

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
___ kafedrası

Vəliyev Tural İsfəndiyar oğlu
Ağazadə Ülvü Şaiq oğlu
Məhdili Ülvü Vəlif oğlu
Rəhimli Cəlal oğlu

QARABAĞ İQTİSADİ ZONASINDA BƏRPA OLUNAN ENERJİ
QURĞULARININ DİNAMİK PARAMETRLƏRİNİN TƏDQIQI
mövzusunda
MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Maşınların möhkəmliyi və dinamikası

Elmi rəhbər: T.e.n., dos. Eldar F. Axundov

BAKİ – 2024

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ.....	4
TİTUL 1.....	8
I FƏSİL. BƏRPA OLUNAN ENERJİ QURĞULARININ DİNAMİK ANALİZİ VƏ MÖHKƏMLİK HESABATLARI.....	9
1.1. Bərpa olunan enerji mənbələri, növləri, xarakteristikaları.....	9
1.2. Qlobal kontekstdə bərpa olunan enerji mənbələrinin dinamik analizi	21
1.3. Azərbaycanda Bərpa Olunan Enerji Mənbələrinin Mövcud Potensialları ...	29
TİTUL 2.....	46
II FƏSİL. QARABAĞ İQTİSADI ZONASINDA TƏTBİQ OLUNAN ALTERNATİV ENERJİ QURĞULARININ DİNAMİK PARAMETRLƏRİNİN ANALİZİ.....	47
2.1. Alternativ, regenerativ enerji növlərindən istifadənin əhəmiyyəti, insanların istifadəsinin tarixi və prosesin inkişaf mərhələləri	47
2.2. Qarabağda alternativ enerji mənbələrinin dinamik analizi	59
2.3. Zəngilanda Alternativ enerji qurğusunun layihəsi.....	72
TİTUL 3.....	87
III FƏSİL. XƏZƏR DƏNİZİ ŞƏRAİTİNDƏ MOBİL KÜLƏK ENERJETİK QURĞULARIN DİNAMİK ANALİZİ VƏ İNKİŞAFIN PERSPEKTİVLƏRİ	88
3.1. Xəzəryanı ölkələrin külək enerjisi potensialının qiymətləndirilməsi və gələcək perspektivlər.....	88
3.2. Azərbaycanda Xəzər Dənizində Külək Enerjisi Potensialının Qiymətləndirilməsi.....	Error! Bookmark not defined.
3.3. Külək Elektrik Stansiyasının modelləşdirilməsi və şəbəkəyə qoşulması	Error! Bookmark not defined.
TİTUL 4.....	130

IV FƏSİL. ALTERNATİV ENERJİ QURĞULARININ KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏRİN HAZIRLANMASI	131
4.1. Azərbaycanca alternativ potensialının qiymətləndirilməsi və gələcək perspektivlər.....	131
4.2. Neft və qaz yataqlarının işlənməsinin səmərəliliyini artırmaq üçün alternativ enerjiden istifadə perspektivləri.....	145
4.3. Azərbaycan Respublikasının regionlarında dövlət dəstəyinin maliyyə alətlərinin səmərəliliyi və alternativ enerjinin artımının təkmilləşdirilməsi istiqamətləri	150
ƏSAS NƏTİCƏLƏR.....	168
ƏDƏBİYYAT SİYAHISI	171

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Elektrik enerjisi sənayesi iqtisadiyyatın əsas infrastruktur sektorudur, o, əsasən ölkələrin beynəlxalq bazarlarda rəqabət qabiliyyətini müəyyən edir. Təbii ki, sənayenin fəaliyyətinin səmərəliliyinin və etibarlılığının artırılması tələbləri, eləcə də onların ən son texnoloji çağırışlara uyğunluğu bir çox inkişaf etmiş ölkələri öz strategiyası kimi intellektual enerji konsepsiyasına əsaslanan elektrik enerjisi sektorunda əsas seçməyə sövq etmişdir. Smart Grid) sənayenin inkişafı üçün innovativ əsası təmsil edir. Dünyanın istənilən ölkəsində informasiya texnologiyaları enerji sistemləri (İES) konsepsiyasının tətbiqi və inkişafı üçün çətin vəzifələrdən biri də enerji sisteminin texnoloji əsasını seçməkdir. Bu seçim geniş amillərlə müəyyən edilə bilər, gələcəkdə enerji sisteminin arxitekturasının inkişafı üçün mühasibat uçotunu rəsmiləşdirmək çətin olacaq, buna görə də praktikada getdikcə daha çox insan gələcək ağıllı gücə təqdim olunan tələblərə müraciət edir.

Ağıllı enerji sistemində praktiki icrada mühüm məhdudlaşdırıcı amillərdən biri olan variantların qiymətləndirilməsinin işlənilib hazırlanmasında çətinliklər yaranır, bunun üçün müxtəlif ölkələr üçün fərdi olaraq bir sıra amillər nəzərə alınır. Sənayenin inkişafı strateji sənədlərlə müəyyən edilir. Azərbaycan Enerji İntellektual Sistemi üçün hələ də bu məhdudiyyətləri aradan qaldırmaq üçün lazım olan qiymətləndirici metodoloji yanaşma mövcud deyil.

Qarabağda yeni metodoloji yanaşmanın işlənilib hazırlanması üçün Azərbaycanda informasiya texnologiyaları enerji sisteminin variantlarının işlənilib hazırlanmasının qiymətləndirilməsinin aktuallığı müəyyən edilir, gələcək enerji sisteminin uçotunun parametrləri, onun həyata keçirilməsi zamanı əldə edilən variantın seçilməsi ilə istiqamətləndirilməsi müəyyən edilir. İES sənaye strategiyasına uyğun gələn maraqlı tərəflərin tələbləri nəzərə alınmaqla müəyyən edilir.

İşin məqsədi alternativ enerji mənbələrinin mexaniki parametrlərinin tədqiqi və bu sistemlərin azad olunmuş Qarabağ ərazisində istifadə olunma

perspektivlərinin araşdırılmasından ibarətdir.

Elmi yenilik. Qoyulan mövzu araşdırılaraq, bərpa olunan enerji qurğularının dinamik parametrləri (təsir edən qüvvələr, gərginliklər, möhkəmlik hesabları) araşdırılmış və səmərəli hesablama metodikası və alqoritmləri işlənilib hazırlanmışdır.

Müdafiyyəyə aşağıdakı nəticələr çıxarılır:

- Qarabağ iqtisadi zonasında alternativ enerji mənbələrinin analizi və alternativ enerji qurğularının yaradılması perspektivləri;
- alternativ enerji qurğularının mexaniki-texniki xarakteristikaları və onların yüksəldilməsi yolları;
- alternativ enerji qurğularının dinamik analizi və riyazi modelləşdirilməsi;
- alınan nəticələrin ümumiləşdirilməsi və praktiki tövsiyələrin hazırlanması.

Tədqiqat metodları. Dissertasiyada istifadə olunan tədqiqat üsulları maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi və analitik funksiyalar nəzəriyyəsi metodlarına əsaslanır.

Dissertasiyada qoyulmuş məsələlərin təklif olunan həlli üsulu müxtəlif analitik və hesabi metodların kombinasiyasından ibarətdir.

Həqiqilik. Alınmış nəticələrin həqiqiliyi - məsələlərin fiziki və riyazi qoyuluşunun korrektiliyi, mexanikanın fundamental qanunlarını tətbiqi və alınmış nəticələrin xüsusi hallarda məlum həllərlə müqayisəsi ilə təmin edilir.

Praktiki dəyəri. İşin praktik əhəmiyyəti alınan nəticələrin müasir “ağıllı kənd” və “ağıllı şəhər” konsepsiyası əsasında yaradılan alternativ enerji qurğularının geniş tətbiq dairəsi ilə müəyyən olunur.

Alınmış nəticələri bilavasitə alternativ və bərpa olunan qurğuların, maşın və avadanlıqların möhkəmliyinin və uzunömürlüliyünün mühəndis hesablamalarında istifadə oluna bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri _____ mövzusunda keçirilən texniki konfransında məruzə olunmuşdur.

Nəşrlər. Dissertasiyanın mövzusu üzrə 4 elmi iş nəşr olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya girişdən, 4 fəsildən, alınmış mühüm nəticələrdən və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşə _ səhifəlik mətn, _şəkil,) adda bibliografiya daxildir.

Girişdə qısa olaraq, nəzərdən keçirilən problemmin məqsədi və aktuallağı əsaslandırılmışdır işin, həmçinin əsas nəticələri şərh edilmişdir.

Birinci fəsil bərpa olunan enerji qurğularının dinamik analizi və möhkəmlik hesablarının tədqiqinə həsr edilmişdir.

1.1-də bərpa olunan enerji mənbələri, növləri, xarakteristikalarının təhlili aparılır.

1.2-də bərpa olunan enerji mənbələrinin dinamik analizi aparılmışdır.

1.3-də Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin mövcud potensialları təhlil edilmişdir.

İkinci fəsildə Qarabağ iqtisadi zonasında tətbiq olunan alternativ enerji qurğularının dinamik parametrlərinin analizi aparılmışdır.

2.1 paraqrafında alternativ, regenerativ enerji növlərindən istifadənin əhəmiyyəti, insanların istifadəsinin tarixi və prosesin inkişaf mərhələləri araşdırılması aparılmışdır. Daha sonra 2.2-də alınan nəticələr təhlil edilmiş və praktiki istifadə üçün tövsiyələr hazırlanmışdır.

Üçüncü fəsildə Xəzər dənizi şəraitində mobil külək energetik qurğuların dinamik analizi və inkişafın perspektivləri işlənmişdir. 3.1 paraqrafında Xəzəryanı ölkələrin külək enerjisi potensialının qiymətləndirilməsi və gələcək perspektivlər təhlil edilmişdir. Daha sonra 3.2-də Azərbaycanda Xəzər dənizində külək enerjisi potensialı qiymətləndirilmişdir.

Dördüncü fəsildə alternativ enerji qurğularının keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsi və praktiki tövsiyələrin hazırlanması məsələsi öyrənilmişdir. 4.1 paraqrafında Azərbaycanda alternativ potensialının qiymətləndirilməsi və gələcək perspektivlər verilmişdir. Daha sonra 4.2-də neft və qaz yataqlarının işlənməsinin səmərəliliyini artırmaq üçün alternativ enerjiden istifadə perspektivləri öyrənilmişdir. 4.3-də Azərbaycan Respublikasının regionlarında dövlət dəstəyinin

maliyyə alətlərinin səmərəliliyi və alternativ enerjinin artımının təkmilləşdirilməsi istiqamətləri araşdırılmışdır.

Dissertasiyanın yekun hissəsində alınmış mühüm nəticələr və istifadə olunan ədəbiyyatların siyahısı verilir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
___ kafedrası

Vəliyev Tural İsfəndiyar oğlu

BƏRPA OLUNAN ENERJİ QURĞULARININ DİNAMİK ANALİZİ VƏ
MÖHKƏMLİK HESABATLARI
mövzusunda
MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Maşınların möhkəmliyi və dinamikası

Elmi rəhbər: T.e.n., dos. Eldar F. Axundov

BAKİ – 2024

I FƏSİL. BƏRPA OLUNAN ENERJİ QURĞULARININ DİNAMİK ANALİZİ VƏ MÖHKƏMLİK HESABATLARI

1.1. Bərpa olunan enerji mənbələri, növləri, xarakteristikaları

Səmərəli enerji istehsalı cəmiyyətin inkişafı üçün vacibdir. Son illərdə günəş elektrik stansiyaları və külək stansiyaları istilik elektrik stansiyalarını əvəz edərək, bu növ enerji obyektindən istifadə konsepsiyasının dəyişdiyini göstərir. Lakin kömür, linyit, neft, təbii qaz və biokütlə bir çox sahələrdə əlverişli və geniş yayılmış elektrik enerjisi mənbələri olaraq qalır.

İstilik elektrik stansiyası istilik enerjisini elektrik enerjisinə çevirən elektrik stansiyasıdır. İstilik enerjisi adətən yanan yanacaqlardan əldə edilir, lakin geotermal mənbələr və günəş enerjisi ilə işləyən istilik elektrik stansiyaları da var. İstilik elektrik stansiyaları üçün əsas yanacaq mənbələri daş kömür, qəhvəyi kömür, mazut, təbii qaz, biokütlə, bioqaz, həmçinin sənaye və ya məişət tullantılarıdır. Enerji bloku əsas avadanlıqdan (buxar qazanı, dizel mühərriki), turbindən, sinxron generatordan, kondensatordan, su nasosundan, transformatorundan və enerji blokunun özünün ehtiyacları ilə işləyən köməkçi avadanlıqdan (məsələn, kömür dəyirmanları, nasoslar və ya fanatlar) ibarətdir.

Müasir istilik elektrik stansiyalarında tüstü qazlarının kükürddən təmizlənməsi və denitrifikasiyası qurğuları, regenerativ istilik dəyişdiriciləri, deqazatorlu su çənləri və s. mühüm rol oynayır.

Adi istilik elektrik stansiyaları yanma prosesi vasitəsilə qalıq yanacaqların (qaz, kömür, neft) tərkibində olan kimyəvi enerjini buraxaraq istilik yaradır.

Bu qurğular aşağıdakılara bölünür:

- Buxar CHP qurğuları (buxar turbinləri ilə).
- Qaz turbinli istilik elektrik stansiyaları (qaz turbinləri ilə).
- Qaz və buxar turbinləri və tullantı istilik qazanı olan kombinə edilmiş dövrəli istilik elektrik stansiyaları.
- Daxili yanma mühərriklərinə əsaslanan istilik elektrik stansiyaları.

Ən çox yayılmışları mazut (36% səmərəlilik), kömür (47% səmərəlilik) və (500-550 C və 100-200 atm-də buxar)təbii qazdan istifadə edən buxar istilik elektrik stansiyalarıdır. Kombinə edilmiş dövrəli elektrik stansiyaları (60% səmərəlilik) ən səmərəlidir. İstilik elektrik stansiyalarının səmərəliliyini artırmaq üçün daha yüksək təzyiqlərə (350 atm.) və təxminən 650-700 C temperaturlara tab gətirə bilən yüksək möhkəm materiallarla bağlı yeni texnologiyalar hazırlanır.

Bir çox böyük istilik stansiyaları yalnız elektrik enerjisi istehsal edir.Kondensasiya elektrik stansiyası; orta stansiyalar da mərkəzi istilik sxemlərində (CHP) istilik yaratmaq üçün istifadə edilə bilər.

Biokütlə istilik elektrik stansiyaları biokütlənin tərkibində olan kimyəvi enerjini (kənd təsərrüfatı və meşə təsərrüfatı tullantıları, məişət bərk tullantıları və ya bioyanacaq) yanma prosesi vasitəsilə sərbəst buraxaraq istilik yaradır.

Əks halda, bu qurğular yuxarıda təsvir edilən adi istilik elektrik stansiyalarından az fərqlənir. Günəş buxar elektrik stansiyaları Günəş elektrik stansiyaları birbaşa günəş enerjisini tutaraq və onu güzgülərin köməyi ilə mayenin (yağ, hava, ərimiş duzların) dövr etdiyi xəttə və ya fokusda cəmləşdirməklə istilik yaradır. Geotermal elektrik stansiyaları İnnovativ geotermal istilik elektrik stansiyaları Yerin daxilində yerləşən geotermal mənbələrdən istilik alır. Bu qurğular yalnız müəyyən coğrafi ərazilərdə tikilə bilər ki, bu da onların tətbiqini əhəmiyyətli dərəcədə məhdudlaşdırır.

Elektrik enerjisinin istehsalı çox vaxt faydalı istiliyin birgə istehsalı ilə əlaqələndirilir. Kogenerasiya buxar şəklində elektrik enerjisi və faydalı istiliyin eyni vaxtda istehsalı üçün texnoloji prosesdir. Bu tip sistemlərə kombinə edilmiş istilik və elektrik stansiyaları və ya CHP deyilir. Onların səmərəliliyi 85% -ə çatır. Kombinə edilmiş istilik və elektrik stansiyası yüksək temperaturda buxar şəklində elektrik və istilik istehsal edən sənaye müəssisəsidir. Bu buxar mərkəzi istilik şəbəkələrində və ya sənaye proseslərində istifadə olunur. Bu gün Avropada ən çox yayılmış istilik elektrik stansiyası növü, yanacaq kimi linyit və ya daş kömürdən istifadə edən kömürlə işləyən istilik elektrik stansiyaları olaraq qalır. Onlar əsasən

20-ci əsrin ikinci yarısında tikilib və hazırda ekoloji modernləşdirməyə böyük ehtiyac duyurlar. Həm AI-də, həm də dünyanın digər regionlarında qalıq yanacaqların tükənməsi və ekoloji qaydaların sərtləşdirilməsi nəticəsində kömürlə işləyən istilik elektrik stansiyalarının tikintisinə qlobal investisiyalar azalır. Bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan buxar turbinli günəş elektrik stansiyaları və geotermal istilik elektrik stansiyaları enerjinin inkişafı üçün daha perspektivli sahələrdir. Ümumiyyətlə, istilik elektrik stansiyalarının səmərəliliyi nadir hallarda 58-60%-i keçir. Bu səbəbdən bütün dünyada enerji istehsal edən şirkətlər istilik elektrik stansiyalarının modernləşdirilməsinin və onların səmərəliliyinin artırılmasının ən yaxşı yollarını axtarırlar[7, s.22].

Dünyada bərpa olunan enerji mənbələrinin iqtisadi resursu hazırda 20 milyard tse həcmində qiymətləndirilir. İldə bütün növ qalıq yanacaqların illik istehsalından 2 dəfə çoxdur. Bu hal yaxın gələcəkdə enerjinin inkişaf yolunu göstərir.

Bərpa olunan enerji mənbələrinə daxildir: Günəş enerjisi, külək, Yerin istiliyi, dənizlərin və okeanların enerjisi, biokütlə, kömür əsasında sintetik neftlə təmsil olunan maye və qaz yanacaqlarının yeni növləri, neft şistinin üzvi komponenti və bitumlu süxurlar (əlavə karbohidrogen ehtiyatları), eləcə də bəzi növlər yanacaq spirtləri və hidrogen.

Bu enerji daşıyıcıları müxtəlif dərinlikdə və mürəkkəblikdə olan texnoloji transformasiyalar prosesində xassələri təbii qaz, kömür, neft və onların emal məhsullarından alınan məhsullarla müqayisə olunan məhsullar əldə etməyə imkan verir və bununla da ənənəvi enerji xammalına qənaəti təmin edir.

Bu enerji ehtiyatlarının əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onların əksəriyyəti yerli yanacaq növüdür və onların xammal bazasının ən çox cəmləşdiyi ərazilər, bir qayda olaraq, yanacaq-enerji ehtiyatlarının formalaşmasında müəyyən çətinliklərlə üzləşirlər. Onların iqtisadi inkişafı təkcə bu ərazilərin yanacaq-energetika ehtiyatlarının strukturunun optimallaşdırılmasına deyil, həm də nəqliyyat yük axınlarının intensivliyinin azaldılmasına kömək edəcəkdir.

Qeyri-ənənəvi enerji mənbələrinin çoxu mürəkkəb enerji ehtiyatlarıdır, onların tərkib hissələri kimya, tikinti sənayesi, kənd təsərrüfatı, metallurgiya və s. sahələrdə geniş istifadə olunan qeyri-yanacaq məhsulları əldə etməyə imkan verir. Məsələn, termal sularda, neft şistlərində və bitumlu süxurlarda litium, vanadium, nikel, rubidium, kükürd və digər elementlər sənaye konsentrasiyalarında olur ki, onların əsas çıxarılması imkanları sübut edilmişdir. Neft şistin və bitumlu süxurların mineral komponenti yol və tikinti sənayesi üçün məhsulların istehsalı üçün xammaldır. Müxtəlif növ tullantıların (biokütlə) rəşional şəkildə utilizasiyası yüksək keyfiyyətli gübrə əldə etməyə imkan verəcəkdir.

Bütün dünyada qeyri-ənənəvi bərpa olunan enerji mənbələrinin praktiki tətbiqi üzərində çox çalışılır. Onların təbiəti Günəşdə, Yer in dərinliklərində baş verən proseslər və Günəş, Yer və Ayın cazibə qüvvəsinin qarşılıqlı təsiri ilə müəyyən edilir. Bərpa olunan enerji ehtiyatlarının ehtiyatları: günəşdən, küləkdən, çaylardan, dəniz axınından, Yer kürəsindən, bitki enerji plantasiyalarından və s. enerji çox böyükdür və mahiyyətə tükənməzdir.

Bərpa olunan mənbələrlə işləyən qurğular ətraf mühitə ənənəvi olanlardan daha az təsir göstərir, çünki onlar ətraf məkanda təbii şəkildə dövr edən enerji axınlarından istifadə edirlər. Bərpa olunan enerji qurğularının ətraf mühitə təsiri əsasən təbii landşaftın pozulmasından ibarətdir.

Hazırda bərpa olunan enerji mənbələrindən cüzi istifadə olunur, çünki bu, müvafiq avadanlıq və texnologiyaların inkişafı üçün böyük xərclər tələb edir. Enerji sektorunun bir hissəsini bərpa olunan mənbələrə yönəldərkən onların payını düzgün qiymətləndirmək vacibdir ki, bu da istifadə üçün texniki və iqtisadi cəhətdən əsaslandırılır. Bütün bərpa olunan enerji mənbələrindən qlobal istifadə həcmi ni 100% götürsək, 2020-ci il perspektivi üçün mövcud minimum və maksimum ssenarilər onların müxtəlif növlərinin payını aşağıdakı kimi qiymətləndirir: biokütlə - 42-45%, günəş enerjisi - 20 -26%, külək -16%, geotermal - 7%, kiçik su axarlarının enerjisi - 5-9%, okean enerjisi - 3-4%.

Ölkə iqtisadiyyatının qarşısında bərpa olunan resursların potensialının qiymətləndirilməsi və istifadəsi, yanacaq-energetika kompleksində öz yerini tapmaq vəzifəsi də durur. Bərpa olunan mənbələrdən enerji planlaşdırarkən, ənənəvi bərpa olunmayan mənbələrlə müqayisədə onların xüsusiyyətlərini nəzərə almaq vacibdir. Bunlara aşağıdakılar daxildir:

1. İnsanlar tərəfindən idarə olunmayan təbii qanunauyğunluqlardan və nəticədə bərpa olunan mənbələrin gücündə dalğalanmalardan asılı olaraq hərəkətlərin dövriliyi - külək kimi son dərəcə qeyri-müntəzəmdən, gelgit kimi ciddi müntəzəmliyə qədər.

2. Enerji axınlarının aşağı sıxlığı və onların fəzada yayılması . Buna görə də, bərpa olunan mənbələrdən istifadə edən elektrik stansiyaları kiçik bir güc vahidi ilə və hər şeydən əvvəl kənd yerləri üçün effektivdir.

3. Bərpa olunan mənbələrdən istifadə yalnız onlara kompleks yanaşma ilə effektivdir. Məsələn, heyvan və bitki tullantıları eyni zamanda metan, maye və bərk yanacaq, gübrə istehsalı üçün xammal kimi xidmət edə bilər.

4. Müəyyən bərpa olunan enerji mənbəyindən istifadənin iqtisadi məqsədəuyğunluğu təbii şəraitdən, konkret regionun coğrafi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, bir tərəfdən sənaye, kənd təsərrüfatı istehsalı və məişət ehtiyacları üçün enerji tələbatından asılı olaraq müəyyən edilməlidir.

Enerji mənbələrini seçərkən, mexaniki işə çevrilə bilən enerjinin nisbəti ilə qiymətləndirilən keyfiyyətini nəzərə almaq lazımdır. Bərpa olunan enerji mənbələri keyfiyyətinə görə şərti olaraq üç qrupa bölünür:

- kifayət qədər yüksək keyfiyyətli mexaniki enerji mənbələri: təxminən 30% - külək turbinləri, 60% - hidravlik qurğular, 75% - dalğa və gelgit stansiyaları;
- keyfiyyəti 35%-ə qədər olan istilik enerjisi mənbələri - birbaşa və ya diffuz günəş radiasiyası, bioyanacaq - səmərəliliyi 50-85%;
- fotosintez və fotovoltaik hadisələrdən istifadə edən enerji mənbələri müxtəlif radiasiya tezliklərində müxtəlif keyfiyyətlərə malikdir. Orta hesabla, fotokonvertorların səmərəliliyi təxminən 15% -dir.

Bitkilərdə günəş radiasiyasının təsiri altında fotosintez prosesi ilə üzvi maddələr əmələ gəlir və kimyəvi enerji toplanır. Fotosintez nəticəsində günəş enerjisinin təbii çevrilməsi baş verir, müəyyən yanacaq növlərinə çevrilə bilən biokütlə əmələ gəlir: metan qazı, maye spirtlər, bərk kömür. Bioyanacaq yanma məhsulları təbii ətraf mühit və ya kənd təsərrüfatı prosesləri vasitəsilə yenidən bioyanacaqlara çevrilir.

Odu, peyin və bitki zirvələri şəklində olan bioyanacaq planet əhalisinin təxminən 50%-nin ev təsərrüfatlarında yemək bişirmək və evləri qızdırmaq üçün istifadə olunur.

Biokütlənin emalı üçün müxtəlif enerji üsulları mövcuddur:

- termokimyəvi, biokimyəvi, aqrokimyəvi.

Bu yaxınlarda biokütlənin böyüməsi və sonradan bioloji enerjinin çevrilməsi üçün süni enerji plantasiyalarının yaradılması layihələri ortaya çıxdı.

Heyvandarlıq təsərrüfatlarının və komplekslərinin tullantılarının biokütlə kimi istifadəsi Azərbaycan üçün çox perspektivlidir. Onlardan bioqaz hasilatı ildə təqribən 890 milyon m³ təşkil edə bilər ki, bu da 160 min bare-ə bərabərdir. Respublikada bioqaz qurğularının inkişafını məhdudlaşdıran amillər qışın uzun keçməsi, bitkilərin yüksək metal sərfiyyatı, üzvi gübrələrin tam dezinfeksiya edilməməsidir. Biokütlə potensialının reallaşdırılmasının vacib şərti müvafiq infrastrukturun yaradılmasıdır.

Hydroenergetika resursları. Su energetikası bu gün bərpa olunan mənbələrə əsaslanan, su axarlarının, dalğaların, axınların və axınların (müxtəlif su elektrik stansiyaları) enerjisindən istifadə etməklə ən inkişaf etmiş enerji sahəsidir. Bütün dünya çaylarının hidroenergetika potensialı təqribən 3000 GW (3,2 milyard ton/il), gelgitlər - 13 GW səviyyəsində qiymətləndirilir. Təbii ki, bu potensialdan tam istifadə etmək mümkün deyil, lakin yaxın onilliklərdə bütün növ su elektrik stansiyalarının ümumi gücünün artacağı proqnozlaşdırılır.

Respublikanın hidroenergetika sahəsinin inkişafının əsas istiqamətləri:

- köhnə SES-lərin bərpası (artıq aparılır);

- qeyri-enerji məqsədləri üçün su anbarlarında və sənaye su tullantılarında yeni kiçik su elektrik stansiyalarının tikintisi;
- əhəmiyyətli su axını olan çaylarda bədsiz su elektrik stansiyalarının tikintisi.

Külək enerjisindən istifadə. Planetdə ümumi külək enerjisinin texniki potensialı, müxtəlif mənbələrə görə, enerji ekvivalentində 22-60 milyard ton/il kimi qiymətləndirilir. Külək enerjisindən istifadə etməyin ən səmərəli yolu elektrik enerjisi istehsal etməkdir. Külək elektrik stansiyasında hava axınının kinetik enerjisi elektrik enerjisi istehsal edən külək təkərinin şaftının və generatorun fırlanmasının mexaniki enerjisinə çevrilir. Külək turbinlərindən istifadə edərkən bir sıra əməliyyat (böyük ölçülər, böyük təhlükəsizlik marjasına ehtiyac, küləyin sürətinin dəyişkənliyi) və ekoloji problemlər (külək turbinlərinin bir ərazidə geniş miqyaslı istifadəsi əhəmiyyətli iqlim dəyişikliyinə səbəb ola bilər və landşaftı korlaya bilər) yaranır). Külək turbinləri akustik səs-küy və elektromaqnit müdaxiləsi yaradır.

Yerli muxtar enerji təchizatı üçün belə qurğulardan istifadə etmək ən məqsədəuyğundur. Hazırda gücü 200 kVt-a qədər olan qurğular istismardadır, gücü 5 MVt-a qədər olan qurğular hazırlanmışdır (xidmət müddəti - 20 ilə qədər). Külək turbinlərinin istehsal etdiyi elektrik enerjisinin dəyəri istilik elektrik stansiyalarından daha aşağıdır.

AR mülayim küləklər zonasında yerləşir. Stabil sürət təxminən 5 m/s-dir (aşağı sürətlərdə yerli külək turbinləri qeyri-sabit işləyir). Ona görə də biz külək enerjisinin yalnız 1,5-2%-dən istifadə edə bilərik və respublikamızda külək enerjisi yalnız köməkçi enerji mənbəyi kimi qəbul edilir. Bundan əlavə, 3,5 m/s küləyin sürətində stabil işləyən 5-8 kVt gücündə xüsusi külək turbinləri, həmçinin üfüqi külək çarxına malik daha güclü qurğular hazırlanır.

Sakitlik dövründə istehlakçıları elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün avtonom külək turbinləri dizel aqreqatları və ya akkumulyatorlarla təchiz olunmalıdır.

Günəşdə termonüvə birləşmə reaksiyaları baş verir ki, bu da böyük miqdarda istilik yayılması ilə müşayiət olunur. Bu istiliyin bir hissəsi müxtəlif uzunluqlu elektromaqnit dalğaları şəklində planetimizə çatır. Hər il günəş radiasiyası Yer səthinə 72.000 milyard tona ekvivalent enerji ilə çatır ki, bu da hazırkı qlobal enerji istehlakından təxminən 5000 dəfə çoxdur. Günəş planetin enerji balansında əsas rol oynayır və bütün digər ənənəvi və qeyri-ənənəvi enerji resurslarının əksəriyyəti üçün ilkin enerji mənbəyidir. Mütəxəssislərin vəd etdiyi kimi, Günəş daha azı 2 milyard il yaşayacaq. Gələcəkdə çox güman ki, günəş enerjisi əsas enerji resursuna çevriləcək.

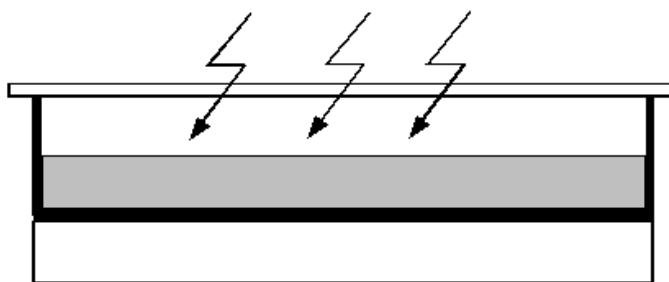
Günəş enerjisindən istifadə üç istiqamətdə həyata keçirilə bilər (indiki mərhələdə):

- günəş enerjisinin istilik enerjisinə çevrilməsi və istilik sistemlərində istifadəsi (hazırda ən çox istifadə olunur);
- birbaşa və dolaylı çevrilmə sistemlərindən istifadə etməklə günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi;
- günəş radiasiyasının təsiri altında suyun katalizatorlarda parçalanması ilə hidrogen yanacağına potensial kimyəvi enerjiyə çevrilməsi.

Günəş istilik sistemləri aşağıdakılar üçün istifadə edilə bilər:

- istilik havası, binaların istiləşməsi və isti su təchizatı üçün su;
- taxıl və digər kənd təsərrüfatı bitkilərinin qurudulması;
- günəş distillyatorlarında suyun duzsuzlaşdırılması (təmiz şirin su çatışmazlığı olan ərazilərdə);
- udma soyuducu maşınlar üçün istilik təchizatı;
- yemək bişirmək və s.

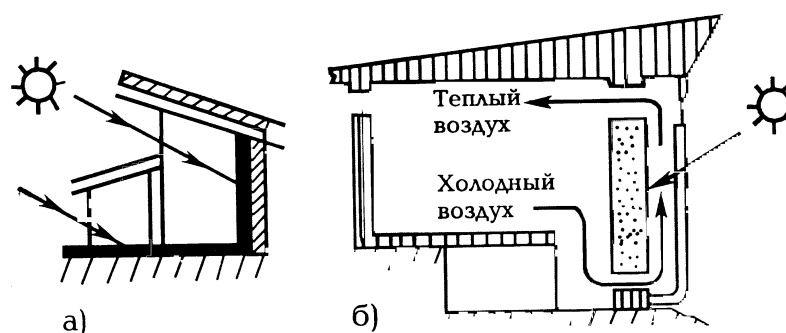
Şəkildə su qızdırıcısının əsas dizaynlarından birinin sxematik diaqramını göstərir.



Şəkil 1.

Qızdırılan maye qəbuledicidən keçir və xüsusi rezervuarda toplanır. Qəbuledicinin alt hissəsi kobud, qara boyalı, kütləvi metal səthdir. Onun altında istilik izolyasiya edən bir təbəqə var. Buxarlanan su vasitəsilə enerji itkisini aradan qaldırmaq üçün sistem üstü şüşə qapaq ilə bağlanır. Bu cihazda qızdırılan suyun temperaturu, zəruri hallarda, ənənəvi üsullarla (üzvi yanacaq istifadə edən su və ya buxar qazanları və s.) artırıla bilər.

Qışda binaları qızdırmaq üçün passiv və aktiv günəş sistemlərindən istifadə edilə bilər. Şəkildə passiv günəş qızdırıcısı göstərilir: günəş şüaları binanın arxa divarına və döşəməsinə düşür ki, bu da qara rəngə boyanmış kütləvi, güclü izolyasiya edilmiş strukturlardır. Belə bir birbaşa istilik sisteminin dezavantajı - qış günlərində temperaturun yavaş artması və yayda həddindən artıq istilik - günəşli tərəfdə saxlama divarının köməyi ilə aradan qaldırılır - əncir. 11b. Divar istilik sirkulyasiyası ilə quraşdırılmış hava qızdırıcısı kimi işləyir. Yaz aylarında belə bir divar bir dam örtüyü ilə kölgələyə bilər.



Şəkil 2.

Aktiv günəş istilik sistemləri xarici hava və ya su qızdırıcılarından istifadə edir. Onlar mövcud binalarda quraşdırıla bilər. İsti iqlimi olan ölkələrdə kommersiya məqsədli istehsal olunan günəş sistemləri yaşayış binalarının, məktəblərin və

xəstəxanaların isti su təchizatı, qızdırılması və kondisionerləşdirilməsi üçün geniş istifadə olunur. Yaşayış binası üçün bu sistemlərə günəş enerjisini cəmləşdirən və onu kollektor boruları vasitəsilə dövr edən sudan istilik enerjisi şəklində saxlayan günəş kollektoru və damda quraşdırılmış qazan daxildir; Sistemdə suyun hərəkəti termosifon effekti və ya nasosun təsiri ilə həyata keçirilə bilər. Xəstəxanaların və digər ictimai binaların istilik təchizatı üçün üzvi yanacaqla işləyən ənənəvi su və ya buxar qazanından və düz və (və ya) parabolik kollektorlar sistemini ehtiva edən günəş istilik qurğusundan ibarət birləşdirilmiş sistemlərdən istifadə etmək effektivdir. Bu, hava şəraitindən müstəqilliyi təmin edir və istilik təchizatının etibarlılığını və səmərəliliyini artırır.

Günəş radiasiyasının enerjisinin dolay yolla elektrik enerjisinə çevrilməsi sistemlərində - heliotermal (günəş istilik) elektrik stansiyalarında, istilik elektrik stansiyalarında üzvi yanacağın enerjisinə bənzər günəş enerjisi əvvəlcə işçi mayenin istilik enerjisinə çevrilir, məsələn, buxar və sonra elektrik enerjisinə çevrilir. Əsas elementlər günəş sahəsi cihazları - parabolik güzgülərin kollektoru və buxar boru kəməri sistemləri, izləmə və idarəetmə sistemləridir. Güzgülər konsentrasiya edilmiş günəş radiasiyasını buxar generatorunun borularına yönəldir. İzləmə və idarəetmə sistemləri ən güclü enerji axını yaratmaq üçün (kompüter əsasında həyata keçirilir) günəş və buxar boru kəmərlərinə münasibətdə güzgülərin optimal fırlanma bucağını təmin edir. Gücü bir neçə onlarla, hətta yüzlərlə meqavata qədər olan günəş istilik elektrik stansiyaları yaratmaq mümkündür. Hazırda, məsələn, Cənubi Kaliforniya və Kırıda günəş istilik elektrik stansiyalarının tikintisi və istismarı sahəsində müəyyən təcrübə var. Belə ki, 450.000 m² günəş sahəsi olan 90 MVt gücündə buxar enerjisi dövrü olan günəş elektrik stansiyası istilik və elektrik enerjisinin ümumi səmərəliliyinə -38% malikdir .

İntegrasiya edilmiş günəş kombinə edilmiş dövrü olan istilik elektrik stansiyası ən yaxşı texniki və iqtisadi xüsusiyyətlərə malikdir. Buraya ənənəvi qalıq yanacaqla işləyən qaz turbin qurğusu və yüksək və aşağı təzyiqli buxar axını ilə idarə olunan buxar turbin qurğusu daxildir. 90 MVt gücündə və 200.000 m² günəş sahəsi

sahəsi olan integrasiya edilmiş bir dövrəyə malik oxşar günəş istilik elektrik stansiyası ümumi səmərəliliyi 50% -ə qədər artırabilir. Bundan əlavə, integrasiya edilmiş bir dövrə, hava və günün və ilin vaxtına görə günəş radiasiyasının xüsusiyyətlərinin dəyişməsindən müəyyən bir müstəqillik əldə edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, demək olar ki, bütün günəş enerjisinin çevrilməsi sistemlərinin gecə elektrik və istilik enerjisi istehsal edə bilməməsi kimi çatışmazlıqları bütövlükdə milli (regional) enerji sisteminin fəaliyyətinə müsbət təsir göstərə bilər. Əsas elektrik stansiyalarının (istilik, nüvə) nominal gücü əsas yükü (orta gündəlik və ya gecə yükünə bərabər) əhatə edir və gündüz enerji sərfiyyatının artması günəş istilik stansiyalarının, qaz turbin aqreqatlarının işləməsi ilə təmin edilir.

İstehlakçıların avtonom günəş istilik stansiyalarından gecə-gündüz elektrik enerjisi ilə təmin edilməsi problemi günəş stansiyalarını nasosla işləyən elektrik stansiyaları ilə birləşdirməklə həll edilə bilər.

Günəş enerjisinin birbaşa elektrik enerjisinə çevrilməsi. Müxtəlif növ fotosellər əsasında həyata keçirilir. Hal-hazırda, silikon günəş batareyaları ən səmərəlidir. Bununla belə, onlar çox bahalıdır və onların səmərəliliyi 15% -dən çox deyil. Onları praktik olaraq kameralar, kalkulyatorlar, saatlar və s. üçün şarj cihazlarında, elektrik nəqliyyat vasitələrində, mərkəzləşdirilmiş günəş stansiyalarında (50-5000 kVt), kəndləri və kiçik şəhərləri enerji ilə təmin etmək məqsəduyğundur.

Avtonom istehlakçılar üçün (0,01-10 kVt) fotosellərdən də istifadə etmək tövsiyə olunur: nasoslar, suvarma, soyuducular, fanatlar, su anbarlarının aerasiyası, mobil kənd təsərrüfatı qurğuları, telekommunikasiya və rabitə sistemləri. Fotovoltaik çeviricilərin istifadəsi üçün çox perspektivli bir sahə, Şəkil 1-də göstərildiyi kimi, "günəş evlərinin" damlarında və divarlarında 1-20 kVt gücündə fərdi modulların quraşdırılması və onların enerji sisteminə qoşulmasıdır.

Böyük elektrik stansiyalarına gəldikdə, fotoelektrik çevirmə prinsipinin həyata keçirilməsi üçün iki variant təklif edilmişdir. Birincisi, Yer in süni

peyklərində stansiyanın gücündən asılı olaraq sahəsi 20 ilə 100 km² arasında olan fotoelementlərdən hazırlanmış günəş panelləri ilə təchiz edilmiş günəş stansiyalarının yaradılmasıdır. Peyklərdə yaranan elektrik enerjisi mikrodalğalı tezlik diapazonunda elektromaqnit dalğalarına çevrilərək Yerə göndəriləcək və orada qəbuledici antenna tərəfindən qəbul ediləcək. İkinci variant Yerin az məskunlaşdığı və az istifadə olunan səhra ərazilərində prefabrik günəş fotovoltaiq panellərinin quraşdırılmasını nəzərdə tutur. Bu layihələrin həyata keçirilməsi üçün böyük həcmdə elmi tədqiqatlar aparılmalı və ciddi elmi-texniki problemlər həll edilməlidir.

Günəş enerjisindən istifadənin çox perspektivli istiqaməti suyun yarımqeçirici katalizatorlarda parçalanması yolu ilə hidrogen istehsalıdır. Hidrogen gələcəyin ideal yanacağı adlanır, çünki o, çox enerji tutumlu və ekoloji cəhətdən təmiz yanacaqdır (yalnız yanma məhsulu sudur). Müasir katalizatorlar suyun parçalanması üçün Yer səthində ümumi günəş radiasiyasının enerjisinin 45%-ə qədərini istifadə etməyə imkan verir (səmərəlilik - 45%). Lakin bu cür katalizatorlar bahadır, bu da bu mərhələdə onların geniş sənaye istehsalı və istifadəsini məhdudlaşdırır. Onların səmərəliliyinin artırılması və xərclərin azaldılması üzrə işlər bütün dünyada fəal şəkildə aparılır.

Respublikamız üçün günəş enerjisindən yem, toxum, meyvə, tərəvəzin qurudulması, suyun yetişdirilməsi və qızdırılması üçün texnoloji və məişət ehtiyacları üçün istifadə edilməsi realdır. Nəticədə, yanacaq və enerji ehtiyatlarına mümkün qənaət ildə cəmi 5 min ton qiymətləndirilir. Respublika günəş enerjisi ilə işləyən su qızdırıcılarının istehsalına başlayıb və onların istismarında artıq müəyyən təcrübə toplanıb.

Qeyri-ənənəvi bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan elektrik stansiyalarının etibarlı, texniki cəhətdən qabaqcıl, qənaətcil və istifadəsi asan konstruksiyalarının yaradılmasında gələcək irəliləyiş nəinki məhdud enerji resursları problemini və bir sıra ekoloji problemləri həll edəcək, həm də elektrik

enerjisini əhəmiyyətli dərəcədə azaldacaq. istehsal olunan enerjinin dəyəri. Bunu bəzi xarici ekspertlərin məlumatlarını əks etdirən cədvəldən də görmək olar.

Cədvəl 1.

Xaricdə elektrik enerjisinin dəyəri, \$/kWh

Enerji mənbələri	1989	2000	2020
Qeyri-ənənəvi bərpa olunan enerji mənbələri			
Günəş istilik elektrik stansiyaları	0.07	0.04	0.01
Fotovoltaik ES	0.12	0.05	0.03
İstilik enerjisi istehsalı	0,35	0,06	0,02 - 0,03
Atom elektrik stansiyaları və qalıq yanacaq stansiyaları			
AES	0,04 - 0,13		
TPP (yanacaq)	0,06		
İstilik elektrik stansiyası (kömürlə işləyən)	0.04		

Bununla belə, belə qurğuların tikintisi çox əhəmiyyətli ilkin kapital qoyuluşları tələb edir. Onların yaradılmasının maddi və əmək intensivliyi ənənəvi enerji resurslarından istifadə edən müqayisə olunan gücə malik elektrik stansiyaları ilə müqayisədə onlarla, hətta yüzlərlə dəfə yüksəkdir. Hazırda respublikamızda bərpa olunan enerji mənbələrinin milli enerji sisteminə geniş tətbiqi üçün kifayət qədər maliyyə vəsaiti yoxdur. Bundan əlavə, bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etməklə elektrik stansiyalarının tikintisi AES və müxtəlif tipli istilik elektrik stansiyalarının tikintisi ilə müqayisədə sahəsi yüzlərlə və minlərlə dəfə böyük olan torpaqların özgəninkiləşdirilməsini tələb edir. Bu da həm Azərbaycan Respublikasında, həm də bütövlükdə dünyada qeyri-ənənəvi enerjinin inkişafına müəyyən məhdudiyyətlər qoyur.

1.2. Qlobal kontekstdə bərpa olunan enerji mənbələrinin dinamik analizi

İnsanlar bərpa olunan mənbələri inkişaf etdirməsələr və istifadə etməsələr də, onların həyat dövrü var. Resursların ümumi miqdarı ətraf mühitin yerləşdirə biləcəyi maksimum məbləğdən çox ola bilməz. Buna görə də təbii şəraitdə onun böyüməsi

Stiqler qanununa uyğundur. Stigler qanunu algoritmi, resurs məhdud mühitdə populyasiyaların davamlı artımının ən sadə forması olan loqistik düsturun böyüməsidir ki, bu da ləngimiş artım kimi tanınır. Məhdud mühitdə əhalinin artım əyrisi S şəkillidir.

$$x(p) = yx \left(1 - \frac{x}{g} \right)$$

İstehlak resursların ümumi miqdarına mütənasibdir və məhsul belədir:

$$h(x) = kx$$

K əmsalındır və təmin ediləcək resursların miqdarı:

$$x(p) = yx \left(1 - \frac{x}{g} \right) - kx$$

Düsturların tarazlıq nöqtələri tapılır və sabitlik təhlil edilir. Əgər:

$$x(p) = yx \left(1 - \frac{x}{g} \right) - kx = 0$$

$$x_0 = g \left(1 - \frac{x}{y} \right), x_1 = 0$$

$$f(x) = yx \left(1 - \frac{x}{g} \right) - kx = 0$$

nəticə belədir:

$$f(x) = yx \left(1 - \frac{x}{g} \right) - kx = 0$$

Bazar iqtisadiyyatı şəraitində o deyil ki, məhsul nə qədər çox olarsa, bir o qədər yaxşı olar. Mədənin mənfəətini nəzərə alsaq, resurs hasilatı əmtəyə çevrildikdən sonra qiymətin p olduğunu və q mədən dərəcəsinin q-a parçalandığını fərz etsək. Onların arasında m mədən əmsalındır və müvafiq vahid seçilir ki,

$$l(q) = pgq \left(1 - \frac{q}{y}\right) - jq$$

$$l(q) = pg \left(1 - \frac{q}{y}\right) + pg \left(1 - \frac{1}{y}\right) - j = 0$$

Mənfəət endiriminin təsiri altında, mənfəət olduqda $t=0$ və endirim nəzərdə tutulub α , nəticə əldə edilə bilər:

$$l_0(x) = e^{\alpha t} [p - m(x)]k(x)$$

Uzunmüddətli fayda:

$$y(x, t) = e^{\alpha t} [p - m(x)]k(x) dt$$

$$g(x) = yx \left(1 - \frac{x}{g}\right)$$

Formuladan əldə edilə bilər:

$$h(x) = g(x) - x(t)$$

$$y(x, t) = e^{\alpha t} [p - m(x)] - k(x) - dt$$

Nəticə düstura görə alınır:

$$g(x) = \alpha - g(x)'$$

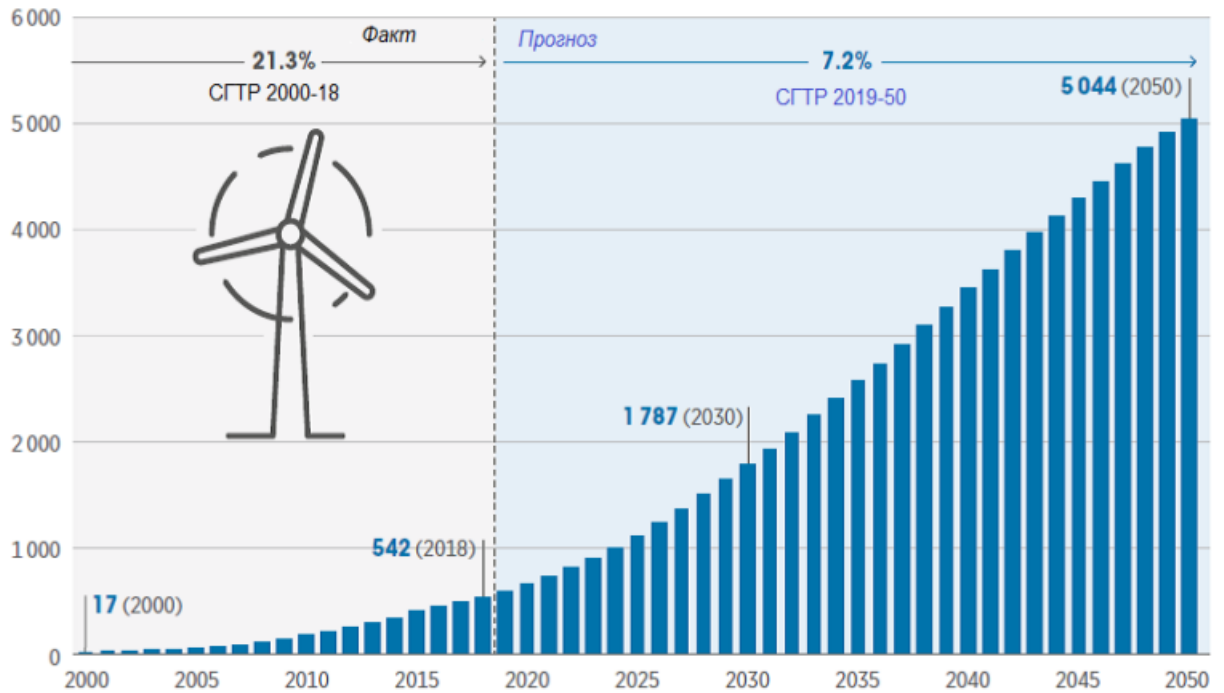
$$h(x) = g(x)' - c'(x)$$

Bərpa olunan elektrik enerjisi mənbələrindən istifadənin genişləndirilməsi bu sahədə texniki tərəqqi sayəsində mümkün oldu ki, bu da ilk növbədə müxtəlif növ külək və günəş elektrik stansiyaları tərəfindən elektrik enerjisi istehsalının maya dəyərini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verdi. 2010-cu ildən bəri dünyada yeni günəş elektrik stansiyalarının dəyəri 70%, külək elektrik stansiyalarının qiyməti 25% azalıb.

2010-cu ildən bəri bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı sürətlənib, rekord səviyyələrə çatıb və bir çox regionlarda ənənəvi gücün illik əlavələrini üstələyib.

Bütün bərpa olunan enerji texnologiyaları arasında hidroenergetikadan sonra külək enerjisi uzun onilliklər ərzində bərpa olunan enerji sənayesində üstünlük təşkil etmişdir¹¹. 2000-ci ildən bəri külək enerjisi sənayesi 21%-dən çox mürəkkəb illik artım sürətində (CAGR) böyüdü. Külək enerjisinin tətbiqinin ilk illərində Avropa qlobal külək qurğuları üçün əsas region idi. 2010-cu ildə bu region qlobal quruda külək qurğularının 47%-ni təşkil edib. 2010-cu ildən sonra külək enerjisinin sürətli inkişafı digər bölgələrdə, xüsusən də CAGR-nin 27% ətrafında olduğu Çində müşahidə edilmişdir.

2018-ci ilə qədər Çin dünyanın quraşdırılmış gücün təxminən üçdə birinə sahib olmaqla, ən böyük quruda külək bazarı olmaq üçün Avropanı qabaqlamışdı. 2018-ci ildə yeni külək stansiyalarına təxminən 29,4 milyard dollar sərmayə qoyulub, quruda külək enerjisi üçün vahid xərclər orta hesabla MVt üçün 1,54 milyon dollar, dəniz külək enerjisi üçün isə MW12 üçün 2,57 milyon dollar təşkil edib. 2018-ci ilin sonunda quruda külək enerjisinin ümumi məcmu quraşdırılmış gücü 542 GW¹³, 2019-cu ilin sonunda isə 621 GW¹⁴-ə çatıb. IRENA hesab edir ki, növbəti üç onillikdə quruda küləyin orta illik CAGR-i 7%-dən çox olmalıdır.



Şəkil 3 2050-ci ilə qədər quruda külək enerjisi üzrə ümumi quraşdırılmış gücün artımı, GVt

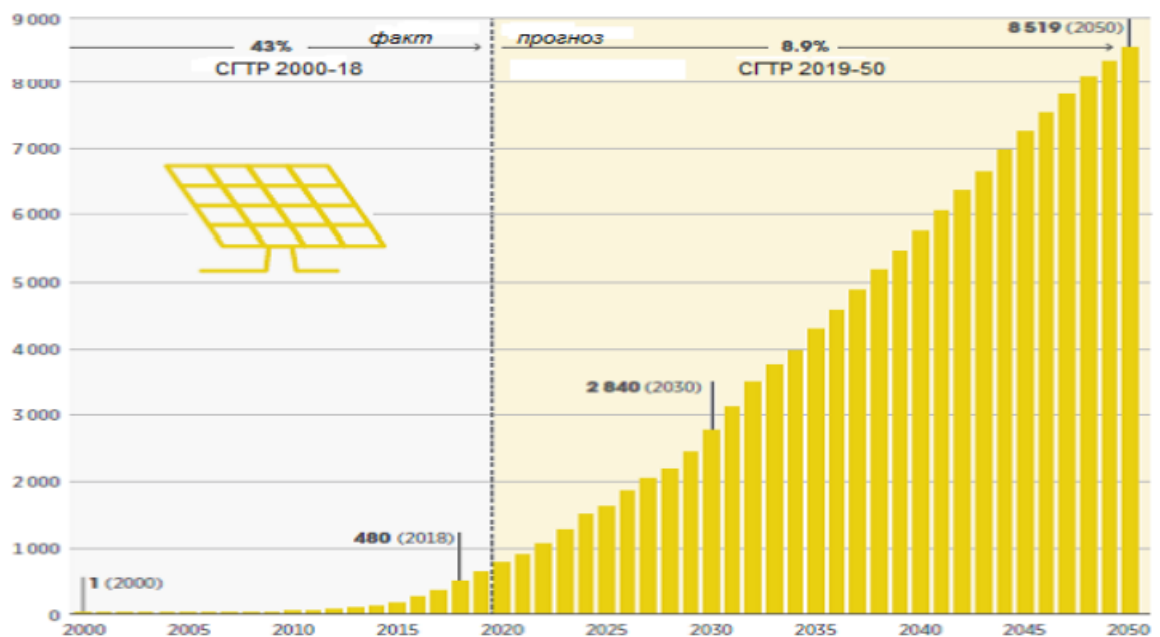
Mənbə: IRENA

Bu o deməkdir ki, quruda ümumi quraşdırılmış külək gücü 2030-cu ilə qədər üç dəfədən çox artaraq 1787 GVt-a, 2050-ci ilə qədər isə təxminən 10 dəfə artaraq 2018-ci ildəki 542 GVt-dan 5044 GVt-a yaxınlaşacaq. Dəniz külək texnologiyaları ölkələrə dünyanın bir çox yerlərində yayılmış sıx məskunlaşan sahil ərazilərinə yaxın gigavat miqyaslı layihələr həyata keçirməklə ümumilikdə daha yüksək və bəzən daha sabit külək resurslarından istifadə etməyə imkan verir. Bu, dəniz küləyini bir çox ölkənin enerji sektorlarını karbonsuzlaşdırmaq üçün mövcud olan aşağı karbonlu texnologiyalar portfelinə mühüm əlavə edir.

Dəniz küləyi son iki-üç ildə yeni yaranan bərpa olunan enerji texnologiyalarından biridir, çünki sürətli texnologiya təkmilləşdirmələri, təchizat zəncirinin səmərəliliyi və Avropada sıx əlaqəli bazarlarda logistika sinerjiləri sürətlə xərclərin azalmasına və yeni texnologiyaların əhəmiyyətli dərəcədə qəbul edilməsinə səbəb olmuşdur.

Mövcud siyasət dəstəyi və maliyyə stimulları ilə dəniz küləyi, məsələn, Avropada quruda küləyin inkişafını çətinləşdirən şəbəkə və torpaq məhdudiyyətləri səbəbindən quru küləyin üzləşdiyi bəzi çətinliklərə əlavə alternativ təmin etdiyi üçün cəlbedicilik qazanır. Hazırda qlobal quraşdırılmış dəniz külək tutumunun 90%-i Şimal dənizində və Atlantik okeanı yaxınlığında quraşdırılıb və istismar olunur. 2018-ci ildə demək olar ki, 4,5 GVt yeni dəniz külək gücü əlavə edildi, bu əlavələrin əksəriyyəti Çində (ümumi illik əlavələrin təxminən 37%-i), Böyük Britaniyada (29%) və Almaniyada (22%) cəmləşib.

2019-cu ildə Avropada beş və Asiyada üç ölkə rekord 6,1 GVt dəniz külək enerjisini birləşdirdi (2018-ci illə müqayisədə 35,5% artaraq), ümumi qlobal gücü 29 GW15-dən çox artırdı. Yaxın illərdə Şimali Amerika və Okeaniyada dəniz külək enerjisinin inkişafı gözlənilir. Növbəti üç onillikdə dənizdə quraşdırılmış ümumi külək gücü 2030-cu ildə 228 GVt-a, 2050-ci ildə isə təxminən 1000 GVt-a qədər artacaq (Şəkil 3.1.3). 2050-ci ilə qədər dəniz külək enerjisi 6044 GW16 olan dünyanın ümumi quraşdırılmış külək enerjisi gücünün demək olar ki, 17%-ni təşkil edəcək. IRENA-nın 2030-cu ilə qədər ümumi dəniz külək tutumunun təxminən 20 dəfə proqnozlaşdırılan artımı Qlobal Külək Enerjisi Şurasının GWEC tərəfindən 2019-cu ildə dərc edilmiş Dəniz Külək Bazarı Hesabatına tam uyğundur və bu hesabatda dənizdə ümumi külək tutumunun 200 GVt-ı keçəcəyi bildirilir.



