

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí



Bakalářská práce

Sledování kvality vody v řece Loučné v katastru obce

Čistá

Water quality monitoring in the Loučná river in the

Čistá cadastre

Vedoucí práce: Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Bakalant: Lucie Borková

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Borková

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Sledování kvality vody v řece Loučné v katastru obce Čistá

Název anglicky

Water quality monitoring in the Loučná river in the cadastre of the village Čistá

Cíle práce

Cílem bakalářské práce bude vyhodnocení kvality vody toku Loučná v katastru obce Čistá, po zprovoznění systému malých domovních čistíren odpadních vod (MDČOV). V práci budou porovnány laboratorní výsledky analýz vody před vybudováním MDČOV s výsledky analýz vody získaných v průběhu výstavby MDČOV.

Metodika

V práci budou zpracovány poznatky z literární rešerše na téma povrchové a podzemní vody. Budou zmíněny zákony a normy týkající se kvality povrchových vod, a také zákony týkající se budování MDČOV. Budou charakterizovány vybrané ukazatele kvality povrchových vod a jejich koloběh v přírodě. V bakalářské práci bude specifikováno zájmového území, jeho historie a tok Loučné. Kvalita vody v toku bude hodnocena na základě ČSN 75 7221.

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

povrchová voda, podzemní voda, ukazatelé kvality povrchových vod, malé domovní čističky odpadních vod,

Doporučené zdroje informací

AMBROŽOVÁ, Jana; VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-496-3.

BURDA, Jiří; GRUDLOCH, Jiří eds. (2020): Vysokomýtská synklinála: Hydrogeologický rajon 4270. Praha: Česká geologická služba, 246 s. Geologie a hydrogeologie, stanovení zásob podzemních vod, svazek 13. ISBN 978-80-7075-916-5.

LELLÁK, Jan; KUBÍČEK, František. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1992. ISBN 80-7066-530-0.

NĚMEC, Jan; KOPP, Jan; BARTOŠ, Michael; ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství ČR vydal Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-7-1.

PITTER, Pavel; VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2015. ISBN 978-80-7080-701-9.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: "Sledování kvality vody v řece Loučné v katastru obce Čistá" 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 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 verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Čisté, dne 27. 3. 2024

Lucie Borková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Lence Pavlíčkové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za její cenné rady a připomínky a rovněž za čas, který mi tímto věnovala.

Ráda bych také poděkovala vedoucí Orlické laboratoře s. r. o. paní Ing. Janě Pinkasové a jejím zaměstnancům za jejich práci při analýze vzorků z Loučné.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za trpělivost, kterou projevovali po celou dobu mého studia.

Sledování kvality vody v řece Loučné v katastru obce Čistá

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na sledování kvality vody v řece Loučné v katastru obce Čistá u Litomyšle po vybudování a zprovoznění prvních domovních čistíren odpadních vod.

Teoretická část práce seznamuje s pojmy spojenými s podzemními a povrchovými vodami, normami týkajícími se hodnocení kvality povrchových vod a vybranými ukazateli kvality povrchových vod.

V praktické části práce je popsáno místo zájmu a metoda sběru vzorků z toku Loučné.

Závěr práce hodnotí výsledky vzorků z Loučné zpracovaných akreditovanou laboratoří, které jsou porovnávány s výsledky naměřenými firmou Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o. v letech 2021 a 2022.

Klíčová slova: povrchová voda, podzemní voda, ukazatelé kvality povrchových vod, Loučná

Water quality monitoring in the Loučná river in the Čistá cadastre

Abstract

The bachelor thesis is focused on the monitoring of water quality in the Loučná river in the cadastre of the municipality of Čistá u Litomyšle after the construction and commissioning of the first domestic wastewater treatment plants.

The theoretical part of the thesis introduces the concepts related to groundwater and surface water, standards related to surface water quality assessment and selected water quality indicators.

The practical part of the thesis describes the place of interest and the method of collecting samples from the Loučná river.

The conclusion of the thesis evaluates the results of samples from Loučná processed by an accredited laboratory, which are compared with the results measured by Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o. in 2021 and 2022.

Keywords: surface water, groundwater, surface water quality indicators, Loučná

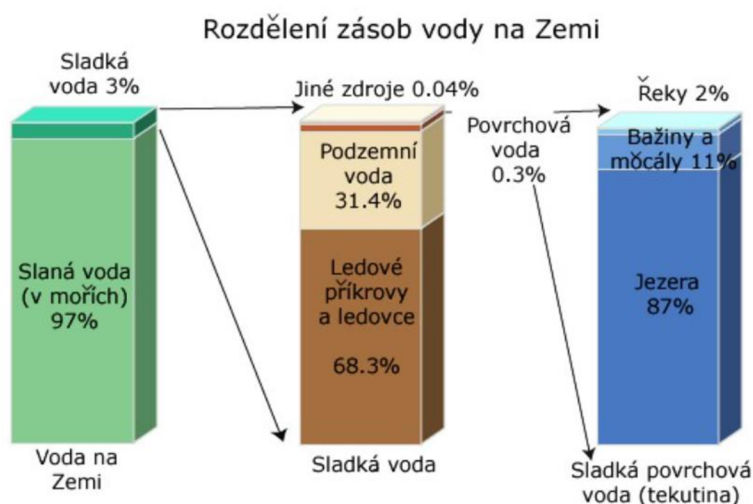
Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Podpovrchová voda	3
3.2	Tekoucí (lotická) povrchová voda.....	7
3.3	Normy použité v této práci	7
3.4	Charakteristika vybraných ukazatelů kvality vody.....	9
3.4.1	Reakce vody (pH)	9
3.4.2	Elektrická konduktivita	10
3.4.3	Chemická spotřeba kyslíku.....	10
3.4.4	Biologická spotřeba kyslíku	11
3.4.5	Sloučeniny dusíku.....	11
3.4.6	Celkový fosfor	13
4	Metodika	13
5	Současný stav řešené problematiky.....	19
6	Charakteristika studijního území.....	21
6.1	Řeka Loučná	21
6.2	Obec Čistá	23
6.2.1	Historie obce	25
6.2.2	Geologie a geomorfologie	26
6.2.3	Geologie.....	26
6.2.4	Pedologie	26
6.2.5	Klimatické podmínky	26
6.2.6	Hydrogeologie	27
6.2.7	Ochranné režimy vod a krajiny	31
6.2.8	Zásobování vodou	32
7	Výsledky.....	32
7.1	Konduktivita.....	33
7.2	Chemická spotřeba kyslíku – dichromanem	35
7.3	Amoniakální dusík	35
7.4	Dusičnanový dusík.....	36
7.5	Celkový fosfor	38

7.6	Hodnota pH	39
8	Diskuse	41
9	Závěr	42
10	Přehled literatury a použitých zdrojů	44
11	Seznam obrázků, tabulek a grafů	49

1 Úvod

Na Zemi neexistuje organismus, jehož život by nezávisel na vodě. Voda je přítomna u mnoha reakcí, probíhajících v tělech živých organismů (Blažek a kol., 2006). Při pohledu na planetu Zemi by se mohlo zdát, že vody je dostatek, avšak značný povrch planety tvoří slaná voda oceánů a moří. (Bratrych, 2005). Tedy vody, kterou ke svému životu potřebují mořští živočichové a rostliny. Jen o malé procento sladké vody, která se na Zemi vyskytuje, se musí dělit všechny suchozemské organismy (viz. obrázek č. 1- Rozdělení zásob vody na Zemi). V oběhu je stále stejné množství sladké vody, avšak přibývá její znečištění a tím omezení jejího využití. S růstem lidské populace a znečišťováním vody se zvyšuje její nedostupnost. Jsme povinni vodu chránit před antropogenními vlivy, zlepšovat kvalitu již znečištěné vody a lépe vodu využívat pro lidskou potřebu, aby byla v potřebné kvalitě dosažitelná i pro další generace a pro jiné živočichy či rostliny.



Obrázek 1: Rozložení zásob vody na Zemi (Ruda, 2014)

2 Cíle práce

Cílem práce je sběr a zpracování dat týkajících se kvality vody v řece Loučné v katastru obce Čistá u Litomyšle v roce 2023, kdy obec započala s I. až IV. etapou budování malých domovních čistíren odpadních vod s centrálním dispečinkem, a následné porovnání a vyhodnocení těchto dat dle normy ČSN 75 7221.

3 Literární rešerše

3.1 Podpovrchová voda

S dopadem atmosférické srážky na zemský povrch či vegetaci následuje několik možných variant, co se se srážkami dále děje.

Určité množství srážek je zachyceno vegetací nebo na jejích zbytcích (např. na listí, hrabance), voda (či sníh) se tak nedostane na povrch půdy. Tento proces je nazýván intercepcí (Cílek a kol., 2017). Voda je buď využita rostlinou, nebo vlivem slunečního záření změní svou kapalnou formu na plynnou a odpaří se zpět do atmosféry, dojde k evaporaci. Ten samý jev je pozorovatelný i u sněhu, kdy začne tát a vypařovat se nebo dochází k sublimaci, přemění se z pevného skupenství na plynnou. (Bratrych, 2005)

Pokud voda neulpí na rostlinách nebo nedopadne na vodní plochu, dostane se na povrch země. Zde se buď vsákne (infiltruje) do půdy nebo odteče po jejím povrchu. Část se vypaří. (Morbidelli, 2022) V momentě, kdy se voda z atmosféry dostane do půdy, stává se součástí podpovrchové vody, a to ve všech skupenstvích. Voda z atmosféry, infiltrovaná pod zemský povrch, je označována jako voda vadózní. (Petránek a kol., 2016). Část této vody může být uchována mezi dvěma izolátory po dlouhá geologická období, tuto vodu pak nazýváme jako vodu fosilní. (Trizna, 2004) Mezi další možnosti vzniku podzemních vod, je vystupování vody z nitra Země. Jedná se o vodu ve skupenství vodní páry, která se pohybem k chladnějším vrstvám zemské kůry mění na skupenství kapalně. Vyskytuje se v oblasti zlomových struktur či vulkanických oblastech a označuje se jako voda juvenilní. (Bratrych, 2005)

Vsakování vody do půdy a hlouběji probíhá jejími póry, mezerami, průlinami, puklinami nebo také protékáním tzv. preferenčními cestami. (Tomášek, 2003) Chodbičkami vybudovanými malými savci, hmyzem, odumřelými kořeny rostlin či dalším půdním edafonem. (Goss a kol., 2023) Vsakování je ovlivněno několika faktory, jako je intenzita srážky, teplota, roční doba či infiltrační schopnost půdy. Infiltrační schopnost půdy vyjadřuje kapacitu povrchu půdy pohlcovat vodu. (Freeze a Cherry, 1) Jakmile se voda dostane pod zemský povrch, hovoříme o ní jako o vodě podpovrchové.

Vodu pod zemským povrchem, tedy vodu podpovrchovou, dělíme podle toho, v jaké hloubce se nachází, resp. v jaké zóně. (Kirkham, 2023)

Rozlišujeme dvě zóny – zóna nenasycená, nesaturovaná nebo také zóna aerace, pásmo provzdušnění, kde se nachází také vzduch. Oproti tomu zóna nasyčená, saturovaná, pásmo nasycení, kde jsou všechny póry vyplněny vodou.

Zóna aerace (provzdušnění)

- Půdní voda (půdní pásmo)

Je voda nacházející se přímo pod zemským povrchem, v různém skupenství a přibližně do hloubky kořenových systémů rostlin (Datel, 2020). Tuto vodu tedy využívají hlavně rostliny. Přes kořeny a rostlinná pletiva ji rozvádějí po svém organismu. Dochází také k výparu vody z těl rostlin (transpiraci) (Bratrych, 2005). Tuto část podpovrchové vody zkoumá hydroopedologie.

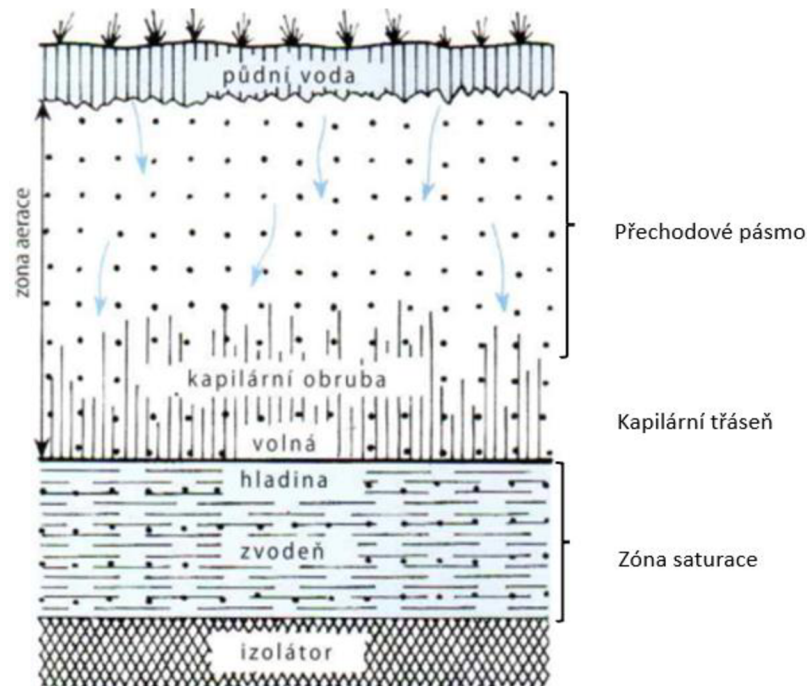
Způsob, jakým je voda poutána v půdě či hornině, dělí vodu na hygroskopickou, kapilární a gravitační. Hygroskopická voda, tvořená adsorbováním vodních par z okolí, tvoří na povrchu půdních zrn či hornině slabý film, který je k částicím připoután adhezní silou (Geologie, ©2022). Pro rostliny je tato voda nevyužitelná. Kapilární voda se vyskytuje v půdních mikropólech, pohybuje se vlivem kapilárních sil proti gravitaci. Gravitační voda se pohybuje působením gravitace a zásobuje podzemní vodu. Pohyb vody pod povrchem označujeme jako perlokaci (Hillel, 2003).

- Přechodové pásmo (mezilehlé)

Nachází se mezi pásmem půdní vody a pásmem kapilární vody (viz obrázek č. 2 – Zóny výskytu podzemní vody). Výška pásma je proměnná v závislosti na geologické struktuře, hloubkou podzemní vody, ročním obdobím (Jandora a kol., 2011).

- Pásmo kapilární vody (kapilární třásně)

Toto pásmo začíná od hladiny spodní vody přes přechodové, až k hladině půdní vody. Vyplňuje póry do 1 mm a pukliny do 0,25 mm. Voda je tu poutána kapilární silou. Pohybuje se spolu s hladinou podzemní vody, a to ve vertikálním směru. Označuje se také jako pásmo kapilární třásně. (Šráček a Kuchovský, 2003).



Obrázek 2: Zóny výskytu podzemní vody (upraveno) (Petránek a kol., 2016)

Zóna saturace (nasycení)

- Podzemní voda

„Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních“ (Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)).

Voda se gravitací dostává do hlubších vrstev. Musí prostoupit horninami o různé pórovitosti (tj. poměr mezi objemem horniny k objemu pórů). Existují tři základní druhy pórovitosti (viz obrázek č. 3 – Pórovitost hornin) (Homola a Grmela, 1991).

- Pórovitost mezizrnná (průlinová)

Tuto pórovitost zastupují horniny tvořené převážně zrny, mezi nimiž se vyskytuje volný prostor (Datel, 2020). Vyskytují se tedy hlavně na štěrkopískách, štěrcích, píscích či hrubozrnných pískovcích.

- Pórovitost puklinová

Horniny s malými póry (např. žuly, ruly, prachovce, slínovce) vynikají puklinami, kterými voda protéká.

- Pórovitost krasová

V případě, že podzemní voda dokáže některé horniny rozpouštět (např. vápence, dolomity, vápnité pískovce), dochází ke vzniku dutin (Datel, 2020).



Obrázek 3: Pórovitost hornin (Hrabánková, 2018)

Pásma saturace (nasycení) je místo výskytu podzemní vody. Toto prostředí je označováno také jako zvoďeň (Petránek a kol., 2016). Hornina, kde se tato voda soustřeďuje a protéká tu, se označuje jako hydrogeologický kolektor. Spodní vrstva kolektoru sousedí s vrstvou horniny, která takto propustná není. Označuje se jako hydrogeologický izolátor (Bruthans a kol., 2020). Pokud je pásmo nasycení ohraničeno zespod jedním izolátorem (bazálním), a dále směrem k zemskému povrchu se nachází jen hladina spodní vody, která pokračuje do pásma kapilární vody, do zóny aerace, označujeme takovou hladinu spodní vody za volnou (nenapjatou). Tato voda se snadno pohybuje (Zekâi, 2014). Celý kolektor se pak označuje jako kolektor s volnou hladinou, tlak v kolektoru je stejný jako tlak atmosférický.

V závislosti na horninovém složení se na území může vyskytovat několik hydrogeologických kolektorů nad sebou, jsou odděleny jednotlivými izolátory (Haan a kol., 1994). Vrchní hydrogeologický izolátor je označován jako stropní izolátor. V kolektoru obklopeném izolátory, který je zcela vyplněn vodou, je tlak vyšší, než je tlak atmosférický. Takový kolektor je označován jako kolektor s napjatou hladinou. Výška hladiny ve studnách či vrtech, na které se voda ustálí, se nazývá výtlačnou (piezometrickou) úrovní (Šilar, 1983).

V případě, že by došlo k proražení kolektoru s napjatou hladinou, vystoupí podzemní voda do tzv. výtlačné úrovně. Ta se dále rozlišuje na zápornou či kladnou, podle toho, kde se na povrchu nachází. Když jde o výtlačnou úroveň kladnou, voda vytvoří na povrchu přetok a vrt se nazývá vrtem artéským (Petránek a kol., 2016).

