



APPLICATION AND ECONOMIC EFFICIENCY OF GREEN TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR

Sadagat Abdurahmanova¹, Huseyn Mustafayev²

^{1,2}Azerbaijan Technical University, ^{1,2}Department “Economics and Statistics”

¹Doctor of Philosophy in Economic Sciences, sedaqet.abdurahmanova@aztu.edu.az

²Master, huseynmustafayef@gmail.com

ABSTRACT

The global energy landscape is undergoing a significant transformation driven by the pressing need to address climate change, environmental degradation, and the unsustainable reliance on fossil fuels. As concerns about the environmental impacts of traditional energy sources grow, the transition to cleaner, more sustainable energy solutions has become an imperative for governments, businesses, and individuals worldwide. Green technologies—ranging from renewable energy systems such as wind, solar, and hydroelectric power to energy-efficient technologies, energy storage systems, and carbon capture methods—are central to this transition. These technologies offer the potential to reduce greenhouse gas emissions, enhance energy security, and promote economic sustainability by lowering operating costs and minimizing environmental harm.

One of the key drivers behind the adoption of green technologies is the recognition of their economic benefits. While the initial capital investment in green technologies may be substantial, their long-term economic efficiency often outweighs the upfront costs. Technologies such as solar photovoltaic systems, wind turbines, and advanced energy storage solutions offer substantial savings in energy consumption and operational costs over time. Moreover, energy efficiency measures, such as the use of high-efficiency appliances and building insulation, reduce the need for additional energy production and distribution infrastructure, thereby lowering both energy costs and capital expenditures. These technologies contribute to economic efficiency by optimizing resource use, reducing waste, and enabling more sustainable growth patterns.

Furthermore, the integration of green technologies in the energy sector has significant implications for job creation and industrial growth. As the demand for renewable energy infrastructure increases, new industries emerge, stimulating innovation and creating a diverse range of employment opportunities. Green technologies not only foster the growth of renewable energy industries but also support the development of related sectors, such as energy storage, grid modernization, and sustainable construction. This shift toward a green economy presents a unique opportunity for economic revitalization, especially in regions that are transitioning from fossil fuel dependence.

In addition to the economic advantages, green technologies play a critical role in improving energy security and mitigating price volatility. By reducing dependence on imported fossil fuels and diversifying the energy mix, renewable energy sources provide a more resilient energy supply. This diversification mitigates the risks associated with global energy market fluctuations, ensuring more stable energy prices and reducing vulnerability to supply disruptions. Furthermore, the ability to generate energy locally, through decentralized systems like microgrids and rooftop solar panels, empowers communities and enhances energy resilience, particularly in remote or underserved areas.



By examining the intersection of environmental sustainability and economic viability, it becomes clear that the transition to greener energy solutions not only addresses urgent climate challenges but also offers substantial long-term economic benefits. As countries continue to invest in and adopt these technologies, they pave the way for a more sustainable, efficient, and economically prosperous future.

Keywords: energy, energy sector, green technology, economic efficiency

YAŞIL TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ VƏ ENERJİ SEKTORUNDA İQTİSADI SƏMƏRƏLİLİYİ

Sədaqət Əbdürəhmanova¹, Hüseyn Mustafayev

^{1,2}Azərbaycan Texniki Universitet

¹İqtisad elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, sedaqet.abdurahmanova@aztu.edu.az

^{1,2}"İqtisadiyyat və statistika" kafedrası

²Magistr, huseynmustafayef@gmail.com

XÜLASƏ

Enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların tətbiqi fosil yanacaqlardan asılılığı azaltmaq üçün günəş, külək və su enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəyə yönəlib. Bu texnologiyalar ətraf mühitə təsirləri, o cümlədən karbon emissiyalarını və çirklənməni minimuma endirməklə davamlılığı təşviq edir. İqtisadi baxımdan yaşıl texnologiyalar uzunmüddətli əməliyyat xərclərini azaltmaqla və enerji müstəqilliyini gücləndirməklə səmərəliliyi artırır. Enerji səmərəliliyinə, ağıllı şəbəkələrə və saxlama həllərinə investisiyalar da iqtisadi artıma, iş yerlərinin yaradılmasına və dayanıqlılığa kömək edir. Yaşıl texnologiyaların integrasiyası həm ətraf mühitə, həm də iqtisadiyyata fayda verən dayanıqlı, aşağı karbonlu iqtisadiyyata keçidi təmin etməklə yanaşı, əhəmiyyətli xərclərə qənaət edə bilər.

Açar sözlər: enerji, enerji sektoru, yaşıl texnologiya, iqtisadi səmərəlilik.

