

Experimental investigation of the effect of contracted section at downstream of the rectangular channel on energy dissipation

Rasoul Daneshfaraz^(1*), Behrouz Zirei⁽²⁾, Parisa Ebadzadeh⁽³⁾, Hamidreza Abbaszadeh⁽⁴⁾, Bahman Mosavi⁽⁵⁾

^{(1),(2), (3), (5)} *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Maragheh, Maragheh, Iran*

⁽⁴⁾ *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Tabriz, Iran*

Received date: **15.05.2024**; Accepted date: **24.06.2024**; Published date : **03.07.2024**

Turkish Journal of Hydraulic (Türk Hid. Der.), Vol (Cilt): **8** , Number (Sayı): **1**, Page (Sayfa), **01-06**, (2024)

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.org.tr>

*Correspondence e-mail: daneshfaraz@yahoo.com

Abstract

This study investigated the hydraulic parameters of rectangular flume with contraction. Experimental studies were done. The contraction section was installed at downstream. Different flow rates: 300 to 900 liters per minute were performed on models. Classic hydraulic jump was compared with contacted section jump. Results showed that installing the contraction section effected the flow depth at downstream. Increase in flow depth at downstream, caused to increase the energy dissipation. Increase in flow rate to 900 liters per minute, caused to energy dissipation be higher than 300 liters per minute. Different sections were studied, and the highest energy dissipation occurred in the distance between section A and C. (A in the upstream and C in contraction section). Therefore, with increase in Froude number, the energy dissipation increases in contraction section.

Keywords: Rectangular channel, Hydraulic jump, Energy dissipation, Flow depth, Discharge

1. INTRODUCTION

The design of hydraulic structures is important for better and optimal control of water resources. This issue has been stated in various researches [1-20]. Hydraulic analysis of structures is one of the important topics in engineering. Design engineers should be careful about the selection of features to satisfy the stability of the jump. The use of channels in different geometrical shapes affects the characteristics of the flow. The necessity of storing water in periods of high water and transferring it to low water areas with the increasing human need for water requires extensive study. Control of Hydraulic jump at downstream is important to protect structures from destruction. corrugated beds are one of the ways to decrease the water's

velocity. Ead and Ragaratnam studied the three values of the relative roughness [21].

It was found that the tailwater depth required to form a jump was appreciably smaller than that for the corresponding jumps on smooth beds. Hydraulic jump on horizontal rough beds were investigated in an experimental study Carollo et al., [22]. That study allowed the writers to positively test the reliability of a new solution of the momentum equation for the sequent depth ratio as a function of the Froude number and the ratio between the roughness height and the upstream supercritical flow depth. reports the results of an experimental investigation of

hydraulic jump properties in flows over adverse-sloped rough beds, including the effect of air entrainment. Furthermore, a semi-theoretical predictive relationship were proposed to estimate jump characteristics for a wide range of hydraulic and geometric conditions covering both rough and smooth beds. Samani et al., [23] investigated the discharge coefficient of contraction flume in an experimental study. Critical flow is created through contraction of flow cross section by installing a vertical cylindrical column at the center of a rectangular open channel. The stage–discharge relationship was calibrated using a laboratory prototype with various configurations. The stage–discharge function developed in their paper can be used for design and calibration of the flume regardless of the flume size or contraction ratio. Core annular flow of lube oil and water through sudden contraction and expansion has been simulated by Kaushik et al., [24]. Results indicated that the interfacial waves are three dimensional in nature for both an expanded and a contracted flume. algorithm of hydraulic jump over rough beds based on the approach Froude number, Fr_1 were studied by Mahtabi et al., [25]. results showed that the first class (A) of hydraulic jump over the rough beds is approximately similar to that for the smooth bed. Moreover, in the next three classes (B, C, and D), upper values of Fr_1 decreased with respect to the smooth bed classes. Lastly, in class D, the upper value of Fr_1 reduced to 7.45, which indicates that the shear stress (i.e., the energy loss) grows sharply with increasing Fr_1 . Misra et al., [26] investigated the turbulent flow structure of a weak hydraulic jump using particle image velocimetry measurements. They reported that a thin, curved shear layer oriented parallel to the surface is responsible for most of the turbulence production with the turbulence intensity decaying rapidly away from the toe of the breaker. Dhar et al., [27] investigated the natural hydraulic jumps in thin film flow through channels slightly deviated from the horizontal. They revealed the existence of submerged jump, wavy jump, smooth jump, and no jump conditions as a function of liquid Reynolds number, scaled channel length, and channel inclination.

Previous research showed the importance of studying and controlling hydraulic jump [28, 29]. In this study, by studying the contraction section in different flow rates, the energy dissipation due to hydraulic jump was investigated.

2. MATERIALS and METHODS

This research was conducted in the hydraulic laboratory in a flume with a length of 5 meters, width of 0.30 meters and height of 0.45 meters. The flume includes an inlet tank, two pumps and a sluice gate. The distance of the sluice gate from the inlet is 1.5 meters and its opening from the

channel floor is 0.026 meters. In order to create a sudden contraction in the channel, two wooden contracting switches with a length of 50 cm, a thickness of 7.5 cm and a height of 45 cm were used. Figure (1) and (2) show the control mode and with contraction section.



Figure 1. Rectangular flume, used in this study (Control mode)



Figure 2. Rectangular flume with contraction

Figure (3) shows the Schematic view of the flume and contraction section in this study. Five different sections were studied. Section A is in upstream, B in downstream, C, D, E in contraction section. Super critical flow passed under the gate and entered in contraction section. First classic hydraulic jump was formed then the effect of contraction on hydraulic jump were investigated. Table (1) shows the important data of this study.

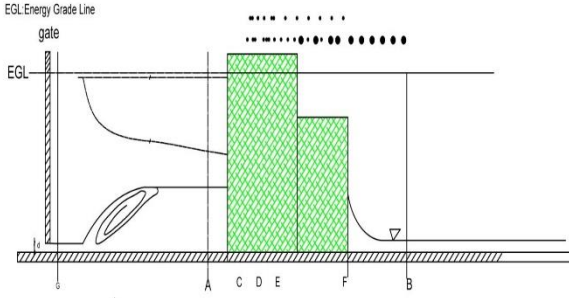


Figure 3. Schematic view of flume in this study

Table 1. Hydraulic characteristics of this research

Parameters	Q (l/min)	Fr Number	Sections
Row	300-900	1-10	A, B, C, D, E, F

After measuring the water depth at different points, the energy dissipation was measured relative to the upstream and downstream froud number by eq (1).

$$E = Y + \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

Where E is the energy values in the sections (A, B, C, D, E, F), Y the flow depth, V the flow velocity and g the acceleration of earth gravity.

3. DIMENSIONAL ANALYSIS

$$f_1(Q, \rho, g, \mu, B, d, W, Y_A, Y_B, Y_C, Y_D, Y_E, Y_F) = 0 \quad (2)$$

Where Q is the flow rate, ρ is the a specific mass of water, g acceleration of earth gravity, μ dynamic viscosity of water, B the flume width, d the gate opening, W the width of contraction section, $Y_A, Y_B, Y_C, Y_D, Y_E, Y_F$ the flow depth in sections A to F, V velocity of the flow. According to the π - Buckingham method and considering (ρ, g, Y) as iterative variables, the dimensionless parameters can be presented as in Eq (3):

$$f_2(Re, Fr, B/Y_A, d/Y_A, W/Y_A, Y_B/Y_A, Y_C/Y_A, Y_D/Y_A, Y_E/Y_A, Y_F/Y_A) = 0 \quad (3)$$

After dividing the parameters, the important parameters of the current research were presented as Eq (4).

$$\frac{\Delta E_{AB}}{E_A} = \frac{E_A - E_B}{E_A} = (Fr, W/Y_A, Y_A/Y_B) \quad (4)$$

4. RESULTS

In this research, the energy dissipation was investigated in rectangular channels with sudden contractions at different flow rates. Flow rates was between 300 - 900 liters per minute. A sudden contraction in downstream installed to dissipatation the energy. Figure 4 shows the energy loss due to the placement of contraction. This figure shows the energy dissipation relative to the upstream and downstream. The horizontal axis shows the values of Froud number at upstream and downstream (section A and B) and the vertical axis shows the values of energy dissipation.

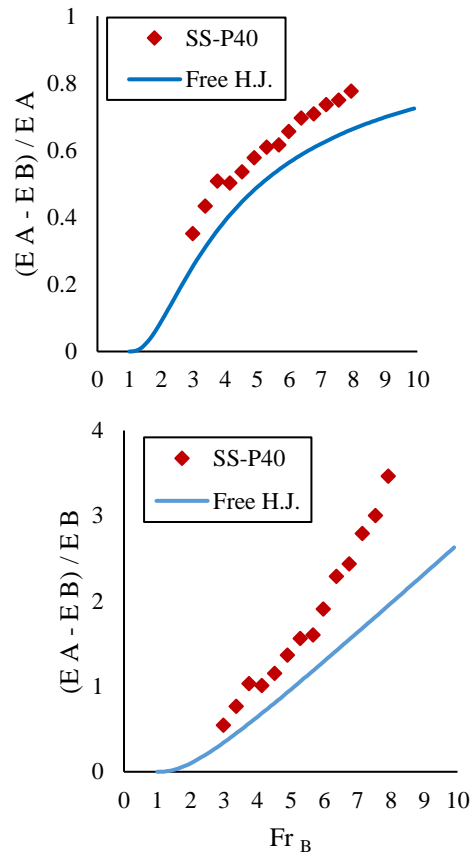


Figure 4. Energy dissipation relative to upstream and downstream

The energy dissipation of the contraction section was investigated in the control mode and with increasing discharge. Results showed that the use of contraction section influence the hydraulic jump. Installing the contraction section at downstream that caused the hydraulic jump, increase in energy dissipation.

Results indicated that for maximum discharge, energy dissipation increase 30% relative to non contracted mode. Figure 5 shows the energy dissipation in different flow rates in this research. The presence of turbulent flows in the area before the narrowing has caused an increase in energy loss. Energy dissipation was investigated at flow rates of 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800 and 900 liters per minute. The Energy of the flow along the channel at different flow rates are given in Figure 5. The horizontal axis shows the different points along the channel, where point A is before the contraction, E, D, C are the points inside the contraction and point B is after the local contraction. In this figure the vertical axis shows the value of energy at each section.

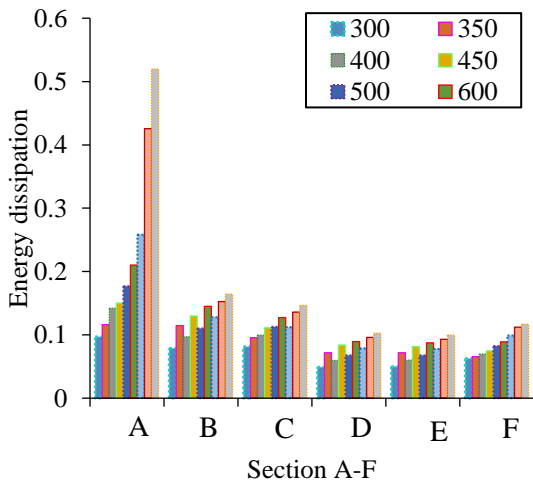


Figure 5. The energy dissipation in section A, B, C, D, E and F along the length of the channel

The results showed that increasing the discharge from 300 to 900 Liters per minute increases energy dissipation in contraction section. Results indicated that increase of Froude number, increases the energy dissipation.

The low depth of the flow after the gate and the high velocity of the flow caused the hydraulic jump to increase with turbulence and interference with the air and increase the downstream flow depth.

The difference from the results of energy dissipation caused by contraction sections with free hydraulic jump (non contraction) was calculated as follows in figure (6 a and b). Results indicated that the energy dissipation compared to upstream and downstream in different Froude numbers is higher in the use of constriction than in the simple case.

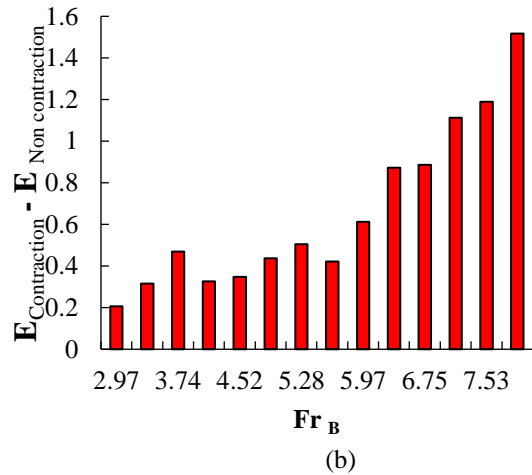
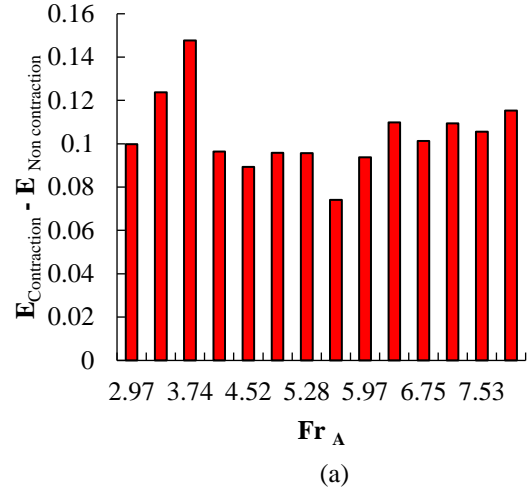


Figure 6. Changes in energy values in contraction section compared to non contraction section: a) Relative to upstream Froude number, b) relative to downstream Froude number

5. CONCLUSION

The main results of this study is as follows:

- 1- The energy dissipation caused by contraction is more than the energy dissipation of free hydraulic jump.
- 2- contraction is effective in stabilizing the hydraulic jump section.
- 3- Results showed that the highest energy dissipation occurred in the distance between section A and C. (Therefore, with the increase in Froude number, the energy dissipation also increases.)
- 4- The energy dissipation increases with the increase of Froude number.