V hydrogeologii existuje také termín „poloizolátor“, což je izolátor, přes který v určitých místech protéká do kolektoru větší množství podzemní vody.

Území, které má stejné nebo podobné hydrogeologické poměry, zvodnění a oběh podzemní vody, se nazývá hydrogeologickým rajonem (Bruthans a kol., 2020).

Místo, kde dochází k opuštění podzemní vody z hydrogeologického území, se nazývá místo odvodnění (Datel, 2020). Toto odvodnění je buď patrné na zemském povrchu, jako např. u pramene, nebo je skryté, kdy se vyvěrající voda vsakuje do podloží propustné horniny (např. říční štěrkopíský) či přímo do dna nebo stěn povrchového toku.

3.2 Tekoucí (lotická) povrchová voda

„Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.“ (Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách)

Voda z pramene volně protéká nejschůdnější cestou v terénu, vytváří koryto vodního toku. Vodní tok je posilován vodou ze srážek, či vodou nacházející se pod povrchem (De Blij a kol., 2004).

Srážková voda, která neulpí na vegetaci nebo se nevsákne do půdy, stéká po zemském povrchu. (Hillel, 2003) Část se zachytí v nerovnostech terénu, v tzv. mikrodepresích, odkud se vypaří nebo po čase infiltuje do půdy. Pokud je překročena infiltrační kapacita půdy, tedy v případě, že půda sice není zcela nasycená vodou, ale přesto není schopna vodu přijímat, dochází k tzv. Hortonovskému povrchovému odtoku. (Beven, 2001) Tento jev se odehrává při velké intenzitě srážek či rychlému tání sněhu.

Pokud je půda zcela vyplněna vodou a srážky stále přetrvávají, dochází k tzv. stavu nasycení a neinfiltovaná voda se dostává povrchovým odtokem do nejbližšího koryta toku (Šilar, 1983). Po určité uplynulé době se do vodního útvaru dostane voda infiltovaná do půdy. Jedná se o tzv. hypodermický (podpovrchový) odtok. Voda z této vrstvy odtéká preferenčními cestami, puklinami či makropóly směrem k povrchovému toku (Kirkham, 2023). Ze zóny saturace (nasycení), tedy z podzemních vod, je dotován tzv. základní odtok. Jedná se o vodu, která tvoří část povrchového toku. Hlavně v období sucha je hladina vody v řekách tvořena z tohoto typu odtoku (Cílek a kol., 2017).

Území, z které odtéká veškerá voda do vodního toku, je označována jako povodí. Z povodí je odváděna voda jak ze srážek, tak voda z tání ledovců či sněhu, a to buď po zemském povrchu nebo pod povrchem. Hranice takového území se nazývá rozvodnicí (Pavelková Chmelová a Frajer, 2012).

3.3 Normy použité v této práci

ISO (International Organization for Standardization) znamená Mezinárodní organizaci pro normalizaci. Jedná se o celosvětové spojení národních normalizačních orgánů. Mezinárodní normy jsou obvykle vyhotoveny technickými komisemi ISO. Každý člen komise ISO, který se zajímá o projednávaný předmět, má právo být v této komisi zastoupen (ČAS, ©2023).

CEN (Comité Européen de Normalisation), ECS (European Committee for Standardization) – Evropský výbor pro normalizaci je jednou ze tří evropských normalizačních organizací (dalšími jsou CENELEC – Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice, ETSI – Evropský ústav pro telekomunikační normy). Založeno v roce 1961, Česká republika se stala přidruženým členem v roce 1992 a plnoprávným členem je od roku 1997. Schválená Evropská norma CEN existuje ve

třech oficiálních verzích (v anglickém, francouzském a německém jazyce). Každá další verze normy v jiném jazyce, přeložená členem CEN, má status jako oficiální verze. Technické normy v České republice tvořil, vydával a distribuoval Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) až do konce roku 2017. Začátkem roku 2018 tuto činnost převzala státní příspěvková organizace Česká agentura pro standardizaci (ČAS, ©2023).

České národní normy jsou pro lepší přehlednost zařazeny do jednotlivých tříd a podtříd:

- Vodní hospodářství je zařazeno ve třídě 75.
- Odběr vzorků patří do podtřídy 75 70 (75 7051).
- Klasifikace kvality povrchových vod do podtřídy 75 72 (75 7221)

Česká technická norma ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod (dále jen ČSN 75 7221)

Kvalita tekoucích povrchových vod je posuzována na základě platné normy ČSN 75 7221 z roku 2017. První normou, zabývající se touto problematikou, byla norma z roku 1965 ČSN 83 0602 a obsahovala celkem 25 ukazatelů znečištění. Nedávno platná norma ČSN 75 7221 z roku 1998 řešila již 46 ukazatelů (Mičaník a kol., 2017).

Norma ČSN 75 7221 z roku 2017 počítá se současnými požadavky na ochranu povrchových vod, reflektuje výskyt nových znečišťujících látek, které rozděluje do pěti skupin (obecné, fyzikální a chemické ukazatele, organické látky, kovy a metaloidy, mikrobiologické a biologické ukazatele a radiologické ukazatele). Klasifikaci se rozumí zařazení vodního toku do jedné z pěti tříd kvality vody, na základě vypočítané charakteristické hodnoty a jejím porovnáním s mezní hodnotou. Každá třída kvality vody má své barevné označení, viz. tabulka č. 1 (ČSN 75 7221).

Ukazatel	Zkratka, značka, číslo CAS	Jednotka	Třída				
			I	II	III	IV	V
konduktivita		mS/m	<40	<70	<110	<160	> =160
biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní	BSK ₅	mg/l	<2	<4	<8	<15	> =15
chemická spotřeba kyslíku, dichromanem	CHSK _{Cr}	mg/l	<15	<25	<45	<60	> =60
dušík amoniakální	N-NH ₄ ⁺	mg/l	<0,2	<0,4	<0,8	<1,6	> =1,6
dušík dusičnanový	N-NO ₃ ⁻	mg/l	<2,5	<5	<8	<12	> =12
fosfor celkový	P _{celk.}	mg/l	<0,05	<0,15	<0,3	<0,6	> =0,6

Tabulka 1: Mezní hodnoty tříd kvality vody (vybraných ukazatelů) - ČSN 75 7221

Charakteristická hodnota je hodnota, která definuje celý soubor naměřených hodnot vybraného ukazatele jakosti vody. V normě je uveden postup výpočtu charakteristické hodnoty. Nově se v normě počítá s orientačním určením kvality

vody se souborem naměřených hodnot menším než 11, kdy se používá maximální naměřená hodnota (ČSN 75 7221).

ČSN EN ISO 5667-1 (75 7051) Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu vzorkování a pro způsoby odběru vzorků (evropská norma EN ISO 5667-1:2022) (dále jen ČSN 5667-1)

Předmětem této normy je určení obecných zásad a návodu pro sestavování programů vzorkování, seznámení se způsoby odběru vzorků a manipulace se vzorky vody z řek a potoků pro účely fyzikálního a chemického posouzení (SOVAK, ©2018).

ČSN EN ISO 5667-3 (75 7051) Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi (evropská norma EN ISO 5667-3:2018) (dále jen ČSN 5667-3)

Touto normou se určují obecné požadavky na odběr, konzervaci, manipulaci, dopravu a uchovávání všech typů vzorků vod, i pro biologické rozbory (mimo mikrobiologické analýzy). Tato norma je vhodná u odběru vzorků, které nelze analyzovat na místě a musí být dopraveny do laboratoře (SOVAK, ©2018).

ČSN EN ISO 5667-6 (75 7051) Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků (evropská norma EN ISO 5667-6:2016) (ČSN 5667-6)

Touto normou se určují zásady, které je nutné znát při navrhování programů odběru vzorků, způsobu odběru vzorků a manipulace se vzorky vody z řek a potoků pro fyzikální a chemické posouzení. (SOVAK, ©2018)

3.4 Charakteristika vybraných ukazatelů kvality vody

Znečišťujících látek, které se mohou objevit ve vodách, je celá řada. Kvalitu vody lze hodnotit pomocí sledování fyzikálně-chemických vlastností vody, tzv. analytický přístup, nebo lze hodnotit celkový stav vody pomocí nepřímých ukazatelů, tzv. bioindikátorů (Langhammer, 2009).

Fyzikálně-chemické hodnocení kvality vody je stanovováno pro konkrétní lokalitu a čas (Pitter, 2015). Je omezené výběrem sledovaných ukazatelů. Oproti tomu biologické hodnocení kvality vody pomocí organismů přináší souhrnnější hodnocení kvality vody. Díky tomu, že organismy migrují, se tak zjistí znečištění po delším úseku toku (Synáčková, 1996).

3.4.1 Reakce vody (pH)

Neutrální reakce vody nastává při vyrovnanosti vodíkových (H^+) a hydroxylových (OH^-) iontů, pH má hodnotu 7. Pokud je ve vodě nadbytek vodíkových H^+ iontů,

hodnota $\text{pH} < 7$, jedná se o kyselou reakci. Když je ve vodě nadbytek hydroxylových OH^- iontů, hodnota pH je > 7 , jde o alkalickou reakci (Lellák a Kubíček, 1991).

V čistých povrchových vodách je hodnota pH ovlivňována horninovým složením, kdy hodnoty pH jsou v rozmezí 4,5 – 8,3; u podzemních vod je rozpětí pH od 5,5 do 7,5; a atmosférické vody bez vlivu znečištění atmosféry mají hodnoty pH 5-6 (Pitter, 2015).

Přirozená hodnota pH se vlivem antropogenní činnosti, kyselými atmosférickými srážkami, smyvem bazických iontů z půd a podloží snižuje, okyseluje (Bleam, 2016). Pokud pH značně poklesne, způsobí to úhyn ryb, vodních rostlin a mikroorganismů. Za největší představitele acidifikace jsou považovány sloučeniny síry a dusíku vzniklé spalováním fosilních paliv (Langhammer, 2009).

3.4.2 Elektrická vodivost

V Protokole o zkoušce z laboratoře označena jako vodivost. Znamená míru koncentrace ionizovatelných anorganických a organických složek vody (Pitter, 2015). Ionty způsobují, že je voda vodivá (Lellák a Kubíček, 1991). Čím větší obsah iontů rozpuštěných látek ve vodě, tím vyšší hodnota vodivosti (Synáčková, 1996).

Vzrůstá s vyšší mineralizací vody. Je to významně teplotně závislá veličina. Pokles nebo vzrůst teploty o 1°C způsobuje změnu vodivosti nejméně o 2 %, proto se vzorek vody temperuje obvykle na teplotu 20°C (Grünwald, 1993).

Jednotkou vodivosti je siemens ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$), běžně se výsledky udávají v $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ nebo $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nejčistší voda, tzv. vodivostní, má hodnotu vodivosti při 25°C 0,00548 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$, destilovaná voda mívá vodivost v rozmezí 0,05 až 0,5 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$, povrchové a podzemní vody obvykle 5 až 50 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$, průměrná hodnota u pitných vod je cca 40 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Pitter, 2015). Antropogenním znečištěním vodivost roste. Klesá však při vyšší vodivosti toku, kdy dochází k naředění znečištění (Bleam, 2016).

Vyluhováním humusových látek z půd a sedimentů nebo antropogenní činností, jako je průmysl, zemědělství, komunální znečištění, se do vody dostávají organické látky (Langhammer, 2009). Pro určení těchto látek se určují ukazatele BSK, CHSK a TOC (hodnoty TOC nejsou v této práci zkoumány).

3.4.3 Chemická spotřeba kyslíku

Jedná se o ukazatel celkového organického znečištění (Langhammer, 2009). To, jak je voda obohacena o organické, biologicky rozložitelné i nerozložitelné látky, se zjistí spotřebovaným množstvím činidla, které je třeba k jejich oxidaci (Pitter, 2015).

Jako oxidační činidlo se používá především dichroman draselný, neboť má větší oxidační účinnost než další látka používaná k oxidaci, a to manganistan draselný (Pitter, 2015). Pokud jsou vzorky vody hodnoceny dichromanem draselným, uvádí se v laboratorních protokolech zkratka CHSK_{Cr} (nebo jen CHSK). U manganistanu draselného se používá CHSK_{Mn} (Lellák a Kubíček, 1991).

Výsledné hodnoty se přepočítávají na tzv. kyslíkové ekvivalenty. Nejedná se tedy o koncentraci organických látek (Synáčková, 1996).

Manganistan draselný je používán k rozborům pitných, podzemních a užitkových vod. Jeho výhodou je malá spotřeba činidel (Synáčková, 1996). Dichroman draselný je používán k analýze odpadních i povrchových vod. Jako přípustné znečištění povrchových vod organickými látkami se uvádí hodnota 35 mg.l^{-1} (Lellák a Kubíček, 1991).

Snahou Evropské unie je tento ukazatel kvality vody nahradit stanovením koeficientu mezi $\text{CHSK}_{\text{Cr}}/\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ a TOC (Celkový organický uhlík), neboť při určování CHSK vzniká při laboratorních pracích toxický odpad. Tento koeficient se však zatím nepodařilo určit (Pitter, 2015).

3.4.4 Biologická spotřeba kyslíku

V přírodních vodách probíhá díky organotrofním bakteriím k samočištění (Pitter, 2015). Organotrofní bakterie získávají energii, uhlík a dusík z organických látek. Vyskytují se běžně ve vodě a slouží jako indikátory znečištění vody. (Ambrožová, 2003). Část organických látek se pomocí kyslíku, nutrientů (dusík, fosfor), a mikrobů rozkládají na CO_2 , H_2O a energie (jev se nazývá disimilace – oxidace). Vzniklá energie je dále využívána k tvorbě nové biomasy (dochází k asimilaci – syntéze) (Pitter, 2015).

Biologická spotřeba kyslíku má zkratku BSK, naměřená hodnota se vyjadřuje v mg.l^{-1} . Stanovuje se při teplotě vzorku 20°C , a vzorek musí být uchován mimo světlo. Vyjadřuje koncentraci biologicky rozložitelných látek ve vodě (Pitter, 2015). BSK se stanovuje na určitý počet dní. Pro stanovení úplné biochemické spotřeby kyslíku (BSK_u) se počítá obvykle s hodnotou 20 (BSK_{20}). Většinou se stanovuje BSK pětidenní, tzn. BSK_5 (Lellák a Kubíček, 1991).

Pokud je analýza vody provedena správně, musí platit: $\text{CHSK} \geq \text{BSK}_u \geq \text{BSK}_5$ (Bábíček a kol., 2023).

3.4.5 Sloučeniny dusíku

Mezi základní živiny, tzv. nutrienty, které jsou třeba v biologických procesech, patří sloučeniny dusíku a fosforu. Bez nich se ekosystém neobejde, avšak kvůli antropogennímu znečištění je třeba sledovat jeho nadměrný výskyt v povrchových (i podzemních) vodách (Langhammer, 2009). Hodnotu celkového dusíku vyjadřuje součet anorganického dusíku (amoniakální N-NH_4^+ , dusitanový N-NO_2^- , dusičnanový N-NO_3^-) a organického dusíku N_{org} (močovina, dusíkaté látky uvolněné při rozkladu biomasy). Ve splaškových vodách se stanovila produkce celkového dusíku na 12 g na 1 obyvatele za 1 den (Pitter, 2015).

- Cyklus dusíku

Plynný dusík s pevnou trojnou vazbou (N_2), vyskytující se v atmosféře, nejsou živé organismy schopny využít. Využijí pouze dusík v anorganických nebo organických sloučeninách (Lellák a Kubíček, 1991). Trojnou vazbu dusíku dokáže rozbít ultrafialové záření či energie výboje blesků. Volný dusík váží tzv. vazači (fixátoři) dusíku, kteří mohou být symbiotičtí či volně žijící (Grünwald, 1993). Jsou to např. bakterie rodu *Rhizobium* (poutají se ke kořenovým hlízkám bobovitých rostlin či k olším), *Azotobacter*, *Clostridium*, sinice rodu *Anabaena* a *Aphanizomenon* (Lellák a Kubíček, 1991).

Nitrifikace je proces, kdy se amoniakální dusík rozkládá na dusitany a dusičnany v aerobním prostředí pomocí mikroorganismů (Bábíček a kol., 2023). Existují dva rody tzv. nitrifikačních bakterií, *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* oxiduje amoniakální dusík na dusitany, tvoří méně biomasy. *Nitrobacter* oxiduje dusitany na dusičnany. Růst nitrifikačních bakterií závisí na teplotě, kdy pod $5^{\circ}C$ je nitrifikace velmi malá (Pitter, 2015).

Denitrifikací se rozkládají dusičnany, a to za anaerobních podmínek a přispěním mikroorganismů (např. rodu *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus*), (Ambrožová, 2003) až na molekulární dusík.

- Amoniakální dusík ($N-NH_4^+$)

Jeho koncentrace v přírodních vodách jsou nízké, do 0,2 mg/l. Závisí na hodnotě pH, může být ve vodě formou kationtu NH_4^+ nebo v neiontové formě NH_3 (Grünwald, 1993). Stanovují se obě formy jako celkový amoniakální dusík. Amoniakální dusík se bez přístupu vzduchu dále nerozkládá, v aerobních podmínkách nitrifikuje na dusitany (Pitter, 2015).

Antropogenním zdrojem jsou splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělské výroby, čistírenské kaly, dusíkatá hnojiva. Do atmosférických vod se tento dusík dostává z průmyslových exhalací (Langhammer, 2009). Rozkladem organických dusíkatých látek rostlinného či živočišného původu. Ve vodách se vyskytuje jako kation NH_4^+ a v neiontové formě jako NH_3 (Pitter, 2015). Stanovují se obě formy současně, jako celkový amoniakální dusík. Není stálý a podléhá biochemické oxidaci (nitrifikaci). Molekula NH_3 je toxická pro ryby (Ambrožová, 2003).

