

Gymnázium Gelnica
SNP 1, 056 01 Gelnica

Ružínska priehrada volá o pomoc

STREDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOSŤ

číslo odboru: 05 – Životné prostredie, geografia, geológia

2022
Gelnica

riešiteľ
Rebeka Jančíková
Ročník štúdia: tretí

Gymnázium Gelnica
SNP 1, 056 01 Gelnica

Ružínska priehrada volá o pomoc

STREDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOSŤ

číslo odboru: 05 – Životné prostredie, geografia, geológia

2022
Gelnica

riešiteľ

Rebeka Jančíková

Ročník štúdia: tretí

Konzultanti: RNDr. Lenka Škarbeková

Ing. Ines Karlovská

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som predloženú prácu stredoškolskej odbornej činnosti vypracovala samostatne s použitím uvedených literárnych zdrojov. Prácu som neprihlásila a ani neprezentovala v žiadnej inej súťaži, ktorá je pod gestorstvom MŠVVaŠ SR. Som si vedomá dôsledkov, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Gelnici, 02. 03. 2022

.....

vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Touto formou by som chcela poďakovať predovšetkým za pomoc a odborné vedenie pri experimentálnej časti Ing. Ines Karlovskej z Ústavu chemického a environmentálneho inžinierstva Fakulty chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Veľká vďaka patrí tiež pánovi doc. Ing. Františkovi Čachovi, PhD. z Ústavu analytickej chémie Fakulty chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave za ochotu a praktickú pomoc pri realizácii analýz. V neposlednom rade ďakujem RNDr. Lenke Škarbekovej za pripomienky a cenné rady pri vypracovaní tejto práce.

Experimentálna časť tejto práce bola vykonaná v laboratóriách Fakulty chemickej a potravinárskej technológie v Bratislave.

Obsah

Úvod	5
Ciele práce	7
Metodika práce	8
Teoretická časť	10
1 Metódy analýzy vzoriek pri posudzovaní kvality ŽP	10
1.1 Atómová absorpčná spektrometria	10
1.2 Prietoková rozpúšťacia chronopotenciometria	10
1.3 Stanovenie ukazovateľov kvality povrchových vôd	11
1.3.1 Stanovenie koncentrácie amoniakálneho dusíka	11
1.3.2 Stanovenie koncentrácie dusitanového dusíka	11
1.3.3 Stanovenie koncentrácie dusičnanového dusíka	11
1.3.4 Stanovenie rozpustených látok	12
1.3.5 Stanovenie chemickej spotreby kyslíka - CHSK	13
1.3.6 Stanovenie ostatných ukazovateľov vody	13
1.3.7 Stanovenie ťažkých kovov z výluhu sedimentov	13
2 Vodná nádrž Ružín, jej história a súčasný stav	14
2.1 Charakteristika Ružína	14
2.2 Možnosti rekreácie v okolí Ružína	15
2.3 Znečistenie Ružína	16
2.3.1 Spolupráca s OZ Čistejší Ružín	18
Experimentálna časť	20
Výsledky analýz	21
Diskusia	25
Záver	26
Zhrnutie	27
Zoznam použitej literatúry	28
Prílohy	30

Úvod

V nádhernom prostredí východného Slovenska neďaleko Košíc sa nachádza umelá vodná nádrž Ružín. Vznikla zaplavením niekoľkých malých obcí v blízkosti obce Margecany. Priehrada patrí medzi najdlhšie a najkrajšie priehrady na Slovensku a v minulosti bola vyhľadávanou rekreačnou oblasťou pre turistov z okolitých miest a obcí. Nachádza sa na rieke Hornád juhovýchodne od obce Margecany a patrí medzi zdroje úžitkovej vody pre priemysel a tepelnú energetiku závodov v Košiciach, avšak slúži aj na relax a oddych.

Nie nadarmo sa hovorí, že od stavu životného prostredia závisí aj zdravotný stav obyvateľstva. Hlavne, a predovšetkým v tejto súvislosti, je problematika životného prostredia, jeho stavu a ochrany, vysoko aktuálnou záležitosťou. Za posledné desaťročie čelí Ružínska priehrada a jej okolie problémom, ktoré sa pravidelne opakujú a znižujú záujem o jej návštevu. K enormnému znečisteniu prispievajú hlavne naplavené odpadky prichádzajúce najmä z oboch jej prítokov, Hornádu aj Hnilca. Na brehoch týchto riek sa nachádzajú čierne skládky s veľkým množstvom odpadu rôzneho druhu a pôvodu.

Práca je členená na teoretickú a praktickú časť. V teoretickej časti sa venujeme histórii Ružínskej priehrady, jej súčasnej charakteristike, rozoberáme možnosti rekreácie v okolí Ružína, analyzujeme problematiku znečistenia a približujeme aj proenvironmentálne aktivity členov OZ Čistejší Ružín a spoluprácu so žiakmi Gymnázia v Gelnici. Neúnavná snaha práve členov OZ i nespokojných chatárov z okolia Ružína za jeden rok ich činnosti a vynaloženého úsilia prináša po desaťročí rôzne kroky, riešenia a viditeľné zmeny nielen smerom k čistejším brehom Ružína, ale aj k bezodpadovému hospodárstvu na tej najvyššej úrovni. 1. január 2022 bol prelomovým dňom zmeny v zmysle zavedenia zálohovania plastových fliaš a plechoviek. Tieto obalové materiály v najväčšej miere tvorili zložku naplaveného odpadu tiahnuceho sa po hladine najdlhšej priehrady Slovenska. Enormný stav v podobe úplne zaplnenej hladiny Ružínskej priehrady odpadom pred 2 rokmi, prezentovanie žalostného stavu v médiách, bolo impulzom pre riešenie problému. Ministerstvo životného prostredia stanovilo komplexné riešenie problematiky Ružína za najvyššiu prioritu v SR pre najbližšie roky, nielen zamedzovaním naplavovaniu odpadu, ale i riešením otázky, čo ďalej s vyzbieraným odpadom a otázky kvality vody, podporou cirkulárnej ekonomiky.

Praktická experimentálna časť práce obsahuje výsledky analýz odobratých vzoriek vody a dnových sedimentov z rôznych lokalít Ružínskej priehrady v spolupráci s odborníkmi z Ústavu chemického a environmentálneho inžinierstva Fakulty chemickej a potravi-

nárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave a ich porovnanie s limitnými koncentráciami daných ukazovateľov vôd stanovenými Nariadením vlády 269/2010 Z. Z..

Ciele práce

Cieľom tejto práce je charakterizovať históriu a aktuálny environmentálny stav priehrady Ružín, uskutočniť odber a analýzy odobratých vzoriek vody a sedimentov z vybraných lokalít nachádzajúcich sa v okolí tejto priehrady a prostredníctvom spolupráce s OZ Čistejší Ružín zistiť informácie o tejto problematike a ďalších krokoch v jej riešení.

Čiastkové ciele:

- ✓ v teoretickej časti vyhľadať a spracovať informácie o histórii a environmentálnych východiskách o priehrade Ružín,
- ✓ poukázať na znečistenie vôd, ktoré ovplyvňuje ľudí, ale hlavne okolitú prírodu a zvieratá žijúce priamo v týchto vodách, alebo v blízkosti týchto vôd,
- ✓ odobrať vzorky vody a sedimentu z vybraných lokalít a zúčastniť sa pri ich odbornej chemickej analýze,
- ✓ výsledky analýz vyhodnotiť a porovnať zistené hodnoty vybraných ukazovateľov s limitmi uvedenými v Nariadení vlády 269/2010 Z. z.,
- ✓ vyhodnotiť stav priehrady na základe získaných hodnôt dôležitých ukazovateľov,
- ✓ uskutočniť besedu s predsedom OZ Čistejší Ružín a získať autentické informácie o priebehu krokov k zlepšeniu environmentálnej situácie v súvislosti s Ružínskou priehradou a zistiť plánované vízie,
- ✓ zosumarizovať a zhrnúť zistené informácie a výsledky.

Metodika práce

Pri vypracovaní predloženej práce sme spolupracovali s odborníkmi a s predsedom OZ Čistejší Ružín Ing. Jozefom Koječným. Pre posúdenie environmentálneho stavu sme odobrali a analyzovali päť vzoriek vody a tiež dnového sedimentu z vodnej nádrže Ružín (Obr. 1, 7 a 13).

Prvá vzorka bola odobraná z rieky Hnilec, ktorá je najväčším pravostranným prítokom Hornádu (Obr. 8). Druhá vzorka vody bola odobratá z 5. najdlhšej slovenskej rieky Hornád, na ktorej leží samotná nádrž Ružín. Rieka Hornád je v súčasnosti považovaná za najväčší zdroj znečistenia tejto nádrže, čo potvrdzuje aj Obr. 9. Tretia vzorka vody bola odobraná z brehu vodnej nádrže Ružín nachádzajúceho sa v blízkosti pieskovej pláže Počkaj Beach. Na Obr. 10 môžeme vidieť odobratú vzorku, ktorá vykazuje len minimálne znečistenie v tejto oblasti. Štvrtou analyzovanou vzorkou bola voda odobraná z brehu v blízkosti rekreačného strediska Husia pláž pri obci Jaklovce. V tejto vzorke bolo prítomné znečistenie, ktoré je možné vidieť aj na dne kadičky zobrazenej na Obr. 11. Posledná analyzovaná vzorka vody bola odobraná z časti Opátka (Obr. 12), lokalizovanej severozápadne od obce Košická Belá. V celom objeme tejto vzorky boli rozptýlené zelené čiastočky, ktoré predstavovali premnožené zelené riasy a toxické sinice.

Z brehov Ružínskej priehrady sme odobrali aj sedimenty (Obr. 13), ktoré môžu preukázať naakumulované znečistenie ťažkými kovmi.

