*अक्षय ऊर्जा – मूक क्रांति**

अक्षय ऊर्जा (आरई) ने, एक बिजली बचत देश के रूप में भारत के अवस्थातंर में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। अनुभवजन्य प्रमाण बताते हैं कि आरई स्रोतों के लिए उत्पादन लागत में निरंतर गिरावट पहले से ही स्पॉट और थोक बाजारों में बिजली दरों पर अधोमुखी दबाव डाल रही है। इस आलेख में भारत की वर्तमान विद्युत बाजार संरचना की जांच की गयी है और कई अवरोधो को चिह्नित किया गया है जो कार्यक्षम कीमत निर्धारण को बाधित करते हैं और इस तरह संसाधनों के गलत आबंटन को प्रोत्साहित करते हैं। इसमें यह तर्क दिया गया है कि हाल के वर्षों में आरई के उत्पादन पर भारत की प्रभावशाली प्रगति और मध्यम अवधि में हरित और कम लागत वाली अर्थव्यवस्था में योगदान देने में आरई के संभावित वादे को पूर्ण करने के लिए कार्यनीतिक नीतिगत परिवर्तनों की जरूरत पड़ेगी जिसमें प्रति-अनुदान पर अंकुश लगाने, डीआईएससीओएम के द्वारा सामना किए जा रहे दबाव का त्वरित समाधान, विकेंद्रीकृत उत्पादन एवं वितरण को प्रोत्साहन देने और नवाचार का माहौल बनाने एवं हरित प्रौद्योगिकी को अपनाने पर ध्यान केंद्रित करना होगा।

परिचय

भारत के अक्षय ऊर्जा (आरई) क्षेत्र में मूक क्रांति ने पिछले कुछ वर्षों में बिजली की कमी वाले देश से बिजली बचत वाले देश में भारत के अवस्थातंर में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है, जो देश में बिजली दरों को निर्धारित करने वाली गतिकी पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालती है । ऊर्जा मंत्रालय के अनुसार, मार्च 2015 के अंत में समग्र स्थापित क्षमता में आरई की हिस्सेदारी 11.8 प्रतिशत से तीन गुना से अधिक होकर अगस्त 2021 के अंत में 37.9 प्रतिशत हो गई है। आरई के उत्पादन की लागत में गिरावट ने अन्य ऊर्जा स्रोतों के सापेक्ष अपने प्रतिस्पर्धी लाभ को बढ़ाने में मदद की है।

बिना अनुदान के भी, आरई की उत्पादन लागत थर्मल और पारंपरिक स्रोतों से सस्ती हो गई है (नीति आयोग और आरएमआई, 2020)। इंटरनैशनल रिन्यूवेबल एनर्जी एजेंसी (आईआरईएनए) के अनुसार, आरई उत्पादन प्रौद्योगिकियां दुनिया के लगभग सभी हिस्सों ((आईआरईएनए), 2020) में नई क्षमता वृद्धि के लिए सबसे कम लागत वाला विकल्प बन गई हैं। भारत में, पिछले पांच वर्षों में सौर और पवन ऊर्जा के लिए सबसे कम वास्तविक नीलामी कीमत क्रमश: ₹2.43 प्रति यूनिट तथा ₹2.44 प्रति यूनिट रहा है। सौर ऊर्जा की लागत में और गिरावट के साथ 2030 तक लगभग ₹1.9 प्रति यूनिट स्थिर होने की उम्मीद है (टीईआरआई और सीपीआई, 2019)। आरई की लागत में गिरावट और बिजली की स्पॉट कीमत ने विद्युत खरीद करार (पीपीए) योजना के तहत थर्मल प्लांट और वितरण कंपनियों (डिस्कॉम) के बीच दीर्घकालिक कीमत संविदाओं के लिए एक व्यवहार्यता चुनौती दी है। 2016-18 के दौरान अक्षय ऊर्जा की नीलामी में औसत बिजली की कीमत थर्मल प्लांट के पीपीए से लगभग 30 प्रतिशत कम रही है(अग्रवाल, गुलाटी, और थांगजासन, 2019) ।

इस मूक क्रांति के कई सकारात्मक समष्टी आर्थिक निहितार्थ हैं, जिसमें पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों के कारण होने वाले पर्यावरणीय खतरों को कम करके टिकाउ विकास को बढ़ावा देना, थर्मल ऊर्जा के उत्पादन के लिए उपयोग किए जाने वाले आयातित कोयले की मात्रा को कम करके विदेशी मुद्रा का संरक्षण करना, विद्युत में सुधार करते हुए उपभोक्ताओं के लिए बिजली दरों को कम करना, एलपीजी और बिजली के लिए अनुदान कम करने के माध्यम से राजकोषीय नीति के लिए स्थान बनाना शामिल है। हालाँकि, यह आलेख क्रांति के केवल एक आयाम पर ध्यान केंद्रित करता है, अर्थात, ऊर्जा बाजार की गतिशीलता पर अक्षय ऊर्जा के प्रभाव और भारत में बिजली की खपत बढ़ाने में इसकी क्षमता का परीक्षण।

परिचय सहित आलेख को 7 खंडों में विभाजित किया गया है। खंड 2 भारत में बिजली बाजार की संरचना प्रस्तुत करता है, इसके बाद खंड 3 में बिजली की कीमत की गतिशीलता को प्रस्तुत किया गया है। खंड 4 बिजली की कीमतों पर अक्षय ऊर्जा के प्रभाव पर है। खंड 5 बिजली की खपत की एक अंतर-देशीय तुलना प्रदान करता है और भारत में बिजली की खपत बढ़ाने में अक्षय ऊर्जा की क्षमता का विश्लेषण करता है। खंड 6 बिजली

* यह आलेख आर्थिक और नीति अनुसंधान विभाग से अवधेश कुमार शुक्ला, धन्या वी, थांगजासन सोना और विनीत कुमार श्रीवास्तव द्वारा तैयार किया गया है। इस आलेख में व्यक्त विचार लेखकों के हैं और भारतीय रिज़र्व बैंक के विचारों का प्रतिनिधित्व नहीं करते हैं।

