

DNZ SUYUNUN KÜR ÇAYINA DAXL OLMASININ PEYK MONTORNQ

Original

DNZ SUYUNUN KÜR ÇAYINA DAXL OLMASININ PEYK MONTORNQ / Guliyeva, Sona. - In: SU PROBLEMLR. ELM V
TEKNOLOGYALAR. - ISSN 2414-5742. - (2021), pp. 33-43. [10.30546/wtst.2021.2.33]

Availability:

This version is available at: 11583/3006171 since: 2025-12-24T22:31:40Z

Publisher:

Azerbaijan National Academy of Sciences

Published

DOI:10.30546/wtst.2021.2.33

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)



DƏNİZ SUYUNUN KÜR ÇAYINA DAXİL OLMASININ PEYK MONİTORİNQİ

(Səh. 33-43)

¹Ələskərov E.R., ^{2*}Quliyeva S.H., ³Baxışov İ.R.

¹*Azərbaycan Respublikasının Kosmik Agentliyi (Azərkosmos), Bakı, Azərbaycan*
elman.alaskarov@azercosmos.az

²*Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Azərbaycan*
sguliyeva@naa.edu.az, guliyeva.s.h@gmail.com

³*Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti, Gəncə, Azərbaycan*
ismatbakhishov@gmail.com

Abstract. Saltwater intrusion is a serious problem in coastal regions around the world that can arise from human activities and naturally. The research paper analyzed long-term remote sensing data for monitoring water quality in the Kura River Delta. The purpose of the study was to remotely determine the zone of invasion and mixing of the waters of the Caspian Sea and the river. To achieve this goal, satellite monitoring was carried out based on processing satellite images and the main optical indicators of water quality were studied, such as water color, concentration of soluble organic matter, concentration of dissolved organic carbon, and density of cyanobacteria. As a result, a mathematical model was developed that determines the zones of mixing and distribution of water salinity on the basis of establishing the relationship between water quality indicators. This model was tested on the Kura River delta, which made it possible to quickly assess the ecological situation in the study area.

Key words: *Caspian Sea, Kura River, water quality, satellite monitoring, mathematical model.*

Аннотация. Вторжение соленой воды является серьезной проблемой в прибрежных регионах по всему миру, которое может возникнуть в результате деятельности человека и естественным путем. В научно-исследовательской статье были проанализированы многолетние данные дистанционного зондирования для мониторинга качества воды в дельте реки Кура. Целью исследования было дистанционное определение зоны вторжения и смешения вод Каспийского моря и реки Кура. Для достижения цели был проведен спутниковый мониторинг на основе обработки космических снимков и изучены основные оптические показатели качества воды, такие как цвет воды, концентрация растворимого органического вещества, концентрация растворенного органического углерода, и плотность цианобактерий. В результате была разработана математическая модель, определяющая зоны смешения и распределения соле-



ности воды на основе установления взаимосвязи между показателями качества воды. Данная модель была опробирована на дельте реки Кура, что позволило оперативно оценить экологическую ситуацию на исследуемой территории.

Ключевые слова: Каспийское море, река Кура, качество воды, спутниковый мониторинг, математическая модель.

Giriş

Duzlu suyun şirin suya qarışması təbii proseslər və ya insan fəaliyyəti nəticəsində çaylar və ya su horizontları kimi şirin su obyektlərinə dəniz suyunun daxil olması nəticəsində baş verir. Dəniz sularının çaylara qarışması çay və dəniz sahilində yerləşən şəhər və qəsəbələrin şirin su ilə təminatına təsir edən yalnız duzluluğun artması ilə nəticələnmiş, həm də çaylarda duzluq konsentrasiyasına və paylanmasına təsir edir və bununla da ekosistemlərin fiziki-kimyəvi mühitində dəyişikliklərə səbəb olaraq suyun keyfiyyətinə mənfi təsir göstərir.

Duzluluq suyun keyfiyyətinin ən vacib parametrlərindən biri olaraq, şirin və duzlu suyun fiziki qarışmasına və buna görə də su tərkibinə və quruluşuna təsir edən əsas faktordur. Fırtına və qasırğa kimi iqlim hadisələrinin səbəb olduğu duzluluğun kəskin dəyişməsi, delta ekosistemlərinə, bitki və heyvanların yaşayış mühitinə mənfi təsir göstərə bilər. Buna görə də, delta ekosistemini qorumaq məqsədi ilə digər parametrlərlə yanaşı duzluluğun zamana görə dəyişikliklərinin davamlı şəkildə izlənməsi də vacib məsələlərdən biridir (Bowers and Brett, 2008).