Vzorky z vyššie opísaných lokalít sme odobrali do plastových nádob s objemom 1 liter dňa 17.10.2021. Nádoby sme pred odberom prepláchli odoberanou vodou, naplnili ich doplna, uzavreli a umiestnili do chladničky. V chladiacej taške boli vzorky prenesené a v nasledujúce dni aj podrobené analýze. Pred samotnými analýzami sme v každej vzorke vody zmerali hodnotu pH pomocou pH metra typu Hach Lange HQ40d (Obr. 16), aby sme zistili acidobázický charakter vody danej vzorky.

Analýzy vzoriek odobratých z vodnej nádrže Ružín sme realizovali v laboratóriách FCHPT STU v Ústave analytickej chémie (ÚACH) a na Oddelení environmentálneho inžinierstva (OEI). Tieto dve oddelenia majú špecializované laboratóriá vybavené na rozborov vzoriek rôznych typov vôd, sedimentov a kalov.

V ústave analytickej chémie sme stanovili vybrané ukazovatele kvality povrchových vôd (nesyntetické látky/ťažké kovy) podľa NV 26/2010 Z.z. uvedené v Prílohe č.1 – časť B. Na oddelení environmentálneho inžinierstva sme stanovovali vybrané ukazovatele kvality povrchových vôd (všeobecné ukazovatele) podľa NV 269/2010 Z.z. uvedené v Prílohe č.1 –

časť A, a prítomnosť ťažkých kovov v sedimentoch z dna vodnej nádrže, ktorých limitné hodnoty sú uvedené v tabuľke nachádzajúcej sa v Zákone č. 188/2003 Z. z. Nami stanovené ukazovatele sú zvýraznené v Tab. 1, 2 a 3. Analýzy vzoriek na OEI boli realizované v súlade so štandardnými metódami uvedenými v knihe Analytika vody, Horáková a kol., 2012 a setmi od výrobcu Hach Slovensko. [2]

Popis, princíp a postupy využité pri analýzach sú obsahom samostatnej, prvej kapitoly tejto práce.

Teoretická časť

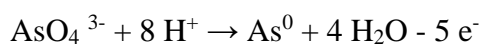
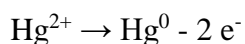
1 Metódy analýzy vzoriek pri posudzovaní kvality ŽP

1.1 Atómová absorpčná spektrometria

Na stanovenie ťažkých kovov vo vode sme použili metódu atómovej absorpčnej spektrometrie. Táto metóda je jednou z najrozšírenejších metód stopovej a ultrastopovej prvkovej analýzy. Umožňuje stanovenie viac ako 60 prvkov, prevažne kovových prvkov a niektorých polokovov v koncentráciách od jednotiek $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ až po niekoľko desiatín $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Patrí medzi optické metódy analytickej chémie založenej na meraní absorpcie elektromagnetického žiarenia s vlnovou dĺžkou 190 – 850 nm voľnými atómami analyzovanej vzorky v plynnej fáze. Analyzovaná vzorka sa prevádza do stavu atómových pár v atomizátoroch a vystavuje sa pôsobeniu takého žiarenia, aby sa voľnými atómami stanovovaného prvku absorbovalo. Nameraná absorbancia vyjadrujúca úbytok elektromagnetického žiarenia je úmerná koncentrácii prvku. Bežný atómový absorpčný spektrometer (Obr. 14) sa skladá zo zdroja žiarenia, atomizátora, monochromátora, detektora a prístroja, ktorý spracováva signál. Vyhodnotenie dát sa vykonáva pomocou tzv. štandardných roztokov, čo sú roztoky so známymi koncentráciami stanovovanej látky či prvku. Nasledujúcim krokom je premeranie signálov zodpovedajúce týmto roztokom o presne známej koncentrácii. Táto dvojica hodnôt (signál – koncentrácia) sa začlení do grafu tak, že sa na zvislú os y obvykle vynesie hodnota signálu S a na os x koncentrácia c . [15]

1.2 Prietoková rozpúšťacia chronopotenciometria

Alternatívou k spektrálnym metódam sú moderné elektrochemické metódy, ktoré kombinujú požadovanú citlivosť a selektivitu s rýchlosťou analýzy a nízkymi finančnými nákladmi na analýzu. Jednou z používaných metód na stanovenie kovov je prietoková rozpúšťacia chronopotenciometria (Obr. 15). Jej princíp spočíva v tom, že ióny kovov sa elektrochemicky vylúčia na pracovnej elektróde ako elementárny kov.



V ďalšom kroku sa vylúčený depozit rozpustí konštantným prúdom, pričom sa zaregistruje signál – chronopotenciogram. Zo získaného signálu, ktorý je priamo úmerný koncentrácii stanovovaného kovu, sa vypočíta koncentrácia kovu vo vzorke. [11]

1.3 Stanovenie ukazovateľov kvality povrchových vôd

1.3.1 Stanovenie koncentrácie amoniakálneho dusíka

Najrozšírenejšou metódou pre stanovenie koncentrácie amoniakálneho dusíka vo vodách je spektrofotometrická „Nesslerova“ metóda, ktorú sme použili aj v prípade analýz k tejto práci. Princíp tejto metódy je založený na reakcii prítomného amoniakálneho dusíka s tzv. Nesslerovým činidlom (t. j. s tetrajodoortuťnanom draselným) za vzniku jodidu – Millonovej bázy. Do objemu 5 ml upravenej (prefiltrovanvej) vzorky sa pridali 2 kvapky Seignettovej soli a 0,1 ml Nesslerovho činidla, po ktorého pridaní sme následne pozorovali slabožlté sfarbenie vzorky (Obr. 17). Po 10 minútach sa zmerala absorbancia pri danej vlnovej dĺžke 425 nm. Nameraná hodnota absorbancie (A) sa dosadila do kalibračnej rovnice (1), z ktorej sme získali výslednú koncentráciu (c) amoniakálneho dusíka.

$$c = \frac{A - 0,0214}{0,1866} \quad (1)$$

1.3.2 Stanovenie koncentrácie dusitanového dusíka

Stanovenie koncentrácie dusitanov bolo realizované spektrofotometrickou metódou založenou na diazotačnej reakcii dusitanov s kyselinou sulfanylovou v kyslom prostredí. Počas tejto reakcie sú vzniknuté diazónové soli kopulované s NED (N-(1-naftyl)-etylen-diamin-dihydrochloridom) za vzniku azofarbiva. Do kyvety s 5 ml filtrovanej vzorky sa pridalo 0,1 ml kyseliny sulfanilovej. Po uplynutí 10 minút sa pridalo 0,1 ml vyfarbovacieho činidla NED, ktorý zafarbuje vzorku do ružovo-fialova (Obr. 18). Po 25 minútach sa v spektrofotometri zmerala absorbancia pri uvedenej vlnovej dĺžke 540 nm. Výslednú koncentráciu dusitanov sme vypočítali pomocou rovnice (2):

$$c = \frac{A - 0,0783}{1,8727} \quad (2)$$

1.3.3 Stanovenie koncentrácie dusičnanového dusíka

Stanovenie koncentrácie dusičnanov sme robili tiež absorpčnou spektrofotometrickou metódou. K 10 ml filtrovanej vzorky sme pridal 1 ml salicylanu sodného, 0,2 ml hydroxidu sodného a 0,4 ml kyseliny amidosírovej. Vzniknutá zmes sa premiešala a dala variť až do jej odparenia. Po odparení zmesi dosucha sme odparovacie misky nechali vychladnúť na laboratórnu teplotu. Po ochladení sa pridal do odparovacích misiek 1 ml kyseliny sírovej, čím začala uvoľnená kyselina dusičná nitrovať v tomto prostredí kyselinu salicylovú za

vzniku bezfarebných nitriderivátov kyseliny salicylovej. Následne sa roztok zalkalizoval pridaním 7 ml hydroxidu sodného a destilovanej vody, v dôsledku čoho sa sfarbenie roztoku zmenilo na žlté (Obr. 19). Po ochladení sa vzorka z odparovacích misiek kvantitatívne preniesla do odmerných baniek a zmerala sa jej absorbanca pri vlnovej dĺžke 415 nm. Koncentráciu dusičnanov sme vypočítali z kalibračnej rovnice (3):

$$c = \frac{A - 0,0027}{0,0527} \quad (3)$$

1.3.4 Stanovenie rozpustených látok

Zložky vody delíme z fyzikálneho hľadiska na látky rozpustené a nerozpustené. Nerozpustené látky predstavujú tuhé látky, ktoré počas filtrácie zachytávajú na filtračnom papieri a vytvárajú na ňom filtračný koláč. Za rozpustené látky sú považované tie, ktoré prejdú filtrom s priemernou veľkosťou 0,45 µm. Súčtom týchto dvoch skupín sú látky celkové. Stanovenie obsahu rozpustených látok v povrchových vodách patrí medzi všeobecné ukazovatele kvality povrchovej vody. V našom prípade sme stanovili celkové a nerozpustené látky a následne sme ich od seba odpočítali, čím sme získali koncentráciu rozpustených látok v danej vzorke vody, ktoré patria medzi základné ukazovatele kvality vody. Na stanovenie rozpustených, nerozpustených a celkových látok sa používa gravimetrické skupinové stanovenie. Uvedené látky sa stanovujú buď pri teplote 105°C (sušina) alebo pri teplote 550°C (zbytok po žíhaní). V prípade stanovenia nerozpustených látok sme si najprv zvážili prázdne hodinové sklíčko s filtrom. Následne sme prefiltrovali 20 ml zhomogenizovanej vzorky cez predom vysušený filter pomocou vákuovej filtrácie (Obr. 20). Po prefiltrovaní vzorky sme filtračný papier s vytvoreným filtračným koláčom dali sušiť do sušiarne pri nastavenej teplote 105°C na približne dve hodiny. V prípade stanovenia celkových látok sme 20 ml zhomogenizovanej nefiltrovannej vzorky naliali do odparovacej misky a dali opäť do sušiarne nastavenej na 105°C sušiť až do úplného vysušenia. Nakoniec sme vybrali hodinové sklíčka a odparovacie misky do exikátora, v ktorom sme ich nechali ochladiť na laboratórnu teplotu a zvážili sme plné misky. Hmotnostnú koncentráciu nerozpustených a celkových látok sme vypočítali z rovnice (4):

$$\rho(\text{CL; NL } 105^\circ\text{C}) = \frac{1000 \cdot [m_2 - m_1]}{V_0} \quad (4)$$