References

- [1] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Ebadzadeh, P. (2022). Experimental and numerical study of sluice gate flow pattern with non-suppressed sill and its effect on discharge coefficient in free-flow conditions. *Journal of Hydraulic Structures*, 8(1): 1-20
- [2] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Ebadzadeh, P. (2022). Experimental Investigation of non-suppressed sill effect with different geometry on flow pattern and discharge coefficient of sluice. *Journal of Hydraulics*, 17(3): 47-63.
- [3] Hassanzadeh, Y., & Abbaszadeh, H., (2023). Investigating Discharge Coefficient of Slide Gate-Sill Combination Using Expert Soft Computing Models. *Journal of Hydraulic Structures*, 9(1): 63-80.
- [4] Daneshfaraz, R., Abbaszadeh, H., Gorbanvatan, P., & Abdi, M. (2021). Application of sluice gate in different positions and its effect on hydraulic parameters in free-flow conditions. *Journal of Hydraulic Structures*, 7(3): 72-87.
- [5] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Ebadzadeh, P., Di Francesco, S., & Abraham, JP., (2023). Experimental study of geometric shape and size of sill effects on the hydraulic performance of sluice gates. *Water*, 15(2): 314.
- [6] Norouzi, R., Ebadzadeh, P., Sume, V., & Daneshfaraz, R. (2023). Upstream vortices of a sluice gate: An experimental and numerical study. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 72(10), 1906-1919.
- [7] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Ebadzadeh, P., & Kuriqi, A. (2023). Influence of sill integration in labyrinth sluice gate hydraulic performance. *Innovative Infrastructure Solutions*, 8(4), 118.
- [8] Abbaszadeh, H., Daneshfaraz, R., & Norouzi, R. (2023). Experimental Investigation of Hydraulic Jump Parameters in Sill Application Mode with Various Synthesis. *Journal of Hydraulic Structures*, 9(1): 18-42.
- [9] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Patrick Abraham, J., Ebadzadeh, P., Akhondi, B., & Abar, M. (2023). Determination of flow characteristics over sharp-crested triangular plan form weirs using numerical simulation. *Water Science*, 37(1), 211-224.
- [10] Abbaszadeh, H., Norouzi, R., Sume, V., Kuriqi, A., Daneshfaraz, R., & Abraham, J. (2023). Sill role effect on the flow characteristics (Experimental and Regression Model Analytical). *Fluids*, 8 (8), 235. <https://doi.org/10.3390/fluids8080235>
- [11] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Abbaszadeh, H., & Azamathulla, HM. (2022). Theoretical and experimental analysis of applicability of sill with different widths on the gate discharge coefficients. *Water Supply*, 22(10): 7767-7781.
- [12] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Abbaszadeh, H., Kuriqi, A., & Di Francesco, S., (2022). Influence of sill on the hydraulic regime in sluice gates: an experimental and numerical analysis. *Fluids*, 7(7): 244.
- [13] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Ebadzadeh, P., & Abbaszadeh, H. (2021). Numerical investigation on effective parameters on hydraulic flows in a sluice gate with sill on free-flow condition. *J. Environment and Water Engineering*. Doi: <https://doi.org/10.22034/jewe.2021.295538.1596>
- [14] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Ebadzadeh, P. (2023). Evaluation Effect of changing the sill geometries and positions on discharge coefficient of vertical sluice gate. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 53(112), 117-127.
- [15] Pagliara, S., & Palermo, M. (2015). Hydraulic jumps on rough and smooth beds: aggregate approach for horizontal and adverse-sloped beds. *Journal of Hydraulic Research*, 53(2), 243-252.
- [16] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Abbaszadeh, H. (2022). Experimental investigation of hydraulic parameters of flow in sluice gates with different openings. *Environment and Water Engineering*, 8(4), 923-939.
- [17] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Abbaszadeh, H. (2021). Numerical Investigation on Effective Parameters on Hydraulic Flows in Chimney Proportional Weirs. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(6), 1599-1616. doi: 10.22059/ijswr.2021.322751.668944
- [18] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Abbaszadeh, H. (2024). Effect of geometric shapes of chimney weir on discharge coefficient. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 12(1), 27-38.
- [19] Karbasi, M., Azamathulla, H.M. (2016). GEP to predict characteristics of a hydraulic jump over a rough bed. *KSCE J. Civ. Eng.*, 20, 3006–3011.
- [20] Abbaszadeh, H., Daneshfaraz, R., Sume, V., & Abraham, J. (2024). Experimental investigation and application of soft computing models for predicting flow energy loss in arc-shaped constrictions. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, jws2024010.
- [21] Ead, S.A., & Rajaratnam, N. (2002). Hydraulic jump on corrugated beds. *J. Hydraul. Eng.* 128(7), 656–663. doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(2002)128:7(656) 2
- [22] Carollo, F. G., Ferro, V., & Pampaloni, V. (2007). Hydraulic jumps on rough beds. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(9), 989-999.
- [23] Samani, Z. A., Baharvand, S., & Davis, S. (2021). Calibration of stage–discharge relationship for rectangular flume with central cylindrical contraction. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 147(8), 06021006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001595](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001595)
- [24] Kaushik, V. V. R., Ghosh, S., Das, G., & Das, P. K. (2012). CFD simulation of core annular flow through sudden contraction and expansion. *Journal*

- of Petroleum Science and Engineering, 86, 153-164. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2012.03.003>
- [25] Mahtabi, G., Chaplot, B., Azamathulla, H. M., & Pal, M. (2020). Classification of hydraulic jump in rough beds. *Water*, 12(8), 2249.
- [26] Misra, S.K., Kirby, J.T., Brocchini, M., Veron, F., Thomas, & M., Kambhamettu, C. (2008). The mean and turbulent flow structure of a weak hydraulic jump. *Phys. Fluids*, 20, 35106.
- [27] Dhar, M., Das, G., & Das, P.K. (2019). Planar hydraulic jumps in thin film flow. *J. Fluid Mech*, 884, 1–26.
- [28] Süme, V., Daneshfaraz, R., Kerim, A., Abbaszadeh, H., & Abraham, J. (2024). Investigation of clean energy production in drinking water networks. *Water Resources Management*, 1-20.
- [29] Ebadzadeh, P., daneshfaraz, R., & Norouzi, R. (2024). Energy Dissipation of Supercritical Flow with Use of Different Geometric Shapes of Sills. *Water and Soil Science*, doi:10.22034/ws.2023.55791.258.

Kyoto Protokolü ve Türkiye'nin Uyum Sürecinin Değerlendirilmesi

Kyoto Protocol and Assessment of the Turkey's Compliance Process

Şaile Tuba ÖZTÜRK^(1*), Z. Fuat TOPRAK⁽²⁾

⁽¹⁾ *Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 21200, Diyarbakır, Türkiye.*

⁽²⁾ *Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21200, Diyarbakır, Türkiye.*

Received date: **15.05.2024**; Accepted date: **24.06.2024**; Published date: **03.07.2024**

Turkish Journal of Hydraulic (Türk Hid. Der.), Vol (Cilt): **8**, Number (Sayı): **1**, Page (Sayfa), **07-018**, (2024)

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.org.tr> *Correspondence e-mail: s.ozturk@firat.edu.tr

Özet

Tüm dünyada giderek etkisi artan iklim değişikliği küresel olarak önlem alınması gereken bir kriz haline geldi. Sanayi Devrimi sonrasında dramatik hale gelen insan kaynaklı sera gazı emisyonlarındaki artış iklimi olumsuz etkilemektedir. Önlem alınmazsa tüm canlıların yaşamında, geri dönüşümü yüzyıllar alacak veya hiç olmayacak şekilde tahribatlara sebep olacaktır. Bu durum devletleri ulusal ve uluslararası düzeyde mücadele etmeye teşvik etmiş ve iklim değişikliği ile mücadele için Birleşmiş Milletler öncülüğünde somut adımlar atılmıştır. Öncelikle Kyoto Protokolü'nün ön anlaşması niteliğinde olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmış, ardından Kyoto Protokolü ve Paris Sözleşmesi ile küresel çözüm arayışına devam edilmiştir. Bu çalışmada Kyoto Protokolü'nün onaylanmasının protokole taraf olan ülkelerden Türkiye üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda öncelikle protokolün Birinci Taahhüt Dönemi (2008-2012) ve İkinci Taahhüt Dönemi (2013-2020) için Türkiye'nin sera gazı emisyonu endeksleri hesaplanmış ve gerçekleşen emisyonlar 1990 yılı (baz yılı) emisyon değerleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca Türkiye'nin 1990-2020 yıllarına ait gerçekleşen sera gazı emisyonu parametreleri esas alınarak, 2021-2050 yılları arası için Türkiye'nin emisyon trendi (gidişi) belirlenmiştir. Modelleme için Lineer Regresyon, ARIMA ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılmıştır. Böylece hem bu yöntemlerin gidiş analizindeki kabiliyetleri belirlenmiş hem de Türkiye için ileriye yönelik tahminler yapılmıştır. Diğer taraftan emisyon azaltımında Türkiye'nin mevcut durumunun olası nedenleri ortaya konmuş ve emisyon azaltımındaki başarıyı artırmak için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Keywords: Türkiye, Kyoto Protokolü, küresel ısınma, iklim değişikliği, Lineer Regresyon, ARIMA, YSA

Abstract

Climate change, which has an increasing impact on all over the world, has become a crisis that requires global precautions. The increase in human-induced greenhouse gas emissions, which became dramatic after the Industrial Revolution, negatively affects the climate. If no precautions are taken, it will cause damage to the living life that the recovery will take centuries or never be recovered. This situation encouraged states to fight at national and international levels, and concrete steps were taken under the leadership of the United Nations to combat climate change. First of all, the United Nations Framework Convention on Climate Change, which is the preliminary agreement of the Kyoto Protocol, was signed, and then the search for a global solution continued with the Kyoto Protocol and the Paris Agreement. In this study, the effects of the ratification of the Kyoto Protocol on Türkiye, one of the parties to the

protocol, were investigated. In this context, firstly the first and the second Commitment Periods (2008-2012 and 2013 - 2020) greenhouse gas emission indices were calculated for Turkey and the actual emissions were compared with the emission values of 1990 (base year). In addition, in the study, Türkiye's emission trend was determined for the period 2021-2050, based on greenhouse gas emission parameters determined for the period of 1990-2020. Linear Regression, ARIMA and Artificial Neural Networks (ANN) methods were used for modeling. Thus, the capabilities of these methods in trend analysis were assessed and future predictions were made for Türkiye. On the other hand, the possible reasons for the current situation in emission reduction have been revealed and various suggestions have been made to increase our success in emission reduction.

Keywords: Turkey, Kyoto protocol, global warming, climate change, Linear Regression, ARIMA, ANN

1. GİRİŞ (Introduction)

Atmosferin doğal sera etkisi dünyayı yaşanabilir kılarken, Sanayi Devrimi ile birlikte dünya nüfusunun artması ve refah düzeyinin yükselmesi sebebiyle insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı salımları artmıştır. Bunun sonucu olarak da insanlık küresel iklim değişikliği tehdidiyle mücadele etme durumuna gelmiştir. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonları, iklim değişikliği riskini doğurmakta ve bu risk başlıca çevresel tehdit olarak kabul edilmektedir [1].

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ye göre; iklim değişikliği, insan etkinlikleri (fosil yakıt kullanımı, sanayi süreçleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormanların bozulması vb.) nedeniyle atmosfere salınan sera gazı birikimindeki hızlı artış sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarında artışa neden olmaktadır [2].

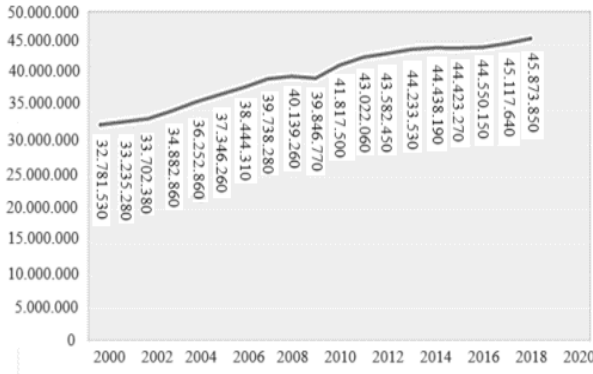
Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2022 Raporu; sera gazı emisyonlarında meydana gelen yükselişin 2100 yılına kadar yüzey ortalama sıcaklığını 3.2 °C arttıracakını tahmin etmektedir. Türkiye'de ise 2040 yılından itibaren ortalama yıllık sıcaklıkların 2.5°C ila 4°C arasında artış göstereceği öngörülmektedir [3]. IPCC 6. Değerlendirme Raporu; 1850'den bu yana son kırk yılın her birinin, kendisinden önceki on yıldan daha sıcak olduğunu belirtmektedir [4].

Yüzey sıcaklıklarında meydana gelen bu artış küresel ve yerel iklim dinamiklerinin tarihsel döngüsünün ötesinde değişimleri tetikleyecek, buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi ve sıcak hava akımları ya da yağış rejimlerinde keskin dalgalanmalar gibi pek çok sonu belirsiz değişikliğe sebebiyet verebilecektir [5]. İklim değişikliğinden ötürü günümüzde birçok ülke su kıtlığı yaşarken bir kısmının da gelecekte bu kıtlığı yaşayacağı tahmin edilmektedir [6]. Son IPCC raporu (AR6) da insan kaynaklı iklim değişikliğinin bugün dahi dünyanın her bölgesinde birçok olağan dışı hava ve iklim olaylarına neden olduğunu göstermektedir. Bu raporda ayrıca sıcak hava dalgaları, kuraklıklar, yoğun yağışlar ve tropik siklonlar gibi olağan dışı hava olaylarında gözlemlenen değişikliklerin ve özellikle bunların

insanlara etkilerinin, bir önceki rapordan (AR5) sonra daha da güçlendiğine dikkat çekilmiştir [4].

Karbon ayak izi kavramı insanın doğaya saldırdığı CO₂ miktarını temsil etmektedir ve insanlığın doğaya en büyük etkilerinden biridir [7]. Dünya sürekli bir karbon salınımına maruz kalmakta ve ekosistem bu salım etkisiyle giderek bozulmaktadır. Birleşmiş Milletler raporları ve akademik çalışmalar 1750'den günümüze sera gazı emisyonlarının kontrolsüz biçimde artmasının nedeni olarak insan kaynaklı faaliyetleri göstermektedir. Sanayileşme sonucu enerjiye olan ihtiyacın artması, teknolojik gelişmeler, fosil yakıt kullanımındaki artış, nüfus artışı ve kentleşme vb. faktörler doğaya olumsuz yönde etki eden insan kaynaklı faaliyetlere örnek olarak verilebilir. Bu faaliyetler yerkürenin giderek ısınmasına, buzulların üçte birinin erimesine ve deniz seviyesinin yükselmesine sebep olmuştur.

İnsan faaliyetlerinin sonucu olarak artan karbondioksit (CO₂), metan gazı (CH₄) ve ozon gazı (O₃) salımları ozon tabakasına zarar vermektedir. 1750'den günümüze karbondioksit (CO₂) konsantrasyonu %47 artarken, metan (CH₄) konsantrasyonu %156 ve nitroz oksit (N₂O) ise %23 artış göstermiştir. IPCC 6. Değerlendirme Raporu; 2019 yılı atmosferik CO₂ konsantrasyonlarının son 2 milyon yılda olduğundan daha yüksek bir değerde olduğunu göstermektedir [4]. Bu nedenle fosil yakıt kökenli enerji kaynakları kullanımı sınırlandırılarak önlem planları yapılmalıdır. Konuya ilişkin 2013 yılına kadar ulaşılabilen tüm ulusal ve uluslararası literatür bazı çalışmalarda özetlenmiştir [8, 9, 10, 11]. Daha fazla detay için bu çalışmalara bakılabilir. Sera gazı emisyon düzeyleri açısından Türkiye küresel eğilimleri yansıtan verilere sahiptir. TÜİK 2023 Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu; Türkiye'nin 2021 yılındaki toplam sera gazı emisyonunun 564.4 mt CO₂ eşdeğeri olduğunu belirtmiştir. Buna göre, 2020 yılında 524.00 mt CO₂ eşdeğeri olan sera gazı emisyonları 2021 yılında bir önceki yıla göre yüzde 7.7 artış göstermiştir [12]. Atmosferde yükseliş eğiliminde olan karbon emisyonunun son 20 yılda küresel boyuttaki değişimini gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir [13].



Şekil 1. Dünya 2000-2020 sera gazı emisyon miktarları (kt CO₂ eşdeğeri)

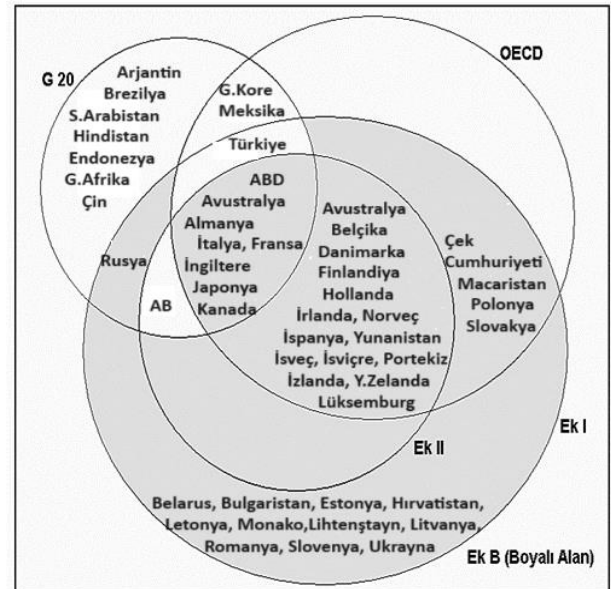
Son yıllarda, iklim değişikliği problemi, atmosfere ve yeryüzüne olan potansiyel ciddi etkileri sebebiyle, hayatın farklı alanlarındaki insanlar arasında uluslararası düzeyde tartışılan bir konu haline gelmiştir [8]. Küresel ısınma ve iklim değişikliği örneğine az rastlanır biçimde hem sosyal hem doğa bilimleri uzmanlarının çalışmalarını gerekli kılan disiplinlerarası bir nitelik taşımaktadır. İnsan kaynaklı iklim değişikliği, nedenleri ve sonuçlarına bakıldığında en basit insan kaynaklı faaliyetleri ilgilendirirken; sorunun anlaşılması, gerekli ölçümlerin yapılması ve etkilerin tahmin edilebilmesi için ise ileri teknoloji ve karmaşık bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır [14]. Küreselleşme süreci ile birlikte ulusal devletler çevre sorunları konusunda bir araya gelmiş, küresel çözüm önerileri oluşturmuş ve uluslararası kuralları konulmasını sağlamıştır [15]. Bu farkındalık neticesinde öncelikle 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. Çevre sorunları için kilometre taşı olarak kabul edilen bu sözleşmenin amacı, karbondioksit ve sera etkisine neden olan diğer gaz emisyonlarını 2000 yılına kadar, 1990 yılı seviyelerine indirmektir. Sözleşme sera etkisini azaltabilmek için yalnızca gönüllü hedefler belirlemiştir. İklim değişikliği ile mücadelede 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü, BMİDÇS'nden farklı olarak bağlayıcı hedefler içermesinden ötürü hem bir 'ilk', hem de çok önemli bir adım olarak nitelendirilmektedir [16].

