

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/118/148-151>

Nuran Bayramlı

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

<https://orcid.org/0009-0000-5721-4606>

nuranntb@gmail.com

Xəzər dənizində külək enerjisindən istifadənin tədqiqi

Xülasə

Bu tədqiqat işi Xəzər dənizində külək enerjisindən istifadənin imkanlarını, iqtisadi və ekoloji üstünlüklərini, eləcə də texniki və institusional çağırışlarını araşdırmağa yönəlmişdir. Xəzər regionu, xüsusilə Azərbaycan sahil zolağı, orta və yüksək səviyyəli külək sürətləri ilə alternativ enerji istehsalı üçün əlverişli şəraitə malikdir. Bu coğrafi üstünlükdən istifadə etməklə külək enerjisi vasitəsilə enerji təhlükəsizliyinin gücləndirilməsi, karbon emissiyalarının azaldılması və enerji sektorunun diversifikasiyası mümkün olur.

Tədqiqatda Xəzər dənizinin meteoroloji şəraiti və külək potensialı qiymətləndirilmiş, dünya təcrübəsi ilə müqayisədə dəniz külək energetikasının iqtisadi səmərəliliyi və tətbiq olunma formaları təhlil edilmişdir. Eyni zamanda, Xəzər dənizində dəniz külək turbinlərinin qurulmasının texnoloji aspektləri, infrastruktur ehtiyacları, ətraf mühitə təsiri və investisiya tələbləri araşdırılmışdır. Araşdırma nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, Xəzər dənizi sahillərində yerləşən platformalar və dayaz sulu ərazilər külək turbinləri üçün perspektivli ərazilərdir və müasir texnologiyaların tətbiqi ilə bu resursdan istifadənin iqtisadi rentabelliği artırıla bilər. Xülasə olaraq, Xəzər dənizində külək enerjisi potensialından istifadə, Azərbaycanın enerji sektorunun yaşıl transformasiyasına töhfə verə bilər. Bu sahədə müvafiq hüquqi-normativ bazanın gücləndirilməsi, investorların cəlb edilməsi və beynəlxalq təcrübənin tətbiqi ilə bu resursdan səmərəli istifadə mümkün olacaqdır.

Açar sözlər: *Xəzər, külək, enerji, yaşıl, dəniz*

Nuran Bayramlı

Azerbaijan State Oil and Industry University

<https://orcid.org/0009-0000-5721-4606>

nuranntb@gmail.com

Research on Wind Energy Use in the Caspian Sea

Abstract

This research work aims to investigate the opportunities, economic and environmental advantages, as well as technical and institutional challenges of using wind energy in the Caspian Sea. The Caspian region, especially the Azerbaijani coastline, has favorable conditions for alternative energy production with medium and high wind speeds. By using this geographical advantage, it is possible to strengthen energy security, reduce carbon emissions and diversify the energy sector through wind energy.

The study assessed the meteorological conditions and wind potential of the Caspian Sea, analyzed the economic efficiency and forms of application of offshore wind energy in comparison with world experience. At the same time, the technological aspects of the construction of offshore wind turbines in the Caspian Sea, infrastructure needs, environmental impact and investment requirements were investigated. As a result of the study, it was determined that platforms and shallow water areas located on the coast of the Caspian Sea are promising areas for wind turbines, and the economic profitability of using this resource can be increased by applying modern technologies.

Keywords: *Caspian, wind, energy, green, sea*

Giriş

Son onilliklərdə enerji istehsalının ətraf mühitə təsirlərinin artması və ənənəvi enerji mənbələrinin tükənməsi alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin əhəmiyyətini artırmışdır. Bu kontekstdə külək

enerjisi, təmiz və davamlı bir enerji mənbəyi kimi dünya miqyasında geniş tədqiq olunur və tətbiq sahəsi getdikcə genişlənir. Xəzər dənizi regionu isə öz güclü və stabil küləkləri ilə külək enerjisinin səmərəli şəkildə istehsal olunması üçün əlverişli coğrafi potensiala malikdir (Onea, Rusu, 2019).

Bu tədqiqat işində Xəzər dənizində külək enerjisi potensialı təhlil olunaraq, texnoloji, iqtisadi və ekoloji aspektlərdən istifadənin mümkünlüyü araşdırılacaq, beynəlxalq təcrübələr fonunda regionun bərpa olunan enerji xəritəsində tutduğu mövqe müəyyən ediləcəkdir. Məqsəd, Xəzər dənizi sahəsində külək enerjisinin inkişaf perspektivlərini dəyərləndirmək və bu sahədə həyata keçiriləcək layihələr üçün elmi əsaslar təqdim etməkdir (Mustafayev, Kulawczuk, Orobello, 2022).

Tədqiqat

Xəzər dənizində külək enerjisinin tətbiqi ilə bağlı aparılan təhlillər göstərir ki, bu region külək enerjisi istehsalı üçün yüksək potensiala malikdir. Mövcud meteoroloji məlumatlara əsasən, Xəzərin qərb sahilində, xüsusilə Abşeron yarımadası və ətraf ərazilərdə illik orta külək sürəti 7–9 m/s arasında dəyişir ki, bu da külək turbinlərinin səmərəli işləməsi üçün optimal diapazondur. Dənizdəki külək sabitliyi və az turbuləntlik dəniz külək stansiyalarını daha üstün edir (DrivingEco, 2024, s. 10).

