ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ РЕСПУБЛИКАСЫ ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТАБИҒИ РЕСУРСТАР МИНИСТРЛІГІ

«Жасыл даму» акционерлік қоғамы

Декарбонизация сценарийіндегі парниктік газдар шығарындыларын талдау және модельдеу құралдарын жаңарту туралы есеп

Астана, 2023 жыл

Бекіту парағы

Декарбонизация сценарийіндегі парниктік газдар шығарындыларын талдау және модельдеу құралдарын жаңарту туралы есеп

№	Аты-жөні	Лауазымы	Қолы
1	Кабдолданов Нұржан Кенесбайұлы	"Жасыл даму"АҚ Басқарма Төрағасының Орынбасары, Басқарма мүшесі	
2	Насирхан Рустам	"Жасыл даму" АҚ модельдеу, талдау және болжау департаментінің директоры	
3	Бакдолотов Айдын Айсултанович	"Жасыл даму"АҚ модельдеу, талдау және болжау департаментінің менеджері	
4	Оразханова Альфия Саматовна	"Жасыл даму"АҚ модельдеу, талдау және болжау департаментінің менеджері	

Мазмұны

Суреттер тізімі 4
Кестелер тізімі 6
1. PyPSA-ға кіріспе 8
1.1. Электр энергетикасы секторына арналған PyPSA модельдері 10
1.1.1. Жұмыс процесін басқару 10
1.1.2. Желілер мен электр станцияларының моделі 15
1.1.3. Жаңартылатын энергия көздері 16
1.1.4. Кеңістіктік кластерлеу әдісі 19
1.1.5. Жоспарлау көкжиегі 21
1.1.6. Модель және есептеу модулінің интерфейсі 21
1.2. Электр энергетикасын дамытудың сценарийлері 22
1.2.1. Базалық сценарий 24
1.2.2. Электр энергетикасын дамытудың көміртегі бейтараптығы сценарийі ... 24
1.3. Сценарийлерді модельдеу 25
1.3.1. Есептің математикалық тұжырымы 26
1.3.2. Модельдеу нәтижелері 29
1.4. Қорытынды 50
2. TIMES-қа кіріспе 51
2.1. Зерттеу әдістері 53
2.2. Парниктік газдар шығарындыларының сценарийлерін тұжырымдау 55
2.3. Барлық сценарийлер үшін жалпы болжамдар 56
2.3.1. Базалық сценарий 56
2.3.2. Климаттық сценарий 57
2.4. Жүйені сезімталдыққа талдау 57
2.5. Климаттық сценарийді модельдеу нәтижелері 65
2.6. Электр энергиясын өндіру 72
2.7. Жылу энергиясын өндіру 79
2.8. Өнеркәсіп секторы 84
2.9. Көлік секторы 91
2.10. Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторы 96
2.11. Ауыл шаруашылығы 102
2.12. Ұшпа эмиссиялар секторы 105
3. Қорытынды 108
4. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 116

Суреттер тізімі

Сурет 1.1.1. Snakemake ережесінің мысалы. 11
Сурет 1.1.2. Pypsa Қазақстан Республикасы моделі үшін процестерді орындаудың бағытталған ациклді графигі 12
Сурет 1.1.3. Ауыстыру үлгілері бар Snakemake ережесінің мысалы. 13
Сурет 1.1.4. Электр желілерінің географиялық орналасуы және генерациясы.. 16
Сурет 1.1.5. Қазақстан Республикасының 2018 жылға арналған гидроэнергетикасының тәуліктік әлеуетінің бейіні. 17
Сурет 1.1.6. Қазақстан Республикасының 2018 жылға арналған күн энергиясының тәуліктік әлеуетінің бейіні. 18
Сурет 1.1.7. Қазақстан Республикасының 2018 жылға арналған жел энергиясының тәуліктік әлеуетінің бейіні 18
Сурет 1.1.8 . Жел энергиясының потенциалы. 19
Сурет 1.1.9. Күн энергиясының потенциалы. 19
Сурет 1.1.10. Қазақстан Республикасының кластерлеуден кейінгі желілік моделі 20
Сурет 1.2.1. Технология құнының өзгеру кестесі 23
Сурет 1.2.2. Қазақстан Республикасында электр энергиясын тұтыну болжамы. 24
Сурет 1.3.1. Базалық сценарийдегі электр энергиясы секторының CO2 шығарындыларының жылдық көлемі. 30
Сурет 1.3.2. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі электр энергиясы секторының CO2 шығарындыларының жылдық көлемі. 30
Сурет 1.3.3. Базалық сценарийдегі технологияның оңтайлы қуаты 32
Сурет 1.3.4. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі технологияның оңтайлы қуаты 32
Сурет 1.3.5. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі аудандар бойынша көмір өндірісінің төмендеуі 36
Сурет 1.3.6. Базалық сценарийде электр энергиясын өндіру 37
Сурет 1.3.7. Көміртекті бейтараптық сценарийінде электр энергиясын өндіру. 37
Сурет 1.3.8. БҚО-дағы екі сценарийдегі OCGT қуаты 39
Сурет 1.3.9. Ақтөбе облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты 39
Сурет 1.3.10. Қарағанды облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты 39
Сурет 1.3.11. Қызылорда облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты 39
Сурет 1.3.12. Көміртекті бейтараптық сценарийінде сутекті сақтау жүйелерінің қуатын аймақтар бойынша бөлу 40
Сурет 1.3.13. Көміртекті бейтараптық сценарийінде батарея қуатын аймақтар бойынша бөлу 41
Сурет 1.3.14. Жел электр станцияларының қуатын көміртекті бейтараптық сценарийінде өсу бойынша облыстар бойынша бөлу 42
Сурет 1.3.15. Көміртекті бейтараптық сценарийінде күн электр станцияларының қуатын аудандар бойынша бөлу 43

Сурет 1.3.16. 2060 жылы облыстар бойынша орнатылған генерация қуаты (базалық сценарий кішіден үлкенге қарай сұрыпталған). 45
Сурет 1.3.17. 2060 жылы облыстар бойынша сақтау технологияларының белгіленген қуаттары (базалық сценарий кішіден үлкенге қарай сұрыпталған) 46
Сурет 1.3.18. Базалық сценарийде өңірлер арасындағы электр беру желілерінің өткізу қуатын оңтайлы ұлғайту. 47
Сурет 1.3.19. Көміртекті бейтараптық сценарийінде аймақтар арасындағы электр желілерінің өткізу қабілеттілігін оңтайлы арттыру 47
Сурет 1.3.20. Жылдық жалпы күрделі шығындар 48
Сурет 1.3.21. Базалық сценарийдегі әрбір технологияның күрделі шығындары49
Сурет 1.3.22. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі әрбір технология үшін күрделі шығындар 49
Сурет 2.1.1. Референттік энергия жүйесі (РЭЖ)..... 54
Сурет 2.4.1. Сценарий бойынша парниктік газдар шығарындылары, млн тонна CO2-эквивалент 60
Сурет 2.4.2. Сценарийлер бойынша электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ 61
Сурет 2.4.3. Сценарийлер, отын түрлері және технология түрлері бойынша электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ 62
Сурет 2.5.1. Энергетика секторынан парниктік газдар шығарындыларын дамыту сценарийлері, МтCO2 экв..... 67
Сурет 2.6.1. Электр энергиясын өндіру секторынан парниктік газдар шығарындылары, МтCO2 экв 74
Сурет 2.6.2. Электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ..... 75
Сурет 2.6.3. Электр станцияларының белгіленген қуаттары, ГВт..... 77
Сурет 2.7.1. Жылу энергиясын өндіру секторындағы парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, МтCO2 экв..... 81
Сурет 2.8.1. Өнеркәсіп секторындағы парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, МтCO2 экв 86
Сурет 2.8.2. Салалар бойынша өнеркәсіп секторындағы парниктік газдар шығарындыларын дамыту сценарийлері, МтCO2 экв 86
Сурет 2.9.1. Көлік секторындағы парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, МтCO2 экв..... 92
Сурет 2.10.1. Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторында парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, МтCO2 экв 97
Сурет 2.11.1. Ауыл шаруашылығындағы отынды жағу бөлігіндегі шығарындылар, МтCO2 экв 103
Сурет 2.12.1. Ұшпа эмиссиялар секторындағы парниктік газдар шығарындылары, МтCO2 экв 106
Сурет 2.12.2. Қазақстан Республикасының көмір бассейндері және негізгі өндірістік алаңдары [Казэнерджи, 2021] 107

Кестелер тізімі

Кесте 1.1.1. PyPSA-ға ұқсас әртүрлі бағдарламалық құралдардың функцияларын салыстыру [11]. 9
Кесте 1.1.1. Қазақстан Республикасының PyPSA моделіне арналған Snakemake ережелерінің қысқаша сипаттамасы..... 13
Кесте 1.1.2. Аймақтарды белгілеу 20
Кесте 1.2.1. Базалық сценарийде күн және жел электр станциялары мен қайта зарядталатын батареялардың болжамды күрделі шығындары ($/МВт)..... 22
Кесте 1.2.2. Көміртегі бейтараптығы сценарийі 25
Кесте 1.3.1 Базалық сценарийде облыстар бойынша қуаттарды ұлғайту 33
Кесте 1.3.2. Көміртекті бейтараптық сценарийінде облыстар бойынша қуаттылықты арттыру 34
Кесте 1.3.3. Көміртекті бейтараптық сценарийінде көмір қуатын азайту 35
Кесте 2.4.1. Базалық сценарий мен сезімталдық сценарийлеріндегі жалпы ішкі өнімнің нақты өсуінің жылдық қарқыны туралы болжамдар 59
Кесте 2.4.2. Сценарийлер, отын түрлері және технология түрлері бойынша электр энергиясын өндіру құрылымы, %..... 63
Кесте 2.5.1. Энергетика секторынан парниктік газдар шығарындыларын дамыту сценарийлері, МтСО2 экв..... 68
Кесте 2.5.2. Отын түрлері бойынша бастапқы энергияның жалпы жеткізілімдері, мың тнэ 69
Кесте 2.5.3. Секторлар мен отын түрлері бойынша энергияға түпкілікті сұраныс, мың тнэ..... 70
Кесте 2.6.1. Электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ 74
Кесте 2.6.2. Электр станцияларының белгіленген қуаттары, ГВт 77
Кесте 2.7.1. Отын түрлері бойынша жылу энергиясын өндіру, мың тнэ 81
Кесте 2.8.1. Өнеркәсіпте отынды жағудан салалары бойынша парниктік газдар шығарындылары, МтСО2-экв. 87
Кесте 2.8.2. Отын түрлері мен салалары бойынша өнеркәсіптегі энергияға түпкілікті сұраныс, мың тнэ..... 87
Кесте 2.9.1. Көлік түрлері мен отын түрлері бойынша энергияны тұтыну, мың тнэ 93
Кесте 2.10.1. Жанармай түрлері мен пайдалану бағыттары бойынша ғимараттардағы энергияға түпкілікті сұраныс, мың тнэ..... 99
Кесте 2.11.1. Ауыл шаруашылығындағы энергияға отын түрлері мен салалары бойынша түпкілікті сұраныс, мың тнэ 103

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

МВт	-	Мегаватт
Гвтсағ	-	Гигаватт-сағат
ПӘК	-	Пайдалы әсер коэффициенті
кВтсағ	-	Киловатт-сағат
Гкал	-	Гигакалория
ХЭА	-	Халықаралық энергетикалық агенттік
ТЭБ	-	Отын-энергетикалық баланс
т. ш. о.	-	Тонна шартты отын
$м^3$	-	Текше метр
АБСБ	-	аралас бүтін сызықтық бағдарламалау
ЖЖ	-	Жоғары вольтты желі
DCLF	-	Direct Current Load Flow
ЭҚЕ	-	Электр қондырғыларын орнату ережелері
БЭЖ	-	Бірыңғай электр энергетикалық жүйесі
TIMES	-	The Integrated MARKET-EPAM Systems
ОЭБ	-	Отын-энергетикалық баланс
ЖЭК	-	Жаңартылатын энергия көздері
ТЭ	-	Транзакциялық Энергия
ЖІӨ	-	Жалпы ішкі өнім

1. PyPSA-ға кіріспе

Python for Power System Analysis (PyPSA) — бұл қуат жүйелерін талдауға арналған Python тіліндегі бағдарламалық құралдар жиынтығы [11]. PyPSA-ны Карлсруэ технологиялық институтындағы (KIT) команда әзірледі, Карлсруэ, Германия және қазір PyPSA масштабталды және бүкіл әлем бойынша әртүрлі мүшелер бар. Бастапқыда бұл құралда Еуропаның Электр энергетикасы мен энергетикасының моделі жасалды, ал қазір қол жетімді ақпаратты, экономиканың ерекшеліктерін және елдердің энергия секторларын ескере отырып, модельді басқа елдерге кеңейту бойынша белсенді жұмыстар жүргізілуде.

PyPSA-да дәстүрлі генерация, ауыспалы жел және күн генерациясы модельдері, электр энергиясын сақтаудың әртүрлі технологиялары, табиғи газ, сутегі, жылу және көлік секторларымен бірігу бар. PyPSA ыңғайлы, өйткені оңтайландыру мәселелерін шешудің барлық кезеңдері транспарентті, әркім кіре берісте қандай мәліметтер алынғанын және олармен қандай манипуляциялар жасалғанын көре алады. Сондай-ақ, PyPSA жақсы масштабталған және ауқымды сызықтық және квадраттық бағдарламалауды шешу үшін әртүрлі коммерциялық және ақысыз пакеттерді қолдайды.

PyPSA жаңартылатын энергияға жылдам және баяу ауысу сценарийлерін салыстыру үшін Еуропалық энергетика секторының моделін [12], ғимараттардың энергия тұтынуын азайтуды модельдеу үшін [13], ақылды электр желілерін басқарудың жаңа әдістерін сынау әзірлеу және зерттеу үшін қолданылған [14].

Әрі қарай модель Африка мен әлемге кеңейтілді, зерттеушілердің әртүрлі топтары басқа елдерге, соның ішінде АҚШ, Латын Америкасы және Қазақстан Республикасына арналған модельдерді әзірлеуде белсенді жұмыс істейді және PyPSA Earth атауын алды [15]. Бұл бағдарлама қазір Біріккен Ұлттар Ұйымына мүше барлық 193 мемлекетті қамтиды. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасы үшін ашық көздерге – спутниктерден, халықаралық статистикалық агенттіктерден алынған геокеңістіктік деректерге және OpenStreetMaps еркін веб-картографиялық сервисіне негізделген PyPSA жұмыс моделі бар. PyPSA Климаттың өзгеруі мен өсуін Shared Socioeconomic Pathways (SSP) негізінде болжау сценарийлерін ұсынады.

PyPSA Earth-тің мақсатты функциясы-электр энергиясын өндірудің жылдық күрделі шығындарын оңтайландыру. Модельде CO2 шығарындыларының шегі, жаңартылатын энергияның үлесі, әр аймақтың өз қажеттіліктері үшін электр энергиясын өндіру пайызы, қуат резервіне қойылатын талаптарды қосу және т. б. сияқты әртүрлі шектеулерді орнатуға болады.

Кесте 1.1.1. PyPSA-ға ұқсас әртүрлі бағдарламалық құралдардың функцияларын салыстыру [11].

				Анализ электрической сети						Экономический анализ				
	Программное обеспечение	**Версия**	**Бесплатное ПО**	**Power Flow**	**Continuation Power Flow**	**Dynamic Analysis**	**Transport Model**	**Linear OPF**	**SCLOPF**	**Nonlinear OPF**	**Multi-Period Optimisation**	**Unit Commitment**	**Оптимизация инвестиций**	**Другие сектора**
Инструменты электрической системы	MATPOWER	6	✓	✓	✓		✓	✓		✓				
	NEPLAN	5.5.8		✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓
	pandapower	1.4.0	✓	✓			✓	✓		✓				
	PowerFactory	2017		✓		✓		✓	✓	✓				
	PowerWorld	19		✓		✓	✓	✓	✓	✓				
	PSAT	2.1.10	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		
	PSS/E	33.1		✓		✓		✓	✓	✓				
	PSS/SINCAL	13.5		✓		✓		✓		✓				✓
	PYPOWER	5.1.2	✓	✓			✓			✓				
	PyPSA	**0.11.0**	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Инструменты энергетической системы	calliope	0.5.2	✓				✓				✓		✓	✓
	minpower	4.3.10	✓				✓	✓			✓	✓		
	MOST	6	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	oemof	0.1.4	✓				✓				✓	✓	✓	✓
	OSeMOSYS	2017	✓				✓				✓		✓	✓
	PLEXOS	7.4					✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	PowerGAMA	1.1	✓				✓	✓			✓			
	PRIMES	2017					✓	✓			✓	✓	✓	✓
	TIMES	2017					✓	✓			✓	✓	✓	✓
	urbs	0.7	✓				✓				✓	✓	✓	✓

Жоғарыдағы кестеде PyPSA-ны электр және энергетикалық модельдеудің басқа бағдарламалық құралдарымен салыстыру келтірілген. Көріп отырғанымыздай, PyPSA әмбебап және коммерциялық бағдарламалық жасақтамадан кем түспейтін функционалдығы бар.

Кез-келген ел үшін PyPSA модельдерінің дәлдігін жақсартуға қабілетті пайдаланушының басты міндеті-сенімді мәліметтер мен нақты сценарийлерді ұсыну. Қазақстан Республикасы үшін көптеген деректер шектеулі қол жетімділікте, сондықтан әртүрлі пайдаланушылардың моделі бір-бірінен өзгеше нәтижелер бере алады. Дегенмен, PyPSA ел мен аймақтың әртүрлі даму сценарийлерін салыстырмалы талдау үшін жақсы жұмыс істейді.

Бұл жұмыста Қазақстан Республикасының 2060 жылға дейінгі электр энергетикасын декарбонизациялаудың базалық сценарийі мен сценарийін модельдеу нәтижелері ұсынылған. Модельдеу 2030, 2040, 2050 және 2060 жылдарға арналған. Қазақстан Республикасы моделі үшін әлі мультипейодты модельдеу әзірленбеген, сондықтан алдыңғы кезеңді оңтайландыру нәтижелері оңтайландыру кезеңдерін байланыстыру үшін ағымдағы кезең үшін бастапқы ретінде пайдаланылады.

1.1. Электр энергетикасы секторына арналған PyPSA модельдері

1.1.1. Жұмыс процесін басқару

PyPSA-Earth жұмыс процесін Python негізіндегі тіл және жұмыс процесінің орындалу уақыты Snakemake басқарады. Snakemake әрбір процесс үшін кіріс және шығыс файлдарды анықтайтын ережелерді жасау арқылы процестердің орындалуын ұйымдастыруға және автоматтандыруға мүмкіндік береді. Содан кейін Snakmake қажетті нәтижеге қол жеткізу үшін ережелерді біріктіреді. Осылайша, Snakemake қайталанатын, бейімделетін және мөлдір өнімділікті қамтамасыз ететін тұрақты бағдарламалық құралды жасауға көмектеседі.

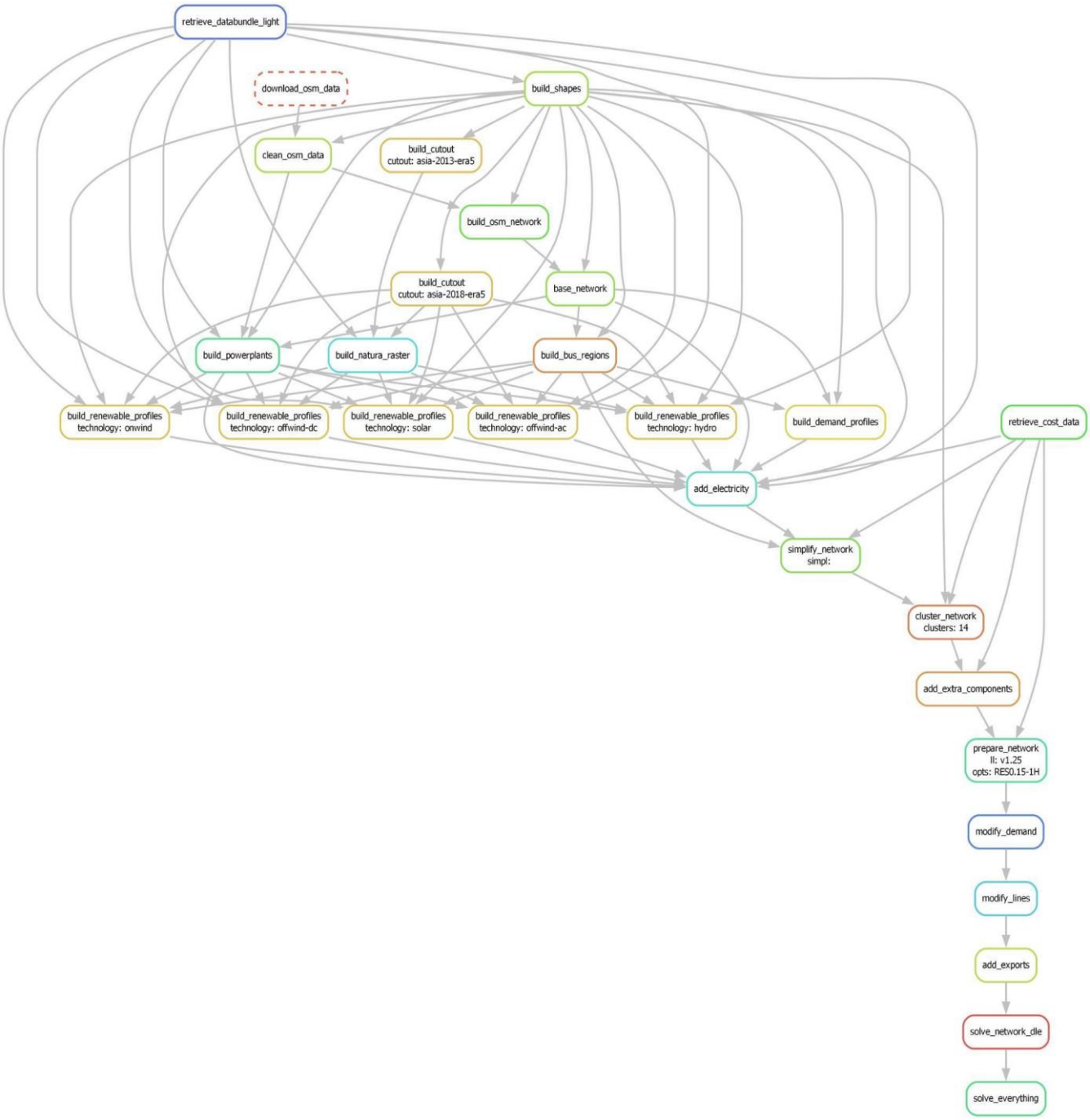
PyPSA-Earth Snakemake-те жеке ережелер жинағы ретінде енгізілді және жүк үлгілері мен электр беру желілеріне белгілі бір шектеулерді енгізу үшін Қазақстан Республикасы үшін бірегей ережелер қосылды. PyPSA-Earth пайдаланушысы кодтың бір жолымен үлгіні іске қосып, қажетті нәтижеге қол жеткізе алады. Бүкіл процесті кішірек ережелерге бөлу пайдаланушының үлгімен әрекеттесуін және қажет болған жағдайда өзгертулер енгізуін жеңілдетеді.

Snakemake іске қосуға арналған барлық конфигурациялар конфигурация {}.yaml файлында көрсетілген. Әртүрлі іске қосу үшін әртүрлі конфигурация файлдарын жасауға болады, бұл кодтардың өзін өзгертпей, параметрлерді өзгертуге мүмкіндік береді. Әрбір Snakemake ережесі төмендегі суретте сипатталған бірнеше негізгі блоктардан тұрады.

```
# Назнание правила
rule build_osm_network:

    # Вводные данные
    input:
        generators="resources/" + RDIR + "osm/clean/all_clean_generators.geojson",
        lines="resources/" + RDIR + "osm/clean/all_clean_lines.geojson",
        substations="resources/" + RDIR + "osm/clean/all_clean_substations.geojson",
        country_shapes="resources/" + RDIR + "shapes/country_shapes.geojson",

    # Результаты правила
    output:
        lines="resources/" + RDIR + "base_network/all_lines_build_network.csv",
        converters="resources/" + RDIR + "base_network/all_converters_build_network.csv",
        transformers="resources/"
        + RDIR
        + "base_network/all_transformers_build_network.csv",
        substations="resources/" + RDIR + "base_network/all_buses_build_network.csv",

    # Лог файлы, где записываются все произведенные действия
    log:
        "logs/" + RDIR + "build_osm_network.log",

    # Опция для фиксирования времени выполнения правила
    benchmark:
        "benchmarks/" + RDIR + "build_osm_network"

    # Название кода Python, необходимого для получения результатов
    script:
        "scripts/build_osm_network.py"
```

Сурет 1.1.1. Snakemake ережесінің мысалы.

Ереженің сәтті орындалуы үшін көрсетілген нәтижелер мен Python коды болуы керек, ол аталған нәтижелерді шығара алады. Егер ереже компьютерде немесе серверде көрсетілген жерде болмаса, онда Snakemake мұндай файлды жасауға қабілетті ережелер бар-жоғын іздейді. Егер ереже табылса, онда Snakemace оны нәтиже қолданатын ережеге дейін тапсырмаларды орындау кезегіне қояды. Осылайша, жұмыс орындалатын процестің бағытталған ациклді графигі жасалады. Егер ережелердің кез келгені циклдік болса, процесті орындау мүмкін болмайды. Қазақстан Республикасы үшін симуляцияны орындау графигі төмендегі суретте көрсетілген.



Сурет 1.1.2. Pypsa Қазақстан Республикасы моделі үшін процестерді орындаудың бағытталған ациклді графигі

Сондай-ақ, орнату үлгілері әртүрлі конфигурациялармен іске қосу нәтижелерін бөлуге мүмкіндік беретін ережелердің сипаттамасында пайдаланылуы мүмкін. Осылайша орнатуға болатын конфигурацияларға мыналар жатады: жүйені алдын ала оңайлатуға арналған түйіндер саны, кластерлер саны, тарату желілерін кеңейту шектеулері, модельдеу қадамы сияқты оңтайландырудың әртүрлі нұсқалары, жаңартылатын энергия көздері үлесіне қойылатын талаптар, шығарындыларды азайту және т.б. Ауыстыру үлгілері бар ереже мысалы төменде көрсетілген. Қойылмалы таңбалар көк түспен бөлектеліп, бұйра жақшаға алынады. Snakemake іске қосылғанда, бұл үлгілер қажетті мәндермен ауыстырылады.

```
rule solve_all_networks:
    input:
        expand(
            "results/" + RDIR + "networks/elec_s{simpl}_{clusters}_ec_l{ll}_{opts}.nc",
            **config["scenario"]
        ),
```

Сурет 1.1.3. Ауыстыру үлгілері бар Snakemake ережесінің мысалы.

Барлығы процесс 28 тапсырманы қамтиды. Егер қандай да бір ережеге арналған кіріспе қол жетімді болса немесе конфигурация файлы арқылы қандай да бір ережелер өшірілсе, тапсырмалар саны өзгеруі мүмкін. Барлық ережелерді шартты 4 санатқа бөлуге болады: деректерді шығару, электр желілерінің моделін құру, модельді жеңілдету, модельді шешу. Қазақстан Республикасы үшін модель жасау кезінде кейбір деректер шындықты көрсетпейтіндіктен, модельді шешпес бұрын Қазақстан Республикасының моделі үшін арнайы ережелер іске қосылады. Барлық ережелердің қысқаша сипаттамасы төмендегі кестеде келтірілген.

Кесте 1.1.1. Қазақстан Республикасының PyPSA моделіне арналған Snakemake ережелерінің қысқаша сипаттамасы.

Деректерді шығару	retrieve_cost_data	Бұл ережелер қажетті бастапқы деректердің болуын қамтамасыз етеді (интернеттен немесе бар қалталардан көшіріледі)
	retrieve_databundle_light	
	download_osm_data	
Электр желілерінің моделін құру	clean_osm_data	Деректерді стандарттайды және тазартады
	build_shapes	Ел мен әкімшілік аймақтардың шекараларын салады, болжау үшін халық пен жалпы ішкі өнім деректерін қосады
	build_osm_network	Ашық көздерден электр беру желілері
	build_cutout cutout: asia-2013-era5	Copernicus Climate деректер дүкенінен климат туралы мәліметтер
	build_cutout cutout: asia-2018-era5	
	base_network	Электр желісінің топологиясын жасайды
	build_powerplants	Желіге генератор модельдерін қосады
	build_demand_profiles	Желіге жүктеме моделін қосады

	build_natura_raster	Жаңа станциялар мен желілерді салуға болатын аймақтарды анықтау үшін беттік растрлық кескіндерді қосады
	build_bus_regions	Құрлықтағы және жағалаудағы аймақтарды білдіретін әрбір Шина үшін Вороной аймақтарын жасайды.
	build_renewable_profiles technology: hydro	Әрбір желі торабы (I) үшін atlite пакеті негізінде белгіленген қуатты (жерді пайдалану негізінде), (ii) электр энергиясын өндірудің қол жетімді уақыт сериясын (ауа райы деректері негізінде) және (iii) тікелей және айнымалы ток жердегі және теңіздегі жел қондырғылары мен күн фотоэлектрлік генераторлары үшін тораптан орташа қашықтықты есептейді.
	build_renewable_profiles technology: offwind-ac	
	build_renewable_profiles technology: offwind-dc	
	build_renewable_profiles technology: onwind	
	build_renewable_profiles technology: solar	
	add_electricity	Желі моделіне қолданыстағы генерация мен сақтау технологиясын қосады
Модельді жеңілдету	simplify_network simpl:	Тарату желісін 380 кВ-қа тең желіге түрлендіреді
	cluster_network clusters: 14	Желіні белгілі бір аймақтар санына бөлу үшін k-орташа (k-means) негізіндегі кластерлеу әдісін қолданады, содан кейін желіні бір аймаққа бір шинамен ұсынуға дейін азайтады
	add_extra_components	Қосымша компоненттерді қосуға мүмкіндік береді
	prepare_network ll: v1.25 opts: RES0.15-1H	Модельді әртүрлі параметрлермен шешуге дайындайды
KZ моделіне арналған ережелер	modify_demand	Базалық жыл деректеріне сәйкес Қазақстан Республикасы өңірлері бойынша жүктемені қайта бөледі
	modify_lines	Желідегі максималды шектеулерді қолданады
	add_exports	Модельге экспортталатын және импортталатын электр энергиясын қосады

Модель шешімі	solve_network_dle	Модельді шешеді
	solve_everything	Процестің толық тізбегін іске қосады

Процесті ережелерге бөлу әрекеттердің реттілігін түсінуге және өзгерістер енгізу үшін қандай ережелерді өзгерту керектігін анықтауға көмектеседі. Әр түрлі сценарийлерді модельдеу үшін конфигурация файлы мен деректерді алу ережелері арқылы берілген кіріспе ғана өзгереді.

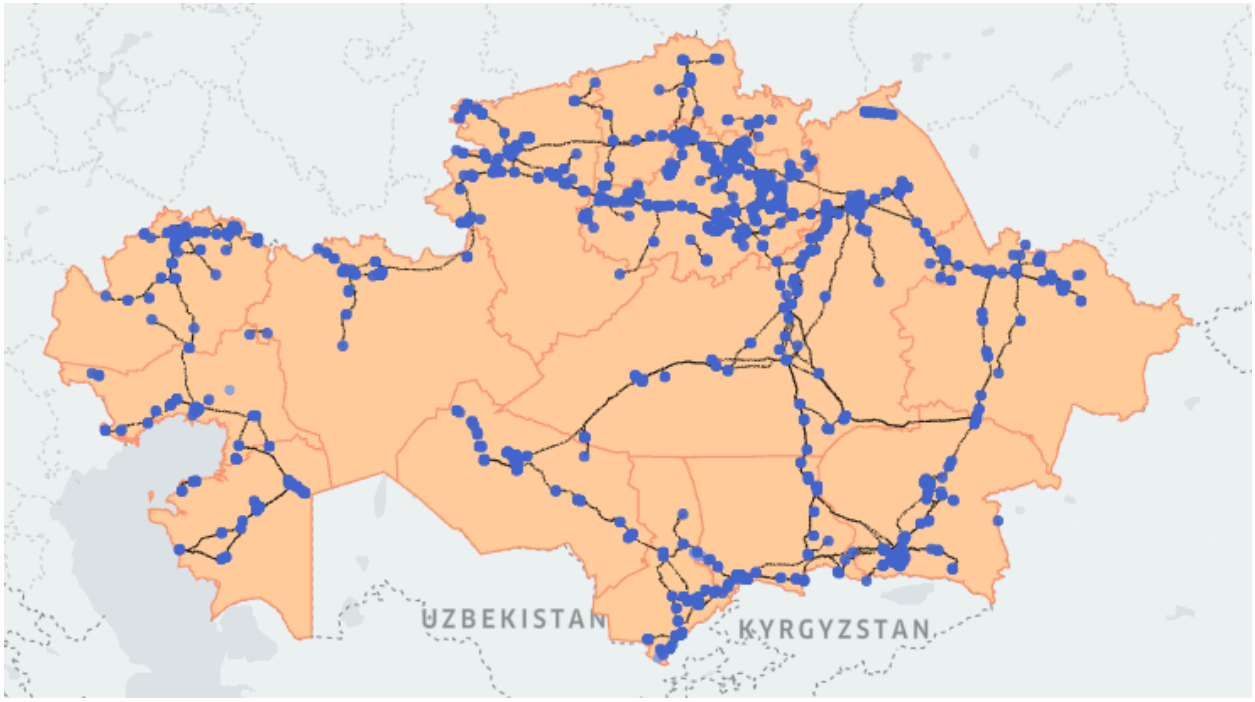
1.1.2. Желілер мен электр станцияларының моделі

Қазақстан Республикасы желілерінің моделі әртүрлі кернеудегі: 500кВ, 220кВ, 110кВ жоғары вольтты электр беру желілерінен, сондай - ақ номиналы 1150кВ Солтүстік Қазақстанды кесіп өтетін бір желіден тұрады. Бұл аймаққа электр энергиясын жеткізу Ресейден өз генерациясы мен импорты есебінен жүзеге асырылады. Pypsa - Earth желісінің модельдері OpenStreetMaps ашық көзінен модельденеді, дегенмен олар қолданыстағы электр желілерінің моделін жақсы қайталайды. Болашақта ақпараттың дұрыстығы үшін электр желілері туралы деректерді қолмен енгізуге болады. Төмендегі суретте алынған сызықтар мен Қазақстан Республикасы генерациясының моделі көрсетілген.

Қазақстан Республикасы үшін генерация туралы деректер "custom_powerplants.csv” деп аталатын файлда орналасқан. Бұл файлда болуы керек негізгі деректер: атауы, станция түрі, отын түрі, қуат, іске қосу және шығару жылы, ел, бойлық және ендік электр желілеріне қосылу. Сондай-ақ, өнімділік деректерін, жаңарту күндерін қосуға, станцияны белгілі бір түйінге байланыстыруға болады. Файлда қол жетімді және жоспарланған станцияларды көрсетуге болады.

Модельге келесі өндіру түрлері қосылды:

- көмір электр станциялары (coal)
- ашық циклді газ электр станциялары (OCGT)
- аралас циклді газ электр станциялары (CCGT)
- су электр станциялары (run of river – RoR)
- жел электр станциялары (wind)
- күн электр станциялары (solar).



Сурет 1.1.4. Электр желілерінің географиялық орналасуы және генерациясы

Электр станцияларының аталған түрлерінің ішінен тек көмір мен газдар CO2 шығарындыларын шығарады, ал қалған түрлері жаңартылатын энергия көздеріне жатады. Оңтайландыру мақсатында OCGT, жел және күн электр станцияларының технологиялары кеңейтуге қол жетімді деп белгіленді, яғни оңтайландыру мәселесін шешуде жаңа қуаттарды қосуға болады. Көмір электр станциялары, CCGT және гидроэлектростанциялар келесі себептер бойынша қуаттылықты арттыру мүмкін емес: таза энергия көздеріне көшу талабына байланысты көмір, CCGT, өйткені бұл технология OCGT сипаттамалары бойынша төмен, гидроэлектростанциялар бойынша әлеуетке қол жеткізілді деп болжануда. Бұл болжамдар барлық елдер мен аймақтар үшін PyPSA-Earth моделіне енгізілген. Бұл болжамдарды өзгерту үшін бастапқы кодтарды өңдеу қажет, бұл PyPSA-мен одан әрі жұмыс істеуге болады.

Электр энергиясын сақтау технологиялары модельде үш түрі бар:

- белгілі бір қуаты Қазақстан Республикасы аумағында орнатылған және гидроэлектростанциялар сияқты ұлғайтуға болмайтын гидроқоймалар,
- ұлттық масштабта әлі электр желілерінде жоқ және орнату үшін модельде қол жетімді аккумуляторлық батареялар,
- декарбонизация сценарийіне арналған сутегі қоймалары.

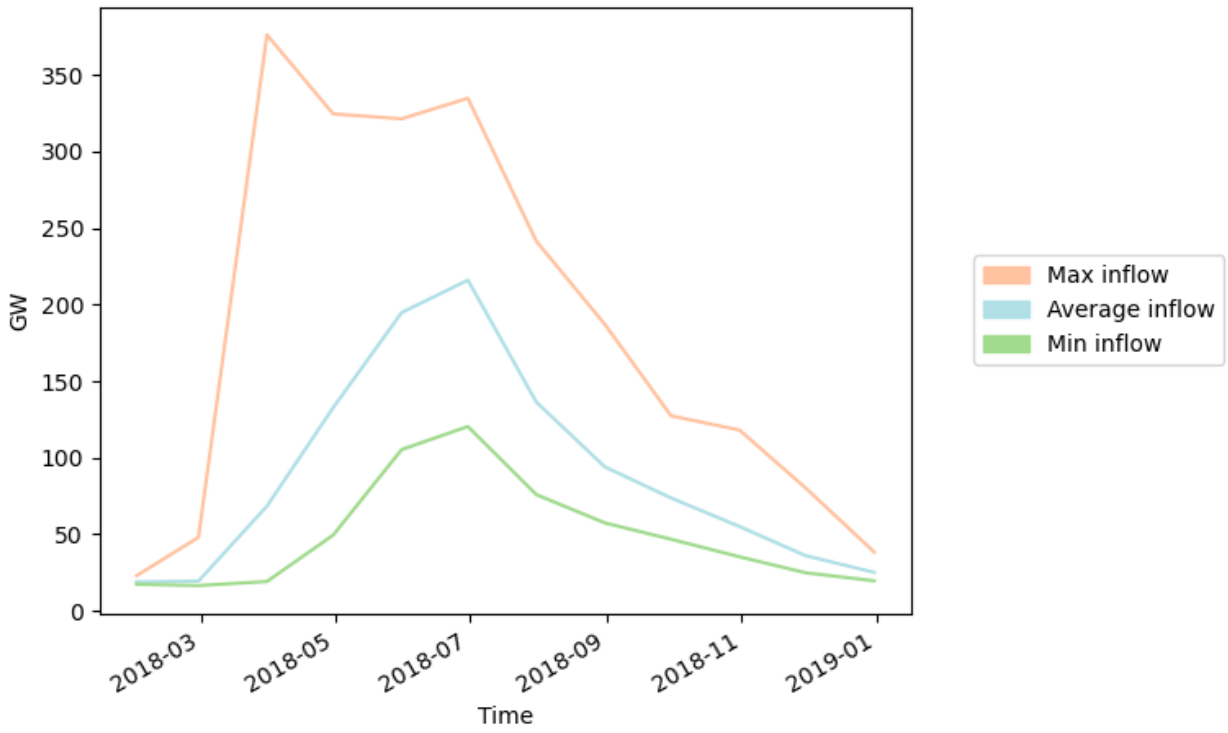
Генерация мен сақтаудың әр түріне арналған математикалық модельдер мен шектеулер 1.3.1 тарауында келтірілген.

1.1.3. Жаңартылатын энергия көздері

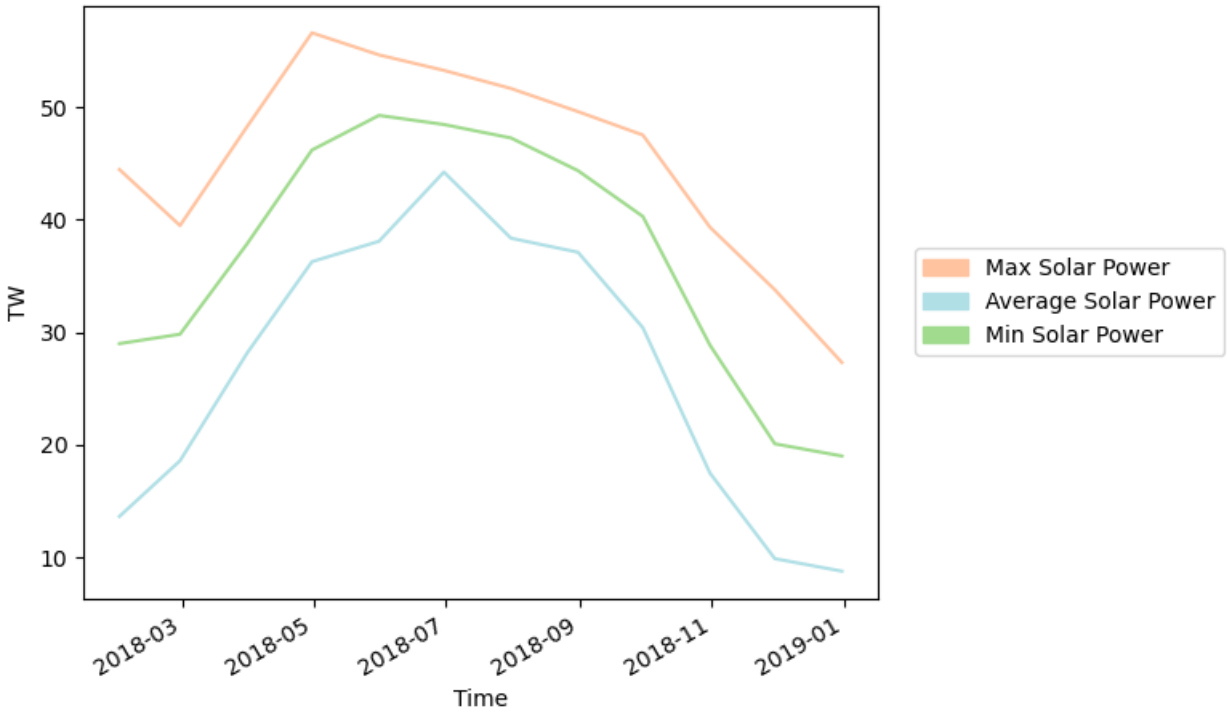
Күн, жел және гидроэнергетикалық уақыт қатарлары сияқты жаңартылатын энергия көздері Atlite ашық бастапқы пакетімен модельденеді. Atlite (i) кеңістіктік-уақыттық шекараларды анықтайтын секторларды жасайды, (ii) әртүрлі

дерекқорларды салыстыру арқылы геокеңістіктік шекараларға қоршаған орта мен ауа-райы деректерін қосу арқылы секторларды дайындайды (ERA5 реализ деректері, SARAH-2 спутниктік деректері, және GEBCO батиметриясы), және, ақырында, (iii) функцияларды қолданады белгілі бір технологиялар үшін кеңістіктік ажыратымдылықтағы уақыт қатарлары мен потенциалдарын алуға арналған түрлендірулер.

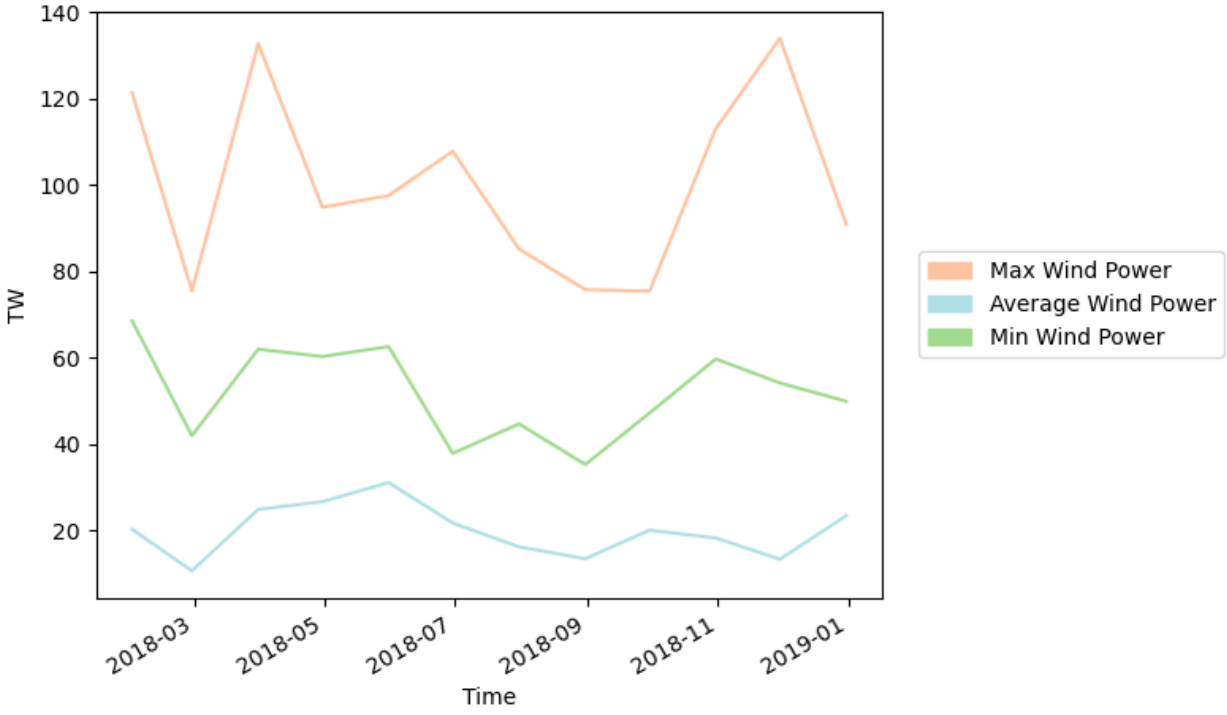
Модельдеу 2018 жылғы деректерді негізгі ретінде пайдаланады. Atlite модулінің көмегімен модель әр түйін үшін күн мен жел энергиясының потенциалдық профильдерінің сағаттық уақыттық қатарларын алады немесе аудандар бойынша кластерлеу кезінде аймақтарды алады. Жеңілдету үшін төмендегі диаграммалар бүкіл ел бойынша жиынтық тәуліктік әлеуеттің орташа, максималды және минималды мәндерін ұсынады. Күн және гидроэнергетика үшін жыл мезгілдері бойынша маусымдық сипат байқалады, жазда ұлғаяды және қыста азаяды, бұл жаңартылатын энергия көздерінін деректерінен күтілетін жағдай. 2018 жылы жел энергиясы үшін жазғы потенциалдың төмендеуінен басқа нақты үлгі жоқ.



Сурет 1.1.5. Қазақстан Республикасының 2018 жылға арналған гидроэнергетикасының тәуліктік әлеуетінің бейіні.



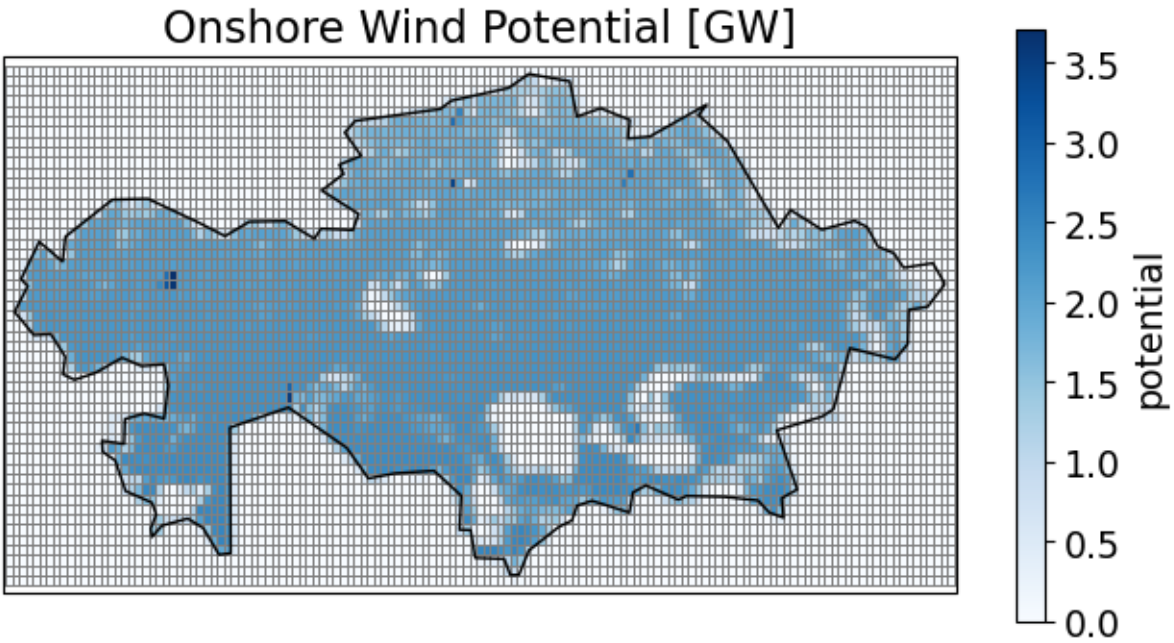
Сурет 1.1.6. Қазақстан Республикасының 2018 жылға арналған күн энергиясының тәуліктік әлеуетінің бейіні.



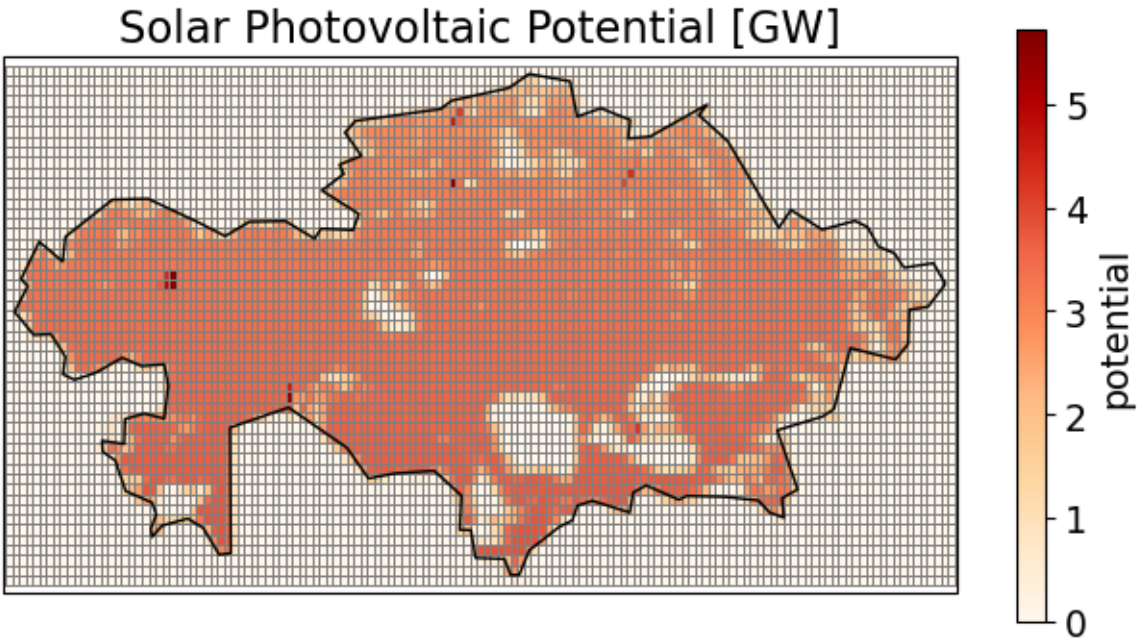
Сурет 1.1.7. Қазақстан Республикасының 2018 жылға арналған жел энергиясының тәуліктік әлеуетінің бейіні

Төмендегі суреттер ERA5 қайта талдау деректеріне негізделген шамамен 20x20 км^2 географиялық рұқсаты бар ел үшін күн және жел энергиясының әлеуетін көрсетеді. Ақ дақтар су қоймаларының, ұлттық парктердің, ормандардың және құрылысқа жарамсыз басқа аумақтардың болуына байланысты жаңа күн және жел

қуаттарын орнату мүмкін емес аймақтарды көрсетеді. Екі цифр да әрбір ұяшықта орнатылған максималды қуат ретінде берілген.