- Dusitany (NO_2^-)

Vznikají buď nitrifikací amoniakálního dusíku nebo biochemickou redukcí dusičnanů, denitrifikací (Pitter, 2015). Vyšší koncentrace dusitanů se vyskytuje ve vodách s intenzivním chovem ryb, u odpadních vod z výroby barviv či strojírenství. Dusitany se v rozborech vody vyjadřují jako dusitanový dusík ($N-NO_2^-$). Obvykle se vyskytují v malých koncentracích (Grünwald, 1993).

- Dusičnany (NO_3^-), dusičnanový dusík (N-NO_3^-)

Jsou přítomny ve všech vodách jako podstatný zdroj živin pro vegetaci, vyšší koncentrace způsobují antropogenní vlivy. V koloběhu dusíku jsou dusičnany konečným produktem nitrifikace (Lellák a Kubíček, 1991).

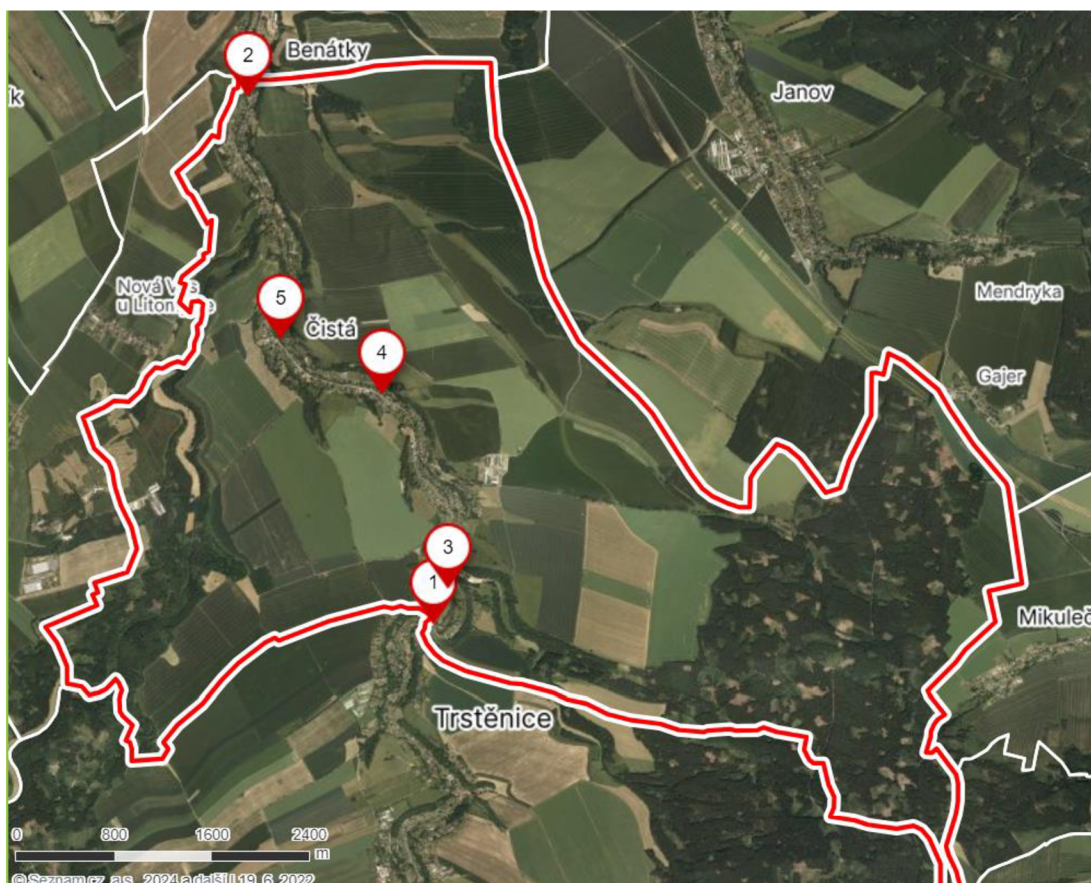
Hlavní zdroj znečištění vodních toků dusičnany představuje používání průmyslových či přírodních dusíkatých hnojiv (Pitter, 2015). Při atmosférických srážkách se do toků tato hnojiva dostávají smyvem právě z těchto polí. Z polí se tato voda dostane také drenážemi nebo melioracemi (Langhammer, 2009). Dalším nezanedbatelným zdrojem dusičnanů jsou atmosférické srážky ovlivněné spalováním fosilních paliv (doprava, energetika) (Synáčková, 1996).

3.4.6 Celkový fosfor

Mezi přirozené zdroje fosforu v povrchových vodách patří sedimenty, zvětralé horniny obsahující *apatit* a další minerály, jako *variscit*, *strengit* či *vivianit* (Pitter, 2015). Neméně důležitým zdrojem fosforu je rozkládající se biomasa fytoplanktonu a zooplanktonu, která se usazuje na dně vodního útvaru a také atmosférické srážky (Lellák a Kubíček, 1991). Anorganický fosfor se do tekoucích vod dostane se splaškovými vodami, které obsahují výluhy z pracích, čistících a mycích prostředků. Denní produkce fosforu na jednu osobu je uváděno asi 1,5 g fosforu. Toto množství se zvyšuje o fosfor vyluhovaný do vody ze všech čistících prostředků použitých v domácnosti na 2 až 3 g fosforu na osobu na den. Neopomenutelným zdrojem fosforu jsou také velkochovy hospodářských zvířat a používání fosforečných hnojiv. Fosfor se podílí na eutrofizaci vod. Celkový fosfor je značený P_{celk} , P_c , P_T a uvádí se v jednotkách mg l^{-1} (Pitter, 2015).

4 Metodika

Před zahájením odběru vzorků vody z řeky Loučné byl navrhnout program vzorkování a způsob odběru vzorků (ČSN 5667-1). Nejdříve byla prostudována příloha k Rozhodnutí MěÚ Litomyšl, odboru životního prostředí, Sp. Zn.: SZ MěÚ Litomyšl/038990/2022 ZP/Pac – Katastrální situace od firmy PROJEKTY VODAM, s. r. o., k zjištění rozmístění domovních čistíren odpadních vod s vyústěním do recipientu Loučná v obci Čistá (přílohy č. 1 - 4). Bylo vybráno pět odběrných míst na řece Loučné v katastru obce Čistá (viz obrázek č. 4 – Katastr obce Čistá s vyznačenými místy odběru vzorků), (ČSN 5667-6).



Obrázek 4: Katastr obce Čistá s vyznačenými místy odběru vzorků (Seznam, © 2024)

- **Odběrné místo č. 1**

První odběrný profil leží na hranici katastru obcí Trstěnice a Čistá (viz obrázek č. 5 – Odběrné místo č. 1). Toto místo bylo vybráno, aby byly zjištěny hodnoty sledovaných ukazatelů kvality vody přitékající do katastru Čisté. Odběrné místo je v Plánu/protokolu o odběru vzorku zmiňováno jako „Začátek katastru obce Čistá“ nebo jsou výsledky zmíněny pod číslem „1“. Lokalizace podle souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální – S-JTSK je: Y=609648.645; X=1091070.751



Obrázek 5: Vyznačení odběrného místa č. 1 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)

- **Odběrné místo č. 2**

Druhým důležitým odběrným profilem bylo určeno místo, kde Loučná opouští katastr obce Čistá a vtéká do obce Benátky (viz obrázek č. 6 – odběrné místo č. 2). Tento profil sloužil k porovnání zde zjištěných hodnot ukazatelů kvality vody s hodnotami zjištěnými na začátku katastru obce. V Plánu/protokolu o odběru vzorku je místo označeno jako „Konec katastru obce Čistá“ nebo je zmiňováno pod číslem „2“. Lokalizace dle S-JTSK je: Y=610604.465; X=1086487.497



Obrázek 6: Vyznačení odběrného místa č. 2 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)

- **Odběrné místo č. 3**

Další odběrná místa byla vybrána s přihlédnutím na kapacity připojených DČOV a na dobu, kdy by měly být čistírny zapojeny. Tedy třetím profilem bylo vybráno místo označené v Plánu/protokolu o odběru vzorku jako „U domu č.p. 147“ nebo pod

číslem „3“, kdy tato oblast patří k místům s nejpozdějším vybudováním a zapojením čistíren odpadních vod (viz obrázek č. 7 – odběrné místo č. 3). Lokalizace dle S-JTSK je: Y=609396.495; X=1090974.549



Obrázek 7: Vyznačení odběrného místa č. 3 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)

- **Odběrné místo č. 4**

Čtvrté místo odběru bylo vybráno dle předpokládaného zvýšeného objemu vypouštěných odpadních vod, za řadou bytových domů (viz obrázek č. 8 – odběrné místo č. 4). V Plánu/protokolu o odběru vzorku je popsáno jako „Čistá – bytovky“ či číslo „4“. S-JTSK: Y=609797.129; X=1089157.932



Obrázek 8: Vyznačení odběrného místa č. 4 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)

- **Odběrné místo č. 5**

Poslední odběrné místo bylo vybráno opět podle předpokládaného většího objemu vypouštěných odpadních vod – Domov pro seniory a obecní úřad, číslo „5“ (viz obrázek č. 9 – odběrné místo č. 5). S-JTSK: Y=610461.446; X=1088803.915



Obrázek 9: Vyznačení odběrného místa č. 5 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)

Při odběru vzorků byl brán zřetel na ochranu životního prostředí, aby se co nejvíce zamezilo poškození fauny a flóry, při odběrech nebylo na místě použito žádných chemických ani jiných prostředků se závadným vlivem na životní prostředí (ČSN 5667-1). Při výběru odběrných míst byl brán také ohled na soukromé vlastnictví přilehlých pozemků u řeky Loučné.

Pro splnění pravidel bezpečnosti práce se pracovalo v ochranných rukavicích, aby se zamezilo případnému kožnímu vstřebávání cizorodých látek z recipientu.

Datum prvního odběru vzorků bylo stanoveno na dobu před zkolaudováním a uvedením do činnosti prvních vybudovaných čistíren odpadních vod. Voda v Loučné tedy v této době nebyla dotčena přečištěnými vodami z čistíren, ale mohla obsahovat odpadní vody z jiných objektů. Tyto odebrané vzorky tedy slouží k porovnání stavu sledovaných ukazatelů kvality vody před spuštěním čistíren s výsledky vzorků na konci sledovaného období s již zapojenými čistírnami odpadních vod.

Pro tuto práci byly vybrány základní ukazatele kvality vody dle České technické normy ČSN 75 7221, a to: konduktivita, chemická spotřeba kyslíku, biologická spotřeba kyslíku pětidenní, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor a hodnota pH, která není sledovaná normou ČSN 75 7221, ale je důležitým ukazatelem pro život ve vodě.

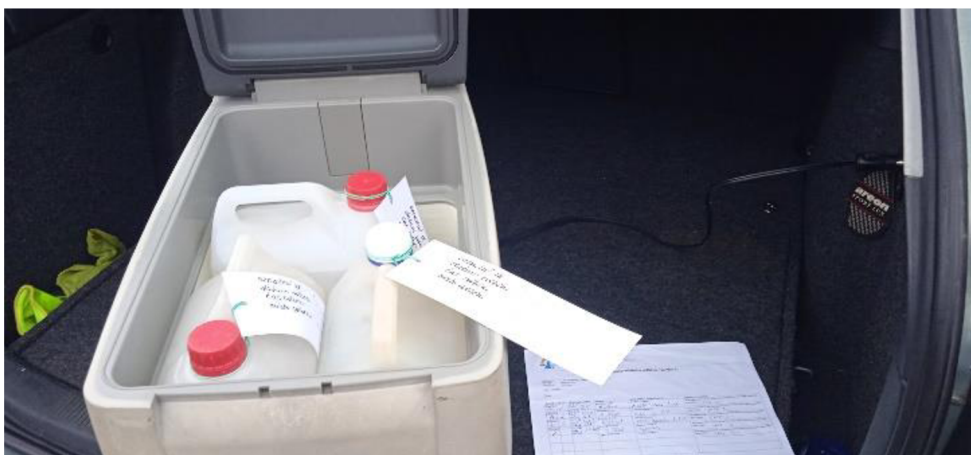
Voda v recipientu byla sledována po dobu sedmi měsíců. Vzorkování probíhalo zpravidla vždy v poslední pondělí v daném měsíci s přihlédnutím na postupné zapojování zkolaudovaných čistíren odpadních vod a na potřeby akreditované laboratoře.

Vybraný den pro vzorkování – pondělí – byl vybrán záměrně, protože se předpokládala větší spotřeba vody přes víkend a tím větší zatížení čistíren odpadních vod. Práce na vzorkování započaly vždy v 6:00 hodin ráno.

Pro účely této práce a po domluvě s akreditovanou laboratoří byly odebírány vzorky prosté, manuálně odebírané. Vzorkovnice byla poskytnuta akreditovanou laboratoří.

Jednalo se o pětilitrový plastový kanystr se šroubovatelným víčkem (ČSN 5667-3). Laboratoř poskytla vždy čisté vzorkovnice, které byly před každým odběrem řádně propláchnuty vodou z recipientu. Vždy v dostatečné vzdálenosti po proudu toku od bodu odběru vody. Dále byl laboratoři poskytnut kalibrováný teploměr značky Checktemp.

Odběr vzorku vody probíhal ponořením otevřeného vzorkovače do recipientu, a to tak, aby nedošlo k porušení říčního dna a nabráním říčního sedimentu, a zároveň tak, aby se do vzorkovače nedostal případný film nebo nečistoty z hladiny toku (ČSN 5667-6). Po odebrání vody do kanystru a jeho uzavření, proběhlo vždy měření teploty kalibrováním teploměrem a měření hloubky vody svinovacím metrem. Poté byl vzorkovač označen předem připraveným štítkem, na který se zaznamenaly naměřené hodnoty a vzorkovač byl dán do chladicího boxu, temperovaného na teplotu v rozmezí 5 ± 3 °C (viz obrázek č. 10) (ČSN 5667-6).



Obrázek 10: Naplněné, označené vzorkovnice, připravené k přepravě do laboratoře (fotografie vlastní)

Štítky byly vyrobeny z tvrdého papíru, předem nadepsané a zalaminované v průhledné folii, v jednom bodě proděravělé. Naměřené hodnoty byly na štítky vpisovány nesmyvatelným fixem. Na štítku byly tyto informace: datum odběru vzorku, identifikace vzorku (stejná jako na Plánu/protokolu o odběru vzorku), čas odběru, teplota vody při odběru. Štítek byl k vzorkovnici přidělán gumičkou za hrdlo kanystru (ČSN 5667-3).

Po odebrání posledního vzorku a jeho řádné uložení do chladicího boxu, byly vzorky neprodleně týž den odvezeny do akreditované laboratoře v České Třebové Což trvalo maximálně 30 minut po odebrání posledního vzorku z Loučné.

Souřadnice S-JTSK byly určeny za pomoci mobilního telefonu a aplikace ©GoogleEarth přímo v řečišti Loučné na vybraných místech odběru vzorků. Poté byly souřadnice upřesněny v internetovém prohlížeči (ČÚZK, ©2023).

Data, týkající se naměřené hloubky vody, teploty vody při odběru a teploty vzduchu při odběru, nebyly dále v této práci využity. Jsou tedy jen zaznamenány v Plánu/protokolu o odběru vzorku.

5 Současný stav řešené problematiky

Katastr obce Čistá leží na území přirozené akumulace podzemních vod. Obec pro zásobování pitnou vodou využívá svůj jímací objekt LO-14 (Žižka, 1979), jehož vodu není třeba dále upravovat. V severní části katastru obce se nachází vrt CL-1, který se významně podílí na zásobování pitnou vodou oblasti Poličsko (Pavliš a kol., 1981). Je důležité tyto vody chránit a zastupitelé obce i její občané si tuto skutečnost uvědomují. Z důvodu ochrany podzemních i povrchových vod obecní zastupitelstvo jednalo o řešení čištění odpadních vod vzniklých na území obce. Již od roku 2006 se obec zapojila do jednání o možnostech odkanalizování Čisté. Záměr se objevil ve Strategickém plánu rozvoje města Litomyšle pro období roku 2008-2015, kde se počítalo s vybudováním kanalizace v Čisté napojenou na kanalizaci v obci Benátky a dále připojením na čistírnu odpadních vod v Litomyšli. Na tuto kanalizační síť měla být napojena i obec Trstěnice, a to přes sběrač v Čisté (MZ ČR, ©2007).

Protože se Čistá nachází v členitém terénu po obou březích řeky Loučné, musely by být některé nemovitosti napojeny na tlakovou kanalizaci. Tato skutečnost, a také to, že občané Čisté nebyli o plánovaném projektu dostatečně informováni, vyvolala nesouhlas u obyvatelů Čisté s budováním přípojek a po mnoha jednáních se zastupitelstvo obce rozhodlo projekt odkanalizování obce pomocí tlakové a gravitační kanalizace ke dni 24. 2. 2014 zastavit (OÚ Čistá, ©2013).

V dubnu roku 2020 v Mimořádném obecním zpravodaji zastupitelstvo obce informovalo občany o nové možnosti likvidace odpadních vod v Čisté, a to decentralizovaným způsobem čištění odpadních vod s nepřetržitým monitoringem (OÚ Čistá, ©2020). Tento způsob byl ve zpravodaji dopodrobna popsán i se zkušenostmi obce Starkoč (obce ležící nedaleko Čáslavi), kde takto odpadní vody likvidují již od roku 2018 (Obzory Kutnohorska, ©2018). Díky vysoké míře informovanosti o projektu od zastupitelstva obce, občané Čisté vyjádřili více jak 30 % požadovaný zájem o zbudování MDČOV (OÚ Čistá, ©2021). Začali přípravné práce a v roce 2023 se po etapách začali budovat a předávat do užívání první čistírny odpadních vod (OÚ Čistá, ©2023). Oproti plánu se s výstavbou prvních MDČOV z důvodu nepříznivého počasí začalo o tři týdny později.

