



НАРЪЧНИК

ДОБРИ ПРАКТИКИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВОДНАТА ЕКОСИСТЕМА ВЪВ ВАРНЕНСКОТО ЕЗЕРО

Проект BG14MFOR001-6.004-0003-C01
„Повишаване на знанията за състоянието на
водната среда във Варненско езеро”,
финансиран от Програмата за морско дело и
рибарство, съфинансиран от Европейския
съюз чрез Европейския фонд за морско дело
и рибарство

www.eufunds.bg

2022

НАРЪЧНИК

ДОБРИ ПРАКТИКИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВОДНАТА ЕКОСИСТЕМА ВЪВ ВАРНЕНСКОТО ЕЗЕРО



2022 г.

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

Варна, 9010

Ул. „Студентска“ №1

e-mail: tganchev@tu-varna.bg

<http://isr.tu-varna.bg/knowat/index.php>

Издател: ТУ-Варна

2022 г.

Всички права запазени





**ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД
ЗА МОРСКО ДЕЛО И РИБАРСТВО**



**ПРОГРАМА ЗА
МОРСКО ДЕЛО И
РИБАРСТВО**

**www.eufunds.bg
<http://isr.tu-varna.bg/knowat/index.php>**



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ВАРНА

Проект BG14MFOP001-6.004-0003-C01

„Повишаване на знанията за състоянието на водната среда във Варненско езеро”,

финансиран от Програмата за морско дело и рибарство,

съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейския фонд за морско дело и рибарство.

СЪДЪРЖАНИЕ

Основни понятия и съкращения	6
Увод	7
1. Оценка на водите във Варненско езеро	9
2. Обобщени данни от дънните проби	16
3. Възможности за подобряване на качеството на водата	21
4. Препоръки с добри практики за управление на водната екосистема във Варненското езеро	22
4.1. Държавна политика	23
4.2. Контрол на източниците на замърсяване	24
4.3. Причини за еутрофикацията и техники за ограничаване	28
4.4. Техники за пречистване на водата	29
4.5. Реактори за спиране на хранителни вещества	31
5. Технологии за пречистване на вода и седименти от тежки метали	33
5.1. Причини за натрупване на тежки метали	33
5.2. Технологии за пречистване на вода и седименти	33
6. Експлоатация и поддръжка на водната среда	41
6.1. Периодична проверка и мониторинг на водните обекти	41
6.2. Управление при извънредни ситуации	44
6.3. План за поддръжка на екосистемата	45
Очаквани резултати	47
Използвани източници	48
Представяне на бенефициента	49

ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И СЪКРАЩЕНИЯ

Еутрофикация – процес, протичащ в екосистемата на даден воден басейн, при който се повишава количеството на химическите вещества, участващи в минералното хранене на растенията (азот, фосфор). Това води до повишена биологична продуктивност.

„Цъфтеж на водорасли“ – обилно се развиват някои видове водорасли и бурно увеличават биомасата си.

Драгиране – изкопаване на седиментен материал от дъното на воден басейн.

Ремедиация – отстраняване на замърсяване или на замърсители от почвите, водите, седиментите и други

Фиторемедиация – метод за ремедиация чрез използване на различни растения или свързани с тях микроорганизми за отстраняване, трансфериране, стабилизиране или разрушаване на замърсителите в почвите, утайките, седиментите, отпадъчните води, подпочвените води и въздуха.

Биоремедиация – процес, в който участват микроорганизми атакуващи специфични замърсители. С тяхна помощ се пречиства почвата или водата. Чрез тях се постига отстраняване замърсителите от субстрата или намаляване на риска, произтичащ от замърсителите.

Излужване – отстраняване на разтворими материали от една зона в почвата и пренасянето им в друга зона чрез движение на водата в профила надолу.

Влажна зона – територия или акватория, изпълняваща екологични функции на регулатор на водния режим и местообитание на характерна екосистема. Влажните зони могат да бъдат естествени или изкуствени водни обекти, с постоянни или временни води или морски крайбрежия с дълбочина при отлив до 6 m. Водата в тях може да бъде сладка, солена или бракична (смесена).

(ЗЗ) – Защитена зона

(ПСОВ) – Пречиствателни станции за отпадни води

(РДМС) – Рамковата директива за морска стратегия

(ЕС) – Европейски съюз

(РДМС) – Рамковата директива за морска стратегия

(ХПК) – Химично потребление на кислород

(БПК5) – биологична потребност от кислород

УВОД

Варненското езеро е крайбрежен лиман, който се намира западно от град Варна. Формирало се е в устието на р. Провадийска и е най-голямото и най-дълбокото езеро по българското черноморско крайбрежие. То е с тектоничен произход и се е образувало при издигането на морското равнище към края на плейстоцена. Езерото се подхранва главно от Девненските извори и водосбора на река Провадийска, през Белославското езеро. В него се вливат и няколко малки реки – Игнатиевска, Константиновска и Пейнерджикски дол.

Бреговете на Варненското езеро са били населени още в праисторически времена. Тук са открити множество останки от древни цивилизации - кремъчни сечива, наколни жилища, лодка-еднодръвка и др. На северния бряг на Варненското езеро се намира известният Варненски халколитен некропол, в който е открито най-старото обработвано злато в света.

От екологичното състояние на Варненското и свързаното с него Белославско езеро зависи цяла една индустрия като туризма, която крепи икономиката на гр. Варна и региона. Двете езера са свързани с морето преди близо 50 години чрез два плавателни канала, които представляват транспортен коридор по море до Девня.

Чиста вода в природата не съществува. Широк спектър от фактори (природни и антропогенни) оказват влияние, върху качеството ѝ. Влошаването на качествените характеристики на водите (включително и езерните) оказва негативно влияние върху икономическата, социалната и екологичната роля на езерата

Управлението на екосистемите е процес, с който се цели запазването на екологичните услуги и възстановяване на природните ресурси по време на срещата им със социално-икономически, културни нужди в настояще и бъдеще време. Успешното управление на водната екосистема във Варненското езеро зависи от постигането на баланс между развитието на икономическите дейности, урбанизацията, транспорта и предпазване от замърсяване на езерото. Едни от значимите проблеми за Варненско-Белославският езерен комплекс и за Черно море като цяло са свързани със заустването на непречистени или недостатъчно пречистени отпадни води с битов или промишлен характер. Тези води постъпват във водния басейн в резултат на неизградени Пречиствателни станции за отпадни води (ПСОВ) на населените места, които имат канализация, не реконструирани и неефективни ПСОВ, неизградени канализационни

мрежи за отвеждане на отпадните води и други. Замяряването с опасни вещества, постъпващи във Варненското езеро, води до увреждане на екосистемите, загуба на биологични видове и местообитания, токсичен ефект върху живите организми. Евтрофикацията и „цъфтежа на водорасли“ на крайбрежната зона, особено през летния период, се дължи на заустването на непречистени или недостатъчно пречистени отпадни промишлени води, торене на земеделски площи, недобро стопанисване на площадките за съхраняване за торове и други.

Днес в района на Варненско-Белославския езерен комплекс съществуват 5 промишлени пристанища, едно военно и едно гражданско пристанище, две яхтени пристанища, ТЕЦ „Варна“, пречиствателната станция на град Белослав.

Наложително е предприемане на активни действия с цел ефективно управление на евтрофикационните процеси и опазването на този значим в стопанско и екологично отношение воден обект. Особено внимание следва да се обърне на намаляване на биогенните вещества, предимно от отпадъчни води от населените места. Важно е да се следи за общото физико-химично състояние, както и за дифузно замърсяване на водите. Следва да се подобряват хидроморфоложките условия и да се постигат стандартите на защитените територии от Варненско-Белославското езеро.

Първоначалната оценка на състоянието на водната околна среда е първа стъпка към определянето на екологични цели и мерки за постигането на по-добро състояние на водите в езерния комплекс.

Районът на Варненският залив, Белославското и Варненското езеро се отличават с висока гъстота на населението и интензивно развитие на промишлената и туристическа дейност. Продължаващото ускоряване на урбанизацията и индустриализацията на района оказва антропогенно влияние върху качествата на водите в свързаните езера и залив.

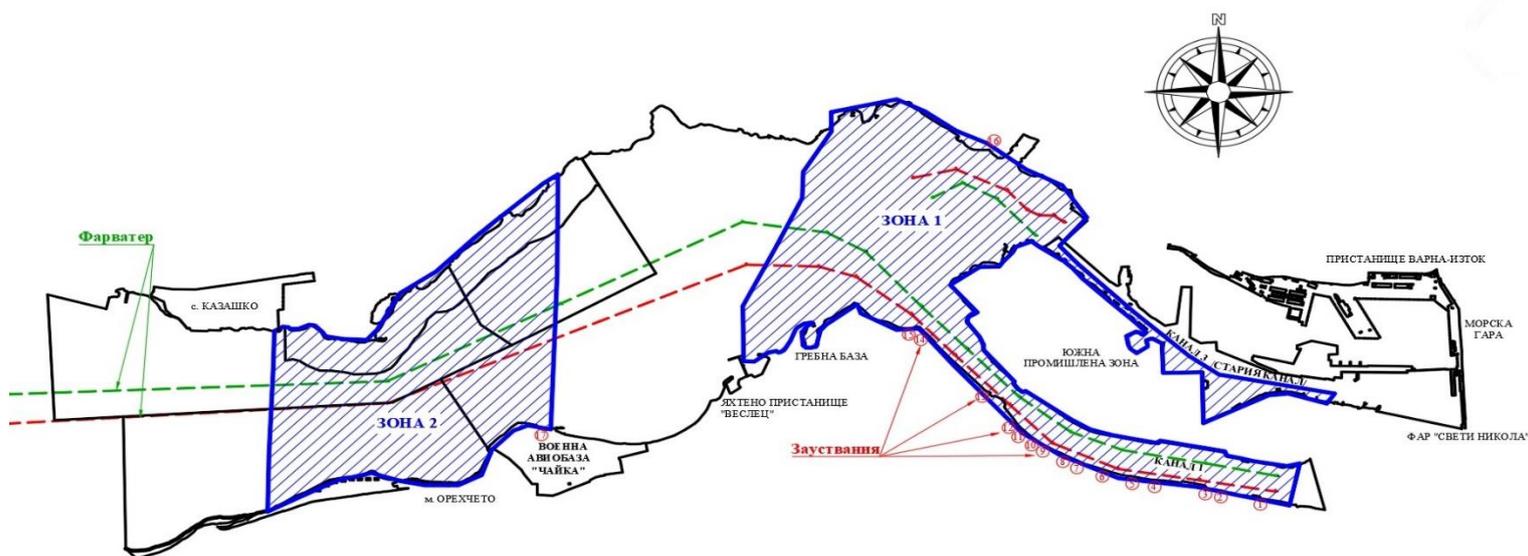
На фона на глобалните изменения, значителният натиск от човешката дейност на страните от Черноморския регион, допринасят за влошаване на условията за живот и на морските обитатели и екосистеми, което се проявява най-силно в крайбрежните морски води. Естествената циркулация на водите в Черно море и относителната близост на реките, които имат основен дял във водния баланс са предпоставка за значителната уязвимост на морските екосистеми, което налага търсенето на начини за решаване на екологичните проблеми.

ОЦЕНКА НА ВОДИТЕ ВЪВ ВАРНЕНСКО ЕЗЕРО

След проведеното изследване на седименти от две зони на Варненското езеро е установено тяхното замърсяване с тежки метали като арсен, живак, мед, желязо, олово и нефтопродукти. Тяхното натрупване се дължи на различни промишлености като кораборемонт, корабостроене, химическа промишленост, морски транспорт и други. Наличието на тези замърсители е вредно и токсично за водните обитатели и за човешкото здраве. Не доброто екологично състояние на водата във Варненското езеро се дължи и на натрупаните замърсители в седиментите, които непрекъснато ги отдават към водното тяло.