Kyoto Protokolü, ülkelerin emisyonlarını belirli bir zaman dilimi içinde sınırlamayı amaçlayan en önemli anlaşma olarak gösterilebilir [1]. Protokol iki dönemden oluşmaktadır. I. Taahhüt Dönemi 2008-2012 yıllarını kapsarken, II. Taahhüt Dönemi 2013-2020 yılları arasında kalan dönemdir. Bu iki dönem devletlere farklı yükümlülükler getirmesi açısından birbirinden farklıdır. I. Taahhüt Dönemi, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin Ek-I listesinde yer alan ülkelere toplam salımlarını 1990 yılı seviyelerine nazaran en az % 5 oranında azaltma yükümlülüğü getirmektedir [17]. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Ek I ve Ek II listeleri Tablo 1' de verilmiştir [18].

Tablo 1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Ek I ve Ek II listesi

Ek-I Ülkeleri (40+AB) Sanayileşmiş Ülkeler (26+AB)+ PEGSÜ (14)	Ek-II Ülkeleri (23+AB)
Sanayileşmiş Ülkeler: Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Lihtenştayn, Lüksemburg, Monaco, Norveç, Portekiz, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan.	Sanayileşmiş Ülkeler: Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Lüksemburg, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.
Pazar Ekonomisine Gecik Sürecinde Olan Ülkeler(PEGSÜ): Beyaz Rusya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Letonya, Litvanya, Rusya, Macaristan, Polonya, Romanya, Slovakya, Slovenya, Ukrayna, Hırvatistan	

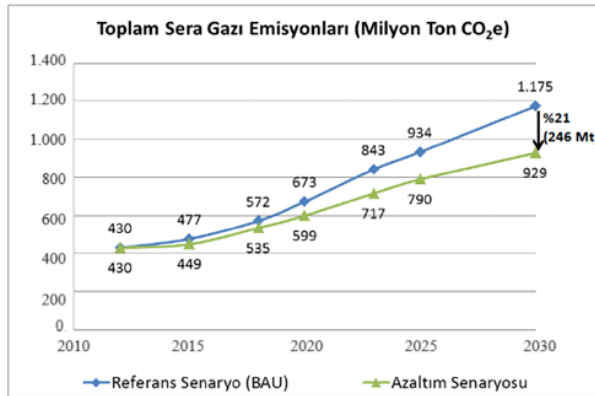
2013-2020'yi kapsayan II. Taahhüt dönemi ise I. Taahhüt döneminden farklı olarak Ek-B listesinde bulunan taraflara emisyonlarını 2020 yılında, 1990 baz yılına göre en az % 18 azaltması yükümlülüğü getirmiştir [17]. Ek-B listesinde bulunan ülkeler Şekil 2'de verilmiştir [18].



Şekil 2. Ülke pozisyonları

Şekil 2’de görüldüğü gibi Türkiye iklim değişikliği müzakereleri kapsamında dünyada tek olma özelliğine sahip bir Ek-I ülkesidir. 2001 yılında gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı’nda (COP7), BMİDÇS altında Türkiye’ye ilişkin olarak; Ek-I listesinde yer alan diğer taraflardan farklı bir konumda olması nedeniyle Türkiye’nin özel koşullarının tanınması, isminin Ek-I’de kalması ve Ek-II’den silinmesi yönünde karar alınmıştır. Dolayısıyla Türkiye Kyoto Protokolüne taraf ancak Ek-B dışı bir ülkedir. Yani Türkiye’nin herhangi bir salım sınırlandırma ve azaltım taahhüdü bulunmamaktadır. Türkiye aynı zamanda OECD ve G20 üyesidir. Ayrıca AB üyeliğine de aday bir ülkedir [18].

Türkiye küresel sorunla mücadelede çözüm odaklı anlayış ile hareket etmiş ve Paris Antlaşmasının kabulünden önce Eylül 2015’te kesin katkılar için ulusal niyet beyanını (INDC) sunarak sera gazı emisyonlarını referans senaryoya göre (1990 baz yılına göre), 2030 yılına kadar %21 azaltacağını belirtmiştir. Türkiye’nin niyet bildirimleri senaryosu Şekil 3’de görüldüğü gibidir ve tahmin edilen emisyon miktarı Türkiye’nin niyet bildirimleri ile 929 Mt olarak öngörülmüştür [19].



Şekil 3. Türkiye’nin İklim Değişikliğiyle Mücadele İçin Ulusal Katkı Niyeti Bildirimleri Senaryosu

Türkiye’nin iklim değişikliği kapsamındaki ulusal vizyonu ise; iklim değişikliği politikaları ile kalkınma politikalarını entegre ederek, enerji verimliliğini yaygınlaştırmak, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak, iklim değişikliğiyle mücadeleye aktif katılarak tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğu ile yüksek yaşam kalitesi sunabilen bir ülke olmaktır [13].

Dünyada iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgeler arasında gösterilen Akdeniz havzasında yer alan Türkiye de iklim değişikliğinden etkilenecek risk grubu ülkeler arasında gösterilmektedir. Jeopolitik konumu itibarıyla Avrupa ile Asya’yı birbirine bağlayan Türkiye, hızlı büyüyen ve gelişimine devam eden ülkelerden

birdir. Bu durum Türkiye’nin enerji ihtiyacının giderek artmasına sebep olmaktadır. Ham petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ana enerji kaynağı olarak kullanan Türkiye neden olduğu karbon salımı ile çevre kalitesini düşürmektedir. İklimde meydana gelecek değişiklikler sonucunda, Türkiye’de ekosistemlerde bozulmalar, su kaynakları azalması, kuraklık, çölleşme, erozyon ve tarımsal üretkenlikte değişiklikler gibi birçok olumsuzluklar yaşanacağı tahmin edilmektedir [13]. Bütün bu etkilerin yanısıra meydana gelen ısı dalgalanmalarına bağlı olarak Türkiye’de bulaşıcı hastalıklar ve ölümlerde de artış olacağı öngörülmektedir [20].

Bu çalışmada iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgeler arasında bulunan Türkiye’nin, uluslararası düzeyde mücadele arayışlarından önemli bir ‘ilk adım’ olarak nitelendirilen Kyoto Protokolü öncesi ve sonrası durumu değerlendirilmiştir. Ardından Türkiye’nin gelecekteki sera gazı emisyon değerleri literatürde de sık kullanılan zaman serisi yöntemleri ile (Lineer Regresyon, ARIMA, YSA) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Literatüre bakıldığında Türkiye’nin iklim değişikliği ile mücadelesi konusunda ve gelecekteki sera gazı emisyonlarının tahmininde çalışma sayısı oldukça az ve olanlar da benzer niteliktedir. Bu çalışmalardan aşağıda özetle bahsedilmiştir.

Literatürde Türkiye’nin uluslararası iklim değişikliği anlaşmalarına olan tutumu ve Kyoto Protokolü’nün Türkiye’ye olan etkilerini inceleyen çalışmalar mevcuttur. Karakaya vd. (2003)’te, Türkiye açısından Kyoto Protokolü’nü değerlendirmiş ve Türkiye’nin 1973-1999 döneminde CO₂ emisyonuna kaynaklık eden faktörler ve bu faktörlerin etkilerini Ayrıştırma Yöntemi (Decomposition Method) ile analiz etmiştir. Bu analiz, iklim değişikliğini önlemeye yönelik uluslararası adımların yanı sıra Türkiye’nin konumunu da incelemeyi amaçlamıştır [21]. Ayhan (2010) ise, çalışmasında enerji, çevre ve sürdürülebilir kalkınma kapsamında küresel iklim değişikliği sorununu ele almakta ve Türkiye’nin Kyoto Protokolü’ne yönelik analizini yapmaktadır [22]. Hocaoglu (2011)’de, Avrupa Birliği’nin iklim değişikliği politikalarını ve Türkiye’nin bu politikalara uyumunu incelemektedir [23]. Selçuk (2023) aynı şekilde, uluslararası iklim değişimi anlaşmalarının içerikleri, gelişim süreçleri ve Türkiye’nin bu anlaşmalara olan tutumu ile ilgili bilgiler vermiştir. Uluslararası iklim değişikliği anlaşmalarındaki sorunların aşılabilmesi için anlaşmaların hazırlık dönemlerinde, iklim değişikliğinden daha fazla etkilenen ülkelerin diğer ülkelere oranla daha çok söz sahibi olması önerisinde bulunmuştur [24]. Atamer (2008)’de, Türkiye’de iklim değişikliği politikalarının mevcut durumunu değerlendirmiştir. Çalışmada Türkiye’nin sera gazı emisyonları, iklim değişikliği riskleri ve bu konudaki politika çerçevesi incelenmiştir. Türkiye’nin iklim değişikliği politikalarını geliştirmek için öneriler ve

eylem planları sunulmuş, bu planların sera gazı azaltımı, enerji verimliliği, sürdürülebilir enerji kaynakları kullanımı gibi önemli alanları içermesi gerektiğine dikkat çekmiştir [25].

Literatürde özellikle Türkiye'nin gönüllü karbon ticareti ile ilgili çalışmalar dikkat çekmektedir. Taşdan (2008), Türkiye'nin düşük karbon ekonomisine geçiş sürecindeki finansman kaynaklarını ve bu süreçte gönüllü salım ticaretinin rolünü ele almış, ayrıca 2012 sonrası dönemde gelişmekte olan ülkelerin emisyon azaltımına katkıda bulunması gerektiğini vurgulamıştır [26]. Çetinkaya ve Sokulgan (2009) ve Çelikkol ve Özkan (2011)'de, karbon piyasalarını Türkiye açısından incelemiş, Kyoto Protokolü'nün karbon emisyon piyasası üzerindeki etkilerini ele almış ve karbon ticareti hakkında bilgi vererek hem genel hem de Türkiye açısından farkındalık yaratmayı amaçlamışlardır [27, 28]. Yalçın (2010) ve Bayrak (2012)'de, düşük karbon ekonomisinin sürdürülebilir kalkınma için neden önemli olduğunu irdelemiş ve Türkiye'nin düşük karbon ekonomisine yönelik politika ve uygulamalarını inceleyerek, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için atılması gereken adımları değerlendirmişlerdir [29, 30]. Konak (2011)'de, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarını (Emisyon Ticareti ve Temiz Kalkınma Mekanizması) eleştirel olarak analiz etmiş, Kyoto Protokolü ve gönüllü karbon piyasası açısından Türkiye'nin durumunu gözden geçirerek bazı eleştirilerde bulunmuştur [31]. Binboğa (2014)'de, Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne katılmama kararının, Türk şirketlerinin rekabet avantajını olumsuz etkileyip etkilemediğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Aynı zamanda küresel ısınmayı odağa alan şirketlerin stratejilerini inceleyerek Türkiye'nin karbon piyasalarına katılmasının avantajlı ve dezavantajlı durumlarını ele almıştır [32].

Gelecekteki sera gazı emisyon oranlarının tahmin edilmesi amacıyla literatürde farklı yöntemlerle yapılan birçok çalışma mevcuttur. Pabuçcu ve Bayramoğlu (2017)'de, Türkiye ve 28 AB ülkesinin 2020-2030 yılları arasında gerçekleşecek sera gazı emisyonu değerlerini Yapay Sinir Ağları metodunu kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Gayri safi milli hasıla, nüfus, enerji üretim ve tüketimi, ulaşımdan kaynaklı sera gazı salım değerleri gibi değişkenlerin de yer aldığı çalışma 2030 yılı emisyon değerini 1244,13 mt olarak tahmin etmiştir. Bu değer 2030 yılı emisyonunun Paris İklim Sözleşmesinde taahhüt edilen emisyon miktarının (929 mt CO₂ eşdeğeri) üzerinde olacağını öngörmektedir. Çalışma sonucunda yazarlar Türkiye'nin yenilenebilir enerji kullanımına geçmesini ve enerji verimliliğini arttırmasını önermişlerdir [33]. Rezaei ve arkadaşları da Norveç, Danimarka, İsveç ve Finlandiya olmak üzere dört İskandinav ülkesinin 1999-2016 yılları değerlerini baz alarak Yapay Sinir Ağları metodu ile karbon emisyon tahminlerini yapmaya çalışmışlardır. Çalışma sonucunda tahminlerin gerçeklere çok yakın olduğu ve

girdi olarak kullanılan GSYH, birincil enerji tüketimi ve kullanılan yakıt türleri gibi değişkenlerin İskandinav ülkeleri emisyon değeri tahmininde etkili olduğu belirtilmiştir [34]. Hamzaçebi ve Karakurt ise Türkiye'nin 1965-2012 değerlerinden yola çıkarak gri tahmin yöntemini kullanarak 2025 yılı enerjiye bağlı CO₂ emisyon değerlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak 2025 yılı atmosfere salınan CO₂ miktarını 496,404 mt olarak tahmin etmişlerdir ve gri tahmin yönteminin CO₂ emisyonu tahmininde kullanılabileceği kanısına varmışlardır [35]. Mercan (2016)'da, zaman serisi analizi kullanmış ve Türkiye'nin 1990-2013 yılları gerçekleşen sera gazı emisyon değerlerinden yola çıkarak, 2030 yılına kadar olan sera gazı tahminlerini yapmıştır [36]. Aynı şekilde Shaik ve arkadaşları da 1990-2013 yılları arasındaki verileri baz alarak 2030 yılı için enerji üretim tahminini ARIMA modeli ile yapmışlardır. Ayrıca çalışmada yenilenebilir enerji gelişim planı, hükümet planı ve mevcut durumun devamı şeklinde üç senaryo kurulmuş ve her bir senaryo için ayrı ayrı 2030 yılı su ayak izi ve karbon ayak izi değerleri tahmin edilmiştir. Çalışma neticesinde yenilenebilir enerji planı senaryosu diğer senaryolara göre daha fazla dikkate alınmalıdır kanısına varılmıştır [37]. Wang ve Ye, 2014-2020 yılları için fosil yakıt ağırlıklı enerji kullanımının neden olduğu karbon emisyonunu ARIMA ve doğrusal olmayan gri tahmin yöntemi ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma ekonomik büyümenin hızının emisyon üzerindeki etkilerini göstermeyi hedeflemekte ve çözüm önerileri sunmaktadır [38]. Li ve arkadaşları, Pekin-Tianjin Hebei bölgesinde fosil yakıt kullanımı fazla olduğundan tüm ülkeyi temsilen bu bölgeyi seçerek, öncelikle gri tahmin yöntemini kullanmış ve 2017-2030 yılları arası karbon emisyon tahmini yapmışlardır. Daha sonra hibrit bir model olan SVM-ELM yöntemi ile tahminler yapmış ve her iki yöntemi karşılaştırmışlardır. Neticede tahmin sonuçları 2027 yılından sonra bölgedeki karbon emisyonunun 97 mt'a ulaşacağını göstermiştir. Bu nedenle yazarlar hükümetin temiz enerjiye teşvik için politikalar geliştirmesi gerektiğini belirtmişlerdir [39]. Pao ve arkadaşları da Çin Halk Cumhuriyeti 1980-2009 yılları arasındaki gerçekleşen karbon emisyon değerlerini kullanarak, ARIMA, GM (1, 1) ve NGBM-OP modelleri ile 2009-2020 yılları emisyon tahminlerinde bulunmuşlardır. Modeller arasında en başarılı NGBM-OP bulunmuştur [40]. Hertwich ve Peters araştırmalarını daha küresel boyutta yapmışlardır. Dünyayı 14 bölgeye ayırmış ve 73 ulusun karbon ayak izi ve CO₂ ile diğer sera gazları emisyonları tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda tüketim harcamaları ile CO₂ emisyonları arasında güçlü bir korelasyon olduğu ve zengin ülkelerde fakir ülkelere oranla sera gazı salımının daha düşük olduğu yazarlar tarafından belirtilmiştir [41]. Kunda ve Phiri (2017), veri madenciliği tekniklerini kullanarak Zambiya'nın karbon emisyon oranını tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında 1971-2014 yılları arası sektörlerden kaynaklanan emisyon oranlarını belirlemiş ve 2017-

2021 yılları için tahmin yapılmıştır. Sonuç olarak Zambiya'da en fazla karbon salınımı yapan sektörün ulaşım sektörü olduğu kanısına varılmış ve bu anlamda çözüm önerileri sunulmuştur [42].

