

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V PRAZE

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



Vliv těžby uhlí na chemické složení povrchových vod v Tušimicích

The influence of coal mining the chemical composition of surface water in Tušimice

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Vedoucí bakalářské práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Autor: Dominika Kylišková

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominika Kylíšková

Environmentální vědy
Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv těžby uhlí na chemické složení povrchových vod v Tušimicích

Název anglicky

The influence of coal mining on the chemical composition of surface water in Tušimice

Cíle práce

Zjištění stavu vod na rekultivovaných plochách v Tušimích, zda se mění chemické složení na dobu vzniku vodní plochy.

Metodika

Pomocí potenciometrie, konduktometrie a spektrofotometrie, následně statistické vyhodnocení výsledků v programu R studio.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

chemismus vod, rekultivace

Doporučené zdroje informací

BEJČEK, Vladimír a ŠTASTNÝ, Karel. Fauna Tušimicka. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-716-9875-X.

ŠTÝS, Ing. Stanislav, DrSc. KRAJINA NADĚJE: PROMĚNY ÚZEMÍ MEZI KADANÍ A BŘEZNEM. Ústecké tiskárny, s.r.o.: Ing. Stanislav Srnka, 2014. 1. vydání. ISBN 978-80-260-5855-7.

ZELENÝ, Václav a ONDRÁČEK, Čestmír. Rostliny Tušimicka. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o., 2000. ISBN 80-247-0001-8.

ZELENÝ, Václav. Rostliny Bílinska. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 1999. ISBN 80-7169-120-8.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 13. 11. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 06. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Markem Vachem, Ph.D. Další informace mi poskytl RNDr. Jan Průša a Ing. Martin Kroupa. Uvedla jsem všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 28. 3. 2020

Dominika Kylíšková

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D., RNDr. Janu Průšovi a Ing. Martinu Kroupovi za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce, vstřícnost, cenné rady a připomínky.

Abstrakt

Tato bakalářská práce Vliv těžby uhlí na chemické složení povrchových vod v Tušimicích se zaměřuje na výsledky měření z Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a. s. a Severočeských dolů a. s. vybraných rekultivovaných vodních plochách na Chomutovsku. Měření probíhalo v letech 2005 až 2019.

Při práci byli zkoumány výsledky měření na lokalitách Merkur 5, Merkur 8 a Merkur 11, Pruněrov 7. Čerpacích stanicích ČS Severní svahy, ČS Lužnička a ČS Černovice. Výsledky měření byli porovnány s Českou technickou normou ČSN 75 7221 Klasifikace kvality povrchových vod.

Cílem práce bylo zjistit kvality vod na rekultivovaných plochách, určit jejich jakost a navrhnout možnosti pro zlepšení pro jejich kvality.

Klíčová slova: rekultivace, kvalita vod, znečištění vod, těžba, monitoring

Abstract

This work The influence of coal mining on the chemical composition of surface waters in Tušimice with a focus on the results of measurements from the Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a. s. and Severočeské doly a. s. In selected reclaimed water areas in the Chomutov region. Measurements continued between 2005 and 2019.

During the work, the results of measurements at the localities Merkur 5, Merkur 8 and Merkur 11, Pruněrov 7. ČS Lužnička, ČS Severní svahy and ČS Černovice. The measurement results were compared with the Czech technical standard ČSN 75 7221 Classification of surface water quality.

The aim of the work was to determine the quality of water in reclaimed areas, determine their quality and suggest opportunities for improvement for their quality.

Keys words: reclamation, water quality, water pollution, coal mining, monitoring

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	2
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1. REKULTIVACE	3
3.2. PRŮBĚH TĚŽBY A PŘÍPRAVA NA REKULTIVACE.....	4
3.3. TYPY REKULTIVACÍ	5
3.4. TĚŽBA UHLÍ NA CHOMUTOVSKU.....	8
3.5. EKOLOGICKÉ A KRAJINÁŘSKÉ VLIVY	9
3.6. OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	9
3.7. ZNEČIŠTĚNÍ A OCHRANA POVRCHOVÝCH VOD	9
4. METODIKA	11
4.1. MONITORING VOD.....	11
4.2. METODIKA ODBĚR VZORKŮ	11
4.3. POPIS PARAMETRŮ A METOD	11
5. CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ	14
5.1. POPIS LOKALITY TUŠIMICE.....	14
5.2. GEOLOGIE A PEDOLOGIE V OBLASTI LOKALIT TUŠIMIC	14
5.3. KLIMA V OBLASTI LOKALIT	14
5.4. SOUČASNÁ ČINNOSTI A STAV.....	14
5.5. POPIS JEDNOTLIVÝCH LOKALIT	15
6. VÝSLEDKY	18
6.1. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ MERKUR 5	18
6.2. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ MERKUR 8	21
6.3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ MERKUR 11	25
6.4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ PRUNÉŘOV 7	28
6.5. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ ČS SEVERNÍ SVAHY	30
6.6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ ČS LUŽNIČKA	32
6.7. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LOKALITĚ ČS ČERNOVICE	35
7. DISKUZE	40
8. ZÁVĚR	42

9. POUŽITÉ ZDROJE.....	43
10. SEZNAM PŘÍLOH	45

1. Úvod

Těžba nerostných surovin zejména pak povrchová je spojena s rozsáhlým poškozením okolní krajiny (Štýs, 1981). V dnešní době je potřeba co nejvíce a nejlépe obnovovat zničenou krajinu, za použití nejnovějších poznatků a technologií. Na výsypkách se nachází substrát, který se výrazně liší od okolních půd nezatížených těžbou. Mají často extrémní zrnitostní složení, což ovlivňuje jejich vodní režim. Mohou obsahovat těžké kovy, vyšší kyselost nebo toxické. (Bradshaw, 1997).

Díky obnově krajiny mohou vznikat nejen pokusy a obnovy přírodní krajiny před těžbou, ale i speciální stanoviště pro organismy. Pro správně obnovu krajiny a jejich dlouho udržitelnost je potřeba znát i chemické složení nejen půd, ale i vod nacházejících se na obnovených lokalitách. Pro dlouhodobé zhodnocení stavu rekultivované krajiny nám může pomoci monitoring vod a půd. Zjistíme stav a vývoj látek v ekosystému a při správném vyhodnocení připravit na zlepšení krajiny (Kovář, 2014).

2. Cíle práce

Hlavním cílem práce je za pomoci dat z VUHÚ a. s. a Severočeských dolů a.s. získat přehled vývoje možného znečištění sledovaných vybraných vodních ploch na rekultivovaných plochách v Tušimicích za období 2005 až 2019.

Dalším cílem je zkoumání výsledků měření a porovnání s ostatními vybranými lokalitami. Analýza těchto výsledků nám může ukázat vývojové plošné znečištění a proces čištění vod.

Práce může posloužit k nastolení problematiky znečištění vodních ploch na rekultivovaných plochách v Tušimicích pro další možné měření a stanovení výsledků. Vedlejším cílem práce je zvýšit povědomí o právě užitečném monitoringu vod.

3. Literární rešerše

3.1. Rekultivace

Rekultivace je budoucnost dnešního světa. Po zničení krajiny je pro nás velmi důležité krajinu obnovovat. Jak poničenou od našich předků, tak naší nynější činností, těžbou nerostných surovin. Rekultivace nám mohou dát nový pohled na krajinu. Jsou pokusem obnovit původní krajinu nebo jí přirozeně blízkou s funkčním ekosystémem. Rekultivace musí být v souladu se zákony č. 183/2006 Sb. Rekultivace prošly různými fázemi vývoje, jako je zalesňování, postupné přecházení na zemědělské a vodohospodářské využití. Další formy jsou více přiblíženy k člověku, a to rekreace, stavební plochy či sklady pro různé potřeby. Optimalizací krajiny, nejvhodnějšího způsobu obnovy devastovaného území, si můžeme představit například krajinu po zásahu těžby nerostných surovin, na severu Čech zejména těžbou uhlí (*Brožík, 2006*).

Rekultivovaná plocha by měla splňovat základní vlastnosti. Ekologickou vyváženost, stabilitu ekosystému na takové úrovni, kdy bude vyvážené zastoupení producentů, konzumentů a reducentů v krajině. Důležité je hlavně dostatečné zastoupení producentů v krajině. Zdravotní hygienickou nezávadnost lze dosáhnout vhodným reliéfem. Vhodný reliéf je důležitý pro tvorbu mezoklimatických, mikroklimatických a bioklimatických poměrů.

Velký význam má úměrné zastoupení reducentů, kteří mají značný význam na ekologický a hygienický koloběh látek a energií v ekosystémech. Další faktorem je dostatek zeleně v krajině. Zeleň v krajině má i hygienicky zdravotnickou funkci. V neposlední řadě jsou pro krajinu důležité vodní poměry, a to i z hlediska ekonomického a hygienicky zdravotnického. Estetická působivost je stejně jako zdravotně hygienická nezávadnost závislá na vhodném reliéfu krajiny. Dalšími důležitými prvky jsou úměrná zastoupení všech základních způsobů rekultivace a její řešení kompozice v krajině, respektive její proporcionality v prostoru rekultivované plochy. Hlavní důraz je kladen i na ekonomickou efektivnost (*Jonáš, 2000*). Tu lze docílit vhodným typem projektu na nápravu rekultivované plochy a její následné využití do budoucna.

Velmi výnosným typem je například zemědělská rekultivace. Lesnická rekultivace je velmi ceněna ekologicky, ale její plné dokončení je v řadě mnoha let. Hydrické rekultivace je možné použít k rekreaci, jako užitkovou vodou či vodu pitnou.

Můžeme nalézt i další komerční využití rekultivovaných ploch zejména přímo pro rekreaci lidí.

Pro správné vytvoření rekultivované plochy po těžbě je nutné dobré plánování projektu pro její vytvoření. Mělo by se přihlídnout k ovlivnění území. Jaký byl přírodní charakter krajiny před devastací a jak vypadá okolí krajiny. V důsledku těžby a devastace se výrazně změní přírodní ráz krajiny (Kovář, 2014). Pro vytvoření optimální rekultivace by se mělo přihlídnout ke konstantním a variabilním faktorům. Konstantní faktory jsou jen velmi málo proměnné, neboť klimatické podmínky, nadmořskou výšku a výskyt nadložních hornin v mnoha případech neovlivníme. Mezi konstantní faktory patří také ekonomické poměry, urbanizace krajiny, lidnatost, výměra a struktura zemědělského a lesního půdního fondu. Do variabilních faktorů zařazujeme zejména techniku a technologii skrývky, umístění výsypek nebo odvalů, dopravu a zakládání nadložních hornin (Štýs, 1996).

Pro vysokou míru variabilních faktorů nelze optimalizaci rekultivačních způsobů, které jsou dány vhodným poměrem zemědělských, lesnických, hydrických, rekreačních a ekologických způsobů rekultivace, typizovat a normalizovat. Požadavky ekologické, ekonomické, zdravotně hygienické a estetické vyváženosti rekultivované krajiny lze zřejmě řešit jen úměrným zastoupením všech základních způsobů rekultivací při respektování všech přírodních a socioekonomických faktorů, které se uplatňují v dané oblasti (Daoliang et al, 2018).

Vytvoření vhodných způsobů rekultivace je složitý a neopakovatelný proces. Měl by vycházet z posouzení ekologických a ekonomických podmínek z postiženého území a jeho okolí.

3.2. Průběh těžby a příprava na rekultivace

Před samotnou těžbou nerostných surovin musí být provedena skrývka nadloží půdy v dané lokalitě. K odkrytí a odvození vrchní části nadloží se používá těžká technika jako jsou např. kolesová, korečková a lopatová rypadla a dragliny. Čím nižší bude poměr odkrytí a poměr sloje, tím ekonomičtější bude těžba. Udává se, že výtěžnost povrchové těžby je až 100 %, oproti hlubinné, kde je výtěžnost okolo 50–60 %. Při nadzemní těžba je naprosto devastované místo těžby a její okolní krajina. Mění se celá stratigrafie uložení nadložních hornin, procesem skrývky, dopravy a vysypání vytěžených hornin na výsypky (Štýs, 1981).

Výsypky se zakládají pomocí zakladačů, které jsou součástí kolesových rypadel. Jsou dvě možnosti zakládání výsypek. Prstovým nebo bočním způsobem. Prstový způsob je z pohledu rekultivace a využívání často nevhodný, jeho způsobem vznikají nerovné a členité povrchy. Před rekultivací je potřeba velké řady pozemních

prací k úpravě povrchu výsypky. Bočním způsobem je spojena s použitím pásových zakladačů, které vytváří typickou strukturu hřebenů. Sypáním zakladači v pásech vzniká systém drobnějších elevací a mezi hřebenů pak často zůstávají hlubší, mnohdy zvodnělé deprese. Tento způsob sypání výsypek je z hlediska geodiverzity a navazující biodiverzity velmi příznivý (Kolář, 2014).

Množství skrývkového materiálu se většinou udává okolo 5 m³ na 1 m³ vytěžené horniny. Potřeba plochy pod výsypkou se vypočítává z jednoduchého vztahu:

$$F = \frac{V \cdot k}{H}$$

V = objem vytěžených zemin v rostlém stavu

k = koeficient nakypření vytěžených zemin

H = předpokládaná výška výsypky

Přípravy na samotnou rekultivaci začíná plánem, který obsahuje technickou část. Do technické části řadíme: množství zeminy, její použití, cíl a způsob úprav terénu. Biologickou část, kde se stanovuje osevňovací postup, intenzitu a složení hnojení a cíl rekultivace. Část, kde stanovuje dobu, po kterou bude probíhat technická a biologická část. Rozpočtovou část, kdy se stanoví rozpočet nákladů. Náklady se berou z fondu těžby. A mapové podklady.

Rekultivace probíhá postupně dle rychlosti těžby dolování hornin. Nejprve začíná technická část, kdy se vytváří předpoklady pro předem daný typ rekultivace. Do technické rekultivace patří technická úprava, vytvoření vhodného reliéfu, převrstvení vhodnými hmotami, zplanýrování povrchu. Vytváří se členitost terénu pro hydrometeorologické poměry, odvodnění a následné vytvoření vodních poměrů. Vytvoří se nejlépe přirozený sklon svahu, aby nedošlo k sesouvání půdy. Následně se povrch výsypek urovnává krycí zeminou. Ta nám umožňuje následnou biologickou rekultivaci (Štýs, 2014).

3.3. Typy rekultivací

Způsob a možnosti provedení rekultivace závisí i na složení zeminy. Výsypkové zeminy po povrchové těžbě hornin členíme na 5 jakostí.

3.3.1. Zemědělská rekultivace

Druhy Zemědělské plochy měly velký význam v polovině dvacátého století a dodnes se nejvíce využívají zejména na Severu Čech v Ústeckém kraji, kde došlo

k velkému úbytku zemědělských ploch, a proto jsou zde biologické rekultivované zemědělské plochy vítány.

V posledních letech je kladen větší důraz na větší význam diverzity krajiny a její ekologickou stabilitu. Kdy se doporučují nejen pěstování zemědělských plodiny ve vysoké míře, ale také louky. Zemědělským půdám by neměla chybět dostatečná pestrost a složení rostlin. Zemědělské rekultivace se provádí dvěma typy. S navázkou úrodné půdy, či bez navázky ornice. Je důležité si uvědomit, že nově vzniklý povrch není původní a je vytvořen uměle, tzv. antropozem. Pokud se v podloží nachází sterilní či atoxické materiály, je nutné provést melioraci.

K tomu se používají minerální sorbety, slíny či vápnění. Pro oživení půdy se používají průkopnické plodiny, které se v cyklu sází a sekají (3 – 5 let), dokud půda nemá dostatečné množství humusových látek.