Направени са общо 140 броя дънни проби за показатели желязо (Fe), Олово (Pb), Арсен (As), Мед (Cu), Живак (Hg) и Нефтопродукти в избрани зони - Зона 1 и Зона 2 – фиг. 1. Пробовземанията са извършени в периода 15.10.2021 – 15.02.2022 г., на равномерно разстояние през 200 m. В Зона 1 (проби 71-140), са разпределени в източните части на езерото и двата плавателни канала (1 и 3), свързващи го със залива, а в Зона 2 (проби 1-70), заема приблизително централните части на езерото между село Казашко на северния бряг и военна авиобаза „Чайка“ на южния бряг.

Изготвени са карти с индивидуални стойности за всеки показател, като референтни стойности са взети от Международната агенция за атомна енергия (International Atomic Energy Agency) и в частност документи – Reference sheet IAEA-158/31.08.2008 и Reference sheet IAEA – 459/10.06.2017. Референтната стойност се приема за средна и оттам се определят стойности за замърсена област и не замърсена област.



Фиг. 1. Карта на изследваните зони (Зона 1 и Зона 2) във Варненско езеро





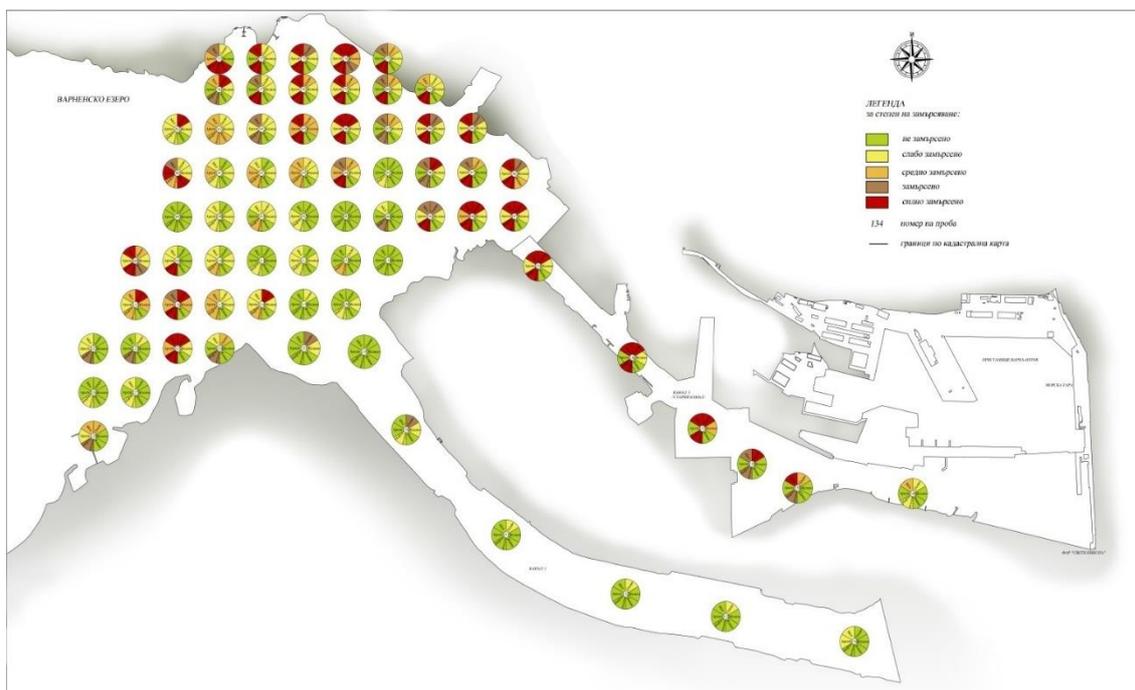
Концентрирането на сериозна пристанищна инфраструктура при двата канала, свързващи езерото със залива, до голяма степен повлиява екологичното състояние в южната част на Варненския залив. С най-голяма гъстота на съоръженията се отличава Стария канал (Канал 3), където са установени най-високите стойности на замърсяване с тежки метали и нефтопродукти.

Замърсяването в централните части на езерото е по-слабо, поради по-добрата водна циркулация и извършването на периодични драгажни дейности за поддържане необходимата дълбочината на плавателните пътища. За съжаление материалът от драгирането се разпределя в депо „Налбанка“, което се намира в рамките на езерото. Това от една страна подобрява състоянието на утайките в драгираните зони на Канал 1, но от друга – води до преотлагане на част от замърсените утайки и влошаване на качеството на водното тяло като цяло.

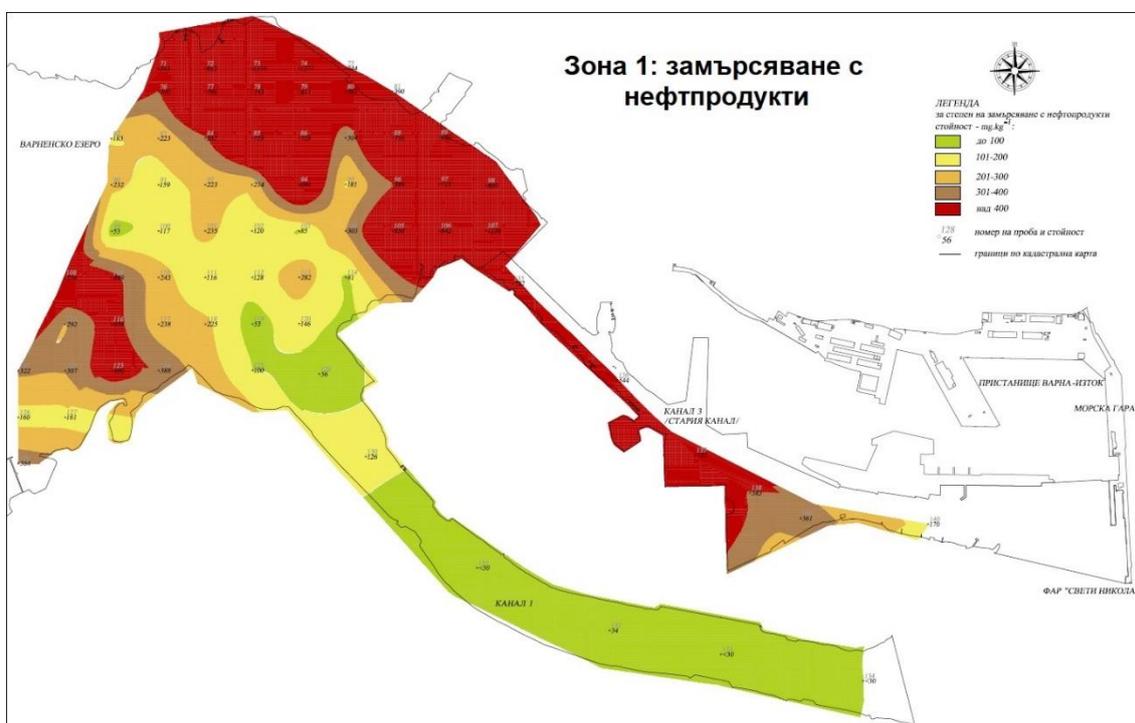
Завишаването на стойностите на изследваните метали във Варненското езеро най-вероятно се дължи и на съвпадането на периода на пробовземанията със засилване на проточността в горните и долни слоеве на езерото, както и вертикалния обмен (есен-зима). През пролетта, когато повърхностната проточност се засилва, а придънната намалява и вертикалното размесване отслабва, техните стойности може би ще бъдат по-високи. Това е предпоставка да се смята, че тогава замърсителите във водното тяло ще имат по-голяма възможност да се утаяват на дъното.

Драгажните дейности оказват комплексно неблагоприятно въздействие върху седиментите, качеството на водите и биоразнообразието. Периодичното драгиране на плавателния канал създава реална опасност за преминаване на замърсители от утайките във водното тяло и влошаване на качеството на водата в езерото. От геоложка гледна точка резултатите от драгирането са промени в структурата на езерната котловина, поява на геоморфоложки изменения и нарушаване на процесите на седиментация и реседиментация. Едновременно с драгирането се отнемат дънни хабитати, биологични видове и съобщества, а за тяхното възстановяване е необходимо много време. Като краен приемник на утаяващия се суспендиран материал езерните седименти отразяват дългогодишното антропогенно въздействие, основно индустриално.

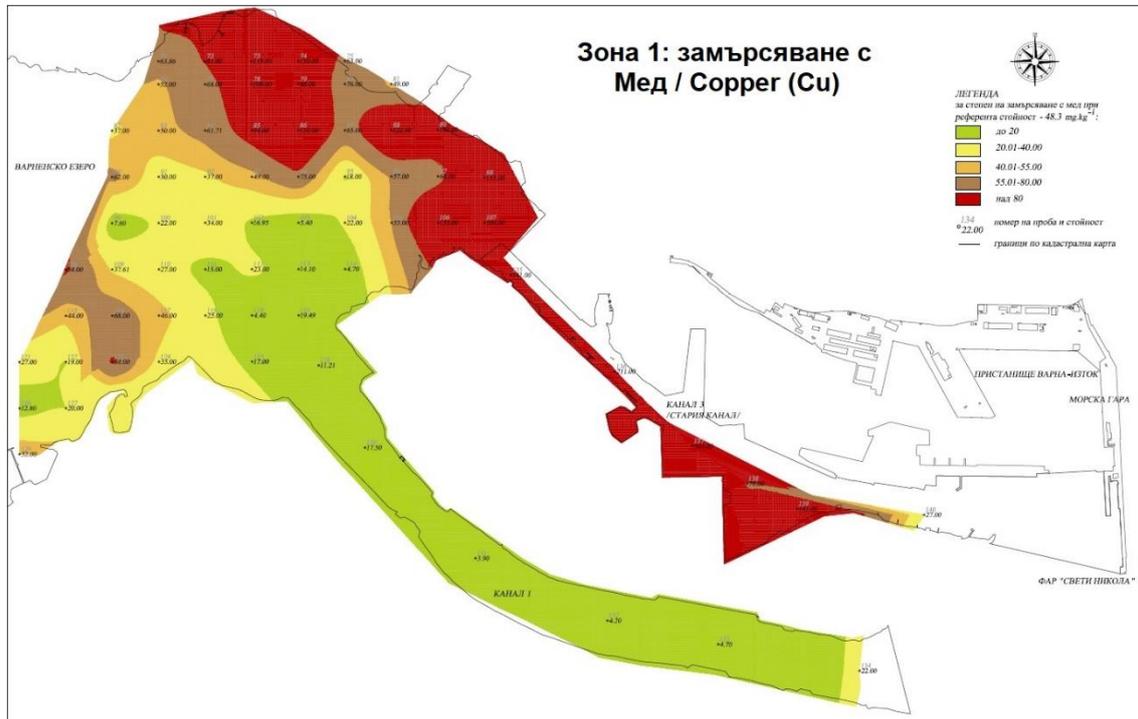
Данните с отразена степен на замърсяване за всеки показател - Fe, Pb, As, Cu, Hg и нефтопродукти, са представени в 12 хидрографски карти в М 1:10 000, като за всяка зона е изработена по 1 обобщена карта в М 1:5000. Част от картите са представени на следващите фиг. 2 до фиг. 9.