Suda optik aktiv maddələrə təsir edən bir sıra mürəkkəb ekoloji faktorlarla bağlı olaraq məsafədən müşahidə üsulları vasitəsi ilə suyun keyfiyyətini izləmək və qiymətləndirmək çətin olur. Buna baxmayaraq, 1980-ci illərin əvvəllərində tədqiqatçılar suda duzluluğu izləmək üçün məsafədən müşahidə üsullarını araşdırmağa başlamışdılar və son 30 il ərzində duzluluğun qiymətləndirilməsi üçün peyk təsvirlərindən istifadə edən bir sıra tədqiqat işləri yerinə yetirilmişdir. Bu tədqiqatların nəticəsində delta suyunda həll olunan duzların konsentrasiyasının spektral nöqtəyi-nəzərdən işığın udulmasına çox az təsiri olduğu və duzluluğun rəngli həll olunmuş üzvi maddələr (RHÜM) və asılı gətirmələr kimi suyun digər optik aktiv maddələrlə sıx əlaqədə olduğu təsbit edilmişdir. Son zamanlarda aparılan araşdırmalar nəticəsində isə, məsafədən müşahidənin deltada suyun duzluluğunu birbaşa ölçmək üçün effektiv olmadığı, lakin duzluluğu dolayısı yolla qiymətləndirmək üçün münasib olması təsdiq olunmuşdur. Suda duzluluğu proqnozlaşdırın modellərin hazırlanması üçün əhəmiyyətli bir məsələ, peyk təsvirlərdən təyin olunan sudan əks olunan enerji ilə yerüstü tədqiqatlar zamanı ölçülən duzluluğun arasında möhkəm bir əlaqənin qurulmasıdır (Corbett, Catherine A., 2007).



Məlum olduğu kimi son illər müşahidə olunan qlobal iqlim dəyişmələri nəticəsində Kür çayında suyun səviyyəsi xeyli azalıb. Kür çayında suyun səviyyəsinin hədsiz dərəcədə aşağı düşməsi nəticəsində Xəzər dənizinin suyunun Kürə qarışması hadisəsi müşahidə olunmuşdur. Ekoloji hadisənin Neftçala rayonunda Kürün Xəzərə qovuşduğu yerdə yəni, çayın mənsəbində baş verməsi hal-hazırda da müşahidə olunur. Xəzərin Kürə qarışması Neftçala rayonunda içməli və suvarma sularının çatışmazlığı ilə nəticələnib. Bu da rayonda ekoloji təhlükənin yaranmasına səbəb olur. 2020-ci ildə ilkin məlumatlara görə, dəniz suyunun 30 kilometr kimi məsafədə Kür çayına qarışdığı qeyd olunmuşdur. Çayda suyun səviyyəsinin azalması nəticəsində hal-hazırda Neftçala şəhərində, həmçinin ətraf qəsəbə və kəndlərin su təminatında müəyyən çətinliklərin yaranması müşahidə olunur.

Tədqiqatın əsas məqsədi məsafədən müşahidə üsullarının tətbiqi əsasında suyun keyfiyyətində baş verən dəyişikliklərin müəyyən edilməsi, o cümlədən Xəzər dənizindən suyun Kür çayına qarışması arealının müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir.

Materiallar və metodlar

Daxili suların içməli su kimi, kənd təsərrüfatı və ya sənaye məqsədləri üçün istifadə edilməsinin vacib olduğunu nəzərə alaraq, bu göstəricilərin hesablanmasından sulardakı trofik vəziyyəti təyin etmək üçün istifadə etmək olar. Daxili sular yerləşdikləri bölgələrdə biomüxtəlifliyin davamlılığı üçün zəruridir və bu səbəbdən onların keyfiyyətinin monitorinqi vacib məsələlərdən biri sayılır. Su obyektinin ekoloji vəziyyəti peyk təsvirləri vasitəsilə əldə olunan bir sıra xüsusiyyətlərlə xarakterizə oluna bilər. Təbii su obyektlərinin optik xüsusiyyətləri əsasən suda mövcud olan asılı üzvi və qeyri-üzvi maddələrlə müəyyən edilir. Optik peyk təsvirlərini istifadə edərək, suyun keyfiyyətinin müvafiq göstəricilərinin məkanca paylanmasını təqdim etmək mümkündür. Məsələn, Nuno Sidónio Andrade Pereira (Nuno Sidónio Andrade Pereira, 2020; Nuno Sidónio Andrade Pereira, 2021) tərəfindən təklif olunan Se2Waq modeli əsasında peyk təsvirlərinin emalı nəticəsində müəyyən olunan suyun rəngi, RHÜM, həll olunmuş üzvi karbon (HÜK), sianobakteriyaların sıxlığı kimi göstəricilər vasitəsilə suyun keyfiyyətinin monitorinqini aparmaq mümkündür.