Používají se zejména jetel luční (*Trifolium pretense*), jetel růžák (*Trifolium incarnatum*), komonice bílá (*Melilotus albus*), vojtěška setá (*Medicago sativa*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), štírkovník růžkatý (*Lotus corniculatus*). Z lipnicovitých to jsou: lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), sveřep bezbranný (*Bromus dermatis*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), jílek mnohokvítok (*Lolium multiflorum*), bojínek luční (*Phleum pretense*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elativ*), kostřava červená (*Festuca rubra*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) (Brožík, 2006). Nadále by v zemědělské rekultivaci neměli chybět remízky a solitární stromy, pro hmyz, ptactvo, drobné savce a botanickou rozmanitost.

3.3.2. Lesnická rekultivace

Další ze základních způsobů rekultivace je lesnická rekultivace. Zalesňování ploch má pozitivní dopad na diverzitu krajiny a její ekologickou stabilitu. Lesy mají významnou funkci v krajině. A to zejména při hospodaření s vodou, zajišťují ekologickou stabilitu, dále mají protierozní, hygienickou, asanační, klimatickou a rekreační funkci. Lesní plochy udržují přírodní vláhu, zpevňují půdu, chrání území proti větrné erozi a poletavému prachu.

Rostliny pomocí asimilačních orgánů s drsným, chlupatým či lepkavým povrchem zachycují prašné částice ale i plynné složky, které znečišťují ovzduší. Avšak tyto procesy mohou být pro rostliny škodlivé, až toxické.

Smíšené lesní porosty dokážou zachytit 50-70 % prachových částic z ovzduší. Lesní ekosystémy dokážou za rok akumulovat až 150 000 kg prachu, 600-700 kg sloučenin železa, 600-700 kg sloučenin hliníku, 100-150 kg sloučenin manganu, 80-100 kg fluóru, 90-100 kg síry a 5 kg různých těžkých kovů.

Tlumení hluku vyplývá z vhodně strukturovaných porostů dřevin (odrazy a lomy zvukových vln). Lesní porosty dokážou pohltit krátké vlny do 250 Hz a dlouhé vlny nad 2500 Hz. Hluk tlumí především husté porosty s keřovým patrem a velkým objemem asimilačních orgánů (Zelený, 2006).

Lesnické rekultivace jsou dlouhodobým procesem v řádu minimálně 20 let, než je zalesněná plocha schopná odolávat vnějším vlivům. Před výsadbou stromů a keřů je nutné správně upravit plochu, která se bude zalesňovat. Správně zvolit, které druhy stromů a keřů se budou vysazovat. Vysazují se původní druhy a druhová směšnost. Výsadbou práce rekultivátorů nekončí. Mladé stromy a keře se musejí sledovat, kontrolovat jejich zdravotní stav a opečovávat. Snažit se zabránit okusování zvěře ve vysoké míře nebo hmyzím škůdcům. Nesmí chybět lesopěstební zásahy, jako jsou okopávky, přihnojování, pravidelné ožínání buřeně nebo dosazovat za uhynulé jedince, aby následná kultura byla schopna v budoucnu plnit funkci lesa. Správně fungující lesní ekosystém má mít několik věkových generací.

K výsadbě na rekultivovaných plochách se například používá borovice lesní (*Pinus silvestris*), dub letní (*Quercus robur*), dub zimní (*Quercus petraea*), smrk ztepilý (*Picea abies*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), modřín opadavý (*Larix decidua*), lípy (*Tilia*), břízy (*Betula*), třešeň ptačí (*Cerasus avium*), ptačí zob (*Ligustrum*), svída bílá (*Cornus alba*), zimolez (*Lonicera*), bez černý (*Sambucus nigra*) a další (Brožík, 2006).

3.3.3. Hydrická rekultivace

Hydrické rekultivace patří mezi náročnější rekultivační procesy. Při hydrických rekultivacích je potřeba dobře znát vodní poměry krajiny a správně je využít. Nejčastějším místem hydrických rekultivací jsou především vnitřní výsypky lomů, ale své uplatnění nachází vodní hospodářství i na vnějších (převýšených) výsypkách, ve zbytkových jámách i na plochách devastovaných hlubinnou těžbou (Smolík, 1991). Hydrické rekultivace se mohou objevit přírodně a její ponechání, úprava a následné udržování má kladný vliv na ekologickou stabilitu krajiny. Jsou vytvářeny i uměle (přivadeče, převody vod), například proti povodním, či ke zvýšení ekologické stability krajiny v dané lokalitě (Kovář, 2014).

Hydrickou rekultivaci můžeme rozdělit na malé a velké vodní plochy. Při menších se vytvářejí mokřady, tůně a malé retenční nádrže, tyto malé vodní plochy jsou součástí plánu rekultivace spojené se zemědělskou nebo lesnickou rekultivací. A vytváří tak ucelený celek nově vybudované krajiny s regulovatelným režimem vody. Při vytváření větších vodních ploch, nejčastěji zatopením povrchových a důlních lomů, musíme zjistit hladiny spodních vody v okolí, průsaky půdy a vytvoření přivadečů z okolích řek. Je nutno i zabezpečit stabilitu břehů při činnosti vodní hladiny. Větší vodní plochy se

dají využít k zadržování pitná a užitková voda, k rekreačním a sportovním účelům nebo k chovu ryb (Gallo, 2019).

3.3.4. Rekreační rekultivace

Rekreační krajina představuje nový typ krajiny. Tento se začal vytvářet v polovině 20. století. Rekreační rekultivace mohou být součástí jiných rekultivací jako druhotný záměr. Prvotní záměry bývají golfová hřiště, letiště či různá sportoviště.

3.4. Těžba uhlí na Chomutovsku

Na Chomutovsku se těží hnědé uhlí. První zmínky o těžbě se datují již před první světovou válkou (1914). První hlubinný důl v lokalitě byl pojmenován Merkur a rozšířil se po konci první světové války (1918). Po konci války se otevřel důl Meissner, který byl přejmenován nejdříve v roce 1945 na důl Šatra. V roce 1951 přejmenován na důl Libuše a v roce 1958 na důl Nástup. V roce 1956 by zahájena odkrývka povrchové lomu Prunéřov. První vytěžené tuny hnědého uhlí v lomu Prunéřov se datují k roku 1958.

Kvůli stále zvyšující se spotřebě energetického uhlí, byla v roce 1971 zahájena otvírka výkonnějšího lomu „Březno“. Roční kapacita lomu měla umožňovat vytěžení kolem 22 mil. tun hnědého uhlí, které se spalovalo v elektrárnách v Tušimicích. Lom „Březno“ již byl uzavřen a nyní se těží na lomu Libouš. Mezi roky 1963 a 1964 byla zprovozněna a uvedena do provozu Elektrárna Tušimice I (ETU I). Elektrárny Tušimice I byla v provozu ve všech 6 blocích do začátku 90. století. Její železobetonový komín, který měřil 196 metrů byl odstřelen v roce 2005. V letech 1974 a 1975 zahájila provoz se čtyřmi 200 MW bloky Elektrárna Tušimice II. Obě elektrárny patří mezi jedny z nejefektivnějších v České republice. Díky své poloze, kdy jsou postaveny co nejbliž zdroj, a tedy se výrazně snižují náklady na dopravu.

Mimo dodávky elektřiny zajišťuje Elektrárny Tušimice II i dodávky tepla pro město Kadaň. Její roční dodávka tepla je přibližně 750 TJ. Udržení Elektrárny Tušimice II se plánuje až do roku 2035, kdy se předpokládá vytěžení povrchového dolu Libouš.

Díky těžbě hnědého uhlí zanikla spousta obcí. Ahníkov, Brančíky, brany, Bystřice, Čachovice, Kralupy, Krbice, Libouš, Lužice, Milžany, Naší, Prahly, Přezetice, Račice, Vrchnice a Zásady. Po některých vesnicích se jmenují lomy, skrývky nebo vodní plochy.

3.5. Ekologické a krajinářské vlivy

Těžba uhlí je velký zásah do krajiny, zejména těžba uhlí lomová. Přeměňuje se krajinný ráz, pedosféra, hydrosféra, litosféru a celý ekosystému (Štýs, 2014).

Krajinný ráz lze definovat jako přírodní, kulturní a historický charakter určité krajiny (§ 12 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny). U pedosféry dochází k znehodnocení matečného substrátu, mechanickému složení, fyzikálním vlastnostem a chemismu (Štýs, 2014). Zničí se struktura a edafon. U hydrosféry dochází ke změně pohybů vod. Nucené odklonění toků např. Pruněrovský potok byl v roce 1963 odkloněn mimo směr dobývacího prostoru a do Ohře byl sveden v úseku kadaňského stupně (Štýs, 2014).

Dalšími změnami jsou chemické složení a tlak. Těžba uhlí ovlivňuje i kvalitu ovzduší. Zvyšuje se na území prašnost a hluk díky tomu, že v okolí těžební plochy nejsou dostatečné plochy zeleně. Od pedosféry, hydrosféry a litosféry má těžba dopad na celý ekosystém, který se na daném území poruší. Návrat funkčního ekosystému zpět do krajiny po těžbě může trvat i několik desítek let (Bech et al, 2018).

3.6. Ochrana životního prostředí

Jedná se o obor pečující o zachování i cílevědomé vytváření produktivního, zdravého a krásného přírodního prostředí, jako základní složky životního prostředí. Obor je to mladý, nejdříve byla činnost neorganizovaná, náhodná a závislá na jednotlivci, později skupinách nadšenců, státní úrovni až to došlo k nadnárodní odborné instituci (Kovář, 2014).

Ochranu rozdělujeme na zvláštní, která chrání jmenovitě objekty přírody, a obecnou, jež chrání nevyjmenované přírodní prvky krajiny. Zde v České republice k tomu byl schválen zákon č. 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny. Dle tohoto zákona rozdělujeme ochranu obecnou (ochrana přírody jako celku) a ochranu speciální (ochrana zvláště chráněné části přírody). Speciální ochranu rozdělujeme na územní a druhovou. Územní ochrana se skládá z velkoplošných zvláště chráněných území (VZCHÚ) a maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ). Ochrana druhová se rozděluje na druhy organismů (živočichů, rostlin a hub), druhy nerostů a významných dřevinných jedinců (Brožík, 2006).

3.7. Znečištění a ochrana povrchových vod

Znečišťování povrchových vod narušuje jejich biologickou rovnováhu a jejich samočisticí schopnosti. Množství znečištění závisí na množství a kvalitě vody v nádrži. Nejnápadnějšími indikátory znečištění jsou vodní organismy, nejčastěji jejich úhyn, či výskyt organismů, kteří žijí v znečištěných vodách. Dalšími indikátory znečištění jsou výskyt pěny, změna barvy vody, nánosy, změna chemického složení

či změny fyzikálních vlastností. Znečišťování povrchových vod je způsobenou řadou lidských činností, zemědělstvím, produkce špatně vyčištěných odpadních vod, havárie, nekážeň. Množství znečištění odpadními vodami se posuzuje podle účinků a chemických, biologických a estetických změn a stupněm poškození veřejných zájmů.

Znečištění vodních ploch zjišťujeme indikátory a monitoringem vod. Vyhodnocení měření se provádí dle jakosti vod. Tyto třídy jsou z české technické normy ČSN 75 7221. Dle toho se stanoví třída jakosti a mezní hodnoty.

Ochrana povrchových vod pomocí CHOPAV (Chráněné oblasti přirozené akumulace vod), vytvářením CHKO (Chráněné krajinné oblasti), PR (Přírodní rezervace) a dalších. Kde se omezí lidská činnost (např. nadměrné hnojení, používání pesticidů) a zakázané činnosti budou trestány sankcemi (Brožík, 2006).

4. Metodika

4.1. Monitoring vod

Jedním z možností ukazatelů kvality vod je monitoring. Rozbory vod slouží jako jeden z ukazatelů kvality a možnosti úpravy kvality vod a její využití. K vyhodnocení kvality vod používáme mikrobiologické, biologické, fyzikální a chemické ukazatele (*Daoling Lia et al, 2019*). Mezi mikrobiotické patří mikro a makro organismy indikující znečištění vod. Do biologických ukazatelů řadíme neplodnost organismů či vymírání a ztráta druhů na lokalitách. Fyzikální ukazatelé jsou chuť, pach, barvu, průhlednost, zákal a teplota. V neposlední řadě i chemické ukazatelé, kdy se měří látky obsažené ve vodě (*Bradshaw, 1997*).

4.2. Metodika odběr vzorků

Odběr vzorků musí být reprezentativní z místa odběru. Odběr vzorků se odebírají do vzorkovnic. Vzorkovnice jsou speciální nádoby na odběr, mají několik velikostí a nabízejí i konzervační látky. Je důležité odebírat vzorek vody do správné vzorkovnice. Po odebrání vzorku do vzorkovnice musí být označen a vypsán záznam o odběru vzorku. V záznamu odběru vzorku musí být zaznamenáno: datum a čas odběru, místo odběru, typ odebrané vody, čísla a označení vzorku, žadatele a odběratele, požadované analýzy, podmínky odběru (teplota, neobvyklé podmínky), požadovaný rozbor, podpis odběratele.

Po odběru a vyplnění záznamu by se v co nejkratším čase měla provést analýza, neboť velká část složek podléhá změnám. Rychlost změn závisí na světle, biologickém oživení vody či její teplotě (*Jonáš et al, 2000*).

4.3. Popis parametrů a metod

4.3.1. Potenciometrie, pH

Jedná se o elektrochemickou metodu založenou na měření rovnovážného napětí galvanického článku. Článek je sestaven z indikační (měrné) a referentní (srovnávací) elektrody. Potenciál měrné elektrody závidí na koncentraci sledované látky, potenciál srovnávací elektrody je neměnný. Rovnovážné napětí, které je rozdílem těchto dvou potenciálů, je mírou koncentrace sledované látky – v tomto případě koncentrace oxoniových iontů H_3O^+ .

V čistých vodách bychom měli naléznout pH mezi 6 a 9. Avšak hodnota pH závisí i na obsahu rozpuštěného CO_2 a teplotě vody. Příčinou poklesu pH po 6 může zapříčinit přítomnost anorganických a organických kyselin. Tento jev můžeme

pozorovat u vod najít i rašelinišť. Zvýšená hodnota pH nad 9 bývá způsobena přítomností uhličitanů, hydroxidů a hydrogenuhličitanů. Hodnota pH může mít ovlivněna i reakcemi jako jsou fotosyntéza (zvýšení), respirace (snížení) a nitrifikace (snížení).

4.3.2. Chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným, CHSK_{Cr}

Metoda spočívá v oxidaci organických látek obsažených ve zkoumaném vzorku dichromanem draselným v silně kyselém prostředí kyseliny sírové (H_2SO_4) při dvouhodinovém varu zkoumaného vzorku, která nesmí překročit $150\text{ }^\circ\text{C}$ a přetlak $0,1\text{ MPa}$ ve zkumavce. Obsah zkumavky se nesmí míchat. A provádí se slepé měření s destilovanou vodou. CHSK_{Cr} lze považovat za přibližný odhad teoretické spotřeby kyslíku, který je spotřebován na úplnou chemickou oxidaci organických látek ve vodě, a to na výsledné anorganické zplodiny (Fribertová, 2010).

Stanovení CHSK_{Cr} se používá pro rozbor všech druhů vod a patří mezi základní vodohospodářské analýzy.

4.3.3. Stanovení železa, Fe

Železo je nejrozšířenější přechodný prvek na Zemi. Najdeme ho v horninách (krevel Fe_2O_3 , magnetovec Fe_3O_4 , pyrit FeS_2 , limonit $\text{Fe}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a siderit FeCO_3), ale i v organismech. Rozpouštěním Fe do vod pomáhá CO_2 a huminové látky. Z antropogenního znečištění to jsou průmyslové odpadní vody (mořírny, válcovny, drátovny) a koroze vodovodního potrubí.