2. MATERYAL VE YÖNTEM (*Materials and Methods*)

Bu çalışmada Kyoto Protokolü'nün Türkiye'ye olan etkilerini araştırma hedefi doğrultusunda Türkiye'ye ait 1990-2020 yılları arasındaki sera gazı ve CO₂ emisyonları değerlerine IGES (Institute of Global Environmental Strategies) Sera Gazı (GHG) Emisyonları veri tabanından ulaşılmıştır. Bu veri tabanı Ek I ülkeleri tarafından iki yılda bir rapor edilen sera gazı ve CO₂ emisyonlarını sunmaktadır. Veri tabanından ulaşılan bilgiler doğrultusunda öncelikle Türkiye'nin sera gazı endeks değeri hesaplanmıştır. Bu amaçla 1990 yılının emisyon değeri, endeks değeri olarak kabul edilmiştir (100). Sonraki yıllardaki emisyonlar, bu baz yıl değerine göre hesaplanmıştır. Endeks sonuçları, emisyonların 1990 yılına göre artış veya azalışını göstermektedir. Endeks değeri 100'ün altında ise emisyonlar azalmış, 100'ün üstünde ise artmıştır şeklinde yorumlanmıştır.

İkinci aşamada Türkiye'nin Kyoto Protokolü hedeflerine ulaşma durumu I. Taahhüt dönemi (2008-2012) ve II. Taahhüt dönemi (2013-2020) için gerçekleşen emisyon değerleri ile 1990 baz yılı emisyon değeri karşılaştırılmıştır ve grafiklendirilmiştir.

Günümüze kadar gerçekleşen emisyonların değerlendirilmesinin ardından Türkiye'nin 2021-2050 yılları arasında gerçekleşebilecek sera gazı emisyon değerleri üç farklı zaman serisi modeli kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

2.1. Tahmin Modelleri:

Literatürde geçmiş dönemlerdeki veri parametrelerini kullanarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunmaya çalışan pek çok zaman serisi modeli bulunmaktadır. ARIMA bu modeller arasında en çok kullanılan modellerdendir. Metot zaman serisini oluşturan değerler arasında doğrusal bir ilişki olduğunu varsayar ve bu ilişkiyi modeller. ARIMA durağan halde olan veya çeşitli yöntemlerle durağan hale getirilebilen zaman serilerine başarıyla uygulanabilen bir yöntemdir. Uygulamada ise birçok zaman serisi doğrusal olmayan ilişki içermektedir. Yapay Sinir Ağları (YSA) yapısı gereği hem doğrusal hem de doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilen bir yöntem olduğundan son yıllarda zaman serisi analizlerinde alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu modelin en önemli getirisi, fonksiyonel yapının tam olarak tespit edilemediği durumlarda birçok değişik formdaki fonksiyonel yapıları başarıyla modelleyebilmesidir. Uygulamada kullanılan

zaman serisi verilerindeki ilişkinin doğrusal ya da doğrusal olmaması konusunda kesin bir kanaata varmak güçtür [43]. Bu yüzden farklı modeller kullanılarak analizler yapılması ve bunların sonucunda yapılan iyileştirme ve geliştirmeler ile daha iyi tahminler yakalanabilir.

Bu çalışmada Lineer Regresyon, ARIMA (OtoRegressive Integrated Moving Average) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri, zaman serisi verilerini analiz etmek ve gelecekteki değerleri tahmin etmek için kullanılan istatistiksel yöntemlerdir.

2.1.1. Lineer Regresyon:

Zaman serisi analizinde lineer regresyon, zaman serisi verilerini açıklamak ve gelecekteki değerleri tahmin etmek için kullanılır. Zaman serisi analizinde lineer regresyon aşağıdaki adımları içerir:

- Bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesi,
- Regresyon modelinin kurulması ki bu model bağımlı değişkenin zaman içindeki değişimini açıklamalıdır,
- Modelin uygunluğunun değerlendirilmesi ve gelecekteki değerlerin tahmin edilmesi.

Lineer regresyon, zaman serisi verilerinin zaman içindeki değişimini doğru bir şekilde açıklayabilir, ancak model, verilerin gerçek dünyada nasıl davrandığını yeterince yakalayamaz.

2.1.2. ARIMA Modeli:

ARIMA, zaman serisi verilerini modellemek ve tahmin etmek için oldukça yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. ARIMA, AutoRegressive Integrated Moving Average'nin kısaltmasıdır.

ARIMA aşağıdaki bileşenleri içerir:

- AR (AutoRegressive): Bu bileşen, geçmiş zaman noktalarındaki değerlerin bugünkü değeri üzerindeki etkilerini modellemek için kullanılır. ARIMA modeli, bu bileşeni içerir ve "p" parametresi ile belirlir.
- I (Integrated): Bu bileşen, zaman serisinin durağan hale getirilmesi için gereken fark alma işlemidir. ARIMA modeli, bu bileşeni içerir ve "d" parametresi ile belirlir.
- MA (Moving Average): Bu bileşen, geçmiş hataların bugünkü değeri üzerindeki etkilerini modellemek için kullanılır. ARIMA modeli, bu bileşeni içerir ve "q" parametresi ile belirlir.

ARIMA modeli, bir zaman serisinin karmaşıklığını ve

zaman içindeki değişiklikleri yakalamak için oldukça esnek bir modeldir. Uygun ARIMA modeli seçildiğinde, verilerin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için kullanılabilir.

2.1.3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağlarının temel görevi örnek veri setindeki yapıyı öğrenmesi ve bu çıkarımdan yola çıkarak genelleştirmeler yaparak istenilen görevi yerine getirmesidir [44]. Yapay bir sinir ağı, karar vermeyi işlemek için girdi katmanlarını, gizli sinir katmanlarını ve çıkış sinir katmanlarını içerir. Ağda nöron, çıktı bilgilerini sonraki katmana göndermeden önce bir girdiyi değiştiren temel yapıdır. Nöral bağlantıların mimarisi, doğrusal olmayan matematiksel işlemlerdir ve nöral katmanlar arasındaki etkileşimler karmaşık ve doğrusal olmayan davranışlarla sonuçlanır. Bazı açılardan insan beyninin sinirsel aktivitesine benzerler, ancak eğitimlerinde, davranışlarında ve kapasitelerinde farklılıklar vardır [45].

Bu çalışmada modelin tasarımı ve eğitimi aşamaları aşağıda adım adım verilmiştir.

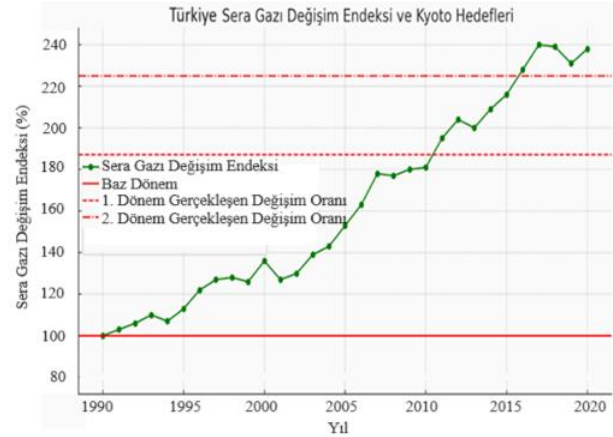
- **Veri Hazırlığı:** İlk adım, veri setini modelin eğitimi için uygun hale getirmektir. Bu, eksik verilerin doldurulması, verilerin normalleştirilmesi ve gerekirse öznelik mühendisliği (feature engineering) yapılmasını içerir.
- **Model Mimarisi:** YSA modeli, genellikle birden fazla gizli katmanına sahip olabilir. Her katmandaki nöron sayısı ve katman sayısı, modelin karmaşıklığını belirler.
- **Eğitim:** Model, geçmiş verilere (1990-2020) dayanarak eğitilir. Bu süreçte, modelin ağırlıkları gerçek verilerle en iyi uyumu sağlayacak şekilde ayarlanır.
- **Optimizasyon ve Kayıp Fonksiyonu:** Modelin eğitimi sırasında, genellikle geri yayılım (backpropagation) ve gradyan düşüşü (gradient descent) gibi yöntemler kullanılır. Modelin performansı, bir kayıp fonksiyonu (örneğin, ortalama karesel hata) ile değerlendirilir.
- **Doğrulama ve Ayarlamalar:** Modelin genelleştirme kapasitesini değerlendirmek için doğrulama veri seti kullanılır. Gerekirse modelin hiperparametreleri (örneğin, öğrenme hızı, katman sayısı) ayarlanır.
- **Model eğitimi tamamlandıktan sonra, 2021-2050 yılları için tahminler yapılır. Bu tahminler, modelin öğrendiği kalıpları ve ilişkileri kullanarak gelecekteki değerleri tahmin etmesine dayanır.**

2.2. Veri Analizi: Verilerin analizi, Python ve SPSS programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, verilerin istatistiksel olarak incelenmesine ve sonuçların çıkarılmasına yardımcı olmuştur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA (Research Findings and Discussion)

3.1. Türkiye Sera Gazı Değişim Endeksi ve Kyoto Hedefleri

Çalışmada Türkiye’de 1990-2020 yılları arasında gerçekleşen sera gazı emisyonları değişim endeksleri yüzde cinsinden hesaplanmış ve 1990 yılı baz değeri ile 1. dönem (2008-2012) ile 2. dönem (2013-2020) gerçekleşen ortalama endeks değerleri hesaplanarak grafiklendirilmiş ve Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 4. Türkiye sera gazı değişim endeksi (%) ve dönemsel endeksler(%)

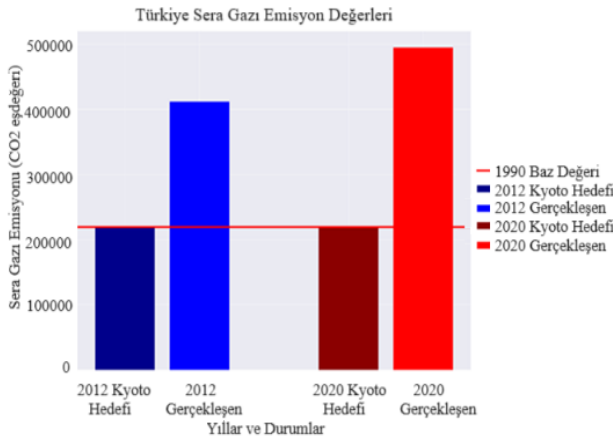
Şekil 4’te kırık çizgi yıllara göre sera gazı değişim endeksini göstermektedir. Kırmızı renkteki sürekli yatay çizgi 1990 yılı baz değerini göstermektedir. Kırmızı renkteki kesikli çizgiler ise her iki dönem için gerçekleşen emisyonları göstermektedir. 1990 yılı, Türkiye için belirlenen baz dönemdir. Bu yıl için sera gazı emisyon değeri sembolik bir değer olarak kabul edilmek üzere yüzde bazında 100 birim olarak kabul edilmiştir.

2008-2012 yılları arasında, Türkiye’nin 1. dönem ortalama emisyon değeri, 100 birime kıyasla artış göstermiş ve 1. dönem gerçekleşen değişim oranı %187 olarak hesaplanmıştır. Bu dönemde, 1990 baz yılı emisyon değerine göre %87’lik bir artış yaşanmıştır. Türkiye için belirlenen Kyoto Protokolü hedefi açıkça belirtilmemiş olsa da, eğer bir azaltma hedefi varsa, bu artış hedefin karşılanmadığını göstermektedir.

2013-2020 yılları arasında, Türkiye’nin 2. dönem ortalama emisyon değeri 100 birime kıyasla bu dönem de artış göstermiş ve 2. dönem gerçekleşen değişim oranı %225 olarak hesaplanmıştır. Bu dönemde de, 1990 baz yılı emisyon değerine göre %125’lik bir artış yaşanmıştır. Türkiye bu nedenle 2. dönem de emisyonunu azaltma hedefine ulaşamamış görünmektedir.

Gerçekleşen emisyon endeksleri her iki dönem için 100'ün üstünde kalmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin her iki dönemde de emisyonlarında artış yaşadığı ve Kyoto Protokolü'nün öngördüğü azaltma hedeflerine ulaşamadığı şeklinde yorumlanabilir.

Şekil 5'e göre Türkiye'nin baz dönem sera gazı emisyon değeri 219.720 ton (CO₂ eşdeğeri) olarak kaydedilmiştir. Kyoto Protokolü'nün I. dönemi olan 2008-2012 yılları arasındaki ortalama emisyon değeri ise 411.634 ton olarak hesaplanmıştır. Bu, 1990 baz yılına göre yaklaşık %87'lik bir artış anlamına gelir. Bu nedenle Türkiye'nin I. dönem sonucu "Başarısız" olarak değerlendirilmiştir. Kyoto Protokolü'nün II. dönemi olan 2013-2020 yılları arasındaki ortalama emisyon değeri ise 494.870 ton olarak hesaplanmıştır. Bu değer de yine %125'lik bir artışa işaret etmektedir. Sonuç olarak Türkiye'nin emisyonunu azaltma hedefinden II. dönem de uzaklaştığı ve bu dönem sonucunun da "Başarısız" olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu verilere dayanarak, Türkiye'nin 1990'dan 2020'ye kadar olan dönemde Kyoto Protokolü kapsamında belirlenen somut bir hedefi olmasa da azaltma hedeflerine ulaşamadığı söylenebilir.



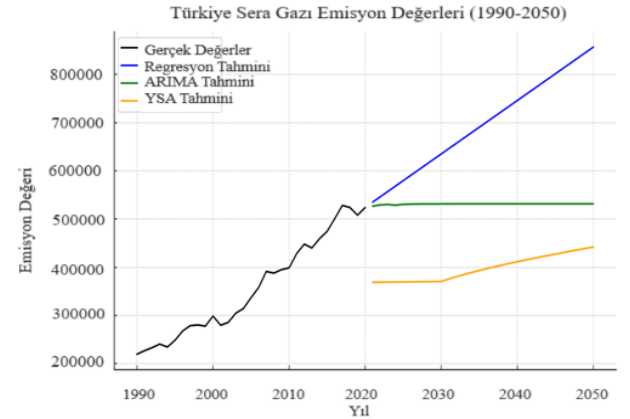
Şekil 5. Türkiye Kyoto Protokolü hedef emisyonları ile gerçekleşen emisyonların karşılaştırılması

3.2. Türkiye'nin Gelecekteki Sera Gazı Emisyon Değerlerinin Lineer Regresyon, ARIMA ve YSA ile Tahmini

Bu çalışmada Türkiye'nin 2020 yılından 2050 yılına kadar gerçekleşecek sera gazı emisyon değerleri üç farklı zaman serisi metodu ile tahmin edilmeye çalışılmıştır ve tahmin sonuçları Şekil 6'da sunulmuştur. Şekilde öncelikle Türkiye'nin 1990'dan 2020'ye kadar olan sera gazı emisyon değerlerindeki değişimi gösterilmiş ve 2050 yılı için üç farklı yöntem (Lineer Regresyon, ARIMA ve Yapay Sinir Ağları) kullanılarak yapılan tahmin sonuçları grafiklendirilmiştir.