Obec využila dotace Ministerstva životního prostředí, které vyhlásilo prostřednictvím Státního fondu životního prostředí ČR Výzvy č. 7/2021 (příloha č. 5). Podporovanou aktivitou výzvy byla realizace soustav domovních čistíren odpadních vod pro obce, kde z technického nebo ekonomického důvodu bylo nereálné připojit nemovitosti ke kanalizaci. Podmínkou bylo, aby byl produkt označen CE a splňoval kategorii III od výrobce (příloha č. 6). Dále tyto čistírny odpadních vod musí obsahovat vzdálený monitoring potřebný k hlášení a evidování poruch nebo neoprávněné manipulace.

Požadované parametry splňuje čistírna odpadních vod Aquatec AT6 Plus. Dle výrobce čistírna nepotřebuje další zařízení na srážení fosforu a je také vybavena monitorovacím systémem. Kapacita čistírny je čištění odpadních vod ze zdrojů do 50 ekvivalentních obyvatel.

Podmínky vodoprávního úřadu –Městského úřadu Litomyšl, odboru životního prostředí, k povolení vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo do vod

podzemních, uvedených v Rozhodnutí ze dne 24. 8. 2022, pod spisovou značkou Sp.zn.: SZ MěÚ Litomyšl/038990/2022 ZP/Pac: (přílohy č. 7 až 9).

1) Jakost vypouštěných vod s limity platnými pro vypouštění do vod podzemních (viz tabulka č. 2, označeno žlutě), dle Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

Velikostní kategorie (EO)	"m" (mg/l)				
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	N _{celk}
< 10	150	40	20	30	x
10 - 50	150	40	x	30	30
> 50	130	30	x	30	20

Tabulka 2: Ukazatelé a emisní limity dle NV č. 57/2016 Sb.

2) Množství vypouštěných odpadních vod bude vypočítáno na základě údajů z vodoměrů. Kvalita vypouštěné vody bude sledována 1 x ročně. K tomuto účelu se budou odebírat vzorky prosté na odtoku z ČOV a budou analyzovány v akreditované laboratoři.

3) Přečištěné odpadní vody budou přednostně využity pro zálivku. Mimo vegetační období budou odpadní vody vypouštěny do podzemních vod nebo do vod povrchových.

4) Provoz ČOV bude monitorován.

5) V prvních pěti letech provozu ČOV bude prováděn monitoring kvality vody v toku Loučné, a to na přítoku do obce a na jejím odtoku z obce. Zároveň se bude monitorovat kvalita vody ve vybraných studních.

6) Doba povolení pro nakládání s vodami je vydáno do 31. 12. 2032.

7) Minimální účinnost čistíren (v %) musí vyhovovat požadavkům na výrobky označené kategorií III CE (viz. tabulka č. 3, označeno žlutě), a to dle Přílohy č. 1, tabulky 1c Nařízení vlády č. 445/2021 Sb., kterým se mění NV č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Kategorie výrobku označovaného CE	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}
I	70	80	x	x
II	75	85	75	x
III	75	85	80	50

Tabulka 3: Minimální účinnost čištění pro kategorie výrobků označovaných CE (v %)

6 Charakteristika studijního území

6.1 Řeka Loučná

Řeka Loučná je zmiňována již v Kosmově kronice. Je to v souvislosti s tzv. Trstěnickou stezkou, významnou obchodní trasou spojující Čechy a Moravu. Zde se však nepoužívá označení Loučná, ale „flumen Trstenice“. Název je odvozen od slova „trstí“, což znamenalo rákosí, které hojně u této řeky rostlo (Jireček, 1884). Řece se také říkalo „Mejtka“, „Mejtskej potok“ – podle Vysokého Mýta, okolo kterého Loučná protéká. Název Loučná se začalo používat od 17. století a značilo řeku, která protéká nekonečnými loukami (Dvořák, 2003).

Loučná pramení na Svitavské pahorkatině v nadmořské výšce 516,39 m, v katastrálním území obce Karle (MAS RKH, ©2021). Protéká Loučenskou tabulí a poté se dostává do Pardubické kotliny. Délka toku je 80,28 km, plocha povodí činí 724,73 km². Jedná se o levostranný přítok řeky Labe, do které ústí u města Sezemice, části Počaply, a to v nadmořské výšce 217,93 m (OÚ Uhersko, ©2023). Mapa povodí Loučné a základní charakteristika viz příloha č. 31 (DIBAVOD, ©2023).

Pramenem řeky Loučné je místo v blízkosti silnice vedoucí z Ostrého Kamene do obce Karle, v pravo. Zde vyvěrá voda z podzemí (viz obrázek č. 11 – Pramen Loučné), která dále pokračuje svodem pod komunikací a přes zatravněný pozemek se dostává do meliorační svodnice, odtud přitéká do nádrže zvané Horní rybník.



Obrázek 11: Pramen Loučné, detail (fotografie vlastní)

Z této nádrže odtéká voda potrubím pod pozemky s parcelními čísly 1751/62, 163/2 a 161/1 (ČÚZK, ©2023). Zde potrubí vyúsťuje na povrch a odtékající voda začíná tvořit koryto řeky (viz obrázek č. 12).



Obrázek 12: Zobrazení trasy Loučné z Horního rybníku pod pozemky (ČÚZK, ©2023)

Z Horního rybníku říčka Loučná posiluje svůj tok pomocí nepatrných pramenů, které vyvěrají z přilehlých polí či ze skal podél koryta řeky. Loučná protéká celou obcí a volnou krajinou putuje do obce Chmelík. Ještě před touto obcí potkává svůj první větší přítok, říčku Květnou pramenící ve stejnojmenné obci Květná. Za Chmelíkem protéká řeka údolím do obce Trstěnice. Druhý významný přítok Loučné je Jalový potok, který pramení v obci Široký Důl na Poličsku, a který zaústíje do Loučné v obci Čistá. Na úseku řeky od pramene po obec Čistou se Loučná na mnoha místech vlivem ubývajících srážek po většinu roku vytrácí do svého opukového podloží a protéká tak pouze pod povrchem svého koryta, aby se opět někde objevila.

Trvalý průtok začíná až v další obci, v Benátkách. Koryto řeky se tu rozšiřuje a voda putuje do města Litomyšl. Zde je první měrný profil ČHMÚ, kategorie B s dálkovým přenosem dat (ČHMÚ, ©2023). V Nedošíně, v části Litomyšle, je postavena čistírna odpadních vod, která čistí vody z Litomyšle a okolí. K této čistírně měla být podle původních plánů připojena také obec Čistá. V Nedošíně Loučná zásobuje svou vodou rybník Velký Košíř, jehož okolí je významnou ornitologickou lokalitou a prostředím pro mnoho obojživelníků (Město Litomyšl, ©2023). U Tržku do Loučné přitéká Kornický potok, pramenící v Kornicích. Z Tržku odtéká Loučná údolím do další obce, do Cerekvice nad Loučnou a u obce Nová Sídla potkává levostranný přítok, řeku Desnou pramenící u obce Borová u Poličky. Zprava v Cerekvicích přitéká Končinský potok pramenící nad obcí Mendryka. V Cerekvici nad Loučnou je další měrný profil ČHMÚ kategorie B (ČHMÚ, ©2023). Loučná dále protéká kolem obce Hrušová, kde je vytvořeno několik jezů a dvě malé vodní elektrárny. Z Hrušové řeka pokračuje do osídlení Valcha, kde Loučná pohání vodní mlýn Valcha. Za Valchou se Loučná rozděluje na dvě ramena a v Sárovcí se opět spojuje v jeden tok. Zde se do Loučné dostává další její přítok, Sloupnický potok pramenící v Horní Sloupnici.

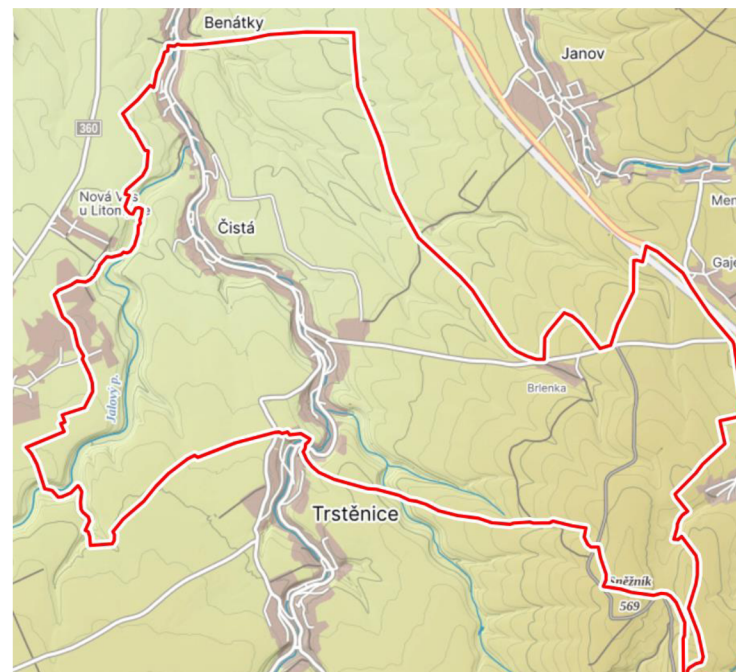
Loučná obtéká město Vysoké Mýto a je obohacena vodou z rybníku Chobot přes Betlémský potok. Za Vysokým Mýtem přitéká do Loučné potok Slatinka a řeka pokračuje do další obce, do Zámrsku. V Zámrsku jsou vybudovány dva jezy a malá vodní elektrárna. Další obce, po jejichž okraji Loučná protéká, jsou obec Týnišťko a obec Janovičky. U Janoviček Loučná rozděluje svůj tok, jedno rameno pokračuje dále jako Loučná k obci Radhošť, kde se posiluje vodou z rybníku Šejval, druhé bez jména pokračuje krajinou do Malejova, kde přibírá vodu z Mikulášského potoka a později se připojuje zpět do Loučné. O několik kilometrů dále se Loučná opět rozdvouje, jedno rameno protéká volnou krajinou jako tok Loučná, druhé bez jména zavítá do Sedlišťka, aby se opět tato ramena za Sedlišťkem spojila do jedné silné řeky. Za obcí Opočno, kterou protéká na jejím severu, se Loučná jezem Uhersko rozdvouje, jedno rameno jako řeka Loučná protéká dolní částí obce Uhersko, druhé rameno bez názvu protéká severní částí obce Uhersko. Za Uherskem se ramena spojují a Loučná je opět jako celek. Loučná dále putuje obcí Čeradice, pak obcí Platěnice, Prachovicemi a městem Dašice. Zde je poslední hlásný profil řeky Loučné, kategorie A (ČHMÚ, ©2023). V Dašicích se do Loučné vlévá potok Barevna, pramenící v Moravanech a Kostěnický potok, pramenící nedaleko Kostěnic. Z Dašic Loučná protéká krajinou do obce Lány u Dašic, kde ji posiluje potok Lodranka, dále obcí Velké Koloděje a městem Sezemice. Ještě před Sezemicemi do Loučné ústí řeka Zadní Lodranka. Poslední obcí, kterou Loučná protéká, jsou Počaply. Zde již Loučná, jako velmi silná řeka, ústí do řeky Labe (viz obr. č. 13).



Obrázek 13: Ústí Loučné do Labe v Počaplech (fotografie vlastní)

6.2 Obec Čistá

Čistá je obcí Pardubického kraje v okrese Svitavy, ORP Litomyšl (viz obrázek č. 14). Obec se rozprostírá po obou březích horního toku řeky Loučné, zhruba 4 kilometry jižně od města Litomyšl. Je tvořena jedním katastrem o celkové rozloze 2520 hektarů, čímž se řadí k desáté největší obci v okrese Svitavy (viz obrázek č. 15). K Čisté patří osada Brlenka, nacházející se ve východní části obce. Nadmořská výška celého území se pohybuje v rozmezí od 370 do 569 m n. m, nejvyšším bodem je Sněžník. Značnou část rozlohy obce tvoří smrkové lesy a zeleň, nacházející se v jižní části katastru. Nad údolím řeky Loučné se nacházejí rozsáhlá pole (MMR ČR, ©2012).



Obrázek 14: Katastr obce Čistá (červeně), okresu Svitavy, Pardubického kraje (IMG, ©2023) a Katastr obce, řeka Loučná kopíruje silnici vedoucí obcí (Mapy, ©2023)

6.2.1 Historie obce

Oblast Staré Litrbachy (dnešní Benátky) a Litrbachy (dnešní Čistá), je spjata se slavníkovským hradiskem, které stálo přibližně v místě dnešního zámku v Litomyšli. První zmínka o tomto hradisku je v Kosmově Kronice české a váže se k roku 981 (Jireček, 1884). Nejstarší dochovaná písemná zmínka o obci je v listině vratislavského biskupa Přeclava z Pogorelly o majetkovém narovnání mezi biskupskou kapitulou a nově vzniklým biskupstvím v Litomyšli z roku 1347, čímž se Litrbachy staly majetkem biskupa. V 15. století litomyšlské biskupství zaniklo a obec přešla pod správu zámeckého panství Litomyšl, a to až do roku 1848. Od roku 1850 byly Litrbachy součástí okresu Litomyšl, a od roku 1960, již pod novým názvem, pak okresu Svitavy (OÚ Čistá, ©2023). V tomto roce k obci přibyla osada Brlenka, která se nachází východně od Čisté na okraji lesa, a o které je zmínka již v roce 1690 s názvem Brunnersteig. Po odsunu německého obyvatelstva po 2. světové válce a příchodu českých osadníků začala obec používat český název odvozený z původního Litrbachy (německy Lauterbach - Čistý potok), toto se datuje od roku 1947. Protože „Čistý potok“, dnes řeka Loučná, dal obci jméno, má řeka svůj symbol také ve znaku obce. Ten tvoří dvě pole, vpravo v červeném poli je vyobrazena zlatá biskupská berla, která odkazuje na sv. Mikuláše, patrona čísteckého kostela. Vlevo, v modrém poli je znak zlaté lilie, která odkazuje na premonstrátskou vrchnost (podobně jako ve znaku Litomyšle). Pata štítu je vybarvena ve stříbrné-modrostříbrné barvě, modrá jako symbol řeky Loučné (viz obrázek č. 15) (OÚ Čistá, ©2023). Počet obyvatel obce k 31.12. 2023 viz tabulka č. 4 (ČSÚ, ©2024).



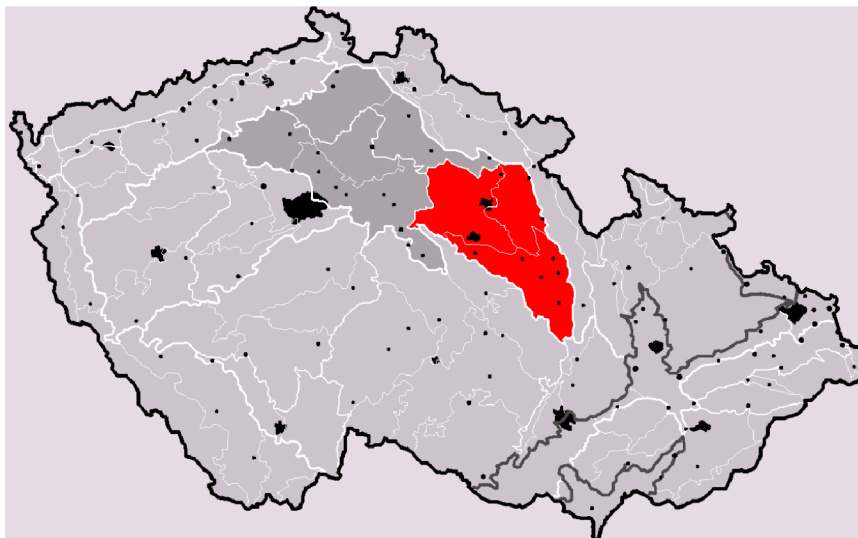
Obrázek 15: Znak obce Čistá (OÚ Čistá, ©2023)

Počet obyvatel k 31. 12. 2023	CELKEM	
	1025	
	MUŽI	ŽENY
CELKEM	514	511
Z TOHO VĚKOVÉ SKUPINY:		
0 – 14 let	83	85
15 – 64 let	353	319
65 a více	78	107

Tabulka 4: Počet obyvatel k 31. 12. 2023 (ČSÚ, ©2024)

6.2.2 Geologie a geomorfologie

Území obce náleží do subprovincie Česká tabule, oblasti Východočeské tabule, (viz. obrázek č. 16) celku členité Svitavské pahorkatiny, podcelku Loučenské tabule:



Obrázek 16: Geomorfologický celek - Východočeská tabule (WikimediaCommons, ©2020)

6.2.3 Geologie

Obec leží v jihovýchodní části České křídové pánve, v litologickém souvrství Perucko-korycanském (Cenoman), s nejstaršími sedimenty, prachovitými jílovci. Bělohorským souvrstvím se spongolitickými slínovci (spodní a střední turon) a Jizerském souvrství se sedimentací pískovce různé velikosti (střední turon) (viz obrázek č. 18 - Stratigrafie). V České křídové pánvi se nachází největší zásobárna pitné vody (Petránek a kol., 2016).