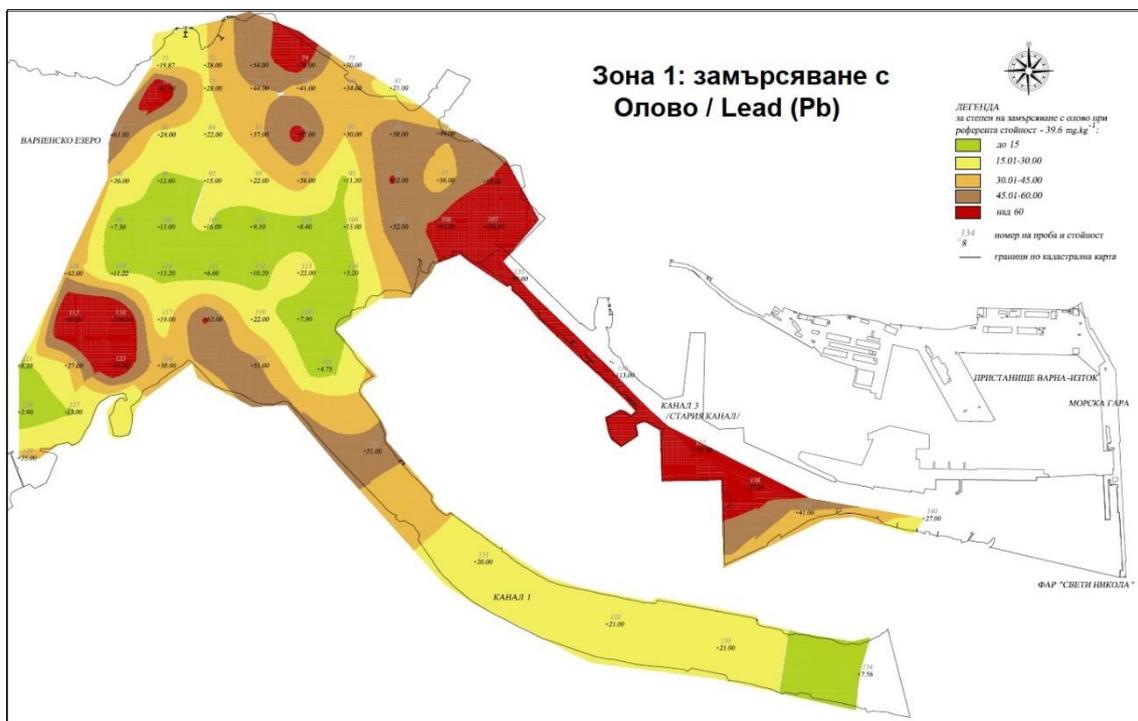
Фиг. 2. Обобщена карта на замърсяванията за Зона 1



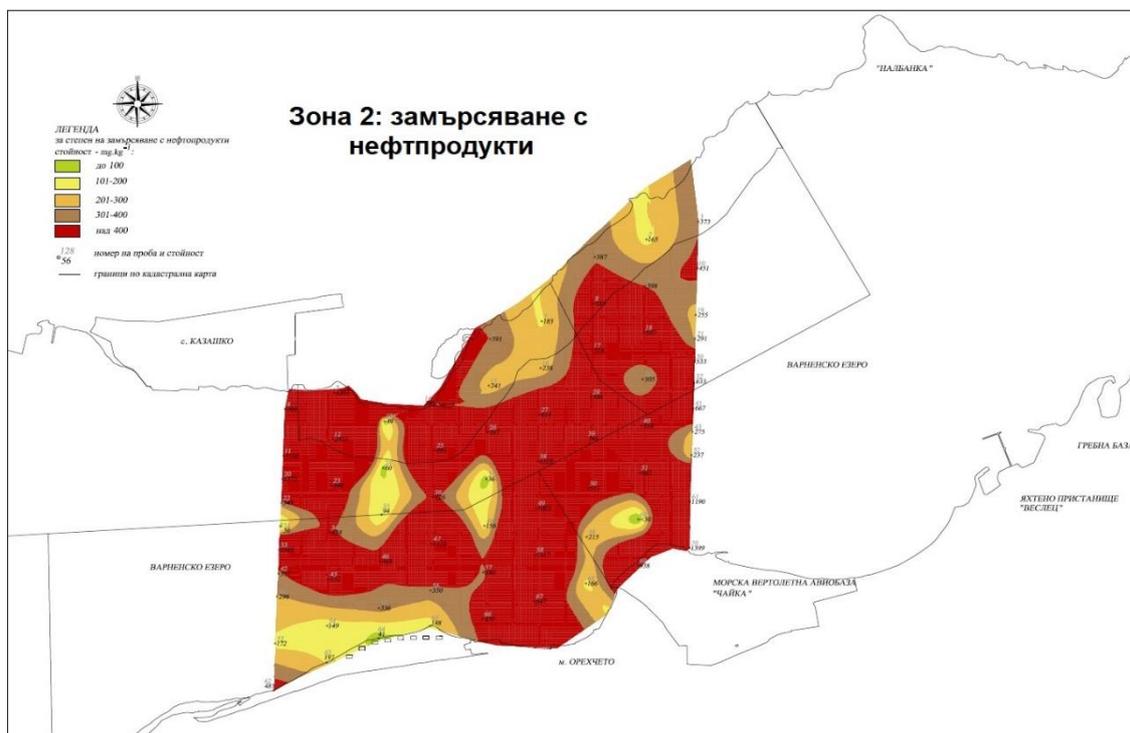
Фиг. 3. Карта на замърсяванията с нефтопродукти за Зона 1



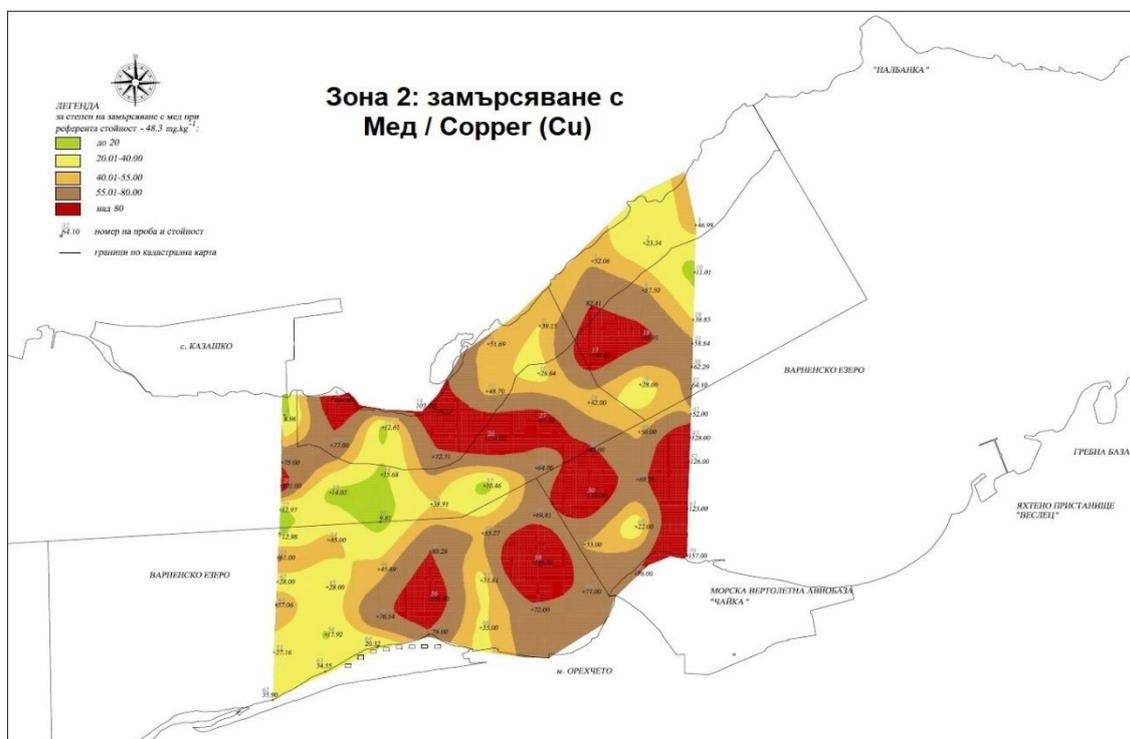
Фиг. 4. Карта на замърсяванията с мед за Зона 1



Фиг. 5. Карта на замърсяванията с олово за Зона 1



Фиг. 6. Карта на замърсяванията с нефтопродукти за Зона 2



Фиг. 7. Карта на замърсяванията с мед за Зона 2

ОБОБЩЕНИ ДАННИ ОТ ДЪННИТЕ ПРОБИ

Изследваните зони са силно замърсени с **нефтепродукти**. Със слабо и средно замърсяване с нефтепродукти се отличава Канал 1 и централните части на Зона 1, които подлежат на периодично драгиране. В останалите участъци от двете зони се наблюдават средни, високи и над допустимите стойности – фиг. 3. С най-висока степен на замърсяване с нефтепродукти в Зона 1 се отличават Стария канал, северната периферия на зоната, югозападната част на зоната, като максимално замърсяване е отчетено в проба № 73 със стойност 1316 mg.kg^{-1} . За Зона 2 (фиг. 6) преобладаващите стойности на замърсяване с нефтепродукти са над средните, а максимално замърсяване има в проба № 5 със стойност 3263 mg.kg^{-1} в северозападната част на зоната.

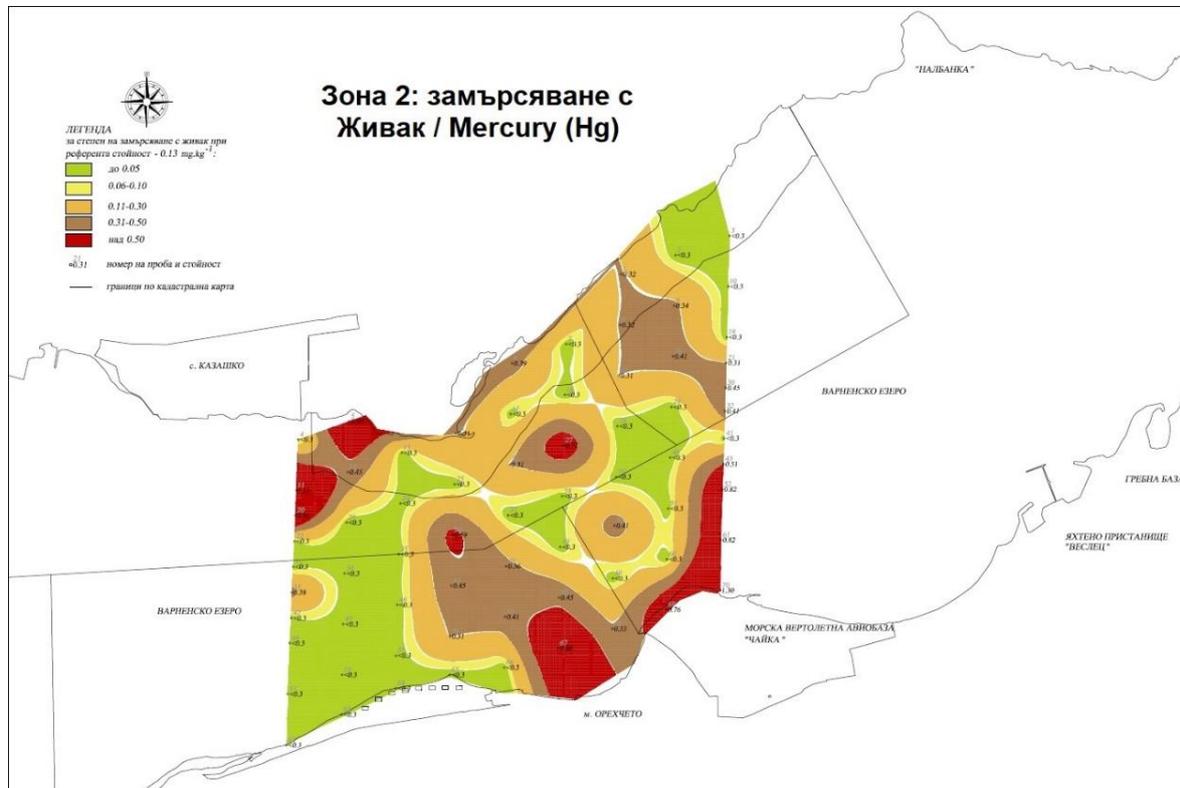
Референтните стойности за замърсяване с **мед (Cu)** са 48.3 mg.kg^{-1} . В Зона 1 (фиг.4) се забелязват стойности над допустимите в северната част на зоната и в Стария канал (над 80 mg.kg^{-1}). Максималното замърсяване с мед е със стойност 364 mg.kg^{-1} , и се намира в Стария канал. В Зона 2 са регистрирани проби със стойности на мед над допустимите в северозападната, централната и югоизточната част на зоната (фиг.7), а максимално замърсяване има в проба № 70 със стойност 157 mg.kg^{-1} . Този показател отново има ниски стойности в Канал 1, централните части на Зона 1, което се дължи на периодичните драгажни дейности.