Giriş

İqlim dəyişikliyi, resursların tükənməsi və ətraf mühitin degradasiyası ilə bağlı narahatlıqlar artmaqda davam etdikcə davamlı enerji sistemlərinə qlobal keçid getdikcə daha da sürətlənib. Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəyə və ətraf mühitə təsirləri minimuma endirməyə diqqət yetirən yaşıl texnologiyalar bu transformasiyada mühüm rol oynayır. Bu texnologiyalar günəş və külək enerjisindən tutmuş enerjiyə qənaət edən binalara və elektrik nəqliyyat vasitələrinə qədər geniş spektrli innovasiyaları əhatə edir ki, bunların hamısı karbon izlərini azaltmağa və enerjiyə davamlılığı artırmağa yönəlib. Dünya beynəlxalq müqavilələrlə müəyyən edilmiş iddialı iqlim hədəflərinə çatmağa çalışdıqca, enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların integrasiyası vacib hala çevrilir.

Ekoloji mülahizələrə paralel olaraq, yaşıl texnologiyaların iqtisadi səmərəliliyi onların qəbulunu şərtləndirən mühüm amildir. Qlobal karbon emissiyalarına ən böyük töhfə verənlərdən biri olan enerji sektoru daha yaşıl, daha səmərəli həll yollarına doğru köklü dəyişikliklərə məruz qalır. Yaşıl texnologiyalar təkcə ənənəvi enerji istehsalının ətraf mühitə mənfi təsirlərini azaltmağı deyil, həm də iqtisadi dəyər yaratmağı vəd edir. Bərpa olunan enerji mənbələrinin səmərəliliyi,



enerjinin saxlanması, ağıllı şəbəkələr və qeyri-mərkəzləşdirilmiş enerji istehsalı sahəsində irəliləyişlərlə yanaşı, zaman keçdikcə enerjinin maya dəyərinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb oldu və yaşıl texnologiyaların qalıq yanacaqlarla getdikcə daha rəqabətli olmasına səbəb oldu

Enerji sektorunda iqtisadi səmərəlilik həm uzunmüddətli əməliyyat xərclərinin azaldılması, həm də innovasiyalar, iş yerlərinin yaradılması və uçucu qalıq yanacaq bazarlarından asılılığın azaldılması yolu ilə davamlı iqtisadi artım yaratmaq imkanı ilə ölçülür. Hökumətlər və bizneslər yaşıl texnologiyalara sərmayə qoymağa davam etdikcə, ekoloji və iqtisadi məqsədlərin yaxınlaşması daha davamlı, fəravan gələcəyə doğru yol təqdim edir. Bu texnologiyaların integrasiyası təkcə ətraf mühitin mühafizəsini təmin etmir, həm də xalqların iqtisadi dayanıqlığını artırır və aşağı karbonlu iqtisadiyyata doğru yolda mühüm addımdır.

Məqsəd

Tədqiqatın məqsədi enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların tətbiqi və iqtisadi səmərəliliyinin araşdırılmasıdır.

Problemin aktuallığı və əlaqəli tədqiqatlar

Enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların və iqtisadi səmərəliliyin tətbiqi məsələsi bir neçə əsas səbəbə görə çox aktualdır. Enerji sektoru ilk növbədə qalıq yanacaqların yandırılması nəticəsində global istixana qazı emissiyalarına ən böyük töhfə verənlərdən biridir. Bərpa olunan enerji mənbələri (günəş, külək, su və s.) kimi yaşıl texnologiyalar bu emissiyaların azaldılmasında və iqlim dəyişikliyinin azaldılmasında həlledici rol oynayır. Bir çox ölkələr idxal olunan qalıq yanacaqlardan asılıdır və bu, enerji təhlükəsizliyinə səbəb ola bilər. Yaşıl texnologiyalara keçidlə ölkələr enerji mənbələrini şaxələndirə, xarici enerji təchizatından asılılığı azalda və enerji müstəqilliyini artırır. Yaşıl enerji texnologiyalarına keçid innovasiyaya təkan verə, yeni sənaye sahələri yarada və iş yerləri yarada bilər. Bərpa olunan enerji daha qənaətcil olduqca, xüsusilə təmiz texnologiya və davamlı enerji ilə əlaqəli sənayelərdə iqtisadi artım üçün yeni imkanlar açır. Yaşıl texnologiyalar, xüsusilə də bərpa olunan enerji sistemləri, son on ildə xərclərdə kəskin azalma müşahidə edib. Məsələn, günəş və külək enerjisi bir çox regionlarda ənənəvi qalıq yanacaqlardan daha çox iqtisadi cəhətdən səmərəlidir və enerji saxlama texnologiyaları təkmilləşir ki, bu da onların etibarlılığını artırır. Dünyadakı hökumətlər daha sərt ekoloji qaydalar tətbiq edir və karbon emissiyalarının azaldılması üçün iddialı hədəflər qoyurlar. Yaşıl texnologiyalardan istifadə edən şirkətlər və enerji provayderləri bu qaydalara əməl etmək və cəzalardan qaçmaq üçün daha yaxşı mövqe tutur, eyni zamanda, bərpa olunan enerji sərmayələri üçün potensial olaraq hökumət stimulları və subsidiyalarına çıxış əldə edirlər. Davamlı təcrübələrə artan istehlakçı və korporativ tələbat var, çünki insanlar öz enerji istehlaklarının ətraf mühitə təsiri barədə daha şüurlu olurlar. Yaşıl texnologiyalar tətbiq edən şirkətlər brend imicini və müştəri loyallığını yaxşılaşdıraraq, özlərini bu dəyərlərə uyğunlaşdırırlar. Qalıq yanacaqların məhdud təbiəti, müasir iqtisadiyyatları gücləndirmək üçün enerji ehtiyacı ilə birlikdə, uzunmüddətli davamlılıq üçün çox vacib olan bərpa olunan enerji mənbələrinə keçid edir. Yaşıl texnologiyalar gələcək nəsillərin ehtiyac duyduqları resurslara çıxışını təmin edərək, daha davamlı enerji gələcəyinə yol təqdim edir. Qalıq yanacağa əsaslanan enerji istehsalı, tənəffüs xəstəlikləri və ürək xəstəlikləri də daxil olmaqla müxtəlif sağlamlıq problemlərinə kömək edən havanın çirklənməsi ilə əlaqələndirilir. Yaşıl texnologiyalar, xüsusən də qalıq yanacaqların yandırılması ehtiyacını azaldan və ya aradan qaldıran texnologiyalar, havanın çirklənməsini azaltmaqla ictimai