Сурет 1.1.8 . Жел энергиясының потенциалы.



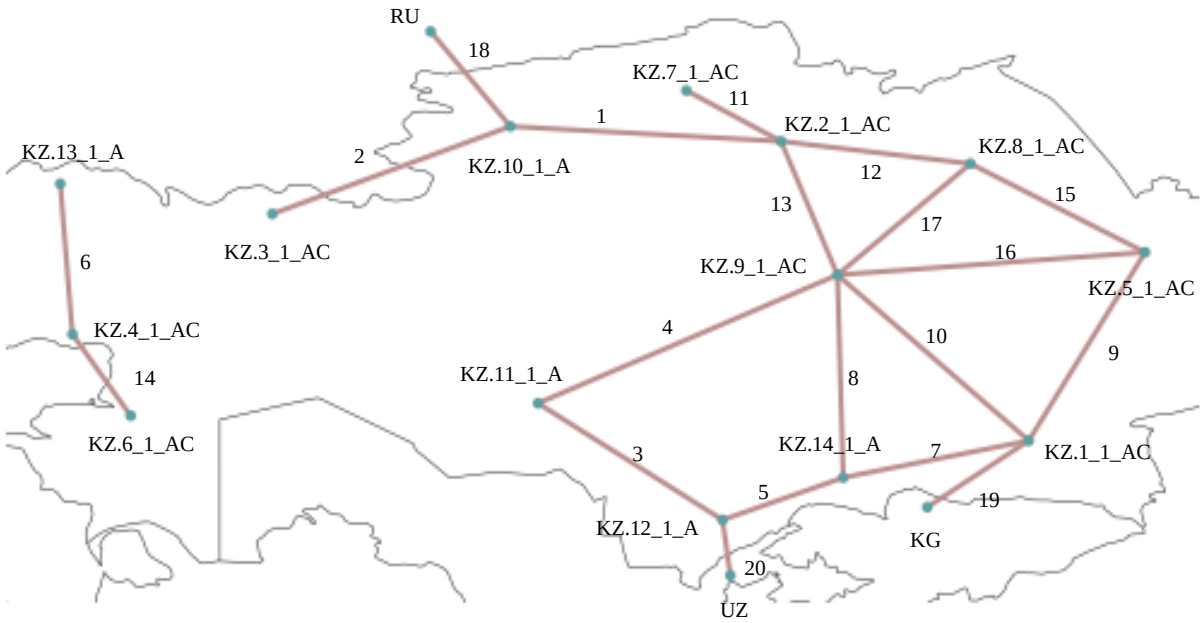
Сурет 1.1.9. Күн энергиясының потенциалы.

1.1.4. Кеңістіктік кластерлеу әдісі

Модельдеу мақсатында Қазақстан Республикасының энергетикалық жүйесі 2018 жылғы базалық жылға әкімшілік бөлінісін ескере отырып, 14 кластерге топтастырылған. Кластерлеу үшін кластер нүктелерінің кластер орталықтарынан

жалпы квадраттық ауытқуын барынша азайтатын белгілі k-орталар алгоритмі (k-орталары) қолданылады.

Әрбір аудан көршілес қолданыстағы электр желілеріне қосылған, олардың қуаты электр желілерінің параметрлері бойынша шектелген. Сурет 1.1.10 Қазақстан Республикасындағы электр желілерінің кластерлеуден кейінгі жеңілдетілген үлгісін көрсетеді. Сандар электр беру желілерінің нөмірлерін көрсетеді, ал Кесте 1.1.2 түйіндер мен аймақтардың немесе елдердің арақатынасын көрсетеді. Көріп отырғанымыздай, Батыс Қазақстан басқа аймақтардан оқшауланып, үлгі бойынша өзін-өзі қамтамасыз етеді. Кластер орталықтарының географиялық орналасуы және сәйкесінше сызықтар алгоритм арқылы анықталды. Көріп отырғанымыздай, электр беру желілері кластерленгеннен кейін республикадағы негізгі электр беру желілерінің пішінін шамамен қайталайды.



Сурет 1.1.10. Қазақстан Республикасының кластерлеуден кейінгі желілік моделі

Кесте 1.1.2. Аймақтарды белгілеу

Түйіннің белгіленуі	Аймақ
KZ.1_1_AC	Алматы облысы
KZ.2_1_AC	Ақмола облысы
KZ.3_1_AC	Ақтөбе облысы
KZ.4_1_AC	Атырау облысы
KZ.5_1_AC	Шығыс Қазақстан облысы
KZ.6_1_AC	Маңғыстау облысы
KZ.7_1_AC	Солтүстік Қазақстан облысы
KZ.8_1_AC	Павлодар облысы
KZ.9_1_AC	Қарағанды облысы

KZ.10_1_AC	Қостанай облысы
KZ.11_1_AC	Қызылорда облысы
KZ.12_1_AC	Түркістан облысы
KZ.13_1_AC	Батыс Қазақстан облысы
KZ.14_1_AC	Жамбыл облысы
RU	Ресей
UZ	Өзбекстан
KG	Қырғызстан

1.1.5. Жоспарлау көкжиегі

PyPSA-да оңтайландыру көкжиегі конфигурация файлы арқылы орнатылады. Жоспарлау көкжиегінің кесілуі бір күннен бір жылға дейін, ал уақыт қадамы бір сағаттан бір күнге дейін өзгеруі мүмкін. Бұл модельдеу мен оңтайландыруды шешуде үлкен икемділік береді, өйткені пайдаланушы іске қосар алдында тексере алады модель үлкен уақыт қадамдарымен (мысалы, алты сағат) және жоспарлау көкжиегі аз, бұл оңтайландыру процесін едәуір жылдамдатады. Бұл жұмыста 1 жылдық жоспарлау көкжиегі және 1 сағаттық уақыт қадамы бар максималды уақыт ажыратымдылығы пайдаланылды.

Осы жұмыста көп кезеңді оңтайландыру үшін 2030, 2040, 2050, 2060 жылдарға арналған әрбір кесу әр жылдың модельдеу нәтижелерінің дәйектілігіне қол жеткізу үшін жаһандық шектеулерді сақтай отырып, басқасынан бөлек модельденеді. Сондай-ақ, алдыңғы кезеңді модельдеу нәтижелері (белгіленген технологиялық қуаттар және электр желілерінің өткізу қабілеттілігі) келесі кезең үшін бастапқы деректер ретінде пайдаланылады.

1.1.6. Модель және есептеу модулінің интерфейсі

PyPSA-Earth моделі жоспарлау зерттеулерін орындау үшін оңтайландыру мәселелерін шешу үшін PYPSA моделінің құрылымын бағдарламалық интерфейстермен біріктіреді. PyPSA - ны қолданудың төменде келтірілген басқа құралдармен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар. Біріншіден, PyPSA оңтайландыру тапсырмаларын Python-да масштабтауға мүмкіндік береді. Python пайдаланушыға ыңғайлы болуымен танымал, бірақ жадты тұтынуды және оңтайландыру мәселелерін шешу жылдамдығын талдау кезінде ол Julia немесе C++ бағдарламалау тіліне негізделген құралдармен салыстырғанда бәсекеге қабілетсіз деп танылды. Бұл тапсырманы шешу үшін Linopy пакеті әзірленді, ол тапсырмаларды орындау жылдамдығын арттырады және жадты тұтынуды pypsa-да бұрын қолданылған pyomo оңтайландыру тапсырмаларын өңдеушімен салыстырғанда 50% жақсартады. PyPSA-ны модельдеу үшін тартымды ететін тағы бір мәселе-бұл стандартты құрамдас нысандарды пайдаланатын және үздіксіз қолдау көрсетілетін құжаттамасы бар ең танымал ашық қол жетімді электр құралдарының бірі. Соңында, Linopy негізіндегі Инфрақұрылым ашық және коммерциялық (HiGHS, IBM CPLEX, Cbc, GLPK, Gurobi және т.б.) оңтайландыру

мәселелерін шешуге арналған бірнеше бағдарламалық жасақтамамен үйлесімді. Бұл жұмыс үшін базалық сценарийді шешуде оңтайландыру мәселелерін тез және дәл шешуге мүмкіндік беретін IBM CPLEX қолданылды.

1.2. Электр энергетикасын дамытудың сценарийлері

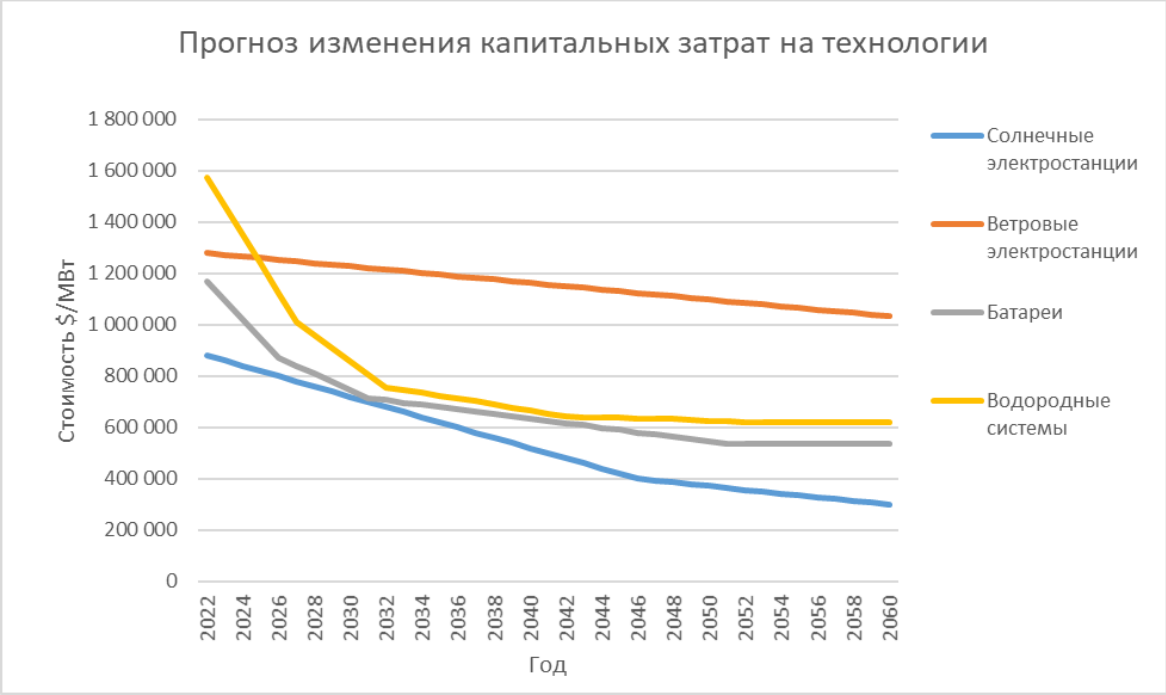
PyPSA-да SSP негізіндегі сценарийлер бар. Қазақстан Республикасы үшін өсудің орташа қарқыны қолданылды және жаңартылатын энергия көздері үлесі бойынша 2030 жылға арналған электр энергетикасы секторының алдына қойылған міндеттер ескерілмеді. Осыған байланысты модельдеу сценарийлері өзгертілді. Біріншісі-электр энергетикасын дамытудың базалық сценарийі, егер Қазақстан Республикасы климаттың өзгеруі бойынша одан әрі стратегияларды және қолданыстағы стратегиялардан басқа декарбонизация мақсаттарын енгізбесе. Екіншісі-көміртекті бейтараптық сценарийі, онда 2060 жылға қарай Қазақстан Республикасы парниктік газдар шығарындыларын толығымен қысқартуға міндеттенеді. Әрбір сценарий есепте толығырақ сипатталған. Бұл тарауда базалық сценарий мен көміртекті бейтараптық сценарийіне ортақ параметрлер берілген.

Модельденген сценарийлер электр желілері, күн панельдері және жел электр станциялары үшін электр энергиясын сақтау технологиялары бағасының баяу төмендеуін болжайды.

Кесте 1.2.1 және Сурет 1.2.1 бағаның өзгеру тенденцияларын көрсетеді:

Кесте 1.2.1. Базалық сценарийде күн және жел электр станциялары мен қайта зарядталатын батареялардың болжамды күрделі шығындары ($/МВт)

Жыл	Күн электр станциялары	Жел электр станциялары	Қайта зарядталатын батареялар	Сутегі жүйелері
2030	720 000	1 228 000	745 946	756 000
2040	520 000	1 163 000	634 234	641 250
2050	371 429	1 098 000	544 144	621 000
2060	300 000	1 033 000	536 937	621 000



Сурет 1.2.1. Технология құнының өзгеру кестесі

1990 жылы парниктік газдар шығарындыларының деңгейі 386,3 млн. тоннаға тең болды CO2-экв, бұл шығарындылардың базалық деңгейі (ШБД) ретінде алынады. Электр энергетикасы осы шығарындылардың үштен бірін құрайды-128,7 млн. тонна CO2-экв. Қазіргі уақытта PyPSA моделінде әр электр станциясының шығарындыларының мәндерін орнату мүмкіндігі жоқ. Шығарындылардың жылдық санын есептеу үшін белгілі бір отынның орташа мәні алынады. CO2 шығарындыларының коэффициенттері Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігінің деректері негізінде есептелді, көмір үшін 0.275 тонна CO2-экв./МВт * сағ және газ үшін 0.201 тонна CO2-экв./ МВт * сағ құрайды.

Модельде электр желілерінің өткізу қабілетін олардың құнын оңтайландыру арқылы кеңейту мүмкіндігі қарастырылған. Сонымен қатар, PyPSA электр желілері бар жерде өткізу қабілеттілігін арттырады, бірақ кластерлер арасында мүлдем жаңа байланыстар салуды ұсынбайды. Кластерлер арасында байланыс құруды модельдеу үшін пайдаланушы қажетті параметрлерді қолмен орнатуы керек. Осылайша, Сурет 1.1.10-да көрсетілген кластерлеу екі сценарий үшін де, модельдеудің барлық жылдары үшін де сақталады.

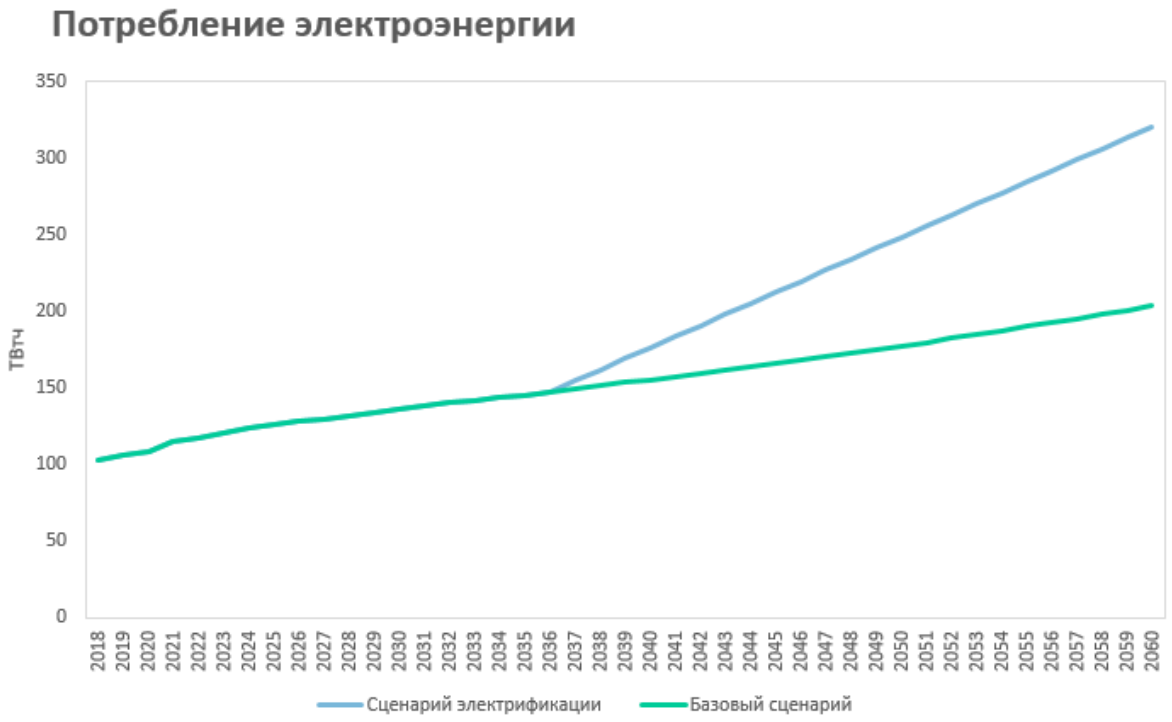
Өңірлерді газдандыру екі сценарийде де кезең кезеңімен жүргізілетін болады:

- Ақмола облысы, 2024ж.
- Қарағанды облысы, 2024ж.
- Солтүстік Қазақстан облысы, 2026ж.
- Павлодар облысы, 2032ж.
- Шығыс Қазақстан облысы 2040 жылдан кейін.

1.2.1. Базалық сценарий

Қазіргі уақытта мемлекеттің стратегиясында Париж келісіміне сәйкес парниктік газдар шығарындыларын 2030 жылдың соңына қарай 1990 жылғы деңгейден 15% - ға төмендету көзделген. Осы міндеттемелердің негізінде төмен көміртекті даму сценарийлерінде энергетика секторындағы жаңартылатын энергия көздері үлесін 2030 жылға қарай 15% - ға дейін арттыру, сондай-ақ шығарындыларды, оның ішінде көмір тұтынуды азайту есебінен қысқарту көзделген. Басқа жылдар үшін оңтайландыруда шығарындылар бойынша лимиттер белгіленбеген, өйткені энергетиканы электрлендіру энергетиканың басқа секторларынан электр энергетикасына шығарындылардың көші-қонына әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, базалық сценарийде COP26-ға мәлімделген көмірді тұтынуды 2030 жылдың соңына қарай 40% - ға дейін төмендету мақсаттары ескерілмеген.

Базалық сценарийде тұтынудың өсуі эконометрикалық тәсілді қолдану арқылы болжанады, мұнда энергияны тұтыну 2035 жылға дейін жалпы ішкі өнім функциясы ретінде болжанады және одан әрі сызықтық өсу қолданылады. Базалық сценарийде біз экономиканы электрлендіруді ескермейміз, сондықтан электр энергиясын тұтынудың біркелкі өсуі болжанады. Дегенмен, 2060 жылы тұтыну 2018 жылға қатысты базалық сценарийде 97% - ға артады.



Сурет 1.2.2. Қазақстан Республикасында электр энергиясын тұтыну болжамы.

1.2.2. Электр энергетикасын дамытудың көміртегі бейтараптығы сценарийі

Көміртекті бейтараптық сценарийі көлікті, жылытуды және басқа секторларды электрлендіру арқылы электр энергиясын тұтынудың айтарлықтай

өсуін қамтамасыз етеді. Электрлендіру сценарийі Сурет 1.2.2-де көрсетілген. 2018 жылға қатысты электр энергиясын тұтынудың өсуі 2060 жылға қарай орналасады деп болжануда. Кесте 1.2.2-де PyPSA-да берілген көміртекті бейтараптық сценарийін модельдеудің негізгі параметрлері көрсетілген.

Кесте 1.2.2. Көміртегі бейтараптығы сценарийі

Көрсеткіш / Жыл	Электр энергиясын тұтыну, ТВтсағ	CO2 шығарындыларын азайту, 1990 жылғы %-дан	Жалпы электр тұтынудан жаңартылатын энергия көздерінің үлесі
2030	136	15%	15%
2040	156	40%	40%
2050	178	70%	
2060	203	100%	

Технологияның құны мен шығарындылар коэффициенттері базалық сценарий үшін берілген. Бұл сценарийде қайта зарядталатын батареялардан басқа сутегі қоймалары да қосылды. Атом электр станциясын салу нұсқасы қарастырылмаған, өйткені PyPSA моделінде атом генерациясын оңтайландыру қарастырылмаған, оны бөлек зерттеу керек.

1.3. Сценарийлерді модельдеу

PyPSA оңтайлы қуат ағынының (Linear Optimal power Flow - LOPF) және қауіпсіздікпен шектелген LOPF (security Constrained LOPF - SCLOPF) сызықтық оңтайландыру мәселелерін шеше алады. Бұл жұмыста модель LOPF ретінде тұжырымдалған. LOPF үшін кіріспе деректер төменде Python кодындағы белгілерімен бірге берілген:

- network.{snapshot_weightings} – мақсатты функциядағы әрбір уақыт аралығының салмағы
- bus.{v_nom, carrier} – түйіндер үшін номиналды вольтаж және ток түрі тікелей немесе айнымалы
- load.{p_set} – белсенді қуатты тұтыну
- generator.{p_nom, p_nom_extendable, p_nom_min, p_nom_max, p_min_pu, p_max_pu, marginal_cost, capital_cost, efficiency, carrier} – генераторлар үшін номиналды қуат, қуатты ұлғайту мүмкіндігі, номиналды генерация бойынша жоғарғы және төменгі лимиттер, уақыт аралығындағы минималды және максималды қуат, МВт / сағ генерацияның осы түріне шекті және күрделі шығындар, өнімділік, энергия көзі.
- storage_unit.{p_nom, p_nom_extendable, p_nom_min, p_nom_max, p_min_pu, p_max_pu, marginal_cost, capital_cost, efficiency, standing_loss, inflow, state_of_charge_set, max_hours, state_of_charge_initial, cyclic_state_of_charge} - электр энергиясын сақтау жүйелері үшін номиналды қуат, ұлғайту мүмкіндігі қуат, номиналды қуат бойынша жоғарғы және төменгі лимиттер, уақыт аралығындағы минималды және максималды қуат, МВт / сағ үшін сақтаудың осы түріне шекті

және күрделі шығындар, өнімділік, заряд болған кездегі шығындар, ағын, оңтайландыруды іске қосу үшін әр интервал үшін заряд деңгейінің мәндері, максималды сақтау уақыты электр энергиясы, бастапқы заряд мәндері, заряд деңгейінің циклділігі.

- line.{x, s_nom, s_nom_extendable, s_nom_min, s_nom_max, capital_cost}, transformer.{x, s_nom, s_nom_extendable, s_nom_min, s_nom_max, capital_cost} – электр желілері мен трансформаторлар үшін реактивтілік, толық қуат шегі, қуатты арттыру мүмкіндігі, желілердің толық қуатын арттырудың төменгі және жоғарғы шектері, капитал құны.
- carrier.{carrier_attribute} – энергия көзі және оның атрибуттары.
- global_constraint.{type, carrier_attribute, sense, constant} – әрбір жаһандық шектеу үшін шектеу түрі, қандай атрибуттар қатысады, салыстыру белгілері (үлкен, кіші немесе тең) және тұрақты.

Бұдан әрі мақсатты функция және сызықтық теңдіктер мен теңсіздіктер түріндегі шектеулер ұсынылады. Оңтайландыру нәтижесі келесі айнымалылар жиынтығы болып табылады:

- bus.{v_mag_pu, v_ang, p, marginal_price} – кернеудің амплитудасы мен бұрышы, сағаттық қуат, әр түйіндегі электр энергиясының жергілікті шекті бағасы.
- load.{p} – сағаттық қажеттілік.
- generator.{p, p_nom_opt} – түйіндегі генерацияның әр түрі үшін сағаттық электр энергиясын өндіру және оңтайлы номиналды қуат.
- storage_unit.{p, p_nom_opt, state_of_charge, spill} - сағаттық электр қуатын өндіру, оңтайлы номиналды қуат, заряд деңгейі және торапта сақтау технологияларының толып кетуі.
- line.{p0, p1, s_nom_opt, mu_lower, mu_upper} – екі жағындағы қуат беру желілері үшін МВА-дағы оңтайлы өткізу қабілеті, көлеңкелі бағаның төменгі және жоғарғы шегі.
- transformer.{p0, p1, s_nom_opt, mu_lower, mu_upper} – трансформаторлар үшін кіріс және шығыс кернеуі, МВА өткізу қабілеті, көлеңкелі бағаның төменгі және жоғарғы шегі.
- global_constraint.{mu} – жаһандық оңтайландыру шектеулерінің көлеңкелі бағасы.

Осылайша, PyPSA модельерлер мен шешім қабылдаушыларға ең тиімді декарбонизация сценарийін жасауға көмектесетін айнымалылардың кең ауқымын оңтайландыруға қабілетті.

1.3.1. Есептің математикалық тұжырымы

PyPSA модулі сызықтық математикалық бағдарламалау мәселесін тұжырымдауға арналған кодтарды қамтиды. Барлық кіріспе мәліметтер бастапқы кезеңдерде дайындалады (Кесте 1.1.1-ді қараңыз), пайдаланушы басқаратын айнымалылар конфигурация файлында орнатылады. Конфигурацияларға байланысты модель белгілі бір шектеулер мен модель параметрлерін қамтиды.

а. Мақсатты функция

Мақсатты функция әр компонент үшін күрделі шығындардан және генераторлардың пайдалану шығындарынан тұрады:

$$\min_{\bar{g},\bar{h},F,g,h} \sum_{n,s} c_{n,s}\bar{g}_{n,s} + \sum_{n,s} c_{n,s}\bar{h}_{n,s} + \sum_{l} c_l F_l + \sum_{t} w_t\left[\sum_{n,s} o_{n,s,t}g_{n,s,t} + \sum_{n,s} o_{n,s,t}h_{n,s,t}\right] + \sum_{t}\left[suc_{n,s,t} + sdc_{n,s,t}\right] \quad (1)$$

Қайда:

$n \in N = \{0, \dots |N| - 1\}$ – түйін индекстері

$t \in T = \{0, \dots |T| - 1\}$ – уақыт индекстері

$l \in L = \{0, \dots |L| - 1\}$ – электр желілерінің индекстері

$s \in S = \{0, \dots |S| - 1\}$ – әр торапта әр түрлі генераторлар мен электр энергиясын сақтау технологияларының индекстері

w_t – мақсатты функциядағы әрбір t уақыт аралығының салмақ коэффициенттері

$g_{n,s,t}$ – уақыт аралығындағы N түйініндегі s генераторының қуаты t

$\bar{g}_{n,s}$ – N түйініндегі s генераторының номиналды қуаты

$h_{n,s,t}$ - T уақыт аралығындағы N түйініндегі s сақтау технологиясының қуаты

$\bar{h}_{n,s}$ – n түйінінде s сақтау технологиясының номиналды қуаты

$suc_{n,s,t}$ - егер орнату міндеттемесі бар N түйініндегі s генераторы t кезінде іске қосылса, іске қосу шығындары

$sdc_{n,s,t}$ - егер орнату міндеттемесі бар N түйініндегі s генераторы t кезінде іске қосылса, тоқтату құны

$c_{n,s}$- s генераторының номиналды қуатын бір МВт-қа арттыруға арналған күрделі шығындар

c_l- l беру желісінің номиналды қуатын бір МВА-ға арттыруға арналған күрделі шығындар

F_l – МВА-дағы l электр желісінің қосымша қуаты

$o_{n,s,t}$ - бір МВтсағ үшін генератормен электр энергиясын өндірудің шекті құны

Функцияның өзінде оңтайлы номиналды және сағаттық генерация, сақтау және беру желілерінің айнымалылары бар, қалған оңтайландырылған айнымалылар сызықтық бағдарламалау шектеулерінен анықталады.

b. Жаһандық оңтайландыру шектеулері

Оңтайландыру шектеулерінде бірнеше деңгейлер бар: барлық сызықтарға, генерацияларға немесе басқа айнымалыларға қатысты жаһандық шектеулер және жеке айнымалыларға қолданылатын жергілікті шектеулер.

Жаһандық шектеулерге әр түйіндегі генерация мен жүктеме тепе – теңдігі жатады-кез-келген уақыт аралығында сақталуы керек электр энергиясының сақталу заңы $t \in T$:

$$\sum_s g_{n,s,t} + \sum_s h_{n,s,t} - \sum_s f_{n,s,t} - \sum_l K_{nl}f_{l,t} = \sum_s d_{n,s,t} \quad \leftrightarrow \quad w_t\lambda_{n,t} \quad (2)$$

Қайда:

$f_{n,s,t}$ – зарядтау кезінде сақтау технологиясының электр энергиясын тұтынуы

K_{nl} – әр жолға қандай түйіндер қосылғанын көрсететін оқиға матрицасы

$f_{l,t}$ – t уақыт аралығындағы l сызығы бойынша ағынның қуаты

$d_{n,s,t}$ – t уақыт аралығындағы n түйініндегі тұтыну

$\lambda_{n,t}$ – тораптағы электр энергиясының көлеңкелі шекті құны.

Базалық сценарий моделіндегі екінші маңызды жаһандық шектеу-жалпы энергия тұтынудағы жаңартылатын энергияның үлесі:

$$\frac{\sum_{s\in R,t,n}(g_{n,s,t}+h_{n,s,t})}{\sum_{s,n,t} d_{n,s,t}} \geq RES \quad (3)$$

Қайда:

$R = \{0, \dots |R|-1\} \in S$ – әр түйінде жаңартылатын энергия генераторларының индекстері мен сақтау технологияларының жиынтығы.

Көміртекті бейтараптық сценарийі үшін қолданылатын үшінші жаһандық шектеу –CO2 шығарындыларының көлемі. Бұл көрсеткіш көмір мен газ өндірісіне байланысты және келесідей есептеледі:

$$\sum_{n,s,t} \rho_s \cdot \eta_{n,s}^{-1} \cdot g_{n,s,t} \leq \overline{GHG} \quad (4)$$

Қайда:

ρ_s – Мегаватт-сағатына тонна CO2-экв s генерациялау түрі үшін CO2 шығарындыларының коэффициенті. Жаңартылатын энергия көздері үшін бұл коэффициент нөлге тең.

$\eta_{n,s}$ – n түйініндегі s типті генератордың пайдалы әсер ету коэффициенті

$\overline{GHG}$ – пайдаланушы белгілеген CO2-экв тонна CO2 шығарындыларының шегі.

c. Жергілікті оңтайландыру шектеулері

Жергілікті шектеулерге генераторлар мен сақтау технологияларының сыйымдылықтары, зарядтау және разрядтау жылдамдығы, генерацияны құру және азайту жылдамдығы бойынша барлық шектеулері жатады. (5) Формула кез келген уақытта генерация шегін көрсетеді:

$$\tilde{g}_{n,s,t} * \bar{g}_{n,s} \leq g_{n,s,t} \leq \bar{g}_{n,s,t} * \bar{g}_{n,s} \quad \forall\, t \in T \quad (5)$$

Қайда:

$\tilde{g}_{n,s,t}, \bar{g}_{n,s,t}$ – n түйініндегі s генераторының номиналды қуат бірлігіне t интервалына қол жетімділігі. Бұл параметрлер әр уақыт аралығында беріледі, өйткені күн, жел және гидроэнергетика үшін генерацияның қол жетімділігі ауа-райына байланысты.

Бұдан басқа, бақыланатын энергия көздері үшін генерацияның жоғарылау немесе төмендеу жылдамдығына шектеулер қосу мүмкіндігі бар. Бұл модельде олар енгізілмеген және кейінгі жұмыстарда қарастырылуы мүмкін.

Электр энергиясын сақтау технологиялары үшін жергілікті шектеулер де бар. Максималды заряд күйін максималды Шығыс қуатына қарамастан оңтайландыру мүмкін емес (олар максималды сағат санының айнымалысымен байланысты), ал максималды шығыс қуаты максималды кіріс қуатымен байланысты. Бұл сақтау технологиясының шынайы моделі. PyPSA-да осы айнымалыларды бір-бірінен

бөлек оңтайландыруға мүмкіндік беретін икемді диск моделі бар. Бұл жұмыста аккумуляторлық батареялар мен гидроқоймалар сияқты сақтау технологиялары ғана ескерілген. Генерациядан айырмашылығы, сақтау технологиялары уақытқа тәуелді үш айнымалыға ие:

Батарея немесе сақтау орны таусылған кезде шығыс қуаты:

$$0 \leq h_{n,s,t} \leq \bar{h}_{n,s} \quad (6)$$

Зарядтау кезінде кіріс қуаты:

$$0 \leq f_{n,s,t} \leq \bar{h}_{n,s} \quad (7)$$

Және заряд деңгейінің өзі:

$$0 \leq soc_{n,s,t} \leq r_{n,s}\bar{h}_{n,s} \quad (8)$$

Қайда $r_{n,s}$ – толық зарядталғанға дейін номиналды қуаттағы сағат саны.

Бұл айнымалылар келесі қатынастармен байланысты:

$$soc_{n,s,t} = \eta_{\text{stand};n,s}^{w_t} soc_{n,s,t-1} + \eta_{\text{store};n,s} w_t f_{n,s,t} - \eta_{\text{dispatch;n,s}}^{-1} w_t h_{n,s,t} + w_t \text{ inflow}_{n,s,t} - w_t \text{ spillage}_{n,s,t} \quad (9)$$

$\eta_{\text{stand};n,s}^{w_t}$ – әр түрлі себептерге байланысты тұрақты шығындар, мысалы, жылу қоймалары үшін жылу шығыны.

$\eta_{\text{store};n,s}$ и $\eta_{\text{dispatch;n,s}}$ – сақтау технологияларын зарядтау және разрядтау кезінде өнімділікті жоғалту.

Келесі шектеу электр желілеріне қатысты: кез-келген уақыт аралығындағы әрбір сызық өзінің өткізу қабілеттілігімен шектеледі, бұл келесі формуламен көрсетіледі:

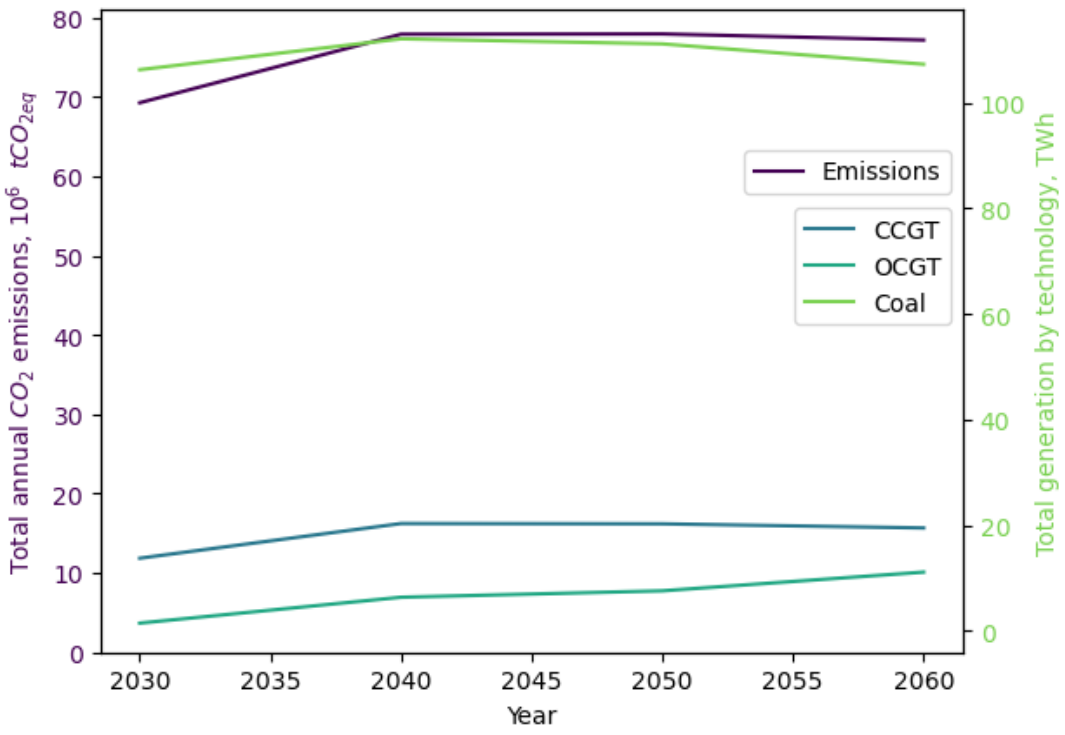
$$|f_{l,t}| \leq F_l \quad (10)$$

мұнда теңдеудің оң және сол жақтары беріліс желілерінің өткізу қабілеттілігін арттыру мүмкіндігі бар оңтайландыру айнымалылары болып табылады.

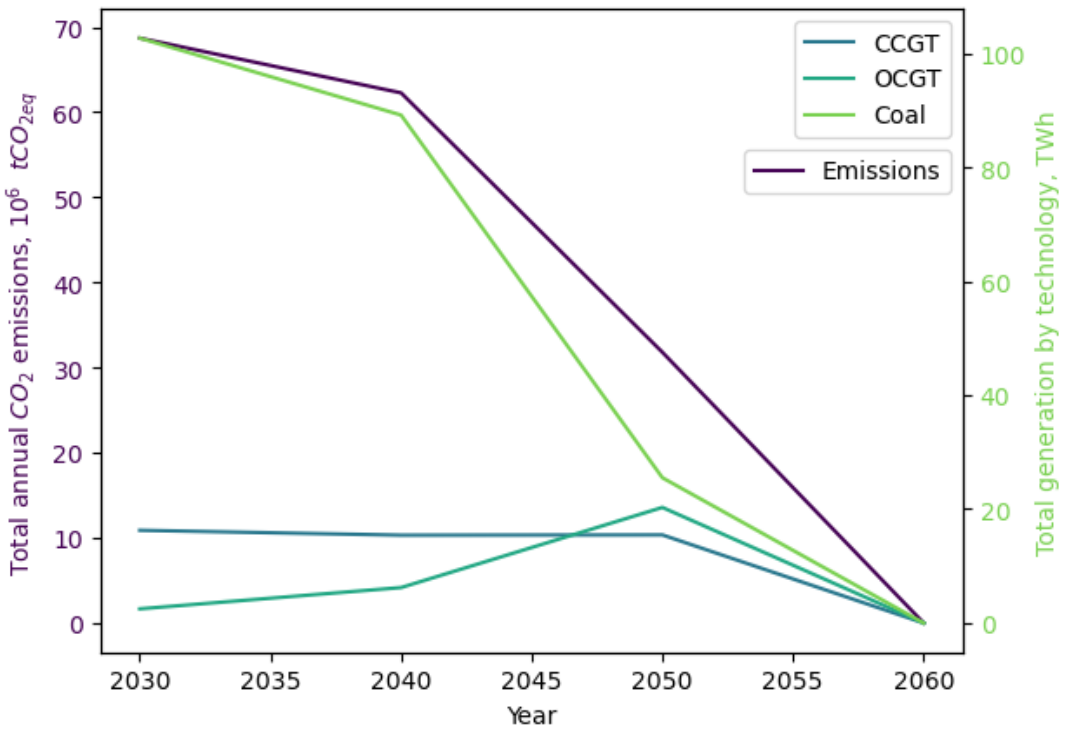
Барлық шектеулер мен мақсатты теңдеуді Linopy модулі сызықтық бағдарламалау түрінде ұсыну үшін өңдейді, содан кейін Snakemake кез-келген бағдарламалық жасақтамада Python ортасынан тыс оңтайландыру мәселесін шешуге арналған бағдарламалық жасақтаманы іске қосады.

1.3.2. Модельдеу нәтижелері

Бұл тарауда базалық сценарий мен көміртекті бейтараптық сценарийі үшін 10 жылдық интервалмен 2030-2060 жылдарға арналған модельдеу нәтижелері келтірілген. Қажет болған жағдайда салыстыру базалық 2018 жылға сәйкес келеді. Тарауда электр энергетикасындағы CO2 шығарындыларының өзгеруі, технологиялар қуаттылығының және электр беру желілерінің өткізу қуаттылығының өзгеруі, әр сценарийді жүзеге асыру шығындары сипатталған.



Сурет 1.3.1. Базалық сценарийдегі электр энергиясы секторының CO2 шығарындыларының жылдық көлемі.



Сурет 1.3.2. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі электр энергиясы секторының CO2 шығарындыларының жылдық көлемі.

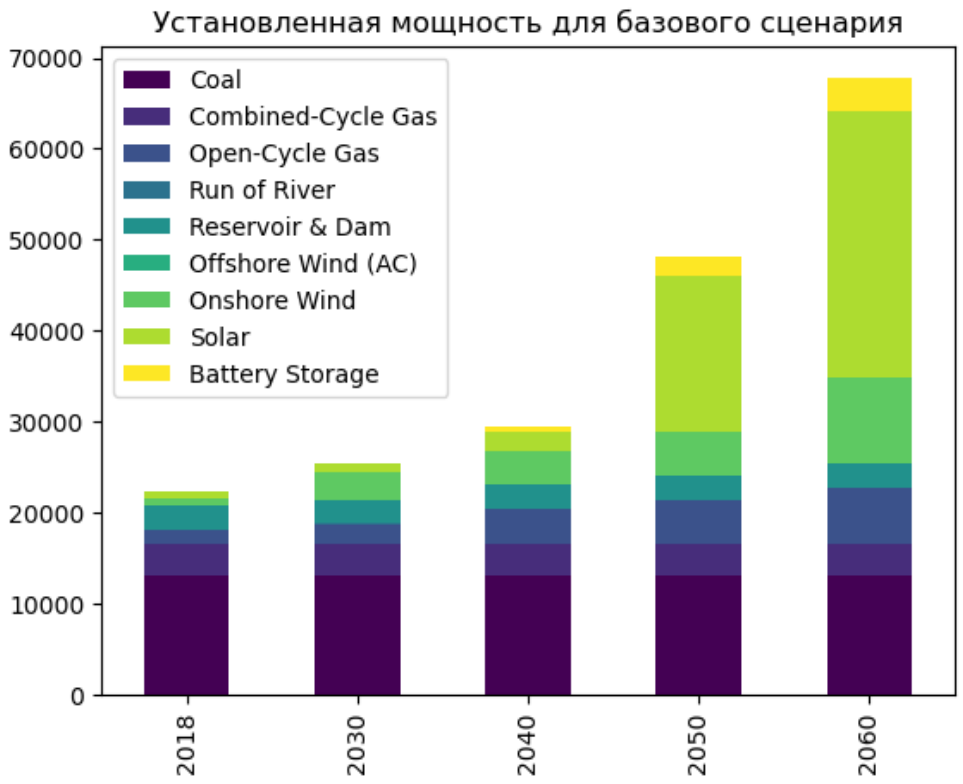
1.3.1-сурет және 1.3.2-сурет қазба отынынан өндірілген CO2 (сол жақ шкала) шығарындыларының төмендеу тенденцияларын және тұтынылатын электр энергиясының (оң жақ шкала) өзгеруін көрсетеді. Базалық сценарийде тұтыну 2060 жылға қарай 2 есе өскен жағдайда да шығарындылар саны 80 млн тонна CO2-экв

шегінде қалады, бұл жаңартылатын энергия көздерінде күрделі шығындарды дамыту және азайту есебінен 1990 жылғы деңгейден 15% - ға төмендеуге сәйкес келеді. Көміртекті бейтараптық сценарийінде азайту мақсаттарына сәйкес шығарындыларды кезең-кезеңімен азайту бар. Осыған байланысты көмірді тұтынудың күрт төмендеуіне байланысты жаңартылмайтын энергия көздерінен электр энергиясының жалпы өндірісі төмендейді. Бір қызығы, газ турбиналарының генерациясы 2050 жылға дейін өсіп, 2060 жылға қарай төмендейді. Мүмкін, бұл келесі кезеңге қарамастан әр кезеңді оңтайландыруға байланысты және көп кезеңді оңтайландыру кезінде бұл үрдіс өзгеруі мүмкін.

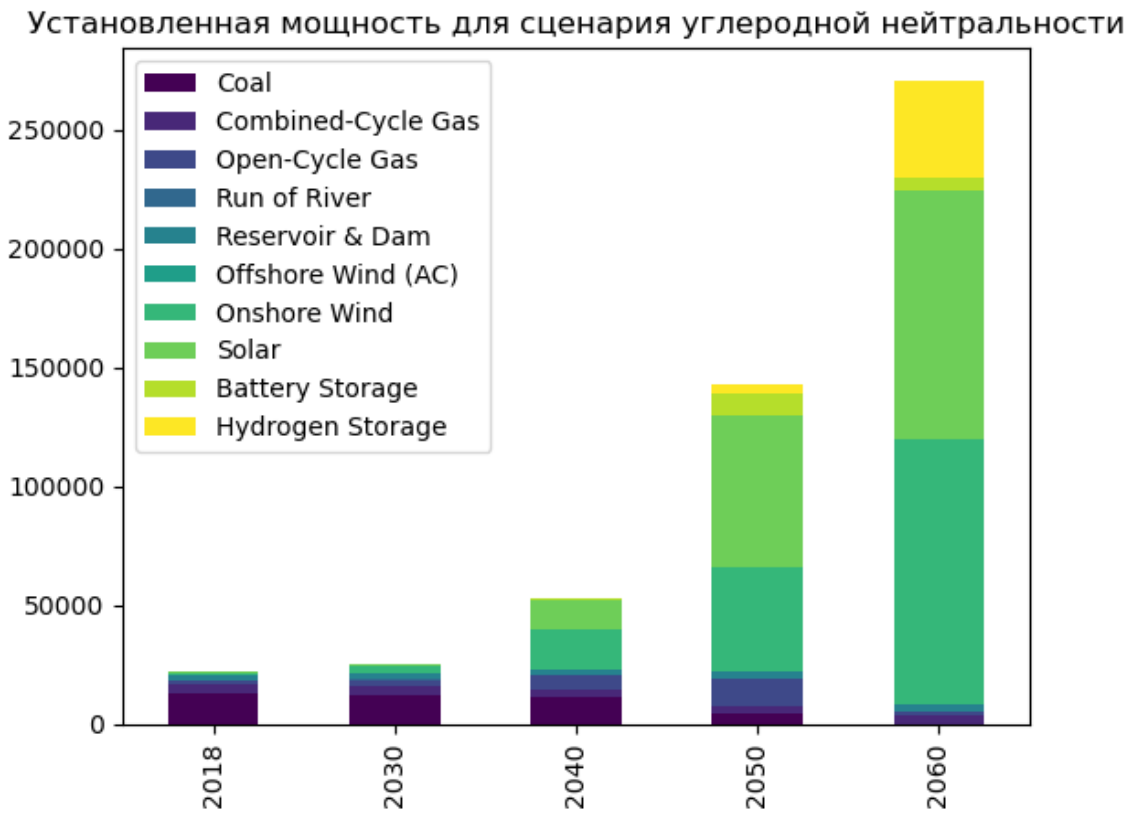
Әрі қарай, әр түрлі технологиялардың қуаттылығының жиынтық көлемде және облыстар бойынша оңтайлы өзгерістері келтірілген. Күн және жел электр станцияларынан энергия өндірудегі белгісіздікке байланысты екі сценарийде де, әсіресе 2050 және 2060 жылдары орнатылған қуаттардың айтарлықтай өсуі байқалады (1.3.3-суретті, 1.3.4-суретті қараңыз). Көміртекті бейтараптық сценарийінде қалпына келмейтін көздерде генерацияның азаюына байланысты жаңартылатын энергия көздерінің өсуі одан да қарқынды. 2060 жылы бүкіл ел бойынша орнатылған жалпы қуат 270 ГВт құрайды, бұл базалық сценарий мәнінен төрт есе көп (67 ГВт). Базалық сценарий мен көміртекті бейтараптық сценарийі үшін берілген қуаттардың ішінен жаңартылатын энергия көздерінің қуаты сәйкесінше 45 ГВт және 265 ГВт құрайды. Белгісіздік жағдайында әртүрлі ауа-райы мен экономикалық сценарийлерді модельдеу кезінде бұл мәндер резервтік қуаттылықты қамтамасыз ету үшін одан әрі артуы мүмкін.

1.3.1-кесте және 1.3.2-кесте Қазақстан Республикасы облыстары бойынша қуаттардың өсуін көрсетеді. Басқа сценарийде өзгермейтін қуаттар қалың қаріппен ерекшеленеді. Базалық сценарийде негізгі айырмашылық газ турбиналарының айтарлықтай өсуі болып табылады. Базалық газ турбиналары қосылған көміртекті бейтараптық сценарийінде оларды күн немесе жел қондырғылары ауыстырады. Облыстар бойынша ең елеулі өсім Қарағанды (92 ГВт), Шығыс Қазақстан (45 ГВт) және Алматы (38 ГВт) облыстарында байқалады.

Екі сценарийдегі сақтау жүйелерін барлық салаларда орнату оңтайлы. Базалық сценарийде орнатылған батареялардың қуаты 2060 жылға қарай 3.6 ГВт-қа жетеді, ал көміртекті бейтараптық сценарийі үшін бұл мән 5.3 ГВт құрады. Сонымен қатар, көміртекті бейтараптық сценарийінде 40.6 ГВт сутегі қоймалары орнатылады және жалпы генерациядағы сақтау технологияларының қорытынды үлесі 17% құрайды. Жалпы, базалық сценарийге қатысты Электр энергетикасын декарбонизациялау үшін сақтау жүйелерінің қуаты 13 есе көп қажет болады.