Замърсяване с **живак (Hg)**, със стойности над допустимите (0.50 mg.kg^{-1}), са установени в малки участъци на Зона 1 (източната периферия на депо „Налбанка“) и на по-големи площи в северозападната, централната и южната част на Зона 2 (в района на Морска вертолетна авиобаза „Чайка“, м. Орехчето и в близост до с. Казашко). При референтни стойности на живака 0.13 mg.kg^{-1} , преобладаващите стойности в Зона 1 са под средните и по-ниски. В Зона 1 максималното замърсяване е установено в западната част със стойност 0.75 mg.kg^{-1} и със стойност 0.62 mg.kg^{-1} , намиращи се в периферия на депо „Налбанка“. В Зона 2 (фиг. 8) максималното замърсяване с живак е в със стойност 1.30 mg.kg^{-1} , намиращ се в югоизточната ѝ част.

По отношение съдържание на **олово (Pb)** са констатирани високи стойности, над допустимите (над 60 mg.kg^{-1}) на големи площи в района на Канал 3 (стария канал) и западната част на Зона 1 (фиг. 5). При референтни стойности 39.6 mg.kg^{-1} , максимално замърсяване е установено със стойност 125 mg.kg^{-1} . В Зона 2 преобладаващите стойности са под средните референтни, като максимално замърсяване с олово е 42.00 mg.kg^{-1} .

Стойностите на **желязото (Fe)** са в рамките на допустимото. При референтна стойност ($26\ 300\ \text{mg.kg}^{-1}$) замърсяването е под средните стойности и в двете изследвани зони. Максимални стойности на замърсяване с желязо има в Зона 1, основно в периферните участъци. Най-вероятно това се дължи на факта, че това са места където не се извършва драгиране. В Зона 2 не се наблюдават завишени стойности. Максимално замърсяване в Зона 1 е отчетено в проба № 137 със стойност $21\ 825\ \text{mg.kg}^{-1}$ намиращ се в Канал 3 (Стария канал). За Зона 2 максималното замърсяване с желязо е установено в проба № 52 със стойност $19\ 281\ \text{mg.kg}^{-1}$, намиращ се в източната част.

В изследвания район е установено замърсяване с **арсен (As)**. При референтни стойности $11.5\ \text{mg.kg}^{-1}$, преобладаващите са под средните ($5.21\text{--}8.00\ \text{mg.kg}^{-1}$). Максималното замърсяване с този показател е в проба № 90 със стойност $24.00\ \text{mg.kg}^{-1}$, намиращ се в западната част на Зона 1. Забелязва се, че в северната и южната част на Зона 2 също са на лице стойности над допустимите ($16.00\ \text{mg.kg}^{-1}$). Максимално замърсяване с арсен тук се отчита в проба № 70 със стойност $18.00\ \text{mg.kg}^{-1}$, намираща се в близост до Морска вертолетна авиобаза „Чайка“.



Фиг. 8. Карта на замърсяванията с живак за Зона 2

Завишените концентрации са в по-тъмен цвят – кафяво и червено. На обобщените карти (фиг. 2 и 9) с кръгови диаграми са представени замърсяванията за всички изследвани показатели, като се забелязва тенденция на завишени стойности в силно експлоатираните от човешка дейност райони.



Фиг. 9. Обобщена карта на замърсяванията за Зона 2

При анализа на резултатите за тежки метали и нефтопродукти във Варненското езеро се констатира преобладаващо замърсяване с мед, олово и нефтопродукти в северната част на Зона 1 и Стария канал, както и преобладаващо замърсяване с нефтопродукти, живак и мед основно в източната част на Зона 2.

Поддържането на състоянието на езерната система в „ниско-лошо качество“ на екологичен потенциал се дължи на товаро-разтоварните дейности на пристанищата, водите от р. Провадийска, намаления капацитет на пречиствателните станции и непрекъснатото увеличаване на градското население.

През последните години се наблюдава понижаване на влиянието от индустриалната дейност в района на химическия комплекс в Девня, ТЕЦ „Варна“ и завода за стъкло в гр. Белослав върху качеството на водите в езерата, но все още има нужда от подобряване качествата на водите.

Наличието на сероводороден слой във Варненското езеро и еутрофикацията допълнително усложняват екологичната обстановка в изследваната акватория. Необходимо е провеждането на периодични и комплексни изследвания на замърсяванията с тежки метали и нефтопродукти с цел проследяване на промените в техните стойности, разпространение, движение, преразпределение и натрупване в седиментите. Това ще спомогне за използването и/или прилагането на по-точни и подходящи методи за адсорбция и абсорбция на замърсители в седиментите.

Варненското езеро има голямо транспортно значение и е едно от българските крайбрежни черноморски езера, подложено на активно антропогенно въздействие, особено през последното столетие, което силно е повлияло върху съвременните естествени процеси. Развитието на промишлеността и урбанизацията са фактори, които могат да доведат до загуби на местообитания и до цялостна екологична промяна на влажната зона и продължават да бъдат основен застрашаващ фактор.

Езерния комплекс е част от „Натура 2000“ по Директиви за птиците и местообитанията и обособените защитени местности – „Казашко“, „Мочурището“ и „Ятата“. Оповестяването на данните от изследванията цели повишаване на ангажираността и търсене на реално приложими действия, социални и технически решения за опазване на видовете и подобряване на качеството на водите в региона с оглед постигане на целите на "синия растеж".



Замърсените речни и езерни седименти могат да бъдат транспортирани до морето, разпръснати по езерните брегове или управлявани (активно драгирани и изхвърлени на сушата). Изхвърлянето на драгирани седименти на сушата може да доведе до определени рискове, тъй като са значителен източник на тежки метали и други замърсители. Тези седименти не влизат в употреба, поради високото им съдържание на замърсители (тежки метали, нефтопродукти, органични и неорганични вещества) и произтичащите от това опасности. Общоприето е, че обработката и повторната употреба на силно замърсени драгирани утайки не е рентабилна. За замърсените седименти и свързаните с тях съоръжения за погребване, използвани в миналото, се изисква реалистичен, евтин, безопасен, екологично обоснован и устойчив избор за управление. В тази връзка съществуват методи като фиторемедиацията и други, предлагани като възможност за управление.



При някои обстоятелства, като осигуряване на навигация или подобряване на екологичното състояние на езерата са налага извършването на операции по драгиране. Необходимо е управлението и възстановяването на замърсените седименти, за да се намалят екологичните рискове свързани със замърсяването и излужването на хранителната верига. Освен изхвърлянето, класически технологии за възстановяване на замърсени седименти са също така, извличането или унищожаването на замърсителите. Тези технологии предизвикват влошаване на структурата на седимента и са свързани с големи разходи.

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ КАЧЕСТВОТО НА ВОДАТА

За да се възстанови екологичната среда на Варненското езеро трябва да се приложи стриктен контрол и предотвратяване на замърсяването на водното тяло. Необходимо е придържане към долната граница за качеството на водната среда, което може да се постигне с насърчаване на технологичните иновации в промишленостите със силно замърсяване, чрез постепенно затягане на водни стандарти за изхвърляните вредни вещества. Ако източникът на замърсяване не се контролира, не е възможно да се поддържа постигнатото добро екологично състояние на водно тяло. Първата стъпка по пътя към възстановяването на еутрофно езеро е да се намали външното натоварване с хранителни вещества от водосборната зона. Често обаче само намесата във външния товар не е достатъчна. През годините в езерните утайки се натрупват хранителни вещества, които се връщат във водата в резултат на много биологични, химични и физични фактори. Следователно в повечето еутрофни езера е необходими прилагането на мерки за намаляване на вътрешно натоварване.

Подобряването на качеството на водата може да се осъществи чрез изграждането на водна екосистема. Тя е свързана с преноса, трансформацията и разграждането на замърсители във водното тяло, като се използват жизнените дейности на биологични комплексни ензими, микроорганизми, водни растения, водни животни и други организми. По този начин ще се пречисти водното тяло, ще се създаде среда, подходяща за различни организми и ще се възстановят водните екосистеми. Когато основните показатели за качество на езерните води са повишени до определен диапазон и микроекологичната флора на водното тяло е относително стабилна, поддържането на качеството на водата изисква не само ежедневна биологична поддръжка, но и екологични мерки за по-нататъшно възстановяване на екосистемата на водното тяло. Основната цел е възстановяване на водната екосистема и самопречистващата функция на водоема.

От друга страна фиторемедиацията може да бъде евтин вариант, подходящ за пречистване „in situ“ (на място) на големи обекти, който щади околната среда. За съжаление фиторемедиацията рядко се включва в схемата за управление на замърсените седименти и води, поради необходимостта от по-дълго време за абсорбиране на замърсителите от растенията.

ПРЕПОРЪКИ С ДОБРИ ПРАКТИКИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВОДНАТА ЕКОСИСТЕМА ВЪВ ВАРНЕНСКОТО ЕЗЕРО

Основната причина за екологичните проблеми във Варненското езеро е внасянето на замърсители от промишлеността, морския транспорт, ускорената урбанизация, замърсените води на вливащите се реки, отпадни води и други. Поради нездравата екосистема на езерото способността му за самопочистване е недостатъчна. В резултат на това след определен период от време ще бъдат причинени поредица от екологични проблеми, които ще повлияят върху качеството на водата и биоразнообразието. При неправилно управление на поддръжката на езерото, като редовен мониторинг и регулиране, липсата на аварийно управление за справяне с внезапно замърсяване, влошаване на водната среда ще продължи.

Замърсяването във Варненско-Белославския езерен комплекс се разпространява в посока от Белославското към Варненското езеро, Варненския залив и съответно навлиза в Черно море. Това се дължи на връзката между тях, която се осигурява от 3 плавателни канала. За да има ефект от почистването на Варненското езеро, първо трябва да се ограничи външното натоварване в целия комплекс. След това трябва да се почистят двете езера по-отделно (първо Белославското, след това Варненското) или едновременно. Ако се извърши почистване само на Варненското езеро ефектът няма да е дълготраен, тъй като натрупаните замърсители като тежки метали, нефтопродукти и органични вещества от Белославското езеро ще се прехвърлят във Варненското.



Фиг. 10 Карта на Варненско-Белославски езерен комплекс
(<https://strashimirovo.wixsite.com/selo/territories-2>)

Управлението на водната екосистема във Варненското езеро и ограничаването на замърсяването може да бъде осъществено в няколко различни стъпки.

Държавна политика

Първата стъпка за доброто управление на водната екосистема във Варненското езеро е създаването на Програма за подобряване състоянието на водните екосистеми, заимствана от успешните практики на други държави. Тя може да включва проекти, свързани с прилагането на основните мерки, насочени към забавяне на еутрофикационните процеси и намаляване на замърсяването с тежки метали и нефтопродукти. Основните цели на тази програма би следвало да бъдат:

- Предотвратяване постъпването на твърди и течни замърсители в езерото от заустваните отпадни битови и промишлени води, морски транспорт и други.
- Подпомагане и насърчаване на земеделските производители и месните власти за въвеждане на екологични земеделски практики и по-ефективен контрол върху биогенното замърсяване;
- Намаляване количеството на биогенни и органични вещества, тежки метали и нефтопродукти във Варненско-Белославския езерен комплекс;
- Опазване на биоразнообразието на генетично, популационно, видово и екосистемно ниво и качеството на местообитанията в защитената зона(ЗЗ);
- Възстановяване и запазване на естествения баланс във водните екосистеми на влажната зона;
- Включване на езерния комплекс като важен и приоритетен обект в Рамсарската конвенция;
- Създаване на подходящи условия за използване на природните и културните дадености в ЗЗ като атрактивен елемент за целите на познавателния и екологичния туризъм, природозащитното образование и други;
- Поредица от екологични мерки и съоръжения за поддръжка и предпазване от замърсяване на езерния комплекс по време на експлоатация.