Külək enerjisi istehsalını hesablamaq üçün istifadə olunan əsas düstur aşağıdakıdır:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Düsturda

- ρ havanın sıxlığı (təxminən 1.225 kg/m³),
- A rotorun süpürmə sahəsi (πr^2)
- v isə külək sürətidir.

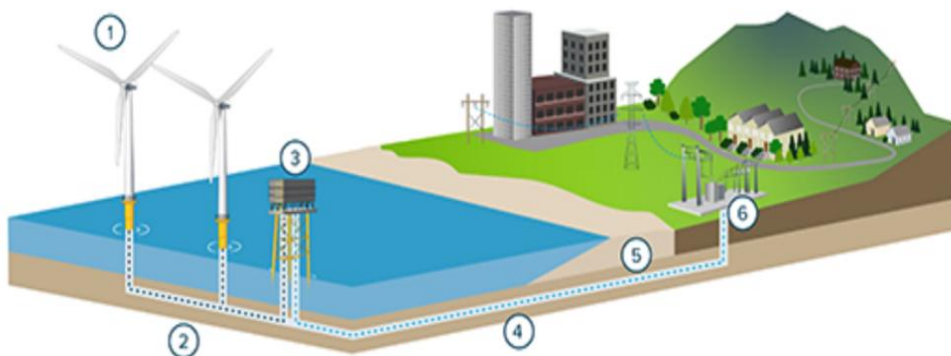
Məsələn, diametri 52 m olan bir turbin üçün (radius 26 m) sahə təqribən 2123.7 m² təşkil edir. Orta külək sürəti 8 m/s götürüldükdə, bir turbinin çıxış gücü təxminən 665 kW təşkil edir. Bu nəticə, bir külək turbininin ildə 2,449 MWh enerji hasil edə biləcəyini göstərir. Bu enerji miqdarı isə orta hesabla 600–800 nəfərin illik tələbatını qarşılıya bilər (World Bank, 2022; CaspianNews, 2025).

İllik enerji istehsalını hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$E_{illik} = P \cdot 24 \cdot 365 \cdot CF$$

Burada CF – güc istifadə əmsalıdır və dənizdə bu göstərici təxminən 0.42-dir. Bu əmsal enerji sistemində istifadə olunan generasiya gücünün nə qədərini reallıqda işlədiyini ifadə edir. Məsələn, 665 kW gücündə olan bir turbinin 0.42 kapasite əmsalı ilə işləməsi onun nəzəri maksimum gücünün 42%-i qədər istifadə olunduğunu göstərir (OffshoreWind.biz, 2025).

Şəkil 1.2. “Dənizdə Külək Enerjisi Sisteminin İşləmə Prinsipi”



Mənbə: <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/Offshore-Wind/About-Offshore-Wind/Offshore-Wind->

101?epik=dj0yJnU9Q0g0QWtyR3ZMY1NsV2hGQVFEVlRRZzJHd3lleFVUWEomcD0wJm49Ql
c5MWtibTFWcDljeng3ekZxcVdOdyZ0PUFBQUFBR2d3aFRV

1. Dənizdə yerləşdirilmiş külək turbinləri, 2. Sualtı enerji kabelləri,
3. Dəniz yarımstansiyası, 4. Sahilə qədər ixrac kabeli, 4. Sahilə qədər ixrac kabeli,
5. Quruda yerləşən yarımstansiya, 6. Ev və müəssisələrə enerji ötürülməsi

Şəkil 1.2. dənizdə külək enerjisi sisteminin texnoloji ardıcılığını və enerji ötürmə mərhələlərini əyani şəkildə nümayiş etdirir. İlk mərhələdə külək turbinləri dənizdə yerləşdirilir və burada küləyin kinetik enerjisini elektrik enerjisinə çevirirlər. Dənizdəki sabit və güclü külək axınları bu turbinlərin yüksək səmərəliliklə işləməsinə şərait yaradır (Rusu, Onea, 2025; Onea, Rusu, 2019).

Turbinlərdən hasil edilən enerji sualtı kabellər vasitəsilə dənizdə yerləşən yarımstansiyağa ötürülür. Bu yarımstansiyağa gərginlik artırılaraq uzun məsafələrə ötürülməyə hazır vəziyyətə gətirilir. Növbəti mərhələdə enerji ixrac kabelləri vasitəsilə sahilə çatdırılır və orada yerləşən qurudakı yarımstansiyağa ikinci transformasiya məruz qalır (Offshore wind resources in the Caspian Sea under climate change; World Bank & IFC, 2022). Son mərhələdə isə bu enerji yaşayış binalarına, sənaye müəssisələrinə və digər istifadəçi qurğularına ötürülür. Bütün bu proses ərzində enerjinin ötürülməsi və paylanması mərhələləri maksimum effektivlik və minimal enerji itkisi prinsipi ilə idarə olunur. Şəkil, külək enerjisinin istehsalından son istifadəçiyə qədər keçdiyi texnoloji yolu vizual olaraq anlaşıqlı formada təsvir edir (Bayramov, 2024; Rusu, Onea, 2025).