Povrchové vody zde v ČR mají poměrně málo železa, méně než $0,5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, avšak vody z rašelinišť mají obsah železa ve vodě vyšší až $1\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Zvýšené množství železa ve vodě se projevuje žlutým až červenohnědým zákalem vody.

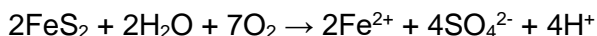
Obsah železa ve vodě tedy ovlivňuje vizuální vzhled vody a chuťové vlastnosti, ale není zdraví škodlivá. Pro ryby vyšší koncentrace a přeměna Fe^{2+} na Fe^{3+} způsobuje pokrývání nerozpustnými sloučeninami žaberní lístky a tím omezují dýchání (Šmídl et al, 2014).

4.3.4. Stanovení amoniakálního dusíku, N-NH_4^+

Všechny formy dusíku se navzájem mění. Ve vodách se vyskytují z rozkladů organické hmoty, hnojením zemědělských ploch či z splaškových a průmyslových odpadních vod (Šmídl et al, 2014).

4.3.5. Stanovení síranů, S-SO₄⁺

Jedním z přírodních zdrojů síranů můžeme zařadit zvětrávání sádrovec (CaSO₄ · 2H₂O) a oxidace sulfidických rud (ZnS, FeS₂, CuFeS₂, PbS, Cu₂S, HgS).



Na oxidaci se podílejí litotrofní bakterie rodu *Thiobacillus* a *Ferrobacillus*. Do antropogenních zdrojů řadíme odpadní vody z chemického, důlního, papírenského, textilního a farmaceutického průmyslu. Společně s hořčíkem má u člověka projímavé účinky (Šmídl *et al*, 2014).

4.3.6. Stanovení dusičnanů, N-NO₃⁻

Dusík je jedním z nejdůležitějších makrobiogenních prvků na Zemi. Ve vodách se vyskytuje jako plyný N₂ nebo oxidy dusíku. Všechny formy dusíku se vzájemně mění (koloběh dusíku).

4.3.7. Stanovení nerozpuštěných látek, NL

Stanovuje množství nerozpuštěných látek ve vodě. Počítáno v mg/l. Je zde snaha o přibližný odhad obsahu organických a anorganických látek. Probíhá metodou žíhání sušiny. Nerozpuštěné látky se z vod odstraňují filtrací nebo odstředováním (Šmídl *et al*, 2014).

4.3.8. Stanovení rozpuštěných látek, RL

Mezi další základní ukazatele jakosti vod patří stanovení množství rozpuštěných látek ve vodě. RL se stanovuje mg/l. Stanovuje se odpaření a vysušením odparků a jejich následní žíhání při předem stanovené teplotě (Šmídl *et al*. 2014).

5. Charakteristika studijního území

5.1. Popis lokality Tušimice

Lokalita Tušimice a okolí již postupně přestává být pouze měsíční krajinou a získává svojí novou podobu. V některých ohledech úplně jinou než před začátkem těžby hnědého uhlí. Avšak díky novým poměrům to vypadá na velmi kvalitní zpracování, kdy bude krajina schopně dlouhodobě udržitelná.

5.2. Geologie a pedologie v oblasti lokalit Tušimic

Půdy zde vznikly na těžkých terciálních jílech. Na celé ploše Dolů Nástup Tušimice převládají těžké půdy s vysokým obsahem jemných, jílnatých částic. Půdy mají vysokou kapilární pórovitost, což indikuje vyšší vodoržnost, ale nižší propustnost vody a provzdušnost půdy.

Rekultivované půdy odpovídají vlastnostmi přirozeně rostlých půd v dané lokalitě. Je zde střední úroveň obsahu oxidovatelného uhlíku (organické hmoty, humusu). Příznivý obsah přístupového hořčíku, vápníku a draslíku. Z výsledku měření je patrné malé množství přístupového fosforu. Půda v dané lokalitě má vysokou schopnost poutat rizikové prvky, jako jsou arsen a zinek. Avšak z výsledku měření jsou tyto limity pod úrovní limitními hodnotami pro zemědělské půdy (Štýs, 2014).

Převládá zde černozem, která vznikla podobně jako smonice, která se zde také nachází. Černozem a lesostepní vegetace vytvořila kvalitní humusové podloží. Oba tyto půdní typy jsou velmi úrodné. Avšak po zásahu těžby se změnilo podloží a bylo obohaceno hlušinou z dolů (Zelený *et al*, 2000).

5.3. Klima v oblasti lokalit

Převažují zde západní, JZ a SZ větry. Dochází zde k častému výskytu mlh v ranních hodinách díky omezenému proudění vzduchu z Krušných a Doupovských hor. Drží se zde i průmyslové emise. Tuto oblast můžeme dle stupnice zařadit do kategorie B₃, oblast mírně teplá, mírně vlhká s mírnou zimou (Bejček *et al*, 1999).

Průměrný roční úhrn srážek je 486 mm v Kadani a 514 mm v Málkově. V letním období cca 292 mm v Kadani a 299 mm v Málkově. Průměrná roční teplota je 14 °C.

5.4. Současná činnosti a stav

Nadále se v okolí těchto ploch provádí sečení travních a břehových porostů. Na některých lokalitách, například Pruněřov 5 byli uměle vytvořeny ptačí budky pro drobné zpěvné a vodní ptactvo (spolupráce s ČZU).

5.5. Popis jednotlivých lokalit

Merkur 5

Stavba byla zahájena 1989 a ukončena 1995. Hydrická rekultivace vznikla přírodně mezi cestou a zemědělskou rekultivací. Proběhlo pouze zpevnění břehů. Vodní plocha se nachází na jihovýchod od sídla Doly Nástup Tušimice. V jeho okolí je lesnická rekultivace, cesta a za cestou zemědělské rekultivace. Do vodní lochy proudí pramen.

Na lokalitě můžeme najít z obojživelníků čolka obecného (*Triturus vulgaris*), skokana skřehotavého (*Rana ridibunda*) a kuňku obecnou (*Bombina bombina*). Zástupce plazů je užovka obojková (*Natrix natrix*). Z ptáků můžeme zahlédnout kachnu divokou (*Anas platyrhynchos*), lysku černou (*Fulica atra*), poštolku obecnou (*Falco tinnunculus*) a konipase bílého (*Motacilla alba*). Ze savců lišku obecnou (*Vulpes vulpes*), která loví v okolí vodní lokality hlodavce, hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) či myš domácí (*Mus musculus*). Můžeme zde zahlédnout i zajíce polní (*Lepus europaeus*), prase divoké (*Sus scrofa*) nebo srnce obecného (*Capreolus capreolus*).

Z rostlinné říše zde můžeme naleznout olši lepkavou (*Alnus glutinosa*), dub letní (*Quercus robur*), rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*) či chrastici rákosovitou (*Phalaris arundinacea*).

Odběrným místem je okraj vodné plochy, která sousedí s plochou Merkur 6. Jsou zde upravovány břehové porosty sečením.

Merkur 8

Stavba byla zahájena v roce 1995 a ukončena v roce 2000. Hydrická rekultivace vznikla mezi lesnickou a zemědělskou rekultivací.

Vodní plocha se nachází na východ od sídla Doly Nástup Tušimice. V jeho okolí se nachází lesnická rekultivace, zemědělské rekultivace a cesta. Na lokalitě můžeme vidět ropuchu obecnou (*Bufo bufo*), ropuchu zelenou (*Bufo viridis*), skokana hnědého (*Rana temporaria*) a skokana skřehotavého (*Rana ridibunda*). Díky lesnické rekultivaci v blízkém okolí zde můžeme naleznout i slepýše křehkého (*Anguis fragilis*) nebo ještěrku obecnou (*Lacerta agilis*). Z ptáků zde můžeme zahlédnout potápku malou (*Tachybaptis ruficollis*), volavku popelavou (*Ardea cinerea*), labuť velkou (*Cygnus olor*), potápku roháč (*Podiceps cristatus*), kachnu divokou (*Anas platyrhynchos*), káně lesní (*Buteo buteo*), čejku chocholatou (*Vanellus vanellus*) či konipase bílého (*Motacilla alba*). Ze savců zde můžeme vidět lišku obecnou (*Vulpes*,

vulpes), zajíce polní (*Lupus europaeus*), prase divoké (*Sus scrofa*) nebo srnce obecného (*Capreolus capreolus*)

Místo odběru se nacházelo mezi břehovým porostem, ležícím na rozhraní rekultivačních ploch Merkur 5 a Merkur 3. Na lokalitě se nenachází žádná betonová jámka či umělý odtok.

Merkur 11

Stavba byla zahájena v roce 1995. Nádrž byla uměle vytvořená pro zachycení vody z úložiště popela EPRU rekultivace Letiště. Břehy jsou písčité. Přitéká zde potok.

Vodní plocha se nachází na východ od sídla Doly Nástup Tušimice. V jeho okolí se nachází vzdáleně lesnická rekultivace, zemědělské rekultivace a cesta.

Můžeme zde pozorovat velkou rozmanitost organismů. Z obojživelníků uvidíme ropuchu obecnou (*Bufo bufo*), ropuchu zelenou (*Bufo viridis*), skokana hnědého (*Rana temporaria*), skokana skřehotavého (*Rana ridibunda*) nebo také čolka obecného (*Triturus vulgaris*). Z plazů zde můžeme zahlédnout ještěrku zelenou (*Lacerta agilis*) nebo užovku obojkovou (*Natrix natrix*).

Na vodní hladině lze pozorovat potápku malou (*Tachybaptus ruficollis*), kachnu divokou (*Anas platyhynchos*), labuť velkou (*Cygnus olor*) nebo poláka chocholačku (*Aythya fuligula*). U břehového porostu se vyskytuje volavka popelavá (*Ardea cinerea*) a byl zde zpozorován i krahujec obecný (*Accipiter nisus*) a káně lesní (*Buteo buteo*). Z pěvců lze zaslechnout červenku obecnou (*Erithacus rubecula*), kosa černého (*Turdus merula*), rákosníka proužkovaného (*Acrocephalus schoenobaenus*), sýkoru modřinku (*Parus caeruleus*) nebo pěnici pokřovní (*Sylvia communis*).

Ze savců tu pak lze zahlédnout rejsce vodního (*Neomys fodiens*), hryzce vodního (*Arvicola terrestris*), zajíce polního (*Lepus europaeus*), králíka divokého (*Oryctolagus cuniculus*), prase divoké (*Sus scrofa*), srnce obecného (*Capreolus capreolus*).

Místo odběru je vyšlapané nejspíš od divoké zvěře.

Pruněrov 7

Stavba zahájena v roce 1996 a ukončena v roce 1998. Nádrž byla vytvořena uměle kvůli Bystřickému potoku, který protéká Kadaní do řeky Ohře. Při stavbě byla zároveň udělána zábrana proti stoleté vodě.

Vodní plocha se nachází na východ od sídla Doly Nástup Tušimice. V jeho okolí se nachází lesnické rekultivace, zadržovací nádrž a cesta.

V okolí se nachází lesnická rekultivace a cesta. Na břehu se hojně vyskytuje břehová vegetace chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*), kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea*), rákose obecného (*Phragmites australis*), orobince širokolistého (*Typha latifolia*) a úzkolistého (*Typha angustifolia*) či puškovrce obecného (*Acorus calamus*). Můžeme zde najít i karbinec evropský (*Lycopus europaeus*).

Místem odběru byla jihovýchodní část vodní plochy.

ČS Severní svahy

Čerpací stanice Severní svahy se dříve jmenovala SS 2, následně byla přejmenována na ČS Severní svahy. ČS Severní svahy navazuje severní částí na rekultivaci výsypky Pruněřov.

Na vodní hladině a jejím okolí můžeme zpozorovat zejména vodní bezobratlové živočichy. Druhy jepic (*Ephemeroptera*), pošvatek (*Plecoptera*), vážek (*Odonata*), šidílek (*Zygoptera*) nebo bruslařek (*Gerris*).

Na březích lze nalézt břehové porosty.

Místo bylo vytvořeno uměle a v okolí můžeme nalézt přirozenou sukcesii.

ČS Lužnička

Dříve pojmenovaná jako SS 1, byla vytvořena uměle. Celá její plocha je vybetonovaná. V okolí lze najít pár soliterních stromů a travnaté plochy.

ČS Černovice

Původní pojmenování bylo SS 3. Čerpací stanice Černovice byla uměle vytvořená, celá plocha je z betonu a nelze tu vidět ani břehové porosty. Okolí ČS Černovice jsou travnaté plochy.

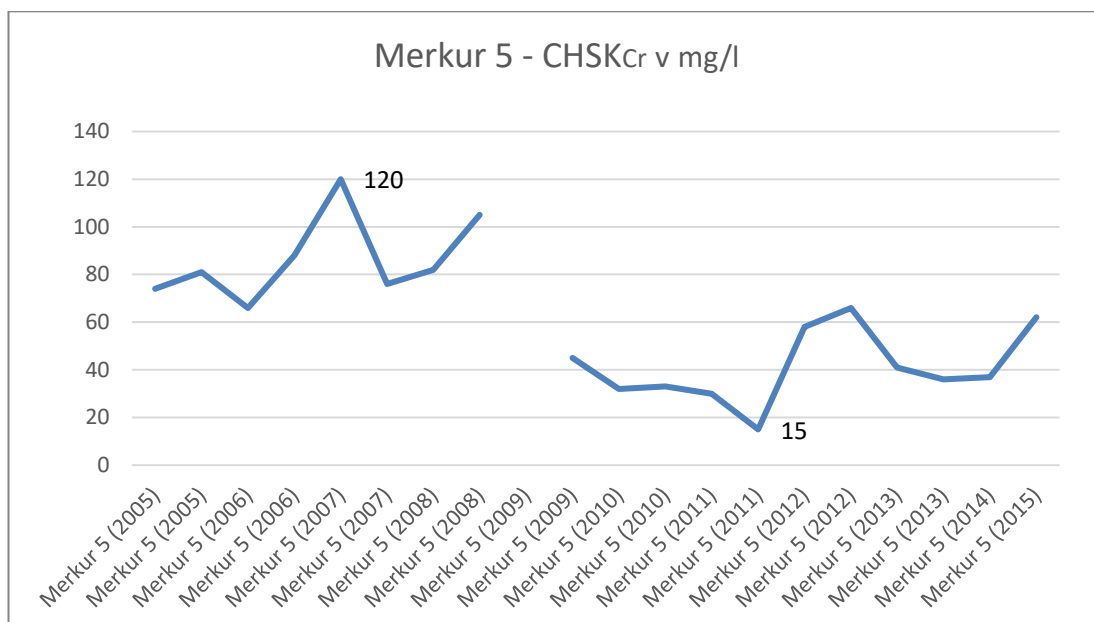
6. Výsledky

6.1. Výsledky měření na lokalitě Merkur 5

Na lokalitě Merkur 5 nebyl v první období roku 2009 dostatek vody k odebrání vzorku. Zaznamenáno v grafu prázdným polem.

Na lokalitě Merkur 5 bylo zjištěno konstantní pH (*graf č. 1 v příloze*), kdy se pohybovalo průměrně na hodnotě 8,05. Nejvyšší naměřená hodnota 8,62 byla v roce 2005 a nejnižší hodnota 7,28 v roce 2009. Ve stejném roce 2009 nebyl dostatek vody na odebrání vzorku k analýze. Hodnoty pH můžeme konstatovat mírnou zásaditost.