Върху постигането на дългосрочните цели влияние могат да оказат природни, социално-икономически, правно-административни, финансови и други фактори, например:

- Тенденции от антропогенен характер и някои социално-икономически фактори силно ограничават възможностите за разгръщане на природозащитната дейност, за набиране на средства и поддръжници за ЗЗ;

- Недостатъчен икономически интерес към използването на тръстиките стъбла. В България липсва специализирана техника за рязане на тръстика;
- Стопанските дейности във водосбора на Варненското езеро са причина за нарушеното равновесие във водните екосистеми;
- Затруднения при обезпечаването на финансови средства за скъпо струващи мероприятия по контрола и управлението на ЗЗ. Такива например са изграждане на съоръжения за пълно пречистване на комунално-битови, промишлени и канални води в селищата около езерния комплекс и други.

В практиката се използват най-различни методи и технологии за възстановяване на замърсени водни тела и седименти на водни басейни. За подобряване доброто екологично състояние на Варненското езеро е необходимо да се подбере комбинация от методи и технологии, които да бъдат най-ефективни при неговото почистване.

Контрол на източниците на замърсяване

Препоръчително е създаването на професионален план за контролиране, ограничаване и намаляване на внасяните замърсители във водното тяло на Варненското езеро. Това може да се осъществи чрез изпълнение на по-строги мерки за въвеждане на замърсители, по-строг контрол по изпълнение на мерките и налагане на санкции при нарушение, провеждане на семинари, в които да вземат участие заинтересовани страни от всички сфери, изграждане на най-нови технологии за пречистване на отпадни води, модернизиране на съществуващите, постоянен дистанционен мониторинг, система за предупреждение за възникващо замърсяване и други.

➤ Контрол по изпълнение на мерките за намаляване на замърсители

Осъществяването на контрол по изпълнение на мерките за намаляване на въвежданите замърсители във Варненско-Белославският езерен комплекс би било добре да се осъществява в по-кратки интервали от време. Така ще се осигури по-голям контрол върху дейността на предприятията, пречиствателните станции и други заустващи отпадни води. При установяване на нарушение управляващият орган ще може да предприеме своевременни мерки.

➤ **Въвеждане на строги санкции**

Налагането на парични санкции при нарушаване на ограниченията за въвеждане на замърсители, би следвало да са в такъв размер, че предприятията да предпочитат да вложат средства за подобряване на стари и въвеждане на иновативни технологии и съоръжения за пречистване на отпадните си води. Промислените предприятия трябва да извършват собствен мониторинг (в кратки интервали от време) и контрол върху съоръженията за отпадни води, както и дали отпадните води отговарят на изискванията във всеки един момент. Те трябва да разполагат с адекватен план за аварийни ситуации и възможност да го задействат при необходимост. При възникване на аварийно изпускане на замърсители да поемат отговорност и да предприемат своевременни мерки за почистване на допуснатото замърсяване.

➤ **Рамсарско място**

Варненско-Белославският езерен комплекс е защитена зона и към настоящия момент е включен в списъка за потенциални Рамсарски места. За да се ограничат допълнително дейностите в него той трябва да се превърне в Рамсарско място. Ползите от обявяването на езерния комплекс като Рамсарско място ще се изразяват в:

- Повишаване на обществената ангажираност;
- Засилено участие на местните заинтересовани страни в управлението на обекта;
- По-голяма подкрепа в опазването на дадения обект;
- Подобен достъп до финансиране на конзервационните дейности – чрез логото на Рамсар;
- Подобрени възможности за научни изследвания и развитие на екотуризм.

➤ **Софтуерни продукти в подкрепа на вземането на решения**

Създаване на софтуерни продукти в подкрепа на вземането на решения за рехабилитация на замърсени обекти или използване на вече създадени такива. С такъв вид софтуер могат да се направят симулации, сравнения и подбор на различни комбинации от методи за рехабилитация на Варненското езеро. Освен това използването на софтуери за подпомагане вземането на решения осигуряват прозрачна процедура и интегриране на експертни анализи.

➤ Семинари посветени на проблемите свързани с Варненско-Белославския езерен комплекс

Провеждането на семинари за състоянието на Варненско-Белославския езерен комплекс, с цел обсъждане на всички проекти, въпроси и решения на възникващи проблеми и други.



Фиг. 11. Рамсарски места в България
(www.moew.government.bg/bg/priroda/zastiteni-teritorii/zastiteni-teritorii-s-mejdunarodno-znachenie/ramsarski-mesta/)

➤ Третично пречистване на отпадни води

Прилагане на многократно пречистване на отпадни води, които се заустват в езерния комплекс ще доведе до подобряването на екологичното състояние на водното тяло. Това е необходимо тъй като отпадните води са основна причина за въвеждане на хранителни вещества и тежки метали във водното тяло и предизвикване на еутрофикация.



**Фиг. 12 Заустване на отпадни промишлени води от хвостохранилище
Падина**

➤ **Технологии за подобряване качеството на водната среда и отпадните води**

Друг метод, с който може да се подпомогне пречистването на промишлени и канализационни отпадни води и да се намали внасянето на хранителни вещества в езерния комплекс е изграждането на технологии за подобряване качеството на водната среда и отпадните води. Такива технологии се използват например в Китай и биха могли да се приложат при зауствените отпадни води в езерния комплекс. Те ще спомогнат за намаляване на внасянето на замърсители, понижаване на еутрофикацията, намаляване количеството на сероводород, филтрация, адсорбция. От друга страна ще увеличат количеството на разтворен кислород и ще подобрят условията за живот в езерните води.

➤ **Рециклиране на отпадни води**

Необходимо е насърчаване и подпомагане на промишлеността в изследвания район към изграждане на система за рециклиране на отпадни води и използване на рециклираната вода. Стимул за предприятията ще бъде въвеждане на политика за подпомагане оползотворяването на рециклираната вода, чрез освобождаването ѝ от такси за водни ресурси, данъчни облекчения и други. По този начин едно и също количество вода ще се пречиства и използва в производството многократно.

В допълнение това ще засили и подпомогне опазването на водните ресурси. Използването на тези технологични изследвания и разработки за стимулиране на устойчивото развитие на предприятията е стъпка към нов път на устойчиво развитие.

Причина за еутрофикацията, техники и технологии за ограничаване

Еутрофикацията на водните тела протича под въздействието на човешката дейност. Голямо количество хранителни вещества като азот и фосфор, необходими на организмите, навлизат в бавно течащи водни тела като езера, реки, заливи и др., причинявайки бързо възпроизводство на водорасли и намаляване на разтворения кислород във водоема. Това причинява влошаване качеството на водата и масова смърт на риби и други организми. Когато настъпи еутрофикация във водното тяло, водораслите се размножават и образуват „цъфтеж“. Понастоящем проблемите с еутрофикацията са по-често срещани и засягат много водни басейни. При различните видове водорасли се използват различни техники за третиране. Еутрофните водни тела, могат да се третират чрез използването на технология за възстановяване на микроекосистеми.

Фиг. 13 Отпадни води вливащи се във Варненско езеро (Хидро Мап)



При нея замърсителите във водното тяло се прехвърлят, трансформират и разграждат, така че да се пречисти водното тяло, да се създаде среда, подходяща за оцеляване и възпроизводство на различни организми, възстановяване на водната екосистема и възстановяване на самопречистващата функция на водоема. Натрупването на хранителните вещества във Варненското езеро основно се дължи на отпадни води от химическата промишленост, заустване на ПСОВ, използване на изкуствени торове в земеделието, заустване на непречистени и/или недостатъчно пречистени отпадни води и други.

Технологии за пречистване на водата:

➤ Биологични препарати

За справяне с еутрофикацията и подобряване на екологичното състояние на езерата има разработени различни биологични препарати като биологични комплексни ензими, биологични инхибитори на водорасли, микробни пречистватели и други. Тези препарати отстраняват амонячен азот, нитроазот, намаляват стойностите на ХПК, БПК₅, инхибират растежа на водораслите и други. След ограничаване на въвежданите замърсители и изследване състоянието на водното тяло някои от изброените препарати биха могли да се приложат във Варненско-Белославския езерен комплекс за намаляване на органичните вещества и еутрофикацията. Този метод може да се приложи ако езерния комплекс все още не е възстановил самопречистващата си способност и се налага спешно подобряване на екологичното му състояние.

➤ Почистване с химикали

В борбата с еутрофикацията на езерата се прилага химическо третиране. При него целта е фосфорът и азотът да се утаят във водата. Ефектите от утаяването на хранителни вещества във водата и „цъфтежа на водораслите“ често са незабавни. Най-големият запас от хранителни вещества в езерата е в дънните седименти. Тъй като седиментите отдават хранителни вещества на водното тяло може да се наложи третирането с химически препарати да се повтори след няколко години. Имайки предвид голямото количество на замърсители в седиментите на Варненското езеро, вероятно по-рентабилно би било да се премахнат излишните хранителни вещества от езерната екосистема, вместо да се извърши химическо почистване. Във Варненското езеро използването на този метод трябва да бъде в краен случай, при ниско външно натоварване и само когато никой друг метод не е спомогнал за подобряване състоянието на водното тяло .

Ако външното натоварване с хранителни вещества не се намали, химическото почистване няма да е ефективно. От друга страна може да е по-рентабилно хранителните вещества да се премахнат, вместо да се задържат в утайките. Фосфорът представлява изчерпаем природен ресурс. Наличието му в седиментите трябва да бъде преоценено, тъй като извличането на хранителните вещества като фосфор може да предостави решение за тяхното рециклиране. В тази връзка за да се разработят решения в полза на кръгова икономика, са необходими междусекторно сътрудничество и икономически ефективни начини за възстановяване и повторно използване на фосфора и други от вода или седиментите.

➤ *Плаващи влажни зони*

Плаващите влажни зони включващи растения, микроорганизми и субстрати, се използват за пречистване на водни тела. Те могат да се комбинират и с други техники за възстановяване. Действието им се изразява в това, че органичните замърсители, планктоните водорасли и други се улавят в процеса на протичане през коритото и замърсителите се адсорбират, разграждат и трансформират. Чрез аеробните и анаеробните реакции на микроорганизмите, произведените неорганични хранителни вещества се абсорбират директно и се използват от растенията. Изграждането на плаващи влажни зони би могло да се използват в тези части от акваторията на Варненското езеро, в които се осъществява по-малко корабоплаване с цел избягване на инциденти. Растителността на плаващите зони от една страна ще абсорбира хранителните вещества и тежките метали от водното тяло, което ще спомогне за намаляване на еутрофикацията, а от друга ще представлява местообитание на животински представители и обект на екотуризма. Плаващите влажни зони ще подпомогнат за повишаване количеството на разтворен кислород и прозрачността на водното тяло.

Фиг. 14 *Водно тяло на Варненско езеро при Морска гара Варна*



Реактори за спиране на хранителни вещества

Изграждането на такива реактори има за цел да спре изтичането на хранителни вещества като азот и фосфор от обработваемите земи към Варненското езеро. Тяхната ефективност се изразява в това, че дъждовната вода от земеделските земи преминава през реактора, дървесните стърготини абсорбират носените хранителните вещества и се намалява натоварването на езерото. Изграждането на реактори е евтино решение за пречистване на дъждовна вода, като дървесните им стърготини в тях се сменят през 10 – 15 год. След изграждането им се осъществява контрол, като се вземат водни проби преди реактора и от изпускателната тръба за проследяване на ефикасността. В предвид външното натоварване с хранителни вещества на територията около Варненското езеро изграждането на реактори е подходящо. Те заемат малка площ и тяхното изграждане не пречи на използването на земите над тях. Въвеждането на този метод може да бъде продължение за съхраняване на възстановеното екологично състояние на езерото.

➤ *Създаване на влажни зони*

Създаването на влажни зони има за цел да предотвратява навлизането на хранителни вещества във Варненското езеро с помощта на растителността в тях, която абсорбира хранителните вещества от водното тяло, почвата и седиментите. Изградените влажни зони използват физични, химични и биологични процеси на сложната екосистема от субстрати–микроби–растения за постигане на високоефективно пречистване на отпадните води чрез филтриране, адсорбция, съвместно утаяване, йонен обмен, абсорбция от растения и микробно разлагане. В същото време, чрез биогеохимичния цикъл на хранителни вещества и вода, се насърчава растежа на зелените растения, увеличава тяхното производство, реализира се рециклирането и обезвреждането на отпадните води.