Şəkil 4. Dünyanın regionları üzrə enerji istehsal qurğularının qlobal quraşdırılmış gücü – 2018-ci il üçün faktiki məlumatlar və 2050-ci ilə qədər Remap IRENA proqnozu.

Son iki onillikdə fotovoltaiklər niş bazar məhsulundan elektrik enerjisi istehsalının əsas mənbəyinə çevrilmişdir. Artım dinamikası dövlət stimullaşdırma proqramlarından daha az asılı olur və daha çox bazar investisiya qərarları ilə müəyyən edilir. 2019-cu ilin sonuna qədər qlobal quraşdırılmış günəş PV gücü 2000-ci ildən bəri təxminən 43% mürəkkəb illik artım tempi ilə 627 GVt-a çatdı və o, külək enerjisindən (650 GW) sonra ikinci ən böyük quraşdırılmış bərpa olunan enerji sektoru olaraq qalır. 2019-cu ildə günəş fotovoltaik sistemləri, təxminən 115 GVt güc əlavələri ilə ümumi bərpa olunan enerji tutumuna üstünlük təşkil etdi, bu, küləkdən iki dəfə çox və bütün qalıq yanacaq və nüvə yanacaqlarından daha çox idi.

BloombergNEFi-nin hesablamalarına görə, bərpa olunan enerji və yanacağa yeni qlobal investisiya (50 MVt-dan böyük su elektrik layihələri daxil olmaqla) 2019-cu ildə 301,7 milyard ABŞ dolları təşkil edib. Bu, 2018-ci illə müqayisədə 5% artıb, buna qismən kiçik günəş PV sistemlərinə artan xərclər səbəb olub.

REmap ssenarisinə uyğun olaraq, Asiya 2030-cu ilə qədər ümumi istismara verilmiş gücün 65%-i quraşdırılmaqla günəş fotovoltaik qurğularının istismara verilməsi üzrə aparıcı region olaraq qalacaq. Asiyada 2030-cu ilə qədər quraşdırılmış gücün təxminən 1412 GVt-a çatacağı proqnozlaşdırılan Çində əhəmiyyətli inkişaf müşahidə olunacaq. Şimali Amerika 2030-cu ilə qədər 437 GVt-a çatacaq və bu qurğuların 90%-dən çoxu ABŞ-da olmaqla, ikinci ən böyük quraşdırılmış günəş fotovoltaik gücünə sahib olacaq.

Avropa 2030-cu ilə qədər 291 GVt günəş fotovoltaik enerjisi quraşdırılmış gücü ilə üçüncü ən böyük regionu təmsil edəcək. Oxşar mənzərə 2050-ci il üfzündə gözlənilir, Asiya hələ də 4,837 GVt ümumi quraşdırılmış qlobal gücün təxminən yarısı ilə üstünlük təşkil edir.

2050-ci ildə şəbəkədaxili layihələr hələ də üstünlük təşkil etsə də, REmap-ın təhlili göstərir ki, paylanmış günəş qurğuları siyasət və dəstək tədbirləri, eləcə də

istehlakçıların təmiz enerji istehsalında iştirakı sayəsində daha sürətlə böyüyəcək. Davamlı texnoloji irəliləyişlər və xərclərin azaldılması ilə IRENA günəş EQ bazarının növbəti üç onillikdə sürətlə inkişaf edəcəyini proqnozlaşdırır. Gücü artırmaqla yanaşı, günəş panellərinin ömrünün sonunda dəyişdirilməsi də vacibdir və xüsusilə köhnə panellərin öz yerini qabaqcıl texnologiyalara verməsi ilə əsas rol oynayır. 2030-cu ilə qədər illik gücün artımı hazırkı səviyyələrlə müqayisədə iki dəfədən çox (270 GVt), 2050-ci ilə qədər isə 2018-ci ilə nisbətən dörd dəfə artacaq

2009-cu ildən bəri 10 il ərzində bütün dünyada yaşıl enerjiyə 3,07 trilyon dollar sərmayə qoyulub. İnvestisiyalar əsasən bərpa olunan enerjinin (o cümlədən bioenerji) və enerjiyə qənaət edən ağıllı texnologiyaların inkişafına yönəldilir.

Bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan enerjinin inkişafına investisiya qoyuluşu baxımından mütləq lider Çindir. 2018-ci ildə Çinin bərpa olunan enerji sektoruna 100,1 milyard dollar və ya sənayeyə qoyulan ümumi investisiyanın demək olar ki, üçdə biri sərmayə qoyulub. Aİ-də yaşıl enerjiyə sərmayələr ABŞ-da 74,5 milyard dollar təşkil edib - dünya üzrə 64,2 milyard dollar - 332,1 milyard dollar. 2012-ci ildən bəri dünyada istehsal gücü artımının yarısından çoxu bərpa olunan enerji obyektlərinin payına düşüb. 2018-ci ildə onların global elektrik enerjisi tutumunun artımında payı 65%-ə çatmışdır.

Bu o deməkdir ki, qalıq yanacaqlardan istifadə edərək hər əlavə meqavat istehsal gücünə bərpa olunan enerji sənayesi iki ilə cavab verib. 2019-cu ilin sonuna dünyada bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan generasiya stansiyalarının quraşdırılmış gücü 1347 GVt (su elektrik stansiyaları istisna olmaqla) təşkil edib. 2019-cu ildə bərpa olunan enerji istehsal gücü 176 GVt (+ 7,4%) artıb. Günəş enerjisi 98 GVt (+20%) artaraq böyüməyə davam etdi, ardınca 59 GW (+10%) ilə külək. Hidroenergetika gücü 12 GVt (+ 1%), bioenerji isə 6 GVt (+ 5%) artıb. Geotermal enerji 700 MVt-dan bir qədər az artıb. Günəş və külək enerjisi 2019-cu ildə bütün əlavələrin 90%-ni təşkil edərək, bərpa olunan enerji potensialının genişləndirilməsinə üstünlük verməkdə davam etdi.

2050-ci ilə qədər bərpa olunan enerjinin istehsalda payı 2017-ci ildəki 25%-dən 85%-ə çatacaq. Günəş və külək enerjisi gücü bu günki 800 GVt-dan 2050-ci ilə qədər 13.000 GVt-a yüksələrək yol göstərəcək. Bundan əlavə, geotermal enerji, bioenerji və hidroenergetika istehsalı dövr ərzində 800 GVt artacaq. Quraşdırılmış bərpa olunan enerji potensialının illik artımı iki dəfə artaraq ildə təxminən 400 GVt-a çatır ki, bunun da 80%-i günəş və külək kimi dəyişən istehsal texnologiyaları olacaq. Mərkəzləşdirilməmiş bərpa olunan enerji istehsalı bu gün ümumi istehsalın 2%-dən 2050-ci ilə qədər 21%-ə, yəni 10 dəfə artacaq.

Yol Xəritəsi 2050 ssenarisinə əsasən, sənaye 2050-ci ilə qədər birbaşa istifadədə və yanacaqda bərpa olunan enerjinin payını 48%-ə çatdırmalıdır. Bərpa olunan elektrik enerjisi daxil edilərsə, bu pay 60%-ə qədər artır. Bioenerji mənbələri, əsasən, birbaşa isitmə və kombinə edilmiş istilik və enerji (CHP) üçün istifadə olunan tullantılardan ən böyük töhfəyə malik olacaq. Faiz ifadəsində ən böyük artım aşağı temperaturlu proseslər üçün günəş enerjisindən, eləcə də oxşar aşağı temperaturlu istilik ehtiyacları üçün istilik nasoslarından gələcək. Elektrik enerjisinə keçidlə 2050-ci ilə qədər elektrik enerjisi sənayenin enerji ehtiyacının 41%-ni ödəməlidir.

1.3. Azərbaycanada Bərpa Olunan Enerji Mənbələrinin Mövcud Potensialları

Neft və qaz tarixən Azərbaycanda gəlir əldə etmək, enerji istehsal etmək, iş yerləri açmaq və iqtisadiyyatı inkişaf etdirmək üçün əsas əmtəə hesab olub. İlk sənaye neft quyusu Azərbaycanda 1848-ci ildə Bibi-Heybətdə qazılıb. Yerli mənbələr onun tarixdə ilk sənaye quyusu olduğunu iddia edirlər [12,13].

Azərbaycanda növbəti tam sənaye quyusu 1871-ci ildə Balaxanıda tikilmişdir. 1872-ci ildə Azərbaycanda artıq bir milyon puddan çox neft hasil edilirdi və 500 milyon puda çatırdı. 1800-cü illərin sonlarında əsas gəlir mənbəyinə çevrilən tarixi təcrübə və ənənəvi resurslara sadiqlik 1960-cı illərdən sonra inkişaf etmiş sənayeyə çevrildi. Bütün bunlar REİ-nin nisbətən aşağı inkişaf səviyyəsi ilə birləşərək, fosillərin Azərbaycanda enerji infrastrukturunun təməl daşına çevrilməsinə yol açdı.

Beləliklə, Azərbaycanın hazırkı enerji infrastrukturu fosillərdən çox asılıdır, çünki 6721,5 ümumi quraşdırılmış gücün 5550,5 MVt-ı elektrik enerjisi istehsal etmək üçün karbohidrogenlərdən asılıdır. Su elektrik stansiyaları quraşdırılmış gücü 1,171 MVt olan ümumi generasiyaya ikinci böyük töhfə verir.

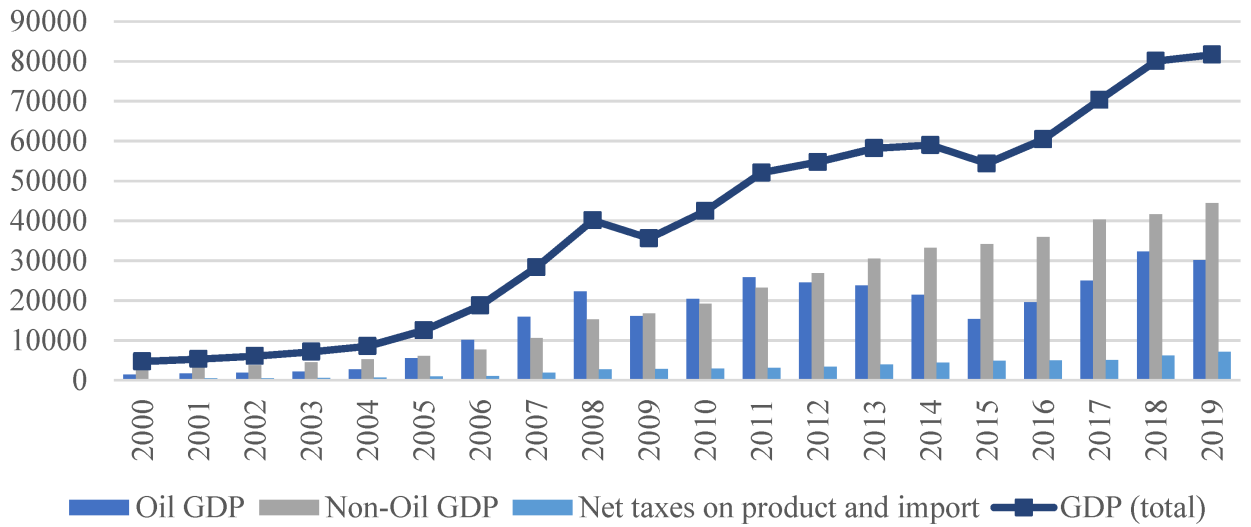
Cədvəl 2.

Azərbaycanda elektrik generasiya stansiyaları

İstilik Elektrik Stansiyaları (İES)	Su Elektrik Stansiyaları (SES)	Kiçik Su Elektrik Stansiyaları (KES)
Azərbaycan İES-2400 MVt	Mingəçevir SES-402 MVt	Güləbird SES-7,5 MVt
Cənub PP-780 MVt	Şəmkir SES-380 MVt	Oğuz SES 1,2 və 3–3,6 MVt
Sumqayıt PP-525 MVt	Yenikənd SES-150 MVt	Göyçay SES-3,1 MVt
Şimal 1 və 2 ES-ləri—800 MVt	Füzuli SES-25 MVt	İsmayılı-1 SES-1,6 MVt
Səngəçal ES-300 MVt	Taxtakörpü SES-25 MVt	İsmayılı-2 SES-1,6 MVt
Bakı TEC-107 MVt	Şəmkirçay SES-25 MVt	Balakən-1 SES-1,5 MVt
Bakı PP-105 MVt	Varvara SES-16,5 MVt	Qusar SES-1 MVt
Şahdağ PP-105 MVt	Araz SES-44 MVt	Vayxır SES-5 MVt
Astara PP-87 MVt	Biləv SES-22 MVt	
Şəki PP-87 MVt	Arpaçay 1, Arpaçay 2—21,9 MVt	
Xaçmaz ES-87 MVt	Ordubad SES-36 MVt	
Naxçıvan ES-87 MVt		
Naxçıvan qaz-turbin PP—64 MVt		

Təəccüblü deyil ki, fəsilər resurs növü göstəricisinə görə elektrik enerjisi istehsalında əsas pay sahibi olaraq qalır. 2019-cu ildə ümumi 26,072 milyon kVt/saat elektrik enerjisindən 22,290 milyon kilovatsaat karbohidrogen əsaslı elektrik və istilik elektrik stansiyaları istehsal edir.

Neft və qaz ehtiyatlarının satışından əldə olunan gəlirlər axmağa başlayandan az sonra Azərbaycan iqtisadiyyatının əsas töhfəsinə çevrildi. Neft və qazla bağlı gəlirlərin ümumi daxili istehsalda (ÜDM) payı 2005-ci ildə Bakı-Tbilisi Ceyhan neft kəmərinin istismara verilməsindən sonra əhəmiyyətli dərəcədə məhsuldar oldu



Şəkil 5.

Günəş işığı və küləkdən enerji istehsalı mənbələri kimi istifadə on il əvvəl başlamışdır. Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi (SAARE) bir sıra külək və günəş ferması layihələrini həyata keçirir və layihə hazırlayır. SAARE-nin 2014-cü il hesabatına ümumi quraşdırılmış gücü 402,94 MVt olan 12 külək stansiyası haqqında məlumat daxil edilmişdir. Energetika Nazirliyinin 2018-ci il təqdimatı əvvəllər elan edilmiş külək stansiyaları haqqında ətraflı məlumat vermədən 6 külək qurğusunun inkişafını nəzərdə tuturdu.

Cədvəl 3.

2014-cü ildə Azərbaycanda quraşdırılmış və nəzərdə tutulan külək enerjisi stansiyalarının (WEPs) siyahısı [7].

WEP-in adı	Çıxış Gücü (MW)	Məkan
Qobustan	2.7	Qobustan
Şurabad	15	Xızı
	25	Xızı
Pirəküşkül	60	Pirəküşkül 1
	150	Pirəküşkül 2
Şurabad	33	Xızı
Sitalçay	25	Xızı
Xızı	3.6	Xızı
Müşfiq	9	Müşfiq qəsəbəsi
Pirallahı Külək Parkı	15	Xəzər dənizi
Yeni Yaşma	50	Xızı
Ekoloji Park	0.04	Bakı
Təmiz Şəhər	9.6	Zirə
Samux Aqroenerji Kompleksi	5	Samux
ÜMUMİ	402.94	

Cədvəl 4.

Təklif olunan perspektiv WEP-lərin siyahısı [19]

Layihənin adı	Gücü (MW)
Xızı-1 (Şurabad)	56.1
Xızı-2 SES	69.0
Xızı-3	135.0
Abşeron HES	55.2
Lökbatan	26.7
Qobustan HES	8.0
ÜMUMİ	350

2020-ci ildə Azərbaycanın Energetika Nazirliyinin məlumatına görə, 11 stansiya üzrə ümumi quraşdırılmış günəş enerjisi gücü 40 MVt təşkil etmişdir.

Təəssüf ki, SAARE və Energetika Nazirliyi ümumi istehsal gücü 37 MVt olduğunu iddia etsə də, istismarda olan günəş stansiyaları haqqında ictimaiyyətə açıq məlumat çox deyil. SAARE hesabatlarından birində 2020-ci ilə kimi həyata keçirilən ümumi quraşdırılmış gücü 50 MVt olan bir sıra günəş layihələri qeyd olunur.

Cədvəl 5.

2018-ci ildə Azərbaycanda proqnozlaşdırılan günəş stansiyalarının siyahısı
[19].

Layihə	Gücü (MW)
Suraxanı	1.7
Sumqayıt	1.8
Pirallahı-1	2.2
Pirallahı-2	7.2
Samux-1	0.4
Samux-2	7.2
Qobustan SES (günəş komponenti)	5.0
Xızı-2 SES (günəş komponenti)	10.0
Abşeron SES (günəş komponenti)	10.0
Siyəzən	4.5
ÜMUMİ	50

Bol günəş işığına baxmayaraq, açıqlanan perspektiv külək stansiyaları ilə müqayisədə nəzərdə tutulan günəş layihələrinin sayını təhlil etmək üçün külək elektrik enerjisi istehsalının inkişafına çox diqqət yetirilir.

2019-cu ildə Azərbaycan hökuməti günəş və külək elektrik stansiyalarının yaradılması üçün köklü şirkətlərlə müqavilə bağlayıb. Azərbaycanda Abu Dhabi Future Energy Company “Masdar” ilə birgə ümumi hasilat gücü 200 MVt olan günəş elektrik stansiyasının tikintisinə dair razılıq əldə olunub. Stansiyanın illik elektrik enerjisi istehsal gücü təqribən 410.000 MVt/saat olduğu təxmin edilir. Layihənin təxmini dəyəri 120 milyon ABŞ dollarıdır. Sözügedən layihələrdə istehsal olunan günəş elektrik enerjisinin LCOE dəyəri mövcud məlumatlara əsasən, hər kVt/saata təxminən 0,031 ABŞ dollarına bərabər olacaqdır (hesablama Azərbaycan Mərkəzi Bankının 14 avqust 2021-ci il tarixinə təqdim etdiyi məzənnə əsasında aparılır. Elə həmin il hökumət Birləşmiş Ərəb Əmirliklərinin “ACWA Power” şirkəti ilə çıxış gücü 240 MVt olan külək enerjisi stansiyasının tikintisinə dair müqavilə imzaladı. Layihə üzrə gözlənilən illik elektrik enerjisi hasilatı 1 milyon MVt/saata bərabərdir. Tikinti dəyərinin təxminən 280 milyon ABŞ dolları olduğu təxmin edilir. Bu stansiyalarda istehsal olunan elektrik enerjisinin LCOE dəyəri hər kVt/saata təxminən 0,032 ABŞ dollarına bərabər olacaqdır. Mövcud qanunvericilik

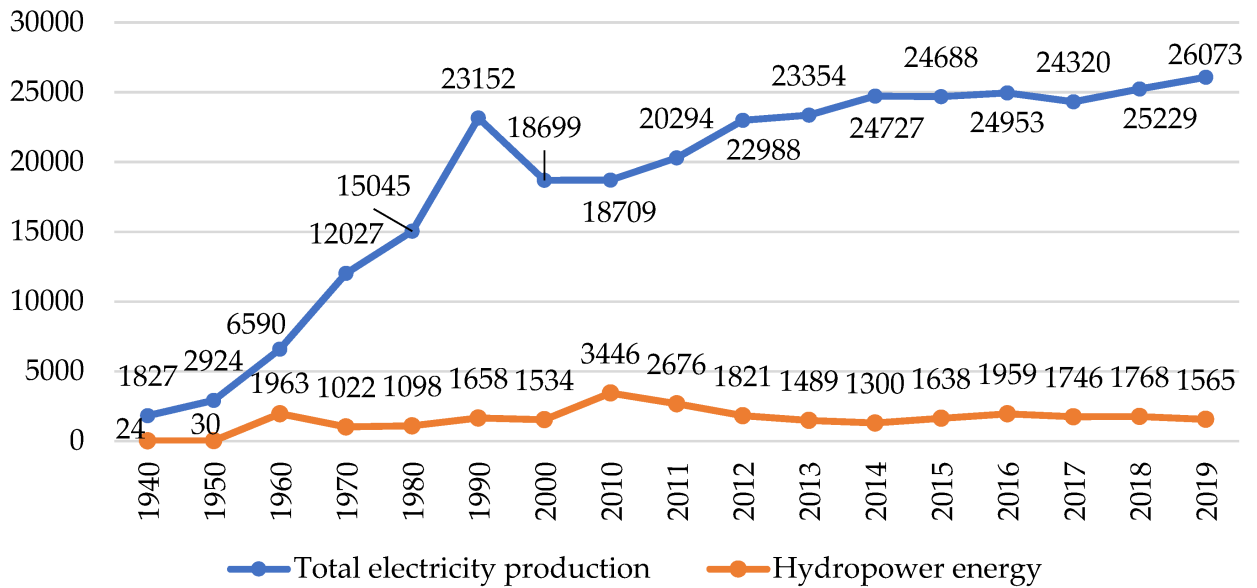
özəl generatorların aktor olmasına imkan versə də, enerji bazarı dövlət qurumlarının inhisarında qalır. Enerji bazarının əsas aktorları Cədvəl 7- də verilmişdir .

Cədvəl 7.

	Aktyorlar	Rollar
1	Energetika Nazirliyi	Bazarı tənzimləyir; hüquqi aktların icrasına cavabdeh olan əsas orqan kimi çıxış edir
2	Azərenerji ASC	Elektrik enerjisi istehsal edir
3	Azərişiq ASC	Elektrik enerjisi satır və paylayır
4	SAARE	REI-nin inkişafına cavabdehdir

Ümumiləşdirsək, etiraf etmək olar ki, müvafiq hesabatların və nəşrlərin təhlili göstərir ki, Azərbaycanda bərpa olunan enerjinin rolu hələ də sabit aşağı səviyyədədir. Azərbaycan hakimiyyəti külək və günəş enerjisi sahəsində bir sıra öhdəliklər götürüb, lakin bərpa olunan enerjinin əsas mənbəyi bu günə qədər çaylarda suyun həcmindən çox asılı olan hidroenerji idi. Biz bu nəticələri müəyyən və aşağı riskli qərəzli kimi qiymətləndiririk.

Yüz ildən artıqdır ki, hidroenergetika Azərbaycanda əsas bərpa olunan enerji mənbəyi olmuşdur. İlk su elektrik stansiyası (SES) 1883-cü ildə Gədəbəy rayonunun Qalakənd kəndində tikilmişdir. Həmin stansiya sakinləri, eləcə də cəmiyyətin sənaye infrastrukturlarını elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdu [21]. 1950-ci illərdə Varvara İS və Mingəçevir SES nəsil səviyyəsini artıraraq, hidroenergetika sənayesinin inkişafının növbəti mərhələsini qeyd etdi. Mingəçevir SES bu günə qədər Azərbaycanda ən böyük su elektrik stansiyalarından biri olaraq qalır. İlk kVt külək elektrik enerjisi istehsal edilən 2009-cu ilə qədər su yeganə bərpa olunan enerji mənbəyi olaraq qaldı. Aşağıda ümumi elektrik enerjisi istehsalı və su elektrik stansiyalarının payını nümayiş etdirən Şəkil 4 verilmişdir.



Şəkil 6.

Azərbaycan günəş və külək enerjisi istehsal etmək üçün əlverişli coğrafi mövqedə yerləşsə də, onun bərpa olunan potensialı son vaxtlara qədər heç vaxt tam öyrənilməmişdir. 2002 və 2009-cu illərdə külək enerjisi potensialını qiymətləndirmək üçün Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının üzvləri tərəfindən bir neçə tədqiqat aparılmışdır [7].

2019-cu ildən Azərbaycanın Energetika Nazirliyi ölkənin bərpa olunan potensialı ilə bağlı daha çox məlumat toplamağa başlayıb. Bu istiqamətdə əsas tədqiqat 2020-ci ildə yekun hesabatda yüksək günəş və külək potensialına işarə edən IRENA tərəfindən yekunlaşdırılıb. Cədvəl 8 Azərbaycanda bərpa olunan resurslar potensialını göstərir.

Azərbaycanda kifayət qədər illik günəş işığı var ki, ondan əhəmiyyətli enerji əldə etsin. IRENA-nın Azərbaycanın günəş potensialının qiymətləndirilməsi nəticəsində 23 000 MVt potensial aşkar edilib. Hökumətin qeydlərinə görə, hər kvadrat metrə düşən günəş enerjisinin miqdarı təxminən 1,5-2,0 MVt/saatdır [24]. SAARE hesabatları ölkədə 170-260 Vt/m² radiasiya səviyyəsini göstərir. Dünya Bankının Qlobal Günəş Atlası təsdiq edir ki, Azərbaycan üçün xüsusi fotovoltaiq enerji hasilatının (SPPO) göstəricisi 3,21-4,48 kVt/kVt arasında dəyişir. Birbaşa Normal Şüalanma (DNI) və Qlobal Üfüqi Şüalanma (GHI) göstəriciləri gündə müvafiq olaraq 2,71-4,84 kVt/m² və 3,44-4,80 kVt/m² diapazonundadır [26].

IRENA-nın Azərbaycanın külək potensialının qiymətləndirməsinə aylar və müxtəlif regionlar üzrə illik orta küləyin sürəti və küləkli günlərin sayı barədə məlumatlar daxil edilmir. Bu göstərici üzrə yeganə mövcud məlumat toplusu 2014-cü ildə Nicat İmamverdiyev tərəfindən “Azərbaycanın külək enerjisi potensialı və ondan istifadə perspektivləri” tədqiqatında təqdim edilmişdir/ Lakin bu araşdırma Azərbaycanda bu sahədə investisiya imkanlarının qiymətləndirilməsi üçün kifayət qədər fikir verir.

Cədvəl 11.

Küləyin orta illik sürəti (m/s ilə) və küləkli günlərin sayı [7].

Qəsəbə	mart	iyun	sentyabr	dekabr	İllik Orta
Şubani	8.7/14.5	8.5/12.5	8.2/11.5	7.2/10	8/145
Sumqayıt	7.7/14.6	6.4/9.1	6.9/10.7	6.8/13	7/139
Putalı	7.2/10.8	7.3/10.8	6.4/9.5	5.5/7.5	6.7/114
Pirallahı	7.2/8.6	6.2/4.2	6.5/5.8	6.6/6.2	6.6/72
Binə	7.3/11.5	6.7/7.5	5.8/7	5.8/7.8	6.4/100
Səngimuxan	6.9/7.3	5.6/5.1	6.9/6.9	6.7/6.3	6.4/73
Bakı	6.9/7.5	6.5/6.2	6.2/4.7	5.6/4.8	6.3/67
Çilov adası	6.6/5.3	5.8/4	6.3/4.1	6.3/5.2	6.2/54
Neft daşları	6.9/6.9	5.3/3.3	6.4/4	6.7/4	6.2/52
Mərdəkan	6.6/7.4	5.8/4.7	5.4/5.2	5.6/4.6	5.9/67
Maştağa	6.7/7.9	5.7/4.2	5.3/4.7	5.4/5.4	5.8/64
Dəvəçi	4.6/4.8	4.6/4.2	4.6/5	4.1/3.4	4.5/51
Neftçala	4.8/3.8	4.4/2.3	4.2/2.9	3.7/1.9	4.2/30
Sara adası	4.4/4.3	4.5/4	3.9/3.3	3.2/2.1	4/36
Ələt	4/4.1	4.1/2.8	4.2/3.3	3.3/2.5	3.837
Astara	2.8/1.3	2.7/0.5	2.7/0.3	2.7/1.1	2.8/30
Xaçmaz	2.4/0.9	2.5/0.9	2.3/1.2	2/0.6	2.3/13
Quba	1.8/0.8	2.1/0.4	1.9/0.2	1.7/0.4	1.9/6
Lənkəran	1.7/0.5	1.9/0.3	1.8/0.2	1.4/0.2	1.8/3

Abşeron yarımadası və ətraf ərazilər yüksək külək enerjisi istehsal potensialına malikdir, illik orta küləyin sürəti 6–8 m/s və ildə 145 küləkli günə qədərdir. Geniş istifadə olunan sənaye ölçülü külək turbinlərinin əksəriyyəti minimum 3-5 m/s külək sürətində işləyir (məlumat qlobal miqyaslı külək turbinləri istehsalçıları olan Siemens və Vestanın rəsmi internet saytlarından əldə edilir. Dünya Bankının Qlobal Külək Atlasının internet saytında mövcud olan məlumatlar Abşeron yarımadasında və onun kənarında 50 m hündürlükdə küləyin orta sürəti 8

m/s və güc sıxlığı 810 Vt/ m² olduğunu göstərir. 100 m hündürlükdə göstəricilər müvafiq olaraq 9,1 m/s və 1026 Vt/m²-ə çatır [33].

Cədvəl 13.

Gəncə-Qazax və Kəlbəcər-Laçın zonalarında perspektivli EQ-lər.

Layihənin adı	Planlaşdırılan Çıxış Tutumu	İllik Təxmini İstehsal
Gəncə-Qazax (≈700 ha proqnozlaşdırılan ərazidə)	138 MVt (40 Siemens SG 3.4 turbin)	≈362,000 MVt/il
Kəlbəcər-Laçın (≈350 ha proqnozlaşdırılan ərazidə)	69 MVt (20 Siemens SG 3.4 turbin)	≈181,000 MWh/il
Ümumi	207 MVt (60 Siemens SG 3.4 turbin)	≈543,000 MWh/il

Xəzər dənizinin dəniz potensialı yuxarıda qeyd olunan ərazilərin sahil potensialı qədər cəlbedicidir. Dünya Bankının Xəzər dənizinin texniki potensialına dair araşdırması Abşeron yarımadası ətrafındakı hövzədə və Azərbaycanın şimal hissəsində 50 m-dən az dərinlikdə küləyin orta sürətinin 7,5 m/s-dən çox olduğunu göstərir.

2019-cu ildə Florin Onea və Eugen Rusu Xəzər dənizində külək elektrik təsərrüfatının mümkünlüyünü yoxlamaq üçün hesablamalar apardılar və nəticələr qənaətbəxş olmadı. Avropa Orta Mənzilli Hava Proqnozları Mərkəzindən və AVISO+ (Peyk Okeanoqrafiya Məlumatlarının Arxivləşdirilməsi, Təsdiqlənməsi və Təfsiri) əldə etdiyi məlumatlara əsaslanaraq Onea və Rusu belə qənaətə gəliblər ki, yeganə məqbul nəticələrin bacarıqlı Siemens-dən istifadə etməklə əldə etmək olar. 140 m hündürlükdə turbinlər. Hələ 2004-cü ildə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Xəzər dənizində layihə hazırlamışdı ki, burada 180 km² sahədə 3000 turbinin quraşdırılması hesabına 1800 MVt hasilat gücünə nail olmaq nəzərdə tutulurdu.

Bununla belə, sözügedən tədqiqatın etibarlılığı şübhə doğurur, çünki o zamankı texnoloji imkanlar hazırkı inkişafın arxasında idi.

Cədvəl 16. Azərbaycanda REİ-yə keçid üçün SWOT təhlili.

Güclü tərəflər	<ul style="list-style-type: none"> • iqtisadiyyat inkişaf etdikcə elektrik enerjisinə daxili tələbat artır; • artan sübutlar, layihələr, planlar və xəritələrlə Azərbaycanda bərpa olunan enerjinin inkişafı üçün yüksək təbii potensiallar; • hökumətin ekoloji cəhətdən təmiz yaşıl enerjini dəstəkləmək iradəsi var; • iqlim dəyişikliyi ilə bağlı beynəlxalq paktlara dair öhdəliklər ölkəni karbonsuz enerji mənbələrinə investisiya qoymağa sövq edir; • Azərbaycan enerji investisiyalarında kooperativ tərəfdaş kimi əla reputasiyaya malikdir (“əsrin müqaviləsi” nümunəsi).
Zəif tərəflər	<ul style="list-style-type: none"> • Azərbaycan mədən yanacaqları ilə zəngindir və bu mənbələr sonrakı onilliklər üçün ölkənin enerji təhlükəsizliyini təmin edə və dəyişiklik üçün təzyiqi azalda bilər; • enerji siyasətində bərpa olunan mənbələrə doğru dəyişikliyin zəruriliyi barədə mülayim ictimai şüur; • Azərbaycanda bərpa olunan enerjilərin həyata keçirilməsində milli orqanların aşağı və ya orta səviyyədə texniki, qanunvericilik və təşkilati ekspertizası.
İmkanlar	<ul style="list-style-type: none"> • müxtəlif ölkələr tərəfindən REİ-yə qarşı enerji siyasətində uğurlu dəyişikliklərə dair geniş sayda qabaqcıl beynəlxalq təcrübə, təcrübə nümunələri, qanunvericilik həlləri və nümunə tədqiqatları – Azərbaycanda istifadə olunacaq; • Azərbaycanda REİ-yə investisiya qoymaqda maraqlı olan beynəlxalq investorların artan marağı — Azərbaycanda işgüzar və rəsmi əlaqələrin sayının artması ilə sübut olunur; • Azərbaycanda enerji bazarının liberallaşdırılması və qabaqcıl beynəlxalq təcrübəyə əsaslanaraq özəl bərpa olunan enerji istehsalçılarına cəlb etmək üçün yeni qanun və qaydalar tətbiq edilir; • məhdud sayda yeni REİ layihələri ilə REİ-də əhəmiyyətli təkmilləşdirmələrə nail olmaq imkanı.
Təhdidlər	<ul style="list-style-type: none"> • bərpa olunan mənbələrdən istehsal olunan elektrik enerjisi üçün saxlama qabiliyyətinin olmaması səbəbindən REİ-yə qarşı artan tənqid; • günəş və külək enerjisi istehsalında gündəlik və mövsümi dalğalanmalar səbəbindən REİ-yə qarşı artan tənqidlər bu mənbələri daha az dayanıqlı edir; • yeni investisiyaları çətinləşdirəcək beynəlxalq kredit və investisiya bazarlarında dəyişikliklər (məsələn, artan inflyasiya kimi).

Bərpa olunan enerjinin tətbiqi üçün qanunvericilik bazası sahəsində toplanmış sübutlar inkişafın ilkin mərhələsini təmsil edən ümumi qiymətləndirmə ilə xarakterizə olunur və onların fəaliyyəti diaqnostik hissədə sübutların qiymətləndirilməsi və potensialın qiymətləndirilməsi kimi müəyyən deyil. Azərbaycanda bərpa olunan enerji. Bu vəziyyət həm çətinliklər yaradır, həm də tənzimləyici orqanlar tərəfindən istifadə edilə bilən gələcək üçün imkanlar yaradır.

Enerji parametrləri baxımından ən səmərəli və etibarlılıq tələblərinə cavab verən külək turbinini seçmək üçün ətraf ərazinin xüsusiyyətlərini və ilin vaxtını nəzərə almaq lazımdır [7].

Qeyd olunan amillərin təsiri külək turbinlərinin işini proqnozlaşdırmaq üçün metodologiyadan istifadə etməklə layihələndirmə mərhələsində təhlil edilməlidir. Külək turbinlərinin məhsuldarlığının hesablanması üçün mövcud üsullar külək sürətinin ölçülməsinin nəticələrini təxmin etmək üçün əsasən Weibull-Gnedenko paylama funksiyasından istifadə edir. Külək turbinlərinin məhsuldarlığının hesablanması üçün kifayət qədər sadə üsul nəzərdən keçirilir, lakin xüsusi funksiyalardan və transsendental tənliklərdən istifadə olunsa da, onun necə həyata keçirildiyi barədə məlumat verilmir. Avtonom enerji təchizatı sistemləri üçün aşağı güclü külək turbinlərinin rəşional seçilməsi avtomatlaşdırılmış metodu təsvir edir ki, bu da qiymət/keyfiyyət nisbəti baxımından istehlakçını qane etməyə imkan verir. O, Weibull-Gnedenko paylanması tətbiqi ilə baęlı statistik fərziyyəni yoxlamaq üçün bloku ehtiva etmir, buna görə də k və c parametrlərini hesablamaq üçün qamma funksiyasını ehtiva edən transsendental tənlikdən istifadə edilmir.

Turbo Paskalda ədədi üsullardan və onların avtomatlaşdırılmasından istifadə edən külək turbininin məhsuldarlığının hesablanması üçün təkmilləşdirilmiş metodun versiyasını təsvir edək və əldə edilən nəticələri verilmiş nəticələrlə müqayisə edək. Küləyin sürətindən asılı olaraq U , nominal gücü olan bir külək turbininin yaratdığı elektrik enerjisi bərabərdir:

$$N(U) = N_{nm}\varphi(U) \quad (1)$$

(1) ifadəsinə daxil olan $\varphi(U)$ əmsalı külək turbininin işləmə xarakteristikası adlanır. Nominal rejimdə külək təkərinin sabit sürəti olan qurğular üçün aşağıdakı yaxınlaşma tətbiq olunur:

$$\varphi(U) = \begin{cases} 0, U < U_n \\ (U/U_0^3), U_0 < U \leq U_m \\ 1, U_{nm} < U \leq U_{mx} \\ 0, U > U_{mx} \end{cases} \quad (2)$$

Burada U_0 külək turbinin fırlanma halına gətirildiyi ilkin sürətdir; U_{nm} – külək turbininin nominal sürəti; U_{mx} külək turbininin iş rejimindən çıxarıldığı maksimum sürətdir. Məsələn, işdə Wincon 200 külək turbinindən istifadə edilmişdir.

Külək turbininin təkər oxunun hündürlüyündə sahədə orta illik küləyin sürəti təxminən 6,0 m/s olmuşdur. U_0 4,5 m/s qiymətinə çatdıqda və bu sürəti bir dəqiqədən çox saxladıqda, idarəetmə nəzarətçisi külək turbinini işə salmaq üçün siqnal göndərir. Quraşdırmanın maksimum gücü 14 m/s küləyin sürətində əldə edilmişdir. $U_{\max} > 25$ m/s olduqda külək turbini nasazlığın qarşısını almaq üçün avtomatik olaraq dayandı. Küləyin sürəti 20 m/s-dən aşağı olarsa, külək turbini yenidən işə salındı.

Eksperimental məlumatlar ilkin istismar dövründə mexaniki sistemlərin nasazlıqlarını təsvir etmək və onların davamlılığını hesablamaq üçün təklif olunan Weibull-Gnedenko paylama funksiyasından istifadə etməklə ümumiləşdirilmişdir [12, 13]:

$$F(U) = 1 - \exp[-(U/c)^k] \quad (3)$$

burada k - forma parametridir və c - küləyin orta sürəti U_c -ə yaxın parametrdir, qiyməti aşağıdakı düsturla tapıla bilər:

$$U_c = c\Gamma(1 + 1/k) \quad (4)$$

Külək axınının orta xüsusi gücü (külək təkərinin vahid sahəsinə düşən güc):

$$P_{0c} = 0,5\rho c^3\Gamma(1 + 3/k) \quad (5)$$

burada ρ – 1,2 kq/m³-ə bərabər hava sıxlığı; $\Gamma(x)$ – qamma funksiyasıdır və aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} \exp(-t)t^{x-1}dt$$

Təsvir edilən alqoritmin Turbo Paskalda həyata keçirilməsini təmin etmək üçün, x qiymətlərində 10^{-4} -dən az səhvə malik $\Gamma(x)$ -in hesablanması üçün interpolasiya ifadəsi seçilmişdir.

$$\Gamma(x) \cong \frac{\sqrt{(2\pi/y)}\exp\{y[\ln(y) - 1] + 1/(12y)\}}{x(x+1)(x+2)(x+3)(x+4)(x+5)}$$

burada $y=x+6$. Bu yanaşma Weibull-Gnedenko paylanmasına tabe olan obyektlərin etibarlılıq göstəricilərinin hesablanmasını avtomatlaşdırmaq üçün istifadə edilmişdir [15].

Seçilmiş külək turbininin nominal gücü təxminən aşağıdakı qiymətə uyğun olmalıdır:

$$P_{0c} \approx \eta_p \eta_g C_p S P_k \quad (6)$$

burada S külək çarxının sahəsidir; $\eta_p=0,9$ – külək çarxının rotorunun səmərəliliyi; $\eta_g=0,95$ – elektrik generatorunun səmərəliliyi; $C_p=0,45$ – (5) düsturla tapılan külək turbininin aldığı külək axını gücünün payı nəzərə alınmaqla güc əmsəlidir.

Meteoroloji xidmətlər küləyin parametrlərini standart qanad hündürlüyündə $h_f=10$ m qeyd edir. Müasir külək turbinlərinin külək çarxının oxları 10-100 m hündürlükdə yerləşir [7, 8].

Bu hündürlüklərdə küləyin orta sürətini təyin etmək üçün tez-tez təxmini düsturdan istifadə olunur [7]:

$$U_{hc} = U_{fc} (h/h_f)^b \quad (7)$$

burada U_{fc} qanadın hündürlüyündə orta küləyin sürətidir; açıq yerlər üçün parametr $b=1/7=0,143$.

b -nin qiymətləri ilin müxtəlif vaxtlarında və hətta bir gün ərzində fərqlidir, buna görə də (7) düsturundan xüsusilə $z>50$ m yüksəkliklər üçün çox diqqətlə istifadə edilməlidir. T müddətində külək turbinləri:

$$W_c = \varphi_c N_{nm} T \quad (8)$$

burada φ_c külək turbininin mövcud güc əmsalı mənasını daşıyan əməliyyat xarakteristikasının orta qiymətidir [8].

Paylanma funksiyasından (3) istifadə edək:

$$\varphi_c = (c/U_{nm})^3 [\gamma(a, U_{nm}) - \gamma(a, U_0)] + \exp[-(U_{nm}/c)^3] - \exp\left[-\left(\frac{U_{mx}}{c}\right)^3\right] \quad (9)$$

Burada $a=1+3/k$, $\gamma(a, x)$ müəyyən inteqralı təmsil edən natamam qamma funksiyadır [12]:

$$\gamma(a, x) = \int_0^{\infty} \exp(-t) t^{a-1} dt$$

Bu işdə $\gamma(a, x)$ qiymətlərini tapmaq üçün yüksək dəqiqliyi təmin edən Weddle düsturuna uyğun ədədi inteqrasiya metodundan istifadə etdik [16].

Bu vəziyyətdə inteqral funksiyasının yalnız yeddi dəyəri istifadə edilmişdir [17]. Seçilmiş alqoritmin müəyyən $\gamma(a, x)$ qiymətlərini cədvəldə göstərilənlərlə müqayisə etməklə sınaqdan keçirilməsi onun effektivliyini təsdiqlədi.

Beləliklə, külək turbininin məhsuldarlığının hesablanması (9) düsturundan istifadə etməklə φ_c -nin müəyyən edilməsinə, yəni seçilmişlərin verilmiş U_0 , U_{nm} və U_{mx} sürətlərində Veybull-Qnedenko funksiyasının k və c parametrlərinin statistik qiymətləndirilməsinə qədər endirilir. Hər ay və bütövlükdə il üçün müəyyən bir ərazidə küləyin sürətinin uzunmüddətli ölçülməsinin nəticələri cədvəllər şəklində təqdim olunur ki, burada U -da bütün dəyişmə dövrünün bölündüyü hər interval üçün nisbi verilmiş intervala düşən sürətin faizlə ifadə olunan tezlikləri verilmişdir.

Verilmiş dövr üçün küləyin sürətinin ölçülmələrinin sayını n ilə işarə edək, 100-ə bərabər götürülür ki, bu da çoxillik müşahidələrin orta göstəricisidir; m – küləyin sürəti üçün intervalların sayı; U_{1i} və U_{2i} – i -ci intervalın sol və sağ sərhədləri; U_{ci} – i -ci intervalın ortası; n_i – küləyin sürətinin i -ci intervala düşmə tezliyi; $w_i = n_i/n$ – nisbi tezlikdir. Seçilmiş orta küləyin sürəti və dispersiyası tanınmış düsturlardan istifadə etməklə hesablanır [8, 12]:

$$U_{bc} = \sum_{i=1}^m w_i U_i, \quad D_b = \sum_{i=1}^m w_i (U_i - U_{bc})^2 \quad (10)$$

(10)-dan U_{bc} və D_b -ni Veybull-Qnedenko paylanması üçün riyazi gözləntilərinə və dispersiyasına bərabərləşdirməklə k parametri üçün transsendental tənlik alınır [8]:

$$f(k) = \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) / \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) - \frac{D_b}{U_{bc}^2} - 1 = 0 \quad (11)$$

Onun həlli biseksiya üsulu ilə həyata keçirilmişdir. Sonra c parametri (4) düsturu ilə hesablanır:

$$c = U_{bc} / \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (12)$$

Sonra, Pearson uyğunluq testindən istifadə edərək, istifadə olunan külək sürətinin ölçülməsi nəticələrinin Weibull-Gnedenko paylama funksiyası ilə uyğun olduğu fərziyyəsi sınaqdan keçirildi. Pearson uyğunluq meyarının müşahidə edilən dəyəri aşağıdakı kimi hesablanır [12]:

$$\chi_n^2 = n \sum_{i=1}^m (w_i - p_i)^2 / p_i \quad (13)$$

burada p_i küləyin sürətinin i -ci intervalda düşmə ehtimalıdır [8, 18]:

$$p_i = \begin{cases} F(U_{2i}) - F(U_{1i}), & i = 1, 2, \dots, m - 1 \\ 1 - F(U_{1i}), & i = m \end{cases} \quad (14)$$

Pearson kriteriyasından istifadə edərkən sərbəstlik dərəcələrinin sayı $k_c = s - 1 - r$ düsturu ilə hesablanır, burada s rəqəmlərin sayıdır; r - nümunədən təxmin edilən parametrlərin sayı [12].

Fərziyyələrin yoxlanılmasının avtomatlaşdırılmasını təmin etmək üçün χ_p^2 paylanmasının kritik nöqtələrinin cədvəlləşdirilmiş qiymətləri əvəzinə kifayət qədər dəqiqliyə malik və ixtiyari dəyəri üçün etibarlı olan sadələşdirilmiş Korniş-Fisher yaxınlaşmasından istifadə edilmişdir [19]:

$$\chi_p^2(k) = k + u_p \sqrt{2k} + \frac{2u_p(u_p - 1)}{3} + \frac{u_p(u_p - 7)}{9\sqrt{2k}} \quad (15)$$

(15)-ə daxil edilmiş standart normal paylanma səviyyəsinin yuxarı səviyyəsinin kvantili aşağıdakı düstura uyğun olaraq tapıldı:

$$u_p = 4,91[(1 - p)^{0.14} - p^{0.14}]$$

Əgər hesablama zamanı (13) və (14) düsturları ilə hesablanmış empirik qiymət χ_n^2 nəzəri qiymətdən χ_p^2 az olarsa, irəli sürülən fərziyyə təsdiqlənmiş hesab olunur.

Cədvəldə 17-də parametrlərin hesablamalarının nəticələri göstərilir: (10), (12), (13) və (15) düsturlarına görə U_{bc} , D_b , c , χ_n^2 və χ_p^2 , k - tənlikdən (11), (ikinci sətir) və (8)-də təqdim olunur (üçüncü sətir).

Cədvəl 17. Hesablama nəticələri

U_{bc}	D_b	k	c	χ_n^2	χ_p^2
10.452	59.09	1.38	11.442	7.73	26.09
10.453	43.63	1.62	11.672	2.57	26.22

D_b və χ_n^2 qiymətlərindəki fərq, ehtimal ki, [8]-də aparılan hesablamalardakı diqqətsizlikdən irəli gəlir. $D_b=59,09$ -da transsendental tənliyin (11) həllindən $k=1,38$ qiyməti alınmışdır. χ_p^2 qiymətlərindəki əhəmiyyətsiz fərq (15) və (16) yaxınlaşmalarının tətbiq oluna biləcəyini təsdiqləyir.

Qiymətləndirmə üçün müasir külək turbinləri üçün xarakterik olan parametrlər seçilmişdir: $U_0=3$ m/s; $U_{nm}=16$ m/s; $U_{mx}=25$ m/s; $d=50$ m.

Onda (6) düsturuna görə külək turbininin nominal gücü 1,84 MVt-a bərabərdir və mövcud gücün istifadə əmsalı $\varphi_c=0,505$, yəni bu külək turbinindən istifadə edərkən əldə etmək olar.

Hazırlanmış proqramdan istifadə etməklə hesablama göstərdi ki, $\varphi_c=0,270$, buna görə də (8) düsturla tapılan külək turbininin orta məhsuldarlığı T müddətində [8] ilə müqayisədə təxminən iki dəfə az olacaqdır. Parametrik analizin nəticələri cədvəldə təqdim olunur.

Cədvəl 18. Çarxın fırlanmağa başladığı ilkin külək sürətinin külək turbinlərinin işinə təsiri

U_m m/c	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
φ_c	0.270	0.270	0.269	0.270	0.269
P_c , mVt	0.502	0.502	0.502	0.501	0.499

Cədvəl 19. Maksimum külək sürətinin külək turbinlərinin işinə təsiri

U_m m/c	21.0	23.0	25.0	27.0	29.0
φ_c	0.232	0.253	0.270	0.284	0.296
P_c , mVt	0.430	0.469	0.502	0.528	0.549

Əldə edilən nəticələrdən görüldüyü kimi, mümkün sürətlər diapazonunda dəyişən U_0 , φ_c və P_c qiymətlərinə praktiki olaraq heç bir təsir göstərmir. Əksinə, U_{mx} -in 21-dən 29 m/s-ə qədər artması φ_c -in 0,232-dən 0,296-a, P_c -nin isə 0,43-dən 0,55 MVt-a qədər artmasına səbəb olmuşdur.

Beləliklə, yüksək güclü külək elektrik stansiyasının məhsuldarlığının hesablanması metodologiyası təkmilləşdirilmiş və avtomatlaşdırılmış, parametrik təhlili sadələşdirilmişdir. Burada, Pearson meyarından istifadə edərək, Weibull-Gnedenko qanununa uyğun olaraq hava sürətlərinin ümumi populyasiyasının paylanması haqqında statistik bir fərziyyə yoxlanılır, paylanma parametrləri transsendental tənliyi ədədi olaraq həll etməklə tapılır. interpolasiya düsturundan istifadə edərək qamma funksiyası; Əməliyyat xarakteristikasının orta dəyərini hesablayarkən, natamam qamma funksiyasının dəyərləri Weddle düsturundan istifadə edərək ədədi inteqrasiya yolu ilə tapılır. Bütün metodologiya və ya onun hissələri dizayn təşkilatlarında və tədris prosesində istifadə edilə bilər.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
___ kafedrası

Ağazadə Ülvi Şaiq oğlu

QARABAĞ İQTİSADİ ZONASINDA TƏTBİQ OLUNAN ALTERNATİV
ENERJİ QURĞULARININ DİNAMİK PARAMETRLƏRİNİN ANALİZİ
mövzusunda
MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Maşınların möhkəmliyi və dinamikası

Elmi rəhbər: T.e.n., dos. Eldar F. Axundov

BAKİ – 2024

II FƏSİL. QARABAĞ İQTİSADI ZONASINDA TƏTBİQ OLUNAN ALTERNATİV ENERJİ QURĞULARININ DİNAMİK PARAMETRLƏRİNİN ANALİZİ

2.1. Alternativ, regenerativ enerji növlərindən istifadənin əhəmiyyəti, insanların istifadəsinin tarixi və prosesin inkişaf mərhələləri

Qədim dövrlərdən bəri insan ətraf mühitin təsiri altında öz həyat fəaliyyətində işığa yönəlmiş od tapmışdır. 700 min il əvvəl Azıx mağarasında müvafiq ocağın izləri aşkar edilmişdir. Onların əməyi nəticəsində insanlar süni od istehsal etməyi öyrəniblər.

Sonralar insanlar əvvəlcə su və küləyin enerjisindən istifadə etməyə və su ilə işləyən dəyirmanlar düzəldərək onun müxtəlif yollarını öyrənməyə başladılar. Və bu dəyirmanların Avropaya idxalı 10-cu əsrin səlīb yürüşləri ilə bağlıdır. Beləliklə, insanlar bu dəyirmanlar vasitəsilə hava axını alır və onun enerjisinin fırlanan şaftın mexaniki enerjisinə çevrildiyini də öyrənirlər. Təxminən 1500-cü ildə Leonardo da Vinçi toxuculuq emalatxanası və uçan maşın yaratmaq ideyasını irəli sürdü. Müasir texnologiya isə cəmi 300 il bundan əvvəl yaradılmış ingilis alimi İsaak Nyutonun adı ilə bağlı idi. Beləliklə, onun heliotsentrizm inkişafı ən vacib elmi vizual kəşflərdən biri hesab olunur.

Sənayedə baş verən böyük inqilablardan biri buxar maşınını kəşf edən Ceyms Uotnun adı ilə bağlıdır. Bu buxar mühərriki daha sonra 1802-ci ildə Filadelfiyada 7,4 ilə 29,4 kVt arasında dəyişən maşınlar istehsal edən fabrik açan Oliver Evans tərəfindən təkmilləşdirilmişdir. Buxar mühərriki olan ilk gəmi 1807-ci ildə amerikalı alim Robert Fulton tərəfindən inşa edilmişdir. Buxar maşınının kəşfi ilə insan əməyinin istifadəsi azaldı və bu, texnologiyada yeni böyük bir inqilaba yol açdı. Birinci növ ictimai nəqliyyatın istehsalı zavodu ingilis texniki Corc Stivenson tərəfindən işə salınıb.

Nəhayət, elmin inkişafı və yeni ixtiralarla elektrik cərəyanı kəşf edildi. İtalyan fizik Alexandro Volta 1800-cü ildə elektrik batareyasını kəşf etdi. Və işığın görünüşü yeni dünyaya keçidin əsasını qoydu.

Hazırda dünyanın əksər hissəsi elektrik enerjisi ilə işləyir. Lakin bu müddəə əsasən mazut, qaz və kömür istifadə edərək isitmə istehsal olunan elektrik stansiyalarında istifadə olunur. Bu, həm də hava istehsalının maya dəyərindən, eləcə də istehsal prosesinə sərf olunan məhsullardan asılıdır və bu, çirklənməyə qapı açır. Bunun nəticəsidir ki, dünya, xüsusən də inkişaf etmiş ölkələrdə alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinə müraciət etməyə başlayır. Bəşəriyyətimiz artıq tədricən enerji mənbələrindən istifadəni bərpa edir. Çünki dünya anlayır ki, neft və qaz ehtiyatları gec-tez tükənəcək və nüvə enerjisi 100 faiz təhlükəsiz ola bilməz.

Bu baxımdan alim və tədqiqatçılar hazırda elə bir məqsəd güdürlər ki, səmərəliliyin artırılması və istehsal olunan elektrik enerjisinin maya dəyərinin aşağı salınması tələbi ilə alternativ enerjiyə üz tutdular. Digər tərəfdən, bildiyimiz kimi, bizi əhatə edən dünya tükənməz enerji ehtiyatına malikdir. Bu enerji resursları müxtəlif mənbələrdə - günəş şüalarında, okeanlarda, küləklərdə, yeraltı istilik mənbələrində, minerallar qazda, neftdə, kömürdə və s.-də tapılır. [6]

Hazırda dünyanın demək olar ki, bütün ölkələrinin enerjiyə olan tələbatını neftlə təmin edir, o, bunun əvəzini ödəyir. təbii qaz və kömür kimi ənənəvi enerji mənbələrinin hesabı. Ənənəvi enerji resursları tükənir, ətraf mühitə zərərli və bundan əlavə, qiymət artımı da iqtisadiyyata mənfi təsir göstərir. [10]

Bərpa olunan enerji mənbələri aşağıdakılardır:

1. Günəş enerjisi.
2. Külək enerjisi.
3. Su elektrik enerjisi.
4. Geotermal enerji.
5. Enerji çəkmə.
6. Hidrogen yanacağı enerjisi.
7. Dünya Okeanının istilik enerjisi.
8. Biokütlə enerjisi (bioqaz).
9. Dalğa enerjisi.

Biokütlə enerjisi. Biokütlə günəş enerjisini uda bilən enerji mənbəyidir, fotosintez kimi yığılan bitki orqanizmləridir. Sənaye mənasında biokütlə bioloji maddələrdən və ya digər sənayelərdən yanacaq istehsalına aiddir. Belə ki, yanacaq əldə etmək, yetişdirilən bitkilərdən lif, istilik və kimyəvi maddələr əldə etmək üçün bitki mənşəli məhsullardan istifadə olunur.

Biokütlə enerjisindən alınan istilik miqdarı, odun yandırılmasından alınan istilik miqdarı - ümumiyyətlə, bu enerji qədim zamanlardan istifadə olunur. Müxtəlif növ biokütlələrin köməyi ilə yaranan qəzalara bioqazlar deyilir. Biokütlə enerjisi biokütlənin yandırılması ilə əldə edilir. Yaranan maddələrin hazırlanması və çevrilməsinin müxtəlif proseslərini həyata keçirərək bioyanacaq əldə edirlər.

Biokütlə enerjisi istehsalının müsbət xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

- Təmiz enerji mənbəyi;
- Yüksək temperatur tələb olunmur;
- kifayət qədər aşağı işıq həddi;
- Ətraf mühitin çirklənməsində rol oynamır;
- İstixana effekti effekt yaratmır.

Biokütlə enerjisi bərpa olunan enerji mənbələrində böyük potensiala malikdir. Hər il təbiətdə 150 milyard ton biokütlə istehsal olunur. Yalnız 1% kommərsiya məqsədləri üçün istifadə olunur. [3]

Alternativ enerji mənbələri sahəsində bir çox alimlərin təcrübəsi, istehsal olunan elektrik enerjisinin 79,9%-nin biokütlədən əldə edilən enerjiden gəldiyini kəşf etmişdir.