ρ – hmotnostná koncentrácia
 CL – celkové látky pri 105 °C
 NL – nerozpustené látky pri 105 °C
 m₁ – hmotnosť prázdnej misky
 m₂ – hmotnosť plnej misky
 V₀ – objem filtrovanej vzorky

1.3.5 Stanovenie chemickej spotreby kyslíka - CHSK

CHSK patrí medzi nešpecifické ukazovatele vody, ktorej hodnota slúži pre odhad organického znečistenia vody. Je to jeden z najdôležitejších ukazovateľov, ktorý sa stanovuje v každom type vôd. Pre jej stanovenie sme použili kyvetové sety od spoločnosti Hach (Obr. 23). Najprv sme kyvetu poriadne pretriasli 2 až 3x. Následne sme napipetovali 2 ml vzorky, uzavreli kyvetu a opäť poriadne pretriasli jej obsah. Potom sme dali kyvetu so vzorkou variť na 2 hodiny pri 148°C (Obr. 21). Po uplynutí dvoch hodín sme kyvety z prístroja vybrali, premiešali a nechali ochladiť na izbovú teplotu. Na záver sme kyvetu poriadne vyčistili a zmerali výslednú koncentráciu CHSK pomocou spektrofotometra.

1.3.6 Stanovenie ostatných ukazovateľov vody

Koncentrácie hliníka, síranov, sulfidov/sulfátu, fluoridov (Obr. 22), celkového dusíka, celkového fosforu a CHSK sme stanovili rovnako ako v prípade CHSK, a to pomocou setov od spoločnosti Hach. Každý z týchto setov obsahuje čiarový kód, pomocou ktorého spektrofotometer nameria priamo hodnotu koncentrácie daného ukazovateľa.

Na meranie hodnôt absorbie a výslednej koncentrácie pomocou čiarového kódu na sete sa využíval laboratórny UV/VIS spektrofotometer typu Hach Lange DR 5000 (Obr. 24).

1.3.7 Stanovenie ťažkých kovov z výluhu sedimentov

Sedimenty nachádzajúce sa v povrchových vodách môžu preukázať znečistenie z dlhodobého hľadiska, nakoľko sa v nich akumuluje prítomné znečistenie nachádzajúce sa v danej povrchovej vode. Preto sme sa zamerali aj na analýzu výluhu odobratých sedimentov z priehrady Ružín. Najprv sme si pripravili 2 M roztok kyseliny dusičnej. Následne sme celý odobratý sediment, ktorý mal blatistý charakter, preniesli na odparovaciu misku a dali ho sušiť do sušiarne až do úplného vysušenia. Po sušení sme navážili 60 g suchého sedimentu a zaliali ho 600 ml pripraveného 2 M roztoku kyseliny dusičnej. Vzniknutú zmes sme umiestnili do trepačky na dve hodiny (Obr. 25). Po dotrepaní sme vzorku prefiltrovali a stanovili v nej vybrané ťažké kovy zvýraznené v Tab. 3, ktorú uvádza zákon č. 188/2003 Z. z. Okrem ukazovateľov uvedených v tejto tabuľke sme navyše stanovili v tejto vzorke aj koncentráciu hliníka a železa.

2 Vodná nádrž Ružín, jej história a súčasný stav

Vybudovaním vodného diela Ružín na rieke Hornád, pri sútoku rieky Hnilec v hlbokom kľukatom údolí Bujanovských vrchov, v časti kedysi nazývanej Dolný prielom Hornádu, vznikla v roku 1963 - 1972 atraktívna športovo-rekreačná oblasť. Pomenovaná je podľa zaniknutej obce Ružín. Postavením tejto priehrady boli zatopené alebo čiastočne zatopené obce Košické Hámre, Rolová Huta, Malý Folkmar, Jaklovce, Margecany a obec Ružín. [13] Zatopená plocha je 3,9 km². [9] Energetickú časť priehrady dokončili v roku 1973. Účelom priehrady je zabezpečenie úžitkovej vody pre bývalú Východoslovenskú železiareň Košice (dnes U.S.Steel Košice, s.r.o.), dodávka elektrickej energie v špičke a umožňuje prímestskú rekreáciu v hornej časti doliny Hornádu. [13] Vybudovaním hrádze na rieke sa hladina zdvihla v dĺžke 16 km na ploche 600 ha. [9] Ružín je sústava dvoch vodných diel Ružín I. a Ružín II. (niekedy nazývaná aj vodná nádrž Malá Lodina). Ružín II. funkčne vytvára vyrovnávaciu nádrž k prečerpávacej vodnej elektrárni Ružín I. Vodná nádrž je prehradená v doline Hornádu v blízkosti zatopenej obce Ružín. Okrem rieky Hornád do Ružína priteká aj rieka Hnilec. Začiatkom sedemdesiatych rokov 19. storočia bola na Ružíne postavená trať Košicko-bohumínska železnica, ktorá fungovala do roku 1955. Prepravné nároky na železniciu mali za následok vybudovanie novej dvojkoľajnej trate Družby s novým Bujanovským tunelom, ktorá už Dolný prielom Hornádu obchádzala. Následne bola táto časť Hornádskej doliny v Bujanovských vrchoch zatopená v rokoch 1963 - 1972 vodnou nádržou Ružín. Súčasťou vodnej nádrže je aj prečerpávacia vodná elektráreň Ružín na rieke Hornád. Je prvou prečerpávacou vodnou elektrárnou u nás s reverzibilnými turbínami. Sú tu dva turboagregáty s Francisovou turbínou. [13] Energetické využitie nádrže je zabezpečené elektrárnou s inštalovaným výkonom 60 MW. Ročná výroba elektrickej energie je 54 GWh. [9]

2.1 Charakteristika Ružína

Ružínska priehrada je dlhá asi 15 km s celkovou rozlohovou vodnej plochy 455 ha. Pozostáva zo štyroch ramien. Vodná plocha nádrže Ružín I. má rozlohu približne 390 ha a siaha od priehradného telesa až po železničný most v Margecanoch. Vodná plocha nádrže Ružín II. je rozlohou menšia, zaberá plochu približne 65 ha. Nadmorská výška hladiny je 327 m. Šírka nádrže sa pohybuje v rozmedzí 50 až 150 m pri hĺbke až do 54 m. [13] Jej hladina je kľukato zahĺbená do Čiernej hory. V polovici koryta tvorí dlhú bočnú ostrohu smerujúcu na juh k doline potoka Belá a jeho prítoku Opátka, ktorou zasahuje do Hámorskej brázdy, kde bola kedysi Košické Hámre. [9] Brehy vodnej nádrže sú z veľkej časti skalnaté,

strmé a pokryté listnatými lesmi. Vodná nádrž kopíruje pôvodné meandre rieky Hornád, ob-
táča zalesnené vrchy so strmými bralami. [13] Vodné dielo Ružín I je ohradené 63 m vyso-
kou kamenistou hrádzou. Zadržiava 59 miliónov m³ vody. Hrádza má 6 m širokú korunu,
hlinité jadrové tesnenie a je chránená obojstranne piesčitými a štrkovitými filtrami (820 000
m³ zeminy). Druhou časťou diela je združený betónový objekt – odvádzač vody, dnové vý-
pusty, veža so strojovňou v ktorej je 85 000 m³ betónu. Vodné dielo Ružín I a Ružín II má
retenčný, vodohospodársky, energetický, rekreačný a estetický krajinársky význam. [9] Na-
chádza sa 35 km od mesta Košice. Priehrada patrí medzi najkrajšie vodné plochy na Sloven-
sku. [13]

2.2 Možnosti rekreácie v okolí Ružína

V okolí Ružína sú priaznivé podmienky pre rekreáciu. Vybudované sú rekreačné
strediská ako napríklad Košická Belá, Opátka, Čertovík a Margecany. [4] Rekreačná oblasť
Ružín pozostáva z ďalších lokalít, ako sú Potoky, Táleng, Malý Folkmar, Galova lúka, Ko-
zinec (chata Marica), Jaklovce (Husia pláž), Margecany (Počkaj Beach), Lodenica. Väčšina
zo spomínaných stredísk sú chatové osady, v ktorých sa nachádzajú aj penzióny či hotely. V
niektorých strediskách sú aj kúpaliská, pláže, tenisové kurty, ihriská, lodenica s člnkami a
vodnými bicyklami. [9] Chatové oblasti si obľúbili najmä ľudia z blízkych miest a obcí.
Ružín je obkolesený nádhernými horami, z ktorých najviac zaujme majestátne sa vypínajúci
brálny vrch Sivec, z ktorého je krásny výhľad na celú vodnú nádrž, Volovské vrchy a
za priaznivého počasia aj na Vysoké Tatry. [13] Ďalšími prírodnými zaujímavosťami v okolí
sú aj výhľadová Drienková skala, výhľadový vrch Holica (Napoleónov klobúk) a Národná
prírodná rezervácia Bujanov. [9] Nádrž je obľúbenou rekreačnou oblasťou s množstvom ta-
jomných zákutí a niektoré zátoky sú takmer nedotknuté civilizáciou. Plavba v člne po sma-
ragdovo-zelenej hladine tejto rozľahlej vodnej plochy, obkolesenej hustým lesom, je neza-
budateľným zážitkom. [13] Sú tu možnosti využitia nielen v rekreačných centrách, ale aj v
tichých a opustených zákutiach s dvoma malebnými ostrovčekmi (skalnatý Ostrov
lásky a Malý ostrov). [9] Ružín je rajom rybárov, pretože v priehrade je možnosť lovu lie-
ňov, plotíc, kaprov, ostriežov, zubáčov, sumcov a hlavne pstruhov. Pri obci Margecany sa
nachádza rybársky revír pod Margecianskym kostolom a v zátokke pod vápenkou. Ďalší ob-
ľúbený revír sa nachádza v Opátskej zátokke na vtoku potoka Opátka do vodnej nádrže Ružín.
Priehrada patrí medzi najkrajšie revíry Slovenského rybárskeho zväzu. [9] Voda je chladná
aj v letných mesiacoch, a tak osvieži plavcov aj vodných lyžiarov, ktorí tu majú výborné

podmienky. [13] Okolité príroda, lesnatý terén a voda poskytujú veľmi výhodné a výborné podmienky pre letnú turistiku a športy. [9]