Təhlil və müzakirə

Xəzər dənizi suyunun Kür çayına qarışması, çay suyunun keyfiyyət göstəricilərində özünü büruzə verməsi gözləniləndir. Dəniz suyunun çay suyuna qarışmasını qiymətləndirmək üçün şəkil 1-də təqdim olunan tədqiqat ərazisi seçilmişdir. Tədqiqat ərazisi Salyan şəhərindən çayın mənsəbinə kimi olan ərazini əhatə edir.



ozercosmos
satellite solutions

Tədqiqat ərazisi

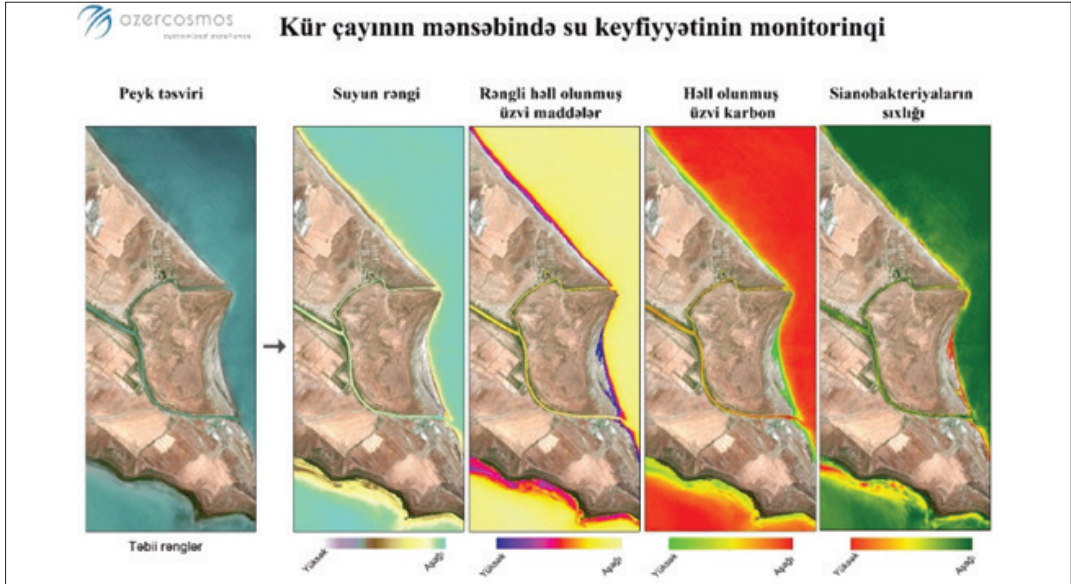


Şəkil 1. Tədqiqat ərazisi

İlkin olaraq tədqiqat ərazisində Kür çayının deltasında təhlil aparılmışdır. Kür deltası ümumilikdə Azərbaycanda və bütün Cənubi Qafqazda yerləşən çay deltaları arasında ən böyüyüdür. Delta sahəsinə görə Xəzər dənizində yalnız Volqanın deltasından geri qalır. Kür çayının deltası tarix boyu çayın dənizə yaxın ərazilərində məcrasını dəyişməsi ilə yer dəyişmə etmişdir. Çayın mənsəbində suyun qarışmasını qeydə almaq üçün çayın deltası daha detallı təhlil edilmişdir.

Su keyfiyyətinin modelləşdirilməsi üçün riyazi üsullardan istifadə edilir və model əsasında suyun keyfiyyəti haqqında məlumatlar alınır. Su keyfiyyətinin peyk təsvirləri və coğrafi informasiya sistemləri tətbiq edilməklə müəyyən edilməsinə bir sıra tədqiqat işləri həsr olunmuşdur (Francis I. Oseke et al., 2021). Praktiki nəticələri ilə seçilən Se2WaQ modeli bu tədqiqat işində əsas metod olaraq seçilmişdir. Model daxili su obyektlərinin (göllər və çaylar) öyrənilməsi üçün hazırlanmış və bu məqsədlər üçün artıq sınaqdan keçirilmişdir. Suların qarışmasının müəyyənəşdirilməsi üçün qeyd olunan su göstəriciləri əsasında Kür çayının suyunun keyfiyyətinin peyk monitorinqi yanaşması araşdırılmışdır. Se2WaQ modeli tədqiqat ərazisinə uyğun olaraq optimallaşdırılmış və bu məqsədlə su keyfiyyəti fərqlərini əks etdirən əsas 4 göstərici seçilmişdir. Alqoritmə əsasən ArcGIS mühitində yeni model tərtib edilmiş və avtomatlaşdırılmış rejimdə 2019-2021-ci illər üzrə tədqiqat ərazisinin peyk təsvirlərinə tətbiq olunmuşdur. .

Tədqiqat işində şəkil 2-də göstərilmiş metodologiya istifadə edilmişdir. Cari ilin su keyfiyyətinin monitorinqi məqsədi ilə seçilmiş göstəricilər 19 iyul 2021-ci il tarixli peyk təsviri əsasında hesablanmışdır. Ümumi sxemə əsasən su keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün müvafiq model qurulmuşdur.



