěných anorganických látek ve sladké vodě bývá velmi malé. Čistá voda obvykle obsahuje 1 – 15 mg/l chloridů, 1 – 50 mg/l síranů a 0,01 – 0,9 mg/l amonných iontů. Obsah rozpuštěného dusíku, ať už dusíku amoniakálního, dusitanové či dusičnanové formy, je závislý na organickém znečištění povrchových vod. V čistých povrchových vodách množství fosforečnanů, železa a manganu nepřesahuje 1 mg/l. Množství rozpuštěného kyslíku je velice důležité pro samočisticí schopnost vod a život vodních organismů. V zimních měsících tento obsah dosahuje 6 – 8 mg/l a v letních přibližně 8 – 12 mg/l. Oxidu uhličitého je v povrchových vodách obsaženo maximálně několik mg/l a v závislosti na jeho obsahu kolísá pH. V zimě pH dosahuje 6,5 až 7,5 a v létě až 8,8. V zimních měsících je ve vodě obsaženo více oxidu uhličitého než v létě. Množství organických látek je v povrchových vodách většinou vyšší než látek organických. Tyto látky mohou být jak přírodního (humínové látky, produkty vodních organismů), tak i umělého původu (splaškové i průmyslové odpadní vody). U čistých vod bývá chemická a biologická spotřeba kyslíku několik mg/l a pokud je voda silně znečištěná, tato hodnota narůstá na několik desítek až stovek mg/l. (Hlavínek, Říha, 2004).

Stojatou povrchovou vodu můžeme rozdělit podle toho, zda vznikla přirozenou cestou anebo k jejímu vzniku napomohl člověk zahrazením vodních toků (Hubačiková, Oppeltová, 2008). Jezera obvykle bývají zásobována vodou z přítoků, atmosférickými srážkami a z pramenů vyvěrajících ze dna, vznikají tedy přírodní cestou (Král, 1984). Rybníky vznikají zahrazením vodních toků určených převážně k chovu ryb. Jejich technická vybavenost a provoz odpovídá požadavkům rybničního hospodářství (Zelinka, 2013). Vodní nádrže mohou vznikat jak přirozeným, tak i umělým zahrazením. Slouží k nahromadění vody a k řízení odtoku, tzn. k hospodaření s vodou (Hanousek, 2005).

Do kategorie tekoucích vod spadají vodní toky. Vodní toky vznikají na místě, kde trvale vyvěrá podzemní voda, přičemž toto místo se označuje jako pramen. Jedná se vlastně o povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě, a to trvale nebo po převažující část roku, včetně vod v nich uměle vzduťých. (Zákon o vodách, č. 254/2001 Sb.).

Ústím toku označujeme místo, kde se tok vlévá do toku jiného, jako například do jezera nebo moře. Podle vzniku lze vodní toky rozdělit na přirozené, kdy jejich

koryto je vytvořeno přirozenou činností vody, aniž by nějakým způsobem zasahoval člověk (bystriny, horské potoky, říčky, řeky či veletoky) a umělé, což jsou kanály, které vytvořil účelně člověk kvůli vlastnímu užitku (plavební, meliorační, zásobovací či energetické kanály) (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

Příklady složení přírodní čerstvé vody								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Vápník	0,8	0,65	4,07	1,68	1,4	2,2	241	400
Hořčík	1,2	0,14	7,2	0,24	1,3	1,7	7200	1350
Sodík	9,4	0,56	1,4	0,16	8	1,4	83,600	10,500
Draslík	-	0,11	1,2	0,31	-	0,5	4070	380
Bikarbonát	4	-	1,14	5,4	1,04	1,29	251	28
Sulfát	7,6	2,2	3,6	1,3	4,7	1,3	16,400	185
Chlorid	1,7	0,57	1,1	0,06	8,5	3,3	140,000	19,000
Křemík	0,3	-	3,7	0,7	2,4	3,0	48	3
TDS	3,8	4,7	2,07	1,0	1,20	1,80	254,000	35,000
pH	5,5	-	-	6,9	7,7	7,0	7,4	-

Tab. 2 :Koncentrace v mg/l vybraných rozpuštěných látek v podzemní vodě z dešťové vody z Menlo Park (1), průměr dešťové vody ze stanovišť v Severní Carolině a ve Virginii (2), z oděru řeky v Alpách (3) z proudu vypouštějící vyvěřelé horniny ve Washingtonu (4) z Jump-offjoe Creek z jihozápadního Oregonu, 1990(5) z Jump-offjoe Creek z jihozápadního Oregonu, 1991 (6) z velkého slaného jezera v Utahu (7) a průměr z odběru z mořské vody (8) , TDS vyjadřuje celkové množství rozpuštěných látek (český překlad dle HEM, 1985, www.waterencyclopedia.com).

3.4 Pitná voda

Pitnou vodu můžeme definovat jako zdravotně nezávadnou vodu, která při pravidelném požívání nevyvolává žádné onemocnění či poruchy zdraví, zapříčiněny přítomnými mikroorganismy nebo látkami, které ovlivňují svým působením zdraví spotřebitele a jeho potomstva (Žáček, 1998). Zdrojem pitné vody je voda podzemní, a to v naprosté většině případů. Vzhledem k limitujícímu množství podzemní vody, je občas jako zdroj používána voda povrchová ve formě vodních nádrží (Hubačíková, Opielťová, 2008).

Parametry kritérií musí odpovídat zdravotním a chemickým požadavkům pro jakost pitné vody. Veškeré parametry pro pitnou vodu jsou stanoveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., která je zaměřená na popis hygienických požadavků na pitnou, teplou vodu a četnost rozsahu kontrol pitné vody.

Hygienické limity určené příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví jsou stanoveny pro mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele. Níže si představíme základní požadavky pro pitnou vodu v mezinárodním kontextu a popíšeme si rozdíly v souvislosti s mezinárodním nařízením.

Pitná voda má dle české vyhlášky č. 252/2004 Sb. přesně stanovenou vyhovující koncentraci obsažených iontů. Například měď a chloridy mají v české vyhlášce přísnější limity. Pro určitý počet ukazatelů není v zahraničí stanoven žádný hygienický limit. Jedná se o beryllium, volný chlór, chloritany, a stříbro. Beryllium je ze směrnice dokonce zcela vyňato z důvodu nepravděpodobného výskytu v pitné vodě (WHO 1993). V ČR je beryllium také poměrně vzácné, avšak v podzemních vodách sokolovské pánve byly zjištěny hodnoty koncentrace až 50 µg/l, což však lze považovat za výjimku. Limit pro koncentraci beryllia je přitom kolem 0,2 µg/l. V pitných vodách na Sokolovsku a Karlovarsku koncentrace beryllia může pohybovat v desítkách µg/l (Pitter, 1990). Koncentrace volného chlóru, používaného k dezinfekčním účelům, není taktéž v zahraničních normách stanovena. Česká právní úprava připouští koncentraci nejvýše 3 mg/l volného chlóru, avšak standardem pro pitnou vodu dle WHO v r. 1993 je limitní hodnota 5 mg/l, z důvodu rizika vzniku jedovatých chlorovaných fenolů. Vedlejším produktem chlorace jsou chloritany, které mají zase o něco přísnější limitní hodnoty. Stříbro není v zahraničí rovněž

limitováno dle regulační směrnice na konkrétní hodnotu. Směrnice pouze uvádí, že ve vodách dezinfikovaných stříbrem se může vyskytovat koncentrace až 50 µg/l (WHO 1993).

Jak již bylo psáno výše, pitná voda je nezbytná pro všechny živé organismy. Musí být zdravotně nezávadná a při trvalém požívání nesmí nevyvolávat onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících zdraví fyzických osob a jejich potomstva (Kožíšek, 2003). Pitná voda by tedy neměla obsahovat toxické, radioaktivní či biologicky aktivní látky v množství, které by mohlo i po dlouhé době organismus jakkoli poškodit (Azizullaha kol., 2011).

Hygienické požadavky na pitnou vodu, četnost a rozsah jejich kontrol stanovuje Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. Tato vyhláška je v souladu se Směrnicí Evropské unie 98/83/EC o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu a také s doporučením Světové zdravotnické organizace.

K zjištění stavu pitné vody ve studních a jiných zařízeních se používá rozbor vody. Rozbor vody je rozlišován na krácený a úplný rozbor. Krácený rozbor získává pravidelné informace o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úprav vody a zjišťuje, zda jsou dodržovány hygienické limity. Krácený rozbor se skládá z vybraných 23 ukazatelů a provádí se v pravidelných intervalech (Kožíšek, 2003). Výsledky jsou poté hodnoceny dle mezních hodnot znázorněných v Tabulce č. 3.

nejvyšší mezní hodnota (NMH) = hodnota vybraného ukazatele jakosti pitné vody, přičemž v momentě jejího překročení je vyloučeno použití vody jako pitnou, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví jinak.
mezní hodnota (MH) = hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Není-li u ukazatele uvedeno jinak, jde o horní hranici rozmezí přípustných hodnot.
doporučená hodnota (DH) = nezávazná hodnota ukazatele jakosti pitné vody, která stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace této látky (Směrnicí Evropské unie 98/83/EC).