Regresyon Tahmini emisyonunda diğer iki yönteme oranla çok daha yüksek oranda artış tahmin etmiştir. ARIMA

tahmini emisyonun bir miktar yükseleceğini fakat yükselmenin artarak devam edeceğini gösterirken, YSA başlangıçta emisyonları önceki yılların ortalaması bir değer almış fakat devamında diğer yöntemler gibi yükselme öngörmüştür. Fakat üç yöntemde de emisyonların başladıkları noktaya kıyasla genel olarak artış eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Üç tahmin yöntemi karşılaştırıldığında hassasiyet anlamında ARIMA modelinin daha hassas davrandığı söylenebilir. YSA'nın bu veri seti için çok sağlıklı sonuçlar vermediği veya uzun dönem zaman serisi tahminlerinde kullanıma çok da uygun olmadığı yorumu yapılabilir. Literatürde bu yöntem kullanılarak yapılan kısa dönem gelecek tahminleri başarılı olmuştur [33, 34]. Bu çalışmada YSA'nın başlangıç noktasında hata vermesinden yola çıkılarak uzun dönem gelecek tahminleri için kullanıma çok uygun olmadığı şeklinde yorumlanmıştır. Lineer regresyon ise daha çok geçmiş verilerin gidişatını göstererek tahminlerde bulunduğu için çok hassas sonuçlar elde edilemeyeceği düşünülmüştür. Literatürde de sıkça kullanılan ARIMA modelinde iyileştirmeler ve geliştirmeler yapılarak sera gazı emisyon tahmininde daha yakın sonuçlar elde edilebileceği kanısına varılmıştır. Yapılacak çalışmalarda, daha farklı bağımsız değişkenler kullanılarak, değişken sayıları artırılarak veya farklı tahmin modelleri ile çalışılarak bu çalışmada yapılan tahmin modelleri ile karşılaştırmalar yapılabilir.



Şekil 6. Türkiye gerçekleşen (1990-2020) ve tahmini (2020-2050) sera gazı emisyon değerleri

Tablo 2'de 1990-2020 yılları Türkiye için IGES veri tabanından alınan, sera gazı gerçekleşen emisyon değerleri verilmiştir [46]. 1990 yılı emisyon değeri 219720.00 ton iken 2020 yılı emisyon değeri 523897.19 tondur. Bu, 30 yıllık süreçte %138.4'lük bir artışa işaret etmektedir.

Tablo 2. 1990-2020 yılları Türkiye sera gazı gerçekleşen emisyon değerleri (CO₂ eşdeğeri)

Yıl	Sera Gazı Emisyonu (CO ₂ eşdeğeri)
1990	219720

1991	227105	2030	635034	531476	370550
1992	233313	2031	646118	531537	375660
1993	240636	2032	657202	531568	380463
1994	234611	2033	668286	531605	384932
1995	248561	2034	679370	531599	389188
1996	267662	2035	690454	531621	393253
1997	278883	2036	701538	531630	397153
1998	280438	2037	712622	531634	400908
1999	277880	2038	723706	531640	404534
2000	299010	2039	734790	531640	408047
2001	279805	2040	745874	531643	411461
2002	285699	2041	756958	531644	414786
2003	304854	2042	768042	531645	418033
2004	314475	2043	779126	531646	421210
2005	336986	2044	790209	531646	424325
2006	357962	2045	801293	531646	427384
2007	391260	2046	812377	531647	430393
2008	387868	2047	823461	531647	433358
2009	395127	2048	834545	531647	436282
2010	398676	2049	845629	531647	439171
2011	428492	2050	856713	531647	442027
2012	448006				
2013	440049				
2014	459366				
2015	474470				
2016	500752				
2017	528312				
2018	524039				
2019	508078				
2020	523897				

Tablo 3’de ise 2021-2050 yılları arası Türkiye sera gazı emisyonu tahmini (Lineer Regresyon, ARIMA, YSA) sonuçları verilmiştir. 2050 yılı için elde edilen tahmin sonuçları; Regresyon Tahmini’nde: 856713.22 ton, ARIMA Tahmini’nde: 531646.91 ton ve YSA Tahmini’nde: 442027.17 ton şeklinde elde edilmiştir.

Tablo 3. 2021-2050 yılları Türkiye sera gazı tahmini (Regresyon, ARIMA, YSA) emisyon değerleri (CO₂ eşdeğeri)

Yıl	Lineer Regresyon Tahmini Emisyon Değerleri (CO ₂ eşdeğeri)	ARIMA Tahmini Emisyon Değerleri (CO ₂ eşdeğeri)	YSA Tahmini Emisyon Değerleri (CO ₂ eşdeğeri)
2021	535278	526810	368908
2022	546362	529499	369090
2023	557446	530243	369273
2024	568530	528792	369455
2025	579614	530516	369638
2026	590698	530915	369820
2027	601782	531191	370003
2028	612866	531399	370185
2029	623950	531283	370367

Artan enerji maliyetleri ve iklim değişikliği, sanayileşmiş ve sanayileşen ülkeleri gelecekteki enerji kaynakları konusunda zor durumda bırakmıştır. Bu durum ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi arayışına itmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımında sadece %1’lik bir artışın, CO₂ emisyonlarında uzun vadede %0,14’lük bir azalmaya yol açtığı gözlemlenmiştir [47]. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın 2019 yılı raporuna göre Türkiye yenilenebilir enerji kapasitesinde büyüme göstermiş ve dünyada 12. sırada yer almıştır. IEA’nın 2021 raporu ise Türkiye’nin yenilenebilir enerji gücünün son on yılda üç katına çıktığı ve 2023 yılında açılacak nükleer enerji ile yenilenebilir enerji gücünün çeşitleneceği belirtilmiştir. Son iki rapordan da anlaşılacağı üzere Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem ve yapılan yatırımlar her geçen gün artmaktadır. İklim değişikliği ile ulusal mücadelede öncelikli olarak hükümetin karbon ayak izi yüksek olan bölgeleri belirlemesi ve o bölgelere yatırım yapması bile büyük oranda emisyonu azaltabilir. Türkiye’deki sera gazı emisyonlarının çoğu, ticari olmayan kriterler altında faaliyet gösteren, büyük ölçüde devlete ait bir sektör olan elektrik üretim sektöründen kaynaklanmaktadır [48]. Bu nedenle, enerji endüstrisine yakıt girdisinin yeniden düzenlenmesi, Türkiye’de sera gazı emisyonlarını azaltmak için pek çok fırsat sunabilir [14]. Şehir düzeyinde alacağımız önlemlerle ulusal ve hatta uluslararası iyileşmenin yolu açılabilir. Küresel anlamda genelde ve özelde tahribatı minimize edecek önlemler alınmalıdır.

Birçok G20 ülkesinde binek otomobiller ve hafif ticari araçlar için zorunlu CO₂ azaltma politikaları uygulanmaktadır. Türkiye’de de bu anlamda zorunlu standartlar uygulamaya konmalıdır. Bu uygulama ile karbon emisyonlarının yıllık %4 ila %6 oranında

azalacağı tahmin edilmektedir. Ulaşım sektörü için ayrıca hibrit yakıt kullanımı, hafif malzeme kullanılması lastik tercih edilmesi gibi yöntemlerle karbon ayak izini düşürmeye yönelik önlemler alınmaya çalışılmaktadır [49]. Çevre koruma amacı güden kuruluşlar (Uluslararası Doğayı Koruma Birliği, Türkiye Çevre Eğitim Vakfı, Yeşilay, Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Greenpeace vb.) çevre sorunlarını önleyici çalışmalarını desteklenmelidir [12]. Buna rağmen trendin artış yönünde olması Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olarak BMİDÇS ile Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmalarından yararlanma isteğine de bağlanabilir. Bununla birlikte emisyonun azaltılması için temiz, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılmasında, öncelik verilmesinde ve hatta bu enerjilerin teşvik kapsamına alınmasında yarar görülmektedir. Bu nedenle teknik, ekonomik ve sürdürülebilir hidrolik enerji potansiyelinin tamamının kullanılması gerekir. Baraj ve su havzalarının yutak görevi görmesi sebebiyle su kaynaklarının değerlendirilmesi ayrıca gerekli görülmektedir. Nitekim özellikle son yıllarda hidrolik enerjiye ve su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar etkisini gösterdiğinde (bir kaç yıl sürebilir) emisyonunda ciddi bir azalmanın olması beklenebilir. İklim değişikliğinden en çok etkilenen doğal kaynaklar su kaynakları olması nedeniyle Süme ve diğ. (2024), Daneshfaraz ve diğ. (2022), Abbaszadeh ve diğ. (2024), Norouzi ve diğ. (2023), Daneshfaraz ve diğ. (2023) gibi suya ve su kaynaklarına dair deneysel, teorik ve/veya alan çalışmalarına [45, 47, 50, 51, 52] akademik düzeyde ihtiyaç duyulmaktadır.

4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME (Results and Evaluation)

Türkiye'nin Kyoto Protokolünün her iki döneminde de sera gazı emisyon verilerinin giderek arttığı yapılan endeks hesaplarında açıkça görülmüştür. Yine Türkiye'nin 2021-2050 yılları arasındaki emisyon değerlerini tahmin etmek için kullanılan RA, YSA ve ARIMA modelleri emisyonların giderek artacağını öngörmüştür. Türkiye 1. dönem emisyon azaltım sorumluluğu zaten bulunmamaktadır. Bu nedenle bu dönemde bir azaltımın olmaması beklenen bir durumdur. Ancak 2. dönem için yıllar içinde artan nüfusun, buna bağlı olarak enerji talebinin ve sanayi üretimindeki artışın sera gazı emisyonunun artmasına neden olduğu söylenebilir. Bununla birlikte özellikle son yıllarda hidrolik enerjiye ve su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların etkisini gösterdiğinde (bir kaç yıl sürebilir) emisyonunda ciddi bir azalmanın olması beklenebilir. Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olması dolayısıyla protokolün esneklik mekanizmalarından yararlanma imkanı da bulunmaktadır. Bu imkanın değerlendirilmesinde de fayda görülmektedir. Diğer taraftan, Türkiye'nin, sadece emisyon taahhüdü için değil aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmesi amacıyla da

güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal ve biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi gerekmektedir. Türkiye aslında son yıllarda iklim değişikliği konusunda ciddi bir çaba içine girmiş ve farkındalık oluşturmuştur. Çözüm odaklı bu yaklaşımla birçok ülkede olduğu gibi temiz çevre modeli olan yeşil ekonomi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır.

REFERENCES

- [1] Sözen, A., Alp, İ. (2009). Comparison of Turkey's performance of greenhouse gas emissions and local/regional pollutants with EU countries, *Energy Policy*, 37(12), 5007-5018.
- [2] Oral, N., (2019). Mühendislikte Yeni Trendler: Enerji ve Çevre Sürdürülebilirliği Bilgilendirme Semineri, 21 Ekim 2019, İskenderun, Türkiye.
- [3] Binboğa, G., (2017). Sürdürülebilirlik Kapsamında Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Türkiye'nin Durumunun İncelenmesi, *MCBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(4), 207-238.
- [4] T.C. Tarım Orman Bak., (2021). IPCC - ar6_WGI_Yönetici Özeti.pdf (tarimorman.gov.tr), (26 Mayıs 2024).
- [5] Doğan, S., Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği İle Mücadele: Genel Yaklaşımlar ve Uluslararası Çabalar. *Journal of Sociological Studies*. (44), 157-194.
- [6] Aytekin, A., Toprak, Z. F. (2001). Fresh Water Saltwater Distribution and Freshwater Potential of Turkey, *Proc. International Symposium on Water Resources and Environmental Impact Assessment*, 233 - 238, İstanbul.
- [7] Erden Özsoy, C. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198-215.
- [8] Toprak, Z.F., Hamidi, N., Toprak, Ş. ve Şen, Z., (2013). Climatic Identity Assessment of the Climate Change, *Int. J. Global Warming*, 5(1), 30-45.
- [9] Toprak, Z. F. (2013). Küresel İklim Değişikliğine Genel Bir Bakış (Davetli Konuşmacı), 3. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013, 23 - 25 Haziran 2013, İTÜ, İstanbul - Türkiye.
- [10] Batan, M., Toprak Z. F., ve Şen, Z. (2013). Küresel İklim Değişikliği Üzerinde Yapılan Çalışmaların Sınıflandırılması, 3. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013, 23 - 25 Haziran 2013, İTÜ, İstanbul - Türkiye.

- [11] Toprak, Z.F., Toprak, S., Hamidi, N., (2011). Global Climate Changes And Meteorological Identity, The 4th International Symposium- Water Resources and Sustainable Development (CIRED'4), 22 – 23 February, 2011, Algiers-Algeria.
- [12] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2023). TÜİK Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri yayımlandı (iklim.gov.tr), 25 Mayıs 2024.
- [13] Akyol, M. (2022). Karbon Ayak İzinin Zaman Serisi Veri Madenciliği Yöntemleri ile Tahmini: Türkiye Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- [14] Erdoğan, E., (2010). Turkish support to Kyoto Protocol: A reality or just an illusion, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3), 1111-1117.
- [15] Lerner, K. L., Lerner, B. W. (2006). Environmental issues: essential primary sources, Thomson Gale.
- [16] Coşkun, A. A., Gençay G., (2011). Kyoto Protocol and “deforestation”: A legal analysis on Turkish environment and forest legislation, *Forest Policy and Economics*, 13(5), 366-377.
- [17] T.C. Dışişleri Bak., <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>, 25 Mayıs 2024.
- [18] Polat, O. (2019). http://web.bilecik.edu.tr/onurpolat/files/2019/09/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf, (26 Mayıs 2024).
- [19] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2022). <https://www.csb.gov.tr>, Türkiye Cumhuriyeti Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı, (10 Mart 2024).
- [20] Türkeş, M., Kılıç, G. 2004. Avrupa Birliği'nin İklim Değişikliği Politikaları ve Önlemleri, *Çevre, Bilim ve Teknoloji, Teknik Dergi*, 2, 35-52.
- [21] Karakaya, E., Özçağ, M. (2003). Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, VII. ODTÜ İktisat Konferansı, Ankara, Türkiye.
- [22] Ayhan, D., 2010. Enerji, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Küresel İklim Değişikliği Sorunsalı ve Kyoto Protokolü: Türkiye Analizi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye.
- [23] Hocaoglu Bahadır, N. 2011. Avrupa Birliği'nin İklim Değişikliği Politikaları Ve Türkiye'nin Bu Politikalara Uyumu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye.
- [24] Selçuk, S.F., (2023). Uluslararası İklim Değişikliği Anlaşmaları ve Türkiye'nin Tutumu, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 9-19.
- [25] Atamer S. (2008). İklim Değişikliği Politikaları Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu, Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi, 9 Ocak 2023, Türkiye.
- [26] Taşdan, F. (2008). Kyoto Protokolü Finansal Destek Mekanizmaları Çerçevesinde Türkiye'de Gönüllü Salım Ticareti, 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, 15–16 Ocak 2009, İstanbul.
- [27] Çelikkol, H., Özkan, N. 2011. Karbon Piyasaları ve Türkiye Perspektifi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (31), 203-222.
- [28] Çetinkaya, E., Sokulgan, K. (2009). Kyoto Protokolü ve Karbon Emisyon Piyasası, *Vobjektif*, 12.
- [29] Yalçın, A. Z. 2010. Sürdürülebilir Kalkınma için Düşük Karbon Ekonomisinin Önemi ve Türkiye için Bir Değerlendirme, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(24), 186-203.
- [30] Bayrak, M. R., (2012). Sürdürülebilir Kalkınma için Türkiye'de Düşük Karbon Ekonomisi ve Kyoto Protokolü'nün Finansman Kaynakları, *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 266-279.
- [31] Konak, N. (2011). Küresel İklim Değişikliği, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları, Gönüllü Karbon Piyasası ve Türkiye: Eleştirel Yaklaşım, *Alternatif Politika*, (2),154-178.
- [32] Binboğa, G.(2014). Uluslararası Karbon Ticareti ve Türkiye, *Journal of Yasar University*, 9(34) 5732-5759.
- [33] Pabuçcu, H., Bayramoğlu, T. (2017). Yapay Sınır Ağları İle CO₂ Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762-778.
- [34] Rezaei MH, Sadeghzadeh M, Nazari MA, Ahmadi MH, Astarai FR. (2018). Applying GMDH artificial neural network in modeling CO₂ emissions in four Nordic countries., *Int J Low-Carbon Technol*, 13(3), 266–271.
- [35] Hamzaçebi, C., Karakurt, I. (2015). Forecasting the energy-related CO₂ emissions of Turkey using a grey prediction model, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 37(9), 1023-1031.