बाजार में संरचनात्मक मुद्दों की जांच करता है, खंड 7 में निष्कर्ष दिया गया है।

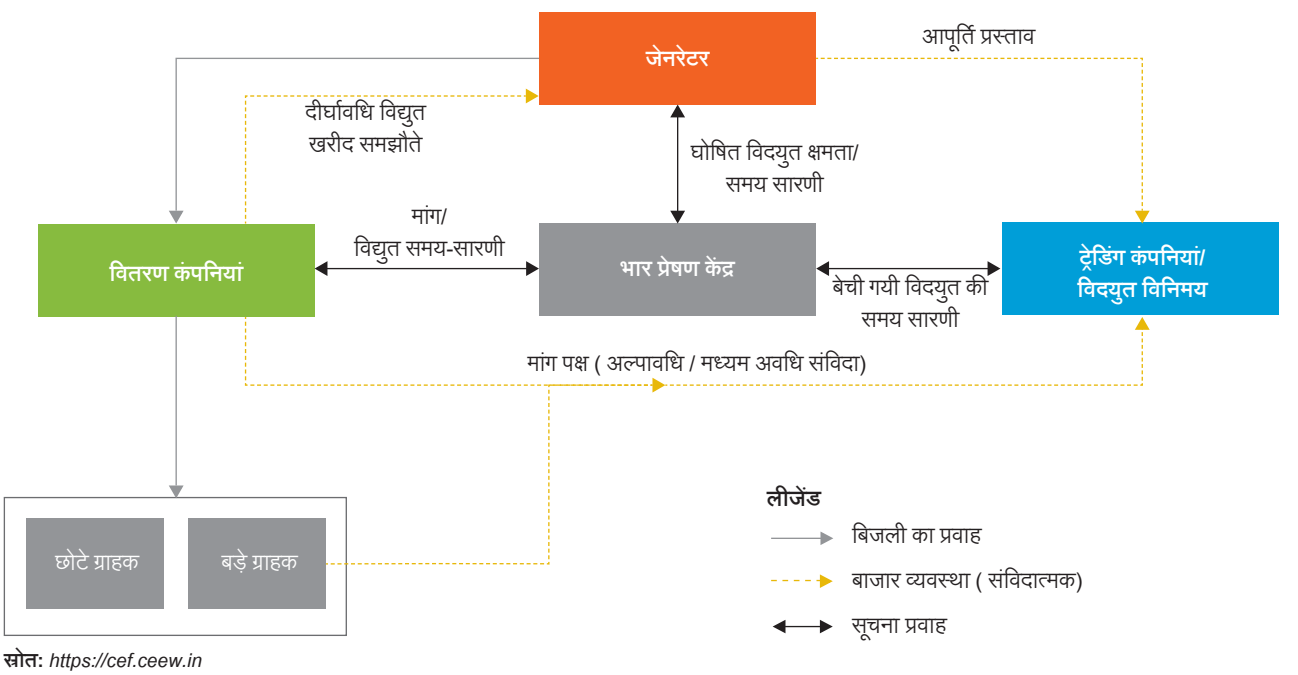
II. भारत में बिजली बाजार की रचना

बिजली, भारतीय संविधान की समवर्ती सूची में एक विषय, विद्युत अधिनियम, 2003 द्वारा निर्देशित है। अधिनियम भारत में बिजली बाजार की रूपरेखा निर्धारित करता है। बिजली के उत्पादन, ट्रांसमिशन, व्हीलिंग और खुदरा बिक्री के अलावा, टैरिफ विनियमन और टैरिफ का निर्धारण विद्युत अधिनियम 2003[1] द्वारा निर्देशित है। केंद्रीय बिजली क्षेत्र की उपयोगिताओं के टैरिफ निर्धारण का कोड केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग (सीईआरसी) द्वारा तैयार किया गया है। राज्यों और निजी उपयोगिताओं में, यह संबंधित राज्य विद्युत विनियामक आयोग (एसईआरसी) है। तदनुसार, भारतीय बिजली बाजार दो व्यापक खंडों में विभाजित है, अर्थात् थोक और खुदरा।

थोक बाजार प्राथमिक बाजार है जहां प्राथमिक बिजली आपूर्तिकर्ताओं, यानी बिजली उत्पादक, वितरण कंपनियों, लोड प्रेषण केंद्रों और थोक बिजली व्यापारियों के बीच लेनदेन होता है[2]। थोक बिजली बाजार की एक व्यापक सूक्ष्म संरचना आकृति 1 में प्रदान की गई है। 7 वर्ष और उससे अधिक की परिपक्वता अवधि वाली संविदाओं को दीर्घकालिक खरीद संविदा माना जाता है। एक वर्ष से अधिक लेकिन सात वर्ष से कम की परिपक्वता अवधि वाली खरीद संविदाएं मध्यम अवधि माना जाती हैं। दूसरी ओर, एक वर्ष से कम अवधि वाली संविदाओं को अल्पकालिक संविदाएं माना जाता है।

दीर्घकालिकऔर मध्यम अवधि संविदाओं के लिए टैरिफ बोली-आधारित बिजली खरीद करार (पीपीए) द्वारा तय किए जाते हैं। इन पीपीए पर आम तौर पर उत्पादन गतिविधि शुरू होने से पहले हस्ताक्षर किए जाते हैं। दीर्घकालिक टैरिफ दिन-प्रतिदिन के आधार पर नहीं बदलते हैं। इसके विपरीत, अल्पकालिक थोक बाजार बिजली एक्सचेंजों और द्विपक्षीय व्यापारों के माध्यम से संचालित होता है। इन बाजारों में, मौजूदा मांग-आपूर्ति स्थितियों के आधार पर वास्तविक समय में कीमतों का अनवेषण होता है। अल्पकालिक थोक बाजार विभिन्न हितधारकों से जुड़े

आकृति 1: थोक बिजली बाजार की सूक्ष्म संरचना

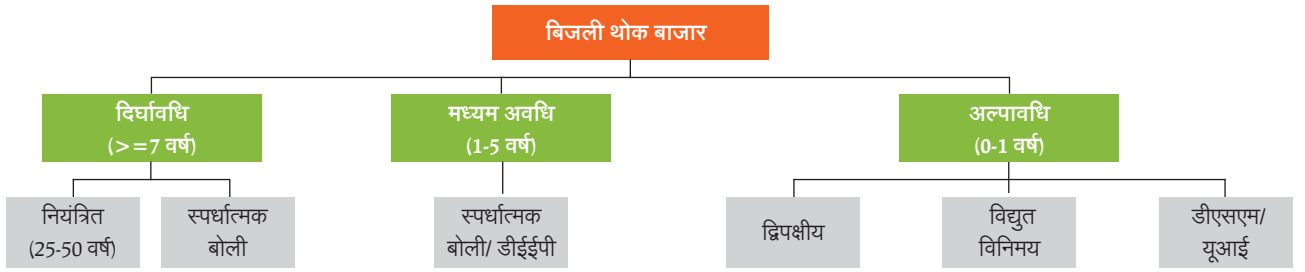


स्रोत: *https://cef.ceew.in*

[1] विद्युत अधिनियम, 2003 की खंड 61 और 62।

[2] *https://cef.ceew.in/masterclass/explains/wholesale-power-market-in-india*

आकृति 2: थोक बिजली बाजार की संविदाओं का स्वरूप



स्रोत: *https://cef.ceew.in*

अल्पकालिक मांग-आपूर्ति असंतुलन को दूर करके एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