Tab. 3 :Ukazatele pro hodnocení kvality pitné vody(Kožíšek, 2003)

3.4.1 Kontrola jakosti pitné vody v soukromých studních

Ke zjištění charakteru a konkrétního složení vody slouží laboratorní rozbor. Je výstupní informací fyzikálně-chemického a mikrobiologického hodnocení vody. Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanovuje hygienické limity mezních hodnot a pokud je některý z ukazatelů nesplňuje, nesmí být voda použita jako pitná.

Následuje úprava vody nebo vyčištění studny a po dvou týdnech zopakování kontroly kvality vody. Rozbor pitné vody může být proveden pouze v laboratoři akreditované Českým institutem pro akreditaci dle normy dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005.

Při prvním rozboru pitné vody, nebo po delším odstavení studny, je vhodné nechat udělat rozbor co nejpodrobnější. Je důležité si uvědomit, že i stopové množství těžkých kovů nebo specifických organických látek, jako jsou rozpouštědla nebo pesticidy, může mít zásadní dopad na lidské zdraví. Zvýšený obsah nežádoucích látek v podzemní vodě nemusí být vždy produktem lidské činnosti, ale může souviset i s geologickým podložím. V takovém případě je vhodné kontaktovat odborného pracovníka působícího v místním zdravotním ústavu či na hygienické stanici. Tito odborníci mají přehled o vlivu lidské činnosti na podloží a vedou průběžné záznamy o kvalitě vody v oblasti (Kožíšek, 2003).

Při pravidelném rozboru vody je pak dostačující vyhodnocení několika základních ukazatelů. Během chemického stanovení vody je využíváno chemicko-fyzikálních metod. V současné době je již většina metod prováděna instrumentálně, tedy zejména spektrofotometricky, turbidimetricky nebo chromatografickými metodami (web.natur.cuni.cz).

3.4.2 Fyzikálně-chemické parametry pitné vody

Během vyhodnocování odběrů pitné vody musíme brát ohled na několik důležitých aspektů a parametrů. Pozorujeme chemicko-fyzikální parametry jako pH, konduktivita a tvrdost vody. Data získaná laboratorními rozbory jsou potřebná pro hodnocení vlastností pitné vody a případné zhodnocení míry znečištění (web.natur.cuni.cz).

Dalším měřeným parametrem je konduktivita neboli měrná elektrolytická vodivost. Jedná se o odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách (Horáková, 2000). Konduktivita je závislá na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti, viskozitě roztoku a teplotě. To znamená, že vzrůst nebo pokles teploty o 1 °C může způsobit změnu konduktivity o 2 %. Velký důraz je tedy kladen na temperování vzorku. Jelikož lze měřit měrnou vodivost snadno a kontinuálně, podává okamžitou představu o časových změnách koncentrací rozpuštěných látek ve vodě, což má velký význam při průběžné kontrole jakosti vody (Pitter, 2015). Limitní hodnota konduktivity pro pitnou vodu dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. pitné vody je 125 mS/m, což odpovídá obsahu rozpuštěných látek asi 1000 mg/l.

Velmi důležitá a také známá je z praktického hlediska tvrdost vody. Tvrdost vody je způsobena obohacením vody o vysoké hladiny prvků vápníku a hořčíku (Pitter, 2015). Tvrdá voda má vysoký obsah hydrogenuhličitanů. Ty se při zahřívání srážejí a usazují na stěnách potrubí jako uhličitan vápenatý, který známe pod slovy „vodní kámen“. Hodnocení sumy vápníku a hořčíku se provádí odměrnou metodou s použitím kyseliny ethylendiamintetraoctové (EDTA) dle ČSN ISO 6058. Doporučená hodnota je stanovena na rozmezí 2 - 3,5 mg/l (Kožíšek, 2003). Kompletní stupnice hodnocení tvrdosti vody je znázorněna v Tabulce č. 4.

velmi tvrdá $\geq 3,76$
tvrdá 2,51 - 3,75
středně tvrdá 1,26 - 2,5
měkká 0,7 - 1,25
velmi měkká $\leq 0,7$

Tab. 4 : Stupnice tvrdosti pitné vody v mmol/l (Kožíšek, 2003).

Dalším parametrem pitné vody je její pH. Podle Brønstedovi–Lowryho teorie kyselin a zásad za kyseliny považujeme látky, které ve svých roztocích jeví měřitelnou snahu odštěpovat své protony H⁺. Jako zásady označujeme látky, které ve svých roztocích jeví měřitelnou snahu protony H⁺ přijímat. V souladu s těmito definicemi můžeme říci, že kyselinou je každá částice, která při určitém ději odštěpuje protona stává se tak donorem a zásadou rozumíme částice, které jej přijímají a stávají se tedy akceptorem. Hodnoty pH určujeme v rozmezí 0-14. Roztoky s pH nižším než 7 jsou kyselé a roztoky s pH vyšším než 7 jsou zásadité.

Roztoky s pH 7 hodnotíme jako neutrální (například destilovaná voda). Avšak za běžných podmínek obsahuje voda vysokou hladinu rozpuštěných organických i anorganických látek, tudíž její pH v praxi nikdy neutrální nebude (Pitter, 2015). Dle hodnoty pH, se liší i základní vlastnosti vody. pH vody je také úzce spjato s tvrdostí vody. Měkké vody bývají kyselé, mají nízké pH. Tvrdé vody obsahují více rozpuštěných látek a mají až zásadité pH (Kožíšek, 2003). Limitní hodnota pH pro pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 v pl. znění pitné vody je 6,5–9,5 pH, ale optimální je neutrální rozmezí 6–8 pH (Vyhláška 252/2004 Sb.)

Ionty ovlivňující pH, barvu (za normálních podmínek bezbarvá), zápach nebo chuť pitné vody jsou popsány v následujícím textu. Exaktní hodnoty nebo rozmezí hodnot obsahu jednotlivých iontů stanovuje vyhláška 252/2004 Sb. V Tabulce č. 5 můžeme vidět porovnání hodnot vzorku pitné vody z oblasti Želivka právě s danou vyhláškou.

Jedním z prvních produktů rozkladu organických dusíkatých látek je amoniakální dusík a složí jako ukazatel možného fekálního znečištění vody. Poměr disociovaných iontů NH_4^+ a nedisociovaných NH_3 závisí na teplotě a pH vody (Pitter, 2015). Amonné ionty se stanovují spektrofotometricky (Lindseya kol., 2002).

Dusičnany (NO_3^-) jsou konečným produktem rozkladu organicky vázaného dusíku. Vyskytují se ve všech podzemních vodách vlivem hnojiv a únikem odpadních vod. Dusičnany jsou samy o sobě pro člověka minimálně škodlivé (Liu e a kol., 2005). Problém nastává v trávicím traktu, kde se redukují na dusitany a způsobují vznik methemoglobinu, který ztrácí svou schopnost přenášet krev kyslík (Synáčková, 1996). Limitní hodnota dusičnanů v pitné vodě je 50 mg/l pro dospělého člověka, pro kojence jsou ovšem doporučeny hodnoty pouze do 10mg/l (Kožíšek, 2003). Stanovení dusičnanů se provádí spektrofotometricky (Lindseya kol., 2002).

Dusitany (NO_2^-) se běžně vyskytují v pitné vodě v nízkých koncentracích. Vznikají jako meziproducty při biochemické oxidaci amoniakálního dusíku (nitrifikaci) nebo redukcí dusičnanů (Pitter, 2015). Stanovení dusitanů probíhá opět spektrofotometricky (Lindseya kol., 2002).

Chloridy (Cl^-) jsou běžnou součástí přírodních vod. V pitné vodě prakticky nejsou škodlivé, ovlivňují pouze chuť vody (Hashmia kol., 2009). Základní mezní hodnota obsahu chloridů je 100mg/l, ovšem pokud je jejich obsah zvýšen vlivem

geologického podloží, je možné toleranci posunout až na 250mg/l. Obsah chloridů se stanovuje titračně (Pitter, 2015).

Sírany (SO_4^{2-}) jsou přirozeně se vyskytující součástí podzemních vod. Nemají žádný hygienický význam. Ve vyšší koncentraci mohou pouze ovlivnit chuť vody. Koncentrace síranů se odvíjí od geologického podloží a jejich mezní hodnota je 250mg/l (Pitter, 2015).