Graf č. 2 – výsledky měření CHSK_{Cr} na lokalitě Merkur 5

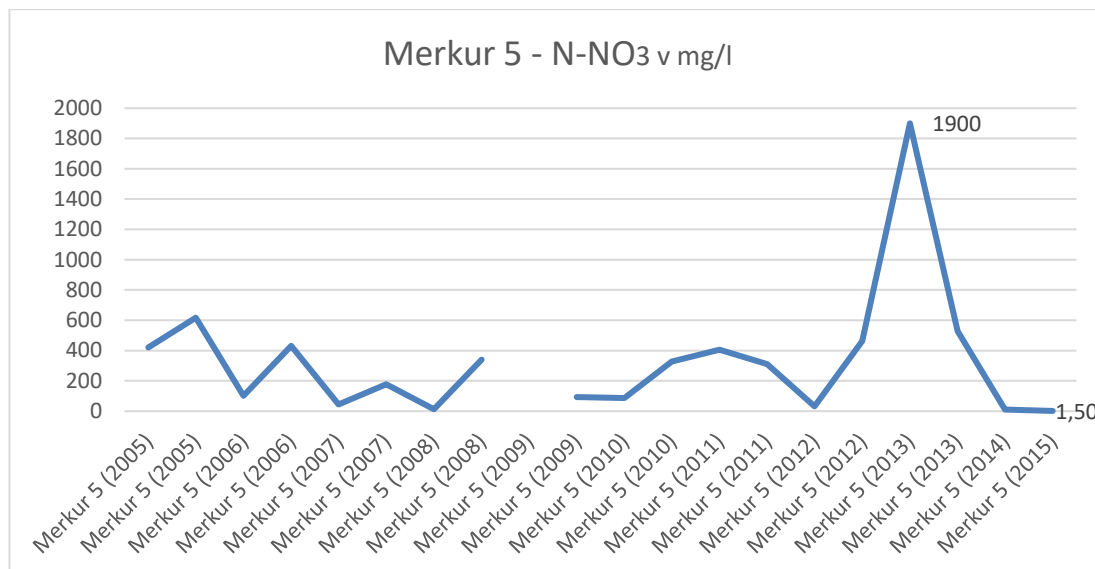


Při analýze výsledků CHSK_{Cr} můžeme z *grafu č. 2* zjistit, že nejnižší hodnota 15 mg.l^{-1} již patří do II. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221. Nejvyšší naměřená hodnota 120 mg.l^{-1} v roce 2007 patří již do nejvyšší jakostní třídy. Z analýzy výsledků za 10 let řadíme lokalitu Merkur 5 s naměřenými hodnotami CHSK_{Cr} do IV. jakostní třídy.

Z *grafu č. 3 v příloze* je jasně patrný nízký obsah železa na dané lokalitě, kromě jedné odchylky v roce 2014, kdy naměřená hodnota byla 860 µg.l^{-1} .

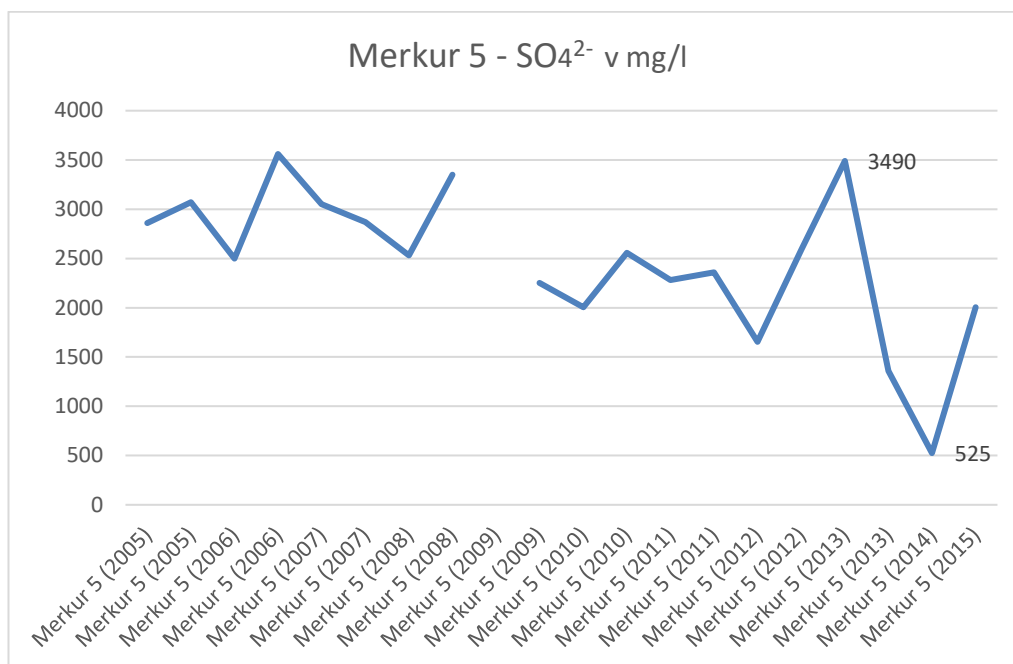
Lokalita Merkur 5 má nízký obsah Mn (*graf č. 4 v příloze*). Kromě nejvyšší naměřené hodnoty v roce 2009, kdy na měřená hodnota byla $1090 \mu\text{g.l}^{-1}$ a v roce 2011, kdy již hodnota klesla na $870 \mu\text{g.l}^{-1}$ jsou ostatní naměřené hodnoty do $50 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Graf č. 5 – výsledky měření N-NO_3^- na lokalitě Merkur 5



Dusičnany v lokalitě Merkur 5 (*graf č. 5*) byli naměřeny v nejvyšší jakostní třídě dle ČSN 75 7221. Nejvyšší naměřená hodnota 1900 mg.l^{-1} v roce 2013 patřila k nejvyšší naměřené hodnotě na všech pozorovaných lokalitách. Až v posledních letech se množství dusičnanů snižuje, v roce 2015 byla naměřená hodnota $1,50 \text{ mg.l}^{-1}$, kterou lze již zařadit do první jakostní třídy. Vývojové hodnocení výsledků lze vidět zvyšování množství dusičnanů ve vodě na lokalitě Merkur 5. Zvýšený obsah mohl zapříčinit hnojení zemědělských rekultivací v okolí.

Graf č. 6 – výsledky měření SO_4^{2-} na lokalitě Merkur 5

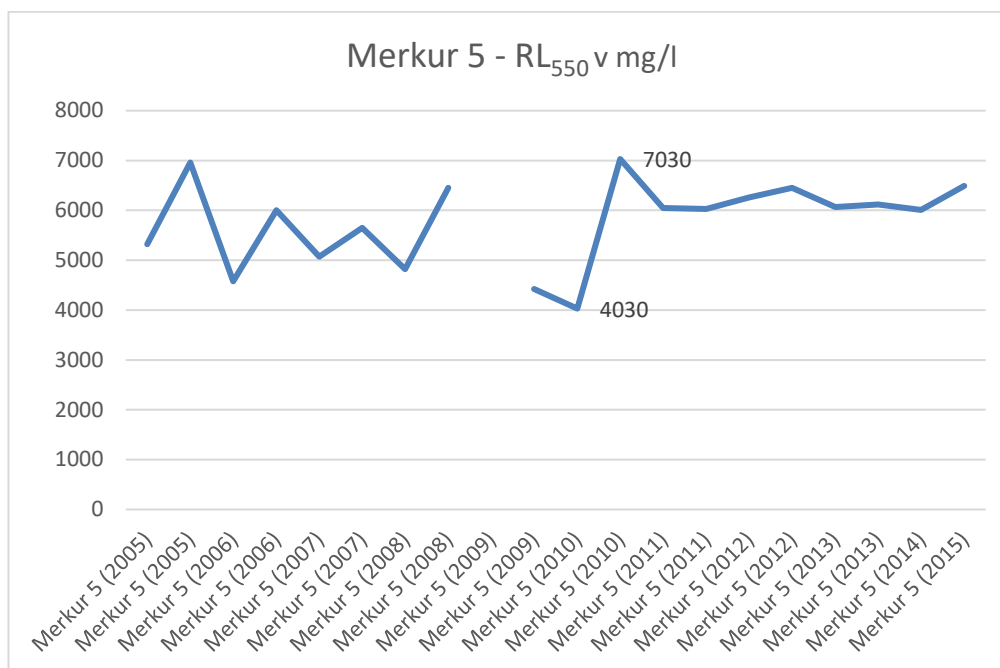


Obsah síranů (*graf č. 6*) s výkyvy pomalu klesá k nižším hodnotám, ale stále patří do V jakostní třídy vod. Nejvyšší naměřená hodnota 3490 mg.l^{-1} byla v roce 2013 a nejnižší 525 mg.l^{-1} hned následující rok 2014.

Množství amoniakálního dusíku (*graf č. 7 v příloze*) na lokalitě Merkur 5 byl kromě let 2006, 2007, 2012, 2014 a 2015 pod hranou měřitelnosti. Nejvyšší naměřená hodnota byla v roce 2014 $0,44 \text{ mg.l}^{-1}$, která již spadá do III. jakostní třídy.

Graf č. 8 v příloze nám ukazuje výsledky měření nerozpuštěných látek. Nejnižší naměřená hodnota 5 mg.l^{-1} byla hned několikrát za dobu měření. Největší výkyv byl v roce 2006, kdy se naměřila nejnižší a nejvyšší hodnota 448 mg.l^{-1} . Od roku 2009 jsou naměřené výsledky konstantní a nenacházíme výkyvy.

Graf č. 9 – výsledky měření RL na lokalitě Merkur 5



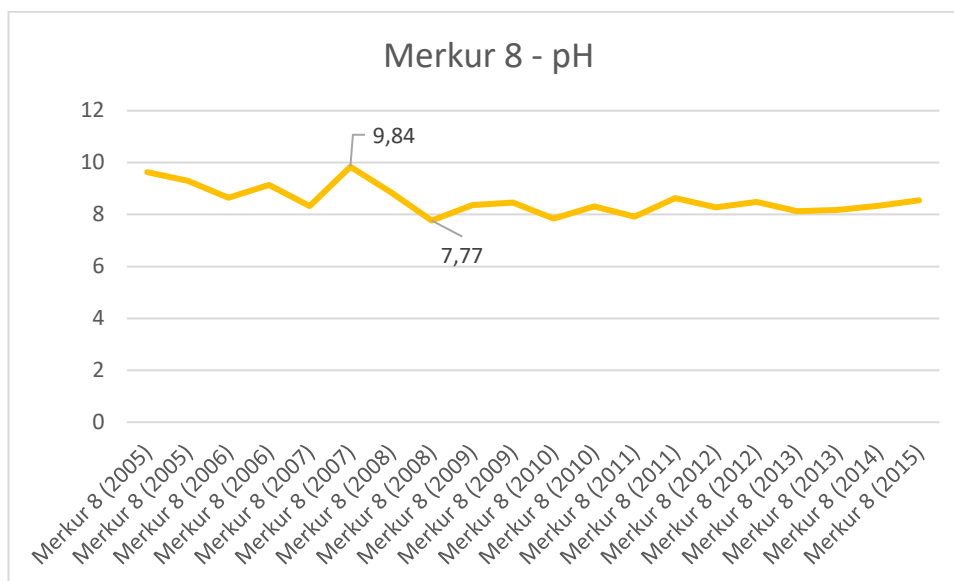
Na lokalitě Merkur 5 bylo zjištěné velké množství rozpuštěných látek. Z grafu č. 9 lze zjistit, že výkyv v roce 2010 byl s nejnižší 4030 mg.l⁻¹ a nejvyšší 7030 mg.l⁻¹ naměřená hodnota. Nejvyšší naměřená hodnota patří k největší naměřené hodnotě na všech sledovaných lokalitách.

Lokalitu Merkur 5 dle výsledku rozborů vzorků v letech 2005 až 2015 lze zařadit do III. jakostní třídy povrchových vod dle ČSN 75 7221, znečištěná voda. Voda není vhodná pro závlahu.

6.2. Výsledky měření na lokalitě Merkur 8

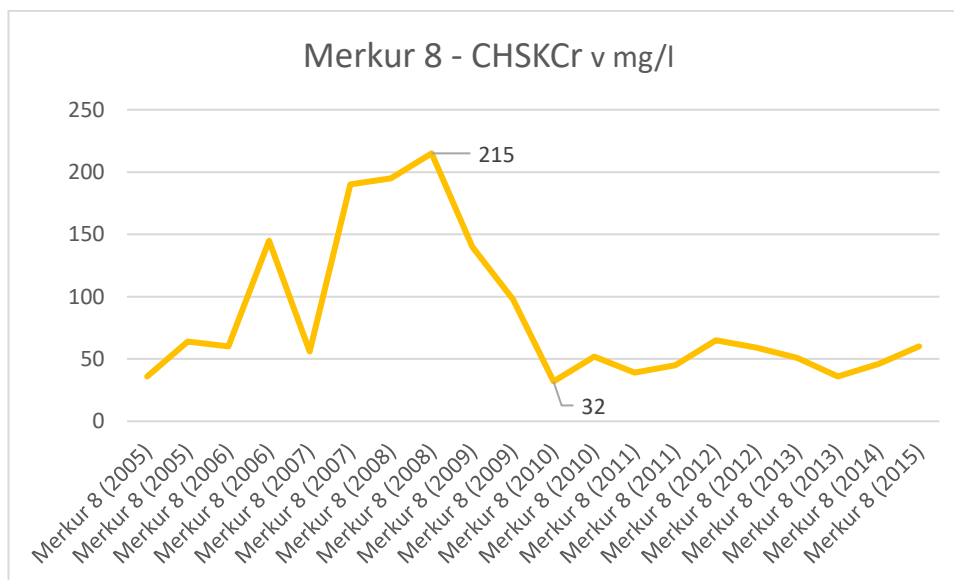
Analýza vzorků z měření na lokalitě Merkur 8 nám dala pohled na nečekané výkyvy naměřených hodnot, které se liší v čase.

Graf č. 10 – výsledky měření pH na lokalitě Merkur 8



Z analýzy výsledků hodnot pH na lokalitě Merkur 8 bylo zjištěno lehce zásadité prostředí (*graf č. 10*). Nejvyšší měřená hodnota 9,84 v roce 2007 byla nejvyšší naměřená hodnota ze všech sledovaných lokalit. Nejvyšší naměřená hodnota byla výkyvem. Nejnižší naměřená hodnota 7,77 byla naměřena v roce 2008. Hodnoty pH se ročně snižují k neutrální hodnotě pH.

Graf č. 11 – výsledky měření CHSK_{Cr} na lokalitě Merkur 8

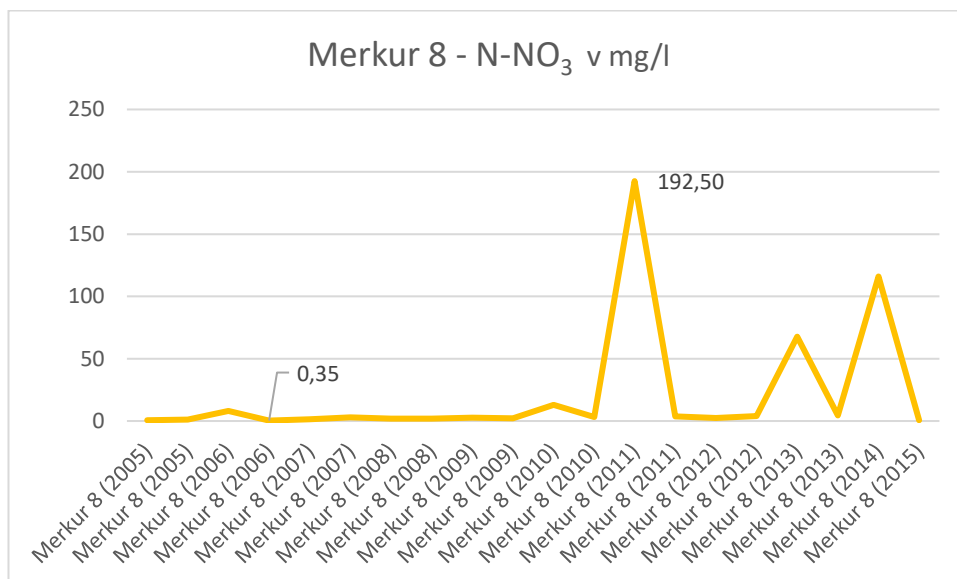


Výsledky z měření chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným (*graf č. 11 v příloze*) zařazujeme do IV. jakostní třídy kvality vod. Nejnižší naměřená hodnota 32 mg.l⁻¹ v roce 2010. Nejvyšší naměřená hodnota 215 mg.l⁻¹ v roce 2008.