sağlamlığı yaxşılaşdırır. Yaşıl texnologiyaların integrasiyası və enerji sektorunda iqtisadi səmərəliliyin artırılması təkcə ekoloji problemlərin həlli üçün deyil, həm də uzunmüddətli iqtisadi inkişafın, enerji təhlükəsizliyinin və əhəlinin sağlamlığının təmin edilməsi üçün çox vacibdir.

Metodlar

Qlobal enerji sektoru iqlim dəyişikliyi, enerji təhlükəsizliyi və ətraf mühitin degradasiyası da daxil olmaqla mühüm problemlərlə üzləşir. Bu çağırışlara cavab olaraq, enerji istehsalı imkanlarını qoruyub saxlamaq və ya təkmilləşdirməklə yanaşı ətraf mühitə təsirləri azaltmaq potensialını təklif edən yaşıl texnologiyaların qəbuluna doğru ciddi dəyişiklik baş verib. Günəş, külək və su enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələrinə keçid, eləcə də enerjiyə qənaət edən texnologiyaların istehsal proseslərinə integrasiyası davamlılıq məqsədlərinə nail olmaq üçün həlledici hesab olunur. Bu dəyişiklik parnik qazı emissiyalarının azaldılması üçün məcburi hədəflər qoyan Paris Sazişi kimi beynəlxalq müqavilələrə uyğun gəlir. Nəticə etibarilə, millətlər və təşkilatlar öz iqtisadiyyatlarını karbonsızlaşdırma strategiyalarının bir hissəsi kimi yaşıl texnologiya innovasiyalarına getdikcə daha çox sərmayə qoyurlar.

Günəş və külək kimi bərpa olunan enerji mənbələrinin fasiləli xarakter daşması onların elektrik şəbəkəsinə integrasiyası üçün ciddi problem yaradır. Bu enerji mənbələri ardıcıl olaraq elektrik enerjisi istehsal etmir, həddindən artıq istehsal və qıtlıq dövrləri yaradır. Bu problemi həll etmək üçün enerji saxlama sistemlərinin inkişafı enerji sektorunda əsas diqqət mərkəzinə çevrilmişdir. Enerji saxlama texnologiyaları, o cümlədən litium-ion batareyaları və nasoslu su anbarı, istehsal tələbatına uyğun gəlmədikdə belə, bərpa olunan enerjinin səmərəli şəkildə saxlanmasını və istifadəsini təmin etmək üçün mərkəzi rol oynayır.

Litium-ion batareyaları yüksək enerji sıxlığı, uzun dövriyyə müddəti və nisbətən aşağı əməliyyat xərcləri səbəbindən ən çox qəbul edilən enerji saxlama həllidir. Bu batareyalar bərpa olunan enerjinin yüksək olduğu dövrlərdə yaranan artıq elektrik enerjisini saxlamağa imkan verir ki, bu da daha sonra aşağı istehsal dövrlərində göndərilə bilər. Bu balanslaşdırma aktını asanlaşdıraraq, litium-ion batareyalar bərpa olunan enerjinin etibarlılığını və çevikliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır və beləliklə, şəbəkə sabitliyini yaxşılaşdırır [3]. Digər effektiv yaşıl texnologiya olan nasoslu su anbarı enerji saxlamaq üçün müxtəlif yüksəkliklərdə iki su anbarından istifadə edir. Elektrik enerjisinə tələbatın az olduğu dövrlərdə artıq enerji aşağı anbardan yuxarı su anbarına su vurmaq üçün istifadə olunur. Enerji tələbatı zirvəyə çatdıqda, su elektrik enerjisi istehsal etmək üçün buraxılır. Bu texnologiya geniş miqyaslı enerji saxlama üçün yüksək səmərəli və sərfəli həll təklif edir. Həm litium-ion batareyalar, həm də nasoslu su anbarı çox vaxt daha bahalı və ekoloji cəhətdən daha az dayanıqlı olan qalıq yanacaq əsaslı ehtiyat generasiyadan asılılığı azaltmaqla iqtisadi səmərəliliyə töhfə verir. Bundan əlavə, enerji saxlama sistemlərinin integrasiyası şəbəkə infrastrukturunun genişləndirilməsi ehtiyacını azaldır və nəticədə kapital xərcləri azalır. Bərpa olunan enerjinin etibarlılığını, göndərilmə qabiliyyətini və qənaətcilliyini artırmaqla, bu saxlama texnologiyaları daha sabit və iqtisadi cəhətdən səmərəli enerji sektorunu asanlaşdırır, aşağı karbonlu iqtisadiyyata keçidi sürətləndirir.