KSKM – oblast Želivka			
vodovod	KSKM – oblast Želivka		
zdroj	Želivka		
místo odběru	VDJ Kopanina		
ukazatel	Jednotky	vyhl.252/04	průměr 2019
konduktivita	mS/m	125	34,1
chlor volný	mg/l	0,30	0,03
zákal	ZF (n)	5	0,26
pH	-	6,5-9,5	7,82
CHSK (organ.látky)	mg/l	3,0	1,1
tvrdost celková	°něm.	11,2-19,6*	5,9
	mmol/l	2-3,5*	1,05
KNK _{4,5} (alkalita)	mmol/l	nemá	1,29
sodík Na	mg/l	200	14,1
vápník Ca	mg/l	> 30,0**	30,0
hořčík Mg	mg/l	> 10,0**	7,4
železo Fe	mg/l	0,2	0,01
mangan Mn	mg/l	0,05	0,002
amonné ionty NH_4^+	mg/l	0,5	0,02
chloridy Cl^-	mg/l	100	24,7
sírany SO_4^{2-}	mg/l	250	44,3
dusitany NO_2^-	mg/l	0,5	0,01
dusičnany NO_3^-	mg/l	50	19,5

Tab.5 :Koncentrace vybraných iontů a dalších ukazatelů ze vzorku pitné vody z oblasti Želivka v porovnání s vyhláškou 252/2004 Sb. (VDJ Kopanina)

(www.svas.cz).

3.4.3 Mikrobiologické znečištění pitné vody

Dalším kritériem pro uznání pitné vody jako nezávadné je její mikrobiologický rozbor. Vzhledem k tomu, že voda je obecně významným rezervoárem pro spoustu mikrobiologických živočichů, je třeba i na tyto agens nastavit potřebné limity, které mají výpovědní hodnotu ve věci kvality vody (Rowea kol., 2007).

V současnosti se při mikrobiologickém rozboru pitné vody stanovují tzv. indikátorů fekálního znečištění, poněvadž udává přesný přehled o bakteriích žijících ve střevním traktu člověka. Stanovují se především E.coli, tedy koliformní bakterie a enterokoky (Kožíšek, 2003).

E.coli patří sice do skupiny koliformních bakterií, stanovuje se ale zvlášť, jelikož produkuje i další enzym - β -D-glukuronidázu. Představuje hlavní indikátor fekálního znečištění, protože její podíl ve znečištěných vodách je až 60% celkově izolovaných bakterií(Říhová Ambrožová, 2004).

Dále se stanovuje kontaminace pitné vody Enterokoky, jelikož patří mezi doprovodný indikátor fekální kontaminace a upozorňují na čerstvé znečištění. Jsou to fakultativně anaerobní diplokoci. Vyznačují se odolností vůči vyšším teplotám a antibiotikům. Enterokoky mohou být příčinou meningitid, zánětů močových a žlučových cest a infekčních endokarditid (Julák, 2010). Pro všechny výše uvedené mikroorganismy je platná limitní hodnota 0KTJ/ 100 ml (Vyhláška č. 252/2004 Sb.).

Mezi hygienicky významné mikroorganismy řadíme dále Streptokoky, jelikož jsou pro člověka výrazně patogenní. Jedná se o grampozitivní koky tvořící dlouhé řetězky. Jedná se o původce angín, spály, hnisavých a kožních onemocnění. Stanovení se provádí metodou membránové filtrace (Julák, 2010).

V neposlední řadě si zmíníme význam Legionely. Legionella je rod gramnegativních mikroorganismů a může se vyskytovat v povrchové a vodovodní vodě. U člověka způsobují pneumonii(Říhová Ambrožová, 2004).

Salmonely jsou gramnegativní bakterie čeledi Enterobacteriaceae a jsou častým původcem alimentární nákazy. SalmonellaTyphi způsobuje horečnaté onemocnění s názvem břišní tyfus. Typickým epidemiologickým ukazatelem je Salmonellatyphimurium vyvolávající náhlé obtíže trávicího traktu (TNV 757855 Jakost vody).

Clostridium perfringens jsou anaerobní bakterie tvořící spory, které způsobují průjemová onemocnění. Při mikrobiologickém rozboru vody mají zvláštní hygienický význam, jsou rezistentní na chlor, indikují tedy nedostatečnou dezinfekci vody. Spory se v pitné vodě vyskytují v případě, že přišla do kontaktu s exkrementy nebo odpadní vodou (Říhová Ambrožová, 2004). Stanovení počtu Clostridium perfringens

se provádí kultivačně a je založeno na filtraci vzorku vody přes membránový filtr (Julák, 2010).

Vibria jsou bičíkaté gramnegativní tyčinky bakterií, které mohou způsobovat průjemové onemocnění a infekce otevřených ran. Důležitým zástupcem je *Vibrio cholerae*, původce cholery (Votava, 2005).

Na závěr si představíme dva významné prvoky. Jedná se o *Cryptosporidium* a *Giardii*, jejichž oocysta se vyskytuje v povrchových vodách a je odolná i vůči většině chemických dezinfekcí. Způsobují průjemovitá onemocnění a jsou nejčastější příčinou epidemií z pitné vody v USA a Velké Británii (Říhová Ambrožová, 2004).

V pitné vodě je tedy mikroskopicky posuzován výskyt živých i mrtvých organismů, jako jsou prvoci, řasy, kvasinky, jiné bakterie a sinice. Mikrobiologický rozbor je nezbytnou součástí stanovení jakosti pitné vody, jelikož jakákoli kontaminace může ohrozit zdraví uživatele, nebo dokonce vyvolat epidemii (Knobeloch, 2020). V laboratorních podmínkách jsou výše zmíněné agens schopné růstu při teplotách buď 22°C nebo 37°C, stanovují se tedy při každé teplotě zvlášť. Vyhodnocuje se počet vyrostlých kolonií na kultivační půdě. V případě pitné vody jsou tato stanovení posouzením její jakosti v průběhu jednotlivých fází úpravy vody (Heaney kol., 2013).

4. Jímání podzemních vod

Jímáním označujeme proces, odběru vody z vodního zdroje prostřednictvím jímacího objektu. Jímací objekt je technické zařízení sloužící k odběru povrchové a podzemní vody do vodovodního systému. Jímání podzemních i povrchových vod musí zabezpečovat hygienicky nezávadný, technicky účelný, bezpečný a hospodárný odběr. Veškeré jímací objekty, vodovody, vodovodní přípojky a vodárenské objekty včetně úpraven vody řadíme dle vodního zákona č. 254/2001 Sb. k vodním dílům.

Jímací objekty můžeme podle účelu využití dělit na objekty veřejné a neveřejné. Veřejně přístupná studna je obvykle zřizována a spravována místním úřadem a slouží k zásobování veřejných objektů, jako jsou například školy, zdravotnická zařízení nebo úřady. Neveřejná studna slouží k zásobování jednoho objektu, výjimečně k zásobování více domácností nebo dalších objektů, dle vlastníka a provozovatele studny (Kožíšek, 2003). Základní povinnosti provozovatele jsou dány vodním zákonem (č. 254/2001 Sb.). Mezi tyto činnosti patří zejména dodržování stanoveného množství odebírané vody, dále dodržování podmínek, za kterých byla studna povolena a udržovat studnu v užitelném a zchovalém stavu. Provozovatel jímacího objektu pro hromadné zásobování má povinnosti zpracovat provozní řád, ve kterém je uveden přímý zdroj vody a základní údaje o technologiích použitých pro úpravu vody. Také jsou zde stanoveny podmínky údržby, plán kontrol technického stavu a provozu studny, místo odběru vzorků pitné vody, rozsah a četnost rozborů a počet zásobovaných osob (§ 4 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví).

Veřejné a komerční jímací objekty povolují obecní úřady obcí s rozšířenou působností, přičemž jímací objekty individuálního zásobování pitnou vodou povolují pověřené obecní úřady. O výběru nejvhodnějšího jímacího zařízení rozhoduje zejména struktura horninového prostředí a propustnost horniny. Mezi další kritéria patří prověření stavu a stálosti hladiny podzemní vody, směru a rychlosti jejího proudění, iniciální jakosti, požadované množství vody v čase a stavu území okolo vrtu (§ 4 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví).

Problematikou pro jímání podzemních vod se zabývá ČSN 75 5115 vydaná v červenci roku 2010. Současnému znění předcházela norma ČSN 75 5115 z roku

1993 s názvem: „Studny individuálního zásobování vodou“. Současná norma je závazná pro navrhování, výstavbu a provoz nových nebo zrekonstruovaných studní i dalších jímacích objektů prosté podzemní vody.

Návrh objektů musí být dále v souladu se zákonem č. 62/1988 Sb. o geologických pracích a jeho prováděcí vyhláškou č. 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací. Norma také přesně definuje výstupy, které musí hydrogeologický průzkum pro návrh studny a její umístění dodat. Základním podkladem pro jakékoli vodní dílo by měl být důkladně provedený hydrogeologický průzkum (ČSN 75 5115).