थोक बाजार के लगभग 90 प्रतिशत अधिकांश हिस्से का स्वरूप दीर्घकालिक है। दूसरी ओर, केवल 10 प्रतिशत बिजली उत्पादन का कारोबार अल्पकालिक बाजार में होता है (सारणी 1)। अल्पकालिक बाजार में (ए) इंटर-स्टेट ट्रेडिंग लाइसेंसधारियों (केवल अंतर-राज्यीय व्यापार) के माध्यम से द्विपक्षीय लेनदेन के तहत बिजली का व्यापार, (बी) वितरण लाइसेंसधारियों द्वारा सीधे किया गया बिजली का व्यापार (जिसे वितरण कंपनियां या डिस्कॉम भी कहा जाता है), (सी) पावर एक्सचेंजों (इंडियन एनर्जी एक्सचेंज लिमिटेड (आईईएक्स) और पावर एक्सचेंज इंडिया लिमिटेड (पीएक्सआईएल)) के माध्यम से किया गया बिजली का व्यापार, और (डी) विचलन निपटान तंत्र (डीएसएम) के माध्यम से बिजली का लेनदेन सम्मिलित हैं।

सारणी 1: 2009-10 से 2018-19 तक कुल बिजली उत्पादन से संबंधित बिजली के अल्पावधि संव्यवहार की मात्रा

वित्तीय वर्ष	बिजली के अल्पावधि संव्यवहार की मात्रा (बिलियन यूनिट)	कुल बिजली उत्पादन (बिलियन यूनिट)	कुल बिजली उत्पादन के प्रतिशत के रूप में बिजली के अल्पावधि संव्यवहार की मात्रा
2009-10	66	768	9
2010-11	82	811	10
2011-12	95	877	11
2012-13	99	912	11
2013-14	105	967	11
2014-15	99	1049	9
2015-16	115	1108	10
2016-17	119	1158	10
2017-18	128	1203	11
2018-19	145	1245	12
2019-20	137	1391	10

टिप्पणी: 1 यूनिट = 1000 वाट
स्रोत: केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग।

खुदरा बिजली बाजार में विदयुत वितरण कंपनियां और बिजली के अंतिम उपयोगकर्ता ग्राहक शामिल हैं, जो ओपन-एक्सेस बाजार से बिजली खरीदते हैं। खुदरा बिजली बाजार संरचना भारत में लगभग एकाधिकार के समान है क्योंकि संबंधित विनियामक लागत-से अधिक आधार पर टैरिफ ऑर्डर के माध्यम से खुदरा बिजली टैरिफ निर्धारित करते हैं। अधिकांश बिजली, वितरण कंपनियों द्वारा दीर्घकालिक विद्युत खरीद करार के तहत खरीदी जाती है; इसलिए, बिजली के अंतिम उपयोगकर्ता भी दीर्घावधि करार से बंधे होते हैं। डीस्कॉम जिन्हें अपने उपभोक्ताओं को बिजली की आपूर्ति करनी चाहिए, मुख्य रूप से इन दीर्घकालिक करार के माध्यम से आपूर्ति पर निर्भर हैं। राष्ट्रीय टैरिफ नीति 2016 के अनुसार, विनियामक प्राधिकरण टैरिफ ऑर्डर को अंतिम रूप देते समय इन करार के माध्यम से बिजली की खरीद सहित, डिस्कॉम द्वारा किए गए कुल लागत को विचार में लिया जाता हैं। इसलिए, टैरिफ संरचना बिजली उद्योग के समग्र विकास और स्थिरता के लिए अनुकूल

होनी चाहिए। नीति के अनुसार, अक्षय ऊर्जा उद्योग के विकास के लिए टैरिफ निर्णय भी अनुकूल होने चाहिए। पिछले कुछ वर्षों में अक्षय ऊर्जा कीमतों में भारी गिरावट के साथ, यह भविष्य में खुदरा टैरिफ में कमी ला सकता है।

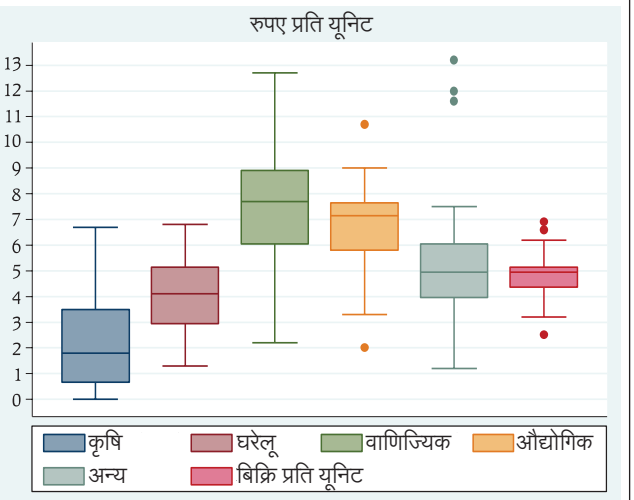
हालांकि, बहुत कम अध्ययनों ने बिजली की कीमतों पर अक्षय ऊर्जा के प्रभाव पर ध्यान दिया है। इसके लिए प्राथमिक रूप से बिजली बकेट में थर्मल ऊर्जा की उच्च हिस्सेदारी को जिम्मेदार ठहराया जा सकता है, जो अगस्त 2021 में कुल स्थापित क्षमता का 60.4 प्रतिशत थी। इसके अलावा, अत्यधिक विनियमित मल्टी-स्लैब बिजली बाजार में क्रॉस-सब्सिडी की उपलब्धता प्रभावी बाजार-आधारित कीमत निर्धारण को रोकता है। बहरहाल, 2008 से अल्पकालिक बाजार विकसित करके बाजार आधारित कीमत अनवेषण की दिशा में पहल की जा रही है। अग्रवाल, गुलाटी, और थांगजासन (2019) ने अक्षय ऊर्जा की कीमतों के सकारात्मक प्रभाव की ओर इशारा किया, जिससे स्पॉट कीमतों में काफी गिरावट आई। अंतर्राष्ट्रीय अनुभव से भी यह स्पष्ट है कि जर्मनी और डेनमार्क में अक्षय ऊर्जा ने पारंपरिक ऊर्जा का स्थान लिया है और बिजली की कीमतों में कमी आयी है (रिंटामाकी, 2013)।

III: बिजली की कीमत गतिशीलता और मुद्रास्फीति

भारत में बिजली की कीमतें क्रॉस-सब्सिडी के प्रभाव को दर्शाती हैं, जिसके कारण कृषि और घरेलू ग्राहक उद्योगों और वाणिज्यिक ग्राहकों की तुलना में अपेक्षाकृत कम कीमतों का भुगतान करते हैं (चार्ट 1)। यह भिन्न टैरिफ संरचना सभी राज्यों में दिखाई देती है। सामान्य तौर पर, औद्योगिक और वाणिज्यिक ग्राहक कुल बिजली का लगभग एक-तिहाई उपयोग करते हैं, लेकिन कुल बिजली बिल का लगभग 55 प्रतिशत हिस्सा है।