Сурет 1.3.3. Базалық сценарийдегі технологияның оңтайлы қуаты



Сурет 1.3.4. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі технологияның оңтайлы қуаты

Кесте 1.3.1 Базалық сценарийде облыстар бойынша қуаттарды ұлғайту

Аудан	Технологиялар	Қуат, МВт					Өсу, %
		2018	2030	2040	2050	2060	
Ақмола облысы	Батареялар	0	0.37	54.06	67.53	1.3	100%
Ақтөбе облысы	Батареялар	0	0.37	53.87	19.37	0.18	100%
	Газ турбиналары	296	464	1603	2734	2021	**583%**
Алматы облысы	Батареялар	0	0.36	47.94	149	1364	100%
	Күн панельдері	152	152	152	7201	12531	8144%
Атырау облысы	Батареялар	0	0.02	0.02	0.08	12.23	100%
	Жел станциялары	101	528	550	621	867	759%
	Күн панельдері	0	0.01	0.05	894	1367	100%
Шығыс Қазақстан облысы	Батареялар	0	0.37	51.41	78.41	1.13	100%
	Күн панельдері	30	30	30	30	2816	9285%
Жамбыл облысы	Батареялар	0	0.36	48.73	523	11.56	100%
	Жел станциялары	0	0.02	0.03	0.04	0.12	100%
Батыс Қазақстан облысы	Батареялар	0	0.02	0.04	19.28	66.24	100%
	Жел станциялары	0	321	204	298	453	100%
	Газ турбиналары	**59**	**59**	**59**	**118**	**93.73**	**59%**
	Газ турбиналары	**198**	**198**	**198**	**250**	**341**	**72%**
	Күн панельдері	0	0.01	0.11	592	894	100%
Қарағанды облысы	Батареялар	0	0.37	55.35	65.49	3.4	100%
	Жел станциялары	48	48	413	1437	3468	7126%
	Газ турбиналары	**189**	**547**	**1216**	**872**	**2782**	**1372 %**
Қостанай облысы	Батареялар	0	0.37	55.36	74.81	1.3	100%
	Күн панельдері	0	0.01	0.02	0.03	0.09	100%
Қызылорда облысы	Батареялар	0	0.44	1.02	43.39	114	100%
	Жел станциялары	0	221	375	464	542	100%
	Газ турбиналары	**19**	**110**	**19**	**19**	**145**	**665%**
	Күн панельдері	78	78	136	440	787	910%
Маңғыстау облысы	Батареялар	0	0.02	0.02	0.09	253	100%
	Жел станциялары	43.2	1534	1544	1053	1463	3287%
	Күн панельдері	0	0.01	0.05	2109	3014	100%
Павлодар облысы	Батареялар	0	0.37	56.95	65.71	1.28	100%
	Жел станциялары	0	0.02	0.12	421	2133	100%
	Күн панельдері	0	0	0.02	0.03	0.05	100%
	Батареялар	0	0.37	53.7	75.97	1.3	100%

Солтүстік Қазақстан облысы	Күн панельдері	0	0	0.01	0.02	0.04	100%
Түркістан облысы	Батареялар	0	0.35	45.43	866	1804	100%
	Күн панельдері	169	169	1522	5636	7589	4379%
Жалпы өсім			**3081**	**7162**	**25853**	**45562**	

Кесте 1.3.2. Көміртекті бейтараптық сценарийінде облыстар бойынша қуаттылықты арттыру

Аудан	Технологиялар	Қуат, МВт					Өсу, %
		2018	2030	2040	2050	2060	
Ақмола облысы	Батареялар	0	0.95	3.01	6.37	1.46	100%
	Сутегі	0	0.03	0.05	0.49	192	100%
Ақтөбе облысы	Батареялар	0	0.95	3.6	4.37	69.99	100%
	Сутегі	0	0.03	0.05	0.12	80.54	100%
Алматы облысы	Батареялар	0	0.95	2.66	4352	2974	100%
	Сутегі	0	0.03	0.05	654	4046	100%
	Күн панельдері	152	152	4887	20673	30908	20234%
	Батареялар	0	0.02	0.09	170	0.41	100%
	Жел станциялары	101	436	1055	1459	2614	2488%
	Сутегі	0	0.01	0.04	1.49	704	100%
	Күн панельдері	0	0.01	489	1629	0.14	100%
Шығыс Қазақстан облысы	Батареялар	0	0.95	1.15	2290	476	100%
	Жел станциялары	**180**	**180**	**180**	**389**	**15497**	**8510%**
	Сутегі	0	0.03	0.05	96.19	7819	100%
	Күн панельдері	30	30	30	10376	21511	71605%
Жамбыл облысы	Батареялар	0	0.95	3.33	176	74.04	100%
	Жел станциялары	0	0.03	160	4007	10494	100%
	Сутегі	0	0.03	0.05	443	2208	100%
Батыс Қазақстан облысы	Батареялар	0	0.03	13.66	157	0.41	100%
	Жел станциялары	0	279	568	933	2113	100%
	Сутегі	0	0.02	0.13	46.02	463	100%
	Күн панельдері	0	0.01	304	1098	0.16	100%
Қарағанды облысы	Батареялар	0	0.95	747	0.69	0.42	100%
	Жел станциялары	48	105	8823	19451	45145	93952%
	Сутегі	0	0.03	0.05	1839	15384	100%
	Күн панельдері	**190**	**190**	**190**	**6796**	**31855**	**16666%**
Қостанай облысы	Батареялар	0	0.95	3.02	132	414	100%
	Жел станциялары	**50**	**50**	**50**	**3671**	**202**	**303%**
	Сутегі	0	0.03	0.05	0.52	250	100%
	Күн панельдері	0	0.01	0.03	8183	4174	100%
Қызылорда облысы	Батареялар	0	0.43	51.45	77.81	0.8	100%
	Жел станциялары	0	325	576	916	2789	100%
	Сутегі	0	0.03	0.07	175	1259	100%
	Күн панельдері	78	78	282	1029	2296	2844%
	Батареялар	0	0.02	0.1	382	0.42	100%

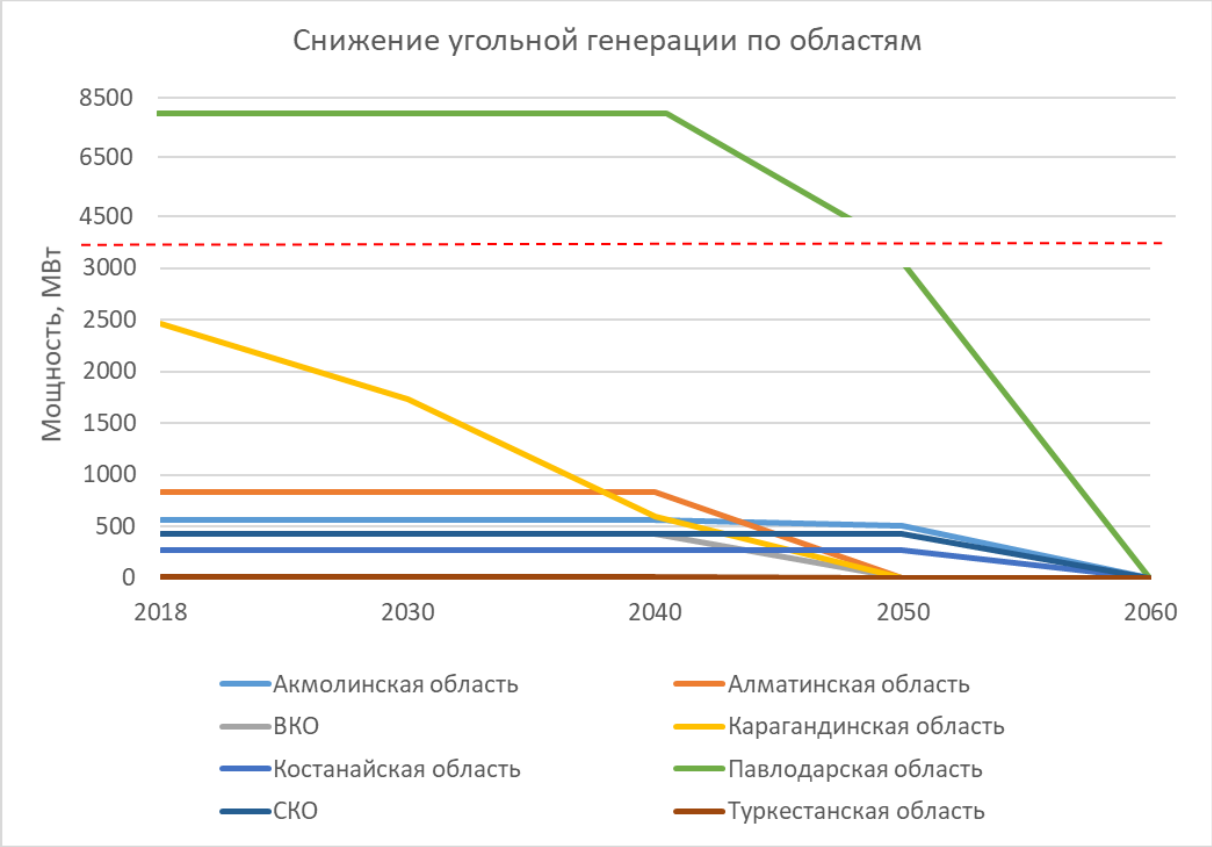
Маңғыстау облысы	Жел станциялары	43.2	1502	1962	3202	11560	26659%
	Сутегі	0	0.02	0.05	412	6017	100%
	Күн панельдері	0	0.01	888	4392	4629	100%
Павлодар облысы	Батареялар	0	0.95	0.87	4.83	0.49	100%
	Жел станциялары	0	0.04	2922	10097	19022	100%
	Сутегі	0	0.03	0.05	0.7	2024	100%
	Күн панельдері	0	0.01	0.02	0.43	0.39	100%
Солтүстік Қазақстан облысы	Батареялар	0	0.95	3.01	6.35	1.46	100%
	Жел станциялары	**10.5**	**10.5**	**10.51**	**10.58**	**1926**	**18242%**
	Сутегі	0	0.03	0.05	0.49	189	100%
	Күн панельдері	0	0.01	0.02	0.11	0.17	100%
Түркістан облысы	Су электр станциялары.	**0**	**0**	**0**	**126**	**126**	**100%**
	Батареялар	0	0.95	455	2072	1353	100%
	Сутегі	0	0.03	0.05	187	3.01	100%
	Күн панельдері	169	169	5127	8897	9600	5566%
Жалпы өсім			**15 991**	**43 843**	**133 862**	**261 415**	

Сондай-ақ, төмендегі кестеде облыстар бойынша көмір электр энергиясының қысқаруы көрсетілген. Қарағанды облысында көмірден бас тарту басқа облыстарға қарағанда тезірек жүреді және төмендеу 2030 жылы байқалады. Қалған аудандар көмір қуатын төмендетуді 2050 жылға дейін, шығарындылар талаптары қатайған кезде ғана бастайды. Осы сценарийдегі барлық салалар 2060 жылға қарай көмір бойынша нөлдік көрсеткіштерге сәтті жетті.

Кесте 1.3.3. Көміртекті бейтараптық сценарийінде көмір қуатын азайту

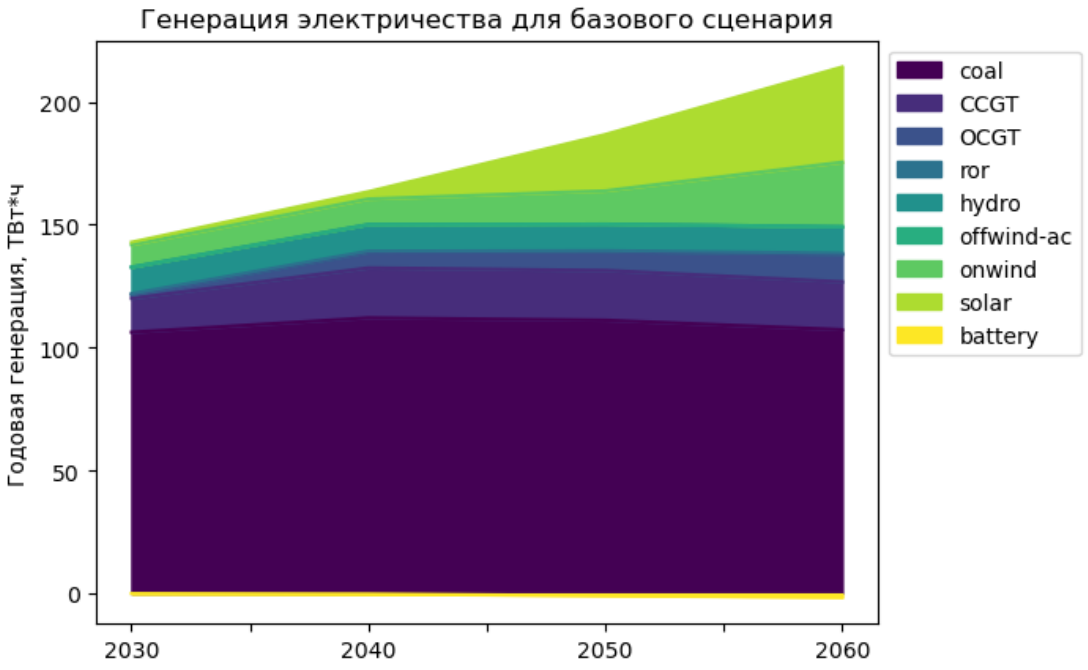
Аудан	2018	2030	2040	2050	2060
Ақмола облысы	562	562	562	504	0
Алматы облысы	828	828	828	0.07	0
Шығыс Қазақстан облысы	424	424	424	1.2	0
Қарағанды облысы	2462	1726	592	0.06	0
Қостанай облысы	267	267	267	267	0
Павлодар облысы	7977	7976	7977	3051	0
Солтүстік Қазақстан облысы	434	434	434	434	0
Түркістан облысы	13	13	13	0.07	0

1.3.5-сурет жоғарыдағы кесте деректерін график түрінде көрсетеді. Төрт облыс – Алматы, Қарағанды, Түркістан және Шығыс Қазақстан облысы – 2050 жылға қарай көмір өндіруден толықтай бас тартады, ал қалған төртеуі - 2060 жылға қарай. Айта кету керек, ең соңғы көмір өндіруден Солтүстік аймақ бас тартады, ол жылыту кезеңінде көмірге өте тәуелді және айтарлықтай күн әлеуеті жоқ. Облыстар көмірден бас тартатын кезектілік бұдан әрі осы салалардағы жаңартылатын энергия көздерінің қуаттарының бөлінуіне әсер етеді.

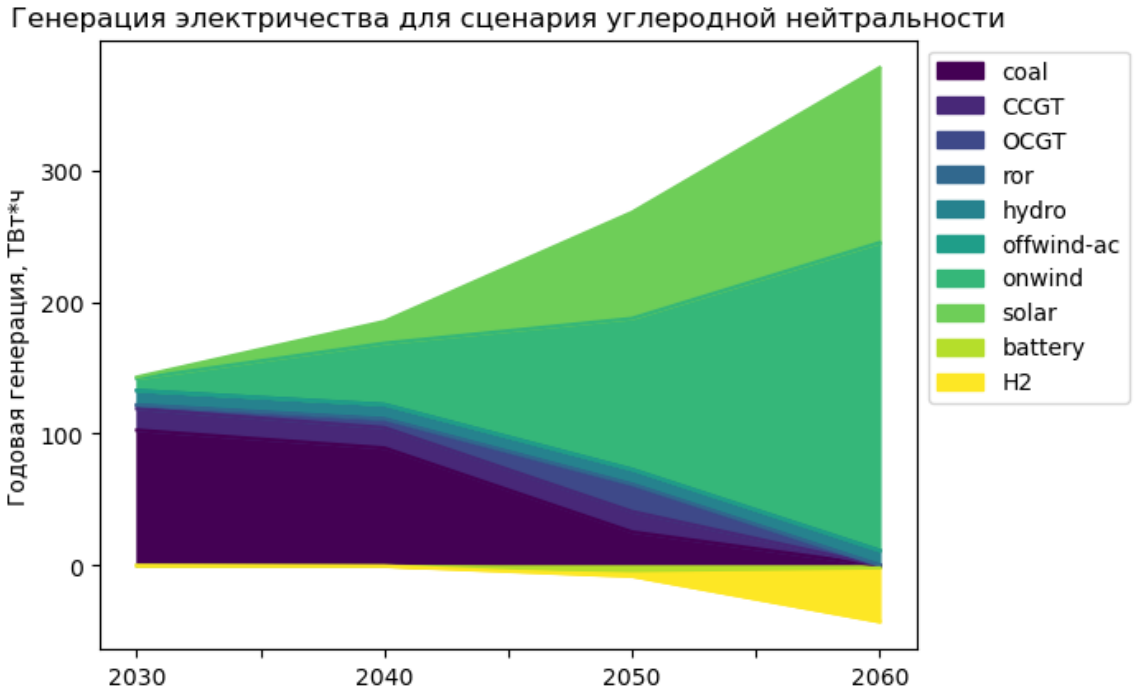


Сурет 1.3.5. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі аудандар бойынша көмір өндірісінің төмендеуі

1.3.6-сурет және 1.3.7-сурет технологиялар арасында электр энергиясын өндірудің таралуын көрсетеді. Батареялар мен сутегі қоймалары жыл соңына дейін ішінара зарядталғандықтан, яғни электр энергиясын тұтынушылар ретінде әрекет ететіндіктен теріс қорытынды генерацияға ие. Базалық сценарийде генерацияның таралуы айтарлықтай өзгермейді, өйткені жаңартылмайтын энергия көздері қуатты төмендетпейді. Көміртекті бейтараптық сценарийінде, біріншіден, электр энергиясын тұтыну тезірек өседі, екіншіден, жаңартылмайтын энергия көздерін өндіру азаяды. Егер базалық сценарийде күн энергиясын өндіру жел энергиясына қарағанда жоғары болса, онда көміртекті бейтараптық сценарийінде жел генерациясы тұтынудың едәуір бөлігін жабады, өйткені ол күндізгі уақытта ғана емес, күні бойы қол жетімді.



Сурет 1.3.6. Базалық сценарийде электр энергиясын өндіру



Сурет 1.3.7. Көміртекті бейтараптық сценарийінде электр энергиясын өндіру.

Модельде газ турбиналарының екі түрі бар-CCGT және OCGT. Сценарий бойынша тек OCGT үшін қосымша қуаттарды орнатуға болады және декарбонизация кезінде қуаттарды нөлге дейін төмендету қарастырылмаған, бірақ тек 2018-ші базалық жылдың мәніне дейін. Бұл ретте газ турбиналарының қуатын пайдалану 2060 жылы көміртегі бейтараптығы сценарийіндегі шығарындыларды шектеу есебінен нөлге дейін қысқарады (1.3.7-суретті қараңыз). Төмендегі суреттерде өзгерістер орын алатын аймақтардағы газ турбиналарының қуаттылығындағы өзгерістер көрсетілген.

Екі облыста – Маңғыстау және Атырау - екі сценарийде де OCGT қуаты өзгермейді, ал батыс өңірде Батыс Қазақстан облысында барлық жаңартылмайтын қуаттар орнатылуда. 2050 жылы көміртекті бейтараптық сценарийі энергияны тұтынудың айтарлықтай өсуіне және шығарындыларды азайтудың қатаң мақсаттарына байланысты шарықтау шегіне жетті. 2060 жылы қуаттар 2018 жылғы мәнге қайтарылады және генерация нөлге дейін төмендейді. Базалық сценарийде өсу тек 2050 жылға қарай басталады және 2060 жылы тұтынудың өсуіне байланысты 340 МВт-қа жетеді.

Көміртекті бейтараптық сценарийі үшін барлық аймақтардағы газ турбиналарының қуаты бірдей трендке сәйкес келеді – 2050 жылға қарай шыңына жетеді, содан кейін төмендейді. Базалық сценарийде әр саланың өз үрдісі бар және, мүмкін, республика бойынша ocgt жалпы қуаты тұрақты өсіп келе жатқан облыстар арасында қуаттарды қайта бөлу орын алуы мүмкін. Қайта бөлуді қазіргі уақытта алдыңғы жылды модельдеу кезінде модель келесі жылдың сценарийін көре алмайтындығымен және мақсатты функция модельдеудің келесі сегментінде оңтайлы болады деп есептей отырып, суб-оңтайлы нұсқаны таңдай алмайтындығымен түсіндіруге болады.

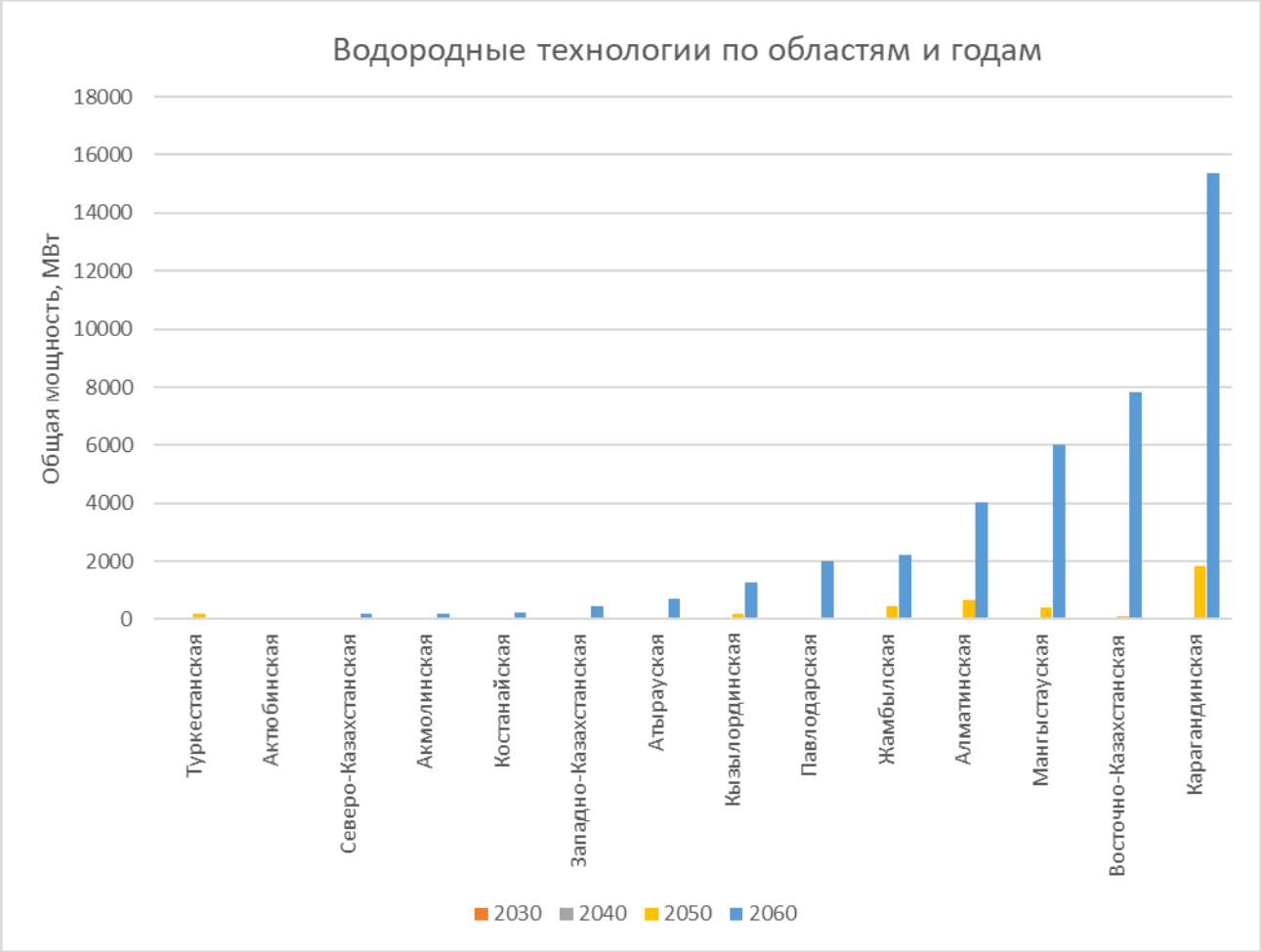
Төменде көміртекті бейтараптық сценарийі үшін жаңартылатын энергия көздерінің генерациясының өзгерістері берілген. Сценарийде Маңғыстау және Атырау облыстарында теңіз жел қондырғыларының қуаттылығын арттыруға жол берілді, бірақ технологиялардың қымбаттығы мен әлеуетінің шамалы болуына байланысты бағдарлама 2050 және 2060 жылдары Атырау облысында тек 10 кВт қуаттылықты орнатуды орынды деп санады. Орнатудың маңыздылығына байланысты теңіз жел қондырғылары одан әрі талқылауда алынып тасталды.

Сурет 1.3.8. Батыс Қазақстан облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты

Сурет 1.3.10. Қарағанды облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты

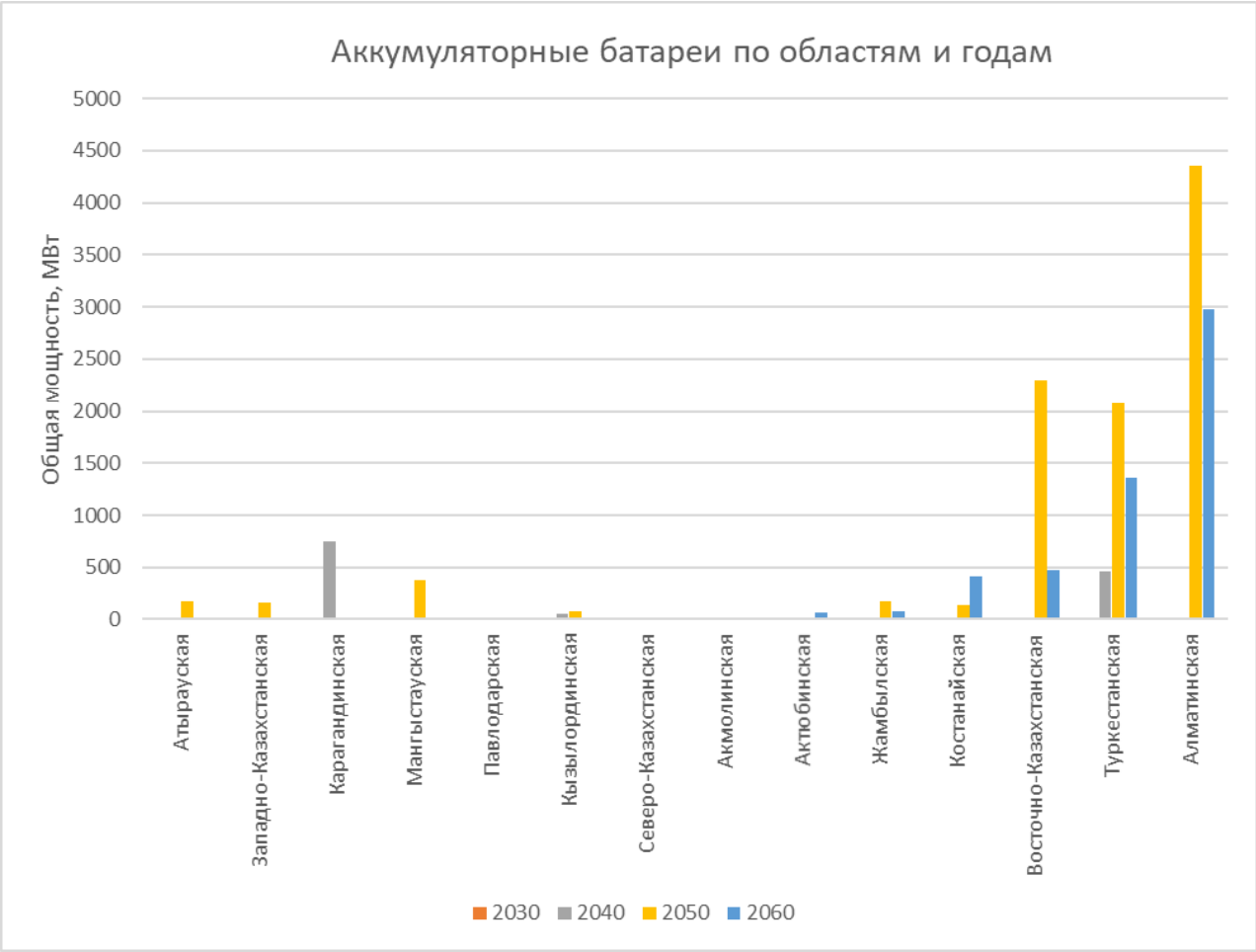
Сурет 1.3.9. Ақтөбе облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты

Сурет 1.3.11. Қызылорда облысындағы екі сценарийдегі OCGT қуаты



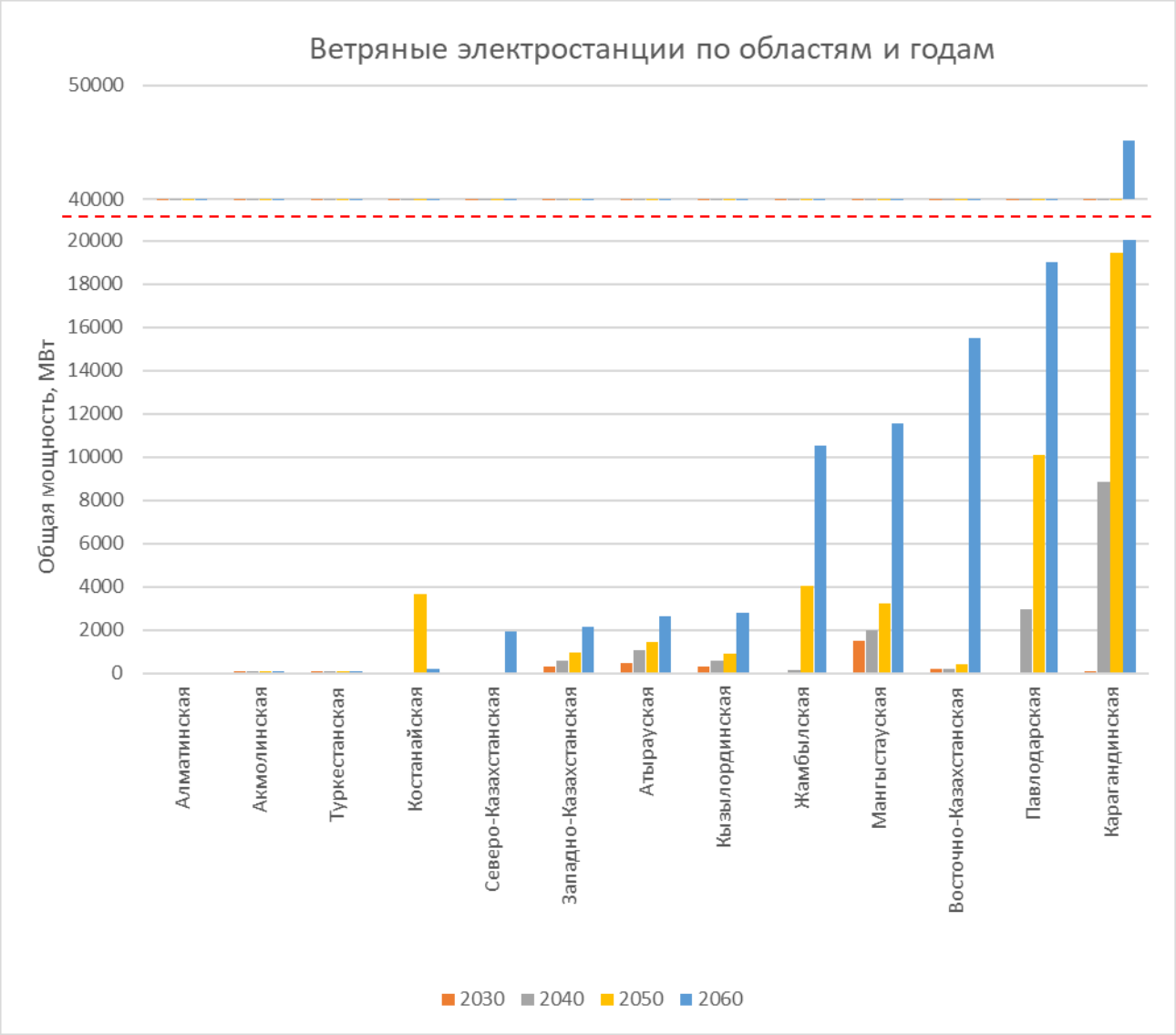
Сурет 1.3.12. Көміртекті бейтараптық сценарийінде сутекті сақтау жүйелерінің қуатын аймақтар бойынша бөлу

Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі сутекті сақтау жүйелері барлық аймақтарға орналастырылған, бірақ қуаты әртүрлі. 1.3.12-сурет әр онжылдықта осы үлестіруді және қуаттың өсуін көрсетеді. Аймақтар 2060 жылы ең төменгі қуаттан ең үлкен қуатқа дейін сұрыпталады. Қарағанды облысы тағы да ең үлкен инвестицияларды талап етеді, себебі жаңартылатын энергия көздерінің ең үлкен өсуі күтілуде және ол басқа өңірлерге теңгерімдеу қызметтерін ұсынуға мүмкіндік беретін ең көп облыстармен байланысты. Батыс өңірде сақтау технологиялары бойынша орталық Маңғыстау облысы болып табылады, сондай-ақ теңдестіруді қажет ететін жаңартылатын энергия көздері қуаттылығының ең үлкен өсуіне байланысты. Сутегі технологиясының күрт секірісі 2050-2060 жылдар аралығында байқалады, өйткені 2060-та шығарындыларды нөлге дейін төмендететін талап бар, бұл өтелуі керек үзіліссіз жаңартылатын энергия көздері генерациясына абсолютті тәуелділікті білдіреді. Сондай-ақ, секіріс сутегі технологиясы бағасының болжамды төмендеуімен байланысты болуы мүмкін.



Сурет 1.3.13. Көміртекті бейтараптық сценарийінде батарея қуатын аймақтар бойынша бөлу

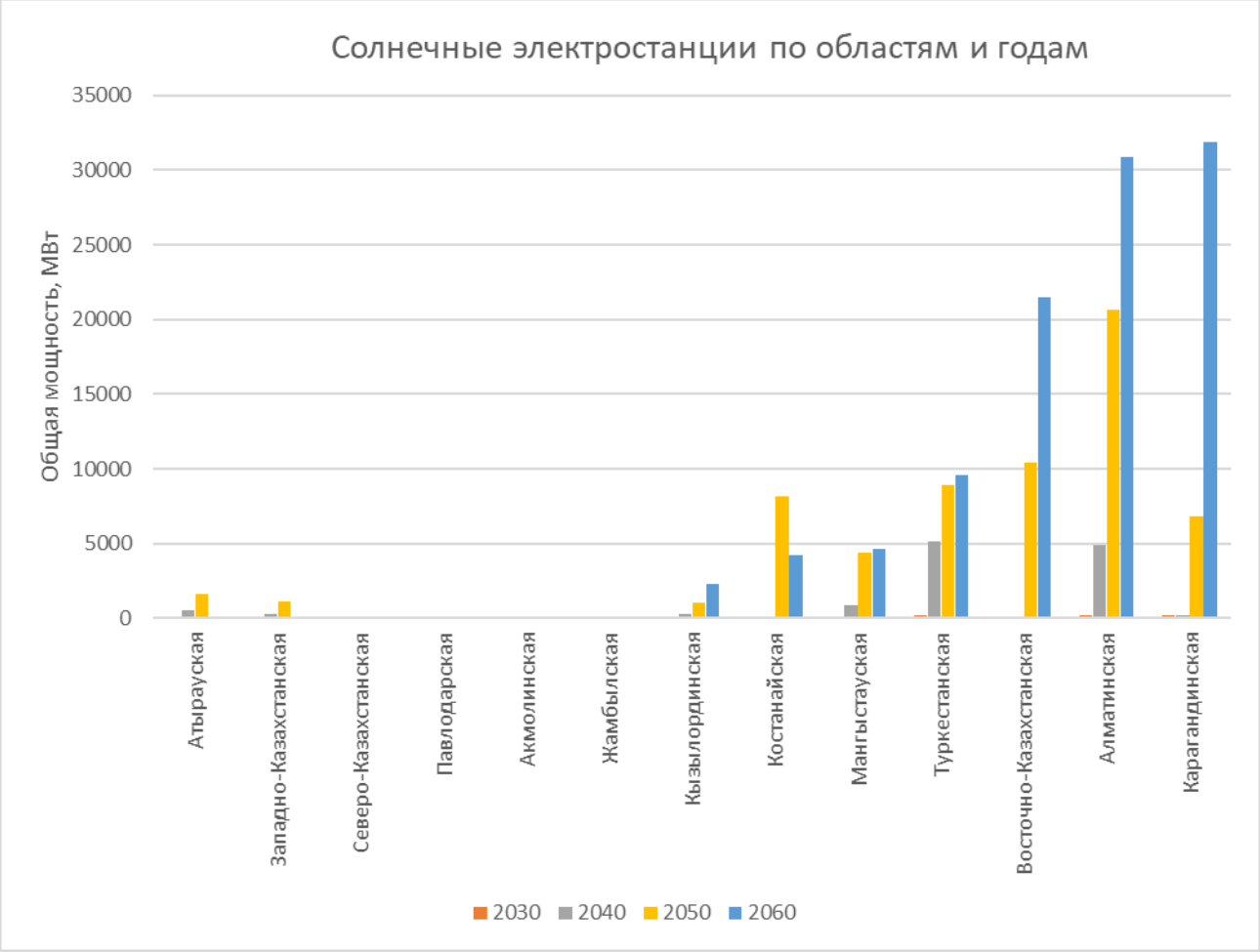
Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі қайта зарядталатын батареялар сутегі қоймалары қолжетімді болғанға дейін сақтау технологиялары бойынша бірінші нұсқа болып табылады. Айта кетерлігі, Қарағанды облысында 2040 жылы аккумуляторлық батареялардың айтарлықтай қуаты орнатылады, өйткені Қарағанды облысында көмірден бас тартуға байланысты жаңартылатын энергия көздерінің ең ерте өсуі болады. 2050 жылы орнатылған қайта зарядталатын батареялардың қуаты 9.8 ГВт шыңына жетеді, содан кейін 2060 жылы 5.4 ГВт-қа дейін төмендейді. Қайта зарядталатын батареялар үлесінің төмендеуі сутегі технологиясына көшумен байланысты. Алайда, бұл ауысуды жүзеге асыру үшін сутегі технологиялары белгілі бір жетілу деңгейіне жетіп, құнын төмендетуі керек, бұл қазір ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар мен өнеркәсіптің дамуына байланысты. Сондай-ақ, қуатты бөлуді толығымен өзгерте алатын жаңа сақтау технологиясын немесе жаңартылатын энергия көздерін дамыту мүмкіндігі бар, бірақ бұл сценарийлер тек қолданыстағы технологиялардың жоспарлы дамуын қарастырады.



Сурет 1.3.14. Жел электр станцияларының қуатын көміртекті бейтараптық сценарийінде өсу бойынша облыстар бойынша бөлу

Қазақстан Республикасы бүкіл аумақта үлкен жел әлеуетіне ие, бұл жоғарыдағы суреттегі қуаттарды бөлу арқылы көрінеді. Бағаның біртіндеп төмендеуі және шығарындыларды азайту үшін жаңартылатын энергия көздеріне көшу қажеттілігі жел электр станцияларының қуаттылығының өсуіне әкеледі. Қарағанды облысы (2018 жылға) жел генерациясының ең маңызды қондырғыларына ие. 2040 жылдан бастап көмір генерациясынан көшу үшін осы облыста қосымша 8 ГВт-тан астам жел электр станцияларын орнату қажет, ал 2060 жылға қарай бұл мән 45 ГВт-қа дейін өсуі тиіс, бұл жел генерациясы бойынша екінші орында тұрған Павлодар облысына қарағанда 2 есе көп. Батыс өңір осы технологияның қуаттылығының бірқалыпты қосылуымен басқалардан ерекшеленеді, ал 2060 жылы осы үш облыста жалпы жел генерациясы 16 ГВт-ты құрайды, бұл Қарағанды облысына қарағанда 3 есе аз. Қостанай облысында қуаттылықтың өсуі 2050 жылы көрсетілген, бірақ 2060 жылы төмендейді. Мүмкін, бұл үрдіс бірнеше онжылдықтар бойынша инвестициялардың оңтайлы бөлінуіне байланысты көп кезеңді оңтайландыру кезінде жоғалып кетуі мүмкін. Электр энергетикалық әлеуетінің кеңеюі ауыл шаруашылығы саласында нашарлауға

әкелмеуі үшін айтарлықтай жел және күн генерациясын орнату құрылысқа арналған жерлердің қолжетімділігі тұрғысынан бағалануы керек.



Сурет 1.3.15. Көміртекті бейтараптық сценарийінде күн электр станцияларының қуатын аудандар бойынша бөлу

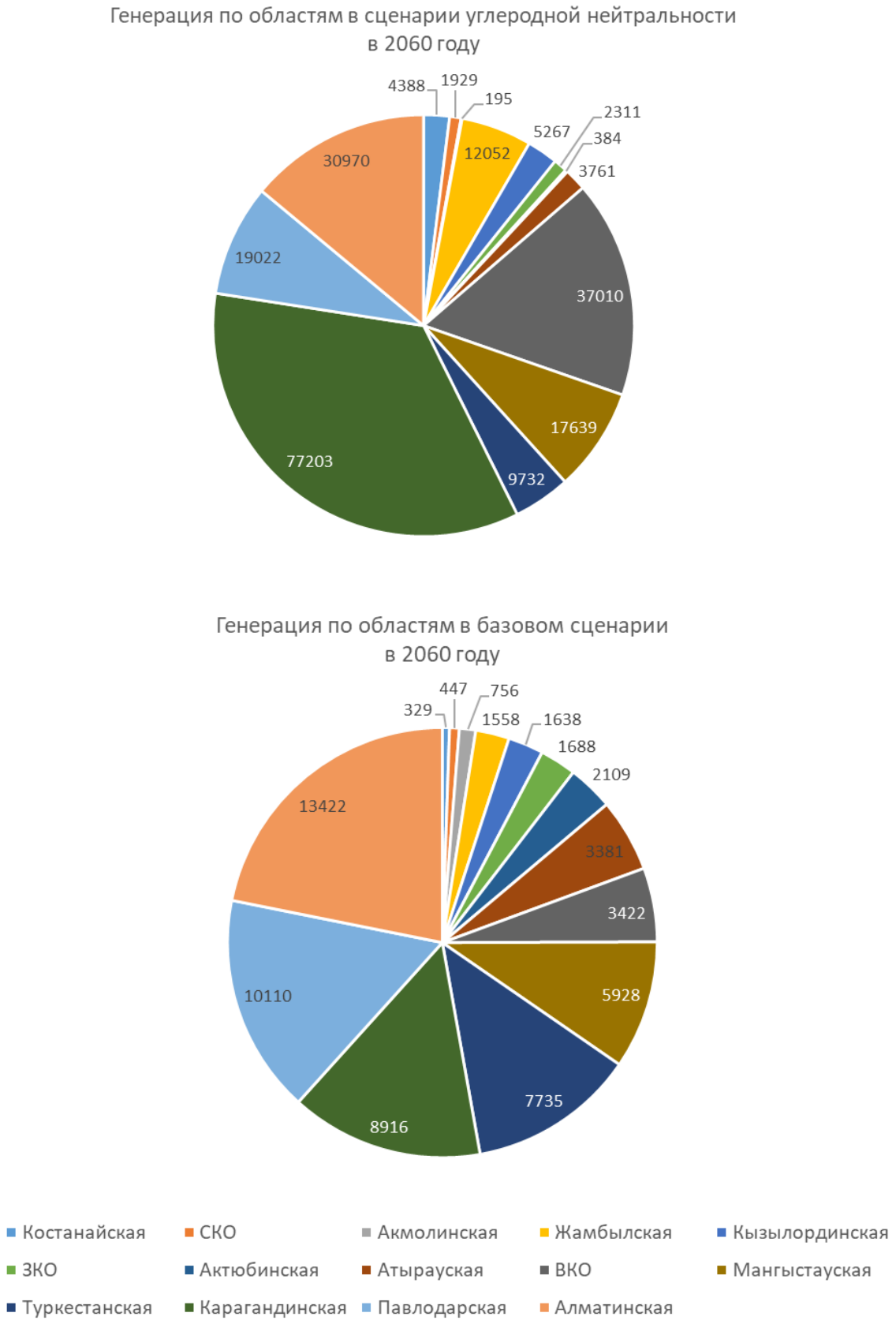
Күн электр станциялары бойынша 2060 жылы Қарағанды облысы тағы да көш бастап тұр, бірақ екінші – Алматы облысынан шамалы алшақтықпен. Күн электр станцияларының жалпы қуаты 2060 жылы 105 ГВт құрады, ал 80% – ы үш облысқа-Шығыс Қазақстан облысы, Алматы және Қарағанды облыстарына тиесілі. Бір қызығы, барлық оңтүстік облыстардың ішінде бағдарлама Жамбыл облысында күн электр станцияларының ұлғаюын ұсынбайды, себебі өңірдегі жел электр станцияларының айтарлықтай өсуі (1.3.14-суретті қараңыз), Сондай-ақ қорғалатын аумақтардың, қорықтар мен таулардың болуына байланысты. Жамбыл облысында күн немесе жел электр станцияларын салу туралы шешім қабылдаған кезде бұл тренд қайта қаралуы мүмкін, өйткені ағымдағы есепте жердің жарамдылығы мен жаңартылатын энергия көздері әлеуетін анықтау үшін пайдаланылатын спутниктік деректер егжей-тегжейлі шешімдер үшін жеткілікті рұқсат бермейді.

1.3.16-суретте 2060 жылы екі сценарий үшін де қуаттың аудандарға бөлінуі көрсетілген. Диаграммалар сценарийге байланысты аймақтар арасында қуаттың қалай қайта бөлінетінін салыстыруға мүмкіндік береді. Осы диаграммадағы базалық жылға арналған аймақтар ең кіші ұрпақтан ең үлкеніне қарай

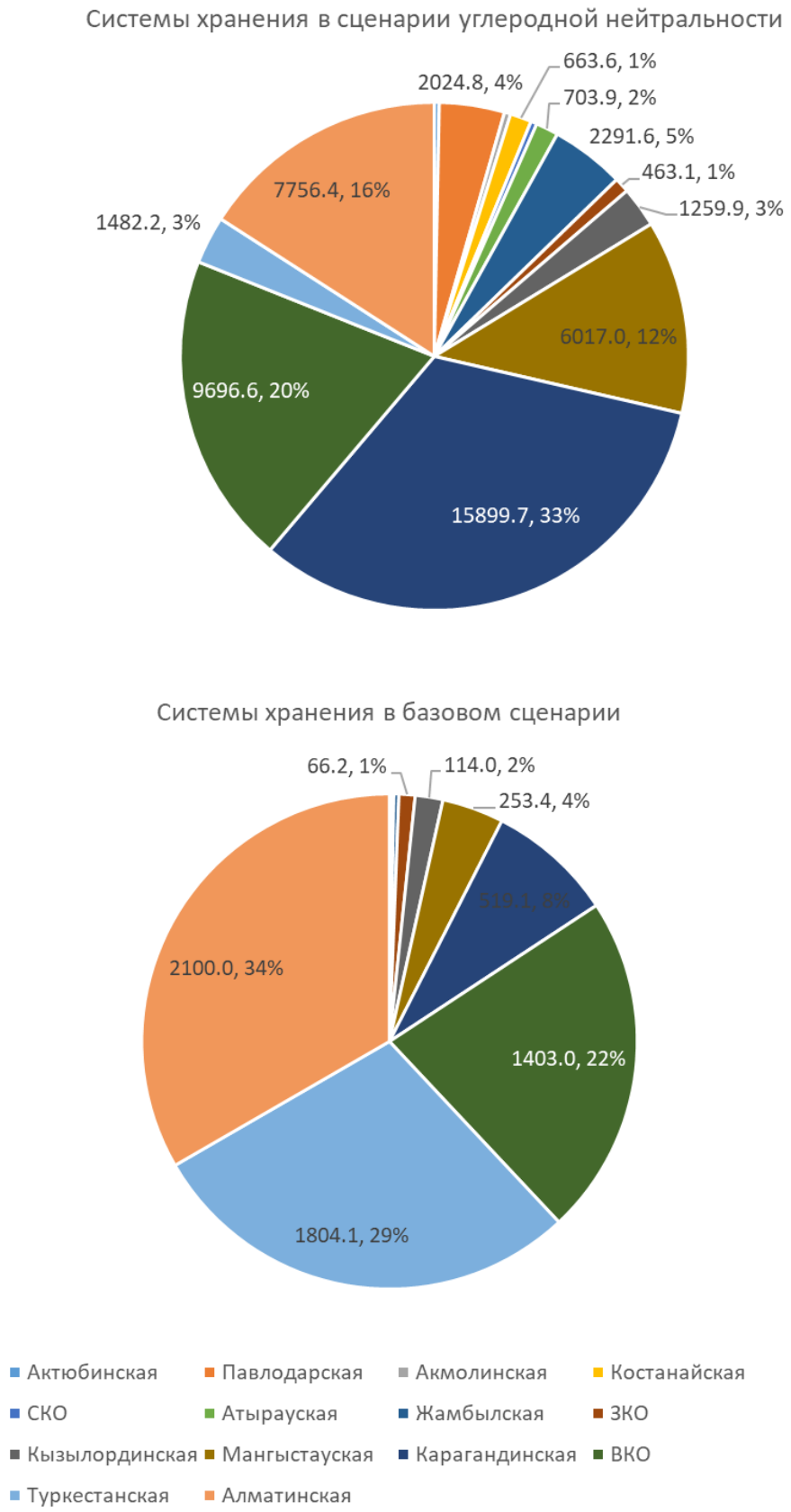
сұрыпталады. Егер базалық сценарийде белгіленген генерациялау қуаттары бойынша Алматы облысы көш бастап тұрса, онда көміртекті бейтараптық сценарийінде барлық қуаттардың 35% - ы Қарағанды облысында орнатылған. Сондай-ақ, Шығыс Қазақстан және Жамбыл облыстарының жалпы генерациядағы маңызы артып келеді. Шығыс Қазақстан облысы 2060 жылы күн және жел генерациясының айтарлықтай қуаттылығымен ерекшеленеді, ал базалық және көміртекті бейтараптық сценарийі арасындағы айырмашылық 10 есе, ел бойынша генерацияның жалпы қуаты шамамен 4 есе (61 ГВт және 222 ГВт). Ақмола және Ақтөбе облыстары бұл ретте базалық сценариймен салыстырғанда электр тұтынудың өсуіне қарамастан, өз генерациясын іс жүзінде ұлғайтпайды.

1.3.17-суретте 2060 жылы электр энергиясын сақтау жүйелері үшін бірдей бөлу көрсетілген. Сақтау жүйелеріне гидравликалық вакуумды электр станциялары, қайта зарядталатын батареялар және сутегі сақтау жүйелері кіреді. Сақтау технологиялары бойынша Қарағанды облысы Алматыдан озып, көміртекті бейтараптық сценарийінде көшбасшы орын алады. Түркістан облысындағы екі сценарийдегі қуаттар бойынша мәндер айтарлықтай ерекшеленбесе де, пропорциядағы айырмашылық айтарлықтай – егер базалық сценарийде елдің сақтау технологияларының 29% - ы осы салада шоғырланған болса, онда Түркістан облысы көміртекті бейтараптық сценарийінде тек 3% - ға ие. Базалық сценариймен салыстырғанда, көміртекті бейтараптық сценарийінде жаңартылатын энергия көздерінің таралуына байланысты электр энергиясын сақтау жүйелерінің қуаттарының біркелкі орналасуы байқалады.