Při samotné stavbě jímacího zařízení je nutné zajistit dodržování předpisů o bezpečnost práce na stavbách a je nutné kontrolovat, zdali nejsou v ovzduší obsaženy nebezpečné plyny. Všechny použité materiály musí být zdravotně nezávadné a musí se jednat o čisté, dosud nepoužité hmoty a díly. Prvky přicházející do styku s pitnou vodou musí vyhovovat také platným hygienickým předpisům. Jímací zařízení musí vždy shora uzavřeno, aby do něho nevnikala dešťová voda a nečistoty. Po dokončení je nutné jímací zařízení také vyčistit, případně provést dezinfekci a po odfiltrování daného množství vody, poslat vzorek vody opět k provedení laboratorního rozboru (ČSN 75 5115).

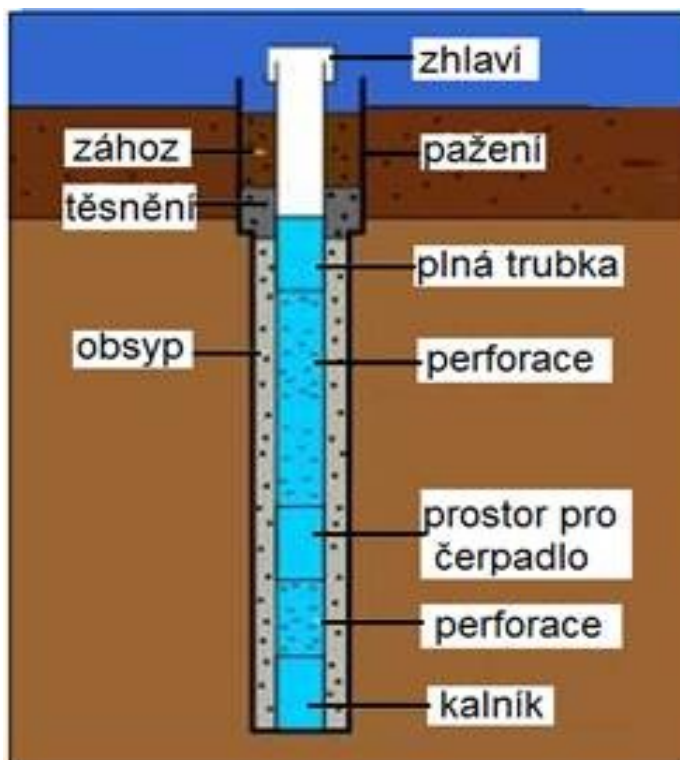
Dle převládajícího rozměru dělíme jímací objekty na vertikální, kam spadají studny a vrty. Dále na horizontální, což jsou jímací zářezy a galerie. Na kombinované, kam patří studny s radiálními sběrači. A v poslední řadě na bodové, sloužící k jímání pramenů (ČSN 75 5115).

4.1 Vertikální jímadla

Mezi vertikální jímací objekty řadíme vrtané, trubkové a šachtové studny. Představbou každé studny je zapotřebí nejprve provést hydrogeologický průzkum průzkumný vrt. Persistence studny by měla trvat až několik desítek let. Elementární je tedy vhodný obsyp, kvalitní utěsnění studny a robustní armatura (Kožíšek, 2003).

4.1.1. Vrtané studny

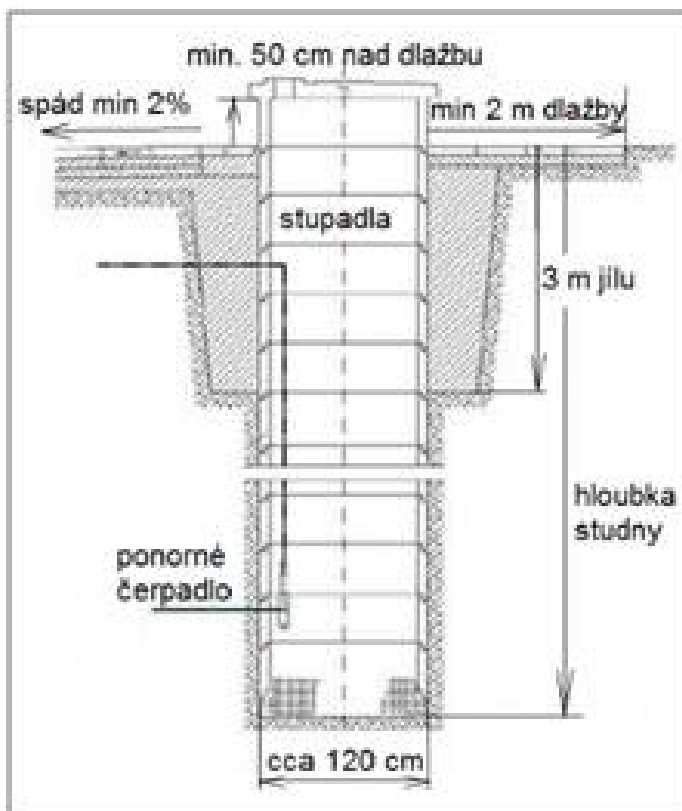
Vrtané studny jsou objekty pro trvalý odběr vody. Povrchovou část tvoří manipulační šachtice, která sahá do nezamrzající hloubky a chrání jímací zařízení. Jsou osazeny ocelovou vstrojovací trubkou, tzv. zárubnicí. Zaplášťový prostor je vyplněn štěrkem a těsněním (viz. Obr. 2). Vrtané studny mohou mít různou velikost, průměr a hloubku. Mohou být konstruovány v rozsahu několik málo centimetrů až po několik metrů. Vrtané studny zcela převažují mezi jímacími objekty pro hromadné zásobování a jejich využití je univerzální z hlediska horninového prostředí, hloubky i průměru. Jejich výhodou z hlediska kvality a ochrany vody je, že čerpají hlubší podzemní vodu, která je méně ovlivněna možným znečištěním z povrchu. Vzhledem k výhodám, které vrtané studny bezesporu mají, v porovnání se studnami kopanými, se v posledních letech staly nejvyžádanějšími. Díky kontinuálnímu přítoku podzemní vody z větších hloubek a minimální stagnaci vody je studna méně náchylná na možnou změnu chemismu a bakteriologické znečištění (Kožíšek, 2003).



Obr. 2 : Schéma vrtané studny (www.estav.cz).

4.1.2. Kopané (šachtové) studny

Kopané neboli šachtové studny dělíme na dva typy, které se liší technologií hloubení. Budování kopaných studen má vhodné využití v soudržných horninách, které jsou schopny udržet svislé stěny od vykopání zeminy po definitivní vystrojení studny. Studny kopané dosahují mnohem menších hloubek než studny vrtané, tudíž čerpají podzemní vodu z povrchové části, přičemž zde hrozí nebezpečí sekundárního znečištění (viz. Obr. 3). Kvalitu vody může ovlivnit nadměrné množství srážek, ale také delší období sucha, čemuž často odpovídá období zimy. V kopané studni se voda kumuluje ve zvýšené míře, což může způsobovat bakteriální závadnost. Je tedy nutné studnu pravidelně čistit a provádět kontrolu vydatnosti studny, stejně tak jako kontrolu možného bakteriálního znečištění, což by mohlo ovlivnit jakost jímané vody (Kožíšek, 2003).



Obr. 3 : Schéma kopané studny (www.estav.cz).

4.1.3. Trubkové studny

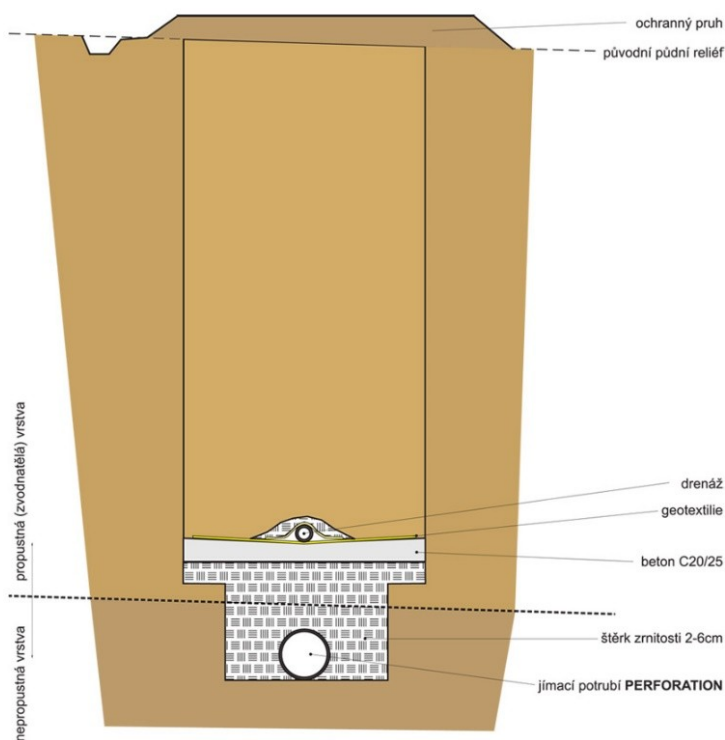
Trubkové studny spadají pro svou cenovou i technologickou náročnost mezi levnější varianty pro konstrukci studny. Životnost je v tomto případě výrazně omezena v porovnání s vrtanými a kopanými studnami. Jedná se o hrotem osazenou perforovanou trubku malého průměru, která je do země zatlukána nebo zavibrována. Studny dosahují maximálně několik málo metrů a hodí se do méně soudržných terciérních či kvartérních sedimentů. Velmi časté jsou v údolích řek. Trubkové studny jsou stejně jako v případě studen kopaných, stále méně oblíbené k výstavbě za účelem získávání vody pro pitné účely (Kožíšek, 2003).