2.3 Znečistenie Ružína

Medzi najväčšie znečistenie nádrže patrí najmä naplavený odpad. V súčasnosti je to najviac závažná problematika. Enormné znečistenie hladiny priehrady plávajúcim odpadom pochádza hlavne z prichádzajúcich z prítokov Hornádu a Hnilca. Prísun odpadov je značný najmä v čase „veľkých vôd“ (záplav), kedy rozvodnené rieky a potoky priberajú aj odpady z čiernych skládok vytvorených na brehoch týchto tokov. Mimoriadna situácia nastala už v roku 2008. Na masívne znečistenie už vtedy celoslovensky upozornili na narastajúci ne-riešený problém médiá a tiež príslušné orgány zaoberajúce sa životným prostredím. Do tohto momentu nikto problému neprikladal význam a nejavil ani snahu o zlepšenie situácie Ružína. Významným krokom v riešení problému bolo riešenie čiernych skládok a ich pôvodcov, vytvárané najmä v lokalitách s obyvateľmi z marginalizovaných rómskych komunít, žijúcich hlavne v blízkosti brehov rieky Hnilca alebo Hornád. Znečistenie priehrady odpadom bolo riešené zberom odpadu z hladiny až pri priehradnom múre. Odstránenie odpadu z priehrady príčinu problému však nevyriešilo, pretože po zdvihnutí hladiny sa opakovane odpad doplavil a bolo potrebné znovu vynaložiť finančné prostriedky na jeho vyčistenie. Najväčší problém s riešením problematiky nahromadenému odpadu a otázke jeho likvidácie vznikali obciam Jaklovce a Margecany, ktoré to museli financovať, hoci k znečisteniu neprispievali takmer vôbec, resp. iba minimálnou mierou. [16]

Ako už bolo vyššie spomínané, kvalita vody v priehrade Ružín sa za posledné roky značne zhoršuje. Veľkým problémom je, že čierne skládky obsahujú odpad rôzneho charakteru, a to cez plastový odpad až po vyhodnené staré nefunkčné spotrebiče, ako napríklad chladničky, ktoré obsahujú nebezpečné chladivá, čím sa zaraďujú medzi nebezpečný odpad, ktorý je potrebné špeciálne likvidovať. V dôsledku týchto odpadov splavených do Ružína, už nedochádza len k znehodnoteniu krásy tejto priehrady, ale postupne sa zhoršuje aj samotná kvalita vody v priehrade. Okrem čiernych skládok je príčinou znečistenia Ružína aj absencia kanalizácií v rómskych osadách či nesprávne fungovanie čistiarní odpadových vôd. [14, 10]

Dusík a fosfor patria medzi najdôležitejšie makrobiogénne prvky, ktoré sú označované za kľúčové makronutrienty životného prostredia potrebné pre rozvoj mikroorganizmov. Vzhľadom na to, že dusík sa nachádza v proteínoch a nukleových kyselinách – dvoch najdôležitejších polyméroch nevyhnutných pre život a fosfor je kľúčovou zložkou DNA

a RNA, sú tieto prvky súčasťou všetkých živých organizmov. Tieto nutrienty sa uplatňujú aj pri všetkých biologických procesoch bežne prebiehajúcich v prírodných či odpadových vodách, ako aj pri biologickom čistení a úprave vody. [6, 3] Napriek ich významným funkciám na Zemi je potrebné koncentrácie týchto dvoch prvkov v prírode regulovať. Zvýšené množstvo dusíka a fosforu vo vodách spôsobuje viaceré problémy, čím zhoršuje ich kvalitu. Hlavný problém predstavuje eutrofizácia, ktorá zapríčiňuje nadmerné rozmnožovanie siníc, zelených rias a iných vodných rastlín, a to najmä v stojatých povrchových vodách medzi ktoré sa zaraďuje aj samotná priehrada Ružín. Tento jav vo vodách postupne znižuje dostupnosť rozpusteného kyslíka, najmä počas leta v nočných hodinách, kedy neprebíha fotosyntéza (rastliny spotrebúvajú kyslík a produkujú oxid uhličitý). V dôsledku toho sa zhoršuje kvalita vody, čo negatívne ovplyvňuje celý vodný ekosystém. Vody postihnuté eutrofizáciou menia svoje sfarbenie do zelena a majú zhoršené senzorické vlastnosti, akými sú nepríjemný zápach a chuť. [8, 3, 12] Okrem toho premnožené sinice vo vodách produkujú množstvo toxínov, ktoré sú pre návštevníkov potenciálnym nebezpečenstvom. Môžu vyvolať rôzne alergické reakcie, kožné problémy, dýchacie ťažkosti a zápal očných spojiviek, ale tiež prehltnutie vody obsahujúcej tieto toxíny môže viesť k nevoľnosti, bolestiam hlavy, či ku kŕčom svalstva. Jav eutrofizácie bol pozorovaný v priehrade Ružín už v roku 2013 (Obr. 27) a opäťovne v roku 2020 a 2021 (Obr. 28 a 29). [6, 1, 3]

Z foriem dusíka prítomných vo vodách sa stanovuje amoniakálny, dusitanový, dusičnanový, organický a celkový dusík. V prípade amoniakálneho dusíka pri náhlom zvýšení hodnoty pH vo vode začne prevažovať nedisociovaný amoniak (NH_3), ktorý pôsobí toxicky na ryby a zoo planktón. Z toxikologického hľadiska sú za veľmi nebezpečné zlúčeniny považované dusitany. Ich zvýšený výskyt vo vodách má negatívny vplyv už nie len na zdravie rýb, u ktorých môžu spôsobiť masový úhyn, ale aj na zdravie človeka. Veľký problém nastáva pri ich vyšších koncentráciách v pitnej vode, nakoľko môžu byť príčinou vzniku nebezpečného methemoglobínu, ktorý nie je schopný v krvnom obehu viazať kyslík a následne ho v tele transportovať. Toto ochorenie, nazývané ako methemoglobínémia, je život ohrozujúce najmä pre kojencov. O nič menej nebezpečnou interakciou je aj reakcia dusitanov so sekundárnymi amínmi v žalúdku živočíchov (pH asi 1,5) za vzniku karcinogénnych N – nitrozamínov spôsobujúcich vážne nádorové ochorenia. Priamy škodlivý účinok dusičnanov na človeka je minimálny. Avšak v tráviacom trakte sú pomocou baktérií redukované na toxickéjšie dusitany, ktoré ako už bolo spomínané zapríčiňujú methemoglobinémiu a tvorbu karcinogénnych N – nitrozamínov. [6, 1]

Toxicitu pre ryby, ale tiež fyto toxicitu pre rastliny vykazujú aj zvýšené koncentrácie hliníka vo vodách so zásaditým charakterom. Okrem toho pôsobí hliník vo zvýšenom množstve nebezpečne aj na ľudský organizmus, nakoľko vykazuje neurotoxické účinky, v dôsledku ktorých môžu vzniknúť ochorenia, ako napríklad Alzheimerova choroba či Parkinsonova choroba. Zvýšené koncentrácie fluoridov môžu byť príčinou chronického onemocnenia dentálnej fluorózy či skeletárnej fluorózy (zmena kostnej drene). Fluoridy pôsobia toxicky aj na rôzne vodné organizmy. Sírany v koncentráciách typických pre povrchové vody nemajú nijaký hygienický význam, avšak vo zvýšenom množstve už ovplyvňujú chuť vody a vykazujú laxatívne účinky. Sulfidy a sulfán spôsobujú hlavne nepríjemný zápach, ktorý po jeho inhalácii pôsobí toxicky, nakoľko môže spôsobiť podráždenie očí až samotnú ťažkú otravu. Koncentráciu organických látok vo vode udáva chemická spotreba kyslíka, skrátené CHSK. Hodnotu CHSK môžu zvyšovať látky rôzneho charakteru, a teda samotný vplyv na zdravie závisí od ich zloženia. Keďže organické látky sú potravou pre rôzne mikroorganizmy, pri ich zvýšenom množstve vo vode môže dôjsť k premnoženiu mikroorganizmov, ktoré môžu spôsobovať zdravotné ťažkosti. Taktiež vody so zvýšenou hodnotou CHSK preukazujú zelené alebo hnedé zafarbenie vody (Obr. 30), zapáchajú a môže dôjsť aj ku tvorbe peny. [6, 7]

Mimoriadne nežiadúca vo vodách je prítomnosť ťažkých kovov, pretože všetky prvky z tejto skupiny vykazujú vysokú toxicitu, čím spôsobujú ťažkosti a ochorenia rôzneho druhu. U človeka, ale aj u zvierat môžu vyvolať napríklad chronickú otravu, poškodiť rôzne orgány a ovplyvniť v tele telesné funkcie. Taktiež sú karcinogénne a podporujú množenie plesní. [6, 7]

2.3.1 Spolupráca s OZ Čistejší Ružín

Problematika ochrany životného prostredia nemôže a ani nie je ľahostajná mladšej uvedomelej nastupujúcej generácii. Ako dobrovoľníci sa každoročne zúčastňujeme pri aktivitách OZ Čistejší Ružín a Slovenského rybárskeho zväzu spojených s čistením naplaveného odpadu z ťažko dostupných krovín, kam sa dostáva hlavne po obdobiach záplav. Teší nás hlavne pocit po dobre vykonanej práci.

