

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ВЛТАВА В МЕЖАХ М. ПРАГА (ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА)

Виконав: студент 4 курсу, групи ДЕ-42

спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ / Ігор ТАВАНЦЕВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Анатолій ЛІСНЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / Інга СКЛЯРОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри _____ / Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Анна КОТ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Інститут: Навчально-науковий інститут екології

Кафедра: екології та менеджменту довкілля

Рівень вищої освіти: бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ /проф. Андрій АЧАСОВ

підпис

ім'я та прізвище

“ ___ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

ТАВАНЦЕВ Ігор Олександрович

(прізвище, ім'я студента)

1. Назва теми роботи на завдання Оцінка якості води річки Влтава в межах м. Прага (Чеська Республіка)

керівник роботи студента Анатолій ЛІСНЯК, доцент, канд. с.-г. наук

(ім'я, по-батькові, прізвище, вчене звання, науковий ступінь)

затверджені наказом по університету від “ ___ ” _____ 20__ року №__

2. Строк подання студентом роботи 15. 05. 2025 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз науково-технічної літератури з обраної теми.

Основні аспекти, що підлягають вивченню під час огляду джерел:

- Визначити стан дослідження проблеми якості води в річці Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки;
 - Визначити показники, за якими буде здійснена оцінка якості води;
 - Вивчити вимоги нормативних документів щодо води;
 - Описати відомі заходи щодо очистки і покращення якості води на основі літератури;
 - Вивчення методики проведення досліджень води та планування експериментальних досліджень води в річці Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки.
2. Відібрати необхідну кількість проб води з річки Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки;
3. Провести аналіз відібраних проб води з річки Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки;
4. Проаналізувати отримані результати наукового дослідження та зробити оцінку якості води з річки Влтава;
5. Розробити практичні заходи щодо покращення води з річки Влтава.

4. Етапний план реалізації наукового дослідження:

№ з/п	Конкретні етапи дослідження
1	Огляд літератури та виявлення проблематики якості з річки Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки
2	Опанувати методичні підходи щодо дослідження якості води з річки Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки
3	Аналіз отриманих даних, встановлення оцінки та узагальнення практичних результатів наукового дослідження

4	Практичні шляхи щодо покращення з річки Влтава у межах м. Прага Чеської Республіки
---	--

5. Дата видачі студенту завдання « 10 » червня 2024 року

Студент

підпис

Ігор ТАВАНЦЕВ

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

Анатолій ЛІСНЯК

ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ВЛТАВА В МЕЖАХ М. ПРАГА (ЧЕСЬКА
РЕСПУБЛІКА)**

Ігор ТАВАНЦЕВ

Кваліфікаційна робота « Оцінка якості води річки Влтава у межах м. Прага, Чеської республіки» містить 47 сторінок, 3 розділи, 6 таблиць, 18 рисунків, 1 формулу та 19 використаній джерел.

Мета роботи: Здійснити комплексну оцінку якості води річки Влтава в межах міста Прага (Чеська Республіка) на основі комплексного дослідження стану річки та формування практичних рекомендацій для сталого управління водними ресурсами.

Об'єкт дослідження – води річки Влтава у межах м. Прага.

Предмет дослідження – фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні показники води річки Влтава.

Завдання дослідження: передбачали збір, систематизацію та обробку даних щодо стану річки, їх аналіз та проведення оцінки стану Влтави. Надання загальних рекомендації щодо покращення стану річки.

Методи: порівняльного синтезу, порівняльно-аналітичні, математичні.

Короткий опис роботи. Були зібрані, оброблені та систематизовані показники річки Влтави. При порівнянні показників з національним Чеським стандартом, було виявлено що загалом більшість показників є в нормі, але річка зазнає періодичне звищене навантаження. Потім, це підтвердилось обчисленням інтегральних показників річки. За стандартами річка є помірно-забрудненою.

РІЧКА ВЛТАВА, ОЦІНКА, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ,
ЗАБРУДНЕННЯ, ПРАГА, АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, РАМКОВА ВОДНА
ДИРЕКТИВА ЄС

ABSTRACT

**ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF THE VLTAVA RIVER WITHIN
THE CITY OF PRAGUE (CZECH REPUBLIC)**

Ihor TAVANTSEV

The qualification work «Assessment of water quality of the Vltava River within the city of Prague, Czech Republic» contains 47 pages, 3 chapters, 6 tables, 18 figures, 1 formula and 19 references.

Purpose: To carry out a comprehensive assessment of the water quality of the Vltava River within the city of Prague (Czech Republic) based on a comprehensive study of the river's condition and the development of practical recommendations for sustainable water management.

The object of the study is the waters of the Vltava River within the city of Prague.

The subject of the study is the physicochemical and sanitary-toxicological indicators of the water of the Vltava River.

The objectives of the study included collecting, systematising and processing data on the state of the river, analysing it and conducting an assessment of the Vltava River. Providing general recommendations for improving the river's condition.

Methods: comparative analysis, comparative, mathematical.

Results. The indicators of the Vltava River were collected, processed and systematized. When comparing the indicators with the Czech national standard, it was found that in general most of the indicators are normal, but the river is subject to periodic overloading. This was then confirmed by calculating the river's integral indicators. According to the standards, the river is moderately polluted.

VLTAVA RIVER, ASSESSMENT, ECOLOGICAL STATUS OF THE RIVER,
POLLUTION, PRAGUE, ANTHROPOGENIC IMPACT, EU WATER FRAMEWORK
DIRECTIVE

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЯКІСТЬ ВОДИ РІЧКИ ВЛТАВА У МЕЖАХ М. ПРАГА.....	10
1.1. Загальна характеристика річки Влтава та її значення для м. Прага	10
1.2. Огляд наукової літератури щодо якості води Влтави у межах Праги	
1.3. Основні фактори антропогенного впливу на якість води в умовах урбанізації	13
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВЛТАВИ НА ОСНОВІ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	17
2.1. Оцінка відповідності якості води національним стандартам. Нормативно-правові основи оцінки якості поверхневих вод у Чеській Республіці.....	17
2.2. Математичне визначення екологічної оцінки якості поверхневих вод річки Влтава у місті Прага.....	28
РОЗДІЛ 3 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	35
3.1. Аналітичне обґрунтування результатів дослідження.....	35
3.2. Аналіз результатів екологічної оцінки р. Влтава на території Праги	39
3.3. Рекомендації для забезпечення сталого управління водними ресурсами в межах м. Прага.....	40
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

ВСТУП

Актуальність теми. Оцінка якості води річки Влтава в межах міста Прага, Чеської Республіки, є надзвичайно актуальною темою з огляду на екологічні, соціальні та економічні аспекти, які впливають на сталий розвиток урбанізованих територій. Річка Влтава, як основна водна артерія Праги, відіграє ключову роль у забезпеченні населення питною водою, підтримці екосистем, розвитку туризму, а також у функціонуванні промислових і сільськогосподарських секторів. Водночас, антропогенний вплив, зокрема урбанізація, промислові скиди, сільськогосподарські стоки та побутові відходи, створюють значний тиск на стан водних ресурсів річки, що може призводити до погіршення якості води та порушення екологічного балансу. У межах Праги, де річка Влтава зазнає значного антропогенного навантаження, систематична оцінка її стану є необхідною для виконання цих вимог, а також для забезпечення безпеки водокористування та збереження біорізноманіття.

Таким чином, дослідження якості води річки Влтава в межах Праги є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору. Воно сприятиме поглибленню розуміння екологічного стану річки, розробці рекомендацій для покращення управління водними ресурсами та забезпеченню сталого розвитку регіону.

Мета роботи: Здійснити комплексну оцінку якості води річки Влтава в межах міста Прага (Чеська Республіка) на основі комплексного дослідження стану річки та формування практичних рекомендацій для сталого управління водними ресурсами.

Об'єкт дослідження: річка Влтава м. Прага.

Предмет дослідження: фізико-хімічні показники води річки Влтава.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз наукової літератури щодо стану р. Влтава в урбанізованій зоні міста Прага.

2. Описати основні джерела антропогенного навантаження на водні ресурси у межах міста.
3. Вивчити нормативні документи Чеської Республіки (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., ČSN 75 7221:2012)[5,14] та директиви ЄС щодо оцінки якості поверхневих вод.
4. Зібрати, обробити та систематизувати дані показників стану р. Влтава для подальшого аналізу і оцінки стану
5. Проаналізувати відповідність показників нормативним межам стандартам Чеської Республіки та стандартам ЄС.
6. Надати оцінку стану води річки Влтава на території міста Прага.
7. Сформулювати рекомендації для сталого управління водними ресурсами в межах міста на основі отриманих результатів.

Гіпотеза: оскільки якість води безпосередньо впливає на здоров'я населення, вибір моніторингових досліджень набуває особливої актуальності.

Методи дослідження: У роботі використано методи аналізу наукової літератури, порівняльний аналіз показників, систематизація нормативно-правових документів, а також оцінка якості води відповідно до вимог європейських та національних стандартів.

Наукова новизна: вперше проведено дослідження якості води річки Влтава в межах Праги для покращення управління водними ресурсами та забезпеченню сталого розвитку регіону.

Практична цінність: результати дослідження дають змогу мешканцям району Праги обґрунтовано покращити управління водними ресурсами та забезпечити сталий розвиток регіону.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЯКІСТЬ ВОДИ РІЧКИ ВЛТАВА У МЕЖАХ М. ПРАГА

1.1. Загальна характеристика річки Влтава та її значення для м. Прага

Найдовша річка Чехії Влтава бере початок в Шумавських горах (в підніжжі гори Чорна гора) і тече загалом на південний схід та потім на північ через всю Богемію, впадаючи у річку Лабє(Ельба) поблизу м. Мельник (18 милях, або ~29 км, північніше Праги). Її загальна довжина становить близько 430–435 км, а площа водозбірного басейну – близько 28 090 км² [12]. На своїх верхніх ділянках Влтава зарегульована серією водосховищ (каскададою Орлік, Слапи та іншими), що підтримують стік через Прагу у посушливі періоди на рівні понад ≈ 50 м³/с [13]. У межах Праги річка протікає з півдня (місцевість Збраслав) на північ (Сухдол) протягом майже 31 км.

Річка є важливим елементом міського середовища Праги. Влтава обумовлює пейзаж і клімат столиці, забезпечує гідрологічну стабілізацію (регулюється дамбами), рекреаційні зони і місця відпочинку, а також живить місцеві водойми. Ультимативне значення Влтави для водопостачання Праги непряме: основний запас питної води міста надходить із верхів'їв за допомогою крупних водосховищ (наприклад, Желівка – витік Влтави; але саме водозабори відокремлені від міської межі), проте сама річка активно використовується для рекреації (пляжі, туризм, човновий рух) та є природним оселищем риби і водної флори. За рахунок каскаду водосховищ на середній течії Влтава біля м. Чеські-Будєєвіце та Праги відома як мальовнича водойма з хорошою якістю води і багатством риби. Відомий культурний символ – цикл симфонічних поем Б. Сметани «Má vlast», де друга частина «Влтава» оспівує красу цієї ріки [16-17].

1.2. Огляд наукової літератури, щодо якості води Влтави у межах Праги

За даними моніторингу й досліджень, якість води нижньої Влтави за останні кілька десятиліть суттєво покращилась. Зокрема, у період 1985–2000 рр. спостерігалось різке зниження рівня забруднення (БПК, ХСК, амоній, сполуки фосфору, важкі метали), і сучасні показники в межах Праги та нижче за течією впливають переважно гідрологічними факторами (стоком води)[10]. За оцінками Чеського дослідника Ю. Фукси, після великого очищення у 1980–2000 рр. якість води на кордоні Чехії й Німеччини (профіль Грженско/Шмилка) зараз принаймні на рівні середньонімецьких показників [10]. Аналіз масового переносу свідчить, що Влтава сприяє надходженню забруднюючих речовин у Лабе головню через великий об'єм стоку, тоді як внесок міста Праги в забруднення «класичними» показниками (BOD, COD, нітроген, хлориди, важкі метали) незначний. Відзначено, що історично концентрації багатьох іонів (Cl^- , SO_4^{2-} , Na, K, Mg, Ca) в річці були значно вищими, ніж на рубежі 19–20 ст., але поступово знижуються завдяки поліпшенню очистки стоків [10].