Ağıllı şəbəkə texnologiyaları enerji paylanması idarə edilməsində əhəmiyyətli irəliləyişi təmsil edir və enerji sisteminin ümumi səmərəliliyini artıran real vaxt rejimində monitoring və nəzarət imkanları təklif edir. Sabit cədvəllər və statik tələb fərziyyələri üzərində işləyən ənənəvi şəbəkələrdən fərqli olaraq, smart şəbəkələr real vaxt məlumatlarına əsaslanan dinamik tənzimləmələri təmin etmək üçün qabaqcıl rəqəmsal rabitə sistemlərini və sensorları birləşdirir.



Bu qabiliyyət enerji paylanması optimallaşdıran və səmərəsizliyi minimuma endirən tələb və təklifin avtomatik balanslaşdırılmasına imkan verir.

Ağıllı şəbəkələr külək və günəş kimi bərpa olunan enerji mənbələrinin fasiləli təbiətini idarə etməklə onların şəbəkəyə inteqrasiyasını asanlaşdırır. Qabaqcıl proqnozlaşdırma və tələb-cavab sistemləri sayəsində ağıllı şəbəkələr bərpa olunan enerji istehsalındakı dalğalanmalara uyğun olaraq enerji paylanması tənzimləyə bilər [4]. Bu, bərpa olunan enerjiden tam potensialından istifadə etməyə imkan verir, qalıq yanacaq əsaslı istehsaldan asılılığı azaldır və ümumi karbon emissiyalarını azaldır. Bundan əlavə, smart şəbəkələr enerji paylanmasının dəqiqliyini yaxşılaşdırmaqla və artıq enerji istehsalı ehtiyacını minimuma endirməklə enerji itkilərini azaldır. Qabaqcıl ölçmə infrastrukturunu enerji istehlakının daha dəqiq monitorinqinə imkan verir, kommunal xidmətlərə sistemdəki səmərəsizlikləri operativ şəkildə müəyyən etməyə və aradan qaldırmağa imkan verir. Nəticədə, ötürmə və paylama itkiləri minimuma endirilir, bu da şəbəkə üzrə iqtisadi səmərəliliyin artmasına töhfə verir.

Ağıllı şəbəkə sistemləri tərəfindən işə salınan tələb tərəfinin idarə edilməsi (DSM) alətləri istehlakçılara enerji istehlak nümunələrini izləmək və tənzimləmək imkanı verməklə enerji səmərəliliyini daha da artırır. IoT əsaslı həllər ilə istehlakçılar elektrik enerjisinin daha ucuz və bol olduğu zaman istehlakı aşağı intensivlikli vaxtlara keçirərək enerji istifadələrini optimallaşdırmaqla bilirlər. Bu, nəinki istehlakçılar üçün xərcləri azaldır, həm də şəbəkənin sabitliyinə töhfə verir və bahalı pik yüklə elektrik istehsalına ehtiyacı azaldır. Nəhayət, ağıllı şəbəkələrin və enerji idarəetmə texnologiyalarının tətbiqi daha səmərəli, etibarlı və dayanıqlı enerji sistemi ilə nəticələnir. Enerji paylanmasını optimallaşdırmaq və istehlakçıların istehlaklarını idarə etmək səlahiyyətini verməklə, smart şəbəkələr enerji sektorunda iqtisadi səmərəliliyin artırılmasında mühüm rol oynayır [7].