6.2.4 Pedologie

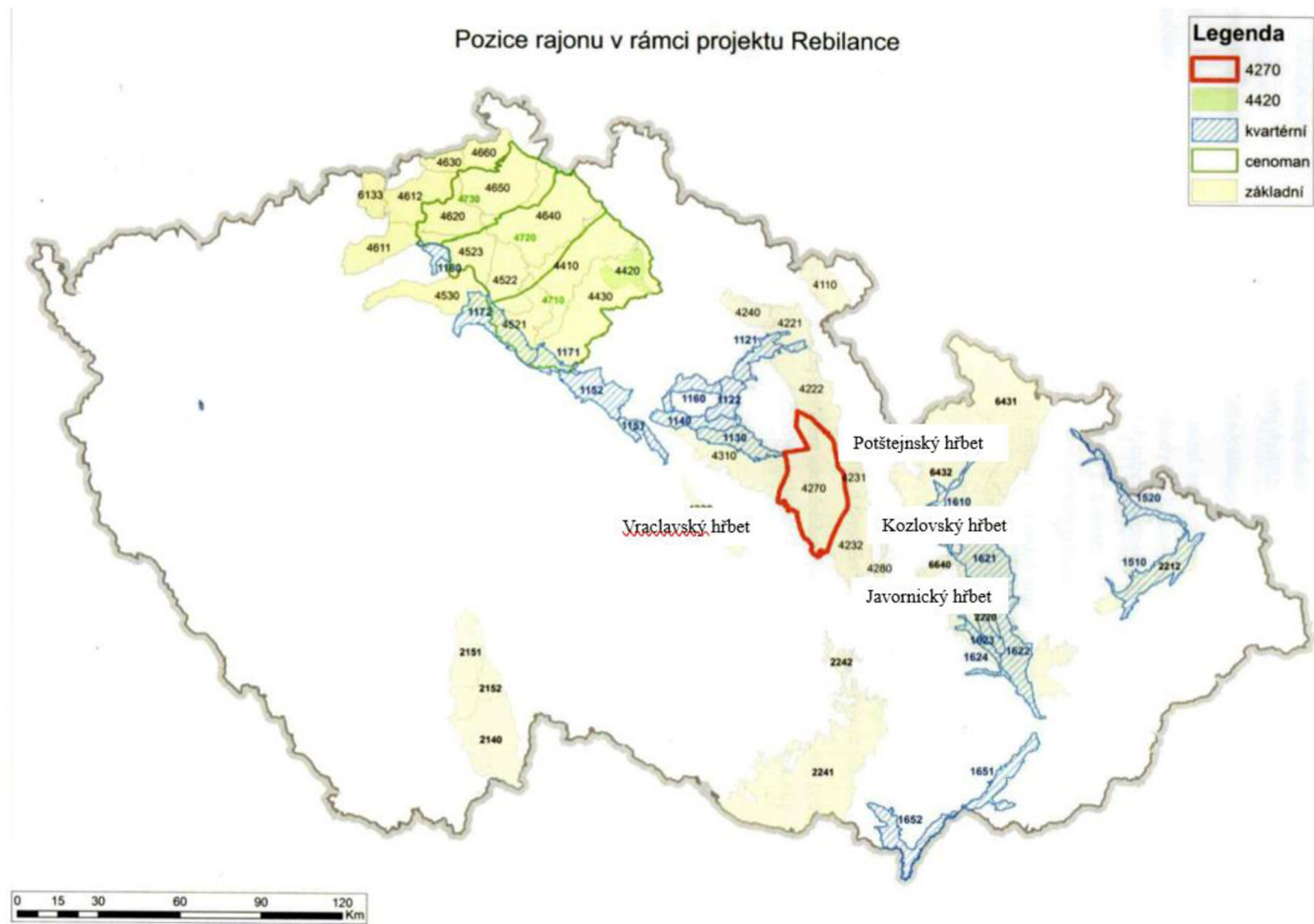
Dle Taxonomického kvalifikačního systému půd ČR a půdní mapy dostupné na ©Česká geologická služba, jsou v katastru obce Čistá tyto půdní typy: v blízkém okolí řeky Loučné se nachází fluvizem, se sporadickým výskytem pararendziny. Značnou část obce pokrývá luvizem. V zalesněných oblastech převládá kambizem (ČGS, ©2023).

6.2.5 Klimatické podmínky

Obec se nachází na území mírně teplé klimatické oblasti, označené dle Quitta, (1971) jako oblasti MT2 a MT9 (mírně teplé oblasti). Jižní část popisuje oblast MT2, severní část MT9. V těchto oblastech bývá jaro i podzim mírně teplé, krátké. Dlouhé, teplé, ale suché léto, zima mírná, suchá a krátká (Quitt, 1971). Podle nové klasifikace jsou tyto oblasti označeny jako MW2 a MW9 (Tolász a kol., 2007).

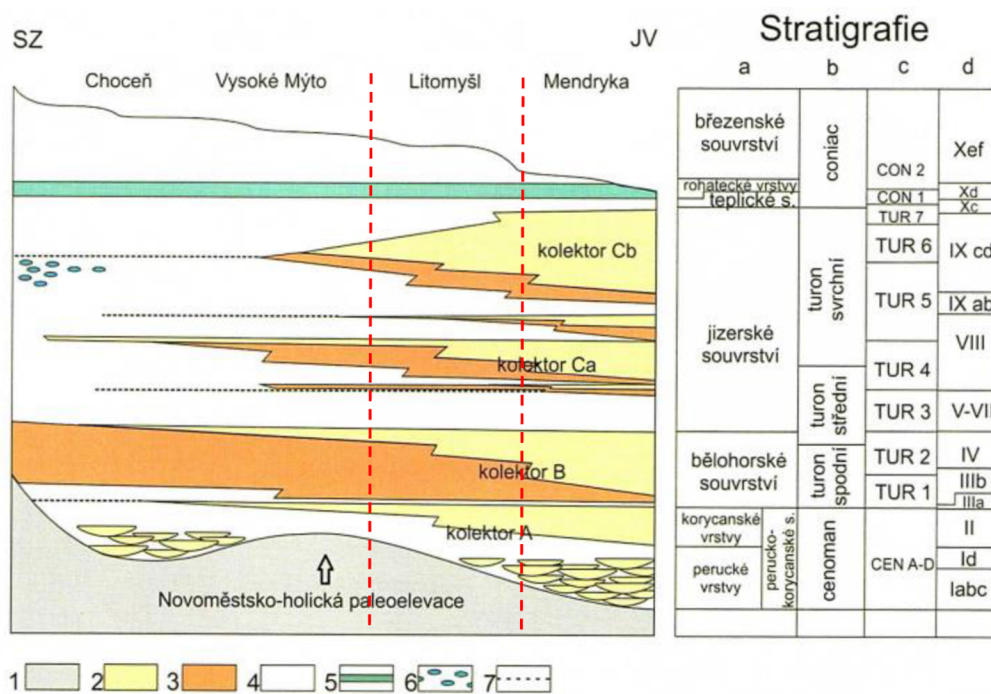
6.2.6 Hydrogeologie

Katastr obce leží na významném hydrogeologickém místě s označením 4270 Vysokomýtská synklinála. Rajon je vymezen potštejnskou antiklinálou (Potštejnský hřbet, Kozlovský hřbet, Javornický hřbet) a vraclavskou antiklinálou (Vraclavský hřbet) (viz obrázek č. 17 – Pozice hydrogeologického rajonu) (Bruthans a kol., 2020).



Obrázek 17: Pozice hydrogeologického rajonu 4072 (Bruthans a kol., 2020)

Na území Čisté se v horninách svrchní křídly nacházejí tři vrstevní kolektory B, Ca a Cb, které jsou odděleny izolátory (Krásný, 2012).

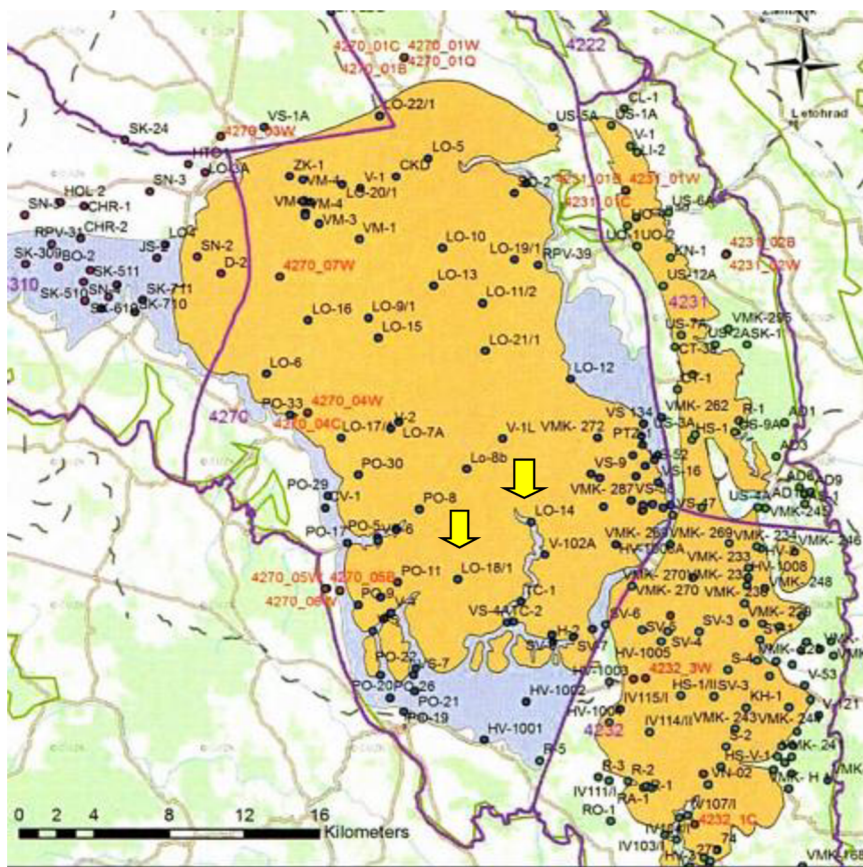


Obr. 4-3. Stratigrafické schéma a pozice kolektorů v HGR 4270. 1 – horniny podloží křídly, 2 – pískovce, 3 – spongilitické slínovce (opuky), 4 – slínovce, jílovce, 5 – silicifikované vápnité jílovce, 6 – polohy vápenců, 7 – glaukoniticko-fosfátový horizont na erozivní ploše; a – litostratigrafie (Čech et al. 1980), b – chronostratigrafie, c – genetická stratigrafie (Uličný et al. 2015), d – neformální stratigrafie (Zahálka 1900, Soukup 1956)

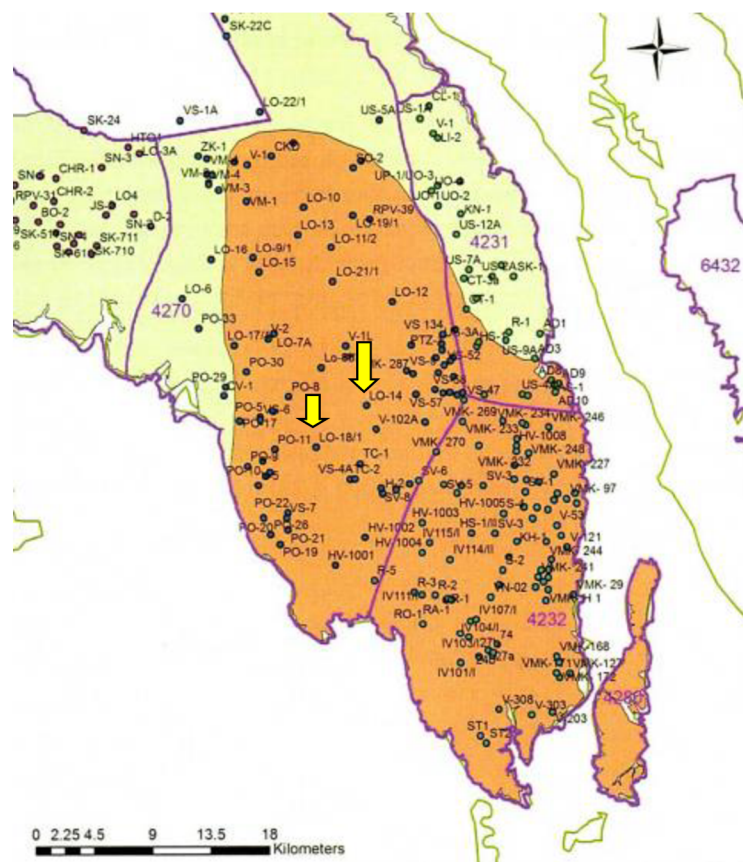
Obrázek 18: Stratigrafie (Bruthans a kol., 2020)

Kolektor B je turonského stáří bělohorského souvrství (viz obrázek č. 18, vyznačená oblast Litomyšl). Je tvořen pískovci a spongilitickými slínovci (opukami). Izolován je svrchu slínovci středního turonu, podložní izolátor jílovci. Zabírá významnou část hydrogeologického rajonu. Značná vydatnost kolektoru B se projevuje u vrtu CL-18/1 a LO-14 (viz žluté šipky u obrázku č. 20) v katastru obce Čistá u Litomyšle (Bruthans a kol., 2020).

Subkolektory Ca a Cb patří k jizerskému souvrství středního a svrchního turonu (viz obrázek č. 24 vyznačená oblast). Vyskytují se ve střední a jižní části rajonu (viz obrázek č. 19 s označením vrtů žlutými šipkami). Kolektor Ca napájí monitorovací vrt LO-14/2 v Čisté u Litomyšle. Oba subkolektory se odvodňují do Loučné v úseku mezi Litomyšlí a Hrušovou. U těchto kolektorů převažuje puklinová porozita (Krásný, 2012).



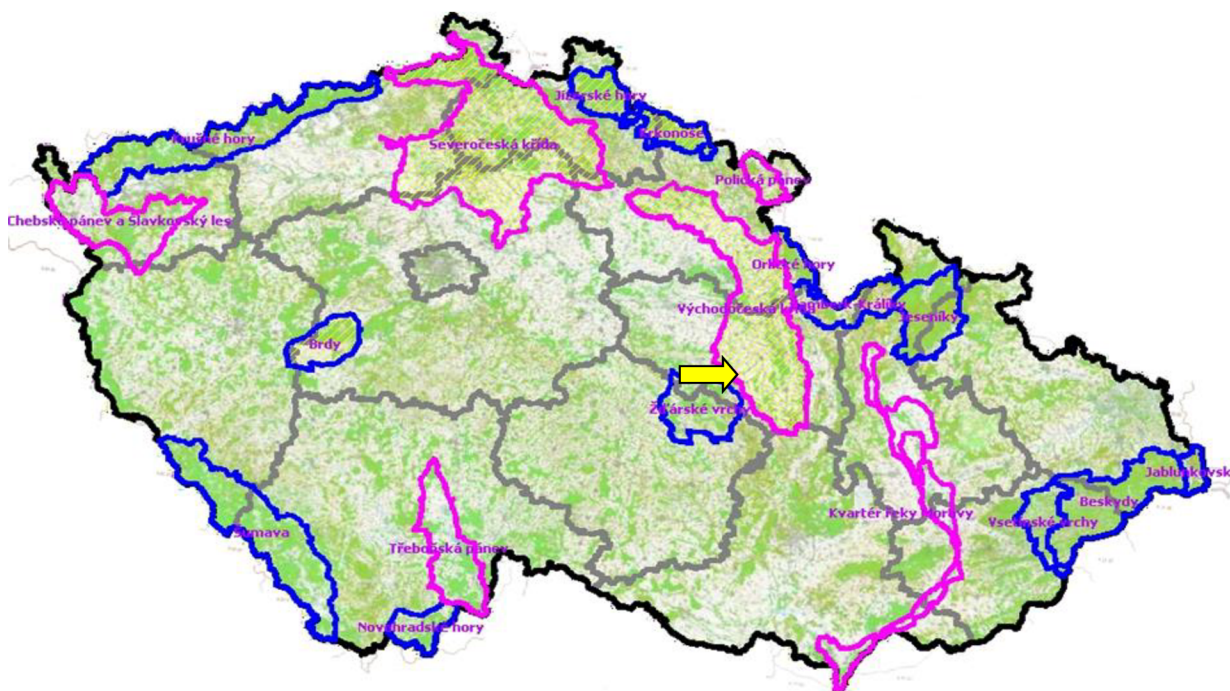
Obrázek 19: Subkolektor Ca (šedě) a Cb (okrově) (Bruthans a kol., 2020)



Obrázek 20: Rozsah kolektoru B s vyznačenými vrty v obci Čistá (Bruthans a kol., 2020)

6.2.7 Ochranné režimy vod a krajiny

Území Čisté je součástí Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Východočeské křídly (viz obrázek č. 21). To jsou podle § 25 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) oblasti, které pro své přírodní podmínky tvoří významnou přirozenou akumulaci vod. V takových oblastech se například zakazuje zmenšování rozsahu lesních pozemků, odvodňování lesních pozemků nebo odvodňování zemědělských pozemků (Zákon č. 254/2001 Sb.).



Obrázek 21: Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (modře - povrchové vody, fialově - podzemní vody) (HEIS, ©2015)

Loučná se dle Nařízení vlády č. 445/2021 Sb., kterým se mění NV č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, § 15 vymezuje jako citlivá oblast (všechny útvary povrchových vod na území České republiky se vymezují jako citlivé oblasti) (NV č. 445/2021 Sb.)

Katastrální území obce je dle Nařízení vlády č. 445/2021 Sb., kterým se mění Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a akčnímu programu, součástí zranitelné oblasti (v příloze tohoto nařízení má Čistá u Litomyšle kód 624004). Ve zranitelných oblastech se sleduje používání hnojiv, jsou vymezena období, kdy se hnojiva nemohou používat, vyhotovuje se bilance dusíku, mimo jiné se také doporučuje střídání plodin a hospodaření na zemědělských pozemcích sousedících s útvary povrchových vod (NV č. 262/2012 Sb.)

