

TƏBİƏT ELMLƏRİ
NATURE SCIENCES

İqlim transformasiyası şəraitində Kür çayı hövzəsinin su ehtiyatlarının dəyişməsi

Ülkər Mahmudova^{1*} , Elvira Piriyeva² , Kamran Ramazanov² 

Xülasə. Məqalədə iqlim transformasiyası şəraitində Kür çayı hövzəsinin su ehtiyatlarının çoxillik dəyişməsi və çay axımının formalaşma xüsusiyyətləri araşdırılır. Tədqiqatın məqsədi temperatur və yağıntı rejimlərindəki dəyişmələrin, antropogen su istehlakının və geri qaytarılmayan itkilərin hövzənin su balansına təsirini qiymətləndirməkdir. 1961–1990-cı illər bazis dövrü üzrə çoxillik aylıq, mövsümi və illik hidroloji göstəricilər, su təsərrüfatı məlumatları və beş global iqlim modelinin ssenari nəticələri müqayisəli-statistik üsulla təhlil edilmişdir. Nəticələr Kür hövzəsində illik axımın azalması meylini, su istehlakının yüksək payını və iqlim ssenarilərinə görə su ehtiyatlarının ildə 2,7–5,3 km³ azalması ehtimalını göstərir. Temperatur artımı, qar ehtiyatının azalması və yağıntıların mövsümi paylanmasının dəyişməsi axımın il daxilində yenidən bölüşdürülməsini gücləndirir. Suvarmada səmərəli texnologiyaların tətbiqi, itkilərin azaldılması, təmizlənmiş drenaj sularının təkrar istifadəsi və hövzə üzrə davamlı monitoring əsas uyğunlaşma tədbirləri kimi qiymətləndirilir. Əldə olunan nəticələr Kür çayı hövzəsi üçün uzunmüddətli və integrasiyalı su idarəetmə strategiyalarının hazırlanmasına elmi əsas yaradır.

Açar sözlər: Kür çayı, su ehtiyatları, iqlim dəyişmələri, çay axımı, su çatışmazlığı, su idarəetməsi

¹Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, akademik H.Ə. Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu, Xəzər dənizi laboratoriyası, coğrafiya üzrə fəlsəfə doktoru, Bakı, Azərbaycan

²Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, akademik H.Ə. Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu, Xəzər dənizi laboratoriyası, Bakı, Azərbaycan

*Məsul müəllif. E-poçt: ulker570920@gmail.com

Daxil oldu: 5 İyun 2026; Qəbul edildi: 14 Sentyabr 2026; Onlayn dərc edildi: 30 Sentyabr 2026

© Müəllif(lər) 2026. Bu açıq girişli məqalə Creative Commons Attribution–NonCommercial 4.0 Beynəlxalq Lisenziyasının (CC BY-NC 4.0) şərtlərinə uyğun olaraq yayımlanmışdır.

Changes in the Water Resources of the Kura River Basin under Climate Transformation

Ulkar Makhmudova^{1*} , Elvira Piriyeva² , Kamran Ramazanov² 

Abstract. The article examines long-term changes in the water resources of the Kura River basin and the characteristics of river-flow formation under climate transformation. The study aims to assess the effects of changes in temperature and precipitation regimes, anthropogenic water consumption, and irreversible losses on the basin water balance. Long-term monthly, seasonal, and annual.

hydrological indicators for the 1961–1990 baseline period, water-management data, and scenario outputs from five global climate models were analyzed using comparative and statistical methods. The results indicate a declining trend in annual flow, a high share of water abstraction, and a possible annual reduction of 2.7–5.3 km³ in water resources under the assessed climate scenarios. Rising temperature, declining snow reserves, and changes in the seasonal distribution of precipitation intensify the intra-annual redistribution of runoff. Efficient irrigation technologies, reduction of conveyance losses, reuse of treated drainage water, and continuous basin-wide monitoring are identified as priority adaptation measures. The findings provide a scientific basis for developing long-term and integrated water-management strategies for the Kura River basin.