Su elektrik enerjisi. Potensial enerjinin müəyyən yüksəkliyində mövcud olan suya onun hidravlik enerjisi deyilir. Bu, ilk növbədə enerji cihazlarından fərqlənir, çünki onlar əvvəlcə mexaniki enerjiyə çevrilirlər. Bu məqsədlə hazırlanmış qurğulara su elektrik stansiyaları deyilir. Bu stansiyaların çatışmazlıqları aşağıdakılardır:

- Suyun keyfiyyətinin aşağı olması, beləliklə, anbarın tikintisi zamanı axın, kəsik vəziyyətində olan su göl tərəfindən yaradılır. Bu halda suyun çirklənməsi qaçılmazdır;

- Su anbarlarının tikintisi çox vaxt aparır. (minimum 5 il) - Ərazilərin su basması ehtimalı;

- Maliyyə resurslarına yüksək tələbat;
- Çox vacib hesab edilən ərazilərin su altında qalma ehtimalı;
- turizmin inkişafına mənfi təsir;
- Torpağın keyfiyyətinin azalması.
- Ərazilərin şərti olaraq yararsız və faydasız yaradılması.

Su elektrik stansiyalarının çatışmayan xüsusiyyətləri ilə yanaşı, müsbət cəhətləri də var:

- Uzunömürlülük;
- Baxım xərcləri daha azdır;
- Yanacaq xərclərinin olmaması;
- Yüksək performans; Dünyada 8200 böyük su anbarı enerji məqsədləri üçün işləyir. Hazırda ən böyük su anbarı Çinin Hubey əyalətində Yantszi çayı üzərində tikilib. ÜÇ QOBU stansiyaları (Ağac dərələri bəndi) adlanır. Bu anbar tikilərkən 250 minə yaxın insanı səfərbər etmiş, mövcud olduğu müddətdə minlərlə insan müxtəlif səbəblərdən həlak olmuşdur. Bu stansiyanın tikintisi 2,5 milyard dollara başa gəlib, gücü 22500 MVt-dır. Bundan əlavə, bu stansiya 15 nüvə reaktorunun gücünə bərabərdir. Bu su anbarının nəhəng gölü İsveçrə ərazisindən daha böyükdür. Sahəsinə görə İsveçrədə ikinci ən böyük su anbarı 1965-ci ildə istifadəyə verilmişdir. Bu stansiya Grande Dixensdir. Hövzənin eni 46 km-dir. Beton səthinin hündürlüyü 285 m, uzunluğu 700 m-dir. Bu anbarın illik tutumu 400 milyon kub metr su, hasilatı isə 2 milyard kilovatsaatdır. Geotermal enerji. Geotermal mənbə - müxtəlif dərinliklərdə yığılan istilik əmələ gətirən torpaqda kimyəvi birləşmələr - isti su, buxar və qazlar.

Geotermal enerji öz geotermal mənbələrindən birbaşa və ya dolaylı mənfəət əldə etmək üçün istifadə edir. Yer qabığından başlayaraq içəridən temperaturun tədricən dəyişməsi - mantiyada 930°C, xarici nüvədə 2760°C, daxili nüvədə 4200°C.

Geotermal enerji mənbələri ilə nə etmək olar:

- Elektrik enerjisi istehsalı;
- Mərkəzi istilik, soyutma və s.;
- Sənaye istifadəsi;
- Kimyəvi maddələr, mineral və mineral sular, karbon qazı (CO₂), gübrələr, litium, hidrogen və s. istehsalı;
- Kurortdan istifadə (termal turizm).

Geotermal bölgədə örtülməmiş quyulardan çıxarılan qarışıqlar separatorlarda buxarlanır və suyu ayırdıqdan sonra buxar turbinlərinə göndərilən generator vasitəsilə elektrik enerjisi yaradır. Boruyu təmin edən geotermal axın radiatorudur, bu sahədə istilik sistemlərinin köməyi ilə istilik əldə edilir. [7]

1904-cü ildən İtaliyanın Larderello bölgəsində və Kaliforniya Geysərində 48 ildir ki, geotermal-elektrik istehsalı aparılır. 1890-cı ildən Aydahoda (ABŞ) Boys və 1934-cü ildən Reykyavik-İslandiyada mərkəzi istilik sistemi var. Həmçinin hazırda Parisdə 85.000 mənzil geotermal enerji ilə qızdırılır.

Geotermal enerjinin səmərəliliyini aşağıdakı mülahizələrlə göstərmək olar:

- Bərpa olunan, bərpa olunan və tükənməyən enerji mənbəyi;
- Yanma texnologiyasının olmaması səbəbindən ətraf mühitin təmiz dostu;
- Çox məqsədli isitmə tətbiqləri üçün mövcudluq;
- Digər alternativ enerji mənbələri ilə müqayisədə aşağı qiymət;
- Yanğın, partlayış, zəhərlənmə kimi risklərin olmaması;
- Məhsuldarlıq faizi 95%;
- Çox kiçik bir sahədə belə istifadə edilə bilər.

Bundan əlavə, mazutun geotermal qızdırılması imkanı sayəsində kömür, odun və digər yanacaq növlərinin daşınması aradan qaldırılır. Bu o deməkdir ki, ətraf mühitə karbon qazı buraxılmır.

Hazırda dünyada 3 növ geotermal sistem mövcuddur:

1. İsti quru qaya sistemi;
2. İsti su sistemi;
3. Quru buxar sistemi;

İsti su sistemi. Yerdəki isti su əsaslı sistemlər buxar əsaslı sistemlərdən 20 dəfə böyükdür. Belə sistemlərdən Yerin səthinə qədər buxar qarışığından isti su+elektrik istehsalı həyata keçirilir. Buxarın alındığı su isə atılır. Quru buxar sistemi, isti su əsaslı sistemlərdən fərqli olaraq, daha çox qızdırılan nəm, yüksək temperaturlu buxarı bir o qədər az çıxarması ilə ortaya çıxır. İsti quru dağ sistemləri - soyuq suya axan isti su, su + buxar qarışıq istehsal etmək üçün enerji mənbəyi kimi istifadə olunur. Dünyada geotermal elektrik enerjisi istehsalında ilk 5 yeri ABŞ, Filippin, Meksika, İndoneziya və İtaliya tutur.

Kaliforniya ştatında geotermal enerji 7% təşkil edir. Yeraltı isti su geotermal enerjinin əsas mənbəyidir. Mənşəyinə görə termal su iki növ şaxtaya bölünür:

- 1) Yerin səthinə yüksək gərginliyə malik birinci növ şərti mənşəli su çıxır.
- 2) Bu fəaliyyət növü və vulkanik ərazilərdə çoxlu ehtiyatlara malik olan termal sular yerin səthində qaynayaq buxarlanır və nəticədə temperatur 100-200°C-ə çatır.

60-70-ci illərdə Qafqazda və Orta Asiyada Qazaxıstan və Azərbaycanda termal suların ehtiyatlarını artırmaq məqsədilə geotermal axtarışlar aparılmış, istifadə imkanları öyrənilmişdir. Qafqaz regionu üzrə rəsmi məlumatlar gündə 2000 m³ ildə 730 milyon m³ isti su səthdə üzür. Azərbaycan, onun kiçik Qafqaz regionu, xüsusilə Kəlbəcər, Laçın rayonları, Yuxarı Qarabağ, Naxçıvan MR, Astara, Kürdəmir rayonları termal su ehtiyatları ilə zəngindir. Məlumata görə, respublikamızda 1000-ə yaxın mineral su mənbəyindən gündə 50 min m³ müxtəlif sürətlə çıxır.

Abşeron, Kürdəmir və İmişli rayonlarında 400 m neft quyularında, təbaşir və çöküntü süxurlarının laylarında suyun temperaturu 80-100°C dərinlikdə, minerallaşma səviyyəsi 1 litr suya 60 q-a çatır. Su təchizatının yalnız kiçik bir

hissəsinin istifadə edildiyi digər ərazilərdə də mövcuddur. Kür çayında termal su ehtiyatları 200-4500 metr dərinlikdə yerləşir və temperaturu 40-45° şimal-şərq arasındadır. Lənkəran, Masallı, Astara əraziləri müalicəvi termal sularla zəngindir. Rəsmi məlumatlara görə, hər gün buradan 25 min m³ su çıxır ki, onun da böyük hissəsi istifadə olunmur.

Masallı rayonunda 2500 metr dərinlikdə 100°C temperaturda quyudan su çıxır. Elektrik enerjisindən tutmuş geotermal enerjiyə, hazırkı emal texnologiyasına çevrilmə, inkişaf dövründə həll üsulları mümkün aktual problemdir. Bunun üçün ən etibarlı və tükənməz mənbə daxili istilikdir. Hal-hazırda çoxlu sayda yeraltı istiliyi elektrik enerjisinə çevirən geotermal elektrik stansiyaları fəaliyyət göstərir. Belə stansiyalar İtaliya, Yeni Zelandiya, Yaponiya və Rusiya Federasiyasında fəaliyyət göstərir.

Adi İES-dən fərqli olaraq, GTES-də qızdırıcılar, tozsoranlar, otaq gözətçisi var və başqa cihazlara ehtiyac yoxdur. Bu stansiyalarda istehsal olunan elektrik enerjisi ekoloji cəhətdən təmizdir və həm də nisbətən ucuzdur. Onların cüzi bir hissəsi istifadə olunsada, hər il əhəmiyyətli miqdarda standart yanacağa qənaət edirlər. Hazırda dünyanın bir çox şəhərləri dövlət və özəl binaları qızdırmaq üçün termal sulardan istifadə edirlər. [10]

Enerji istehsalının prinsipləri və ondan istifadə ehtiyacı. Günəş dünyanın ən güclü və tükənməz təmiz enerji mənbəyidir, lakin ətraf mühitdə səmərəsiz davranır. Bu gün günəş enerjisi ən vacib enerji mənbələrindən biri hesab olunur. Günəş enerjisindən əldə edilən istilik və soyutma sistemləri - adi yanacaq ilə işləyən sistemlərə aid olan sistemlərinə qoyulan ilk investisiya xərclərini artırır. Ancaq daim artan enerji xərclərinə diqqət yetirsək, bizim zamanımızda bu sistemin xərcləri müqayisə olunmayacaq dərəcədə aşağı olacaqdır.

Günəş enerjisi sistemlərinin mövcud xüsusiyyətləri:

- Ətraf mühitə zərər vermir;
- İstifadəsi çox aşağı qiymət tələb edir;
- Tətbiq etmək asandır.

Günəş sistemləri isti su təchizatı, binaların isidilməsi, soyuducularda hidrogen istehsalı, buxar istehsalı, elektrik enerjisi istehsalı, dəniz suyunun artırılması, təmiz su və duz istehsalı və s. Planetimiz tükənməzdir, özünü çoxaldır, qeyri-ənənəvidir, enerji və istilik mənbələrinə malikdir. Müasir dövrdə metodlar və texnoloji texnikalar, tətbiq olunmalarına baxmayaraq, mənimsənilməsi çətin, bahalı və az istifadə olunur. Yer kürəsində nəhəng enerji mənbəyi Günəşdir, onun planetimizdən aldığı enerji, dünya iqtisadiyyatlarının istehlak etdiyi istilik miqdarı 20 mln-dur.

Lakin onun enerjisi Yer səthində çox nadir hallarda paylandığı üçün onun istifadəsi texniki və iqtisadi baxımdan o qədər də sadə deyil. Hal-hazırda günəş sobaları istilik istehsalı üçün geniş istifadə olunur. 2020-ci ildə planetin elektrik enerjisinə olan tələbatının 15-20 faizinin günəş enerjisi hesabına ödəniləcəyi güman edilir. Günəş tükənməz enerji və istilik mənbəyidir. Onun yer üzünə verdiyi enerji, mümkün istehsal gücü 20 milyard kVt hesablanır. h.Günəşin hər gün yerə 68,8,1016 kVt enerji göndərdiyini nəzərə alsaq, onun istifadəsinin sıfır olduğunu deyə bilərik. Yer səthinə düşən günəş enerjisi yanacağıının şərti miqdarı 2×10^{14} t-a bərabərdir.

Günəş enerjisi ekoloji baxımdan ən təmiz və ən faydalı hesab olunur. Enerjinin elektrikə çevrilməsi prosesi ətraf mühətdən, canlı və cansızdan asılıdır, Kainata zərər vermir, uzun müddət ərzində enerji balansının təkamülündə dəyişikliklərə səbəb olmur. İndi dünyanın bir çox ölkələri günəş enerjisindən suvarma qurğuları vasitəsilə istifadə edirlər. Hal-hazırda xüsusi qurğularda məqsədlər üçün şirinləşdirilmiş dəniz emalında, qurutmada və s. okean sularından kənd təsərrüfatı məhsulları. Günəş batareyası ilə qızdırılan suyun sahəsinin min kvadratmetr olduğu təxmin edilir. m binanın elektrik enerjisinin verilməsi 45-50 faiz qənaət edir.

Hələ 60-cı illərdə Yaponiya tərəfindən hazırlanmış SOLAR DAWNS proqramına əsasən, binaların qızdırılması və soyudulması üçün günəş cihazları istifadəyə verilmişdir və bu gün 250 mindən çox belə qurğu işləyir. Günəş enerjisi Yer səthində parçalandığı üçün ondan elektrik enerjisi yaranır və alışı çətinləşir.

Çətinliyin bir səbəbi odur ki, günəş enerjisinin toplanması çox böyük ərazilərdə günəş panellərinin quraşdırılmasını tələb edir.

Beynəlxalq Atom Enerjisi Agentliyinin məlumatına görə, Beynəlxalq Enerji Agentliyi dünya enerjisinin 66%-nin üzvi olduğunu bildirir. Yanacaqın əsas hissəsini kömür təşkil edir. Bərpa olunan enerji mənbələrinin payı cəmi 2,8% təşkil edir. Günəş modulları bu payın 0,6%-ni təşkil edir. İldən-ilə bu enerji sahəsində günəş texnologiyasının inkişafı sənayedə iştirak tələbini artırır.

Günəş enerjisinin üstünlükləri aşağıdakı kimi təsnif edilə bilər:

- xarici təsirlərdən asılılığın olmaması;
- İstehsal və quraşdırma xərclərini nəzərə almadan ucuz enerji mənbəyinin olması;
- daşıma, daşıma və ötürmə ilə bağlı heç bir problem yoxdur;
- tükənməz və ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbəyi;
- Enerji istifadə edilmədikdə, günəş enerjisi xüsusi qulluq üsulu ilə saxlanılır;
- Günəş enerjisindən istifadə edən evlərdə və ya ətraf mühitin mühafizəsində iştirak etmək üçün ərazilərə güzəştə gedən hökumətlər və təşkilatlar tərəfindən;
- Artıq günəş enerjisini elektrik şəbəkəsinə satmaq imkanı.

Üstəlik, demək olar ki, günəş enerjisindən istifadə etməklə yaşıl, əlverişli - səmərəli biznes mövqeyini dəstəkləməklə yanaşı, mövqələrimizin inkişafını və etibarlılığını daim qoruyuruq. Günəş enerjisi istilik, mexaniki və elektrik, kimyəvi enerjiyə çevrilə bilər və bioloji proseslərdə istifadə edilə bilər.

Bu, iki yolla əldə edilir: Birinci üsul ənənəvi üsuldən günəş enerjisidir. Buna misal olaraq buxar turbininə buxar verildikdə və elektrik enerjisi olduqda enerji istehsal oluna bilər. Günəş batareyalarından istifadə edən ikinci üsul elektrik enerjisi almaqdır. Günəş şüalarını qızdırın, onların köməyi ilə enerji birbaşa elektrik enerjisinə çevrilə bilər. Bunun üçün Günəşin elementlərindən istifadə edilir. Günəş şüalarının istilik enerjisi bu elementlərdə yerləşir və elektrik enerjisinə çevrilir, nəticədə birbaşa elektrik cərəyanı yaranır. Bu proses fotoelektrik effekt hadisəsi

əsasında baş verir. Bu enerjini yarımkəçiricilərə çevirmək bir tətbiq ilə mümkündür. [4]

Günəş enerjisi - ilk növbədə günəş qurğularının istehsalında düşmə bucağından asılıdır, məsələn, maneələrin olmamasını təmin etmək üçün meyllər nəzərə alınmalıdır. Bu maneələr əksər hallarda mümkündür və onların nəticələri nəzərə alınmalıdır. Günəş işığının enerji ötürülməsi üçün quraşdırılmış vasitəyə - ağaca çatmasının qarşısını almaq üçün damda bir maneə qoyacağıq. Ağac damdakı cihazdan daha yüksəkdirsə, o, çeviriciyə kölgə salacaq. Ancaq günün istənilən vaxtında və ya ilin müxtəlif vaxtlarında cihazın üzərindəki ağacın bu qaralması bir neçə dəfə fərqlənir. Bunu hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur:

$$\gamma = \arctan (h_2-h_1/d) = \arctan (h/d)$$

Bu ifadədən istifadə etməklə, günəş şüalarının qarşısını alan bütün maneələrin təsirini təyin etmək mümkündür. Günəş kollektorlarının səmərəliliyini artırmaq üçün ona düşən günəş işığının intensivliyini artırmaq lazımdır. Bunun üçün konsentratorlardan istifadə olunur.

Beləliklə, günəş enerjisindən elektrik enerjisi istehsalını təmin edən başqa bir amil şüanın hesablanmış intensivliyidir. Radiasiya intensivliyi dəyərinin 200 W/sq olduğu temperatur. m, sıfır dərəcə fərquində kollektorun səmərəlilik dəyəri sıfıra yaxınlaşır, yəni kollektor faydalı istilik tutumu istehsal etmir. Bu prosesin intensivliyi, qiymət 400 Wt / kv.m-dən yuxarı qalxdıqca, kollektor istilik tutumu istehsal edən bütün temperatur dəyişikliklərinə uyğundur. Bununla belə, temperatur fərqi artdıqca məhdudiyətlərin olduğu da məlumdur. Kollektorun temperaturu onun strukturunu pozmamalı və normal işləməsinə mane olmamalıdır. Günəş enerjisi istehsalı üçün günəş qurğularının yeri vacibdir və nəzərə alınmalı olan amillərdən biridir.

Tipik olaraq, günəş istilik cihazları və ya fotovoltaiq elementlər düz səthlərə və ya düz damlara yerləşdirilir. Bu dəfə avadanlıq üfüqi müəyyən bir açı ilə quraşdırılır. Hansı avadanlıqların əhəmiyyətli dərəcədə effektiv olması onların quraşdırılmasından asılıdır. Üfüqi şəkildə yerləşən cihazlarda səmərəliliyin azalması

səthin çirklənməsi ilə də özünü göstərir. Meyilli cihazların səthində toplanan maddələr daim yuyulur və yağış və qardan təmizlənir. Buna görə enerji çeviriciləri quraşdırarkən minimum təmizləmə bucağı ödənilməlidir.

Yerli şəraitin, yəni obyektlərin səthlərinin çirklənməsi, dərəcəsindən asılı olaraq, bu açının dəyəri 2% -dən 10% -ə qədər ola bilər. Günəş qurğuları aşağı, orta və yüksək temperaturda sistemlərdə aparılan texnoloji proseslərdə yaşayış və ictimai binaların qızdırılması və soyudulması üçün istifadə olunur. Onlardan isti su əldə etmək üçün məhsulların qızdırılması üçün materiallardan və kənd təsərrüfatından istifadə edir. Fotosintez və bitkilərin böyüməsini təmin edən günəş enerjisi ilə yanaşı, müxtəlif fotokimyəvi proseslər baş verir. Günəş panelləri 1950-ci illərin sonlarında peykləri enerji ilə təmin etmək üçün istifadə edilmişdir. O vaxtdan bəri panellər təkmilləşdirilmiş və daha geniş istifadə edilmişdir. Hazırda dünyada fotovoltaiq elementlərin satışı ildən-ilə artır. Məsələn, 1990-2000-ci illərdə 46 MVt-a qədər satılan fotovoltaiq elementlərin ümumi gücü 6 dəfə artaraq 288 MVt-a çatdı. Almaniyaya 2005-ci ildə ümumi gücü 300 MVt olan, 100.000 evin damında günəş panellərinin quraşdırılması proqramı qəbul etdi.

Kaliforniya (GEGS) 2006-cı ildə elektrik enerjisi istehsal etmək üçün tək kommersiya günəş enerjisi sistemi qurdu. Burada günəş şüalarının bir seqmentini cəmləşdirmək üçün açıq vəziyyətdə ümumi sahəsi 2,3 milyon kvadratmetr olan güzgülər quraşdırılıb. m Bu elektrik stansiyasının gücü 354 MVt idi. Zavodda illik elektrik enerjisi istehsalı 800 GVt-a çatıb. Onların istehsal etdikləri elektrik 60.000 amerikalının elektrik ehtiyacını ödəyirdi. Günəş panellərinin qiymətləri də aşağı düşür. Bu qiymətlər 1970-ci ildən bəri 1 vatt enerji üçün 70 dollardan 3,5 dollara qədər azalıb.

Siciliyada 1 MVt gücündə qüllə tipli günəş elektrik stansiyası quraşdırılıb. Burada 50 m hündürlükdə, günəş qəbuledicisində 600 ° C-də yerləşən qızdırılan su buxarı götürülərək buxar turbininə verilir və bu turbinin işləməsi adi turbinlərdən geri qalmır. Bu prinsipə əsasən Almaniyada gücü 20 MVt-a qədər olan günəş elektrik stansiyası hazırlanmışdır ki, burada hündürlüyü 40 kvadratmetr və

hündürlüyü 200 m olan hər bir mikroprosessor güzgüsünün sahəsi 200 m-ə qədərdir. qala. Orada günəş şüaları sıxılır və iki qaz turbininə qidalanan 800 °C-ə qədər qızdırılan havaya yerləşdirilir.

Qaz və buxar turbinləri birlikdə elektrik generatorunu hərəkətə gətirir, bu da elektrik enerjisinin alınmasına səbəb olur. Günəş panelləri günəş enerjisini enerji mənbəyindən udmaq üçün uyğunlaşdırılmış batareyalardır. 6-30 güc panelli (1000V) sistem elektrik tələbatını, 3000V sistem isə bütün binanın elektrik tələbatını ödəyə bilər.

Günəş panellərinin müxtəlif kateqoriyaları var. Günəş Monokristal akkumulyator elementləri:

- monokristal silisium, - ərintidən udulmuş - lövhənin qalınlığı 0,5 mm - səmərəliliyi 4-16% - dünya istehsalının 34% -i Polikristal (polikristal) günəş elementi elementləri:

- maye silikon polad qəliblərə tökülür; - buz naxışlarının struktur xarakteristikası;

- lövhənin qalınlığı 0,5 mm; - səmərəlilik 12-14%;

- dünya istehsalının 50%-i;

Günəş panelləri üçün amorf materiallar:

- şüşə və ya plastik fotosel üzərində nazik buxar təbəqəsi;

- performans xüsusiyyətləri insolyasiya ilə pisləşir;

- Effektivlik 5-8% - dünya istehsalının 8%-i. [5]

Bəs günəş panelləri necə işləyir, onları necə hazırlamaq və işləri necə həyata keçirir? Bütün bu suallara cavab vermək üçün günəş panelinin təsvirini verəcəyik. Günəş paneli çox sadədir, baxmayaraq ki, bu, əsasən mikroçip cihazının heyvətəmiz xüsusiyyətidir. Diodlara bənzəyir. Diodlar elektrik cərəyanının birtərəfli axını təmin etmək üçün bir yerdə iki növ silikondan istifadə edirlər. Hər bir günəş hüceyrəsi üst və alt səthdən ibarətdir. Bir çox batareyanın üst səthi silikonla örtülmüşdür. Günəş panellərində ən çox istifadə edilən element Silikondur.

Silisiyumdən başqa iki başqa element Ga (qallium) və Ge (germanium) - silisiyumu əvəz edənləri də elementlər kimi istifadə edilə bilər. Amma bildiyimiz kimi, silikon təbiətdə daha çox olduğu üçün istifadə üçün daha uyğun hesab edilir. Əvvəlcə təmizlənir, sonra kristallaşma saxlanılır. Lehimləndikdən sonra nazik lövhələrə çevrilir, bir tərəfə fosfor, digər tərəfdən bor əlavə olunur. Sonra diaqramın bir tərəfində elektron bolluğu, digər tərəfdən elektron çatışmazlığı ilə təmin edilir. Silikon günəş panellərində ən çox istifadə edilən elementdir.

2.2. Qarabağda alternativ enerji mənbələrinin dinamik analizi

Enerjiyə daim artan tələbat, məhdud karbohidrogenlər və ənənəvi enerji istehsalı ilə yaranan ekoloji problemlər RES-dən istifadə ehtiyacını məcbur etdi. Qlobal iqtisadiyyatın qaz və neft ehtiyatları ilə təminat səviyyəsinin aşağı düşməsi yeni enerji reallığının tendensiyasını qeyd etdi. Bu şəraitdə sənaye cəhətdən inkişaf edən istehlakçıların bərpa olunan enerji mənbələrinə marağı formalaşmış, yəni enerji resurslarına daim artan tələbat şəraitində enerji probleminin həlli gündəlikdə və aktual mesajə çevrilmişdir.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafının dəstəklənməsi məqsədilə hökumətin 21 oktyabr 2004-cü il tarixli 462 nömrəli Fərmanı ilə “Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəyə dair Dövlət Proqramı” təsdiq edilmişdir.

2016-cı ilin aprelində rəsmi Azərbaycan İqlim Dəyişikliyi üzrə Paris Sazişini təsdiqlədi, bu sazişdə RES-in tətbiqi və CO₂ 2020-ci ilə qədər elektrik enerjisi istehsalında öz payını 20%-ə, ümumi enerji istehlakında isə 9,7%-ə qədər artıraraq və qazpaylayıcı sistemlərdə itkiləri azaldır [3].

Eyni zamanda, bərpa olunan enerji mənbələri əsasında ümumi gücü 2 min MVt olan elektrik stansiyalarının istismara verilməsi nəzərdə tutulur. 2030-cu ilə qədər hədəf karbon qazı emissiyalarını 1990-cı ilin ilkin göstəricisi ilə müqayisədə 35% azaltmaqdır [2,3].

Hazırda bərpa olunan enerji mənbələrinin ümumi elektrik enerjisi istehsalının 16,8%-ni əhatə edir [2,4].

2017-ci ildə alternativ enerji ilə 2,0 milyard kilovatsaat elektrik enerjisi və 3789,2 Qkal istilik enerjisi istifadə edilmişdir ki, bu da həmin ildə 504,5 milyon kubmetr təbii qaza qənaət etmiş, 898,0 min ton karbon qazının atmosfərə atılmasının qarşısını almışdır [4].

Proqnozlara görə, 2030-cu ilə qədər RES global elektrik enerjisi istehsalının 35-50%-ni və ümumi enerji istehlakının 19-25%-ni təmin edəcək. Bərpa olunan enerji dünya yanacağıının yalnız 7%-ni təmin edərək avtomobil yanacağı bazarına daxil olmaqda daha böyük problemlə üzləşəcək [5].

İlkin enerji resurslarının istehlakının artım templəri 2030-cu ilə qədər ildə 1,6%-ə qədər azalacaq; adambaşına enerji istehlakı ildə 0,7% artacaq [6].

Cədvəl 1. Enerji balansı

Göstəricilər (Ton neft ekvivalenti)	2010	2014	2015	2016	2017
Əsas məhsullar, o cümlədən:	68 254.6	61 132.0	61 084.2	59 977.6	57 036.0
Xam yağ	52 312.5	43 295.9	42 835.5	42 240.9	39 810.4
Təbii qaz	15 555.6	17 565.1	17 947.3	17 463.5	16 967.6
Bərpa olunan enerji və tullantılar	386.5	271.0	301.4	273.5	258.0
Enerji məhsullarının xalis idxalı	- 54 300.2	- 45 869.5	- 45 747.4	- 44 693.0	- 40 789.6
Ümumi enerji təchizatı	12 566.5	15 085.5	15 569.4	15 393.5	15 471.9
Transformasiya prosesləri	-2 692.7	-3 491.3	-3 819.7	-3 731.0	-4 020.6
Öz istehlakı üçün enerji	931.1	1 188.2	1 167.0	1 133.0	1 147.7
Ümumi son enerji istehlakı	6 710.6	8 241.7	8 304.3	8 644.9	8 210.0

Azərbaycan Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyindən (ETSN) verilən məlumata görə, ekoloji təhlükəsizlik mühüm əhəmiyyət kəsb edir, siyasət ilk növbədə insanın təbiətə təsirinin azaldılmasına və ətraf mühitin mühafizəsinin əlaqələndirilməsinə yönəlib. Tələbləri nəzərə alaraq, digər siyasət istiqaməti təbii ehtiyatlardan səmərəli istifadə, o cümlədən bərpa olunan enerji mənbələrinin həyata

keçirilməsidir. Qlobal ekoloji problemlərə ölkənin tələbatının qiymətləndirilməsi, onların həlli yollarının işlənilib hazırlanması və beynəlxalq təşkilatlarla əməkdaşlıq yolu ilə qərarların qəbul edilməsi Azərbaycanın ekoloji siyasətinin üçüncü istiqamətidir [9].

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 21 oktyabr 2004-cü il tarixli 462 nömrəli Sərəncamı ilə “Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə üzrə Dövlət Proqramı” təsdiq edilmiş və Azərbaycanın enerji siyasətində yeni mərhələ olmuşdur [1].

Dövlət Proqramının məqsədi bərpa olunan və ekoloji cəhətdən təmiz mənbələrdən elektrik enerjisi istehsalının və karbohidrogen enerji mənbələrindən daha səmərəli istifadənin təşviqindən ibarət idi.

Nəzərə alsaq ki, bərpa olunan enerji mənbələrinin Azərbaycanda nisbətən yeni və qeyri-ənənəvi sektordur, buna baxmayaraq, ölkə əhəmiyyətli uğurlar əldə edib. Birincisi, bunlar bərpa olunan enerji mənbələrinin həm istehsalı, həm də istifadəsi üçün hüquqi problemlərdir. Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin investisiyaları əsasən hökumət və beynəlxalq təşkilatlar tərəfindən həyata keçirilir və qanun layihəsi hələ də müzakirə olunur. İkincisi, bunlar texniki problemlərdir, ilk növbədə texnologiya transferi ilə bağlıdır. Bərpa olunan enerji texnologiyaları bahalı investisiyalardır və Azərbaycanın onları başqa ölkələrdən idxal etdiyini nəzərə alsaq, texniki prosedurları sadələşdirmək lazımdır. Uzun müddətdir ki, ölkənin elektrik enerjisində neft və təbii qaz üstünlük təşkil edir ki, bu da bərpa olunan enerji mənbələri üçün ciddi rəqabət təşkil edən texnologiya və təcrübənin əhəmiyyətli dərəcədə müəyyən edilmiş xarakteri daşıyır. Üçüncü problem məlumatlılığın aşağı olmasıdır. Azərbaycanda RES haqqında ictimaiyyəti məlumatlandırmaq üçün beynəlxalq təşkilatlar və yerli hakimiyyət orqanları tərəfindən dəstək yoxdur [10].

Azərbaycan tam elektriklişdirilib, yəni elektriklişmə səviyyəsi 100%-ə çatır. Ölkənin ümumi quraşdırılmış gücü 7,141 MVt-dan çoxdur, 60%-i istilik enerjisindən (İES), xüsusən 15 istilik və 14 su elektrik stansiyasından əldə edilir.

İES 2400 MVt-dan çox gücü olan (neft əsaslı) ölkənin ən böyük elektrik stansiyasıdır [4,9].

Həmçinin sənaye dizaynının səmərəlilik və etibarlılıq tələbləri nəzərə alınmaqla fabriklər tikilir [4].

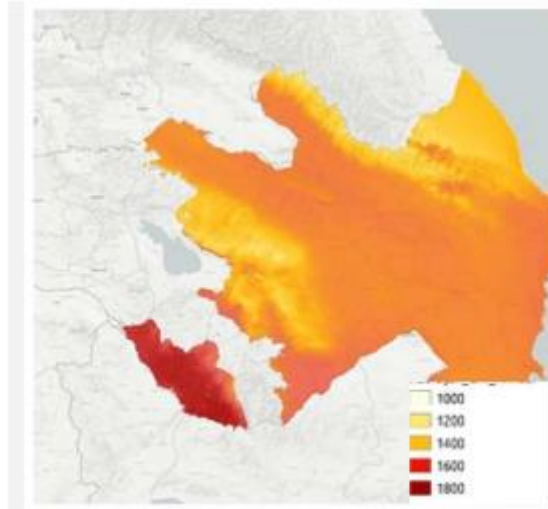
Ən son İES-lər təkmildir və qaz turbinli buxar dövrü texnologiyalarından istifadə etməklə işləyir [4].

Bərpa olunan mənbələrin quraşdırılmış gücü nəzərə alınmaqla, hidroenergetika (1134 MVt) liderlik edir, ondan sonra külək (66 MVt), biokütlə (38 MVt) və günəş PV (33 MVt) gəlir. Cədvəl 2-də 2019-cu ildə mənbələr üzrə elektrik enerjisi istehsalına dair məlumatlar verilmişdir [4,9].

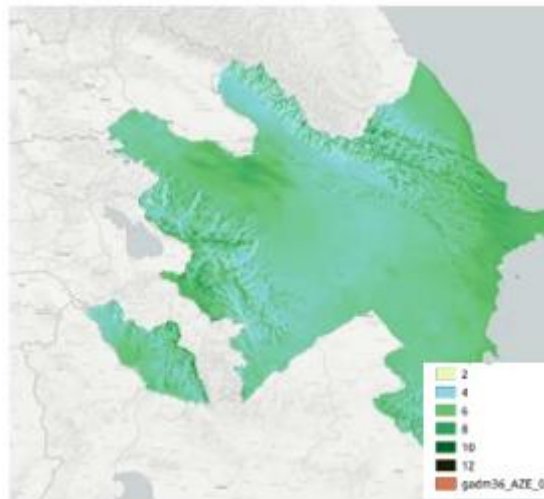
Cədvəl 2. Bərpa olunan enerji mənbələrinin mənbəyi üzrə elektrik enerjisi istehsalı (GWh)

Enerji potensialı	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Termal	15 262.7	17 618.0	21 167.1	21 729.6	23 249.3	22 859.9	22 761.0	22 344.9
Hidro	3 446.3	2 675.8	1 821.0	1 489.1	1 299.7	1 637.5	1 959.3	746.4
Külək	0. 5	-	-	0.8	2.3	4.6	22.8	22.1
Günəş	-	-	-	0.8	2,9	4.6	35.3	37.2
Biokütlə	-	-	-	134.1	173.5	181.8	174.5	170.3
Ümumi	18 709.5	20 293.8	22 988.1	23 354.4	24 727.7	24 688.4	24 952.9	24 320.9

Energetika Nazirliyinin məlumatına görə, Dağlıq Qarabağ və ətraf ərazilərdə ildə 4000 MV-dan çox günəş və 500 MV-a qədər külək enerjisi potensialı və milli su ehtiyatlarının 25%-i, yaxud ildə 2,56 milyard m³-dən çox su formalaşır (Şəkil 1 və 2).



Şəkil 1. İllik qlobal üfüqi günəş emissiyası (kVt/m^2)



Şəkil 2. Küləyin sürəti 100 metr (m/s)

Təhlükəsiz enerji təchizatının yaxşılaşdırılması, qeyri-mərkəzləşdirilmiş elektrik şəbəkələrinin yaradılması, elektrik enerjisinin kəsilməsinin payının azaldılması və enerji mənbələrinin şaxələndirilməsi Azərbaycanın və işğaldan azad edilmiş ərazilərdəki ucqar rayonların sakinlərinin enerjiyə çıxışını təmin edir və sürətləndirir. Neft və qazın üstünlük təşkil etdiyi ölkədə alternativ enerji Dağlıq Qarabağda və ətraf regionlarda yeni iş yerləri, texnoloji innovasiyalar və iqtisadi yaradılması üçün yeni imkanlar üçün katalizator olacaq [12].

Alternativ enerjinin inkişafının əsas məqsədləri riski azaltmaq, yerləşdirməni stimullaşdırmaq və itkiləri azaltmaq olmalıdır. Faktlar sübut edir ki, sıçrayışlı innovasiyaların əhəmiyyətli bir hissəsi mövcud biznes modellərinə meydan oxuyan

yeni firmalardan gəlir. Belə ki, xarici şirkətlərin ölkəyə girişində maneələrin aradan qaldırılması üzrə dövlət tədbirləri aşağı karbonlu enerji texnologiyalarının stimullaşdırılmasına müsbət təsir göstərir. Avropa İttifaqında, eləcə də dünyanın digər regionlarında elektrik enerjisi bazarları elektrik enerjisinin təhlükəsizliyi baxımından artıma səbəb olan əhəmiyyətli dəyişikliklərə məruz qalır. Biz bərpa olunan, tez-tez qeyri-mərkəzləşdirilmiş elektrik enerjisi istehsalının sürətli artımının şahidi oluruq ki, bu da karbonsizləşdirmə sahəsində məqsəd və siyasətlər və enerjidən istifadə xərclərinin kəskin azalması ilə əlaqədardır. Bununla yanaşı, ənənəvi, mərkəzləşdirilmiş və daha çevik generasiya imkanlarının azalması müşahidə olunur. Elektrik enerjisi bazarlarının mənzərəsinin dəyişməsinə təsir edən digər amil tələb və təklifi tarazlaşdırmaq üçün innovativ aşağı karbonlu həllərin mövcudluğudur.

Şəkil 3-də bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan Azərbaycan enerji təchizatı sistemi üçün landşaft enerji sistemində mümkün dəyişikliklərin təsviri göstərilir [13].

Marketmeyker kimi hökumətin əsas prinsipi alıcılar və satıcılar arasında rəqabət təzyiqi göstərməkdir. Məqsəd daha geniş siyasət məqsədlərinə nail olmaq üçün bazarların gücündən istifadə etməkdir. Yaxşı işlənmiş bazar prosesləri daha ənənəvi komanda-nəzarət yanaşmalarından gələn rəqabət məhdudiyyətlərindən qaça bilər. Bazarın dizaynında, nəzarətində və tətbiqində dövlətin rol oynadığı bazar mexanizmi eyni siyasət məqsədlərinə nail olmaqla mal və ya xidmətlərin effektiv təmin edilməsi üçün lazımi stimulları təmin etməlidir [14,15].

Azərbaycan son on ildə enerji sektorunda nəhəng addımlar atıb; elektrik enerjisi istehsalının gücü 7100 MVt-ı ötür və təxminən 40% genişlənir. Elektrik enerjisi istehsal gücünün yaxşılaşdırılmasının əsas səbəbi 2006-cı ildən 2015-ci ilə qədər 2,3 GVt-dan çox innovativ generasiya gücünün birləşdirilməsinə ciddi diqqət yetirməkdir. Azərbaycan RES-in dərin inkişafında bir sıra ölkələr, yerli və xarici təşkilatlar və maliyyə institutları ilə fəal tərəfdaşlıq edir [4,9]].

Azərbaycanın enerji sisteminin davamlılığı əlavə olaraq bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafından asılıdır. Məsələn, ölkə paylanmış bərpa olunan enerji sistemləri ilə birləşdirilən batareyaların təkmilləşdirilmiş istifadəsi vasitəsilə təchizatın təhlükəsizliyini yaxşılaşdırma bilər. Bundan əlavə, bərpa olunan enerjilər milli enerji tələbatının proqnozlaşdırılan artımını nəzərə almaqla ənənəvi mənbələrdən nisbətən daha qısa proqnozlaşdırılan uyğunlaşma müddətinə görə istehsal gücünün sürətlə yerləşdirilməsi üçün texniki həll yolu təqdim edir.

Hökumət 2020-ci ilə strateji baxışdan, 2025-ci ilə uzunmüddətli baxışdan və 2025-ci ildən sonrakı dövrə hədəf baxışdan ibarət “Kommunal xidmətlərin (elektrik və istilik enerjisi, su və qaz təchizatı) yaxşılaşdırılmasına dair Strateji Yol Xəritəsi haqqında” 1138 nömrəli Prezident fərmanı verib. Növbəti 5-10 il ərzində generasiya gücünü 1000 MVt artırmaq üçün nəzərdə tutulan investisiyadan əlavə kifayət qədər həcmdə elektrik enerjisi təchizatına investisiyalar qoyulacaqdır [16].

Enerji xidmətlərinə olan tələbatə təsir edən İqtisadi Enerji Səmərəliliyi və Bərpa Olunan Enerji Təşəbbüsləri müəyyən istehsal və ya xidmət səviyyəsi üçün tələb olunan enerji miqdarını azaltmaqla biznes və məişət istehlakçıları tərəfindən enerji istehlakı modellərini dəyişməyə meyllidir. Alternativ enerji sahəsində enerji səmərəliliyinə tələbatın artırılması təşəbbüsləri birbaşa xərclərə və qənaətə gətirib çıxardı. Təchizat yönümlü siyasətlər ümumiyyətlə RES-in inkişafı, hibrid isitmə və təmiz enerji transferini dəstəkləyir. Təchizat yönümlü təşəbbüslərin birbaşa təsiri təşəbbüs tərəfindən dəstəklənən xərclərdən, eləcə də yanacaq mübadiləsi vasitəsilə enerjiyə qənaət və enerji xərclərinə potensial qənaətdən irəli gəlir [17,18].

Dövlət proqramlarında RES-in tətbiqindən istifadənin iqtisadi səmərəliliyinə dair yekun qeydlər aşağıda verilmişdir:

- Azərbaycan ekoloji texnologiyaların istehsalı üçün xarici maliyyə və texniki yardım almalıdır;
- İqlim dəyişikliyi problemi nəzərə alınmaqla iqtisadiyyatın bütün sahələrində davamlı inkişaf tətbiq edilməlidir;

- Azərbaycanda qısa və uzunmüddətli dayanıqlı enerjinin inkişafı proqramları xarici enerji investorlarına milli enerji şirkətləri ilə sıx əməkdaşlıq imkanı yaratmalıdır;

- İqlim dəyişikliyinə uyğunlaşmaya investisiyaların dəstəklənməsi üçün beynəlxalq maliyyə ölkənin bərpa olunan enerji siyasətinə inteqrasiya edilməlidir.

Bu gün bir çox dövlətlər enerji strategiyalarına yenidən baxırlar, çünki onlar yaşıl enerji sektorunu inkişaf etdirməlidirlər. Belə dövlətlərdən biri də Azərbaycandır. Bu kontekstdə Azərbaycan hökuməti iqlimin davamlı inkişafına sərmayələrin təşviqi mexanizmini yaradan müxtəlif siyasət sənədləri hazırlamış və qəbul etmişdir. Azərbaycan Prezidenti İlham Əliyevin 2012-ci ildə təsdiq etdiyi “Azərbaycan 2020 Gələcəyə Baxış” konsepsiyasında iqlim dəyişikliyinə ölkənin sosial və iqtisadi həyatına mümkün təsirləri və bu məqsədlə siyasi tədbirlərin işlənilməsinin vacibliyi vurğulanır. Bu sənəddə həmçinin qeyd olunur ki, CO₂ miqdarı 2020-ci ildə müəyyən edilmiş İƏİT ölkələrinin standartlarına uyğun olmalıdır. “Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələrinin İnkişafı” sənədində 2020-ci ilədək istehlak olunan elektrik enerjisinin ümumi enerji istehlakında 9,7%-dən bərpa olunan enerji mənbələri ilə 20%-ə çatdırılması nəzərdə tutulur.

Bu sənədlər bir sıra bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafına kömək etmək üçün nəzərdə tutulub. Ölkədəki enerji mənbələri və yeni dövrdə hədəflər 2030-cu ilə qədər olan dövrü əhatə edir. Bu kontekstdə hazırda Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələri stansiyalarının səmərəli fəaliyyət göstərdiyi regionlar Pirallahı, Suraxanı, Sumqayıt, Naxçıvan, Oğuz, Ağcabədidir. Ancaq bərpa olunan enerji mənbələrindən söhbət edəndə Qarabağı xüsusi qeyd etmək lazımdır. Kiçik Qafqazın cənub-şərq hissəsində yerləşən bu əraziyə Cəbrayıl, Füzuli, Xocavənd, Ağdam, Xocalı, Tərtər, Şuşa, Xankəndi kimi rayonlar daxildir. Bu ərazinin relyefi əsasən dağlıqdır. Qarabağın geoloji quruluşu daxilində onları Kiçik Qafqazın ikinci dərəcəli tektonik elementlərindən ayıran Murovdağ və Ağdam antiklinoriumları və Torağayçay və Xocavənd sinklinoriumları yerləşir. Çay vadilərinin düzənliklərində və aşağı axarlarında antropogen çöküntülərə rast gəlinir.

Yanvarın orta temperaturu Qarabağın düzənlik və dağətəyi rayonlarında 2-0,5°C; hündür dağlarda -4; -13; İyulda isə müvafiq olaraq 25-26 və 15-14 dərəcə arasında dəyişir. Yaylalarda illik yağıntı 800-900 mm-dən çox olur. Bölgədə günəş işığının miqdarı da il boyu 2000-2400 saat təşkil edir.¹⁵ Murovdağ silsiləsinin yüksək zirvələri ilboyu bəzən qarlı olur. Rayonun əsas çayları Kür və onun qolları Tərtər, Xaçın, Qarqar; Araz və onun qolları, Köndelençay, Kuruçay, Gözlüçay və başqa kiçik çaylardan ibarətdir.

Yuxarıda deyilənlərdən də anlaşıldığı kimi, Qarabağ bölgəsi öz coğrafiyasına və təbiətinə görə alternativ enerji ehtiyatları ilə zəngindir. Lakin Qarabağ və ətraf rayonların Ermənistan tərəfindən işğalı ilə burada mövcud olan infrastruktur sistemi məhv edilib. Əslində buradakı 10 elektrik şəbəkəsində ümumi gücü 858,6 MVt olan 20 yarımstansiya (Şuşa, Xocalı, Xocavənd, Laçın, Güdəli, Cəbrayıl, Zəngilan, Füzuli, Kəlbəcər və Ağdam) olub. Məlumdur ki, bu bölgə hidroelektrik, günəş, külək və geotermal enerji ilə xüsusilə zəngindir. Bundan əlavə, Qarabağ Azərbaycanda yerli su ehtiyatlarının istehsal olunduğu əsas bölgələrdən biridir. Azərbaycanın yerli su ehtiyatlarının 25%-i, yəni ildə təxminən 2 milyard 560 milyon m³ bu sahədə hasil olunur.

Tərtər, Pazarçay (Bərgüşadçay), Hekəri çayları rayonun əsas çayları ilə birlikdə böyük su enerji potensialına malikdir. Bundan əlavə, bu rayonda üç böyük su elektrik stansiyası var. Bunlardan biri olan Tərtər Su Elektrik Stansiyası 1976-cı ildə Sərsəng bəndi ilə birlikdə Tərtərçayda tikilmişdir.¹⁶ Lakin 1993-cü ildən sonra işğal altında qalmışdır. Digər ikisi Xüdəfərin və Qız qalasıdır.

Azərbaycanın Cəbrayıl rayonunun Hüdafərin kəndindən 1 km şimal-qərbdə yerləşən Xüdəfərin su elektrik stansiyası layihəsi 1992-ci ildə Cəbrayıl rayonunun işğalı nəticəsində Ermənistanın nəzarəti altında qalmışdır. Ermənistan tərəfi İranla birlikdə bu layihənin icrasını davam etdirib. Araz çayı üzərində tikilmiş “Qız qalası” su elektrik stansiyası iki hissədən ibarətdir. Elektrik stansiyasının tikintisi İran tərəfindən davam etdirilir. Bu iki elektrik stansiyasının tikintisi və istifadəsi 2016-cı ildə Ermənistan və İran arasında imzalanmış müqavilə ilə tənzimlənir.

Bununla bağlı 2020-ci ilin oktyabrında Cəbrayıl rayonunun işğaldan azad edilməsi ilə bu elektrik stansiyalarına nəzarət Azərbaycan tərəfinə keçib. Bu kontekstdə İran İslam Respublikası ilə dövlət sərhədinin tam nəzarətə götürülməsi və Xüdaferin və Qız qalası hidroqovşaqlarında elektrik stansiyalarının tikintisinin başa çatdırılması bu bölgənin həm elektrik təchizatında, həm də suvarmada xüsusi rol oynayacaq. Günəş radiasiyasının miqdarına görə Qarabağın cənub hissəsi; Füzuli, Cəbrayıl, Zəngilan rayonları Naxçıvandan sonra ikinci yerdədir. Burada üfüqi səthin kvadrat metrinə düşən günəş radiasiyası ildə 1600-1700 kVt saat təşkil edir.

Bu ərazilərin ümumi günəş enerjisi potensialı 3000-4000 MVt-dır. Eyni zamanda, bu bölgə külək enerjisi potensialına da malikdir. Ermənistanla qonşu olan Kəlbəcər və Laçın rayonlarında küləyin orta illik sürəti 10 m/s-ə çatır. Ümumilikdə Qarabağın dağlıq rayonlarında külək enerjisi potensialının 500 meqavat olduğu qiymətləndirilir. Eyni zamanda Kəlbəcər rayonu ərazisində 3093 m³/gün, Şuşada isə 412 m³/gün termal su var. Bu istilik ehtiyatlarının işğaldan azad edildikdən sonra enerji məqsədləri üçün mümkün istifadəsi də gündəmdədir.

Qarabağ işğaldan azad edildikdən sonra Azərbaycan Prezidenti bu regionda bərpa olunan enerji resursları çərçivəsində yaşıl enerji strategiyasının tətbiqini gündəmə gətirib. Bu kontekstdə Energetika Nazirliyinin 2020-ci il dekabrın 9-da keçirdiyi sessiyada Dağlıq Qarabağın alternativ enerji potensialı müzakirə olunub. Energetika naziri Pərviz Şahbazovun sədrliyi ilə keçirilən iclasda Dağlıq Qarabağ və ətraf rayonlarda su elektrik enerjisi, günəş, külək, bioenerji və geotermal enerji kimi bərpa olunan enerji mənbələrinin dəqiq potensialının hesablanması istiqamətində araşdırmalar və atılacaq addımlar müzakirə olunub.

İclasda işğaldan azad edilmiş rayonlarda böyük bərpa olunan enerji potensialına malik rayonlara ayrı-ayrılıqda baxılıb, külək və günəş enerjisi potensialının dəqiq müəyyən edilməsi üçün bu rayonlarda ölçmə-müşahidə stansiyalarının yaradılması, o cümlədən texniki potensialın qiymətləndirilməsi ilə bağlı təkliflər verilib. imkanlar və iqtisadi səmərəlilik. Bundan əlavə, Kəlbəcər,

Laçın, Qubadlı, Zəngilan, Cəbrayıl və Füzuli rayonları yüksək günəş enerjisi potensialına malik ərazilər kimi müəyyən edilib.

Eyni zamanda vurğulanıb ki, Qarabağın dağlıq rayonlarında külək enerjisi potensialı 500 MVt-dan çox olsa da, bu potensiala malik olan ərazilərin əksəriyyəti Ermənistanla sərhəd rayonlarda yerləşir. Belə ki, belə böyük potensiala baxmayaraq, uyğun infrastrukturun olmaması səbəbindən bu ərazilərdə külək enerjisi istehsalının hazırda mümkün olmadığı vurğulanır. Eynilə, görüş zamanı Azərbaycanın yerli su ehtiyatlarının 25 faizinin Qarabağda istehsal olunduğu nəzərə alınaraq Tərtər, Basarçay, Hekəri kimi böyük çayların elektrik enerjisi istehsal potensialı müzakirə edilmiş və burada su elektrik enerjisi istehsalı məsələsi də dəyərləndirilmişdir.

Buradan da anlaşıldığı kimi, Qarabağ regionun yaşıl enerji zonasına çevrilməsi üçün hər cür potensial var. Bu səbəbdən Azərbaycan hökuməti bir çox beynəlxalq şirkətlərlə məsləhətləşərək regionda yaşıl enerji resurslarından faydalanmaq üçün pilot layihələrə başlamaq üçün strategiya hazırlayıb. Məsləhətləşmələr nəticəsində və Azərbaycan Prezidentinin qərarı ilə Qarabağın yaşıl zonaya çevrilməsi üçün Komissiya yaradılıb.

2021-ci ilin yanvar ayında Azərbaycan Energetika Nazirliyi prezidentinin qərarı ilə yaradılmış Komissiyanın “bərpa olunan enerji resurslarından istifadə sahəsində pilot layihələrin həyata keçirilməsinə dair” növbəti iclası keçirilib. Energetika naziri Pərviz Şahbazovun sədrliyi ilə keçirilən iclasda tərəflər quraşdırılmış gücü 240 MVt olan külək elektrik stansiyasının tikintisi üzrə pilot layihəni müzakirə ediblər.

Bundan sonra, 2021-ci il fevralın 15-də Azərbaycan Prezidentinin sərəncamı ilə Hekəri çayı üzərindəki 8 MW Güləbird Su Elektrik Stansiyasından keçdi. Bu stansiya 7000-ə yaxın əhalinin elektrik enerjisi ilə təmin olunmasında, Qubadlı rayonunun Xanlıq kəndinin, Laçın rayonunun cənub hissəsinin və rayonda həyata keçirilən digər infrastruktur layihələrinin elektrik enerjisi ilə təmin olunmasında mühüm rol oynayacaqdır. Günəş və külək elektrik stansiyalarının tikintisi üçün 7214

MVt və 2120 MVt gücü müəyyən edilmişdir və işlərə ən qısa zamanda başlanılması nəzərdə tutulmuşdur.

Atılan bu konkret addımlara paralel olaraq, Səudiyyə Ərəbistanının ACWA və Birləşmiş Ərəb Əmirliklərinin Masdar şirkəti ilə imzalanmış son investisiya sazişləri Bakının daxili günəş və külək enerjisi imkanlarını artırmaq üçün sərhəddən keçərək atdığı mühüm addımları əks etdirir. Bu çərçivədə Masdar şirkəti 200 MVt gücündə günəş elektrik stansiyasının tikintisi layihəsini, Acwa Power isə 240 MVt gücündə külək elektrik stansiyasının tikintisi layihəsini həyata keçirəcək. Beləliklə, Körfəz şirkətləri ilə imzalanan müqavilələr Azərbaycanın bərpa olunan enerji potensialını 440 MVt artırmaq məqsədi daşıyır ki, bu da o deməkdir ki, hər il təxminən 500 milyon kubmetr əlavə təbii qaz ixraca hazır olacaq.

Bütün bunlara əlavə olaraq, Qarabağ regionunu yaşıl enerji zonasına çevirmək üçün Yaponiyanın TEPCO şirkətinin iştirakı ilə “Yaşıl Enerji Zonası” adı altında ətraflı konsepsiya hazırlanmışdır. Tərəflər arasında keçirilən görüş çərçivəsində ərazinin inkişafı və məskunlaşma variantları üçün müxtəlif enerji tələbi və təchizatı ssenariləri qiymətləndirilib. Eyni zamanda, regionlarda su, günəş, külək, biokütlə, geotermal və digər bərpa olunan enerji potensialının tədqiqi, külək və günəş elektrik stansiyalarında və su anbarlarında mövcud ehtiyatlardan istifadə edilməsi, kiçik çaylarda su elektrik stansiyalarının tikintisi məsələsi də diqqətə çatdırılmışdır. gündəmə gətirildi.

Çünki günəş enerjisi baxımından xüsusilə Qarabağın Füzuli, Cəbrayıl, Zəngilan və Qubadlı rayonları, külək enerjisi baxımından isə Laçın və Kəlbəcər dağları potensial ərazilər kimi müşahidə edilir. Bu razılaşmalara paralel olaraq Qarabağın yaşıl enerji regionunun yaradılmasına töhfə verəcək daha bir layihə külək elektrik stansiyası ilə bağlıdır. Bu kontekstdə Laçın və Kəlbəcərdə gücü 100 MVt-a qədər olan külək elektrik stansiyalarının tikintisi xüsusi vurğulanmalıdır. Bu layihə üçün müəyyən edilmiş ərazilərdən əldə edilən məlumatlar əsasında hazırlanmış məlumat sorğusu sənədi artıq potensial investitorlara təqdim edilib.

Bundan əlavə, BP şirkəti ilə Azərbaycan hökuməti arasında günəş enerjisi stansiyasının tikintisi ilə bağlı razılıq əldə olunub. stansiya. Bu barədə Britaniyanın ABC Money xəbər agentliyinin dərc etdiyi “Azərbaycan Qarabağı bərpa olunan enerjinin mərkəzinə necə çevirir” başlıqlı xəbərdə yer alıb. Eyni zamanda xəbərlərdə vurğulanıb ki, bir çox beynəlxalq şirkətlər Azərbaycanda yaşıl enerji istehsalının artırılması proqramında iştirak etməkdə maraqlıdırlar.

“Yaşıl enerji” kimi tanınan strategiyanın həyata keçirilməsi bütün dünyada geniş vüsət alıb. Bu enerji strategiyasının Azərbaycanda uğurlu olması üçün ölkədə məişət təsərrüfatlarının elektrik şəbəkələrinə texniki qoşulmasının xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi, istifadə olunmamış enerjinin satışı mexanizminin işlənilib hazırlanması, kommersiya uçotunun aparılması kimi müəyyən hazırlıq işləri görülməlidir. Eyni zamanda, hər bir evin, yaşayış yerinin və ya sosial obyektin istifadə edə biləcəyi maksimum elektrik enerjisini hesablamaq da lazımdır. Bu baxımdan, yaşıl enerji resursları ilə zəngin region olan Dağlıq Qarabağın işğaldan azad edilməsi, ilk növbədə, ölkənin enerji istehsalı ehtiyatlarının şaxələndirilməsinə imkan verəcək.

Bərpa olunan enerjiyə keçid həm də atmosfərə atılan karbon emissiyalarının sayını azaldacaq və ekoloji dayanıqlığı təmin edəcək. Bundan əlavə, elektrik enerjisi istehsalının əsas mənbəyi olan təbii qaza qənaət etmək mümkün olacaq. Bu, ixrac imkanlarını genişləndirməklə ölkənin valyuta gəlirlərinin artmasına müsbət təsir göstərəcək. Bərpa olunan enerji mənbələri təbii qazın çıxarılmasının texniki cəhətdən mümkün olmadığı və ya iqtisadi cəhətdən səmərəsiz olduğu ərazilərin enerji tələbatını da ödəyə bilər. Bu kontekstdə Kəlbəcər və Laçın rayonlarının yüksək dağlıq relyefini nəzərə alsaq, bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə daha səmərəli olacaqdır.