Vzhľadom na epidemiologickú situáciu a neumožnený priamy kontakt sme v novembri 2021 uskutočnili besedu s predsedom OZ Čistejší Ružín p. Ing. Jozefom Koječným, ktorý nám názorne a v čase priblížil stav Ružína, aktivity členov OZ a ich spoluprácu s ďalšími subjektmi a prezentoval najbližšie kroky a víziu blízkej budúcnosti smerujúcej k „Panenskej turistike na Ružíne“.

Na priehrade Ružín v okrese Gelnica odštartoval najväčší environmentálny projekt v oblasti zberu a recyklácie odpadov na Slovensku s názvom „Za čisté Slovensko“. Jeho cieľom je odstraňovanie plastového odpadu a plastov z prírodného prostredia pomocou umiestnenia norných stien, z ktorých odstraňovanie odpadu bude v kompetencii jednotlivých obcí ako producentom tohto odpadu. Okrem vyčistenia priehrady Ružín a okolia povodí Hnilca a Hornádu má projekt priniesť pozitívny efekt v podobe zamestnania ťažko zamestnateľných ľudí či marginalizovaných skupín obyvateľstva v Čani a Geči. Na projekte spolupracujú Ministerstvo životného prostredia SR, Ministerstvo dopravy a výstavby SR či Ústredie práce, sociálnych vecí a rodiny a taktiež občianske združenie Ružínska priehrada. [upravené podľa 4]

Experimentálna časť

Priehrada Ružín patrí dlhodobo k najviac znečisteným vodným nádržiam na Slovensku. Z uvedeného dôvodu sme sa rozhodli vykonať základné analýzy vzoriek vody odobratých z riek Hornádu a Hnilca (prítoky do priehrady), z priehrady Ružín (Počkaj Beach, Husia pláž, sedimenty) a z lokality Opátka. Príloha č.1 nachádzajúca sa v Nariadení vlády č. 269/2010 Z.z. uvádza všeobecné požiadavky na kvalitu povrchových vôd, ktoré slúžia na hodnotenie kvality povrchových vôd. Požiadavky na kvalitu vody sú rozdelené do piatich častí – A, B, C, D a E. V práci sme sa zamerali na analýzy vybraných ukazovateľov vody uvedených v časti A a B. Časť A (Tab. 1) predstavuje všeobecné ukazovatele kvality vody spolu s ich maximálnymi prípustnými koncentráciami. Patria tu ukazovatele, ako napríklad celkový fosfor, celkový dusík, amoniakálny dusík, dusitanový dusík, dusičnanový dusík, hliník, fluoridy a iné. Prítomnosť týchto látok v povrchových vodách je bežná, avšak vo zvýšenom množstve je už nežiadúca. V časti B (Tab. 2) sú uvedené ukazovatele v podobe nesyntetických látok a ich maximálne prípustné koncentrácie. Ide o ťažké kovy, ktoré patria do skupiny prioritných látok (kadmium, olovo, ortuť, nikel) a ďalšie ktoré patria do skupiny nesyntetických špecifických látok relevantných pre Slovensko (arzén, chróm, meď, zinok).

[5]

Výsledky analýz

Všetky dosiahnuté výsledky analýz odobratých vzoriek sú prezentované v Tab. 4, 5 a 6. Zistené hodnoty jednotlivých ukazovateľov sme porovnávali s ich maximálne prípustnými koncentráciami platnými pre povrchové vody na celom území Slovenskej republiky. Zvýraznené hodnoty predstavujú prekročenie povoleného limitu stanoveného pre daný parameter, resp. hodnotu, ktorá sa blíži už k prekročeniu maximálne prípustnej koncentrácie.

Tab. 4 Výsledky základných analýz piatich vzoriek povrchovej vody

<i>Ukazovateľ kvality vody</i>	<i>Prítoky</i>		<i>Priehrada Ružín</i>			<i>Max. prípustná koncentrácia (mg/l)</i>
	<i>Hnilec (mg/l)</i>	<i>Hornád (mg/l)</i>	<i>Husia pláž (mg/l)</i>	<i>Počkaj Beach (mg/l)</i>	<i>Opátka (mg/l)</i>	
Chemická spotreba kyslíka dichrómanom	11,3	141	15,6	15,7	34,2	35
Sulfán a sulfidy	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Reakcia vody – pH	7,32	6,85	6,90	6,98	6,96	6 – 8,5
Ropustené látky sušené pri 105 °C	165	90	75	230	240	900
Sírany	28,9	44	19	39,6	27,4	250
Fluoridy	0,327	0,141	0,122	0,122	0,089	1,5
Amoniakálny dusík	0,67	2,88	0,51	0,38	0,49	1
Dusitanový dusík	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Dusičnanový dusík	3,62	3,16	3,39	3,75	3,92	5
Celkový dusík	1,89	8,95	2,14	2,30	2,56	9
Fosfor celkový	0,007	0,971	0,188	0,075	0,085	0,4
Hliník	0,036	0,006	0,030	0,004	0,003	0,2

Z Tab. 4 vyplýva, že najhoršie výsledky zo všetkých skúmaných vzoriek dosiahla vzorka vody odobraná z rieky Hornád, na ktorej leží samotná priehrada Ružín. Znečistenie

tejto rieky je zjavné už senzoricky, pohľadom, čo je možné vidieť aj na Obr. 8 v Prílohe A tejto práce.

Z 12-tich stanovených ukazovateľov boli prekročené limitné koncentrácie v prípade štyroch z nich, a to konkrétne pri parametroch CHSK, amoniakálny dusík, celkový dusík a celkový fosfor.

Z týchto výsledkov vyplýva, že v tejto rieke sa nachádza značné organické znečistenie, nakoľko hodnota CHSK bola štvornásobne vyššia v porovnaní s maximálne prípustnou koncentráciou. Zvýšená hodnota koncentrácie CHSK môže byť spôsobená práve veľkým množstvom odpadov rôzneho charakteru vyhadzovaného do Hornádu, ako aj vypúšťaním nedostatočne vyčistenej odpadovej vody z blízkej čistiarne odpadových vôd do tejto rieky.

V prípade obsahu amoniakálneho dusíka, celkového fosforu a dusíka, môžu zvýšené koncentrácie týchto živín prispievať k tvorbe eutrofizácie, ktorá napadá celý vodný ekosystém a spôsobuje značné zhoršenie kvality vody v podobe zníženia kyslíka prítomného vo vode, zazelenania a zápachu vody.

Vo vzorke z lokality Opátka nebol prekročený žiaden z limitov, avšak koncentrácia CHSK bola už na rozhraní maximálnej prípustnej koncentrácie stanovenej pre povrchové vody. Prejavilo sa to aj vizuálne, keďže zvýšená hodnota CHSK spôsobuje zafarbenie vody do zelena až hneda, a je typická aj tvorbou zápachu, penenia a podporuje rast mikroorganizmov, čo je možné pozorovať aj na Obr. 12.

Všetky odobrané vzorky preukázali neutrálné hodnoty pH a minimálne koncentrácie sulfidov/sulfátu a dusitanového dusíka. Nakoľko vznik sulfidov a sulfátu je v anaeróbných podmienkach, t. j. v prípade podmienok bez prítomnosti kyslíka bežný, môžeme predpokladať, že v týchto vodách sa nachádza dostatok kyslíka. To potvrdzuje aj minimálna prítomnosť dusitanového dusíka (vzorka Opátka $c = <0,02$ mg/l), ktorý je považovaný len za prechodný prvok, vzhľadom na to, že v prítomnosti kyslíka je ihneď oxidovaný na dusičnanový dusík (vzorka Opátka $c = 3,92$ mg/l).

V Tab. 5 sú sumarizované hodnoty koncentrácií ťažkých kovov v 3 vzorkách vôd odobratých z priehrady Ružín. Vzorky vôd boli odobraté z prítokov rieky Hornád a Hnilec, a z lokality Počkaj Beach. Ťažké kovy ako sú arzén a ortuť sme stanovili prietokovou rozpúšťacou chronopotenciometriou, zatiaľ čo koncentráciu kadmia, olova, medi, chrómu a zinku sme určili atómovou absorpčnou spektrometriou.

Tab. 5 Hodnoty koncentrácií ťažkých kovov vo vzorkách vôd stanovovaných atómovou absorpčnou spektrometriou a prietokovou rozpúšťacou chronopotenciometriou (označené*)

Prvok	Arzén* (µg/l)	Kad- mium (µg/l)	Olovo (µg/l)	Med' (µg/l)	Chróm (µg/l)	Ortuť** (µg/l)	Zinok (µg/l)
Vzorka (Hornád)	0,49 ± 0,07	≤0,1	3,12 ± 0,06	8,23 ± 0,06	1,02 ± 0,02	0,12 ± 0,01	11,62 ± 0,28
Vzorka (Počkaj beach)	2,99 ± 0,05	≤0,1	1,71 ± 0,07	1,89 ± 0,02	≤1	≤0,1	2,44 ± 0,02
Vzorka (Hnilec)	0,97 ± 0,05	≤0,1	4,51 ± 0,12	2,67 ± 0,03	≤1	≤0,1	15,64 ± 0,21

Výsledky zamerané na sledovanie obsahu Al, Cu, Zn, Ni, Pb a Fe v dnových sedimentoch sú prezentované v Tab. 6.