Keywords: Kura River, water resources, climate change, river flow, water scarcity, water management

¹Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after Academician H.A. Aliyev, Caspian Sea Laboratory, PhD in Geography, Baku, Azerbaijan

²Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after Academician H.A. Aliyev, Caspian Sea Laboratory, Baku, Azerbaijan

*Corresponding author. E-mail: ulker570920@gmail.com

Received: 5 June 2026; Accepted: 14 September 2026; Published online: 30 September 2026

© The Author(s) 2026. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

Çay axımı hidroloji dövrünün əsas komponentlərindən biri olmaqla çay hövzəsində formalaşan iqlim və fiziki-coğrafi amillərin inteqral göstəricisidir. Onun məkan-zaman dəyişkənliyi atmosfer sirkulyasiyası, yağıntıların miqdarı və faza vəziyyəti, temperatur rejimi, qar ehtiyatı və bu amillərin mövsümi paylanması ilə müəyyən olunur. Azərbaycanda müşahidə olunan regional istiləşmə illik və maksimal çay axımının azalması, qış azsulu dövr axımının isə artması ilə müşayiət olunur (Makhmudov, 2016).

Kür çayı Cənubi Qafqazın ən böyük transsərhəd su arteriyasıdır. Hövzədə su ehtiyatlarının ölkələr üzrə qeyri-bərabər formalaşması, suvarma və kommunal tələbatın artması, çirklənmə və iqlim dəyişmələri su təhlükəsizliyinə birgə təsir göstərir. Aşağı Kürdə daşqın riskinin yalnız iqlim deyil, məcra tutumunun azalması və digər antropogen amillərlə də əlaqəli olduğu müəyyən edilmişdir (Abbasov & Mahmudov, 2009). 2010-cu il daşqınının peyk və hidrometeoroloji məlumatlarla təhlili də hövzədə müşahidə və məsafədən zondlama məlumatlarının birlikdə istifadəsinin vacibliyini göstərir (Aghayev & Mahmudov, 2019).

Son tədqiqatlar Kürün qərb hissəsində uzunmüddətli axım dəyişkənliyinin temperatur, yağıntı və ağac halqaları məlumatları əsasında bərpa oluna bildiyini göstərir (Bakhtiyorov et al., 2024). Kür-Araz ovalığında iqlim və su idarəçiliyinin torpaq şoranlığına birgə təsiri isə su ehtiyatlarının yalnız kəmiyyət deyil, torpaq və kənd təsərrüfatı dayanıqlığı ilə əlaqəli keyfiyyət aspektlərini də önə çıxarır (Han et al., 2024). Yerli tədqiqatlarda iqlim dəyişmələrinin Azərbaycanda quraqlıq, sel və daşqınların intensivliyinə təsiri qeyd olunur (Karimova et al., 2024), suya qənaət edən suvarma sistemlərinin düzgün layihələndirilməsi isə su itkilərinin azaldılması üçün əsas vasitələrdən biri hesab edilir (Əlizadə, 2025).

Tədqiqatın məqsədi Kür çayı hövzəsinin su ehtiyatlarında baş verən çoxillik dəyişmələri təhlil etmək, iqlim və antropogen amillərin rolunu qiymətləndirmək, qlobal iqlim modelləri əsasında mümkün gələcək dəyişmələri ümumiləşdirmək və uyğunlaşma istiqamətlərini müəyyənləşdirməkdir.

Metodlar

Tədqiqatda Kür çayı və əsas qolları üzrə hidroloji müşahidə sıralarından, su təsərrüfatı göstəricilərindən, hövzə ölkələrində su istehlakının strukturuna dair ümumiləşdirilmiş məlumatlardan və müəlliflərin əvvəlki ekocoğrafi araşdırmalarından istifadə edilmişdir (Mahmudova, 2009, 2023). Bazis dövrü kimi 1961–1990-cı illərin çoxillik aylıq, mövsümi və illik göstəriciləri götürülmüş, sonrakı dövrlərin faktiki axım göstəriciləri həmin baza ilə müqayisə edilmişdir.

İllik təbii və faktiki su həcmlərinin sıraları əsas qollar və Kürün mənsəbə yaxın hidroloji məntəqələri üzrə bərpa edilmişdir. Təhlildə müqayisəli-statistik, hidroloji balans və ssenari yanaşmalarından istifadə olunmuşdur. Axımın dəyişmə istiqaməti çoxillik sıraların müqayisəsi, iqlim amillərinin təsiri isə temperatur, yağıntı və axım arasındakı məntiqi-statistik əlaqələrin təhlili əsasında qiymətləndirilmişdir.