Množství železa ve vodě na lokalitě Merkur 8 vyšlo na nejnižší měřenou hodnotu 105 $\mu\text{g.l}^{-1}$ v roce 2013 řadíme do první jakostní kategorie. Nejvyšší naměřenou hodnotou 1390 $\mu\text{g.l}^{-1}$ v roce 2014. Lze vidět konstantní výsledky měření (*graf č. 12 v příloze*) až na výkyv s nejvyšší naměřenou hodnotou v roce 2014.

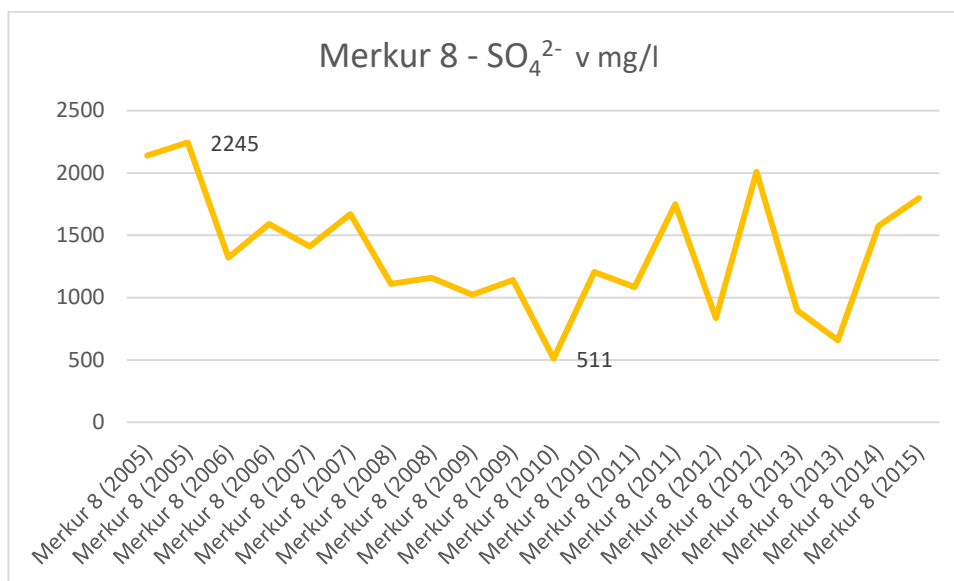
Obsah manganu na lokalitě Merkur 8 můžeme vidět v *grafu č. 13 v příloze*, kdy jsou naměřené hodnoty až na výkyv v letech 2007 až 2009 stejné. Výsledky měření se pohybují na hodnotách 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Výkyv v roce 2008 je 1460 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Při analýze výsledků řadíme obsah manganu do I jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221.

Graf č. 14 – výsledky měření N-NO_3^- na lokalitě Merkur 8



V *grafu č. 14* zjišťuje, že výsledky z měření dusičnanů jsou ve III. jakostní třídě. Nejmenší měřená hodnota dusičnanů na lokalitě Merkur 8 byla 0,35 mg.l^{-1} v roce 2006. Nejvyšší naměřená hodnota 192,50 mg.l^{-1} v roce 2011 je ojedinělý výkyv v naměřených hodnotách.

Graf č. 15 – výsledky měření SO_4^{2-} na lokalitě Merkur 8



Množství sířičitanů je stejně jako na lokalitě Merkur 5 vysoké a nemá konstantní ani klesající sklon. Nejvyšší naměřená hodnota 2245 mg.l^{-1} byla naměřena v roce 2005. Nejmenší naměřená hodnota 511 v roce 2010 byla spíše výkyv. Křivka měla tendenci klesat. Naměřené hodnoty můžeme pozorovat v *grafu č. 15*.

Amoniakální dusík (*graf č. 16 v příloze*) na lokalitě Merkur 8 je až na nejvyšší naměřenou hodnotu 2 mg.l^{-1} v malých číslech, kdy několikrát byla naměřena hodnota 0,05 mg.l^{-1} a nižší.

Obsah nerozpuštěných látek (*graf č. 17 v příloze*) ve vodě na vodní ploše Merkur 8 postupně v letech klesá. Nejvyšší naměřená hodnota 138 mg.l^{-1} v 2006 je výkyvem v naměřených hodnotách. Obvykle se naměřené hodnoty dostávají do II. až III. jakostní třídy dle ČSN 75 7221. V letech 2007, 2009 a 2011 byla naměřena nejnižší hodnota 5 mg.l^{-1} .

V *grafu č. 18 v příloze* lze vyčíst naměřené hodnoty rozpuštěných látek. Až na nejnižší naměřenou hodnotu v roce 2010, 902 mg.l^{-1} a nejvyšší naměřenou hodnotu v roce 2012 4260 mg.l^{-1} jsou hodnoty podobně stejné. V posledních letech mají tendenci zvyšování.

Lokalita Merkur 8 je za dobu 10 let měření zařazena do III. jakostní třídy povrchových vod dle ČSN 75 7221. Voda není vhodná k závlaze.

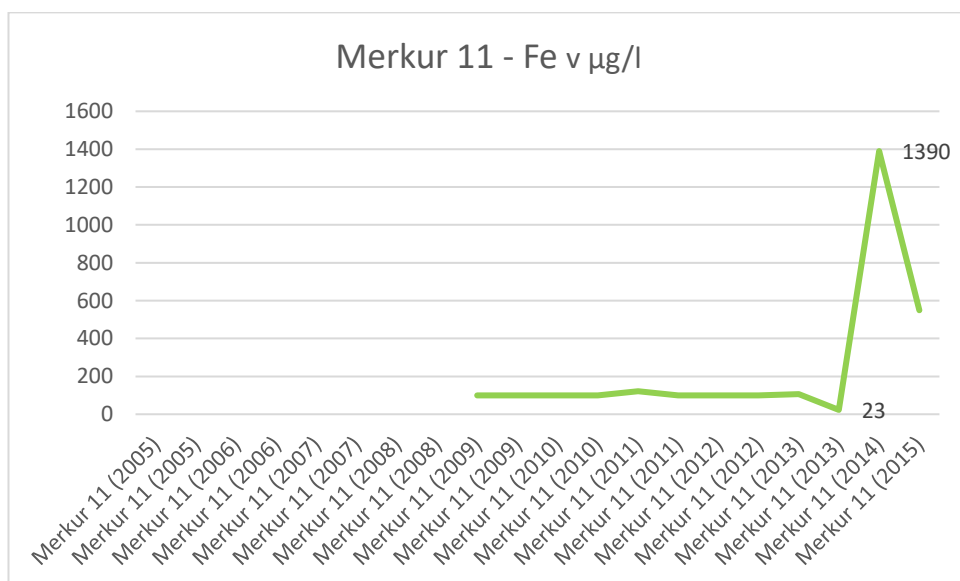
6.3. Výsledky měření na lokalitě Merkur 11

Lokalita Merkur 11 byla zařazena do monitorování až v roce 2009. Výsledná měření máme pouze za období 2009 až 2015.

Hodnot pH (*graf č. 19 v příloze*) se pohybuje v zásaditých hodnotách. Nejmenší měřená hodnota 7,8 byla naměřena v roce 2010. Nejvyšší naměřená hodnota 8,42 byla naměřena v roce 2011. Hodnoty pH si drží konstantní křivku.

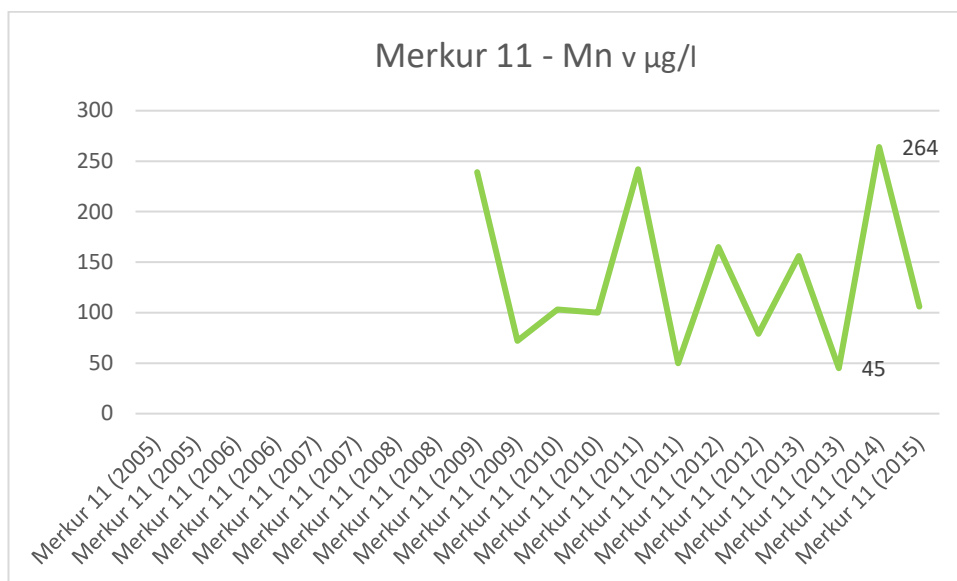
Množství CHSK_{Cr} (*graf č. 20 v příloze*) na lokalitě Merkur 11 zařazuje do II. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221. Nejnižší naměřená hodnota 19 mg.l^{-1} byla naměřena v letech 2009 a 2010. V roce 2011 byla naměřena nejvyššího hodnota z měření 42 mg.l^{-1} .

Graf č. 21 – výsledky měření Fe na lokalitě Merkur 11



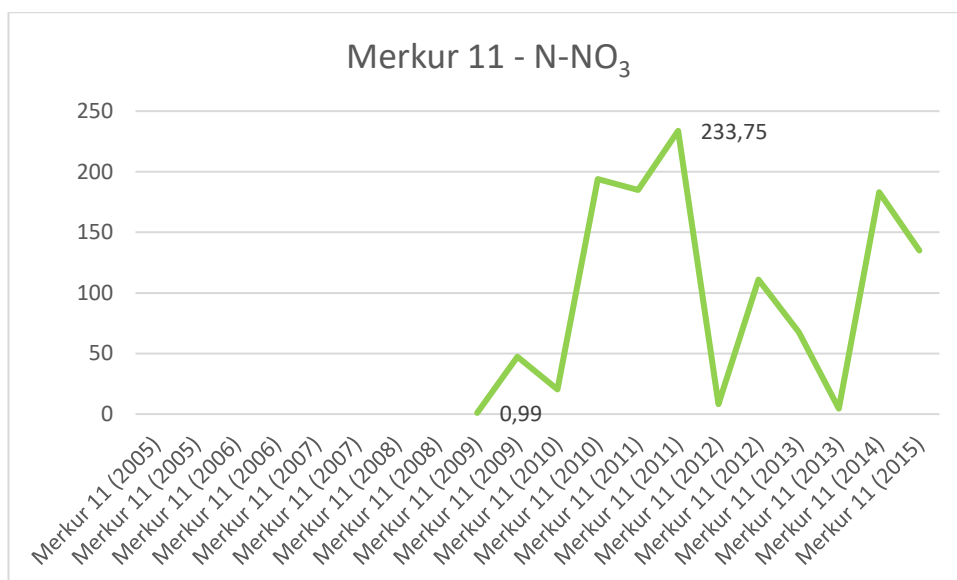
Analýza výsledků železa v *grafu č. 21*, lze vyčíst až na výkyv v hodnotě 1390 µg.l^{-1} v roce 2014 malý obsah železa v lokalitě Merkur 11. Nejnižší naměřená hodnota byla 23 µg.l^{-1} v roce 2013. Výsledky měření řadíme do I. jakostní třídy vod.

Graf č. 22 – výsledky měření Mn na lokalitě Merkur 11



Na lokalitě Merkur 11 je celkem vysoké množství manganu (*graf č. 22 v příloze*). Výsledné hodnoty měření nejsou ustálené. Od nejnižší naměřené hodnoty $45 \mu\text{g.l}^{-1}$ je velký rozdíl od nejvyšší naměřené hodnoty $264 \mu\text{g.l}^{-1}$. Takto vysoká hodnota nebyla ojedinělá.

Graf č. 23 – výsledky měření N-NO_3^- na lokalitě Merkur 11



Ve vysokých hodnotách měřených výsledků je i množství dusičnanů. V *grafu č. 23* lze zjistit, že hodnoty nejsou konstantní a pohybují se od $0,99 \text{ mg.l}^{-1}$ (nejnižší naměřená hodnota v roce v roce 2009) po $233,75 \text{ mg.l}^{-1}$ (nejvyšší naměřená hodnota

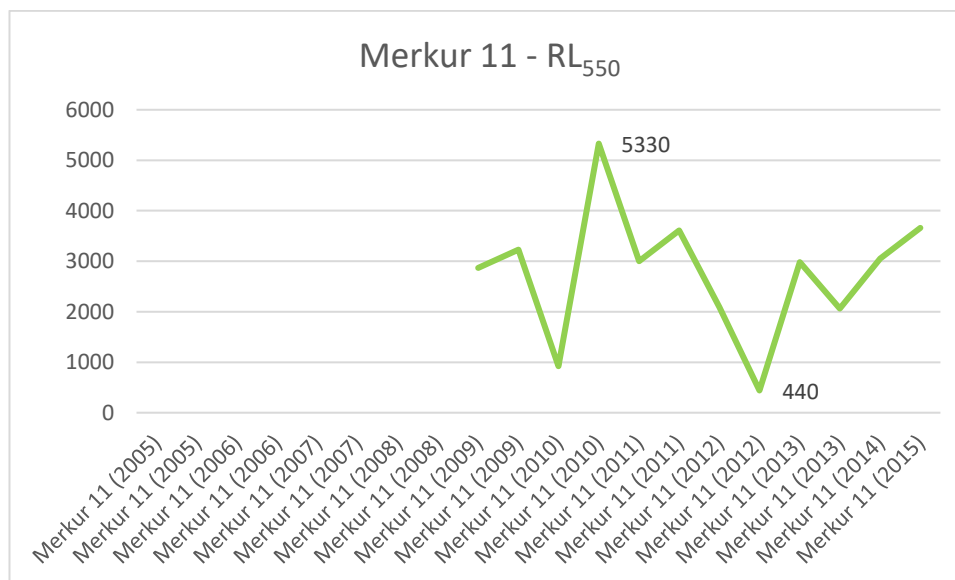
v roce 2011). Množství dusičnanů na lokalitě Merkur 11 řadíme do V. jakostní třídy vod.

Množství sířičitanů je obdobně jako na ostatních lokalitách vysoké a výsledky měření zařazujeme do V. jakostní třídy vod. V grafu č. 24 v příloze můžeme vidět výsledky naměřených hodnot. Nejnižší (506 mg.l^{-1}) a nejvyšší (2928 mg.l^{-1}). Výsledná měřená mají tendenci klesat.

Obsah amoniakálního dusíku (graf č. 25 v příloze) ve vodě na lokalitě Merkur 11 je až na výkyv s nejvyšší naměřenou hodnotou $0,45 \text{ mg.l}^{-1}$ v roce 2013 stejně a to $0,050 \text{ mg.l}^{-1}$. Výsledky měření řadíme do I. jakostní třídy vod.