4.2 Horizontální jímadla

Mezi horizontální jímadla řadíme jímací zářezy a galerie (štoly). Tento způsob jímání vody je vhodný například v přírodních podmínkách, tedy v lesích, které jsou obecně náchylnější na znečištění podzemní vody, a konstrukce v takovém terénu bývá poměrně nákladná. Cenně však odpovídá také efektivita a velikost rezervoáru pro zachycenou vodu, která jsou výrazně nadstandardní (Krásný 2008).

4.2.1 Jímací zářezy

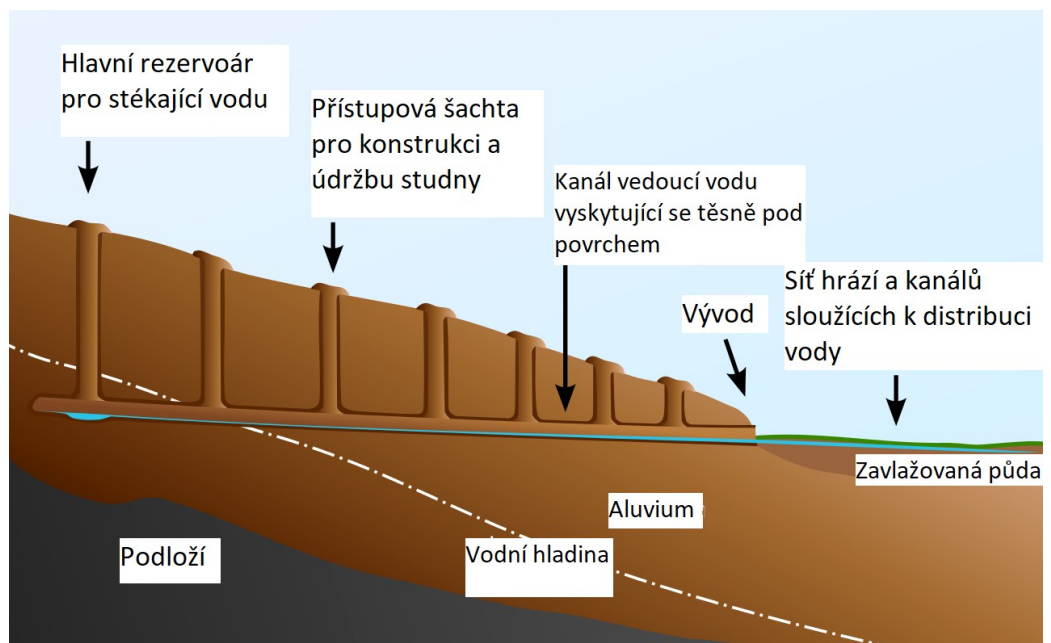
Jímací zářezy slouží k jímání mělké podzemní vody stékající po svahu k jehoúpatí. Jsou závislé na množství srážek, jejich intenzitě a pravidelnosti. V horském terénu byly a někde dosud jsou využívány jako nejčastější a nejefektivnější způsob získávání vody. Schéma výstavby jímacího zářezu je uvedeno v rámci Obrázku č. 4. Vydatnost jímacích zářezů dosahu ve většině případů více než l/s, přičemž se povětšinou jedná o kvalitní zdroj podzemní vody. Poslední dobou bývají nahrazovány zdánlivě výhodnějším systémem jímacích vrtů. V jímání vody pro hromadné zásobování však vhodné příliš nejsou vzhledem k extrémní zranitelnosti povrchových vod. Proto v dnešní době přetrvávají spíše v zalesněných oblastech, kde je riziko znečištění spíše malé (Krásný, 2008).



Obr. 4 : Schéma jímacího zářezu(www.pospisil-ro.cz).

4.2.2 Galerie (štoly)

Galerie neboli štoly jsou druhým typem horizontálních jímacích objektů a jedná se o hornická díla sloužící zejména k odvodnění horninového masivu. Jsou schopny pojmout opravdu velké množství vody a dokáží ji soustředit do jednoho sběrného místa. Díky výrazné hloubce je zranitelnost vody minimální. Zásadní nevýhodou je však finanční a technická náročnost vybudování (Krásný 2008). Princip sběru vody je popsán na Obrázku č. 5.



Obr. 5 : Princip jímací galerie (štoly) (<https://cs.wikipedia.org/>).

5. Monitoring jímaných podzemních vod

Prvním zákonem týkající se monitoringu podzemních vod je 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. Dalším je výše již několikrát zmiňovaný zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a jejich změn.

K tomuto tématu se vztahují vyhlášky uvedené v Tabulce č. 6:

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.
Vyhláška č. 137/1999 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.
Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků a její změny.
Vyhláška č. 428/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) a její změny.
Vyhláška č. 274/1998 Sb. Ministerstva zemědělství, o skladování a způsobu používání hnojiv a její změny.

Tab. 6 : Seznam vyhlášek Ministerstva zemědělství, týkající se vodního hospodářství(<https://www.zakonyprolidi.cz>).

Dále do problematiky zapadají normy týkající se vodního hospodářství uvedené v Tabulce č. 7:

ČSN 75 0130 Vodní hospodářství. Názvosloví ochrany vod a procesů změn jakosti vod.
ČSN 75 1500 Hydrologické údaje podzemních vod.
ČSN 75 3415 Ochrana vody před ropnými látkami. Objekty pro manipulaci s ropnými látkami a jejich skladování.
ČSN 75 3418 Ochrana povrchových a podzemních vod před znečištěním při dopravě ropných látek silničními vozidly.
ČSN 75 4200 <u>Hydromeliorace</u> . Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním.
ČSN 75 5201 Navrhování úpraven vody.
ČSN 73 6614 Zkoušky zdrojů podzemní vody.
ČSN 75 5115 Jímání podzemní vody.

Tab. 7: Seznam základních norem vodního hospodářství (www.technicke-normy-csn.cz).

V případě normy ČSN 75 5115, o které bylo již pojednááno výše, se jedná o popis náležitostí jímacího zařízení a uvádí, že jímací zařízení musí být situováno v prostředí, které není zdrojem možného znečištění ani ohrožení jakosti jímané vody. Dále pak uvádí, že jímací zařízení má být umístěno proti směruproudění podzemní vody od zdroje možného znečištění, způsobeného v hladině podzemní vody jímáním vody z tohoto zařízení. Dále norma stanovuje náležitosti týkající se zařizování jímacích zařízení a uvádí, že součásti avybavení jímacího zařízení, které přichází do styku s jímanou vodou, musí být z materiálů vyhovujících platným právním předpisům, stanovujícím hygienické požadavky na výrobky určené pro styk s pitnou vodou. Norma pojedná o tom, že otevřená jímací zařízení nejsou dovolena. Provedení jímacího zařízení musí zabraňovat vnikání dešťové vody a nečistot do jímacího zařízení. Dále nařizuje, aby po vybudování jímacího zařízení nebo po jeho opravě bylo před zahájením jeho užívání jímací zařízení vyčištěno v případě potřeby dezinfikováno.

Evropská Unie požaduje většinu regulací nepřímo - formou tzv. směrnic, kde je uveden cíl a pak jsou uvedeny postupné kroky, jak tohoto cíle dosáhnout. V případě podzemních vod to je hlavně Rámcová směrnice o vodě - Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady z 23. října 2000, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky a upřesňující směrnice o ochraně podzemních vod před znečištěním - Směrnice 2006/118/ES Evropského parlamentu a rady ze dne 12. prosince 2006, o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu. Dalšími významnými směrnicemi, které se týkají také podzemních vod, jsou směrnice o pitné vodě - Směrnice 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998, o jakosti vody určené k lidské spotřebě a nitrátová směrnice k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů - Směrnice 91/676/ES z 12. prosince 1991, k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů (www.studioaxis.cz).