Tab. 6 Výsledky analýz výluhu sedimentov odobraných z priehrady Ružín

Ukazovateľ	Koncentrácia	Limitné hodnoty koncentrácie mg/kg sušiny
Hliník	4 216,67	nie je
Med'	20	1 000
Zinok	578,33	2 500
Nikel	10,65	300
Olovo	1,38	750
Železo	14,97	nie je

Z výsledkov prezentovaných v tejto tabuľke vyplýva, že ani v jednom prípade nebola prekročená maximálne prípustná koncentrácia sledovaných kovov daná zákonom č. 188/2003 Z.z.. Vyššia hodnota koncentrácie vo vzorke ($c = 78,33$ mg/l) bola zistená v prí-

pade zinku, ktorý sa do vôd dostáva buď v podobe zinkovej rudy, prípadne sa uvoľňuje z vyhodných nádob, potrubí, plechov a iných materiálov, ktoré sú pozinkované. Najvyššiu koncentráciu v porovnaní s inými analyzovanými prvkami, a to až 4 216,67 mg/l sme zaznamenali v prípade obsahu hliníka. Dôvodom všeobecne vysokého množstva hliníka v dnových sedimentoch je fakt, že hliník je jedným z litofilných prvkov nachádzajúcich sa v geologickom prostredí a má dobré migračné schopnosti uvoľňovať sa do sedimentov. K zvýšeniu jeho koncentrácie vo vodách môže prispievať vo veľkej miere aj antropogénne znečistenie. Hliník v sedimentoch môže pôsobiť napríklad ako regulátor vysokých koncentrácií makronutrientov, akými sú fosfor či dusík, ale jeho veľmi vysoké koncentrácie už môžu pôsobiť toxicky na prítomné živočíchy, rastliny ale aj na samotného človeka.

Diskusia

Nie je tajomstvom, že priehrady na Slovensku patria k najviac znečisteným v Európe. V rámci hlavných večerných správ v ťažkom „korona“ období bolo celé Slovensko prostredníctvom svojich obrazoviek svedkom toho, ako sa Ružínska priehrada stala záchytným miestom „posiatym“ tonami priplavených odpadov z čiernych skládok z brehov Hornádu a Hnilca. Je smutné hlavne to, že táto problematika je dlhodobou, viac než desaťročnou záležitosťou miestnych obyvateľov, ktorí si pred existujúcim problémom iba zatvárali oči a že k jej ráznemu riešeniu museli prispieť „cudzí ľudia“ - chatári, ktorí sa už na nečinnosť kompetentných orgánov nedokázali pozerieť. V jednote je sila, jednotlivec častokrát nezmôže nič, preto pre spoločný záujem, na čele s p. Ing. Kojeckým, založili chatári OZ. Obdiv jeho členom spočíva hlavne v ich odhodlaní, zanietenosti, v nezištnom konaní v prospech všetkých návštevníkov priehrady a premyslenosť krokov do budúcnosti. Podľa slov predsedu OZ Čistejší Ružín p. Kojeckého počas online besedy, ktorú sme uskutočnili cez ZOOM, najbližšie kroky týkajúce sa už v tejto letnej sezóne sú smerované k propagácii panenskej turistiky prepojením lokalít Počkej Beach a Bradan v Košických Hámroch výletnou loďou, ktorá sa v súčasnosti vyrába v Poľsku. Premyslenosť a ekomyšlienka zámeru spočíva aj v tom, že jej prevádzka bude ekologická - vodíkový pohon. Je smutné, že až medializovanie problému vyvolalo záujem o riešenie problematiky, avšak čo je podstatné, za jeden rok pôsobenia OZ sledujeme zreteľný posun vpred. Došlo k výraznému zníženiu naplavovaného odpadu na hladine Ružína, k čomu výrazne prispelo umiestnenie norných stien sponzorovaných 365 bankou a riešenie problémov priamo s neprispôsobivými pôvodcami odpadu. OZ spolupracuje aj s RÚVZ v SNV a v Košiciach a prostredníctvom FB profilu pravidelne informuje o výsledkoch analýz vzoriek vody pre bežného návštevníka, ktorého zaujíma stav vody z hľadiska ne/možnosti kúpať sa. Posledný odber podľa informácií p. Kojeckého, bol zamestnancami RÚVZ vykonaný dňa 6. 9. 2021. *„Vzorky boli odobraté z lokalít „Bufet Lodenica“, „Pod Sivcom Téčko“, „Počkaj Beach“, „Husia pláž“ a „Za vodou“. Voda bola posudzovaná aj podľa platných národných požiadaviek na kvalitu vody na kúpanie na prírodných kúpaliskách, pričom najvyššia pozornosť sa prikladala indikátorom fekálneho znečistenia a ukazovateľom mikrobiologickej a biologickej kvality vody. Analýzy vzoriek vôd preukázali vyhovujúcu kvalitu vody na kúpanie vo všetkých ukazovateľoch podľa platnej legislatívy. V laboratóriu ÚVZ SR v Bratislave boli analýzami vzoriek vôd zistené na všetkých odberných miestach patogénne a podmienené patogénne mikroorganizmy nad rámec platnej legislatívy. Ich prítomnosť vo vode na kúpanie môže indikovať fekálne znečistenie, ktorého zdrojom môže byť odpadová voda (splašková, priemyselná a komunálna) z obytných, výrobných, poľnohospodárskych, zdravotníckych a iných stavieb a zariadení, alebo priesaková voda zo skládok odpadov, odkalísk, odpadová voda zo žump s porušenou izoláciou, ale tiež môže ísť aj o znečistenie splaškami z okolia s organickými látkami z pôdy a rozkladu rastlín bez priamej súvislosti s fekálnou kontamináciou.“*

Záver

Vodná nádrž Ružín je najdlhšou a jednou z najkrajších priehrad na území Slovenska. Každoročne priláka veľký počet turistov nielen zo Slovenska, ale aj zo zahraničia. Na jednej strane ponúka rôzne možnosti na trávenie voľného času, no na strane druhej návštevníkov Ružína odrádza kvalita jej vody a znečistené brehy.

K znečisťovaniu vody v priehrade a jej brehov najvýznamnejšie prispievajú jej prítoky, rieky Hornád a Hnilec. Nahromadený odpad na Ružíne znepríjemňuje život nielen občanom, ale aj zvieratám žijúcim v jeho blízkosti a taktiež okolitej prírode.

Teoretickú časť práce tvoria informácie o histórii a súčasnosti Ružínskej priehrady. V praktickej časti sme sa sústredili na rozbor vody v prítokoch Ružína (Hornád, Hnilec), z lokality Počkaj Beach, Husia pláž a Opátka. Zaujímalo nás aj zloženie odobratého sedimentu. Z analyzovaných vzoriek bola na základe zistených parametrov najviac kontaminovaná vzorka vody odobraná z rieky Hornád. Z 12-tich stanovených ukazovateľov boli prekročené limitné koncentrácie v prípade štyroch z nich, a to konkrétne pri CHSK, obsahu amoniakálneho a celkového dusíka a celkového fosforu. Množstvo odpadu rôzneho charakteru významne ovplyvnilo a prispelo k zvýšenej hodnote koncentrácie CHSK v rieke Hornád. Štvornásobne vyššia hodnota CHSK, v porovnaní s maximálne prípustnou koncentráciou, je zjavným indikátorom silnej kontaminácie vody organickými látkami. Ďalšie analýzy ukázali zvýšené koncentrácie dusíka a fosforu, čoho dôsledkom je zápach a zazelenanie vody. Výsledky analýz sedimentov ukázali, že ani v jednom prípade nebola prekročená ich zákonom daná maximálne prípustná koncentrácia.

Ružínska priehrada naozaj volá o pomoc. Je iba na nás, či vypočujeme jej volanie. V prvom rade je však potrebné sústrediť pozornosť na systematickú prácu s obyvateľmi žijúcimi pozdĺž riek Hornád a Hnilec pri jej spoločnej záchrane. Ide najmä o osvetovú činnosť zameranú na triedenie odpadov z domácností, kompostovanie, zabránenie vzniku čiernych skládok a podobne. Významným, a to už za jeden rok fungovania, je pôsobenie OZ Čistejší Ružín, ktorého aktivity majú dopad na nás všetkých, ďalej je to aj zálohovanie plastových fliaš a plechoviek. Iba spoločnými silami dokážeme znovu prinavrátiť významnú pozíciu Ružínskej priehrade a jej krásnemu prírodnému okoliu a prispieť tak k tomu, aby sa toto miesto opäť zaradilo medzi čisté prírodné skvosty a vyhľadávané turistické miesta panenskej turistiky na Slovensku.

Zhrnutie

Priehrada Ružín je jednou z najviac znečistených vodných nádrží na Slovensku. Stala sa záchytným miestom priplavených ton odpadov z prítokov po silných dažďoch a záplavách z čiernych skládok. Až medializovaná „husto posiatá“ hladina odpadom rôznorodého charakteru vyvolala rázne STOP. Cieľom práce je uskutočniť analýzy (celkový fosfor, celkový dusík, amoniakálny, dusitanový a dusičnanový dusík, hliník, pH, výskyt ťažkých kovov (Cd, Pb, Hg), nesyntetických látok (As, Cr, Cu, Zn)) vzoriek vody odobratých z riek Hornád a Hnilec (prítoky do nádrže), z lokalít Počkaj Beach, Husia pláž a Opátka a tiež výluhu dnových sedimentov. Širší rozmer práce spočíva v spolupráci s OZ Čistejší Ružín, s ktorým spolupracujeme pri realizácii nadregionálneho projektu aktivitami pre zvýšenie turizmu a skvalitnenie ŽP každoročným dobrovoľným čistením brehov priehrady. Výsledky experimentov ukázali, že v rieke Hornád sa na základe 4-násobne vyššej hodnoty CHSK dichrómanom v porovnaní s maximálne prípustnou koncentráciou nachádza značne veľké organické znečistenie. Ďalšie analýzy ukázali zvýšené koncentrácie dusíka a fosforu, čo môžu v konečnom dôsledku spôsobiť značné zhoršenie kvality vody (zápach, zazelenanie), ktoré bolo možné pozorovať aj vizuálne. Ostatné odobrané vzorky nepreukázali prekročenie maximálne prípustnej koncentrácie žiadneho iného z ukazovateľov.