Водночас низка нових забруднювачів залишається проблемою. Зокрема, дослідження показують, що рівні фосфору в каналізаційних викидах залишаються помітними навіть після модернізації очисних споруд – Влтава отримує значну частину навантаження по фосфору саме з міських стоків Праги. За даними Чеського гідрометеорологічного інституту за 2000-2024 роки, ми можемо бачити загальну тенденцію зменшення викидів фосфору у Влтаву, але з 2015 р. викид фосфору почав потроху збільшуватись [1-3].

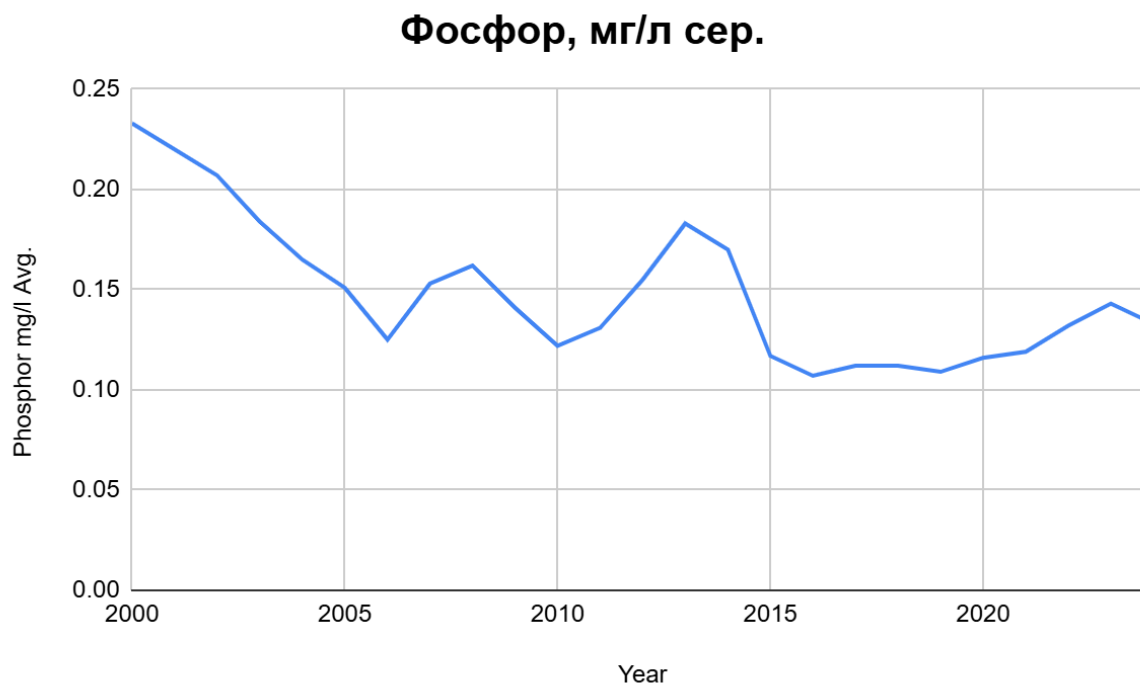


Рис. 1.1 Середня концентрація фосфору у Влтаві з 2020 по 2024 р. [4]

Як наслідок, підвищений рівень фосфору може сприяти евтрофікації, яка призводить до зниження рівня розчиненого кисню, відповідно частина водних організмів може загинути через нестачу кисню [13]. Через Фармацевтичні препарати та інші мікрополітанти є довготривалими забруднювачами: сучасні аналізи виявляють препарати (гепабентин, метформін, карбамазепін тощо) у річці в межах Праги і нижче в концентраціях десятків – сотень нг/л [13]. Прага є важливим джерелом цих «постійних» фармацевтиків, оскільки ділянка течії річки у місті приймає значні обсяги побутових стоків; внаслідок цього їхня концентрація корелює з чисельністю населення в басейні річки та мало зменшується при проходженні через очищувальні споруди.

Якість води Влтави у межах Праги також характеризується низьким бактеріальним забрудненням за нормальних умов. Моніторинг штучно доданих індикаторних бактерій (*E. coli*, кишкові ентерококи, *Clostridium perfringens*) показав, що поза зоною безпосередньої дії стічних вод з очисних станцій річка має

добру самоочисну здатність [19]. Це означає, що за звичайних умов Влтава через кілька кілометрів нижче випусків стоків демонструє майже прийнятний рівень за мікробіологічними показниками, що дозволяє використовувати її воду для рекреації та зрошення (за належного попереднього контролю). Водночас безпосередньо в районі впливу стічних викидів центральної очистки Праги спостерігається помітне фекальне забруднення. Слід зауважити, що на різних ділянках Праги можлива наявність локальних осередків забруднення (особливо при паводках, сильних зливах у каналізацію), про що свідчать дані гідрохімічних моніторингів місцевих відтоків і приток (наприклад, підвищення нітратів та хлоридів після сильних злив) [11].

1.3. Основні фактори антропогенного впливу на якість води в умовах урбанізації

Якість води Влтави в межах Праги визначається насамперед антропогенним навантаженням з міської агломерації [7, 9, 12-17]. Серед головних джерел забруднення називають:

- Комунальні стічні води. Центральна столична очисна споруда (ÚřOV) та численні дрібні каналізаційні установки викидають у Влтаву очищені, але не повністю чисті стоки. Прага сформувала «гарячу точку» забруднення: річка приймає великі обсяги міських відходів, що включають органічні речовини (підвищують БПК/ХСК) та рештки людиноподібних забрудників (мікроби, фармацевтичні та хімічні сполуки). Навіть за застосування найкращих технологій очистки деякі патогенні бактерії та стійкі хімікати зберігають життєздатність і надходять у річку. Аналіз показав, що комунальні відходи є одним із основних джерел мікробного забруднення Влтави [19]. Викиди каналізаційних насосних станцій та переповнення колекторів під час дощів також сприяють короточасним спалахам забруднення.

- Промислові та технологічні стоки. На самій території Праги небагато важких промислових підприємств, однак деякі об'єкти (підприємства харчової промисловості, опалювальні станції, хімічні заводи) колись скидали продукти діяльності у Влтаву чи системи міської каналізації. Основні підприємства які спричиняють навантаження на Влтаву є Пивоварня “Staropramen” та ТЕЦ “Міхле” [4-5].

Staropramen, одна з найбільших пивоварень у Празі, розташована в районі Сміхов. Згідно зі звітом про сталий розвиток за 2022 рік [18], підприємство впроваджує заходи для зменшення впливу на навколишнє середовище, включаючи:

1. Зменшення споживання води на 5 % порівняно з попереднім роком.
2. Впровадження системи повторного використання води в процесі виробництва.
3. Співпраця з місцевими органами влади для покращення якості стічних вод.

Загалом, більшість промислових підприємств підключена до централізованих очисних споруд, тож пряму загрозу Влтаві становлять радше аварійні ситуації (витоки мастил, хімікатів при аваріях) або незаконні зливи.

- Нефільтровані поверхневі стоки. У міських умовах значну роль відіграють змиви з доріг, тротуарів та забудов. Під час дощу на асфальті накопичуються нафта, бензин, фрикційні частинки (залізо, цинк) з автотранспорту, меліоративні солі (зимова протижеледна обробка), пестициди та добрива з газонів. Ці забруднення змиваються у дощову каналізацію і потрапляють у Влтаву як через спеціальні скидні споруди, так і через аварійні переливи. За оцінкою міської екологічної служби, стоки з проїжджих частин і скиди зливової каналізації негативно впливають на якість столичних водних шляхів[19].

- Інфраструктурні споруди. Розвиток річкових портів, шлюзів і судноплавства також змінює гідрологічний режим. У самому місті діють гідроелектростанції (наприклад, Пражська ГЕС на Дейвлі) та малий шлюз біля Вишеградського порогу, що впливають на локальний напрям течії і аерацію. Однак головним «антропогенним» впливом цих споруд є регулювання витрат води: водосховища на верхній течії Влтави значно послаблюють різкі коливання стоку

(повені або низькі води), що знижує концентрацію забрудників у місті в сухі періоди[13].

- Судноплавство і рекреація. Рекреаційне використання Влтави, зокрема активне судноплавство, має помітний вплив на екологічний стан річки. Хоча масштаб цього впливу може бути меншим порівняно з іншими антропогенними факторами, він все ж заслуговує на увагу.

За дослідженням Barák et al. (2023) [10], виявило, що активність туристів на річці, включаючи використання моторних човнів, спричиняє фізичне пошкодження донних організмів, зокрема прісноводних перловиць (*Margaritifera margaritifera*), та зміну їхнього середовища існування. Це свідчить про те, що інтенсивне рекреаційне використання річки може мати негативний вплив на екологічні спільноти, навіть якщо прямий вплив на хімічний склад води є незначним. Крім того, присутність численних прогулянкових теплоходів, моторних та плоскодонних човнів спричиняє забруднення нафтопродуктами (витоки палива, масла) та частково сміттям. Ці забруднення можуть негативно впливати на якість води та здоров'я водних екосистем [5-6].

- Інші урбаністичні чинники. Будівельний бум на берегах Влтави (інфраструктура, житлові проекти, мости) призводить до збільшення ерозії берегів і заносу осадів у річку. Звалища та стихійні сміттєзвалища іноді розташовані поблизу міських приток (напр., Ботич, Шеебрак), і при зливах із них можуть потрапляти хімікати або фекалії. Також слід враховувати вплив клімату: у посуху концентрація забрудників зростає через менший об'єм стоку, а під час дощів – навпаки, можливі короткочасні піки показників унаслідок великого дощового змиву [10].

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВЛТАВИ НА ОСНОВІ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1. Оцінка відповідності якості води національним стандартам. Нормативно-правові основи оцінки якості поверхневих вод у Чеській Республіці

У Чеській Республіці моніторинг та регулювання якості поверхневих вод здійснюється на основі національного законодавства, гармонізованого з вимогами Європейського Союзу. Основним нормативно-правовим актом, що визначає якісні вимоги до поверхневих вод, є Урядова постанова № 401/2015 Sb. (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [14], o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizace), яка встановлює допустимі концентрації (імісійні ліміти) забруднюючих речовин для поверхневих вод у розрізі категорій водокористування, включаючи води рибогосподарського призначення, рекреаційного використання та джерел питного водопостачання.

Крім того, класифікація якості води у Чехії здійснюється відповідно до національного стандарту ČSN 75 7221:2012 «Klasifikace jakosti povrchových vod» [5], який базується на комплексній оцінці хімічних, фізико-хімічних і біологічних показників. Стандарт визначає п'ять класів якості води:

- Клас I – дуже чиста вода (vynikající),
- Клас II – чиста або помірно забруднена вода (dobrá),
- Клас III – задовільна, помітно забруднена вода (vyhovující),
- Клас IV – погана, сильно забруднена вода (nevyhovující),
- Клас V – дуже погана, непридатна для водокористування (velmi znečištěná).

Кожному класу відповідає конкретний діапазон значень за такими індикативними параметрами, як розчинений кисень, біохімічне (БСК₅) та хімічне (ХСК) споживання кисню, вміст азоту (амонійного, нітратного) та фосфору

(фосфатів), концентрації металів (наприклад, заліза, марганцю), рН, каламутність, температура води та ін.

Законодавча база Чехії є результатом включення вимог Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЕС [6] та її адаптації (встановлення власних ГДК), що встановлює цілі щодо досягнення доброго екологічного і хімічного стану всіх водних об'єктів. Згідно з цією директивою, країни-члени ЄС зобов'язані впроваджувати стандарти якості вод (Environmental Quality Standards, EQS), визначені в Директиві 2008/105/ЕС [7] (та її оновленнях у Директиві 2013/39/EU) [8] для пріоритетних і специфічних забруднювачів. Наприклад, до таких речовин належать кадмій, свинець, ртуть, нікель, бензол, трихлорметан тощо, для яких встановлено обов'язкові ГДК для поверхневих вод.