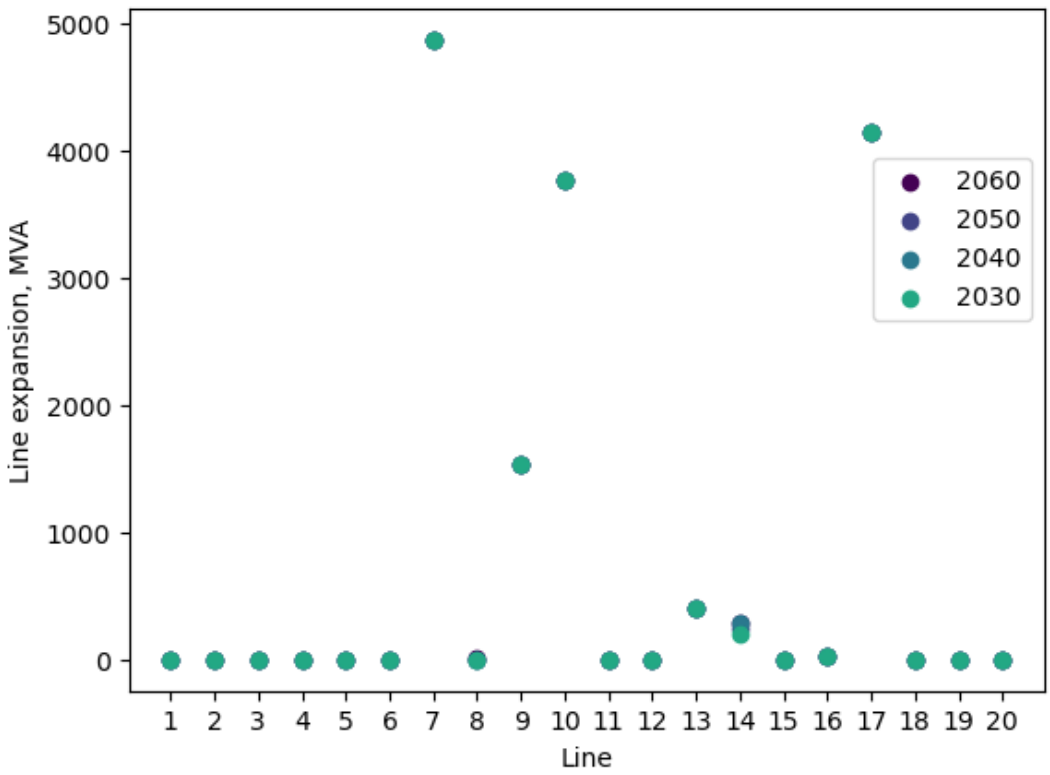
Оңтайландыру нәтижелеріне сүйене отырып, 2030 жылға қарай Қарағанды облысында жаңартылатын энергия көздерін дамытуға инвестицияларды күшейту керек. Инвестицияларды тарту нұсқаларының бірі - Қарағанды және Ұлытау облыстарын пилоттық жобаларды тестілеу үшін жаңартылатын энергия көздері мен сақтау жүйелері бойынша инновациялар орталығына айналдыру. Осы аймақтағы қуатты өнеркәсіптік базаны ескере отырып, бүкіл ел бойынша тасымалдау кезінде логистикалық шығындарды азайту үшін жаңартылатын энергия көздері және сақтау жүйелері үшін қажетті бөлшектер мен жабдықтар шығаратын зауыттарды дамытуға мүмкіндік бар. Бұл стратегия сонымен қатар көмірден бас тартқан кезде адам ресурстарын қайта бөлуге және жұмыссыздықтың өсуіне жол бермеуге көмектеседі.



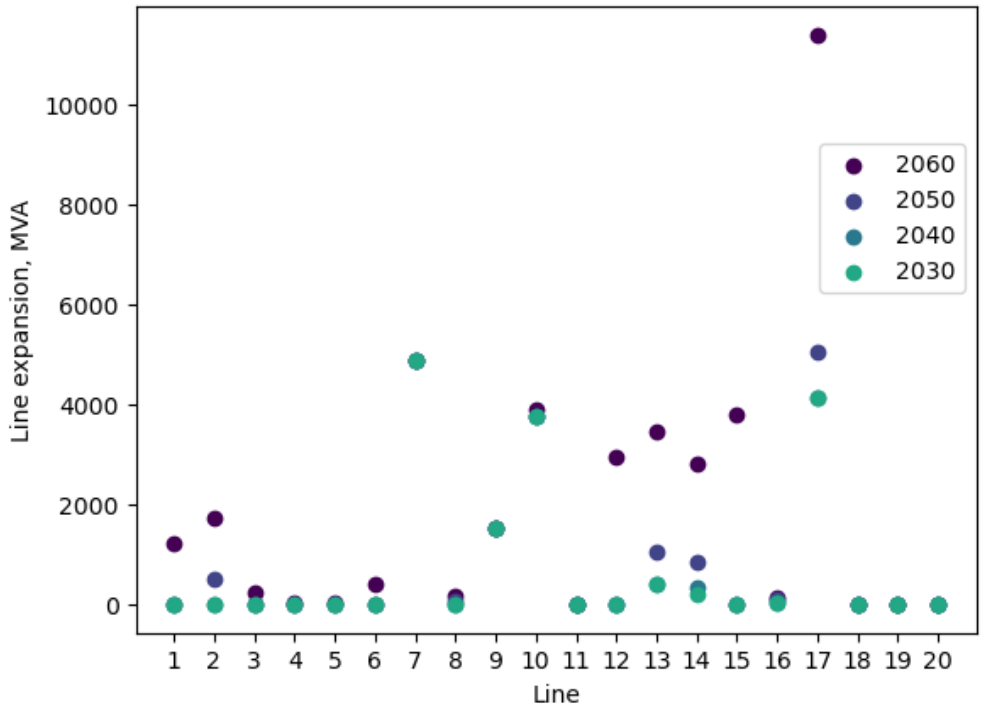
Сурет 1.3.16. 2060 жылы облыстар бойынша орнатылған генерация қуаты (базалық сценарий кішіден үлкенге қарай сұрыпталған).



Сурет 1.3.17. 2060 жылы облыстар бойынша сақтау технологияларының белгіленген қуаттары (базалық сценарий кішіден үлкенге қарай сұрыпталған)



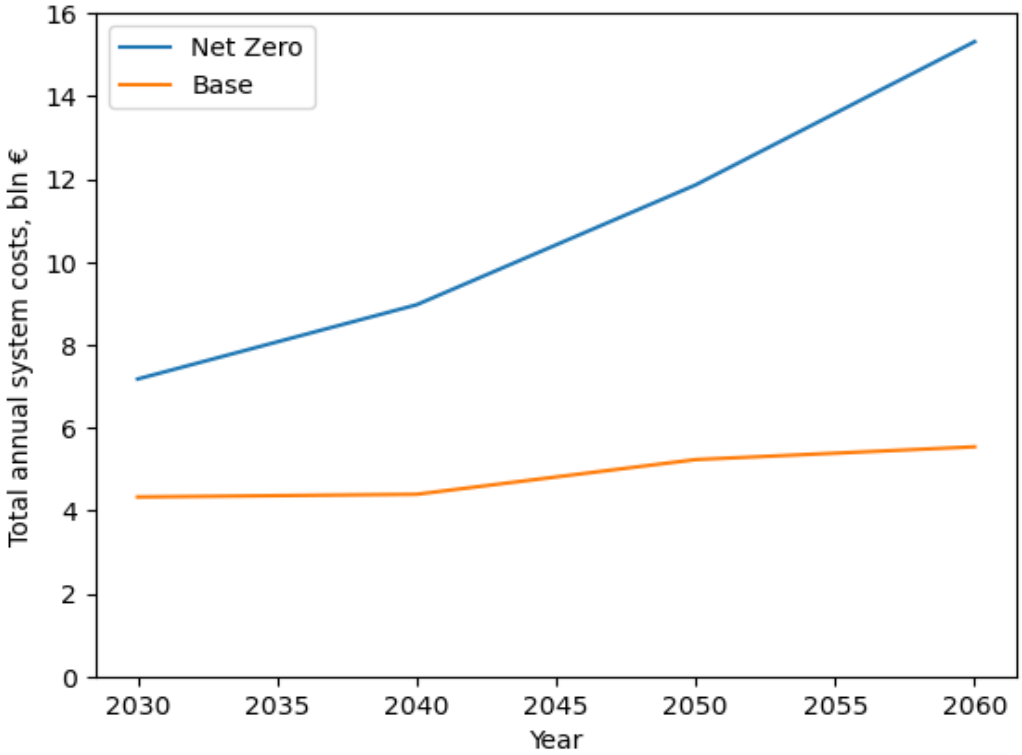
Сурет 1.3.18. Базалық сценарийде өңірлер арасындағы электр беру желілерінің өткізу қуатын оңтайлы ұлғайту.



Сурет 1.3.19. Көміртекті бейтараптық сценарийінде аймақтар арасындағы электр желілерінің өткізу қабілеттілігін оңтайлы арттыру

Жоғарыдағы суреттерде қай сызықтар жыл бойынша өткізу қабілеттілігін арттыруды қажет ететіні көрсетілген. Екі сценарийде де өткізу қабілеттілігінің ең үлкен ұлғаюы 2030 жылы Алматы және Жамбыл, Алматы және Қарағанды,

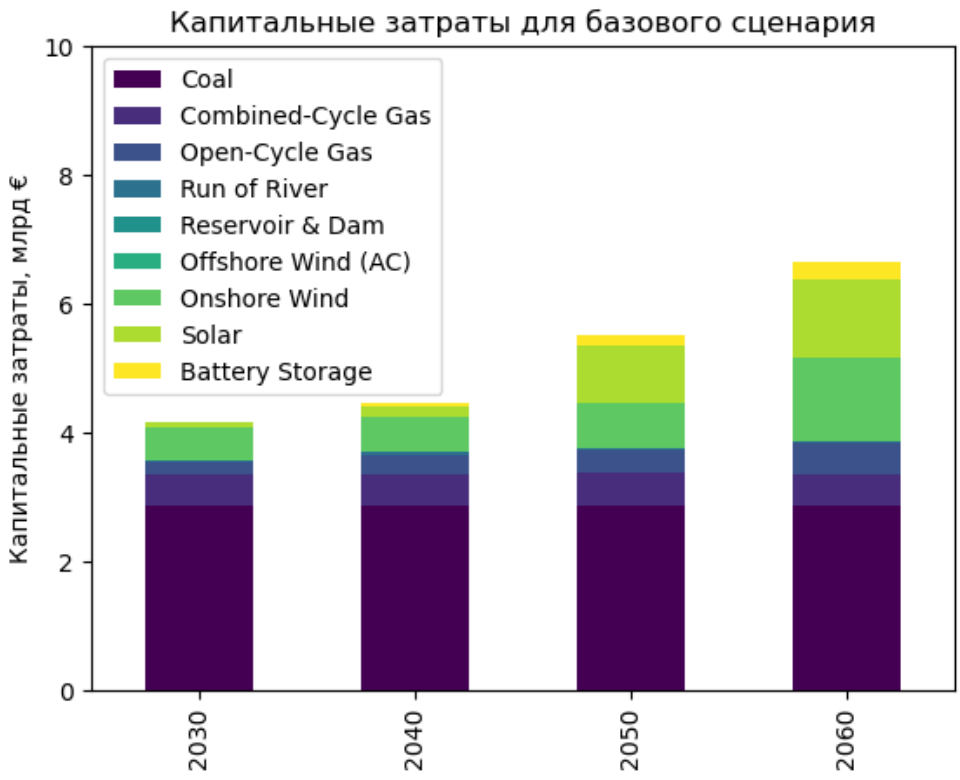
Қарағанды және Павлодар облыстары арасындағы 7, 10, 17 – жолдарда талап етіледі. Бұл тренд Алматы және Қарағанды облыстарында жаңартылатын энергия көздерінің айтарлықтай өсуіне байланысты, олар басқа генерациялар мен жүктемелер есебінен теңгерімді талап етеді. Көміртекті бейтараптық сценарийі бүкіл жүйеде жаңартылатын энергия көздерінің жоғары пайызына байланысты үлкен өткізу қабілеттілігін қажет етеді. Егер базалық сценарийде желі қуаттылығының барлық өсуі 2030 жылы орын алса және 2060 жылға дейін әрең өзгерсе, көміртекті бейтараптық сценарийінде қуат өсімі 2030 жылы және 2060 жылы айтарлықтай секірулермен кезең-кезеңімен жүреді. Сондай-ақ, осы сценарийде Қарағанды және Павлодар облыстары арасындағы қуаттың ең үлкен өсімі, өйткені бұл облыстар Қазақстан Республикасындағы электр энергиясының ең ірі тұтынушылары болып табылады және көмір генерациясынан жаңартылатын энергия көздеріне ауысуы тиіс.



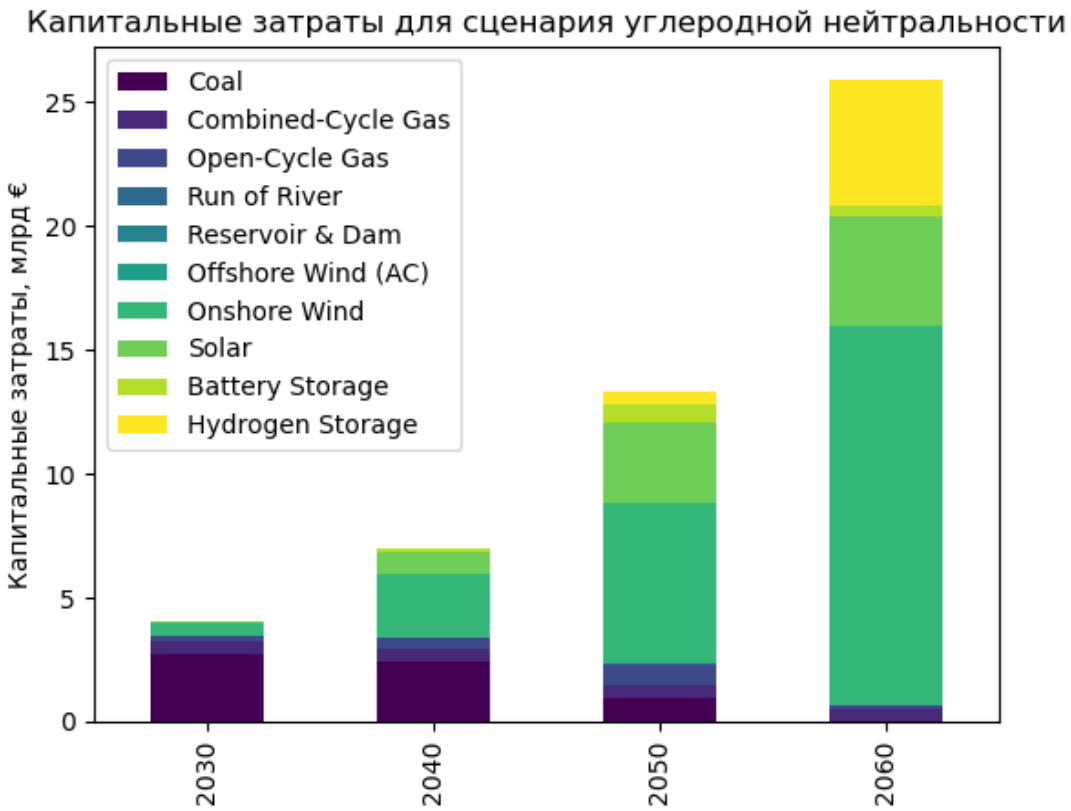
Сурет 1.3.20. Жылдық жалпы күрделі шығындар

1.3.20 - суретте екі сценарийде де электр желілерін қоса алғанда, электр энергиясы секторының жалпы күрделі шығындары көрсетілген. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі энергияның ауысуы базалық сценариймен салыстырғанда 2060 жылға қарай шығындарды 3 есе арттырады.

1.3.21-сурет және 1.3.22-сурет әрбір сценарий үшін генерациялау және сақтау технологиялары бойынша күрделі шығындардың қалай бөлінгенін көрсетеді. Орташа алғанда, шығындар белгіленген қуатқа пропорционалды түрде өседі. Жаңартылатын энергия көздерінің өсуі, әсіресе экономиканы электрлендіру кезінде, 2060 жылға қарай электр энергиясы секторының шығарындыларын 100% төмендетуге қол жеткізу үшін қарқынды инвестициялар мен инвестицияларды қажет етеді.



Сурет 1.3.21. Базалық сценарийдегі әрбір технологияның күрделі шығындары



Сурет 1.3.22. Көміртекті бейтараптық сценарийіндегі әрбір технология үшін күрделі шығындар

1.4. Қорытынды

PyPSA-бұл энергетика мен электр энергетикасын модельдеудің белсенді дамып келе жатқан ортасы. Ол мөлдірлік пен пайдаланушыға ыңғайлылықты қамтамасыз етеді, бұл оны модельдеу қауымдастығы арасында танымал етеді. Қазақстан Республикасы үшін PyPSA моделі тек әзірлеу сатысында, бірақ қазірдің өзінде міндеттерді тұжырымдау тұрғысынан өзінің әмбебаптығы мен икемділігін көрсетеді. Ел мен Орта Азия аймағын декарбонизациялауға қатысты оңтайлы саясатты шығару үшін әртүрлі сценарийлерді модельдеуге және салыстыруға болады.

Көміртекті бейтараптық сценарийін модельдеу Қазақстан Республикасында жаңартылатын энергия көздерін дамыту үшін орасан зор әлеует бар екенін және Қазақстан Республикасы қолда бар ресурстар есебінен электр энергиясына өсіп келе жатқан қажеттілікті қамтамасыз етуге қабілетті екенін көрсетеді. Сондай-ақ, нәтижелер жаңартылатын энергия көздерінің әртүрлі түрлері мен ауа-райы жағдайлары бар аймақтар арасындағы электр энергиясының ағынын қамтамасыз ету үшін инфрақұрылымды нығайтуға капитал салу қажеттілігін көрсетеді. 2060 жылға қарай шығарындыларды нөлге дейін азайту үшін жаңартылатын энергия көздері бар электр станцияларын салудан басқа, сақтау жүйелеріне және аймақтар арасындағы электр желілерін ұлғайтуға айтарлықтай инвестициялар қажет. Жаңартылатын энергия көздерінің көміртегі бейтараптығы мен электр энергиясын сақтау жүйесінің мақсатына жету үшін Қазақстан Республикасының барлық өңірлерінде ерекшеліксіз енгізу қажет.

PyPSA қолданудың кең әлеуетіне ие, алдағы жұмыстарда айнымалылардағы белгісіздікке оңтайландыру нәтижелерінің тұрақтылығын көп кезеңді модельдеу және талдау, атом электр станцияларын салу сценарийлерін модельдеу және батыс аймақты қалғандарымен байланыстыру үшін электр желілерін кеңейту жоспарлануда. Көп кезеңді модельдеу инвестицияларды ұзақ мерзімді жоспарлауға да көмектеседі, өйткені ол белгіленген қуаттарды аймақтар арасында артық қайта бөлуді болдырмайды. Қазақстан Республикасы үшін Pypsa-мен одан әрі жұмыста көлік, индустрия, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығы және т.б. секторларды қоса алғанда, Еуропа үшін бұрын жасалғандай энергетиканың барлық секторын модельдеу мүмкіндігі бар.

2. TIMES-қа кіріспе

Қазақстан Республикасы, көптеген басқа елдер сияқты, XX ғасырдың ортасынан бастап бетпе-бет келген климаттық өзгерістердің салдары түріндегі Елеулі сынақтың алдында тұр. Ғылыми деректерге сәйкес, 1940 жылдан бастап Қазақстан Республикасында температуралық көрсеткіштер үнемі өзгеріп отырады. Елдегі орташа жылдық температура онжылдықта 0,28 °с жылдамдықпен өседі және бұл өсу әсіресе күз айларында байқалады, әр 10 жыл сайын 0,31 °с жетеді.

Дегенмен, тек температура көрсеткіштері ғана алаңдаушылық туғызбайды. Температураның өсуінен басқа, елде орташа жылдық жауын-шашынның азаюы байқалады. Бұл құлдырау онжылдықта 0,2 мм-ден асады, бұл елдің ауыл шаруашылығы мен су ресурстарына теріс әсер етуі мүмкін.

Болашаққа арналған болжамдар да қуантпайды. Ағымдағы трендтерді талдай отырып және ықтимал сценарийлерді модельдей отырып, ғалымдар 2050 жылға қарай Қазақстан Республикасы 2,4-тен 3,1 °с-қа дейінгі диапазондағы орташа жылдық температураның өсуімен бетпе-бет келуі мүмкін деген қорытындыға келді. 1980-1999 жылдар кезеңі. Бұл өзгерістер Қазақстан Республикасы халқы үшін елеулі экологиялық, экономикалық және әлеуметтік зардаптарға әкеп соғуы мүмкін.

Қазақстан Республикасында TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System немесе "MARKAL-EFOM интеграцияланған жүйесі") модельдерінің генераторын пайдалана отырып, энергетикалық жүйені техникалық-экономикалық модельдеу 2009 жылы басталды және сол кезден бастап ол белсенді дамыды. TIMES-бұл энергетика саласындағы ғылыми-зерттеу жұмыстарында таптырмайтын құрал.

Көптеген жылдар бойы, оның алғашқы енгізілуінен бастап, энергетикалық жүйенің моделі көптеген өзгерістер мен жақсартулардан өтті. Оны қолданудың негізгі мақсаты ғылыми жарияланымдар құру, сондай-ақ әртүрлі жобаларға аналитикалық материалдар дайындау болды.

2023 жылғы 2 ақпанда ресми түрде қабылданған Қазақстан Республикасының 2060 жылға дейінгі көміртегі бейтараптығына қол жеткізу жөніндегі стратегияны әзірлеу үшін TIMES моделін пайдалану да маңызды болды. Бұл құжат елдің негізгі энергетикалық және экологиялық міндеттерін шешуде техникалық-экономикалық модельдеудің өзектілігі мен маңыздылығын тағы бір растау болды.

"Қазақстан Республикасындағы Төмен көміртекті экономикалық дамуға - Қазақстан Республикасындағы Төмен көміртекті экономикалық дамудың экономикалық, экологиялық және әлеуметтік салдарын модельдеуге баса назар аудара отырып, Қазақстан Республикасы мен Орталық Азиядағы жасыл экономиканы қолдау" деп аталатын ауқымды жоба шеңберінде Қазақстан Республикасындағы тұрақты және төмен көміртекті экономикалық өсу мүмкіндіктерін талдау және зерттеу бойынша елеулі жұмыс жүргізілді. Бұл зерттеу климаттың өзгеруімен күресу және тұрақты дамуға ықпал ету жөніндегі жаһандық күш-жігердің бөлігі болып табылады.

Бұл жұмыстың негізгі нәтижесі TIMES-Қазақстан Республикасы энергетикалық жүйесінің жаңартылған моделін әзірлеу болды. Бұл модель елдің энергетикалық секторын дамытудың баламалы нұсқаларын терең және жан-жақты

талдауға арналған. Бұл модель арқылы климаттың өзгеруі саласындағы зерттеушілер көптеген айнымалылар мен факторларды ескере отырып, елдің энергетикалық инфрақұрылымының әртүрлі сценарийлері мен даму жолдарын қарастыра алады.

TIMES моделінің ерекшелігі-оның энергетикалық сектордың дамуын 2060 жылға дейін ұзақ уақытқа жобалау мүмкіндігі. Бұл ұзақ мерзімді трендтерді, экономикалық және экологиялық ортадағы өзгерістерді ескеруге, сондай-ақ әртүрлі даму стратегияларының әлеуметтік салдарын болжауға мүмкіндік береді. Осылайша, осы модельдің арқасында энергетика саласында шешім қабылдау неғұрлым негізделген және тұрақты бола алады.

Қазіргі уақытта TIMES-KAZ моделі өзектілігі мен өзектілігін сақтай отырып, белсенді пайдалану сатысында тұр. Уақтылы жаңартулар мен калибрлеуді қамтамасыз ете отырып, оның жай-күйіне үнемі мониторинг жүргізіледі. Бұл жаңартулар Қазақстан Республикасының экономикасына қатысты соңғы деректерге негізделген. Сонымен қатар, енгізуге қол жетімді болатын жаңа технологиялық әзірлемелер мен инновациялар туралы соңғы деректер ескеріледі. Бұл модельге ағымдағы трендтермен үйлесімді болуға және өзгеретін контекстке бейімделуге мүмкіндік береді. Осылайша, TIMES-Kaz моделі экономикалық көрсеткіштер немесе жаңа технологиялық шешімдер болсын, сыртқы ортадағы кез келген өзгерістерге белсенді жауап беретін икемді және серпінді құрал болып табылады.

Ұсынылған есеп екі негізгі болжамды сценарийге негізделген күрделі математикалық модельдер мен бағалауларды егжей-тегжейлі қарастырады: базалық және климаттық. Бұл болжамды модельдер парниктік әсердің жоғарылауына ықпал ететін және климаттық өзгерістерді тудыратын зиянды газдар шығарындыларын азайту процесіне тікелей немесе жанама әсер ететін әртүрлі мемлекеттік стратегиялар мен саясаттардың ықтимал салдарын бағалауға негізделген.

Бастау үшін мамандар осы мәселенің контекстінде ең маңыздыларын анықтау үшін әртүрлі параметрлердің сезімталдығын мұқият талдауды ұйымдастырды. Талдау процесінде жалпы ішкі өнімге ерекше назар аударылды, өйткені ол елдегі жалпы өндіріс пен тұтынуды көрсететін негізгі экономикалық көрсеткішті білдіреді. Осылайша, жалпы ішкі өнім деңгейі өнеркәсіптік қызмет деңгейімен, өндірістік процестермен және соның салдарынан атмосфераға парниктік газдар шығарындыларымен тікелей байланысты.

Модельдеу кезеңінен кейін аналитикалық есептеу кезеңі басталды. Бұл есептеудің негізгі мақсаты ұсынылған стратегиялардың парниктік газдар шығарындыларын азайтуға қаншалықты тиімді көмектесетінін бағалау болды. Бұл бағалау климаттың өзгеруіне қарсы күресте ұсынылған әдістердің нақты тиімділігін түсіну үшін қажет.

Есепті жасау кезінде шығарындылар деңгейін төмендету үшін қазіргі уақытта қолданылатын әдістер мен тәсілдер ғана емес, сонымен қатар олардың болашақ дамуының мүмкін бағыттары да зерттелді. Осылайша, бұл есеп өзекті мәселеге терең және көп қырлы талдау жасайды.

Деректерді модельдеу мен талдаудың арқасында шешім қабылдаушылар белгілі бір саяси шешімдер мен экологиялық саладағы стратегиялық бағыттардың қаншалықты тиімді болуы мүмкін екендігі туралы қорытынды жасай алады. Бұл өз кезегінде парниктік газдар шығарындыларын барынша азайтуға, сондай-ақ біздің планетамыз үшін тұрақты және экологиялық таза болашақты қамтамасыз етуге бағытталған неғұрлым салмақты шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Өршіл климаттық мақсаттарға қол жеткізу Қазақстан Республикасы үшін ғана емес, бүкіл әлемдік қоғамдастық үшін де орасан зор және маңызды сын-тегеурін болып табылады. Парниктік газдар шығарындыларын елеулі және ойластырылған түрде азайту барлық елдердің алдында тұрған және дәстүрлі өндіріс пен тұтыну үлгілерінде түбегейлі өзгерістерді талап ететін міндет болып табылады. Бұл қазба энергия ресурстарын әдеттегі және экологиялық емес жағудан заманауи және көміртексіз технологияларға жылдам, тиімді және ойластырылған көшуді білдіреді. Сонымен қатар, экономиканың түрлі секторларына: өнеркәсіп, көлік, құрылыс, ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығына, сондай-ақ қалдықтарды басқару жүйесіне "жасыл" инновацияларды белсенді және ауқымды енгізу қажет.

2.1. Зерттеу әдістері

Жүйелік талдау шешім қабылдаушылар белсенді қолданатын маңызды құрал болып табылады. Жүйелік талдаудың негізгі міндеті-энергетикалық жүйенің сипаттамаларын анықтау және сандық түрде көрсету сияқты күрделі мәселелерде шешім қабылдау процесін жеңілдету. Сонымен қатар, ол әр түрлі шешімдер мен нұсқалардың берілген жүйенің жұмысына әсерін бағалау мен салыстыруда шешуші рөл атқарады.

Жүйелік талдау шеңберінде энергетикалық жүйелердің оңтайлы жұмыс режимдерін белсенді іздеу жүргізіледі. Бұл жүйенің максималды тиімділігін қамтамасыз ету үшін техникалық-экономикалық модельдеуді және аралас бүтін сызықтық бағдарламалау сияқты әртүрлі әдістерді қолдануды қамтиды.

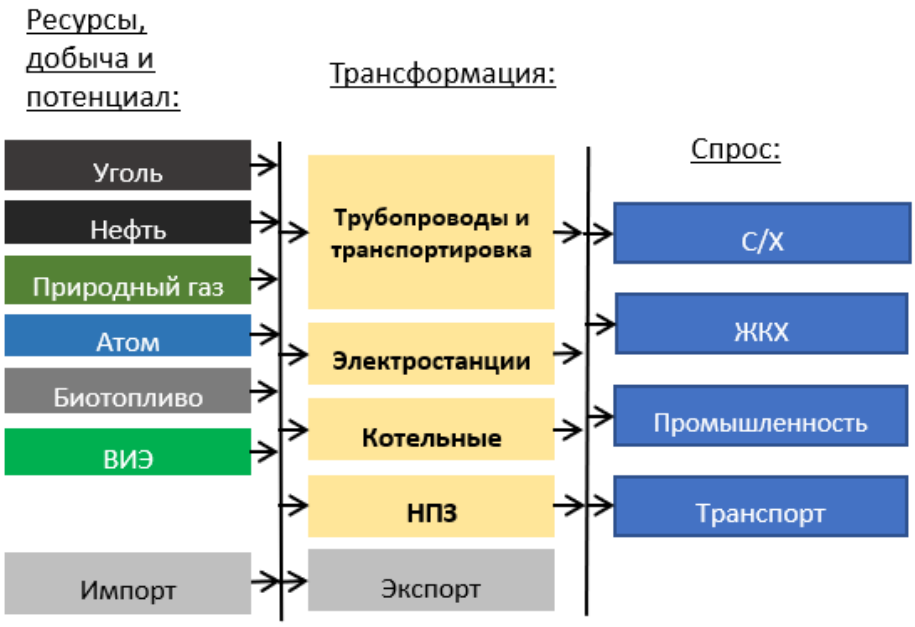
Энергетикалық жүйелерді модельдеу сарапшыларға жүйенің формальды және құрылымдық сипаттамасын қолдануға бірегей мүмкіндік береді. Бұл энергетикалық және экологиялық саясатқа қатысты әртүрлі аспектілерді терең талдауға мүмкіндік береді. Айта кету керек, модельдеу әртүрлі масштабтағы және күрделілік деңгейлеріндегі электр желілеріне қолдануға болатын модельдердің кең спектрін қамтиды. Энергетикалық жүйелерді модельдеу кезінде деректерді жинау және талдау кезеңі негіз болып табылады. Бұл кезеңде деректердің толық, дәйекті болуын және модельде әрі қарай пайдалану үшін қажетті тереңдік пен дәлдікке ие болуын қамтамасыз ету маңызды болады.

TIMES-KAZмоделі – пайдаланушылардың бірқатар шектеулеріне сәйкес оңтайландырылған ең аз шығынды энергетикалық жүйені құру үшін орта және ұзақ мерзімді уақыт көкжиектерінде сызықтық бағдарламалауды пайдаланатын "төменнен жоғарыға" тұтас технологиялық модель. TIMES-KAZ моделі Қазақстан Республикасындағы энергетикалық жүйенің дамуын қолда бар технологиялар және олардың құны туралы толық ақпаратпен сипаттайды.

TIMES-KAZ моделі әртүрлі сценарийлер негізінде мүмкін болатын энергетикалық болашақты зерттеу үшін қолданылады. Талдау үшін TIMES-KAZ кеңейтілген моделінің 2021 жылы жаңартылған нұсқасы қолданылды, оған қосымша сутегі өндірісі және геотермалдық энергияны пайдалану сияқты озық технологиялар жиынтығы енгізілді.

Модельдің күшті жағы - парниктік газдар шығарындыларын азайту тұрғысынан қызығушылық тудыратын барлық жану секторларының технологиялық деңгейінде егжей-тегжейлі ұсыну. Алайда, модель өртеу секторларының экономиканың басқа салаларына өзара әрекеттесуін ескермейтінін және сәйкесінше олармен секторараралық өзара әрекеттесуді ескермейтінін ескеру қажет.

Төмендегі суретте энергетикалық ресурстарды секторлық тұтынуға баса назар аудара отырып, анықтамалық Энергетикалық жүйе көрсетілген. Көмір, газ, мұнай өнімдері және электр энергиясы сияқты ресурстарды пайдаланатын энергияны жеткізудің технологиялық әдістері бар. Бұл ресурстар трансформация бөліміндегі диаграммада көрсетілген жеке процестер арқылы алынады. Жүйені аяқтай отырып, кескін сонымен қатар бастапқы энергия көздерін көрсетеді: көмір, табиғи газ, биоотын, атом және жаңартылатын энергия кен орындары.



Сурет 2.1.1. Референттік энергия жүйесі (РЭЖ)

TIMES-KAZмоделі сандық бағалауды жеке есептеу үшін де, жиынтықта да қолданыла алады. Сонымен қатар, соңғы жағдайда саясат пен шаралардың өзара әрекеті орын алуы мүмкін, осылайша парниктік газдар шығарындыларының төмендеуіне әсері өзгереді.

TIMES модельдерінің отбасы туралы толық ақпаратты Халықаралық энергетикалық агенттіктің сайтынан алуға болады [1].

[1] https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times

2.2. Парниктік газдар шығарындыларының сценарийлерін тұжырымдау

Бұл бөлімде біз екі негізгі сценарийге қатысты ақпаратты егжей-тегжейлі қарастырамыз: базалық және климаттық. Бұл сценарийлер тек дерексіз ұғымдар ғана емес, олар нақты нәтижелер мен мақсаттарға жету үшін қолданылатын әртүрлі тәсілдер, әдістер мен стратегияларды білдіреді. Ең қолайлы шаралар мен шешімдерді таңдау барысында олардың атмосфераға парниктік газдар шығарындыларының деңгейін төмендету әлеуетіне көп көңіл бөлінді.

Бұл зерттеудің негізгі міндеті-планетамыздағы климаттың өзгеруіне тікелей немесе жанама әсер ететін шығарындыларды азайтудың ең тиімді, сонымен қатар оңтайлы әдістерін анықтау. Бұл әсіресе қазіргі жаһандық экологиялық мәселелер және оларды шешу үшін шұғыл әрекет ету қажеттілігі жағдайында өте маңызды.

Климаттық сценарийлер-бұл атмосферадағы парниктік газдардың концентрациясына әсер етуі мүмкін экономикалық өсу, популяция, технология және басқа факторлар туралы әртүрлі болжамдарға негізделген болашақ климаттың өзгеруі туралы түсініктер. Олар климаттың ықтимал өзгерістері мен олардың салдарын түсінудің негізгі құралы болып табылады.

Климаттық сценарийлерді жасау кезінде сарапшылар көптеген параметрлерді ескеретін күрделі әртүрлі модельдерді қолданады. Бұл модельдер әртүрлі экономикалық, демографиялық және технологиялық тенденцияларға негізделген болашақ туралы деректерді енгізеді.

Сценарийлерді тұжырымдау кезінде энергия өндірісі мен тұтынудың өсуі, орманды пайдаланудың өзгеруі, халықтың өсуі және урбанизация сияқты әртүрлі факторлар ескеріледі. Осы мәліметтер негізінде болашақта парниктік газдардың шығуы болжанады.

Парниктік газдар шығарындыларын азайту қабілетімізге қатысты оптимизмнің немесе пессимизмнің әртүрлі деңгейлерін көрсететін көптеген әртүрлі климаттық сценарийлер бар. Кейбір сценарийлер технологияның қарқынды дамуын және шығарындыларды азайтудың белсенді шараларын ұсынады, ал басқалары қазіргі тенденцияларда айтарлықтай өзгеріссіз "әдеттегідей іскерлік" тәсілдер болып табылады.

Климаттық сценарийлер көптеген мақсаттар үшін қажет. Біріншіден, олар үкіметтерге, компанияларға және жалпы қоғамға климаттың өзгеруіне байланысты тәуекелдерді түсінуге және тиісті бейімделу шараларын жоспарлауға мүмкіндік береді. Екіншіден, сценарийлер биоәртүрлілік пен экожүйенің ықтимал салдарын болжауға көмектеседі. Үшіншіден, олар климаттық өзгерістердің ықтимал салдары туралы халықты хабардар ету үшін білім беру және білім беру мақсатында пайдаланылуы мүмкін.

Сценарийлерді пайдалана отырып, үкіметтер мен ұйымдар бейімделу стратегияларын жасай алады, мысалы, теңіз деңгейінің көтерілуінен қорғаныс салу немесе Өзгермелі климатқа төзімді өсімдіктердің жаңа сорттарын жасау. Сондай-ақ, сценарийлер парниктік газдар шығарындыларын азайту және жаңа технологияларды дамыту қажеттілігін көрсетуі мүмкін.

Жаңа ақпарат келіп, модельдер жақсарған сайын, Климаттық сценарийлер үнемі қайта қаралып, соңғы деректер мен болжамдарды көрсету үшін жаңартылып отырады.

Климаттық сценарийлер біздің климатымыздағы ықтимал өзгерістерді түсінуде және осы өзгерістерді азайтуға және бейімдеуге бағытталған шешімдерді қалыптастыруда шешуші рөл атқарады. Олар күрделі ғылыми ақпарат пен қоғамның барлық деңгейлерінде жасалуы керек практикалық әрекеттер арасындағы көпір ретінде қызмет етеді.

2.3. Барлық сценарийлер үшін жалпы болжамдар

Зерттеу барысында біз барлық сценарийлік талдауларымыздың бастапқы нүктесі ретінде қызмет ететін бірнеше негізгі жалпы болжамдарды қарастырамыз. Міне, осы болжамдардың негізгі элементтері:

Бірінші және негізгі параметр - жалпы ішкі өнім. Қазақстан Республикасының Ұлттық экономика министрлігі (ҚР ҰЭМ) әзірлеген Қазақстан Республикасының әлеуметтік-экономикалық даму болжамына сәйкес жалпы ішкі өнім 2024-2028 жылдар кезеңінде өседі деп күтілуде. Осы кезеңнен кейін біз қарастырылып отырған кезеңнің соңына дейін 5,0% деңгейінде Тұрақты жылдық өсуді болжаймыз.

Тағы бір маңызды фактор-халықтың өсуі. Қазақстан Республикасының Ұлттық экономика министрлігінің әлеуметтік-экономикалық даму болжамына сілтеме жасай отырып, біз 2024-2028 жылдар кезеңінде халық саны артады деп күтеміз. Осыдан кейін демографиялық тенденциялар жалғасады және халықтың жылдық өсу қарқыны жылына 0,8-0,9% аралығында болады.

Өнеркәсіптік даму тұрғысынан біздің талдауымыз мұнай өндіруді де ескереді. Мұнай өндіру көлемі тұрақты түрде өсіп, 2035 жылға қарай 115 миллион тонна шыңына жетеді деп болжануда. Бұл шың ел экономикасы үшін маңызды сәт болады, өйткені мұнай өндіру Қазақстан Республикасының экономикалық дамуында шешуші рөл атқарады.

Бұл жалпы болжамдар біздің талдауымыздың негізі болып табылады және олар бізге алдағы жылдардағы елдің әлеуметтік-экономикалық дамуының ықтимал траекторияларын түсінуге көмектеседі.

2.3.1. Базалық сценарий

Ұсынылған сценарийде атмосфераға парниктік газдар шығарындыларын бақылауға және азайтуға бағытталған негізгі шешімдер мен саяси шешімдерге назар аударылады. Бұл шаралар мен стратегиялар қазіргі экологиялық жағдайды терең зерттеу мен талдаудың нәтижесі болып табылады:

Бұл сценарийдің маңызды тармақтарының бірі табиғи газды пайдаланып электр энергиясын өндіруге қатысты. Мұндай өндірістің үлесі 2020 жылы жалпы көлемнің 20% -. құрайды деп жоспарлануда. 2030 жылға қарай бұл көрсеткіштің 25% - ға дейін шамалы өсуі күтілуде. Бұл басқа отындармен салыстырғанда табиғи газдың салыстырмалы тұрақтылығына байланысты.

Келесі мәселе жаңартылатын энергия көздерінен өндірілетін электр энергиясының үлесіне қатысты. Осы стратегияға сәйкес, 2020 жылға қарай электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі жаңартылатын энергия көздерінің үлесі 3% - ға жетуі тиіс. Бұл көрсеткіш 2025 жылға қарай 6% - ға дейін өседі деп күтілуде, ал 2030 жылға қарай электр энергетикасының жалпы балансындағы жаңартылатын энергия көздерінің үлесі 15% -. құрайды. Бұл тұрақты және экологиялық таза энергия өндіруге деген ұмтылысты көрсетеді.

Экология және энергетика саласындағы басқа бағыттарға келетін болсақ, қазіргі уақытта нақты шектеулер немесе қатаң шеңберлер қарастырылмаған. Бұл инновацияға және тиісті салаларда жаңа шешімдерді табуға мүмкіндік беру ниетімен байланысты болуы мүмкін.

Тұтастай алғанда, бұл сценарий таза энергия көздеріне көшудің маңыздылығын және болашақ ұрпақ алдындағы жауапкершілікті сезінуді көрсетеді.

2.3.2. Климаттық сценарий

Бұл сценарий біздің заманымыздың ең өзекті мәселелерінің бірі - парниктік газдар шығарындыларын шешу үшін қабылдануы мүмкін әртүрлі стратегияларға, шараларға және саяси шешімдерге шолу жасайды. Бұл бастамалардың басты және ажырамас мақсаты-біздің планетамыздағы климаттың өзгеруінің негізгі себебі болған осы шығарындылар деңгейін тікелей және барынша тиімді төмендету.

Осындай нақты және қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін осы сценарийде арнайы және нақты сценарий шектеулері қолданылды. Сонымен қатар, энергетикалық жүйенің моделі осындай интервенцияларға қалай жауап беретінін көрсететін талдау жүргізілді.

Бұл зерттеуде қолданылатын, сценарийлік шектеулерді қолдануға, содан кейін модельдің реакциясын кейінгі талдауға негізделген әдіснамалық тәсіл модельдеу және зерттеу саласындағы стандарт болып саналатындығын ерекше атап өткен жөн. Мұндай әдіснаманы қолдану мәселені терең түсінуге көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар ең тиімді, сонымен қатар экономикалық және экологиялық оңтайлы даму стратегияларын анықтауға көмектеседі. Мұның бәрі климаттың өзгеруінің жағымсыз әсерлерімен және планетамыздың атмосферасына парниктік газдар шығарындыларының азаюымен мүмкіндігінше тиімді күресуге бағытталған.

2.4. Жүйені сезімталдыққа талдау

Жүйенің сезімталдығын талдауға қатысты зерттеу барысында егжей-тегжейлі есептеулер жүргізілді. Бұл белгілі бір таңдалған параметрлердің өзгеруі энергетикалық жүйенің жұмысына және реакциясына қалай әсер ететінін зерттеу мақсатында жасалды. Жүйенің сыртқы әсерлерге қаншалықты сезімтал екенін және оның тұрақтылығы мен тиімділігіне қандай параметрлер көбірек әсер ететінін түсінуге деген ұмтылыс болды. Осылайша, зерттеудің негізгі міндеті әртүрлі сыртқы жағдайларда жүйенің бейімделу және тұрақтылық деңгейін анықтау болды.

Энергетикалық жүйе-бұл сенімді және тиімді энергия жеткізушісін қамтамасыз ету үшін синхронды түрде жұмыс істейтін көптеген өзара байланысты компоненттерден тұратын күрделі құрылым. Үнемі өзгеріп отыратын экономикалық, әлеуметтік, технологиялық және экологиялық жағдайлар энергетикалық жүйенің болашақ мінез-құлқын болжауда бірқатар белгісіздіктер тудырады.

Сезімталдықты талдау бір немесе бірнеше экзогендік параметрлердің өзгеруі модель нәтижелеріне қаншалықты әсер ететінін бағалаудың негізгі құралы болып табылады. Талдау үшін таңдалған параметрлер, әдетте, оның нәтижелеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін жүйе үшін сыртқы параметрлер болып табылады. Мұндай параметрлердің мысалдары экономикалық өсу қарқыны, жабдық бағасы және операциялық шығындар, соның ішінде жанармай бағасы және басқалары болуы мүмкін.

Модельдің осы параметрлерге сезімталдығын түсіну болжамдарды нақтылауға көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар сыртқы жағдайлардың өзгеруіне байланысты ықтимал қауіптер мен мүмкіндіктерді анықтайды. Бұл өз кезегінде энергетика және стратегиялық жоспарлау саласында негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Жалпы ішкі өнімнің өсуі елдің жалпы экономикалық дамуын көрсетеді және энергетикалық жүйенің дамуына, энергияны тұтынуға, энергетикалық инфрақұрылымға инвестицияларға және басқаларға айтарлықтай әсер етуі мүмкін. 2028 жылға дейінгі жалпы ішкі өнім өсімі Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің 2024-2028 жылдарға арналған әлеуметтік-экономикалық даму болжамында (ҚР ҰЭМ ПСЭР) ұсынылған болжамдарына сәйкес дамиды деген болжам қабылданды. Болжамдарға сәйкес, 2029 жылдан бастап базалық сценарийде экономикалық көрсеткіштердің 5% - ға өсуі күтілуде, бұл біздің еліміздің әлемнің отыз қарқынды дамып келе жатқан елдерінің рейтингіне енуінің негізгі шарты болып табылады. жалпы ішкі өнімнің өзгеруіне сезімталдықты ескеретін сценарийді әзірлеу кезінде елдің энергетикалық жүйесінің құрылымы үшін мұндай өзгерістердің ықтимал салдарын мұқият талдау мақсатында барлық қаралған өсу қарқыны бір пайыздық тармаққа (п.п.) ұлғайтылды.

Ағымдағы болжамдар мен экономикалық өсудің күтілетін қарқынына сүйене отырып, 2060 жылға қарай біз елдің жалпы ішкі өнімнің айтарлықтай өсу деңгейіне тап болуымыз мүмкін екендігінің маңыздылығын атап өткен жөн. Егер 2021 жылғы көрсеткіштермен салыстыратын болсақ, жалпы ішкі өнім мөлшері дамудың стандартты шарттарын ескеретін базалық сценарийде 6,6 есеге артады. Алайда, егер экономиканың әртүрлі сыртқы және ішкі факторларға, әсіресе жалпы ішкі өнімге сезімталдығын ескеретін нақты сценарийді қарастыратын болсақ, онда өсім 9,6 есе жетуі мүмкін.

Бұл деңгей елдің экономикалық белсенділігінің әлеуетті ұлғаюын көрсетіп қана қоймай, салаларды, әсіресе баламалы даму жағдайында энергетиканы бейімдеу мен жаңғыртудың қаншалықты маңызды болатынын көрсетеді. Мұндай ауқымды даму тұрақты және тұрақты энергиямен қамтамасыз ету үшін сауатты жоспарлау мен инвестицияларды талап ете отырып, энергетикалық инфрақұрылымға қысым жасайтыны сөзсіз.

Кесте 2.4.1. Базалық сценарий мен сезімталдық сценарийлеріндегі жалпы ішкі өнімнің нақты өсуінің жылдық қарқыны туралы болжамдар

	Нақты		ҰЭМ болжамы (ПСЭР)					Болжамдар
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029 - 2060
Базалық сценарий	2.1%	4.0%	5.0%	5.5%	5.1%	5.7%	6.0%	5.0%
Жалпы ішкі өнім өсу қарқынына сезімталдық сценарийлері, (плюс 1 б. т.)	3.1%	5.0%	6.0%	6.5%	6.1%	6.7%	7.0%	6.0%

Айта кету керек, жалпы ішкі өнімнің өсу қарқынының бұл өзгерістері елдің болашағы үшін, әсіресе энергетикалық ресурстарға деген қажеттіліктің артуы тұрғысынан айтарлықтай әсер етеді. Экономикалық белсенділік артқан сайын энергияға деген қажеттілік те артады, бұл энергетика секторының даму стратегиясын Елеулі қайта қарауды талап етеді. Бұл ұзақ мерзімді перспективада энергетикалық жүйенің тұрақтылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін дұрыс болжау мен жоспарлаудың маңыздылығын көрсетеді.

Осылайша, ұсынылған негізгі болжамдар мен сценарий шарттарын талдай отырып, біз энергетикалық жүйе моделінің сезімталдығын әрі қарай зерттеу мен бағалаудың бастапқы нүктесін аламыз. Олар бізге базалық параметрлерді өзгерту арқылы қандай қорытынды нәтижелерді күтуге болатынын болжауға көмектеседі, бұл өз кезегінде біздің модель әртүрлі сценарийлерде өзін қалай ұстайтынын дәлірек түсінуге, сондай-ақ ықтимал мәселелерді болжауға немесе жақсарту үшін ықтимал аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл негізгі болжамдар мен сценарий шарттары бізге дәлірек болжамдар жасау және болашақта энергетикалық жүйенің жұмысын оңтайландыру стратегияларын жоспарлау үшін сенімді платформа ұсынады.

Жүйені сезімталдыққа талдау нәтижелері

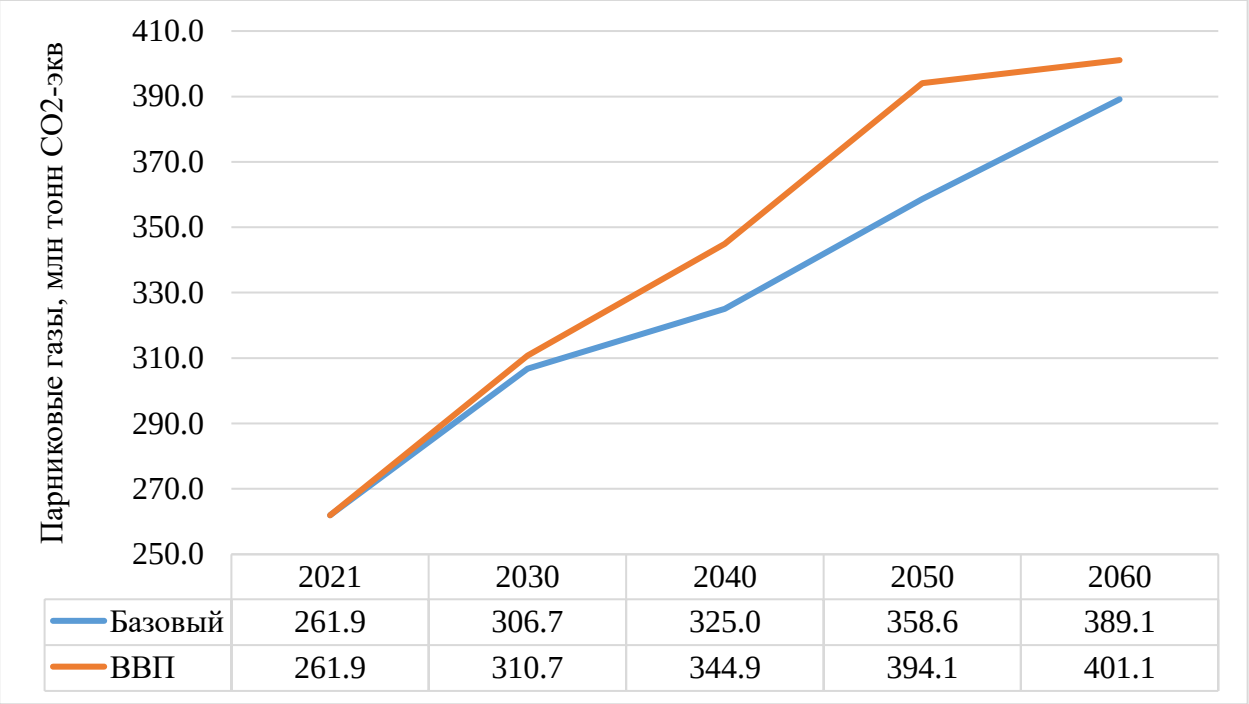
Төменде келтірілген график сезімталдық сценарийіне сәйкес парниктік газдар шығарындыларының динамикасы туралы түсінік береді, әсіресе энергетика секторы аясында. Сезімталдық сценарийі әртүрлі экономикалық секторлардағы әртүрлі отындарды жағу процесіне тікелей байланысты барлық шығарындыларға назар аударады.