Şəkil 2. Su keyfiyyətinin peyk monitorinqinin ümumi sxemi

İlk öncə təsvir əsasında su indeksi (NDWI) hesablanmışdır və bu indeks əsasında mövcud olan su obyektlərindən əsas maraq dairəsində olan çay və dəniz əraziləri seçilmişdir. Növbəti addımda şəkildə təqdim olunan göstəricilərin (suyun rəngi, RHÜM, HÜK və sianobakteriyaların sıxlığı) avtomatlaşdırılmış hesablanması aparılmışdır.

Şəkildə göstərilmiş xəritələrdən suyun qarışdığı ərazini aydın şəkildə müşahidə etmək mümkündür, lakin daha detallı təhlil üçün, həmçinin dəniz suyunun hansı məsafədə qarıxdığını təyin etmək üçün çay üzrə hesablanmış göstəricilər öyrənilmişdir. Sonda isə illər üzrə dəyişikliklərin müqayisəsi məqsədi ilə 2019 və 2020-ci illər üzrə iyul ayı təsvirləri üçün qeyd olunan göstəricilər hesablanmışdır. Ən böyük fərq RHÜM göstəricisi üzrə müşahidə olunmuşdur.

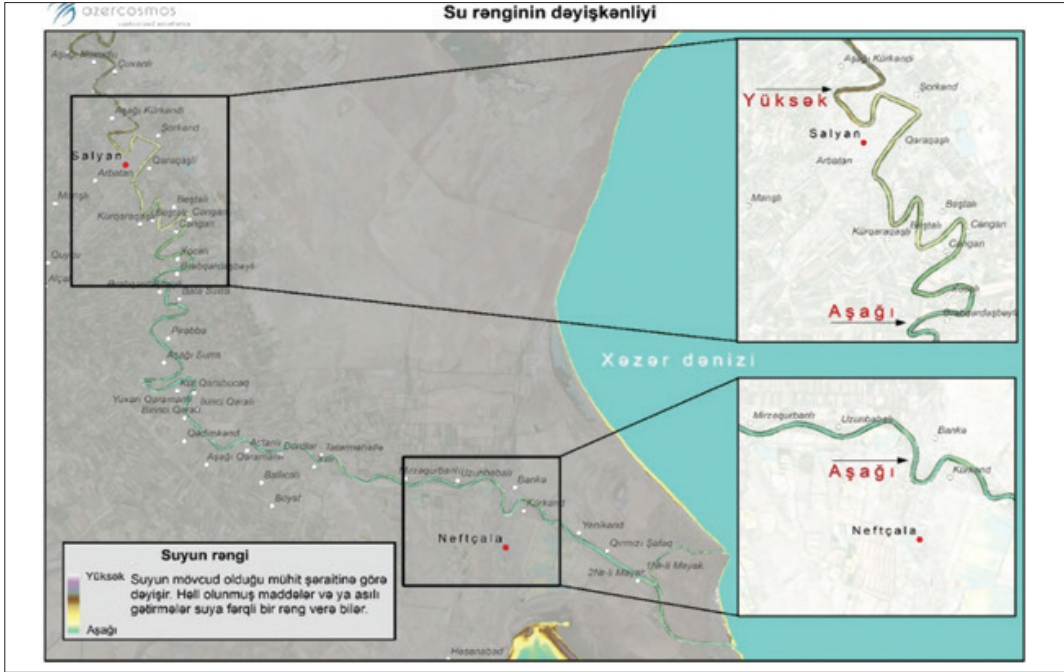
Cari il üzrə su keyfiyyətinin monitorinqi 19 iyul 2021-ci il tarixli peyk təsvirinin emalı əsasında həyata keçirilmişdir. Bu məqsədlə peyk təsvirinin 3 əsas bəndi istifadə edilmişdir, bunlar elektromaqnit spektrin görünən diapazonuna aid yaşıl, qırmızı və mavi bəndləridir. Sadalanan bəndlər istifadə edilməklə suyun 4 əsas optik göstəricisi Se2Waq metodikasında təqdim olunan empirik düsturlar əsasında hesablanmışdır.