हाल की अवधि में अंतिम उपयोगकर्ताओं से वसूला गया खुदरा टैरिफ चार्ट 2 में दर्शाया गया है। पिछले पांच वर्षों के दौरान बेची गई प्रति यूनिट बिजली की औसत कीमत में 5.1 प्रतिशत की वृद्धि हुई, जबकि उद्योग और परिवारों द्वारा भुगतान किए गए शुल्क में क्रमशः 7.2 प्रतिशत और 6.6 प्रतिशत की वृद्धि हुई । दूसरी ओर, कृषि के लिए लगाए गए टैरिफ में इस अवधि के दौरान 2.6 प्रतिशत की गिरावट देखी गई (चार्ट 2)। यह देखा जा सकता

चार्ट 1: 2018-19 में ग्राहक श्रेणी-वार खुदरा टैरिफ



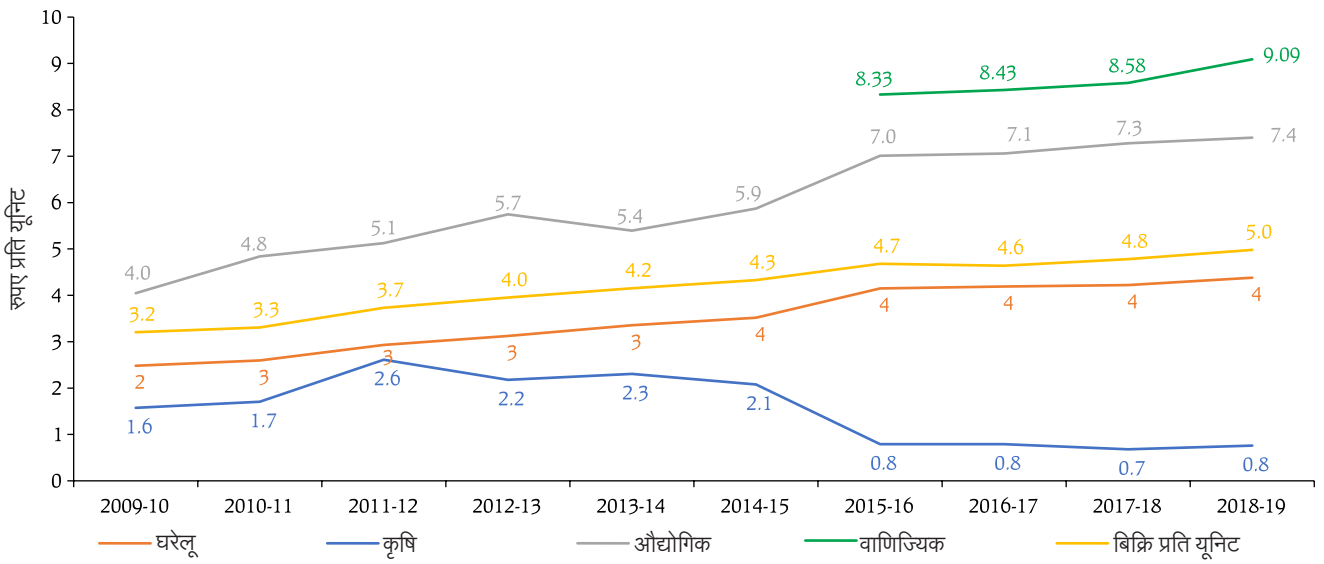
स्रोत: रिपोर्ट ऑन परफोरमेंस ऑफ स्टेट विद्युत यूटिलिटीज 2018-19

है कि औद्योगिक और वाणिज्यिक ग्राहक घरेलू ग्राहकों के टैरिफ से लगभग दोगुना भुगतान करते हैं।

यह नोट किया जाए कि टैरिफ और बिजली की खरीद लागत का निर्धारण करते समय, वितरण कंपनियों के संचित हानि पर भी विचार किया जाता है। अनुमानित रूप से, इसने बिजली दरों में क्रमिक और निरंतर वृद्धि में योगदान दिया है, जो कृषितर ग्राहकों के सभी वर्गों के लिए परिलक्षित होता है (चार्ट 2)।

बिजली के लिए थोक मूल्य सूचकांक (डब्ल्यूपीआई) और उपभोक्ता मूल्य सूचकांक (सीपीआई) की गणना करते समय, उनकी अंतर्निहित बारीकियों को नजरअंदाज कर दिया जाता है। दोनों सूचकांक अनुमान के लिए उपयोग किए जाने वाले कीमतों के नमूनों के प्रकार के संदर्भ में अलग-अलग हैं। केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए) द्वारा बिजली के विभिन्न ग्राहकों (केंद्रीय, राज्य और निजी क्षेत्र) से एकत्र किए गए आंकड़ों के आधार पर बिजली की बिक्री की अखिल भारतीय औसत दर पर थोक मूल्य सूचकांक (डब्ल्यूपीआई) में रिपोर्ट की गई बिजली की कीमतों की गणना की जाती हैं। यह कृषि, उद्योग, घरेलू, वाणिज्यिक और रेलवे जैसे विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग के आधार पर कई मदों को एक साथ लेने की पूर्व प्रथा से अलग है। इसलिए, डब्ल्यूपीआई बिजली मुद्रास्फीति बिजली उत्पादन स्टेशनों की

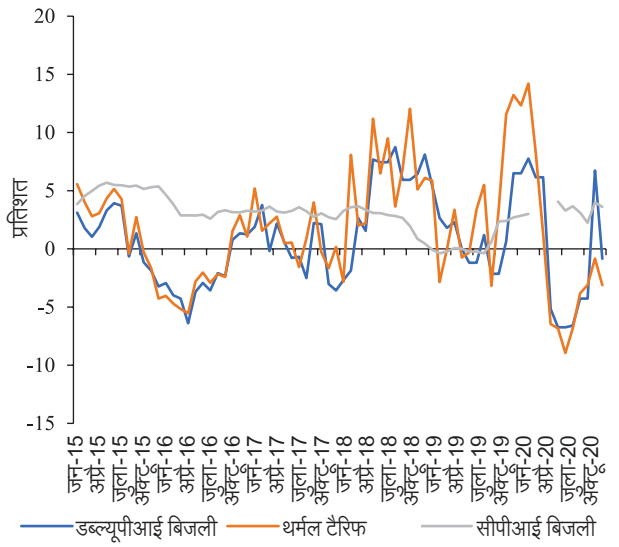
चार्ट 2: ग्राहक श्रेणी-वार खुदरा बिजली टैरिफ



स्रोत: रिपोर्ट ऑन परफोरमेंस ऑफ स्टेट विद्युत यूटिलिटीज, विविध मामले।

औसत बिक्री कीमतों के साथ बहुत करीब से चलती है जिसमें ऐतिहासिक रूप से ज्यादातर थर्मल पावर शामिल है (चार्ट 3)। दूसरी ओर, उपभोक्ता मूल्य सूचकांक (सीपीआई), व्यक्तिगत उपभोक्ताओं द्वारा भुगतान किए गए बिजली शुल्कों पर विचार करता है, इसमें उद्योगों और वाणिज्यिक प्रतिष्ठानों द्वारा भुगतान की गई कीमतें शामिल नहीं हैं। सीपीआई के रूप में मापी गई बिजली दरों में मुद्रास्फीति के आकलन से पता चलता है कि यह