6.2.8 Zásobování vodou

V jižní části obce se nachází jímací vrt LO-14 v hloubce 200 m (Žižka, 1979) (viz obrázek č. 22). Původně monitorovací vrt z roku 1978 se v roce 1992 stal vrtem jímacím a zásobuje obec Čistou pitnou vodou. Čerpací stanice přepravuje vodu do vodojemu, z kterého je obec gravitačně zásobena. Provozovatelem veřejného vodovodu je společnost VODOVODY spol. s r. o. Litomyšl. Vodu není třeba nijak upravovat. Je jímána z kolektoru B v etáži 95 m až 175 m, a je artésky napjatá. (Vlček L, 2000). Okolo vrtu je vyhlášeno ochranné pásmo I. stupně. U pramene je další vrt, monitorovací LO-14/2, v hloubce 112,5 m, kolektoru Ca. (Vlček L, 2000) V severní části obce v údolí Jalového potoka se nachází jímací vrt CL-1 (Pavliš a kol., 1981) (viz obrázek č. 22) v hloubce 192 m, který z kolektoru B v etáži 113 m až 190 m zásobuje skupinový vodovod Poličko (Bruthans, 2020). Okolo tohoto vrtu bylo vyhlášeno ochranné pásmo I. stupně a II. stupně. Pásmo zahrnuje údolí Jalového potoka a údolí Loučné od středu obce po jižní část Benátek.



Obrázek 22: Vodní zdroj LO-14 (pitná voda pro Čistou) a vrt CL-1 (zdroj pro Poličko) - foto vlastní

7 Výsledky

Pro porovnání byly použity výsledky měření kvality povrchových vod od firmy Vodní zdroje Chrudim, s. r. o., která pro obec Čistou prováděla vzorkování vody v Loučné dne 23.9.2021 a 15.3.2022 (přílohy č. 10 až 13).

Odběry firma uskutečnila v místě označeném jako P1, což odpovídá profilu na řece označeném jako č. 1 („Začátek katastru Čisté“) a v místě P2, které odpovídá místu č. 2 („Konec katastru Čisté“) (příloha č. 14).

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky měření vybraných ukazatelů od firmy Vodní zdroje Chrudim s. r. o. a výsledky z akreditované Orlické laboratoře, s. r. o., kdy sběr dat probíhal od června 2023 do ledna 2024 na sledovaných profilech (přílohy č. 15 až 29).

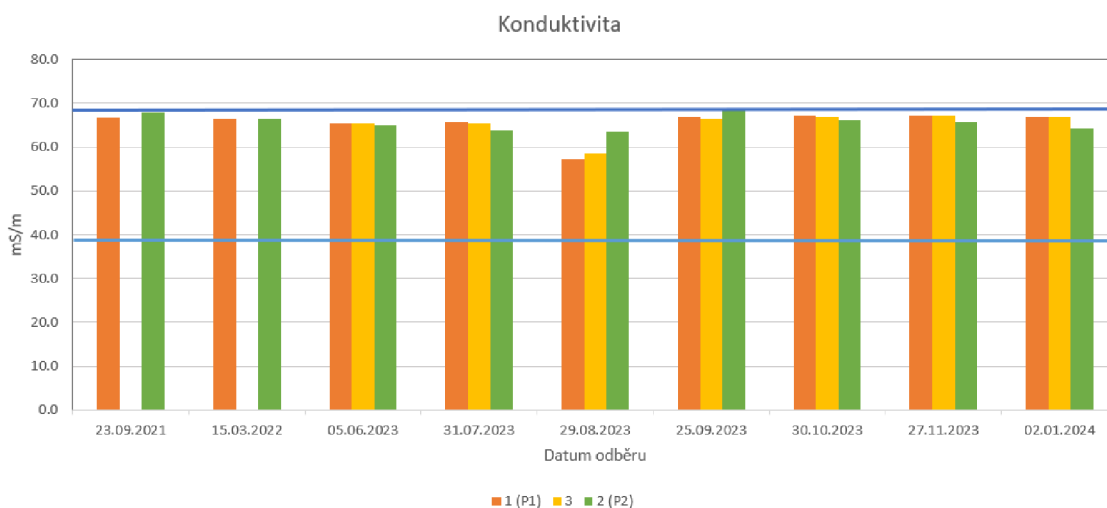
Pro rozlišení bylo v grafu použito barevné označení odběrných profilů z Loučné, a to:

- červená barva znázorňuje profil č. 1 (P1; „Začátek katastru Čisté“),
- zelená barva znázorňuje profil č. 2 (P2; „Konec katastru Čisté“),
- a žluté označení má profil č. 3 („U domu čp. 147“).

Zkoumaná místa s číslem 4 a 5 byly z práce vyřazeny, neboť v důsledku dlouhotrvajícího sucha nebylo možné v některých měsících odebrat potřebné množství vody do vzorkovače pro analýzu.

Naměřené hodnoty jsou shrnuty v příloze č. 30. Výsledky byly hodnoceny na základě normy ČSN 75 7221.

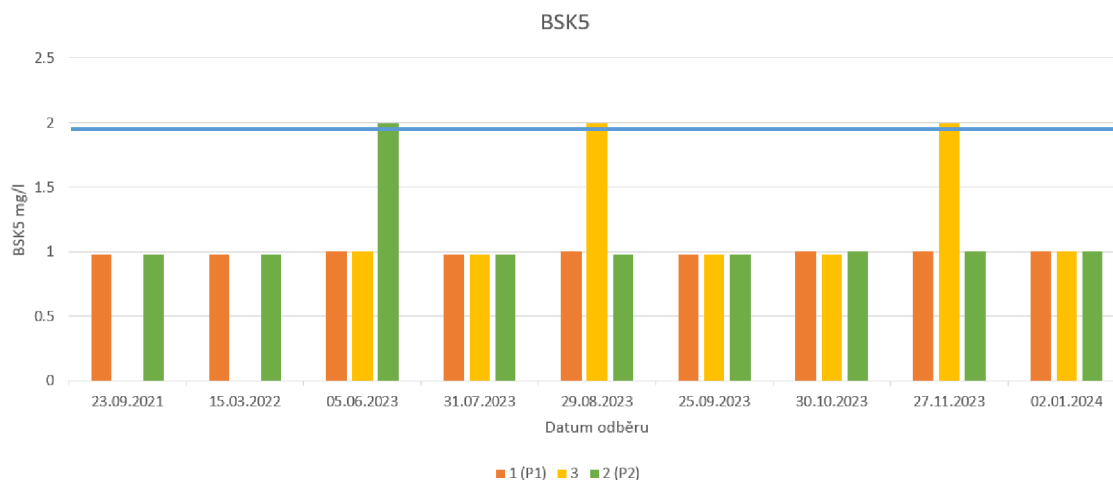
7.1 Konduktivita



Graf 1: Konduktivita

Graf č. 2 znázorňuje naměřené hodnoty konduktivity ve vybraných profilech. Všechny výsledky měření překračují hodnotu <math><40\text{ mS/m}</math> a zároveň nepřekračují hodnotu <math><70\text{ mS/m}</math>. Nejvyšší naměřená hodnota činí 68,3 mS/m ze dne 25.9.2023. Tento výsledek by Loučnou řadil do II. třídy kvality vody (tmavě modré značení). Pro třídu I. (světle modré) hodnoty nesmí překročit <math><40\text{ mS/m}</math>.

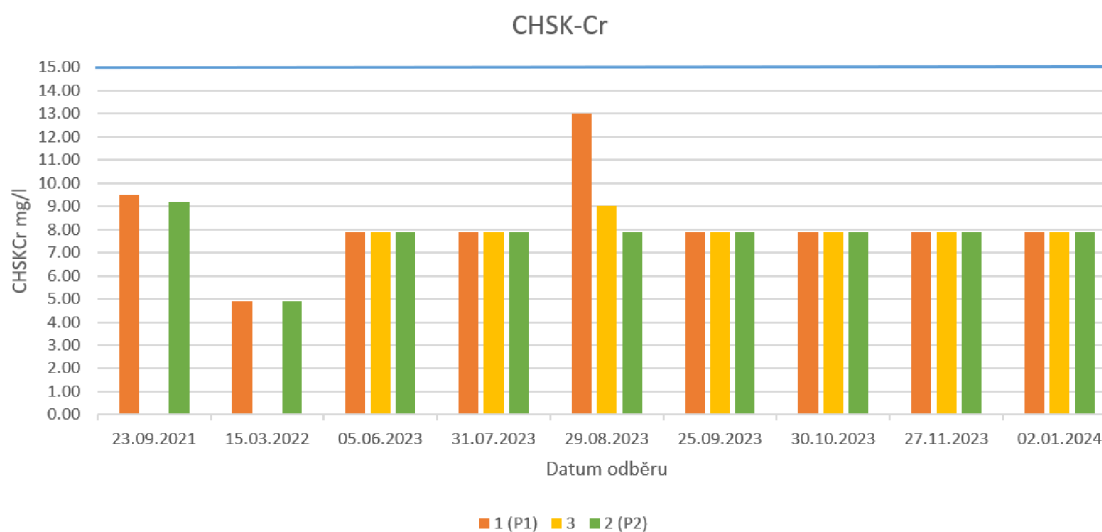
BSK₅



Graf 2: Biochemická spotřeba kyslíku - pětidenní

Biochemická spotřeba kyslíku – pětidenní poukazuje na znečištění toku biologicky rozložitelnými látkami. Z grafu č. 3 je patrné, že až na výjimky, je hladina BSK₅ stálá. Zvýšení ukazatele BSK₅ dne 5.6.2023 na profilu č. 2 by mohlo mít souvislost s budováním MDČOV na „dolním“ konci obce (právě v blízkosti profilu č. 2), kdy došlo k nechtěnému úniku znečišťujících látek do toku. Zvýšení hodnot dne 29. 8. 2023 a dne 27. 11. 2023 na profilu č. 3 může mít souvislost s výpustí ze septiku, který je bez předčišťovacího zařízení a který se nachází v blízkosti odběrného místa č. 3. Tento septik bude již letos nahrazen DČOV. Nejvyšší naměřené hodnoty byly ve všech případech 2,0 mg/l. Pokud by se Loučná hodnotila podle těchto výsledků, spadala by do třídy kvality II. (<4 mg/l). Pro splnění třídy I. by BSK₅ musela být <2 mg/l.

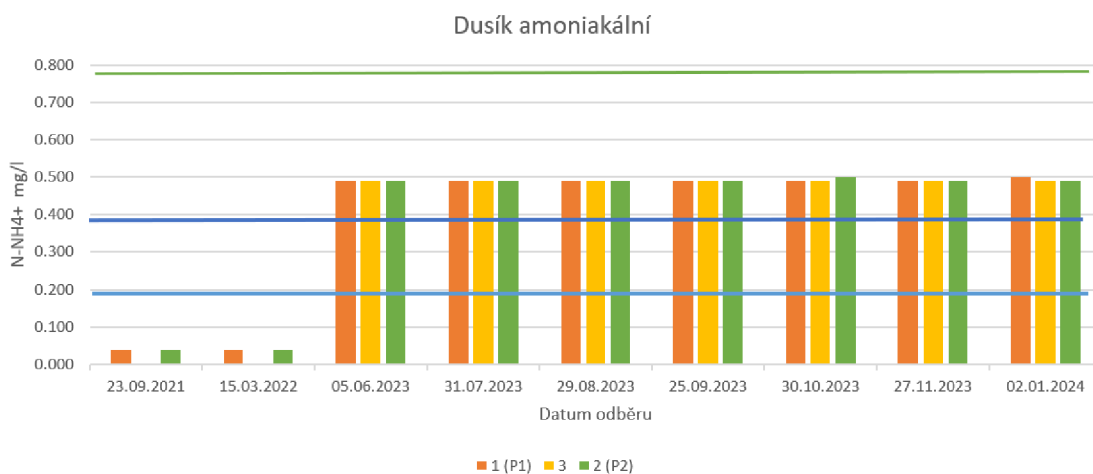
7.2 Chemická spotřeba kyslíku – dichromanem



Graf 3: Chemická spotřeba kyslíku, dichromanem

Hladina $CHSK_{Cr}$ (viz graf č. 4), tedy obsah biologicky rozložitelných i nerozložitelných látek, byla ve sledovaném období, mimo 29. 8. 2023, ve stejné výši. Při hodnocení kvality vody dle ČSN 75 7221 by tok Loučná spadala do I. třídy, neboť mezní hodnota pro $CHSK_{Cr}$ je u I. třídy <15 mg/l. Hladina je v grafu označena světle modrou barvou.

7.3 Amoniakální dusík

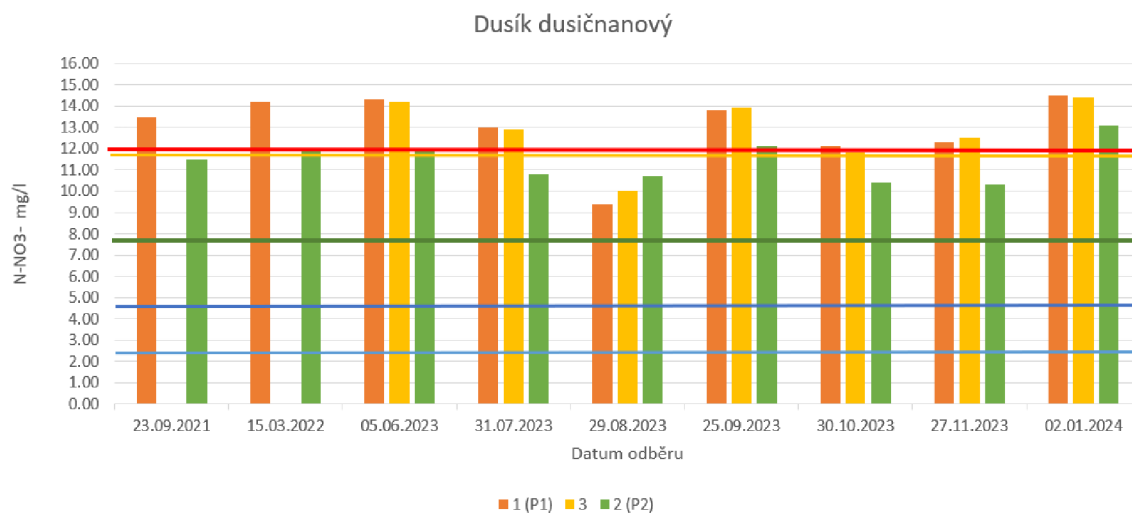


Graf 4: Dusík amoniakální

Hladina zjištěného amoniakálního dusíku (viz graf č. 5) je trvale na hodnotě $<0,5$ mg/l, kromě nepatrného navýšení na hodnotu 0,5 mg/l $N-NH_4^+$ dne 30.10.2023 (profil č. 2) a 2.1.2024 (profil č. 1). Díky těmto hodnotám by řeka spadala do třídy III. (zeleně vyznačená hranice hodnoty), neboť hodnoty pro třídu I. jsou $<0,2$ mg/l

(v grafu světle modrá vyznačená hranice) a pro II. třídu hodnoty $<0,4$ mg/l (tmavě modrá). Znečištění může být způsobeno splaškovými vodami či smyvy ze zemědělství. Řečiště Loučné je pokryté vodními rostlinami, které mohou při svém úhynu a rozkladu přispívat k tvorbě amoniakálního dusíku.

7.4 Dusičnanový dusík



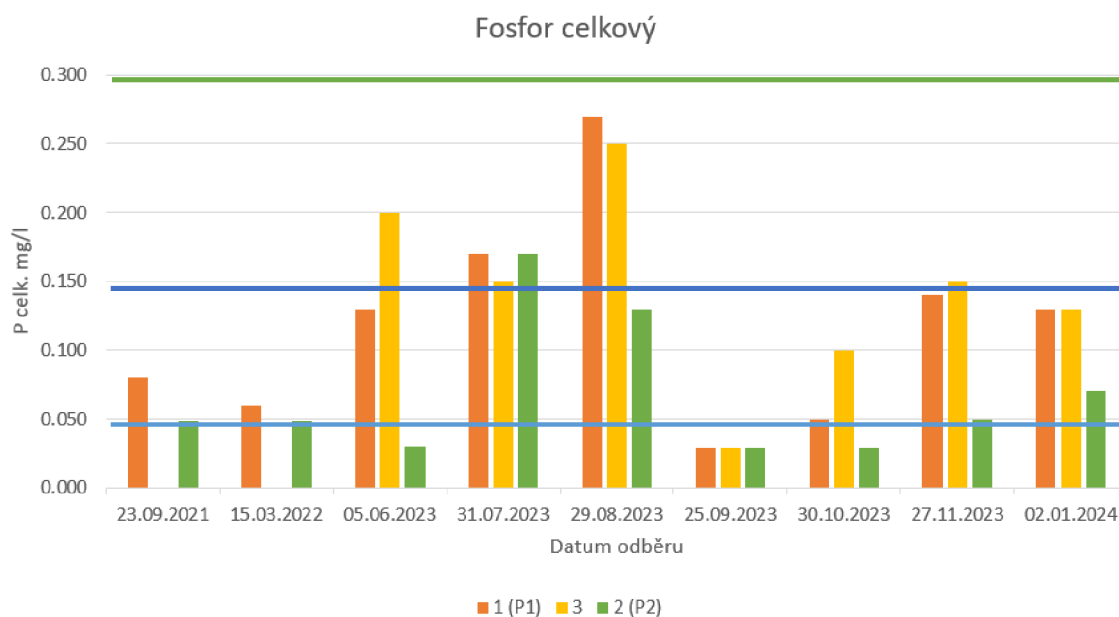
Graf 5: Dusík dusičnanový

Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku ve sledovaném období překračují hodnotu pro třídu V., což je ≥ 12 mg/l N-NO_3^- (v grafu č. 6 je tato hranice označena červenou linií). Až na odběry vzorků dne 29.8.2023, je u všech ostatních vzorcích patrný pokles dusičnanového dusíku na profilu č. 2 (P2). Toto může být zapříčiněno spotřebou N-NO_3^- vegetací, která v korytě řeky hojně roste. Nejnižší naměřená hodnota činila 9,4 mg/l (dne 29.8.2023) a nejvyšší hodnota ze dne 2.1.2024 14,5 mg/l. Vyšší naměřené hodnoty dusičnanového dusíku na profilu č. 1 (P1) a č. 3 může souviset s chovem domácích zvířat a uložením hnoje v blízkosti řeky, kdy smyv z těchto míst může zvyšovat hladinu dusičnanového dusíku v toku (viz obrázek č. 23).