Nəticə

Xəzər dənizində külək enerjisindən istifadə imkanlarının araşdırılması göstərdi ki, bu region bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı baxımından yüksək perspektivə malikdir. Dənizdəki orta və yüksək sürətli küləklər, geniş açıq ərazilər və külək enerjisi infrastrukturunun qurulmasına əlverişli şərait bu sahənin iqtisadi və texnoloji cəhətdən səmərəli şəkildə inkişaf etdirilməsinə imkan yaradır. Tədqiqat nəticəsində müəyyən olundu ki, Xəzər dənizi ərazisində qurulacaq ofşor (dənizdə yerləşən) külək elektrik stansiyaları vasitəsilə həm daxili enerji tələbatının ödənilməsi, həm də ixrac potensialının artırılması mümkündür. Bu, Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyinin möhkəmləndirilməsi, karbonsuzlaşdırma hədəflərinə çatması və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə çərçivəsində beynəlxalq öhdəliklərinin yerinə yetirilməsi baxımından mühüm rol oynaya bilər. Bundan əlavə, Xəzər dənizində külək enerjisi layihələrinin həyata keçirilməsi yeni iş yerlərinin açılması, innovativ texnologiyaların transferi və yerli sənayenin modernləşdirilməsi baxımından da mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Eyni zamanda, bu sahədə beynəlxalq əməkdaşlığın inkişafı və investisiya cəlb ediciliyinin artırılması Azərbaycanın yaşıl enerji sektorunda regional liderliyini möhkəmləndirə bilər.

Ədəbiyyat

1. Bayramov, A. (2024). *The Green Energy Corridor between the EU and the Caspian Sea: Potential and Challenges*. *Caucasus Strategic Perspectives*, 5(1), 81–96.
PDF: <https://cspjournal.az/uploads/files/CSP%20Summer%202024/7%20Agha%20Bayramov.pdf>
2. Mustafayev, F., Kulawczuk, P., & Orobello, C. (2022). Renewable Energy Status in Azerbaijan: Solar and Wind Potentials for Future Development. *Energies*, 15, 401.
DOAJ: <https://doaj.org/article/72c007c805654af2a87091c44bc4c7ee>
3. Onea, F., & Rusu, E. (2019). An Assessment of Wind Energy Potential in the Caspian Sea. *Energies*, 12(13), 2525. MDPI: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/13/2525>
4. Rusu, E., & Onea, F. (2025). Spatio-Temporal Variability of Wind Energy in the Caspian Sea. *Remote Sensing*, 14(24), 6263. MDPI: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/24/6263>
5. World Bank. (2022). Offshore Wind Roadmap for Azerbaijan.

- PDF: <https://www.worldbank.org/en/country/azerbaijan/publication/offshore-wind-roadmap-for-azerbaijan>
6. Seymur Mammadov. (2024, iyul 5). Caspian Sea can propel Azerbaijan to forefront of offshore wind power. *Intellinew*
<https://www.intellinews.com/caspian-sea-can-propel-azerbaijan-to-forefront-of-offshore-wind-power-332568/>
 7. DrivingEco. (2024). Azerbaijan to invest over \$2 billion in green energy to cut emissions.
<https://www.drivingeco.com/en/azerbaijan-invertira-2-mil-millones-dolares-energia-verde-reducir-emisiones/>
 8. OffshoreWind.biz. (2025, aprel 25). Azerbaijan and China to Jointly Develop Offshore Wind Project in Caspian Sea.
<https://www.offshorewind.biz/2025/04/25/azerbaijan-and-china-to-jointly-develop-offshore-wind-project-in-caspian-sea/>
 9. Offshore wind resources in the Caspian Sea under climate change.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544225019978>
 10. CaspianNews. (2025, iyun 4): Feasibility study on Caspian-Europe Green Energy Corridor nears completion.
<https://www.caspiannews.com/news-detail/feasibility-study-on-caspian-europe-green-energy-corridor-nears-completion-2025-6-4-17/>
 11. Onea, F. & Rusu, E. (2019). *An Assessment of Wind Energy Potential in the Caspian Sea. Energies*, 12(13), 2525. MDPI PDF: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/13/2525>
 12. World Bank & IFC. (2022). *Offshore Wind Roadmap for Azerbaijan*.
PDF:<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099125006022242537/pdf/P1757160c9ba20078097880a6781b95d5eb.pdf> documents1.worldbank.org
 13. Rusu, E. & Onea, F. (2025). *Spatio-Temporal Variability of Wind Energy in the Caspian Sea. Remote Sensing*, 14(24), 6263. MDPI PDF: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/24/6263>

Daxil oldu: 20.02.2025

Qəbul edildi: 28.05.2025