- [36] Mercan, M. (2016). Türkiye İçin Karbon Emisyonlarının Tahmini: Zaman Serisi Analizi, Aydın İktisat Fakültesi Dergisi, 1(1), 4-19.
- [37] Shaikh, M. A., Kucukvar, M., Onat, N. C., Kirkil, G. (2017). A framework for water and carbon footprint analysis of national electricity production scenarios, Energy, 139, 406-421.
- [38] Wang, Z. X., Ye, D. J. (2017). Forecasting Chinese carbon emissions from fossil energy consumption using non-linear grey multivariable models, Journal of Cleaner Production, 142, 600-612.
- [39] Li, M., Wang, W., De, G., Ji, X., Tan Z. (2018). Forecasting carbon emissions related to energy consumption in Beijing-Tianjin-Hebei region based on grey prediction theory and extreme learning machine optimized by support vector machine algorithm, Energies, 11(9), 2475.
- [40] Pao, HT., Fu, H., Tseng CL. (2012). Forecasting of CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China Using an Improved Grey Model, Energy, 40(1), 400-409.
- [41] Hertwich, E. G., Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis, Environmental Science & Technology, 43(16), 6414-6420.
- [42] Kunda, D., Phiri, H. (2017). An Approach for Predicting CO₂ Emissions using Data Mining Techniques, International Journal of Computer Applications, 172(13), 7-10.
- [43] Kaynar, O., Taştan, S. (2009). Zaman Serileri Tahmininde ARIMA-MLP Melez Modeli, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23(3), 141-149.
- [44] Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- [45] Abbaszadeh, H., Daneshfaraz, R., Sume, V., & Abraham, J. (2024). Experimental investigation and application of soft computing models for predicting flow energy loss in arc-shaped constrictions. AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 73(3), 637-661.
- [46] Küresel Çevre Stratejileri Enstitüsü (IGES), (2023). https://www.iges.or.jp/en/searchresult?search_api_fulltext=ghg+emissions&items_per_page=10, (15 Aralık 2023).
- [47] Süme, V., Daneshfaraz, R., Kerim, A., Abbaszadeh, H., & Abraham, J. (2024). Investigation of clean energy production in drinking water networks. Water Resources Management, 1-20.
- [48] Öner, Ş. (2023). İklim Değişikliği Sorununun Uluslararası Gelişmeler Eşliğinde Türkiye'nin Politika ve Kurumlarına Yansıması, OMBUDSMAN AKADEMİK, 9(18), 13-47.
- [49] Mock, P. (2016). Türkiye'de Karayolu Taşımacılığı Sektörü Kaynaklı Emisyonların Azaltılmasına Yönelik Politikalar, İstanbul Politikalar Merkezi, Sabancı Üniversitesi, Stiftung Mercator Girişimi, 1-15.
- [50] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Abbaszadeh, H., Kuriqi, A., & Di Francesco, S. (2022). Influence of sill on the hydraulic regime in sluice gates: an experimental and numerical analysis. Fluids, 7(7), 244.
- [51] Norouzi, R., Ebadzadeh, P., Sume, V., & Daneshfaraz, R. (2023). Upstream vortices of a sluice gate: An experimental and numerical study. AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 72(10), 1906-1919.
- [52] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Ebadzadeh, P., & Kuriqi, A. (2023). Influence of sill integration in labyrinth sluice gate hydraulic performance. Innovative Infrastructure Solutions, 8(4), 118.

Fair exploitation of Aras border river from the point of view of international law

Mohammad Musazadeh(1)*

(1) Department of Law, Faculty of Humanities, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received date: **29.06.2024**; Accepted date: **03.07.2024**; Published date: **04.07.2024**

Turkish Journal of Hydraulic (Türk Hid. Der.), Vol (Cilt): 8, Number (Sayı): 1, Page (Sayfa), 32-44, (2024)

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.org.tr>

*Correspondence e-mail: musazadeh@maragheh.ac.ir

Abstract

The Turkish government is trying to justify the construction of numerous dams on the Aras River by citing the principle of absolute territorial sovereignty, but in general, the principle of a country's absolute sovereignty over the river has been rejected by international law thinkers and governments. According to these principles, no country should stop or divert the natural flow of river water that naturally flows from its territory to the territory of another country, and should not use that river or the normal use of that river in a way that causes damage to the neighboring country. It is closed in its own land. It seems that international laws and documents based on them oblige governments to protect their rights in cases that have border waters, and the construction of many dams by the Turkish government is unjustified. The results show that based on the fair exploitation of border rivers and shared in international law, solutions and approaches based on the cooperation regime, the ways of fair exploitation of Aras border river can be operationalized and implemented. Guaranteeing the right to fair use of border and common rivers in international law includes general and specific guarantees. In international law, rules such as rational and wise use, fair and reasonable exploitation, and the obligation not to cause serious harm in the use of border and common rivers, including the Aras River, govern.

Keywords: Border and shared rivers, Fair utilization Iran, Türkiye , Aras River

1. INTRODUCTION

Water is a very vital substance and limitations of this vital substance affect the capacities of other resources including food, energy, fish stocks and wildlife. Extraction of other resources such as food, minerals and forest products can also be limited according to the quantity and quality of water resources. This shows the importance of shared water resources between countries. Since 80 countries have rivers in common with their neighbors and more than 150 big rivers cross the territory of several countries and more than half of the world's inhabited areas enjoy the water of these rivers. On the other hand, with the growth of the world population and the industrialization of societies, the

quantity and quality of natural resources are decreasing, water disputes between countries have increased in number and intensity. Today, international rivers, apart from traditional uses, determining the border line and strategic use, fishing, etc., are used in various ways in agriculture, industry and shipping, which with the advancement of technology, more than every day Before the variety of their exploitation is increased. Exploitations are often done without considering the capacity and power of water resources, and sometimes effective and appropriate measures for its protection are not thought of. The geographical diversity of different water regions of the

world and the multiplicity and variety of polluting sources have caused the complexity of the problem. Paying attention to the review of international water rights and laws related to rivers and common water basins and providing new and creative solutions for the peaceful settlement of related disputes, especially in the Middle East, which is more exposed to the dangers of water conflicts than other regions. Yes, it is an issue that can become one of the biggest challenges if it is not given sufficient attention and precision, and these conflicts can be one of the potential threats to international peace. Iran's relations with neighboring countries, including Turkey, regarding common rivers are based on "agreement". Iran has bilateral agreements with its neighbors on most of the border rivers. including the 1999 treaty with the former Soviet Union regarding the Aras, Etrak and other 12 common rivers, the 1994 protocol on the Sari Su, Qarasu rivers with Turkey, the 1999 treaty on the Hirmand River with Afghanistan, and the 1999 border water agreement with Iraq.

The extent of border rivers in Iran shows the importance of examining and studying the legal system of border rivers and especially the importance of examining the legal status of Aras River due to the decrease in the quantity and quality of water of this river in recent years as the most important source of fresh water for residents of Azerbaijan provinces. The studies conducted show that with the construction of numerous dams by Turkey on the Aras River as an international river that passes through different countries and enters the borders of Iran downstream, it leads to a decrease in the volume of water received on the one hand. And receiving water with reduced quality. Out of the total of 14 dams that Turkey has defined for construction in the Aras River catchment area, including the Karakot Dam, 6 of them have been used so far. All the dams that have reached the operational stage are located in Kars province of Türkiye. Therefore, this research examines the right to fair use of border and common rivers in international law, relying on the case study of Aras River and the construction of numerous dams by Turkey on it.

Considering the importance and sensitivity of the discussion of the border river Aras, as well as its importance at the present time when the country is dealing with a water shortage crisis, as well as the unwillingness of the Turkish government to solve the problems related to the dams created in front of the Aras river, such researches are conducted. It can help a lot in the direction of identifying legal, international and domestic problems to solve the crisis peacefully and through legal approaches, so this research can be important and necessary for research. Conducting such issues based on their sensitivity level can be useful in the field of presenting new legal analyzes

theoretically and practically, and finally considering that the issue is up-to-date and no research has been done on this issue yet.

2. MATERIALS and METHODS

In November 2002, the United Nations Committee on Economic, Social and Cultural Rights issued a non-binding declaration regarding the right to access water as a human right: the right to access water is necessary to live in human dignity and is a necessary condition for the realization of human rights.

This principle was reconfirmed in the third and fourth World Water Councils in 2003 and 2006, which meant revoking the conclusion of the second World Water Summit in La Haye 2000. Finally, the United Nations declared water and sanitation as human rights on July 28 [1].

2.1. National and international requirements

According to paragraph 17 of the third part of the international human economic, social and cultural rights (2002), national human rights requirements are divided into three categories of requirements for respect, protection and obligations. In addition to national obligations, there are international obligations on all countries that are parties to the agreement.

The committee obliges all the countries that are parties to the agreement to avoid any actions that hinder the access of the people of other countries to water, increase the pollution of water resources or reduce the total amount of water and prevent their people from carrying out the above actions against the people of other countries. In addition, paragraph 32 of the General Declaration obliges countries to refrain from using water as a political or economic tool for sanctions or the like.

2.2. Legal doctrine of international rivers

Water is going to take the place of oil as a strategic material, which in any case has reached the end of its useful life in many areas. The issue of water has special complications that lead to political, economic, legal, social, symbolic and environmental controversies. The issue of water in the Middle East is also a contentious issue that plays a major and important role in the region in order to determine domestic and foreign political issues. Therefore, water is a topic of tension and crisis in the world. "In an analytical assessment of the critical risks that threaten international peace in the future, the Central Intelligence Agency of America (CIA) has identified at least 10 regions of the world where the fire of war over water and its distribution may flare up. Most of these critical places are located in the Middle East.

Rivers are the lifeblood of the world, today, there are more than 300 international rivers in the world, in almost all of which bilateral or multilateral understandings have been established and applied, and the agreements of some of these rivers date back to The Middle Ages, that is, it goes back to about 400-500 years ago [2]. Today, there is a consensus that the lack of water and the way to use common water can be among the sources of war. About 40% of the world's population has common watersheds, and 50 to 60% of the size of each continent is made up of common watersheds [3]. Water resources are closely related to the governance and economic life of many countries. According to international law, countries have the right to sovereignty over the rivers that pass through their territory, and the problem arises when a river crosses several countries, in this case, each country has sovereignty over a part of the river that is in the territory of that country. And it is free in the implementation of construction projects as long as it does not reduce or stop the flow of water to other countries. Otherwise, disagreements may lead to war [4].

Resolving disputes and crises that arise over water between countries is difficult in at least two ways: firstly, there is currently no clear and decisive international law to protect and share water between countries and communities with interests. And a third of the world's rivers are subject to specific local and regional agreements. The Helsinki Agreement in 1966, which is about the use of international rivers, emphasizes that every country within its borders has the right to fairly use the waters of the international basin. Therefore, the uncertainty and transparency of international laws prevent the agreement between countries. Second, that the crises caused by water are considered to be part of geopolitical crises, which unlike political crises that are easily resolved in conferences, are late and cannot be resolved easily, because the conflict is over a Geopolitics is like water, and geographical values in a country are also considered part of national interests, and governments cannot easily bargain over national interests. Therefore, the simple definition of international water resources rights or international river rights, which does not include the rights of the seas, is as follows: International water resources rights is a branch of general international law that affects relations between states or between states. and international organizations govern issues related to water resources [5].

From the beginning of the 20th century, new forms of water exploitation of international rivers were formed, especially for the production of hydropower and land irrigation, and new international treaties were concluded for the exploitation of common water resources. Subsequently, other treaties were concluded in order to prevent or reduce

the harmful effects of water due to floods or soil erosion and to protect against natural disasters. From the second half of the 20th century, the protection of international waterways against pollution became the most important concern of the states, and for this purpose, several treaties were approved. Also, the widespread global concern for the protection of the environment has led to the adoption of several international measures to formulate treaties for the protection of all water resources and other elements of the environment, including air, space, seas, lands, forests and other natural resources that are directly related to Water is related. It can be said that the evolution of international water resource rights is closely related to the economic, technical and social development of nations. As it was said, the legal resolution of the conflict between the upstream and downstream governments is entrusted to the rights of international waterways. But due to the lack of binding rules in the legal regime of non-navigational uses of common waterways, the countries are limited to the fundamental extent of fair and reasonable use which is usually assumed to be in the best interest of the government and the principle of prohibiting significant harm - which is usually assumed be beneficial to the downstream government, they resort to asserting their rights and use different theoretical bases to justify their actions [6].

The new evolution of the common law of international rivers is the conclusion of the treaty, "Rights of non-navigational uses of international waterways" dated May 21, 1997. The 1997 United Nations Convention, which is the result of the collective work of the most prominent jurists and based on the consideration of countries' practice and declaration of their positions in the field under discussion, was approved with 103 votes in favor, three votes against (Burundi, China and Turkey) and 27 abstentions. It was the result of the 33-year actions of the International Law Commission. This agreement has not come into force yet [7].

The number of countries that have accepted the convention is 19 countries, and 16 countries remain until the required 35 countries. It is clear that no end date has been set for the implementation of the convention. The convention will be implemented by the members before 35 accession or acceptance, regardless of how long it takes [8]. Considering the small number of ratifies and in the absence of the positive opinion of important countries with an upstream position in international waterways, it can be said that there is no global binding framework for providing rules governing the behavior of countries. In such a situation, bilateral or multilateral treaties and agreements of countries and their approach to the issue of national or human security regarding common water resources become important [9].

2.3. Jurisdiction of international rivers according to international law experts

The most important principles and theories of international law experts regarding the jurisdiction of international rivers can be divided into four categories:

1- The principle of absolute territorial sovereignty: according to this principle, a part of the international river, which flows in the state territory, is like national waters, and that state can freely cut off its flow and intervene in it in any way it deems appropriate. In this regard, Heitman says: "Each of the countries along the river can divert the flow of river water in order to exploit the river water alone." This principle is accepted by the upstream states, and in other words, such states do not consider the right for other states to use international rivers that flow from another country [10]. In truth, the mentioned theory is an unconventional and extreme view that ignores the rights of the downstream states [5]. Also, the mentioned theory does not pay attention to the importance of the dual nature of the state or so-called territorial sovereignty as the source of duties and rights.

2- The principle of absolute territorial integrity: according to this principle, the coastal states of rivers are obliged to allow the natural flow of river water to continue and they have no right to cause the diversion of river water in any way. Oppenheim writes in this regard: "Changing the flow of common waters is not under the authority of one of the states adjacent to the water, because it is an international rule that no state can change the natural state of its country in a way that causes damage to the neighboring country, for example stop or divert the water flow of the river flowing in the neighboring country" [10]. Countries downstream of international rivers favor the theory of absolute territorial integrity, which is similar to the theory of natural flow of water. The theory of natural flow grants "free rights" to the neighboring countries downstream of the river. It also includes the right of veto for any exploitation of water in the upstream areas of the river, which may lead to disruption of the natural flow of water [5]. The mentioned theory has never been accepted in international law and practice, because it is considered impractical. Of course, in the 1950s, this theory was accepted by Egypt, Pakistan, and Bangladesh, which are countries located downstream of international rivers.

3- The principle of joint use of waters: According to this principle, the countries located on the coast of an international river have joint sovereignty over that river. In other words, all the mentioned countries can use the river water equally. Based on this principle, an international river is considered an economic unit, regardless of our borders between countries, and its water belongs to all

coastal countries. Mary Gonak says in this regard: "When an international river passes through the territory of several countries, it is subject to the property rights of the sovereignty of the said countries, and each country must consider the rights of other countries in exercising its rights" [2].

4- The principle of limitation of the use of waters: according to this principle, the sovereignty of each of the riparian countries is limited according to the duties they undertake according to international law. In other words, the jurisdiction of each of the riparian countries is limited to not causing damage to the other riparian country. Smith, an English lawyer who has done extensive research on this matter, believes that the sovereignty and jurisdiction of nations is limited to not causing damage. He states that none of the riparian countries in the river have the right to use the water of the river without consulting the neighboring countries in a way that causes damage to the legal interests of the said countries [10]. Today, the principle of limiting the use of water is accepted as a general legal principle and a reality of the current world. Examining international agreements, opinions of international law scholars, rulings of international courts and decisions made by international organizations show that governments no longer accept the principle of absolute territorial sovereignty, and in the case of rivers international act based on the principle of limiting the use of waters.

Being the ruler of water resources is a geopolitical issue that can be solved with difficulty. Efforts have been made to regulate the use of international rivers, but a precise definition of the extent of governments' sovereignty over these resources has not yet been presented in a way that is acceptable to everyone, based on which issues and disputes over the distribution of resources can be resolved. The water of international rivers dissolved [11]

Water rights consist of all legal approvals that cover various aspects of water management, including protection, exploitation and management of water resources, control of harmful effects, water pollution, etc. [5]. The issue of demarcation of rivers that cross the territory of two or more countries or separate their territory from each other is one of the most important issues that arise in the field of international water law development and has caused There have been many disputes between countries, including armed conflicts.