Проте слід зауважити, що для більшості загальних гідрохімічних показників (рН, БСК₅, ХСК, амонійний азот, нітрати, фосфати тощо) Європейське законодавство не встановлює уніфікованих ГДК, делегуючи це національним органам влади. У Чехії ці значення чітко визначені в додатках до постанови № 401/2015 Sb.[14], де для кожного показника вказано допустимі концентрації відповідно до типу водокористування.

Таким чином, система контролю якості води у Чехії поєднує:

- Національні технічні стандарти (ČSN)[5] для класифікації якості,
- Імісійні нормативи (401/2015 Sb.)[14] для допустимого забруднення,
- Європейські директиви (2000/60/ЕС, 2008/105/ЕС, 2013/39/EU)[6,7,8]

щодо довгострокових цілей і моніторингу пріоритетних речовин.

Збір показників якості води Влтави

Для оцінки якості води дані були зібрані, систематизовані та оброблені з моніторингових профілів якості води Чеського Національного Гідрометеорологічного інституту з наступних моніторингових профілів якості вод - PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.[4] та моніторинговий профіль якості води - PVL_0105 - Zelčín, дані за 2021-2022 р.[4] Дані були зібрані, систематизовані та оброблені.

Таблиця 2.1

Моніторинговий профіль Моніторинговий профіль якості води - PVL_0105 -
Zelčín , 2021-2022 р.

Показник	Середнє значення	Мінімум	Максимум	ГДК (NV č.401/2015 Sb.)
Температура води, °C	10.981	2.8	20.4	–
pH	7.938	7.5	9.3	5-9
Розчинений кисень, мг/л	9.6	6.2	11.4	4
БСК ₅ , мг/л	2.237	0.9	6.4	3.8
ХСК, мг/л	22.048	17	30	26
Амонійний азот, мг/л	0.071	0.03	0.26	0.23
Нітрати, мг/л	3.271	1.9	5.4	5.4
Фосфати, мг/л	0.138	0.09	0.22	0.15
Залізо, мг/л	0.35	0.2	0.93	0,3
Марганець мг/л	0.15	0.08	0.36	0,1

Таблиця 2.2

Моніторинговий профіль якості води - PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

Показник	Середнє значення	Мінімум	Максимум	ГДК (NV č.401/2015 Sb.)
Температура води, °C	11.271	2.4	18.9	–
pH	7.852	7.4	9.1	5-9
Розчинений кисень, мг/л	10.6	7.1	12	4
БСК ₅ , мг/л	1.88	0.6	4.40	3.8
ХСК, мг/л	22.429	17	28	26
Амонійний азот, мг/л	0.029	0.03	0.12	0.23
Нітрати, мг/л	3.176	1.7	5.4	5.4
Фосфати, мг/л	0.077	0.04	0.14	0.15
Залізо, мг/л	0.45	0.2	0.82	0,3
Марганець мг/л	0.13	0.07	0.32	0,1

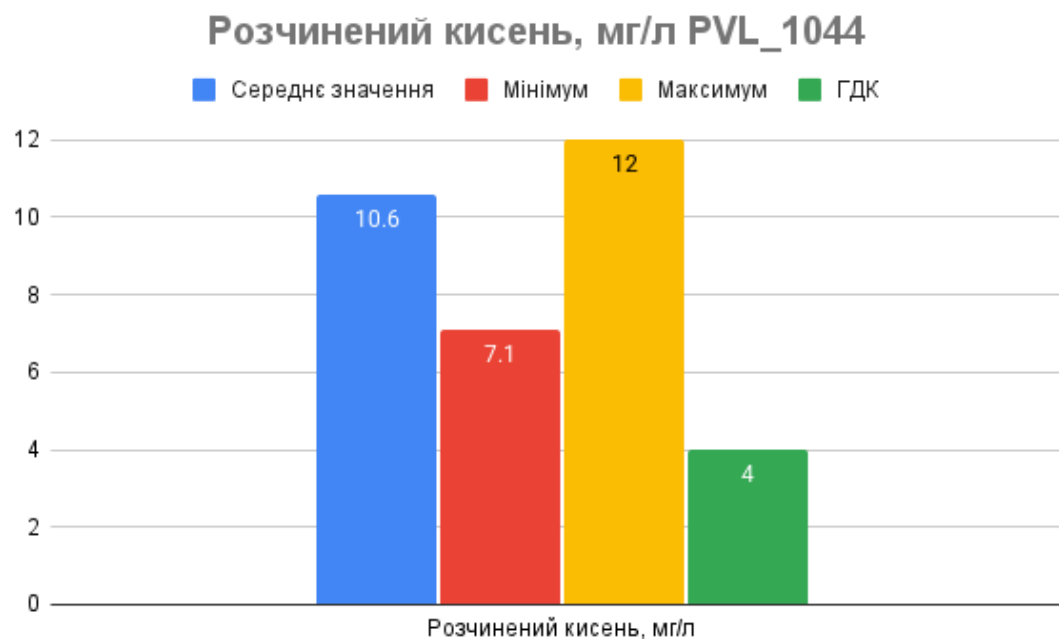


Рис. 2.2 Рівень рН, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

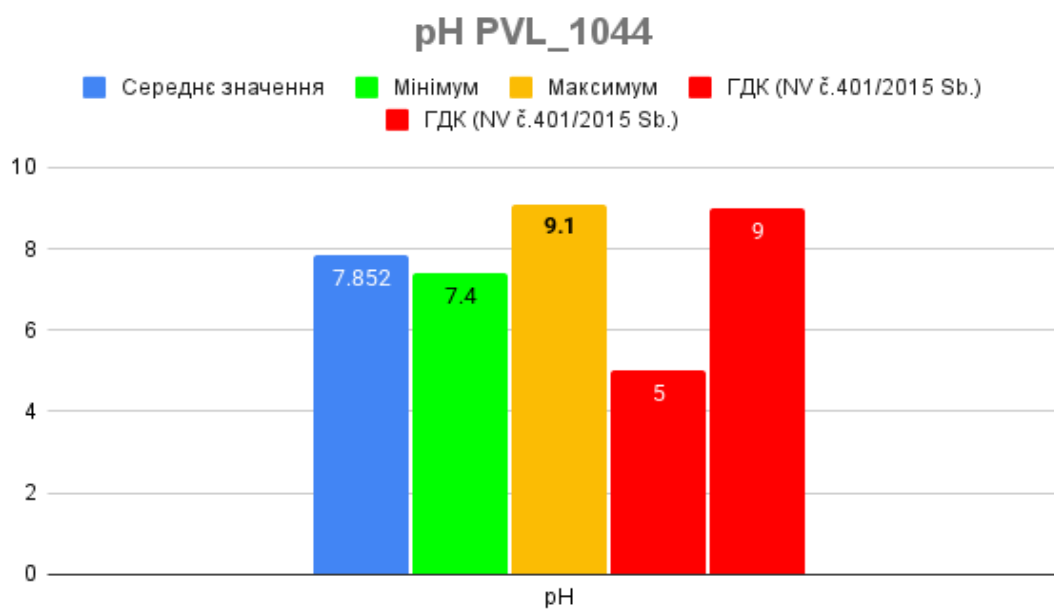


Рис. 2.3 Показник розчиненого кисню, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