Enerji səmərəliliyi texnologiyaları sistemin işini saxlayarkən və ya yaxşılaşdırarkən enerji istehlakının azaldılmasında mühüm rol oynayır. Yüksək səmərəli cihazlar, LED işıqlandırma və qabaqcıl bina izolyasiyasını əhatə edən bu texnologiyalar funksionallığı itirmədən daha davamlı enerji istifadəsi ehtiyacını birbaşa həll edir. Bu texnologiyaların yaşayış, ticarət və sənaye sektorlarında tətbiqi enerjiyə tələbatın əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına gətirib çıxarır, enerji sisteminin ümumi səmərəliliyinə töhfə verir. Soyuducular, kondisionerlər və su qızdırıcıları kimi yüksək məhsuldar cihazlar eyni və ya daha yaxşı xidmət səviyyəsini təmin etməklə yanaşı, ənənəvi cihazlardan daha az enerji sərf edir. Bu cihazlar iş üçün tələb olunan enerji miqdarını azaldan dəyişən sürətli mühərriklər və təkmilləşdirilmiş istilik dəyişdiriciləri kimi qabaqcıl texnologiyalardan istifadə edir. Evlər və müəssisələr köhnə cihazları daha səmərəli modellərlə əvəz etməklə enerji istehlakında əhəmiyyətli azalmalara nail ola bilirlər.

Eynilə, LED işıqlandırma enerji səmərəliliyini artırmaq üçün vacib bir texnologiya olaraq ortaya çıxdı. Ənənəvi közərmə və flüoresan işıqlandırma ilə müqayisədə, LED lampalar müqayisə edilə bilən və ya üstün işıqlandırma keyfiyyətini təmin edərkən 80%-ə qədər az enerji sərf edir [3]. LED-lərin uzun ömrü dəyişdirmə və texniki xidmət xərclərini azaltmaqla onların iqtisadi faydalarını daha da artırır. Binaların izolyasiyası digər mühüm enerji səmərəliliyi tədbiridir. Düzgün izolyasiya, divarlar, damlar və pəncərələr vasitəsilə kondisioner hava itkisini minimuma endirməklə, istilik və soyutma ehtiyacını azaldır. Nəticədə, yerin isitilməsi və soyudulması üçün enerji tələbatı əhəmiyyətli dərəcədə azalır, bu da enerji xərclərinin azalmasına və rahatlığın artmasına səbəb olur. Binaların müasir standartlara uyğun izolyasiyası həm də enerji infrastrukturuna təzyiqi azaldır, yeni elektrik stansiyalarına və elektrik ötürücü xətlərə investisiya qoyuluşunu azaldır.



İqtisadi nöqteyi-nəzərdən enerji səmərəliliyi texnologiyalarına ilkin investisiya çox vaxt əhəmiyyətli uzunmüddətli qənaətlə nəticələnir. Bu qənaət enerji xərclərinin azalması, əməliyyat xərclərinin azaldılması və yeni enerji infrastrukturuna təxirə salınmış investisiyalar hesabına əldə edilir. Enerji səmərəliliyi texnologiyaları təkmilləşməyə davam etdikcə, onların geniş tətbiqi daha çox iqtisadi fayda verəcək və daha dayanıqlı və qənaətcil enerji sisteminə töhfə verəcək.

Karbon Tutma və Saxlama (CCS) sənaye proseslərindən və qalıq yanacaq elektrik stansiyalarından atmosfərə buraxılmazdan əvvəl karbon dioksit (CO_2) emissiyalarını tutmaq üçün nəzərdə tutulmuş texnologiyadır. CCS bərpa olunan enerji texnologiyası olmasa da, mövcud qalıq yanacaq infrastrukturunun ətraf mühitə təsirinin azaldılmasında mühüm rol oynayır. CO_2 -ni tutmaq və onu yeraltı saxlamaqla CCS istixana qazı emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmaqla iqlim dəyişikliyinə mənfi təsirlərinin azaldılmasına töhfə verir [1]. CCS-nin iqtisadi səmərəliliyi onun mövcud infrastrukturun istismar müddətini uzatmaq qabiliyyətindən irəli gəlir. Qlobal enerji istehsalının əsas mənbəyi olaraq qalan qalıq yanacaq elektrik stansiyaları əhəmiyyətli miqdarda CO_2 emissiyalarına cavabdehdir. CCS-ni bu qurğulara inteqrasiya etməklə, zavodlar ətraf mühitə təsirini minimuma endirməklə yanaşı fəaliyyətini davam etdirə bilər. Bu, mövcud elektrik stansiyalarının dərhal və baha başa gəlməsinə ehtiyac olmadan daha təmiz enerji mənbələrinə tədricən keçidi təmin edir. Buna görə də, CCS xüsusilə alternativ dekarbonizasiya texnologiyalarının hələ kommersiya baxımından əlverişli olmadığı sektorlarda tikilmiş infraquruluşlardan emissiyaları azaltmaq üçün sərfəli həll yolu təklif edir.