Surová voda je v právních předpisech označovaná jako voda určená k úpravě na vodu pitnou a musí splňovat určité podmínky k tomu, aby mohla být využívána jako zdroj pitné vody. Požadavky na jakost musí splňovat voda z podzemních i povrchových zdrojů v místě jejího odběru. Na základě výjimky povolené vodoprávním úřadem lze k úpravě na vodu pitnou odebírat i vodu nevyhovující běžným podmínkám, a to pouze za předpokladu, že technologie úpravy zaručí zdravotní nezávadnost upravené pitné vody. Pitná voda v žádném případě nesmí obsahovat patogenní mikroorganismy nebo látky, které by mohly svým působením ohrozit zdravotní stav fyzických osob (Musil, 2006).

Dle § 22 vyhlášky č. 428/2001 Sb. se surová voda dělí do tří kategorií na základě typu úpravy vody. Tyto kategorie jsou popsány v Tabulce č. 8:

A1	jednoduchá fyzikální úprava a <u>desinfekce</u> (např. rychlá filtrace a desinfekce, prostá písková filtrace, chemické nebo mechanické odkyselení či odstranění plynných složek provzdušňováním)
A2	běžná fyzikální úprava a <u>desinfekce</u> , koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace, flokulace, usazování, filtrace, desinfekce (konečné chlorování), jednostupňové nebo dvoustupňové odželezování nebo odmanganování.
A3	intenzivní fyzikální a chemická úprava, rozšířená úprava a <u>desinfekce</u> (např. chlorování), koagulace, flokulace, usazování, filtrace, adsorpce (aktivní uhlí), desinfekce (ozon, konečné chlorování), jednostupňové nebo dvoustupňové odželezování nebo odmanganování.
<u>>A3</u>	voda nevhodná pro úpravu na vodu pitnou. Někdy se používá po schválení hygienikem, pokud není k dispozici jiná.

Tab. 8 : Rozdělení surové vody (<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>)

Dle vyhlášky má být surová voda odebírána především z vodních zdrojů, které se v přirozeném stavu svým fyzikálním, chemickým a mikrobiologickým složením nejvíce odpovídají požadavkům na pitnou vodu. Vyhláška určuje kritéria, kterými jsou optimální investiční a provozní náklady ve vztahu ke složitosti technologie úpravy. Mezi další kritéria patří vydatnost vodního zdroje, ochrana jakosti vody ve vodním zdroji a potenciální kontaminace vody.

Po chemických úpravách získáváme ze surové vody vodu pitnou. Jakostí pitné vody rozumíme soubor hygienických požadavků na zdravotní nezávadnost a bezpečnost pitné vody. Souborem kritérií pro hodnocení jakosti pitné vody je vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb. v platném znění, která přejímá evropskou směrnici Rady 98/83/EC, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu (SZÚ, 2012).

6. Porovnání jakosti pitné vody v ČR a ve světě

Povrch země je z 98% tvořen vodou, ale pouze 2,5% z celkového množství je voda čistá. Ve skutečnosti je ale obyvatelům planety k dispozici pouze 1%. Podíl pitné vody dokonce klesá ještě do nižších čísel, a to pouze 0,007% celkového objemu vody na naší planetě. Největší světové zásoby pitné vody jsou v těchto devíti zemích: Brazílie, Rusko, Kanada, Indonésie, Čína, Kolumbie, USA, Peru a Indie. A to zejména řeka Amazonka v Brazílii, nebo jezero Bajkal v Rusku, které tvoří až 1/5 světové zásoby pitné vody. Mezi země s nejčistší vodou na planetě patří (hydrotech-group.com):

- Chile- ekosystém existující před průmyslovou revolucí
- Kanada - horský ekosystém dekontaminuje vodu od nečistot
- Dánsko - čištění odpadních vod ve spolupráci s vládou
- Singapur - dlouhodobě vysoký standard
- Švédsko - mezinárodní certifikát kvality vody ISO
- Rakousko - Rakouský vodní pakt (monitoring)
- Island - přírodní scenérie
- Německo - nejbezpečnější a nejkontrolovanější produkt v zemi
- Grónsko - sněhová pokrývka 80% země
- Švýcarsko - šestnácté místo v kvalitě vodního managementu dle UNESCO

Monitoring jakosti vody v ČR má svůj počátek již v 60. letech, kdy se provádělo sledování kyslíkového režimu, stanovování kovů a živin nebo mikrobiálního znečištění (Kodeš a Leontovyšová, 2008). V roce 1989 docházelo k výrazným investicím do čistíren odpadních vod největších průmyslových zdrojů, což způsobilo výrazné snížení znečištění vod v ČR. O pár let později byly zprovozněny také nové čistírny odpadních vod u největších zdrojů emisí. I přes veškerá účinná opatření zůstává stále přibližně třetina toků nadměrně znečištěna, a to zejména v rámci menších obcí nebo zemědělských krajín, což bývá způsobeno nedostatkem finančních rezerv pro zemědělce. Zejména u malých toků se uplatňuje tzv. přirozená samočistící schopnost, což má vysoký efekt, pokud jsou dodržována preventivní opatření v rámci uchovávání čistoty vod (Langhammer, 2002).

Je potvrzeno, že až 159 milionů lidí zajišťuje svoji pitnou vodu z povrchových zdrojů, rybníků a vodních toků, což z celkového počtu obyvatel na planetě stále poukazuje na to, že se k pitným účelům více využívá voda podzemní (nase-voda.cz).

Až 8 milionů lidí na světě nemá přístup k čisté pitné vodě, což uvádí Světová organizace WHO. A až 3,5 milionů obyvatel planety umírá každý rok na choroby způsobené konzumací špinavé a nefiltrované vody (hydrotech-group.com).

Ve světě se udává kvalita vody dle směrnice Světové zdravotnické organizace (WHO), která také poskytuje data pro nezávislou organizaci SWIT (bezpečná voda pro mezinárodní cestovatele). SWIT organizace vyhodnocuje zdravotní rizika týkající se pitné vody. Pitnou vodu dělí do pěti stupňů bezpečnosti, jak můžeme vidět v Tabulce č. 9. Ke každému stupni jsou přiřazené i státy, kterých se daný stupeň týká (szu.cz).

Stupeň	Charakteristika	Státy
Stát s pěti kapkami	Všechna města mají bezpečné dodávky vody, které jsou sledovány a pravidelně se testují nezávislou a odborně způsobilou institucí, Nemoci šířené vodou se téměř nevyskytují. Do této skupiny spadá pouze 20% států světa.	Česká republika, Rakousko, USA, Nizozemsko, Španělsko, Řecko, Izrael
Stát se čtyřmi kapkami	Velká města mají poměrně bezpečné dodávky vody, které jsou sledovány a pravidelně testovány nezávislou institucí, ale v zemědělských oblastech a menších městech může být úroveň nedostačující. Výskyt vodou šířených nemocí je nízký.	Slovensko, Bulharsko, Chorvatsko, Maďarsko, Kuvajt
Stát se třemi kapkami	Úroveň služeb v městských a venkovských sídlech, i mezi jednotlivými oblastmi, se významně liší. Některé vodovody neodpovídají požadavkům Světové zdravotnické organizace a poskytují služby přerušované a nepoužívají dostačující množství dezinfekce. Některé vodou šířené nemoci jsou endemické.	Turecko, Saudská Arábie, Kuba, Indonésie, Vietnam, Jihoafrická republika, Tunisko, Thajsko
Stát se dvěma kapkami	Většina vodovodních systémů neodpovídá směrnicím Světové zdravotnické organizace. Sledování a testování neprobíhá pravidelně. Kvalita vody tu z pravidla nebývá dobrá. 4asto vyskytující nemoci šířené vodou.	Egypt, Zimbabwe, Maroko, Indie, Keňa, Dominikánská republika
Státy s jednou kapkou	Je téměř nemožné nalézt pitnou vodu, která by odpovídala směrnicím Světové zdravotnické organizace. Testování a kontrola zde neprobíhají. Nemoci šířené vodou zapříčiňují dětskou úmrtnost. Je zde nebezpečné pít vodu z kohoutku.	Madagaskar, Nepál, Jemen, Angola, Irák, Laos

Tab. 9 : Rozdělení kvality vody podle stupňů a charakteristiky ve světě (szu.cz).

Z výše uvedených informací je zřejmé, že Česká republika spadá do oblasti, kde je pitná voda kvalitní a životu bezpečná. Přesným opakem jsou však státy třetích zemí, kde je situace nejhorší a neprobíhá zde téměř žádná kontrola kvality vody.

Nejvíce dusičnanů se vyskytuje v mělkých studních. Směrnice na národní úrovni stanovuje maximální koncentraci dusičnanů v pitné vodě (25mg/l NO_3^-). Největším viníkem je zemědělský průmysl a hnojení půdy.

V České republice jsou dusičnany jeden z hlavních důvodů pro pravidelnou kontrolu pitné vody ve studních, stejně tak jako fosfor. Velká část vzorků bývá vyhodnocena jako nevhodná a nevyhovující, a to právě z důvodu výskytu dusičnanů v pitné vodě (Zelinka, 2013).