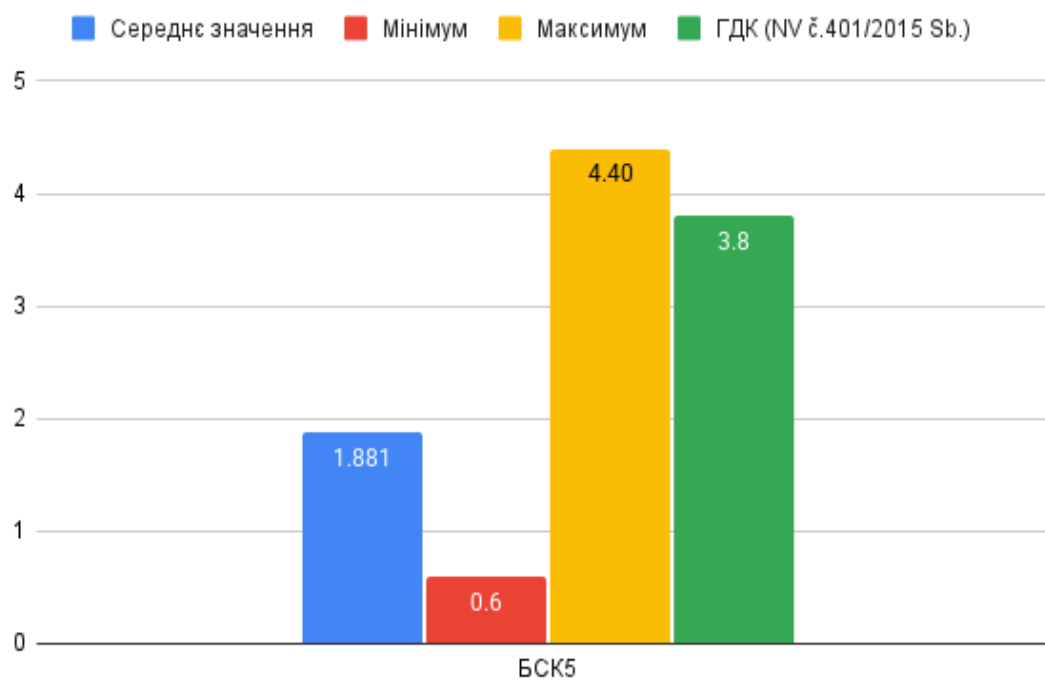


Рис. 2.4 Показник БСК5, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

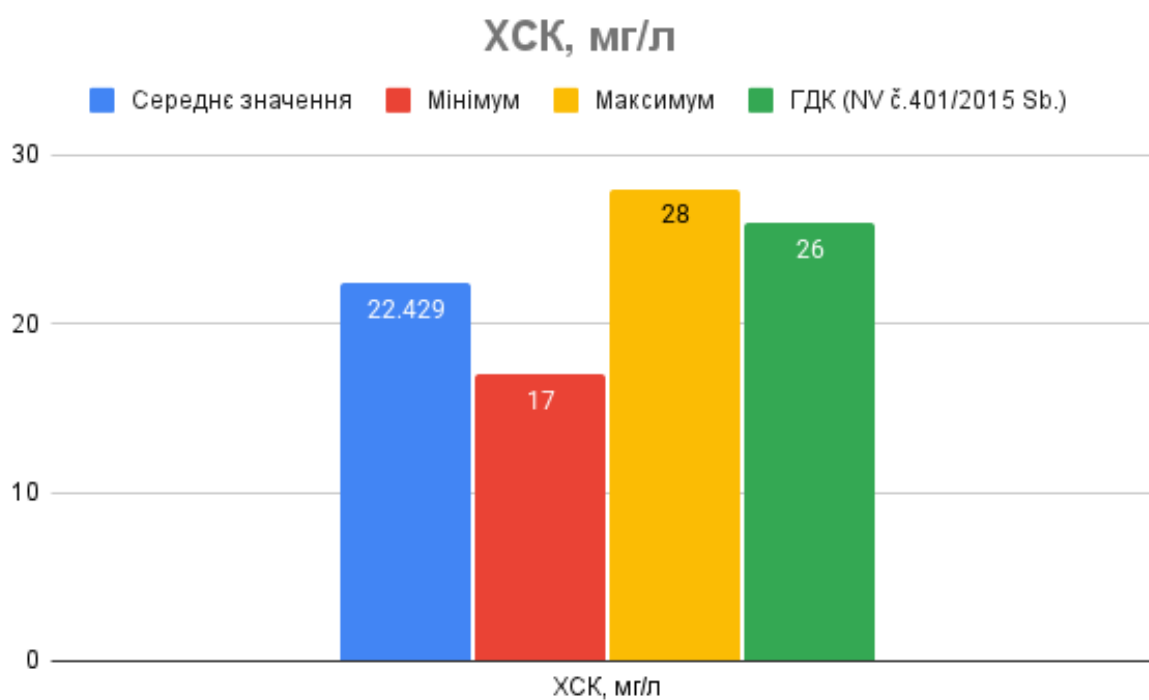


Рис. 2.5 Показник ХСК, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

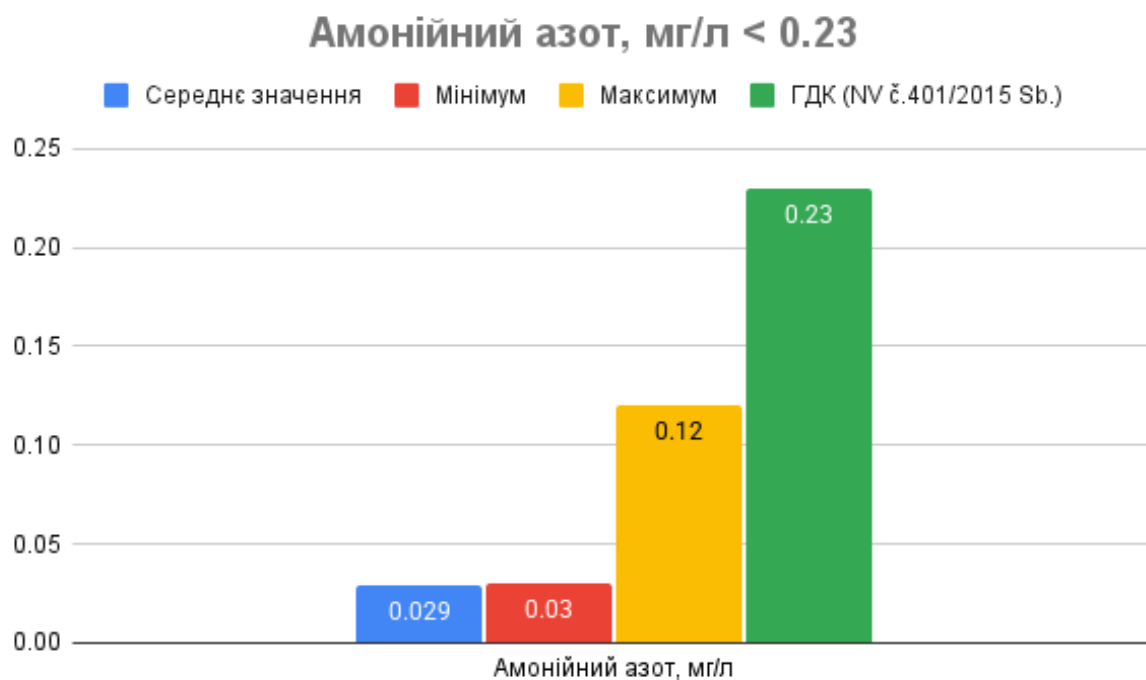


Рис. 2.6 Показник Амонійний азот, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р

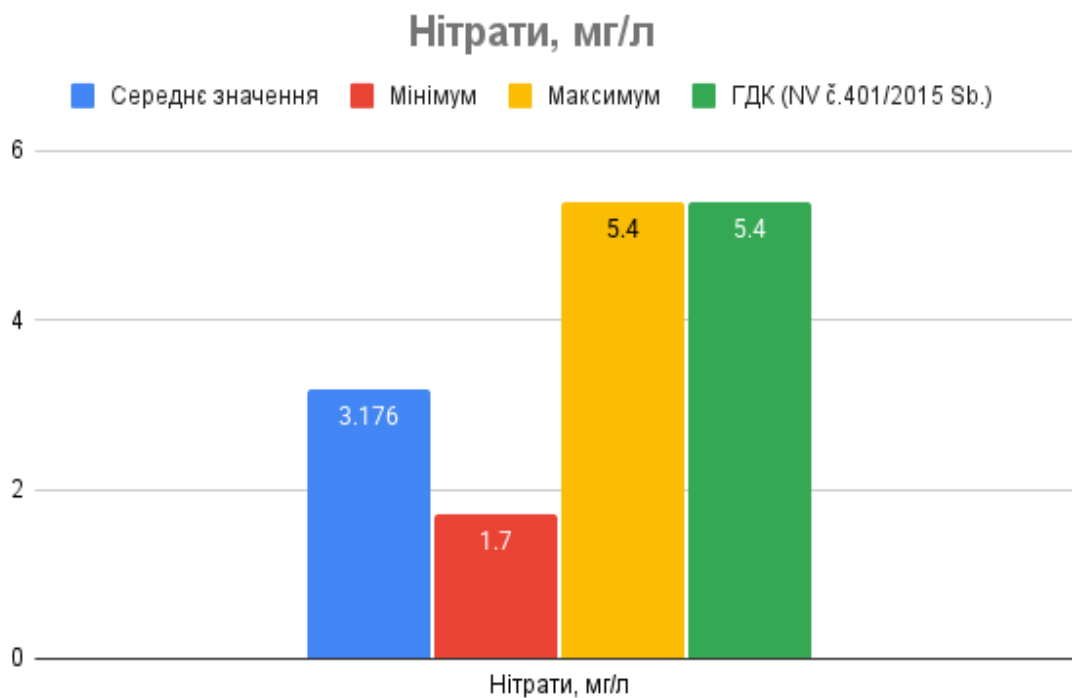


Рис. 2.7 Показник Нітрати, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р

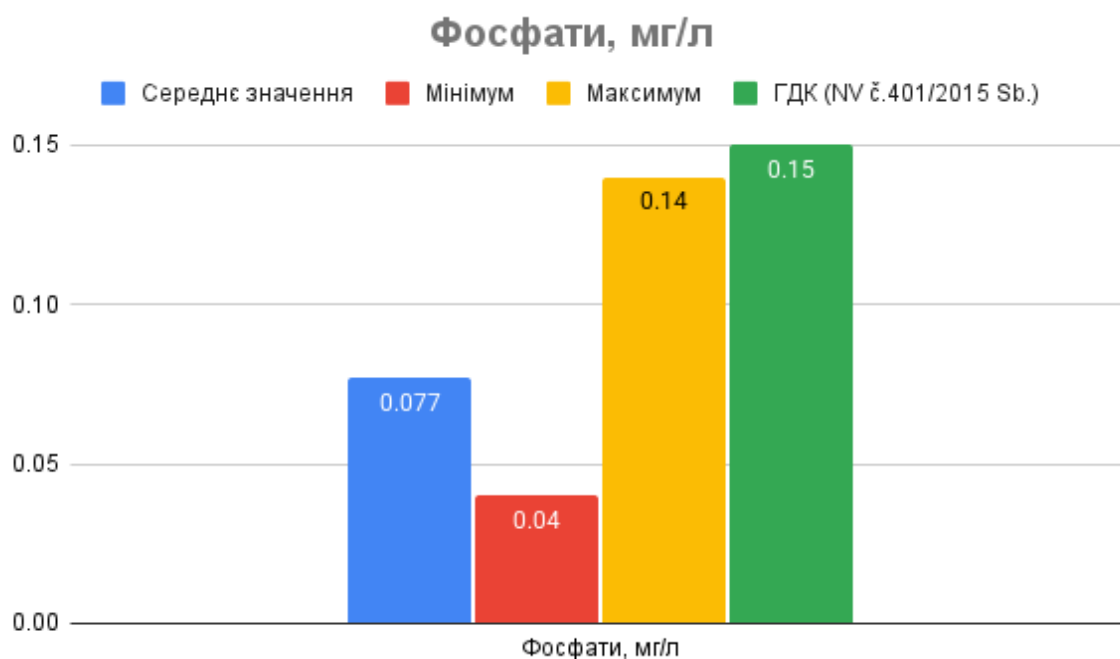


Рис. 2.8 Показник Фосфати, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

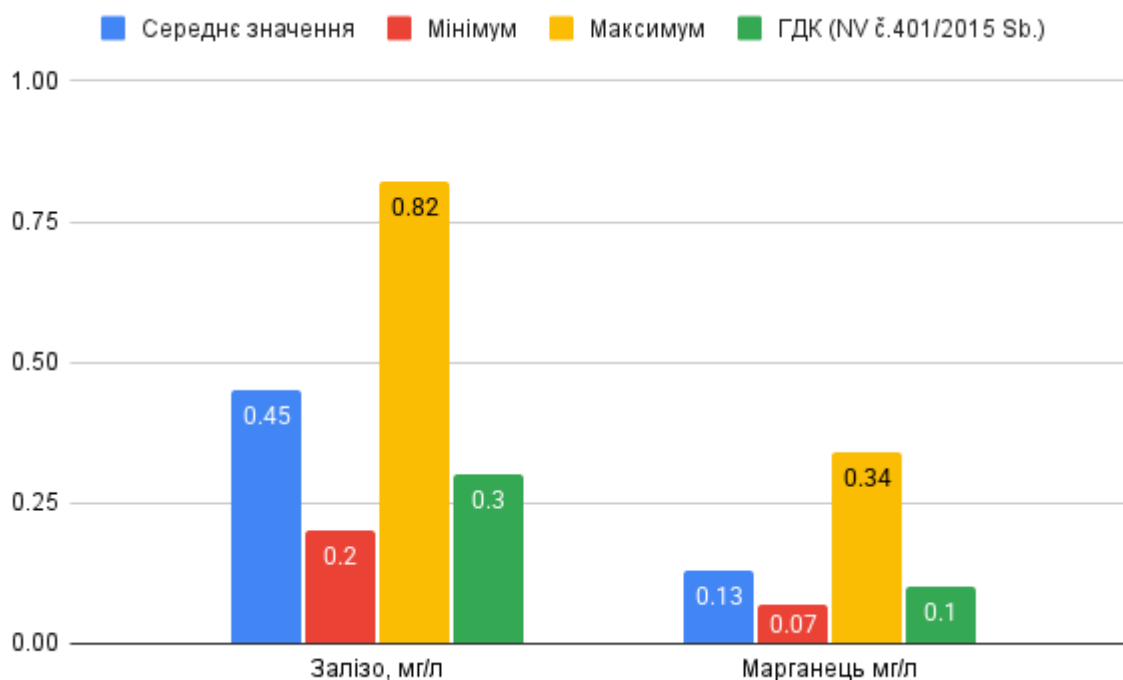


Рис. 2.9 Показник Залізо та марганець, пункт PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.