Bundan əlavə, CCS getdikcə daha sərt ətraf mühit qaydalarına riayət etməyə imkan verməklə, yanacaqdan asılı sənayelərin iqtisadi dayanıqlılığını artırır. CCS texnologiyalarının tətbiqi sənayelərə öz əməliyyatlarını davam etdirərkən karbonun azaldılması hədəflərinə çatmağa imkan verir, beləliklə, tənzimləyici cəzaların maliyyə yükündən və ya tamamilə bərpa olunan enerji mənbələrinə keçidlə bağlı xərclərdən qaçır. Üstəlik, CCS-nin iqtisadi səmərəliliyi onun yeni sənaye sahələri və məşğulluq imkanları yaratmaq potensialında özünü göstərir. CCS texnologiyalarının inkişafı, tətbiqi və saxlanması ixtisaslı işçi qüvvəsi və innovasiya tələb edir və mühəndislik, tədqiqat və enerji idarəçiliyində iş yerləri yaradır. Bərpa olunan texnologiya olmasa da, CCS qalıq yanacaq infrastrukturunun ömrünü uzatmaqla, karbon emissiyalarını azaltmaqla və sənayelərin aşağı karbonlu iqtisadiyyata keçidini dəstəkləməklə əhəmiyyətli iqtisadi səmərəlilik faydaları təklif edir.

Mikroşəbəkələr kimi mərkəzləşdirilməmiş enerji sistemləri və damdakı günəş panelləri və kiçik külək turbinləri kimi paylanmış enerji istehsalı texnologiyaları enerji istehsalı və paylanması iqtisadi səmərəliliyinin artırılmasında getdikcə daha mühüm rol oynayır. Bu sistemlər uzun məsafəli ötürmə ehtiyacını azaldaraq və bununla bağlı enerji itkilərini minimuma endirərək lokallaşdırılmış istehsalı imkan verir. Ənənəvi mərkəzləşdirilmiş enerji sistemlərində iri elektrik stansiyalarında istehsal olunan elektrik enerjisi geniş şəbəkələr vasitəsilə ötürülür ki, bu da xüsusilə istehsal sahəsindən uzaq ərazilərdə əhəmiyyətli itkilərə səbəb olur. Əksinə, mərkəzləşdirilməmiş sistemlər istehlak nöqtəsinə daha yaxın enerji istehsal edir və bununla da ötürmə itkilərini azaldır və ümumi sistemin səmərəliliyini artırır.

Mərkəzləşdirilməmiş enerji sistemləri enerji itkilərini azaltmaqla yanaşı, geniş enerji infrastrukturuna investisiyalarına ehtiyacı da azaldır. Ənənəvi şəbəkələr elektrik enerjisini mərkəzi elektrik stansiyalarından son istifadəçilərə çatdırmaq üçün bahalı ötürmə xətləri, yarımstansiyalar və digər infrastruktur tələb edir. Bununla belə, qeyri-mərkəzləşdirilmiş sistemlər minimal infrastruktur tələb edən kiçik miqyaslı istehsal texnologiyalarından istifadə edir və nəticədə kapital xərcləri azalır. Günəş və külək kimi yerli bərpa olunan enerji mənbələrinin inteqrasiyası



mədən yanacağına əsaslanan əlavə istehsal gücünə ehtiyacı aradan qaldıraraq infrastruktur xərclərini daha da azaldır.

Paylanmış enerji sistemləri həmçinin yerli icmalara öz enerjilərini istehsal etmək, idarə etmək və istehlak etmək imkanı verməklə onları gücləndirir. Bu muxtariyyət ənənəvi şəbəkə infrastrukturunun genişləndirilməsinin çox vaxt iqtisadi cəhətdən qeyri-mümkün olduğu uzaq və ya kifayət qədər xidmət göstərməyən ərazilər üçün xüsusilə faydalıdır. Yerli olaraq enerji istehsal etməklə icmalar xarici mənbələrdən asılılığı azalda, enerji təhlükəsizliyini yaxşılaşdırır və potensial olaraq enerji xərclərini azalda bilər. Bəzi hallarda paylanmış sistemlər tərəfindən istehsal olunan artıq enerji ev təsərrüfatları və ya yerli bizneslər üçün gəlir axını təmin edərək yenidən şəbəkəyə satıla bilər. İqtisadi nöqteyi-nəzərdən paylanmış enerji sistemləri enerji davamlılığını və təhlükəsizliyini təşviq edir, enerji sistemlərinin quraşdırılması və saxlanması iş yerləri yaratmaqla yerli iqtisadiyyatları stimullaşdırır və ümumi enerji xərclərini azaldır. Beləliklə, paylanmış enerji istehsalı nəinki enerji səmərəliliyini artırır, həm də daha geniş iqtisadi və sosial faydaları təşviq edir, xüsusən də ənənəvi enerji infrastrukturuna çıxışı məhdud olan regionlarda [5].