Алайда, энергетикалық жүйенің қарастырылған моделінде белгілі бір шығарындылар көздері талдаудан алынып тасталғанын атап өткен жөн. Атап айтқанда, модель жанармай жағуға тікелей қатысы жоқ секторлардың шығарындыларын есепке алмайды. Мұндай секторларға жанармай жағуды, ауыл шаруашылығындағы белсенділікті, сондай-ақ қалдықтарды кәдеге жарату және өңдеу процестерін қамтымайтын өндірістік процестер жатады.

2021 жылғы деректер энергетика секторы ел аумағындағы парниктік газдар шығарындыларының жалпы көлемінде шешуші рөл атқаратынын көрсетеді. Ұсынылған ақпаратқа сәйкес, бұл сектор ұлттық деңгейдегі шығарындылардың

жалпы санының 77% - вклад үлес қосады. Бұл парниктік газдар шығарындыларын азайту және климаттың өзгеруімен күресу стратегияларын әзірлеу кезінде осы сектордың маңыздылығын көрсетеді.

Ұсынылған графикте айқын көрсетілгендей, парниктік газдар шығарындылары 2021 жылғы деректермен салыстырғанда барлық талданған сценарийлерде 2060 жылға қарай орта есеппен бір жарым есе өседі. Бастапқы параметрлердің өзгеруіне елеулі реакция 2030 жылдан кейін барлық сезімталдық сценарийлерінде пайда бола бастайды және осы маңызды сәттен бастап парниктік газдар эмиссиялары бойынша болжамдар әр түрлі және әр түрлі болады.



Сурет 2.4.1. Сценарий бойынша парниктік газдар шығарындылары, млн тонна CO2-эквивалент

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, жалпы ішкі өнімге негізделген экономикалық бағалау парниктік газдар шығарындыларын талдау мен болжауда ажырамас рөл атқарады деген қорытынды жасауға болады. Бұл жалпы ішкі өнім энергияны тұтынумен, демек, парниктік газдар шығарындыларымен тікелей байланысты экономикалық белсенділіктің жалпы деңгейін көрсететін индикатордың бір түрі екендігімен түсіндіріледі. Сондықтан жалпы ішкі өнімге қатысты нақты болжамдар жасау бойынша жұмыс, сондай-ақ оның өзгеруіне әртүрлі факторлардың әсерін талдау энергетикалық сектордың даму стратегияларын қалыптастырудағы маңызды аспектілер болып табылады. Сонымен, энергетикалық секторды дамытудың нақты сценарийлерін әзірлеу экономикалық және энергетикалық жүйелердің өзара әрекеттесу тетіктерін терең түсінуді талап етеді, бұл, сайып келгенде, парниктік газдар шығарындылары деңгейіндегі ықтимал өзгерістерді дәлірек бағалауға мүмкіндік береді.

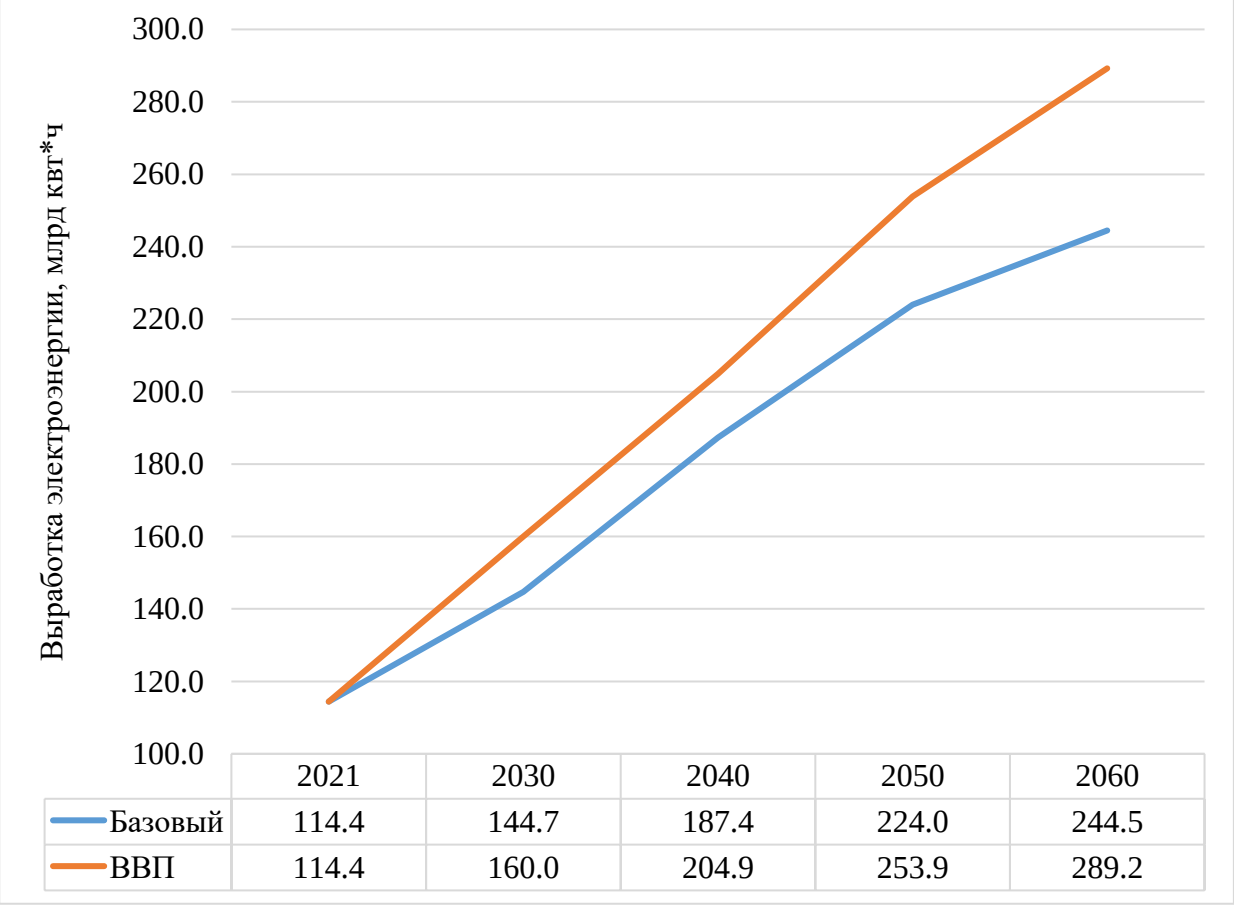
Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, графикте көрсетілген бірнеше негізгі ойларды бөліп көрсетуге болады. Ең алдымен, парниктік газдар эмиссияларының өсуі барлық сценарийлерде қарастырылып отырған кезең ішінде

байқалатын және бірыңғай тренд болып табылады, бұл осы проблеманың жалғасып келе жатқанын көрсетеді. Екінші маңызды аспект- парниктік газдар эмиссиялары бойынша болжамдардағы айырмашылықтар 2030 жылдан кейін айтарлықтай байқала бастайды, осылайша парниктік газдар эмиссияларын қысқарту бойынша шаралар қабылдау контекстінде алдағы онжылдықтың маңызды маңыздылығын атап көрсетеді.

Төменде энергетика өндірісі секторының сценарийлері бойынша электр энергиясын өндіру деңгейлері көрсетілген кесте берілген.

Барлық талданған сценарийлер бойынша электр энергиясын өндіру деңгейі өсу үрдісін көрсетті: 2021 жылмен салыстырғанда 2030 жылға қарай орта есеппен 20% - ға және 2060 жылға қарай екі еседен астам. Бұл энергияның осы түрінің елдің экономикалық жүйесінің тиімді жұмыс істеуі мен дамуы үшін маңыздылығын түсінумен тікелей байланысты. Электр энергиясын пайдалы энергияның әртүрлі түрлеріне айналдыру көптеген технологиялық процестерді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін қазіргі қоғамда шешуші рөл атқарады.

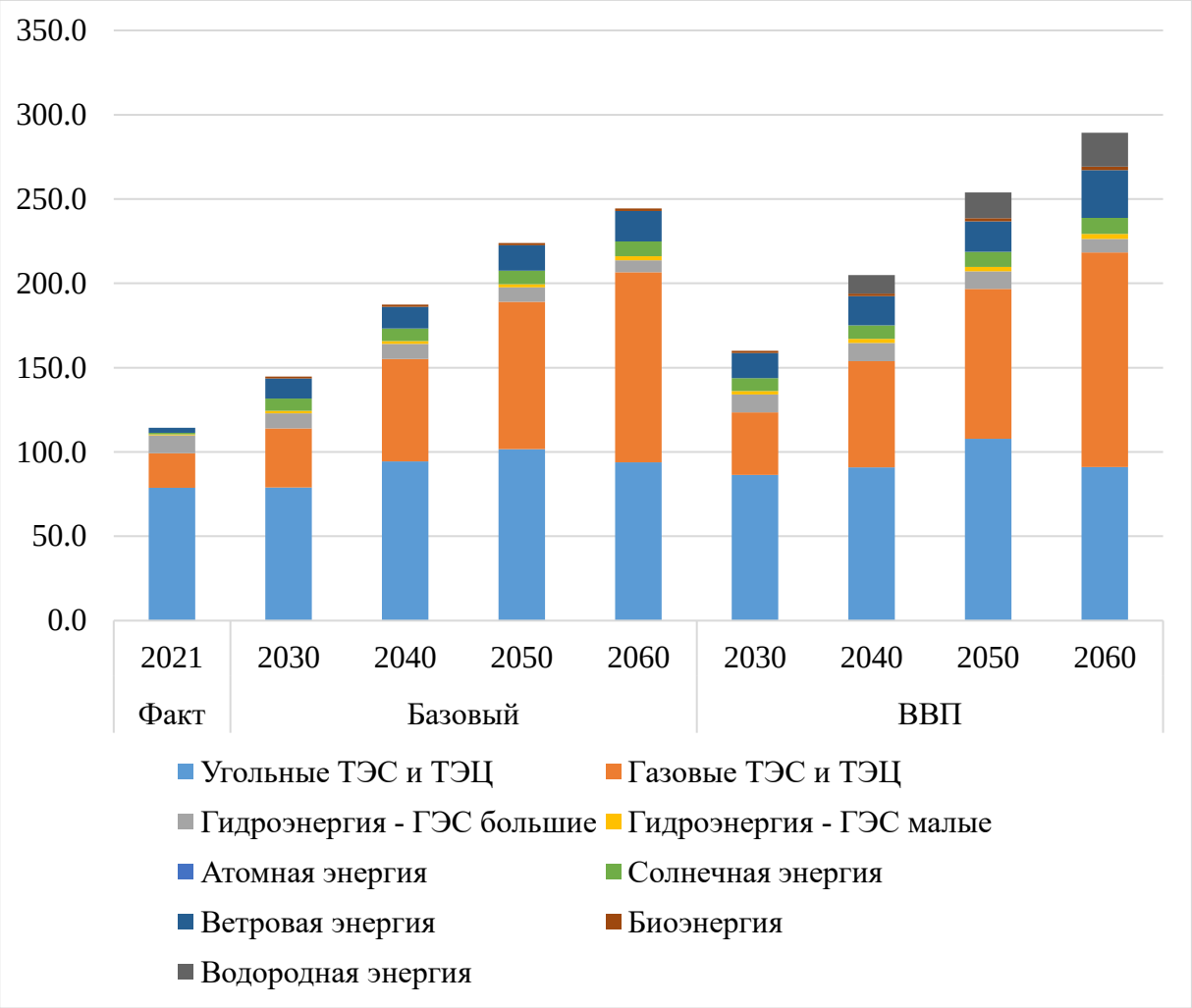
Сонымен қатар, талдау көрсеткендей, жалпы ішкі өнімнің өсуінің жоғарылауы көбірек электр энергиясын қажет етеді. Бұл еңбек өнімділігінің артуына, өндірістік қуаттылықтың кеңеюіне және технологиялық процестердің күшеюіне байланысты, бұл энергияны көп тұтынуға әкеледі. Сонымен қатар, электр энергиясына деген өсіп келе жатқан сұраныс халықтың өмір сүру сапасын жақсартуға және тұрмыстық және өндірістік жайлылықтың жоғары деңгейін қамтамасыз етуге деген ұмтылысты көрсетеді.



*Сурет 2.4.2. Сценарийлер бойынша электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ*

Сондай-ақ, энергетика саласында жаңа, неғұрлым тиімді технологияларды әзірлеу және енгізу электр энергиясын өндіру мен тұтыну процесін оңтайландыруға ықпал ететінін атап өткен жөн. Бұл өз кезегінде жалпы экономикалық жүйенің экономикалық тиімділігі мен тұрақтылығына оң әсер етеді. Энергетика саласының эволюциясы экономиканың тұрақты өсуі мен халықтың әл-ауқатын жақсарту үшін қолайлы жағдайлар жасай отырып, әлеуметтік-экономикалық дамуға айтарлықтай әсер етеді.

Отын түрлері мен технология түрлері бойынша электр энергиясын өндіру үлкен қызығушылық тудырады. Төменде сценарийлер бойынша осындай ақпаратты ұсынатын график берілген. Сондай-ақ, өндіріс құрылымын көрсететін кесте ұсынылған.



*Сурет 2.4.3. Сценарийлер, отын түрлері және технология түрлері бойынша электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ*

Бұл талдауда қарастырылып отырған әртүрлі сценарийлерге қарамастан, электр энергиясын өндіруде көмірді пайдаланудың абсолютті көрсеткіштері 2050 жылға дейін өсе беретіні анық байқалады. Осы жылдан кейін, болжамдар көрсеткендей, бұл қазбаны тұтыну деңгейінің аздап төмендеуі басталады. Алайда, электр энергиясын өндірудің салыстырмалы құрылымына қарасақ, ондағы көмірдің үлесі азайып бара жатқаны байқалады.

Кесте 2.4.2. Сценарийлер, отын түрлері және технология түрлері бойынша электр энергиясын өндіру құрылымы, %

	Нақты	Базалық				Жалпы ішкі өнім			
	2021	2030	2040	2050	2060	2030	2040	2050	2060
Көмір ЖЭО және ЖЭО	68.8	53.6	50.4	45.4	38.4	51.7	44.4	42.5	31.5
Газ ЖЭС және ЖЭО	18.0	25.0	32.4	39.0	46.1	25.0	30.7	35.1	44.0
Гидроэнергетика-үлкен ГЭС	9.3	6.3	4.8	3.8	2.9	6.8	5.3	4.1	2.8
Гидроэнергетика-шағын ГЭС	0.5	1.0	0.9	0.9	1.0	1.3	1.2	1.0	1.0
Атом энергиясы	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Күн энергиясы	0.7	5.0	3.9	3.6	3.6	4.9	3.9	3.5	3.3
Жел энергиясы	2.7	8.3	6.9	6.7	7.4	9.6	8.4	7.1	9.8
Биоэнергия	0.0	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
Сутегі энергиясы	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	6.0	6.9
Барлығы	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Екінші жағынан, соңғы уақытта көптеген елдер табиғи газ негізінде өндірілетін электр энергиясын белсенді қолдана бастағанын байқамау мүмкін емес. 2030 жылға қарай мұндай электр энергиясының үлесі шамамен 25% жетеді деп күтілуде, бұл өз алдына әсерлі көрсеткіш. Алайда, 2060 жылға қарай бұл көрсеткіш екі есеге артып, барлық электр энергиясын өндірудің жартысына жуығын құрайды.

Бұл сандар табиғи газ электр энергиясын өндірудің негізгі көзіне айналатынын көрсетеді. Бұл, әсіресе, зерттелген болжамдар мен электр энергетикасын дамыту сценарийлерінде табиғи газ өндірісін ұлғайту үшін нақты мақсат қойылмағанын ескерсек, таң қалдырады. Бұл үрдіс табиғи газбен байланысты технологиялардың жоғары тиімділікті ұсынатындығын немесе кең қолдану үшін қол жетімді болатындығын көрсетуі мүмкін.

Сондай-ақ, бұл энергетика саласындағы назарды қайта бағыттаудың маңыздылығын көрсетеді. Мүмкін, экономикалық тұрғыдан тиімді және экологиялық таза технологияларға белсенді қараудың уақыты келді. Орта мерзімді перспективада бұл ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға белсенді инвестиция салу, сондай-ақ инфрақұрылымды жаңа уақыт талаптарына бейімдеу қажеттілігін білдіруі мүмкін.

Талдау барысында алынған мәліметтерге сүйене отырып, энергетика саласындағы болашақ тенденцияларға қатысты белгілі бір тұжырымдар жасауға болады. Ең бастысы, алдағы онжылдықтарда экологиялық тұрақты энергия көздеріне белсенді көшу ықтималдығы. Бұл әлемдік қауымдастықтың қоршаған

ортаға зиянды әсерді азайтуға және көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтуға деген ұмтылысына негізделген. Мұндай үрдіс қазіргі уақытта экологияға ең негізгі және өкінішке орай Ең зиянды энергия көздерінің бірі болып табылатын көмірге әлемдік тәуелділіктің төмендеуіне ықпал ететіні сөзсіз. Оның орнына электр энергиясын өндірудің жалпы құрылымындағы табиғи газ үлесінің өсуін күтуге болады. Табиғи газ таза және тиімді энергия көзін ұсынады, бұл оны тұрақты даму мен экологиялық қауіпсіздікті көздейтін көптеген елдер үшін тартымды балама етеді.

Соңғы жылдары гидравликалық ресурстардан алынатын энергия өндірісінің айтарлықтай төмендеуі байқалды. Бұл тенденция абсолютті мәндерде де, салыстырмалы көрсеткіштерді қарастырған кезде де көрінеді. Бұл төмендеудің негізгі себептері, ең алдымен, бізге қол жетімді Су ресурстарының шектеулі болуымен байланысты. Көптеген гидроэнергетика көздерінде, өкінішке орай, қажетті көлемде жаңартылмайтын тұрақты ресурс бар. Сонымен қатар, көптеген қолданыстағы гидроэнергетикалық станциялар мен жабдықтардың жарамдылық мерзімі аяқталғанын атап өткен жөн. Бұл факторлар бірге елдің жалпы энергетикалық балансындағы гидроэнергияның үлесінің төмендеуіне әкеледі.

Басқа жағынан, баламалы көздерді қолдану арқылы электр энергиясын өндірудің тұрақты өсу үрдісі байқалады. Атап айтқанда, біз жыл сайын танымал бола бастаған күн және жел энергетикасы туралы айтып отырмыз. Бұл қозғалыс тиісті технологиялардың құнын үнемі төмендетудің жаһандық тенденцияларымен ғана емес, сонымен қатар күн панельдері мен жел турбиналарының инновацияларымен, жетілдірілуімен және тиімділігімен де қолдау табады. Осылайша, электр энергиясын өндірудің жаңа және заманауи тәсілдері бүкіл энергетикалық сектор үшін кең мүмкіндіктер мен көкжиектер ашады. Бұл инновациялар мен прогресс тұтынушыларды энергиямен қамтамасыз етудің балама және экологиялық таза тәсілдерін ұсына отырып, гидравликалық ресурстардан электр энергиясын өндірудің төмендеуіне байланысты шығындарды өтеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, сутектен электр энергиясын өндіру технологиясын белсенді енгізу жоспарлануда. Соңғы жылдары сутегі әлемдік энергетиканың одан әрі инновациялық дамуы үшін ең перспективалы бағыттардың бірі ретінде қарастырылуда. Бұл қызығушылық көптеген мемлекеттердің жаһандық экологиялық бастамалар аясында энергетикалық секторларын декарбонизациялауға деген ұмтылысына байланысты. Энергия көзі ретінде сутегі әлеуетін білу және ашу біздің болашағымыздың тұрақты, тиімді және икемді энергетикалық инфрақұрылымын құруда шешуші рөл атқаруы мүмкін. Сутегі Электр станцияларына қызығушылық таныту сутекті пайдаланудың экономикалық тиімділігінің артуымен де байланысты. Бұл фактор басқа энергия көздеріне қажетті көптеген негізгі компоненттерді немесе ресурстарды импорттауға тура келетінін ескере отырып, ерекше маңызды болады, бұл әртүрлі экономикалық және геосаяси тәуекелдерді тудыруы мүмкін.

Сезімталдықты талдау қорытындысында маңызды қызығушылық параметрлерінің өзгеруімен мұндай талдау сезімталдық параметрінің энергетикалық жүйеге қалай әсер ететінін анықтай алатындығын, сондықтан осы

сектордағы тәуекелдерге, мүмкіндіктерге және стратегиялық жоспарлауға қатысты ақпараттандырылған ұсыныстарды тұжырымдай алатындығын атап өткен жөн. Бұл тәсіл энергетикалық жүйеге қандай факторлар әсер етуі мүмкін екенін және стратегиялық жоспарлауды тәуекелдерді азайту және болашақ энергетикалық сектордың дамуына байланысты мүмкіндіктерді барынша арттыру үшін қалай жақсы бейімдеу керектігін түбегейлі түсінуге мүмкіндік береді.

2.5. Климаттық сценарийді модельдеу нәтижелері

Қазақстан Республикасының энергетикалық секторы парниктік газдар шығарындыларының ең ірі көзі бола отырып, елдің экологиялық бейінін қалыптастыруда шешуші рөл атқарады. Елдегі парниктік газдар шығарындыларының көп бөлігі дәл осы сектордан келеді. Айта кету керек, бұл көлемнің үштен бір бөлігі жылу және электр энергиясын өндірумен байланысты салаларға тиесілі.

Энергетика секторындағы парниктік газдар шығарындыларының мұндай жоғары деңгейі негізінен Қазақстан Республикасының энергетикалық матрицасындағы қазба отындарының үстемдігімен байланысты. Көмірді, Мұнайды және газды энергияның негізгі көзі ретінде кеңінен қолдану шығарындылардың жоғары деңгейіне әкеледі. Бұл елдің энергетикалық стратегиясын неғұрлым жасыл энергия көздеріне баса назар аудара отырып қайта қарау қажеттілігінің басты себебі болып табылады.

Жалпы, көмір бастапқы энергияны жеткізу саласында парниктік газдар шығарындыларының түзілуінде шешуші рөл атқарады. Бұл өндіру кезеңінде көмір қабаттарынан метанның бөлінуіне де, көмірді жағу кезінде болатын процестерге де байланысты, бұл сонымен қатар парниктік газдар шығарындыларын тудырады. Осыған байланысты көмір өндіруді қысқарту, сондай-ақ оны пайдаланудан біртіндеп көшу өз экономикасын декарбонизациялауға ұмтылатын елдер үшін басым міндеттер болып табылады. Өзінің энергетикалық секторын белсенді дамытатын Қазақстан Республикасы үшін бұл әсіресе өзекті. Көмірді азайту және экологиялық таза энергия көздеріне көшу ел экономикасын декарбонизациялау стратегиясының негізгі нүктелері болады.

Энергияға деген түпкілікті сұраныс экономиканың әртүрлі салаларында энергияны тұтынудың кең спектрін қамтиды. Бұл спектрге электр және жылу энергиясын тұтыну ғана емес, сонымен қатар әртүрлі отындарды тікелей жағу кіреді. Өнеркәсіп секторы, көлік, ауыл шаруашылығы, үйлер мен коммерциялық ғимараттар осы тізімге енгізілген. Бұл аймақтар күнделікті жұмыс үшін энергияны белсенді пайдаланады.

Тікелей жанармайдың жоғары үлесіне ерекше назар аудару керек. Бұл фактор көптеген процестердің, әсіресе өнеркәсіп пен көліктегі, энергия көзі ретінде отынға тікелей тәуелді екенін көрсетеді. Қазақстан Республикасында бұл көрсеткіш ерекше байқалады. Қазба ресурстарына бай ел қазба отындарын өзінің энергетикалық қажеттіліктеріне қарқынды пайдаланады, бұл аймақтағы энергияға деген соңғы сұранысты сипаттайды.

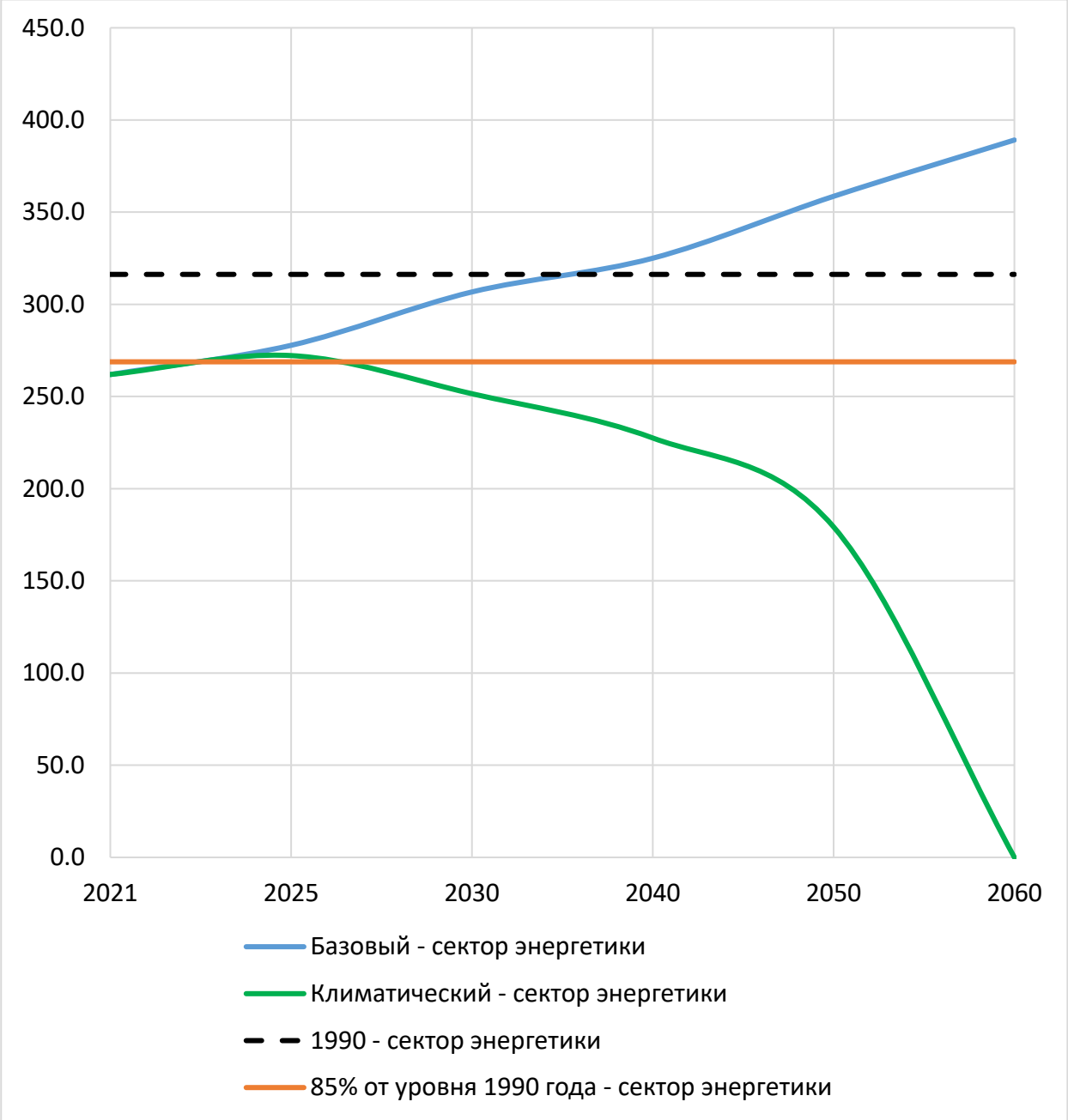
2060 жылға қарай Қазақстан Республикасында көміртегі бейтараптығына қол жеткізу еліміздің барлық энергетикалық инфрақұрылымын терең өзгертуді көздейтін маңызды мақсат болып табылады. Бұл процесс көмірқышқыл газы мен басқа парниктік газдар шығарындыларын азайтуды қамтамасыз ететін үш негізгі бағытты қамтиды:

1) бастапқы энергиямен қамтамасыз етуді Декарбонизациялау: бұл көмір мен мұнай сияқты қазба отындарынан экологиялық таза және тұрақты көздерге көшуді білдіреді.

2) Электр және жылу энергиясын өндіруді Декарбонизациялау: бұл бағыттың мақсаты көбінесе көміртегі шығарындыларынан таза болатын электр энергиясы мен жылу өндіру жүйесін құру болып табылады.

3) ғимараттар, көлік және өнеркәсіптік кәсіпорындарды қоса алғанда, әртүрлі салаларда энергияны Декарбонизациялау және жоғары тиімді пайдалану. Бұл энергияны үнемдейтін технологияларға көшуді және ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыруды қамтиды.

Энергетика секторының барлық сценарийлері үшін парниктік газдар шығарындылары төмендегі суретте көрсетілген.



Сурет 2.5.1. Энергетика секторынан парниктік газдар шығарындыларын дамыту сценарийлері, MtCO2 экв

Энергетика секторындағы парниктік газдар шығарындыларын азайтуға ең маңызды үлес тұрақты энергия көздеріне ауысу болады. Бұл энергия балансындағы қазба отындарының үлесін азайту, сондай-ақ көмірсутектерді тікелей жағудың орнына электр мен жылуды пайдалануға көшу арқылы болады. Сонымен қатар, табиғи газ өтпелі кезеңде күн және жел энергиясы сияқты баламалы және жаңартылатын энергия көздері қарқынды дамығанға дейін "көпір" ретінде шешуші рөл атқара алады.

Төменде сценарий бойынша парниктік газдар шығарындылары бар кесте берілген.

Кесте 2.5.1. Энергетика секторынан парниктік газдар шығарындыларын дамыту сценарийлері, МтСО2 экв

	Нақты	Базалық				Климаттық			
	2021	2030	2040	2050	2060	2030	2040	2050	2060
Электр энергиясын өндіру	105.1	122.9	129.6	138	144.2	100.5	93.5	80	0
Жылу энергиясын өндіру	13.4	14.6	15.1	16.4	17.1	12.8	8.6	5.2	0
Мұнай өңдеу	1.9	2.4	2.7	2.9	3.1	1.8	1.5	1.2	0
Өнеркәсіп	30.4	39.6	45.3	50.9	56.8	28.9	26.4	19.8	0
Көлік	25.2	26.9	28	34.6	39.3	24.2	23.5	19.6	0
Қызмет көрсету секторы	33.5	37.3	39.1	43.5	47.7	32.5	28.6	19.4	0
Халық	6.5	8.2	8.4	8.7	10.1	6.3	5.9	4.7	0
Ауыл шаруашылығы	3.1	3.3	3.4	4.2	4.4	2.9	2.2	1.8	0
Басқа секторлар	2.3	2.9	3.1	3.4	3.5	2.2	1.9	1.7	0
Ұшпа-қатты түрлер	9.7	10.5	10.7	11.9	12.7	9.3	7.1	6.1	0
Ұшпа-мұнай-газ	30.8	38.1	39.6	44.1	50.2	30.1	28.3	19.8	0
Барлығы	**261.9**	**306.7**	**325**	**358.6**	**389.1**	**251.5**	**227.5**	**179.3**	**0**

Дереккөз: Қазақстан Республикасының TIMES моделінің нәтижелері

Ескерту: энергетиканы жағу секторлары бойынша парниктік газдар шығарындылары және парниктік газдар ұшпа шығарындылары қамтылды

Деректерді талдау негізінде шығарындыларды азайту бағытында қосымша реттеу шаралары мен белсенді қадамдар жасамай, энергетика секторындағы парниктік газдардың көлемі базалық болжамды сценарий шеңберінде тұрақты түрде өсетіні сөзсіз. Бұл өсіп келе жатқан тенденция зерттелген уақыт аралығында байқалады. Теріс экологиялық зардаптардың алдын алу үшін дереу араласу және қазіргі экологиялық қауіпсіздік стратегияларын қайта қарау қажет.

Энергетика секторын декарбонизациялау ірі инвестицияларды, соңғы энергия тұтынушыларының мінез-құлқындағы елеулі өзгерістерді ынталандыруды талап етеді. Электр және жылу энергетикасын декарбонизациялау үшін энергия үнемдеу технологияларын енгізуді және тұтынушылардың мінез-құлқын Өзгертуді ынталандыратын энергетикалық қызметтерге нарықтық бағаларды енгізу қажет.

Электр энергиясы мен жылуды өндіруде, тасымалдауда және таратуда декарбонизацияға олардың экономикалық өмірінің соңында қолданыстағы тозған жабдықтар мен инфрақұрылымды көміртексіз және төмен көміртекті жабдыққа ауыстыру арқылы қол жеткізіледі.

Көмір өндіру үлесінің тұрақты төмендеуін қамтамасыз ету қажет. Көмір энергетикасындағы негізгі қорлардың ағымдағы жоғары тозу деңгейіне байланысты бұл процесс көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының қызмет ету мерзімі аяқталған кезде пайда болады, шығатын қуаттар баламалы және жаңартылатын энергия көздерімен ауыстырылады.

Ұзақ мерзімді перспективада жаңартылатын энергия көздерін пайдалану электр энергиясын үнемдеу жүйелерімен бірге жүреді, бұл электр энергиясын жеткізуді реттеуге және жаңартылатын энергия көздерін электр жүйесіне жақсырақ біріктіруге мүмкіндік береді.

Барлық секторларда энергия тиімділігін арттыруды қамтамасыз ету қажет, бұл энергияны шамадан тыс тұтынуды болдырмайды. Мұндай жақсартулар жылу оқшаулауды жақсартуды және ғимараттарда заманауи энергия тиімді құралдарды пайдалануды, заманауи отын үнемдейтін көлік құралдарына көшуді және өнеркәсіптік жабдықтың қызмет ету мерзімі аяқталғаннан кейін оны энергия тиімдірек жабдыққа біртіндеп ауыстыруды, сондай-ақ энергия тиімділігі мен энергия үнемдеуді арттырудың өзге де технологияларын қолдануды қамтуы тиіс.

Энергия тиімділігін арттыру және экономиканың барлық секторларында төмен көміртекті технологияларға көшу бастапқы энергия жеткізілімдерінде елеулі өзгерістер туғызады. Төменде отын түрлері бойынша бастапқы энергияның жалпы жеткізілімдері бойынша нәтижелер берілген. Климаттық сценарийде энергия көздерінің таза түрлеріне көшу көрінеді.

Кесте 2.5.2. Отын түрлері бойынша бастапқы энергияның жалпы жеткізілімдері, мың тнэ

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Көмір	34174	37077	34003	27784	33735	24028	18522	6772	0
Мұнай өнімдері	17027	19253	20454	21059	21475	15778	14348	9275	1751
Табиғи газ	20256	19776	23348	27682	30200	18898	24395	20870	6446
Биоотын	24	310	434	459	888	384	628	2818	4215
Атом	0	0	0	0	0	0	4127	8255	8255
Гидроэнергетика	783	922	1565	1635	1129	1254	1254	1254	818
ЖЭК және баламалы энергия көздері (шағын СЭС, СЭС, ЖЭС, геотермия)	278	242	822	1715	2197	2472	5045	18619	39559
Электр энергиясының экспорты (-) / импорты (+)	-65	-682	-830	-978	-1956	-682	-830	-978	-1956

Мұнай өнімдерінің экспорты (-) / импорты (+)	-5164	-3459	-4280	-3134	-3238	-3928	-5185	-7002	-2981
Барлығы	**67314**	**73438**	**75517**	**76220**	**84430**	**58204**	**62305**	**59882**	**56107**

Соңғы сұраныс электр энергиясына ауысу әлі де қиын болатын жерлерде биоотын және сутегі сияқты төмен көміртекті отындарды пайдалануға ауысады.

Энергияға деген түпкілікті сұраныстың төмендеуі көлік, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық және өнеркәсіп сияқты секторларда елеулі өзгерістерді талап етеді.

Көміртекті бейтараптыққа қол жеткізген кезде энергия тиімділігін арттыру, энергияны шамадан тыс тұтынудан аулақ болу барлық салаларда маңызды болады. Мұндай жақсартуларға, мысалы, жылу оқшаулауын жақсарту және ғимараттарда энергияны үнемдейтін заманауи құрылғыларды пайдалану, заманауи отын үнемдейтін көліктерге көшу және қызмет ету мерзімі аяқталғаннан кейін өнеркәсіптік жабдықты жаңа, энергияны үнемдейтін технологияларға біртіндеп ауыстыру кіреді.

Декарбонизация сценарийі қазбалы отындардан кеңінен бас тартуды және осылайша түпкілікті энергия шығынын электр мен жылуға, сондай-ақ төмен көміртекті және көміртексіз отындарға барынша көшуді талап етеді.

Егер электр қуаты мен жылу қазіргі уақытта энергия тұтынудың шамамен 30% -. құраса, онда 2060 жылы декарбонизация сценарийі бойынша олар энергия тұтынудың үштен екісінен астамын жабады. Қазба отындарының үлесі, керісінше, қазіргі 69% - дан 6% - ға дейін төмендейді, негізінен экономиканың өсуіне қарамастан көмірден біртіндеп бас тарту және мұнай мен газды пайдалануды азайту арқылы.

Сонымен қатар, соңғы сұраныс электр энергиясына ауысу әлі де қиын болатын жерлерде биоотын және сутегі сияқты төмен көміртекті отындарды пайдалануға ауысады.

Кесте 2.5.3. Секторлар мен отын түрлері бойынша энергияға түпкілікті сұраныс, мың тнэ

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Бастапқы энергия									
Көмір	9036	8794	8830	8887	9829	6673	5547	1369	0
Табиғи газ	6632	8537	9518	10321	10506	7914	7971	5795	0
Биоотын	23	308	433	457	887	382	626	2351	3496
Күн	0	0	0	0	0	0	0	341	1198
Геотермия	0	31	38	51	57	129	152	525	1071
Екінші энергия									

Мұнай өнімдері	13111	14824	15750	16215	16536	11927	10826	7141	1348
Электр энергиясы	7637	8931	10073	10788	11779	9494	13125	18081	31451
Орталықтандырылған жылу энергиясы	5913	6450	8208	9050	10109	6616	7912	12179	16521
Сутегі	0	25	1426	2279	3794	131	929	4508	6683
Энергия түрлері бойынша барлығы	**42351**	**47900**	**54275**	**58047**	**63495**	**43267**	**47087**	**52291**	**61768**
Ауыл шаруашылығы	973	993	1050	1071	1109	1005	1142	1267	1435
Өнеркәсіп	13108	14714	17641	19448	22464	15601	19993	21310	22590
Ғимараттар	20243	22307	24561	26215	28546	18329	18456	22304	32010
Көлік	8027	9886	11023	11313	11376	8332	7497	7410	5733
Секторлар бойынша барлығы	**42351**	**47900**	**54275**	**58047**	**63495**	**43267**	**47087**	**52291**	**61768**
Энергия ресурстарын түрлендіру, тасымалдау және бөлу кезіндегі өзіндік қажеттіліктерге, шығындарға арналған шығыстар									
Энергияны бастауыштан екінші формаға түрлендіру	15349	14792	9171	6895	9082	6310	2237	-1390	-2795
Кәсіпорындардың өз қажеттіліктері	5165	5859	6025	5432	5659	5255	8453	6613	2261
Электр желілері бойынша шығындар	784	802	844	691	760	650	1024	1594	2117
Жылу желілері бойынша шығындар	3664	4084	5202	5155	5433	2722	3503	775	-7244

Энергия шығыны бойынша барлығы	**24962**	**25538**	**21242**	**18173**	**20935**	**14937**	**15217**	**7591**	**-5661**
Түпкілікті сұраныс пен энергия шығыстары бойынша жалпы қорытынды									
Барлығы	**67314**	**73438**	**75517**	**76220**	**84430**	**58204**	**62305**	**59882**	**56107**

Климаттық қажетті көрсеткіштерге қол жеткізу үшін, атап айтқанда 1990 жылғы деңгейге қатысты парниктік газдардың шығарындыларын азайту үшін Реттеу бойынша қосымша шаралар қабылдау қажет. Зерттеу аясында осы қосымша шараларға бірнеше негізгі тармақтарды жатқызуға болады.

Электр энергиясын өндіру процесінде көмірге тәуелділікті азайту бірінші кезектегі мәселе болып табылады. Екінші тармақ-баламалы және экологиялық таза энергия көзі ретінде атом электр станцияларын (атом электр станцияларын) белсендіру. Бұл шығарындылардың жалпы деңгейін төмендететін қосымша фактор болуы мүмкін. Үшінші маңызды элемент-көміртегі салығын енгізу, әсіресе қазір шығарындыларды квоталауға жатпайтын секторларға қатысты. Бұл қаржы құралы парниктік газдар шығарындыларын азайтуға жауапкершілікпен қарауды ынталандыруы мүмкін.

Бұл шаралар жиынтықта ағымдағы жағымсыз көрініс айтарлықтай түзетіп, энергетика секторындағы парниктік газдар шығарындыларының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

2.6. Электр энергиясын өндіру

Жылу және электр энергиясын өндіру секторы қосылған құн тұрғысынан экономиканың салыстырмалы түрде аз бөлігін құраса да, Қазақстан Республикасының экожүйесінде маңызды рөл атқарады. Егер оның елдің экономикалық құрылымына қатысуын бағалайтын болсақ, бұл сектор жалпы қосылған құнның 2% - дан азын және жұмыспен қамтудың бірдей пайызын құрайды. Алайда оның маңыздылығын төмендетуге болмайды, өйткені ол Қазақстан Республикасының экономикалық жүйесінің де, әлеуметтік құрылымының да қалыпты жұмыс істеуіне негіз болады.

Дегенмен, бұл сектордың негізгі кемшіліктерінің бірі оның парниктік газдар шығарындыларының жоғары деңгейі болып табылады. Электр энергиясы мен жылу өндірісі елдің экологиялық жағдайына айтарлықтай үлес қосады. Статистикаға сәйкес, дәл осы сектордан Қазақстан Республикасының энергетикалық кешеніндегі парниктік газдар шығарындыларының шамамен үштен бірі шығады. Бұл деректер үлкен алаңдаушылық тудырады және Үкімет пен қоғамның назарын қажет етеді. Қазіргі уақытта электр және Жылу энергетикасы секторы энергетикалық көмірге тәуелді.

Энергетика саласындағы негізгі қорлардың едәуір тозуы осы саланың алдында тұрған басты проблемалардың бірі болып табылады. Бұл тозу атмосфераға парниктік газдар шығарындыларының көбеюіне әкеледі, бұл қоршаған ортаға теріс әсер етуі мүмкін. Электр энергиясын да, жылуды да беру үшін қолданылатын ескі тарату жүйелері бұрыннан ескірген. Бұл ескірген жүйелер нашар жағдайда

болғандықтан, энергияны беру және тарату кезінде өте жоғары шығындарға әкеледі. Бұл өндірілген энергияның көп бөлігі жоғалады және соңғы тұтынушыға жетпейді, бұл өз кезегінде бүкіл энергетикалық жүйенің тиімсіздігіне әкеледі.

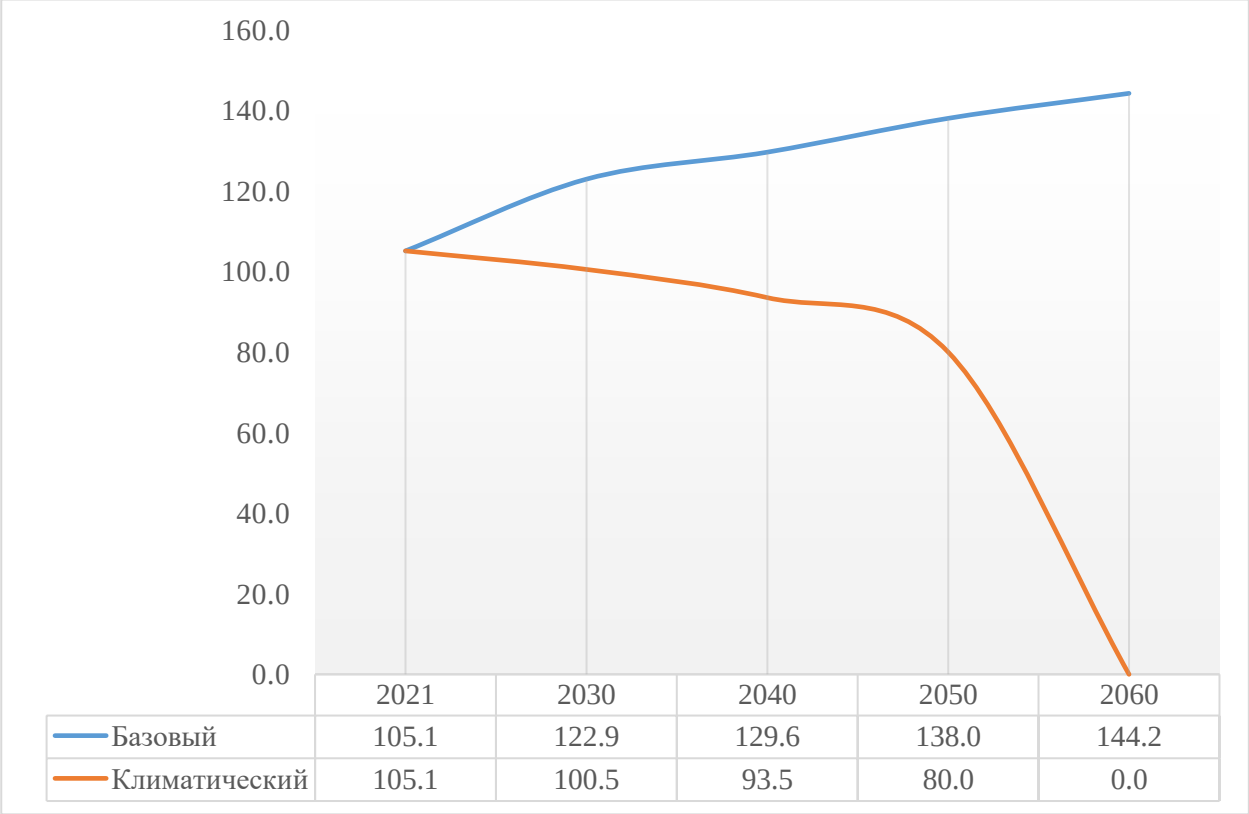
Біздің еліміздегі электр станцияларының көпшілігі, өкінішке орай, ескірген технологиялық тәсілдерге сүйенеді. Айта кету керек, елдегі барлық орнатылған генераторлық қуаттардың жартысынан көбі 40 жылдан астам уақыт бойы жұмыс істеп келеді. Бұл олардың көпшілігінің жобалық қызмет ету мерзімінен ұзағырақ жұмыс істегенін көрсетеді. Осыған сүйене отырып, ескірген және жоғары көміртекті жабдықты қазіргі заманғы технологиялармен ауыстыру мүмкіндігі пайда болады. Атап айтқанда, газ жылу электр станцияларын аралық шешім ретінде қарастыруға болады, ал ұзақ мерзімді перспективада баламалы және жаңартылатын энергия көздерін елдің энергетикалық жүйесіне белсенді түрде біріктіру қажет.

Дегенмен, ауыстыру мүмкіндігіне қарамастан, станциялардың ескірген технологиялармен жұмысын жалғастыру қаупі бар. Бұл жағдай елдің шығарындылар деңгейін төмендету бойынша қойылған мақсаттарға қол жеткізе алмауына немесе қолданыстағы жабдықты жаңартуға қосымша қаражат салу қажеттілігіне әкелуі мүмкін. Нәтижесінде, бұл қымбат жоғары көміртекті жабдықты мерзімінен бұрын есептен шығаруға және оны "үмітсіз активтерге" айналдыруға әкелуі мүмкін, бұл сөзсіз ел экономикасына зиян тигізеді.

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында электр тарату желілеріне инвестициялар және электр энергиясы мен жылуды өндірудің баламалы көздерін дамыту экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылмайтын жағдай қалыптасты. Мұндай экономикалық модельдің себептерінің бірі-электр энергиясы, жылу энергиясы және қазба отындары сияқты ресурстарға салыстырмалы түрде төмен тұтыну тарифтерін белгілейтін шешімдер. Бұл қолданыстағы электр желілерін жаңартуға кедергі келтіреді және экологиялық таза және тұрақты энергия көздеріне көшудің экономикалық орындылығына күмән келтіреді.

Әлемдік трендтер мен электр және жылу энергетикасын декарбонизациялау бағытында қозғалыс қажеттілігін ескере отырып, Қазақстан Республикасы үшін энергетика секторында нарықтық баға белгілеуге көшу мәселесі өзекті болып отыр. Мұндай шешім энергияны үнемдейтін инновациялық технологияларды енгізудің катализаторы бола алады, бұл өз кезегінде тұтынушылардың мінез-құлық үлгілерінің өзгеруіне ықпал етеді және таза энергия көздеріне деген қызығушылықты арттырады.

Жылу және электр энергиясын өндіруде сценарийлер бойынша парниктік газдар шығарындылары төменде келтірілген.