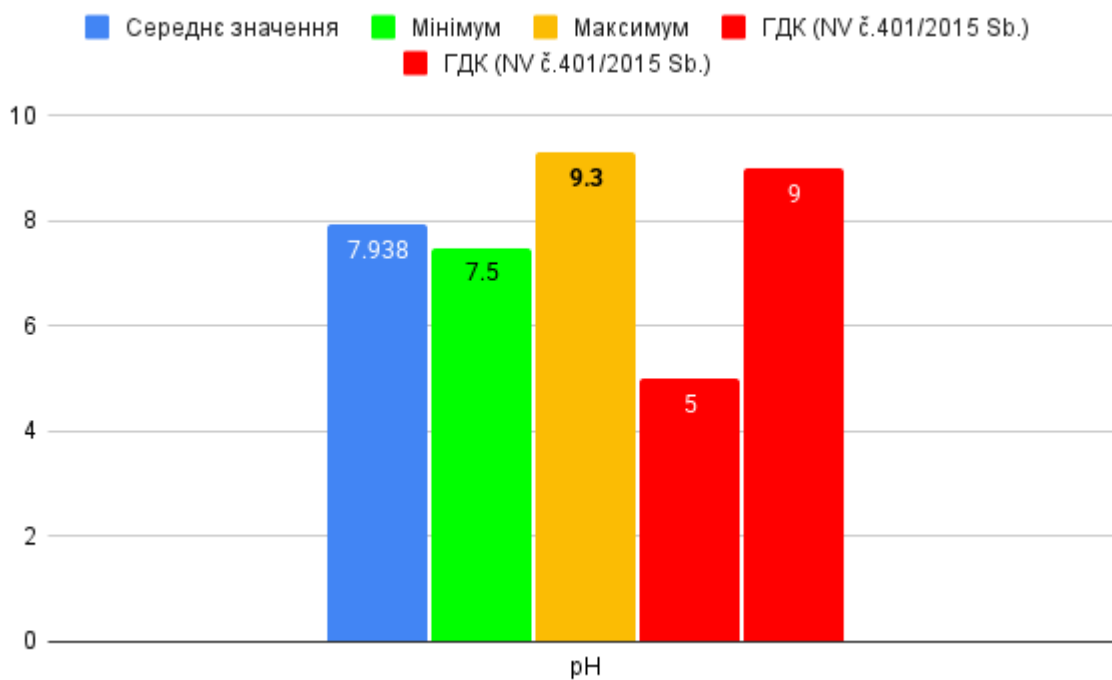


Рис. 2.10 Показник pH, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

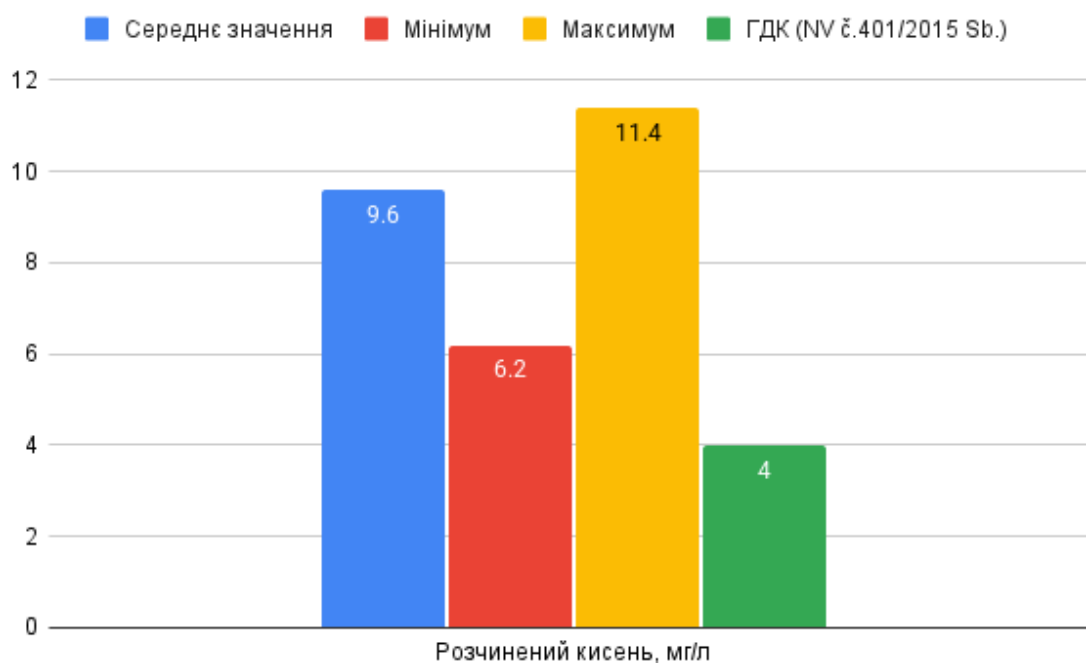


Рис. 2.11 Показник розчинений кисень, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

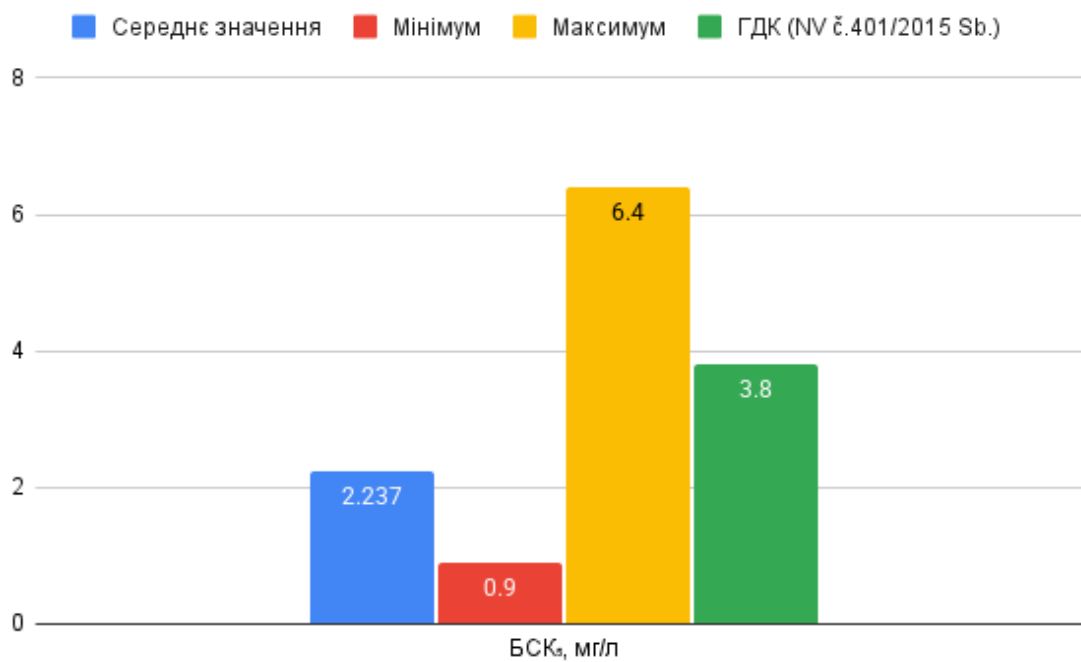


Рис. 2.12 Показник розчинений кисень, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

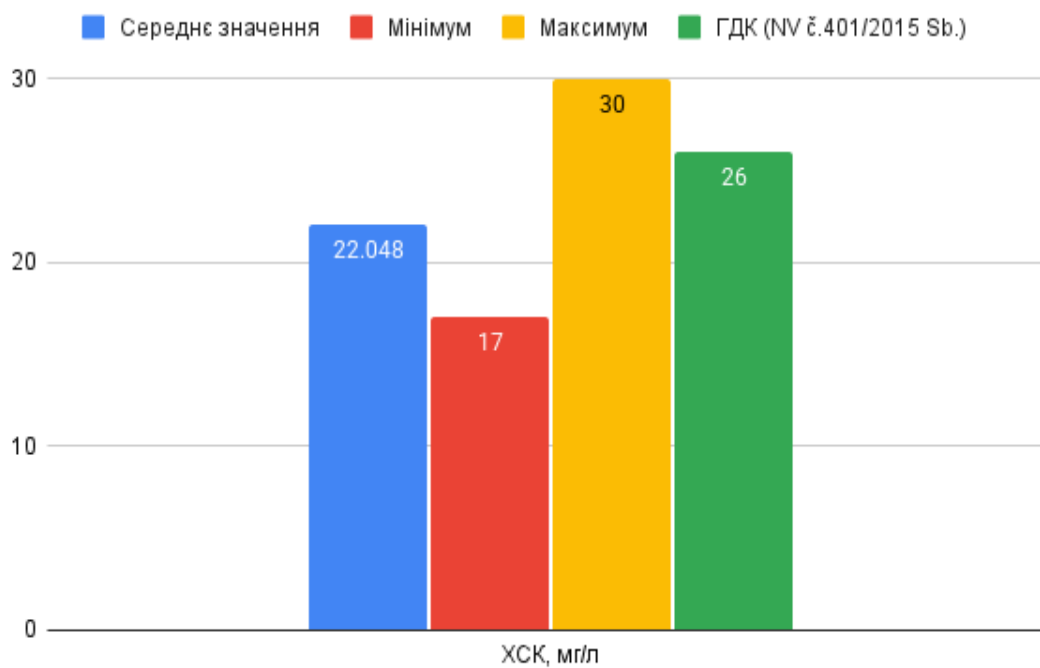


Рис. 2.13 Показник ХСК, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

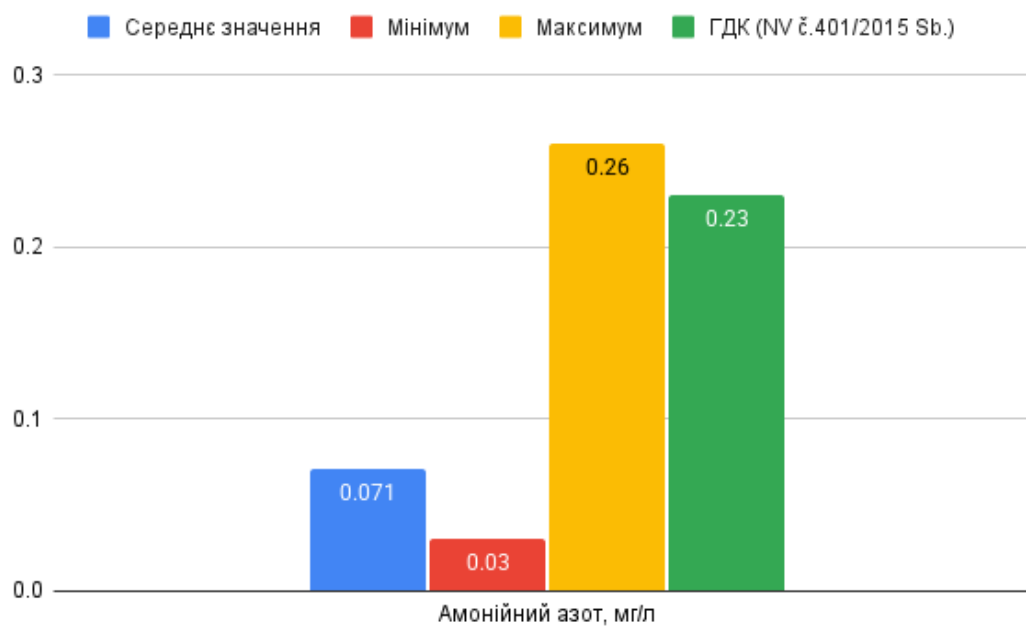


Рис. 2.14 Показник Амонійний азот, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

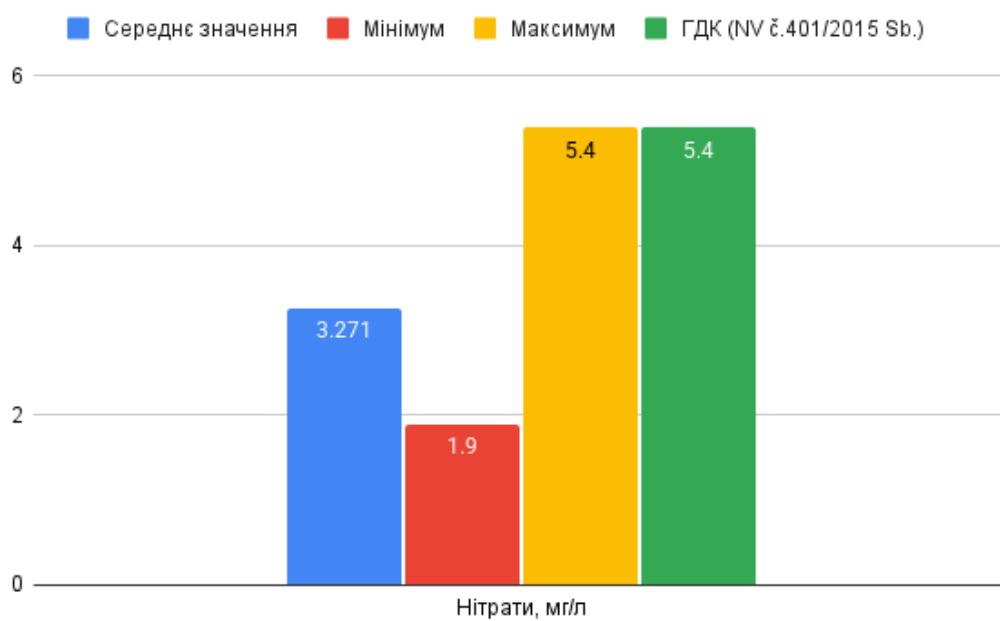


Рис. 2.15 Показник нітрати, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р