Su rəngi ümumiyyətlə limnoloji tədqiqatlarda, suyun keyfiyyət parametrləri ilə mütəmadi olaraq təhlil edilir, çünki asanlıqla və minimum xərclə ölçülə bilər. Suyun



rəngi suyun mövcud olduğu mühit şəraitinə görə dəyişilir. Həll olunmuş maddələr və ya asılı gətirmələr suya fərqli bir rəng verə bilər. Su rənginin dəyişkənliyini hesablamaq üçün aşağıdakı düstur istifadə edilmişdir:

$$\text{Suyun rəngi} = 25366 \exp\left(4.53 \frac{\text{Yaşıl}}{\text{Qırmızı}}\right) \quad (1)$$



Şəkil 3. Su rənginin dəyişkənliyi

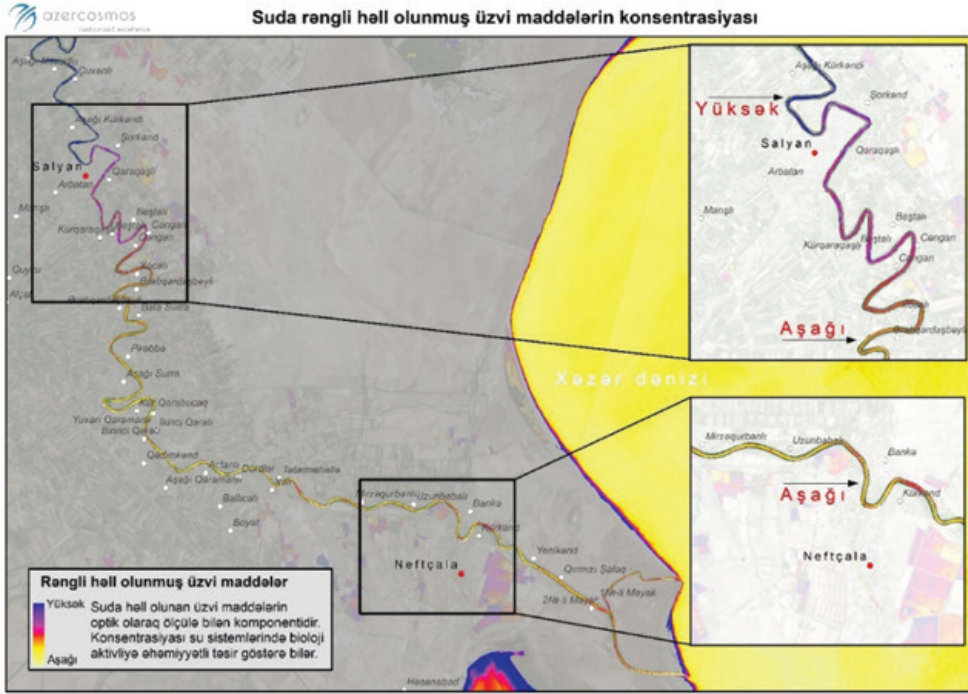
RHÜM həm karbon, həm də hidrogeni ehtiva etməklə bioloji mənşəli olması məlumdur. Bu termin minlərlə birləşməni əhatə edir. Su sistemlərində RHÜM-un kimyəvi tərkibi, mənşəyi və dinamikası hələ də yaxşı öyrənilməmişdir, yəni üzvi maddələrdən ibarət olan komponentlərin sayı və mürəkkəbliyi, istehsal edildiyi bioloji, fiziki və kimyəvi mühit geniş və müxtəlifdir.

RHÜM suda həll olunan üzvi maddələrin optik olaraq ölçülə bilən komponentidir və konsentrasiyası su sistemlərində bioloji aktivliyə əhəmiyyətli təsir göstərə bilər. Rəngli həll olunmuş üzvi maddələrin suda olan konsentrasiyasını hesablamaq üçün aşağıdakı düstur istifadə edilmişdir:

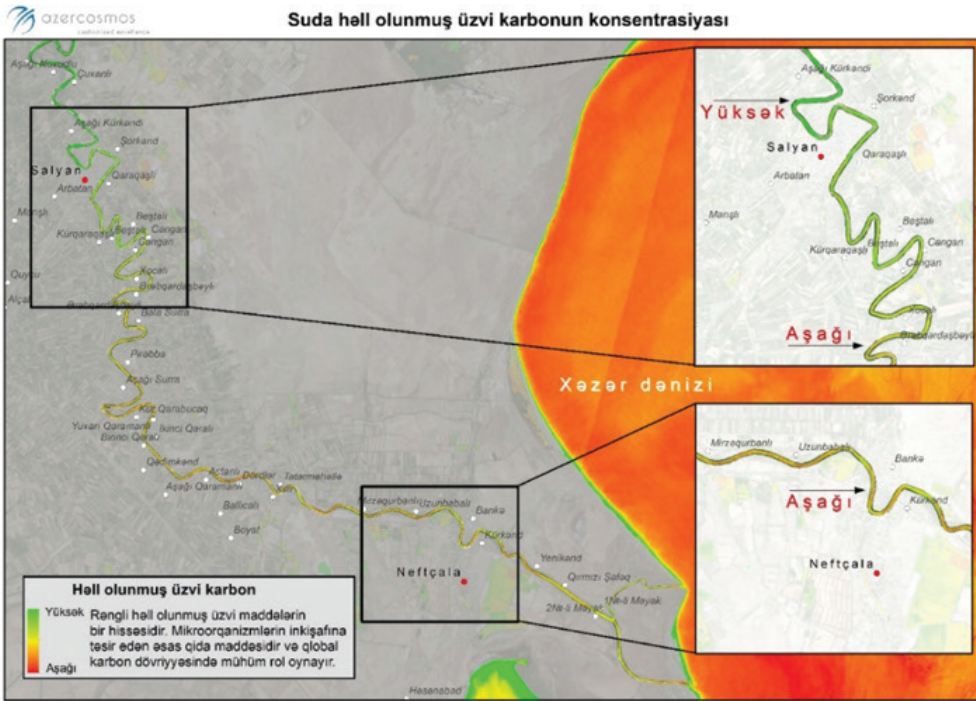
$$\text{RHÜM} = 537 \exp\left(-2.93 \frac{\text{Yaşıl}}{\text{Qırmızı}}\right) \quad (2)$$