В района на хвостохранилище Падина има терен, който е замърсен и неизползваем. Необходимо е провеждане на проучване на изследване за възможностите този терен да бъде превърнат във влажна зона, през която да преминават отпадните води от канала. Използването на подходящи растителни видове ще възстанови състоянието на увредената територия. Добро отражение за 33 Варненско-Белославски езерен комплекс ще е изграждането на влажни зони, които едновременно да пречистват замърсителите и да бъдат местообитание за животински представители.



ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПРЕЧИСТВАНЕ НА ВОДА И СЕДИМЕНТИ ОТ ТЕЖКИ МЕТАЛИ

Причина за натрупването на тежки метали

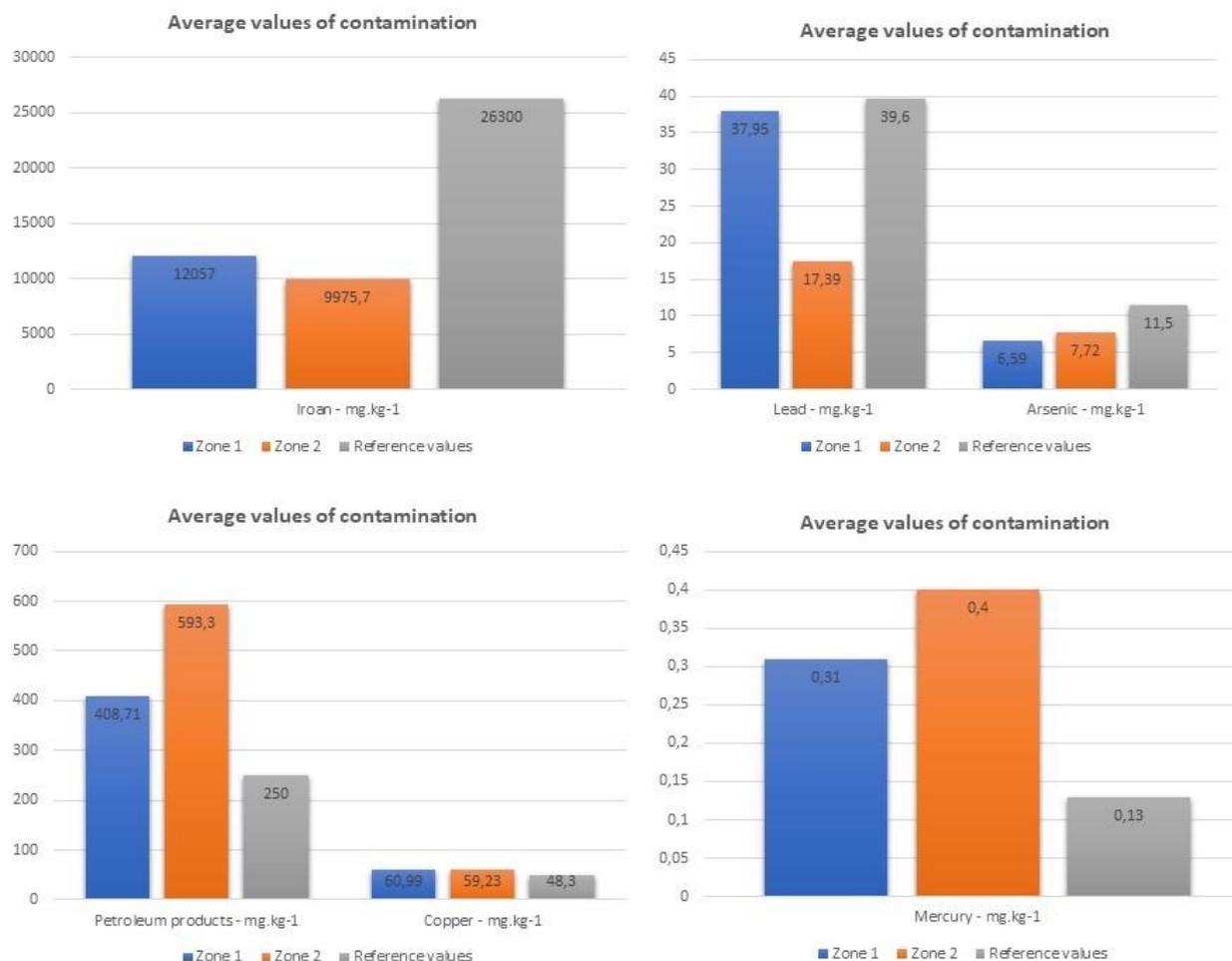
Варненско-Белославският езерен комплекс представлява един от най-важните и натоварени в промишлено, транспортно и урбанизационно отношение воден обект в страната. Извършването на стопански дейности във и около акваторията на езерния комплекс са причина за натрупване на замърсители в седиментите и водното тяло, като фосфор (P), азот (N), тежки метали (живак (Hg), арсен (As), желязо (Fe), мед (Cu), олово (Pb)) и нефтопродукти. Разпространението и натрупването на замърсители в отделните части на езерото зависи от местоположението на различните предприятия, водните течения и вида на седиментите.

Тези фактори са причина за загубата на местообитания, екологична промяна на езерния комплекс и продължават да бъдат основен застрашаващ фактор. Съществуват различни методи за премахване на тежки метали и нефтопродукти от седиментите. Необходимо е подбирането на най-ефективните и безвредни методи за Варненското езеро, като например фиторемедиация, биоремедиация и други. Сорбентите са материали, които се използват за абсорбиране или адсорбиране на нефт, течности, тежки метали и други. Като сорбенти могат да се използват различни видове растения, микроорганизми, дървени стърготини, зеолити, глина и други.

Технологии за пречистване на вода и седименти

➤ Драгиране

В повечето случаи драгираните седименти се приемат като отпадъци/замърсители, въпреки това се използват като насипни материали по крайбрежието, за създаване на влажни зони, строителни материали и други. В практиката за отстраняването на хранителни вещества, тежки метали и други замърсители от водни обекти често се използва методът на драгиране. Той обаче изисква значителни средства, обработката и изсушаването на седиментите е трудоемко и изисква място за депониране. В акваторията на Варненското езеро се осъществява драгиране за осигуряване на плавателна дълбочина. Проведените изследвания показват наличието на значителни превишения над референтните стойности на изследваните тежки метали и нефтопродукти в дънните седименти на Варненското езеро (фиг. 16).



Фиг. 16 Средни стойности на замърсяването в избрани зони от Варненското езеро

Завишените стойности дават основание да се извършат допълнителни изследвания за установяване на дълбочината, до която достигат най-големите концентрации на замърсителите и провеждане на драгажни дейности. Драгирането на замърсените седименти трябва да се осъществи само на местата с най-завишени стойности и на определена дълбочина, тъй като Варненско-Белославският езерен комплекс е защитена зона. При извършване на цялостно драгиране на езерното дъно има опасност от унищожаване на бентосни организми и дънни хабитати. В резултат на драгирането ще се намали количеството на натрупаните тежки метали, нефтопродукти и вътрешното натоварване с хранителни вещества, ще повлияе положително на екологичното състояние на езерото.

Чрез частичното премахване на седиментите от Варненското езеро ще се подпомогне възстановяването на естествените процеси на самопочистване. Драгираните седименти могат да се подложат на ремедиация и да се използват като инертни материали за повдигане крайбрежието на Варненското езеро и за създаване на влажни зони в района.



Фиг. 17 Насипни дейности по брега на Варненското езеро
(<https://ecovarna.info/8751-2/>)

➤ **Депозит за драгиран материал**

В акваторията на Варненското езеро е разположено депо за драгиран дънни седименти от плавателните канали и пристанище Варна. То представлява огромен източник на вътрешно натоварване с хранителни вещества, тежки метали и други замърсители, които постепенно се отдават на водното тяло и подържат замърсяването и еутрофикацията (фиг. 18). Необходимо е вземане на решение и предприемане на мерки за премахване на депото и ремедиация на драгирания материал, с цел намаляване на вътрешното натоварване. Ако се вземе решение за премахване на депонираните седименти, те могат да бъдат ремедиирани и използвани като инертни материали за повдигане крайбрежието на Варненското езеро или при изграждането на влажни зони в района. В случай, че депото остане и бъде запълнено до ниво 0,5 m, то може да бъде превърнато във влажна зона с тръстикови и други насаждения, характерни за защитената зона. Някои от характерните растителни видове като тръстика, върба и топола имат абсорбционни свойства. Чрез тяхното засаждане едновременно ще се осигури фиторемедиация на драгирания материал и местообитание за животинските представители обект на защита.



Фиг. 18. Местоположение на депо за драгирани седименти – Варненско езеро (<https://riosv-varna.org/Prevantivna%20dejnost/os/2021/1-DOS.pdf>)

➤ Фиторемедиация

При този метод се използват естествените физиологични процеси на растенията и се прилага за обезвреждане на почви, седименти и води съдържащи органични и неорганични замърсители. С помощта на фиторемедиация за третиране на замърсени седименти, включваща дейностите на растенията и метаболизма на микроорганизмите, е възможно да се възстановят драгираните солени утайки чрез обеззаразяване и използването им повторно. Това е сравнително евтин метод за ремедиация подходящ за големи територии и щадящ околната среда. Подбора на подходящи растения има важно значение за ефективността на фиторемедиацията на замърсените седименти. В защитена зона Варненско-Белославския езерен комплекс има различни растителни видове с абсорбционни свойства. В северната част на Варненското езеро (ЗМ „Казашко“) и западната част на Белославското езеро са разположени тръстикови масиви с преобладаване на обикновената тръстика (*Phragmites australis*), теснолистния папур (*Typha angustifolia*), топола (*Populus*), върба (*Salix*) и други.

За изследваната територията на Варненското езеро фиторемедиацията е рентабилна и екологосъобразна алтернатива за ремедиация на замърсените седименти и на водното тяло на езерото, тъй като това е тяхната естествена среда. Необходимо е разширяване на площта им с изграждане на влажни зони и последваща поддръжка.



Фиг. 20. *Phragmites australis* – Обикновена тръстика

Фиг. 19. *Phragmites australis* – Обикновена тръстика



➤ **Косене на тръстикови масиви**

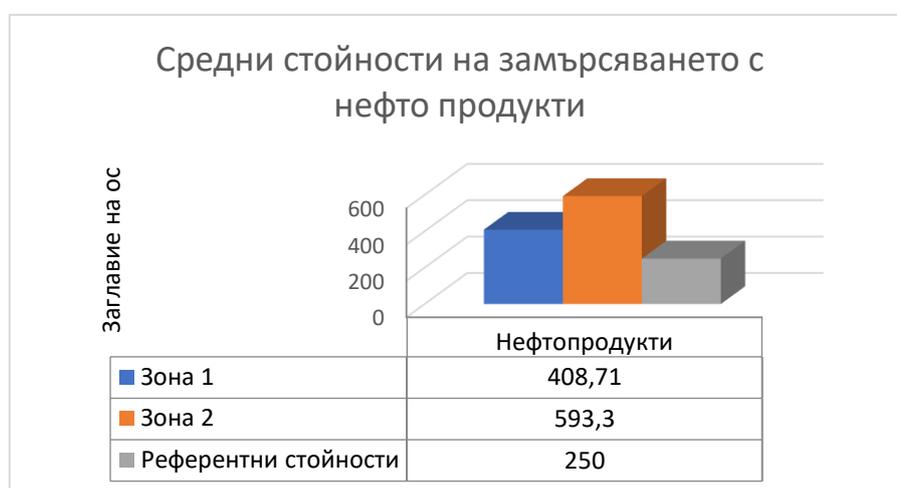
Косене и прибиране на растителната маса от тръстиковите насаждения в разрешените периоди е важно за екологичното състояние на Варненското езеро. Тъй като 1 ha тръстика може да съдържа 10 kg фосфор, 100 kg азот и повече от 2 t въглерод (<https://johnnurmisenosaatio.fi/hankkeet/rannikkoruokohanke/>). Чрез косене и поддръжка на тръстиковите масиви от една страна ще се намалят големите количества хранителни вещества, а от друга ще се подпомогне за намаляване образуването на сероводород в езерото. Основна причина за неговото образуване е гниенето на растителността, свличаща се на езерното дъно. Окосената тръстикова маса би могла да се използва като суровина за различни промишлености като например биомаса за производство на алтернативни горива.