2.4. Theories governing treaties and international laws

The theories governing the water sharing of transboundary rivers include 4 theories of absolute territorial sovereignty, the Harmon Doctrine, the theory of absolute river integrity,

the theory of limited territorial sovereignty, and the theory of common water sovereignty. These 4 theories can be divided into extreme and moderate forms.

2.4.1. Extreme theories

The theory of absolute territorial sovereignty is often used by upstream countries. This principle refers to the doctrine introduced by US Attorney General Harmon in 1895 in the Rio Grande River dispute with Mexico, arguing that a state has absolute rights to the water flowing through its territory. This theory was immediately rejected by Harmon's successor and then officially rejected by the United States in the issue of water sharing between the United States and Canada. This doctrine was also rejected in the International Court of Law in the case of Llano Lake in 1957, and it is not invoked even now.

Downstream countries often invoke the theory of absolute riverine integrity, according to which the downstream country has rights to the entire natural flow of the upstream river system. This principle also faces non-acceptance in international forums similar to the theory of absolute territorial sovereignty. In the arid and semi-arid regions of the downstream countries, they are often located in the flood plains of the rivers and have less rainfall than their upstream neighbors. As a result, they depended more on river water and used river water for a longer period of time. These countries often have older water infrastructures, and this makes them claim to own the entire basin's water.

2.4.2. Moderate theories

Over time, the extremist defined rights were moderated and most countries accepted the limitations of both the theory of absolute territorial sovereignty and absolute river integrity. The theory of limited territorial sovereignty is actually a consensus and a balance between these two theories. In other words, any government can use the existing waterways in its territory as long as it does not seriously harm the interests of other governments along the river. This theory allows the good neighborly relations of states adjacent to a waterway to be manifested in a better way. Today, the theory of limited territorial sovereignty constitutes the dominant theory and governments have moved towards accepting this theory. Examples of international jurisprudence in the use of this theory are the 1929 judgment of the Permanent Court of Justice in the territorial jurisdiction case of the International Oder River Commission, the judgment issued in 1931 in the New Jersey and New York case, the 1945 arbitration judgment in the dispute between Ecuador and Peru in Zarumila River and the court ruling in the Llano Lake case [12].

In the theory of shared governance, the entire river basin is considered as an economic unit and its management is

assigned to a single system consisting of all the countries of the basin and is divided among them either by agreement or proportionally. This principle has not been widely accepted among countries.

2.5. Turkish dam constructions in the Ares river basin

Only 2.5% of the world's water is made up of fresh water sources, and only 0.3% of this small percentage of fresh water is renewable. The consumption of the limited available fresh water is gradually increasing with the increase in population and changes in lifestyle. In such a way that during the years 1940 to 1990, the world population and along with it, the per capita consumption of water also doubled due to the change in the lifestyle. As a result, the absolute consumption of water has quadrupled during these years, and today about 149 countries in the world face a water shortage. The growing trend of water scarcity in the world has caused the competition of source countries over international waters such as shared rivers and even within the countries it has affected the relations between cities and villages. In this context, so far, about 300 agreements have been signed between different countries to agree on common water resources, and in the text of about 2000 international agreements, parts of the water sector have been mentioned [13].

The growing shortage of water has caused some thinkers to consider water as the main source of war in the future. In such a way that Homer Dixon considers the future wars and civil and social violence mainly caused by the lack of water, food, forest and fishery resources; In 1995, Ismail Sirajuddin, the vice president of the World Bank, stated that the wars of the next century (21st century) will be over water and not oil; "Garth Porter", "Nazley Jursi", "Simon Dalby" and "Robert North" have also made statements in this regard. International rivers are very important as one of the transboundary common resources. In this regard, water is considered as a source of power and the lack of water can lead to the formation of political, economic and security problems for countries. It is on this basis that a group of scientists attach much more importance to water than oil in the future; Because it is possible to live without oil, but human life is not possible without water. Due to these issues, nowadays international rivers (cross-border) are considered a very important factor in political and diplomatic relations between countries [10, 14-15]. Figure 1 shows the aerial view of Aras River on the common border of Iran and Türkiye.

In general, hydropolitics (geopolitics of water) studies the role of water in the relations, convergence and conflicts of human communities and nations and governments, whether it is within countries or between them and has transnational dimensions. be regional, global and international [13].



Figure 1. Aras River on the border between Iran and Türkiye

In the context of Turkey's unilateral hydropolitical measures in the field of dam construction in the Aras basin, it seems that the movement towards the formation of a water diplomacy strategy with the presence of four countries, Turkey, Armenia, Azerbaijan and Iran, can be a way forward. The success of the water diplomacy strategy, in turn, requires the formation of a systemic view of water, considering the sustainable development in the Aras Basin, which creates close connections between water scarcity, food security, energy and environmental security through maintaining the stability of the region's ecosystem [16].

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Türkiye's regional development projects

Turkey has tried to reduce or eliminate the difference in the level of progress between different provinces of the country by designing and implementing regional development projects; In this regard, the concept of regional development has been given attention in the last two decades in this country in order to prevent the migration of the residents of these regions to the big cities in the center and west of the country by creating employment in the eastern regions of the country. Although discussions related to regional development in Türkiye started in the 1960s; But during the 1970s, 1980s and 1990s, since Ankara's main goal was rapid industrialization, the country's industry and economy flourished around Istanbul and the Marmara region in the west of the country, and the final expansion of this rapid development process reached Central Anatolia and the region. It was the Aegean.

For the new millennium, 6 regional development projects have been designed and implemented in the eastern and central regions of Turkey. These projects include

"Southeast Anatolia Project (GAP)", "East Anatolia Project (DAP)", "Konya Plain Project (KOP)", "Eastern Black Sea Project (Dukap)", "Yeshil Irmag Basin Development Project (Y "HGP" and "Zonguldagh Project Bartın Karabuk (ZBK)" are in the less developed areas of this country.

DAP project centered on the city of Erzurum as one of the regional development projects of Turkey in 2011 by the government planning organization and with the participation of 5 universities including Atatürk (Erzurum), İnunu (Malatia), Euphrates (Elazig), Caucasus (Kars) universities. And Yuzunjo Yale (Van) located in Eastern Anatolia region started its work. The aim of this project is to improve the level of development of 15 eastern provinces of Turkey, including Agrari, Ardahan, Erzurum, Arzanjan, Elazig, Ighdir, Bitlis, Bingul, Tunjali, Sivas, Hakkari, Kars, Malatya, Mosh and Van [17].

The main activity of the people of Eastern Anatolia region and their livelihood is through agriculture and animal husbandry, and 70% of the residents of this region are related to agriculture. As a result, contrary to the prevailing notion that development is possible through industrialization, in the DAP plan, which is specific to Eastern Anatolia, agricultural mechanization is considered as the basis of advanced industry. In this regard and considering the existence of the sources of Euphrates, Tigris, Aras and Kura rivers in Eastern Anatolia, one of the ways to industrialize the region is to build more dams (Management and Planning Organization of West Azarbaijan Province).

The DAP project focuses on equipping and modernizing the livestock industry by improving the condition of pastures, breeding livestock and promoting livestock trade. The main activities of DAP in recent years include building places for raising, buying, selling and slaughtering animals, developing irrigation of agricultural lands, developing new energies, increasing the diversity and productivity of crops, developing horticulture, building libraries and restoring historical monuments. and it is cultural [16].

3.2. Türkiye's regional development projects

The water of the cross-border Aras River originates from two branches - one of the "Bingul" heights of Turkey in the south of Erzurum and the other from the "Vardinsky" mountain of the Caucasus. These two branches then join as Aras River and this river first forms the common border of Turkey with the Republics of Armenia and Azerbaijan and then the common border of Iran with the Republics of Azerbaijan and Armenia. The total area of the Aras River catchment area in the four countries sharing this basin is equal to 102,000 square kilometers, of which 39% is

located in Iran, 38% in Azerbaijan and 23% in Turkey. 54% of Aras River water is supplied through Azerbaijan and Armenia, 34% through Turkey and 12% through Iran [15].

Hydroelectric energy refers to electrical energy produced by water power. Today, this type of energy produces about 30% of the world's total electrical energy. These power plants do not need fossil fuel, they do not pollute the environment, and their average lifespan is longer than thermal power plants. Based on the annual power production capacity, hydropower plants are divided into 3 main categories: large (with more than 100 MW), medium (with 15-100 MW) and small (with 1-15 MW).

In the Turkish part of the Aras River catchment area, there are 14 dams or hydroelectric power plants, of which 5 dams and hydroelectric power plants with a capacity of 134 megawatts per year are being operated and 9 dams and hydroelectric power plants are in hand. are being built or planned, and with their exploitation, the total capacity of these dams and hydropower plants will reach 387 megawatts per year [18]. Of course, the Kara Kurt dam, as the largest and most important dam in Turkey in this basin, has recently been put into operation, which will bring the total power generation capacity of Turkey in the Aras basin to 244 MW per year [19].

3.3. Legal challenges of the right to fair use of border rivers

Since the world's population is growing exponentially, the quantity and quality of natural resources is decreasing, the number and intensity of water disputes between countries has increased, and attention has been paid to investigating and providing new and creative solutions for the peaceful settlement of related disputes. to transboundary water resources, is an important step in establishing stable and safe international relations. In the conditions of water shortage, the main issue at the heart of transboundary water disputes is the way to divide water, which due to the generality and lack of transparency of existing international laws, it can be said that there is practically a strong international standard for dividing border water resources and the benefits derived from them. does not have.

In the survey, 250 independent international treaties including 688 agreements on 113 common watersheds were signed between 1820 and 2007. While the scope and content of these treaties are widely different, they cover approximately 70% of the area of the world's transboundary basins. In terms of content, the focus of the said treaties is from the issues of regulating and developing water resources to the issues of managing water resources and creating The structure and framework for this management has been changed and as the previous issues

such as electricity, water allocation and irrigation are still important, but currently the environment is the most common issue mentioned in the text of the treaties. Treaties also increasingly include data and information sharing and have dispute resolution mechanisms and a mechanism for the participation of parties beyond government actors. Iran has bilateral agreements with its neighbors on most of the border rivers, including the treaty of 1299 with the former Soviet Union regarding the Aras, Etrak and other 12 common rivers, the 1334 protocol of the Sari Su and Qara Su rivers with Turkey. 1351 Hirmand River Treaty with Afghanistan and 1354 Boundary Waters Agreement with Iraq.

The documents that reflect the current legal situation in the field of transboundary waters are: 1) The Helsinki Rules, compiled by the International Law Society in 1966. 2) The 1997 United Nations Convention on Non-Navigational Uses of International Waterways is the result of the work of the International Law Commission and is based on the Helsinki rules. 3) The European Water Convention on the Protection and Use of Transboundary Waterways and International Lakes in 1922, which was established based on the Helsinki rules and by the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 4) The Berlin Rules of 2004, in which the revised version of the Helsinki Rules is presented.

In the research done by Wolf [20] on 145 existing historical treaties in the field of border water, it is observed that in the experiences of water disputes and settlement, they are general principles, especially the extreme principles of absolute territorial sovereignty and or the absolute integrity of a river has not been invoked, fair use is the prevailing principle, but the legal definition of the word fairness seems too vague and relies heavily on the agreement of both parties. The methods of allocation of border water resources are described below.

3.3.1. Methods based on international and domestic law

This method has focused on water rights between countries, whether it is defined as absolute territorial sovereignty or absolute integrity of the river, or whether it is defined as fair use and an obligation not to cause serious harm. The views are extreme only in three cases. Sub-branches of international waterways have been used. 1- Mexico and the United States of America have each established absolute territorial sovereignty over some internal branches of Rio Grande/Rio Bravo. 2- In the border water agreement of 1950 between Austria and Germany, one of the five branches of the Isar river that flows from Austria to Germany flows to Germany completely and without the use of the upstream country (Austria). Two branches are fully exploited by Austria, and the other two

branches are used by Austria, provided that there is flow at least in the winter months. 3- In the 1925 agreement on the rivers that form the border line between Finland and Norway, half of the border flow is assigned to each country, but absolute sovereignty over all the branches on the coast of each country is given to the respective country.

One of the treaties that has been very beneficial to the upstream country is the 1925 agreement on the Gash River between Italy for Eritrea and England for Sudan, which not only gave all the low and half of the middle flow of the river to Eritrea as the upstream country, Sudan also agreed to pay Eritrea's share of the agricultural income in the Gash delta. The issue of non-serious harm is usually addressed in treaties, for example, all six treaties on the Nile deal with the preservation of Egypt's primary uses. Most of the time, in border agreements between two countries, even without the focus of the agreement on border waters, a clause is included in the agreements, and that is the support of existing uses, for example, Peru continues to supply water to Ecuadorian villages as part of continues from the 1944 border delimitation agreement; The transboundary water agreements between the United States and Canada and between the United States and Mexico include prior use clauses.

3.4. Water market

In theory, the creation of a water market causes efficient allocation of water even in border basins, but in practice, organizational barriers prevent the complete formation of a water market [21].

In addition, due to the high costs of water transfer, it seems that the transfer between water basins is rarely done and the water market is mainly limited to the countries of the basin. Also, the water market still carries with it the problems caused by the undefined rights of water ownership as well as the lack of enforcement mechanism, and it cannot solve all the problems in terms of the commodity nature of water and spiritual values. The result of these ambiguities has been that no international water market has ever been established. In 1997, in the dispute between the countries of the Euphrates basin, Syria strongly objected to the proposed plans for water pricing, this issue led to a temporary deadlock in the negotiations. In addition, some Islamic legal interpretations prohibit demanding money for water alone.

3.4.1. Resource basket

Recently, the relationship between water and politics and between water and other resources is increasingly discussed. This multiple relationship may create more opportunities to provide creative solutions and for more economic productivity through a portfolio of interests.

Some resources included in the water negotiations are: 1) financial resources, for example, the financial resources of the World Bank helped to resolve the disputes of the Indus River, and the investments of the United Nations helped to achieve the Mekong Agreement. 2) Energy resources, which is one of the growing items in the interest portfolio. In relation to the Mekong Agreement, Thailand provided financial assistance to the hydroelectric project in Laos in exchange for a share of the generated electricity. 3) Political capacity, which may be done indirectly, such as the Middle East peace negotiations, or explicitly, such as the negotiations between Turkey and Syria on water issues.

The interest portfolio only includes water-related items. One of the most complete baskets in this field is the basket of water interests between India and Nepal in 1959 on the Bagmati and Gandak and in 1966 on the Kosi (all tributaries of the Ganges). These two treaties include provisions for all kinds of water-related projects, including irrigation, hydropower, navigation, fishing, related transportation, and even forestry. India planted trees in Nepal to reduce sedimentation downstream. Although Nepal has recently expressed frustrations with these two agreements, the structure of these treaties are good examples of how a broader portfolio can provide more creative solutions.

3.4.2. Challenges of exploitation of international shared aquifers

The most important area that suffers from the lack of an agreement or an international binding law to manage and plan its use is the issue of the exploitation of common water resources. Although the public understanding of international cooperation to solve the problems of shared water resources has increased in recent years, the world community is still unable to agree on an effective international law regarding the management and protection of shared water resources. It has not been decided. The existence of different doctrines and attitudes regarding environmental law and philosophy can be considered as one of the important reasons for this situation [22].

3.5. The international solution to the crisis in Aras River

Based on the rule of "fair and reasonable use and participation" of the waterway (according to Article 15 of the plan approved by the Commission in 1991). This principle is based on the balance between the sovereign rights of the government over the waters of its territory and the interests of the downstream country in using these waters. According to this rule, which represents a completely accepted and well-established custom, the exploitation of a waterway by a government should not result in excessive losses for another government. Since

1984, the International Law Commission has been trying to formulate this principle.

A government that proposes a new development plan that may change the method or change the volume of nearby water resources, must inform other governments that are affected by the proposed development plan. The said government should fully consider the interests of other governments that are likely to be affected by the plan. These regulations emphasize the necessity of accepting the negotiations between the mentioned governments, and on the one hand, it accepts the terms of negotiations between the relevant governments, and on the other hand, it gives an opinion on arbitration in this particular case [23].