चार्ट 3: बिजली मुद्रास्फीति की प्रवृत्तियां



स्रोत: सीईआईसी तथा एमओएसपीआई

आम तौर पर अखिल भारतीय सीपीआई के लिए निर्धारित 4 प्रतिशत मुद्रास्फीति लक्ष्य से नीचे है, जबकि अवस्फीति का एक अस्थायी चरण भी देखा गया है (चार्ट 3)। यहां तक कि जब सीपीआई मुद्रास्फीति कम रहती है, औद्योगिक और वाणिज्यिक प्रतिष्ठानों द्वारा सामना की जाने वाली बिजली मुद्रास्फीति अधिक हो सकती है। इसे तभी नीचे लाया जा सकता है जब बिजली उत्पादन की लागत में कमी आए और सभी प्रकार के उपभोक्ताओं को दिया जाए, जिसके लिए बिजली वितरण कंपनियों द्वारा सही ढंग से व्यवसाय करने की आवश्यकता होती है।

अनुभवजन्य रूप से मुद्रास्फीति पर बिजली टैरिफ के प्रभाव का अनुमान लगाने के लिए, विशेष रूप से, मुद्रास्फीति पर आरई नीलामी की कीमतों में गिरावट के प्रभाव का आकलन करने के लिए, ऑटोरेग्रेसिव डिस्ट्रिब्यूटेड लैग मॉडल (पेसारन 1999 और 2001) का एक प्रकार नियोजित किया गया था, जो विभिन्न एकीकरण आदेशों - I(0) और I(1)के अधीन था। यह फरवरी 2014 से दिसंबर 2020 तक 83 महीनों को कवर करने वाले आश्रित चर के रूप में मासिक डब्ल्यूपीआई और सीपीआई बिजली का उपयोग करता है। रिग्रेसर के एक ही सेट को दो आश्रित चर के साथ अलग-अलग प्रतिगमन किया गया था; बिजली टैरिफ और उत्पादक कीमत के बीच संबंध का आकलन

करने के लिए डब्ल्यूपीआई मॉडल I को और सीपीआई बिजली टैरिफ और उपभोक्ता कीमत के बीच संबंध का मूल्यांकन करने के लिए मॉडल II (सारणी 3)। रिग्रेसर थे (i) केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए) द्वारा विनियमित 72 पारंपरिक बिजली संयंत्रों से भारित औसत मासिक प्राप्त नीलामी कीमत,[3](ii) आरई की वास्तविक नीलामी कीमतों की मासिक श्रृंखला - सौर, पवन और संकर, लगभग 47 प्लांट को कवर करते हुए, कैटमुल-रोम स्पलाइन पद्धति [4] का उपयोग करके उन महीनों के लिए जब नीलामी नहीं हुई थी, और(iii) देश के सबसे महत्वपूर्ण पावर एक्सचेंज - इंडिया एनर्जी एक्सचेंज (आईईएक्स) में बिजली की मासिक क्लियरिंग स्पॉट कीमत। चूंकि ये नीलामी कीमत - सीईए और आरई बोली प्रक्रिया के परिणाम हैं; आम तौर पर, फ्लोर/फॉरबियरेंस कीमतों पर सबसे कम बोलियां, जो उत्पादन की लागत, टैरिफ, परियोजना की व्यवहार्यता और औसत खरीद लागत को ध्यान में रखते हुए निकाली जाती हैं, नीलामी के स्तर पर कीमत वसूली को प्रभावी माना जाता है। तीन रिग्रेसरों ने मिलकर कुल बिजली आपूर्ति के लगभग 85 प्रतिशत पर कब्जा किया है। जल विदयुत और परमाणु ऊर्जा, जिन्हें डेटा की अनुपलब्धता के लिए अध्ययन में शामिल नहीं किया गया है, कुल मिलाकर बिजली आपूर्ति का लगभग 15 प्रतिशत है।

सारणी 2: सहसंबंध मैट्रिक्स

चर	आरई नीलामी कीमत	बिजली सीपीआई	सीईए नीलामी कीमत	बिजली डब्ल्यूपीआई	ऊर्जा विनिमय स्पॉट कीमत
आरई नीलामी कीमत	1.00 (0.000)				
बिजली सीपीआई	-0.93 (0.000)	1.00 (0.000)			
सीईए नीलामी कीमत	-0.52 (0.000)	0.60 (0.000)	1.00 (0.000)		
बिजली डब्ल्यूपीआई	-0.26 (0.019)	0.38 (0.001)	0.49 (0.000)	1.00 (0.000)	
ऊर्जा विनिमय स्पॉट कीमत	-0.03 (0.783)	-0.09 (0.439)	0.06 (0.607)	0.24 (0.027)	1.00 (0.000)

टिप्पणी: कोष्टक में दिए गए आंकड़े वर्तमान मूल्य है।

सहसंबंध विश्लेषण का उपयोग करते हुए प्रारंभिक जांच से पता चलता है कि बिजली डब्ल्यूपीआई और सीपीआई आरई नीलामी कीमत के साथ नकारात्मक रूप से संबद्ध हैं। हालांकि, सहसंबंध गुणांक के परिमाण में उल्लेखनीय अंतर था, जो यह दर्शाता है कि इस अवधि के दौरान सीपीआई बिजली में वृद्धि बिजली डब्ल्यूपीआई की तुलना में तेज थी, जबकि आरई नीलामी कीमतों की कीमत में एक अस्थायी गिरावट आई है। बिजली सीपीआई और आरई नीलामी कीमत के बीच सहसंबंध गुणांक -0.93 था, जबकि बिजली डब्ल्यूपीआई और आरई नीलामी कीमत के बीच केवल -0.26 था। सीईए पारंपरिक ऊर्जा नीलामी कीमत सकारात्मक रूप से डब्ल्यूपीआई और सीपीआई बिजली दोनों से संबंधित है (सारणी 2; चार्ट 4: ए-बी)।

मॉडल I के तहत एआरडीएल रिग्रेशन के परिणाम बताते हैं कि बिजली की उत्पादक कीमत (डब्ल्यूपीआई) और पारंपरिक बिजली, आरई ऊर्जा और ऊर्जा विनिमय की स्पॉट कीमत के लिए नीलामी कीमतों के बीच सकारात्मक संबंध के ठोस सांख्यिकीय प्रमाण मौजूद हैं। डब्ल्यूपीआई बिजली मुद्रास्फीति लगातार बनी हुई है, जैसा कि दो महीने तक के अपने अंतराल के महत्व से पता चलता है। समकालिक कारकों में, पारंपरिक ऊर्जा नीलामी कीमत डब्ल्यूपीआई को प्रभावित करने वाला सबसे प्रमुख कारक था। डब्ल्यूपीआई पर आरई नीलामी और स्पॉट