Həll olunmuş üzvi karbon (HÜK) RHÜM-in bir hissəsidir, həm yerüstü, həm də yeraltı sulara aid oluna bilər. Mikroorqanizmlərin inkişafına təsir edən əsas qida maddəsidir və qlobal karbon dövriyyəsində mühüm rol oynayır. HÜK konsentrasiyasının şirin suda yüksək olması, duzlu suda isə aşağı olması qeydə alınır.

$$\text{HÜK} = 432 \exp\left(-2.24 \frac{\text{Yaşıl}}{\text{Qırmızı}}\right) \quad (3)$$



Şəkil 4. Suda rəngli həll olunmuş üzvi maddələrin konsentrasiyası



Şəkil 5. Suda həll olunmuş üzvi karbonun konsentrasiyası

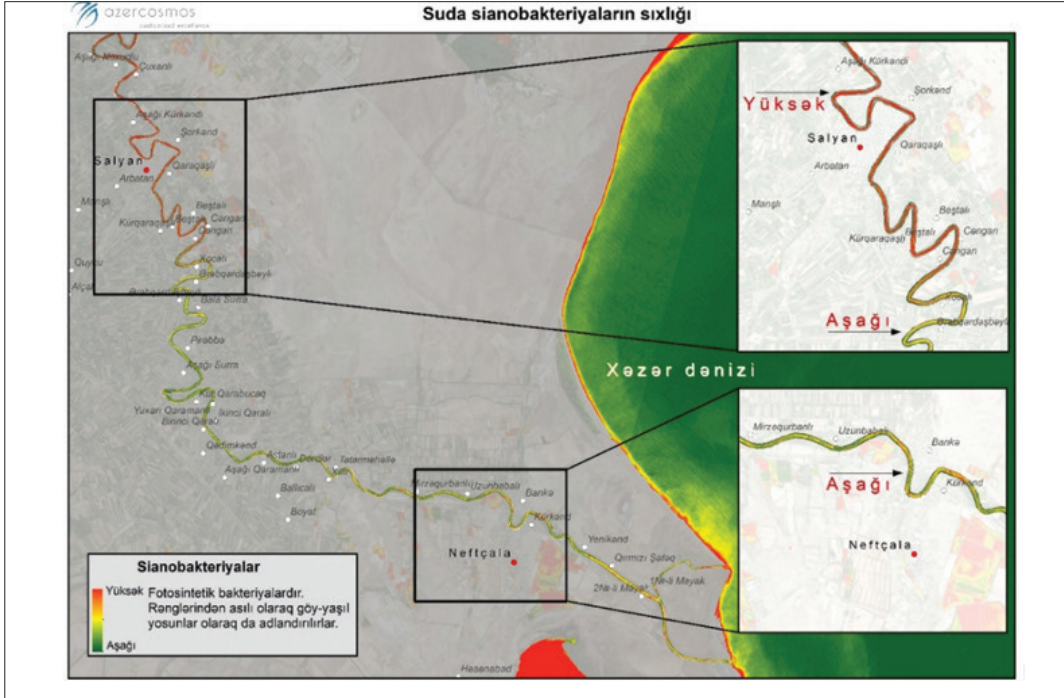


Sianobakteriyalar – fotosintetik bakteriyalardır və rənglərindən asılı olaraq göy-yaşıl yosunlar olaraq da adlandırılırlar. Sianobakteriyaların müxtəlif su mühitlərində suyun keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün uyğunluğu uzun illərdir müzakirə olunur (Xu, Y. J. and V. P. Singh, 2006; Miguel Potes et al., 2011)

Sianobakteriyalar vasitəsilə su obyektinin nə qədər təhlükəsiz olduğunun qiymətləndirilməsi mümkündür. Suyun tərkibində yüksək miqdarda sianobakteriyalar olduqda, su mənbəyinin bioloji vəziyyəti də pisləşə bilər, çünki sianobakteriyaların inkişafına imkan verən şərait qida maddələrində yüksəkdir və həll olunmamış oksigen azdır.

$$Sia = 115530.31 \left(\frac{Yaşıl * Qırmızı}{Mavi} \right)^{2.38} \quad (4)$$

Düsturlarda istifadə edilmiş yaşıl, qırmızı və mavi suyun elektromaqnit spektri müvafiq diapazonlarda əks etdirmə əmsallarını ifadə edir.