Zoznam použitej literatúry

- [1] AKČNÝ PLÁN VODNÝCH RÁD KOŠICKÉHO KRAJA V RÁMCI PROGRAMU OBNOVY KRAJINY KOŠICKÉHO KRAJA 2021-2030 [online]. [cit. 31.1.2022]. Dostupné na internete: https://web.vucke.sk/files/sk/kompetencie/regionalny-rozvoj/program-obnovy-krajiny/akcny_plan_vodnych_rad.pdf
- [2] HORÁKOVÁ, M. a kol. 2012. Analytika vody. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN 978-80-7080-520-6.
- [3] KARLOVSKÁ, I. 2021. Podmienky pre nitritáciu v odpadových vodách. Diplomová práca. Bratislava: FCHPT STU.
- [4] Na priehrade Ružín odštartoval najväčší environmentálny projekt zberu a recyklácie odpadov [online]. [cit.31.1.2022]. Dostupné na internete: <https://spravy.pravda.sk/regiony/clanok/585583-na-priehrade-ruzin-odstartoval-najvacsi-environmentalny-projekt-zberu-a-recyklacie-odpadov/>
- [5] NARIADENIE VLÁDY SLOVENSKEJ REPUBLIKY 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.
- [6] PITTER, P. 2015. Hydrochemie 5. vydanie. Vydavatelství VŠCHT Praha, ISBN 978-80-7080-928-0.
- [7] PROBLÉMY VODY [online]. [cit.31.1.2022]. Dostupné na internete: <https://euroclean.sk/problemy-vody>
- [8] RAJCZYKOVÁ, E. – MAKOVINSKÁ, J. 2017. Eutrofizácia povrchových vôd na Slovensku. In: Vodohospodársky spravodajca, roč. 60, č. 1-2, s. 13 – 16, ISSN: 0322-886X.
- [9] RUŽÍN [online]. [cit.31.1.2022]. Dostupné na internete: <https://www.margecany.info/o-obci/ruzin/>
- [10] Ružín sa sfarbil do zelena, podľa OZ Ružínska priehrada za to môže znečisťovanie [online]. [cit.31.1.2022]. Dostupné na internete: <https://www.enviportal.sk/clanok/ruzin-sa-sfarbil-do-zelena-podla-oz-ruzinska-priehrada-za-to-moze-znecistovanie>
- [11] STANOVENIE KADMIA A OLOVA METÓDOU PRIETOKOVEJ ROZPÚŠŤACEJ CHRONOPOTENCIOMETRIE VO VODÁCH URČENÝCH NA ĽUDSKÚ SPOTREBU [online cit.]. [31.1.2022]. Dostupné na internete: http://www.vuvh.sk/download/kniznica/zborniky/zb_hydrochemia12/17.pdf
- [12] TÖLGYESSY, J. – PIATRIK, M. 1994. Technológia vody, ovzdušia a tuhých odpadov. Vydavateľstvo STU Bratislava, ISBN-80-227-0619-1.

- [13] VODNÁ NÁDRŽ RUŽÍN [online]. [cit. 31.1.2022].Dostupné na internete: <https://www.keturist.sk/info/vodna-nadrz-ruzin/>
- [14] Vodná nádrž Ružín sa sfarbila do zelenej farby, môže za to znečistenie [online]. [cit. 31.1.2022]. Dostupné na internete: <https://ekozurnal.sk/1600438398/vodna-nadrz-ruzin-sa-sfarbila-do-zelenej-farby-moze-za-to-znecistenie>
- [15] VÝSKYT TĚŽKÝCH KOVŮ V OKOLÍ POZEMNÍ KOMUNIKACE RUDNÁ [online]. [cit.31.1.2022].Dostupné na internete: <https://core.ac.uk/download/pdf/30295903.pdf>
- [16] ZNEČISŤOVANIE RUŽÍNSKEJ PRIEHRADY: Výsledky terénneho výskumu, zdroje znečisťovania, návrhy krokov pre zlepšenie tohto stavu. [online]. [cit. 31.1.2022]. Dostupné na internete: <http://www.priateliazeme.sk/spz/publikacie/znecistovanie-ruzinskej-prie-hrady-vysledky-terenneho-vyskumu-zdroje-znecistovania-navrhy>

Prílohy

Zoznam Príloh:

Príloha A: Fotodokumentácia

Príloha B: Požiadavky na kvalitu povrchovej vody – časť A

Príloha C: Požiadavky na kvalitu povrchovej vody – časť B

Príloha D: Limitné hodnoty koncentrácie rizikových látok v dnových sedimentoch

Príloha A: Fotodokumentácia



Obr. 1 Mapa so zvýraznenými miestami odberu vzoriek vody (okrem potoka Opátka)

(Zdroj: upravené podľa <https://www.google.com/maps/search/mapa+ru%C5%BE%C3%ADn+/@48.8852791,21.0033005,14z?hl=sk>)



Obr. 2 a 3 Miesto odberu vzorky Opátka (vľavo) a odberu ústia rieky Hnilec do Ružína v Jaklovciach (vpravo) (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 4 a 5 Miesto odberu ústia rieky Hornád do Ružína (vľavo) a odberu vzorky Počkaj Beach (vpravo) v Margecanoch (Foto: Jančíková, R., 2021)



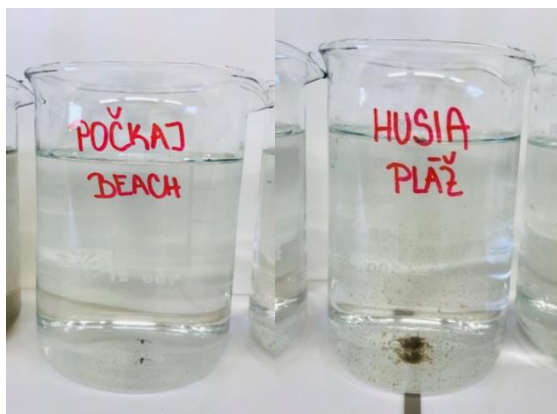
Obr. 6 Miesto odberu vzorky Husia pláž v Jaklovciach (Foto: Jančíková, R., 2021)



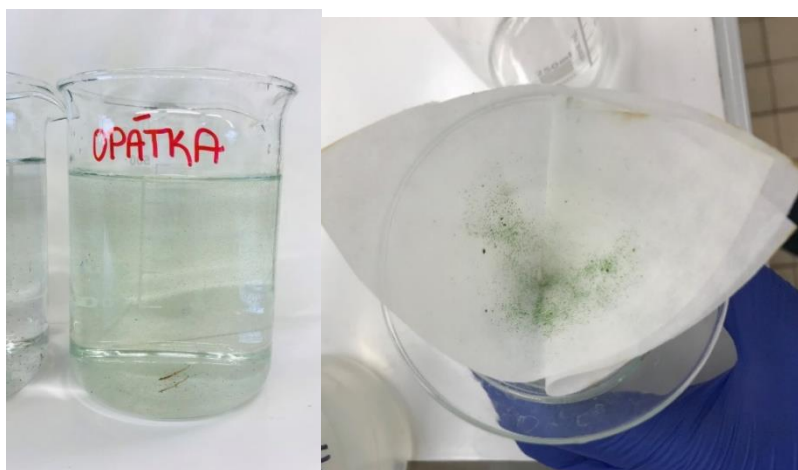
Obr. 7 Odobraté vzorky povrchovej vody z rôznych miest nádrže Ružín a jej okolia
(Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 8 a 9 Vzorka vody odobratá z rieky Hnilec (vpravo) a z rieky Hornád (vľavo) (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 10 a 11 Vzorka vody odobratá z brehu Ružína v blízkosti Počkaj Beach (vľavo) a v blízkosti rekreačného strediska Husia pláž (vpravo) (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 12 Vzorka vody odobratá z potoka Opátka (vľavo) a zachytené nerozpustené častice na filtračnom papieri (vpravo) (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 13 Sedimenty odobraté z brehu Ružína (Foto: Jančíková, R., 2021)



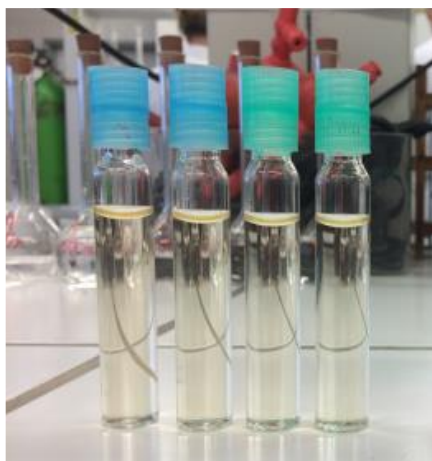
Obr. 14 Atómový absorpčný spektrometer (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 15 Chronopotenciometer (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 16 Sonda na meranie hodnoty pH vo vzorkách vody (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 17 Stanovenie amoniakálneho dusíka (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 18 Stanovenie dusitanového dusíka (Foto: Jančíková, R., 2021)



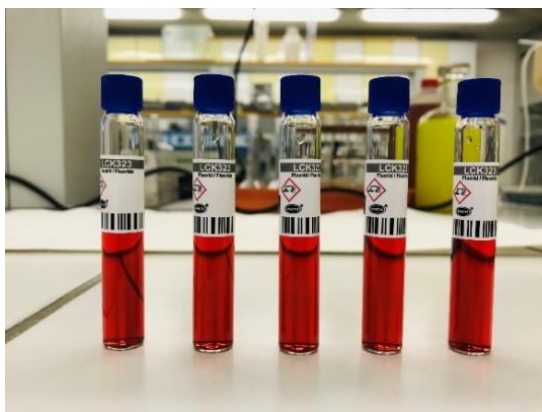
Obr. 19 Stanovenie dusičnanového dusíka (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 20 Zachytené nerozpustené látky na filtri (vľavo) a zariadenie na vákuovú filtráciu (vpravo) (Foto: Jančíková, R., 2021)



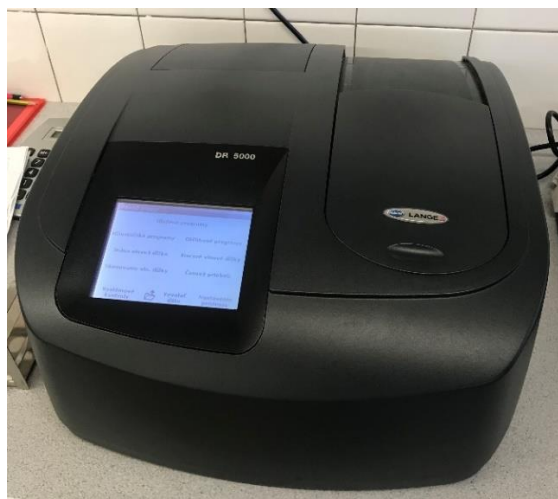
Obr. 21 Suchý termostat typu LT 200 na varenie CHSK, N_{celk} a P_{celk} (Foto: Jančíková, R., 2021)