V grafu č. 26 v příloze lze pozorovat výsledné hodnoty nerozpuštěných látek. Z analýzy měřených hodnot NL řadíme do II. jakostní třídy vod. Nejnižší naměřená hodnota 5 mg.l^{-1} byla naměřena v letech 2009 a 2013. Nejvyšší naměřená hodnota 67 mg.l^{-1} v roce 2010. Nejvyšší naměřená hodnota je ojedinele vysoká oproti zbylým výsledným hodnotám.

Graf č. 27 – výsledky měření RL na lokalitě Merkur 11



Množství rozpuštěných látek ve vodě na této lokalitě má tendenci postupně klesat, avšak výsledky nemají konstantní postupnou klesající hodnotu. Nejmenší výsledná hodnota 440 mg.l^{-1} v roce 2012 je skoro o 5000 mg.l^{-1} nižší, než nevyšší naměřená hodnota 5330 mg.l^{-1} v roce 2010.

Pro kvalitní hodnocení lokality Merkur 11 nám chybí několik let měření. Z analýzy dostupných výsledků řadíme lokalitu Merkur 11 do IV. jakostní třídy dle ČSN 75 7221, silně znečištěná voda.

6.4. Výsledky měření na lokalitě Pruněrov 7

Na lokalitě Pruněrov 7 máme nekompletní výsledky v důsledku malého množství doby v době měření. Z výsledných dat lze vyčíst velké znečištění v roce 2005, kdy se postupně množství měřených látek snižoval.

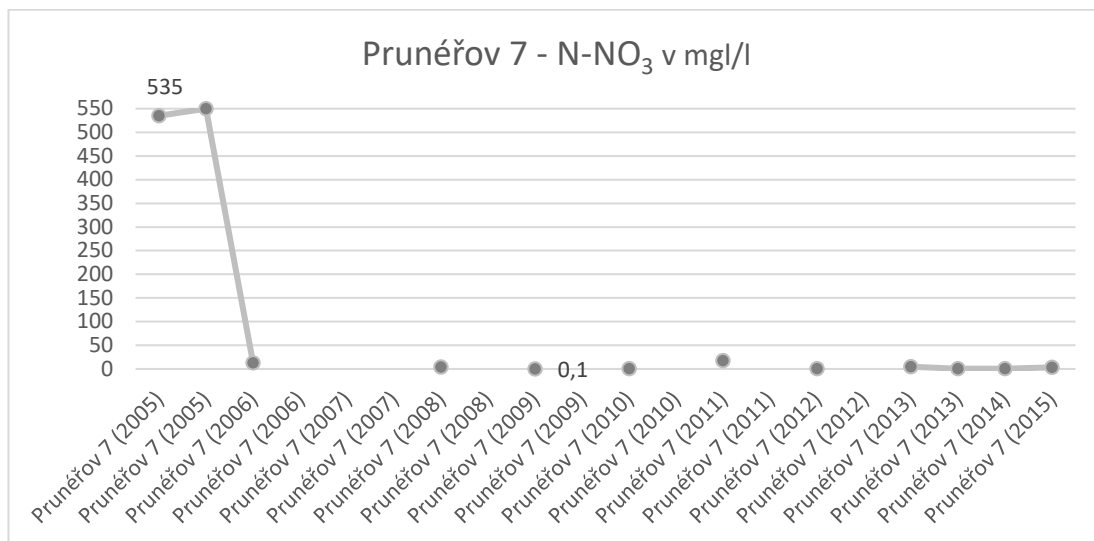
Analýza měření hodnot pH (*graf č. 28 v příloze*) na lokalitě nám ukazuje neutrální hodnoty. Nejvyšší naměřená hodnota 8,1 v roce 2009. Nejnižší naměřená hodnota 7,14 v roce 2013.

Naměřené hodnoty CHSK_{Cr} z *grafu č. 29 v příloze* zjišťujeme, že nejvyšší naměřená hodnota 43 mg.l^{-1} v roce 2005 byla spíše ojedinělá, naměřené hodnoty se pohybovaly v hodnotách I. a II. jakostní třídy vod. Nejnižší naměřená hodnota 14 mg.l^{-1} byla naměřena v roce 2009.

Analýza množství železa (*graf č. 30 v příloze*) na lokalitě Pruněrov 7 je až na dvě stejné nejvyšší hodnoty $790 \mu\text{g.l}^{-1}$ nízká. Nejvyšší naměřené hodnoty železa bylo v letech 2013 a 2015. Množství železa na této lokalitě řadíme do I. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221.

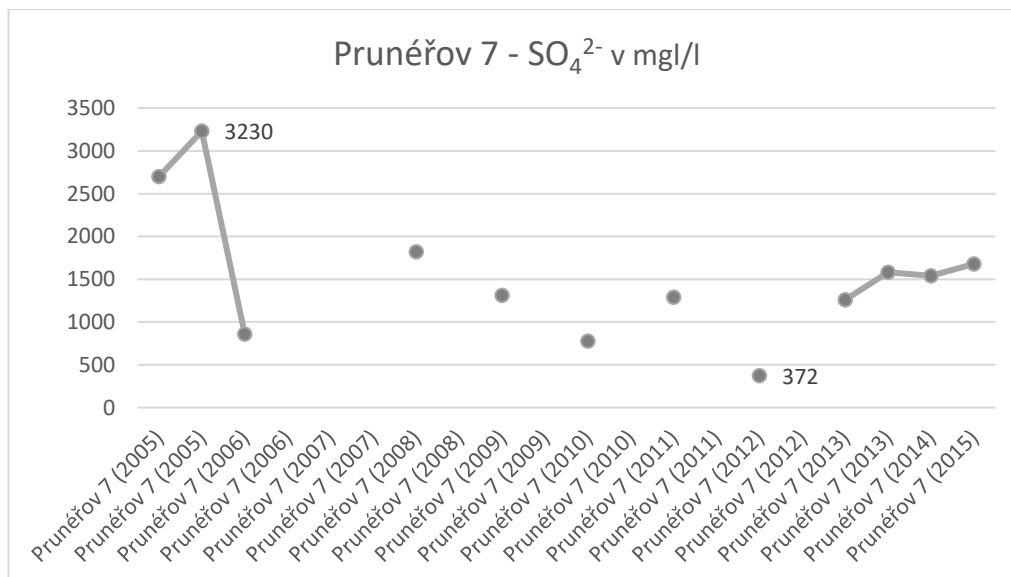
V *grafu č. 31 v příloze* nalezneme výsledná měření manganu. Množství manganu ve vodě na lokalitě Pruněrov 7 je konstantně nízké, kromě prvotního měření v roce 2005, kdy byla naměřena hodnota $4520 \mu\text{g.l}^{-1}$. Následující roky se hodnoty manganu pohybovali v hodnotě $50 \mu\text{g.l}^{-1}$. Výsledky měření manganu zařazujeme do I. jakostní třídy vod.

Graf č. 32 - výsledky měření N-NO₃⁻ na lokalitě Pruněřov 7



Analýza naměřených hodnot dusičnanů v *grafu č. 32* nám ukazuje výsledky, kdy opět nejvyšší naměřená hodnota 535 mg.l⁻¹ byla v roce 2005. V následných měření se hodnoty klesaly. Nejnižší naměřená hodnota 0,1 mg.l⁻¹ byla v roce 2009. Při porovnání s ČSN 75 7221 lze výsledky měření dusičnanů zařadit do I. jakostní třídy.

Graf č. 33 – výsledky měření SO₄²⁻ na lokalitě Pruněřov 7



Na lokalitě Pruněřov 7 vyšlo z analýzy měřených vzorků oproti ostatním lokalitám nízké množství síranů ve vodě (*graf č. 33*). Nejnižší naměřená hodnota 372 mg.l⁻¹ byla naměřena v roce 2012. Nejvyšší ihned na začátku měření v roce 2005, 3230 mg.l⁻¹. I přes nízké naměřené hodnoty řadíme množství síranů na této lokalitě do V. jakostní třídy vod.

Množství amoniakálního dusíku (*graf č. 34 v příloze*) je až v letech 2013 až 2015 velmi nízké. V roce 2013 byla naměřena hodnota 1 mg.l^{-1} . V ostatních letech byla naměřena hodnota 0,05 a nižší, zařazujeme do I. jakostní třídy vod.

V konstantních vývoji jsou nerozpuštěné látky (*graf č. 35 v příloze*). V roce 2005 byla naměřená hodnota $20\,060 \text{ mg.l}^{-1}$, avšak po zbytek měření jsou hodnoty velmi nízké a nejnižší naměřená hodnota 5 mg.l^{-1} byla naměřena v letech 2006 a 2012. I přes nejvyšší naměřenou hodnotu v roce 2005 zařazujeme množství nerozpustných látek do I. jakostní třídy vod.

Neustálené výsledné měření mají rozpuštěné látky (*graf č. 36 v příloze*). Hodnoty se pohybují v IV a V. jakostní třídě vod. V roce 2005 byla naměřená nejvyšší výsledek měření 6640 mg.l^{-1} . V letech 2007 až 2013 analýza měření měla tendenci klesat. Nejnižší množství rozpuštěných látek 1070 mg.l^{-1} bylo naměřeno v roce 2010.

Z analýzy všech výsledků lze usoudit, že v roce 2005 byla voda na lokalitě Prunérov 7 velmi silně znečištěna a postupem let se pročišťovala.

6.5. Výsledky měření na lokalitě ČS Severní svahy

Měření na ČS Severní svahy probíhalo nepravidelně. Měření probíhalo v letech 2010 až 2014 a následně od roku 2017 do roku 2019, kdy se počet měření zvýšil na 4 měření za rok.

Hodnoty pH, které nám ukazuje *graf č. 37 v příloze* se pohybují od nejnižší naměřená hodnota 7,6 v roce 2017 po nejvyšší naměřenou hodnotu 8,6 v roce 2019 v jarním a letním období.

Množství chemické spotřeby kyslíku pomocí dichromanu draselného z *grafu č. 38 v příloze* je patrný vývoj, kdy v roce 2017 v podzimní období byla naměřena nejvyšší hodnota 35 mg.l^{-1} a následně výsledky měření postupně klesaly. Nejnižší naměřená hodnota 9 mg.l^{-1} byla naměřena v roce 2010, kdy pak rapidně vyskočila nahoru. Množství CHSK_{Cr} zařazujeme do II. jakostní třídy vod

Analýza měření železa na čerpací stanici Severní svahy (*graf č. 39 v příloze*) měla v prvních letech nejnižší měření ($100 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$) a to si až na malý výkyvy držela až

do podzimního měření v roce 2019, kdy hodnota vyskočila na 1670 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Množství železa na této čerpací stanici lze zařadit do I. jakostní třídy vod.

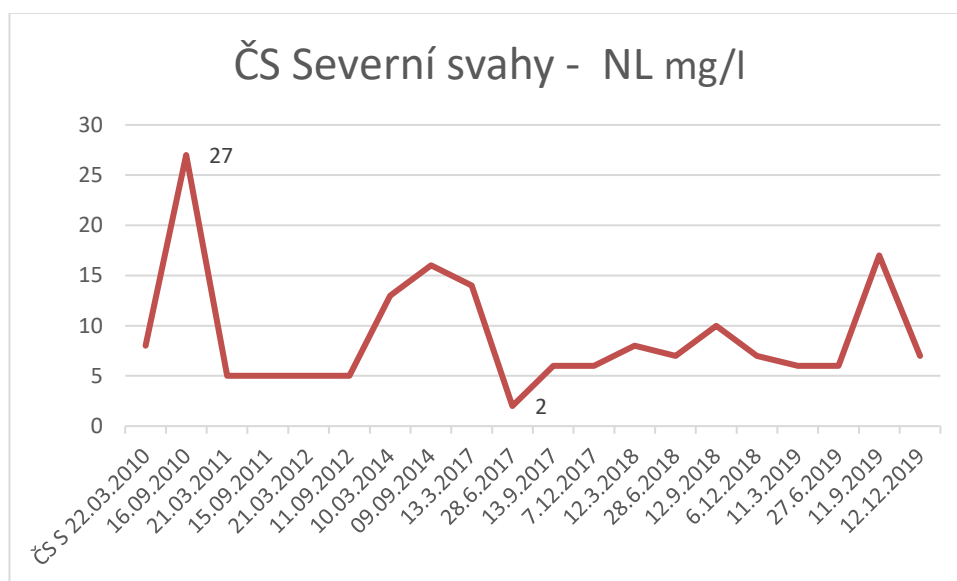
Výsledky z měření manganu (*graf č. 40 v příloze*) zařazujeme do I. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221. 80 % měření měla nejnižší naměřenou hodnotu 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$. V zimním období v roce 2019 vyskočila hodnota manganu na 1290 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

I přes výkyvy měřených výsledků dusičnanů řadíme do I. jakostní třídy vod. Nejvyšší naměřená hodnota 3,5 mg.l^{-1} v zimním období roku 2018. Nejnižší naměřená hodnota 0,5 mg.l^{-1} byla několikrát za celou dobu měření, viz. *graf č. 41 v příloze*.

Množství siřičitanů (*graf č. 42 v příloze*) je dle výsledků neustálý. Nelze pozorovat ani zvýšení, ani snížení. Nejnižší naměřená hodnota 112 mg.l^{-1} byla naměřena v roce 2014 v podzimním období a nejvyšší naměřená hodnota 402 mg.l^{-1} v jarním období v roce 2019. Tyto hodnoty jsou jedny z nejmenších naměřených hodnot z celkové měření na všech lokalitách, i přes to zařazujeme do V. jakostní třídy vod. Dle ČSN 75 7221.

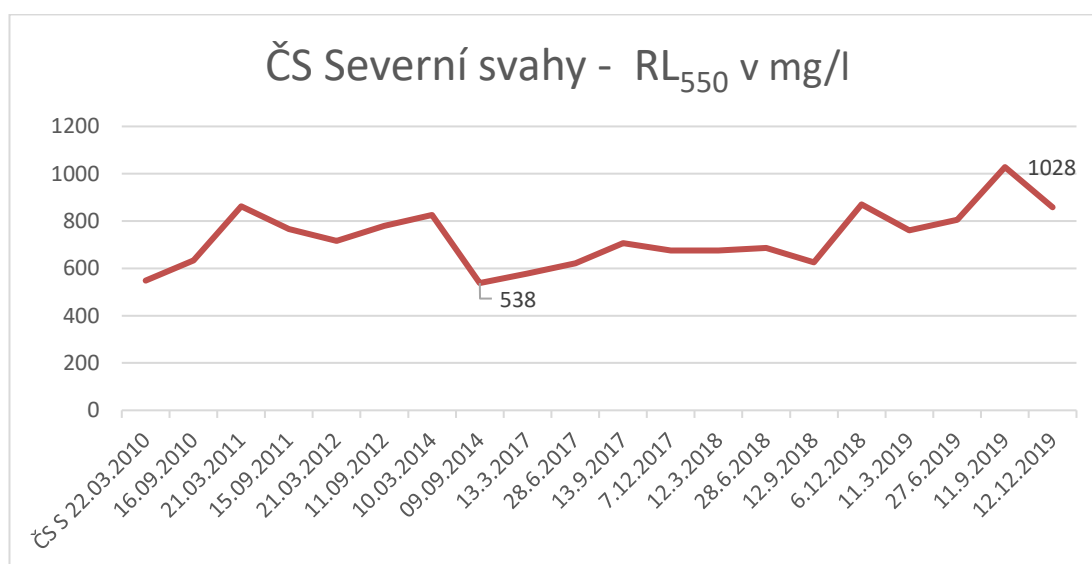
Na ČS Severní svahy se množství amoniakálního dusíku (*graf č. 43 v příloze*), oproti ostatním lokalitám výrazně neliší. Nejnižší naměřená hodnota 0,04 mg.l^{-1} byla změřena hned ve všech letech 2017 až 2019, až na výkyv jarním období 2018 a zimním období 2019, kdy byla naměřena nejvyšší hodnota 0,30 mg.l^{-1} .