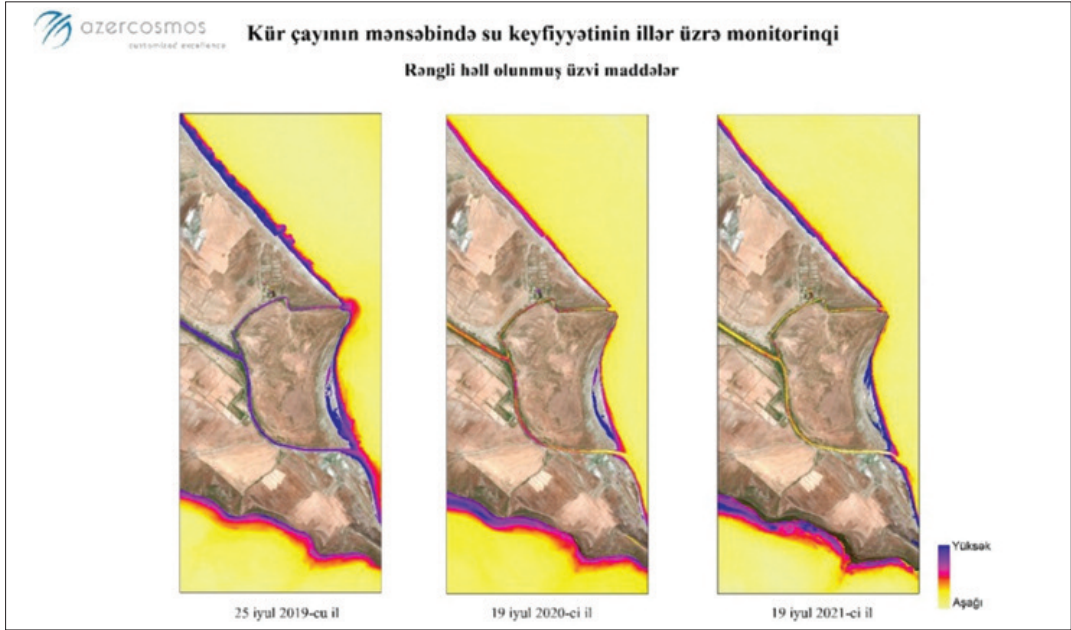
Şəkil 6. Suda sianobakteriyaların sıxlığı

Dəniz suyunun çay suyuna qarışmasını müəyyən etmək məqsədilə Kür çayının mənsəbində su keyfiyyətinin peyk təsvirləri vasitəsilə illər üzrə monitorinq aparılmışdır. Nəticədə hər bir göstərici üzrə dəyişiklikləri əks etdirən xəritələr tərtib edilmişdir.

Suda ən yüksək dəyişikliyi əks etdirən suyun optik komponenti RHÜM-in konsentrasiyası xəritələri şəkil 7-də göstərilmişdir. İllər üzrə nəticələrə əsasən suyun qarışmasını rəng dəyişikliyi əsasında vizual təhlil etmək olar. RHÜM çay suyunda



daha yüksək konsentrasiyaya malikdir, dəniz suyunda isə əksinə. Şəkillərdə RHÜM-in yüksək konsentrasiyası bənövşəyi rəng ilə, orta – çəhrayı, aşağı isə sarı rənglərlə göstərilib. Sahilyanı sulara da RHÜM-in yüksək konsentrasiyası müşahidə olunur.



Şəkil 7. Kür çayının mənsəbində RHÜM-in konsentrasiyasının illər üzrə monitorinqi

Nəticələrə əsasən, 2019-cu ildə çay suyunun normal vəziyyəti qeydə alınır, 2020-ci ildə isə sarı rənglə dəniz suyunun çaya tərəf axıntısını qeyd etmək olur və 2021-ci il üçün isə dəniz suyunun daha çox məsafədə qarışması müşahidə olunur.

Nəticə

Tədqiqat ərazisinin peyk monitorinqi nəticələri əsasında məlum olmuşdur ki, suda baş verən dəyişiklikləri daha çox suyun əsas keyfiyyət göstəriciləri ilə (rəngli həll olunmuş üzvi maddələr, həll olunmuş üzvi karbon, suyun rəngi) müşahidə etmək mümkündür. Suyun duzluluğunun peyk təsvirləri vasitəsilə rəng baxımından qiymətləndirilməsi üçün suda rəngli həll olunmuş üzvi maddələrin izlənilməsi faydalıdır. Su keyfiyyətinin isə modelləşdirilməsi suyun keyfiyyətinin idarə edilməsi üçün ən münasib və praktik olaraq dayanıqlı həlləri seçməyə kömək edir.