Obrázek 23: Chov hospodářských zvířat a hnojiště přímo u řeky Loučné (fotografie vlastní)

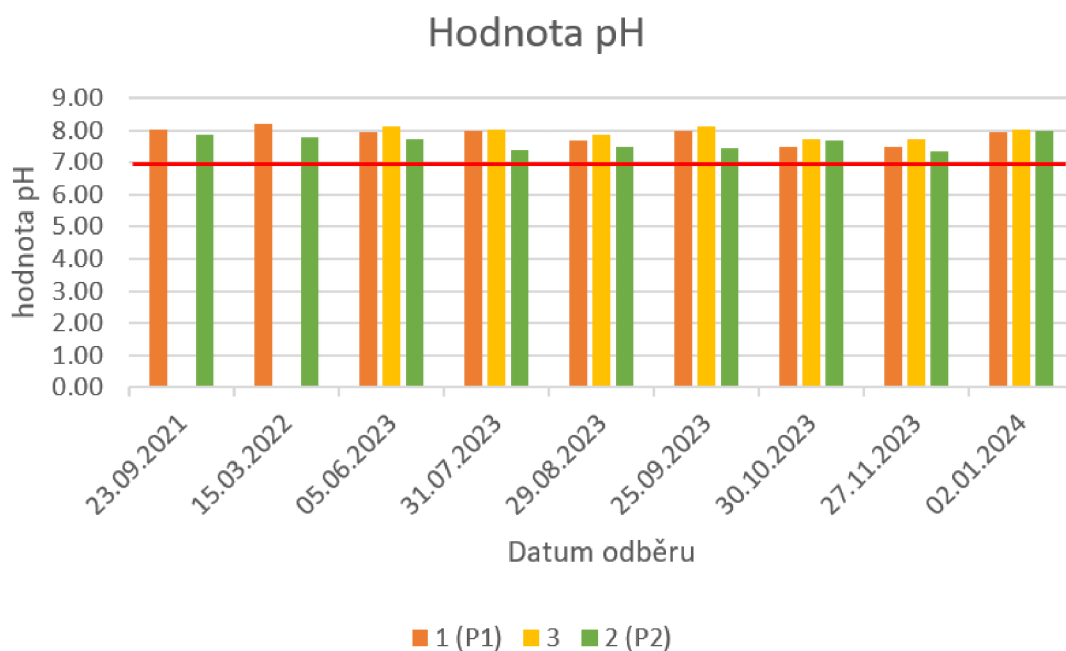
7.5 Celkový fosfor



Graf 6: Fosfor celkový

Nejvyšší naměřená hodnota celkového fosforu (viz graf č. 7) - 0,27 mg/l $P_{\text{celk.}}$ byla změřena dne 29.8.2023, profil č. 1. Nejnižší hodnota byla <0,03 mg/l $P_{\text{celk.}}$. Dle ČSN 75 7221 by řeka Loučná patřila do III. třídy kvality vody. Naměřené hodnoty překročily mezní hodnoty pro I. třídu <0,05 mg/l (v grafu č 7 vyznačené linií světle modré barvy), i pro II. třídu <0,15 mg/l (vyznačeno tmavou modrou). Zelená linie značí mezní hodnotu pro III. třídu ve výši <0,3 mg/l $P_{\text{celk.}}$. Z grafu je patrné, že se hodnoty celkového fosforu na odběrném místě č. 2 zmenšují, což může být způsobeno využitím fosforu vegetací.

7.6 Hodnota pH



Graf 7: Hodnota pH

Hodnota pH není předmětem normy ČSN 75 7221, ale je důležitým ukazatelem jakosti vody. Z grafu č. 8 je patrné, že naměřené hodnoty překročily hodnotu pH 7 (neutrální, vyznačeno červenou linií). Voda v Loučné je tedy zásaditá. Optimální hodnotou pH pro ryby je v rozmezí 6,5 – 8,5. U lososovitých ryb, které se v Loučné nacházejí, dochází k poškození při hodnotách pH nad 9,2 a pod 4,8 (MENDELU, ©2023).

Protože počet odebraných vzorků byl menší než 11, uplatnil se ke klasifikaci toku odstavec č. 4.10 normy ČSN 75 7221. Pro takové určení kvality vody je třeba zjistit maximální naměřené hodnoty jednotlivých ukazatelů, porovnat je s mezními hodnotami každé třídy kvality a z takového souboru vybrat hodnotu nejnepříznivější (viz. tabulka č. 5).

Ukazatel kvality	Maximální hodnota	Třída
hodnota pH	8.1	x
konduktivita	68.3	II
BSK ₅	2.0	II
CHSK-Cr	13.0	I
dusík amoniakální	0.5	III
dusík dusičnanový	14.5	V
fosfor celkový	0.27	III

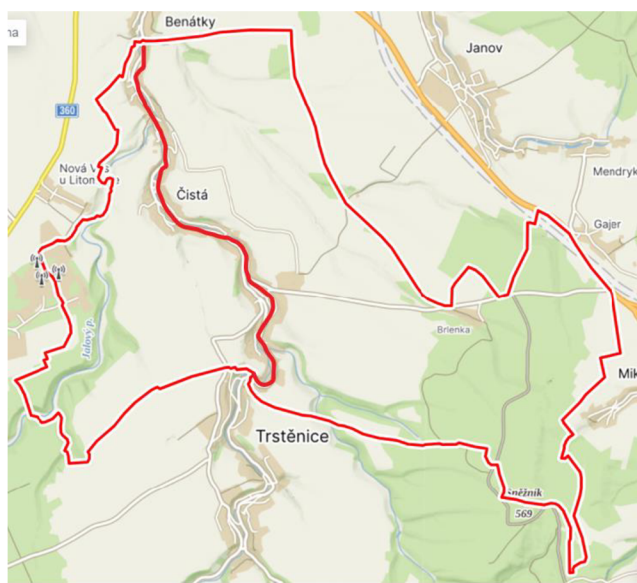
Tabulka 5: Maximální naměřené hodnoty zkoumaných ukazatelů

I - neznečištěná voda
kvalita povrchové vody, která téměř nebyla ovlivněna lidskou činností a při které ukazatele kvality vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí ve vodních tocích
II - mírně znečištěná voda
kvalita povrchové vody, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému
III - znečištěná voda
kvalita povrchové vody, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, u kterých je předpoklad, že nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému
IV - silně znečištěná voda
kvalita povrchové vody, která byla značně ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které nevytváří podmínky umožňující existenci původního přirozeného ekosystému
V - velmi silně znečištěná voda
kvalita povrchové vody, která byla extrémně ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které neumožňují existenci původního přirozeného ekosystému

Tabulka 6: Charakteristika jednotlivých tříd dle ČSN 75 7221

Z tabulky č. 6 (ČSN 75 7221) je zřejmé, že nejlépe dopadla hodnota $CHSK_{Cr}$, podle které by se voda v Loučné hodnotila třídou I. – neznečištěná voda. Konduktivita a BSK_5 řadí řeku do třídy II. – mírně znečištěná voda. Amoniakální dusík a celkový fosfor pak do III. třídy jakosti – znečištěná voda.

Protože se jedná o orientační určení kvality vody v řece Loučné, vybere se k tomuto hodnocení nejnepříznivější maximální naměřená hodnota, a to je hodnota dusičnanového dusíku. V katastru obce Čistá se tímto ukazatelem kvality řeka Loučná řadí do nejhorší, V. třídy jakosti povrchových vod – velmi silně znečištěná voda (definice viz tabulka č. 6 – Charakteristika jednotlivých tříd dle ČSN 75 7221) a v mapě se vyznačí přidělenou – červenou – barvou. (viz obr. č. 24)



Obrázek 24: Barevné označení řeky Loučné dle normy ČSN 75 7221

8 Diskuse

Hodnoty sledovaných ukazatelů kvality vody v Loučné na zkoumaném území v období od června 2023 do ledna 2024 poukazují na značný výskyt nutrientů. Celkový fosfor a amoniakální dusík dosahují hodnot, které patří do III. klasifikační třídy a dusičnanový dusík posouvá míru znečištění až do V., nejhorší třídy normy ČSN 75 7221.

Povodí Labe, které řeku Loučnou spravuje, uvádí ve svých Vodohospodářských bilancích za roky 2021 a 2022 (Skalická a Zapletal, ©2022; Skalická a Zapletal, ©2023), že dusičnanový dusík byl změřen také na jejich třech kontrolních místech (Tržek, Zámorsk a Dašice). V obou letech naměřené hodnoty dusičnanového dusíku přiřazovaly Loučnou do IV. třídy kvality vod dle ČSN 75 7221. Výskyt této látky je v bilancích přisouzen zemědělskému znečištění.

V těchto bilancích je Loučná také posuzována na základě Nařízení vlády č. 445/2021 Sb., kterým se mění NV č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Tzv. Normou environmentální kvality (NEK). V bilancích z roku 2021 a roku 2022 Povodí Labe ve výsledcích uvádí, že řeka Loučná nevyhovuje hodnotami dusičnanového dusíku (mimo jiné ukazatele, ale ty nejsou v této práci sledovány).

Pokud by se naměřené hodnoty z Loučné z období od června 2023 do ledna 2024 hodnotily dle NEK, posuzovaly by se na základě aritmetického průměru každého ukazatele, každého zkoumaného profilu (viz příloha č. 32) (mimo hodnot konduktivity, která se touto normou neposuzuje) (MZP, ©2023). Dle normy NEK Loučná nevyhovuje ukazateli amoniakálního a dusičnanového dusíku.

Hodnoty dusičnanového i amoniakálního dusíku znehodnocují kvalitu vody v řece Loučné již několik let. Na základě sběru dat z období let 2010 až 2018 poskytnutými Povodím Labe, vyhotovil VÚV TGM predikci vývoje v koncentracích sledovaných ukazatelů pro roky 2021, 2024 a 2027. K tomu byla použita aplikace „lim38“. Výsledky výzkumu predikují postupné snižování amoniakálního a dusičnanového dusíku (Prchalová, H. a kol., ©2023).

Lze předpokládat, že dusičnanový dusík znečišťuje Loučnou již u jejího pramene, neboť ten je situován v těsné blízkosti zemědělsky obdělávaných polí a zároveň je v této oblasti do Loučné přiváděna voda z polí odvodněných meliorací.

Dále lze předpokládat, že v takto znečištěné řece dojde k částečnému úbytku znečišťujících látek díky samočištění, a to v úseku mezi Karlí a Chmelíkem, Chmelíkem a Trstěnicí, kde Loučná protéká převážně pod svým povrchem a řečiště je zde porostlé bujnou vegetací, která tyto nutrienty využije pro svou potřebu (tedy převážně ve vegetačním období).

Vysoké hodnoty dusičnanového dusíku se objevují na začátku katastru obce Čistá, znamená to tedy, že v obci Trstěnice dochází k úniku dusičnanového dusíku do Loučné, a to z různých zdrojů. Jako první přichází v úvahu smyv ze zemědělských

pozemků. Ty jsou ale situovány ve značné vzdálenosti od řeky Loučné, a pole jsou ohraničena širokým travním pokryvem. V místě, z kterého v minulosti docházelo k přívalu vody z polí do Trstěnice, byl již v roce 2014 vybudován poldr. Lze usuzovat, že ke znečištění dusičnanovým dusíkem dochází hlavně díky zástavbě v těsné blízkosti řeky Loučné, z které do řeky přitékají odpadní vody. Obec Trstěnice nemá vybudovanou vlastní kanalizaci, ani zde v minulosti nebylo občanům povoleno vybudování vlastních domovních čistíren (právě z důvodu plánované výstavby kanalizace). V obci tedy převažuje likvidace odpadních vod pomocí septiků (většinou bez předčištění) s vyústěním do řeky Loučné nebo pomocí bezodtokových jímek. Pouze nové stavby mají zbudované buď vlastní čistírny odpadních vod, či septiky s filtrací.

Dalším případným zdrojem dusičnanového dusíku může být chov hospodářských zvířat a skladování hnoje v těsné blízkosti toku. V katastru obce Čistá byl zvýšený výskyt dusičnanového dusíku změřen vždy na území, které nebylo dosud dotčeno výstavbou MDČOV (tedy v okolí odběrného místa č. 1 a 3). Na konci katastru obce (odběrné místo č. 2) došlo skoro u všech odběrů k úbytku koncentrace dusičnanového dusíku. Toto mohlo být již zapříčiněno vybudováním a zprovozněním MDČOV, nebo opět samočištěním řeky.

9 Závěr

Cílem této práce bylo vyhodnocení kvality vody v řece Loučné v katastru obce Čistá u Litomyšle, v době zbudování prvních malých domovních čistíren odpadních vod (MDČOV). Sledovány byly vybrané ukazatele kvality tekoucí vody a výsledky analýz byly vyhodnoceny na základě ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod. Analýza vody nebyla prováděna na místě odběru vzorků, z důvodu chybějících potřebných přístrojů, ale byla provedena akreditovanou laboratoří, kam byly vzorky vody neprodleně po odběru z posledního místa doručeny.

Bylo vybráno pět odběrných míst na toku tak, aby pokrývaly celý katastr obce a také podle množství zapojovaných MDČOV s výpustí do recipientu. Některé MDČOV v Čisté nemají výpusť do recipientu, ale likvidace přečištěných odpadních vod je vyřešena vsakem do terénu.

Z důvodu extrémního sucha se na některých místech voda z Loučné vytratila pod povrch. Nebylo tedy možné z těchto míst odebrat potřebné množství vody pro analýzu. Tato skutečnost ovlivnila odběrná místa č. 4 a č. 5, která tímto nebyla pro potřeby této práce dále sledována. Práce se dále zabývala pouze odběrnými místy na vstupu a výstupu z obce (č. 1 a č. 2) a odběrným místem č. 3, jehož okolí nebylo dosud dotčeno vybudovanými MDČOV. V těchto odběrových místech bylo po celou sledovanou dobu dostatek vody v řece k uskutečnění odběru vzorků.

Na základě získaných dat z analýz vody z Loučné z doby od června 2023 do ledna 2024 (viz příloha č. 30), lze z vyhotovených grafů vybraných ukazatelů vypožorovat, že téměř vždy dochází ke zlepšení stavu na konci analyzovaného území (tedy na odběrném místě č. 2) oproti odběrnému místu na začátku katastru obce (tedy č. 1).

Pokud se porovnají výsledky analýz od firmy Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o. z let 2021 a 2022 (hodnoty uvedeny na začátku každého grafu), lze vyzorovat, že také dochází ke zlepšení hodnot na odběrném místě č. 2 (zde P2) oproti vstupním hodnotám z profilu č. 1 (P1).

Toto by mohlo vést k domněnce, že nelze s určitostí tvrdit, že za zlepšení stavu sledovaných ukazatelů na profilu č. 2 má vliv zapojení MDČOV. K pozitivnějšímu vývoji hodnot sledovaných ukazatelů kvality vody mohlo dojít i tzv. samočištěním řeky, kdy přítomná vegetace v řečišti spotřebovala ve vegetačním období ke svému životu hlavně nutrienty (dusíkaté látky a fosfor).

K dalším závěrům by bylo třeba provést vzorkování vody z Loučné po zapojení všech čistíren odpadních vod.

Jak už bylo napsáno, cílem práce bylo hlavně zhodnocení kvality vody v recipientu Loučná. Dle výsledků by se mělo jednat o velmi silně znečištěnou vodu, bez existence přirozeného ekosystému (viz tabulka č. 6). Vlastním pozorováním bylo zjištěno, že se jedná o vizuálně čistý tok a v okolí řeky se nacházejí obojživelníci, např. skokan hnědý nebo čolek obecný. Protože se obojživelníci považují za významné ukazatele kvality životního prostředí (AOPK ČR, ©2013), lze z jejich přítomnosti u Loučné usuzovat, že voda v řece není tak znečištěná, jak byla vyhodnocena na základě ČSN 75 7221.

Na druhou stranu je třeba více osvěty, aby se zabránilo hazardování s čistotou vody. Je třeba vybudovat podobný systém čištění odpadních vod i v dalších obcích přilehlých k řece Loučné, kde není vybudována kanalizace (Karle, Chmelík, Trstěnice), a také poučit obyvatele, aby neskládali odpad z domácí zemědělské výroby či zahrádky k blízkosti vodního toku.