Сурет 2.6.1. Электр энергиясын өндіру секторынан парниктік газдар шығарындылары, MmCO2 экв

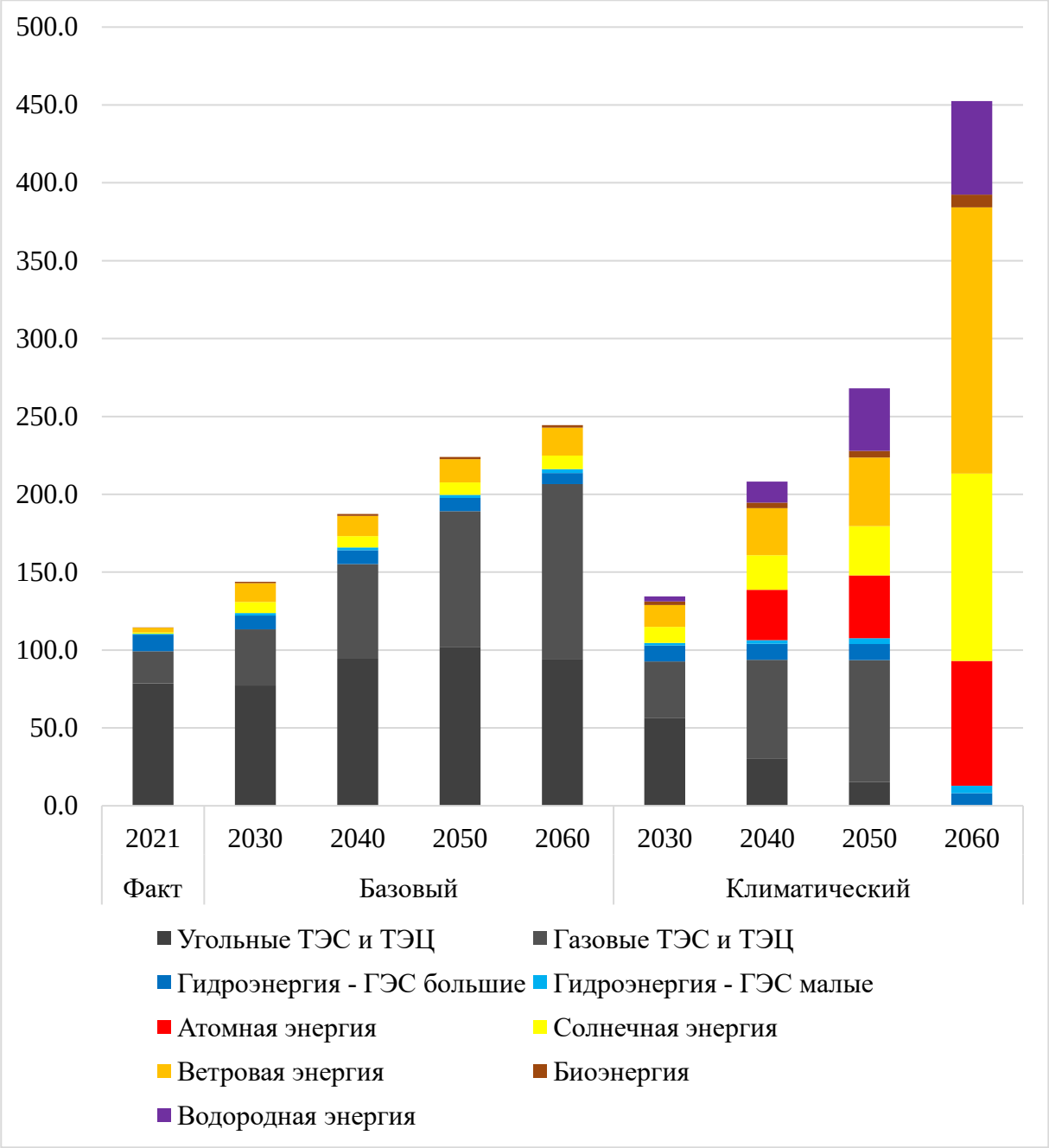
Төменде электр энергиясын өндіру туралы ақпарат берілген.

*Кесте 2.6.1. Электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ*

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Көмір ЖЭО және ЖЭО	78.7	77.2	94.5	101.7	93.9	56.2	30.5	15.1	0
Газ ЖЭС және ЖЭО	20.6	36	60.7	87.4	112.7	36.5	63.3	78.5	0
Гидроэнергетика-үлкен ГЭС	10.6	9	9	8.5	7.1	10.3	10.3	10.3	8
Гидроэнергетика-шағын ГЭС	0.6	1.5	1.7	2	2.5	1.6	2.3	3.7	4.9
Атом энергиясы	0	0	0	0	0	0	32.3	40.3	80.2
Күн энергиясы	0.8	7.2	7.3	8	8.7	10.2	22.3	31.5	120.3

Жел энергиясы	3.1	12	13	15	18	14.1	30.2	44.2	170.8
Биоэнергия	0	1	1.2	1.4	1.6	2.3	3.6	4.2	8.3
Сутегі энергиясы	0	0	0	0	0	3.2	13.4	40.2	60
Барлығы	**114.4**	**143.9**	**187.4**	**224**	**244.5**	**134.4**	**208.1**	**268.1**	**452.5**

Дереккөз: Қазақстан Республикасының TIMES моделінің нәтижелері



*Сурет 2.6.2. Электр энергиясын өндіру, млрд квт * сағ*

Электр энергиясын өндірудің болжамды нұсқаларында оның өсуінің айқын тенденциясы байқалады. Осы нұсқалардың әрқайсысы болашақта энергия өндірісінің белгілі бір өсу қарқынын болжайды.

Базалық болжау сценарийінде біз 2030 жылға қараған кезде электр энергиясын өндіру бүгінгі күнмен салыстырғанда шамамен 15% - ға артады деп болжануда. Егер біз 2060 жылға дейінгі ұзақ мерзімді кезеңді қарастыратын болсақ, онда бұл мән екі есе артады деп күтілуде, бұл энергия өндірісінің айтарлықтай өсуін көрсетеді.

Базалық сценарийден айырмашылығы, энергетикалық секторды декарбонизациялау идеясының айналасында орналасқан тағы бір нұсқа дамудың сәл өзгеше жолын ұсынады. Осы сценарий бойынша 2030 жылға қарай электр энергиясын өндіру 10% - ға артады. Бұл базалық нұсқадан аз, бірақ 2060 жылға қарай электр энергиясын өндіру қазіргі деңгейге қарағанда төрт есе артады деп күтілуде.

Осылайша, әртүрлі сценарийлер энергетика секторының болашағы туралы әртүрлі көзқарастарды ұсынады, бірақ екеуі де өзгермелі жағдайлар мен қажеттіліктерге жоспарлау мен бейімделудің маңыздылығын көрсетеді.Энергия балансының құрамдас бөліктеріне келетін болсақ, барлық сценарийлерде электр энергиясын өндіру құрылымындағы көмір үлесінің төмендеуі байқалады. Сонымен қатар, табиғи газда, сондай-ақ гидро, күн және жел энергиясында электр энергиясын өндірудің артуы байқалады. Бұл, әсіресе, табиғи газ өндірісінің өсу қарқыны көмір үшін ұқсас көрсеткіштерден едәуір асып түсетін базалық сценарийде байқалады.

Декарбонизация сценарийінде дәстүрлі энергия көздерін пайдалануға ғана емес, сонымен қатар перспективалы және жаңашылдыққа да көп көңіл бөлінеді. Декарбонизация туралы айтқанда, көміртегі ізін алып тастау немесе азайту жиі қабылданады. Бұл тұрғыда атом электр станцияларына ерекше назар аударылады. Бұл станциялар CO2 шығарындыларынсыз орасан зор электр энергиясын өндіруге қабілетті, бұл оларды төмен көміртекті даму сценарийлеріндегі негізгі элемент етеді.

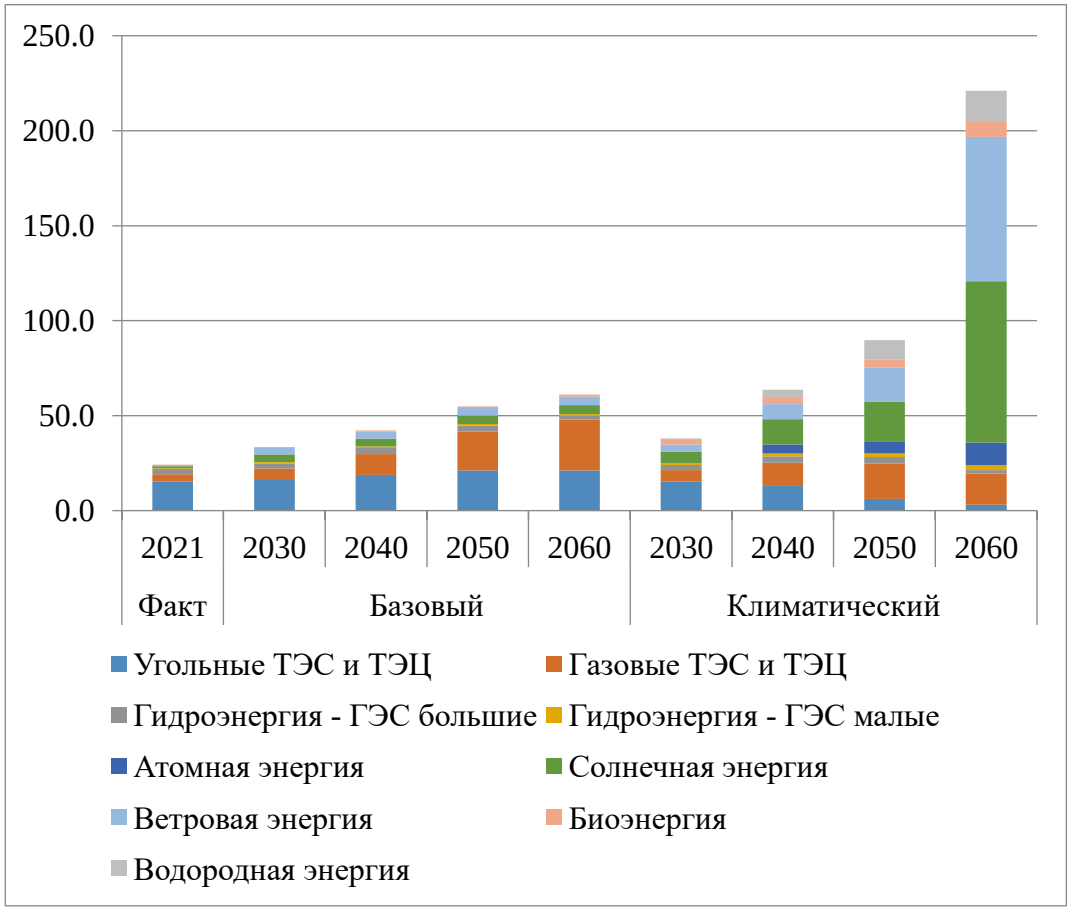
Сонымен қатар, сценарий сутегі энергиясының әлеуетін де қарастырады. Сутегі экологиялық таза отын бола отырып, толығымен тұрақты және жасыл энергетикалық жүйені құруға мүмкіндік беретін нағыз энергетикалық революция бола алады.

Жоғарыда айтылғандардың барлығын ескере отырып, қарастырылып отырған сценарийде электр энергиясын өндіру құрылымы айтарлықтай өзгереді. Көмір атмосфераның ластануының негізгі көздерінің бірі ретінде атом және сутегі энергиясының, сондай-ақ басқа да экологиялық таза көздердің пайдасына өз орнын береді. Бұл ауысу климаттың өзгеруімен күресуге көмектесіп қана қоймай, болашақта тұрақты дамудың негізін қалады.

Жалпы, әртүрлі сценарийлерді талдау таңдалған стратегияға қарамастан, энергия балансындағы көмірдің үлесі азайып бара жатқанын көрсетеді. Алайда, көмірді басқа энергия көздерімен алмастыру және азайту дәрежесі энергетика секторын дамытудың нақты тәсілдеріне байланысты. Базалықсценарийде өсу негізінен табиғи газды пайдаланудың артуына байланысты, ал декарбонизация сценарийінде жаңартылатын және экологиялық таза энергия көздерін кеңінен енгізуге баса назар аударылады.

Жаңартылатын энергия көздерінің дамуын ынталандыру үшін жасалған жағдайлар, ең алдымен, жаңартылатын энергия көздерінен алынатын электр энергиясының ауқымды өндірісін қолдауға бағытталған. Бұл осы саладағы мемлекеттік стратегияның негізгі бағыты. Дегенмен, жаңартылатын энергия көздерінен шағын көлемді электр энергиясын өндіруді қолдауға арналған механизмдер іс жүзінде әрқашан күткендей жұмыс істемейді. Тікелей қаржылық қолдау негізінен қуаты 5 кВт - қа дейін шектелген автономды жаңартылатын қондырғыларға бағытталған. Мемлекет жобаның инвестициялық шығындарының 50% - на дейін жабатын субсидиялар ұсынады. Алайда мұндай қолдауды алудың маңызды шарты – Жабдық Қазақстан Республикасы аумағында өндірілуі тиіс. Бұл қаржыландыру шарасы жергілікті атқарушы органдардың бюджеттері арқылы іске асырылады.

Осылайша, шағын көлемді өндірісті қолдаудың кейбір шараларына қарамастан, осы саладағы жобаларды жүзеге асыруды қиындататын белгілі бір нюанстар бар.



Сурет 2.6.3. Электр станцияларының белгіленген қуаттары, ГВт

Кесте 2.6.2. Электр станцияларының белгіленген қуаттары, ГВт

	Нақты	**Базалық**	**Климаттық**

	2021	2030	2040	2050	2060	2030	2040	2050	2060
Көмір ЖЭО және ЖЭО	15.2	16.6	18.8	21.1	21.1	15.2	13.4	6.2	3.2
Газ ЖЭС және ЖЭО	4	5.6	11	20.4	26.9	6.2	11.8	18.5	16.2
Гидроэнергетика-үлкен ГЭС	2.8	2.6	3.1	3.1	1.7	2.6	3.3	3.5	2
Гидроэнергетика-шағын ГЭС	0.3	0.7	0.9	1	1.1	1	1.6	1.9	2.4
Атом энергиясы	0	0	0	0	0	0	4.8	6	12
Күн энергиясы	1	4	4.1	4.3	4.6	6	13.2	21.1	85
Жел энергиясы	0.7	3.5	3.6	4	4.6	3.8	8	18	76
Биоэнергия	0	0.5	0.8	0.9	1	2.3	3.6	4.2	8.3
Сутегі энергиясы	0	0	0	0	0	1	4	10.3	16
Барлығы	24	33.5	42.3	54.9	61.1	38.1	63.7	89.7	221.1

Дереккөз: Қазақстан Республикасының TIMES моделінің нәтижелері

Электр энергиясын өндіру секторында толық декарбонизациялау мақсатына жету үшін бірқатар шаралар қабылдау ғана емес, сонымен қатар терең пысықталған, көп факторлы көзқарас қалыптастыру маңызды. Бұл көзқарас ұзақ мерзімді табыс пен тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін белгілі бір секторға қатысты көптеген аспектілерді қамтуы керек. Осындай жан-жақты тәсілді жүзеге асыру үшін қабылданатын негізгі қадамдар мен шараларды талдауға кірісейік.

Ең алдымен, атом энергетикасы туралы стратегиялық түсініктің дамуы маңызды мәнге ие болады. Бұл жай ғана ағымдағы жағдайды бағалау емес, сонымен бірге әлеуетті, сондай-ақ онымен байланысты тәуекелдерді терең түсіну. Болашақ көміртексіз жүйеде Атом энергиясының орнын анықтау арқылы оның тиімді пайдаланылуына кепілдік беруге болады.

Атом энергетикасына қатысты алдағы референдум аясында халықпен белсенді өзара іс-қимыл жасау және түсіндіру жұмыстарын жүргізу қажет. Бұл әсіресе маңызды, өйткені көптеген азаматтарда жеткілікті ақпарат болмауы немесе тақырып туралы қате түсініктер болуы мүмкін. Ол үшін атом энергетикасының әлеуетін зерттейтін және растайтын берік ғылыми базаға негізделу керек.

Атом энергетикасының экономикалық пайдасын бағалау кезінде тек тікелей капитал құнын қарастыруға болмайтынын атап өту маңызды. Байланысты салаларды дамытудан туындайтын қосымша жанама артықшылықтарды да ескеру қажет. Осылайша, атом энергетикасының белсенді дамуының арқасында аралас салаларда жаңа экономикалық белсенді жұмыс орындарын құруға ынталандыру орын алуы мүмкін.

Сонымен қатар, ел экономикасына электр энергиясын жеткізудің тұрақтылығы сияқты маңызды фактор туралы ұмытпаңыз. Кейбір сарапшылар бұл аспектіні елемеуі немесе бағаламауы мүмкін. Алайда, кепілдендірілген және тұрақты энергиямен жабдықтау-бұл энергия қауіпсіздігінің негізгі элементі, оның өзіндік құны бар. Бұл атом энергетикасын дамытудың қосымша дәлелі бола алады.

Сектордың тұрақтылығы үшін тариф белгілеудің ағымдағы жүйесін қайта қарау қажет. Жасанды шектеулерден бас тарту және ашық жүйенің пайдасына электр энергиясының тарифтерін ұстап тұру жаңа технологияларға инвестицияларды ынталандырады және өндірушілер үшін экономикалық тұрақтылыққа кепілдік береді.

Негізгі фокус нарықты құрылымдауға да бағытталуы керек. Нақты экономикалық көрсеткіштер мен бағаларды көрсететін нарық инновацияға, тұрақтылыққа және бәсекеге қабілеттілікті арттыруға ықпал етеді.

Ұлттық электр желісін дамыту және жаңғырту, сондай-ақ энергияны жинақтайтын желілік станцияларды интеграциялау электр энергиясының әртүрлі көздерін табысты интеграциялаудың кепілі болады. Бұл өз кезегінде бүкіл электр желісінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Газ және гибридті станциялар сияқты маневрлік генерация көздері жүйенің икемділігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады, бұл сұраныс пен ұсыныстың өзгеруіне тез жауап беруге мүмкіндік береді.

Жүйенің жұмысын оңтайландыру үшін оны өндіру және беру кезінде энергия шығынын азайтуға назар аудару қажет. Бұл жалпы тиімділіктің жоғарылауына және операциялық шығындардың төмендеуіне әкеледі.

Ескірген көмір қуаттарын пайдаланудан біртіндеп шығару, сондай-ақ көміртекті ұстау және сақтау технологияларын енгізу жөніндегі стратегиялық жоспар "жасыл" баламалар бағытында қозғалуға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ ауаның ластануына және парниктік газдар шығарындыларын азайтуға қатысты барлық нормативтерді келісуге қол жеткізу қажет. Осы бағытта біртұтас және тиімді стратегия құру жаһандық мақсаттарға жетуге көмектеседі.

Шағын масштабты жел, күн және басқа да жаңартылатын энергия көздері декарбонизацияға көшудің негізгі элементтері болып табылады. Олардың дамуы мен жүйеге енуі көздерді әртараптандыру және көмірге тәуелділікті азайту үшін қажет.

Сонымен, гидроэнергетиканы дамыту, сондай-ақ қолданыстағы көмір қуаттарын газдандыру жөніндегі ұзақ мерзімді стратегия Электр энергетикасы секторын тұрақты дамытуға кешенді тәсілдің бір бөлігі болуға тиіс.

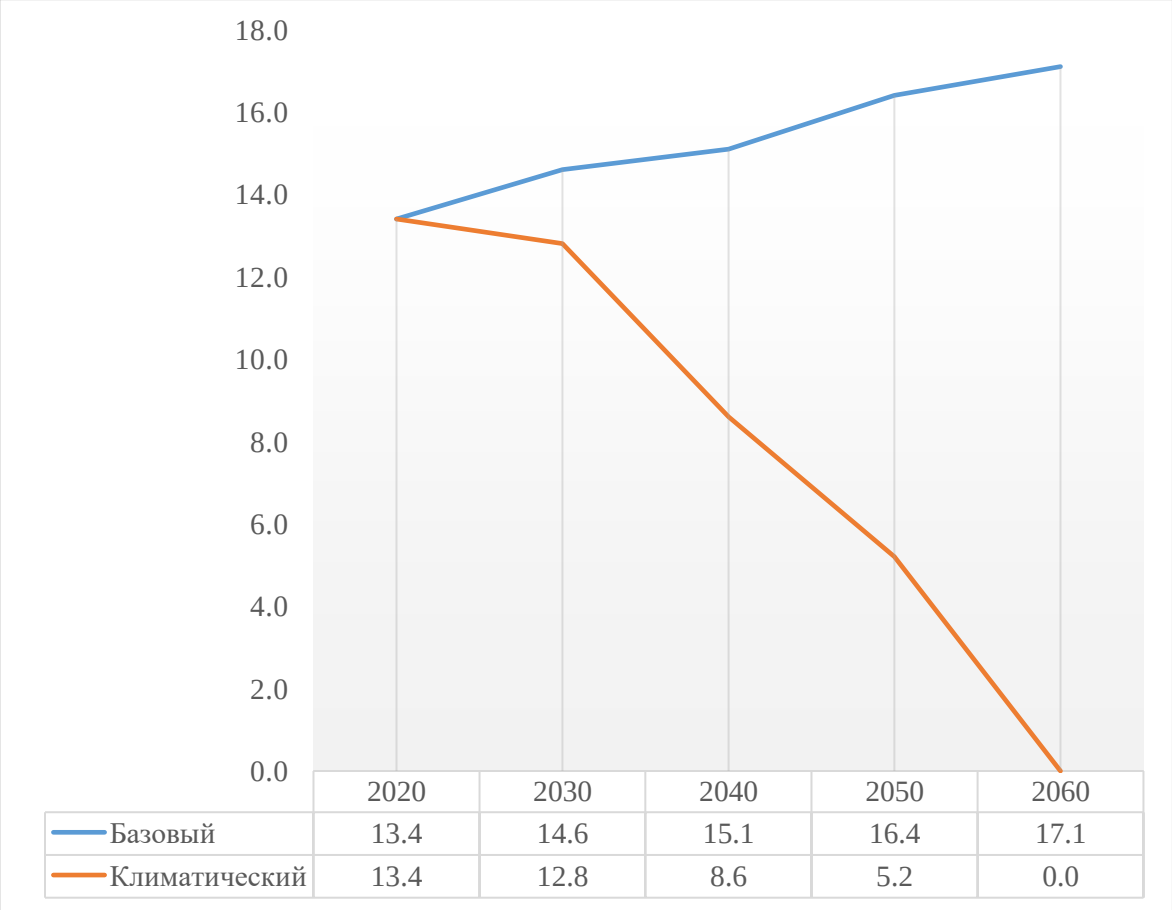
2.7. Жылу энергиясын өндіру

Қазақстан Республикасындағы жылумен жабдықтау секторы еліміздің көптеген өңірлеріне тән климат ерекшеліктеріне байланысты шешуші рөл атқарады. Ұзақ және қатал қыстың арқасында халық пен кәсіпорындарды жылумен қамтамасыз ету алдыңғы қатарда тұр. Жылыту үшін дәстүрлі түрде қолданылатын көмір парниктік газдардың үлкен шығарындыларын тудырады. Сондықтан

мәселені шешудің ең перспективалы және экологиялық таза тәсілдерінің бірі-бұл секторды электрлендіру, бұл көмірге тәуелділікті азайтуға мүмкіндік береді.

Жылу энергиясын өндіру саласында қазандықтар сияқты қондырғылар атмосфераға шығарындыларға үлкен үлес қосады. Бұл олардың жылу энергиясын өндіру құрылымындағы жоғары үлесіне байланысты. Алайда, Жылу электр орталықтарының (ЖЭО) шығарындылары электр энергиясын өндіру секторында есепке алу кезінде ескерілетінін және жылу энергиясы үшін есепте қайталанбайтынын атап өткен жөн. Жылу энергиясын өндіруді декарбонизациялауға бағытталған әртүрлі сценарийлерді әзірлеу кезінде шығарындылар деңгейінің айқын төмендеуі байқалады. Бұл оң үрдіс жылумен жабдықтаудың жалпы көлеміндегі ЖЭО үлесінің өсуімен байланысты, өйткені оларды пайдалану экологиялық тұрақты және қоршаған орта үшін қауіпсіз деп танылады. Бұл бағыттың дамуы табиғатқа зиянды әсерді азайтуға ғана емес, сонымен қатар жылу энергиясын өндіру процесін тиімдірек және тұрақты етуге көмектеседі.

Жылу энергиясын өндіру секторында шығарындылардың негізгі көздері қазандық қондырғылары болып табылады. Айта кету керек, жылу электр орталықтарынан (ЖЭО) шығарындылар басқа санатта, атап айтқанда электр энергиясын өндіру секторында ескерілді. Бұл бөлу энергияның әр түрлі салаларындағы шығарындылардың динамикасы мен құрылымын түсіну үшін маңызды.



Сурет 2.7.1. Жылу энергиясын өндіру секторындағы парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, МтСО2 экв

Айта кету керек, декарбонизация стратегиясына келетін болсақ, атмосфераға шығарындылар деңгейінің айтарлықтай төмендеуі байқалады. Бұл көбінесе жылу энергиясының негізгі көздері ретінде жылу электр орталықтарын пайдалануға үлкен ауысудың болуымен байланысты. Мұндай қондырғылар көбінесе экологиялық таза отынмен жұмыс істейді немесе шығарындыларды тазартудың заманауи әдістерін қолданады, бұл оларды тұрақтылық жағдайында таңдаулы таңдау етеді.

Жылу энергиясын өндіру секторында қазандықтар маңызды рөл атқарады, әсіресе олардың экологияға әсерін қарастырғанда. Алайда, шығарындылар деңгейін төмендетуге және неғұрлым тұрақты энергия көздеріне көшуге деген ұмтылысты ескере отырып. Бұл декарбонизацияға бағытталған сценарийлермен расталады, мұнда осы көздерден жылумен жабдықтауға көшу арқылы шығарындылардың айтарлықтай төмендеуі байқалады.

Орталықтандырылған жылу энергиясын өндіру көмірден табиғи газға кету, мұнай өнімдерін тиімді пайдалану және геотермалдық энергия (жылу сорғылары) және биоотын түріндегі жаңартылатын энергия есебінен декарбонизацияланады. Суреттен көріп отырғанымыздай, 2060 жылға қарай Климаттық сценарийде орталықтандырылған жылу энергиясын өндіру жылу сорғыларын пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Төменде орталықтандырылған және жеке көздерді ескере отырып, жалпы жылумен жабдықтау туралы ақпарат берілген.

Кесте 2.7.1. Отын түрлері бойынша жылу энергиясын өндіру, мың тнэ

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Орталық жылыту және ыстық су өндірісі									
Көмір ЖЭО және қазандықтар	5042	5546	6971	7291	8818	4469	3125	2156	0
Газ ЖЭО және қазандықтар	4535	4989	6439	6914	6724	4158	5562	4751	0
Мұнай өнімдері	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биоотын	0	0	0	0	0	206	206	307	784
Жылу сорғылары (геотермия)	0	0	0	0	0	506	2521	5740	8493
Барлығы	**9577**	**10534**	**13409**	**14205**	**15542**	**9339**	**11414**	**12954**	**9277**
Секторлар бойынша орталық жылыту және ЫСҚ сұранысы									

Ауыл шаруашылығы	83	91	80	72	62	92	92	92	90
Өнеркәсіп	297	326	547	600	670	268	260	477	236
Ғимараттар	3926	4319	6305	6977	7814	5253	5683	5946	5886
Шығындар	5750	6325	6477	6556	6996	3725	5379	6439	3065
Барлығы	**10055**	**11061**	**13409**	**14205**	**15542**	**9339**	**11414**	**12954**	**9277**
Жеке жылытуға және ыстық су құбырларына сұраныс									
Көмір	4746	4860	5045	5156	5236	4069	3265	985	0
Табиғи газ	4997	5428	7192	7320	6138	4607	4837	1191	0
Мұнай өнімдері	3226	3380	3533	3687	3841	2151	1536	615	0
Биоотын	53	59	78	257	688	88	159	485	1031
Жылу сорғылары (геотермия)	6	6	8	15	32	97	107	459	989
Гелиоколлекторлар	0	0	0	0	0	0	0	341	1198
Электр энергиясы	90	449	655	985	1082	168	486	1452	1151
Барлығы	**13118**	**14182**	**16511**	**17420**	**17016**	**11181**	**10390**	**5528**	**4369**
Ғимараттарға арналған жылу энергиясы мен ыстық сумен жабдықтаудың жалпы өндірісі									
Барлығы	**17044**	**18501**	**22816**	**24397**	**24831**	**16433**	**16074**	**11474**	**10255**
Жылу энергиясы мен ыстық сумен жабдықтаудың жалпы өндірісі									
Барлығы	**22694**	**24716**	**29921**	**31625**	**32558**	**20519**	**21804**	**18482**	**13646**

Нәтижелерден көріп отырғанымыздай, климаттық сценарийде энергияның әртүрлі түрлеріне деген түпкілікті сұраныс жалпы төмендейді, бұл пайдаланылатын жаңа жылыту технологияларының тиімділігінің артуын көрсетеді.

Жаһандық климаттық сын-қатерлердің өсуі және көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту шараларының күшеюі жағдайында жылумен жабдықтауды декарбонизациялау негізгі міндеттердің біріне айналуда. Жылумен жабдықтауды электрлендіру-бұл осы мақсатты жүзеге асырудың бір әдісі, бұл қазба отынмен жұмыс істейтін жылу көздерін электр жүйелеріне ауыстыру процесі. Бұл жылу сорғыларын, электр қазандықтарын және басқа да инновациялық технологияларды пайдалануды қамтуы мүмкін.

Электрлендірудің басты артықшылықтарының бірі-көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту. Электр жүйелері, әсіресе жаңартылатын энергиямен жұмыс істейтін болса, атмосфераға парниктік газдар шығарындыларын айтарлықтай азайтады. Сонымен қатар, қазіргі заманғы жылу сорғылары мен басқа да электр жүйелері жоғары тиімділікпен ерекшеленеді, бұл жылумен жабдықтау

шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл жүйелер күн панельдерімен, жел генераторларымен және басқа да таза энергия көздерімен оңай біріктіріліп, икемділік пен масштабталуды қамтамасыз етеді. Электр жүйелері, қазба отын жүйелерінен айырмашылығы, жарылыстар мен ағып кету қаупіне ұшырамайды, бұл қауіпсіздікті арттырады.

Электрофикация арқылы жылумен жабдықтауды декарбонизациялау тұрақты, қауіпсіз және үнемді энергетикалық инфрақұрылымды құрудың перспективалы бағытын білдіреді. Бүгінгі таңда осы салаға салынған инвестициялар болашақта нақты экологиялық, экономикалық және әлеуметтік пайда әкелуі мүмкін. Жаһандық экологиялық сын-қатерлер жағдайында бұл тәсіл тек мүмкіндікке ғана емес, сонымен қатар тұрақты дамуды қамтамасыз етудің ажырамас қажеттілігіне айналады.

Экологиялық таза энергия көздеріне көшу қажеттілігіне байланысты жылу энергиясын өндіру секторын декарбонизациялау орталықта тұр. Осы бағытта елеулі нәтижелерге қол жеткізу үшін бірқатар негізгі шараларды іске асыру ұсынылады.

Біріншіден, жылу энергиясының тарифтерін жасанды түрде тежеуден бас тарту қажет, өйткені бұл тиімдірек және экологиялық таза технологияларды әзірлеуді және қолдануды ынталандыруға көмектеседі. Тұтынушылар мен нарық қатысушыларының сенімін арттыру үшін тариф белгілеудің ашықтығын қамтамасыз ету де маңызды. Жылумен жабдықтау жүйелерін оңтайландыру арқылы жылу энергиясын өндіру және беру кезінде шығындарды азайту шығындарды азайтуға және тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, геотермалдық энергияның дамуы туралы көзқарастың дамуына назар аударған жөн, өйткені бұл энергия көзі үлкен әлеуетке ие және декарбонизацияның кілті бола алады. Күн энергиясына негізделген ыстық сумен жабдықтауды дамытуды қолдау көміртегі ізін азайтудың қосымша әдісін ұсынады. Көмірді жылу өндіретін қуаттарды пайдаланудан кезең-кезеңімен шығаруды жоспарлау да маңызды, өйткені көмір CO2 шығарындыларының негізгі көздерінің бірі болып табылады.

Әрі қарай, әсіресе шалғайдағы немесе халқы аз аудандарда жылу өндіретін жаңартылатын энергия көздерінің дамуын ынталандыру қажет. Қолданыстағы көмір қуатын газдандыру да перспективалы болуы мүмкін, өйткені газ көмірге қарағанда қоршаған ортаға аз зиян келтіреді. Ақырында, «ақылды» жылу энергетикасын дамыту жүйелерді оңтайландыру және шығындарды азайту арқылы жылуды тұтыну мен өндіруді тиімдірек басқаруға мүмкіндік береді.

Ұзақ мерзімді перспективада жаһандық климаттық өзгерістер мен ресурстардың өсіп келе жатқан тапшылығын ескере отырып, жылу энергетикасы секторын декарбонизациялау тұрақты дамуды қамтамасыз етудің негізгі элементі болуы мүмкін. Мысалы, жылу энергетикасын көлік немесе өнеркәсіп сияқты басқа салалармен біріктіру синергетикалық әсерлерге және шығарындылардың қосымша төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Сондай-ақ, термоядролық синтез сияқты жаңа технологиялардың дамуын ескерген жөн, ол сәтті коммерциялық іске асырылған кезде таза энергияның шексіз көзін қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, жылдам дамып келе жатқан цифрлық

технологияларды ескере отырып, үлкен деректер мен жасанды интеллект жылумен жабдықтау жүйелерін оңтайландыру, тұтынуды болжау және ресурстарды белсенді басқару үшін пайдаланылуы мүмкін.

Жылумен жабдықтау секторын цифрландыру жылумен жабдықтау жүйесіне заманауи технологиялар мен цифрлық шешімдерді біріктіруге тартады. Бұл оның тиімділігін, сенімділігі мен бейімделуін арттыруға бағытталған. Негізгі артықшылығы-нақты уақыттағы басқару және бақылау жүйелері. Сенсорларды қолдану арқылы жабдықтың күйін бірден бақылауға және тұтынудың өзгеруіне жауап беруге болады. Сонымен қатар, жасанды интеллект алгоритмдері мен үлкен деректерді қолдану жылу қабылдауды болжау және оңтайландыру мүмкіндігін ұсынады.

Жылумен жабдықтауды «ақылды» үй жүйелерімен біріктіру пайдаланушылардың қалауы мен қазіргі жағдайларын ескере отырып, температура мен тұтынуды автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл орталықтандырылмаған жүйелерге сәйкес келеді, мұнда цифрлық шешімдер жылу көздерін тиімді басқаруға ықпал етеді.

Виртуалды жылу желілерінің тұжырымдамасы әртүрлі көздер арасында, әсіресе ең жоғары кезеңдерде энергия алмасу мүмкіндіктерін ашады. Сонымен қатар, цифрлық платформалар мен мобильді қосымшалардың арқасында тұтынушылар нақты уақыт режимінде тұтынуды бақылай алады, тарифтер мен жүйенің күйі туралы біле алады, бұл қызмет провайдерлерімен өзара әрекеттесуді ашық және ыңғайлы етеді.

Ақырында, қауіпсіздік. Заманауи цифрлық технологиялар апат қаупін азайту және рұқсатсыз кіруден қорғау арқылы жылумен жабдықтау жүйелерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге көмектеседі.

Азаматтар арасында білім беру бағдарламаларын енгізудің және энергетикалық тұрақтылық туралы хабардарлықты арттырудың маңыздылығын бағаламауға болмайды. Ақпараттандырылған және ағартылған тұтынушылар жылумен жабдықтау қажеттіліктері үшін тиімдірек және экологиялық таза шешімдерді таңдай отырып, декарбонизация процесінде белсенді қатысушыларға айналады.

2.8. Өнеркәсіп секторы

Экономикалық белсенділіктің артуы атмосфераға парниктік газдардың көбеюімен тығыз байланысты. Бұл әсіресе өнеркәсіптік секторда байқалады, мұнда ресурстарды қарқынды өндіру және пайдалану көбінесе эмиссиялардың айтарлықтай өсуіне әкеледі. Алайда, соңғы жылдары белсенді зерттеулер мен жаңа тәсілдерді дамытудың арқасында экономиканы декарбонизациялау сценарийі аясында экологиялық таза технологияларға көшу мүмкіндігі пайда болды. Бұл парниктік газдардың атмосфераға шығарылу деңгейінің төмендеуіне ықпал етті.

Бұл процестің маңызды сәттерінің бірі-өнеркәсіпте инновациялық технологияларды қолдану. Осындай бағыттардың бірі болат өндіру процесінде сутекті пайдалану болып табылады. Болатты өндірудің классикалық әдістерінде

негізгі компоненттер көміртегі отыны мен кокс болып табылады, олар жанған кезде көмірқышқыл газының көп мөлшерін шығарады.

Алайда, темір рудасын сутегімен қалпына келтіру сияқты заманауи технологиялық тәсілдер бұл процесті өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл техникада темір рудасы сутегімен тотықсызданып," губка " деп аталатын темірге айналады. Бұл материал одан әрі электр доғалы пеште өңделеді, онда электродтар губка тәрізді темірді ерітіп, оны болатқа айналдыру арқылы электр тогын жасайды. Бұл әдісте құрамында көміртегі бар материалдарды жағу болмағандықтан, көмірқышқыл газының шығарындылары бірнеше есе азаяды.

Мұндай технологияларды өнеркәсіпке енгізу бір мезгілде экономикалық өсуге және экологиялық зиянды азайтуға ықпал етеді деп айтуға болады. Бұл жаһандық климаттың өзгеруімен күресу және қоршаған ортаны қорғау тұрғысынан дұрыс бағытта қозғалыс жүріп жатқанын білдіреді.

Энергияны көп қажет ететін салаларда парниктік газдар шығарындыларын азайту көп қырлы және күрделі міндет болып табылады:

Көптеген өндірістік кәсіпорындар Жоғары температуралы технологиялық процестерге сүйенеді. Бұл тұрғыда жылу өндірісі жалпы энергия тұтынудың үлкен үлесін алуы мүмкін. Бүгінгі таңда Жоғары температуралы жылуды өндіруге арналған" жасыл " немесе экологиялық тұрақты технологиялар әрдайым нарықта бола бермейді немесе жаппай енгізу үшін қол жетімді емес.

Көптеген өндірістік кешендер жоғары интеграцияланған және өзара байланысты процестердің жиынтығы болып табылады. Осы процестердің біреуін өзгерту бүкіл технологиялық циклды жаһандық қайта қарауды және қайта құруды қажет етуі мүмкін.

Көптеген өнеркәсіптік жабдықтардың ұзақ өмірлік циклін ескере отырып, оны заманауи модельдерге ауыстыруды қаламау немесе мүмкін невозможстігі ескі және тиімділігі төмен жүйелердің сақталуына немесе болашақта инвестицияларды жоғалту қаупіне әкелуі мүмкін.

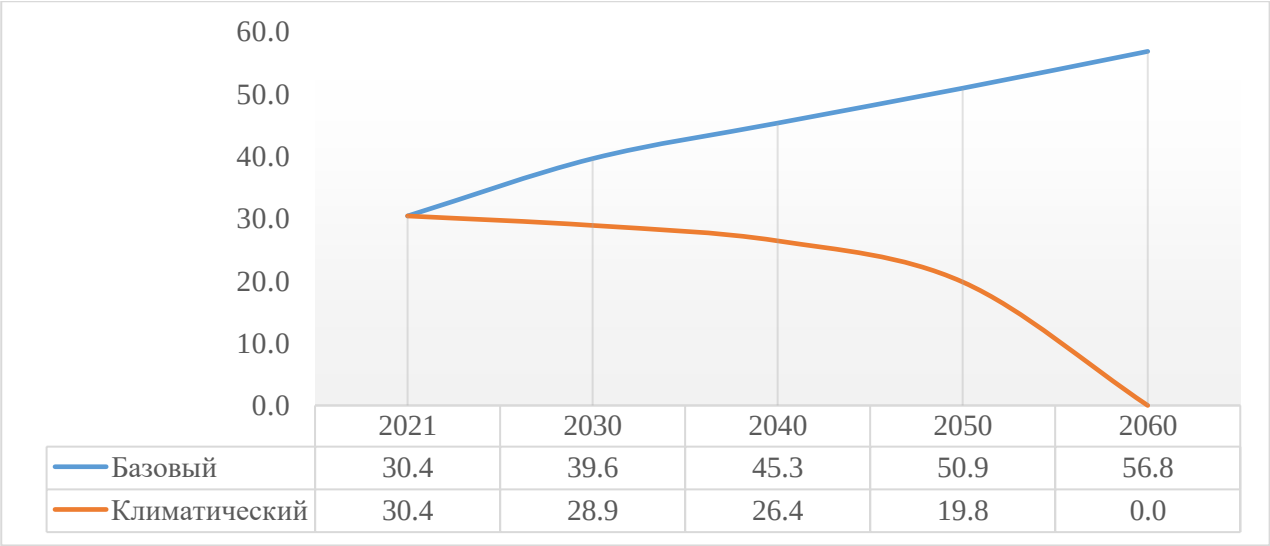
Ескірген жабдықты жаңарту және заманауи және экологиялық таза технологияларға көшу айтарлықтай инвестициялар мен қаржылық ресурстарды қажет етеді.

Ақырында, жаңа, инновациялық және экологиялық таза технологиялық шешімдерге инвестиция салу аймақтық бәсекелестік мәселесіне тап болады. Экологиялық стандарттар онша қатал болмауы мүмкін көрші елдердегі өндірушілер бәсекелестік артықшылыққа ие.

Сонымен қатар, Қазақстан Республикасының экономикалық жағдайы көбінесе шикізат тауарларының экспортына байланысты. Бұл оны әлемдік нарықтық бағалардың өзгеруіне осал етеді. Климаттық саясат, әсіресе Еуропалық Одақ саясаты Қазақстан Республикасынан көміртекті көп қажет ететін тауарлардың экспортына теріс әсер етуі мүмкін. ЕО мен басқа елдердің 2050 жылға қарай көміртекті бейтараптыққа деген ұмтылысын ескере отырып, қазба отындарына сұраныс сөзсіз азаяды. Бұған шығарындылары жоғары тауарларға салық салуға бағытталған шекаралық көміртекті түзету (CBAM) тетіктерін енгізуді қосамыз және Қазақстан Республикасынан экспорттаушылар үшін күрделі экономикалық көрініс аламыз.

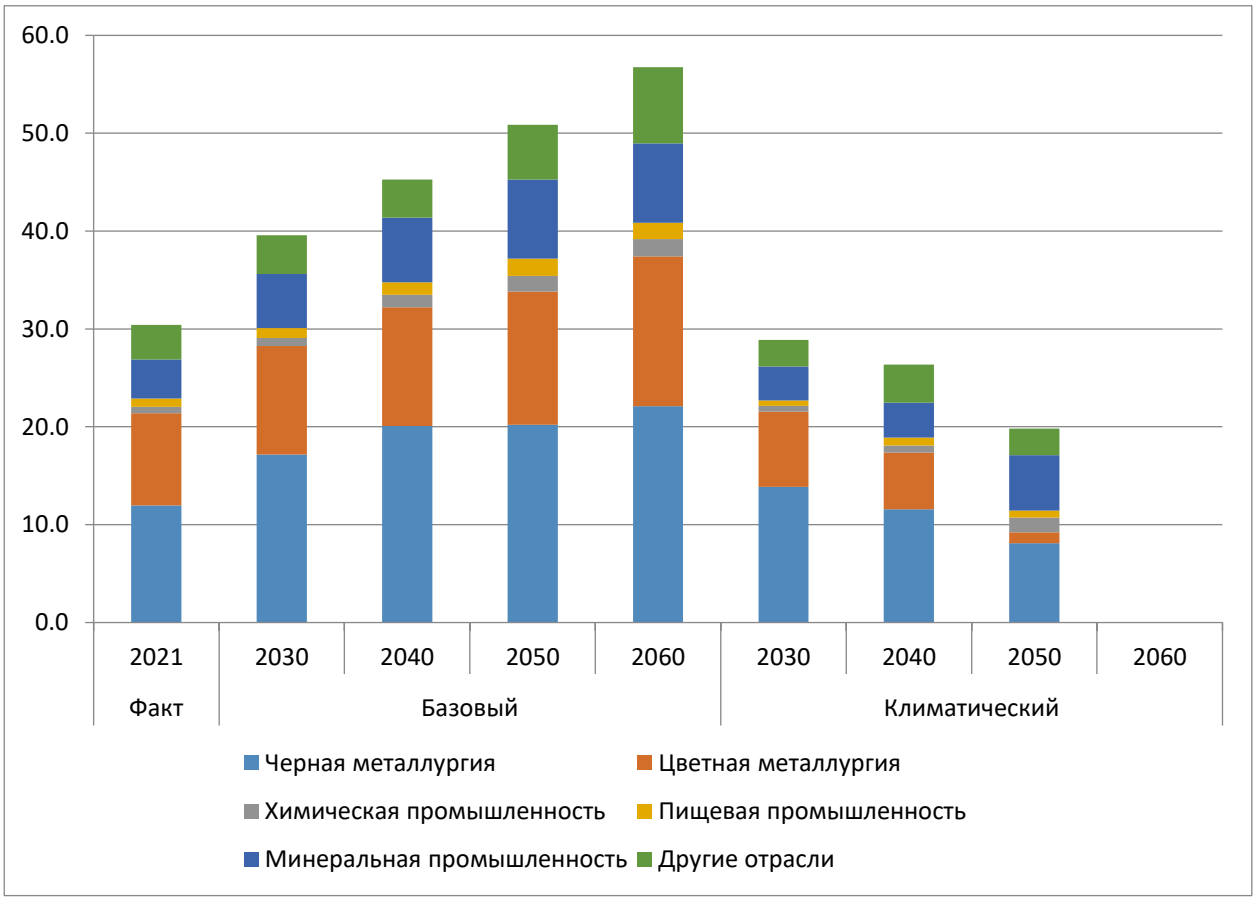
Өнеркәсіп пен құрылыстағы парниктік газдар шығарындылары төменде келтірілген.

Суреттен көріп отырғанымыздай, өнеркәсіп және құрылыс секторы бойынша шығарындылар өсуде, өйткені бұл экономиканың өсуіне байланысты.



	2021	2030	2040	2050	2060
Базовый	30.4	39.6	45.3	50.9	56.8
Климатический	30.4	28.9	26.4	19.8	0.0

Сурет 2.8.1. Өнеркәсіп секторындағы парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, MtCO2 экв



Сурет 2.8.2. Салалар бойынша өнеркәсіп секторындағы парниктік газдар шығарындыларын дамыту сценарийлері, MtCO2 экв

Кесте 2.8.1. Өнеркәсіпте отынды жағудан салалары бойынша парниктік газдар шығарындылары, MtCO2-экв.

	Нақты	Базалық				Климаттық			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Қара металлургия	12	17.2	20.1	20.2	22.1	13.9	11.6	8.1	0
Түсті металлургия	9.4	11.1	12.1	13.6	15.3	7.7	5.8	1.1	0
Химия өнеркәсібі	0.6	0.8	1.3	1.6	1.8	0.6	0.7	1.5	0
Тамақ өнеркәсібі	0.9	1	1.3	1.8	1.7	0.5	0.8	0.7	0
Минералды өнеркәсіп	4	5.5	6.6	8.1	8.1	3.5	3.6	5.7	0
Басқа салалар	3.5	4	3.9	5.6	7.8	2.7	3.9	2.7	0
Парниктік газдардың жалпы шығарындылары	**30.4**	**39.6**	**45.3**	**50.9**	**56.8**	**28.9**	**26.4**	**19.8**	**0**

Климаттық сценарийде базалық сценариймен салыстырғанда парниктік газдар шығарындыларының төмендеуі байқалады. Динамиканы түсіну үшін өнеркәсіпте энергия ресурстарын тұтыну бойынша түпкілікті сұраныс та беріледі. парниктік газдар шығарындыларын қатты төмендетуге өнеркәсіптегі энергия тиімділігін арттыру, әсіресе энергия тұтыну құрылымындағы өзгерістер арқылы қол жеткізіледі.

Кесте 2.8.2. Отын түрлері мен салалары бойынша өнеркәсіптегі энергияға түпкілікті сұраныс, мың тнэ

	Нақты	Базалық				Климаттық			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Көмір	4409	3803	3632	3462	4178	3490	3287	465	0
Мұнай өнімдері	2084	1521	1282	1351	1462	1537	2788	1390	0
Табиғи газ	1503	2657	3198	3652	3540	3979	4712	3925	0
Электр қуаты	3959	5235	5983	6502	7058	5261	6939	8093	14253
Орталықтандырылған жылу энергиясы	296	377	547	600	670	274	265	486	241
Өнеркәсіптік жылу энергиясы	857	881	1276	1401	1563	639	619	1135	562
Биоотын	0	216	297	200	199	290	489	1445	1805
Сутегі	0	25	1426	2279	3794	131	893	4371	5729
Барлығы	**13108**	**14714**	**17641**	**19448**	**22464**	**15601**	**19993**	**21310**	**22590**

Қара металлургия	3950	4579	5753	5560	6084	5855	7595	7856	8066
Түсті металлургия	3297	3341	3571	3744	4122	3397	3766	4256	4451
Химия өнеркәсібі	1023	1154	1546	1681	1822	1058	1095	1383	1432
Тамақ өнеркәсібі	586	984	1326	1523	1623	789	1101	1340	1394
Минералды өнеркәсіп	1256	1567	1678	1839	1858	1407	1938	1734	1633
Басқа салалар	2996	3090	3767	5101	6955	3095	4498	4741	5614
Барлығы	**13108**	**14714**	**17641**	**19448**	**22464**	**15601**	**19993**	**21310**	**22590**

Парниктік газдар шығарындыларының төмендеуі бұл өнеркәсіпке сутекті қолдана отырып болат қуатын енгізумен байланысты. Ұсынылған технологияда темір кені қатты күйдегі сутегімен тотықсызданып, губка темірі деп аталатын тікелей тотықсызданатын темір алынады. Содан кейін губка темірі электр доғалық пешке (EDP) беріледі, онда электродтар болат алу үшін губка темірін балқыту үшін ток шығарады.

Ұсынылған графикалық материалдан байқауға болатындай, өнеркәсіп секторында шығарындылардың өсуі байқалады. Бұл құбылыс ел экономикасының белсенді өсуімен тікелей байланысты. Бір жағынан, бұл өнеркәсіптік сектордың дамуын көрсететін оң үрдіс. Бірақ, екінші жағынан, шығарындылардың көбеюі аймақтағы экологиялық жағдайға теріс әсер етуі мүмкін.

Дегенмен, дәл осы суреттен белгілі бір климаттық сценарийде базалық сценариймен салыстырғанда парниктік газдар шығарындыларының төмендеуі болжанғанын көруге болады. Бұл үрдіс өнеркәсіптік секторға инновациялық технологияларды енгізумен түсіндіріледі. Негізгі инновациялардың бірі-болат өндіру процесінде сутекті пайдалану.

Осы озық технологияның бөлігі ретінде темір рудасы қатты фазада сутегімен тотықсыздану процесіне ұшырайды. Бұл процесс губка тәрізді темір деп аталатын өнімді шығарады. Бұл губка темірі одан әрі электр доғалық пешке (EDP) түседі, онда электродтардың көмегімен губка темірін балқыту үшін қажетті ток пайда болады. Бұл күрделі, бірақ экологиялық таза процестің соңғы өнімі-жоғары сапалы болат.

Сонымен қатар, түсті металл өндіру секторында шығарындылардың айтарлықтай төмендегенін атап өткен жөн. Декарбонизация стратегиясының бөлігі ретінде осы саладағы көптеген кәсіпорындар парниктік газдар шығарындыларын азайтуға бағытталған озық технологиялар мен шешімдерді белсенді түрде біріктіреді.

Түсті металдар секторында баламалы энергия көздеріне көшуге, өндірістік процестерді оңтайландыруға және ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыруға ерекше назар аударылады. Мысалы, өндіріс үшін аз энергияны қажет ететін немесе экологиялық сипаттамалары жақсы жаңа қорытпалар мен материалдарды енгізу.

Түсті металдарды қайта өңдеу және қайта пайдалану туралы айта кеткен жөн. Бұл әдістер жаңа шикізатты өндіру қажеттілігін азайтып қана қоймайды, сонымен қатар өндіру, өңдеу және тасымалдау кезеңдеріндегі шығарындыларды азайтады.

Осындай шаралардың нәтижесінде түсті металл өнеркәсібі климаттың өзгеруіне қарсы күш-жігерге айтарлықтай үлес қосады және тұрақты және экологиялық таза өндірісті құруға ұмтылады. Декарбонизациядағы бұл қадамдар барлық салалардағы "жасыл" технологиялар мен тәсілдерге көшудің жалпы әлемдік тенденциясын көрсетеді.