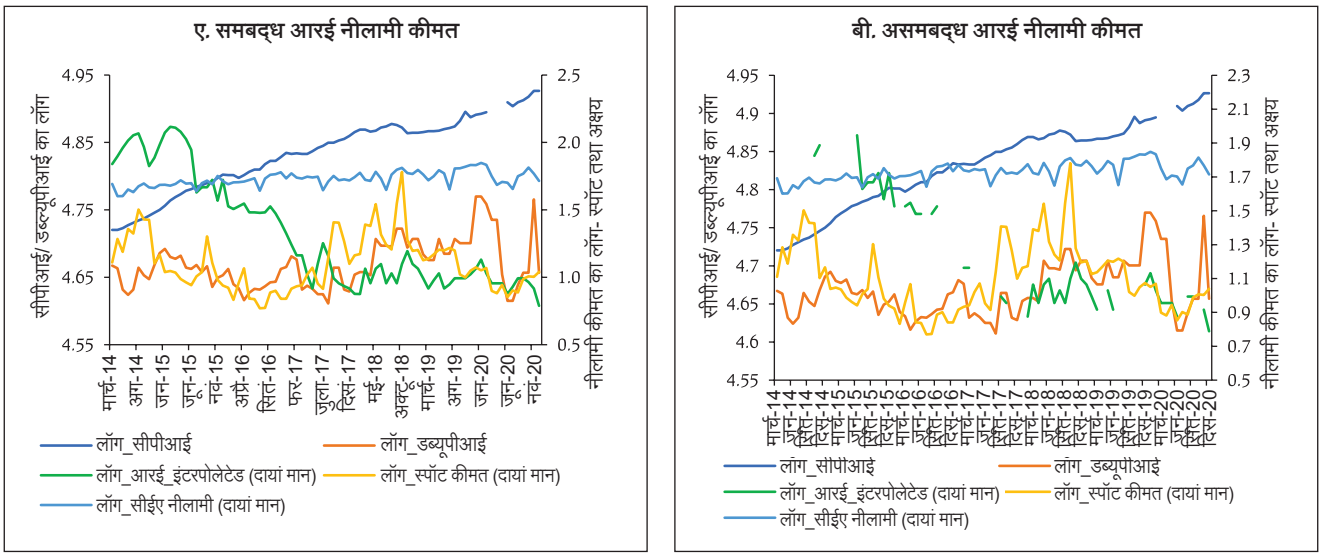
[3] 72 बिजली संयंत्र स्रोत से पारंपरिक हैं, ज्यादातर एनटीपीसी के तहत और राज्य सरकारों और निजी क्षेत्र के प्रतिनिधि संयंत्र शामिल हैं। अनुरोध किए जाने पर सीईए द्वारा श्रृंखला साझा की गई थी। जहां तक आरई नीलामी कीमतों का संबंध है, जेएमके रिसर्च एंड एनालिटिक्स द्वारा साझा किए गए डेटा का उपयोग किया गया था। चूंकि डेटा की ये दो श्रृंखलाएं, सार्वजनिक डोमेन में उपलब्ध नहीं हैं, लेखकों के अनुरोध पर साझा की गई थी, लेखक सीईए और जेएमके रिसर्च एंड एनालिटिक्स को इस सहायता के लिए विशेष धन्यवाद देते हैं। आईईएक्स स्पॉट कीमतें सार्वजनिक डोमेन में उपलब्ध हैं ।

[4] कैटमुल-रोम स्प्लिंस क्यूबिक इंटरपोलेटिंग स्प्लिंस का एक परिवार है जो इस तरह तैयार किया गया है कि प्रत्येक बिंदु pi पर स्पर्शरेखा की गणना पिछले और अगले बिंदु, τ (pi+1 - pi−1) का उपयोग करके की जाती है। पैरामीटर τ को "तनाव" के रूप में जाना जाता है और नियंत्रण बिंदुओं पर वक्र (इंटरपोलेटेड) कितनी तेजी से झुकता है पर इसका प्रभाव पडता है। इसे अक्सर 1/2 पर सेट किया जाता है लेकिन कोई भी इस असाइनमेंट के लिए किसी भी उचित मूल्य का उपयोग कर सकता है। जीअमेट्रिक मैट्रिक्स द्वारा दिया गया है:

$$p(s) = \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\tau & 0 & \tau & 0 \\ 2\tau & \tau-3 & 3-2\tau & -\tau \\ -\tau & 2-\tau & \tau-2 & \tau \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{i-1} \\ p_{i+1} \\ p_i \\ p_{i+1} \end{bmatrix}$$

दुनिया भर में आरई की कीमतों में गिरावट की प्रवृत्ति को विभिन्न संगठनों (नीति आयोग और आरएमआई, 2020; आईआरईएनए 2020) द्वारा अच्छी तरह से प्रलेखित किया गया है, जिसे चार्ट 8 में भी दर्शाया गया है। भारत के लिए इसी तरह की प्रवृत्ति आरई नीलामी कीमतों की विभाजित श्रृंखला द्वारा दर्शायी गयी है। आरई नीलामी कीमत में गिरावट की प्रवृत्ति को गैर-विभाजित श्रृंखला के साथ भी देखा जा सकता है, जिसमें अध्ययन के लिए कवर किए गए 83 महीनों में से 27 महीने थे जब आरई नीलामी नहीं हुई थी, दो नीलामियों के बीच सबसे लंबा अंतराल 4 महीने था जो दो बार हुआ था (चार्ट 4: ए-बी)। यह रिग्रेशन के लिए श्रृंखला की विश्वसनीयता प्रदान करता है।

चार्ट 4: बिजली की कीमतों में उतार-चढ़ाव – सीपीआई, डब्ल्यूपीआई, स्पॉट और अक्षय तथा पारंपरिक नीलामी



स्रोत: पीआईबी, डीजीसीआई एण्ड एस तथा लेखक की गणना

बाजार की कीमतों का प्रभाव अब तक छोटा रहा है, लेकिन वांछित संकेत के साथ यह दर्शाता है कि जैसे-जैसे ऊर्जा मिश्रण में उनकी हिस्सेदारी बढ़ती है, इन खंडों में गिरती कीमतें समग्र बिजली उत्पादन लागत पर और अधिक गिरावट प्रभाव प्रदान करेंगी (सारणी 3 और अनुबंध I)।

इसके विपरीत, सीपीआई के लिए मॉडल II के परिणाम ने रिग्रेसर के समान सेट के साथ अर्थपूर्ण संबंध नहीं दिखाया है। कोई भी रिग्रेसर - आरई नीलामी कीमत, पारंपरिक ऊर्जा नीलामी कीमत और ऊर्जा विनिमय स्पॉट कीमत, सीपीआई बिजली के साथ सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण सहयोग प्रदर्शित

सारणी 3: अनुभवजन्य परिणाम - ऑटोरेग्रेसिव डिस्ट्रिब्यूटेड लैग (एआरडीएल) फ्रेमवर्क (अवधि: फरवरी 2014 से दिसंबर 2020)