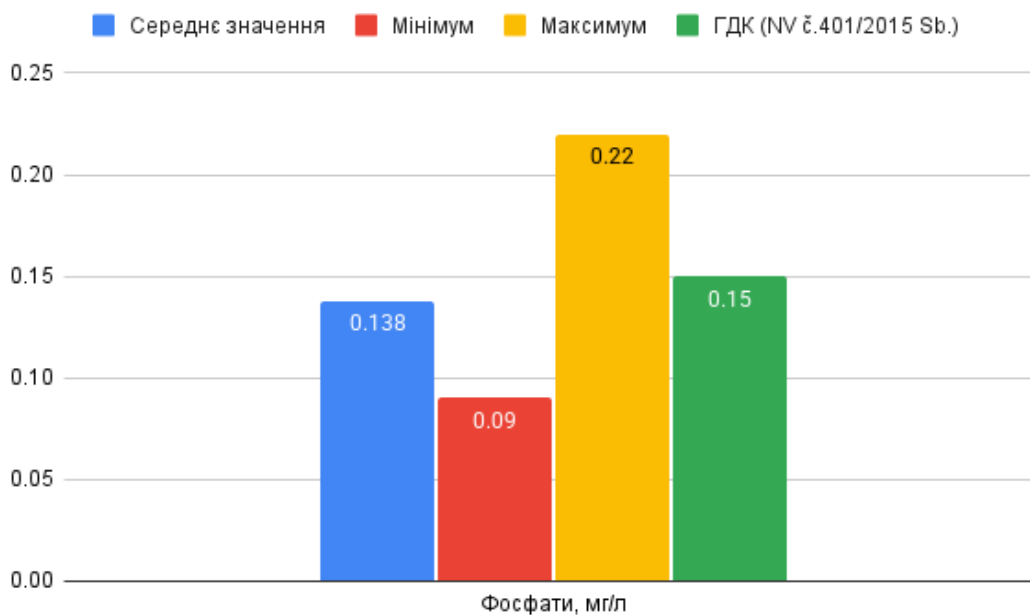


Рис. 2.16 Показник Фосфати, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

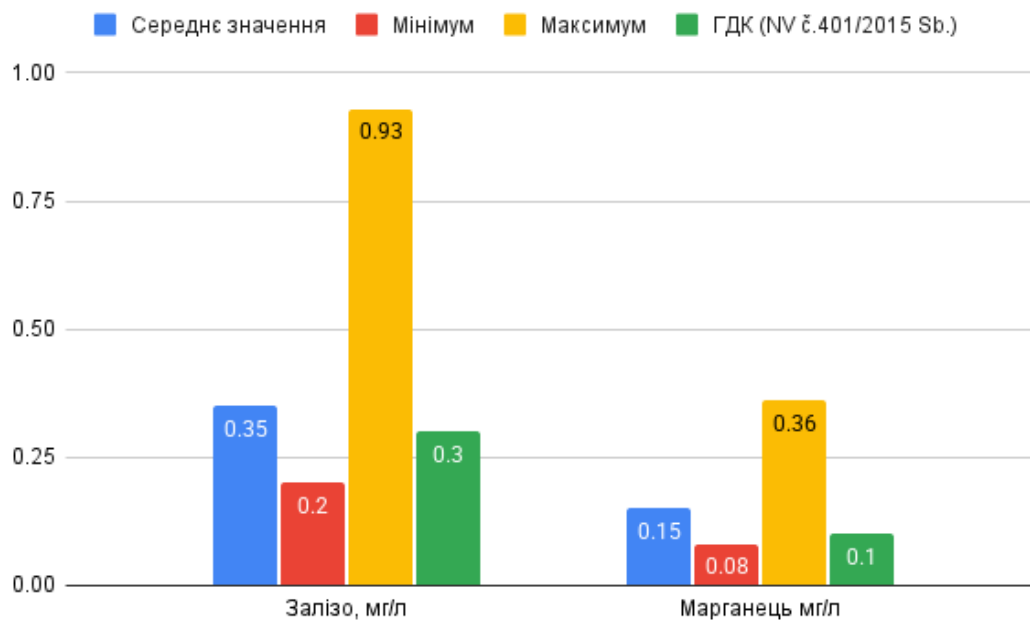


Рис. 2.17 Показник залізо та марганець, PVL_0105 - Zelčín , дані за 2021-2022 р.

2.2. Математичне визначення екологічної оцінки якості поверхневих вод річки Влтава у місті Прага

Екологічна оцінка якості поверхневих вод є ключовим інструментом для аналізу стану Влтави. Для річки виконано математичну оцінку якості води за даними з попередньому, профілів PVL_1044 - Vrané дані за 2023-2024 р.(табл. 2) та PVL_0105 - Zelčín , 2021-2022 р. (табл. 1) Оцінка базується на адаптації методики Українських науковців Смілій П.М., Гопчак І.В., Басюк Т.О [12] до умов та класифікації якості поверхневих вод, адаптованій до умов Влтави, яка передбачає аналіз трьох блоків показників: (I1), (I2) і (I3). У цьому підрозділі детально описано розрахунки блокових індексів (I1, I2, I3), інтегрального екологічного індексу (Ie), їхню інтерпретацію та порівняння з нормативними вимогами для оцінки екологічного стану Влтави.

Методологічні основи оцінки якості води.

Методологія включає:

1. Класифікацію показників за п'ятьма класами якості (1 – дуже чиста вода, 5 – сильно забруднена вода) на основі нормативів ČSN 75 7221:20127 [5].
2. Обчислення середніх (Iсер) і максимальних (Iмакс) значень блокових індексів шляхом визначення середнього номера категорії та найгіршого показника в межах блоку.
3. Визначення інтегрального екологічного індексу (Ie) за формулою:

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3},$$
4. Встановлення субкатегорій якості води.

Результати оцінки якості води річки Влтава за даними з пункту PVL_0105 - Zelčín , 2021-2022 р

Екологічна оцінка якості води річки Влтава у межах міста Прага була проведена відповідно до методики, що базується на класифікації вод за трьома

блоками показників: (I_1), (I_2) (I_3). Кожен показник було віднесено до одного з п'яти класів якості згідно з Nařízení vlády č. 401/2015 Sb [5] та нормативного додатку ČSN 75 7221:20127 [5], що охоплює діапазон від дуже чистої (клас 1) до сильно забрудненої води (клас 5).

Для кожного блоку було обчислено середній блоковий індекс ($I_{\text{сер}}$) як середнє арифметичне класів показників та максимальний блоковий індекс ($I_{\text{макс}}$) як найгірший із показників у межах блоку. На підставі цих значень було визначено інтегральний екологічний індекс (I_e) за формулою:

$$I_e = (I_1 + I_2 + I_3) / 3$$

Блок I_1 :

- рН: середнє = 7.938 $\rightarrow$ клас 1; максимум = 9.3 $\rightarrow$ клас 2

- Нітрати: середнє = 3.271 мг/л $\rightarrow$ клас 1; максимум = 5.4 мг/л $\rightarrow$ клас 1

$$I_{\text{сер}} = (1 + 1) / 2 = 1.00$$

$$I_{\text{макс}} = 2$$

Блок I_2 :

- БСК₅: середнє = 2.237 $\rightarrow$ клас 3; максимум = 6.4 $\rightarrow$ клас 4

- ХСК: середнє = 22.048 $\rightarrow$ клас 4; максимум = 30 $\rightarrow$ клас 4

- Амонійний азот: середнє = 0.071 $\rightarrow$ клас 2; максимум = 0.26 $\rightarrow$ клас 4

- Фосфати: середнє = 0.138 $\rightarrow$ клас 4; максимум = 0.22 $\rightarrow$ клас 4

$$I_{\text{сер}} = (3 + 4 + 2 + 4) / 4 = 3.25$$

$$I_{\text{макс}} = 4$$

Блок I_3 :

- Залізо: середнє = 0.35 $\rightarrow$ клас 4; максимум = 1.0 $\rightarrow$ клас 4

- Марганець: середнє = 0.15 $\rightarrow$ клас 4; максимум = 0.36 $\rightarrow$ клас 4

$$I_{\text{сер}} = (4 + 4) / 2 = 4.0$$

$$I_{\text{макс}} = 4$$

Інтегральні екологічні індекси:

$$I_{\text{е_сер}} = (1.00 + 3.25 + 4.0) / 3 = 2.75$$

$$I_{\text{е_макс}} = (2 + 4 + 4) / 3 = 3.33$$

Таблиця 2.3

Індексна оцінка якості води за блоками за даними з пункту PVL_0105 - Zelčín ,
2021-2022 р.

Блок	Показники	I _{сер}	I _{макс}	Клас якості
I ₁	pH, Нітрати	1	2	Дуже чиста – Чиста
I ₂	БСК ₅ , ХСК, Амонійний азот, Фосфати	3.25	4	Помірно – Забруднена
I ₃	Залізо, Марганець	4	4	Забруднена

Таблиця 2.4

Інтегральна екологічна оцінка якості води з пункту PVL_0105 - Zelčín ,
2021-2022 р.

Показник	Значення	Субкатегорія якості води
I _{е_сер}	2.75	Помірно забруднена
I _{е_макс}	3.33	Помірно – Забруднена

Результати оцінки якості води річки Влтава за даними з пункту PVL_1044 -
Vrané за 2023-2024 р.

Блок I₁:

pH: середнє = 7.852 → клас 1; максимум = 9.1 → клас 2

Нітрати: середнє = 3.176 мг/л → клас 1; максимум = 5.4 мг/л → клас 1

$$I_{1\text{сер}} = (1 + 1) / 2 = 1.00$$

$$I_{1\text{макс}} = 2$$

Блок I₂:

Розчинений кисень: середнє = 10.6 → клас 1; максимум = 12.0 → клас 1

БСК₅: середнє = 1.88 → клас 3; максимум = 4.4 → клас 4

ХСК: середнє = 22.429 → клас 4; максимум = 28 → клас 4

Амонійний азот: середнє = 0.029 → клас 2; максимум = 0.12 → клас 3

Фосфати: середнє = 0.077 → клас 2; максимум = 0.14 → клас 4

$$I_{2\text{сер}} = (1 + 3 + 4 + 2 + 2) / 5 = 12 / 5 = 2.40$$

$$I_{2\text{макс}} = \max(1, 4, 4, 3, 4) = 4$$

Блок I₃:

Залізо: середнє = 0.45 → клас 4; максимум = 1.0 → клас 4

Марганець: середнє = 0.13 → клас 4; максимум = 0.32 → клас 4

$$I_{3\text{сер}} = (4 + 4) / 2 = 4.0$$

$$I_{3\text{макс}} = 4$$

Інтегральні екологічні індекси:

$$I_{e_сер} = (1.00 + 2.40 + 4.0) / 3 = 7.40 / 3 \approx 2.47$$

$$I_{e_макс} = (2 + 4 + 4) / 3 = 10 / 3 \approx 3.33$$

Таблиця 2.5

Індексна оцінка якості води за блоками за даними з пункту PVL_1044 - Vrané за 2023-2024 р.

Блок	Показники	Iсер	Iмакс	Клас якості
I ₁	pH, Нітрати	1	2	Дуже чиста – Чиста
I ₂	Розчинений кисень, БСК ₅ , ХСК, Амонійний азот, Фосфати	2.4	4	Помірно забруднена
I ₃	Залізо, Марганець	4	4	Забруднена

Таблиця 2.6

Інтегральна екологічна оцінка якості води з пункту PVL_1044 - Vrané за 2023-2024 р.