Химия өнеркәсібіндегі прогресті де назардан тыс қалдыруға болмайды. Декарбонизация күш-жігері аясында химия өнеркәсібі кәсіпорындары парниктік газдар шығарындыларын азайту үшін инновациялық шешімдерді белсенді түрде біріктіруде.

Химия өнеркәсібінің негізгі бағыты қазір шикізат базасынан бастап түпкілікті өнімге дейінгі барлық кезеңдерде шығарындыларды азайтуға мүмкіндік беретін таза өндіріс технологияларын әзірлеуге және енгізуге бағытталған. Энергия мен шикізатты тұтыну тұрғысынан оларды тиімдірек ету үшін химиялық процестерді оңтайландыруға баса назар аударылады. Өндірістің тұйық циклдеріне көшу және қалдықтарды қайта өңдеу қазіргі химия өнеркәсібінде маңызды рөл атқарады.

Тұтастай алғанда, химия өнеркәсібі экологиялық тұрақты және жауапты өндіріс тенденциясын көрсете отырып, көміртегі ізін азайтуға үлкен қадамдар жасауда.

Азық-түлік өнеркәсібінде жаһандық декарбонизация күш-жігерінің бір бөлігі ретінде белсенді өзгерістер бар. Осы саладағы кәсіпорындар заманауи технологиялар мен инновациялық тәсілдерді қолдана отырып, парниктік газдар шығарындыларын азайту мәселесіне барған сайын саналы түрде қарайды.

Тамақ өнеркәсібіндегі негізгі бағыттардың бірі-тұрақты энергия көздеріне көшу. Көптеген кәсіпорындар күн панельдерін, жел генераторларын және басқа жаңартылатын көздерді өздерінің өндірістік тізбектеріне белсенді түрде біріктіреді.

Сонымен қатар, жеткізу тізбегін оңтайландыруға көп көңіл бөлінеді. Өндіріс пен тасымалдаудың барлық кезеңдерінде өнім шығынын азайту әдістерін енгізу Өнімнің бүлінуіне және артық қаптамаға байланысты шығарындыларды азайтуға көмектеседі.

Сондай-ақ органикалық және жергілікті өнімдерді пайдаланудың танымалдығы артып келеді, бұл ұзақ мерзімді тасымалдау мен қарқынды өсіру әдістеріне байланысты шығарындыларды азайтуға мүмкіндік береді. Кәсіпорындар сонымен қатар суды үнемдеу және ресурстарды тұрақты пайдалану технологияларын енгізуде.

Тамақ өнеркәсібінде толығымен қайта өңдеуге немесе биологиялық ыдырауға болатын балама, экологиялық таза қаптамаларды әзірлеу және қолдану маңызды рөл атқарады.

Жалпы алғанда, тамақ өнеркәсібі қоршаған орта мен болашақ ұрпақ алдындағы жауапкершілігін мойындай отырып, тұрақты дамуға белсенді түрде бет бұруда.

Минералды өнеркәсіп сонымен қатар декарбонизация стратегиясы аясында қазіргі әлемнің талаптарына белсенді түрде бейімделеді. Бұл сектор көміртегі ізін азайту үшін бірқатар негізгі өзгерістерді жүзеге асырады.

Минералдарды өндірудің заманауи және тиімдірек технологияларын енгізуге баса назар аударылады. Бұл өндіріс кезеңінде шығарындыларды азайтып қана қоймай, су мен электр энергиясы сияқты ресурстарды тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді.

Өндірістік процестердің тиімділігін арттыруға көп көңіл бөлінеді. Автоматтандырылған жүйелерді енгізу және озық технологияларды қолдану минералды өндіру мен өңдеу процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді, нәтижесінде шығарындылар азаяды.

Минералды өнеркәсіпте цемент жасау кезінде технологиялық шығарындылардың негізгі бөлігі әктасты (кальций карбонаты) күйдіру процесіне байланысты пайда болады. Бұл процесс әк (кальций оксиді) алу үшін карбонаттан көміртекті кетіруге бағытталған. Содан кейін алынған әк клинкер жасау үшін қолданылады. Әктастың әктасқа айналуының химиялық реакциясының бұл кезеңі бүкіл цемент өнеркәсібіндегі көмірқышқыл газының ең үлкен шығарындыларының бірін тудырады. Цемент құрамын модификациялаудың әртүрлі тәсілдері, ең алдымен, клинкер құрамын азайту арқылы қарастырылады, бұл өз кезегінде тиісті шығарындылардың шамамен 30% төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Осы саладағы ғалымдар мен мамандардың ерекше назары баламалы құрылыс материалдарын іздеуге және пайдалануға, сондай-ақ архитектуралық дизайнның жаңа тұжырымдамаларын жасауға бағытталған. Бұл инновациялар бүкіл өндіріс процесін, соның ішінде электр энергиясын тұтынуды ескере отырып, шығарындыларды 9% - ға дейін немесе одан да көп төмендетуі мүмкін.

Инновациялық әдістердің бірі-көміртекті қатайтылған бетон сияқты материалды жасау. Бұл әдістің негізгі идеясы цементтің CO2 сіңіру қабілетінің бірегей мүмкіндігін пайдалану болып табылады. Бұл процесте CO2 цементке оны жасау сатысында енгізіледі. Бұл тәсіл көмірқышқыл газының соңғы өнім ішінде ұзақ мерзімді сақталуына ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар оның физикалық қасиеттерін жақсартуға қызмет етеді. Бұл әдісті қолдану цемент өндірісінен көміртегі ізін азайту тұрғысынан революциялық болуы мүмкін және басқа өнеркәсіптік салалардан көміртекті алуға сұранысты ынталандыруы мүмкін.

Өнеркәсіпті декарбонизациялауға деген ұмтылыстың жалпы аясында көптеген әдістер жабдықты айтарлықтай жаңартуды және өндірістік желілерді қайта құруды қажет ететіндігін ескеру қажет. Сонымен, мақсат процестерді өзгерту ғана емес, сонымен қатар оларды одан әрі жаңғыртуға мүмкіндік туғызу – шығарындылары төмен технологиялардан толығымен көміртегіге дейін. Кейбір озық технологиялар кейбір өндірушілер үшін жоғары шығындарға байланысты қол жетімді болмауы мүмкін болса да, өтпелі шешімдер мен жақсартылған процедуралар жақын арада парниктік газдар шығарындыларын толығымен жою үшін негіз құруда.

Экономика мен қоршаған орта үшін маңызды өнеркәсіптік секторды сәтті декарбонизациялау үшін бірқатар стратегиялық шараларды қарастырып, жүзеге асыру қажет.

Біріншіден, төмен температуралы жылуды жою және жылу шығынын азайту үшін белсенді әрекет ету маңызды аспект болып табылады. Бұл шығындарды азайтуға ғана емес, сонымен қатар өндіріс тиімділігін арттыруға да көмектеседі.

Екіншіден, ең озық және энергия тиімді технологияларға негізделген өндірістерді пайдалануда мамандандыруды дамытуға және терең кооперацияны дамытуға назар аудару қажет. Бұл саланың өзгеретін экологиялық талаптарға тезірек және оңай бейімделуіне жағдай жасайды.

Технологиялық процестерді оңтайландыру да маңызды рөл атқарады: ол жылу тұтынуды азайтуға және артық жылуды жоюға бағытталуы керек, бұл ластанудың төмендеуіне және өнеркәсіптік кәсіпорындарда ресурстарды ұтымды пайдалануға әкеледі.

Заманауи энергияны үнемдейтін технологияларды енгізу, сондай-ақ энергияны үнемдейтін қасиеттері жоғары Инновациялық аспаптар мен материалдарды пайдалану декарбонизацияның негізгі жолдарының бірі болады.

Тағы бір маңызды аспект-темірді тікелей қалпына келтіруді (DRI) кеңінен қолдану. Бұл процесс көміртекті көп қажет ететін әдістерді алмастыра алады.

Сонымен қатар, сутекті пайдалануды кеңейту қажет, әсіресе алюминий мен болат өндірісінде электр доғалы пештермен бірге. Сутегі-бұл көміртегі шығарындыларын азайтуға көмектесетін таза отын.

Құрылыс индустриясы үшін төмен көміртекті цемент пен болат өндірісін дамыту өзекті болып табылады. Бұл компоненттер көптеген құрылыс жобаларының негізі болып табылады және оларды декарбонизациялау өте маңызды.

Болашақта оның тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін өнеркәсіптік сектор үшін декарбонизацияның басқа тәсілдері мен әдістерін үнемі зерттеп, қолдану керек.

2.9. Көлік секторы

Соңғы бірнеше онжылдықтағы экономикалық өсу мен даму көлік индустриясындағы белсенділіктің айтарлықтай өсуіне әкелді. Осы белсенділіктің тікелей салдары ретінде жолдардағы көлік құралдарының саны едәуір өсті, бұл өз кезегінде атмосфераға зиянды парниктік газдар шығарындыларының көбеюіне әкелді.

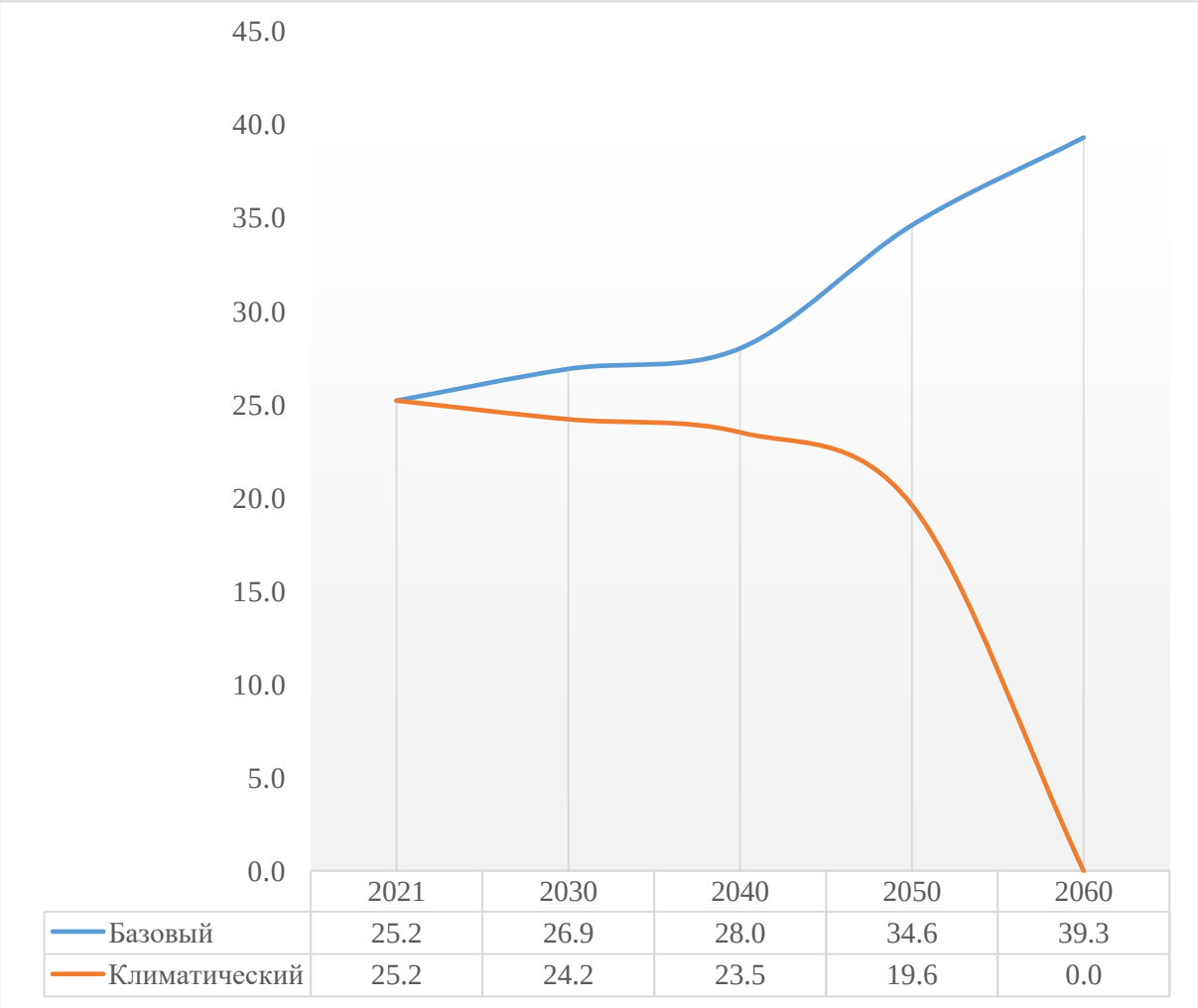
Қазіргі уақытта көлік құралдарының көпшілігі, әсіресе жол көлігі саласында, қазба отынымен жұмыс істейді. Бұл көлік секторын парниктік газдар шығарындыларының негізгі көздерінің біріне айналдырады, бұл маңызды экологиялық проблема.

Қазақстан Республикасында, көптеген басқа елдердегідей, жол көлігінің басым бөлігін жеке тұлғаларға тиесілі жеңіл автомобильдер құрайды. Дәл осы көлік санаты көлік секторынан шығатын парниктік газдар шығарындыларының жалпы көлеміне айтарлықтай үлес қосады.

Алайда, парниктік газдар шығарындыларының жалпы көлеміндегі жол көлігінің үлесі жоғары болғанымен, Бұл Қазақстан Республикасында халықтың моторизациясының жеткілікті жоғары деңгейіне байланысты екенін атап өткен жөн. Сонымен қатар, жолдардағы қолданыстағы автомобильдердің көпшілігі ескі немесе қазіргі экологиялық стандарттарға сәйкес келмейді, бұл ауаның ластану

проблемасын күшейтеді.

Төменде көлік секторына арналған парниктік газдар шығарындылары келтірілген.



Сурет 2.9.1. Көлік секторындағы парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, MmCO2 экв

Жалпы, Қазақстан Республикасының 2060 жылға дейінгі көміртегі бейтараптығына қол жеткізу стратегиясына сәйкес көлік секторын дамыту "болдырмау-ауыстыру-жақсарту" (ASI) тұжырымдамасына сәйкес жүзеге асырылуы тиіс. Көлік секторында декарбонизация жөніндегі шаралар үш негізгі бағыт бойынша жүзеге асырылатын болады:

1) саяхат қажеттілігін жою немесе азайту;

2) көліктің неғұрлым экологиялық түрлеріне көшу;

3) энергияны пайдалану тиімділігін арттыру және көлік құралдарынан шығарындыларды азайту.

Климаттық сценарий көліктегі энергия мен көміртегі сыйымдылығының төмендеуін болжайды, осылайша көліктен энергия мен парниктік газдар шығарындыларына түпкілікті сұраныс төмендейді. 2060 жылға қарай көліктегі энергияға деген соңғы сұраныс Климаттық сценарийде қазіргі деңгеймен

салыстырғанда 29% - ға және базалық сценариймен салыстырғанда 50% - ға төмендейді. Бұл көлік құралдарының тиімділігінің артуын көрсетеді.

Кесте 2.9.1. Көлік түрлері мен отын түрлері бойынша энергияны тұтыну, мың тнэ

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Мұнай өнімдері	6167	7986	8918	8615	8976	6544	5550	4603	1348
Сұйытылған мұнай газы	1238	1152	1145	1627	1280	900	24	0	0
Табиғи газ	296	630	833	958	1017	589	866	919	0
Электр қуаты	326	118	127	114	102	299	1021	1608	3288
Биоотын	0	0	0	0	0	0	0	143	143
Сутегі	0	0	0	0	0	0	36	138	954
Барлығы	**8027**	**9886**	**11023**	**11313**	**11376**	**8332**	**7497**	**7410**	**5733**
Автомобильдер	4414	4626	4489	4404	4462	3295	1401	1083	955
Басқа жол көлігі	2851	4177	5085	5132	4991	3805	4472	4463	3072
Теміржол көлігі	714	584	799	946	1010	586	766	869	751
Су көлігі	1	5	7	8	8	7	8	9	9
Әуе көлігі	47	494	644	824	905	639	850	986	945
Барлығы	**8027**	**9886**	**11023**	**11313**	**11376**	**8331**	**7497**	**7410**	**5733**

Көлік секторының декарбонизациясына кедергі келтіретін бірқатар факторлар бар. Бұл факторлар әртүрлі деңгейлерде белсенді жұмыс істеу үшін бірқатар қиындықтар мен қиындықтарды тудырады.

Біріншіден, халықтың тығыздығының төмендігін, урбанизацияның салыстырмалы түрде төмен деңгейін және елді мекендер арасындағы үлкен қашықтықты ескере отырып, бірқатар аймақтардағы моторизация деңгейі алдағы жылдары да жоғары деңгейде қалуы мүмкін. Себебі автомобиль көптеген адамдар үшін негізгі және кейде жалғыз көлік құралы болып табылады. Мотористаның ең үлкен төмендеуіне қоғамдық көлікті, сондай-ақ жаяу жүргіншілер аймақтары мен велосипед жолдарын дамыту мүмкіндігі бар қалаларда қол жеткізуге болады. Велосипедтер немесе скутерлер сияқты жеке ұтқырлық түрлерін ілгерілету қысқа қашықтыққа балама бола алады.

Екіншіден, көлік паркін жаңарту ескі көліктерді жаңаларына ауыстыру ғана емес. Бұл сондай-ақ сұйытылған газбен жүретін көліктер, электромобильдер

немесе тіпті гибридті көліктер сияқты таза және заманауи технологияларға көшу. Алайда, мұндай жаңарту үй шаруашылығының қосымша шығындарын талап етеді. Осыған байланысты Үкімет пен жергілікті өзін-өзі басқару органдары жасыл көлікті пайдалануды ынталандыру және қолдау бойынша тиісті саясатты әзірлеп, жүзеге асыруы керек.

Үшіншіден, таза технологияға көшу-бұл көлікті таңдау ғана емес, сонымен қатар тиісті инфрақұрылымды құру.

Автомобиль көлігін газдандыру және электрлендіру атмосфераға парниктік газдар шығарындыларының қарқындылығын төмендетудің екі базалық шарасын білдіреді. Бұл әдістер, әсіресе кешенде қарастырылған кезде, көлік секторының қоршаған ортаға әсерінің айтарлықтай төмендеуіне әкелуі мүмкін. Алайда, тек технологиялық өзгерістер жеткіліксіз. Үлкен нәтижеге қол жеткізу үшін ұтқырлыққа деген сұраныс парадигмасын қайта қарау және өзгерту қажет.

Автокөліктерді жеке пайдалануды Алып тастау және авиация сияқты жоғары көміртекті көлік түрлеріне тәуелділікті азайту процестің маңызды аспектілеріне айналады. Бұл іс-шаралар қолайлы инфрақұрылымды құруға және жаңартуға ғана емес, сонымен қатар тұтынушылардың мінез-құлқындағы өзгерістерді ынталандыруға айтарлықтай инвестицияларды қажет етеді. Сонымен қатар, кез-келген инновация процесі сияқты, белгілі бір артықшылықтарды күту керек.

Көлік секторы шығарындылардың маңызды көздерінің бірі бола отырып, инновацияға көптеген мүмкіндіктер береді. "Жасыл" немесе жасыл технологияларға көшу ауаның ластану деңгейінің төмендеуі сияқты тікелей артықшылықтарға әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде қоғамдық денсаулықты жақсартуға, жол-көлік оқиғаларының азаюына, демек, тұрғындар үшін байланысты тәуекелдердің азаюына, сондай-ақ шу деңгейінің төмендеуіне әкеледі. қалалық кеңістіктер өмір сүруге ыңғайлы.

Көлік секторының ұзақ мерзімді дамуына келетін болсақ, мұнда "болдырмау-ауыстыру-жақсарту" (ASI) тұжырымдамасына сүйену керек. Бұл, ең алдымен, қозғалысқа деген қажеттілікті азайту немесе жою керек дегенді білдіреді; екіншіден, қоғамдық көлік НЕМЕСЕ велосипед сияқты экологиялық таза көлік құралдарына көшуді ынталандыру; үшіншіден, жаңа технологиялар мен стандарттарды әзірлеу мен енгізуді қамтитын көлік құралдарының тиімділігі мен тұрақтылығын жақсарту.

Көліктің климаттық сценарийі көлік инфрақұрылымын дамыту мен жаңғыртуға неғұрлым жауапты және саналы көзқарас мәселесінің өзектілігі мен өзектілігін көрсетеді. Экономикалық өсу мен даму жүк тасымалы мен жолаушылар тасымалына деген қажеттіліктің артуына әкелетінін түсініп, стратегия осы өсудің ықтимал теріс әсерін бейтараптандыруға болатындығын білдіреді. Бұған таза энергия көздеріне, сондай-ақ озық және тұрақты көлік шешімдері мен инновацияларға бағытталған инвестициялар арқылы қол жеткізуге болады.

Бұл тәсіл тек дерексіз немесе теориялық сөйлем емес. Іс жүзінде бұл экономикалық белсенділіктің жоғарылауымен және көлік қызметтеріне деген қажеттіліктің артуымен парниктік газдар шығарындыларының тұрақты немесе тіпті төмендеуі байқалатын көлік секторының дамуын қамтамасыз етуге

бағытталған нақты және практикалық іс-қимыл жоспарын білдіреді. Осылайша, біз өзіміздің қазіргі қажеттіліктерімізді қамтамасыз етіп қана қоймай, болашақ ұрпақ үшін қолайлы қоршаған әлемді сақтауға қамқорлық жасай аламыз.

Декарбонизациялық көлік процесінің жүрегінде экологиялық таза және тұрақты энергия көздеріне, сондай-ақ инновациялық технологияларға көшу тұжырымдамасы жатыр. Негізгі назар энергияның жаңа көздерін және оны алудың озық әдістерін белсенді енгізуге және пайдалануға аударылады. Бұл тұрғыда базалық бағыттардың бірі-атмосфераға шығарындыларды азайтуға мүмкіндік беретін электр көліктерін кеңінен қолдану. Сонымен қатар, әртүрлі энергия көздерінің артықшылықтарын біріктіретін гибридті жүйелердің интеграциясы белсенді түрде қарастырылуда. Энергетика саласындағы перспективалы бағытты білдіретін сутегі технологиялары да маңызды рөл атқарады. Осы тәсілдер мен технологиялардың барлығын біріктіру біздің экологиялық ізімізді айтарлықтай азайтып қана қоймай, уақыт сынақтарына жауап бере алатын болашақ ұрпақ үшін сенімді, тұрақты көлік жүйесін құруға мүмкіндік береді.

Көлік секторын сәтті декарбонизациялау үшін бірқатар негізгі және стратегиялық шараларға ерекше назар аудару қажет. Ең алдымен, қалалық жоспарлауды жүйелі түрде жақсарту туралы ойлану керек, бұл көлік инфрақұрылымын оңтайландыруды ғана емес, сонымен қатар тұрғындар үшін жайлы кеңістік құруды да қамтиды.

Тұрақты қалалық ұтқырлықты дамыту да осы процестің маңызды бөлігі болып табылады. Бұл қоғамдық көліктің сапасы мен қолжетімділігін арттыруды ғана емес, сонымен қатар халықты велосипедтер немесе жаяу жүргіншілер аймақтары сияқты балама көлік түрлерін пайдалануға тартуды қамтиды.

Қоғамдық көлікті электрлендіру және газдандыру көміртегі шығарындыларын азайтуда шешуші рөл атқаратыны сөзсіз. Осы мақсатта баламалы және жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын зарядтау инфрақұрылымын белсенді түрде дамыту қажет. Сонымен қатар, теміржолды одан әрі электрлендіру дәстүрлі энергия көздеріне тәуелділікті азайтуға көмектеседі.

Жолаушылар мен жүк тасымалын оңтайландыру көлік құралдарын ұтымды пайдалануды, бос рейстер санын азайтуды және басқа шараларды қамтиды. Мультимодальды тасымалдауды дамыту тасымалдау процесін икемді және экологиялық таза етуге көмектеседі.

Өндірушілер мен тұтынушыларды баламалы және жаңартылатын энергиямен жұмыс істейтін көлікті пайдалануға ынталандыру да басымдық болып саналады. Осы мақсатта салықтық жеңілдіктер немесе субсидиялар сияқты әртүрлі ынталандыру шараларын енгізуге болады.

Экологиялық таза технологияларды пайдалануға бағдарланатын көлік құралдарының отандық өндірісін дамыту туралы да ұмытпаған жөн.

Қорытындылай келе, көлік секторын декарбонизациялауға жан-жақты және кешенді көзқарас климаттың өзгеруіне қарсы күресте және болашақ ұрпақ үшін тұрақты экожүйені құруда маңызды нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2.10. Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторы

Бұл сектор коммерциялық секторды және халық секторын қамтиды. Көбінесе бұл секторды құрылыс секторы деп те атайды.

Қазақстан Республикасы-бұл континенттік климаттың ерекшеліктерін сезінетін ел, бұл ретте температуралық режимдердің шектен шығуы оған терең енеді. Қатты аязды өте суық қыс және кейде жоғары температуралық көрсеткіштерге жететін жаз тұрғындардан тұрғын және жұмыс бөлмелерінде қолайлы жағдайларды сақтау бойынша шаралар қабылдауды талап етеді. Бұл жағдайда жылыту үшін ғана емес, сонымен қатар жазғы кезеңде ғимараттарды салқындату үшін де энергияға жоғары сұраныс ынталандырылады.

Қазақстан Республикасының ерекшелігі-ғимараттар секторында энергия тұтынудың орташа деңгейі өте жоғары және жылына шамамен 270 кВт*сағ/м2 құрайды. Бұл көрсеткіш, әрине, көптеген еуропалық мемлекеттердің фонында елді ерекшелендіреді, мұнда ұқсас мәндер тек 100-120 кВт*сағ/м2 құрайды. Көршілес Ресеймен салыстырғанда, ол өзінің күрт Климаттық жағдайларымен де танымал және ғимараттар секторындағы энергия тұтынудың орташа көрсеткіші 210 кВт * сағ/м2-ге тең болса, Қазақстан Республикасы осы параметр бойынша жетекші орындардың бірін алады. Бұл деректер энергия тиімді технологияларды енгізудің және Қазақстан Республикасы үшін баламалы энергия көздерін іздеудің өзектілігін көрсетеді.

Ғимараттардың көбінесе энергия тиімділігі стандарттарына сәйкес келмейтіндігінің басты себебі, қатал климаттық жағдайлардың әсерінен басқа, энергия шығынының үлкен мөлшері болып табылады. Бұл құрылыста қолданылатын жылу оқшаулауының жеткіліксіздігіне немесе тиімсіздігіне байланысты. Мәселе көптеген ғимараттардың, әсіресе ескі ғимараттардың заманауи оқшаулау стандарттарына сәйкес келмейтіндігімен күрделене түседі.

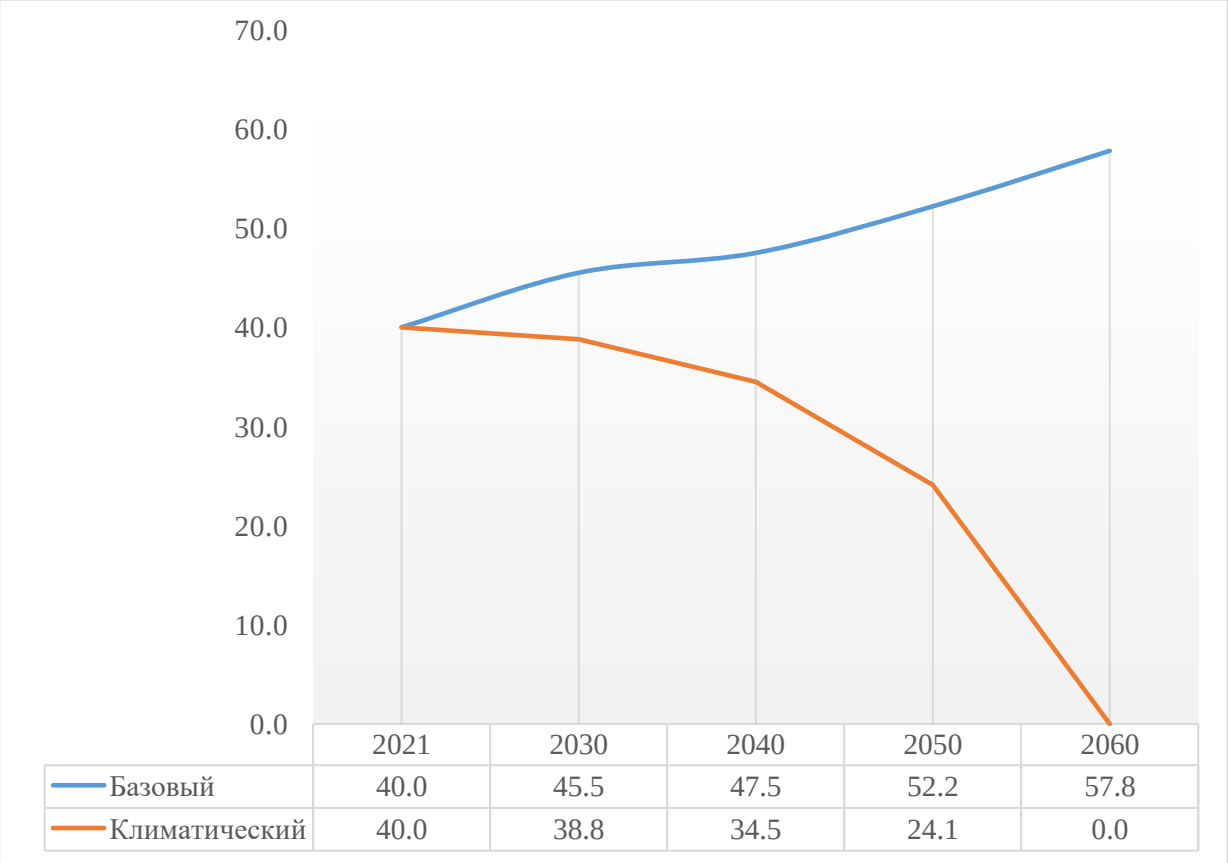
Ғимараттардағы жылу шығынының көп бөлігі жобалардың болуына және желдету жүйелерінің проблемаларына байланысты, бұл барлық шығындардың 56% құрайды. Содан кейін қабырғалар арқылы шығындар пайда болады, олар, өкінішке орай, оқшаулаудың жеткілікті деңгейімен қамтамасыз етілмейді. Бұл көрсеткіш 22% жетеді. Терезе саңылаулары да айтарлықтай энергия шығынын тудырады. Олар арқылы барлық жылу шығынының 14% - ы орын алады. Ақырында, соңғы 8% еден арқылы шығынға ұшырайды, бұл кейбір ғимараттарда оларды оқшаулау әдістерін жақсарту қажеттілігін көрсетеді.

Осылайша, ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру үшін жылу оқшаулағыш материалдар мен технологиялардың сапасына ерекше назар аудару, сондай-ақ бұрыннан бар объектілерді үнемі диагностикалау және жаңғырту қажет.

Қазіргі заманғы энергетикалық стандарттарға сәйкес келмейтін Қазақстан Республикасыдағы ғимараттардың үлесі айтарлықтай бөлігін алады. Себебі ғимараттардың көп бөлігі бұрыннан салынған және уақыт өте келе олардың техникалық жағдайы нашарлайды. Елдегі 2,4 миллион ғимараттың жалпы санының шамамен 31,5% - ы 50 жастан асқан, бұл оларды әртүрлі пайдалану мәселелеріне ықтимал осал етеді. Бұған қоса, ғимараттардың тағы 32,9% - ы 25 жастан асқан нысандар ретінде белгіленеді. Мұның бәрі олардың көпшілігі қауіпсіздік пен энергия тиімділігінің заманауи стандарттарына сәйкес келмеуі мүмкін екенін

көрсетеді. Мәселен, 2021 жылдың деректері бойынша көппәтерлі үйлердің 34% - ы күрделі жөндеуді қажет етті, бұл елдің тұрғын үй қорын жаңарту мен жаңғыртудың маңыздылығын көрсетеді.

90% - дан жоғары деңгейге жететін жеке үй иелену үлесімен Қазақстан Республикасы тұрғын үй жылжымайтын мүлігін жеке иелену деңгейі бойынша әлемнің үздік елдерінің қатарына лайықты кіреді. Бұл жоғары үлес Қазақстан Республикасында 1990 жылдардың басында орын алған тұрғын үй объектілерін ауқымды жекешелендірудің тікелей нәтижесі болып табылады. Сол кезеңде тұрғындар өздері тұратын пәтерлерді заңды түрде меншікке ауыстырудың бірегей мүмкіндігіне ие болды. Ғимараттың құрылымдық элементтері, соның ішінде шатыр, қаптау, баспалдақ алаңдары, лифттер, едендер және әртүрлі инженерлік жүйелер барлық тұрғындардың ортақ меншігі болып табылады. Осыған байланысты әрбір меншік иесі үйдің осы жалпы бөліктерін күтіп ұстауға және жөндеуге өз үлесін алады. Олар ортақ мүлікті басқаруға және күтіп ұстауға арналған белгілі бір жарналарды үнемі төлейді.



Сурет 2.10.1. Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторында парниктік газдар шығарындыларының даму сценарийлері, MtCO2 экв

Меншік иелерінің қызығушылықтары мен әлеуметтік жағдайының әртүрлілігін, сондай-ақ көпқабатты үйлердің қазіргі орналасуын және энергияны тұтынуды бақылауға ынталандырудың жоқтығын ескере отырып, тұрғындар термодернизация жобаларына сирек инвестиция салады. Бұл жағдайды елдегі электр энергиясының салыстырмалы түрде төмен тарифтері қиындатады, бұл

энергияны үнемдеуге байланысты энергия тиімділігіне салынған инвестициялардың өтелу мерзімін тым ұзақ етеді.

Біздің аймақтың климаттық жағдайларын және көптеген ғимараттардың жылу оқшаулауының қазіргі сапасын ескере отырып, жылу өндірісі осы объектілерден шығатын шығарындылардың негізгі көздерінің біріне айналады деп айтуға болады. Бұл жылудың көп бөлігі, өкінішке орай, қазба отындарын тікелей жағу арқылы өндіріледі. Бұл орнында немесе шағын, жергілікті қазандық қондырғыларында болады.

Ауылдық жерлерде жағдай біздің алдымызда одан да өткір тұр. Онда жылудың едәуір бөлігі көмір және әртүрлі мұнай өнімдері сияқты отын көздерін жағу арқылы алынады. Бұл жылыту әдістері экологиялық тұрғыдан өте тиімсіз және атмосфераға парниктік газдардың көп бөлінуіне ықпал етеді.

Ірі қалалық агломерацияларда орталықтандырылған жылу жүйелері барлық жылу тұтынудың жартысына жуығын қанағаттандыруға жауапты. Алайда, осы желілердің ескі және тозған инфрақұрылымдарына инвестициялардың жетіспеушілігінен біз жоғары энергия шығыны мәселесіне тап боламыз. Жылуды барлық берілген энергияның үштен біріне дейін бөлу ескірген жүйелер мен желінің тиімсіздігіне байланысты жоғалады. Осыған байланысты, соңғы бірнеше жылда осы жылу жүйелерін қайта құру және жаңғырту жобаларына, сондай-ақ тұрақты техникалық қызмет көрсетуге назардың артуы байқалды. Бұл тәсіл және инфрақұрылымды жаңартуға назар аудару ғимараттарды салу және пайдалану саласындағы энергия тиімділігін одан әрі арттыру үшін маңызды болып табылады. Сонымен қатар, атмосфераға шығарындылар проблемасы, әсіресе қалалық жерлерде, жылу және электр энергиясын өндіру салаларындағы декарбонизация процестерімен тікелей байланысты екенін ұмытпауымыз керек. Сондықтан, бұл мәселенің маңыздылығын ескере отырып, жасыл энергия көздеріне көшу қажеттілігіне назар аударылады.

Халық санының белсенді өсуі және тұрғын үй инфрақұрылымына деген қажеттіліктің артуы тұрғысынан жан басына шаққандағы тұрғын үй қорын ұлғайту міндеті өзекті болып отыр. Ағымдағы үрдістер мен қалалық инфрақұрылымды дамытуды жоспарлауды ескере отырып, алдағы бес жылда тұрғын үй ғимараттарының көлемін үштен біріне ұлғайту көзделіп отыр. Бұл стратегия азаматтардың әлеуметтік қажеттіліктеріне жауап беріп қана қоймай, құрылысшылар мен қала құрылысшыларына жаңа міндеттер қояды.

Қазіргі заманның маңызды мәселелерінің бірі, сөзсіз, энергияны тұтынудың артуы және онымен байланысты парниктік газдар шығарындыларының артуы. Бұл біздің ерекше назарымызды және белсенді әрекеттерімізді қажет ететін өзекті мәселе. Энергияны тұтынуды азайту және атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту көптеген пікірталастар мен зерттеулердің орталығында. Бұл тұрғыда қазіргі заманғы ғимараттар мен құрылыстар өзгерістердің негізгі элементтеріне айналуда және олар энергия тиімділігінің өзекті стандарттарына сәйкес сапалы жаңғыртуды талап етеді.

Мәселе күрделі болып көрінгенімен, тұрғын үй секторындағы қазіргі жағдайлар, барлық қиындықтарға қарамастан, бірегей мүмкіндіктер ашылатынын түсіну қажет. Құрылыс, қайта құру және ғимараттардың инфрақұрылымын

жаңарту саласында жаңа технологияларды, инновациялық әдістер мен озық тәсілдерді қолдануға мүмкіндік бар. Бұл сәт еліміздің тұрғын үй құрылысын терең трансформациялаудың, берілетін тұрғын үйдің стандарттары мен сапасын, сондай-ақ оны салу мен пайдалану әдістерін қайта қараудың бастапқы нүктесі бола алады.

Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторыны шығарындылары коммерциялық және мемлекеттік сектор мен үй шаруашылықтарының энергияны пайдалануымен, яғни электр энергиясын, жылуды тұтынумен және бастапқы энергияны тікелей пайдаланумен байланысты (мысалы, тамақ дайындау, жеке жылыту және т.б.). Төменде отын түрлері бойынша энергия ресурстарына түпкілікті сұраныс берілген.

Кесте 2.10.1. Жанармай түрлері мен пайдалану бағыттары бойынша ғимараттардағы энергияға түпкілікті сұраныс, мың тнэ

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Көмір	4520	4972	5198	5424	5650	3164	2260	904	0
Табиғи газ	4759	5235	5473	5710	5948	3331	2379	952	0
Мұнай өнімдері	3073	3380	3533	3687	3841	2151	1536	615	0
Биоотын	23	59	102	257	688	58	103	250	380
Жылу сорғылары (геотермия)	0	0	0	0	0	97	107	459	989
Гелиоколлекторлар	0	0	0	0	0	0	0	341	1198
Электр энергиясы	3186	3560	3950	4159	4605	3916	5135	8318	13815
Жылу энергиясы	4683	5101	6305	6977	7814	5612	6935	10465	15628
Барлығы	**20243**	**22313**	**24561**	**26215**	**28546**	**18329**	**18456**	**22304**	**32010**

Көріп отырғаныңыздай, соңғы энергияны тұтыну сценарийлер бойынша бір жарым еседен астам өседі, бұл негізгі тұтынушы болып табылатын халықтың өсу динамикасын қайталайды.

Ғимараттардан парниктік газдар шығарындыларын сәтті азайту үшін әртүрлі технологиялық бағыттар мен стратегияларға ауқымды инвестициялар қажет. Ең алдымен, жылыту жүйелерін газдандыруға және электрлендіруге баса назар аудару керек, өйткені олар атмосфераға парниктік газдар шығарындыларын азайтудың перспективалы тәсілдерін білдіреді.

Сонымен қатар, қазба отындарына балама ретінде жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың маңыздылығы туралы хабардарлық артып келеді. Мысалы,

жылу күн энергиясы мен фотовольтаикалық панельдерді пайдаланатын жүйелерді біріктіру дәстүрлі жылыту әдістеріне тамаша балама ғана емес, сонымен қатар қалалық инфрақұрылымның тұрақты дамуына ықпал етуі мүмкін. Мұндай технологиялар энергия тиімділігін арттырып қана қоймайды, сонымен қатар ғимараттардың экологиялық ізін азайтуға көмектеседі, оларды "жасыл" және экологиялық таза етеді. Бұл бағыттарға қаражат салу климаттың өзгеруімен күресуге ғана емес, сонымен қатар қалалық агломерациялардың тұрақты дамуына маңызды қадам болады.

Энергия тиімділігінің артуы қазіргі экономикада орталық рөл атқарады, өйткені бұл өндірістік және басқа процестерді оңтайландыруға әкеледі. Кәсіпорындар мен үй шаруашылықтары электр энергиясын немесе басқа ресурстарды аз тұтынуды бастағанда, бұл автоматты түрде сол ресурстарға жұмсалатын шығындардың төмендеуіне әкеледі. Бұл тәсіл экономикалық тұрғыдан тиімді ғана емес, сонымен қатар атмосфераға шығарындылардың жалпы көлемін азайтуға ықпал етеді.

Заманауи, энергияны үнемдейтін технологиялар мен әдістерді қолдану белгілі бір сектордың ғана емес, бүкіл аймақтар мен елдердің экологиялық басылымын азайтудың негізгі факторы болып табылады. Бүгінгі таңда көптеген компаниялар бұл мәселенің маңыздылығын түсінеді және өз қызметіне озық әзірлемелерді белсенді түрде енгізуде. Бұл тәсіл кәсіпорындардың әлемдік нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін арттырып қана қоймай, барлығымыз үшін экологиялық тұрақты болашақ құруға ықпал етеді.

Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторын декарбонизациялау экологиялық саналы елдердің назарында. Бұл сектордағы көмірқышқыл газы мен басқа парниктік газдар шығарындыларының төмендеуін білдіреді. Осы бағыттағы тиімді қозғалыс үшін бірқатар негізгі шараларды сауатты іске асыру қажет.

Ең алдымен, ғимараттардың энергия тиімділігін арттыруға көп көңіл бөлу керек. Бұл бүкіл ғимаратта заманауи жылу оқшаулағыш материалдарды, энергияны басқару жүйесін және энергияны үнемдейтін технологияларды қолдануды білдіреді.

Содан кейін орталықтандырылған жылумен жабдықтауды жаңғыртумен айналысу керек. Заманауи технологиялар беріліс кезінде жылу шығынын едәуір азайтуға мүмкіндік береді және мұны ең үнемді етеді.

Сондай-ақ жаңартылатын энергия көздерін белсенді енгізу қажет. Бұл күн панельдері, жел генераторлары, жылу сорғылары және басқа технологиялар болуы мүмкін. Олар қазба отын көздеріне тәуелділікті айтарлықтай төмендетеді.

Үй-жайларды жылытуға және ыстық сумен жабдықтауға арналған тиімді технологиялар да шешуші рөл атқарады. Олар энергия тұтынуды азайта отырып, тұрғындар үшін қолайлы жағдайларды қамтамасыз етуге көмектеседі.

Жаңа тұрғын үй, қоғамдық және өндірістік ғимараттардың энергетикалық тиімділігіне қатаң талаптар қою өте маңызды. Бұл талаптар с класынан төмен болмауы керек, бұл объектінің жоғары энергия тиімділігін қамтамасыз етеді.

Ғимараттардың энергия тиімділігін мониторингтеу, есеп беру және верификациялау жүйесін енгізу белгіленген стандарттар мен нормалардың

орындалуын бақылауға мүмкіндік береді. Бұл іс-әрекеттерді жедел түзетуге және тиімділікті жақсарту үшін шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

Жылу энергиясын бақылау мен есепке алудың автоматтандырылған жүйелерін ауқымды енгізу дәл есепке алуды қамтамасыз етеді және тұтынуды оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Сонымен, қолданыстағы орталықтандырылған және жеке жылытылатын ғимараттарды, сондай-ақ ыстық сумен жабдықтау және жылыту жүйелерін энергияны тиімді жаңарту қажет. Бұл оларды энергияны аз жұмсайды және экологиялық таза етеді.

Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторын декарбонизациялау ағымдағы экологиялық талаптарға сай болу және қалалық ортаның тұрақтылығын жақсарту үшін инновациялық және ұзақ мерзімді шешімдерді қолдануды талап етеді.

Соңғы жылдардағы негізгі инновациялардың бірі-ғимараттарды басқарудың интеллектуалды жүйелері. Бұл жүйелер Машиналық оқыту принциптері мен үлкен деректерді талдауды қолдана отырып, энергияны, ресурстарды тұтынуды нақты уақыт режимінде талдауға және оларды пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Олардың көмегімен энергияны тұтынуды ғимараттың ағымдағы қажеттіліктеріне бейімдеуге, ресурстарды тиімсіз пайдалануды болжауға және әртүрлі жүйелердің жұмыс режимдерін автоматты түрде реттеуге болады.

Материалтану саласындағы заманауи технологиялар да маңызды рөл атқарады. Мысалы, фотовольтаикалық терезелер ғимараттарды жарықпен қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар қосымша қуат көздерін қамтамасыз ете отырып, күн энергиясын электр энергиясына айналдыра алады. Нанотехнологияға негізделген жылу оқшаулағыш жабындар қыста жылуды және жазда салқындатуды сақтай отырып, ғимараттардың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді, бұл сыртқы энергия көздеріне тәуелділікті азайтады.

Тағы бір маңызды бағыт — геотермалдық энергияны пайдалану. Жердің тереңінде температура жағдайлары тұрақты болып қалады және оны энергияны айтарлықтай үнемдейтін және экологиялық іздерді азайтатын ғимараттарды жылыту және салқындату жүйелерін құру үшін пайдалануға болады.

Сонымен қатар, электромобильдер үшін инфрақұрылымды заманауи ғимараттарға біріктіру өзекті бола түсуде. Бүгінгі таңда көптеген жаңа нысандар Жылдам зарядтау станцияларымен және электр көліктерін қоюға арналған аймақтармен жабдықталған, бұл экологиялық таза көлік құралдарына көшуді ынталандырады.

Ұзақ мерзімді жоспарлау сонымен қатар тұрақты қалалық тәжірибелерді қосуды талап етеді. Бұған ауа сапасын жақсартуға, Биоәртүрлілікті арттыруға және қала тұрғындарының әлеуметтік-мәдени өмірін байытуға ықпал ететін көбірек жасыл аймақтар, саябақтар мен демалыс орындарын құру кіреді.

Осылайша, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық секторын декарбонизациялау тек технологиялық процесс емес, бұл инновацияларды, экологиялық жауапкершілікті және болашақ ұрпақ үшін тұрақты және жайлы қалалық кеңістіктер құруға деген ұмтылысты біріктіретін біртұтас тәсіл.

2.11. Ауыл шаруашылығы

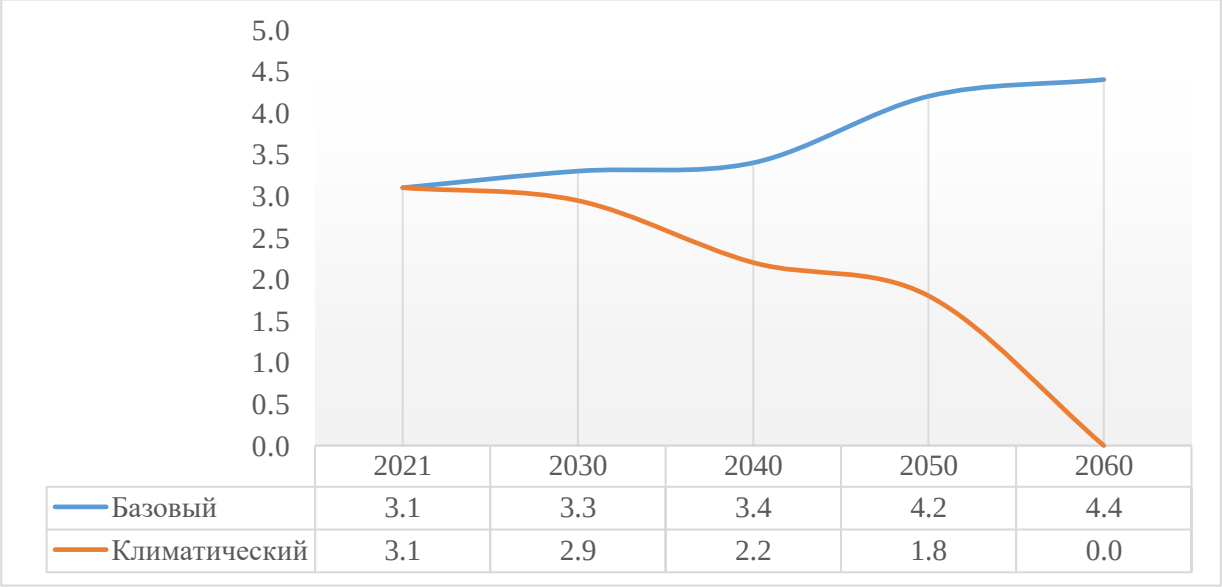
Ауылшаруашылық өндірісі экология мәселелерінде екіұшты рөл атқарады. Бір жағынан, ол табиғи экожүйелердегі өзгерістерді тудыратын қоршаған орта жағдайына белсенді әсер етеді. Бұл өзгерістер климаттың жылынуы, су ресурстарының қол жетімділігінің төмендеуі, топырақ қабаттарының қарқынды деградациясы, ормандардың жойылуы және биоәртүрліліктің өзгеруі түрінде көрінуі мүмкін. Ауыл шаруашылығының табиғатқа әсері планетаға үлкен экологиялық әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Екінші жағынан, ауылшаруашылық өндірісінің өзі табиғатта болып жатқан процестерге де ұшырайды. Климаттың өзгеруі дақылдардың өнімділігі мен сапасына әсер етуі мүмкін, ал жердің деградациясы олардың құнарлылығын төмендетеді. Орман алқаптарының азаюы өз кезегінде су балансын реттеуге және микроклиматтың сақталуына әсер етеді. Осы факторлардың барлығы ауыл шаруашылығына өзгермелі жағдайларға ең төзімді және сонымен бірге қоршаған ортаға аз зиян келтіретін дақылдар мен өсіру әдістерін таңдау бойынша күрделі міндеттер қояды.

Ауыл шаруашылығында жанармай жағу парниктік газдар мен басқа да зиянды заттардың атмосфераға шығарылуының негізгі көздерінің бірі болып табылады. Бұл ауыл шаруашылығы жұмыстарын механикаландыру енгізудің әртүрлі кезеңдерінде тұрған дамыған және дамушы елдер үшін де өзекті.

Дизель және бензин сияқты дәстүрлі отын көздері ауылшаруашылық техникаларында кеңінен қолданылады: тракторлар, комбайндар, тиегіштер және басқа машиналар. Жаһандық климаттың өзгеруін және шығарындыларды азайту қажеттілігін ескере отырып, көптеген елдер баламалы отын көздерін және оларды ауылшаруашылық секторында тиімді пайдалану әдістерін іздей бастады. Ауылшаруашылық қалдықтарынан немесе арнайы өсірілген дақылдардан өндірілетін биоотын барған сайын танымал бола бастады. Оны қолдану көміртегі ізін азайтуға және өндірісті қоршаған ортаға аз зиян келтіруге мүмкіндік береді. Дегенмен, баламалы отын көздеріне көшу айтарлықтай инвестицияны қажет етеді. Қолданыстағы техниканы жаңғырту, оны отынның жаңа түрлеріне бейімдеу және қызметкерлерді оқыту қажет. Сонымен қатар, биоотын өндірісі мен таралуының экологиялық және әлеуметтік салдары да бар. Нәтижесінде, ауыл шаруашылығында жанармай жағу қоршаған ортаға және адамдардың денсаулығына зиянды әсерлерді азайту үшін кешенді тәсіл мен инновациялық шешімдерді талап ететін өзекті мәселе болып қала береді.