Bundan əlavə, yaşıl enerji zonasının yaradılması məşğulluğun artırılmasına kömək edəcək. Azərbaycanın enerji sisteminin davamlılığı üçün bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı da zəruridir. Beləliklə, işğaldan azad edilmiş rayonlara yeni investisiyaların cəlb edilməsi və bərpa olunan enerji potensialından istifadə

Azərbaycanın yaşıl enerji sahəsində beynəlxalq səviyyədə tanınmasında mühüm rol oynayacaq.

Eynilə, Qarabağ bölgəsindəki su elektrik bəndlərinin regionda bərpa olunan enerji istehsalının böyük hissəsini təşkil edəcəyi gözlənilir. Bütün bunlara paralel olaraq, Qarabağ boyu bərpa olunan enerji layihələrinin həyata keçirilməsi Azərbaycanın qalıq yanacaq əsaslı elektrik enerjisindən asılılığını azaldacaq. Bu planlar həm də Bakının müharibə apararı Qarabağ torpaqlarını ağıllı şəhər və kəndlərə çevirmək planlarına uyğundur.

2.3. Zəngilanda Alternativ enerji qurğusunun layihəsi

Dünyada enerji ehtiyacı tədqiqatçıları bərpa olunan enerji mənbələri üzərində işləməyə sövq edir və bu məqsədlə günəş, külək, dalğa və su kimi təbii enerji mənbələri üzərində çoxlu tədqiqatlar aparılır [1].

2020-ci il sentyabrın 27-dən noyabrın 10-dək Azərbaycanla Ermənistan arasında 44 günlük müharibədən sonra Azərbaycanın nəzarətinə keçən Qarabağda 28 illik erməni işğalı zamanı şəhər və kəndlər, Füzuli, Cəbrayıl və “Xirosima Qafqaz” kimi təsvir edilən Ağdam şəhərləri əsasən dağıdılmışdır. Müharibədən sonrakı Qarabağın yenidən qurulması və inkişaf planları irəli sürülərkən gündəmə gələn əsas strategiyalardan biri də “ağıllı şəhər” konsepsiyasına keçidin proqnozlaşdırılması oldu. Bu çərçivədə, 2020-2022-ci illərdə Prezident İlham Əliyevin 27 fevral 2020-ci il tarixli Təşkilatı ilə hazırlanan Açıq Hökumətin Təşviqi Milli Fəaliyyət Planı, tədqiqat aparmaq və anlayışının həyata keçirilməsi üçün pilot layihələri müəyyən etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur Bununla bağlı “Ağıllı şəhər” və müvafiq qurumlar təyin edilib.

Ağıllı şəhər tədqiqatlarının yenidən başladığı və buna görə də layihələr haqqında ətraflı məlumat əldə etmək mümkün olmayan Qarabağda ağıllı şəhər və ağıllı kənd konsepsiyalarının həyata keçirilməsi üçün pilot layihələrin əsasları qoyulub. Ağdamlı şəhər konsepsiyasının ilk olaraq Ağdamda, ağıllı kənd

konsepsiyalarının isə Ağdam və Zəngilanda tətbiq olunacağı açıqlanıb və bu məqsədlə araşdırmalara başlanılıb. “26 oktyabr 2021-ci il tarixinə layihə çərçivəsində 110 hektardan çox sahədə tikinti işləri aparılır və 200 tam izolyasiya edilmiş ekoloji ev, 4 ikimərtəbəli qeyri-yaşayış binası, bir İnnovativ tikinti materiallarından istifadə etməklə 360 yerlik məktəb və 60 yerlik uşaq bağçası tikilir” (Azərbaycan Respublikasının Prezidenti, 2021-ci il).

Ağıllı şəhər layihəsi ilə yeni şəhər qurmaq asan olsa da, köhnə şəhərə ağıllı texnologiya gətirməkdən daha bahalıdır. Ağıllı şəhər texnologiyaları köhnə şəhərlərə uyğunlaşdırıla bilər. Ağıllı şəhər strategiyası əsasında yeni şəhərlər yaratmaq asan olsa da, bu üsul ağıllı texnologiyaların köhnə şəhərə uyğunlaşdırılmasından daha bahalı olacaq (Allam və Newman, 2018: 14).

Rəqəmsallaşma şəhərlərin ağıllı şəhərlərə çevrilməsində mühüm yer tutsa da, onun yaratdığı enerji ehtiyacı ağıllı şəhər layihəsinin səmərəlilik qabiliyyətinə təsir edə bilər (Gürsoy, 2019: 195).

Energetika Nazirliyinin məlumatına görə, Qarabağ 5 növ enerji potensialına malikdir: hidroenergetika, günəş enerjisi, külək enerjisi, geotermal enerji və kömür enerjisi. Azərbaycanın yerli su ehtiyatlarının təxminən 25%-i bu ərazidə yerləşir. Rayonun əsas çayları olan Tərtər, Pazarçay (Bərquşadçay), Həkəri və digər kiçik çaylar böyük hidroelektrik potensiala malikdir. Azərbaycanın işğal olunmuş ərazisində üç böyük su elektrik stansiyası var idi. Lakin onlar hazırda istifadə üçün mövcud deyil. Bu elektrik stansiyalarından biri də 1976-cı ildə Tərtərçayda Sərsəng su bəndi ilə tikilmiş “Tərtər” su elektrik stansiyasıdır. İkincisi, Ermənistanın işğalı nəticəsində Azərbaycanın nəzarətində olan, lakin İran tərəfindən tikintisi davam etdirilən “Xudafərin” su elektrik stansiyasıdır. Üçüncüsü, Azərbaycanla İran arasında 2016-cı ildə müqavilə imzalanmış “Qız qalası” SES-dir. 20 mVt-luq 2 hidroaqrəqatdan ibarət olması planlaşdırılan “Qız qalası” və 50 mVt-luq 2 hidroaqrəqatdan ibarət olması planlaşdırılan “Hüdafərin” SES-lərin tikintisi başa çatmaq üzrədir. 1993-cü ildən işğal altında olan “Tərtər” SES-ə gəldikdə isə, lazımı texniki xidmət göstərilmədiyi və istifadə olunan köhnə avadanlıqlar səbəbindən

onun texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və bərpa işlərinin aparılması (Dağlıq Qarabağın enerji potensialı) nəzərdə tutulub.

Energetika Nazirliyinin (2020) paylaşdığı məlumata görə, Qarabağın cənubunda yerləşən Füzuli, Cəb raylı və Zəngilan rayonları günəş radiasiyasına görə Naxçıvandan sonra ikinci yerdədir. “Burada üfüqi səthə düşən günəş radiasiyasının bir kvadratmetri ildə 1600-1700 kVt/saat təşkil edir. Bu ərazilərin ümumi günəş enerjisi potensialı 3000-4000 meqavattır. Qarabağın dağlıq hissəsində 100 metr yüksəklikdə küləyin illik orta sürəti 7-8 m/s olan geniş ərazilər mövcuddur. Ermənistanın sərhədyanı rayonlarında və Kəlbəcər və Laçın rayonlarında küləyin orta illik sürəti 10 m/s-ə çatır. Qarabağın dağlıq rayonlarında külək enerjisi potensialı 300-500 meqavat qiymətləndirilir...

Kəlbəcər rayonunda 3,093 m³/gün, Şuşada isə 412 m³/gün termal su mənbəyi var... 8,5 milyon ton kömür Tərtər rayonunun Çardaqlı kəndində ehtiyatlar” (Energetika Nazirliyinin 2020-ci ilin məlumatı). Bu cədvəl göstərir ki, ağıllı şəhər texnologiyalarının səmərəliliyi üçün tələb olunan enerji potensialı Qarabağda mövcuddur. Digər tərəfdən, ağıllı şəhər meyarlarını (ağıllı iqtisadiyyat, ağıllı cəmiyyət, ağıllı idarəetmə, ağıllı nəqliyyat, ağıllı mühit və ağıllı həyat keyfiyyəti) nəzərə alsaq, cəmiyyətin bütün təbəqələrinin ağıllı şəhər nəqliyyat vasitələrinə daxil ola bilməməsi baxımından mənfi amildir. layihənin səmərəliliyinin (Gürsoy, 2019: 196).

Enerji potensialının mövcudluğu, ondan səmərəli istifadə istiqamətində atılan addımlar, bürokratik əngəllərin aradan qaldırılması istiqamətində görülən işlər müsbət amillərdir. Digər tərəfdən, ağıllı cəmiyyətin mühüm bir hissəsi olan bölgə əhalisinin təhsil vəziyyəti və ağıllı şəhər proqramlarından istifadə imkanlarının qeyri-müəyyənliyi mənfi amillər kimi qəbul edilə bilər. Azərbaycanın Qarabağda ağıllı şəhər konsepsiyasını həyata keçirməsi Mora və Bolici (2017) tərəfindən müəyyən edilən mərhələlər prizmasından qiymətləndirildikdə layihənin inkişaf mərhələsində olduğu görünür. Çünki 2022-ci ilin iyul ayında dərc edilmiş 2022-2026-cı illərdə Azərbaycanın Sosial-İqtisadi İnkişaf Strategiyasına əsasən Rəqəmsal

İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi 2022-2023-cü illərdə “Ağıllı şəhər” və “Ağıllı kənd” konsepsiyası olan layihəni təsdiq üçün təqdim edib. aidiyyəti qurumlar və “Bir Xidmət olaraq Mobillik (“MaaS)” tətbiqi həyata keçirilməlidir. Bu çərçivədə 27 may 2022-ci il tarixində Zəngilanın Ağalı kəndində “Ağıllı kənd” layihəsinin birinci mərhələsinin açılış mərasimi keçirilib.

Planlaşdırılan məqsədə çatmaq üçün izləniləcək yollar və üsullar bir strategiya kimi müəyyən olunarsa, Qarabağda ağıllı şəhərin yaradılması üçün hədəflər və iradə ağıllı şəhərin bir parçası sayıla bilər. Bu kontekstdə ağıllı şəhərin yaradılması istiqamətindəki səylərin həyata keçirilməsi prosesi və potensialı əsasən bu strategiyaya əsaslanır. Bu çərçivədə yeni hüquqi tənzimləmələr hazırlanır və işçi qrupunun üzvləri müəyyən edilir. enə də hesab olunur ki, Qarabağda şəhərlər lazımı infrastruktur təmin olunarsa, inkişaf etdirilə bilər. Qarabağda ağıllı şəhər konsepsiyası üçün tövsiyələr:

- Ağıllı şəhər texnologiyalarını Qarabağa uyğunlaşdırmağa başlamazdan əvvəl enerji ehtiyaclarını ödəmək, enerji resurslarını dayanıqlı hala gətirmək və enerji resurslarından ətraf mühitin çirklənməsini minimuma endirəcək şəkildə istifadə etmək üçün lazımı infrastruktur yaradılmalıdır. Su elektrik stansiyaları istifadəyə hazır vəziyyətə gətirilməlidir. Bundan əlavə, külək və günəş enerjisi potensialından ən səmərəli şəkildə istifadə edilməlidir;

- Qarabağda dağılmış şəhərlərin tikintisi və şəhərsalma işləri ağıllı şəhər nəqliyyatını dəstəkləyəcək şəkildə aparılmalıdır;

- Ağıllı cəmiyyəti və ağıllı həyatı dəstəkləyəcək şəkildə vətəndaşlar məlumatlandırılmalı, təhsil müəssisələri yaradılmalı və sosial həmrəylik təmin edilməlidir;

- Türkiyədə də tətbiq olunan “Tik-İşlät-Təhvil” modeli həm iqtisadi inkişaf üçün zəruri olan iş yerlərinin yaradılması, həm də “ağıllı şəhər” layihələri üçün maliyyə tələblərini ödəmək və maliyyə təmin etmək məqsədilə tətbiq oluna bilər;

- Ağıllı infrastruktur və ekoloji cəhətdən təmiz təcrübələrlə turistik yerləri daha cəlbedici etmək olar;

- Ağillı şəhər hədəflərinə daha tez və daha səmərəli nail olmaq, bürokratik emal vaxtlarını minimuma endirmək və qurumlararası koordinasiyanı təmin etmək üçün Qarabağda Ağillı Şəhər İnstitutu yaradıla bilər.

Arximed burğu bütün məlum hidravlik maşınların ən qədim formalarından biridir və bu gün də istifadə olunur. Bu maşın Arximed tərəfindən icad edilmişdir. İstifadə edildiyi ilk dövrlərdə suyu aşağıdan yuxarıya qaldırmaq üçün nasos kimi istifadə olunurdusa, bu gün onun funksiyası turbin kimi dəyişdirilir [2].

Turbinlərin tarixinə nəzər saldıqda, Arximed burğunun turbin Arximed şneki kimi istifadəsi nisbətən yenidir. İlk Arximed vintli turbin son iyirmi ildə istifadəyə verilmişdir [3].

Arximed burğu turbin mayenin potensial enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən və müxtəlif ötürmə orqanları ilə elektrik enerjisi istehsal edən sistemdir. Bu sistem aşağı başlı hidroenerji mənbələri üçün hazırlanmışdır [4].

Arximed burğu bir və ya bir neçə spiral səthin (qanadların) silindr səthinə ortoqonal olaraq sarıldığı daxili silindrik valdan ibarətdir. Yaranan həndəsə silindrik bir yivdə yerləşdirilir. Yiv burğunun ətrafını əhatə edən boru ola bilər və ya o, şnekin yalnız aşağı yarısı ətrafında uzanan bir həndəsə malik ola bilər. Arximed qurğusu nasos kimi istifadə edildikdə, maye sisteminin uzunluğu boyunca aşağı ucundan yuxarı ucuna ötürülür. Arximed burğu turbini əks istiqamətdə işləyir: maye şnenin uzunluğu boyunca yuxarı səviyyədən aşağı səviyyəyə ötürülür.

Mayenin ötürülməsi prosesdəki buket həcmələrinin fırlanmasına səbəb olur, burğu bıçağının səthlərinə tətbiq olunan hidrostatik təzyiqlə burğu şaftında bir an yaranır və düşmə səviyyəsi azalır. Proses nəticəsində alınan mexaniki enerji generatoru burğu şaftından keçirərək elektrik enerjisi istehsal etmək üçün istifadə oluna bilər [5].

Arximed sisteminin üstünlüklərini aşağıdakı kimi sadalaya bilərik:

- Arximed burğu su canlılarına zərər vermir. C. D. McNabb və başqalarının 2003-cü ildə apardıqları “Yuvenil Chinook qızılbalığı və digər balıq növlərinin Kaliforniya ştatının Red Bluff şəhərində Arximed lifti və hidrostal nasosu ilə keçidi”

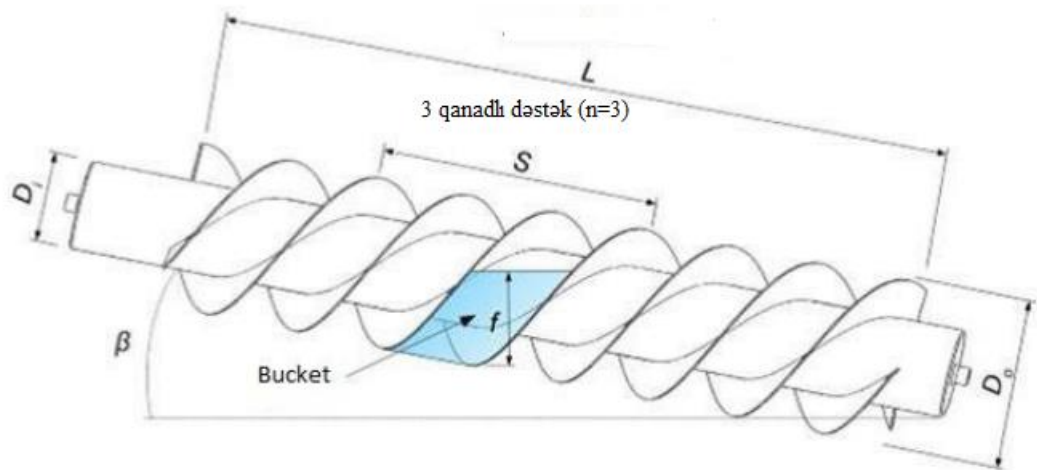
adlı araşdırmada Arximed şnek nasoslarının 2003-cü ildən çox insan üçün dolanışıq təmin etdiyi müşahidə edilmişdir.

- Onlar davamlı elektrik enerjisi istehsalında etibarlıdırlar. Layihə su axınının sürəti 80% azalsa və ya 20% artsa belə yüksək səmərəliliklə elektrik enerjisi istehsal etməyə davam edir.

- Quraşdırılarkən ənənəvi turbinlərlə müqayisədə daha az qazıntı və dəmir-beton konstruksiya tələb etdiyi üçün ətraf mühitin və tarixi fakturanın qorunmasına töhfə verir.

- Həyat xətti və balıq keçidi tələb etmir. O, suyu oksigenin miqdarına görə zənginləşdirir [7].

Arximed burgu sisteminin hərəkətli hissəsi Şəkil 3.3-də göstərilmişdir [8].



Şəkil 3.3. Arximed Auger Turbini

Xarici diametr (D_o), daxili diametr (D_d), addım (S), burğuların sayı (N), uzunluq (L)

Xarici diametr (D_o), daxili diametr (D_d), addım (S), burğuların sayı (N), uzunluq (L)

Windy və Bos Arximed nasosundan axın sürətini əldə etmək üçün sadə empirik tənlik təklif etdilər:

$$Q = k * n * D^3 [m^3 / s]$$

Burada: k vintin formasından asılı olan empirik əmsaldır, xarakterikdir: S/D , d/D və bucaq β , n fırlanma sürəti (rpm) və D xarici diametrdir (m).

Torres daxili radius və maillik bucağından asılı olaraq pervanenin bir dövrəsində qaldırılan suyun həcmi təyin etmək üçün kompüter proqramı hazırladı. Bundan o, hər vuruşda suyun həcmi maksimuma çatdıran optimal həndəsi parametrlər əldə edə bildi. Bununla belə, proqram vida və korpus arasındakı boşluqda baş verən itkiləri nəzərə almır. Pervaneler elektrik mühərrikləri ilə idarə olunur, onların ölçüsü iki əsas amildən asılıdır: axıdma axını və qaldırma hündürlüyü.

Boşaltma, dəyişən tezlikli ötürücülər və ya sürət qutusu sistemi vasitəsilə mühərrik sürətinə nəzarətin təkmilləşdirilməsi ilə idarə oluna bilər. Bu məqalə adi Arximed vintinin yeni inkişafını təhlil edir. Modifikasiya aşağı axın suyun səviyyəsindən asılı olaraq burgunun meylinin dəyişdirilməsini nəzərdə tutur ki, bu da aşağı axının səviyyəsinin dəyişkən olduğu tətbiqlərdə əhəmiyyətli enerji qənaətini təmin edir.

Arximed turbininin parametrləri sistemin səmərəliliyinə təsir göstərir. Tineke Saroinsong və digərləri tərəfindən 2016-cı ildə “Three Wing Archimedean Auger Turbine Performance” adlı araşdırmada turbin bucağından asılı olaraq turbinin səmərəlilik dəyərinin necə dəyişdiyi araşdırılmışdır. Tədqiqat nəticəsində maksimum səmərəlilik dəyəri 45° -də 89% olaraq əldə edilmişdir[9].

Arximed turbinindən su axını sürəti $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ -dən $10 \text{ m}^3/\text{s}$ -ə qədər və hündürlük fərqi 1 m-dən 10 m-ə qədər olan yerlərdə istifadə edilə bilər. Bu istifadə sahələrini aşağıdakı kimi sadalaya bilərik;

- Hündürlük fərqi imkan verdiyi kifayət qədər suyu olan bütün axar və çaylarda;
- Mövcud gölməçələrin və su elektrik generasiya qurğularının quyruq və həyat suyu çıxışlarında;
- Elektrik verilişi xətlərində və suvarma kanallarında;
- Təmizləyici qurğuların giriş və çıxış konstruksiyalarında;
- Yenidən baxılmasını tələb edən kiçik nəsil bitkilərin əvəzinə;
- Tərk edilmiş su dəyirmanlarının əvəzinə;

- Mövcud bəndlərdə;
- Zavodların sənaye su soyutma sistemlərinin çıxışlarında;

Arximed turbini ilə işləyən su elektrik stansiyası sisteminin inkişafı çərçivəsində həyata keçirilən Zəngilan rayonunda Arximed turbin sisteminin ölçü xüsusiyyətləri Cədvəl 3.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.1. Zəngilan Ağalı kənd Arximed Turbininin Layihə Parametrləri

Q (m ³ /s)	0,46
H (m)	4,7
n (rpm)	39,6
Do (m)	1,422
Di (m)	0,71
P (m)	1,422
β (°)	30
N	3
L (m)	9,4
Gap (mm)	10

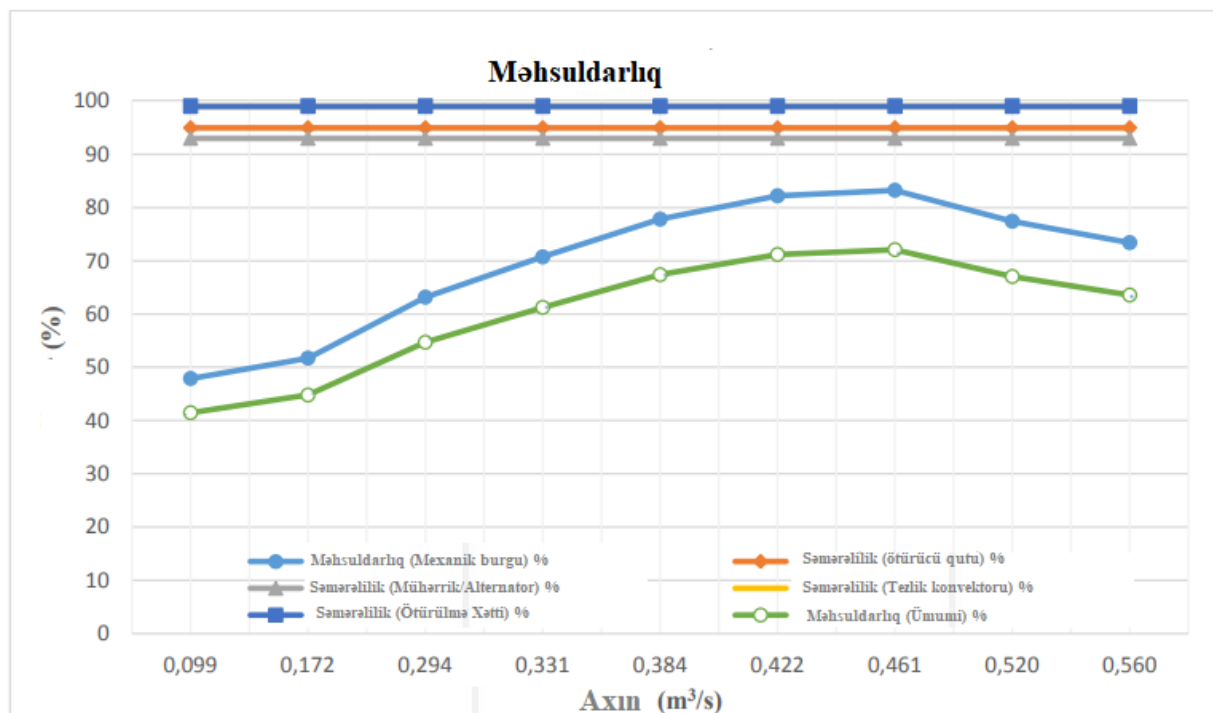
Cədvəl 3.1-də Q (m³/s) axın sürətinin qiyməti, H (m) aşağı qiyməti, n (rpm) sistemin fırlanma sürəti və Gap (mm) yiv və bıçaqlar arasındakı boşluğun miqdarını göstərir. Sapanca Kurtköy axınında quraşdırılmış Arximed burğu turbin sistemi Cədvəl 2.1-də göstərilən bu dəyərlərə riayət etməklə istehsal edilmişdir. Sınaqlarda su kanalının hündürlüyü (m) və suyun sürət qiymətləri (m/s) müəyyən edilmiş və kanalda su axını müəyyən edilmişdir. Su axınının sürətini təyin etmək üçün ultrasəs həcmli axın ölçən cihazdan istifadə edilmişdir. Sistemdə mümkün təhlükə zamanı suyun boşaldılması üçün nəzərdə tutulmuş şlüz örtüyü var.

Təcrübə zamanı suyun klapan sistemindən boşaldılması təmin edilərək turbina giriş axınının sürəti tənzimləndi. Sistemdə axın sürəti müəyyən edildikdən sonra güc hesablaması aparıldı və müəyyən edilmiş axın sürətində əldə edilə bilən maksimum güc dəyəri alındı. Zəngilan Ağalı kənd Arximed turbin sistemində, bütün turbin parametrlərini idarə edən Scada (Nəzarət Nəzarəti və Məlumat Alma) sistemi

mövcuddür. Hər bir axın sürəti dəyəri üçün turbin sistemi tərəfindən şəbəkəyə ötürülən güc dəyəri bu Scada köməyi ilə məlumdur.

Scada sistemindən alınan güc dəyəri ilə hesablanmış maksimum güc dəyəri arasındakı nisbət bizə turbin sisteminin ümumi səmərəlilik dəyərini verir. Sistemdə istifadə olunan sürət qutusu (səmərəlilik 95%), mühərrik alternatoru (93% səmərəlilik), tezlik çeviricisi (effektivlik 99%) və ötürmə xətti (effektivlik 99%) kimi hissələrin səmərəliliyi məlumdur. Bu dəyərlərdən istifadə etməklə burğu turbin sisteminin mexaniki səmərəliliyinə nail olunmuşdur. Bu qiymətə çatarkən sadə axın sürəti güc düsturlarından istifadə edilmişdir. Turbininin mexaniki səmərəlilik qiymətinin təyin edilməsində məqsəd ondan ibarətdir ki, hesablama mayesinin dinamikasının təhlilində alınan səmərəlilik qiyməti turbininin mexaniki səmərəlilik qiymətidir. Sistemdə test nəticəsi məlumatları və hesablama mayesinin dinamikası məlumatları bu dəyər üzərində müqayisə ediləcək.

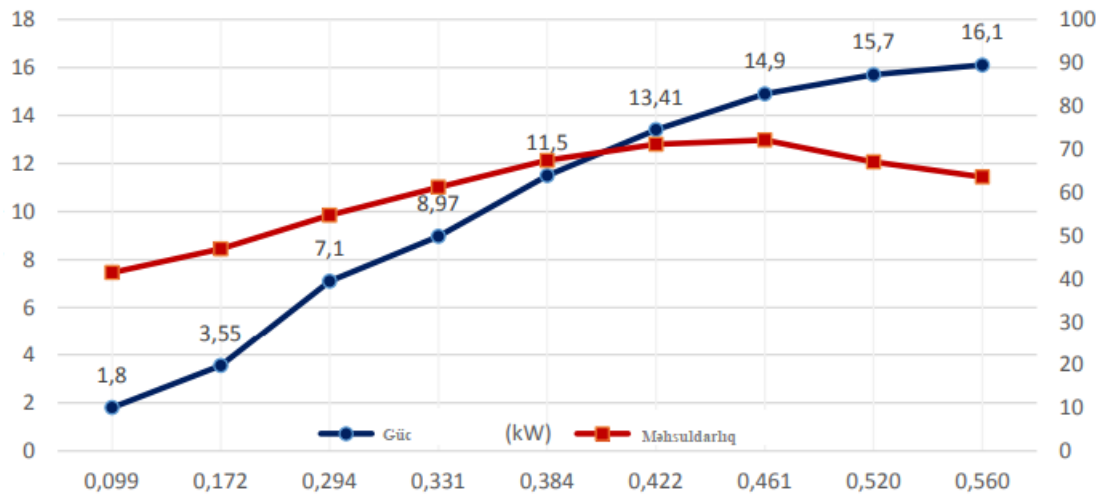
Bu nəticələr Şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.4. Axın sürətinin əlaqə qrafiki

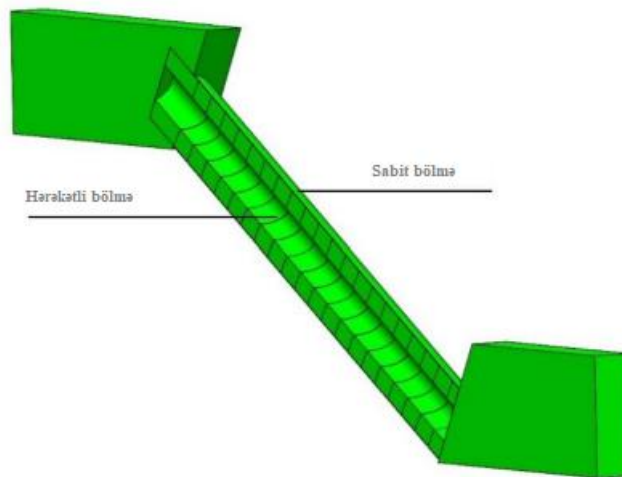
Şəkil 3.4-də burğu sistemində istifadə olunan sürət qutusu, tezlik konvektoru, ötürmə xətti, motor/alternator və burğu sisteminin səmərəlilik dəyərlərindəki dəyişikliklər dəyişən axın sürətinə qarşı göstərilir. Sürət qutusu, tezlik konvektoru,

ötürmə xətti və motor/alternator kimi hissələrin səmərəlilik dəyərləri dəyişən axın sürəti qarşısında sabit qalır.



Şəkil 3.5. Axın sürəti Güc Səmərəliliyi Əlaqələri Qrafiki

Şəkil 3.5-də turbin sisteminin eksperimental nəticələri nəticəsində alınan məlumatlar göstərilir. Burada istifadə olunan güc Arximed vida turbin sistemi Scada məlumatlarından götürülmüşdür. Qrafikdən görüldüyü kimi, axın sürətinin artması ilə güc dəyəri artarkən, səmərəlilik dəyəri 0,46 m³/s axın sürətinə qədər artdı və layihə axını sürətindən yuxarı axın dəyərlərində azalmağa başladı.



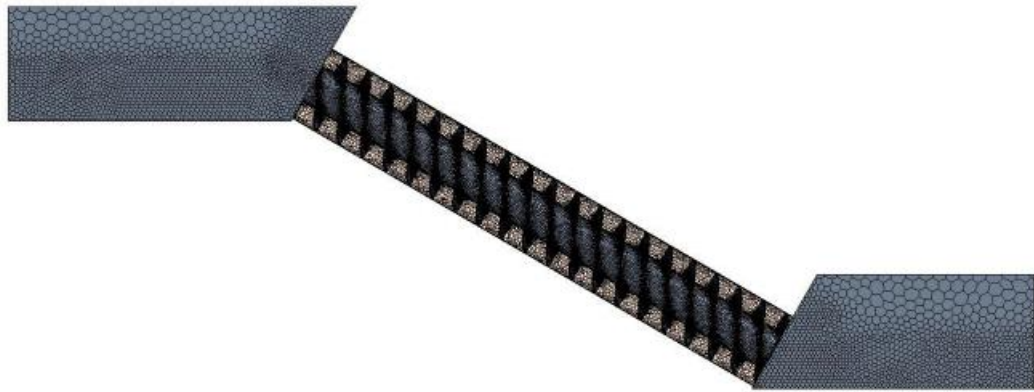
Şəkil 3.6. Axın həndəsəsinin kəsilmiş görünüşü

SolidWorks Arximed turbin sistemini çəkmək üçün istifadə edilmiş və hesablama maye dinamikası (CAD) analizini yerinə yetirmək üçün müvafiq proqramlardan istifadə edilmişdir. Aparılan araşdırmalar aşağıdakılardır; Axın həndəsəsinin yaradılması; Cədvəl 1-də verilmiş turbininin dizayn parametrləri,

ediləcək CFD (Hesablama Maye Dinamik) analizinə uyğun olaraq SolidWorks proqramından istifadə etməklə kompüter mühitində əks etdirilmişdir. Şəkil 3.6 CFD analizində istifadə olunacaq axın həndəsəsini göstərir. Axın həndəsəsi sabit və hərəkət edən iki ayrı cisim kimi modelləşdirilmişdir. Təhlil proqramında axın həndəsəsi üzrə həll şəbəkəsi yaradılmışdır.

Şəkil 3.7-də Arximed turbin sisteminin analiz proqramında yaradılmış şəbəkə təsviri paylaşılır. Fizika şərtlərinin təyini; Arximed sistemi zamandan asılı olaraq və 2 fazadan (su, hava) istifadə etməklə 3D-də modelləşdirilmişdir. Təhlil zamanı intensivliyin hər iki faza üçün sabit olduğu qəbul edilmişdir. Qravitasiya sürəti $9,81 \text{ m/s}^2$ olaraq qəbul edilir.

Təhlil zamanı 6 müxtəlif (0,92; 0,184; 0,276; 0,368; 0,46; 0,552) su sərfi sürətindən (m^3/s) istifadə edilmişdir. Sistemin çıxışı atmosfərə açıq hesab olunur. Hərəkət edən gövdəyə 39,6 (rpm) fırlanma sürəti əlavə edilib və sistem analiz zamanı real vaxt rejimində fırlandı.

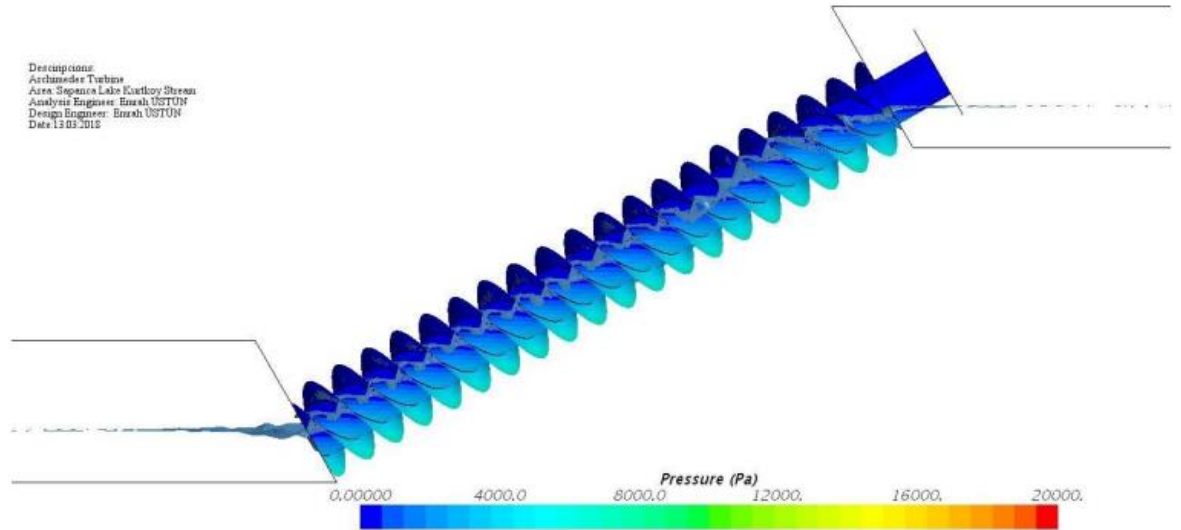


Şəkil 3.7. Şəbəkəyə ümumi baxış

Sistemdə zaman addımı 0,017 s olaraq seçilmiş və hər zaman addımı intervalında 10 təkrarlama edilmişdir. Sistemin yaxınlaşmasına görə müəyyən edilmiş vaxt addımına üstünlük verilir. Sistemdə yığılma olmadığı üçün sistemə daxil olan axının miqdarı sistemdən çıxan axının miqdarına bərabər olmalıdır. Analiz işlərində, fiziki vaxtda 60 saniyədə həll edilən analiz nəticəsində, giriş və çıxış axını sürətləri arasındakı fərq 1% səviyyəsindədir. Tədqiqatlarda bu səhv

dərəcəsinin məqbul səviyyədə olduğuna qərar verildi və hər bir axın sürəti dəyəri üçün 60 saniyə sonra analiz dayandırıldı və növbəti axın sürəti dəyəri keçdi.

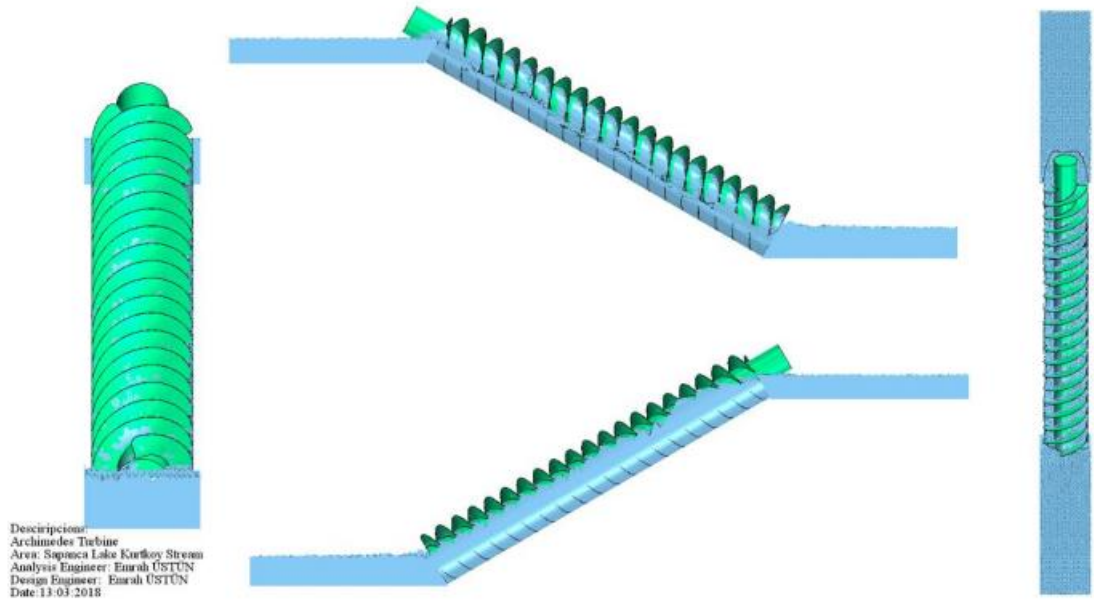
Aparılan analizlərdə analiz proqramının köməyi ilə hər bir axın dəyəri üçün sistemdən alınan su girişi, çıxış suyu axını və gücü, təzyiq dəyərləri aşkar edilmişdir. Bu nəticələr Cədvəl 2.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.8. Burnu Hərəkət Zonasında Təzyiq Şəkli

Şəkil 3.8-da, $0,552 \text{ m}^3/\text{s}$ su axını sürətində Archimed şnek turbin sisteminin hərəkətli hissəsində əmələ gələn təzyiq dəyərləri göstərilir. Sistemdəki ən yüksək axın sürəti dəyəri $0,552 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğundan, baş verəcək ən yüksək təzyiq dəyəri də bu axın sürətində baş verəcəkdir.

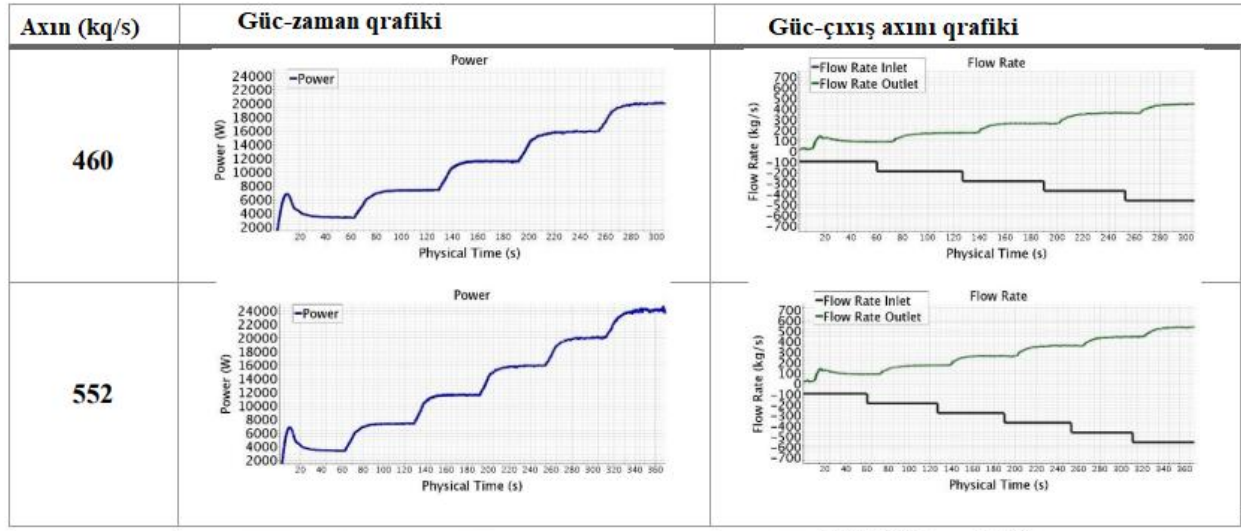
Cədvəl 3.2-də göstərilən qrafiklərdə sistemin hər 60 saniyədən bir axın sürətinin artmasına baxmayaraq baş verən güc dəyəri və giriş-çıxış axını sürəti göstərilir. Bu qiymətlər Cədvəl 3.3-də Zəngilan Ağalı kənd Stream Archimedean Auger Turbin məlumatları ilə müqayisə edilir.



Şəkil 2.9. Arximed Turbin Sisteminin Təhlili Şəkli

Cədvəl 3.2 Güc-Zaman Qrafik Qrafiki

Axın (kq/s)	Güc-zaman qrafiki	Güc-çixış axını qrafiki
92		
184		
276		
368		



Cədvəl 3.3. Analiz Nəticələri Cədvəli

Axın (kq/s)	Moment (Nm)	Güc (Analiz nəticəsi) (W)	Güc (Potensial) (W)	Məhsuldarlıq (%)	Möhkəmlik əmsalı (%)
92	794,496	3294,7	4241,844	77,67	20
184	1753,22	7270,46	8483,688	85,7	40
276	2765,54	11468,4	12725,532	90,12	60
368	3832,59	15893,4	16967,376	93,67	80
460	4815,72	19970,4	21209,22	94,16	100
552	5705,81	23661,5	25451,064	92,97	120

Təhlil nəticəsində əldə edilən fırlanma momenti, güc və səmərəlilik qiymətləri Cədvəl 3.3-də göstərilmişdir. Cədvəldə göstərilən doldurma dərəcəsi ifadəsi sistemin giriş axınının dizayn axımına nisbətidir.

Beləliklə tədqiqat nəticəsində əldə edilən məlumatlar eksperimental nəticələrlə müqayisə edilmişdir. Əldə edilən nəticələr aşağıdakı kimidir. Sistem fırlanan sistemdir və hər fırlanan sistemdə olduğu kimi bu sistemdə də fırlanmanın təsirindən sürtünmə (daşıyıcı) itkiləri olur. Burnun fırlanma sürəti (rpm) sistemdəki təcrübələr boyu sabit saxlandı. Nəticədə, aşağı axın sürətlərində sistemin istehsal etdiyi gücə qarşı meydana gələn sürtünmə itkiləri sistemdə səmərəliliyin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur. Bu itkilər sistemin axın sürəti artdıqda da mövcuddur, lakin istehsal olunan enerji dəyəri artdıqca səmərəlilik dəyərindəki

azalma miqdarı azalmıdır. Bütün bunlarla yanaşı, sistemdə proqnozlaşdırma bilmədiyimiz istehsaldan irəli gələn itkilər də var. Bu itkilər sistemdəki analiz nəticələrində əldə edilə bilmədiyimiz qiymətlər arasındadır. Bütün bunlara baxmayaraq, Arximed şneki turbin su elektrik stansiyalarında istifadə olunan adi turbinlərlə müqayisədə dizayn axınının 20%-dən 120%-ə qədər yüksək səmərəliliklə elektrik enerjisi istehsal edir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
___ kafedrası

Mehdili Ülvi Vasif oğlu

XƏZƏR DƏNİZİ ŞƏRAİTİNDƏ MOBİL KÜLƏK ENERGETİK
QURĞULARIN DİNAMİK ANALİZİ VƏ İNKİŞAFIN PERSPEKTİVLƏRİ
mövzusunda
MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Maşınların möhkəmliyi və dinamikası

Elmi rəhbər: T.e.n., dos. Eldar F. Axundov

BAKİ – 2024

III FƏSİL. XƏZƏR DƏNİZİ ŞƏRAİTİNDƏ MOBİL KÜLƏK ENERGETİK QURĞULARIN DİNAMİK ANALİZİ VƏ İNKİŞAFIN PERSPEKTİVLƏRİ

3.1. Xəzəryanı ölkələrin külək enerjisi potensialının qiymətləndirilməsi və gələcək perspektivlər

Son zamanlar bütün dünyada enerji resurslarının müxtəlif növlərindən kompleks istifadəyə, enerjinin çevrilməsi, toplanması və ötürülməsi üsullarının təkmilləşdirilməsinə, o cümlədən ekoloji cəhətdən təmiz, alternativ enerji mənbələrindən istifadə miqyasının artırılmasına böyük diqqət yetirilir. Külək enerjisi ehtiyatları praktiki olaraq tükənməzdir və ildə 1,58-1016 kVt/saat təşkil edir.

Bu gün dünya yanacaq-energetika kompleksində (YEK) qlobal transformasiya gedir. Bu əhəmiyyətli dəyişiklik alternativ enerji mənbələrinin artması, hidrogen enerjisinin inkişafı, eləcə də yanacaq-energetika kompleksində innovativ texnologiyaların tətbiqi ilə bağlıdır. Hazırkı şəraitdə neft və qaz ölkələri dekarbonizasiya prosesləri ilə bağlı problemlərlə üzləşiblər. Bu gün əsas məqsədlərdən biri neft-qaz kompleksinin ənənəvi enerji resurslarının tədricən bərpa olunan mənbələrlə əvəzlənməsi şərtlərinə uyğunlaşdırılmasıdır.

Əhəmiyyətli karbohidrogen ehtiyatlarına, eləcə də yaradılmış boru kəməri sisteminə malik olan Xəzər regionu ölkələri üçün bu, yanacaq-energetika sektorunun inkişafı üçün yeni enerji modelinin formalaşdırılması deməkdir. Xəzəryanı ölkələrin neft-qaz sənayesinin gələcək inkişafı ilə bağlı qlobal planlarının olduğunu nəzərə alaraq, buna baxmayaraq, onlar bərpa olunan enerji mənbələri (RES) sektorunu fəal şəkildə inkişaf etdirir və onun enerji balansında payını artırırırlar. Xəzər regionu ölkələrində bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafını ətraflı nəzərdən keçirməyə və onun potensialını qiymətləndirməyə dəyər.

Rusiya Xəzər regionunda 14,8 milyard ton neft və 37,4 trilyon kubmetr qiymətləndirilir. Eyni zamanda, Rusiya bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı sahəsində də əhəmiyyətli potensiala malikdir. Bu sektorun sabit inkişafı ilə ölkənin

enerji balansında bərpa olunan enerji mənbələrinin payı 25-30%-ə qədər arta bilər [12].

Rusiya Federasiyasının 2035-ci ilə qədər olan dövr üçün Enerji Strategiyasının bir hissəsi olaraq, karbohidrogen sektorunun fəal şəkildə inkişaf etdirilməsi və bərpa olunan enerji mənbələrinin payının artırılması planlaşdırılır. Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafının əsas istiqamətləri arasında günəş və külək enerjisini, həmçinin kiçik su elektrik enerjisini qeyd etmək lazımdır. Strategiya çərçivəsində ölkənin ucqar və əlçatmaz ərazilərinin enerji təchizatını təmin etmək üçün bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafına xüsusi diqqət yetirilir. Rusiyada bərpa olunan enerji sektorunun daha fəal inkişafına qanunvericilik bazasının təkmilləşdirilməsi, ixracın və milli bazarda “yaşıl” nəsil tələbinin stimullaşdırılması kömək edəcək.

Ümumilikdə elektrik enerjisi istehsalı ilə müqayisədə günəş enerjisindən istifadənin həcmi hələ böyük deyil. Buna baxmayaraq, son illərdə günəş generasiyasının artım sürətində artım müşahidə edilmişdir. [5].

Məsələn, 2020-ci ildə günəş elektrik stansiyalarından elektrik enerjisi istehsalı 1982 milyon kilovatsaat təşkil edib ki, bu da 2019-cu illə müqayisədə 52% çoxdur [10].

Bu gün ölkədə 1 QVt-dan çox günəş elektrik stansiyaları fəaliyyət göstərir və 2024-cü ilə qədər bu rəqəm 2 QVt-a yaxınlaşmalıdır.

Külək istehsalına gəlicə, gücün əhəmiyyətli dərəcədə artırılması planlaşdırılır. Qeyd etmək lazımdır ki, külək enerjisindən istifadə potensialı təxminən 1200 TVt təşkil edir. 2021-ci ilin əvvəlinə Rusiyanın külək elektrik stansiyalarında (SES) quraşdırılmış gücü 1505 MVt olan 794 blok fəaliyyət göstərirdi [14].

Ölkənin külək enerjisinin inkişafı üçün perspektivli ərazilər Rusiya Federasiyasının şimal və şərq sərhədləri, şelf əraziləri və Qara Azov dənizinin

sahilləridir. Rusiyada ən böyük külək təsərrüfatı 2020-ci ildə tikilmiş Adıgey külək stansiyasıdır. Adıgey külək təsərrüfatında 60 külək elektrik stansiyasının gücü hər biri 2,5 MVt, planlaşdırılan orta illik enerji istehsalı 354 milyon kVt/saat təşkil edir [1].

Alternativ enerjinin ayrıca inkişaf edən sahəsi kimi hidrogen enerjisinə xüsusi diqqət yetirilir. Hidrogenin əsas üstünlüyü istifadə olunduqda onun yüksək ekoloji təmizliyi, kumulyativ enerji effektinə malik olması, uzun məsafələrə daşınma imkanı və s. Hidrogen enerji, sənaye və nəqliyyatda perspektivli enerji daşıyıcısıdır. Hidrogen istehsalı həm bərpa olunan enerji mənbələrindən, həm də ənənəvi enerji mənbələrindən mümkündür. 2050-ci ilə qədər hidrogen istehlakının səviyyəsinin 75 milyon ton/il olan cari istehlakı nəzərə alsaq, 500 milyon ton/il olacağı proqnozlaşdırılır. Üstəlik, qlobal enerji balansında hidrogenin payı təxminən 18% olacaq.

Neft-qaz kompleksi mühüm karbohidrogen ehtiyatlarına (1 milyard ton neft və 2,5 trilyon kubmetr təbii qaz) əsaslanan Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafına xüsusi diqqət yetirilir. Bu gün ölkədə elektrik enerjisi istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrinin payı təqribən 18% təşkil edir və 2030-cu ilə qədər onun 30%-ə çatdırılması nəzərdə tutulur [7].

“Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafın milli prioritetləri” İnkişaf Konsepsiyası çərçivəsində bərpa olunan enerji mənbələri ölkə iqtisadiyyatının enerji inkişafı üçün yeni modeldir. Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı üçün böyük potensial var ki, bu da 27,7 min MVt-dan çoxdur ki, bu da gələcəkdə ildə 62,8 milyard kVt/saat elektrik enerjisi istehsal etməyə imkan verəcək. 23 040 MVt olan günəş enerjisi Azərbaycanda bərpa olunan enerji potensialının əsas payını təşkil edir. Külək enerjisi 3000 MVt, biokütlə 380 MVt, kiçik su elektrik enerjisi potensialı isə 520 MVt-dır.

Əvvəllər ölkənin karbonsuz enerji qarışığının çox hissəsini su elektrik enerjisi təşkil edirdi, lakin son illərdə günəş və külək enerjisinin inkişafı əhəmiyyətli

dərəcədə artmışdır. 2020-ci ildə Azərbaycanda elektrik enerjisi istehlakı 21,6 milyard kilovatsaat təşkil edib [16].

2025-ci ilə qədər enerji istehlakının təxminən 25-28 milyard kilovatsaat olacağı proqnozlaşdırılır. Qeyd etmək lazımdır ki, alternativ enerji sahəsində layihələrin aktiv inkişafı ilə Azərbaycan gələcəkdə həm bərpa olunan enerji mənbələri hesabına daxili enerji istehlakını təmin edə, həm də təmiz enerji ixrac edə biləcək. 2020-ci ilin sonuna Azərbaycanda 25,8 milyard kilovatsaat istehsal edilib. Su elektrik stansiyalarında 1 milyard 69,5 milyon kilovatsaat, külək elektrik stansiyalarında 96,1 milyon kilovatsaat, günəş stansiyalarında 46,9 milyon kilovatsaat, bərk məişət tullantılarının yandırılması zavodunda 200,6 milyon kilovatsaat elektrik enerjisi istehsal edilmişdir [2].

Qeyd edək ki, 2020-ci ildə Azərbaycanda alternativ enerji mənbələrinin elektrik enerjisi istehsalının ümumi həcmində payı 5,5 faiz təşkil edib.

Azərbaycanda alternativ enerjinin fəal inkişafı fəaliyyətin tənzimlənməsi və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin əlaqələndirilməsi sahəsində normativ-hüquqi bazanın əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirilməsini tələb edirdi. Dəyişikliklər əsasən şaquli inteqrasiya olunmuş şirkətlərin bölünməsi və özəl biznesin Azərbaycanın enerji sektoruna cəlb edilməsi yolu ilə rəqabətqabiliyyətli elektrik enerjisi bazarının yaradılması sahəsinə təsir edib.

İran İslam Respublikası dünyada təsdiqlənmiş təbii qaz ehtiyatlarına görə (32,1 trilyon kubmetr) ikinci, neft ehtiyatlarına görə (21,7 milyard ton) dördüncü yerdə olmaqla, dünyanın aparıcı karbohidrogen istehsalçıları və istehlakçılarından biridir [17].

İranın yanacaq-energetika kompleksi ölkə iqtisadiyyatının inkişafının əsasını təşkil edir. İstehsal olunan elektrik enerjisinin miqdarına görə İran İtaliya, İspaniya və Böyük Britaniya kimi ölkələri qabaqlayır. Son on ildə elektrik enerjisi istehsalının artımı demək olar ki, 41% təşkil edib. 2020-ci ildə istehsal olunmuş elektrik enerjisi

331,6 kilovatsaata yaxın olmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, nəhəng karbohidrogen ehtiyatlarına malik İran bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı üçün də böyük potensiala malikdir.

İranda 2025-ci ilə qədər inkişaf planı, Vizyon 2025 enerji resurslarının şaxələndirilməsini nəzərdə tutur. Alternativ enerjinin inkişafı üçün perspektivli sahələr günəş, su və bioenerjidir. İranın əlverişli coğrafi mövqeyi, ilk növbədə, potensialı 91 min TVt/saat həcmində qiymətləndirilən günəş enerjisinin aktiv inkişafına kömək edir. İran hökumətinin elan etdiyi vergi güzəştləri və fotovoltaiq sistemlər üçün güzəştli qiymətlər günəş enerjisinə özəl sərmayənin cəlb edilməsinə kömək etdi və bu, son nəticədə özəl sektorun günəş enerjisi istehsalına töhfəsini 2015-ci ildəki 8,7 MVt-dan 2021-ci ildə 433,1 MVt-a qədər artırdı [19].

Bundan əlavə, külək enerjisi əhəmiyyətli potensiala malikdir və 18.000 MVt-a bərabərdir. 2020-ci ildə 92,5 MVt gücündə külək elektrik stansiyası tikilib. Gücü 28,2 MVt olan başqa bir külək stansiyası da var. Qeyd edək ki, bu gün İranda külək turbinlərinin ümumi quraşdırılmış gücü 308,4 MVt təşkil edir (bərpa olunan enerji istehsalının payı 35%). İran da 200 TVt-saat potensiala malik bioenerjinin inkişafı üçün yaxşı imkanlara malikdir [18].

Bioenerji ehtiyatlarının alınması üçün əsas mənbələr kənd təsərrüfatı xammalı, məişət tullantıları və tullantı sularıdır. Bioenerji İranda bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı üçün effektiv istiqamətdir. Biokütlə ilə işləyən elektrik stansiyalarının ümumi quraşdırılmış gücü 10,6 MVt təşkil edir.

Hidroenergetikanın inkişafına gəlinə, quraqlıq və ya daşqınlar nəticəsində su elektrik stansiyalarının istifadəsinə mənfi təsir göstərməsinə baxmayaraq, su elektrik stansiyaları İranın inkişafında mühüm rol oynayır. Su elektrik potensialı 26 000 MVt qiymətləndirilir. 2020-ci ilin sonuna su elektrik stansiyalarında elektrik enerjisi istehsalı 2162 TVt/saat təşkil edib (ölkədə ümumi istehsal həcmının 6%-i).

Son illərdə bərpa olunan enerji siyasətlərinin təsiri ümumi quraşdırılmış gücü 876,7 MVt olan 5180 bərpa olunan enerji generatorunun tikintisinə səbəb olmuşdur.

İran nüvə enerjisinin inkişafı üçün iddialı planlar hazırlayır. 1974-cü ildə nüvə enerjisinin inkişafı planı qəbul edildi, lakin 1979-cu ildə İslam İnqilabı ilə əlaqədar nüvə proqramının həyata keçirilməsi dayandırıldı. Bundan sonra, artıq 1990-cı illərdə İran və Rusiya arasında nüvə enerjisinin inkişafı sahəsində əməkdaşlıq fəal şəkildə inkişaf etməyə başladı. 1992-ci ildə Buşehrə iki blokdan ibarət atom elektrik stansiyasının tikintisinə dair hökumətlərarası saziş imzalanıb. Lakin 2000-ci illərdə ABŞ və AI tərəfindən tətbiq edilən sanksiyalar İranda nüvə enerjisinin gələcək inkişafını çətinləşdirdi [20].