Показник	Значення	Субкатегорія якості води
Ie_сер	2.47	Помірно забруднена
Ie_макс	3.33	Помірно забруднена

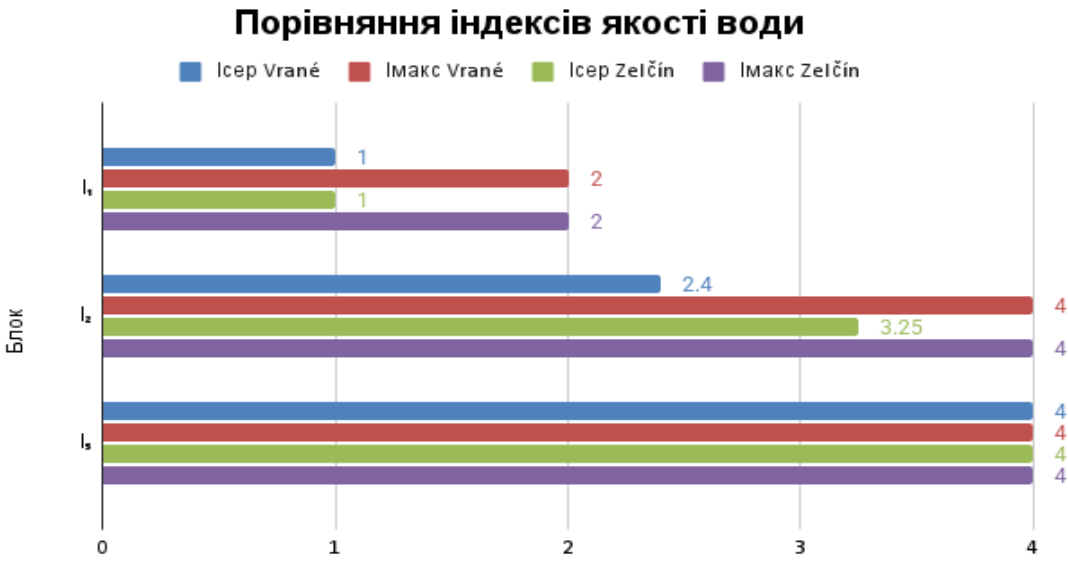


Рис. 2.18 Порівняння індексів якості води р. Влтава

РОЗДІЛ 3

УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналітичне обґрунтування результатів дослідження

Моніторинг якості води. У межах міста Праги проведено регулярний моніторинг якості води р. Влтава на двох репрезентативних пунктах: PVL_1044 – Vrané(табл. 2) (верхів'я Праги, дані 2023–2024 рр.) та PVL_0105 – Zelčín(табл. 1) (нижче Праги, дані 2021–2022 рр.). Ці профілі відображають стан води на вході та виході з міської зони і дають змогу оцінити антропогенний вплив агломерації Праги на річку. Відібрані дані охоплюють гідрохімічні показники, ключові для оцінки якості поверхневих вод: температуру, рН, розчинений кисень (O_2), біохімічне (БСК₅) та хімічне споживання кисню (ХСК), амонійний азот та нітрати, фосфати, залізо (Fe) і марганець (Mn). Для кожного показника визначено середнє значення, мінімум і максимум за період спостережень, які порівнюються з нормативними критеріями якості води згідно з чинними стандартами Чеської Республіки – зокрема, Урядовою постановою № 401/2015 Sb[14]. та нормою ČSN 75 7221[5]. В табл. 1 і 2 узагальнено результати моніторингу на профілях Vrané та Zelčín відповідно.

Температура води на обох пунктах змінювалася сезонно в межах ~ 2 – 20 °C, що є типовим діапазоном для Влтави і вказує на відсутність додаткового теплового забруднення. Висока проточність і глибина річки сприяють ефективному розсіюванню тепла, тому вплив можливих теплих скидів мінімальний. Дані підтверджують стабільність термічного режиму: максимальні літні температури (~ 18 – 20 °C) не перевищували поріг, критичний для водних екосистем, а зимові значення опускалися до ~ 2 – 3 °C. Отже, антропогенного нагрівання води у межах міста не виявлено.

Кислотність (рН). Середні показники рН води у Vrané та Zelčín становили $\sim 7,8$ – $7,9$ (слаболужне середовище), що відповідає нормі для поверхневих вод.

Мінімальні значення рН (~7,4–7,5) спостерігалися взимку, тоді як влітку фіксувалися максимуми до 9,1–9,3. На обох профілях пікові значення перевищували верхню межу нормативу рН=9, що свідчить про періодичну підвищену лужність води. Такі відхилення можуть бути наслідком інтенсивної фотосинтезуючої діяльності фітопланктону в умовах сповільненої течії або надлишку сполук. Зазначимо, що за даними моніторингу пік рН=9,3 на профілі Zelčín перевищує норматив і сигналізує про необхідність контролю за евтрофікацією тому, що масовий розвиток водоростей здатен змінювати кислотність в лужний бік. Водночас середні та мінімальні рівні рН стабільні, отже буферна система Влтави загалом підтримує рН в межах нормативних вимог.

Розчинений кисень (O_2). Концентрація O_2 у воді Влтави залишається високою. Середній вміст розчиненого кисню становив ~9,6 мг/л на Zelčín та 10,6 мг/л на Vrané, що значно перевищує мінімально допустимий рівень 4 мг/л. Навіть найнижчі зафіксовані значення (6,2 мг/л на Zelčín, 7,1 мг/л на Vrané) були вищими за норматив, тобто дефіциту кисню не спостерігалось. Такий стабільно високий вміст O_2 є ознакою доброго екологічного стану: вода здатна до самоочищення, оскільки аеробні процеси проходять ефективно. Висока насиченість киснем пояснюється турбулентністю течії Влтави та аерацією на порогах і греблях каскаду водосховищ вище міста. Це позитивний фактор, що пом'якшує вплив органічного забруднення – при надходженні органіки річка має запас кисню для її окиснення [11].

Органічне забруднення (БСК₅ та ХСК). Біохімічне споживання кисню (БСК₅) і хімічне споживання кисню (ХСК) характеризують кількість органічних речовин у воді. Середні концентрації цих показників на обох пунктах знаходилися поблизу нормативних меж: середнє БСК₅ склало ~2,2 мг/л на Zelčín та ~1,9 мг/л на Vrané, що нижче гранично допустимого значення 3,8 мг/л. Середні значення ХСК були ~22 мг/л на обох профілях, не перевищуючи ліміт 26 мг/л. Отже, в середньому вода відповідає нормативам за органічним забрудненням. Але, треба звернути увагу на максимальні зафіксовані рівні БСК₅ та ХСК, які перевищували гранично допустиму

норму, зокрема, піки БСК₅ досягали 6,4 мг/л на Zelčín та 4,40 мг/л на Vrané, що вище ГДК 3,8 мг/л, а максимуми ХСК – 30 мг/л і 28 мг/л відповідно, перевищуючи ліміт 26 мг/л. Ці епізодичні перевищення свідчать про нерегулярні скиди органічних речовин. Однією з причин можуть бути аварійні або несанкціоновані скиди стічних вод під час сильних дощів, коли перевантажена каналізація призводить до переливу неочищених стоків у річку (комбінована каналізація в Празі). Такі ситуації типово спостерігаються в урбанізованих басейнах, наприклад, у Празі існує проблема старих дощових колекторів, що в моменти інтенсивних злив можуть відводити недостатньо очищені стічні води прямо у Влтаву. Водночас швидке позбавлення великою витратою води у Влтаві обмежує тривалість впливу цих інцидентів. Отже, загалом, більшу частину часу показники БСК₅ і ХСК у Влтаві відповідають нормативам, що свідчить про відносно невисоке постійне органічне навантаження.

Сполуки азоту. Вміст азотних сполук у річковій воді є критерієм трофності та санітарного стану. Амонійний азот (N-NH_4) у Влтаві знаходився на низькому рівні – середня концентрація амонію становила лише 0,03–0,07 мг/л на обох пунктах. Це суттєво нижче нормативного ліміту 0,23 мг/л для N-NH_4 (середньорічна концентрація) і відповідає I–II класу якості води. Максимальні зафіксовані значення амонію, а саме 0,12 мг/л у Vrané, 0,26 мг/л у Zelčín лише мінливо наближаються до нормативу або незначно його перевищили. Тобто на більшості вимірів амоній не був виявленим в концентраціях, небезпечних для водних екосистем. Низький рівень амонію свідчить про ефективне нітрифікаційне очищення стоків Праги. Середня концентрація нітратів (N-NO_3) становила - 3,2–3,3 мг/л, а максимуми досягали 5,4 мг/л на обох профілях. За гранично допустимою концентрацією нітратів згідно нормативу – 5,4 мг/л, відповідає нормативу. Невелике збільшення нітратів вниз за течією середнє 3,27 мг/л в Zelčín проти 3,18 мг/л у Vrané . Отже, загалом, азотний стан води залишається задовільним — амонійний азот стабільно нижче норми, нітрати на рівні або нижче граничних значень, що не створює ризику для довкілля чи здоров'я.

Концентрація фосфатів є визначальним фактором евтрофікації. На профілі Vrané (вище Праги) середній вміст фосфатів становив 0,077 мг/л, максимальний – 0,14 мг/л, показник є в межах норми. Але, на профілі Zelčín (на витоку з Праги) середня концентрація фосфатів зросла до 0,138 мг/л, а максимум сягнув 0,22 мг/л. Це вище допустимого рівня, максимальні показники фосфатів на Zelčín перевищували норму. Зростання концентрацій фосфору після проходження міста цілком очікуване, адже найбільшим точковим джерелом фосфатів є міські стічні води. За оцінками досліджень, до 70 % загального фосфору у водах Чехії надходить саме з точкових (комунальних) джерел [16], зокрема Прага суттєво впливає на фосфорне навантаження Влтави. Тому контроль фосфору залишається пріоритетним завданням для поліпшення якості води (детальні рекомендації наведені в розд. 3.2).

Метали (Fe, Mn) гранично допустима концентрація заліза у поверхневих водах допустима 0,3 мг/л, марганцю – 0,1 мг/л. На обох профілях спостерігалось перевищення цих орієнтовних нормативів. Середній вміст Fe становив 0,35 мг/л в Zelčín та 0,45 мг/л у Vrané, тобто перевищував 0,3 мг/л. Максимальні концентрації заліза досягали 0,93 та 0,82 мг/л відповідно. Отже, залізо і марганець стабільно перевищують нормативні рівні на обох ділянках, причому перевищення спостерігались і на середніх, і на максимальних значеннях. Це може вказувати на постійне джерело цих металів. У міській межі можливі техногенні джерела — зношені трубопроводи, зливові стоки з дорожнім пилом, корозія конструкцій. Загалом, обидва показники класифікують воду як забруднену за цими параметрами (IV клас якості і гірше).

Відповідність нормативам та порівняння профілів. Узагальнені результати свідчать, що більшість середніх показників якості води Влтави у межах Праги відповідають вимогам національних стандартів (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., ČSN 75 7221) або перебувають близько до них. Зокрема, розчинений кисень, амонійний азот, нітрати – у безпечному діапазоні на обох профілях. Температура і рН в цілому в нормі, хоча разові піки рН >9 потребують уваги. БСК₅ і ХСК мають середні

значення в межах нормативів, однак максимуми виходять за ГДК, що сигналізує про епізодичні навантаження органікою. Найбільш проблемними залишаються фосфати, залізо та марганець, на ділянці Zelčín фосфати перевищували норму в окремі періоди, а залізо й марганець стабільно перевищують допустимі рівні як вище, так і нижче міста. При порівнянні двох пунктів моніторингу простежуються впливи міської агломерації: у воді після Праги (Zelčín) спостерігається дещо вищий рівень органічних речовин та біогенних елементів, ніж у воді, що входить у місто (Vrané).

3.2 Аналіз результатів екологічної оцінки р. Влтава на території Праги

Екологічна оцінка була зроблена на основі методики, яка передбачає інтегральне узагальнення результатів за 3 блоками індикаторних показників.

Кожен із показників був віднесений до одного з п'яти класів якості відповідно до класифікаційної шкали, наведеною у додатку постанови Чеської Республіки № 401/2015 Sb. (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)[14] та нормативу ČSN 75 7221[5].

Блок I₁ :

Аналіз першого блоку включав показники рН та нітрати. У обох пунктах до втоку та витоку з міста, середній індекс I_{1сер} склав 1.00, що відповідає найвищому (I класу) якості води – «дуже чиста». Це свідчить про високу стабільність та низький рівень антропогенного впливу, але максимальні значення рН (9.3 у Zelčín та 9.1 у Vrané) обумовили підвищення I₁ макс до класу 2, що свідчить про незначні сезонні коливання кислотно-лужного балансу. Загалом, за цим блоком упродовж усього водного шляху через Прагу якість води залишається стабільно високою.

Блок I₂ :

У Zelčín I₂ сер становив 3.25, що відповідає «помірно-забруднений» категорії, у той час як у Vrané – 2.40, тобто ближче до нижньої межі цього класу. Така різниця середнього індексу між пунктами, пов'язана з навантаженням на річку від міста

Прага, тому що точка Zelčín знаходиться на витoku з міста, що свідчить про збільшення навантаження на річку саме від міста, зокрема скидами очищених, але все ще збагачених поживними речовинами стічних вод, які можуть спричиняти евтрофікацію[13]. Водночас, $I_{2\text{макс}}$ у обох випадках залишився на рівні 4, що вказує на періодичні збільшення надходження забруднень. Таким чином, другий блок демонструє помітне погіршення стану води нижче міста.