व्याख्यात्मक चर	मॉडल I: आश्रित के रूप में डब्ल्यूपीआई बिजली			मॉडल II: आश्रित के रूप में सीपीआई बिजली		
	गुणांक	टी-सांख्यिकी	पी-मूल्य	गुणांक	टी-सांख्यिकी	पी-मूल्य
लॉग.डब्ल्यूपीआई_बिजली(-1)	0.33	2.73	0.00*	-	-	-
लॉग. डब्ल्यूपीआई_बिजली (-2)	0.25	2.06	0.04**	-	-	-
लॉग. सीपीआई_बिजली (-1)	-	-	-	0.56	3.81	0.00*
लॉग. सीपीआई_बिजली(-2)	-	-	-	0.41	2.73	0.00*
लॉग.पारंपरिक_नीलामी_कीमत	0.19	2.98	0.00*	0.0007	0.36	0.72#
लॉग.पारंपरिक_नीलामी_कीमत(-1)	0.21	2.93	0.00*	-	-	-
लॉग.अक्षय_नीलामी_कीमत	0.02	2.31	0.02*	-0.002	-32	0.75#
लॉग.स्पॉट_कीमत(-1)	0.03	2.34	0.02*	-0.007	1.764	0.21#
स्थिर	1.19	3.23	0.00*	0.15	0.81	0.42#
डायग्नोस्टिक				**डायग्नोस्टिक**		
$आर^2$= 0.65; एसईई = 0.02; एफ-स्टैट= 23.39(पी: एफ-स्टैट=0.00); डी-डब्ल्यू= 1.90				$आर^2$ = 0.98; एसईई = 0.006; एफ-स्टैट = 1273.5(पी: एफ-स्टैट=0.00); डी-डब्ल्यू =2.03		
*: 1% महत्व स्तर; **: 5% महत्व स्तर;				*: 1% महत्व स्तर; #: महत्वहीन		

जहां,

लॉग.डब्ल्यूपीआई_बिजली: बिजली के लिए मासिक डब्ल्यूपीआई सूचकांक का समायोजित लॉग
लॉग.सीपीआई_बिजली: बिजली के लिए मासिक सीपीआई सूचकांक का समायोजित लॉग
लॉग.पारंपरिक_नीलामी_कीमत: 75 संयंत्रों से पारंपरिक ऊर्जा के लिए मासिक भारित नीलामी कीमत का समायोजित लॉग
लॉग.अक्षय_नीलामी_कीमत: अक्षय ऊर्जा के लिए मासिक नीलामी कीमत का समायोजित लॉग
स्पॉट_प्राइस : आईईएक्स में साफ की गई बिजली की मात्रा के मासिक औसत स्पॉट कीमत का समायोजित लॉग

नहीं करता है। बिजली सीपीआई और डब्ल्यूपीआई की तुलना में तीन रिग्रेसर के बीच प्रारंभिक सहसंबंध मैट्रिक्स में देखी गयी अपेक्षित वास्तविक भिन्नता के अनुरूप था। इससे यह स्पष्ट है कि आरई ऊर्जा की गिरती कीमत और विनिमय स्पॉट कीमत का घरेलू उपभोक्ताओं द्वारा बिजली के लिए भुगतान की गई कीमते कम होने के लिए कोई प्रभाव नहीं पड रहा है। यह मान लेना उचित है कि खुदरा बिजली टैरिफ के संबंध में अंतर-क्षेत्रीय क्रॉस-सब्सिडी की नीति के ऊपर असंख्य हस्तक्षेपों और विनियमों; और सीपीआई बिजली में घरेलू खपत को छोड़कर बिजली की खपत के अन्य सभी खंडों पर इसका असर पड़ सकता है (सारणी 3)।

आश्रित चर और रिग्रेसर के बीच संबंधों में आगे के खोज मॉडल I (डब्ल्यूपीआई) में एक लंबे समय तक चलने वाले सह-एकीकरण संबंध के अस्तित्व की ओर इशारा करती है। बाद के त्रुटि सुधार मॉडल (ईसीएम) से पता चलता है कि, डब्ल्यूपीआई पारंपरिक बिजली के अंतराल और नीलामी की कीमतों से प्रभावित हुआ है, डब्ल्यूपीआई में किसी भी विचलन का शुद्ध प्रभाव 42 प्रतिशत कोइंटिग्रेशन के लिए 0.42 गुणांक के सुझाव के अनुसार अगले महीने (-) सुधारा जाएगा (सारणी 4 और अनुबंध I)।

सारणी 4: त्रुटि सुधार मॉडल

व्याख्यात्मक चर	आश्रित चर: डब्ल्यूपीआई बिजली		
	गुणांक	टी-सांख्यिकी	पी-मूल्य
कोइंटीग्रेटिंग ईक्यू	-0.42	-6.51	0.00*
डी (लॉग.डब्ल्यूपीआई_बिजली(-1))	-0.25	-2.23	0.02*
डी (लॉग.पारंपरिक_नीलामी_कीमत)	0.19	3.32	0.00*
स्थिर	1.19	6.51	0.00*

डायग्नोस्टिक

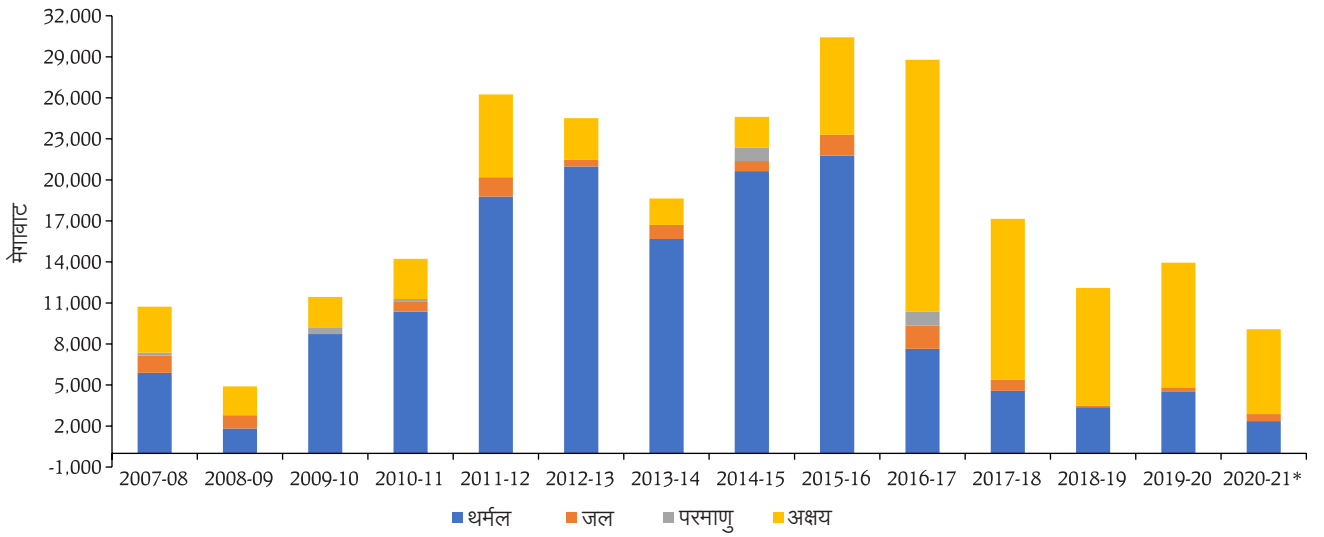
आर^2 = 0.42; एसईई = 0.021 एफ-स्टैट = 19.39(पी: एफ-स्टैट=0.00);