10 Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace

1. Beven Keith J. 2001. Rainfall-Runoff Modelling : The Primer. Chichester UK: J. Wiley. ISBN 9780471985532.
2. Blažek, Vladimír, Němec, Jan a Hladný, Josef (ed.). *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.
3. Bleam, William F., Soil and Environmental Chemistry. Academic Press. 2016. ISBN 978-0-12-804178-9.
4. Bratrych, Václav (ed.). *Živel voda: člověk, příroda, technika, životní prostředí*. Živly. V Praze: Koniklec, c2005. ISBN 80-902606-6-7.
5. Bruthans, Jiří; Burda, Jiří; Bůzek, František; Čech, Stanislav; Grundloch, Jiří et al. *Vysokomýtská synklinála: hydrogeologický rajon 4270*. Geologie a hydrogeologie. Praha: Česká geologická služba, 2020. ISBN 978-80-7075-916-5.
6. Cílek, Václav; Just, Tomáš; Sůvová, Zdenka; Mudra, Pavel; Rohovec, Jan et al. *Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Ilustroval Marie KOHOUTOVÁ. Praha: Dokořán, 2017. ISBN 978-80-7363-837-5.
7. Datel, Josef. *Podzemní voda ve městě*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2020. ISBN 978-80-87402-86-3.
8. Demek, Jaromír a Mackovčín, Peter (ed.). *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006. ISBN 80-86064-99-9.
9. De Blij, Harm J., Muller, Peter O., Williams, Richard S., Physical geography. New York: Oxford university Press, 2004.
10. Dvořák, Radovan. *Vysoké Mýto: stručné dějiny města*. Ústí nad Orlicí: Oftis, 2003. ISBN 80-86042-88-X.
11. Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. Groundwater, 1st ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 07632, University of British Columbia, University of Waterloo. ISBN 978-0133653120.
12. Goss, M. J., Margaret, A., Oliver M. Encyclopedia of Soils in the Environment, Second Edition, Academic Press. 2023. ISBN 978-0-12-822974-3.
13. Grünwald, Alexander. *Hydrochemie*. Učební texty vysokých škol. Praha: České vysoké učení technické, 1993.
14. Haan, Carles.T., Barfield, B.J. and Hayes, J.C., Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments, Academic Press Inc. 1994. ISBN 978-0123123404.
15. Hillel, Daniel. Introduction to Environmental Soil Physic. Academic Press. 2003. ISBN 978-0-12-348655-4.
16. Homola, Vladimír a Grmela, Arnošt. *Hydrogeologie*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991. ISBN 80-7078-093-2.

17. Hornberger, George M., Wiberg Patricia L., Raffensperger Jeffrey P. and D'odorico Paolo, Elements of Physical Hydrology. Johns Hopkins University Press. 2014. ISBN 9781421413730.
18. Jandora, Jan; Stara, Vlastimil a Starý, Miloš. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.
19. Jireček, Hermenegild. *Královské věnné město Vysoké Mýto: obraz místopisný, dějpravný, životopisný i statistický*. Vysoké Mýto: Nákladem slavné obce Vysokomýtské, 1884.
20. Kirkham, M.B., Principles of soil and Plant Water Relations, Academic Press. Third Edition. 2023. ISBN 978-0-323-95641-3.
21. Krásný, Jiří. *Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Praha: Česká geologická služba, 2012. ISBN 978-80-7075-797-0.
22. Lellák, Jan, Kubiček, František. *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum, 1991. ISBN 80-7066-530-0.
23. Mičaník, T., Hanslík, E., Němejcová, D. a Baudišová, D. Klasifikace kvality povrchových vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2017, roč. 59, č. 6, str. 4–11. ISSN 0322-8916
24. Morbidelli, Renato. *Rainfall: Modeling, Measurement and Applications*. Elsevier. 2022. ISBN 978—0-12-822544-8.
25. Pavelková Chmelová, Renata a Frajer, Jindřich. *Základy fyzické geografie 1: Hydrologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3843-6.
26. Peránek, Jan; Březina, Jiří; Břizová, Eva; Cháb, Jan; Loun, Jan et al. *Encyklopedie geologie*. Praha: Česká geologická služba, 2016. ISBN 978-80-7075-901-1.
27. Pitter, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
28. Ruda, Aleš. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISSN 1802-128x.
29. Říhová Ambrožová, Jana. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-521-8.
30. Synáčková, Marcela. *Čistota vod*. Dot. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01083-X.
31. Šilar, Jan. *Všeobecná hydrogeologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983.
32. Šráček, Ondřej a Kuchovský, Tomáš. *Základy hydrogeologie*. Brno: Masarykova univerzita, 1. vydání. 2003. ISBN 80-210-3146-8.
33. Tolasz, Radim. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.
34. Tomášek, Milan. *Půdy České republiky*. 3. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2003. ISBN 8070756071.
35. Trizna, Milan. *Klimageografie a hydrogeografie*, Univerzita Komenského Přírodovědná fakulta. 1. vydání. Extern. Bratislava: Geografika, 2004. ISBN 9788096814671.

36. Zekâi Şen., Practical and Applied Hydrogeology. Elsevier. 2014. ISBN 978-0-12-800075-5.

Legislativní zdroje

37. Česká technická norma ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod
38. ČSN 5667-1 Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu vzorkování a pro způsoby odběru vzorků
39. ČSN 5667-3 Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi
40. ČSN 5667-6 Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků
41. Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních
42. Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu
43. Nařízení vlády č. 445/2015 Sb., kterým se mění NV č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
44. Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Internetové zdroje

45. AOPK ČR, ©2013: Časopis Ochrana přírody. (online) [2024.02.12], dostupné z: <<https://www.casopis.ochranaprirody.cz/z-nasi-prirody/obozjivelnici-v-ohrozeni/>>
46. CENIA a MŽP, ©2021: Envirometr. Délka vegetačního období. (online) [2024.02.12], dostupné z: <<https://www.envirometr.cz/data/delka-vegetacniho-obdobi>>
47. ČAS, ©2023: Česká agentura pro standardizaci. (online) [2023.09.15], dostupné z: <<https://www.agentura-cas.cz/standardizace>>
48. ČSÚ, ©2024: Český statistický úřad. Veřejná databáze. (online) [2024.01.20], dostupné z: <<https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=uziv-dotaz#k=5&pvokc=43&uroven=70&w=>>>
49. ČGS, ©2023: Česká geologická služba. Půdy. (online) [2023.09.21], dostupné z: <<https://mapy.geology.cz/pudy/>>
50. ČHMÚ, ©2023: Český hydrometeorologický ústav. Hlásná a předpovědní povodňová služba. (online) [2023.07.03], dostupné z: <<https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=307347>>; <<https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=307355>>; <<https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=307363>>
51. ČÚZK, ©2023: Český úřad zeměměřický a katastrální. Nahlížení do katastru nemovitostí. (online) [2023.06.21], dostupné z:

- https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=NAHL~SCOH956th2Y5hN2Gtr-u66rX5cmHK9tsS9K6ZU9mzQRoedqeFBe-4NXYVwFgyaSaIIZsohUEAfLV7rTxitq6TuMPNfr8KL3cErdRHyI4Z68QizzDOVLPLiUPv2ERnJZmWIKTYx_u6vRavTHIweByTo2Ws5M7vVhSPPDeTlwO6hyaV4SfT6PtwRIFxOUU8zJwxMV4cyS116EUu8Q8PmiXQ==>
52. ČÚZK, ©2023: Český úřad zeměměřický a katastrální. Nahlížení do katastru nemovitostí. (online) [2023.11.15], dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
 53. DIBAVOD, ©2023: Charakteristiky toku a povodí ČR. (online) [2023.10.12], dostupné z: <https://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>
 54. GEOLOGIE, ©2022: Geologie. Podzemní voda. (online) [2023.08.22], dostupné z: <https://geologie.estranky.cz/clanky/pod.html>
 55. HEIS, ©2015: Hydroekologický informační systém. Výzkumný ústav vodohospodářský. (online) [2023.07.21], dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=isvs_chopav&lon=15.5647395&lat=49.8007736&scale=1935360
 56. IMG, ©2023: IMG Kurzy. Obec Čistá. Okres Svitavy. Kraj Pardubický. (online) [2023.06.22], dostupné z: <https://img.kurzy.cz/mapa/ci/slepa/cista-okres-svitavy-okres-kraj-stat.svg>
 57. MAPY, ©2023: Mapy. Katastr obce Čistá. (online) [2023.06.22], dostupné z: <https://mapy.cz/zemepisna?x=16.3315161&source=muni&id=2771&y=49.8161136&z=13&l=0>
 58. MAS RKH, ©2021: MAS Region Kunětické hory. (online) [2023.06.21], dostupné z: <https://www.masrkh.oblast.cz/encyklopedie/objekty1.phtml?id=7661>
 59. MENDELU, ©2023: Inovace studijních programů AF a ZF Mendelu. Vodní ekotoxikologie. (online) [2023.12.12], dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2303&typ=html
 60. MMR ČR, ©2012: Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky. Program rozvoje obce Čistá na období let 2014-2020. (online) [2023.06.22], dostupné z: <https://www.obcepro.cz/program-rozvoje-obce-213.pdf>
 61. Město Litomyšl, ©2023: Turista. Volný čas. Tipy na výlet. Naučná stezka Velký Košíř. (online) [2023.06.21], dostupné z: https://www.litomysl.cz/tipy_na_vylet/naucna_stezka_velky_kosir
 62. MZ ČR, ©2007: Ministerstvo zemědělství České republiky. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky, Pardubický kraj (online) [cit. 2023.10.24], dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/22875/CZ053_Pardubicky_kraj.pdf
 63. MZP, ©2023: Ministerstvo životního prostředí. Přehled akceptovaných metodik tekoucích vod. (online) [2024.03.15], dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod
 - 64.
 65. Obzory Kutnohorská, ©2018: Zpravodajství (online) [2023.08.14], dostupné z: <https://www.obzorykutnohorska.cz/clanek-obec-starkoc-ve-snaze->

zlepsovati-zivotni-prostredi-vybuduje-system-domacich-cisticek-odpadnich-vod>

66. OÚ Čistá, ©2020: Obecní zpravodaj, Mimořádný zpravodaj kanalizace v Čisté, duben 2020. (online) [2023.08.14], dostupné z: <[https://cista.info/img-content/file/%C4%8CIST%C3%81%20MIMORADN%C3%89%202020%20fin\(3\).pdf](https://cista.info/img-content/file/%C4%8CIST%C3%81%20MIMORADN%C3%89%202020%20fin(3).pdf)>
67. OÚ Čistá, ©2021: Obecní úřad Čistá. Obecní zpravodaj, ročník 14., číslo 2., rok 2021. (online) [2023.09.15], dostupné z: <<https://www.cista.info/img-content/file/%C4%8CIST%C3%81%20%C4%8C.2%20WWW.pdf>>
68. OÚ Čistá, ©2023: Obecní úřad Čistá. Obecní zpravodaj, Mimořádné vydání, březen 2023. (online) [2023.08.21], dostupné z: <<https://www.cista.info/img-content/file/MIMO%C5%98%C3%81DN%C3%89%20VYD%C3%81N%C3%8D.pdf>>
69. OÚ Čistá, ©2023: Obecní úřad Čistá. Historie obce. (online) [2023.06.21], dostupné z: <<https://www.cista.info/historie-obce>>
70. OÚ Čistá, ©2023: Obecní úřad Čistá. Znak a prapor obce. (online) [2023.06.21], dostupné z: <<https://www.cista.info/znak-a-prapor-obce>>
71. OÚ Čistá, ©2013: Obecní úřad Čistá. Obecní zpravodaj, ročník 7, číslo 1, rok 2014. (online) [cit. 2023.10.12], dostupné z: <<https://www.cista.info/userdata/pages/5/--ERVENEK%20W.pdf>>
72. OÚ Uherko, ©2023: Obecní úřad Uhersko, Povodňový plán obce, Hydrologické údaje. (online) [2023.06.21], dostupné z: <https://www.edpp.cz/uhe_hydrologicke-udaje/>
73. Prchalová, Hana; Richter, Pavel; Výskoč, Petr; Píček, Jiří; Kozlová, Marie; Dubská, Martina, ©2023: VTEI TGM. Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod. (online) [2024.03.15], dostupné z: <<https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2023/06/6550-casopis-VTEI-3-23.pdf>>
74. SEZNAM, ©2024: Mapy. Katastrální mapy. (online) [2024.01.15], dostupné z: <<https://mapy.cz/katastralni?vlastni-body&l>>
75. Skalická, Irena; Zapletal Tomáš, ©2022: Vodohospodářská bilance za rok 2021. Povodí Labe. (online) [2024.03.15], dostupné z: <https://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/VH_bilance/2021/1_2021.pdf>
76. Skalická, Irena; Zapletal Tomáš, ©2023: Vodohospodářská bilance za rok 2022. Povodí Labe. (online) [2024.03.15], dostupné z: <https://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/VH_bilance/2022/1_2022.pdf>
77. SOVAK, ©2018: SOVAK. Nové normy pro analýzu vody. (online) [2023.08.15], dostupné z: <<https://www.sovak.cz/sites/default/files/2018-08/Nov%C3%A9%20normy%20pro%20anal%C3%BDzu%20vody.pdf>>
78. Wikimedia Commons, ©2020: Geomorfologický celek. Východočeská tabule. (online) [2023.06.22], dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vychodoceska_tabule_CZ_I6C.png>

Ostatní zdroje

79. BÁBÍČEK, Richard; BERNARD, Jindřich; HARCINÍK, Filip; HOŠEK, Václav; KRÁL, Pavel et al. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. Čtvrté aktualizované a doplněné vydání. Praha: SOVAK - Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2023. ISBN 978-80-907303-4-2.
80. RNDr. LANGHAMMER, Jakub, Ph.D. (2009), *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Skripta. Praha: Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK.
81. PAVLIŠ, R. – BLAŽEK, J. – DUŠKOVÁ, J. – KNENICKÝ, S. – SMUTEK, D. (1981): *Zhodnocení hydrogeologického průzkumu na lokalitě Čistá u Litomyšle, I. a II. etapa*. Chrudim, Vodní zdroje.
82. ŠRÁČEK, Ondřej; MLS, Jiří a DATEL, Josef. *Kontaminační hydrogeologie*. 2. upr. vyd. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0521-X.
83. VLČEK, L. (2000): *Křídové zvodně v okrese Svitavy. Zhodnocení dlouhodobého vývoje úrovní hladin podzemních vod*. Chrudim, Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.
84. Žižka V. et al. (1979): *Regionální průzkum hydrogeologického rajonu M-28 - vysokomýtská synklinála - jižní část. Dílčí zpráva za I. etapu prací*. - MS Vodní zdroje. Praha

11 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozložení zásob vody na Zemi (Ruda, 2014)	1
Obrázek 2: Zóny výskytu podzemní vody (upraveno) (Petránek a kol., 2016)	5
Obrázek 3: Pórovitost hornin (Hrabánková, 2018)	6
Obrázek 4: Katastr obce Čistá s vyznačenými místy odběru vzorků (Seznam, ©2024)	14
Obrázek 5: Vyznačení odběrného místa č. 1 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)	15
Obrázek 6: Vyznačení odběrného místa č. 2 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)	15
Obrázek 7: Vyznačení odběrného místa č. 3 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)	16
Obrázek 8: Vyznačení odběrného místa č. 4 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)	16
Obrázek 9: Vyznačení odběrného místa č. 5 (ČÚZK, ©2023) a fotografie místa (vlastní)	17
Obrázek 10: Naplněné, označené vzorkovnice, připravené k přepravě do laboratoře (fotografie vlastní)	18
Obrázek 11: Pramen Loučné, detail (fotografie vlastní)	21
Obrázek 12: Zobrazení trasy Loučné z Horního rybníku pod pozemky (ČÚZK, ©2023)	22
Obrázek 13: Ústí Loučné do Labe v Počaplech (fotografie vlastní)	23

Obrázek 14: Katastr obce Čistá (červeně), okresu Svitavy, Pardubického kraje (IMG, ©2023) a Katastr obce, řeka Loučná kopíruje silnici vedoucí obcí (Mapy, ©2023) .	24
Obrázek 15: Znak obce Čistá (OÚ Čistá, ©2023)	25
Obrázek 16: Geomorfologický celek - Východočeská tabule (WikimediaCommons, ©2020)	26
Obrázek 17: Pozice hydrogeologického rajonu 4072 (Bruthans a kol., 2020)	28
Obrázek 18: Stratigrafie (Bruthans a kol., 2020)	29
Obrázek 19: Subkolektor Ca (šedě) a Cb (okrově) (Bruthans a kol., 2020)	
Obrázek 20: Rozsah kolektoru B s vyznačenými vrty v obci Čistá (Bruthans a kol., 2020)	30
Obrázek 21: Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (modře - povrchové vody, fialově - podzemní vody) (HEIS, ©2015).....	31
Obrázek 22: Vodní zdroj LO-14 (pitná voda pro Čistou) a vrt CL-1 (zdroj pro Poličsko) - foto vlastní	32
Obrázek 23: Chov hospodářských zvířat a hnojiště přímo u řeky Loučné (fotografie vlastní).....	37
Obrázek 24: Barevné označení řeky Loučné dle normy ČSN 75 7221	40

Seznam tabulek

Tabulka 1: Mezní hodnoty tříd kvality vody (vybraných ukazatelů) - ČSN 75 7221 ..	8
Tabulka 2: Ukazatelé a emisní limity dle NV č. 57/2016 Sb.	20
Tabulka 3: Minimální účinnost čištění pro kategorie výrobků označovaných CE (v %)	20
Tabulka 4: Počet obyvatel k 31. 12. 2023 (ČSÚ, ©2024).....	25
Tabulka 5: Maximální naměřené hodnoty zkoumaných ukazatelů	39
Tabulka 6: Charakteristika jednotlivých tříd dle ČSN 75 7221	40

Seznam grafů

Graf 1: Konduktivita	33
Graf 2: Biochemická spotřeba kyslíku - pětidenní.....	34
Graf 3: Chemická spotřeba kyslíku, dichromanem.....	35
Graf 4: Dusík amoniakální	35
Graf 5: Dusík dusičnanový.....	36
Graf 6: Fosfor celkový	38
Graf 7: Hodnota pH.....	39