Külək və ya günəş enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edərək suyun elektrolizi yolu ilə istehsal olunan yaşıl hidrogen, sənaye və nəqliyyat sektorlarının karbonsizləşdirilməsi üçün əlverişli həll yolu kimi sürətlə cəlb olunur. Qalıq yanacaqlardan istifadə etməklə istehsal olunan adi hidrogendən fərqli olaraq, yaşıl hidrogen istehsal zamanı karbon emissiyalarına səbəb olmur. Elektroliz prosesi suyu hidrogen və oksigenə ayırır və bərpa olunan enerji ilə təchiz edildikdə, bütün proses karbon neytral olaraq qalır və onu xalis sıfır emissiyaya nail olmaq üçün əsas texnologiyaya çevirir. Sənaye tətbiqlərində yaşıl hidrogen polad emalı, emalı və kimya istehsalı kimi sektorlarda istifadə edilən təbii qazdan (boz hidrogen) əldə edilən yüksək emissiyalı hidrogenə təmiz alternativ təklif edir. Boz hidrogeni yaşıl hidrogenlə əvəz etməklə, bu sənayelər karbon izlərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda və ümumi davamlılığa töhfə verə bilərlər.

Nəqliyyat sektorunda hidrogen yanacaq elementləri yük maşınları, avtobuslar və qatarlar kimi ağır yük daşıyan nəqliyyat vasitələrini enerji ilə təmin etmək üçün effektiv bir yol təqdim edir, onların ölçüləri və diapazon tələblərinə görə akkumulyator texnologiyalarından istifadə etməklə elektrifikasişdırılması çətin olur. Hidrogenlə işləyən avtomobillər sürətli yanacaq doldurma müddətləri və uzun işləmə diapazonları təklif edir ki, bu da onları uzun məsafələrə daşımaq üçün əlverişli edir. İqtisadi nöqteyi-nəzərdən yaşıl hidrogen enerjinin şaxələndirilməsinə töhfə verir və artıq bərpa olunan enerji üçün saxlama mühiti təmin etməklə enerji sistemlərinin dayanıqlığını artırır. Texnologiya yetkinləşdikcə və miqyas iqtisadiyyatı reallaşdıqca yaşıl hidrogen istehsalının dəyərinin azalması, onun iqtisadi səmərəliliyini və global enerji bazarında rəqabət qabiliyyətini daha da artırması gözlənilir.

Cədvəl 1-də təqdim olunan statistik göstəricilər enerji sektorunda müxtəlif yaşıl texnologiyaların iqtisadi səmərəliliyini vurğulayır, diqqəti elektrik enerjisi xərclərinin balanslaşdırılması, tutum amilləri, geri ödəmə müddətləri və investisiyaların gəlirliliyinə (ROI) yönəldir. Seçimlər arasında külək və günəş PV texnologiyaları ən aşağı elektrik enerjisi xərclərini (0,02-0,06 ABŞ dolları/MWh) nümayiş etdirir və bu, onları əlverişlilik baxımından yüksək rəqabətə davamlı edir. Bununla belə, onlar daha aşağı tutum faktorları ilə məhdudlaşır - günəş PV (15-25%) və külək (30-40%) - hava şəraitindən asılı olaraq hasilatın dəyişkənliyini göstərir.

Cədvəl 1. Enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların iqtisadi səmərəliliyinin statistik göstəriciləri.



Texnologiya	Elektrik enerjisi xərclərinin balanslaşdırılması (\$/MWh)	Tutum Faktoru (%)	Geri ödəmə müddəti (illər)	ROI (%)
Günəş PV	0.03-0.06	15-25	5-7	10-15
Külək	0.02-0.05	30-40	5-7	10-15
Geotermal	0.05-0.10	90-95	10-15	5-10
Hidroenergetika	0.02-0.05	40-60	15-20	5-10
Biokütlə	0.04-0.08	70-80	10-15	5-10

Mənbə: Lechtenböhmer S. 2022: p.183

Geotermal və biokütlə enerji istehsalında onların etibarlılığını və ardıcılığını əks etdirən əhəmiyyətli dərəcədə yüksək tutum faktorları (müvafiq olaraq 95% və 80%-ə qədər) təklif edir. Bununla belə, bu etibarlılıq 15 ilə qədər və nisbətən aşağı ROI (5-10%) ilə, xüsusilə geotermal üçün daha yüksək xərc və daha uzun geri ödəmə müddəti ilə gəlir.

Hidroenergetika, gücü baxımından yüksək səmərəli olsa da (40-60%), ilk növbədə geniş infrastruktur ehtiyacları və ekoloji mülahizələrə görə, ən uzun geri ödəmə müddəti ilə (15-20 il) uzunmüddətli investisiyaları əhatə edir.

Günəş və külək sürətli yerləşdirmə və qısamüddətli gəlir əldə etmək üçün iqtisadi cəhətdən sərfəlidir, geotermal, hidroenergetika və biokütlə isə daha sabit nəticələr verir, lakin daha çox ilkin investisiya və daha uzun ROI üfqləri tələb edir. Optimal enerji qarışığı bu texnologiyalar üzrə xərc səmərəliliyi ilə çıxışın etibarlılığını tarazlaşdıracaq.