Gələcək dəyişmələrin qiymətləndirilməsi üçün GISS, GFDL-3, HadCM2, CGCM1 və ECHAM4 ümumi atmosfer sirkulyasiyası modellərinin nəticələri ümumiləşdirilmişdir. Modellər temperaturun və yağıntının dəyişməsi şəraitində çay axımının reaksiyasını müqayisə etməyə imkan verir. Qlobal modellərin məkan ayırdetməsinin məhdudluğu nəzərə alınaraq nəticələr dəqiq lokal proqnoz kimi deyil, hövzə səviyyəsində ehtimal olunan dəyişmə intervalı kimi şərh edilmişdir. Bu yanaşma iqlim ssenarilərindəki qeyri-müəyyənliyin nəticələrə təsirini azaltmağa xidmət edir (IPCC, 2023).

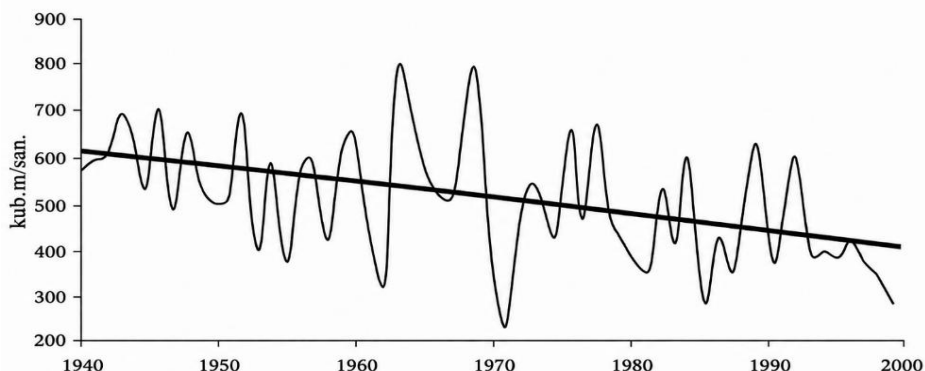
Nəticələr

Hövzənin su ehtiyatları və antropogen yük

Kür çayının su toplama hövzəsinin sahəsi təxminən 188 min km², uzunluğu 1515 km, su ehtiyatlarının çoxillik orta həcmi isə 26,6 km³-dir. Axımın əsas hissəsi Gürcüstan (37,7%), Ermənistan (23,4%) və Azərbaycan (21,5%) ərazilərində formalaşır; Türkiyə və İranın payı müvafiq olaraq 13,6% və 3,0% təşkil edir. Bu bölgü Azərbaycanın aşağı axında yerləşməsi və transsərhəd sulardan asılılığı baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır (Məmmədov, 2000).

Hövzə ölkələrində ümumi su istehlakı təxminən 23 km³ olmaqla çoxillik orta su ehtiyatlarının 86%-nə yaxındır. İstehlakın əsas hissəsi suvarmanın payına düşür (68%); istilik energetikası 11,0%, sənaye 6,9%, kommunal istehlak 6,3%, kənd təsərrüfatı su təchizatı 5,2%, balıqçılıq təsərrüfatı isə 2,6% təşkil edir. Su götürmələrinin böyük həcmi, geri qaytarılmayan itkilər və suvarma şəbəkələrində sızmalar mənsəb hissədə axımın azalmasını gücləndirir. Səmərəli suvarma sistemlərinin layihələndirilməsi və suya qənaət edən avadanlıqların tətbiqi bu itkilərin azaldılmasına imkan verir (Əlizadə, 2025).

Araz Kürün ən böyük qoludur. Onun hövzəsinin sahəsi 102 min km², uzunluğu 1072 km-dir. Arazın hövzəyə gətirdiyi su və çirkləndirici yük aşağı Kürün hidroloji və hidroekoloji vəziyyətinə birbaşa təsir göstərir. Təmizlənməmiş tullantı sularının və kənd təsərrüfatı mənşəli çirkləndiricilərin daxil olması bəzi çay sahələrində təbii özünütəmizləmə qabiliyyətini zəiflədir (Mahmudova, 2009, 2023).



Şəkil 1
Salyan məntəqəsində Kür çayının illik axımının çoxillik dəyişməsi

Şəkil 1-də təqdim olunan sıra son 60 il ərzində Kür çayının sululuğunun azalması istiqamətində ümumi meyl olduğunu göstərir. Bununla yanaşı, ayrı-ayrı illərdə yüksək sululuq və daşqın hadisələri baş vermişdir. Beləliklə, orta illik axımın azalması ekstremal daşqın riskinin tam aradan qalxması demək deyil; məcrə tutumu, sahilboyu məskunlaşma və su anbarlarının idarə olunması da riskin səviyyəsinə təsir edir (Abbasov & Mahmudov, 2009; Aghayev & Mahmudov, 2019).