Блок I_3 :

Для обох ділянок $I_{3\text{сер}}$ та $I_{3\text{макс}}$ однакові – 4.0, що свідчить про постійний фоновий рівень забруднення води важкими металами. Це може бути, зумовлено впливом дифузних джерел (злизовий стік, корозія інфраструктури, атмосферні випадіння), які проявляються рівномірно по всій довжині міської ділянки річки.

3.3. Рекомендації для забезпечення сталого управління водними ресурсами в межах м. Прага

На основі проведеного аналізу якості води р. Влтава у Празі та виявлених відхилень розроблено комплекс рекомендацій щодо сталого управління водними ресурсами міста. Вони враховують сучасні підходи до урбаністичного водного менеджменту, досвід ЄС та національну специфіку. Основні напрями включають посилений моніторинг із застосуванням цифрових технологій, участь громадськості, модернізацію очисних споруд для ефективного видалення поживних речовин і мікрозабруднювачів, розвиток «зеленої» інфраструктури для обробки стоків та контроль зливових вод.

1. Посилення моніторингу та цифрові технології контролю

Систематичний моніторинг — необхідно регулярно проводити програму моніторингу якості води, забезпечивши її безперервність і оперативність. Рекомендовано збільшити частоту відбору проб у критичних точках та збільшити кількість моніторингових показників, наприклад: мікрополітантів (фармпрепаратів, пестицидів), мікропластика та показників громадського здоров'я

(патогенні бактерії, віруси). Ці компоненти набувають пріоритету у ЄС – у новій редакції Водної рамкової директиви та пов'язаних регламентах запроваджується обов'язковий моніторинг мікропластиків і стійких хімікатів у стічних водах [15]. Зокрема, від 2025 р. планується відстежувати показники антимікробної резистентності та віруси в міських стоках – Прага може стати першим містом у Чехії, інтегрувавши ці вимоги заздалегідь.

2. Підвищення обізнаності та участь громадськості. Залучення громадськості є також важливим інструментом. Можливо проводити інтерактивні лекції та навчальні заходи які збільшать свідомість мешканців та будуть акцентувати важливість стану річки для міста та загального добробуту. Екологічна освіта. Захист міських водних ресурсів неможливий без розуміння їхньої цінності населенням. Рекомендується проводити регулярні освітні кампанії для мешканців Праги щодо значення р. Влтава, джерел її забруднення та способів покращення стану. Це можуть бути семінари, відкриті лекції, інтерактивні виставки. У школах варто запровадити спеціальні уроки чи проекти на тему охорони міських водойм. Практика показує, що підвищення обізнаності має пряму екологічну віддачу: інформовані громадяни схильні берегти річку, зменшувати навантаження, раціональніше використовувати воду та побутову хімію.

Громадські акції та волонтерство. Необхідно заохочувати ініціативи з прямої участі мешканців у покращенні стану Влтави. Також має бути підтримка влади таких заходів владою (забезпечення інвентарю, координація). Крім прибирання, можна організовувати дні Влтави, під час яких пропонувати людям долучитися до висадки прибережних рослин, створення плавучих клумб або обстеження малих приток [12, 13] .

3. Партнерство влади і громади. Рекомендується активніше залучати громадські організації, науковців та бізнес до формування політики управління водними ресурсами. Наприклад, у Празі доцільно створити консультативну раду з питань Влтави, куди увійшли б представники екологічних недержавних організацій, університетів, підприємств та державних органів які займаються

дослідженням водних об'єктів. Така рада могла б публічно обговорювати проблеми якості води, контролювати виконання екологічних програм, ініціювати нові заходи. Крім того, варто забезпечити доступність даних та звітності: результати моніторингу, інформація про аварійні ситуації, річні звіти про роботу каналізаційної мережі мають бути відкритими.

4. Охорона та відновлення прибережних територій (зелена інфраструктура). Розширення прибережних буферів. Природні прибережні екосистеми (заливні луки, болота, зарості очерету) виконують роль фільтра, що затримує забруднення перед його потраплянням у річку. У міській межі Праги береги Влтави значною мірою укріплені і забудовані, що знижує її здатність до самоочищення. Рекомендується здійснювати заходи з відновлення берегової зони скрізь, де це можливо – висаджувати прибережну рослинність, створювати буферні смуги шириною 5 - 15 м вздовж річки у парках і незабудованих ділянках. Рослинність буде поглинати частину надходжень – зокрема, фосфати і нітрати з поверхневого стоку зв'язуватимуться в ґрунті та біомасі, що зменшить їх концентрацію у воді. Крім того, відновлення заплавних територій нижче міста також вплине на якість води у межах Праги, адже покращить загальний екологічний стан річки і збільшить її стійкість до забруднень. Окрім головного русла, важливо приділити увагу малим водостокам, що впадають у Влтаву в межах Праги (потoki Ботич, Рокитка, Шарка тощо). Багато з них закуті в колектори або забруднені міським стоком. Рекомендується реалізувати програми відновлення природного русла цих приток на доступних відрізках, створити вздовж них зелені зони. Це матиме подвійну користь: по-перше, малі річки самі очистяться і перестануть бути джерелом забруднення для Влтави; по-друге, вони виконуватимуть роль локальних буферів – наприклад, у відновленому руслі потоку краще осідатимуть забруднення, ніж у закритому колекторі, який просто змиває їх до Влтави. До того ж, такі проекти підвищують біорізноманіття міського середовища і приваблюють районів для жителів.

5. Модернізація очисних споруд та каналізаційної мережі. Третинне очищення стічних вод. Центральна очисна станція Праги (ÚřOV) – найбільша в Чехії – вже пройшла перший етап модернізації, введено нову лінію біологічного очищення із хімічним осадженням фосфору (завершено у 2018–2020 рр.) [17]. Завдяки цьому вдалося значно скоротити скиди біогенних речовин у Влтаву. За даними, нова черга центральна очисна станція Праги має потужність 345 тис. м³/добу і оснащена сучасними технологіями SUEZ для інтенсивного очищення [17]. Проте, щоб досягти високої якості очищення, необхідно впровадити повномасштабне третинне очищення – стадії глибокого видалення залишкового азоту, фосфору та мікрозабруднювачів. Для Праги впровадження подібних технологій стане наступним кроком – це потребує інвестицій, але значно покращить якість води у Влтаві. Нові правила ЄС також рухаються в цьому напрямку: згідно з переглянутими нормами, усі великі міста повинні запровадити додаткову очистку від мікрополлютантів до 2045 р. [15]. Прага як столиця має бути флагманом, виконавши ці вимоги раніше терміну.

ВИСНОВКИ

1. Було здійснено комплексну оцінку якості води річки Влтава на території міста Прага, з обрахуванням та систематизацією даних з двох моніторингових пунктів (PVL_1044 – Vrané і PVL_0105 – Zelčín), показники яких були порівняно з чинними нормативами Чехії (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., ČSN 75 7221) та екологічно оцінені адаптованою методикою багатоблокового індексного аналізу.

2. Було встановлено що середні значення рН в обох моніторингових пунктах перебували в межах норм, за виключенням максимальних значень 9.3.

3. Показники біохімічного споживання кисню (БСК₅) у середньому були нижчими за норматив (≤ 3.8 мг/л), однак максимальні концентрації у обох пунктах (до 6.4 мг/л) перевищили норматив.

4. Показники хімічного споживання кисню (ХСК) середні значення були в межах ГДК, але максимальні показники перевищували норматив.

5. Амонійний азот та нітрати загалом перебував нижче гранично допустимих значень, за винятком максимального показника азоту на профілю PVL_105 - Zelčín.

6. Показники концентрації заліза та марганцю перевищували середні та максимальні значення в обох пунктів.

7. Загалом, стан річки Влтава на території міста Праги можна оцінити задовільним, тому що більшість показників є в нормі, але періодично річка зазнає локальні навантаження, що погіршує загальний стан.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Смілий П., Гопчак І., Басюк Т. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Житомирського Полісся // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2021. № 2(60). С. 41-48. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.5>
2. Таврель, М. ОБГРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПОДОЛАННЯ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЇМ. Проблеми екології, (1), - 2021. -73–79. URL: <https://doi.org/10.31474/2073-8102-2021-1-73-79>
3. Barák, V., Jahelková, V., Simon, O., Bílý, M., Douda, K. Interactions between river tourists and freshwater pearl mussels in the Upper Vltava River: A field and laboratory study // *Limnologica*. 2023. Т. 98. С. 126046. – DOI: 10.1016/j.limno.2023.126046. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0075951122001001?via%3Dihub>
4. Český hydrometeorologický ústav. *ISVS – Evidence jakosti povrchových vod: Profily sledování jakosti povrchových vod* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://isvs.chmi.cz/ords/f?p=11000:2:114654312220948::RP:APP_PRF_SEQ:6559
5. ČSN 75 7221:2012. Klasifikace jakosti povrchových vod. – Режим доступу: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>
6. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>
7. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council on environmental quality standards in the field of water policy [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0105>

8. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013L0039>

9. Fuksa, J. K. Vltava v Praze – vliv města na řeku a řeky na město: Sborník prezentací. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2018. 117 s. ISBN 978-80-87402-67-2. Режим доступу: https://old.vuv.cz/files/pdf/edicni_cinnost/publikace/fuksa_vltava_v_praze_20181115.pdf

10. Fuksa, J. K., Smetanová, L. Vliv Prahy na jakost vody ve Vltavě a v českém Labi. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022. Přík 64, № 3. С. 4–14. DOI: 10.46555/VTEI.2022.03.002. Режим доступу: <https://www.vtei.cz/2022/06/vliv-prahy-na-jakost-vody-ve-vltave-a-v-ceskem-labi/>

11. Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E., Vlnas, R. Závislost vybraných parametrů kvality vody na průtoku na říčních profilech v České republice. // *Journal of Sustainable Energy, Water and Environmental Systems*. – 2016. – Т. 4, № 2. – С. 127–140. Режим доступу: <https://www.sdewes.org/jsdewes/pi2016.04.0011>

12. Hejzlar, J., Vyhnálek, V., Kopáček, J., Duras, J. Sources and transport of phosphorus in the Vltava river basin (Czech Republic). *Water Science and Technology*. 1996. Том 33, вып. 4–5. С. 137–144. ISSN 0273-1223. Режим доступу: [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00223-5](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00223-5)

13. Maková, K., Kozáková, Z. How Important Is the Recreational Use of Multifunctional Reservoirs for Society? A Welfare Analysis of the Vltava River Reservoir System // *Water*. – 2023. – Т. 15, № 1966. – С. 1–17. – DOI: [10.3390/w15101966](https://doi.org/10.3390/w15101966). – Режим доступу: <https://publications.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.14178/2472/water-15-01966.pdf>

14. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových

a kanalizace [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>

15. New rules on urban wastewater management set to enter into force // *European Commission – Environment*. – 20.12.2023. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://environment.ec.europa.eu/news/new-rules-urban-wastewater-management-set-enter-force-2024-12-20_en

16. Oppeltová P., Ulrich O., Svobodová Navrátilová J. Bilanční hodnocení vybraných ukazatelů kvality vody na přítocích do vodní nádrže Vranov // *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. – 2022. – Roč. 64, č. 2. – S. 52–54. – ISSN 0322-8916. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vtei.cz/2022/04/bilancni-hodnoceni-vybranych-ukazatelu-kvality-vody-na-pritocich-do-vodni-nadrze-vranov/>

17. Prague’s new wastewater treatment plant awarded Czech “Water Construction of the Year 2021” recognition // *SUEZ*. – 24.01.2022. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.suez.com/en/news/prague-new-wastewater-treatment-plant-awarded-czech-water-construction-2021>

18. Pivovary Staropramen. Annual sustainability report – 2022 [Электронный ресурс]. – Прага: Pivovary Staropramen, 2022. – 44 с. – Режим доступа: <https://pivovary-staropramen.cz/documents/Sustainability-Report-2022.pdf>.

19. Zvěřinová Mlejnková, H., Šmída, A., Valášek, V. Vliv odpadních vod na mikrobiální kontaminaci Vltavy pod Prahou. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2023. Рік 65, № 4, С. 4–12. ISSN 0322-8916. Режим доступа: <https://www.vtei.cz/2023/08/vliv-odpadnich-vod-na-mikrobiani-kontaminaci-vltavy-pod-prahou/>