Management and exploitation of waterways is one of the manifestations of the sovereignty of governments over their water resources. In general, it is an accepted rule that the riparian government has the right to take the necessary measures for better exploitation of the water of that part of the waterway that passes through its territory, without first asking permission from the downstream country. Before resorting to arbitration, the upstream country should remove the restrictions and adjust the water flow according to its neighbor's needs for water for agriculture, because in this way, all the water will flow in the river during the irrigation season. Therefore, there is no doubt that the requirements of contiguity limit the freedom of action of governments; The freedom that governments generally have to exploit their land. Therefore, any government can build a facility on a waterway, provided that it does not consider the legitimate interests of the downstream country.

3.6. Legal challenges and solutions of the common water exploitation system with a view to the legal regime

The Islamic Republic of Iran has common watersheds and important border rivers such as Arvand River, Hirmand, Harirud, Etrak and Aras with its neighbors on its four sides, and therefore it is one of the beneficiary countries in discussions related to the exploitation of common waters. [24]. More than half of the world's area is located in the common watersheds that are located in the territorial territory of two or more countries, and therefore the use of water located in such areas, especially in arid and semi-arid areas such as the Middle East, is often controversial. According to the principle of the sovereignty of the states over the territorial territory, which is one of the long-standing and certain legal principles in international relations, the exploitation of the waters located in the territorial territory is also under the sovereignty of the respective government. However, the limits of this sovereignty, which was absolute in the past and the governments did not accept any quantitative or qualitative

limitations in exploiting these resources, have been gradually reduced. How to divide common waters and protect their environment, as well as their quantitative and qualitative control, how to implement water projects in common watersheds and manage them, and how to resolve disputes arising from exploitation are among the important challenges in this direction. It requires the right one. Since the early 1970s, the United Nations has started its efforts to define an efficient legal system that contains appropriate solutions to solve the existing challenges, and in 1997, it succeeded in approving the Convention on the Rights of Non-Navigational Uses of International Waterways. in the general assembly [25-29]. In this convention, the concept of watershed as an integrated system that goes far beyond the apparent limit of the river is recognized in the legal system of exploitation of common waters, and governments cannot rely on the existence of a river in their territory. Regardless of the concept of the common watershed, they should exercise their absolute sovereignty over it and make any interference and occupation they want in it. And therefore, any exploitation of a common watershed in its broad and defined sense must be done within the framework of international rules and respecting the rights of other countries located in the watershed. In addition, establishing and developing principles such as reasonable and fair exploitation of common waters and environmental protection of them, informing and cooperating in the implementation of water projects, as well as proposing the idea of joint management of such basins and dispute resolution mechanisms in the field Exploiting the appropriate solutions of this convention is to solve the challenges.

3.7. The position of fair exploitation rights in the Convention on the exploitation rights of international waterways

"Convention on the Rights of Exploitation of International Waterways for Non-Navigation Purposes" was approved. The legal principles of this convention are based on three principles:

- 1- The principle of rational and fair exploitation and use,
- 2- The principle of prohibition of damage to the territory,
- 3- The principle of international cooperation and other similar principles. For example, Article 5 of this convention states: Coastal governments, lakes and international waterways must use the interests located in their territorial territory in a reasonable and fair manner. Or in Article 21, any harmful changes to the composition or quality of water caused by human activities, governments are obliged to refrain from causing any pollution. Currently, 35 countries have signed this convention, Iran and other neighboring countries are not included in this list [30-34].

As the population increases and the amount of demand approaches the final limit of existing (or renewable) water resources, encroachments on the boundaries of common riverbeds and boundaries have increased, causing competition between countries in the use of water and the emergence of international legal and political challenges in this field. Examining the number of treaties between countries confirms that more than 300 treaties have been concluded between different countries of the world to solve common water issues, and in more than two thousand international treaties, requirements related to water resources are also considered among other issues. Today, international rivers, apart from traditional uses, determining the border line and strategic use, fishing, etc., are used in various ways in agriculture, industry and shipping, and with the advancement of technology, the diversity of exploitation is increasing day by day. Therefore, exploitation of transboundary waters, especially in the Middle East, is an issue that can become one of the biggest challenges if it is not given sufficient attention and precision.

4. CONCLUSION

Recent studies and surveys show the fact that the water shortage in the Middle East has increased, and as a result, the competition between the governments has become more serious and will lead to unprecedented developments. Iran is facing many neighbors in the Middle East region, which some of them, such as Turkmenistan, Azerbaijan, Turkey, Iraq and Afghanistan, have common water resources. Environmental, economic and political factors are among the factors that have caused the crisis in political relations between Iran and its neighbors on the water axis. In this research, generalities about the management of transboundary waters, international rules for the exploitation of common rivers, their indicators and characteristics, their shortcomings and problems and their comparison are mentioned, as well as the introduction of the river, border rivers and how to jointly manage them were discussed and finally suggestions were presented for better management of border rivers in Iran. Undoubtedly, it is not possible to increase cooperation and reduce conflicts and disputes in the exploitation of common rivers without citing and using international laws, so that international laws should be applied in practice at all international, national and local levels. be taken Since international laws are considered in practice, it should be noted that the main source of international law is contracts and their review. In other words, in order to make international law effective in practice, countries must also be successful for the mechanism of observation and review of all cases of dispute resolution, as well as an enforcement tool in response to non-compliance. Mandatory obligations

under international law can be considered as a useful political tool if governments use it. In addition, governments must have sufficient means to implement the discretionary decision of officials.

The most emphasis of the 1997 convention is based on the principle of equitable, rational and fair exploitation. Article 5 of this convention, referring to equal and rational and cooperative exploitation, states that the countries along the waterways exploit the international waterway located in their territory in an equal and rational way. An international waterway will be used and developed especially by the countries along the waterway and with the aim of its ideal and sustainable exploitation and benefiting from it, provided that it does not create an obstacle for the countries along the waterway and with sufficient protection. It is compatible with waterways. Other principles of the above convention deal with the obligation not to inflict major damage (Article 7); These general obligations towards cooperation (Article 8); and regular exchange of findings and information (Article 9) takes place. It is interesting to note that in line with this goal, different types of exploitations are discussed. Article 10 stipulates that in the absence of an agreement or the existence of a custom contrary to the agreement, no exploitation of an international waterway has major priority over the exploitation of another waterway (Article 10 paragraph 1). If there is a conflict between the exploitation of an international waterway, this conflict will be resolved by referring to articles 5 to 7 and with special attention to the conditions of vital human needs (Article 10 paragraph 2).

The said convention establishes a regime for cooperation on "planned measures" (projects), whereby riparian states are required to exchange information and consult with each other regarding the possible consequences of "planned measures". (Article 11). This is the process of exchanging information and subsequent consultations and negotiations to set the details (Articles 12 to 18).

The importance of water has caused numerous disputes regarding water issues and related environmental issues to be referred to international courts in recent decades. Based on the declarations and recommendations of the United Nations, international courts have issued their rulings on the principles governing international law, which have become the basis of later judgments regarding water resources, especially border rivers.

The construction of a dam upstream in these critical global conditions, despite the drought and climate change, is considered an act against the friendly relations and good neighborliness of the governments, and certainly the victims of the reduction of water rights and the pollution of Aras water are mostly low-income people who have

enough financial power to access. They do not have access to water and sanitation for normal daily activities and taking care of their children, and the use of Aras healthy water is considered a means for their livelihood. According to the restrictions imposed by the Institute of International Law at the Madrid Conference (1911), it is forbidden to build a dam in such a way that the amount of water entering the downstream country is reduced to such an extent that the waterway loses its exploitation properties downstream. Regarding the Aras River, it is necessary to check the amount of water rights of this river in its normal conditions based on the memorandums and contracts of the neighboring countries, according to the amount needed by each person (according to the standard) for a healthy life and considering the population changes in the beneficiary countries. Examining the death statistics and the increase in the disease rate in the downstream, the decrease in the living and economic standards of the downstream people who live through Aras water, and considering other related matters, can indicate the violation of human rights in the downstream.

In the process of dividing water resources, there are transboundary rules and regulations at the international level, the most valid of which is the 1997 Convention. According to the provisions of this convention, every state located in the common river basin has the right to fair exploitation in its territory. and reasonable from the water flow of the transboundary watershed, with the requirement of not seriously harming other common countries, this right should be taken into consideration the natural factors of the watershed, the existing and potential uses, the social and economic needs of the countries of the watershed, and the effects of exploitation.

It is determined on other countries of the basin, but the factors presented for this purpose are general and have different technical and legal interpretations in each of the transboundary water basins. For this purpose, new approaches have been defined to solve water conflicts in transboundary basins, which are mainly based on meeting the needs of the countries in the basin or relying on economic approaches that include the efficient use of water, the sharing of benefits from different exploitations of transboundary water instead of Water itself and the creation of a portfolio of water and non-water benefits. It seems that these approaches can help to solve the water

disputes between countries and attract the attention of politicians.

Examining the types of river demarcation, taking into account its history, existing cases, and examining the advantages and disadvantages of each of them, allows us to generally divide them into three main categories: the first category of those There are those that seem to be unacceptable due to unfairness. The motivation behind such methods is not based on justice and securing the rights and interests of the parties equally.

This issue causes many problems as well as continuous conflicts between the two coastal countries, which in some cases may lead to harmful and disastrous effects such as war. One of the two shores as a border and in some cases using various criteria for different parts of a river are other examples of such methods.

In connection with such methods, it may be suggested that international rules and regulations be set up so that such coastal countries who suffer from the existence of such methods, will be provided with the right to revise their treaties in this regard. to be In this regard, there may be problems that there is no need for international regulations and the revision of the relevant treaty is done with the consent and assistance of the two relevant governments. But it should be noted that in this type of methods, one government actually suffers and the other government benefits - in fact, it benefits a lot.

Therefore, in addition to referring the dispute to arbitration or the International Court of Justice with the agreement of the two countries, it may be suggested that the international community think of a solution in this regard. However, the mandatory application of such regulations may not be easy due to the sovereignty of the countries.

The use of non-governmental organizations in neighboring countries to solve human and environmental problems can help countries find a common solution.

Although Iran shares a very small border with Armenia, the environmental pollution caused by this country has caused irreparable consequences in the region. Therefore, it is suggested that this issue be investigated from the perspective of international law and the right to life of water-dependent organisms in this basin.

References

- [1] UNESCO, Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management. Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2001, Paris, France.
- [2] Sadeghi, Taj Mohammad (2015). Developments in the legal regime of international rivers with an emphasis on Arvandroud, Tehran: Publications of

- Shahr Danesh Legal Studies and Research Institute, first edition.
- [3] Kordavani, P. (2013). Water resources and issues in Iran: surface and underground waters and their exploitation issues, volume 1, Tehran: Tehran University Press, 10th edition.
- [4] Rumi, F. (2008). The security of the international system in the light of climate change. *Foreign Policy*, 86(22), 755-788.
- [5] Caponera, D. principles of law and water management, revision and update: Marcela Nani, translation and research: Mohsen Abdulahi
- [6] Cech, T. (2004). Principles of Water Resources: History, Development, Management and Policy, 2nd Edition, NJ: John Wiley and Sons, 2004.
- [7] Ziai Begdali, M.R. Public International Law, Ganj Danesh Publications, 70th edition.
- [8] Pishgah Hadian, H., & Hejazi, A. (2010). Iran Common Hydro-Politics Challenges with Iraq & Afghanistan: The Case Study of Hirmand/Helmand & Arvand/Shatt Al-Arab From 2001-2010. *Research Letter of International Relations*, 3(12), 119-168.
- [9] Sinai, V. (2011). Hydropolitics, security and development of water cooperation in relations between Iran, Afghanistan and Turkmenistan. *Foreign Relations*, 10(3), 185-212.
- [10] Jafari Veldani, A. (2018). Use of water resources of border rivers of Iran and Iraq and international law. *Law and Politics Research Quarterly*, 26.
- [11] Bess Corner, N. (1993). Water, Security and the Middle East, translated by Pirouz Izadi, Tehran: Research Institute of Defense and Strategic Sciences of Imam Hossein University (AS), first edition.
- [12] McCaffrey, S. C. (1996). The Harmon doctrine One Hundred Years Later: Buried, Not Praised. *Natural Resources Journal*, 36(3).
- [13] Hafez Nia, M.R. (2016). Principles and Concepts of Geopolitics, Mashhad: Popeli Publications, fifth edition.
- [14] Dalutiyar, M., & Gary, T (2010). Water Policy in the Middle East, translated by Rasool Afzali and Reza Al-Tiamini, Tehran: Nash Bin International.
- [15] Zaki, Y., Delshadzadeh, J & Karimi, B. (2014). hydropolitical analysis of international rivers with an emphasis on Aras border river, *Military and Security Geography Quarterly*, Year 1, Number 1.
- [16] Kalantari, J., & Hekmatara, H. (2019). hydropolitical investigation of Turkish dams in Aras Basin. 9th National Conference on Rain Catchment Surface Systems, Tabriz.
- [17] Sanayi T. C. ve Teknoloji Bakanı, 2020 PERFORMANS PROGRAMI, Available at: <http://www.sp.gov.tr>
- [18] Enerji Atlası (2016), Aras Nehri, Available at: <https://www.enerjiatlası.com>
- [19] Habertürk (2020), Karakurt barajında kilise, mezarlık ve tapu tartışması, Available at: <https://www.haberturk.com>
- [20] Wolf, A. T. (1998). Criteria for equitable allocations: The heart of international water conflict. *Natural Resources Forum*. Vol. 23, February, 3-30
- [21] Carey, J., Sunding, D. L., & Zilberman, D. (2009). Transaction costs and trading behavior in an immature water market. *Environ.Dev. Econ.*, 7, 733-750.
- [22] Mian Abadi, H. A Review of International Law on Water. 7th National Congress of Civil Engineering, Zahedan, Iran.
- [23] Habibi, M.H. (2012). Environmental Laws (Volume 1), Publications of Tehran University Printing and Publishing Institute, 4th edition.
- [24] Rezaei, M.T. (2014). Challenges and legal solutions of the common water exploitation system with a view to the legal regime of Iran's border waters. the second conference on the exchange of research, technical and engineering experiences, Mahab Quds publication, 32.
- [25] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Abbaszadeh, H., Kuriqi, A., & Di Francesco, S. (2022). Influence of sill on the hydraulic regime in sluice gates: an

experimental and numerical analysis. *Fluids*, 7(7), 244.

AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 72(10), 1906-1919.

- [26] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Abbaszadeh, H. (2021). Numerical investigation on effective parameters on hydraulic flows in chimney proportional weirs. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(6), 1599-1616.
- [27] Abbaszadeh, H., Norouzi, R., Süme, V., Daneshfaraz, R., & Tarinejad, R. (2023). Discharge coefficient of combined rectangular-triangular weirs using soft computing models. *Journal of Hydraulic Structures*, 9(1), 98-110.
- [28] Abbaszadeh, H., Daneshfaraz, R., Sume, V., & Abraham, J. (2024). Experimental investigation and application of soft computing models for predicting flow energy loss in arc-shaped constrictions. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(3), 637-661.
- [29] Süme, V., Daneshfaraz, R., Kerim, A., Abbaszadeh, H., & Abraham, J. (2024). Investigation of clean energy production in drinking water networks. *Water Resources Management*, 38(6), 2189-2208.
- [30] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Ebadzadeh, P., Di Francesco, S., & Abraham, J. P. (2023). Experimental study of geometric shape and size of sill effects on the hydraulic performance of sluice gates. *Water*, 15(2), 314.
- [31] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., & Ebadzadeh, P. (2022). Experimental and numerical study of sluice gate flow pattern with non-suppressed sill and its effect on discharge coefficient in free-flow conditions. *Journal of Hydraulic Structures*, 8(1), 1-20.
- [32] Daneshfaraz, R., Norouzi, R., Ebadzadeh, P., & Kuriqi, A. (2023). Influence of sill integration in labyrinth sluice gate hydraulic performance. *Innovative Infrastructure Solutions*, 8(4), 118.
- [33] Daneshfaraz, R., Noruzi, R., & Ebadzadeh, P. (2022). Experimental Investigation of non-suppressed sill effect with different geometry on flow pattern and discharge coefficient of sluice. *Journal of Hydraulics*, 17(3), 47-63.
- [34] Norouzi, R., Ebadzadeh, P., Sume, V., & Daneshfaraz, R. (2023). Upstream vortices of a sluice gate: An experimental and numerical study.