Dusičnany v pitné vodě nemají dobrý vliv na lidské zdraví a pro děti velmi nízkého věku mohou mít i fatální následky. Jedná se o nemoc zvanou methemoglobinemie (Deepanjan, Navindum, 2000).

Situace ve světě je v základních parametrech velmi podobná situaci u nás v ČR. Ve vyspělých zemích se jedná skutečně pouze o rozdíly v limitních hodnotách pro dané látky nebo hladinu mineralizace, což bylo již popsáno výše. Problém nastává v jakosti vod v rozvojových zemích. Znečištění vody je v dnešním světě nejzávažnější v Jižní Asii. Řeka Ganga, Amudarja, Syrdarja nebo Chuang-che patří mezi nejvíce znečištěné řeky na světě. Do každé z těchto řek je pravidelně v období jednoho roku vypuštěno přibližně 350 milionů litrů odpadních vod. Znečištění způsobují odpadní látky z továren, rozkládající se organismy a nevhodné zacházení s vodou. Znečištění sebou pak nese zejména problematiku zvýšení případů onemocnění žloutenkou či cholerou. Zajímavostí je, že voda z řeky Gangy není vhodná ani ke koupání, natož k požívání, jelikož jsou limity pro stanovení vody jako pitné mnohonásobně překročeny (Kumaria kol., 2013).

Dalším příkladem je řeka Karun nacházející se v oblasti jihozápadní části Iránu. Zde voda z řeky slouží hlavně pro průmysl, zavlažování a pro farmy. Stav kvality vody v této oblasti byl označen za špatný. Vyskytoval se zde překročený limit v koncentraci chloridů a bisfenolů. Dalo by se říci, že hlavní příčinou zvýšeného znečištění vod ve světě je zejména nízká informovanost obyvatelstva a zcela jistě se jedná o celosvětový problém (Dadolahi-Soraba kol., 2011).

Závěrem je zde zapotřebí uvést, že Česká republika patří mezi 6 zemí v rámci Evropské Unie, která vykazuje v mikrobiologických a chemických parametrech pitné vody 99 až 100 procent požadované kvality (SOVAK, 2020)

7. Diskuze

Bakalářská práce na téma Jakosti pitné vody v soukromých studních pojednává zejména o právních náležitostech a teoretických poznatcích v oblasti privátních studen. Dále se práce zabývá problematikou hodnocení jakosti vody na základě mikrobiologického testování, mineralizace, či fyzikálních vlastností vody. Obsahem je také popis typů jímacích zařízení a způsobů jímání podzemních vod pro účel zisku vody pitné. Podstatnou část práce tvoří popis chemických vlastností vody, rozložení vody na zemském povrchu a porovnání kvality vody v soukromých studních v rámci České republiky a zbytku světa. Pitná voda má dané parametry, tedy hladinu prvků či mikrobiálních markerů, které musí splňovat, aby mohla být prohlášena za zdravotně nezávadnou.

Jakost pitné vody ve studních ovlivňuje její znečištění, které se projevuje iontovou nerovnováhou. Mezi sledované parametry patří zejména chloridy a dusičnany, jelikož patří mezi nejhojněji se vyskytující ionty v pitné vodě, u kterých hrozí příliš vysoká koncentrace a mohly by ohrožovat lidské zdraví. Dusičnany a dusitany jsou podstatnou složkou průmyslových hnojiv a dostávají se do podzemních vod prosakováním skrze půdu. Problematiku hnojiv definuje zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, ve znění pozdějších předpisů.

Obsah látek v organických a minerálních hnojivech se vzájemně doplňují, proto se většinou využívá v zemědělství kombinace těchto hnojiv. Z jednotlivých forem dusíku se v povrchových a podzemních vodách uplatňují jako hlavní zdroj znečištění zejména výše zmíněné dusičnany a amoniakální formy dusíku (Kvítek, 2017). Dusík spolu s fosforem mají důležitý význam v biologických procesech probíhajících v podzemích i povrchových vodách (Pitter, 2015).

Dále mají z hlediska jakosti vody negativní dopad zejména hnojiva obsahující fosfor či těžké kovy, jako je zejména kadmium, které se skrze půdu dostává právě do podzemních a povrchových vod (Tlapák, 1992). Fosfor se v podzemní vodě vyskytuje zejména prostřednictvím vyluhování některých půd, nebo minerálů či zvětralých hornin (Pitter, 2015).

Vzhledem k tomu, že množství sladké pitné vody je v rámci celkového objemu vody velmi malé, představuje pitná voda velmi podstatný element, který je nutné chránit. Největší zdroj pitné vody na naší planetě představuje oblast Brazílie, Ruska, Kanady, Indonésie, Číny, Kolumbie, USA, Peru a Indie (hydrotech-group.com).

Je nutné vynaložit snahu na ochranu a monitorování vod v těchto a dalších oblastech. Celkově je pro pitné účely významnější voda podzemní. Jedná se o zdroj, který je výrazně méně vystaven možnému znečištění oproti vodě povrchové. Právě z tohoto důvodu jsou mnohem více žádané studny vrtané oproti studnám kopaným. Vrtané studny mají schopnost jímat podzemní vodu z hlubších vrstev půdy. Kopané studny, trubkové studny, jímací zářezy nebo galerie způsobem své podstaty a konstrukce bývají méně časté, neboť mají plnit jiný účel než jímání pitné vody pro větší část obyvatelstva. U tohoto typu studen hrozí možné znečištění vody povrchové, což by představovalo možné zdravotní nebezpečí pro osoby požívající vodu z tohoto zdroje. Užitek naopak můžeme naleznout v účelu tvorby rezervoáru vody nebo naopak jejího odtoku ze zaplavených oblastí.

Až 8 milionů lidí na světě nemá přístup k čisté pitné vodě, což uvádí Světová organizace WHO. A až 3,5 milionů obyvatel planety umírá každý rok na choroby způsobené konzumací špinavé a nefiltrované vody (hydrotech-group.com). Ve světě se udává kvalita vody dle směrnice Světové zdravotnické organizace (WHO), která také poskytuje data pro nezávislou organizaci SWIT (bezpečná voda pro mezinárodní cestovatele).

Česká republika odpovídá kvalitou pitné vody daným normám, na rozdíl od rozvojových zemí, kde je znečištění podzemních vod stále velmi vysoké, zejména v souvislosti s nízkou informovaností obyvatel a nešetrného zacházení, jako je vypouštění toxického odpadu z technického průmyslu nebo nehygienického užívání sladké vody a následným šířením přenosných chorob, jako je žloutenka nebo cholera. Jedná se zejména o oblast Maroka, Indie, Turecka, Egypta nebo Iráku (szu.cz).

Ochrana jakosti pitné vody ze zdrojů povrchových i podzemních by měla být zásadním tématem dnešní doby. Jedná se o limitující faktor, který má svá kritéria pro užívání pro pitné účely. Podstatou ochrany vod je šetrné zacházení v rámci zemědělského a technického průmyslu. Stejně tak hraje významnou roli antropogenní efekt v rámci užívání vody v domácnostech a pro soukromé účely, jako

jsou právě studny. Je nutné soukromé studny podrobovat pravidelným kontrolám jakosti pitné vody v rámci monitoringů a hodnocení hladiny znečištění pro ochranu zdraví obyvatel.

8. Závěr

Cílem bakalářské práce "Jakost pitné vody v soukromých studních" je seznámení čtenářů s danou problematikou. Vyskytuje se zde obsáhlá kapitola pojednávající o problematice jímání podzemních vod a typů jímadel. Dále bakalářská práce popisuje rozdělení vody na základě jejího umístění a charakteru, ať už ji na planetě nalezneme v kapalném, plynném nebo pevném skupenství.

Dále je v této práci zohledněna kontrola, monitoring a samotné složení pitné vody. Stěžejní část bakalářské práce popisuje základní složení pitné vody a též druhy znečištění, se kterými se v dnešní době ve světě potýkáme.

Z pohledu antropogenního znečištění je největším problémem zemědělský průmysl, a to jak v České republice, tak i ve světě. Zemědělská produkce je datována už hluboko do naší minulosti a negativní projevy spojené se zemědělstvím působí jak na kvalitu půdy, tak i na kvalitu povrchových a podzemních vod. Jedním z hlavních způsobů, jak zamezit infiltraci dusičnanů produkovaných v zemědělském průmyslu do podzemních vod je využívat šetrnější způsob hnojení, nebo alespoň omezit zemědělskou produkci.

Ze získaných poznatků vyplývá důležitost provádění pravidelných kontrol pitné vody v soukromých studních dle dané a platné legislativy daného státu, aby se zamezilo případným zdravotním komplikacím, které sebou zvýšená koncentrace dusičnanů v pitné vodě přináší. Bakalářská práce by měla být přínosem pro každého vlastníka studny a dále také pro zájemce o zřízení studny na svém pozemku.