Фиг. 21. Тръстикови масиви – Варненско езеро

➤ Биоремедиация

Замърсяването на седиментите с нефтопродукти представлява опасност за екосистемите. Методът за биоремедиация се счита за алтернатива на почистването на нефтени разливи. При него се използват микроорганизми за намаляване на концентрацията и токсичността на замърсителите. Проведените изследвания за замърсяване с тежки метали и нефтопродукти във Варненското езеро показват наличие и завишени стойности на нефтопродукти в седиментите.



Фиг. 22. Стойности на замърсяване с нефтопродукти във Варненското езеро

Тези резултатите дават основание да се предприемат мерки за почистване на замърсените седименти, например чрез провеждане на биоремедиация. Биоремедиацията може да се проведе и с помощта на зеолити и маслоразграждащи бактерии. Тъй като зеолитите са един от най-добрите естествени адсорбенти, биха спомогнали и за адсорбцията на тежки метали от седиментите на Варненското езеро.

➤ Почистване на твърди отпадъци

Твърдите отпадъци представляват проблем за околната среда не само в изследвания район. В акваторията на Варненско-Белославския езерен комплекс са заустени многобройни дренажни тръби/канали и дерета за дъждовна вода, която носи със себе си и твърди отпадъци. Съществуват системи за филтриране, състоящи се от мрежа улавяща големите отпадъци. Тяхното изграждане не изисква влагане на много средства. Такива системи могат да се поставят на канали и дерета, които пренасят твърди отпадъци, с цел задържане на твърдите отпадъци и възпрепятстване на тяхното попадане в акваторията на езерния комплекс и в Черно море.



Фиг. 23. и 24. Част от заустени канали във Варненско-Белославски езерен комплекс



Фиг. 25 Капан за твърди отпадъци в Австралия (zelensviat.com)

➤ **Корабни останки**

В акваторията на Варненско-Белославския езерен комплекс има редица потънали и полупотънали останки от кораби и водни съоръжения. Те представляват потенциална опасност за екологичното състояние на езерата. Могат да причинят замърсяване, тъй като не е известно дали в тях има гориво или опасни товари. Необходимо е да се организира тяхното премахване и предаване в определените за такива отпадъци места.



Фиг. 26. Полупотънали метални водни съоръжения



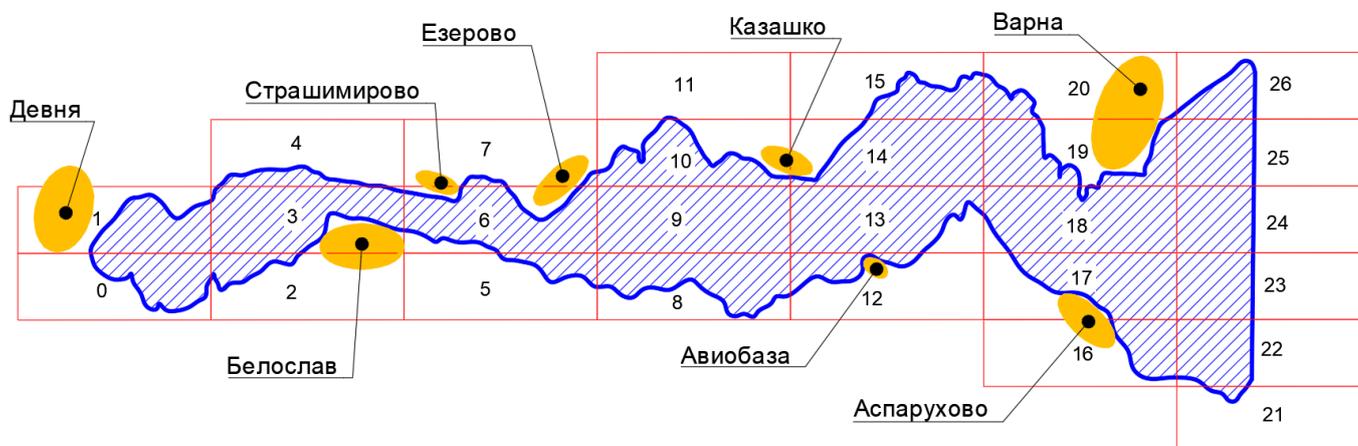
Фиг. 27. Потънали корабни останки (Хидро Мап)

ЕКСПЛОАТАЦИЯ И ПОДДРЪЖКА НА ВОДНАТА СРЕДА

Периодична проверка и мониторинг на водните обекти

Необходими са периодични проверки с преносими многопараметрични детектори за качеството на водата в езерото и заустените канали, които могат бързо да измерват основните физични и химични показатели като температура на водата, прозрачност, рН, разтворен кислород, електрическа проводимост, мътност, биологични индикатори и други.

Това може да се постигне с реализиране на създадения модел за аналитична оценка на сателитни изображения (снимки) на езерния комплекс, в който е предложен математически метод за изчисляване на шест параметъра свързани с качеството на водата - цианобактерии, хлорофил, оцветявания, разтворени органични съединения, оцветени органични съединения и мътност. Езерния комплекс е разделен в 27 сектора (от 0 до 26 – фиг. 28) като за всеки сектор се изчисляват максимални, минимални и средни стойности на различните параметри.



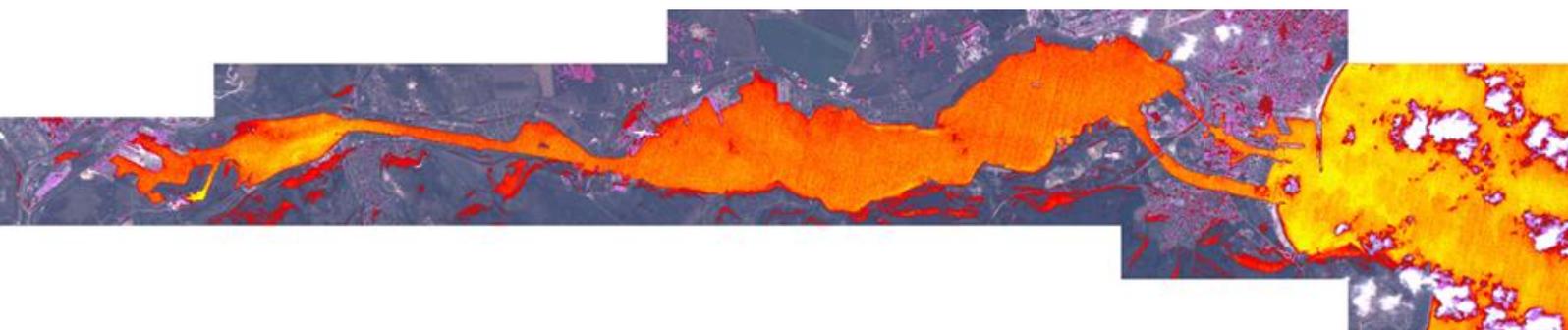
Фиг. 28. Карта на разширена езерна зона за сателитно наблюдение и анализ

Методът се нуждае от допълнителни изследвания за доказване и верифициране на резултатите, както и за избягване на евентуални грешки, например от облаци и мъгла. Съпоставката може да стане чрез инсталиране на безконтактни мониторингови точки/станции във водите на Варненско езеро за измерване на качествени параметри като: шум, вибрации, температура и др., при ползване на безжичен протокол с минимален разход на енергия като LoRaWAN или друг подобен.

Данните се представят посредством цветови код и числени стойности за всеки от секторите. Метода позволява да бъдат натрупвани научни данни за състоянието на водите за дълъг времеви диапазон.



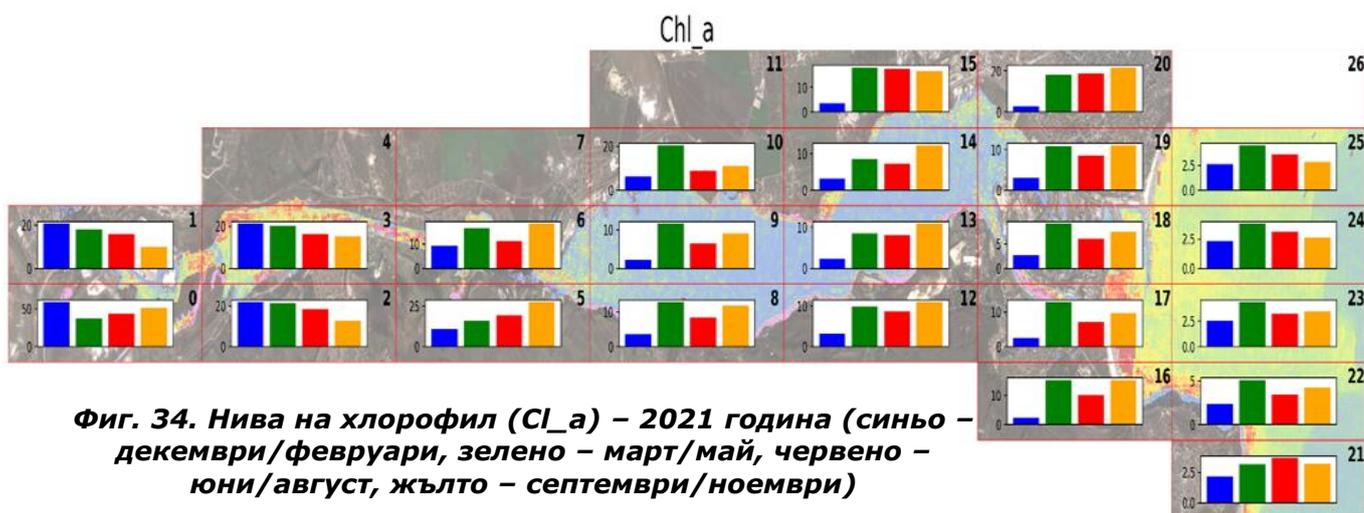
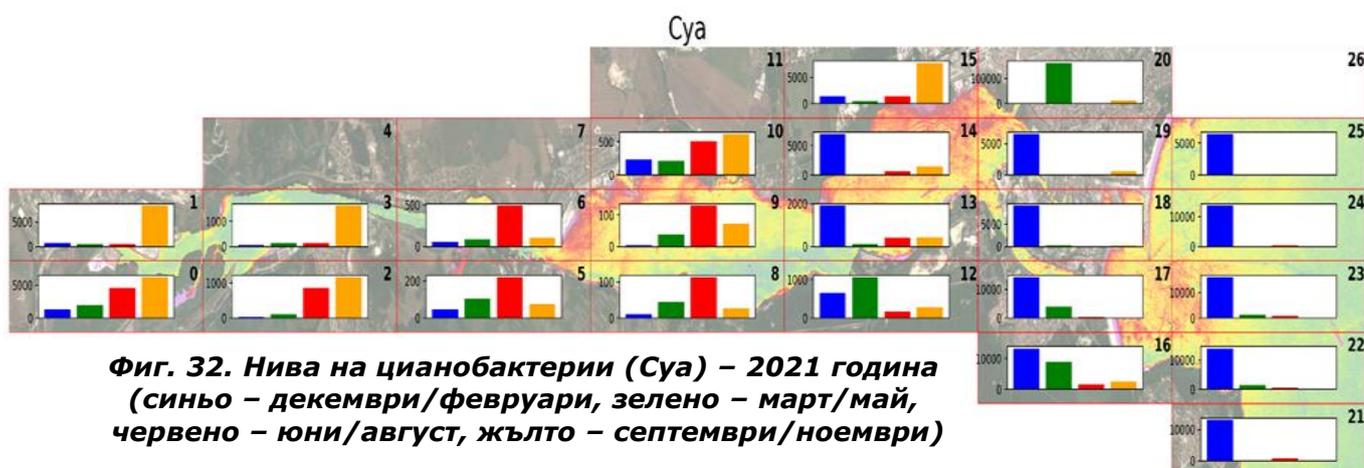
Фиг.29. Визуализиране развитието на цианобактерии (Cya) в езерния комплекс и Варненския залив на Черно море, чрез сателитен анализ