Graf č. 44 – výsledky měření NL na ČS Severní svahy



V *grafu č. 44* máme výsledné hodnoty nerozpuštěných látek. Až na nejvyšší naměřenou hodnotu 27 mg.l⁻¹ je množství nerozpuštěných látek nízké. Nejnižší naměřená hodnota 2 mg.l⁻¹ byla naměřena v letním období v roce 2017. Dle nízkých výsledků měření řadíme nerozpuštěné látky na této čerpací stanici do I. jakostní třídy vod.

Graf č. 45 – výsledky měření RL na ČS Severní svahy



Rozpuštěné látky ve vodě na této čerpací stanici jsou dle výsledků a porovnání s ostatními lokalitami nízké. Nejnižší naměřená hodnota 538 mg.l⁻¹ byla v podzimním období v roce 2014. Nejvyšší naměřená hodnota 1028 mg.l⁻¹ byla naměřena v podzimním období v roce 2019. Na této čerpací stanici řadíme rozpuštěné látky do II. jakostní třídy.

ČS Severní svahy dle ČSN 75 7221 řadíme do II. jakostní třídy vod – mírně znečištěná voda, voda je podmíněčně vhodná k závlaze.

6.6. Výsledky měření na lokalitě ČS Lužnička

Měření na čerpací stanici Lužnička probíhalo dvakrát ročně v letech 2006 až 2014 a čtyřikrát ročně 2017 až 2019. Z výsledků měření lze usoudit, že voda v ČS Lužnička nemá ustálené parametry.

V *grafu č. 46* v příloze můžeme vidět naměřené výsledné hodnoty pH. Nejnižší (6,85) a nejvyšší (8,4) naměřená hodnota byla z roku 2008. Hodnoty se pohybují v mírně zásaditých číslech.

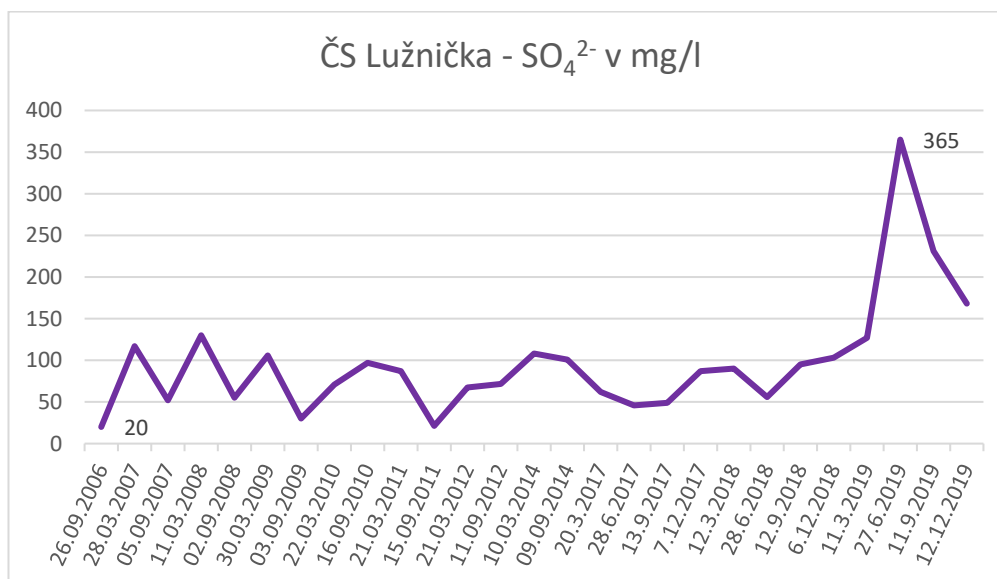
Analýza výsledných měřených CHSK_{Cr} na této čerpací stanici (*graf č. 47 v příloze*) zařazujeme do II. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221. Nejnižší naměřená hodnota 3 mg.l^{-1} v podzimním období v roce 2019 byla nejmenší naměřená hodnota na všech měřených lokalitách. Nejvyšší naměřená hodnota 52 mg.l^{-1} byla naměřena v roce 2014.

Množství železa ve vodě na ČS Lužnička (*graf č. 48 v příloze*) bylo postupně se zvyšující. Od 2014 se výrazně množství železa ve vodě zvýšilo. Nejvyšší naměřená hodnota $3480 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ v zimní období v roce 2019. Nejnižší hodnoty byly sledovány v letech 2006, až 2011. Stanovené množství železa na ČS Lužnička zařazujeme do III. jakostní třídy vod.

V *grafu č. 49 v příloze* lze vidět výsledná měření množství manganu ve vodě. Nejvyšší naměřená hodnota $1600 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ je ojedinělým výkyvem ve výsledcích naměřených hodnot. Nejnižší naměřená hodnota $39 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ byla naměřena v roce 2010. Křivka výsledků je až na menší výkyvy nemění. Nemá tendenci se zvyšovat ani snižovat.

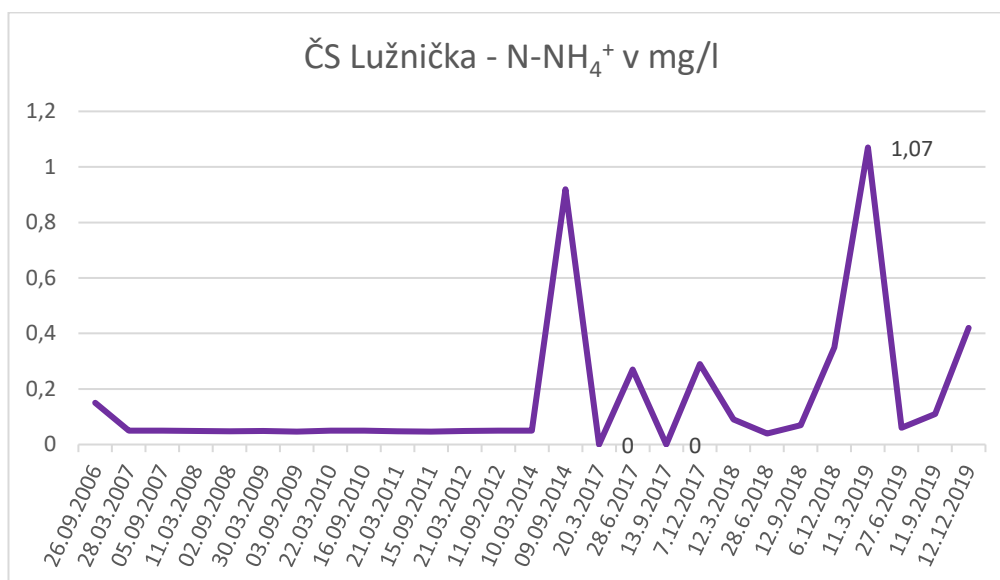
Množství dusičnanů (*graf č. 50 v příloze*) na ČS Lužnička nám ukazuje neustálý vývoj naměřených hodnot. Výsledné hodnoty jsou velmi vysoké oproti ostatním měřeným lokalitám. Nejnižší naměřená hodnota $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ byla naměřena v roce 2009. Nejvyšší naměřená hodnota $13,7 \text{ mg.l}^{-1}$ v roce 2010. Množství dusičnanů zařazujeme do IV. jakostní třídy vod.

Graf č 51 – výsledky měření SO_4^{2-} na ČS Lužnička



Při analýze výsledků síranů můžeme v *grafu č. 51 v příloze* sledovat konstantní naměřené hodnoty. Ojedinelý výkyv jarním období v roce 2019 s nejvyšší naměřenou hodnotou 365 mg.l^{-1} i tak zařadíme do II. jakostní třídy vod. Ostatní výsledky měření jsou nízké. Nejnižší naměřená výslední hodnota 20 mg.l^{-1} je totiž nejnižší ze všech sledovaných lokalit.

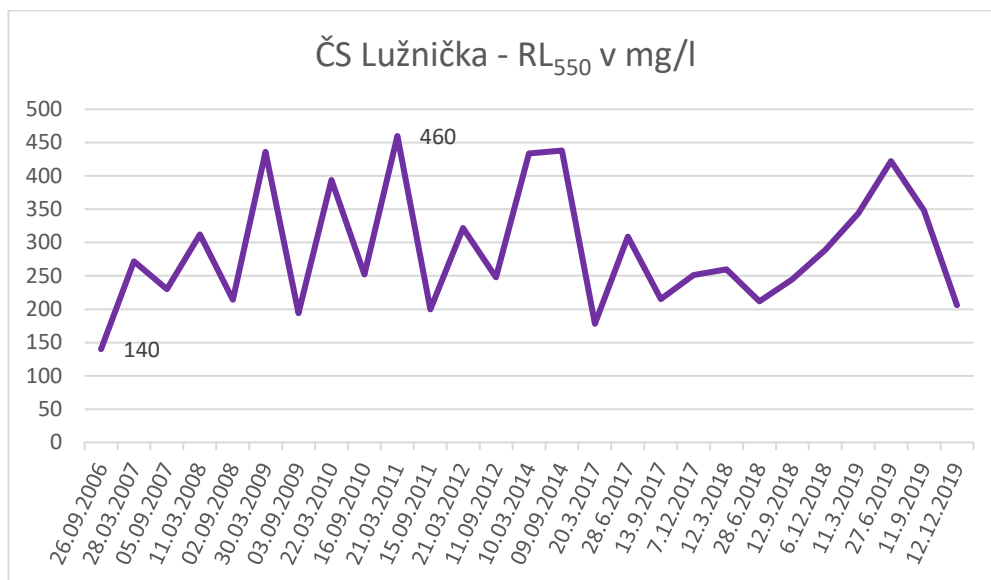
Graf č. 52 – výsledky měření N-NH_4^+ na ČS Lužnička



Výsledné hodnoty měření amoniakálního dusíku na této čerpací stanici jsou postupně se zvyšující. V letech 2006 až 2012 mají velmi nízké hodnoty. Avšak od roku 2014 se střídají vysoké naměřené hodnoty s nízkými, kdy byla i zaznamenána nejnižší hodnota $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$ v roce 2017 v jarním období. Množství amoniakálního dusíku na ČS Lužnička řadíme do II. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221.

V *grafu č. 53 v příloze* vidíme výsledná měření nerozpuštěných látek ve vodě. Hodnoty mají velké výkyvy, kdy několikrát byla naměřena hodnota 2 mg.l^{-1} mezi vysokými hodnotami. Nevyšší naměřená hodnota 32 mg.l^{-1} byla naměřena v roce 2009.

Graf č. 54 – výsledky měřené RL na ČS Lužnička



Množství rozpuštěných látek (RL) na této čerpací stanici má konstantní vývoj. Nejnižší naměřená hodnota 140 mg.l⁻¹ byla hned na začátku měření v roce 2006. Nejvyšší naměřená hodnota v 460 mg.l⁻¹ v roce 2011. Z analýzy výsledných vzorků řadíme množství rozpuštěných látek do II. jakostní kategorie.

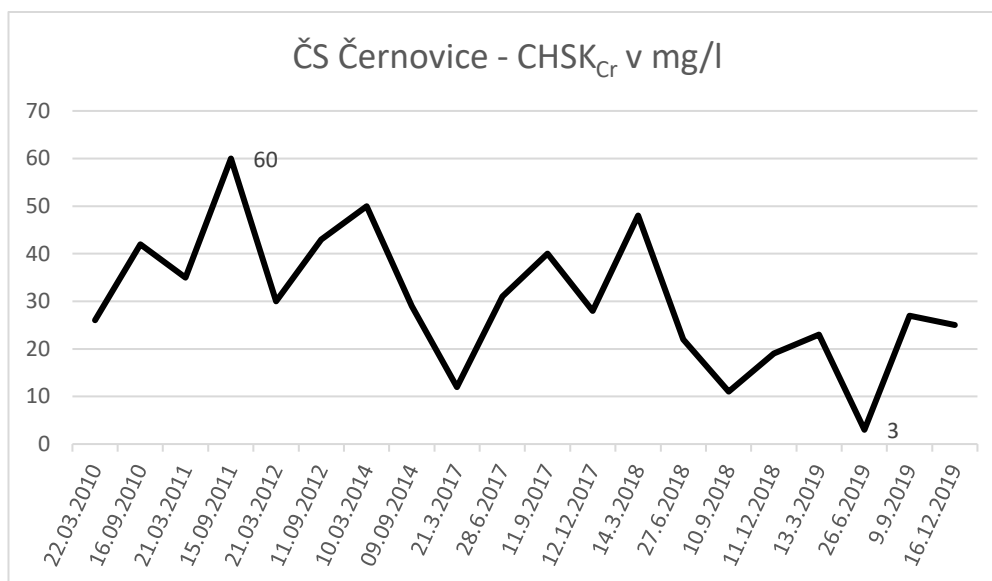
ČS Lužnička měla největší zkoumané období. Bylo vyzorováno znečištění vody, kdy se následně postupně let snižuje. Čerpací stanici řadíme do I. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221. Voda je vhodná k závlaze.

6.7. Výsledky měření na lokalitě ČS Černovice

Na čerpací stanici Černovice probíhalo měření v letech 2010 až 2014, kdy se odebírali dva vzorky ročně. Následně probíhalo měření od roku 2017 až 2019, kdy se odebírali čtyři vzorky ročně.

Z výsledků měření hodnoty pH (*graf č. 55 v příloze*) na této čerpací stanici vyšlo najevo neutrální až mírně zásadité pH. Vývojově se křivka nemění a je konstantní. Nejnižší naměřená hodnota 7,30 byla změřena v zimním období roku 2019. Nejvyšší naměřená hodnota v roce 2011. Takto ojedinělý výkyv v měření mohl znamenat chybu v měření nebo například zvýšení eutrofizace vod v době odběru vzorku.

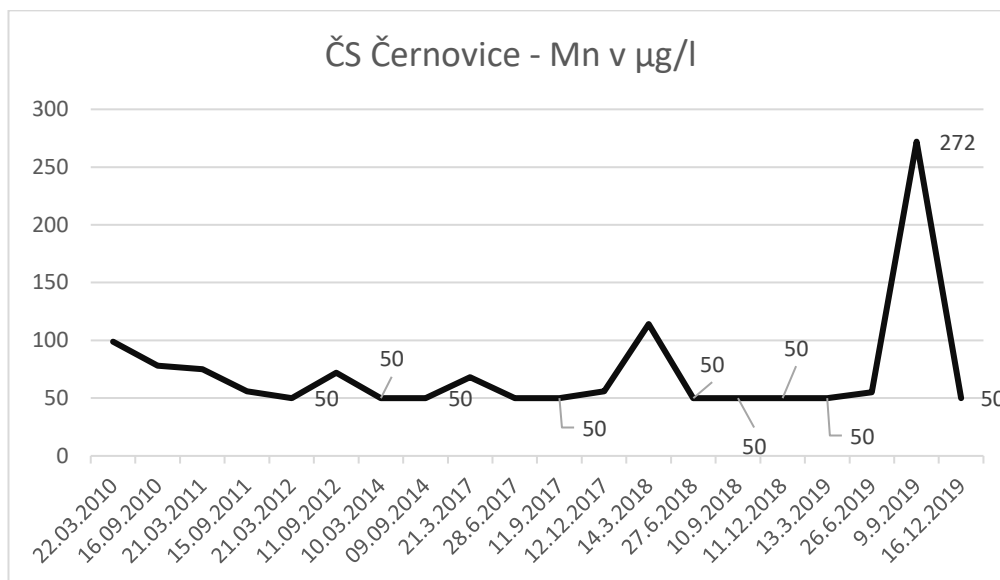
Graf č. 56 – výsledky měření CHSK_{Cr} na lokalitě ČS Černovice



Množství chemické spotřeby kyslíku nám ukazuje *graf č. 56*. Při porovnání ČSN 75 7221 řadíme vyhodnocení CHSK_{Cr} do II. jakostní třídy vod. V roce 2011 ve stejném období, kdy bylo zvýšené i hodnoty pH byla naměřena nejvyšší hodnota 60 mg.l⁻¹. V jarním období roku 2019 byla naměřeno 3 mg.l⁻¹. Množství chemické spotřeby kyslíku má tendenci klesat.