Hazırda ölkədə bir atom elektrik stansiyası fəaliyyət göstərir. Söhbət gücü 915 MVt olan Buşehr AES-dən gedir. Atom elektrik stansiyası 2011-ci ildə istifadəyə verilib. 2020-ci ildə Buşehr reaktoru 5,8 TW* elektrik enerjisi istehsal edib. 2013-cü ildə İranda növbəti 15 il ərzində nüvə enerjisinin inkişafı ilə bağlı planlar rəsmən açıqlandı. Yeni atom elektrik stansiyalarının Fars körfəzinin cənub sahillərində və Xəzər dənizinin şimal sahillərində yerləşdirilməsi planlaşdırılır. Buşehr AES-də yeni enerji bloklarının tikintisinə Rosatom Dövlət Korporasiyasının cəlb edilməsi planlaşdırılır [6].

Əhəmiyyətli karbohidrogen ehtiyatlarına (neft - 3,9 milyard ton; təbii qaz - 2,3 trilyon kubmetr) malik olan Qazaxıstanın da potensialı ildə təxminən 1 trilyon kVt/saat olan alternativ enerjinin inkişafı üçün əlverişli imkanlar vardır. 2020-ci ilin sonunda 109,2 TVt elektrik enerjisi istehsal edilib. Son altı ildə Qazaxıstanda quraşdırılmış bərpa olunan generasiya gücü 2014-cü ildəki 178 MVt-dan 2020-ci ildə 1635 MVt-a yüksəlib. 2025-ci ilə qədər Qazaxıstan ümumi elektrik enerjisi istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrinin payını 6%-ə çatdırmağı planlaşdırır [8].

Qeyd edək ki, son illər ölkədə günəş enerjisinin inkişafına maraq artıb. 2020-ci ilin sonunda günəş elektrik stansiyalarının ümumi quraşdırılmış gücü 839 MVt

təşkil edib. Bu gün Qazaxıstanda 891,6 MVt gücündə 42 günəş elektrik stansiyası var. Ümumiyyətlə, ölkədə innovativ texnoloji platforma əsasında həyata keçirilən günəş enerjisinin dinamik inkişafı müşahidə olunur.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafının günəş enerjisindən sonra ikinci ən güclü istiqaməti 1820 milyard kVt/saat potensiala malik külək enerjisidir [9]. Bu potensialı əsasən Qazaxıstanın qərb rayonları təmin edir. 2020-ci ildə ölkədə ümumi gücü 404,5 MVt olan 26 külək elektrik stansiyası fəaliyyət göstərir. Gələcəkdə gücü 292,2 MVt olan daha 12 külək elektrik stansiyasının istifadəyə verilməsi nəzərdə tutulur.

Qazaxıstanın cənub və şərq rayonlarının dağlıq ərazisi yüksək hidroenergetika potensialının yaradılmasına kömək edir. Bəzi iri su elektrik stansiyalarını vurğulamağa dəyər: Şulbinskaya, Bukhtarminskaya, Ust-Kamenoqorskaya, Kapshagaiskaya və Shardara. Ümumilikdə hazırda Qazaxıstanda gücü 224,6 MVt olan 37 su elektrik stansiyası var.

Türkmənistan üçün yanacaq-energetika kompleksində əsas rolu neft-qaz sektoru oynayır. Ölkə nəhəng sübut edilmiş təbii qaz ehtiyatlarına malikdir və dünyada dördüncü yerdədir. Daxili enerji istehlakının strukturunda qaz üstünlük təşkil edir, onun göstəricisi 80%, neft 20%, bərpa olunan enerji mənbələri və su elektrik enerjisi isə 0,5%-dən azdır.

Türkmənistan 110 milyard ton ekvivalent yanacağa malik olan alternativ enerjinin inkişafı üçün böyük potensiala malikdir. İldə [4]. Yüksək günəş aktivliyi Türkmənistanda günəş enerjisini inkişaf etdirməyə imkan verir. Külək enerjisinə gəlincə, gələcəkdə Xəzər sahillərində küləyin sürəti demək olar ki, sabit olan külək stansiyalarının tikintisi mümkündür.

Son 10 ildə elektrik enerjisi istehsalının həcmində artımı demək olar ki, 60% təşkil edib. 2020-ci ilə kimi ölkədə 26,6 TVt/saat istehsal edilib. Həmin ilin sonunda Türkmənistan 2030-cu ilə qədər olan dövr üçün ölkədə bərpa olunan enerji

mənbələrinin inkişafı üzrə Milli Strategiyanı təsdiq etdi və artıq 2021-ci ildə tədbirləri müəyyən edən “Bərpa olunan enerji mənbələri haqqında” Qanun qəbul edildi [11].

Türkmənistanda bərpa olunan enerji sektorunun inkişafının beynəlxalq əməkdaşlıq mexanizmləri nəzərə alınmaqla həyata keçiriləcəyi planlaşdırılır. Bu əməkdaşlıq çərçivəsində artıq Azərbaycan və Türkiyə ilə müqavilələr var. Hazırda ümumi gücü 4,3 MVt olan 11 elektrik stansiyasının tikintisini nəzərdə tutan nəhəng günəş və külək enerjisi layihəsi hazırlanır.

Rusiya, Azərbaycan, İran, Qazaxıstan və Türkmənistanda bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı potensialını təhlil edərək qeyd etmək lazımdır ki, Xəzər regionu ölkələrinin yanacaq-energetika kompleksi çox böyük resurs və texniki potensiala malikdir. Böyük miqdarda karbohidrogen ehtiyatlarına malik olan Rusiya üçün bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı mühüm strateji vəzifələrdən birinə çevrilir. Bərpa olunan enerji mənbələrinin ən perspektivli inkişafı günəş, külək və su enerjisidir. Rusiyada hidrogen enerjisinin inkişafına ayrıca və xüsusi diqqət yetirilir ki, bu da gələcəkdə Rusiyanın yanacaq-energetika kompleksi üçün enerji keçidinin əsas sürücüsü ola bilər.

İrimiqyaslı neft-qaz layihələrinin həyata keçirilməsində ciddi uğurlar qazanan Azərbaycan son illər alternativ enerji mənbələrini daha da inkişaf etdirir. Günəş və külək enerjisi bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı üçün ən böyük potensiala malikdir. Bərpa olunan enerji sənayesinin fəal inkişafına perspektivli layihələrin həyata keçirilməsi kömək edəcək. Həmçinin, Azərbaycanın bərpa olunan enerji mənbələri sahəsində siyasəti günəş və külək istehsalı layihələrinə özəl investisiyaların cəlb edilməsinə yönəlib. İrana gəlincə, hazırda ölkədə yeni enerji paradigmasının formalaşması prosesi gedir. İran rəhbərliyi enerji mənbələrinin şaxələndirilməsi vəzifəsini qoyub. İranın yaxın gələcəkdə karbohidrogen ehtiyatlarından asılılığını davam etdirəcəyini nəzərə alsaq, buna baxmayaraq, ölkədə bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı üçün yüksək potensial mövcuddur.

Azərbaycanın külək ehtiyatları haqqında müəyyən məlumat versə də (müvafiq olaraq Bakı, Gil-Gilçay, Maştağı, Bin və Sumqayıtda quraşdırılmış meteoroloji stansiyaların nümunəsindən istifadə etməklə), bu məlumatlardan istifadənin mümkünlüyünü birmənalı müəyyən etmək üçün kifayət deyil.

Qeyd edək ki, hələ ötən əsrin ortalarında adına Energetika İnstitutunda SSR külək kadastrı üzrə müəyyən işlər aparmış və küləyin sürətinin müxtəlif izodinamikası ilə (4 m/s-ə qədər və daha yüksək) Azərbaycan SSR-nin izodinamik xəritəsini tərtib etmişdir [7].

Bu xəritəyə əsasən, mərhələli dəqiqləşdirmə aparıldıqdan sonra respublikanın müxtəlif bölgələrində quraşdırılmış meteostansiyalar üç qrupda birləşdirilib. Birinci qrupa Abşeronda və Xəzər dənizinin dar sahil zolağı boyunca (Sumqayıt, Maştağı, Binə, Bakı, Puta, Ələt və Kültük adası) yerləşən meteostansiyalar daxildir.

Bu qrup şərti olaraq, həm aşağı gücdən (10 kVt-a qədər) istifadə edərək, praktiki külək istifadəsi üçün uyğun sürətlərdə küləklərin yüksək tezliyi ilə xarakterizə olunan A tipli (A zonası) tezlik paylanması olan meteoroloji stansiyalar qrupu adlanır.

İkinci qrupa Kür ovalığında (Ağstafa, Qazax, Tauz, Göyçay, Yevlax, Gəncə, Tərtər, Sabirabad, Salyan, Şirvan, Biləsuvar, Beyləqan, Şəmkir, Kazı-Məhəmməd, Astara, Lənkəran, Culfa, Lerik) quraşdırılmış meteostansiyalar daxildir. Gədəbəy və s.). Bu qrup şərti olaraq küləyin sürətinin təkrarlanması ilə xarakterizə olunan, küləyin praktiki istifadəsi üçün uyğun olan, aşağı gücdən (10 kVt-a qədər) istifadə edən B tipli tezlik paylanması olan meteoroloji stansiyalar qrupu adlanır. Əsasən elektrik və qeyri-elektrik enerjisi istehlakçılarının tələbatını ödəmək üçün nəzərdə tutulmuş enerjinin sonradan yığılması ilə sürət külək turbinləri. Və yüksək sürətli külək turbinlərindən istifadə edə bilmək üçün bu zonaya daxil olan hər bir sahə üçün yer səthindən külək çarxının optimal quraşdırma hündürlüyünü (WW) seçmək lazımdır.

Üçüncü qrupa (B zonası) respublikanın dağlıq və bəzi aran rayonlarında (Füzuli, Ağdam, Yardımlı, Daşkəsən, Xankəndi, Şuşa, Lerik, Zərdob, Cəbrayıl, Kəlbəcəri, Laçın, Zəngilan, Şahbuz, Quba, Şamaxı, İsmayıllı, Qəbələ, Oğuz, Şəki, Zaqatala, Bələkəni və Qax) daxildir.

Mart ayı Abşeron üçün ən güclü küləklər ayı kimi səciyyəvidir, lakin bəzi hallarda digər aylarda daha güclü küləklər müşahidə olunur: yanvar - Sumqayıtda, iyul - Bakıda, Puta, Şubanıda. Xəzər zonası küləyin intensivliyinin qış minimumları və yaz maksimumları, bəzən isə yayda ikinci maksimumun olması ilə xarakterizə olunur. Kür ovalığı yaz-yay dövründə küləyin sürətinin artması və qışa qədər intensivliyinin azalması ilə xarakterizə olunur. Bu, Gəncədə də müşahidə olunur, burada küləyin maksimum intensivliyi apreldə, minimum isə dekabrda olur.

Respublikanın şimal-qərbində yerləşən dağlıq rayonlarda (Qəbələ, Zaqatala, Qax, Bələkən, Oğuz, Quba və s.) külək rejimlərini sistemləşdirmək mümkün deyil, bir şərtlə ki, bu ərazilərdə ən güclü küləklər yay aylarında müşahidə olunur. Təbiətə anomol olan küləyin orta aylıq sürətində ən əhəmiyyətli tərəddüdlər Naxçıvan və Culfada müşahidə olunur. Bundan əlavə, cədvəldən görüldüyü kimi. 1, bəzi meteoroloji stansiyalar üçün hər üç zonada əsas minimumlar 20%-dən çoxdur. Bu onu göstərir ki, həmin meteostansiyalarda mövsümi küləyin sürətinin amplitudalarında böyük dalğalanmalar müşahidə olunur ki, bu da respublikanın bu rayonlarında külək enerjisindən mövsümi istehlakçıların tələbatını ödəmək üçün çox səmərəli istifadə edir.

Salyan şəhəri üçün küləyin orta illik sürəti 3,1 m/s təşkil edir və bu, ümumilikdə bütün rayon üçün xarakterik ola bilməz. Bu, Salyan meteoroloji stansiyasının şəhər daxilində yerləşməsi ilə əlaqədardır ki, bu da kölgəlik şəraitinə görə Qrineviçə görə 6-cı sinfə uyğundur. Kölgələmə şəraiti 5-ci sinifə uyğun olaraq təmin edilərsə və qanad 16 m hündürlükdə quraşdırılırsa, küləyin orta illik sürəti 4,1 m/s-ə qədər artır.

Oxşar vəziyyət Abşeron yarımadasında da müşahidə olunur. Əgər izodinamikaya görə bu yarımada (Bakının qərb hissəsində) küləyin orta illik sürəti 6-7 m/s təşkil edirsə, anemon tədqiqatları göstərir ki, sözügedən yarımadanın müəyyən nöqtələrində, xüsusən də zirvələrdə, təpələrdə, orta illik küləyin sürəti saniyədə 10 və ya daha çox metrə çatır. Böyük və Kiçik Qafqazın dağlıq rayonları (Quba, Xaçmaz, Şamaxı, İsmayıllı, Qəbələ, Oğuz, Şəki, Zaqatala, Bələkən, Kaxı və s.) və Talış (Masallı, Lerik, Astara, Lənkəran, Cəbrayıl və s.). Dağlıq Qarabağın yüksək dağlıq rayonlarında (Xankəndi, Şuşa, Laçın, Kəlbəcəri, Qubadlı, Zəngilan və s.) quraşdırılmış meteostansiyaların izodinamikasında da müəyyən uyğunsuzluqlar müşahidə olunur.

Reallıqdan bütün bu uyğunsuzluqlar yüksək dağlıq ərazilərdə yerləşən meteostansiyaların tədqiqatlarının nəticələrinin bütün ətraf ərazini təmsil edə bilməməsi ilə əlaqədardır. Burada heç bir xəyal kömək etməyəcək, çünki bir kənddə yerləşən və ağaclarla və binalarla əhatə olunmuş rütubətin kölgəsini nəzərə alsaq belə, küləyin sürətinin nə qədər olacağını müəyyən etmək hələ də çətindir. hava stansiyası. Uzunmüddətli anemetrik ölçmələr nəticəsində o da müəyyən edilmişdir ki, küləyin orta illik sürəti nə qədər yüksək olarsa, onun dəyişmə əmsalı bir o qədər aşağı olur.

Məsələn, A zonası üçün dəyişmə əmsalı 5,7 ilə 8% arasında dəyişirsə, B və C zonaları üçün onların dəyərləri müvafiq olaraq 11,8% və 31,1% -ə çatır. Yuxarıda göstərilən amillərlə yanaşı, onu da qeyd etmək lazımdır ki, respublikanın külək ehtiyatlarının ilk izodinamik xəritəsi tərtib edildikdən sonra Azərbaycanda əvvəlcə Mingəçevir, sonra isə (XX əsrin sonunda) Şəmkir su elektrik stansiyaları tikilmişdir., bu da respublikanın ətraf rayonlarında müşahidə olunan iqlim şəraitinin, o cümlədən külək rejiminin orta illik küləyin sürətinin, eləcə də onun iş sürətinin artması istiqamətində əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsinə səbəb olmuşdur.

Digər ənənəvi enerji resurslarından, xüsusən də maye və bərkdən fərqli olaraq, külək enerjisinin “çıxarılması” və nəqli üçün heç bir xərc yoxdur. Bununla belə, həm dənizdə, həm də quruda külək enerjisindən istifadə bəziləri ilə bağlıdırə

Layihələrin əhəmiyyətli bir hissəsi Avropada fəaliyyət göstərmişdir (demək olar ki, 409 layihə), hesablamalara görə, 2018-ci ildə şəbəkəyə cəmi 18 layihə əlavə edilmişdir. Ümumilikdə, əməliyyat layihələri 18,5 GVt gücü ilə müəyyən edilir və bu dəyər daha uyğun olduğu üçün Böyük Britaniya, Almaniya, Danimarka, Norveç və ya Portuqaliya kimi 11 ölkə tərəfindən dəstəklənir. Hal-hazırda birləşdirilən ən böyük külək turbinlərindən biri Haliade 150-6 MVt-dır (Merkur layihəsi, Almaniya), qeyd etmək lazımdır ki, hazırda tikilməkdə olan bəzi digər layihələrə müqayisə edilə bilən və ya daha yüksək güclə müəyyən edilmiş sistemlər daxil ola bilər [3] .

Xəzər dənizinin külək ehtiyatlarına gəlincə, bu aspektdə müəyyən araşdırmalar aparılır. Amirinia və digərlərinin tədqiqatında cənub bölgəsi ilə əlaqəli külək və dalğa ehtiyatlarının paylanması qiymətləndirilmişdir. Müxtəlif verilənlər bazalarını (yerində ölçmələr daxil olmaqla) və 3 MVt gücündə külək turbininin xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, bu regionun şərq hissəsində daha perspektivli nəticələrin əldə olunduğu aşkar edilmişdir. Rusu və Oneada bu bölgədən gələn külək və dalğa rejimi də qiymətləndirilmiş, küləyin orta sürəti 6 m/s (80 m hündürlükdə) olmaqla, mərkəz və şimal rayonlarında daha enerjili şərait müşahidə edilmişdir. Bundan əlavə, Xəzər dənizinin batimetrik xəritəsinin müşahidələri göstərir ki, bütün şimal ərazisi daha az su dərinliyi ilə müəyyən edilir və bu, külək layihələrinin inkişafı üçün çox əlverişlidir.

Onea və Rusuda Qara və Xəzər dənizlərinin sahilələri ərazilərində işləyə bilən bəzi külək turbinlərinin performansları müzakirə edilmişdir. Turbinlər 80 m iş qovşağı hündürlüyündə bildirildi, xüsusi sistemlərin güc çıxışı isə 0,5 Betz əmsalı ilə qiymətləndirildi. Bu sadələşdirmələri tətbiq etməklə, görünür ki, bəzi külək turbinlərinin performansları həddən artıq qiymətləndirilib və nəticədə tutum

əmsalları 20-40% arasında olan adi tutum əmsalı qiymətləri ilə müqayisədə 70% olub. Bu əsərdə vurğulanan mühüm cəhət külək şəraitinin gündüz və gecə dalğalanmaları ilə bağlıdır.

Kərimov və digərləri külək ehtiyatlarının uzunmüddətli paylanmasını təhlil etmiş, həmçinin bəzi uyğun yerlər təklif etmiş və bəzi külək generatorlarını elektrik şəbəkəsinə birləşdirmək üçün tələb olunan əlaqəli xərcləri qiymətləndirmişdir. Bu nəticələrə əsasən dəniz külək layihəsini həyata keçirmək üçün ən yaxşı yerlərdən biri Abşeron yarımadasının (Azərbaycan) şimal hissəsində yerləşir. Burada uyğun bir əlaqə şəbəkəsi də müəyyən edilmişdir. Baxmayaraq ki, bu bölgə mülayim şəraitlə müəyyən edilən qapalı dənizdir, xüsusən də külək dalğasının hibrid yanaşmalarını nəzərə alaraq, bu mühitdə kommersiya dalğası təsərrüfatının həyat qabiliyyətini müzakirə edən yerli dalğa resurslarına yönəlmiş bəzi tədqiqatlar mövcuddur.

Digər tərəfdən, hamıya məlumdur ki, Xəzər dənizi regionu mühüm neft ehtiyatları ilə müəyyən edilir və ona görə də, hazırda bərpa olunan enerji layihəsinə maraq o qədər də yüksək deyil. Buna baxmayaraq, bu regionda neftlə çirklənmə ilə bağlı problemlərin olduğunu nəzərə alsaq, müəyyən dəyişikliklərin olacağı gözlənilir.

Beləliklə, hazırda Azərbaycanın sahiləni ərazilərində bu ölkənin mövcud külək gücünü (66,7 MVt) əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq 200 MVt-lıq dəniz külək stansiyasının inkişafı planları var. Layihənin 392 milyon avroya başa gələcəyi təxmin edilir. Bu, bu ərazi üçün təklif olunan çoxsaylı külək parklarından biridir və daha çox paytaxt Bakıya yaxın ərazidə inkişaf etdiriləcək [22 , 23].

Bu gün Azərbaycanda istilik istehsalı üstünlük təşkil edən, yerli ehtiyatlardan hasil edilən təbii qazla yanacaqda işləyən elektrik enerjisi sistemi mövcuddur. Xoşbəxtlikdən, ölkə həm də əsas tələb mərkəzlərinin yanında yerləşən dünya səviyyəli dəniz külək potensialı da daxil olmaqla güclü bərpa olunan enerji resurslarına malikdir. Bu enerji potensialından istifadə Azərbaycan üçün bir neçə istiqamətdə imkanlar təklif edir:

■ Dekarbonizasiya. Azərbaycanın elektrik sistemi uzunmüddətli perspektivdə elektrik enerjisi, nəqliyyat, sənaye və istilik sistemini əhatə edən karbonsuzlaşdırılmış enerji sisteminə çevrilməlidir. Belə bir sistemin bərpa olunan mənbələrdən əldə edilən geniş miqyaslı elektrik enerjisi və zaman keçdikcə azalan təbii qaz üzərində qurulması lazımdır. Hidrogen həmçinin nəqliyyat və sənaye istiliyinin bəzi aspektləri üçün enerji vektoru və saxlama rolunu oynaya bilər.

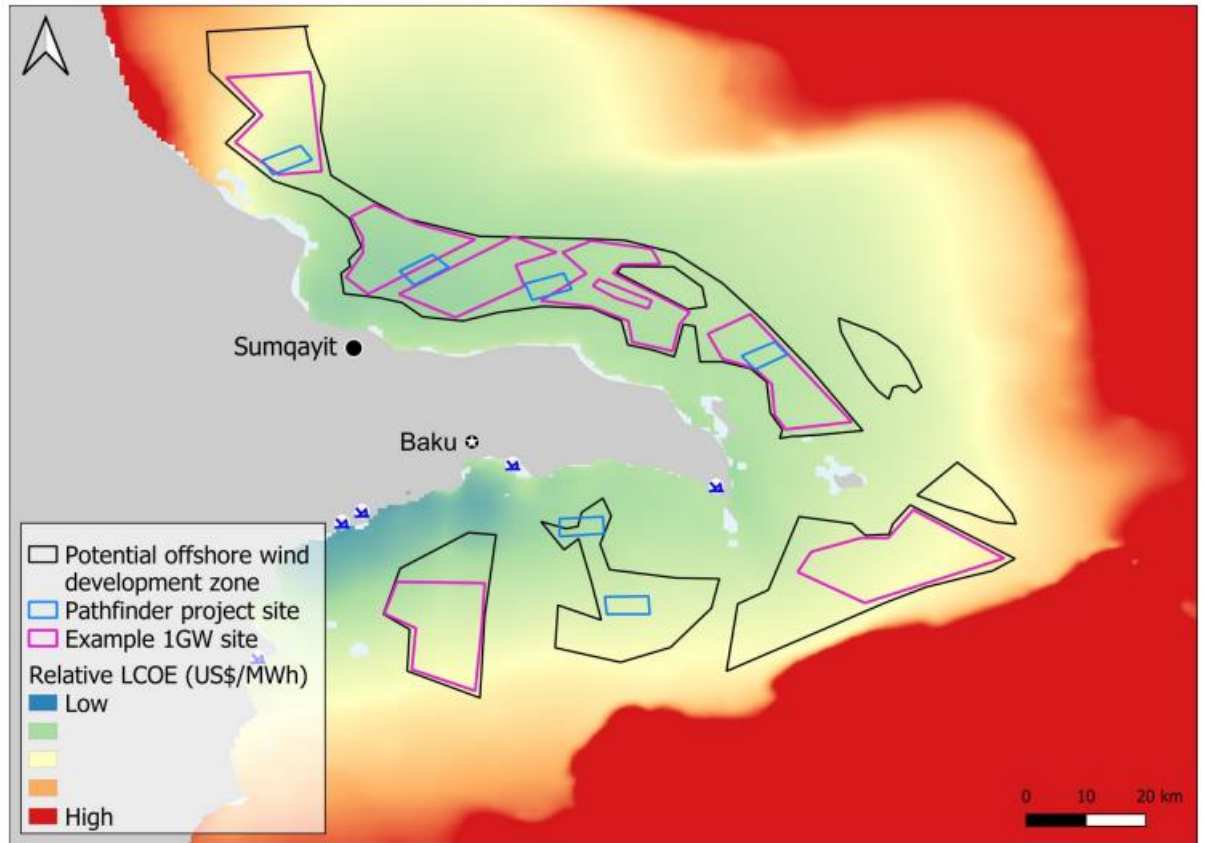
■ İxrac potensialı. Əgər miqyasda inkişaf etdirilərsə, dəniz küləyi Azərbaycana həm elektrik enerjisi, həm də təbii qaz ixracını artırmaq imkanı yaradır (çünki yerli elektrik enerjisi istehsalı üçün qazın milli istehlakının azalması səbəbindən ixrac üçün daha çox qaz əldə edilir). O, həmçinin Azərbaycanın global bazarda rəqabətqabiliyyətli qiymətlərlə yaşıl hidrogen istehsal edə biləcəyini nəzərə alaraq, hidrogen ixracı üçün uzunmüddətli imkanlar təklif edə bilər.

■ Sənaye keçidi. Dəniz küləyinin inkişafı Azərbaycan üçün mövcud neft və qaz işçi qüvvəsinin əhəmiyyətli hissəsini təmiz enerjiyə keçmək üçün bir fürsətdir. Bu keçid təkcə külək stansiyalarının birbaşa tikintisini deyil, həm də əlaqəli infrastrukturun (məsələn, limanlar və gəmilər) və istehsalın (məsələn, qüllələr və təməllər) inkişafını əhatə edəcəkdir. Bu işçi qüvvəsinin şaxələndirilməsi ixtisaslı, uzunmüddətli iş yerlərinin saxlanmasına kömək edəcək.

Dünya Bankı daha əvvəl Azərbaycanın OSW texniki resursunu ekoloji və sosial mülahizələr istisna olmaqla, dayaz sulara (sabit özüllər üçün) 35 GVt və dərin sulara (üzən özüllər üçün) 122 GVt səviyyəsində qiymətləndirmişdir. Bu yol xəritəsinin təhlili əvvəlki resursların qiymətləndirilməsinə əsaslanır və daha az arzuolunan sahələri aradan qaldırmaq və diqqəti ən əlverişli dəniz külək zonalarına yönəltmək üçün biomüxtəlifliyin, sosial və texniki məhdudiyyətlərin yüksək səviyyəli qiymətləndirmələrindən istifadə edir (bax Şəkil 3.1).

Bu, ilkin təxmindən resurs potensialının miqdarını azaldıb; lakin potensial inkişaf zonaları hələ də ölkənin enerji tələbatından dəfələrlə böyük olan resurs potensialını təmin edir. Məsələn, Şəkil 3.1 göstərir ki, Azərbaycan sahilə nisbətən

10 və 40 metr arasında dayaz sulara sabit təməl layihələrindən istifadə etməklə bu yol xəritəsində təklif olunan bütün ƏSQ gücünü (hər biri 1 QVt olan yeddi blokda) inkişaf etdirə bilər. Bu yol xəritəsindəki təhlillər göstərir ki, ən aşağı LCOE Abşeron yarımadasının şimalındakı ərazilərdə olacaq.



Şəkil 3.1. Azərbaycanın dəniz külək potensialının xəritəsi və əlaqəli inkişaf zonalarının müəyyənləndirilməsi

Bu yol xəritəsinin əsasını təşkil edən təhlil Azərbaycanın alternativ enerji sənayesi üçün iki mümkün ssenariyə əsaslanır. Elektrik enerjisi istehsalı, iqtisadiyyat və emissiyaların əsas göstəriciləri nəzərə alınmaqla iki ssenarinin əsas təsirləri Şəkil 3.2-də ümumiləşdirilmişdir. 2040-cı ilə qədər məcmu quraşdırma gücü Şəkil ES.3-də hər iki ssenari üçün göstərilmişdir.

■ Aşağı artım. Bu ssenari 1,5 GVt sabit təməl gücü və 2040-cı ilə qədər dekarbonizasiya yolu ilə Azərbaycanın elektrik enerjisinə olan tələbatının 7%-ni təmin etməklə nəticələnən enerji istehsalının mülayim genişlənməsini nəzərdə tutur.

■ Enerji istehsalı gücünün artırılması Abşeron yarımadasının şimalında təxminən 200 MVt gücündə layihə ilə başlaya bilər ki, bu da Azərbaycanın unikal logistik problemlərinin öhdəsindən gəlməyə kömək edəcək və həmçinin yerli təchizat zəncirinin erkən inkişafının başlanmasına kömək edəcək. Sonrakı tikinti yarımadasının ətrafında iki sabit təməl layihəsi vasitəsilə həyata keçiriləcək. Bu ssenaridə elektrik enerjisinin ötürülməsi şəbəkəsində tələb olunan dəyişikliklər cüzi olacaq.

Komponentlərin istehsalı və tikintiyə dəstək üçün Bos Shelf və Bakı Gəmiqayırma Zavodlarında da kiçik təkmilləşdirmələrə ehtiyac olacaq. Aşağı artım ssenarisi Azərbaycana daha geniş enerji sektorunda minimum pozulma ilə OSW bazarına başlamağa və 2030-cu ilə qədər bərpa olunan enerji quraşdırma hədəflərinə çatmağa imkan verir və onu daha yüksək gələcək hədəflərə çatmaq üçün yola salır. Bununla belə, aşağı artım ssenarisinin daha kiçik miqyaslı olması səbəbindən, iş yerləri yaratmaq, iqtisadi dəyər yaratmaq, xərcləri azaltmaq və geniş miqyaslı dekarbonizasiyaya töhfə vermək üçün yüksək artım ssenarisindən daha az imkan təklif edir.

■ Yüksək artım. Bu ssenari 7,2 GVt sabit təməl gücü və küləyi ilə 2040-cı ilə qədər dekarbonizasiya yolu ilə Azərbaycanın elektrik enerjisində olan tələbatının 37%-ni təmin edən ƏSQ-nin əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsini nəzərdə tutur. Yüksək artım ssenarisi yalnız o halda realdır ki, Azərbaycan onun istilik və nəqliyyat tələbatının əhəmiyyətli hissəsinin karbonsızlaşdığı gələcək yolla gedir; hidrogen enerji vektoru kimi daxil edilir; təkmilləşdirilmiş ötürmə şəbəkəsi təkmilləşdirilmiş göndərmə və tələb tərəfinin idarə edilməsi imkanlarına imkan verir; və qonşu elektrik enerjisi bazarları ilə (məsələn, Aİ və Türkiyə) qarşılıqlı əlaqə gücləndirilərək, sıfır karbonlu elektrik enerjisinin əhəmiyyətli ixracına imkan verir.

Bu ssenariyə əsasən, daha böyük yerli bazar +50% yerli məzmun potensialı (qüllələr, təməllər və yarımstansiyalar daxil olmaqla) ilə güclü yerli təchizat zəncirinə investisiya və optimallaşdırma imkanı verir. Eyni zamanda, daha yüksək

artım mənfi ekoloji və sosial təsir riskinin daha yüksək olması deməkdir. Bu, mütənasib dəniz məkan planının və ekoloji və sosial qanunvericilik üçün çərçivənin, eləcə də yaxşı beynəlxalq sənaye təcrübəsinə (GIIP) uyğunlaşdırılmış icazə prosesinin hazırlanması ehtiyacına daha böyük əhəmiyyət verir.

Nəzərə alaq ki, bu tələb artımı bu hesabatda kontur şəklində modelləşdirilib, lakin həyata keçirilməsinin mümkünlüyünü və yollarını tam müəyyən etmək üçün əlavə təfərrüatlı araşdırma tələb olunur. Qurulmuş və inkişaf etməkdə olan qlobal dəniz külək bazarları kontekstində hər iki ssenari nisbətən təvazökar bazar imkanlarını təmsil edir. Hər iki ssenari oxşar imkan verən fəaliyyətləri tələb edir, lakin yüksək artım ssenarisi altında, daha əvvəlki fəaliyyət tələbi ilə daha iddialı bir baxış qurulur.

Qlobal miqyasda həm daxili, həm də ixrac bazarları üçün yaşıl hidrogen istehsalı üçün dəniz küləyinin potensial roluna böyük maraq var. Bu yol xəritəsi bu potensialı Azərbaycan kontekstində yüksək səviyyədə qiymətləndirdi:

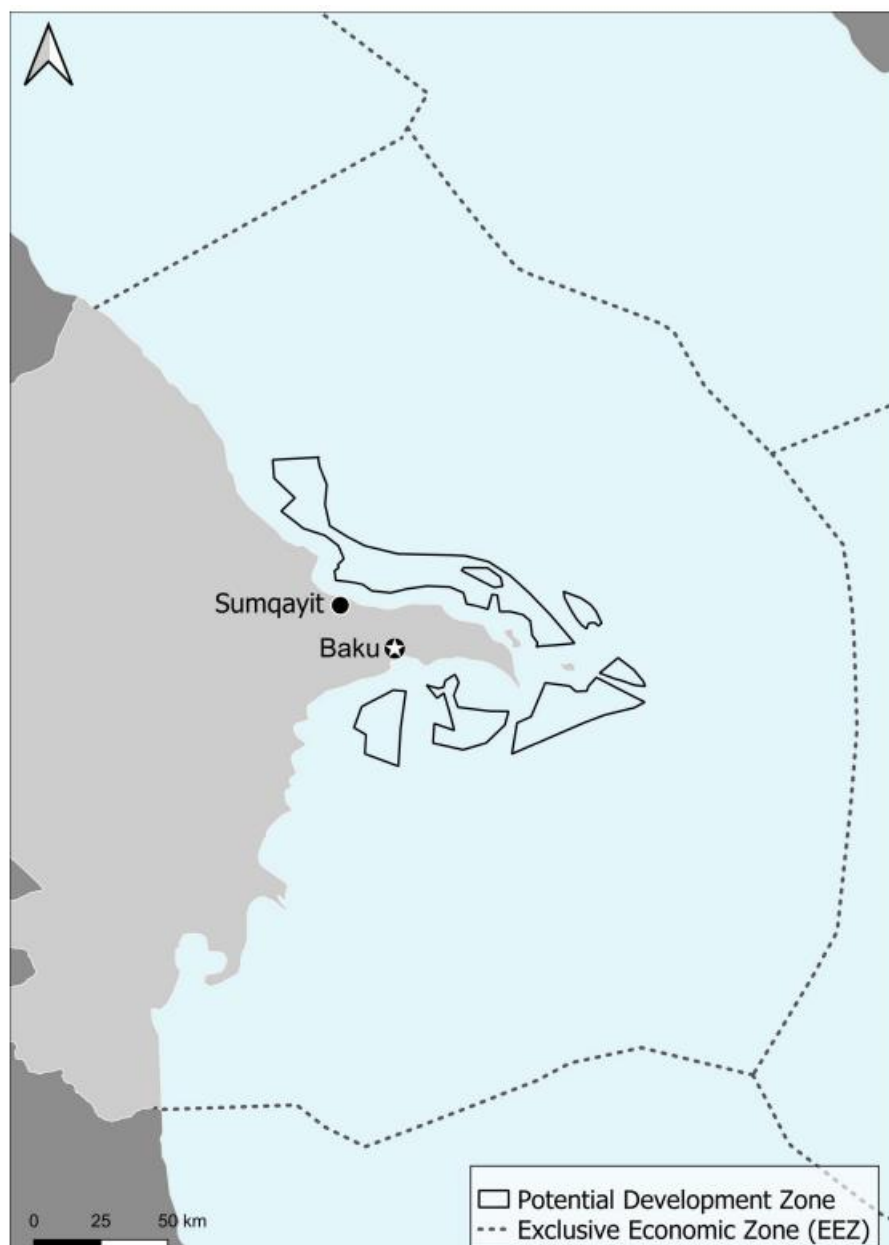
- Daxili nöqtəyi-nəzərdən yaşıl hidrogen istehsalı yüksək artım ssenarisində mühüm rol oynaya bilər, xüsusən də artıq istehsal enerjinin saxlanması, nəqli üçün hidrogenin istehsalı üçün istifadə oluna bilər. Bu halda, yaşıl hidrogenin həyat qabiliyyəti daxili iqtisadiyyatla müəyyən ediləcək (məsələn, yaşıl hidrogenin yol nəqliyyat vasitələri üçün idxal olunan yanacaq ilə rəqabət qabiliyyəti).

- Göndərmə yolu ilə hidrogen ixracı üçün ilkin təhlillər göstərir ki, biznes vəziyyəti güclü deyil. Yaşıl hidrogenin dəyəri həm onu istehsal etmək üçün istifadə olunan elektrik enerjisinin LCOE-dən, həm də bazara daşınma xərclərindən asılıdır. Azərbaycan üçün ixrac bazarlarında yaşıl hidrogenin torpaq dəyəri çox güman ki, digər bazarlardakı yaşıl hidrogenin qiymətindən daha yüksək olacaq, çünki bu rəqabətli bazarların bir çoxunda (məsələn, Şimal dənizinin ətrafındakı) daha güclü dəniz küləkləri var (orta hesabla 10 m/s) və məhsullarının bazara çıxarılmasında daha az logistik məhdudiyyətlər var.

■ Boru kəmərləri vasitəsilə hidrogen ixracı üçün yaşıl hidrogen üçün uzunmüddətli vəziyyət ola bilər, baxmayaraq ki, bu, tədarük qiymətinə təxmini 10% nəqliyyat xərclərinin artmasına səbəb olmalıdır və beləliklə, ixrac bazarlarında onun rəqabət qabiliyyətinə təsir göstərməlidir.

Yüksək həcmdə hidrogen ixracı üçün əlavə maneələr mövcuddur, çünki mövcud boru kəmərləri təmiz və ya qarışıq hidrogeni daşımaq üçün texniki uyğunlaşma tələb edir və mövcud boru kəməri gücü hazırda 2040-cı ilə qədər təbii qaz ixracı üçün müqavilə əsasında tam öhdəlik götürür. Bu seçim və hidrogenin tələb olunan qiyməti, Aİ və qonşu bazarlardakı potensial alıcılar və istehlakçılarla daha çox araşdırıla bilər.

Resursun və tələbatın yerləşdiyi yerin erkən qiymətləndirilməsinə əsaslanaraq, külək enerji qurğularının inkişafı üçün geniş sahələr, xüsusən ilk növbədə sabit OSW layihələrinə diqqət yetirdikdə nisbətən aydın görünür. Şəkil 2.2 Bölmə 19-da ümumiləşdirilmiş təhlildən sonra potensial KES-in inkişaf zonalarını təqdim edir. Aşağı artım ssenarisi üzrə layihələrin Abşeron yarımadasının şimalında yerləşən inkişaf zonalarında işlənməsi ehtimalı yüksəkdir. Zonaların müəyyən edilməsi prosesi hər iki ssenariyə uyğundur, lakin yüksək artım ssenarisinin həyata keçirilməsi üçün vacib hesab olunur.



Şəkil 3.3. Dəniz küləklərin potensial inkişaf zonalari

3.2. Azərbaycanca Xəzər Dənizində Külək Enerjisi Potensialının Qiymətləndirilməsi

Qiymətləndirmə üçün ümumilikdə 10 istinad sahəsi nəzərdən keçirilir, əsas seçim meyarları onların külək layihəsinin inkişafı üçün asanlıqla infrastruktur və texniki dəstəyi təklif edə bilən mühüm liman şəhərləri olması ilə bağlıdır. 5 km-də yerləşən sahələr daha aşağı su dərinliyi (<50 m) ilə müəyyən edilir, lakin 50 km həddinə doğru gedərkən bu dəyərlər əhəmiyyətli dərəcədə artır. Bu, dərinlikləri

asanlıqla 400 m-i keçə bilən İrannın Babolsar, Növşəhr, Ənzəli və Astara ərazilərinə aiddir. 50 km limiti özbaşına seçilməyib və bərpa olunan layihənin hələ də rəqabətə davamlı ola biləcəyi məqbul hədddir.

Cədvəl 3.1. Sahildən 5 km məsafədə yerləşən baxılan ərazilərin əsas xüsusiyyətləri.

№.	Sahə	ölkə	Uzun (°)	Lat (°)	Suyun dərinliyi (m)
P1	Atırau	Qazaxıstan	51.745	46.680	30
P2	Aktau	Qazaxıstan	51.101	43.615	46
P3	Türkmənbaşı	Türkmənistan	52.714	39.994	50
P4	Babolsar	İran	52.643	36.759	48
P5	İndişəhr	İran	51.492	36.705	56
P6	Ənzəli	İran	49.512	37.519	52
P7	Astara	İran	48.938	38.425	38
P8	Bakı	Azərbaycan	49.889	40.324	37
P9	Mahaçqala	Rusiya	47.584	42.997	41
P10	Olya	Rusiya	48.136	45.269	30

Qiymətləndirmə üçün bir neçə dəniz külək turbinləri nəzərdən keçirilir, onların xüsusiyyətləri Cədvəl 3.2 -də təqdim olunur. Generatorların nominal gücü 3-8,8 MVt diapazonundadır və hazırda istismarda olan sistemlərin gücü 6 MVt-dan aşağıdır.

Ümumiyyətlə, kəsmə dəyərləri təxminən 3-3,5 m/s-dir. Sistemin, Adwen AD 5-135, daha aşağı nominal sürət dəyəri 11,4 m/s, yəni bu turbin öz nominal gücünə daha tez çatacaq. Hər bir turbin müəyyən bir hub hündürlüyü ilə müəyyən edilir, onlardan bəziləri istehsalçılar tərəfindən xüsusi olaraq göstərilir, lakin əksər hallarda bunlar sahəyə xüsusi olaraq qeyd olunur və bu şəkildə bir çox ssenari hazırlamaq mümkündür. Minimum 65 m Vestas V90-3.0 MW sisteminə, maksimum 140 m dəyər isə Vestas V164-8.0 MVt-a uyğundur.

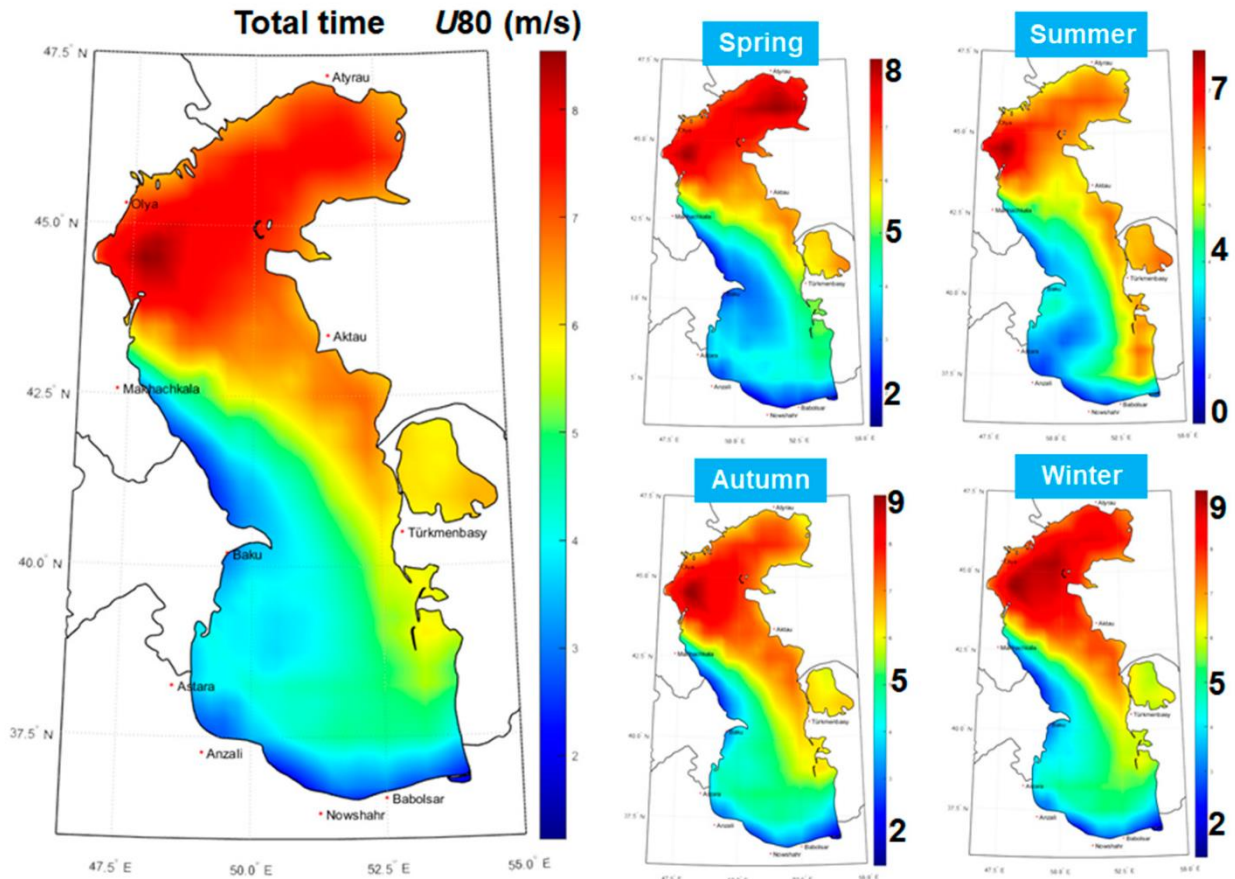
Cədvəl 3.2. Nəzərə alınan külək turbinlərinin əsas xüsusiyyətlər

Turbin	Nominal Gücü (MW)	Kəsmə sürəti (m/s)	Nominal Sürət (m/s)	Kəsmə sürəti (m/s)	Çap (m)	Hub Hündürlüyü (m)
Vestas V90-3.0	3	3.5	15	25	90	65–105
Vestas V112-3.45	3.45	3	13	25	112	84
Siemens SWT-3.6-120	3.6	3.5	12	25	120	90
Siemens SWT-3.6-107	3.6	4	13.5	25	107	80
Siemens SWT-4.0-130	4	5	12	25	130	89.5
EN 136-4.2-ni nəzərdə tutur	4.2	3	10.5	25	136	80/90/110
Areva M5000-116	5	4	12.5	25	116	xüsusi sahə
Adven AD 5-135	5.05	3.5	11.4	30	135	xüsusi sahə
Siemens SWT-6.0-154	6	4	13	25	154	xüsusi sahə
Senvion 6.2M126	6.15	3.5	14	30	126	85/95
Siemens SG 7.0-154	7	3	13	25	154	xüsusi sahə
Siemens SG 8.0-167	8	3	12	25	167	xüsusi sahə
Vestas V164-8.0	8	4	13	25	164	105/140
Vestas V164-8.8	8.8	4	13	25	164	xüsusi sahə

Külək paylanması ilk perspektivi Şəkil 3.3-də təqdim olunur, o cümlədən tam iş vaxtı paylanması (ümumi vaxt kimi qeyd olunur) və dörd əsas mövsüm daxildir: yaz (mart-aprel-may), yay (iyun-iyul-avqust), payız (sentyabr-oktyabr-noyabr) və qış (dekabr-yanvar-fevral). Nəzərə alınan dövrdən asılı olmayaraq, aydın olur ki, Xəzər dənizinin şimal hissəsi daha mühüm külək ehtiyatları ilə müəyyən edilir.

Ümumi vaxt ərzində Olya sahəsinin cənub bölgələrində (şimal-qərb) və bu hövzənin şimal sahəsini kəsən oxda maksimum 8,5 m/s müşahidə edilmişdir. Bu

hədəf ərazinin mərkəzinə doğru dəyərlər əhəmiyyətli dərəcədə azaldı, şərq hissəsi 6 m/s-ə çata bilən daha vacib mənbələrlə müəyyən edilir. Mərkəz-qərb və cənubda yerləşən ərazilər, görünür, külək şəraitinin tez-tez təxminən 2 m/s dəyərləri göstərdiyi qaynar nöqtə rayonları ilə müəyyən edilir, bu da onların külək layihəsi üçün çox cəlbedici olmadığını göstərir.



Şəkil 3.4. ERA-aralıq məlumatlarına əsasən 20 illik vaxt intervalı (yanvar 1999-cu ildən dekabr 2018-ci il) nəzərə alınmaqla U80 parametrinin məkan paylanması (orta qiymətlər).

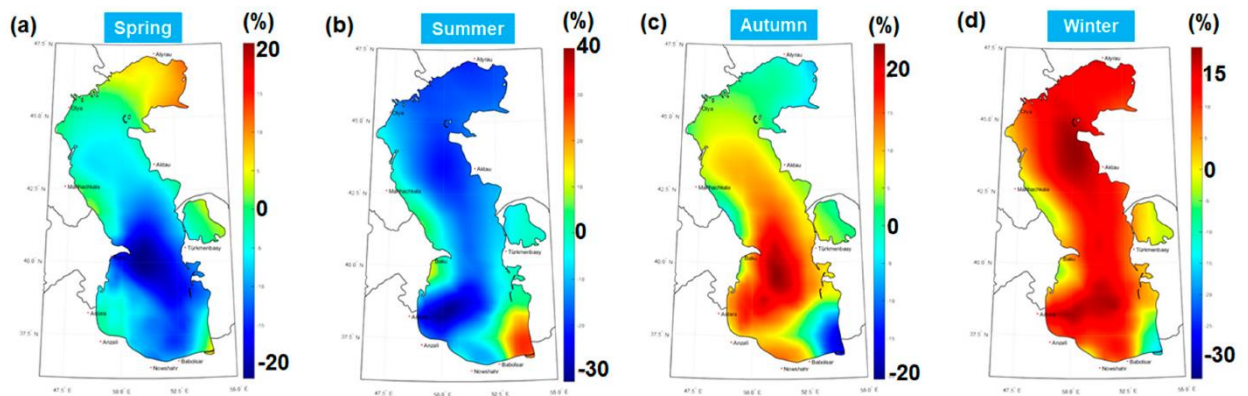
Yaz aylarında məkan paylanması ümumi vaxta oxşar idi, burada maksimum dəyərlər 8 m/s-ə qədər arta bilər. Yay mövsümünə gəlincə, mülayim hava şəraiti müşahidə olunub və küləyin sürəti maksimum 7,3 m/s-ə çatan Olya sahəsinin yaxınlığında yerləşən qaynar nöqtə sahəsi müəyyən edilib. Qalan rayonlarda hava şəraiti 6 m/s-dən aşağı enib, cənub hissəsində əhəmiyyətli faiz 4 m/s-dən çox

olmayıb. Payız-qış aylarında küləyin gücü xeyli artmış, küləyin sürəti daha tez-tez 9 m/s müşahidə edilmişdir.

Şəkil 3.5 mövsümi dəyişikliklərin bir qədər daha yaxşı təsvirini təqdim edir, burada hər mövsümə uyğun olan orta dəyərlər ümumi vaxt bölgüsünə hesabat verilir. Müxtəlif naxışlara diqqət yetirildi. Yaz aylarında şimalda külək şəraiti təqribən 10% artıb, Abşeron yarımadasına yaxın ərazilərdə (Bakı ərazisi) ehtiyatların təxminən 20%-ə qədər azalması müşahidə olunub.

Yay ərzində bütün regionda qiymətlərin demək olar ki, 30%-ə qədər azaldığı qeyd edilib. Babolsar sahəsinə yaxın (cənub-şərq) qaynar nöqtə var ki, orada küləyin sürəti 30%-ə qədər arta bilər. Payızda Abşeron yarımadasının yaxınlığında yerləşən külək stansiyaları küləyin sürətinin təxminən 20%-ə qədər artması ilə daha yaxşı performans göstərmiş ola bilər.

Şimal və mərkəzi rayonlar, ümumilikdə, maksimum 10%-ə çata biləcək dəyərlərin bir qədər yüksəldiyini göstərdi. Qışda külək şəraiti intensivliyin daimi artması ($\approx 15\%$) təqdim etdi və bəzi yerlərdə balans sıfıra yaxın idi. Bu halda Babolsarın şərq sahəsi qiymətlərin 15% azaldığını göstərib.



Şəkil 3.5. Ümumi vaxt məlumatları ilə dörd əsas fəsil arasında məkan fərqləri (%-lə). Nəticələr ERA-aralıq məlumatlarının 20 illik vaxt intervalı nəzərə alınmaqla U 80 parametri (orta qiymətlər) üçün bildirilir, burada: (a) yay; (b) yay; (c) payız və (d) qış.

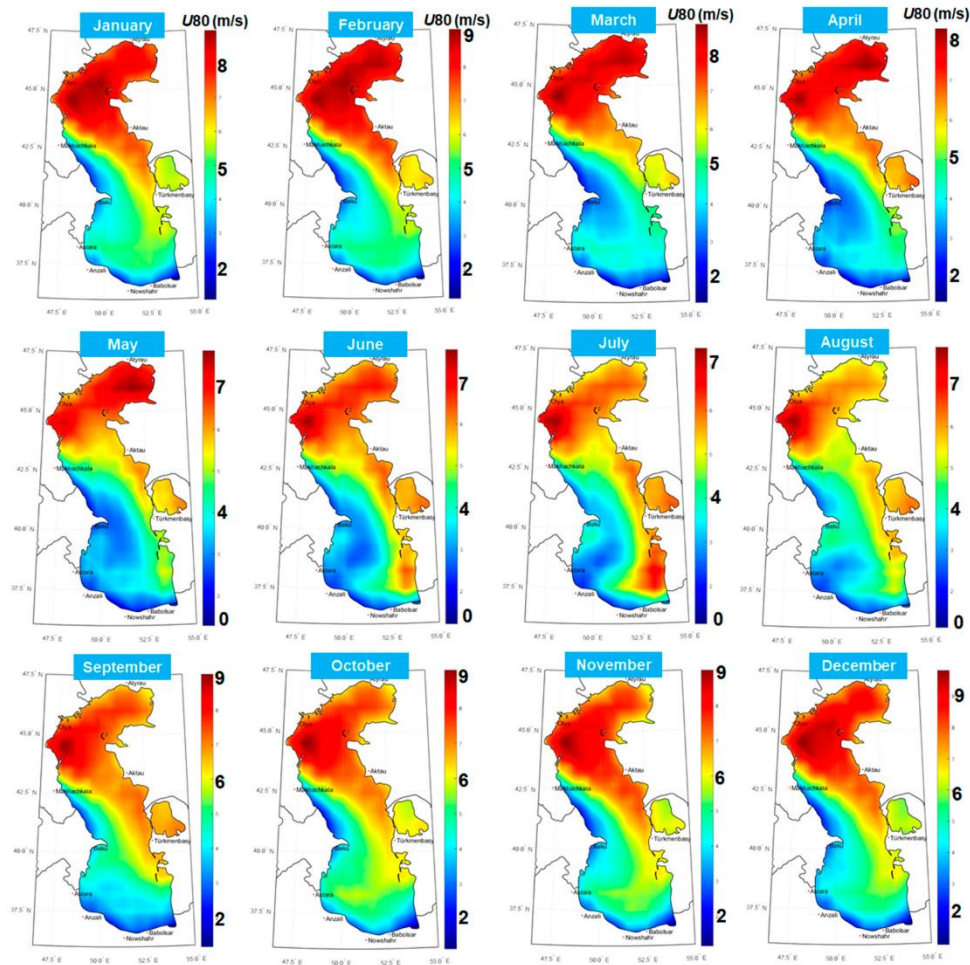
Bütün sahələrə bildirilmiş orta qiymətlər (nöqtəli xətt) təxminən 5,2 m/s idi və bu həddən yuxarı, bu araşdırma aşkar etdi: Atırau (7,12 m/s), Olya (6,96 m/s), Aktau (6,68 m/s), Türkmənbaşı (6,36 m/s) və Bakı (5,87 m/s). Küləyin minimum sürəti 3,12 m/s olan Ənzəli sahəsinə (cənub-qərb) uyğundur.

Küləyin sürətinin sahildən müxtəlif məsafələr (5 km-25 km-50 km) arasında dəyişməsi Şəkil 5 b-də təqdim olunur. Ümumiyyətlə, mühüm külək ehtiyatları ilə müəyyən edilmiş ərazilər mühüm dəyişiklikləri göstərməmişdir, bu, Atırau, Bakı və ya Olya kimidir. Bu, sahil xəttinə yaxın yerləşən külək layihəsinin uyğun bir həll olacağını göstərir.

Türkmənbaşı ərazisi üçün dənizdə 50 km məsafədə küləyin sürətinin 25 km-dən aşağı olduğu, fərqlərin təxminən 2,61% olduğu müşahidə edilmişdir. Aydınır ki, ümumilikdə dənizə doğru küləyin sürəti artıb, bu, Babolsar (25 km—6,2%; 50 km—11,62%), Ənzəli (10,1%; 24,79%) və ya Mahaçqala (14,27%); 27,67%). Bu zaman Mahaçqala sahəsi (50 km) 6,1 m/s ilə 6 m/s həddini keçib ki, bu da Bakı sahəsinə uyğundur.

Şəkil 3.7 bütün mövcud külək məlumatlarını nəzərə almaqla U 80 parametrinin aylıq təkamülünü təqdim edir. Gözlənilirdi ki, şimal hissəsində nəzərə alınan bütün vaxt intervalı üçün daha vacib şərtlər üstünlük təşkil etmişdir., İyul ayında bəzi külək enerjisi qaynar nöqtələrinin Olya sahəsinə (cənubda) və ya Balbosar yaxınlığında (şimalda) yaxın olduğu müşahidə edilmişdir.

Yanvar-aprel intervalında külək ehtiyatlarının konsistensiyası bütün şimal bölgəsində daha çox olub, küləyin sürəti 9 m/s dəyərində müşahidə olunub. Ümumiyyətlə, Olya yaxınlığında (cənubda) yerləşən ərazilər daim daha yüksək külək resursunu göstərirdilər ki, bu da onları bu bölgədə enerji tələbatı varsa, külək layihəsinin inkişafı üçün uyğun namizədlərdir.



Şəkil 3.7. 1999-cu ilin yanvarından 2018-ci ilin dekabrına qədər olan 20 illik zaman intervalı üçün ERA-Müvəqqəti külək məlumatları tərəfindən bildirilmiş U 80 parametrinin (orta dəyərlər) aylıq paylanması .