İqlim ssenariləri üzrə axım dəyişmələri

GCM ssenarilərinin müqayisəsi temperatur artımının və yağıntı rejimindəki dəyişmələrin bütün seçilmiş bağlantı məntəqələrində axıma təsir etdiyini göstərir. Modellər arasında fərqlər olsa da, ümumi istiqamət isti şəraitdə buxarlanmanın artması, qar ehtiyatının azalması və yay axımının zəifləməsidir. Uzunmüddətli paleohidroloji rekonstruksiyalar da Kür axımının iqlim dəyişkənliyinə həssas olduğunu təsdiqləyir (Bakhtiyorov et al., 2024).

Cədvəl 1

İqlim modelləri üzrə Kür çayı hövzəsində temperatur, yağıntı və axım göstəriciləri

Çay qapanış məntəqəsi	GISS			GFDL-3			HadCM2			CGCM1			ECHAM4		
	T	P	Q	T	P	Q	T	P	Q	T	P	Q	T	P	Q
Araz–Qızılbank	4,9	85	153	3,2	81	146	1,8	88	170	4,0	88	140	3,8	98	143
Qanix–Əyriçay	4,9	85	102	3,2	81	95,8	2,6	98	120	3,2	85	110	3,6	97	105
Kür–Tbilisi	4,9	82	185	3,7	84	193	1,8	95	210	3,4	83	200	3,8	90	198
Bütövlükdə Kür hövzəsi	4,9	85	698	3,5	82	682	2,1	94	755	3,5	85	720	3,7	95	705

Qeyd. T – temperatur dəyişməsi (°C), P – yağıntı göstəricisi (%), Q – axım göstəricisi. Cədvəldə müəlliflərin ilkin məlumatları saxlanılmış və model adları standartlaşdırılmışdır.

Ssenari hesablamalarının ümumiləşdirilməsi beş modelin reallaşması halında hövzənin illik su ehtiyatlarının təxminən 2,7–5,3 km³ azalmasının mümkün olduğunu göstərir. Bu azalma hazırda su çatışmazlığı müşahidə edilən Azərbaycan üçün kənd təsərrüfatı, energetika və içməli su təminatı baxımından əlavə risk yaradır. Atmosfer yağıntılarının azalması ilə yanaşı temperaturun yüksəlməsi evapotranspirasiyanı artırır və torpaq-su sistemində duzların hərəkətinə təsir edir; Kür-Araz ovalığı

üzrə müasir tədqiqatlar iqlim və su idarəçiliyinin bu proseslərə birgə təsir etdiyini göstərir (Han et al., 2024).

Müzakirə

Əldə edilən nəticələr regional tədqiqatlarla uyğunluq təşkil edir. Azərbaycanda temperatur artımı fonunda illik və maksimal axımın azalması haqqında nəticələr Makhmudovun (2016) müşahidələri ilə üst-üstə düşür. Kürün qərb hissəsində ağac halqaları əsasında aparılmış uzunmüddətli rekonstruksiya da axımın iqlim siqnallarına həssaslığını göstərir (Bakhtiyorov et al., 2024). Bununla belə, hövzədəki dəyişmələri yalnız iqlim amilləri ilə izah etmək olmaz. Su göturmələri, suvarma şəbəkələrində itkilər, məcrə prosesləri, çirklənmə və hidrotekniki qurğuların istismarı təbii siqnalı dəyişdirir.

Tədqiqatın əsas məhdudiyyəti istifadə olunan qlobal iqlim modellərinin nisbətən iri məkan ayırdetməsinə və tarixi baza məlumatlarının qeyri-bərabərliyinə bağlıdır. Buna görə rəqəmlər lokal məntəqə üçün dəyişməz proqnoz deyil, mümkün dəyişmə diapazonu kimi qiymətləndirilməlidir. Müasir CMIP ssenariləri, yüksək ayırdetməli regional modellər, məsafədən zondlama və fasiləsiz hidroloji monitoring gələcək qiymətləndirmələrin dəqiqliyini artırır bilər. IPCC (2023) də su ehtiyatları üzrə uyğunlaşma qərarlarında ssenari qeyri-müəyyənliyinin açıq nəzərə alınmasını tövsiyə edir.