Nəticə

Enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların tətbiqi iqlim dəyişikliyi və ətraf mühitin degradasiyası ilə bağlı qlobal problemlərin həllində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Günəş, külək və su enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələri də daxil olmaqla bu texnologiyalar ənənəvi qalıq yanacaq əsaslı enerji istehsalına davamlı alternativlər təklif edir. Bu bərpa olunan mənbələrdən istifadə etməklə enerji sektoru istixana qazı emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azalda, çirklənməni azalda və qlobal olaraq aşağı karbonlu iqtisadiyyata keçidə töhfə verə bilər. İqtisadi səmərəlilik nöqteyi-nəzərindən yaşıl texnologiyaların tətbiqi də əhəmiyyətli vədlər verir. Bərpa olunan enerji infrastrukturuna ilkin investisiyalar əhəmiyyətli ola bilsə də, bu texnologiyalarla bağlı uzunmüddətli xərclərə qənaət əhəmiyyətlidir. Bərpa olunan enerji mənbələri adi enerji sistemləri ilə müqayisədə daha az əməliyyat xərclərinə malikdir, çünki onlar məhdud təbii ehtiyatların hasilatı, daşınması və ya emalına etibar etmirlər. Bundan əlavə, bərpa olunan enerji istehsalının qeyri-mərkəzləşdirilmiş təbiəti enerji təhlükəsizliyinin artırılmasına imkan verir və qlobal enerji bazarlarında dalğalanmalara qarşı həssaslığı azaldır. Yaşıl texnologiyaların iqtisadi faydaları yalnız xərclərə qənaətlə məhdudlaşmır. Onlar həmçinin innovasiyaları təşviq edir, bərpa olunan enerji sektorunda iş yerləri yaradır və yeni sənaye və texnologiyaların inkişafı vasitəsilə iqtisadi artımı stimullaşdırır. Dünya miqyasında hökumətlər bu üstünlükləri tanıdılar və subsidiyalar, vergi kreditləri, tədqiqat və inkişafa investisiyalar kimi təmiz enerjiyə keçidi stimullaşdıran siyasətləri getdikcə daha çox həyata keçirirlər. Nəticə olaraq, enerji sektorunda yaşıl texnologiyaların integrasiyası təkcə ekoloji davamlılıq üçün vacib deyil, həm də əhəmiyyətli iqtisadi səmərəlilik qazancları təklif edir. Daha təmiz, daha dayanıqlı enerji mənbələrinə keçidlə qlobal iqtisadiyyat gələcək nəsillər üçün planetin qorunmasını təmin etməklə bərabər inkişaf edə bilər.

**Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnalə və ya konfransa təqdim edilməyib.

Təhsil Məhdudiyyətləri

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

Təşəkkürlər

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

Maliyyələşdirmə mənbəyi

Heç bir mənbə yoxdur.

Rəqabətli Maraqlar

Müəlliflər tərəfindən potensial maraqların toqquşması barədə məlumat verilməyib.

ƏDƏBİYYAT

1. Bardi U., "The Energy of Nature", New York, "Springer", 2021, 350 p.
2. Jacobson M. Z., "100% Clean, Renewable Energy and Storage for Everything", Cambridge, "Cambridge University Press", 2020, 650 p.
3. Lechtenböhrer S., "Green Energy Technologies: Their Economic Potential", Heidelberg, "Springer", 2022, 450 p.
4. Mazzucato M., "The Green New Deal: A Global Economic Revolution", London, "Verso", 2020, 400 p.
5. Pearce D., "Environmental Economics: A Short Guide", London, "Edward Elgar Publishing", 2023, 200 p.
6. Sovacool B. K., "The Political Economy of Energy Transitions: States, Markets, and Institutions", New York, "Routledge", 2022, 300 p.
7. Walker J., "Renewable Energy: A First Course", New York, "Wiley", 2021, 280 p.

ПРИМЕНЕНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ**Садагат Абдурахманова¹, Гусейн Мустафаев²**

^{1,2}Азербайджанский Технический Университет

¹Доктор философии по экономике, sedaqet.abdurahmanova@aztu.edu.az

^{1,2}Кафедра « Экономика и статистика»

²Магистр, huseynmustafayef@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Применение зеленых технологий в энергетическом секторе направлено на использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая и гидроэнергия, для



снижения зависимости от ископаемого топлива. Эти технологии способствуют устойчивому развитию за счет минимизации воздействия на окружающую среду, включая выбросы углерода и загрязнение. С экономической точки зрения зеленые технологии повышают эффективность за счет снижения долгосрочных эксплуатационных расходов и повышения энергетической независимости. Инвестиции в энергоэффективность, интеллектуальные сети и решения по хранению энергии также способствуют экономическому росту, созданию рабочих мест и устойчивому развитию. Внедрение экологически чистых технологий может обеспечить значительную экономию средств и одновременно обеспечить переход к устойчивой экономике с низким уровнем выбросов углерода, которая принесет пользу как окружающей среде, так и экономике.

Ключевые слова: энергетика, энергетический сектор, зеленые технологии, экономическая эффективность.

Publication history

Article received: 02.04.2025;

Article accepted: 15.04.2025

Article published online: 30.04.2025

DOI: <https://doi.org/10.32010/LAAE4725>