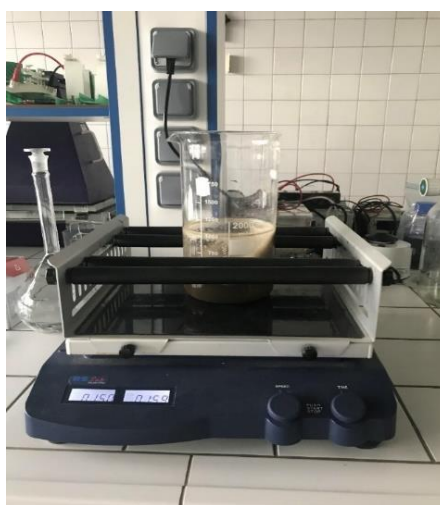
Obr. 22 Stanovenie fluoridov (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 23 Popis setu (vľavo) a obsah balenia setov od spoločnosti Hach (vpravo)
(Zdroj: <https://www.ekotechnika.com/produkt/kyvetove-testy-lck-hach/>)



Obr. 24 Spektrofotometer na meranie absorbancie a koncentrácie jednotlivých ukazovateľov (Foto: Jančíková, R.,2021)



Obr. 25 Trepačka na homogenizovanie vzoriek (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 26 Analýza odobratých vzoriek v laboratóriu (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 27 Eutrofizácia v priehrade Ružín z novembra 2013

(Zdroj: https://web.vucke.sk/files/sk/kompetencie/regionalny-rozvoj/program-obnovy-krajiny/akcny_plan_vodnych_rad.pdf)



Obr. 28 Eutrofizácia v priehrade Ružín – leto 2020

(Zdroj: <https://kosice.korzar.sme.sk/c/22488722/premnozene-sinice-sfarbili-ruzinsku-priehradu-na-zeleno.html>)



Obr. 29 Vodný kvet (premnožený výskyt siníc a rias) v roku 2021
(Foto: Jančíková, R., 2021)

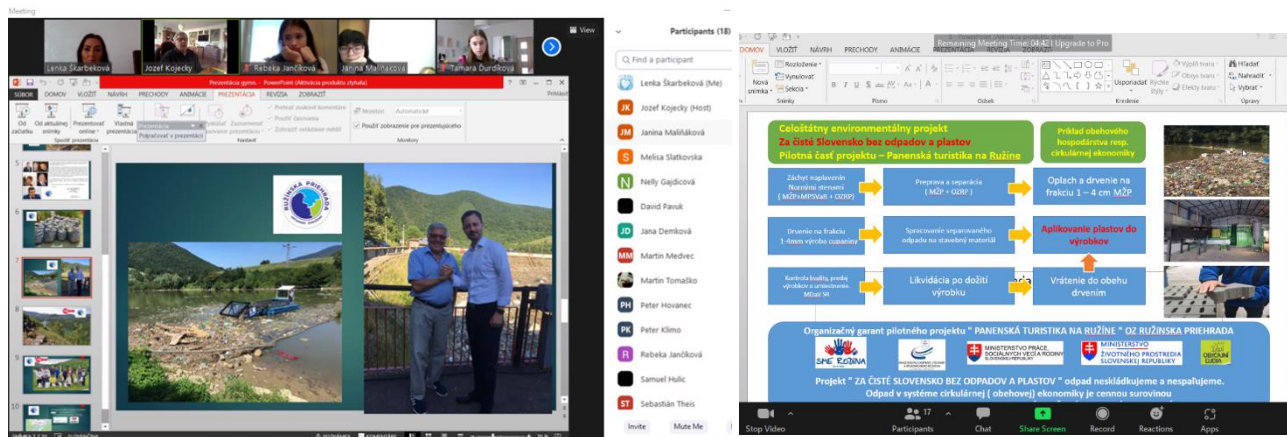


Obr. 30 Hnedé sfarbenie priehrady Ružín v roku 2020

(Zdroj: <https://spravy.pravda.sk/regiony/clanok/566408-ruzin-je-opat-plny-odpadu-pripravila-ho-velka-voda/>)



Obr. 31 Aktivita občianskeho združenia (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 32 Online beseda s predsedom Občianskeho združenia Ružinska priehrada
(Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 33 Čierne skládky v povodí rieky Hornád v Richnave

(Zdroj: <https://www1.pluska.sk/krimi/richnavski-romovia-su-majstrami-vyhovoriek-odpadky-potoku-nie-su-nasej-osady>)



Obr. 34 Novopostavený most „Červeňák“ na priehrade Ružin (Foto: Jančíková, R., 2021)



Obr. 35 Výhľad na priehradu Ružín z vrchu Sivec (Foto: Jančíková, R., 2021)

Príloha B: Požiadavky na kvalitu povrchovej vody – časť A

POŽIADAVKY NA KVALITU POVRCHOVEJ VODY - ČASŤ A

Tab. 1 Všeobecné ukazovatele kvality vody a ich najvyššie prípustné koncentrácie v povrchovej vode

(Príloha č.1 k nariadeniu vlády č. 269/2010 Z. z. – časť A) [11]

Ukazovateľ		Symbol	Jednotka	Hodnota
1.	Rozpustený kyslík	O ₂	mg/l	viac ako 5
2.	Biochemická spotreba kyslíka s potlačením nitrifikácie ¹⁾	BSK ₅ (ATM)	mg/l	7
3.	Chemická spotreba kyslíka dichróma- nom	CHSK _{Cr}	mg/l	35
4.	Celkový organický uhlík	TOC	mg/l	11
5.	Sulfán a sulfidy	S ²⁻	mg/l	0,02
6.	Reakcia vody	pH		6 - 8,5
7.	Teplota	t	° C	<26
8.	Rozpustené látky, sušené pri 105 °C	RL ₁₀₅	mg/l	900
9.	Rozpustené látky, žíhané pri 550 °C	RL ₅₅₀	mg/l	640
10.	Železo celkové	Fe	mg/l	2
11.	Vodivosť	EK	mS/m	110
12.	Mangán celkový	Mn	mg/l	0,3
13.	Vápnik	Ca	mg/l	100
14.	Horčík	Mg	mg/l	200
15.	Chloridy	Cl ⁻	mg/l	200
16.	Sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250
17.	Sodík	Na	mg/l	100
18.	Fluoridy	F ⁻	mg/l	1,5
19.	Amoniakálny dusík	N-NH ₄	mg/l	1,0
20.	Dusitanový dusík	N-NO ₂	mg/l	0,02
21.	Dusičnanový dusík	N-NO ₃	mg/l	5,0

22.	Voľný amoniak	NH ₃	mg/l	0,3
23.	Organický dusík	Norg.	mg/l	2,5
24.	Celkový dusík	Ncelk	mg/l	9
25.	Fosfor celkový	Pcelk.	mg/l	0,4
26.	Fenolový index	FN	mg/l	0,02
27.	Povrchovo aktívne látky-aniónové	PAL-A	mg/l	1,0
28.	Adsorbovateľné organicky viazané halogény	AOX	µg/l	20

Príloha C: Požiadavky na kvalitu povrchovej vody – časť B

POŽIADAVKY NA KVALITU POVRCHOVEJ VODY - ČASŤ B

Tab. 2 Nesyntetické látky – ťažké kovy a ich najvyššie prípustné koncentrácie v povrchovej vode

(Príloha č. 1 k nariadeniu vlády č. 269/2010 Z. z. – časť B) [11]

Ukazovatele		Sym-bol	Jednotka	Ročný priemer		Najvyššia prípustná koncentrácia	
1.	Arzén	As	µg/l	7,5 ¹⁾		-	
2.	Chrómový celkový	Cr _{celk}	µg/l	9 ¹⁾		-	
3.	Kadmium	Cd	µg/l	1. a 2. trieda	0,08 ^{1), 2)}	1. a 2. trieda	0,45 ^{1), 2)}
				3. trieda	0,09 ^{1), 2)}	3. trieda	0,60 ^{1), 2)}
				4. trieda	0,15 ^{1), 2)}	4. trieda	0,90 ^{1), 2)}
				5. trieda	0,25 ^{1), 2)}	5. trieda	1,50 ^{1), 2)}
4.	Meď	Cu	µg/l	1. a 2. trieda	1,1 ^{1), 2)}	1. a 2. trieda	-
				3. trieda	4,8 ^{1), 2)}	3. trieda	-
				4. a 5. trieda	8,8 ^{1), 2)}	4. a 5. trieda	-
5.	Nikel	Ni	µg/l	20 ¹⁾		-	
6.	Olovo	Pb	µg/l	7,2 ¹⁾		-	
7.	Ortuť	Hg	µg/l	0,05 ¹⁾		0,07 ¹⁾	
8.	Zinok	Zn	µg/l	1. a 2. trieda	7,8 ^{1), 2)}	1. a 2. trieda	-
				3. trieda	35,1 ^{1), 2)}	3. trieda	-
				4. a 5. trieda	52,0 ^{1), 2)}	4. a 5. trieda	-

Príloha D: Limitné hodnoty koncentrácie rizikových látok v dnových sedimentoch

Tab. 3 Limitné hodnoty koncentrácie rizikových látok v dnových sedimentoch zo zákona
č. 188/2003 Z. z. [11]

Parameter	Limitné hodnoty koncentrácie mg/ kg sušiny
Arzén	20
Kadmium	10
Chróm	1 000
Meď	1 000
Ortuť	10
Nikel	300
Olovo	750
Zinok	2 500
PAU	6,0
PCB	0,8
AOX	500