RHÜM suda duzluluğu göstərmək üçün optik göstəricilərdən biridir, bu göstərici vasitəsilə suyun çirkənmə dərəcəsini də qiymətləndirmək mümkündür. Ümumiyyətlə, RHÜM mənbələri kimi əsasən torpaqlardan axar çaylar və yeraltı sular hesab edilir, lakin sahil sularında və çaylarda mövcud olan plankton və su bitkiləri də



RHÜM mənbəyi ola bilər. Digər mənbələrə axıntı, çirkab suları, digər karbohidrogenlər və kənd təsərrüfatı tullantıları kimi antropogen birləşmələr daxildir. Çayın güclü təsirə məruz qalan sahələrində qarışıqlıq RHÜM paylanması idarə edən əsas faktordur və RHÜM ilə duzluluq arasında tərs xətti əlaqə tez-tez müşahidə olunur.

Su keyfiyyətini əks etdirən hər bir göstərici üzrə tərtib edilmiş xəritələr müqayisə edilmiş və nəticədə aralarında düz asılılıq qeydə alınmışdır. Suyun rəngi, RHÜM, HÜK, Sia göstəricilərinin yüksək və aşağı olma nöqtələri tədqiqat ərazisində eyni yerlərdə müşahidə olunur. Çay suyunda bu göstəricilərin daha yüksək olması və dəniz suyunda əksinə daha aşağı olması qeydə alınmışdır.

Tədqiqat çərçivəsində, RHÜM ilə yanaşı digər su keyfiyyətinin göstəriciləri istifadə edilməklə suyun duzluluğunu qiymətləndirmək üçün riyazi model tərtib edilmişdir.

Beləliklə, dəniz suyunun Kür çayına 2019-cu ildə qarışmaması, 2020-ci ildə Salyan rayonunun Yuxarı Qaramanlı kəndinədək, 2021-ci ildə isə rayonun Ərəb-qardaşbəyli kəndinədək olan hissəsində qarışdığı qeydə alınmışdır.

Duzlu suyun şirin suda uzunmüddətli qalması bir sıra fəsadların yaranmasına səbəb ola bilər, su mənbələrinin çirkənməsinə və buna görə də içməli suyun çirkənməsinə səbəb ola biləcəyi və əkinçilik -heyvandarlıq təsərrüfatlarına ziyan vura biləcəyi üçün sahil bölgələrinin əksəriyyəti üçün təhlükə yarada bilər. Duzlu suyun yerüstü və ya yeraltı su mənbələri vasitəsilə daxil olması içməli su təchizatı və suvarma üçün istifadə olunan suların mövcudluğunu və keyfiyyətini azalda bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Corbett, Catherine A., "Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) Workshop summary" (2007). Reports. 2. https://digitalcommons.usf.edu/basgp_report/2
2. Bowers, D.G. ; Brett, H.L. / The relationship between CDOM and salinity in estuaries: an analytical and graphical solution. In: Journal of Marine Systems. 2008; Vol. 73, No. 1-2. pp. 1-7.
3. Francis I. Oseke, Geophery K. Anornu, Kwaku A. Adjei, Martin O. Eduvie, Assessment of water quality using GIS techniques and water quality index in reservoirs affected by water diversion. Water-Energy Nexus, Volume 4, 2021, Pages 25-34, ISSN 2588-9125, <https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.12.002>
4. Xu, Y. J. and V. P. Singh (eds). 2006. Coastal Environment and Water Quality. 519 pp. Water Resources Publications LLC, Highlands Ranch, Colorado, USA. (ISBN 1-887201-47-5).
5. Miguel Potes, Maria João Costa, JCB da Silva, Ana Maria Silva, Manuela Morais. Remote sensing of water quality parameters over Alqueva Reservoir in the south of Portugal. 2011/6/20, International Journal of Remote Sensing, Volume 32, Issue 12, pp. 3373-3388, Publisher Taylor & Francis.



6. Nuno Sidónio Andrade Pereira. Sentinel-2 MSI Products & Water Quality Monitoring. Project: Multi/Hyperspectral Computing & Remote Sensing. April 2020, DOI: 10.13140/RG.2.2.23046.52806
7. Nuno Sidónio Andrade Pereira. Sentinel-2 Products Processing for Water Quality Monitoring Spectral Indices & Water Quality Parameters. Conference: International field Work 2021 | IPBeja, PT & AERES, NL. Project: Multi/Hyperspectral Computing & Remote Sensing. February 2021, DOI: 10.13140/RG.2.2.20207.36006