3.3. Külək Elektrik Stansiyasının modelləşdirilməsi və şəbəkəyə qoşulması

Külək turbininin dizayn gücü külək təkərinin diametri, külək enerjisindən istifadə əmsalı və dizayn küləyin sürəti ilə müəyyən edilir:

$$P_{BƏY,y\delta} = 0,615 \cdot 10^{-3} v^3 \xi \eta_n, \text{ kVt/m}^2 \quad (4,1)$$

Külək turbini ehtiyat qurğusu olmadan işləyirsə və saxlama qurğusuna malikdirsə, o zaman qurğunun gücü istehlakçının yük qrafikindən müəyyən edilmiş hesablanmış yükündən az olmamalıdır. Bunun üçün bir neçə külək turbini tələb oluna bilər. Ehtiyat enerji mənbəyi olduqda, elektrik qurğusunun gücü əsas istehlakçıları və ya texnoloji prosesləri enerji ilə təmin etmək üçün tələb olunan gücdən az olmamalıdır. Ehtiyat elektrik stansiyası küləksiz günlərdə bütün yükü enerji ilə təmin etməlidir. Aydınır ki, təklif olunan variantlar külək turbininin iqtisadi cəhətdən sərfəli olduğu halda mümkündür.

Külək elektrik stansiyalarını enerji sisteminin əsası kimi istifadə edərkən, külək turbininin şəbəkə tezliyi ilə müəyyən edilmiş sabit fırlanma sürəti rejimində işləməsini təmin etmək lazımdır. Külək təkərinin iş rejiminin seçilməsi müəyyən bir müddət ərzində ən böyük elektrik enerjisi istehsalına və müvafiq olaraq külək enerjisindən ən yaxşı istifadəyə yönəldilmişdir.

Külək turbininin məlumatlarına əsasən, ξ əmsalının maksimum dəyərini təmin edən generatorun təxmini fırlanma sürətini müəyyən etmək mümkündür:

$$n_p = \frac{60Z_{H^v p}}{\pi D} . (4.2)$$

Dizayn və ya daha yüksək külək sürətində bir külək turbininin xüsusi süpürülmüş sahəsindən yaranan enerjinin miqdarı aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$W_{y0} = \beta v_p^3 T t_p , (4.3)$$

burada T hesablaşma dövründəki saatların sayıdır (ay, mövsüm, il); β – nisbi vahidlərdə hesablanmış sürətlərə bərabər və ondan çox olan küləyin sürətinin təkrarlanması.

Külək təkərinin diametrini bilməklə, yaranan enerjinin ümumi miqdarını müəyyən etmək asandır. Eyni tipli bir neçə külək turbinindən istifadə edərkən, süpürülən sahə qurğuların sayına görə artır.

Külək turbinləri sabit cərəyan tezliyi tələb etməyən texnoloji proseslər üçün effektiv şəkildə istifadə edilə bilər. Bu məqsədlər üçün külək turbinlərini layihələndirərkən aşağıdakı vəzifələr həll olunur:

- 1) verilmiş parametrləri ilə hər bir ayda külək turbininin yaratdığı enerjinin miqdarını müəyyən etmək;
- 2) verilmiş texnoloji prosesin ehtiyaclarını ödəmək üçün tələb olunan külək turbinlərinin sayını müəyyən etmək;
- 3) enerji və iqtisadi göstəricilərə əsasən, külək turbinlərinin optimal sayını seçin.

Yaranan enerjinin mümkün miqdarı külək enerjisi resursundan və külək turbininin iş rejimindən asılıdır. Külək turbininin xüsusi süpürülən sahəsindən enerji miqdarı aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilə bilər:

$$W_{y\delta} = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} P_{y\delta} t_v dv = \beta T \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} v^3 t_v dv, \text{ kVt/m (4,4)}$$

t_v gün, ay, mövsüm və ya il ərzində müxtəlif külək sürətlərində külək turbininin işləmə müddəti haradadır .

Külək turbininin işləmə müddəti küləyin sürəti rejimindən asılıdır və ay ərzində müəyyən bir küləyin sürətinin təkrarlanması ilə müəyyən edilir:

$$t_v = T_i t_{v_i} \cdot h \text{ (4,5)r}$$

T_i i-ci ayda saatların sayı haradadır ; t_{v_i} – nəzərdən keçirilən ayda küləyin sürətinin nisbi tezliyi.

Yaranan enerjinin miqdarını təyin edərkən, hesablanandan daha aşağı külək sürətində alınan enerjini nəzərə almaq lazımdır. Sonra, külək turbininin iş rejiminə və vəziyyətinə görə, quraşdırmanın xüsusi süpürülən sahəsindən ayda enerji miqdarı:

$$W_{y\partial}^M = 3,6\beta T \left[\sum_{v_{\min}}^{v_p} v_i^3 t_{v_i} + v_p^3 \sum_{v_p}^{v_{\max}} t_{v_i} \right], \text{ MJ/m}^2 \text{ (4,6)}$$

Verilmiş külək təkərinin diametri üçün yaranan enerjidir

$$W_{B\partial Y}^M = W_{y\partial}^M \frac{\pi D^2}{4}, \text{ MC (4.7)}$$

Mövsüm və ya ildə istehsal olunan enerji

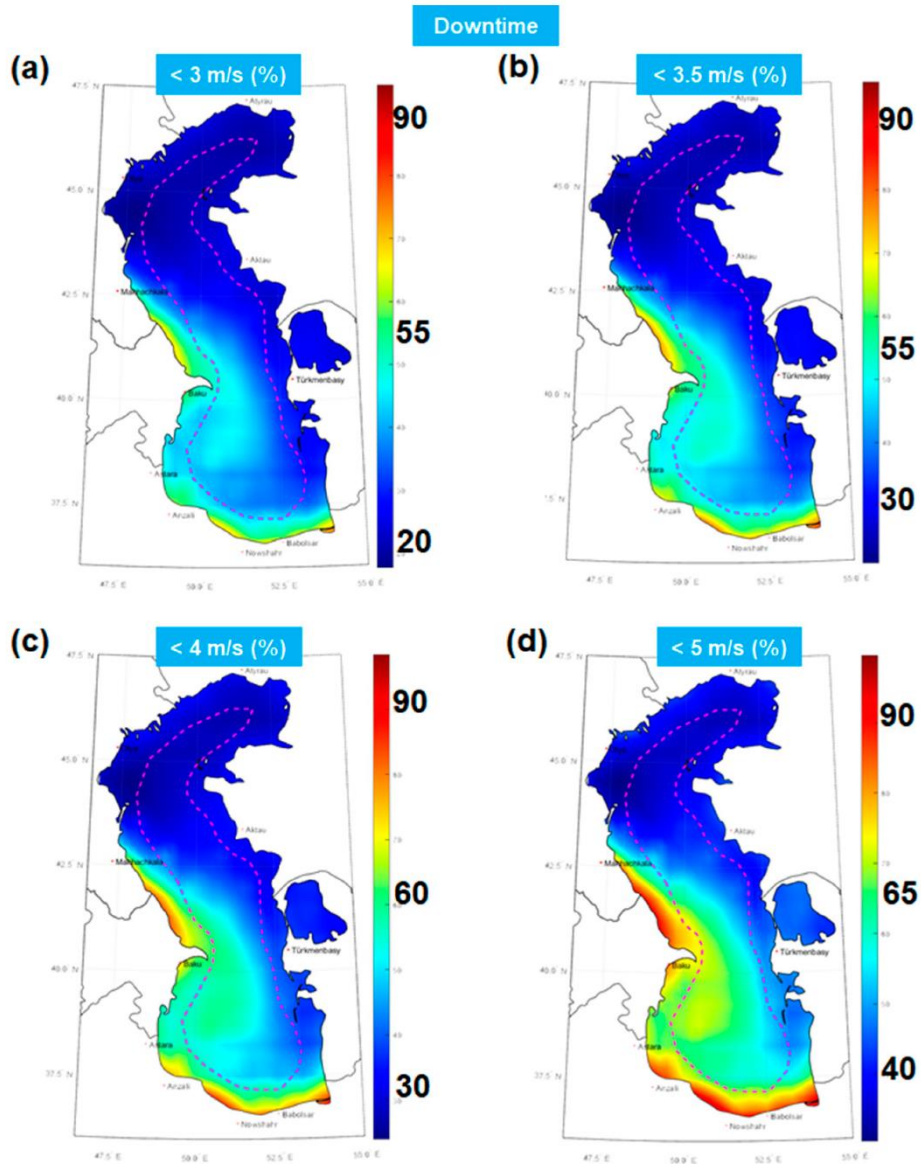
$$W_{B\partial Y}^{c,2} = \sum_{i=1}^n W_{B\partial Y}^M, \text{ MC (4.8)}$$

burada n külək turbininin işlədiyi ayların sayıdır.

Yükləmə cədvəlinə əsasən, tələb olunan enerji miqdarı məlum olduqda, hər ay üçün lazım olan külək turbinlərinin sayını müəyyən etmək asandır. Eyni zamanda, nəzərdən keçirilən mövsüm və ya il üçün külək turbinlərinin optimal sayını seçmək çətin ola bilər və nəzərdən keçirilən hər bir variantın enerji və iqtisadi göstəricilərinin qiymətləndirilməsi ilə müqayisəli hesablamalar tələb olunacaq.[1]

İstifadə müddəti intervalı, külək şəraiti elektrik enerjisi istehsalı üçün uyğun olmadığından turbinin bağlanacağı fəaliyyətsizlik müddətini əks etdirir.

Küləyin paylanması hesablanmış qiymətdən aşağıda yerləşdiyindən və sahildən 50 km məsafəni qeyd edən nöqtəli xətt olduğundan, adətən külək layihəsi həyata keçirilə bilər. 3 m/s qiymətində şimal bölgəsi üçün minimum 20% gözlənilə bilər, bu dəyər hədəf ərazinin mərkəzi hissəsində yerləşən sahələr üçün tədricən 50%-ə, maksimum isə 70%-ə yüksəlir. 3 m/s və 3,5 m/s qiymətləri arasında kiçik fərqlər müşahidə edildi, daha nəzərə çarpan dəyərlər 5 m/s ssenarisinə uyğundur (90%-ə yaxın). Bu onu göstərir ki, Siemens SWT-4.0 kimi sistem bu qapalı hövzə üçün uyğun seçim deyil.



Şəkil 3.8. Fərqli kəsmə qiymətlərinə uyğun olan fasilələr intervalı (%), burada: (a) 3 m/s; (b) 3,5 m/s; (c) 4 m/s; (d) 5 m/s. Nöqtəli xətt sahilədən təxminən 50 km məsafədə yerləşir.

İstisna olaraq 3 m/s nəzərə alınmaqla ilk beş dayanma müddəti Cədvəl 3 -də təqdim edilmişdir. Qiymətləndirmə üçün nəzərdə tutulan sahilə qədər olan məsafədən asılı olmayaraq, ən aşağı qiymətlər Atırau, Olya, Aktau, Türkmənbaşı və Mahaçqalanın daxil olduğu eyni ərazilər tərəfindən qeydə alınıb. 5 km limit üçün Atırau yaxınlığında minimum 20,76%, Mahaçqala yaxınlığında isə maksimum 36,01% gözlənilirdi.

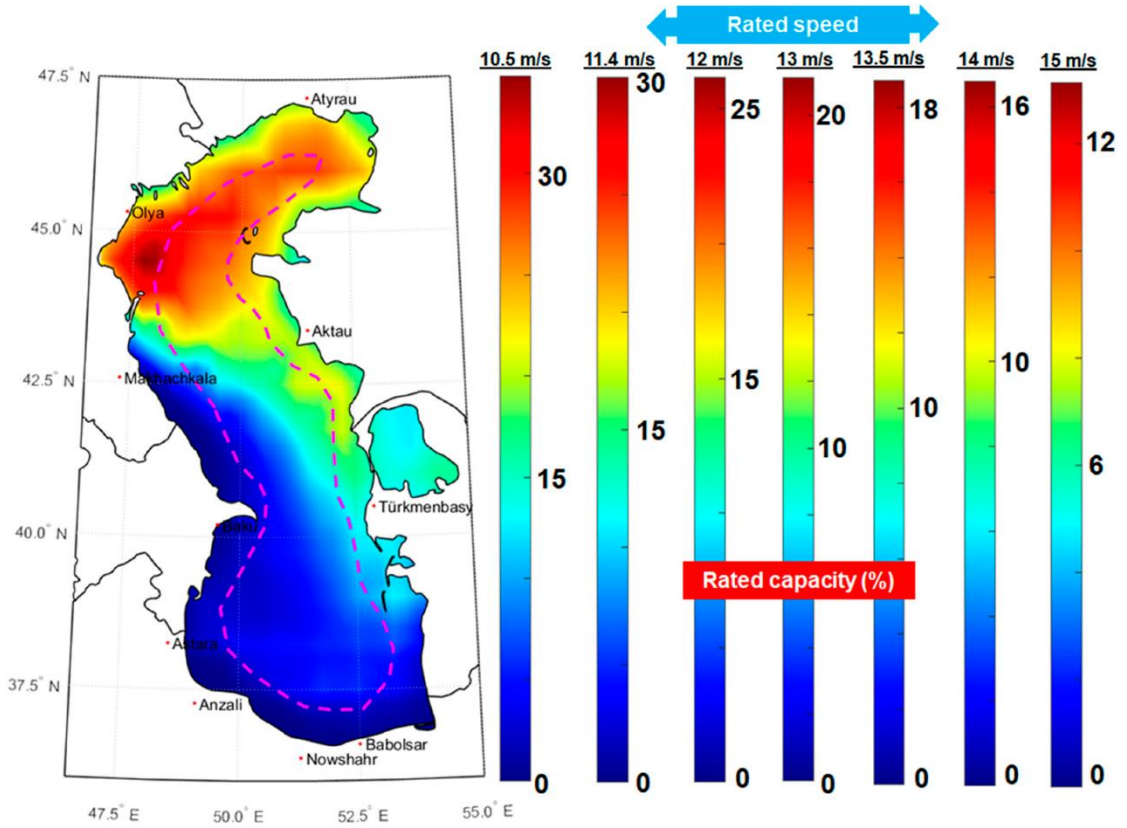
Eyni nümunə minimum 20,31% olmaqla 25 km üçün təkrarlandı, 50 km-də isə dördüncü və beşinci mövqelər arasında yer dəyişikliyi baş verdi ki, bunun üçün maksimum 34,4% müşahidə edildi.

Cədvəl 3.3. Artan qaydada çeşidlənmiş ilk beş dayanma müddəti (3 m/s kəsilmə dəyərinə uyğundur).

Sahilə qədər məsafə	Sahə (%)				
	5 km	Atırau (20,76)	Olya (21.28)	Aktau (25,97)	Türkmənbaşı (29.47)
25 km	Atırau (20.31)	Olya (20.49)	Aktau (24,92)	Türkmənbaşı (30.62)	Mahaçqala (30,75)
50 km	Olya (19,89)	Atırau (20.11)	Aktau (24,56)	Mahaçqala (27.32)	Türkmənbaşı (34.40)

Nominal tutum vasitəsilə müəyyən bir turbinin tam gücü ilə işləyəcəyi vaxtın faizi müəyyən edilə bilər. Bu, nominal külək sürəti ilə kəsilmə dəyərləri arasında yerləşən küləyin sürəti nəzərə alınmaqla həyata keçirilir. Ətraflı təfərrüatlar Şəkil 8-də təqdim olunur.

Rəng paylanması eyni qaldığından yalnız bir fəza xəritəsi təmsil olundu və müxtəlif külək sürəti dəyərləri üçün yalnız xəritənin miqyası təqdim edildi. Gözləniləndiyi kimi, dəyərlər 10,5 m/s-dən 15 m/s-ə qədər əhəmiyyətli dərəcədə azalıb, Olya sahəsinə yaxın olan enerji qaynar nöqtəsinin 50 km həddini (nöqtəli xətt) keçmədiyi müşahidə edildi, burada ən yaxşı nəticələr bildirildi. . Maksimum dəyərlər, nəzərə alınan nominal sürətdən asılı olaraq 15% ilə 30% arasında salındı. Bu paylama şimalda gözlənilən daha yaxşı nəticələrlə küləyin sürətinin təkamülünü yaxından izləyir. Cənub bölgəsində Cədvəl 2-də nəzərdən keçirilən külək turbinlərinin mənfi performans göstərməsi (0%) mümkündür.



Şəkil 3.9. Müxtəlif nominal külək sürətləri üçün bildirilmiş nominal tutum (%).

Aydındır ki, Atyrau sahəsi (sahildən 5 km) seçilmiş külək turbinindən asılı olmayaraq, Bakıdan (sahildən 5 km) daha yaxşı göstəricilər göstərmişdir, aşağı və yuxarı dəyərlər ayrı-ayrı qovşaq hündürlüklərinə istinad kimi vurğulanmışdır. Gözlənilirdiyi kimi, elektrik enerjisi istehsalı nominal güclə bağlı olub və aşağıda 4 MVt-dan aşağı olan sistemlər aşkar edilib.

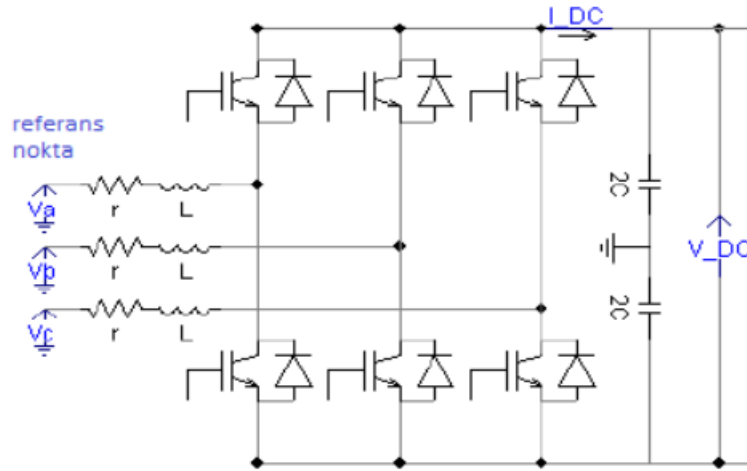
Dəniz külək elektrik stansiyalarında VSC texnologiyası ilə DC multiterminal şəbəkələri yaradıla bilər. VSC-lərin strukturu DC komponentlərini və digər idarəetmə elementlərini bir yerdə saxlamaqla formalaşır (Jerko, 2014). Önümüzdəki illərdə ölkəmizdə DC ötürmə sistemlərinin artması ilə VSC texnologiyası daha geniş istifadə tapacaqdır. Önümüzdəki illərdə elektrik sıxlığının artması ilə mövcud ötürücü xətlərdə enerji keyfiyyəti problemləri yaranacaq. VSC texnologiyası bu vəziyyətin qarşısını almağa kömək edəcək (Suwan və Jordanen, 2017). VSC

texnologiyasında yarımkeçirici materiallardan hazırlanmış IGBT modulları istifadə olunur.

Pulse Width Modulation (PWM) gərginlik dalğa formalarını yaratmaq üçün istifadə olunur. PWM ilə əsas tezlik komponentlərinin dalğa formasını, faza bucağını və böyüklüyünü istehsal etmək mümkündür (Suwan və Jordanien, 2017).

Aktiv/reaktiv güclər PWM ilə müstəqil şəkildə idarə oluna bilər. VSC-HVDC sisteminin əsas iş prinsipi Şəkil 2-də görüldüyü kimidir (Van et al., 2009).

Əlavə olaraq, bu AC reaktoru gərginlik, cərəyan, aktiv/reaktiv gücün ölçülməsi üçün istinad nöqtəsi kimi istifadə edilə bilər. DC tərəfindəki şunt kondensatorları DC gərginlik mənbəyi və güc sistemindəki harmonikləri azaltmaq üçün istifadə olunur.



Şəkil 3.10. VSC-nin daxili strukturu

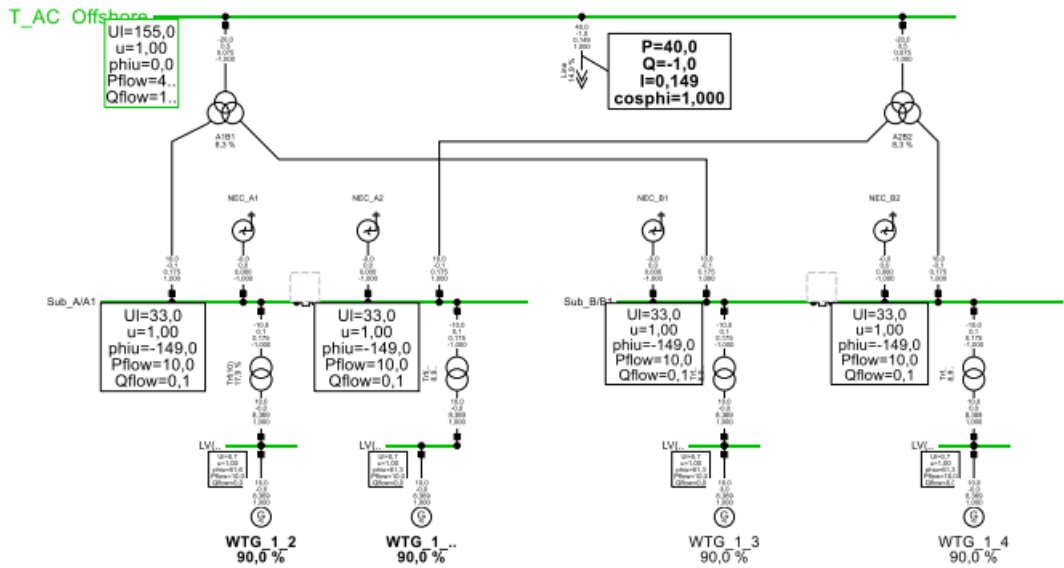
Dənizdə külək elektrik stansiyasının quraşdırılmasında: külək potensialının, dənizin dərinliyinin səviyyəsinin, dəniz dibinin ümumi strukturunun və elektrik stansiyasının sahildən məsafəsinin müəyyən edilməsi vacibdir. Dənizdəki külək elektrik stansiyalarında quruda olduğu kimi yerdən yüksək külək turbinlərinə ehtiyac yoxdur. Çünki açıq dənizdə külək potensialı qurudan daha yüksəkdir.

Bu bölgədə tutum əmsalı da 35%-dən yuxarıdır. Bu iki xüsusiyyət baxımından Çanaqqala əyaləti KES quraşdırılması üçün çox əlverişlidir. Qurulması planlaşdırılan dəniz külək elektrik stansiyasının təxmini yeri bu külək xəritəsində göstərilmişdir. Bu rayona çox yaxın 154 kV-luq yarımstansiyanın olması da böyük üstünlükdür.

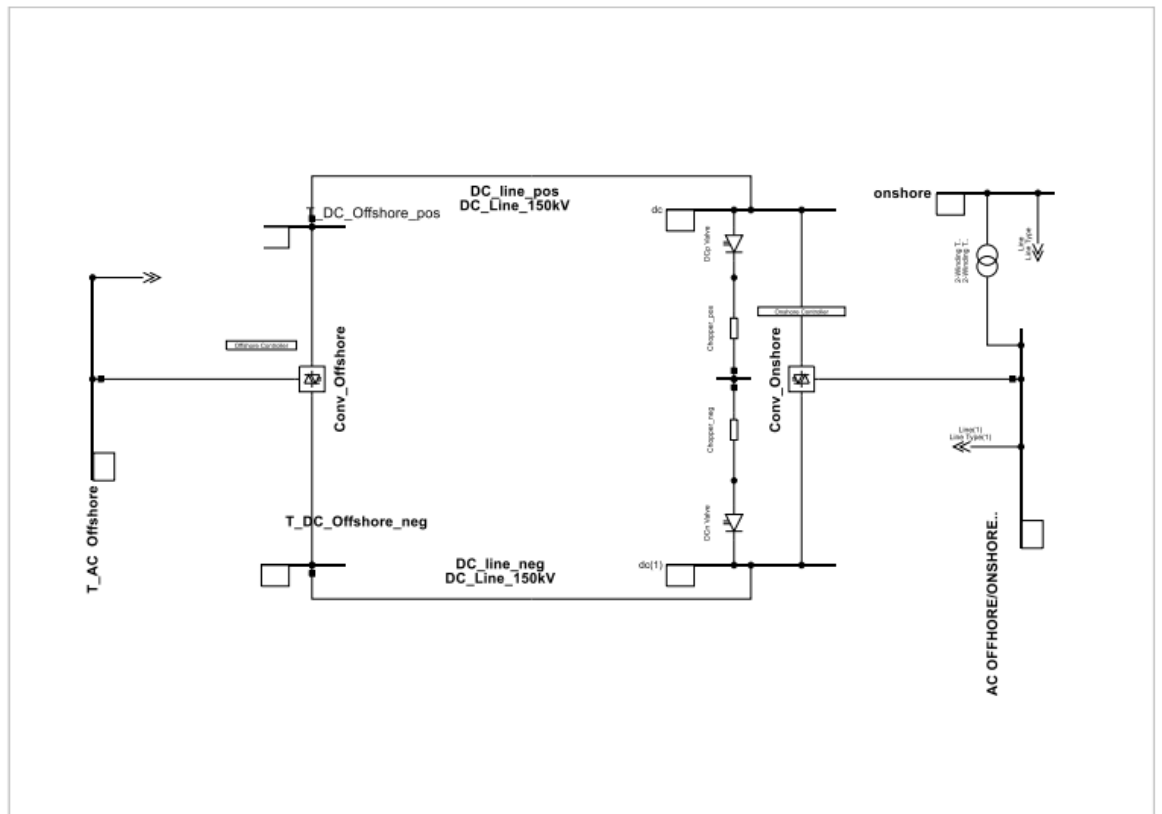
Dəniz külək elektrik stansiyası cəmi 8 külək turbinindən ibarətdir. Hər bir külək turbininin aktiv gücü 5 MVt, nominal gərginliyi 0,69 kV, görünən gücü 5,5 MVt-dır. Külək turbinlərinin hər biri 33/0,69 kV-luq güc transformatoru ilə 33 kV-luq şinlərə daxildir. Daha sonra bu şin 2 qrupda 2 ədəd 154/33 kV-luq güc transformatoru ilə 154 kV-luq AC_Marine şininə birləşdirilir. Bu birləşmələrin və dəniz külək elektrik stansiyalarının şin gərginlikləri və istehsal olunan ümumi aktiv/reaktiv güc Şəkil 3.11a-da görüldüyü kimidir. Şəkil 3.11b dəniz elektrik stansiyasının AC-DC-AC (HVDC) konversiya qurğusunu göstərir.

Modelləşdirilmiş quruda külək turbini Şəkil 12-da görüldüyü kimidir. Külək turbinlərinin sürətlərinə görə istehsal etdikləri güc məlumatları Şəkil 3.13-də göstərildiyi kimi DigSilent proqramında yaradılmış virtual modelə daxil edilir.

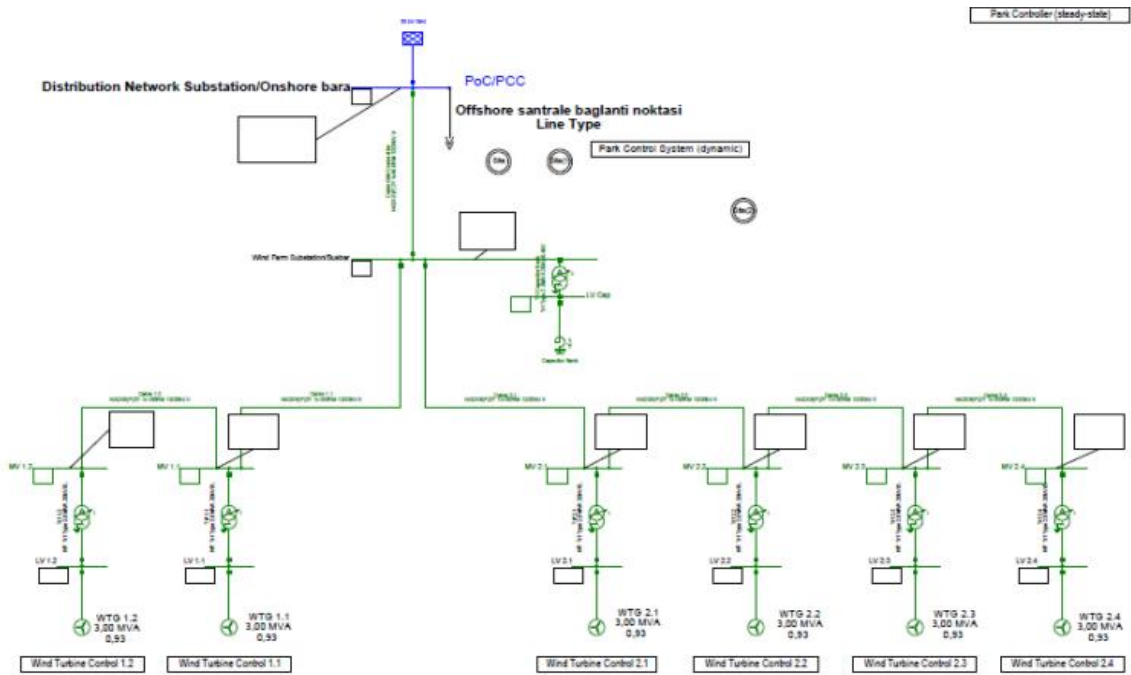
Qurudakı külək stansiyaları dəniz külək fermasının dəniz sahilində yerləşmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Qurudakı külək təsərrüfatı hər biri 2,5 MVt olan 16 külək turbinindən ibarətdir. Şəkil 6-da göstərilən hər bir külək turbini 3 külək turbinini təmsil edir. Quruda və dənizdə külək elektrik stansiyaları Şəkil 1-də görüldüyü kimi, 154 kV-luq şinlə birləşdirilərək əsas şəbəkəyə qoşulur. Bu tədqiqatda bu kombinə edilmiş elektrik stansiyasının ümumi quraşdırılmış gücü 80 MVt hesab olunur.



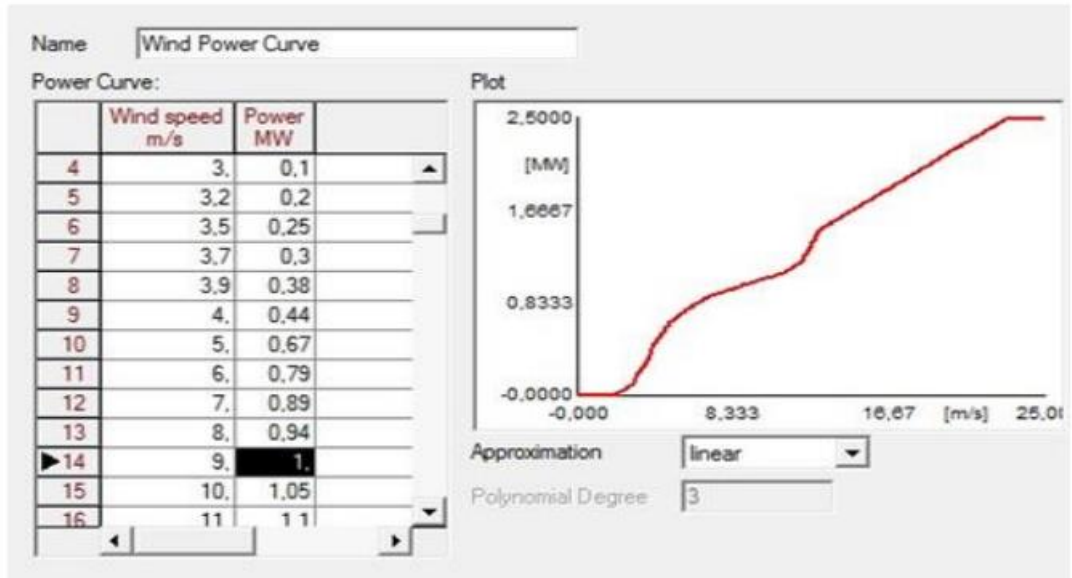
Şekil 3.11a. Dəniz Külək Elektrik Stansiyasının Modeli



Şəkil 3.11b Dəniz elektrik stansiyasının HVDC bloku



Şəkil 3.12. Quruda Külək Stansiyasının Modeli



Şəkil 3.13. Layihələndirilmiş külək turbininin güc əyrisi

HVDC bağlantısı DigSilent Power Factory proqram təminatına daxil olan VSC modulu ilə təmin edilir. Bu moduldakı nəzarətçi ilə dəniz külək elektrik

stansiyasının şəbəkə gərginliyinə nəzarət edilir. Bu proses AC şəbəkəsindəki tezlik və gərginliyi sabit bir dəyərdə saxlamaqla əldə edilir (DIGSILENT, 2018).

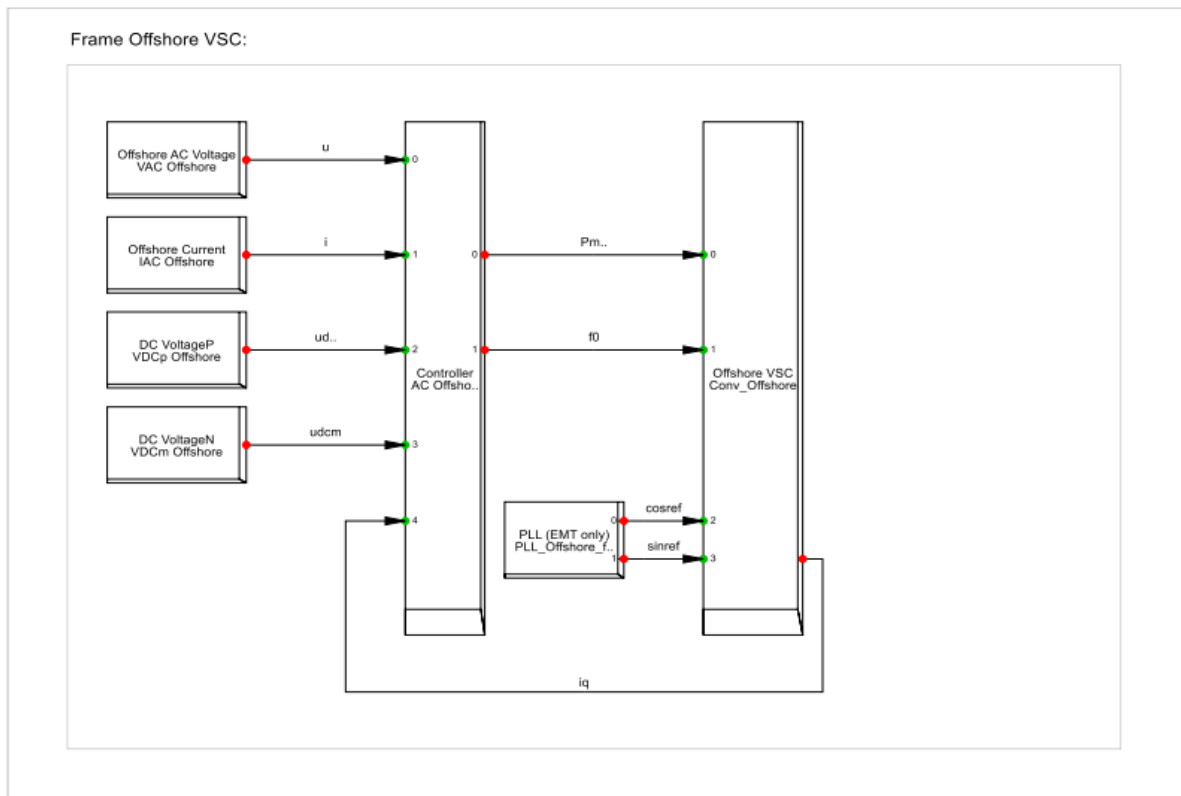
Gərginlik və tezliyin sabit dəyərlərdə saxlanmasının səbəbi, aktiv və reaktiv güc dəyərlərinin idarə oluna bilməməsidir. Şəkil 3.14 dənizdə HVDC idarəetmə sisteminin ümumi strukturunu göstərir.

Şəkilətdəqiq edildikdə, elektrik stansiyasının AC gərginliyini/cərəyanını və DC gərginliyini (+/-) aşkar etmək üçün istifadə edilən ölçmə modulları görünə bilər.

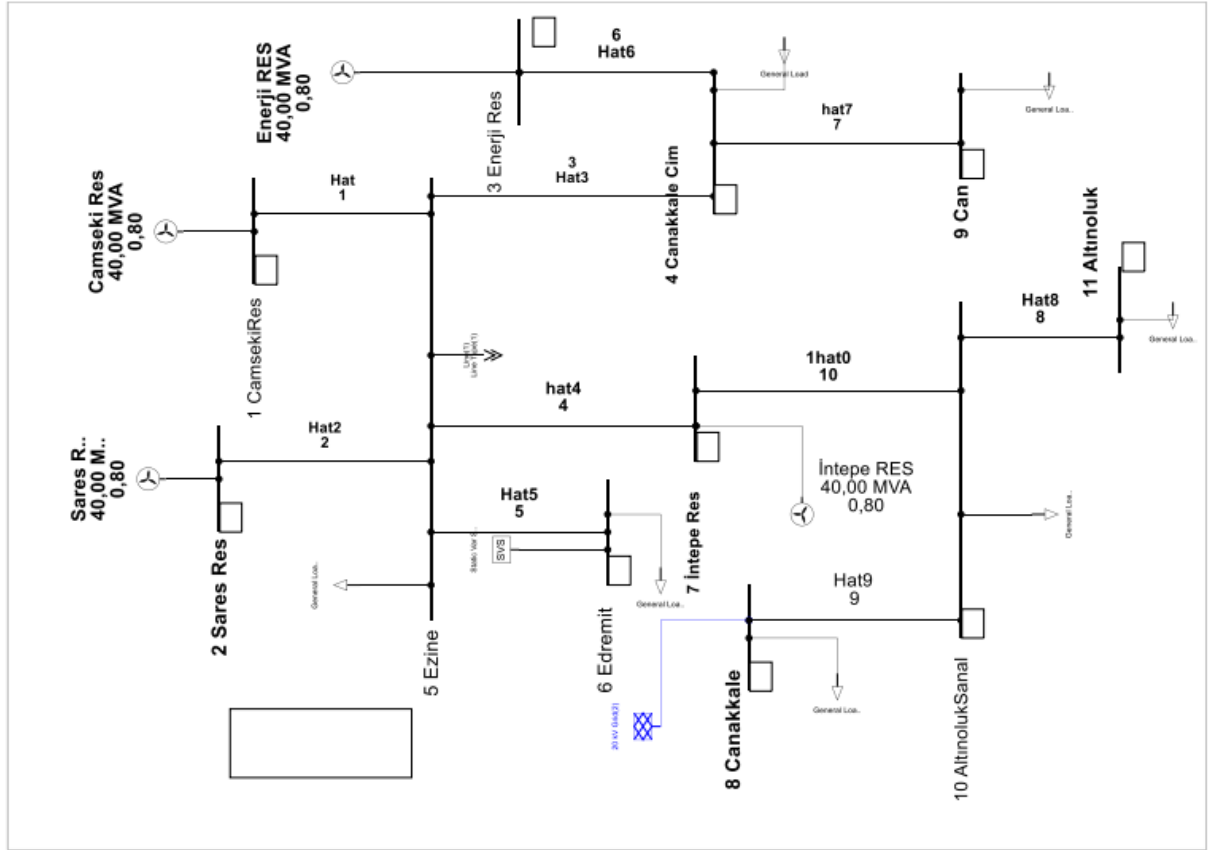
Nəzarətçinin AC gərginliyinin böyüklüyü və tezliyi sabit dəyərdə olmalıdır. Bu proses Şəkildə görüldüyü kimi "Pm" (modulyasiya indeksi) və PWM çeviricisinin giriş tezliyi "f0" ilə həyata keçirilir. Modulyasiya indeksi DC gərginliyi (irəli qidalanma) PI nəzarətçisi tərəfindən idarə olunur. Dəniz konvertorunun idarəedicisinin ümumi strukturu Şəkil 3.14-da göstərildiyi kimidir.

Şəkil 3.14 tədqiq edildikdə, birinci PI nəzarətçi AC gərginlik sapmasını giriş signalı kimi qəbul edir və çıxışında reaktiv cərəyan yaradır.

Nəzarətçinin PI vahidinin çıxışı növbəti istinad gərginliyinin dəyəridir. Bu istinad gərginliyi dəyəri bloka gəlir və ölçülə bilən gərginlik qiymətinə bölünür və sabitlə vurulur. Bu blok PWM idarəetmə bloku kimi tanınır. Pm (modulyasiya indeksi) məhdudlaşdırıcı xüsusiyyətə malikdir. Bu idarəetmə strukturu ümumiyyətlə reaktiv cərəyanı məhdudlaşdırmaq xüsusiyyətinə malikdir. Bu məhdudiyət adətən nasazlıq halında işə düşür. Bu halda, reaktiv cərəyan geri qidalanır və çeviricidəki gərginlik dəyərini tənzimləyir. Bundan əlavə, elektrik stansiyasında yüksək sabit gərginlik vəziyyətində dənizdəki elektrik stansiyasının tezliyi arzuolunmaz səviyyəyə yüksəlir. Bu yüksəliş idarəetmə bloku tərəfindən bir signal olaraq külək turbinlərinə gətirilir. Belə ki, külək turbinlərinə gətirilən bu signal aktiv gücü azaldır və tezliyin normallaşmasına şərait yaradır.



Şəkil 3.14. Dəniz HVDC idarəetmə sisteminin ümumi strukturu



Şəkil 3.15. Enerji sisteminin tək xətt diaqramı

Enerji sistemlərində elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakının istismar həddində qalması və yük axınının balanslaşdırılmış olması vacibdir. Yük axınının təhlili: Şin gərginliklərinin məqbul səviyyədə olub-olmaması, müxtəlif enerji sistemi avadanlığının şəbəkənin yüklənməsinə necə təsir etməsi, enerji sisteminin zəif cəhətləri, enerji sistemindəki itkilərin dərəcəsi, düzgün mühafizənin necə təmin edilməsi koordinasiya və s. Əhəmiyyətli məsələlər haqqında məlumat verir (Akdağ et al., 2018).

Beləliklə, mövcud enerji sistemi haqqında ümumi məlumat verir və gələcək planlamağa imkan verir. Yük axınının təhlili virtual mühitdə mövcud enerji sisteminin modelləşdirilməsi ilə təhlil edilə bilər. Modelləşdirmə, simulyasiya və təhlil enerji sistemləri mühəndisliyi sahəsində tədqiqatlarda keyfiyyət sisteminin layihələndirilməsində istifadə olunan mühüm üsullardır.

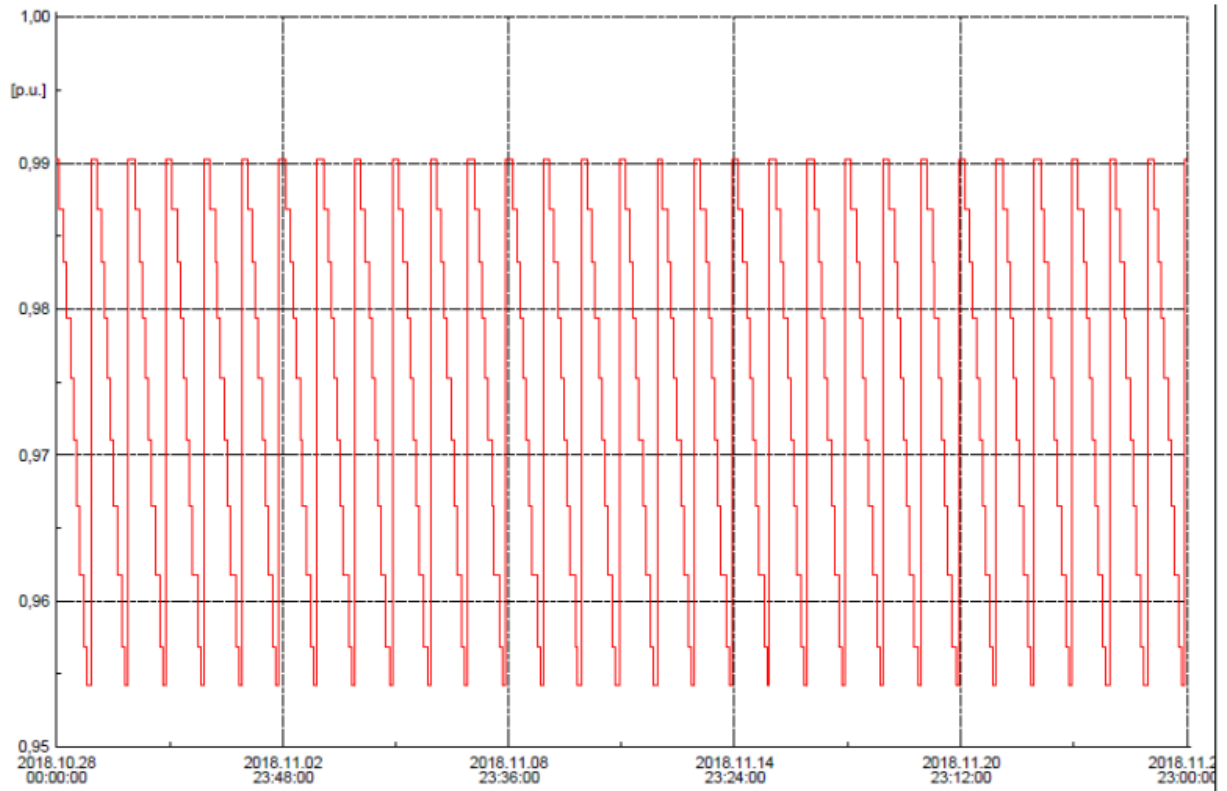
Mövcud qurulmuş sistemlərdə dəyişiklik etmək rus ruletini oynamaq kimidir. Dəyişikliyin gözlənilməz təsirlərinin dəyəri çox yüksək ola bilər. Bununla belə, əgər sistem virtual mühitdə modelləşdirilib və simulyasiya edilibsə, sizin qeyri-məhdud sərbəstliklə sınaqdan keçirmək və dəyişikliklərin nəticələrini görmək imkanınız var.

Tədqiqatda, yük axını analizində güc sistemində güc balansını yaratmaq üçün DigSilent proqramında boş avtobus olaraq 10 nömrəli Altınoluk virtual avtobusu (yelləncək avtobusu) seçilmişdir. Bu seçimlə, enerji sistemində uyğun olaraq bu shinanın aktiv gücünü daim dəyişdirərək tarazlığa nail olmağa cəhd edilir. Aktiv gücə nəzarət bu şəkildə balanslaşdırılır. Enerji sistemində (1-2-3-5-7. Şinlər) generatorların reaktiv güc ehtiyatlarından istifadə etməklə DigSilent proqramında reaktiv gücə nəzarət həyata keçirilib. Bu generatorların gərginlik tənzimləyiciləri elektrik sistemindəki iş şəraiti daxilində şinlərdəki gərginlik dəyərlərini saxlamaq üçün istifadə edilmişdir.

Dinamik simulyasiya təhlili paketi orta və uzunmüddətli simulyasiya tədqiqatlarında istifadə olunan zamandan asılı yük axını təhlilinə imkan verən DigSilent moduludur. Bu modulla simulyasiya müddəti və simulyasiya addım intervalı kimi parametrləri müəyyən etmək mümkündür. Bu xüsusiyyət ilə enerji sisteminin istənilən iş şəraitində sistem performansını haqqında məlumat əldə edilə bilər.

Bu tədqiqatda dəniz külək elektrik stansiyasının müəyyən bir müddət ərzində enerji sistemində təsiri təhlil edilmişdir. Enerji sistemlərində gərginliyin sabitliyi, nominal iş şəraitində enerji sistemində istənilən hədlər daxilində qalan gərginlik kimi ifadə edilir. Müvafiq shinanın gərginlik dəyişməsinin 0,95 pu-1,05 pu həddlərində qalması arzu edilir.

Şəkil 3.15-də göstərilən dəniz/quru elektrik stansiyasına aid olan və müvafiq enerji sistemində aid olan shinanın gərginlik dəyəri 0,95 pu ilə 0,99 pu arasında qalır. Beləliklə, elektrik stansiyası müəyyən edilmiş müddət ərzində istənilən gərginlik diapazonunda qaldı.

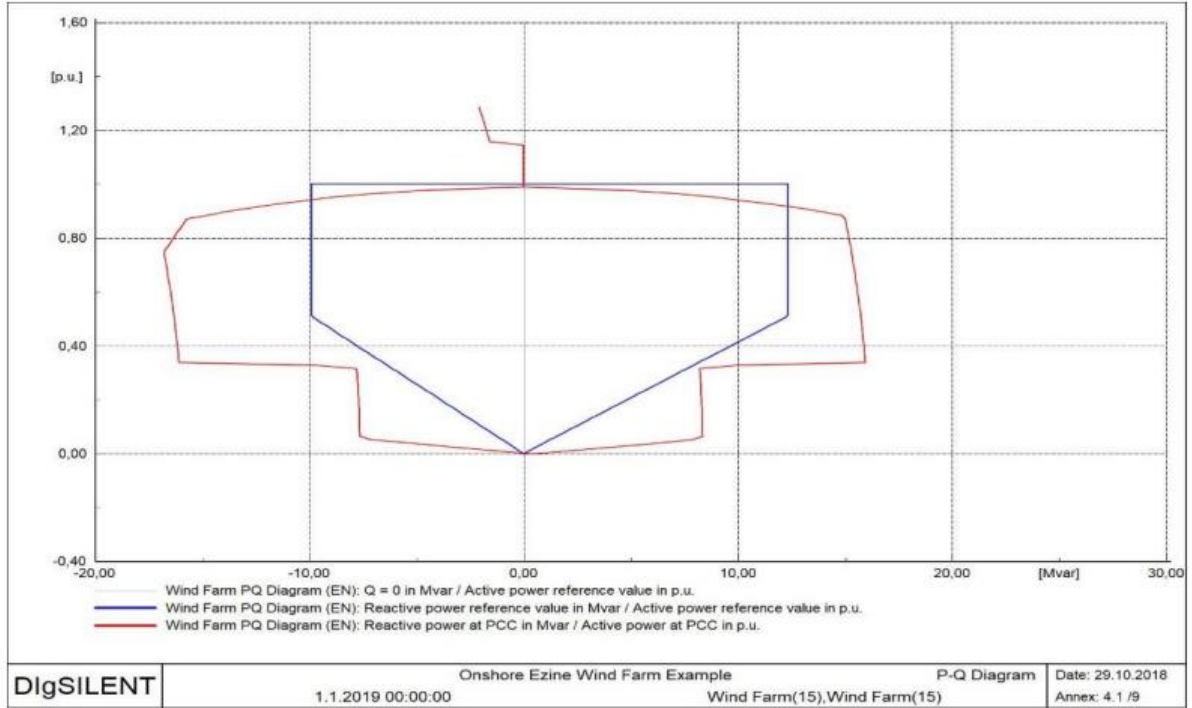


Şəkil 3.15. Dəniz elektrik stansiyasının şinində gərginliyin qiyməti

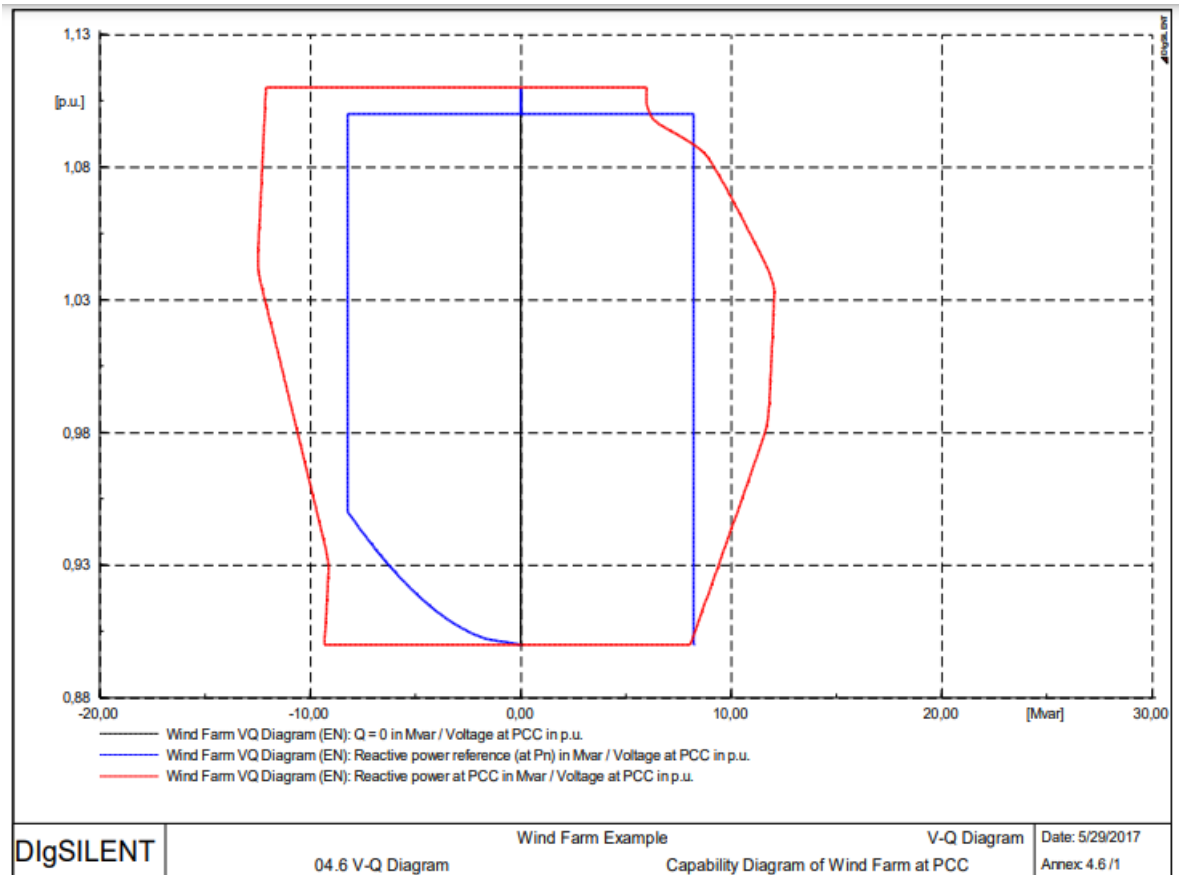
V-Q diaqramı sistemin sabitlik vəziyyəti haqqında məlumat verə bilər. V-Q diaqramı quru külək elektrik stansiyasının reaktiv enerji təchizatı qabiliyyətinin uyğunluğunu göstərən diaqramdır. Bu diaqram tənzimləmədə göstərilən tələblərə cavab verirsə, enerji sisteminin gərginlik dəyəri istənilən diapazonda saxlanıla bilər.

Tədqiqatda bu gərginlik hədləri 0,9 ilə 1,1 pu arasında çəkilmişdir. V-Q diaqramı Şəkil 16-da (DGT, 2018) görüldüyü kimi P-Q diaqramının çəkiliş mərhələsində təsvir olunduğu kimi DPL kodlarından istifadə etməklə DigSilent proqramında tərtib edilmişdir.

Şəkil 16-da qırmızı rənglə çəkilmiş əyri külək generatorlarının əyrisidir. Mavi əyri sistemin V-Q əyrisidir. İstənilən vəziyyət qırmızı əyrinin mavi əyrini əhatə etməsidir. Bu tədqiqatda quruda yerləşən külək elektrik stansiyasının şəbəkəyə qoşulma nöqtəsinin gərginliyinə görə V-Q əyrisini təmin etdiyi müşahidə edilmişdir.



Şekil 3.16. Onshore santrale ait P/Q diyagramı



Şekil 3.17. Quruda küləyin V/Q diaqramı

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
___ kafedrası

Rəhimli Cəlal oğlu

ALTERNATİV ENERJİ QURĞULARININ KEYFİYYƏT
GÖSTƏRİCİLƏRİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ VƏ PRAKTİKİ
TÖVSIYƏLƏRİN HAZIRLANMASI
mövzusunda
MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Maşınların möhkəmliyi və dinamikası

Elmi rəhbər: T.e.n., dos. Eldar F. Axundov

BAKİ – 2024

IV FƏSİL. ALTERNATİV ENERJİ QURĞULARININ KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏRİN HAZIRLANMASI

4.1. Azərbaycanca alternativ potensialının qiymətləndirilməsi və gələcək perspektivlər

Azərbaycanın zəngin neft və qaz ehtiyatları onun iqtisadiyyatının və global enerji bazarındakı mövqeyinin həlledici hərəkətverici qüvvəsi olmuşdur. Bu resursların istehsalı və ixracı ölkənin ÜDM-ə və dövlət gəlirlərinə əhəmiyyətli töhfə verib. Azərbaycanın energetika sektoru 19-cu əsrin sonlarında Nobel qardaşları tərəfindən 1897-ci ildə Bakıda 550 kVt gücündə ilk elektrik stansiyasının yaradılmasından başlanan çoxillik tarixə malikdir. Bu illər ərzində Azərbaycan ilk enerji istehsalçısına çevrilib.

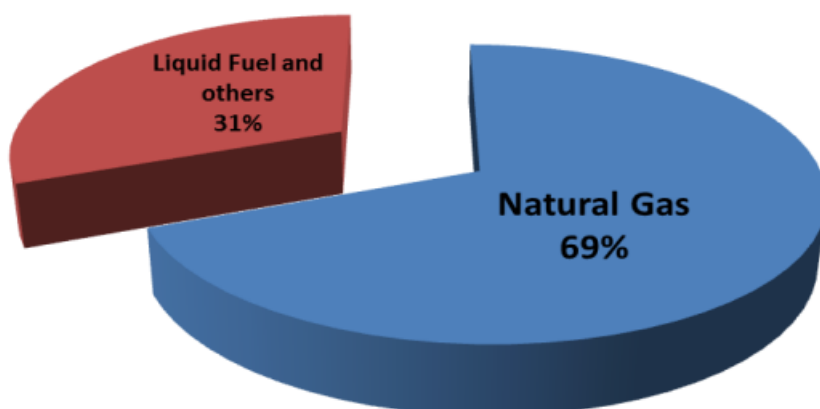
Azərbaycanın enerji təchizatı hazırda yanacaq ilə işləyən elektrik stansiyalarından asılıdır, elektrik enerjisi istehsalının böyük hissəsini istilik elektrik stansiyaları təşkil edir. 2022-ci ildə ölkədə ümumi elektrik enerjisi istehsalı 29 004,3 milyon kilovatsaat olub ki, bunun da 27 059,1 milyon kilovatsaatı istilik elektrik stansiyalarının, 1 595,7 milyon kilovatsaatı su elektrik stansiyalarının, 349,5 milyon kilovatsaatı isə digər bərpa olunan mənbələrdən (mədən energetikası) əldə edilib.