Uyğunlaşma tədbirləri hövzə səviyyəsində əlaqələndirilməlidir. Suvarma sistemlərinin texniki yenilənməsi, torpaq rütubəti sensorları və avtomatlaşdırılmış idarəetmə vasitələri su məhsuldarlığını yüksəldə bilər (Əlizadə, 2025). Eyni zamanda, təmizlənmiş drenaj sularının təhlükəsiz təkrar istifadəsi, suölçmə şəbəkəsinin genişləndirilməsi, transsərhəd məlumat mübadiləsi və çirklənmə mənbələrinin azaldılması su təhlükəsizliyinin əsas elementləridir.

Nəticə

1. Kür çayı hövzəsində son onilliklərdə illik axımın azalması meyli müşahidə olunur; temperaturun yüksəlməsi, qar ehtiyatının azalması və yağıntıların mövsümi paylanmasının dəyişməsi bu meyli gücləndirir.
2. Hövzədə su istehlakının yüksək payı və geri qaytarılmayan itkilər iqlim təsirlərini kəskinləşdirir. Suvarma əsas istehlak sahəsi olduğuna görə suya qənaət edən texnologiyalar prioritet olmalıdır.
3. Beş qlobal iqlim modelinin nəticələrinə əsasən illik su ehtiyatlarının 2,7–5,3 km³ azalması mümkündür. Model fərqləri və məkan ayırdetməsi nəzərə alınaraq bu göstərici ehtimal intervalı kimi şərh edilməlidir.
4. Su təhlükəsizliyi üçün hövzə üzrə davamlı monitoring, transsərhəd məlumat mübadiləsi, su itkilərinin azaldılması, təmizlənmiş drenaj sularının təkrar istifadəsi və inteqrasiyalı idarəetmə tədbirləri həyata keçirilməlidir.

Ədəbiyyat

- Abbasov, R. K., & Mahmudov, R. N. (2009). Analysis of non-climatic origins of floods in the downstream part of the Kura River, Azerbaijan. *Natural Hazards*, 50(2), 235–248. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9335-2>
- Aghayev, A., & Mahmudov, R. (2019). Analysis of the Kura River flooding in Azerbaijan territory in 2010 based on hydrometeorological observation and remote sensing. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 6(2), 205–212. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.514468>
- Əlizadə, C. (2025). Səməralı suvarma sistemlərinin layihələndirilməsi. *Elmi İş*, 19(6), 275–279. <https://doi.org/10.36719/2663-4619/115/275-279>

- Bakhtiyorov, Z., Chen, F., Chen, Y., Wang, S., Zhang, H., Hu, M., Yue, W., Habibulloev, S., Kavtaradze, G., Gurskaya, M., Agafonov, L., Rahmonov, O., Roibu, C.-C., Akkemik, U., Köse, N., & Norman, C. (2024). Historical drivers and future streamflow variations of the Kura River in the Western Transcaucasia region of Georgia: Analysis of tree-ring chronologies from 1720 to 2021 CE. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 655, 112529. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2024.112529>
- Han, J., Kim, M., Mammadov, Z., Lee, S., Elzinga, E. J., Mammadov, G., Hwang, W., & Ro, H.-M. (2024). Synergistic effect of climate change and water management: Historical and future soil salinity in the Kur-Araz lowland, Azerbaijan. *Science of the Total Environment*, 907, 167720. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167720>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Karimova, R., Suleymanova, R., & Abbasova, L. (2024). Climatic changes and their impact on living organisms. *Scientific Research*, 4(11), 81–87. <https://doi.org/10.36719/2789-6919/39/81-87>
- Mahmudova, Ü. X. (2009). Kür ırmağında ekocoğrafi ortamın gərginləşməsinə səbəb olan əsas antropogen amillər. *Turan–Sam Strateji Araşdırmalar Mərkəzi*, 2, 147–153.
- Mahmudova, Ü. X. (2023). Kür çayının kimyəvi çirklənməsi. In *Akademik H.Ə. Əliyevin 100 illiyinə həsr olunmuş konfransın materialları* (pp. 77–83). Akademik H.Ə. Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu.
- Makhmudov, R. N. (2016). Regional climate changes and river runoff in Azerbaijan. *Russian Meteorology and Hydrology*, 41(9), 635–639. <https://doi.org/10.3103/S1068373916090065>
- Məmmədov, R. G. (2000). *Su amili: Davamlı inkişaf siyasəti*. Elm.
- United Nations Environment Programme. (1998). *Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation strategies* (Version 2).