Төменде жанармай жағу бөлігіндегі ауыл шаруашылығындағы шығарындылар берілген.



Сурет 2.11.1. Ауыл шаруашылығындағы отынды жағу бөлігіндегі шығарындылар, MtCO2 экв

Ауыл шаруашылығындағы декарбонизация әдістері Құрылыс, көлік, электр және жылу өндірісі сияқты энергетикалық секторларда қолданылатындарға ұқсас. Аграрлық секторда отынды пайдалану құрылымын өзгерту бойынша одан әрі ұсыныстар төменде келтірілген.

Кесте 2.11.1. Ауыл шаруашылығындағы энергияға отын түрлері мен салалары бойынша түпкілікті сұраныс, мың тнэ

	Нақты	**Базалық**				**Климаттық**			
	2021	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Көмір	106.1	18.7	0	0	0	18.7	0	0	0
Мұнай өнімдері	549.1	785.5	871.5	935.5	976.4	795	927.9	534.1	0
Табиғи газ	74.7	16.1	14.1	0	0	15.8	13.8	0	0
Электр қуаты	166.2	17.8	12.3	13	13.6	18	29.7	62.2	95.3
Жылу энергиясы	77.2	90.5	80.4	72	62.3	92.1	91.6	92.5	89.8
Биоотын	0	33.7	33.5	0	0	34.1	34	512.9	1168.1
Геотермия	0	30.6	38.1	50.9	56.6	31.5	44.9	65.5	81.7
Барлығы	**973.3**	**992.8**	**1050.1**	**1071.4**	**1108.9**	**1005.2**	**1141.8**	**1267.2**	**1435**

Ауыл шаруашылығында жанармай жағу кезінде парниктік газдар шығарындыларын азайту кешенді тәсілді және бірқатар шараларды енгізуді талап етеді. Негізгі бағыттардың бірі баламалы отын түрлеріне көшу болып табылады. Өсімдік қалдықтарынан, мал шаруашылығынан немесе арнайы өсірілген дақылдардан алынған биоотын мәселені шешудің маңызды құралы бола алады,

өйткені ол жанған кезде дәстүрлі отынмен салыстырғанда көмірқышқыл газы аз бөлінеді.

Сондай-ақ техниканы тиімді пайдалануға назар аудару маңызды. Тиімділігі жоғары және отын шығыны аз заманауи техниканы енгізу, сондай-ақ тұрақты техникалық қызмет көрсету шығарындыларды азайтуы мүмкін. Сондай-ақ, тыңайтқыштарды, пестицидтерді немесе суды қайда және қанша мөлшерде қолдану керектігін дәл анықтауға мүмкіндік беретін дәл егіншілік технологияларын қолдануды қарастырған жөн, бұл өз кезегінде машиналардың жұмысын оңтайландырады және отын шығынын азайтады.

Ауыл шаруашылығында электрлік және гибридті технологияларды меңгеру де мәселенің шешімі болуы мүмкін. Соңғы жылдары электр тракторлары мен басқа да техникалар өндірісі белсенді дамып келеді, бұл жанармай жағуды азайтуға немесе толығымен жоюға мүмкіндік береді.

Фермерлердің парниктік газдар шығарындылары мәселесі және оларды азайту әдістері туралы хабардар болуы да маңызды. Семинарларды, тренингтерді және воркшоптарды ұйымдастыру үздік тәжірибелер мен инновациялық тәсілдерді таратуға ықпал етеді. Сонымен қатар, агроорман шаруашылығы және агроэкологиялық жүйелер, соның ішінде ауылшаруашылық алқаптарында ағаш егу немесе қорғаныс орман алқаптарын құру көмірқышқыл газы шығарындыларының бір бөлігін өтеуге көмектеседі.

Өнімді сақтау және тасымалдау тиімділігін арттыру да рөл атқаруы мүмкін. Логистикалық процестерді оңтайландыру көлік құралдарына және сәйкесінше жанармай жағуға деген қажеттілікті азайтады. Ақырында, консервативті егіншілік, минималды өңдеу және органикалық тыңайтқыштарды пайдалану сияқты тұрақты ауылшаруашылық тәжірибелерін енгізу механикаландыру қажеттілігін және соның салдарынан жанармай жағуды азайтуы мүмкін.

Парниктік газдар шығарындыларын азайту контекстінде Ауыл шаруашылығын дамытудың ұзақ мерзімді көзқарасы өндірістің әрбір аспектісі табиғатпен үйлесімді жұмыс істейтін тұрақты және теңдестірілген жүйені құруға негізделген. Бұл жүйе топырақтың денсаулығын сақтайды, Биоәртүрлілікті сақтайды және экожүйеге зиянды әсерді азайтады.

Ауыл шаруашылығындағы көлік те төңкеріске ұшырайды. Электр және автономды көлік құралдары белсенді түрде енгізілетін болады, бұл шығарындыларды азайтуға және өнімді тасымалдау процесін тиімдірек етуге мүмкіндік береді.

Фермерлер, ғылыми ұйымдар және мемлекеттік органдар арасындағы ынтымақтастық пен интеграция осы ұзақ мерзімді көзқарасты жүзеге асырудың кілті болады. Білім мен тәжірибе алмасу желілерін құру ең жақсы тәжірибелер мен инновацияларды тезірек және тиімдірек таратуға көмектеседі.

Сонымен қатар, ауыл шаруашылығында дөңгелек экономика қағидаттарын енгізу маңызды аспект болады. Бұл дегеніміз, барлық өндірістік қалдықтар тыңайтқыш ретінде немесе энергия немесе басқа өнімдер үшін қайта пайдаланылады.

Ауыл шаруашылығының болашағын қалыптастыруда тұтынушылардың хабардарлығы да маңызды рөл атқарады. Экологиялық таза, жергілікті және

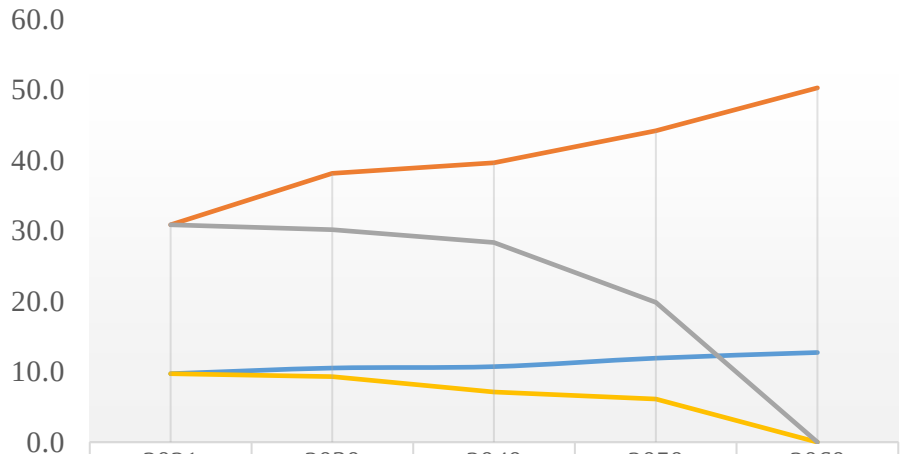
маусымдық өнімдерге сұраныс артады деп болжануда. Бұл фермерлерді қоршаған ортаға барынша қолайлы өндіріс әдістерін қолдануға итермелейді.

Қорытындылай келе, ауыл шаруашылығын дамытудың ұзақ мерзімді көзқарасы адам мен табиғат ортақ игілік үшін бірге жұмыс істейтін үйлесімді, тұрақты және тиімді жүйені құруға бағытталған. Біздің алдымызда үлкен қиындықтар тұрса да, инновациялық технологиялар, ғылыми зерттеулер және жаһандық ынтымақтастық бізге дұрыс бағытта жүруге мүмкіндік береді.

2.12. Ұшпа эмиссиялар секторы

Қазіргі экологиялық жағдайда ұшпа шығарындылар секторындағы парниктік газдар шығарындыларының деңгейіне ерекше назар аударылады. Бұл әртүрлі деңгейдегі саяси шешімдермен және басқа экономикалық және өнеркәсіптік салаларда қабылданған шаралармен тығыз байланысты. Басқаша айтқанда, бір аймақтағы белсенділік басқа аймақтағы шығарындылар санына тікелей әсер етуі мүмкін. Егер сіз осы мәселенің дамуының базалық сценарийіне мұқият қарасаңыз, шығарындылардың өсу тенденциясы сақталатыны белгілі болады. Бұл әсіресе ұшпа эмиссиялардың барлық түрлерінде байқалады. Осылайша, осы эмиссиялардың деңгейін тиімді бақылау және азайту үшін барлық байланысты факторларды жаһандық және жан-жақты қарастыру, сондай-ақ басқарудың көптеген деңгейлерінде үйлестірілген шаралар қабылдау қажет.

Бір жағынан, экономика мен өнеркәсіптің дамуы отынның әртүрлі түрлерін тұтынудың артуына әкеледі. Екінші жағынан, белсенді декарбонизацияны қамтитын климаттық сценарийді қарастырғанда, ұшпа шығарындылар шығарындыларының айтарлықтай төмендегенін байқауға болады. Бұл эмиссиялар көбінесе көмір сияқты қатты отындарды пайдаланумен байланысты. Қоршаған ортаны қорғау және климаттың өзгеруімен күресу қажеттілігі бұл процесті басқарудың әртүрлі деңгейлерінде белсенді түрде қолдауға әкеледі. Бұл қолдаудың негізгі механизмі-көмір ресурстарын тұтынуды азайту. Бұл стратегия көмірді жел, күн және гидроэнергетика сияқты тұрақты энергия көздерімен алмастыруға бағытталған. Осылайша, әлем ластаушы көздерге тәуелділікті азайтып, жасыл баламаларды таңдай отырып, экологиялық тұрақты болашақ бағытында белсенді қозғалуда. Төменде ұшпа шығарындылар секторындағы шығарындылар берілген.



	2021	2030	2040	2050	2060
Базовый - Твердые виды топлива	9.7	10.5	10.7	11.9	12.7
Климатический - Твердые виды топлива	9.7	9.3	7.1	6.1	0.0
Базовый - Нефть и природный газ	30.8	38.1	39.6	44.1	50.2
Климатический - Нефть и природный газ	30.8	30.1	28.3	19.8	0.0

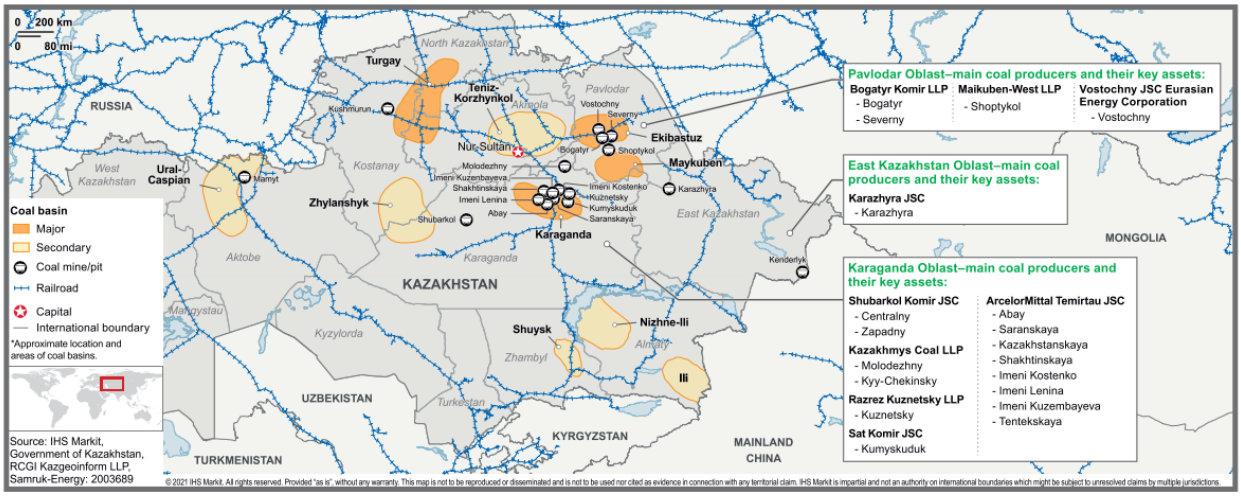
Сурет 2.12.1. Ұшпа эмиссиялар секторындағы парниктік газдар шығарындылары, MtCO2 экв

Мұнай мен табиғи газды өндірумен және пайдаланумен байланысты Ұшпа эмиссияларға қатысты базалық сценарийде олардың айтарлықтай өсуі болжанғанын атап өткен жөн. Бұл өсудің себебі газдандыру процестерін жандандыру және осы отын түрлерін әртүрлі салаларда пайдалануды кеңейту болып табылады. Көптеген өндірушілер мен тұтынушылар оларды тиімділігі мен нарықта қол жетімділігі үшін таңдайды.

Алайда, экологиялық таза энергия көздеріне көшуді көздейтін климаттық сценарийде экономиканың әртүрлі салаларында қазба отындарына тәуелділіктің төмендеуі байқалады. Бұл өз кезегінде отынның осы түрлерін өндіруді, тасымалдауды және өңдеуді азайтуға әкеледі. Осының тікелей салдары ретінде атмосфераға Ұшпа эмиссиялар шығарындыларының айтарлықтай төмендеуі байқалады. Бұл қоршаған ортаны қорғаудың жасыл шешімдерінің пайдасына энергетикалық саясатты қайта қарау қажеттілігін растайды.

Бүгінгі таңда Қазақстан Республикасы ең үлкен көмір қоры бар он елдің қатарында, шамамен 400 кен орнында 29,4 миллиард тонна расталған көмір бар [Казэнерджи, 2021]. Елдің негізгі көмір аудандары Екібастұз (10 млрд тонна), Қарағанды (6,9 млрд тонна) және Торғай (5,9 млрд тонна) бассейндерін қоса алғанда, солтүстік және орталық облыстарда орналасқан (төмендегі қоса берілген суретті қараңыз). Көмір өндірудің басым бөлігі немесе 72% - ы Қарағанды және Павлодар облыстарында орын алады. Қазақстан Республикасында 25 компания көмір өндірумен және өңдеумен айналысады, оның төртеуі өндірудің жалпы көлемінің үштен екісін қамтамасыз етеді. 2022 жылы 113,9 миллион тонна көмір мен лигнит өндірілді. Бұл ретте 72% ішкі нарыққа пайдаланылды, ал қалған 28% экспортқа бағытталды.

2021 жылы Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің ұлттық статистика бюросының деректеріне сәйкес көмір бастапқы энергияның жалпы тұтынуынан 48,8% (немесе мұнай баламасына қайта есептегенде 33,5 млн тонна) құрайтын Қазақстан Республикасының энергетикалық балансында маңызды орын алды. Бұл көмірдің шамамен 72,4% - ы жылу электр станцияларында электрмен жабдықтау және орталықтандырылған жылумен қамтамасыз ету үшін қолданылады. Көмірдің қалған бөлігі өнеркәсіп, тұрғын үй, қызмет көрсету саласы және басқа да энергетикалық қажеттіліктер арасында бөлінеді.



Сурет 2.12.2. Қазақстан Республикасының көмір бассейндері және негізгі өндірістік алаңдары [Казэнерджи, 2021]

Қазақстан Республикасы көміртегі бейтараптығына 2060 жылға қарай қол жеткізуге ниетті, деп хабарлайды. Бұл өршіл жоспар бірнеше негізгі бағыттарға сүйенеді, көмірді тұтынуды біртіндеп азайту жоспарлануда, оның ішінде оны үйде және электр энергиясын өндіруде пайдалану. Ел табиғи газды тасымалдау және тарату үшін инфрақұрылымды дамытуды жандандыруда. Бұл Шығыс Қазақстан, Павлодар, Қарағанды, Ақмола және Солтүстік Қазақстан облыстары сияқты негізгі өңірлерде көмірден бас тартуға көмектеседі. Жаңартылатын энергия көздерін енгізу де басымдық болып табылады. Олардың электр энергетикасындағы үлесі 2020 жылғы 3% - дан 2030 жылы 15% - ға дейін артады және 2060 жылға қарай олар электр энергиясының 80% - дан астамын өндіреді деп күтілуде.

Көміртекті бейтараптыққа қол жеткізу стратегиясына сәйкес, 2030 жылға қарай Қазақстан Республикасында жалпы көмір өндіру ағымдағы деңгеймен салыстырғанда 26% - ға төмендеуі тиіс. Бұл құлдырау негізінен жартылай битуминозды көмір өндірісінің төмендеуімен байланысты, осы онжылдықта көмірдің басқа түрлерін өндіру салыстырмалы түрде тұрақты болып қалады. Ең әсерлі құлдырау 2030 жылдан кейін орын алады, 2035 жылға қарай жалпы көмір өндірісі екі есеге азайып, 2050 жылға қарай 90% құлдырауға қол жеткізілуі керек.

Осылайша, парниктік газдар шығарындыларының деңгейін анықтауда әртүрлі секторлар арасындағы өзара әрекеттесу мен байланыс шешуші рөл атқаратыны анық. Бір сектор тудыратын бұл шығарындылар басқа салалардағы әрекеттер мен шешімдерге тікелей немесе жанама түрде байланысты болуы

мүмкін. Сондықтан климаттың өзгеруімен күресудің ұзақ мерзімді стратегияларын жоспарлау туралы сөз болғанда, мүмкін болатын барлық қатынастар мен салдарларды ескеру қажет. Өйткені, бір саладағы әрекеттер басқа салаларға үлкен әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты проблеманы жан-жақты қарастыру және шығарындыларды азайтуға жаһандық көзқарас экологиялық тұрғыдан қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін маңызды болып табылады. Бұл жан-жақтылық пен өзара тәуелділікті ескермеу күтпеген және жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін.

3. Қорытынды

Ұсынылған зерттеудің соңында Қазақстан Республикасының энергетикалық жүйесінде техникалық-экономикалық модельдеуді қолданудың маңыздылығын атап өткен жөн. Осы контексте TIMES модель генераторын пайдалану айтарлықтай танылды және оның тамыры 2009 жылдан бастап өткенге дейін барады. Бұл интеграцияланған жүйе көптеген ғылыми жарияланымдарды қалыптастыруда шешуші рөл атқарды. Сонымен қатар, оның арқасында әртүрлі ұлттық және халықаралық жобаларда қолданылатын көптеген маңызды материалдар дайындалды.

Ұсынылған жұмыс маңызды салада — энергия өндірісінде көміртегі бейтараптығына қол жеткізуге бағытталған әртүрлі стратегиялар мен шараларды егжей-тегжейлі қарастырады. Осы саланың әлеуетті даму жолдарын жан-жақты талдау мен бағалауды қамтамасыз ету үшін екі негізгі сценарий бөлінді: ағымдағы тенденцияларды ескере отырып, даму болжамы болып табылатын базалық сценарий және көмірқышқыл газы мен басқа парниктік газдар шығарындыларын азайтудың белсенді шараларын ескеретін Климаттық сценарий. Бұл сценарийлердің екеуі де қол жетімді деректер мен көрсеткіштерді егжей-тегжейлі талдау негізінде жасалған. Олар қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін пайдаланылуы мүмкін жолдар мен әдістер туралы құнды ақпарат береді. Осы сценарийлерді әзірлеудің негізі ретінде қабылданған болжамды кезең 2060 жылға дейінгі уақыт аралығын қамтиды, бұл бірнеше онжылдықтар ішінде энергия өндірісіндегі ұзақ мерзімді әсерлер мен ықтимал өзгерістерді бағалауға мүмкіндік береді.

Декарбонизация процестеріне белсенді назар аудара отырып, зерттеу парниктік газдар шығарындыларының айтарлықтай төмендеуінің нақты мүмкіндіктерін көрсетіп қана қоймай, сонымен қатар осы мақсатқа жетудің нақты, тиімді әдістерін атап өтті. Зерттеу барысында анықталған ең маңызды және перспективалы факторлардың бірі-таза және жаңартылатын энергия көздерін белсенді және кең көлемде енгізу. Бұл көздер көмірсутектерге балама ғана емес, сонымен қатар зиянды шығарындыларсыз таза энергия өндіруді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, зерттеу сонымен қатар көмір мен мұнай сияқты дәстүрлі энергия көздерін алмастыра алатын әртүрлі балама шешімдер мен инновациялық технологияларды атап өтті, бұл өз кезегінде климаттың өзгеруіне қарсы күрестің негізгі факторы болуы мүмкін.

Энергияны басқарудың стратегиялық тәсілінің тағы бір маңызды құрамдас бөлігі-энергия ресурстарын өндіру және тұтыну жүйесінің барлық кезеңдерінде

энергия тиімділігін арттыру. Бұл ретте, бұл энергия тұтыну тұрғысынан жаңа, неғұрлым тиімді технологияларды әзірлеу, құру және енгізу туралы ғана емес. Сондай-ақ, қолданыстағы процестер мен жұмыс әдістерін қайта қарау және оңтайландыру маңызды. Бұл жетілдіру және инновация процесі энергия шығындарын азайту түрінде айтарлықтай нәтиже бере алады, бұл өз кезегінде жүйенің тұтастай алғанда үнемді және ұтымды жұмысына әкеледі. Сонымен қатар, бұл тәсіл жүйені экономикалық ауытқулар немесе климаттың өзгеруі болсын, әртүрлі сыртқы әсерлерге осал етеді.

Сонымен қатар, әртүрлі процестер мен салаларды электрлендіру көміртегі бейтараптығына көшуде баға жетпес рөл атқарады. Қазіргі әлемде өнеркәсіптік және тұрмыстық процестерден бастап көптеген процестер электр технологияларын қолдану арқылы өзгеріске ұшырайды. Ескі және ескірген жану негізіндегі жүйелерді заманауи электр аналогтарына ауыстыру, әсіресе технологиялық тұрғыдан мүмкін және үнемді жерлерде, атмосфераға зиянды заттардың, соның ішінде парниктік газдардың шығарындыларын азайтуға үлкен әсер етуі мүмкін. Осылайша, электрлендіруді белсенді түрде ілгерілету біздің планетамыздың экологиялық қауіпсіздігі мен тұрақтылығы үшін күрестің негізгі құралдарының бірі бола алады.

Парниктік газдар шығарындыларын азайтуға бағытталған, әсіресе энергетикалық секторлар шеңберінде қолданылатын негізгі нақты әдістер мен тәсілдер бірқатар әрекеттерді қамтиды. Біріншіден, парниктік газдардың антропогендік шығарындыларын, әсіресе экономиканың көміртекті көп қажет ететін салаларында азайтуды ынталандыратын қаржылық және салық саясатының шараларын енгізу туралы. Бұған жеңілдіктер, субсидиялар немесе экологиялық салықтар кіруі мүмкін.

Қаржы және салық саясаты экономиканы декарбонизациялауда шешуші рөл атқарады. Декарбонизация көміртекті көп қажет ететін экономикадан төмен көміртекті экономикаға ауысуды білдіреді, бұл климаттың өзгеруімен күресуге және парниктік газдар шығарындыларын азайтуға көмектеседі. Осы мақсатқа жету үшін қаржы саясаты бірқатар шараларды ұсына алады, соның ішінде жасыл технологиялар мен инновацияларға инвестиция салу, көміртексіз технологияларды әзірлеу және енгізу үшін субсидиялар беру және тұрақты энергетикалық зерттеулерді тікелей қаржыландыру. Бұл шаралар жеке секторды экологиялық таза шешімдерге инвестициялауға ынталандыруы және энергияның ауысу қарқынын жеделдетуі мүмкін. Салық саясаты көмірқышқыл газының шығарындыларына салық салуды қамтуы мүмкін, бұл ластануды қымбаттатады және компанияларды баламалы, жасыл өндіріс жолдарын іздеуге итермелейді. Экологиялық салықтар мен жеңілдіктер тұтынушыларды көміртегі ізі аз өндірілетін тауарлар мен қызметтерді таңдауға ынталандыруы мүмкін. Жақсы дамыған қаржылық және салық саясаты климаттың өзгеруіне қарсы күресте күшті құрал бола алады, декарбонизацияға экономикалық ынталандыруды тудырады және тұрақты технологиялардың дамуын қолдайды.

Екіншіден, мемлекеттік органдар көміртексіз және төмен көміртекті технологияларды енгізуге, көбейтуге және ауқымды таратуға қатысты қолдау

шараларын көрсете алады. Бұл тек ғылыми зерттеулерді ғана емес, сонымен қатар өндірісте жаңа әдістерді практикалық қолдануды да білдіреді.

Мемлекеттік органдар көміртексіз және төмен көміртекті технологияларды енгізу мен таратуды жандандыра отырып, экономиканы декарбонизациялау процесінде орталық рөл атқарады. Бұл бірқатар стратегиялар мен әрекеттер арқылы мүмкін болады. Үкімет тұрақты энергетикадағы ғылыми жетістіктерді ынталандыру үшін жаңа технологияларды зерттеуге және дамытуға айтарлықтай бюджеттік ресурстар бөле алады. Осы саладағы инновациялар жаппай қолдану үшін қол жетімді және тиімді болатын жаңа шешімдерге әкелуі мүмкін. Мемлекет көміртексіз шешімдерді әзірлеуге және енгізуге инвестицияланған компанияларға субсидиялар немесе салықтық жеңілдіктер сияқты экономикалық ынталандырулар бере алады. Бұл экологиялық таза технологияны бизнес үшін тартымды етеді. Мемлекет пен жеке сектор арасындағы ынтымақтастық маңызды аспект болып табылады. Серіктестік құру және күш-жігерді біріктіру арқылы үкіметтер инновациялық шешімдерді масштабтау және тарату процесін жеделдете алады. Сондай-ақ, мемлекеттік реттеу мен қолдау көміртегісіз технологияларды енгізу және тарату үшін қолайлы жағдайлар жасай отырып, тұрақты энергиямен қамтамасыз етуге көшуді айтарлықтай жеделдете алатыны маңызды.

Үшіншіден, салық, кеден және бюджет саясатын өзгерту парниктік газдар шығарындыларының деңгейі төмен даму сын-қатерлерін есепке алуға бағытталуы мүмкін. Бұл сонымен қатар Бюджеттік шығындар мен инвестицияларды жоспарлау және жүзеге асыру кезінде парниктік газдар балансының ықтимал салдарын есепке алуды қамтиды.

Климаттың өзгеруіне байланысты сын-қатерлерге жауап ретінде салық, кеден және бюджет саясатының өзгеруі көптеген мемлекеттердің жаһандық жылынумен күресудегі күш-жігерінің орталығында тұр. Парниктік газдар шығарындыларын азайтудың маңыздылығын ескере отырып, үкіметтер көміртекті үнемдейтін шешімдер қабылдайтын кәсіпорындар мен жеке тұлғалар үшін салықтық ынталандыруды белсенді түрде енгізуде. Бұған жасыл технологияларға салық жеңілдіктері, көміртегі салығы және ластануды экономикалық тұрғыдан тиімді етпейтін басқа шаралар кіруі мүмкін. Кеден саясаты тұрғысынан баждар мен квоталар экологиялық таза тауарлар мен технологияларды әкелу мен сатуды қолдайтындай етіп қайта қаралуы мүмкін. Бұл тұрақты дамуға ықпал ететін тауарлардың халықаралық саудасын ынталандырады. Бюджеттік саясатқа келетін болсақ, парниктік газдар шығарындыларының төмен даму сын-қатерлерін есепке алу үкіметтер өздерінің бюджеттік шығындары мен инвестицияларына экологиялық ойларды қосатынын білдіреді. Мысалы, үкімет дәстүрлі көмір станцияларына инвестиция салудың орнына жаңартылатын энергетика саласындағы зерттеулер мен әзірлемелерді қаржыландыруы мүмкін. Бұл болашақ ұрпақ үшін Тұрақты дамуды қамтамасыз ете отырып, ұзақ мерзімді экологиялық және экономикалық салдарды ескеретін тәсіл.

Бұдан басқа, салалық және өңірлік жоспарларды қабылдау, сондай-ақ салалар үшін нақты мақсаттарды белгілеу шығарындылар деңгейі төмен дамуға көшу бойынша жүйелі және мақсатты жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Кәсіпорындардың жария қаржылық емес есептілік жүйесін дамыту олардың экология мәселелеріндегі

ашықтығы мен жауапкершілігін арттыруға ықпал етеді. Салалық және аймақтық жоспарларды қабылдау осы процестің негізгі элементіне айналады. Бұл жоспарлар тек шеңбер құрып қана қоймайды, сонымен қатар экономиканың әртүрлі секторлары үшін нақты мақсаттар қояды, бұл іс-әрекеттің нақты жол картасын жасауға мүмкіндік береді. Мұндай жоспарларды әзірлеу мемлекеттік органдардан бастап жеке компанияларға дейінгі әртүрлі қатысушылардың күш-жігерін үйлестіруге көмектеседі. Бұл әр қатысушы ортақ мақсатқа жетудегі өз рөлі мен жауапкершілігін білетін ортаны құруға ықпал етеді.

Жария қаржылық емес есеп беру жүйесі компаниялардың экологиялық жауапкершілігі туралы ақпарат берудің таптырмас құралына айналуда. Мұндай ақпаратты ұсыну мүдделі тараптарға, соның ішінде инвесторларға, серіктестерге және тұтынушыларға компанияның тұрақтылық күш-жігерін бағалауға көмектеседі. Осының арқасында компаниялар ашық бола бастайды және олардың қызметі болжамды және бақылауға ашық болады.

Салалар мен өңірлер деңгейіндегі стратегиялық жоспарлауды кәсіпорындардың есеп беру жүйесін жақсартумен ұштастыру шығарындылары төмен экономикаға мақсатты және жүйелі көшу үшін қолайлы жағдайлар жасайды.

Экономиканың әртүрлі секторларында энергетикалық және экологиялық тиімділікті арттыру, сондай-ақ өндірісте қайталама энергетикалық ресурстарды пайдалануды ынталандыру қоршаған ортаға теріс әсерді айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Энергетикалық және экологиялық тиімділік қазіргі заманғы тұрақтылыққа бағытталған экономикада шешуші рөл атқарады. Әр түрлі салалардағы осы көрсеткіштердің артуы бизнесті тұрақты етуге мүмкіндік береді және оның экологиялық ізін азайтады. Ресурстарды тиімді пайдалану энергияны аз жұмсай отырып, көбірек өнім алуды білдіреді. Бұл парниктік газдар шығарындыларының азаюына, қоршаған ортаның ластануының төмендеуіне және жаңартылмайтын энергия көздеріне тәуелділіктің төмендеуіне әкеледі.

Өндіріс қалдықтары немесе қалдық материалдар сияқты қайталама энергия ресурстарын пайдалану да экологиялық әсерді азайтуға үлкен әлеуетке ие. Бұл ресурстар көбінесе полигондарға кетеді немесе жойылады, ал оларды өндіру үшін құнды энергияға немесе шикізатқа айналдыруға болады. Оларды пайдалану жаңа шикізат алу қажеттілігін азайтуға, қалдықтарды азайтуға және тіпті өндіріс шығындарының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Энергетикалық және экологиялық тиімділіктің қайталама ресурстарды белсенді пайдаланумен үйлесуі планетаға зиян келтірместен өркендеуді қамтамасыз ететін экономиканы құрудың кілті болуы мүмкін.

Энергия үнемдеуді ынталандыру және жаңа технологияларды қолдану тетіктерін әзірлеу орнықты дамуға ұмтылатын қазіргі заманғы мемлекеттер үшін басты басымдықтардың біріне айналуда. Бұл тетіктер экономикалық ынталандыруды, заңнамалық бастамаларды және халық пен кәсіпорындар арасында энергия үнемдеу мәдениетін құруға бағытталған білім беру бағдарламаларын қоса алғанда, шаралар кешені болуы мүмкін.

Соңғы технологияларды қолдану энергияны тұтынуды оңтайландыруға көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар энергияны өндіру мен тұтыну тәсілдерін түбегейлі өзгерте алатын инновациялық шешімдерге жол ашады. Мұндай

технологияларды біріктіру таза және Тиімді энергиямен жабдықтау жүйелеріне әкелуі мүмкін.

Ұлттық ғылыми және инженерлік әлеуетті ынталандыру да маңызды рөл атқарады. Энергетика саласындағы білімге, зерттеулерге және әзірлемелерге инвестициялау отандық инновацияларды ынталандыруы мүмкін, осылайша әлемдік нарықта бәсекеге қабілетті шешімдер жасайды.

Тұтастай алғанда, осы стратегиялардың үйлесімі сәтті энергетикалық ауысудың негізін құрайды. Мұндай ауысу энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар парниктік газдар шығарындыларын азайтып, қоршаған ортаға теріс әсерді азайта отырып, климатқа әсерді айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Ұзақ мерзімді перспективада бұл экономикалық өркендеуді экологиялық жауапкершілікпен үйлестіретін тұрақты экожүйені құруға ықпал етеді.

Ғылыми-техникалық зерттеу ұзақ мерзімді төмен көміртекті дамуда үлкен рөл атқарады. Экологиялық жауапкершілік пен тұрақтылық экономикалық өсудің негізгі факторларына айналатын әлемде қоршаған ортаға әсерді азайту үшін жаңа технологияларды пайдалану мүмкіндігі прогрестің негізі болып табылады.

Бүгінгі таңда төмен көміртекті даму саласындағы көптеген ғылыми-техникалық зерттеулер бастапқы кезеңде. Дегенмен, осы ерте кезеңде де оларды қолданудың ықтимал перспективалары көрінеді. Өндірістің, энергияны пайдаланудың және қайта өңдеудің жаңа әдістері өнеркәсіптік ландшафтты түбегейлі өзгертіп, оны қазба отындарына аз тәуелді және қоршаған ортаға мейірімді етеді.

Алайда, бұл технологиялар шындыққа айналуы үшін ғылыми зерттеулер мен әзірлемелерге айтарлықтай инвестиция салу қажет. Бұл тек қаржылық ресурстарды ғана емес, сонымен қатар кадрлық әлеуетті де қажет етеді. Ғылыми-техникалық прогрестің алдыңғы қатарында жұмыс істей алатын мамандарды даярлау болашақ төмен көміртекті дамуды қамтамасыз етудің негізгі аспектілерінің біріне айналуда.

Бұл процесте кәсіптік білім мен біліктілікті арттыру басты рөл атқарады. Жоғары оқу орындары мен ғылыми институттар эксперименттер, зерттеулер және жаңа технологияларды әзірлеу платформасын ұсына отырып, жаңа идеялардың инкубаторы бола алады. Академиялар, өнеркәсіп және мемлекеттік органдар арасындағы ынтымақтастық ғылыми әзірлемелерді коммерцияландыруға жағдай жасай отырып, инновациялық қызметті ынталандыруы мүмкін.

Әлеуметтік аспектіні де ескеру маңызды. Жаңа технологияларды қабылдау көбінесе қоғамның қабылдауы мен мінез-құлқын өзгертуді талап етеді. Білім беру және білім беру бағдарламалары халық арасында тұрақтылық мәдениетін қалыптастыруға көмектеседі, бұл адамдарды төмен көміртекті дамудың артықшылықтары мен мүмкіндіктері туралы көбірек хабардар етеді.

Егер нақты технологиялар туралы айтатын болсақ, мысалы, Энергияны сақтаудың тиімді әдістерін жасау жел мен күн энергиясының тұрақсыздығын шеше алады. Жаңа материалдар өндіріс процесін энергияны аз қажет етеді және қалдықтарды азайтады. Ал көлік саласындағы инновациялар шығарындыларды азайтуға және таза, тиімдірек Көлік құралдарын жасауға әкелуі мүмкін.

Дегенмен, ғылыми-техникалық зерттеулер нақты нәтиже беру үшін уақытты қажет етеді. Ұлттық ғылыми және инженерлік әлеует ұзақ мерзімді төмен көміртекті дамуда көшбасшылыққа ұмтылатын кез келген ел үшін негізгі ресурсқа айналатынын түсіну маңызды.

Атом энергетикасы, оның айналасындағы әртүрлі пікірталастарға қарамастан, парниктік газдар шығарындыларын азайту және климаттың өзгеруіне қарсы жаһандық күш-жігерде шешуші рөл атқарады. Бұл рөлді ұзақ мерзімді перспективада түсіну ядролық энергияның әлемдік энергетикалық жүйеге қосқан үлесін жан-жақты қарастыруды талап етеді.

1950 жылдары атом энергиясын өнеркәсіптік пайдалану басталғаннан бері ол көптеген елдер үшін электр энергиясының маңызды көзіне айналды. Атом энергиясының басты артықшылығы-оны алу кезінде көмірқышқыл газының тікелей шығарындылары болмайды.

Жаһандық жылыну мәселесі тереңдеген сайын көміртексіз энергия көздерінің маңыздылығы артып келеді. Күн және жел сияқты жаңартылатын энергия көздері тұрақты энергетикалық жүйенің негізгі элементтері болғанымен, Атом энергиясы осы айнымалы көздерді толықтыра отырып, тұрақты және сенімді электр көзі бола алады.

Атом энергетикасының маңызды аспектілерінің бірі-оның тұрақты электрмен қамтамасыз ету қабілеті. Бұл әсіресе электр энергиясын тұтыну деңгейі жоғары индустрияланған елдер үшін өте маңызды. Жел және күн станциялары ауа-райына байланысты болуы мүмкін болса да, атом электр станциялары электр желісінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін тәулік бойы жұмыс істейді.

Заманауи технологиялар мен қатаң халықаралық қауіпсіздік стандарттары ядролық станцияларды қауіпсіз етеді. Жылдам реакторлар мен торий реакторлары сияқты реакторлардың жаңа түрлерін жасау тәуекелдерді одан әрі азайтып, атом энергиясын тұрақты ете алады.

Көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту және жаһандық жылынуды шектеу қажеттілігін ескере отырып, атом энергетикасы осы мақсаттарға жетудің негізгі құралдарының бірі бола алады.

Жұртшылықты қолдау да маңызды рөл атқарады. Ашықтық, білім беру және азаматтармен диалог климаттың өзгеруіне қарсы күрестің негізгі элементтерінің бірі ретінде атом энергетикасын дамыту үшін қолайлы жағдай жасауға көмектеседі.

Қорытындылай келе, атом энергетикасы болашақта тұрақты энергетикалық жүйенің маңызды тірегі бола алады. Дұрыс көзқараспен және қауіпсіздіктің барлық аспектілерін ескере отырып, ол жаһандық жылынумен күресуге айтарлықтай үлес қоса алады.

Таза энергияның тағы бір түрі-термоядролық энергия. Термоядролық энергия энергетика саласындағы ең перспективалы және қызықты перспективалардың бірін білдіреді. Егер ғалымдар мен инженерлер бақыланатын синтездің тұрақты және үнемді әдістерін жасай алса, бұл әлемдік энергетикалық ландшафтты түбегейлі өзгерте алады.

Термоядролық энергияның басты артықшылығы-оның қоршаған ортаға аз әсер ететін орасан зор таза энергияны қамтамасыз ету мүмкіндігі. Классикалық атом энергетикасынан айырмашылығы, термоядролық синтез ұзақ жартылай

шығарылу кезеңі бар радиоактивті қалдықтарды шығармайды. Сонымен қатар, термоядролық реактордың негізгі отыны жердегі ресурстары кең литийден алуға болатын сутегі - триций изотопы болуы мүмкін.

Алайда, термоядролық синтезді іс жүзінде жүзеге асыру көптеген ғылыми және инженерлік мәселелерге тап болады. Ең бастысы-күрделі технологиялық шешімдерді қажет ететін синтез реакциясын бастау үшін өте жоғары температураны сақтау қажеттілігі.

Осы қиындықтарға қарамастан, Еуропадағы ITER жобасы сияқты соңғы зерттеулер мен эксперименттер жұмыс істейтін термоядролық реакторды құру бағытында белгілі бір жетістіктерді көрсетеді. Егер мұндай реактор шындыққа айналса, ол көмірқышқыл газының шығарындыларынсыз іс жүзінде шексіз энергия көзі бола алады.

Болашақта термоядролық энергетиканың болашағы зор. Оның қазіргі әлемнің көптеген энергетикалық және экологиялық мәселелерін шешуге әлеуеті бар. Алайда, бұл технологияны сәтті енгізу ғылыми зерттеулер мен әзірлемелерге айтарлықтай инвестицияларды, сондай-ақ ядролық қауіпсіздік пен технологияларды бөлу саласындағы халықаралық ынтымақтастықты қажет етеді.

Атмосферадан көміртекті тікелей алу технологиялары соңғы жылдары климаттың өзгеруіне қарсы күрестің өзекті бағыттарының біріне айналды. Бұл технологиялар көмірқышқыл газын тікелей ауадан алуға және оны сақтауға немесе отын немесе басқа химиялық заттар өндірісі сияқты басқа мақсаттарда пайдалануға мүмкіндік береді.

Табиғи ресурстары мол және қарқынды дамып келе жатқан өнеркәсібі бар Қазақстан Республикасы сияқты ел үшін көміртекті алу технологияларын пайдалану ерекше қызығушылық тудыруы мүмкін. Біріншіден, Қазақстан Республикасына климат жөніндегі жаһандық уағдаластықтар аясында көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту маңызды. Көміртекті тікелей алу технологиясы осы мақсатқа жетудің бір құралы бола алады.

Қазақстан Республикасында көмірқышқыл газын атмосферадан шығарғаннан кейін оны қауіпсіз сақтау үшін пайдалануға болатын жерасты жыныстарының едәуір резервтері бар. Бұл ел үшін көмірқышқыл газын аймақтық және мүмкін жаһандық деңгейде сақтау және кәдеге жарату саласында көшбасшы болуға мүмкіндік туғызады.

Сондай-ақ, Қазақстан Республикасының стратегиялық географиялық жағдайын және оның жаңартылатын энергетика саласындағы негізгі ойыншы болуға деген амбициясын ескере отырып, көміртекті алу технологияларын жасыл энергетиканы дамыту стратегиясына қосымша ретінде қарастыруға болады. Жалпы, Қазақстан Республикасы үшін көміртекті тікелей ұстау технологиялары климатқа әсерді төмендету тәсілін ғана емес, сонымен қатар көміртегі экономикасы саласындағы жаңа экономикалық мүмкіндіктерді де ұсына алады.

Осылайша, ел көміртегі бейтараптығы мәселесін шешуге кешенді көзқарас қажет. Бұл тәсіл таза және жаңартылатын энергия көздеріне толық көшуді қамтиды, бұл қазіргі әлемде экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және планетаның ресурстарын сақтау маңызды болып табылады. Сонымен қатар, әртүрлі өндірістік және тұрмыстық процестердің энергия тиімділігін арттыруға

назар аудару қажет. Кең электрлендіру өз кезегінде қазба отын көздеріне тәуелділікті азайтуға және көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтуға көмектеседі.

Осы саладағы зерттеулер осындай кешенді тәсілдің тиімділігін біржақты растайды. Ғылыми дәлелдер көміртекті бейтараптыққа ұмтылу тек мүмкін емес, сонымен қатар дұрыс стратегия мен дәйекті әрекеттермен қол жеткізуге болатындығын көрсетеді. Сондай-ақ, бұл зерттеу осы бағытта одан әрі жұмыс істеу кезінде ерекше назар аудару қажет негізгі бағыттарды анықтайтынын атап өткен жөн. Көміртекті бейтараптыққа ұмтылуда жақсы нәтижелерді қамтамасыз ету үшін ғылыми және практикалық аспектілерде қосымша белсенділік қажет.

4. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

[1] Altdorfer, F., (1981), "Introduction of price elasticities on energy demand in MARKAL", Memorandum No 345, KFA, Julich, July 1981.

[2] Berger, C., R. Dubois, A. Haurie, E. Lessard, R. Loulou, and J.-Ph. Waaub (1992), "Canadian MARKAL: an Advanced Linear Programming System for Energy and Environment Modelling", INFOR, Vol. 20, 114-125, 1992.

[3] Brooke, A, D. Kendrick, A. Meeraus, and R. Raman, 1998, The Solver Manual of the GAMS: A USER'S GUIDE, December 1998.

[4] Chen, K., M. Crucini (2012), "Comparing General and Partial Equilibrium Approaches to the Study of Real Business Cycles", Vanderbilt University Research paper, June 2012 (kan.chen@vanderbilt.edu, mario.crucini@vanderbilt.edu)

[5] Dantzig, G.B. (1963), Linear programming and Extensions, Princeton University Press, Princeton, New-Jersey, 1963.

[6] European Commission, The GEM-E3 Model, General Equilibrium Model for Economy, Energy and Environment, https://ec.europa.eu/jrc/en/gem-e3/model.

[7] G. Goldstein, G., 1991, “PC-MARKAL and the MARKAL User’s Support System (MUSS)”, BNL 46319, April 1991

[8] IPCC, 2007, Climate Change, Fourth Assessment Report, WG III: Mitigation, B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave, L. Meyer, editors, Cambridge: Cambridge.

[9] Kanudia, A., R. Gerboni, R. Loulou, M. Gargiulo, M. Labriet, E. Lavagno, R. De Miglio, L.Schranz, G. C. Tosato, “Modelling EU-GCC energy systems and trade corridors: Long term sustainable, clean and secure scenarios”, International Journal of Energy Management, 7, 2, 2013, 243 – 268.

[10] Loulou, R., and A. Kanudia (1999), “Minimax Regret Strategies for Greenhouse Gas Abatement: Methodology and Application”, Operations Research Letters, 25, 219-230, 1999.

[11] Brown, T., Hörsch, J., & Schlachtberger, D. (2018, January 16). PyPSA: Python for Power System Analysis. Journal of Open Research Software; Ubiquity Press. https://doi.org/10.5334/jors.188.

[12] Victoria, M., Zhu, K., Brown, T., Andresen, G. B., & Greiner, M. (2020). Early decarbonisation of the European energy system pays off. Nature Communications; Nature Portfolio.https://doi.org/10.1038/s41467-020-20015-4.

[13] Zeyen, E., Hagenmeyer, V., & Brown, T. (2021). Mitigating heat demand peaks in buildings in a highly renewable European energy system. Energy; Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120784.

[14] Glaum, P. (2022). Enhancing the German Transmission Grid through Dynamic Line Rating. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/2208.04716.

[15] Parzen, M., Abdel-Khalek, H., Fedotova, E. V., Mahmood, M., Frysztacki, M., Hampp, J., Franken, L., Schumm, L., Neumann, F., Poli, D., Kiprakis, A., & Fioriti, D. (2023, July 1). PyPSA-Earth. A new global open energy system optimization model demonstrated in Africa. Applied Energy; Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121096.

[16] Dantzig, G.B. (1963), Linear programming and Extensions, Princeton University Press, Princeton, New-Jersey, 1963.

[17] G. Goldstein, G., 1991, “PC-MARKAL and the MARKAL User’s Support System (MUSS)”, BNL 46319, April 1991
[18] Kanudia,, Gerboni, Loulou, Gargulio, Labriet, Lavagno, De Miglio, Tosato, “Modelling EU-GCC energy systems and trade corridors: Long term sustainable, clean and secure scenarios”, International Journal of Energy Management, 7, 2, 2013, 243 – 268.
[19] Victoria, M., Zhu, K., Brown, T., Andresen, G. B., & Greiner, M. (2020). Early decarbonisation of the European energy system pays off. Nature Communications; Nature Portfolio.https://doi.org/10.1038/s41467-020-20015-4.
[20] Zeyen, E., Hagenmeyer, V., & Brown, T. (2021). Mitigating heat demand peaks in buildings in a highly renewable European energy system. Energy; Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120784.
[21] Glaum, P. (2022). Enhancing the German Transmission Grid through Dynamic Line Rating. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/2208.04716.
[22] C. Delmastro, Buildings Sectorial Overview, The International Energy Agency (2022), https://www.iea.org/reports/buildings
[23] Programme UNE 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector, https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction (2022)
[24] P. Berrill, E.J.H. Wilson, J.L. Reyna, A.D. Fontanini, E.G. Hertwich, Decarbonization pathways for the residential sector in the United States, Nat Climate Change, 12 (2022), pp. 712-718
[25] X. Zhong, M. Hu, S. Deetman, B. Steubing, H.X. Lin, G.A. Hernandez, et al., Global greenhouse gas emissions from residential and commercial building materials and mitigation strategies to 2060, Nat Commun, 12 (2021), p. 6126
[26] Mohan, O. Geden, M. Fridahl, H.J. Buck, G.P. Peters, UNFCCC must confront the political economy of net-negative emissions, One Earth, 4 (2021), pp. 1348-1351
[27] F. Creutzig, L. Niamir, X. Bai, M. Callaghan, J. Cullen, J. Díaz-José, et al., Demand-side solutions to climate change mitigation consistent with high levels of well-being, Nat Climate Change, 12 (2022), pp. 36-46
[28] Y. Wolde-Rufael, S. Idowu, Income distribution and CO2 emission: a comparative analysis for China and India, Renew Sustain Energy Rev, 74 (2017), pp. 1336-1345
[29] K.C. Seto, S.J. Davis, R.B. Mitchell, E.C. Stokes, G. Unruh, D. Ürge-Vorsatz, Carbon lock-in: types, causes, and policy implications, Annu Rev Env Resour, 41 (2016), pp. 425-452
[30] B.D. Leibowicz, C.M. Lanham, M.T. Brozynski, J.R. Vázquez-Canteli, N.C. Castejón, Z. Nagy, Optimal decarbonization pathways for urban residential building energy services, Appl Energy, 230 (2018), pp. 1311-1325
[31] L.G. Swan, V.I. Ugursal, Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: a review of modeling techniques, Renew Sustain Energy Rev, 13 (2009), pp. 1819-1835
[32] S. de la Rue du Can, V. Letschert, M. McNeil, N. Zhou, J. Sathaye, Residential and transport energy use in India: Past trend and future outlook, Lawrence Berkeley National Lab, https://www.osti.gov/servlets/purl/951788 (2009)

[33] Walia, T. Tathagat, N. Dhingra, P. Varma, A residential end use energy consumption and appliance ownership patterns in India, Energy Efficiency Domestic Appliances Light (2022), pp. 67-79
[34] Avelino, 2017, Power in sustainability transitions: Analysing power and (dis) empowerment in transformative change towards sustainability, Environmental Policy and Governance, 27 (2017), pp. 505-520
[35] D. Béland, Ideas, institutions, and policy change, Journal of European Public Policy, 16 (2009), pp. 701-718
[36] L.E. Bontje, S.L. Gomes, Z. Wang, J.H. Slinger, A narrative perspective on institutional work in environmental governance–insights from a beach nourishment case study in Sweden, Journal of Environmental Planning and Management, 62 (2019), pp. 30-50
[37] M.C. Brisbois, Powershifts: A framework for assessing the growing impact of decentralized ownership of energy transitions on political decision-making, Energy Research & Social Science, 50 (2019), pp. 151-161
[38] Казэнерджи, «Ұлттық энергетикалық есеп», 2021 г., https://www.kazenergy.com/ru/operation/ned/2117/;
[39] "Қазақстан Республикасының 2060 жылға дейінгі көміртегі бейтараптығына қол жеткізу стратегиясын бекіту туралы" Қазақстан Республикасы Президентінің 2023 жылғы 2 ақпандағы № 121 Жарлығы, https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121;