Kömür və neft əsaslı elektrik stansiyaları əsasən yüksək karbon intensivliyinə görə yaşıl iqtisadiyyata keçid üçün ən arzuolunmaz enerji mənbələri hesab edilir. Məsələn, kömürün karbon intensivliyi təxminən 1000 q CO₂/kVt, neftin karbon intensivliyi isə 800 q CO₂/kVt, təbii qazın isə təxminən 500 q CO₂/kVt karbon intensivliyinə malikdir. Bunun əksinə olaraq, nüvə, su, külək və günəş kimi bərpa olunan enerji mənbələri 50 q CO₂/kVt -dan az olmaqla, daha aşağı karbon intensivliyinə malikdir (Lindsay, 2013).

Qlobal miqyasda, qalıq yanacaqların yanması nəticəsində ildə təxminən 34 milyard ton (Gt) karbon qazı (CO₂) emissiyaları meydana gəlir ki, bunun da təxminən 45%-i kömür, 35%-i neft və təxminən 20%-i qazdır (WorldNuclear, 2022).

Məsələn, kömür ABŞ-ın enerji istehlakının təxminən 12%-ni təşkil edib və enerji ilə bağlı fəaliyyətlər nəticəsində yaranan ümumi illik CO₂ emissiyalarının təxminən 21%-ni təşkil edib (EIA, 2022).

Azərbaycanda enerji istehsalı üçün bərk yanacaqlardan istifadə edilmir və 2021-ci ildə təbii qaz ölkənin elektrik enerjisi istehsalının 69%-nin əsas yanacaq mənbəyi olub (Stat, 2022).



Şəkil 4.1. Azərbaycanın enerji təchizatında yanacaq növlərinin xüsusi çəkisi faizlə (2021)

Azərbaycanın enerji sektorunu, xüsusən də kömür əsaslı elektrik stansiyalarından çox asılı olan digər ölkələrlə müqayisədə nisbətən ekoloji cəhətdən təmiz hesab etmək olar. Beləliklə, ölkənin təbii qaz və nüvə enerjisindən, eləcə də alternativ enerji mənbələrindən istifadə edən elektrik stansiyaları ən son yaşıl standartlara uyğun olaraq məqbul hesab edilmişdir (Abnett, 2022).

Yuxarıdakı bəyanat, digər qalıq yanacaqlarla müqayisədə nisbətən daha təmiz enerji mənbəyi hesab edilən təbii qaza nisbətən bərpa olunan mənbələrə artan prioriteti vurğulayır. Təbii qazın daha az istixana qazı emissiyasına səbəb olmasına baxmayaraq, o, hələ də iqlim dəyişikliyinə öz töhfəsini verir və qlobal sürət qazanmış günəş, külək və hidroenergetika kimi bərpa olunan mənbələrə doğru keçidə gətirib çıxarır. Bu keçid müxtəlif amillərlə, o cümlədən bərpa olunan enerji mənbələrini daha münasib və əlçatan edən texnoloji irəliləyişlər və qalıq yanacaq istifadəsinin ətraf mühitə və sosial təsirlərə dair artan məlumatlılığa aiddir.

Azərbaycanda karbon izlərini azaltmaq, havanın keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və davamlı iqtisadi inkişafı dəstəkləmək üçün istifadə oluna bilən külək, günəş, geotermal və hidroenergetika kimi geniş bərpa olunan enerji resursları var. Bərpa olunan enerji infrastrukturuna sərmayə qoymaq və qalıq yanacaqlardan asılılığı azaltmaq yeni iş yerlərinin yaradılması, enerji təhlükəsizliyinin artırılması və daha dayanıqlı və dayanıqlı iqtisadiyyat kimi iqtisadi faydalar yarada bilər.

Azərbaycanın enerji sektorunun hərtərəfli təhlilini aparmaq üçün ölkənin enerji məsələlərinə cavabdeh olan ilkin orqanlarla məsləhətləşmək lazımdır. Azərbaycan Respublikasının Energetika Nazirliyi (minenergy.gov.az) və Dövlət Statistika Komitəsi (stat.gov.az) məlumat əldə etmək üçün iki əsas dövlət qurumudur. “Azərenerji” (azerenerji.gov.az) və “Azərişiq” (azerishiq.az) platformaları Azərbaycanda elektrik enerjisinin təchizatı və istehlakı ilə bağlı dəyərli məlumat mənbəyidir. Azərbaycanda yaşıl enerji sektoru və qarşıda duran layihələr haqqında məlumat toplamaq üçün Azərbaycan Respublikasının Energetika Nazirliyi yanında yeni yaradılmış Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi (area.gov.az) etibarlı mənbədir.

Agentlik Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin təşviqi və inkişaf etdirilməsi və əlaqədar layihələrin icrasına nəzarət üçün məsuliyyət daşıyır. Bundan əlavə, rəsmi dairələrin bəyanatları mühüm məlumat mənbələrini təmin edə bilər. Çoxlu sayda alimlər Azərbaycanın yaşıl enerji sektoru ilə bağlı davamlı enerji istiqamətində hökm sürən qlobal tendensiyaya uyğun elmi ədəbiyyat hazırlayıblar.

Azərbaycanın yaşıl iqtisadiyyatının ətraflı təhlilini təklif edən çox qiymətli əsərdir. Kitab ölkənin yaşıl təşəbbüslərinə xüsusi diqqət yetirməklə, davamlı inkişafı təşviq etmək səylərinin hərtərəfli araşdırılmasını təmin edir. Vidadili və başqalarının müəllifi olduğu akademik məqalə. (2017) Azərbaycanın davamlı enerji və bərpa olunan resurslara keçidi ilə bağlı elmi diskurs təqdim edib. Alimlər Azərbaycanın bərpa olunmayan enerji mənbələrindən hədsiz asılılığının yumşaldılmasının vacibliyini vurğulayır və dayanıqlı enerjinin inkişafı yolunda həlledici addımlar kimi

alternativ mənbələrin, o cümlədən günəş, külək və su enerjisinin qəbulunu təklif edirlər.

Mustafayev və b. (2022) günəş və külək enerjisinin gələcək inkişafı potensialına xüsusi diqqət yetirməklə Azərbaycanda bərpa olunan enerjinin hazırkı vəziyyətinin hərtərəfli təhlilini təklif edir. Həmidova və b. (2022) bərpa olunan enerji mənbələrini tətbiq etməyə cəhd edərkən Azərbaycanın üzləşdiyi çətinlikləri diqqətlə araşdırır.

Rzayeva və b. (2021) inkişaf etməkdə olan ölkə kimi təsnif edilən Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin təbii və iqtisadi təsirlərini təhlil edir. Bunlardan başqa Muxtarov və b. (2017) Azərbaycanda enerji istehlakı və iqtisadi artım arasında korrelyasiya ilə bağlı akademik araşdırma aparır.

Alternativ enerji sahəsində hazırda Azərbaycanda su elektrik stansiyaları dominant enerji istehsalı mənbəyidir və 2022-ci ildə ölkənin ümumi enerji istehsalının təxminən 6%-ni təşkil edir. Azərbaycanda iki ən böyük su elektrik stansiyası Mingəçevir SES-dir. 424 MVt, gücü isə 380 MVt olan Şəmkir SES-i və hər ikisi Kür çayında yerləşir. Bu zavodlar ölkənin enerji kompleksində mühüm rol oynayır və Azərbaycanın bərpa olunmayan enerji mənbələrindən asılılığının azaldılmasına töhfə verir. Azərbaycanda SES-lərin ümumi potensial gücü 1150 MVt-dan çoxdur.

Gücü 10 MVt-dan az olan SES-ləri “kiçik su elektrik stansiyaları” hesab etmək olar. Azərbaycanın kiçik dağ çaylarında su elektrik stansiyalarının tikintisi yerli enerji təhlükəsizliyini təmin edir və gələcəkdə belə stansiyaların daha çox yaradılması nəzərdə tutulur. Kiçik su elektrik stansiyalarının istifadəsi kənd və daxili bölgələrdə elektrik enerjisi ilə təmin etmək və davamlılığı təşviq etmək üçün effektiv vasitə kimi tanınıb.

Planda Azərbaycanın işğaldan azad edilmiş Qarabağ bölgəsi və onun ətrafında su elektrik stansiyalarının tikilməsi nəzərdə tutulur. Qarşıda duran layihələrdən biri də Cəbrayıl rayonunda Araz çayı üzərində birgə gücü 140 MVt olan “Xudafərin” və

“Qız Qalası” su elektrik stansiyalarının tikintisidir ki, bu da yaxın vaxtlarda istifadəyə veriləcək.

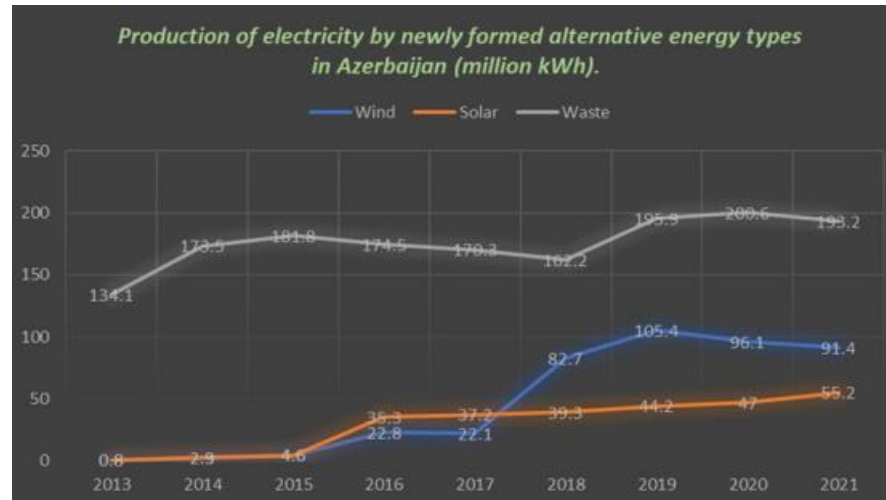
Azərbaycan ənənəvi hidroenergetikadan kənarında müxtəlif bərpa olunan enerji mənbələrini inkişaf etdirmək potensialına malikdir. Ölkənin dayanıqlı enerji növlərinin əksəriyyəti üçün perspektivli perspektivləri var. Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə mühüm mövzudur, çünki o, müxtəlif növ enerji istehsalı üçün böyük potensiala malikdir. Günəş enerjisi il boyu yüksək günəş işığına məruz qalan düz bölgələrdə perspektivli bir alternativdir. Külək enerjisi adətən Küləklər Şəhəri adlandırılan Bakı və onun ətrafında turbinlərin quraşdırılması ilə səmərəli şəkildə istehsal oluna bilər. Bioenerji sənaye və məişət tullantılarından və ya təbiətdə olan istifadəyə yararsız biokütlədən əldə edilə bilər.

Xəzər dənizinin sahillərində cihazların quraşdırılması dalğa enerjisi üçün əlverişli variant təqdim edir. Geotermal enerji Qarabağ zonasında, Kəlbəcər və Laçın ərazilərində aktiv geotermal ərazilərdən əldə edilə bilər. Bu potensial bərpa olunan enerji mənbələri Azərbaycanda davamlı enerji inkişafı üçün imkanlar təklif edir. Azərbaycanın Naxçıvan bölgəsi günəş enerjisindən istifadə üçün ideal yerdir, çünki ölkədə ən yüksək günəş radiasiyasını alır. Günəş enerjisi üçün digər əlverişli ərazilər Aran və Şərqi Zəngəzur rayonlarıdır. Bu arada, Qarabağ zonasında yeni kəşf edilmiş ərazilərdə külək enerjisi potensialı var.

Qeyd etmək lazımdır ki, Azərbaycanın bu yaxınlarda işğaldan azad edilmiş ərazilərində bərpa olunan enerji mənbələri, xüsusilə günəş, külək və geotermal enerji mənbələri üçün böyük potensial mövcuddur. Bu mənbələrin ümumi potensial gücünün 10 000 MVt-a çatma biləcəyi təxmin edilir. 2004-cü ildə “Azərbaycan Respublikasında Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələrindən İstifadə üzrə Dövlət Proqramı”nın həyata keçirilməsi ölkədə bərpa olunan enerji resurslarından istifadə sahəsində mühüm mərhələ oldu (E-qanun, 2004).

Bu proqram Azərbaycanda yaşıl enerji infrastrukturunun yaradılması üzrə fəaliyyət planını təklif edirdi (Eko, 2004). Son illərdə ölkə 2013-cü ildən bəri üç yeni yaşıl enerji sahəsinin yaradılması ilə bu məqsədə nail olmaq yolunda mühüm

irəliləyiş əldə edib. Bu yataqlar ölkənin davamlı enerji mənbələrinin təşviqi səylərinə töhfə verməklə uğurla fəaliyyət göstərir.



Şəkil 4.2. Azərbaycanca yeni doğulmuş yaşıl enerji sahələri.

Mənbə: Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsi

Cəmiyyət ekoloji cəhətdən daha şüurlu və dayanıqlı enerji mənbələrinə doğru irəlilədikcə, quraşdırılmış bərpa olunan elektrik enerjisi üçün potensialın qiymətləndirilməsi zəruridir. BMTİP-in Bərpa Olunan Enerji Snapshotına (2014) görə Azərbaycan bərpa olunan elektrik enerjisi potensialı üçün diqqətəlayiq texniki potensiala malikdir. Buraya 115,200 MVt gücündə olan quraşdırılmış günəş PV gücü üçün təsirli potensial daxildir.

Bu əhəmiyyətli rəqəm regionda istifadə oluna biləcək geniş günəş resurslarını nümayiş etdirir. Bundan əlavə, Azərbaycanın 4500 MVt-a qədər quraşdırılmış külək gücü yaratmaq potensialı var ki, bu da sahilyanı ərazilərdə külək ehtiyatlarından istifadə imkanını vurğulayır. Tədqiqat həmçinin Azərbaycanın quraşdırılmış biokütlə gücü üçün texniki potensialının təxminən 1500 MVt olduğunu təxmin edir.

Azərbaycan davamlı tərəqqiyə təkan verən qlobal enerji siyasətlərinə uyğundur. Azərbaycan Respublikası 12 dekabr 2015-ci il tarixdə Tərəflərin 21-ci Konfransı zamanı ratifikasiya olunmuş Paris Sazişinə uyğun olaraq Konvensiyanın Katibliyinə Milli Müəyyən olunmuş töhfələrini öhdəsinə götürmüşdür. Qlobal iqlim dəyişikliyinə zərərli nəticələri ilə mübarizə aparmaq üçün Azərbaycan öz üzərinə

öhdəlik götürmüşdür 1990-cı ildəki emissiya səviyyələrinə əsaslanaraq 2030-cu ilə qədər istixana qazı emissiyalarını 35% azaltmağı hədəfləyir. 2021-ci ilin noyabrında Qlazqoda keçirilən COP26 Konfransında Azərbaycan 2050-ci ilə qədər emissiyaları 40% azaltmağı və işğaldan azad edilmiş ərazilərdə “xalis sıfır emissiya” zonası yaratmağı öhdəsinə götürdü (SOCAR, 2021).

2030-cu ilə qədər əsas məqsəd ölkənin ümumi enerji kompleksində bərpa olunan enerjinin payını 30%-ə çatdırmaqdır. Buna nail olmaq üçün yalnız bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etməklə cəmi 1500 MVt yeni generasiya gücü inkişaf etdiriləcəkdir. Bu yeni güc 2023-cü ilə qədər 440 MVt, 2023-2025-ci illərdə 460 MVt və 2026-2030-cu illərdə 600 MVt olacaq (Həsənov, 2023).

29 dekabr 2020-ci il tarixində Energetika Nazirliyi, “Azərenerji” Səhmdar Cəmiyyəti və Səudiyyə Ərəbistanı Krallığının “ACWA Power” şirkəti arasında quraşdırılmış gücü 240 MVt olan külək elektrik stansiyasının tikintisinə dair saziş imzalanıb.

Müqavilə üç komponentdən ibarət idi: “İnvestisiya Müqaviləsi”, “Enerjinin Alqı-Satqı Müqaviləsi” və “Ötürülmə Şəbəkəsinə qoşulma Müqaviləsi”. “ACWA Power” şirkəti hazırda Azərbaycanda qarşılıqlı əməkdaşlıq yolu ilə yaradılmış irimiqyaslı yaşıl enerji təşəbbüsünün bir hissəsi olan 240 MVt gücündə külək elektrik stansiyası layihəsini icra edir. Tamamlandıqdan sonra layihənin hər il təxminən bir milyard kilovat-saat elektrik enerjisi istehsal etməsi, təxminən 220 milyon kubmetr təbii qaza qənaət etməsi və karbon emissiyalarını ildə 400.000 tondan çox azaltması proqnozlaşdırılır (ACWA, 2023).

6 aprel 2021-ci il tarixində Energetika Nazirliyi, “Azərenerji” ASC və Birləşmiş Ərəb Əmirliklərinin “Masdar” şirkəti arasında “İnvestisiya Sazişi”, “Enerjinin Alınması Müqaviləsi” və “Enerji Şəbəkəsinə qoşulma Sazişi” imzalanmışdır. (Wood, 2022).

Əraziyə (2023) görə, Azərbaycanda dörd əlavə böyük yaşıl enerji layihəsi həyata keçirilir ki, bunları qeyd etmək lazımdır:

- “Xızı-Abşeron” Külək Elektrik Stansiyası – 240 MVt.

- “Qaradağ” Günəş Elektrik Stansiyası - 230 MVt.
- “Şəfəq” Günəş Elektrik Stansiyası.
- “Xudafərin” və “Qız Qalası” Su Elektrik Stansiyaları.

Digər alternativ külək enerjisi mənbələri ilə müqayisədə külək enerjisi qurğularından istifadə imkanlarının həddən artıq böyük olması səbəbindən Azərbaycanda ən arzuolunan dayanıqlı enerji mənbələrindən biri hesab olunur. Dəlillər göstərir ki, Azərbaycan Respublikası öz coğrafi vəziyyətinə və iqtisadi infrastrukturuna görə təqribən illik 800 MVt külək gücünə malikdir. Bu bərpa olunan mənbədən əldə edilən elektrik enerjisinin, yəni mövcud gücdən 2,5 milyard kVt/saat elektrik enerjisinin qeyd edilməsi böyük miqdarda karbon qazını çıxararaq 1 milyon ton qalıq yanacağa qənaət etməyə imkan verəcək. Abşeron yarımadasında, eləcə də Xəzər dənizinin sahillərində və Xəzərin şimal-qərbində yerləşən adalarda rahat küləkli şərait daha üstün olduğundan həmin ərazilərdə külək qurğularının tikintisi məqsədəuyğundur.

Bundan başqa, Gəncə-Dəhşəsən zonası və Şərur-Culfa, eləcə də Naxçıvan Muxtar Respublikası kimi rayonlarda küləyin orta illik sürətinin 3-5 m/s təşkil etdiyi hesablamalar əsasında belə enerjidaşıyıcı vasitələrin bazasının yaradılması üçün geniş imkanlar yaradır.

Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Energetika və Layihə İnstitutu Yaponiyanın “Thomen” şirkəti ilə birgə Abşeronda küləyin orta illik sürətinin 7,9-8,1 m/s olduğunu müəyyən edib. Beləliklə, orta uzunluqda küləyin sürəti 6 m / s külək enerjisindən istifadə etmək üçün sərfəli və texniki potensialı nümayiş etdirir. Buna görə də, Xəzərin şimal sahilində, Yanı Yaşmada “Caspian Technology” şirkətinin idarə etdiyi 1,77 MVt gücündə iki külək turbini Bakı külək resursundan enerji istehsalı sahəsində hazırkı təşəbbüsdür.

Təsəvvür etmək olar ki, yaxın və ya uzaq gələcəkdə yuxarıda qeyd olunan təşəbbüslər Azərbaycanın enerji tarazlığında bərpa olunan enerji mənbələrinin payını artırma bilər.

Külək elektrik stansiyasının gücünü 40 MVt genişləndirmək üçün Almaniyanın birgə müəssisəsi sistemində aparılan siyasət özünün optimal mərhələsinə çatıb. O, 54 tarif orqanının qərarı ilə əsasən Sumqayıt ərazisi üçün xüsusi tariflə fəaliyyət göstərəcək. Şirkət proqnozlaşdırır ki, bu park 250 MVt gücündə mümkün elektrik enerjisi istehsalına qədər böyüyəcək.

Xəzər dənizində dərin qazma qurğularına xidmət göstərmək üçün dəniz külək enerjisi güclərinin inkişaf etdirilməsi məqsədilə ilkin külək turbinləri Caspian Technology Company (CTC) tərəfindən Energy Competence Center GmbH (ECC) ilə əməkdaşlıq çərçivəsində inşa edilmişdir. Həmçinin, Bakı-Quba marşrutu boyunca, Xızı rayonu Yeni Yaşmada yerləşən bu iki 1,7 MVt gücündə külək turbinləri 36 kVt ümumi yaşıl elektrik enerjisini ilk növbədə milli enerji sektoru şəbəkəsinə verir. Bu layihə 6,5 milyon kVt enerji verir və ildə 2,5 milyon m³ təbii qaza qənaət edir.

Xızı rayonundakı quru külək parkı “Şurabad”dakı CTC layihəsinə hər birinin ümumi enerji gücü 3 MVt olan 16 külək turbini daxildir. Külək Parkının bölgədəki yüksək küləyin sürətinə (8,7 m / s və sıxlığı 1,2 kq/m³ hesablanmış) töhfə verməsi planlaşdırılırdı.

Tam gücü 50 MVt və quraşdırma üç mərhələdə həyata keçiriləcək: ilkin olaraq 15 MVt; ikincidə - 18 MVt; sonuncuda isə 15 MVt. Bu, proqnozlaşdırıla bilər ki, istehsal olunan elektrik enerjisinin 47%-i ildə 183 GVt milli şəbəkəyə qoşulacaq. Hər bir külək turbini 120/38 kVt/saat paylayıcı xətt vasitəsilə şəbəkəyə birləşdiriləcək.

CO₂ emissiyalarının illik təxmini azalması təxminən 101,500 ton təşkil edir. Turbinin arxitekturası və quraşdırılmış proqram təminatı hər bir turbinin müstəqil şəkildə yerləşdirilməsinə imkan verir.

Günəş fotovoltaiqlərinin və əsas günəş paneli fermalarının tətbiqi ilə bağlı dünya təcrübələri müxtəlif ölkələrdə eyni cür ən yaxşı şərtlərin əldə edilməsi üçün müzakirə edilir. Onların RES-in, xüsusən də günəş enerjisi layihələrinin inkişafı üçün siyasət çərçivələri göstərdi ki, enerji strategiyasının uğurlu tətbiqi üçün nəzərə

alınmalı müxtəlif amillər vardır. Günəş enerjisinin bol, asanlıqla əldə edilə bilən və bərpa olunan enerji istehsal sistemlərinin ən təhlükəsiz formalarından biri olduğu hamıya məlumdur.

Günəş enerjisi texnologiyaları üç qrupa bölünməlidir. Fotovoltaik (PV) sistem əsasən yarımkeçirici materialdan istifadə edərək günəş radiasiyası prosesi vasitəsilə birbaşa çevrilmə yolu ilə elektrik enerjisi istehsal edir. Konsentrasiya kollektorları əsasən müəyyən edilmiş yüksək temperatürə çatmaq üçün fokus kollektor nöqtəsinə yerləşdirilən qəbuledicini qızdırmaq üçün günəş enerjisinin cəmlənməsi prosesi ilə işləyir, bundan sonra istilik enerjisi tanınmış turbin sistemindən istifadə edərək mexaniki enerjiyə çevrilə bilər və sonra enerjiyə çevrilə bilər. Nəticədə, günəş istilik və soyutma sistemləri suyun və ev sahəsinin isitmə və soyutma prosesində günəş istilik enerjisini istehlak edir.

Mövcud sübutlara əsaslanaraq, günəş istilik kollektorlarının isitmə, eləcə də soyutma tətbiqləri üçün istifadə olunan qalıq enerji istehlakını azaltmaq üçün əhəmiyyətli potensiala malik olduğunu təklif etmək ədalətli görünür. Duzsuzlaşdırma sistemində günəş texnologiyasının istifadəsi duz və ya dəniz suyundan təmiz suyun aydın seçimlərindən biridir. Günəş enerjisi sistemlərinin səmərəliliyi və mövcudluğu gündəlik günəş radiasiyasının miqdarından və radiasiya dalğalanmasından son dərəcə asılıdır.

Coğrafi mövqeyinə görə Azərbaycan günəş enerjisi potensialına görə fenomenal yerlərdən biri hesab olunur. İqlim şəraiti ölkəyə günəş enerjisi istehlak edən elektrik və istilik enerjisi istehsalı üçün böyük imkanlar yaratmağa imkan verir. Bu şərtlər 2400-3200 illik günəş saatlarının Azərbaycanın potensial tərəqqi baxımından geri qalmadığını sübut edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, ABŞ və Mərkəzi Asiyada günəş işığının illik sayı 2500-3000 saat civarındadır. Bundan əlavə, Azərbaycanın fotovoltaik proqramının (PVP) cəlb edilməsi onun enerji problemlərini xeyli dərəcədə həll edə bilər.

Bakı şəhərinin Suraxanı və Pirallahı rayonlarında elektrik stansiyasının tikintisi başa çatdırılmışdır. Suraxanı SES 6 hektar ərazini əhatə edir və 8000 günəş

paneli vasitəsilə təxminən 1,3 MVt elektrik enerjisi istehsal edəcək. Bu elektrik stansiyasında əlavə olaraq 4000 günəş paneli quraşdırılmalıdır. Layihənin gücü 2,8 MVt, illik elektrik enerjisi istehsalının isə 4000 MVt olduğu təxmin edilir ki, bu da ildə 1,5 milyon m³ təbii qaza qənaət etməyə bərabərdir.

Suraxanı rayonunun Çilov kəndinin elektrik enerjisinə olan tələbatını ödəmək üçün İES 2015-ci ilədək şəbəkəyə qoşulacaq, SAARES 10 MVt gücündə əlavə hibrid stansiyanın TİƏ-nin yaradılmasına başlayıb. Hazırda SAARES müşahidə və ölçmə hədəfləri üçün 80 m hündürlüyündə külək turbinini quraşdırıb. Pirallahı SES-in ilkin gücü 1,2 MVt-dir. Bu SES Pirallahı adasında tikilən ilk elektrik stansiyasıdır. Bundan əlavə, “Azgün-teç” MMC “Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin istehlakı üzrə Dövlət Proqramı” və dövlət proqramı ilə əlaqədar olaraq ibtidai məktəblərdə, uşaq bağçalarında, eləcə də səhiyyə sektorunda günəş batareyaları (fotovoltaik modullar), həmçinin istilik nasosları quraşdırır.

Bu layihələr ətraf mühit haqqında məlumatlılığın artırılması və sakinlərin istiliklə yanaşı yaşıl elektrik enerjisi ilə təmin edilməsi yolu ilə enerji davamlılığına dəstək məqsədi ilə təşkil edilib. Baxmayaraq ki, bu qurum biznes fəaliyyətinin olmaması səbəbindən hökumət tərəfindən dəstəklənmir. Ətraf mühitin mühafizəsi və gənc nəsil arasında davamlılıq, Bakının müxtəlif ərazilərində hər 10 məktəbdə günəş panelləri və istilik nasosları quraşdırılıb.

1. Şirkət Beyləqan və Masallıda 50 kVt/saat, istilik nasosları üçün isə 76 kVt/saat gücündə günəş panelləri və qapalı uşaq meydançalarında istilik nasosları tikib;

2. Müəssisə Bakı şəhəri, Hövsan kəndindəki uşaq sağlamlıq mərkəzində ümumi gücü 35 kVt-saat olan günəş stansiyası və həmçinin hesabi gücü 60 kVt/saat olan istilik proqramı inşa etmişdir.

Azərbaycanda günəş enerjisinin böyük potensialı nəzərə alınaraq ölkədə günəş elektrik stansiyalarının tikintisi davam etdirilir. Biokütlə Biokütlə enerjisi odun, ağac tullantıları, bitkilər, heyvan tullantıları, qida tullantıları, su bitkiləri və s. kimi bir neçə mənbədən toplanan bioloji materialdan istehsal olunur. Bundan əlavə,

aşağı qiymətli xüsusiyyətinə görə biokütlə enerjisi təmiz enerji mənbələrinə keçiddə enerji böhranının qısamüddətli həlli. Biokütlənin birbaşa yanmasına əlavə olaraq, qazlaşdırma və iflic üsulları kimi biokütlədən istifadə etmək üçün daha təmiz variantlar var.

Qazlaşdırmada biokütlə mənbəyindən eyni vaxtda istifadə etmək üçün biokütlə mənbəyinin rütubəti 5-30% olmalıdır (Gunjan N. 2010) Qazlaşdırmanın iki üsulu var: dolayı istilik və birbaşa isitmə qazlaşdırma. Biokütlə mənbələri hidrogen və metan istehsalının xüsusi üsulu üçün də istifadə edilə bilər. Azərbaycanda sənaye, kənd təsərrüfatı və sosial xidmətlərin sürətli inkişafı aşağıdakı biomaddələrdən toplanan biokütlədən elektrik enerjisi istehsalı üçün yeni imkanlar açır:

- yanar sənaye tullantılarından;
- ağac və ağac emalı istehsalının tullantıları;
- kənd təsərrüfatı və üzvi tullantılar;
- məişət və məişət tullantıları;
- Neft və neft məhsulları ilə çirklənmiş yataqlardan təkrar emal edilən tullantılar.

Artıq bir çox ölkələr bu cür problemlərin həlli üçün sıx yaşayış məntəqələrində tikilən yandırma zavodlarında istənilən növ məişət tullantılarını yandırmaq üçün üsullar kəşf ediblər. Yaxınlıqdakı yaşayış məntəqələri daha sonra tullantı enerjisinin yanmasından elektrik və istiliklə təmin edilir. Bişmiş tullantıların qalıqları torpağın münbitliyini artırmaq məqsədilə gübrə kimi geniş istifadə olunur. Ona görə də belə zavodların yaradılması Azərbaycan üçün mənə kəsb edəcək.

Xarici sərmayələr və bərpa olunan sənaye üzrə praktiki biliklər, xüsusən də bu mənbələri düzgün idarə etmək üçün yeni üsullar belə infrastrukturun qurulması və saxlanması həm iqtisadi, həm də ekoloji perspektivlərinə nail olmaq üçün son dərəcə vacibdir.

Buna görə də Fransanın CNIM şirkəti 2006-2010-cu illərdə Azərbaycan Respublikasında ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması üzrə inklüziv tədbirlər planı

çərçivəsində Azərbaycanda ilk bərk məişət tullantılarının yandırılması zavodunun tikintisinə rəhbərlik etmişdir.

Bu stansiya ildə təxminən 231,5 milyon kilovatsaat elektrik enerjisi istehsal etmək gücündədir və bu nəticə Aİ-nin ekoloji tələblərinə cavab verir. Zavod rəhbərliyinin əlavə etdiyi kimi, zavodun aşkar etdiyi çirklənmə xüsusi böyük filtrlər vasitəsilə tutularaq prosesin son mərhələsi kimi zərərsizləşdirilir. Bundan əlavə, Balaxanı bərk məişət tullantılarının yandırılması zavodunda hər birinin gücü 250 milyon kilovatsaat olan elektrik enerjisi istehsalı üçün iki turbin var ki, bu da ümumilikdə stansiyanın təchiz olunmuş gücü 500 milyon kilovatsaat elektrik enerjisi təşkil edir (Təmiz Şəhər, 2017).

Bundan əlavə, “Azalternativenerji” MMC istehsalatdan, bitkiçilikdən və məişət tullantılarından biokütlənin texniki-iqtisadi əsaslandırılması istehsalına rəhbərlik edir və dağlıq (Dağlıq) Şirvan, Quba-Xaçmaz, Gəncə, Qazax, Lənkəran və Şəki-Zaqatala sənaye rayonları. Maraqlıdır ki, Siyəzən quşçuluq fabriki biokütlə tullantılarından istilik və elektrik enerjisi istehsalı texnologiyası alıb.

Tədqiqata əsasən, tullantı yandırma zavodu əsasən yaşayış məntəqələrinin yaxınlığında yerləşir ki, bu da onların tullantıların yandırılması nəticəsində əldə edilən enerjiden istifadə etmək imkanı yaradır. Hazırda Azərbaycanda ümumi sahəsi 900 hektar olan 200-ə yaxın poliqon mövcuddur (Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi, 2015).

Tədqiqatlar göstərir ki, tullantıların tərkibinin əksəriyyəti çoxlu miqdarda biokütlə maddələrinin toplandığı sənaye sahələrindəndir. Beləliklə, bundan sonradan elektrik enerjisi istehsalı üçün nəzərdə tutulan bioqaz, bio-mayə və bərk biomaddə istehsalında potensial olaraq istifadə oluna bilər. Bu yaxınlarda bu sahədə yeni özəl sektor oyunçusu hazırda kifayət qədər orta miqyasda fəaliyyət göstərir.

Azərbaycanda Bioropean MMC əsasən restoranlardan, iaşə xidmətlərindən, mətbəxlərdən və kiçik və böyük fast food şəbəkələrindən istifadə olunmuş yemək yağlarının toplanmasına yönəlmiş yerli şirkətdir. Göründüyü kimi, bu obyektlərdən

toplanan xammal yuxarıda qeyd olunan bio-maye formasının məhz biodizel istehsalı üçün böyük mənbədir.

Şirkətin bu bazarda yeni qurum olmasına baxmayaraq, onların düzgün idarə olunan əməliyyat sistemi zavoda ISCC (Beynəlxalq Davamlılıq və Karbon Sertifikatlaşdırma) standartlarının əhəmiyyətli meyarlarına uyğun işləməyə imkan verir. Həmçinin, bu biznes müəssisəsi işlənmiş yemək yağının xarici bazara çıxarılmasına nail olmuşdur ki, bu da öz növbəsində yeni davamlı təcrübə ilə enerji sektoruna fayda verməklə yanaşı, Azərbaycanın milli iqtisadiyyatına töhfə vermək üçün kifayət qədər əlverişli addımdır.

Diqqətlə aparılan araşdırmalar nəticəsində məlum olub ki, Azərbaycanda hər il iki milyon tondan çox bərk məişət və sənaye tullantıları tullantıların həzm olunduğu ərazilərə atılır. Bərk məişət və sənaye tullantılarının təkrar emalı Bakıda, eləcə də digər iri sənaye şəhərlərində ev təsərrüfatlarının isitilməsi ilə bağlı problemləri müəyyən dərəcədə həll edir.

Geotermal enerji bərpa olunan, davamlı, qeyri-məhdud, ucuz və ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbəyi kimi tanınır. Geotermal (geo torpaq, istilik istilik enerjisi deməkdir) isti su, buxar və bəzi kimyəvi maddələr olan qazların sadə tərkib hissəsidir. Geotermal enerjinin mənbəyi qaynar maqmadır və yer qabığının dərin qatlarında qalan radioaktiv materialları məhv edir.

Dünyadakı geotermal enerji insanların enerji ehtiyaclarını ödəmək üçün kifayətdir, lakin geotermal enerjinin yalnız çox kiçik bir hissəsi elektrik enerjisi istehsalı üçün faydalıdır. Dünyanın bir çox ölkələrində yerin dərinliyində olan istilik sənayedə, kənd təsərrüfatında, məişətdə, kommunal xidmətlərdə və səhiyyədə geniş istifadə olunur. Enerji istehsalı və istehlakında geotermal enerjidən istifadənin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onun istifadəsi böyük maliyyə vəsaiti tələb etmir.

Şübhəsiz ki, Azərbaycanda suların termik forması üçün mühüm potensial var ki, bu da iqtisadi, qanunvericilik, inzibati və etibar məsələləri ilə çox əlaqəlidir, lakin texniki problemlərlə heç bir əlaqəsi yoxdur. Onlara adətən Böyük və Kiçik Qafqazda, Abşeron yarımadasında, Talış dağ zonasında, Kürs ovalığında və Xəzər-

Quba rayonunda rast gəlinir. İstilik enerjisinə olan məişət və digər ehtiyaclar müəyyən edilmiş ərazilərdə termal suların aşkarlanması hesabına orta səviyyədə ödənilə bilər.

SAARES-in məlumatına görə, Azərbaycanın geotermal enerji potensialı 800 MVt-a qədərdir. İlk tədqiqatlar göstərir ki, Azərbaycanda 11 geotermal zona mövcuddur. Həmin zonalarda yerləşən bu quyularda suda saxlanılan temperatur 30-100°C arasında dəyişir. Onlar termal suyun növü ilə müəyyən edilən elektrik və ya istilik enerjisi yarada bilərlər. Nümunə üçün Quba ərazisində temperatur təxminən 36-85°C, Kür-Aras ovalığında isə 95°C-ə qədər yüksəlir.

Hər şeyi nəzərə alsaq, Azərbaycan hökumətinin öz potensialının reallaşdırılmasında və özəl sektorun alternativ və bərpa olunan enerji mənbələri ambisiyalarının reallaşdırılmasında səmərəli iştirakına imkan yaradılmasında rolunu həlledici olacaqdır.

4.2. Neft və qaz yataqlarının işlənməsinin səmərəliliyini artırmaq üçün alternativ enerjidən istifadə perspektivləri

Geoloji kəşfiyyat işləri getdikcə çətin və mərkəzləşdirilmiş enerji təchizatından uzaq ərazilərdə aparılır. Müxtəlif alternativ enerji mənbələrindən istifadə texnologiyalarının sürətlə inkişaf etməsinə baxmayaraq, hazırda dünyada karbohidrogen xammala tələbatın artması müşahidə olunur ki, bu da onun ehtiyatlarının genişləndirilməsinə ehtiyac yaradır. [2]

Bu Azərbaycanda növbəti onillik ərzində (2020-2060-cı illər ərzində) mümkün olacaq, lakin yalnız həm quruda, həm də dənizdə, ilk növbədə, ən perspektivli Xəzər dənizinin karbohidrogen ehtiyatlarının səmərəli işlənməsi yolu ilə həyata keçirilə bilər. 2012-ci ildə karbohidrogen ehtiyatlarının kəmiyyət qiymətləndirilməsinin yenilənmiş nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan dənizlərinin şelflərində 122 milyard tondan çox təbii qaz, kondensat, neft və həll olunmuş qaz ehtiyatları cəmləşmişdir [3.6].

Bu zaman qazma qurğularının enerji təchizatının əsas mənbəyi bahalı dizel yanacağı istehlak edən dizel elektrik stansiyalarıdır [8].

Kəşfiyyat quyularının qazılması müxtəlif tipli qazma qurğularından istifadə etməklə həyata keçirilir və qazma prosesi qeyri-bərabər yüklərlə xarakterizə olunur.

İş yerlərinin bir-birindən əhəmiyyətli məsafədə uzaqlığı mərkəzləşdirilmiş enerji təchizatı sistemlərindən enerji əldə etmək imkanını istisna edir. Bu halda enerji təchizatı aşağı gücə malik olan fərdi enerji mənbələrindən qəbul edilir.

Məsələn, Azərbaycanın strateji neft-qaz regionu olan Yamal yarımadası. Burada kəşf edilmiş və ilkin hesablanmış qaz ehtiyatları 16,7 trilyon kubmetrdən çoxdur. Gələcəkdə Yamal, potensial illik məhsuldarlığı 10-360 milyard kubmetrə qədər olan Azərbaycan qaz hasilatının üç əsas mərkəzindən birinə çevriləcəkdir [5].

Avtonom enerji sistemində səmərəli enerji təchizatını təmin etmək üçün bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etmək lazımdır. İstifadəsi ən asan və elektrik enerjisi istehsalı baxımından ən ucuzu günəş qurğularıdır. [20]

Nəzərə almaq lazımdır ki, Azərbaycanın iqlim şəraitində günəş enerjisi neft və qaz hasilatı qurğularının tam hüquqlu fəaliyyətini həyata keçirmək üçün kifayət etməyəcək.

Beləliklə, Azərbaycanda ən perspektivli elektrik enerjisi mənbəyi müxtəlif elektrik enerjisi istehsal üsulları ilə elektrik enerjisi komplekslərinin birləşməsidir. [10.18]

Belə bir kompleks günəş, külək və dizel enerjisi istehsalının birləşməsi ola bilər. [15]

Bu birləşmənin işləmə prinsipi üç növ enerjiden elektrik enerjisinin davamlı istehsalıdır.

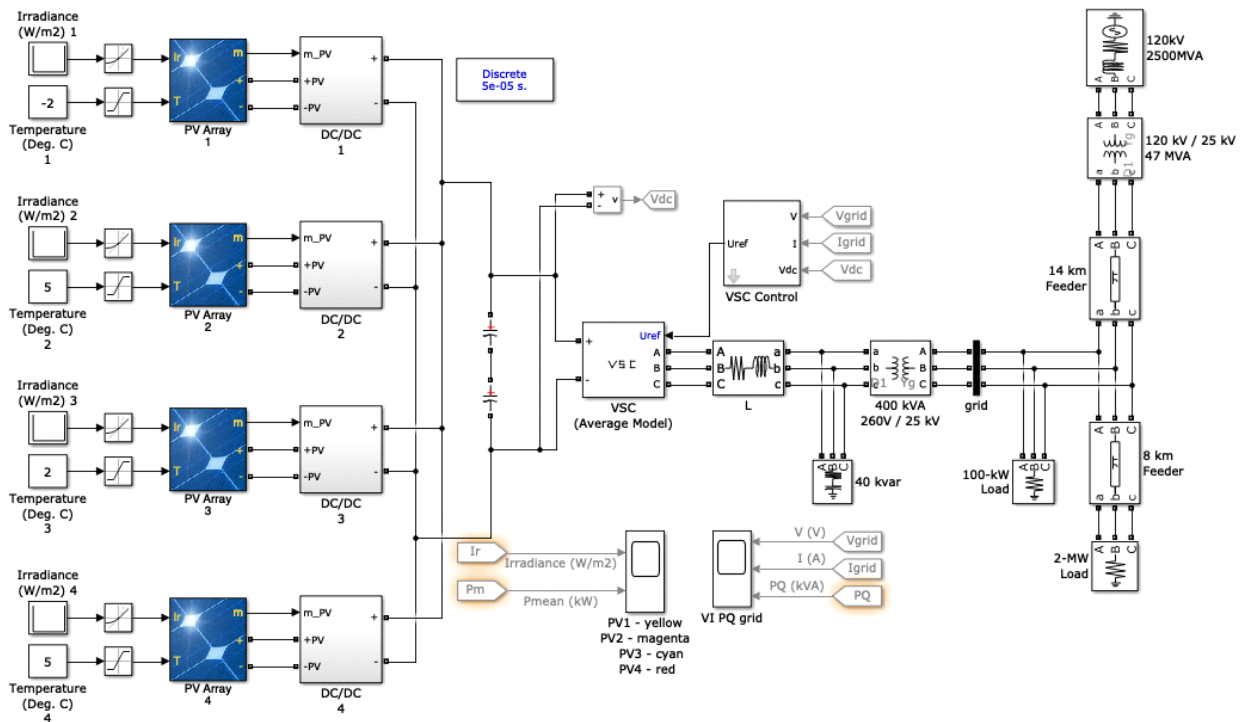
Günəş elektrik stansiyası günəş enerjisindən elektrik enerjisi istehsal etməklə işləyir.

Külək elektrik stansiyaları külək enerjisi ilə işləyir. Şəkil orta küləyin sürətinin xəritəsini göstərir. Əldə edilmiş məlumatlara əsasən, Azərbaycanda orta sürətin 5 m/s-dən çox olduğu müəyyən edilmişdir. [1.7]

Günəş və külək elektrik stansiyaları fasilələrlə işləyir və hava şəraitindən asılıdır, buna görə də elektrik enerjisinin fasiləsiz təchizatını təmin etmək üçün dizel generatorlarından istifadə edilməlidir. [9,11]

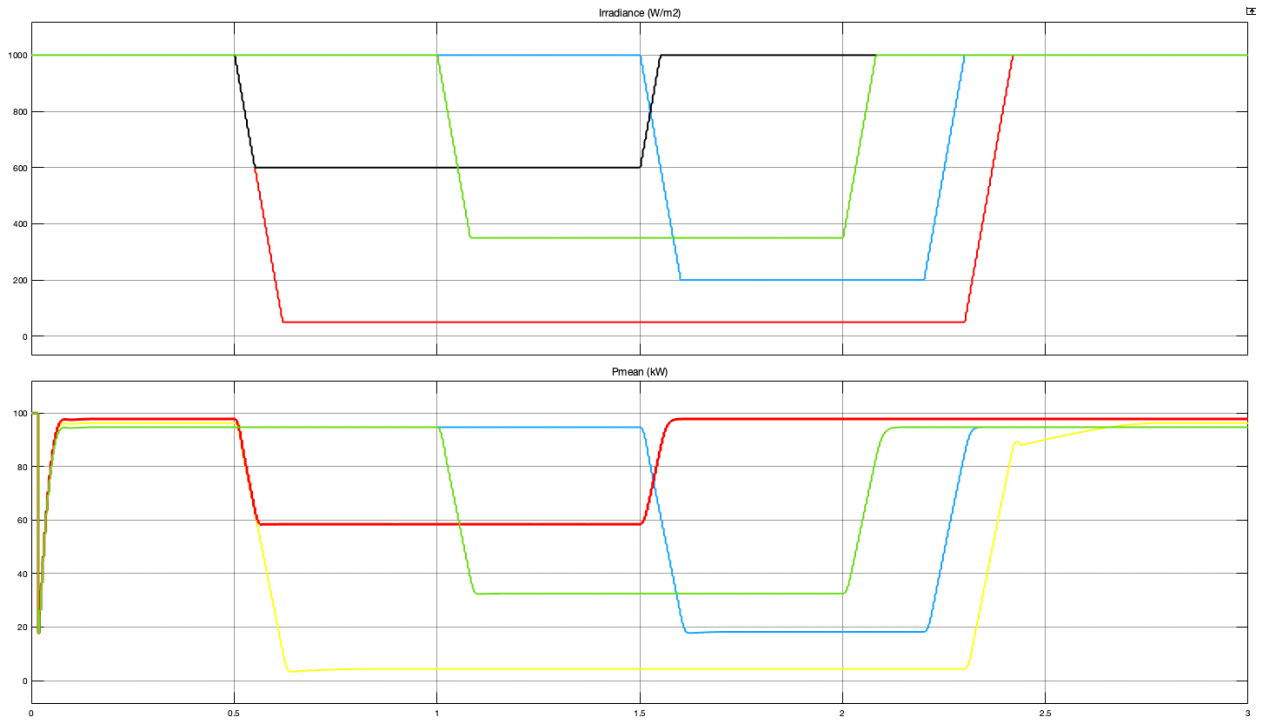
Azərbaycanda neft və qaz yataqlarında istehlakçılar üçün bu kombinə edilmiş enerji təchizatı sistemi Matlab Simulink programında hazırlanmışdır.

Şəkildə regionda günəş insolyasiyası xəritəsi əsasında Azərbaycan şəraitində elektrik enerjisinin uzaq istehlakçıları üçün günəş elektrik stansiyası göstərilir.



Şəkil 4.3. Matlab Simulink-də günəş elektrik stansiyasının modeli

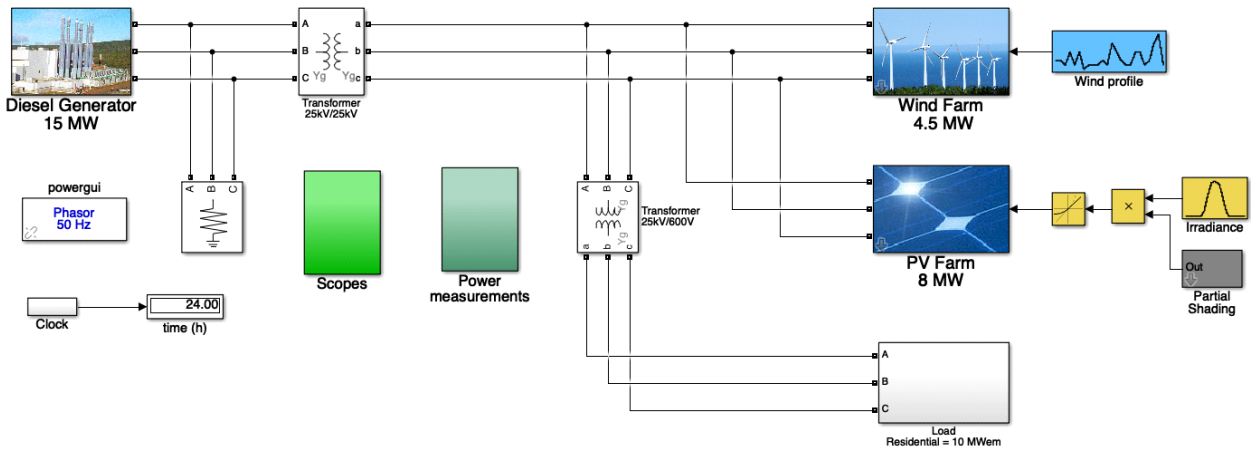
Riyazi və simulyasiya modelləşdirmənin nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, günəş elektrik stansiyaları Azərbaycanda neft və qaz yataqlarını fasiləsiz enerji ilə təmin edə bilməz.



Şəkil 4.4. Azərbaycanca günəş elektrik stansiyalarından ani istehsal olunan enerjinin qrafikləri

Neft və qaz yatağının fasiləsiz və keyfiyyətli enerji təchizatını təmin etmək üçün müxtəlif elektrik enerjisi mənbələri ilə birləşdirilmiş sxemlərdən istifadə etmək lazımdır. [13]

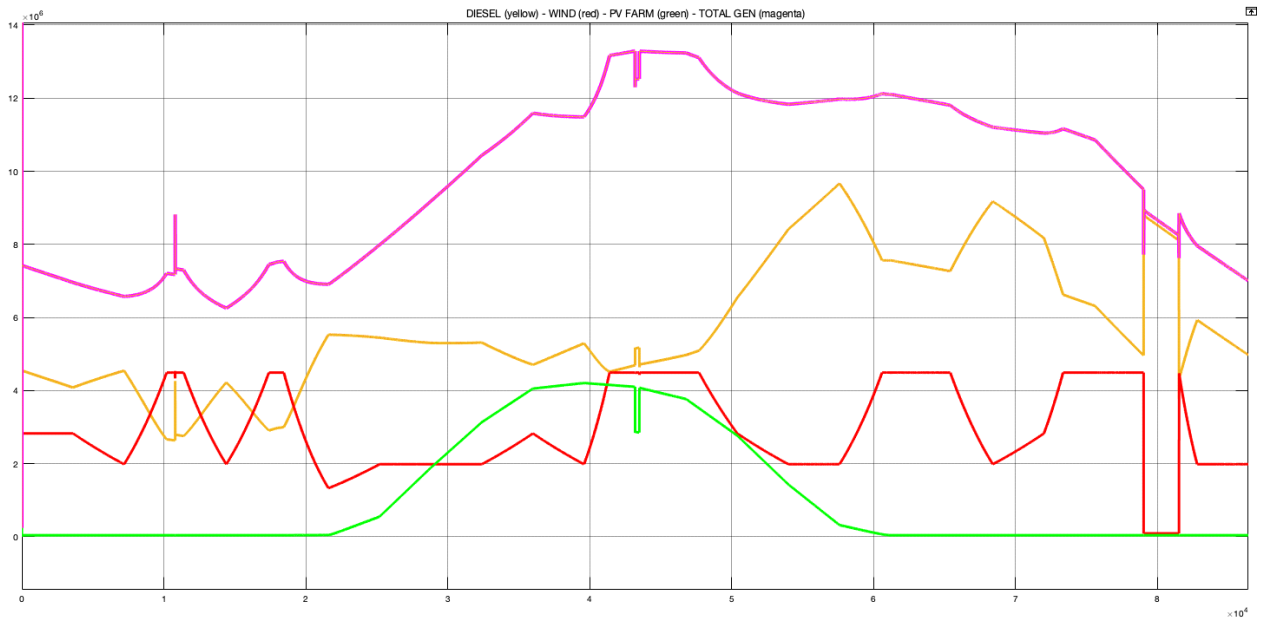
Şəkil Azərbaycanca neft və qaz sektoru obyektlərinin uzaq istehlakçılarının riyazi modelləşdirilməsini göstərir.



Şəkil 4.5. Matlab Simulink proqramında Azərbaycan şəraitində birləşmiş enerji sistemi

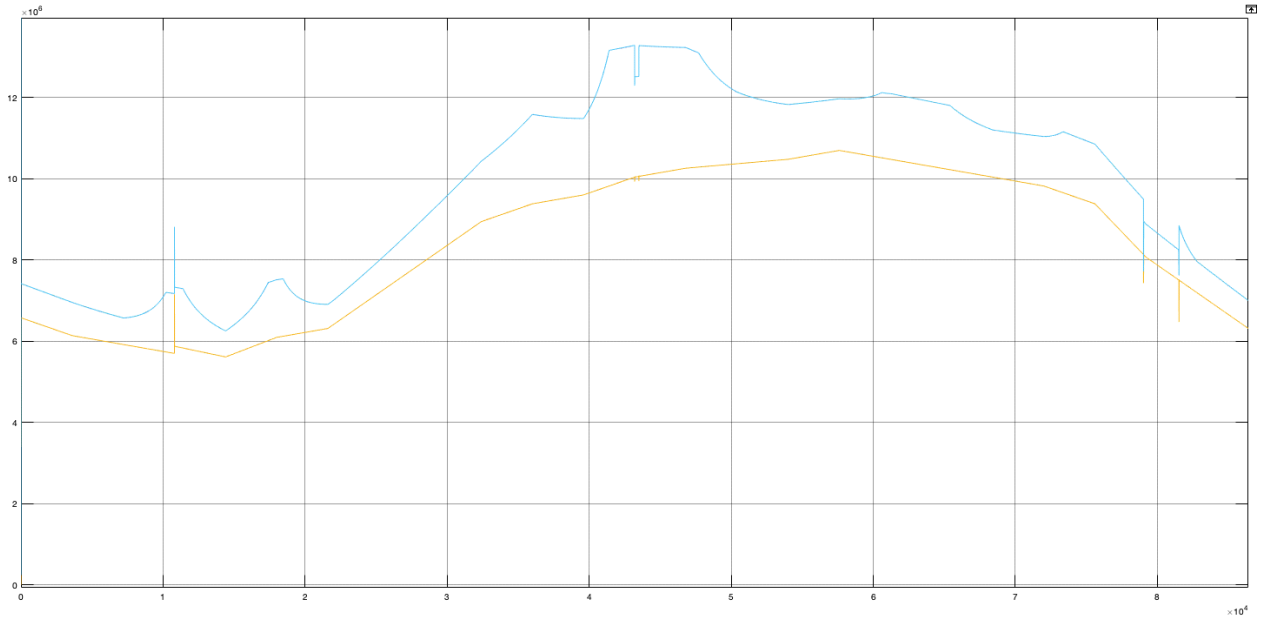
Kombinə edilmiş elektrik stansiyasının iş prinsipi Azərbaycanda neft hasilatında elektrik enerjisinin məsul istehlakçıları etibarlı və fasiləsiz enerji təchizatı ilə təmin etməkdir. [14,17]

Neft hasilatında avadanlığın quraşdırılmış gücünün əhatə olunmasını təmin etmək üçün dizel elektrik yarımstansiyası giriş və çıxışdır, həmçinin Azərbaycanın hava şəraitinin istifadə üçün yararsız olduğu vaxtlarda elektrik enerjisi istehsal etmək lazımdır.



Şəkil 4.6. Elektrik enerjisi istehsalının gündəlik cədvəli

Bu qrafik fərdi mənbələr tərəfindən kombine edilmiş elektrik yarımstansiyasından gündəlik elektrik enerjisi istehsalını göstərir.



Şəkil 4.7. Elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakının gündəlik cədvəli

Qrafik birləşdirilmiş (yuxarı) və enerji istehlakından (aşağıdakı qrafik) elektrik enerjisinin ümumi istehsalını göstərir.

Belə bir sistem istehlakçıların elektrik enerjisi ilə fasiləsiz təchizatını təmin edir.

Beləliklə, Azərbaycanda neft və qaz yataqları şəraitində və uzaq istehlakçıların etibarlı və fasiləsiz enerji təchizatını təmin etmək üçün birləşmiş elektrik enerjisi mənbələrindən istifadə etmək lazımdır. Bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan kombinə edilmiş enerji təchizatı sisteminin riyazi və simulyasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinə əsasən, Azərbaycanda bütün neft və qazın fasiləsiz enerji təchizatına imkan verən birləşmiş elektik enerji mənbələrindən istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi aparılmışdır.