9. Přehled literatury

AZIZULLAHA, KHATTAK MNK, RICHTER P, HÄDERD-P (2011) Water pollution in Pakistan and its impact on public health. *Environ. Int.* 37:479–497

BENEŠOVÁ M, SATRAPOVÁ H.: *Odmaturuj z chemie*. 1. vydání. Brno. DIDAKTIS, 2002, 208 s. ISBN 80-86285-56-1.

BULÍČEK J. a kol.: *Voda v zemědělství*. 1. vydání. Praha. Státní zemědělské nakladatelství, 1977, 291 s. ISBN

DADOLAHI- SOHRAB, A. ARJOMAND, F. FADAEI-NASAB, M. Water quality index as a simple indicator of watershed pollution in southwestern part of Iran. *Water and Environmental Journal*, 2011, Print ISSN 1747-6585.

DEEPANJAN M., NAVINDU G., 2000: *Nitrate pollution of groundwater and associated human health disorders*. *Indian Journal of Environmental Health* 42/1. P.28-39.

HAJARI, T., & BANDYOPADHYAY, S. (2017). Water structure around hydrophobic amino acid side chain analogs using different water models. *The Journal of Chemical Physics*, 146(22), 225104.

HANOUSEK, Miloš. *Voda pro chataře a zahrádkáře*. Praha: Grada, 2005. Profi & hobby. ISBN 80-247-0400-5.

HASHMI I, FAROOQ S, QAISER S (2009a) Chlorination and water quality monitoring within a public drinking water supply in Rawalpindi cantt. (Westridge and Tench) area, Pakistan. *Environ Monit Assess* 158:393–403

HEANEY CD, STEVE W, WILSON SM, CAMPBELL RL, O'SHEA S. 2013. Public infrastructure disparities and the microbiological and chemical safety of drinking and surface water supplies in a community bordering a landfill. *Journal of Environ. Health* 75(10):24–36, PMID:23858663

HEM, John D. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, 3rd ed. Alexandria, VA: Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 2254 (1985).

HLAVÍNEK P., ŘÍHA J.: *Jakost vody v povodí*. 1. vydání. Brno. Akademické nakladatelství CERM, 2004, 209 s. ISBN 80-214-2815-5.

HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická, 2000. ISBN 80-7080-391-6.

HUBAČÍKOVÁ V., OPPELTOVÁ P.: *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. 1. vydání. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, 131 s. ISBN 978-80-7375-243-9.

JAKRLOVÁ J. A PELIKÁN J.: *Ekologický slovník terminologický a výkladový*. 1. vydání. Pardubice. Fortuna, 1999, 144 s. ISBN 80-7168-644-1.

JULÁK, Jaroslav a Emil PAVLÍK. Lékařská mikrobiologie pro zubní lékařství. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 9788024617923.

KNOBELOCH L., et al. "Private drinking water quality in rural Wisconsin." *Journal of Environmental Health*, vol. 75, no. 7, 2013, p. 16+. Gale Academic OneFile, Accessed 9 June 2020.

KODEŠ, Vít. LEONTOVYČOVÁ, Drahomíra. Jakost vod v ČR. *Vesmír* 87:11, 771 – 773, 2008.

KOTOVICOVÁ J. a kol.: *Ochrana životního prostředí II*. 1. vydání. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, 165 s. ISBN 978-80-7375-262-0.

KOŽÍŠEK, František. Studna jako zdroj pitné vody: Příručka pro uživatele domovních a veřejných studní. Státní zdravotní ústav, 2003, 36 s.

KRÁL J.: *Chemie vody*. 1. vydání. Praha. Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci se SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1984, 132 s.

KRÁSNÝ, Jiří. Podzemní vody hydrogeologického masivu: jejich význam ve vodním hospodářství a v dalších aplikovaných oborech. *Vodní hospodářství*, 2008, roč. 58, č. 7, s. 232-240. DOI: 1211-0760.

KUMARI, Menka. TRIPATHI, Smriti. PATHAK, Vinita. Chemometric characterization of river water quality. *Environ Monit Assess*, 2013, 185: 3081-092.

LANGHAMMER, Jakub. Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Praha: Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, 2002.

LINDSEY, B.D., J.S. RASBERRY, and T.M. ZIMMERMAN. (2002) Microbiological Quality of Water from Noncommunity Supply Wells in Carbonate and Crystalline Aquifers of Pennsylvania. U.S. Geological Survey, Water Resources Investigations Report 01-4268.

LIU, A., J. MING and R. ANKUMAH. (2005) Nitrate Contamination in Private Wells in Rural Alabama, United States. *Science of the Total Environment* 346(1-3): pp.112-120.

MUSIL, Michal. Pitná voda v kontextu práva. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Brno, 2006.

NORMATOV, I., KHOLMIRZOEVA, M., NOSIROV, N., et al.: *GQ10: Groundwater quality management in a rapidly changing world*. Wallingford [England]: International Association of Hydrological Sciences, 2011, p. 427-430. ISBN 978-190 7161-162.

NOVOTNÁ D. a kol.: *Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny*. Praha. Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s vydavatelstvím ENIGMA, 2001, 399 s. ISBN: 80-7212-192-8.

PELIKÁN, V. *Ochrana podzemních vod*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983, 321 s.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.

PITTER P.: *Hydrochemie*. 2. vydání. Praha. SNTL, 1990, 565 s. ISBN 80-03-005256.

ROWE, B.L., P.L. TOCCALINO, M.J. MORAN, J.S. ZOGORSKI and C.V. PRICE. (2007) Occurrence and Potential Human-Health Relevance

of Volatile Organic Compounds in Drinking Water from Domestic Wells in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 115(11): pp. 1539-1546.

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Mikrobiologie v technologii vod*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004. ISBN 80-7080-534-x.

SOVAK, 2020: in verb

SYNÁČKOVÁ M.: *Čistota vod*. 1. vydání. Praha. Vydavatelství ČVUT, 1996, 208 s. ISBN 80-01-01083-X.

VACÍK J. a kol.: *Přehled středoškolské chemie*. 4. vydání. Praha. SPN – pedagogické nakladatelství, 1999, 368 s. ISBN 80-7235-108-7.

ZELINKA, Zdeněk. *Studny*. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4482-7.

ŽÁČEK L.: *Hydrochemie*. 1. vydání. Brno. Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s nakladatelstvím VUTIUM, 1998, 80 s. ISBN 80-214-1167-8.

VOTAVA, Miroslav. *Lékařská mikrobiologie obecná*. 2. přeprac. vyd. Brno: Neptun, 2005. ISBN 80-86850-00-5.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 1: Recommendations*. WHO, Geneva, 1993, 3. vyd. ISBN 978-92-4-154761-1.

Legislativa:

ČSN EN ISO/IEC 17025. Metodické pokyny pro akreditaci Národního akreditačního orgánu České republiky. Praha: Český normalizační institut, 2005. ISBN 80-7283-203-4.

ČSN 75 5115, Jímání podzemní vody.

ČSN ISO 6058 (757416) A. Jakost vod-stanovení vápníku. Praha: Český normalizační institut, 1996

ČSN EN ISO 6222. Jakost vod-stanovení kultivovatelných mikroorganismů. Praha: Český normalizační institut, 2000. ISSN 62221999.

TNV 75 7855 Jakost vod-průkaz přítomnosti bakterií rodu Salmonella. Praha: Hydroprojekt, 1999.

Směrnice Rady 98/83/EC, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví.

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.

Internetové zdroje:

JOHN EVANS AND HOWARD PERLMAN, USGS Czech Translation/Překlad: Ing. Petr Sercl, *Czech Hydrometeorological Institute* (Český hydrometeorologický ústav) <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleczechhi.html>

<http://www.waterencyclopedia.com/En-Ge/Fresh-Water-Natural-Composition-of.html>

<https://www.studioaxis.cz/index.asp?menu=713&record=9746>

<http://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy/vodni-hospodarstvi-75>

https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>

<https://www.estav.cz/cz/6060.jak-se-buduje-studna-vrtana-a-studna-kopana-pozorna-stavebni-povoleni-i-spravny-druh-studny>

<https://www.svas.cz/vse-o-vode/pitna-voda/kvalita-vody/kvalita-vody-rocni-prumer-za-rok-2019/?page=2>

<https://www.pospisil-ro.cz/vyroba-a-produkty/jimaci-zarezy-potrubi-pro-jimani-podzemni-vody/>

https://cs.wikipedia.org/wiki/J%C3%ADm%C3%A1n%C3%AD_vody#/media/Soubor:Qanat_cross_section.svg

<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/swit.pdf>

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/\\$file/Methodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/$file/Methodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf)

<https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/voda-na-zemi-kolko-jej-na-planete-mame-a-ake-mnozstvo-z-toho-tvori-pitna-voda>

<https://www.nase-voda.cz/svetovy-den-vody-2019-dostupnost-vody-ve-svete/>