Фиг. 30. Визуализация нивата на разтворени органични съединения (DOC) във Варненско-Белославското езеро и Варненския залив, чрез сателитен анализ



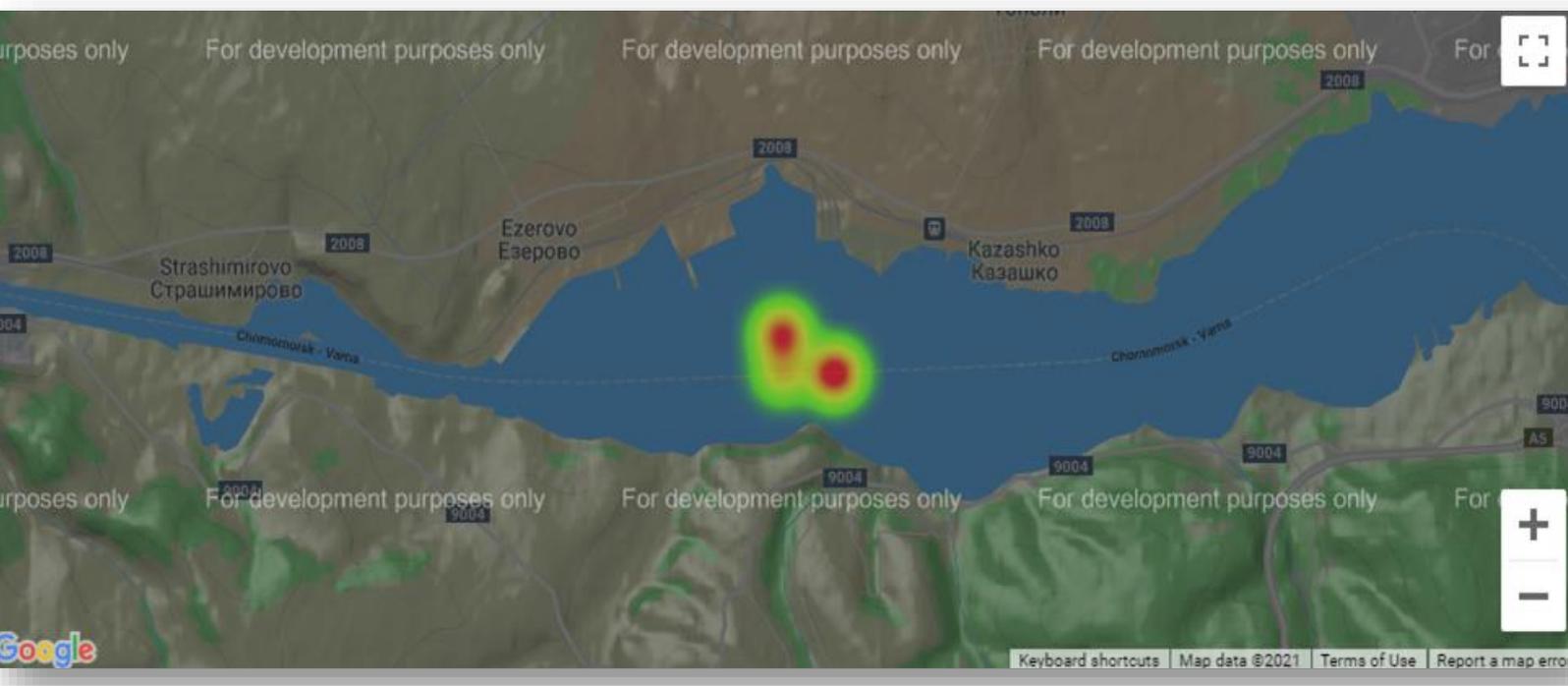
Фиг. 31. Визуализация на нивата на хлорофил (Cl_a) в езерния комплекс и Варненския залив, чрез анализ на сателитни снимки



Математическият модел изчислява количествените стойности на различните показатели и ги представя таблично и графично. В изображенията на фиг. 32 до фиг. 34 са представени графичните диаграми, като различните времеви диапазони са визуализирани с различен цвят.

Учените от Технически университет – Варна са разработили алгоритъм за извличане и обработване на данни от сателитни снимки вследствие, на който софтуер може да представи изчисленото замърсяване върху карта на водното тяло като показаната на фиг. 35.

Методът е изключително подходящ за дистанционно автоматизирано наблюдение, но при избор на подходящи сравнителни методики за верификация. Така предложения подход за оценка състоянието на водната среда във Варненско-Белославското езеро и Варненския залив е техническо и технологично постижение и може да послужи не само за оценка, но и за бъдещи стратегии и предположения за развитие на региона.



Фиг. 35. Представяне на данни за замърсяване на картата на водното тяло

Управление при извънредни ситуации

В предвид голямата концентрация на промишлена, транспортна и урбанизационна инфраструктура, заустваните отпадни битови и промишлени води е необходимо създаването на аварийни мерки за възникването на различни извънредни ситуации. Такива са например внезапно изтичане на отпадни води, „цъфтеж на водорасли“, разлив на нефтопродукти и други.

Натоварването от замърсяване при изхода на отпадъчните води е по-голямо. При възникване на аварийни ситуации трябва да се използват технологията за възстановяване на екосистемата, да се извърши спешно пречистване чрез биологични методи и коригиране интензивността на биологичното пречистване, според възникналата ситуация с отпадните води ежедневно до отстраняване на замърсяването.

Ако поради някакви причини възникне „цъфтеж на водорасли“ е необходимо бързо стартиране на аварийен план за предотвратяване и контрол на цъфтежа в проблемните зони.

При възникване на замърсяване с твърди отпадъци е необходимо незабавно организиране на персонал и техника за събиране и отстраняване на отпадъците, за да се предотврати разпространението по водната повърхност на голяма площ и попадането им в акваторията на Черно море.

След приключване на аварийните ситуации качеството на водното тяло следва да се проверено и подобрено ако се налага, за да се гарантира, че притокът на замърсяване няма да има отрицателно въздействие върху целия процес на управление на екосистемата.

План за поддръжка на екосистемата

Освен ограничаването на замърсяването и почистването на Варненското езеро е необходимо поддържане на постигнатото добро екологично състояние. Това налага разработването на планове и проекти, които включват поредица от екологични мерки, изискващи поддръжка на водните растения и оборудване по време на експлоатация след възстановяването. Например косене на тръстиката в разрешените периоди, презасаждане и премахване на вредители в различните видове влажни зони, подмяна на рамката на екологичния плаващ остров, редовна поддръжка на оборудването за пречистване на водата. Всичко това ще гарантира, че екологичните мерки изпълняват своята роля в пречистването на водата, а водното тяло на Варненското езеро поддържа добро екологично състояние. След създаването на пълната екосистема на водното тяло, тя трябва да се експлоатира и поддържа, така че да се постигне целта за дългосрочно управление и изчистване.

След почистването на Варненското езеро и подобряване на екологичното му състояние е необходимо извършването и на други дейности с цел възстановяване на биоразнообразието като:



Изграждане на рибни стопанства за местни видове риба и мидени ферми във Варненското езеро, с цел развъждане, увеличаване на популацията им и за развиване на Синята икономика;



Въвеждане на напреднали технологии за поддържане качество на водата за дълго време. При необходимост би могло да се използва технология за аериране и оксигениране. Аерацията се използва за увеличаване на съдържанието на разтворен кислород във водното тяло, чрез аериращо оборудване, което благоприятства нормалната жизнена дейност на животните, растенията и микроорганизмите и спомага за подобряване на качеството на водата;



Използване на технологии за дистанционен анализ на данни за мониторинг и процес на докладване за възникващо замърсяване на водното тяло на Варненското езеро.



ОЧАКВАНИ РЕЗУЛТАТИ

Въз основа на резултатите от проведените изследвания и проучванията на рисковете, свързани с различни техники за възстановяване, ще се създаде общ план за възстановяване с анализ на разходите и ползите за Варненското езеро и постигане целите на „синия растеж“.

Предвид бързото развитие на регионалната промишленост, урбанизация и транспорта с прилагането на стратегията за контрол на замърсяването ще се постигне координирано насърчаване към висококачествено развитие и защита на Варненското езеро. Осъществяването на контрол върху източниците на замърсяване ефективно ще реши сериозните проблеми със замърсяването на водата, причинени от процеса на индустриализация и урбанизация.

След драгиране на замърсените седименти в голяма степен ще се намали вътрешното натоварване с хранителни вещества, тежки метали и нефтопродукти. След цялостно третиране на водното тяло и седиментите на езерото ще се възстанови самопочистващата способност, прекомерният „цъфтеж на водорасли“ и съпътстващата го специфична миризма и ще се подобри прозрачността на водното тяло.

След интензивно биекологично възстановяване екологичното състояние на езерото ще се стабилизира, видовете и броят на животинските и растителните представители ще се увеличи. С изграждането на влажни зони и плаващи влажни зони ще се осигури по-голяма площ за местообитание на животинските представители обект на защита в 33 BG0000622 „Варненско-Белославски комплекс“ по Директивата за местообитанията 92/43/ЕИО.

Екосистемите ще са в състояние да реагират на различни природни и предизвикани от антропогенни промени, като същевременно ще дадат възможност за устойчиво използване на морската среда за бъдещите поколения.



ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ:

<https://riosv-varna.org/Prevantivna%20dejnost/os/2021/1-DOS.pdf>

<http://www.bjbangyuan.cn/home-basics-productdetail-cid-24-id-14.html>

<http://www.bjbangyuan.cn/home-basics-productdetail-cid-24-id-12.html>

https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/39571231/documents/BG801_mgt190714__Management_plan.pdf

<http://www.bjbangyuan.cn/home-basics-productdetail-cid-25-id-282.html>

https://www.mee.gov.cn/home/ztbd/2021/mlhhyxzjhd/yxal/202201/t20220127_968330.shtml

<http://www.bjbangyuan.cn/home-basics-productdetail-cid-25-id-282.html>

https://vesistosaatio.fi/jarvien-kunnostuksessa-kohti-ravinteiden-poistoa-niiden-pidattamisen-sijaan/?fbclid=IwAR1FOvBar7c2gikJZ8bFaX2WYID8eE1Huo9DCU4q_liCFOa1VPWdpIV8BJU

<https://johnnurmisenosaatio.fi/hankkeet/rannikkoruokohanke/>

ПРЕДСТАВЯНЕ НА БЕНЕФИЦИЕНТА



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ–ВАРНА е държавна образователна институция, която е поела предизвикателството и отговорността да удовлетворява потребностите на обществото от обучение на високообразовани и професионално подготвени специалисти с висше образование в условията на глобални технологични промени и задълбочаване на културните взаимодействия в един динамично променящ се свят.

Университетът е фактор в развитието на интелектуалния потенциал на България като:



- подпомага процеса на устойчивото развитие, основан на интелигентен растеж, икономика на знанието и иновациите;
- внедрява европейските и световни стандарти в областта на обучението на студенти и докторанти и научно- изследователската дейност;
- допринася за разширяване общуването между народите.

Университетът развива партньорски отношения с индустрията, бизнеса и практиката, активна научноизследователска дейност, в европейското образователно и научно пространство и тясно сътрудничество с редица европейски университети и други партньори. На база собствените си постижения и традиции, ТУ-Варна осигурява подготовка на пазарно ориентирани, висококвалифицирани инженерни и други специалисти от всички образователно-квалификационни и научни степени за нуждите на българската, европейската и световната икономика.

СПЕЦИАЛИЗИРАН ПОДИЗПЪЛНИТЕЛ:



Фирма „ХИДРО МАП“ ЕООД, разполага със специалисти по хидрография, геодезическо заснемане и трасиране, кадастрални планове и карти, географски информационни системи. Фирмата извършва картографски, хидро- и водолазни дейности.