4.3. Azərbaycan Respublikasının regionlarında dövlət dəstəyinin maliyyə alətlərinin səmərəliliyi və alternativ enerjinin artımının təkmilləşdirilməsi istiqamətləri

Dünya qloballaşmasının müasir şəraitində Azərbaycan Avropa İttifaqı ölkələri, ABŞ, Çin və Hindistanla birlikdə enerji istehsalı üçün bərpa olunan enerji

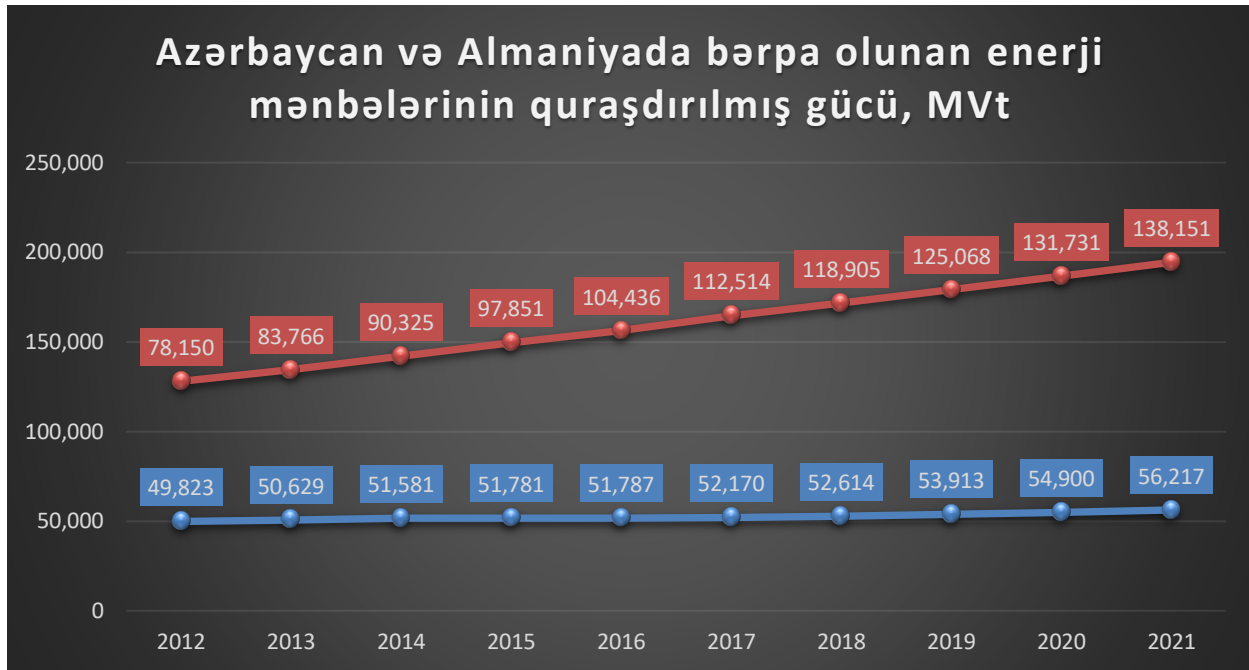
mənbələrindən istifadəni genişləndirməyi hədəfləyir. Bu zaman əsas cəhət enerji istehsalı və istehlakı üçün bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin inkişafının dəstəklənməsi üçün iqtisadi alətlərin, metodların və istiqamətlərin əsaslandırılmış və düzgün seçilməsidir.

Azərbaycannın demək olar ki, bütün bölgələrində RES ehtiyatları var. Onların inkişafı əlavə iş yerlərinin yaradılması, əhalinin kənd yerlərindən, ölkənin şimal və şərq rayonlarından axınının dayandırılması və bütövlükdə əhalinin həyat keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması hesabına işsizliyin azaldılmasına kömək edə bilər. Ekoloji cəhətdən əlverişsiz şəhər və qəsəbələrdə güclü ekoloji təzyiq probleminin həlli üçün alternativ enerjinin inkişafı vacibdir.

Azərbaycanda ucqar rayonların elektricləşdirilməsi problemi var ki, bu problemi bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan texnologiyaların tətbiqi yolu ilə həll etmək olar. Bu texnologiyalar ucqar kənd icmalarını elektricləşdirmək üçün ən effektiv və çox vaxt yeganə vasitədir. Bundan əlavə, enerji istehsalı üçün bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə öz yüksək texnologiyalı avadanlıq bazamızın inkişafına və ixtisaslı kadrların hazırlanmasına kömək edir.

Bu gün Azərbaycanda alternativ enerjetikanın inkişafının stimullaşdırılması sahəsində hüquqi sistemin öz vektoru var ki, bu da rəqabət əsasında seçilmiş obyektlər üçün elektrik enerjisinin birbaşa satışı üçün üstünlük və subsidiyalara yönəldilir. alternativ enerjinin inkişafı, yüksək kapital xərcləri.

Alternativ enerjinin stimullaşdırılmasında xarici təcrübəyə nəzər salaraq, Almaniyanın timsalında onun stimullaşdırma mexanizmi praktikada yüksək səmərəliliyini təsdiqləmiş və bu, Şekildə aydın şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 4.8. “2012-2021-ci illər üçün Azərbaycan və Almaniya da bərpa olunan enerji mənbələrinin quraşdırılmış gücünün dinamikası”.

Təqdim olunan məlumatlardan belə nəticəyə gələ bilərik ki, Almaniya da təşviq metodologiyası Azərbaycandan qat-qat effektivdir. Son 10 il ərzində Almaniya da bərpa olunan enerji mənbələrinin quraşdırılmış gücü 2020-ci ilin sonunda Azərbaycanda 13%-ə qarşı 77% artıb. Almaniya da mənbələr 233,747 MVt [44], RES payı isə 56%-dən çox olmuşdur.

Almaniya da 2000-ci ildən “Bərpa olunan enerji mənbələrinə üstünlük verilməsi haqqında Akt (Bərpa olunan enerji mənbələri haqqında Akt)” qəbul edildikdən sonra tarif subsidiyaları tətbiq olundu, o cümlədən şəbəkəyə qoşulma xərcləri və şəbəkənin təkmilləşdirilməsi xərcləri ödənildi. Şəbəkə operatoru tərəfindən ödənilmişdir. [45].

2004, 2009 və 2012-ci illərdə qanuna düzəlişlər və modernləşdirmələr aparılıb, məsələn, 5%-ə qədər illik tarif reqresiyası tətbiq edilib, dövlət qrantları tətbiq edilib, kompensasiya tariflərinə yenidən baxılıb. Bununla paralel olaraq, bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan elektrik enerjisinin planlaşdırılmış minimum payları tətbiq edilmiş, beləliklə, 2020-ci ilədək ilkin olaraq 20%, sonralar isə ən azı

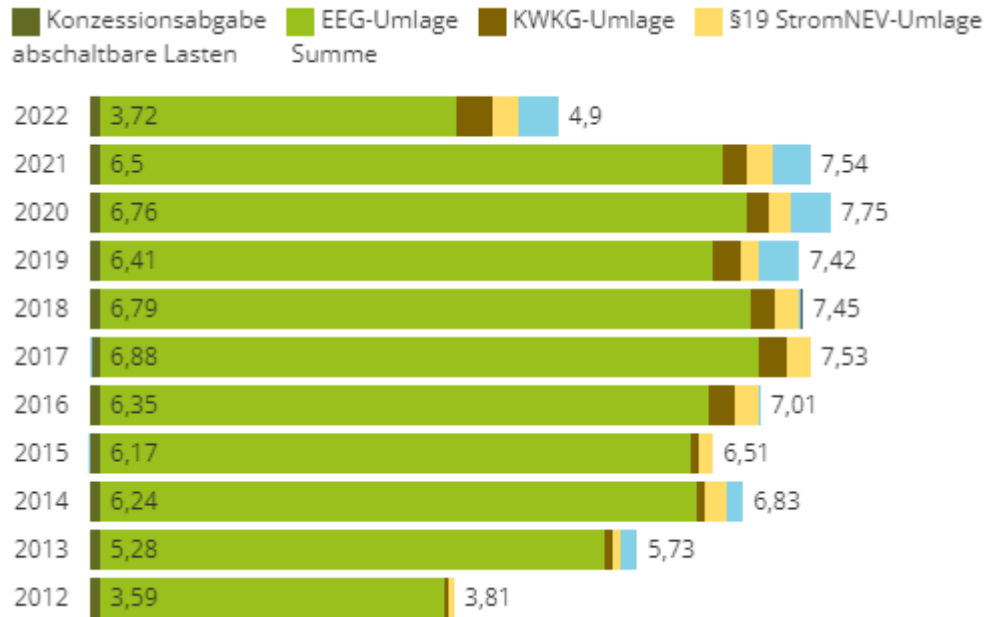
35%-ə çatdırılması nəzərdə tutulmuşdu ki, bu da qarşıya qoyulan məqsədlərin artıqlaması ilə yerinə yetirildiyini göstərir.

2014-cü ildə bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan yeni istifadəyə verilmiş stansiyaların sahibləri üçün bir yenilik istehsal etdikləri elektrik enerjisinin müstəqil və ya vasitəçi vasitəsilə məcburi satışı idi, halbuki vasitəçinin müflisləşməsi halında, şəbəkə operatoruna 80%-ni ödəmək tapşırılmışdı. tarif. Bu, bərpa olunan enerji mənbələrinin ümumi elektrik enerjisi bazarına daha səmərəli inteqrasiyası məqsədi ilə həyata keçirilib, lakin eyni zamanda, müəyyən edilmiş tariflərin 80%-ni əhatə etməklə investorları qorumaqla vəziyyət şansa buraxılmayıb.

Fərqli quraşdırma gücləri üzrə fasilələrlə məcburi birbaşa satışa keçid 2014-cü il avqustun 1-dən 500 kVt və yuxarı, 2016-cı il yanvarın 1-dən 250 kVt və daha çox, gücü 100 kVt və yuxarı olan obyektlər üçün isə yanvar ayından tətbiq edilib. Bu, kiçik elektrik qurğularının sahiblərinin əlavə risk və xərcləri hazırlamaq və proqnozlaşdırmaq üçün edildi. [46].

RES-dən istehsal olunan elektrik enerjisinin bazar qiymətinə yüksək qiymətlə tarif də tətbiq olundu, lakin eyni zamanda RES-dən elektrik enerjisinin daxili istehlakı üçün rüsum tətbiq edildi. İndi onlar stansiyanın özünün xərclərini nəzərə almadan, istehsal olunan elektrik enerjisi sahibinin öz ehtiyaclarına xərclənibsə, gücü 10 kVt-dan çox olan qurğulardan ödəniş almağa başlayıblar.

2017-ci ildə gücü 750 kVt-dan çox olan qurğular üçün RES-dən elektrik enerjisinin satışı üzrə hərraclar keçirilmişdir ki, bu da dövlət tərəfindən müəyyən edilmiş sabit tariflər sistemindən RES-dən elektrik enerjisinin satışı üzrə bazar sisteminə keçidi qeyd edir.



Şəkil 4.9.Almaniyada sənaye üçün elektrik enerjisinin qiymətinə daxil olan vergilər və ödənişlər (materialdan [48])

Şəkildə təqdim olunan məlumatlardan “Almaniyada sənaye üçün elektrik enerjisinin qiymətinə daxil olan vergilər və ödənişlər” bəndində görünə bilər ki, “Bərpa olunan Enerji Dəstəyi Aktı”nın (Erneuerbare-Energien-Gesetz) tətbiqi ilə bağlı EEG-Umlage haqları elektrik enerjisinin 80%-ni təşkil edir.

Bu onunla əlaqədardır ki, alternativ enerjinin stimullaşdırılması zamanı 20 il ərzində investisiya xərclərini kompensasiya etmək üçün 2001-ci ildən sabit tariflərdən istifadə olunur. O dövrdə yaranan alternativ enerji sənayesi səbəbindən əsaslı xərclər indiki ilə müqayisə oluna bilməzdi və bütün bunlar 20 il ərzində sabit tarifə daxil edildi.

Bu gün əsaslı xərclər xeyli aşağıdır, avadanlığın səmərəliliyi isə dəfələrlə yüksəkdir, lakin əvvəlki illərin investisiya xərclərinin ödənilməsi Almaniyada ödənişlərin və deməli, elektrik enerjisinin qiymətinin aşağı salınmasına imkan vermir.

2017-ci ildə, Azərbaycanda istifadə edilən rəqabətli seçim sistemində bənzər, müəyyən edilmiş maksimum illik potensial daxilolma həcmi ilə tender sistemi də

tətbiq edildi, yalnız Almaniyada bu tədbir investisiyanın ətraflı planlaşdırılması məqsədi ilə kifayət qədər sistemləşdirilmiş və strukturlaşdırılmışdır.

Almaniyada alternativ enerjinin inkişafının stimullaşdırılması sisteminin təhlilinin nəticələrinə yekun vurularaq, Almaniyada alternativ enerjinin taleyini müəyyən edən 15 il ərzində sabit tariflərdə olmasının vurğulanması müsbət nəticə verib.

Alman sakinləri üçün bu artımın qiyməti elektrik enerjisi tarifinə daxil edilmiş əlavə ödənişlər idi ki, bu da Almaniyada elektrik enerjisini dünyanın ən bahalılarından birinə çevirdi.

Sonradan hərrac sisteminə keçid, eləcə də tender sisteminin tətbiqi bu haqqın hər il azaldılmasına imkan verəcək.

Onu da unutmayın ki, Almaniya Azərbaycandan fərqli olaraq elektrik enerjisi idxalçısıdır və bu da onun alternativ enerji sektorunun inkişafına marağını artırır və Yaponiyanın “Fukusima-1” atom elektrik stansiyasında baş vermiş fəlakət bu məsələdə mühüm rol oynayıb.

Enerji balansının bərpa olunan enerji mənbələri istiqamətində bütün restrukturizasiyası əhalinin əksəriyyətinin, bərpa olunan enerji mənbələri əsasında istehsal olunan elektrik enerjisinə görə artıq ödəməyə hazır olan biznes və siyasi qüvvələrin dəstəyi ilə həyata keçirilib.

Bu gün Azərbaycanda alternativ enerjinin stimullaşdırılması yalnız topdansa satış elektrik enerjisi bazarında rəqabətli seçim üsulu ilə işləyir ki, bu da Almaniyada tətbiq olunan tədbirlərdən fərqli olaraq eksponensial artımı təmin etmir, həm də Azərbaycan vətəndaşları üçün əlavə yüküdür.

Azərbaycan hökumətin gözündə alternativ enerjinin inkişafında stimulun olmaması səbəbindən ənənəvi enerjiyə diqqətini davam etdirir.

Hazırda mövcud siyasət pərakəndə bazarlarda bərpa olunan enerji mənbələrinə hərtərəfli dövlət dəstəyi proqramının formalaşdırılması üçün hər hansı təfərrüatlı əsas yaratmır. Eyni şəkildə, dövlət və departament enerji layihələri də

bərpa olunan enerji mənbələrinin pərakəndə istifadəsini dəstəkləməklə heç bir əlaqəsi yoxdur.

Azərbaycanda da əhalinin ekoloji problemlərə cəlb olunmasının artırılması üçün heç bir tədbir görülmür, bərpa olunan enerji mənbələri əsasında mikrogenerasiyanın üstünlükləri və üstünlükləri barədə əhalinin maarifləndirilməsi sahəsində heç bir iş aparılmır. Belə tədbirlər olmadan Almaniyanın alternativ enerji sahəsində inkişaf yolu ilə getmək mümkün deyil.

4.4. Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin stimullaşdırılması və Azərbaycan qeyri-ənənəvi enerjinin inkişafına mane olan amillər

Bərpa olunan enerji obyektləri təbii şəraitdən, müxtəlif sxemlərdən, tərkiblərdən, iş metodlarından, ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədən asılı olduğuna görə əksər hallarda unikaldir.

Optimal layihə variantının seçilməsi bir çox qarşılıqlı əlaqəli amillərin nəzərə alınmasını nəzərdə tutur və bir sıra ardıcıl dəqiqləşdirici hesablamalar vasitəsilə həyata keçirilir.

Layihə prosesində əsaslandırılmalı olan hibrid enerji kompleksinin əsas parametrlərinə aşağıdakılar daxildir:

- enerji təchizatı obyektinin enerji tələbatının qiymətləndirilməsi;
- bərpa olunan enerji resurslarının (külək və günəş radiasiyası) iqtisadi potensialının qiymətləndirilməsi;
- enerji avadanlığının parametrləri;
- kompleksin və onun komponentlərinin quraşdırılmış gücü;
- rabitə parametrləri.

Layihənin texniki-iqtisadi əsaslandırma mərhələsində layihənin iqtisadi hesablanması və onun effektivliyinin qiymətləndirilməsi məcburidir.

Quraşdırılmış gücün geniş çeşidi, enerji istehlakı rejimləri, enerji keyfiyyəti tələbləri və s. ilə və buna görə də onları təsnif etmək olduqca çətindir. Aşağıdakı istehlakçı qruplarını elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün mərkəzləşdirilməmiş enerji təchizatı sistemləri ən çox yayılmışdır:

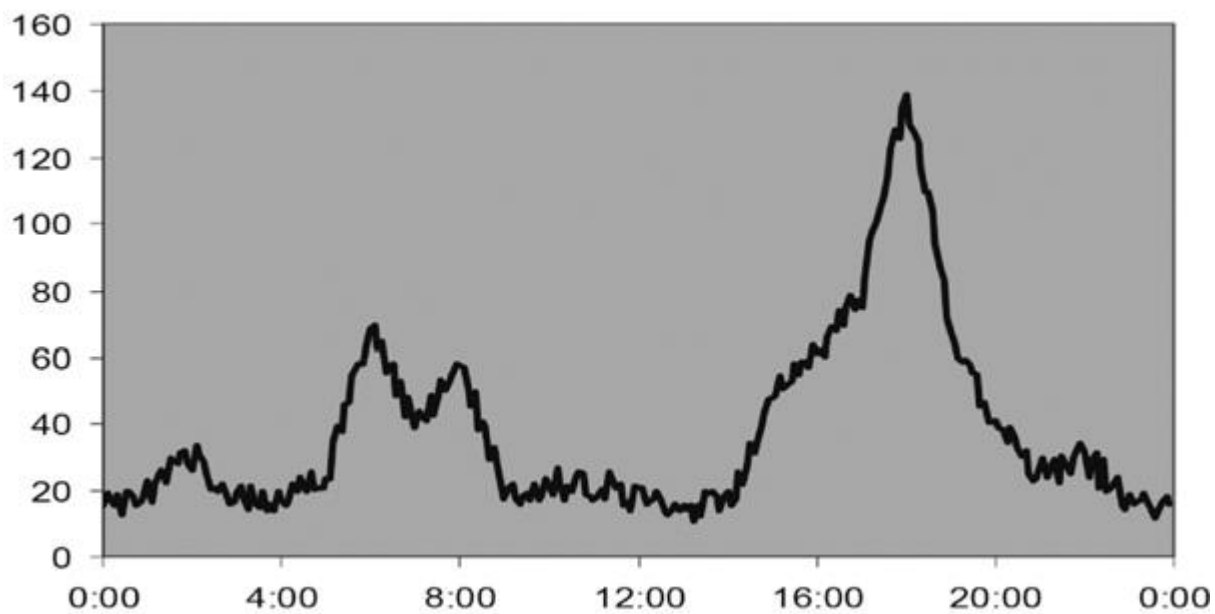
- aqreqatlardan onlarla kVt-a qədər kiçik enerji istehlakçıları - bağ evləri və bağ evləri, meteoroloji stansiyalar, mobil qüllələr, tarla qurğuları və ekspedisiyalar, fermalar, sərhəd, radar və naviqasiya postları və s.;

- təyinatlı gücü onlarla və yüzlərlə kVt-a qədər olan qeyri-istehsalat istehlakçıları - ayrı-ayrı iri yaşayış binalarını və mikrorayonları, müxtəlif sosial obyektləri, ticarət müəssisələrini və səhiyyə müəssisələrini, kəndləri, kəndləri, azmərtəbəli yaşayış məntəqələrini və s.;

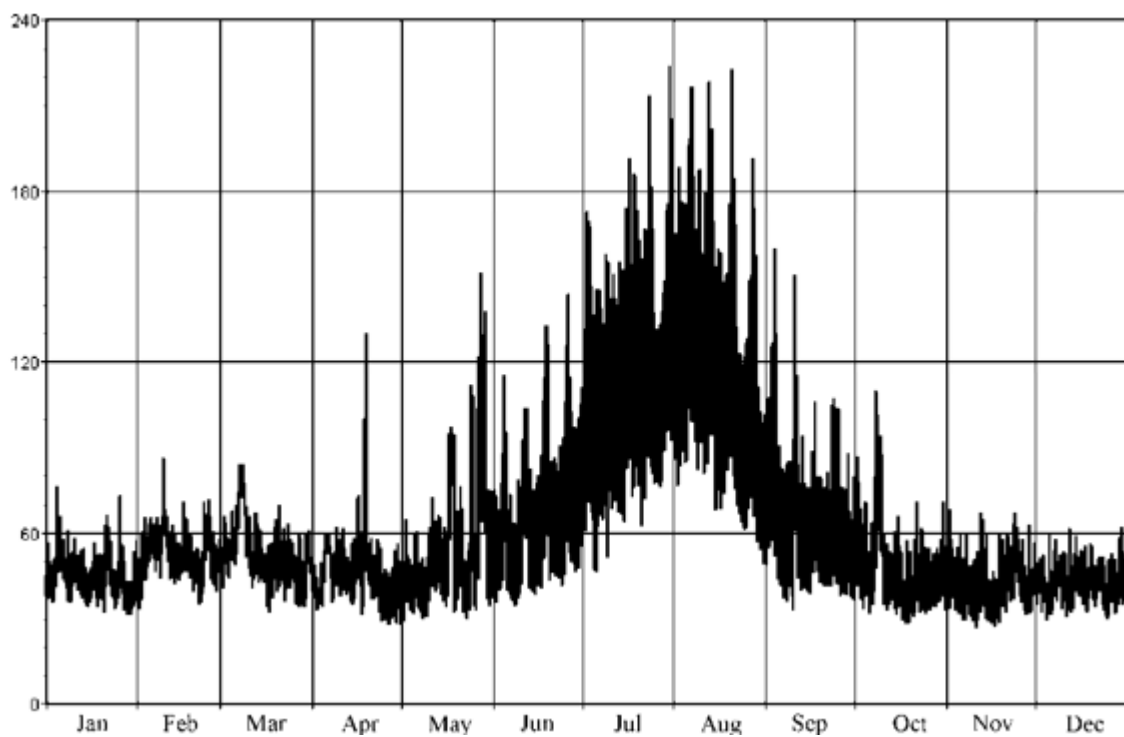
- quraşdırılmış gücü yüzlərlə min kVt-a qədər olan sənaye müəssisələri – əsasən neft və qaz hasilatı sənayesi müəssisələri.

Mərkəzləşdirilməmiş istehlakçının xarakterik xüsusiyyəti gün və il ərzində kəskin dəyişən elektrik yükü cədvəlidir. Nümunə olaraq, Şəkil 2.1-də kiçik muxtar qəsəbənin gündəlik istehlak qrafiki, Şəkil 2.2-də isə illik istehlak qrafiki göstərilir.

Belə şəraitdə istehlakçını elektrik enerjisi ilə etibarlı şəkildə təmin etmək üçün sadə, etibarlı, qənaətcil, manevr edə bilən enerji mənbəyi tələb olunur ki, bu da quraşdırılmış güclərin geniş diapazonu üçün nəzərdə tutula bilər.



Şəkil 2.1. Kiçik bir muxtar qəsəbənin elektrik yüklərinin gündəlik cədvəli



Şəkil 2.2. Avtonom enerji təchizatı qurğusunun elektrik yüklərinin tipik illik cədvəli

Avtonom enerji təchizatı obyektinin təxmin edilən elektrik gücü məlum üsullardan istifadə etməklə müəyyən edilir. Beləliklə, bir müəssisə enerji təchizatı obyektini kimi çıxış edirsə, o zaman sifarişli diaqramlar metodundan istifadə edə bilərsiniz. Əgər obyekt yaşayış binası (müxtəlif tipli) və ya binalar kompleksidirsə (kənd, mikrorayon), onda göstərilən üsullardan istifadə etmək olar.

Qeyd etmək lazımdır ki, hesablamalara başlamazdan əvvəl quraşdırılmış elektrik qəbuledicilərini enerji istehlakı üçün təhlil etmək və gücü azaltmaq üçün bir sıra tədbirlər həyata keçirmək lazımdır. Məsələn, işıqlandırma kimi enerjiyə qənaət edən (LED) lampalardan istifadə edilir, "isti döşəmələr", broylerlər və s. kimi elektrik qəbuledicilərini istisna edilir.

Bir obyektin elektrik yükünü modelləşdirmək üçün aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilmiş ehtimal-statistik modeldən istifadə edə bilər:

$$P_{pi} = \bar{P}_i + \beta\sigma(P_i),$$

Harada ki, P_{pi} – gündəlik cədvəlin i -ci saatında hesablanmış aktiv yük;

P_i gündəlik cədvəlin i -ci saatında yükün riyazi gözləntisidir;

β - təsadüfi yük dəyərlərinin qəbul edilmiş hesablanmış dəyər P_{pi} -dən az qalması ehtimalını təyin edən hesablama etibarlılıq əmsalı;

$\sigma(P_i)$ - i - üçün standart kənar çıxma

Hesablamalarda yükün paylanması normal qanununu qəbul edin ki, ona görə $\beta = 3$ -də layihə yükündən artıq olmamaq ehtimalı 99,87% təşkil edir.

Elektrik yükünün əsas modeli kimi, mərkəzləşdirilməmiş istehlakçılar üçün tipik olan kənd yaşayış binalarının (və ya kiçik kənd təsərrüfatı müəssisələrinin) tipik aktiv yük diaqramını götürə bilərik [2] (şək. 2.2).

Şəkil 2.2-dəki qrafiklər nisbi vahidlərlə təqdim olunur və enerji təchizatı qurğusunun maksimum yükünün məlum dəyərində əsaslanaraq imkan verir.

P_{\max} (kVt) ilin istənilən günü üçün obyektin layihə yükünün gündəlik cədvəlini əldə edir:

$$P_{pi} = \bar{P}_i \cdot P_{\max} (1 \pm C_{pi} \cdot \xi) \cdot k_c$$

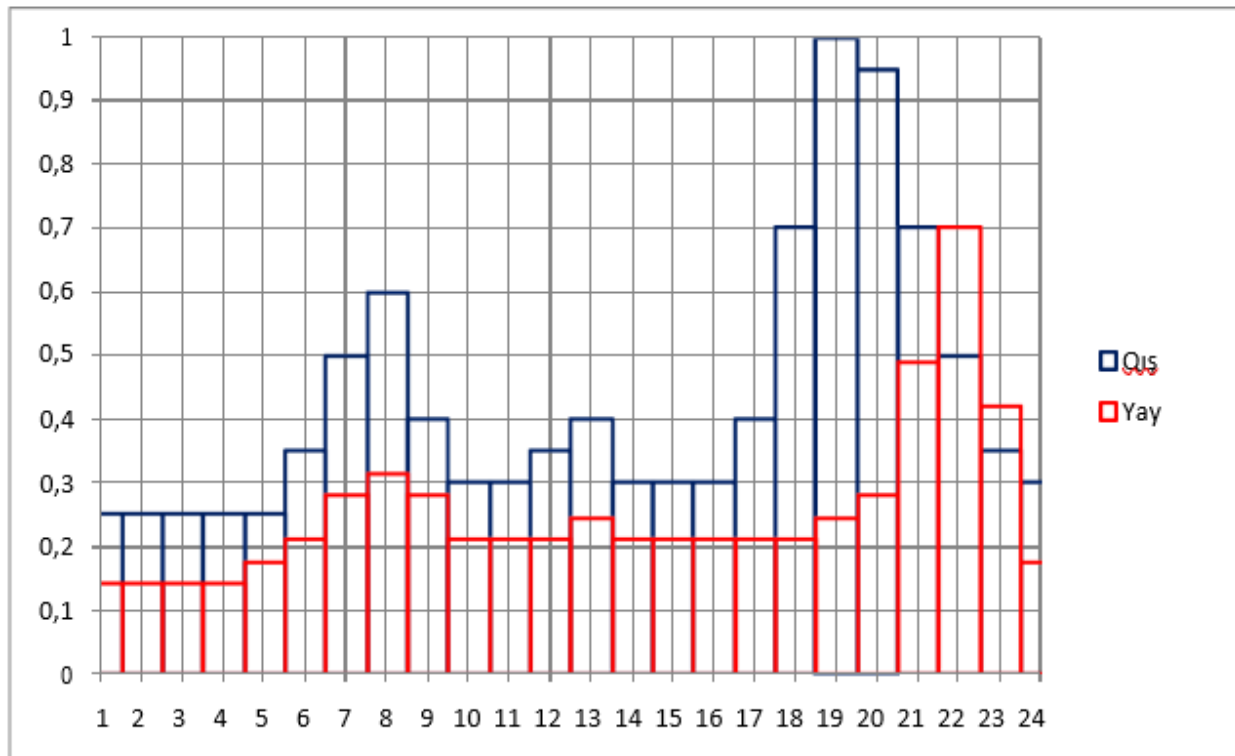
Harada ki, P_{pi} – gündəlik cədvəlin i -ci saatında hesablanmış aktiv yük;

\bar{P}_i gündəlik cədvəlin i -ci saatında yükün riyazi gözləntisidir;

C_{pi} – gündəlik qrafikin i -ci mərhələsi üçün yükün dəyişmə əmsalı;

k_c – dəyərləri Cədvəl 2.1-də təqdim olunan mövsümlilik əmsalı;

ξ – 0-dan 1-ə qədər olan bərabər ehtimal olunan təsadüfi kəmiyyətdir.



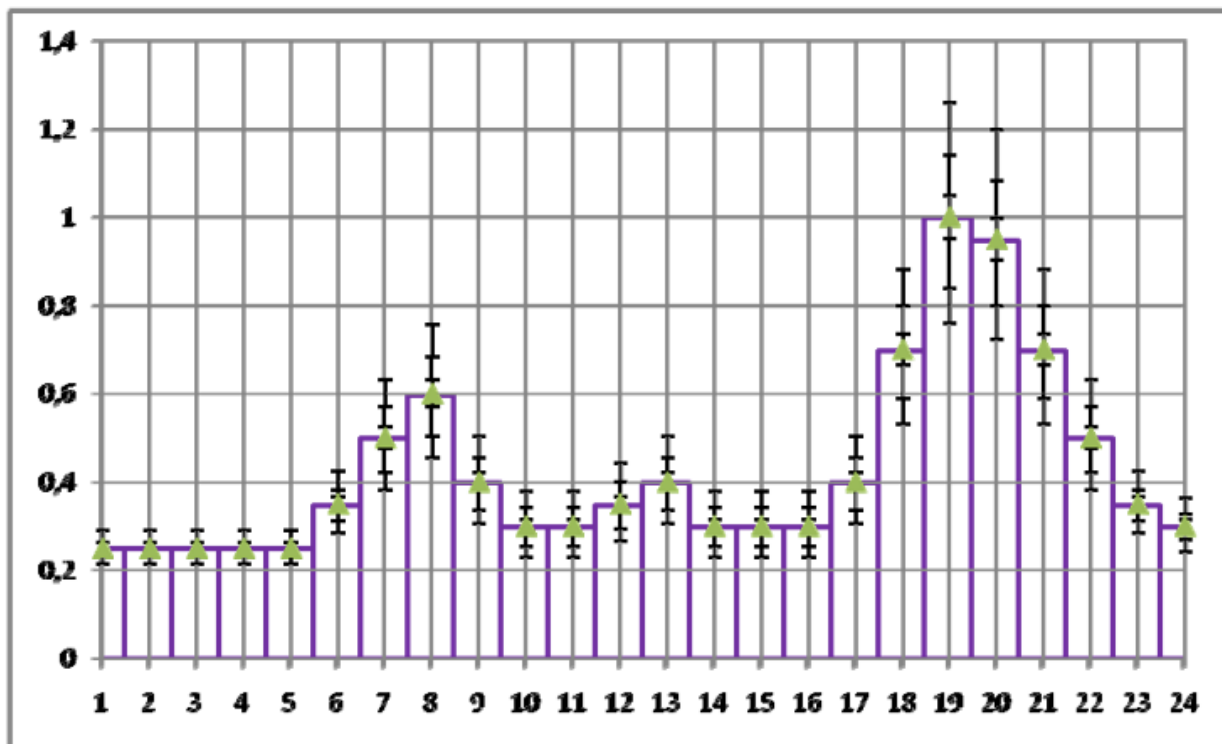
Şəkil 4.2. Mərkəzləşdirilməmiş istehlakçılar üçün tipik gündəlik yükləmə cədvəlləri

Cədvəl 4.1. Mərkəzləşdirilməmiş istehlakçıların gündəlik yükləmə cədvəlləri üçün mövsümlilik əmsalları

№,	Ay	Mövsümlilik faktoru, K_c
1	Yanvar	1,0
2	Fevral	1,0
3	Mart	0,8
4	Aprel	0,8
5	May	0,8
6	İyun	0,7
7	İyul	0,7
8	Avqust	0,7
9	Sentyabr	0,9
10	Oktyabr	0,9
11	Noyabr	0,9
12	Dekabr	1,0

Nümunə olaraq, Şəkil 2.3 yanvar ayı üçün mərkəzləşdirilməmiş istehlakçının gündəlik yük qrafikini göstərir ki, bu da günün hər saatında mümkün yük dəyişiklikləri diapazonunu göstərir.

Nəticədə, bərpa olunan enerji mənbələri ilə enerji təchizatı sisteminin enerji xüsusiyyətlərini təyin etmək üçün istifadə edilə bilən muxtar enerji təchizatı obyektinin elektrik yükünün simulyasiya modelini əldə edirik.



Şəkil 4.3. Yanvar ayı üçün mərkəzləşdirilməmiş istehlakçılarının gündəlik yük qrafiki

Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etməklə elektrik enerjisi istehsalının dəyəri enerji bazarlarında şəraitin dəyişməsinə həssas deyil və ekspert proqnozlarına görə, istixana emissiyalarına görə ödənişlərin tətbiqi nəzərə alınmaqla, bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişaf ssenarisi iqtisadi baxımdan daha cəlbedicidir. 2015-ci ildən etibarən bərpa olunan enerji mənbələrindən əldə edilən elektrik enerjisinin dəyəri əvvəlki ilin maya dəyərindən aşağı olacaq.

Ənənəvi enerjiden elektrik enerjisi. 2020-ci ilə qədər Greenpeace ssenarisinə uyğun olaraq son istehlakçı üçün elektrik enerjisi IEA-nın proqnozlarına görə təxminən 10% ucuz olacaq.

Belə bir fikir var ki, bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan enerji sistemləri istehsal olunan enerji axınının dəyişkənliyi ilə xarakterizə olunur. Bu problem indi şəbəkə xətlərinin qarşısını alan və fəsillər və illik dövrlər üzrə nəsilləri

təxmin edən getdikcə daha dəqiq hava proqnozları vasitəsilə texniki olaraq həll edilir.

Bu gün Azərbaycanın enerji sektorunda alternativ mənbələrin rolu hələ də əhəmiyyətsizdir. Hazırda onun enerji balansında bərpa olunan enerji mənbələrinin payı 1%-dən bir qədər azdır; dünyada alternativ enerji getdikcə daha çox tələb olunur [2].

2012-ci ilin məlumatlarına əsasən, bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan enerji istehlakında liderlər ABŞ-dır - dünya istehlakının 21,4%-i, Çin - 13,4%-i, Almaniya - 10,9%-i. Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan enerji istehlakının dəyəri qlobal göstəricinin cəmi 0,1%-ni təşkil edir [5].

Bu vəziyyət Azərbaycanda qeyri-ənənəvi enerji mənbələrinin inkişafına mane olan aşağıdakı amillərin olması ilə əlaqələndirilir.

Qanunvericilik bazasının təkmilləşdirilməməsi, son illərdə bir sıra qanun və normativ hüquqi aktların qəbul edilməsinə baxmayaraq, onun kifayət qədər işlənməməsi və elektrik enerjisinin tədarükü və satışı mexanizmini təmin edən tənzimləyicilərin dəqiq müəyyənləşdirilməsi ilə əlaqədar onun zəifliyi də bir sıra amillərdəndir. bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin inkişafının qarşısında duran əsas maneələrdəndir.

İqtisadi qüvvələr. Bərpa olunan enerji istehsalının yüksək qiyməti və ənənəvi mənbələrlə müqayisədə daha az enerji, bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə üçün stimulların (tariflər, vergilər) və dövlət dəstəyinin konkret maliyyə mexanizmlərinin olmaması, büdcədən maliyyələşmənin olmaması gələcəyi şübhə altına alır.

Ənənəvi enerji resurslarının əsas növləri üzrə qiymətlərin nisbətində uzunmüddətli prioritetlərin olmaması səbəbindən bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafında onların payının tədricən artırılması ilə uzunmüddətli perspektivli layihə qurmaq çətinidir.

Texnoloji amillər. Hazırda Azərbaycanda müasir nəzarət, diaqnostika və təhlükəsizlik monitoring sistemləri əsasında uzun xidmət müddətini təmin edən qabaqcıl texnologiyalar və avadanlıqlar kifayət qədər inkişaf etdirilməyib.

İnzibati amillər qeyri-ənənəvi enerji obyektlərinin tikintisi üçün icazələrin alınmasına maneələrlə bağlıdır.

Kadr amilləri. Kadrların aşağı ixtisası və kadr hazırlığına kifayət qədər inkişaf etdirilməmiş və qurulmuş sistemli yanaşma, yerli səviyyədə (yerli hakimiyyət orqanlarında) peşəkarlığın olmaması qeyri-ənənəvi energetikanın inkişafındakı mövcud vəziyyətə və əldə edilən perspektivlərə mənfi təsir göstərir. bərpa olunan enerji mənbələrinin payı 2020-ci ilə qədər 4,5% həcmində Müqayisə üçün: Aİ-də bu rəqəm 2020-ci ilə qədər 20%, ABŞ-da 30%-ə qədər, Çində 10% müəyyən edilmişdir [1].

İnformasiya və psixoloji amillər. Azərbaycanda bərpa olunan enerji imkanları və bu sahədə bilik mədəniyyəti haqqında məlumatın olmaması bərpa olunan enerji mənbələrinin mühüm rolunu başa düşməyi məhdudlaşdırır.

Bundan əlavə, həddindən artıq istehsal gücünə malik qalıq yanacaqların əhəmiyyətli ehtiyatlarının olması da bərpa olunan enerji mənbələrinin intensiv inkişafına mane olan amillərdən biri hesab edilə bilər, çünki bu, alternativ enerjinin inkişafını təxirə salmağa real imkan vermir. Ölkə deyil, eyni zamanda bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan enerjinin inkişafını taktiki bir vəzifə deyil, son dərəcə uzunmüddətli perspektiv kimi görən dairələri formalaşdırır.

Beləliklə, Azərbaycanda alternativ enerji müəyyən maneələrin mövcudluğuna görə hələlik ənənəvi enerji ilə rəqabət apara bilmir. Azərbaycan iqtisadiyyatının dövlət və təsərrüfat subyektlərinin qarşısında duran mühüm vəzifə ən qısa müddətdə bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı və istifadəsinin dəstəklənməsi üsullarını işləyib hazırlamaq və həyata keçirməklə bu maneələri aradan qaldırmaqdır. Dövlət ən azı ilkin mərhələdə bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin həm inzibati,

həm də iqtisadi stimullaşdırılması mexanizmlərinin yaradılmasında və həyata keçirilməsində böyük rol oynamalıdır. Bu fəaliyyətləri inkişaf etdirərkən müsbət nəticələri olan ölkələrin təcrübəsini nəzərə almaq lazımdır.

Özəl investisiyaların cəlb edilməsi bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafının stimullaşdırılmasında mühüm amildir. Bərpa olunan enerji mənbələrinə əhəmiyyətli investisiyalara ehtiyac həm də enerji aktivlərinin pisləşməsi, yeni güclərin çatışmazlığı və enerji qiymətlərinin artması ilə əlaqədardır.

Hal-hazırda Azərbaycan Respublikasında bərpa olunan enerjinin inkişafını stimullaşdırmaq üçün bir sıra tənzimləyici və hüquqi tədbirlər həyata keçirilir.

Yuxarıda göstərilən tədbirlərin effektiv olması üçün RES əsasında istehsal olunan elektrik enerjisinin qiyməti müəyyən edilərkən elektrik enerjisinin topdansatış bazarının tarazlıq qiymətinə mükafat müəyyən edilməsi qaydasının müəyyən edilməsi baxımından normativ bazanın təkmilləşdirilməsi, və ixtisaslı RES generatorlarının texnoloji qoşulması xərcləri üçün büdcədən kompensasiya. Müəllifin fikrincə, bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin stimullaşdırılması istiqamətində iqtisadi təsir mexanizmləri bunlardır:

— enerji tariflərinə əlavə ödənişlər, bunun vasitəsilə dövlət istehsalçılara bərpa olunan enerji mənbələrindən alınan enerjiyə görə artan xərcləri müəyyən müddətə kompensasiya edir;

— elektrik enerjisi bazarına sərbəst çıxış;

— bərpa olunan enerji mənbələri üçün yüksək qiymət ödəməyə hazır olan şüurlu istehlakçılara satışa yönəlmiş bərpa olunan enerji mənbələrindən enerji üçün xüsusi yaşıl sertifikatların istifadəsi;

— bərpa olunan mənbələrdən elektrik enerjisinin istehsalına (istehlakına) məcburi kvotalar;

— elektrik şəbəkəsinə ayrı-seçkilik olmadan güzəştli qoşulma;

— mədəni yanacaqlarından istifadə texnologiyalarına əsaslanan müəssisələr tərəfindən emissiyalara və ətraf mühitin çirklənməsinə görə vergilərin müəyyən edilməsi. Vergilərdən daxil olan vəsaitlərin bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafına yönəldilməsi tövsiyə olunur;

— bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə əsasında enerji istehsalçıları üçün vergi güzəştləri;

— bərpa olunan enerji mənbələri sahəsində tədqiqatların həm dövlət, həm də özəl kapitalın iştirakı ilə maliyyələşdirilməsi;

— güzəştli kreditlər, bərpa olunan enerji mənbələrinə investisiyaların subsidiyalaşdırılması;

— bərpa olunan enerji mənbələri üçün avadanlıqların sənaye istehsalçılarına dəstək;

— avadanlıqların sürətləndirilmiş köhnəlməsi;

— qeyri-ənənəvi enerji sahəsində elmi-tədqiqat işlərinə qrantlar;

— bərpa olunan enerji mənbələri sahəsində layihələrin həyata keçirilməsi üçün tenderlərin keçirilməsi.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafının stimullaşdırılmasına kömək etmək üçün ən təsirli tədbirlərə bərpa olunan enerji mənbələri əsasında enerji istehsalı ilə məşğul olan mütəxəssislərin hazırlanması və ixtisasartırılması, sərgilərin, konfransların təşkili, reklam kampaniyalarında köməklik göstərilməsi, enerjiyə qənaət edən texnologiyaların təqdimatları daxildir.

Qarabağ regionu alternativ enerjinin inkişafı üçün böyük potensiala malikdir (RES ehtiyatları, elmi və kadr potensialı). Burada qeyri-ənənəvi enerjinin inkişafı regionlar üzrə enerji mənbələrinin mövcudluğu ilə bağlı tədqiqatların aparılmasından, elektrik enerjisində tələbatın müəyyən edilməsindən, hər bir inzibati

vahiddə bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə perspektivlərinin qiymətləndirilməsindən başlamalıdır. Amma bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı üzrə layihələrin həyata keçirilməsi dövlət dəstəyi və maliyyə tələb edir.

Azərbaycanda alternativ energetikanın inkişafı ilə bağlı aparılan tədqiqatlar belə qənaətə gəlməyə imkan verir ki, bərpa olunan enerji mənbələrinin stimullaşdırılmasının ən təsirli mexanizmi enerjinin yüksək qiymətə alınmasına zəmanət verən tarifi yaradılması olacaq və bu, enerjinin yüksək qiymətə alınmasına zəmanət verəcək.

Sonda qeyd edirik ki, Azərbaycanın enerji balansında bərpa olunan enerji mənbələrinin payının cüzi olduğu indiki şəraitdə də bərpa olunan və ənənəvi enerji mənbələrinin birləşməsini birləşdirməklə sosial, iqtisadi və ekoloji vəziyyəti yaxşılaşdırmaq mümkündür.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Tarixən öz neft və qaz sənayesi ilə tanınan Azərbaycan bu yaxınlarda davamlı gələcəyi təşviq etmək üçün yeni yaşıl strategiyalar işləyib hazırlayıb. Ölkənin yaşıl enerji sektoru əvvəlcə su elektrik stansiyaları əsasında yaradılmışdı, lakin sonradan bir sıra bərpa olunan mənbələri əhatə etməklə genişləndi. Bu araşdırma Azərbaycanın mövcud enerji sistemini yaşıl perspektivdən qiymətləndirir və mühüm nəticələr təqdim edir. Təhlil göstərir ki, enerjinin 80%-dən çoxu hələ də sudan əldə edilsə də, Azərbaycan alternativ enerji mənbələrinə doğru sürətlə irəliləyir.

Qlobal iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə Azərbaycan öz üzərinə mühüm öhdəliklər götürüb və innovativ strategiyalardan istifadə etməklə davamlı gələcək üçün yol xəritəsi yaradıb.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, yaşıl enerji istehsalı potensialı Azərbaycanın gələcəkdə iqtisadi və ekoloji səmərəliliyinə nail olmaqda həlledici rol oynayacaqdır.

Azərbaycan Respublikasında alternativ enerjinin inkişafının təsir göstərə biləcəyi bir neçə əsas istiqaməti qeyd edək:

1. Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı vasitəsilə yeni şirkətlər, iş yerləri və mərkəzləşdirilmiş enerji təchizatından uzaqda yerləşən yaşayış məntəqələrinin inkişafı üçün imkanlar yaradıla bilər ki, bu, kənd əhalisinin durmadan axın etdiyi cari urbanizasiya kontekstində xüsusilə doğrudur. Şəhər.

2. Azərbaycanın enerji balansında bərpa olunan enerji mənbələrinin payının artırılması günəş batareyalarının, külək elektrik stansiyaları üçün avadanlıqların və digər qabaqcıl avadanlıqların istehsalının lokallaşdırılmasını təmin edəcək ki, bu da Azərbaycan sənaye istehsalının səviyyəsini keyfiyyətcə artıracaq.

3. İqtisadiyyatın sənaye sektorunda istehsal obyektlərində ekoloji və texnoloji təhlükəsizliyin artırılması üçün şəraitin yaradılması.

Azərbaycan Respublikasında alternativ enerjinin stimullaşdırılması üçün mövcud maliyyə alətlərinin tədqiqi zamanı həll edilməli olan problemlər müəyyən edilmişdir ki, bu da bütün alternativ enerji sənayesi üçün başlanğıc nöqtəsi ola bilər, bunlardan başlıcaları:

1. Yetərsiz maliyyələşdirmə. Alternativ enerji layihələrinin həyata keçirilməsi üçün müəssisələrdən lazımi investisiyaların olmaması;

2. Effektiv maliyyə alətlərindən istifadə etməklə dövlət, sahə nazirliyi (Energetika Nazirliyi) və regional idarələr səviyyəsində alternativ enerjiyə aktiv dəstəyin olmaması;

3. Bərpaolunan enerji obyektlərinin tikintisi üçün zəruri avadanlıqların idxalına, Azərbaycan Respublikasında onların istehsalının olmamasına qadağalar tətbiq edir;

4. Neft, qaz və kömür hasilatı (ənənəvi enerji) ilə bağlı iri korporasiyaların alternativ enerjinin inkişafına qarşı çıxması (rəqabət);

5. Alternativ enerjinin inkişafına investisiyalarla müqayisədə ənənəvi enerji mənbələri (karbohidrogenlər) sahələrinə investisiyaların artması tendensiyası davam edir.

Tədqiqata əsasən, Azərbaycan Respublikasında alternativ enerjinin inkişafını stimullaşdırmaq üçün istifadə edilə bilən bir sıra tədbirləri vurğulayacağıq:

- bərpa olunan enerji mənbələri sahəsində layihələrin həyata keçirilməsi üçün qrant dəstəyi və xərclərin subsidiyalaşdırılması üçün maliyyə alətlərinin təkmilləşdirilməsi;
- Alternativ enerji ilə bağlı güzəştli kredit layihələri sisteminin işlənilib hazırlanması;
- Vergi güzəştlərinin təkmilləşdirilməsi: istehsalata alternativ enerji mənbələrini tətbiq edən müəssisələr üçün vergi güzəştləri;
- Alternativ enerjiden istifadə etməklə ətraf mühitə CO₂ emissiyalarını azaldan müəssisələr üçün həvəsləndirmə sisteminin işlənilib hazırlanması;
- regional səviyyədə alternativ enerji sahəsində layihələr həyata keçirən müəssisələrə dəstək üçün maliyyə mexanizminin işlənilib hazırlanması;

- Əksər potensial investorları ruhdan salan ən böyük yük olan ilkin kapital xərclərini azaldacaq maliyyə mexanizminin işlənilib hazırlanması.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Kərimov, R.; İsmayılova, Z.; Rəhmanov, NR Xəzər dənizi şəraitində külək enerjisi istehsalının modelləşdirilməsi. Int. J. Tech. Fizika. Problemlər Müh. 2013 , 15 , 136–142
2. Koroglu, M., O., (2011). Yüksek gerilim alternatif akım ve yüksek gerilim doğru akım şebeke bağlantılı denizüstü (Denizüstü) rüzgâr santrallerinin tasarım esasları, Master Thesis, Ege University, İzmir, Turkey.
3. Azerbaijan Energy Policy Review 2021, IEA, June 2021, available online at <https://www.iea.org/reports/azerbaijan-2021>, last accessed November 2021.
4. Renewables Readiness Assessment: Republic of Azerbaijan, IRENA, December 2019, available online at https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Dec/IRENA_RRA_Azerbaijan_2019.PDF, last accessed November 2021
5. Nanou, S. I., & Papathanassiou, S. A. (2016). Grid code compatibility of VSC-HVDC connected Denizüstü wind turbines employing power synchronization control. IEEE Transactions on Power Systems, 31(6), 5042-5050.
6. Perez Collazo, C., Astariz, S., Abanades, J., Greaves, D., & Iglesias, G. (2014). Co-located wave and Denizüstü wind farms: Apreliminary case study of an hybrid array. In International conference in coastal engineering (ICCE).
7. Samancıoğlu, G., (2014). Rüzgâr havza planlaması ve rüzgâr santrallerinin şebekeye olan etkilerinin dıgsilent programı ile modellenmesi, Master Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey.
8. Satir, M., Murphy, F., & McDonnell, K. (2018). Feasibility study of an Denizüstü wind farm in the Aegean Sea, Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 2552-2562.

9. Shah, R., Barnes, M., & Preece, R. (2016). Modelling and Dynamic Analysis of a Power System with VSCHVDC Radial Plus Strategy.
10. Salaymani S.A. A Review on Energy and Renewable Energy Policies in Iran [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7328>.
11. Salygin V., Guliev I., Chernysheva N., Sokolova E., Toropova N., Egorova L. Global shale revolution: successes, challenges, and prospects // Sustainability. 2019. T. 11. № 6. С. 1627.
12. Reed J.W. Wind power climatology of the US ERDA Contract AT (29-1)-789, SAND 74-0348, Albuquerque, NM, 1975.
13. Justus C.G., Mikhail A. Height variations of wind speed on wind distributions statistics // Geophy. Res. Letters. 1976. No. 3. P. 261-264.
14. Kərimov, R.; İsmayılova, Z.; Rəhmanov, NR Xəzər dənizi şəraitində külək enerjisi istehsalının modelləşdirilməsi. Int. J. Tech. Fizika. Problemlər Müh. 2013 , 15 , 136–142
15. Abdmouleh, Z., Alammari, R. A., & Gastli, A. (2015). Recommendations on renewable energy policies for the GCC countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 1181-1191.
16. Adam R. Brandt. (2011). Oil Depletion and the Energy Efficiency of Oil Production: The Case of California (Stanford University). doi:10.3390/su3101833
17. Agterbosch, S., & Vermeulen, W. (2004). Implementation of wind energy in the Netherlands: the importance of the social–institutional setting. Energy Policy, 2049-2066.
18. Akella, A. K. (2009). Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. Renewable Energy, 390-396.
19. Apergis, N. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. Energy Policy, 656-660.

20. Benitez, L E., Benitez, P C., & Van Kooten, G C. (2008). The economics of wind power with energy storage. *Energy Economics*, 30(4), 1973-1989.
21. Bergmann, A., & Hanley, N. (2006). Valuing the attributes of renewable energy investments. *Energy Policy*, 1004-1014.
22. Caldes, N. (2009). Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain. *Energy Policy*, 1628-1636.
23. Carley, S. (2009). State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness. *Energy Policy*, 3071-3081.
24. Shah, R., Barnes, M., & Preece, R. (2016). *Modelling and Dynamic Analysis of a Power System with VSCHVDC Radial Plus Strategy*.
25. Salaymani S.A. A Review on Energy and Renewable Energy Policies in Iran [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7328>.
26. Salygin V., Guliev I., Chernysheva N., Sokolova E., Toropova N., Egorova L. Global shale revolution: successes, challenges, and prospects // *Sustainability*. 2019. Т. 11. № 6. С. 1627.
27. Reed J.W. Wind power climatology of the US ERDA Contract AT (29-1)-789, SAND 74-0348, Albuquerque, NM, 1975.
28. Justus C.G., Mikhail A. Height variations of wind speed on wind distributions statistics // *Geophy. Res. Letters*. 1976. No. 3. P. 261-264.
29. Либонтова Т. С., Акулова А. Ш., Галушко М. В. Экономическая эффективность использования альтернативной энергетики // *Символ науки*. – 2019. – №. 1.
30. Хармакшанова Е. В. Меры государственной поддержки развития альтернативной энергетики // *Московский экономический журнал*. – 2020. – №. 7.

31. Двинин Д. Ю. Оценка эколого-экономической эффективности альтернативной энергетики в регионах Российской Федерации //Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – №. 2.
32. Губарева Е. А. Понятия, ограничения и проблемы развития альтернативной энергетики в России //Наукоемкие технологии и инновации. – 2019. – С. 13-17.
33. Flaksman A. S. et al. Prospects for the development of alternative energy sources in the world energy //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 723. – №. 5. – С. 052040.
34. Гарбузова Т. Г., Каланджи К. К. Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли России и пути их решения //Управление и экономика народного хозяйства России. – 2021. – С. 59-63.
35. Aklın M., Urpelainen J. Renewables: The politics of a global energy transition. – MIT Press, 2018.
36. Романова В. В. О стратегических задачах использования возобновляемых источников энергии и развитии правового обеспечения //Правовой энергетический форум. – 2020. – №. 4. – С. 22.
37. Камышанский В. П. Гражданско-правовое стимулирование энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии как формы энергосбережения //Гражданское право. – 2018. – №. 4. – С. 8-11.
38. Головин А. А., Плохих М. В. Потенциал и география возобновляемых источников энергии России //Аллея науки. – 2018. – Т. 5. – №. 5. – С. 626-630.
39. Бухонова С. М., Киреева Ю. В., Чеснокова А. А. Инвестиции в альтернативную энергетику в мировой экономике. – 2019.

40. Маликова О. И., Златникова М. А. Государственная политика в области развития возобновляемой энергетики // Государственное управление. Электронный вестник. – 2019. – №. 72.
41. Букаров Н. В., Василенко В. В., Пирожникова А. П. Анализ мировых инвестиций в возобновляемую энергетику // Инновации и инвестиции. – 2019. – №. 11. – С. 12-15.
42. Шунько К. А. Перспективы развития чистой энергетики // Соціально-гуманітарний вісник: зб. наук. пр.–Вип. 34.–Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2020.–190 с.© СГ НТМ «Новий курс», 2020© Автори, 2020. – 2020. – С. 184.
43. Родина Л. А. Нейтрализация рисков от использования альтернативных источников энергии // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – №. 11-1. – С. 140-145.
44. Акулова А. Ш., Иов К. С. Альтернативная энергетика: инвестиции в будущее // Экономическое просвещение. – 2018. – №. 1. – С. 101-108.
45. Федоров И. А., Купленный В. О. Проблематика развития альтернативной энергетической промышленности России в контексте научно-технологической революции // Экономический базис развития науки и технологий в России. – 2018. – С. 84-88.
46. Николаева Е. К. Особенности инвестиций в энергетику России // Тинчуринские чтения. – 2019. – С. 218-222.
47. Фирсов Е. Д., Жегалин Л. С. Возобновляемая энергетика-новый защитный актив для инвесторов // Финансовая экономика. – 2020. – №. 4. – С. 204-208.
48. Ахмедов В. С. Мировой опыт инвестирования в альтернативную энергетику // Актуальные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. – 2018. – С. 41-44.

49. Вдовиченко М. М., Дорошенко А. Н. Анализ состояния мирового рынка альтернативной энергетики //ЦИТИСЭ. – 2019. – №. 2. – С. 13-13.
50. Бойченко И. П., Краснов А. М. Инвестиции в энергосбережение //Стратегии и инструменты управления экономикой: отраслевой и региональный аспект. – 2019. – С. 202-206.
51. Чумак Е. Ю. Проблемы развития альтернативных источников энергии в российской федерации //Экономические исследования молодых учёных. – 2018. – С. 99-102.
52. Жаднов Е. Е. и др. Современное состояние альтернативной энергетики в России и в мире //Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения. – 2019. – С. 130-134.
53. Телегина Е. А., Халова Г. О. Мировая экономика и энергетика на переломе: поиски альтернативной модели развития //Мировая экономика и международные отношения. – 2020. – Т. 64. – №. 3. – С. 5-11.
54. Алхасов А. Б. и др. Мировой опыт стимулирования и поддержки возобновляемой энергетики и перспективы его применения в России //Региональные проблемы преобразования экономики. – 2021. – №. 4 (126). – С. 7-20.
55. Ализаде А.С., Есьман В.И. Ветроэнергетические ресурсы Азербайджана. Азернешр, 1966.
56. Денисенко О.Г. и др. Преобразование и использование ветровой энергии. Киев: Техника, 1992.
57. Твайдель Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. Пер. с англ., 1990.
58. Ветроэнергетика. Под ред. Д. де Рензо / Пер. с англ. под ред. д-ра техн. наук Я.И. Шефтера. М.: Энергоатомиздат, 1982.