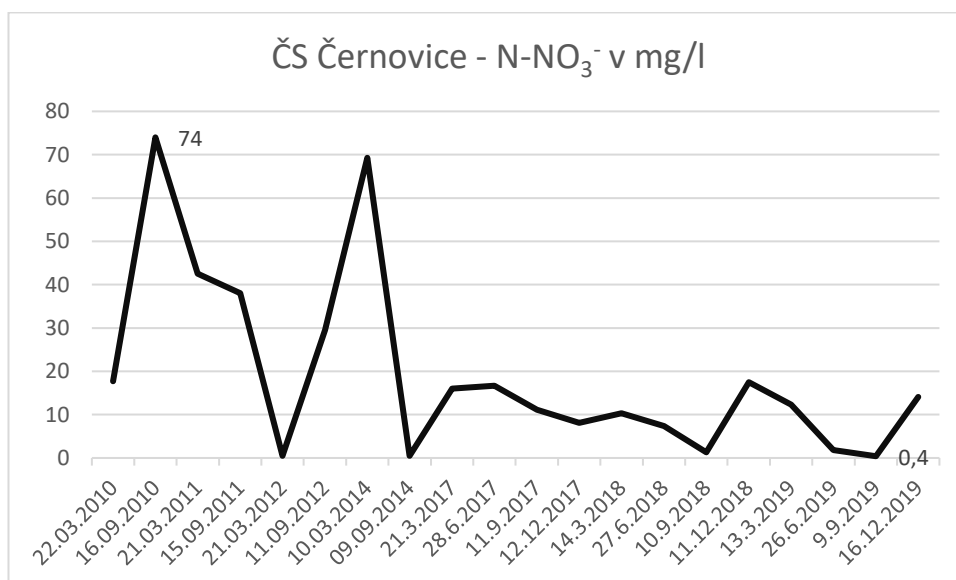
Ojediné vysoké výkyvy má množství železa (*graf č. 57 v příloze*), kdy nejvyšší naměřená hodnota 1050 µg.l⁻¹ byla naměřena v roce 2014. Vývojově došlo skokově k nárůstu množství železa v letním období v roce 2019. Z výsledků lze usuzovat eutrofizaci vod a lokální průsaky znečištění. Obsah železa zařazujeme do I. jakostní třídy vod.

Graf č. 58 – výsledky měření Mn na lokalitě ČS Černovice



Analýza obsahu manganu na této čerpací stanici, lze srovnat s výsledky množství železa. Také zde došlo v ojedinělému výkyvu v letním období 2019, kdy se naměřila hodnota 271 µg.l⁻¹. Množství naměřeného manganu zařazujeme do I. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221.

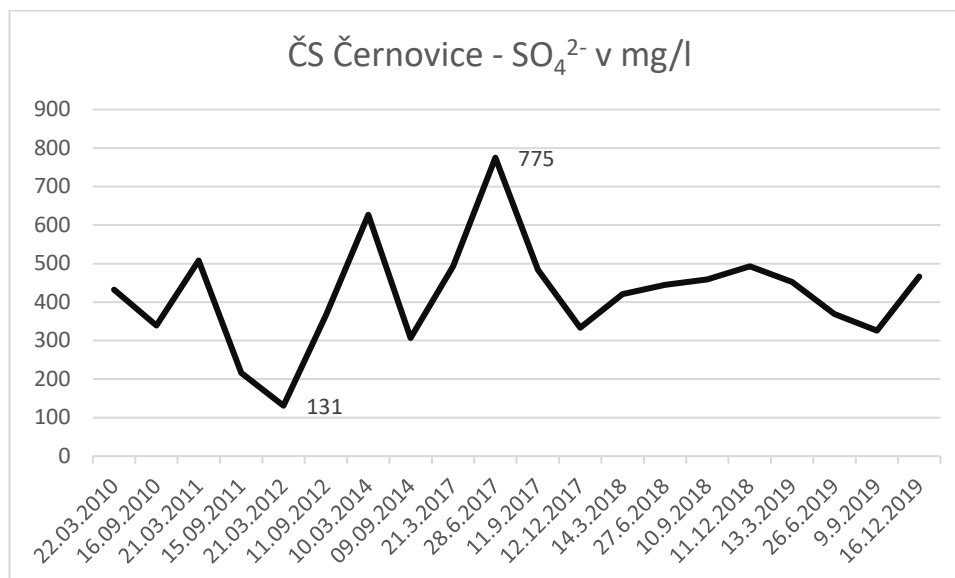
Graf č. 59 – výsledky měření N-NO₃⁻ na lokalitě ČS Černovice



Postupně klesající obsahu ve vodě mají dusičnany. Kdy v roce 2010 byla naměřena nejvyšší hodnota 74 mg.l⁻¹ a postupně v letech 2012 až 2019 má klesající

tendenci. Zvyšování obsahu dusičnanů ve vodě mohlo způsobit hnojení na okolních rekultivovaných plochách.

Graf č. 60 – výsledky měření SO_4^{2-} na lokalitě ČS Černovice



Při analýze obsahu siřičitanů došlo k závěru lokálního znečištění v letech 2014 a 2017. V roce 2017 v jarním období byla naměřena nejvyšší hodnota na této lokalitě, 775 mg.l^{-1} . Avšak tato hodnota patří k nejmenším naměřeným hodnotám při porovnání s ostatními lokalitami. Množství siřičitanů řadíme do III. jakostní třídy vod.

Z množství amoniakálního dusíku v *grafu č. 61 v příloze* lze vyčíst nejvyšší naměřenou hodnotu v $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$ v roce 2011. Množství se postupem let snižuje a nemá tendenci rapidně vzrůstat. Nejnižší naměřená hodnota $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$ byla naměřena v letním období v roce 2017. Zařazujeme do II. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221.

Při stanovení obsahu nerozpuštěných látek (*graf č. 62 v příloze*) v čerpací stanici Černovice došlo ke dvěma velkým výkyvům v měření. První se odehrálo v roce 2011, kdy byla naměřena nejvyšší hodnota na této lokalitě. 57 mg.l^{-1} . Druhý výkyv se odehrál v roce 2014. Nejnižší naměřené hodnoty 2 mg.l^{-1} byli změřeny v roce 2018.

Poslední parametrem měření byl obsah rozpuštěných látek. Množství se pohybuje ve vysokých hodnotách, kdy ani nejnižší naměřená hodnota 478 mg.l^{-1} nespadá do I. jakostní třídy vod. Nejvyšší naměřená hodnota 1350 mg.l^{-1} byla

naměřena jarním období v roce 2014. Můžeme sledovat konstantní vývoj, který má tendenci klesat.

ČS Černovice zařazujeme do III. jakostní třídy vod dle ČSN 75 7221. Voda není vhodná k závlaze. Na výsledcích naměřených hodnot u všech zkoumaných parametrů lze vidět lokální znečištění s tendencí následného snižování.

7. Diskuze

Z výsledků můžeme pozorovat hodnoty pH, které se u všech měřených lokalit pohybují v neutrálním až mírně zásaditých hodnotách. Občasné výkyvy souvisí s dalšími naměřenými hodnotami, kdy se poukazovalo na znečištění.

Při porovnání měření chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným vyšla nejlépe ČS Severní svahy, kdy nejnižší a nejvyšší hodnota měla rozestup pouhých 26 mg.l⁻¹. Nejhůře na tom je lokalita Merkur 8, kde byla naměřená nejvyšší hodnota 215 mg.l⁻¹.

Z analýzy výsledku železa na sledovaných lokalitách lze vidět postupný nárůst v posledních letech. „Nejhůře“ dopadla překvapivě ČS Lužnička, která má nejvyšší naměřenou hodnotu 3480 µg.l⁻¹. Znečištění vod mohl způsobit výluh z železných rud a zvýšení obsahu CO₂. I když se nejedná o zdravě škodlivé znečištění nadále bych sledovala vývoj množství nejen železa, ale i manganu. I ten má zvyšující se křivku naměřených hodnot na všech sledovaných lokalitách.

Na lokalitách Merkur 5, Merkur 8 a Merkur 11 lze pozorovat zvyšující se křivku v množství obsahu dusičnanů ve vodě. Naopak ostatní lokality mají opačný jev, kdy se křivka naměřených hodnot dusičnanů ve vodě snižuje nebo je konstantní.

Nejvíce očekávané výsledky měření siřičitanů ve vodě ukázalo, že starší lokality jako je Merkur 5, Merkur 8 a Merkur 11 mají již klesající sklon křivky výsledků naměřených hodnot. Lokalita Pruněřov 7 nízké výsledky, ale kvůli chybějícím datům, díky malému množství vody, nelze vyvodit závěry. Čerpací stanice Severní svahy, Lužnička a Černovice poukazují na stále aktivní činnost lomu.

Zvýšené hodnoty amoniakálního dusíku na lokalitách Merkur 5, Merkur 8, Merkur 11 a Pruněřov 7 mohou poukazovat na rozklad organických látek ve vodách nebo odpadní a splaškové zemědělských vod úniky do okolí. Zbylé sledované plochy mají neustálené křivky z měřených výsledků.

Množství nerozpuštěných látek na lokalitách má tendenci klesat. Vidím zde dobré znamení v podobě pročišťování vod z následku těžby uhlí. Nejvyšší naměřená hodnota 20 060 mg.l⁻¹ na lokalitě Pruněřov 7 bych usuzovala chybě v měření. V následujícím měření se již takto vysoké hodnoty neobjevovaly.

Posledním měřeným parametr, rozpuštěné látky ve vodě mají se zvyšovat, zejména na lokalitách Merkur 5, Merkur 8, Merkur 11 a Pruněrov 7. Tyto vody ačkoliv nejsou plně stojaté nemají tak vysoký odtok, jako čerpací stanice Severní svahy, Lužnička a Černovice.

Všechna výsledná měření na lokalitách byly porovnávány s ČSN 75 7221 a zařazeny do jakostní třídy, které jsou zahrnuty ve výsledcích. Nejnižší kategorii měla ČS Lužnička. Nejvyšší jakostní třídu měla lokalita Merkur 11.

Po vyhodnocení výsledků a srovnání s Českou technickou normou ČSN 75 7221 je potřeba nadále stav vod v lokalitě Tušimic sledovat. Možné úpravy vod pro zlepšení jejího stavu do budoucna. Za 10 let se stav obsahu síranů ve vodách pomalu snižuje a je potřeba k tomu nadále přispívat. Snažit minimalizovat propustnost síranů do vod a její znečištění.

8. Závěr

Nynější výsledná měření nám ukázala velké rozptyly v měřených výsledcích. Nejen na lokalitě samotné, ale v porovnání s ostatními lokalitami. Jsou zde vidět lokální i dlouhodobé znečištění. Dlouhodobé znečištění přisuzuje tato práce historii lokality, kdy je potřeba nadále sledovat trend vývoje naměřených hodnot.

Po zhodnocení všech naměřených výsledků na sledovaných lokalitách jsem došla k závěru, že bych ráda pokračovala ve sledování lokality Tušimice monitoringem vod. Je zde možná celá škála měření na lokalitách, které jsou postupně rekultivované a můžou nám dát pohled na změnu v čase.

Máme zcela novou šanci vytvořit krajinu, která již byla našimi předky zdevastována. Za použití nejnovějších poznatků, technologií a zkoumání vybudovat ucelený ekologicky stabilní krajinu a bude mít možnost dlouho udržitelného vývoje.

Tato práce přinesla zhodnocení výsledků naměřených na sledovaných lokalitách. Pro úplně přehledné zpracování a přehled vývoje stavu vod v Tušimích bylo potřeba několikaleté sledování všech vodních ploch v Tušimích.

9. Použité zdroje

- Zeleny, Václav a Ondráček, Čestmír. *Rostliny Tušimicka*. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o., 2000. ISBN 80-247-0001-8.
- KOL. AUTORŮ. Kapitoly z ochrany životního prostředí, Litvínov: Schola Humanitas, 1997, nepublikováno.
- Brožík, Mgr. Jaromír. *ÚVOD DO STUDIA pedologie, meliorací zemědělských půd a rekultivací území ovlivněných těžbou nerostných surovin*. Litvínov: Schola Humanitas, 2006, nepublikováno.
- Bejček, Vladimír a Šťastný, Karel. *Fauna Tušimicka*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-716-9875-X.
- Šmídl, RNDr. Milan, PhD., Hanušová, Bc. Eva a Janíček, Bc. Pavel. *Monitorování a ekologické analýzy: 3. ročník*. Litvínov: Schola Humanitas, 2014, nepublikováno.
- Štýs, Ing. Stanislav, DrSc. *KRAJINA NADĚJE: PROMĚNY ÚZEMÍ MEZI KADANÍ A BŘEZNEM*. Ústecké tiskárny, s.r.o.: Ing. Stanislav Srnka, 2014. 1. vydání. ISBN 978-80-260-5855-7.
- Štýs, S., 1981: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. SNTL Nakladatelství technické literatury, 1981, Praha.
- Štýs, S., Helešicová, L., 1992: Proměny měsíční krajiny. Nakladatelství Bílý slon, 1992, Praha., ISBN80-901291-0-2.
- Štýs, S., 1996: Zelené plíce černého severu. Severočeské doly a.s., Chomutov.
- Štýs, S. Blížková R., Ritschelerová I., Proměny Severozápadu, Český statistický úřad, 2014, ISBN 978-80-250-2556-7
- Kolář Pavel, Ekosystémová a krajinná ekologie, Karolinum, 2014, ISBN 978-80-246-2788-5
- Daoliang Li, Shuangyin Liu. *Water Quality Monitoring and Management : Basis, Technology and Case Studies*, nepublikováno
- Bartram Jamie, Ballance Richard. *Water Quality Monitoring : Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Program*, nepublikováno
- Bradshaw, A., 1997: Restoration of mined lands—using natural processes, 1997, nepublikováno

- SMOLÍK, D.: Problematika životního prostředí. Soubor přednášek I., DT ČSVTS; Ostrava 1991.
- Gallo Jurex Cuyunca: Water reclamation and Sustainability, Delve Publishing, 2019, ISBN: 978-1-77407-479-4
- Zdař Bůh.cz: Historie podniku Doly Nástup, Tušimice. [online]. 2008 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z:<http://www.zdarbuh.cz/reviry/shd-reviry/historie-podniku-doly-nastup-tusimice/>
- Zaniklé obce a objekty.cz, 2008 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z:http://www.zanikleobce.cz/index.php?menu=11&duv=uhli_chomutov
- Bech Jaume, Bini Cladio, Pashkevich Mariya A., Assessment, Restoration and Reclamation od Mining influenced Soils, Academic Press, 2017, ISBN: 978-0-12-809588-1
- Fribertová Marcela, POSOUZENÍ ZÁKLADNÍCH UKAZATELŮ ODPADNÍ VODY FIRMY DERMACOL, Brno, 2010, nepublikováno.
- Oliva Jiří, Rekultivace území dotčeného těžbou dolů Nástup Tušimice, Ostrava, 2014, nepublikováno

10. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Grafy výsledných měření

Příloha č. 2 – Ortofotomapy lokalit

Příloha č. 3 – Fotodokumentace lokalit