*: 1% महत्व स्तर

IV. अक्षय ऊर्जा और बिजली की कीमतें

पिछले पांच वर्षों में आरई की वृद्धि अभूतपूर्व रही है और इसमें बिजली की कीमतों में कमी लाने की क्षमता है। पिछले पांच वर्षों के दौरान भारत में स्थापित क्षमता में वृद्धिशील परिवर्तन का 66.6 प्रतिशत आरई स्रोतों से था (चार्ट 5)। आरई की स्थापित क्षमता पिछले पांच वर्षों में दोगुनी हो गई है, 2015-16 में 38.8 गीगावाट से 2019-20 में 86.8 गीगावाट हो गई है। सौर और पवन आधारित क्षमता 80.0 प्रतिशत से अधिक है (83 प्रतिशत 2019-20)। इसके विपरीत, पारंपरिक ऊर्जा की स्थापित क्षमता को दुगुना होने के लिए, जिसमें थर्मल की हिस्सेदारी 70 प्रतिशत है,

चार्ट 5: इंधन-वार क्षमता वर्धन



* फरवरी 2021 तक

स्रोत: सीएमआईई इकोनोमिक आउटलूक

2009-10 के 143.9 जीडब्ल्यू से 2019-20 में 283.3 जीडब्ल्यू होने में ग्यारह साल लगे।

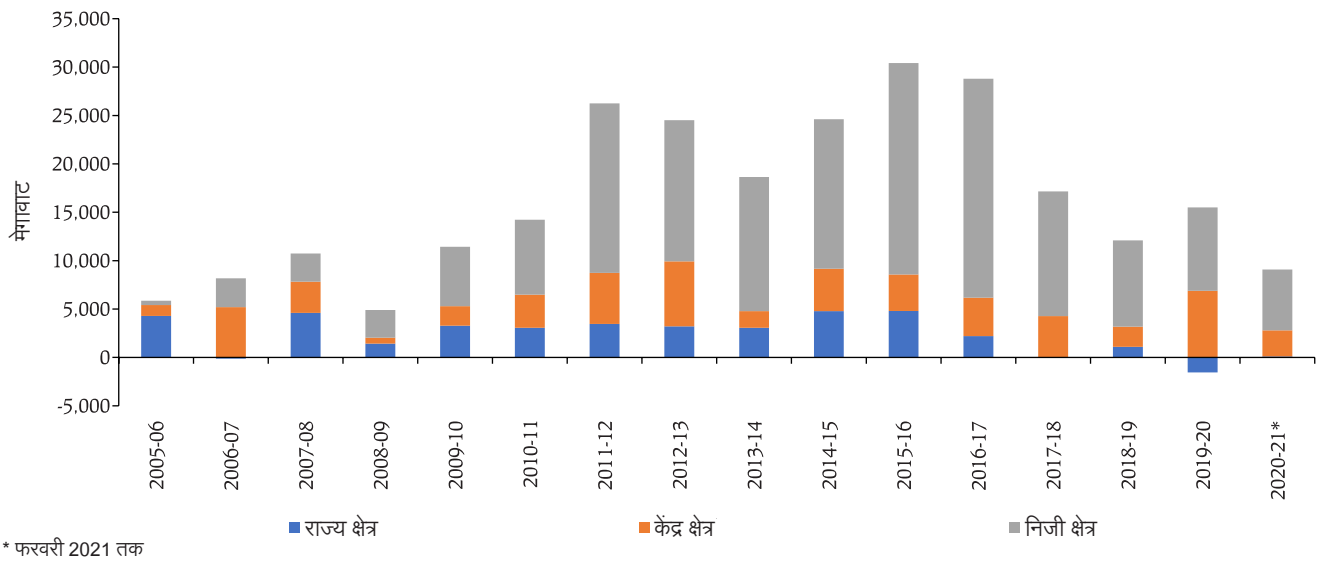
भारत सरकार (जीओआई) ने अक्षय बिजली उत्पादन के लिए 2022 तक 175 गीगावाट स्थापित क्षमता का लक्ष्य निर्धारित किया है। राष्ट्रीय विद्युत योजना, 2018 का अनुमान है कि 2027 तक क्षमता बढ़कर 275 गीगावाट हो जाएगी, जिससे स्थापित क्षमता में अक्षय हिस्सेदारी 44 प्रतिशत और बिजली उत्पादन में 24 प्रतिशत हो जाएगी। दिसंबर 2020 तक, ग्रिड से जुड़ी अक्षय बिजली क्षमता 93 गीगावाट तक पहुंच गई, जिसमें 84 प्रतिशत हिस्सा सौर और पवन ऊर्जा का है। इस क्षमता का लगभग 72 प्रतिशत निजी क्षेत्र द्वारा निर्मित किया गया है (चार्ट 6)।

वैश्विक स्तर पर भी, अक्षय क्षेत्र बिजली उत्पादन के एक महत्वपूर्ण स्रोत के रूप में उभरा है जो लागत कम करने वाले तकनीकी विकास द्वारा समर्थित है। इंटरनेशनल रिन्यूएबल एनर्जी एजेंसी (आईआरईएनए) के अनुसार, यूटिलिटी-स्केल सोलर फोटोवोल्टिक (पीवी) की वैश्विक भारित-औसत स्तरीय बिजली (एलसीओई) की लागत 2010 और 2019 के बीच 82 प्रतिशत गिर गई, जबकि केंद्रित सौर ऊर्जा (सीएसपी) में 47 प्रतिशत, तटवर्ती पवन ऊर्जा में 39 प्रतिशत और अपतटीय पवन ऊर्जा में 29 प्रतिशत गिरावट आई (चार्ट 7)। नतीजतन, अक्षय ऊर्जा उत्पादन प्रौद्योगिकियां दुनिया के लगभग सभी हिस्सों में नई क्षमता के लिए सबसे कम लागत वाला विकल्प बन गई हैं (आईआरईएनए, 2020)।

2019 में शुरू की गई परियोजनाओं की वैश्विक भारित-औसत कुल स्थापित लागत पहली बार यूएसडी 1000/केडब्ल्यू से नीचे गिर गई (चार्ट 8)। भारत 2019 में सबसे कम भारित-औसत कुल स्थापित लागत यूएसडी 618 /केडब्ल्यू होने में दुनिया में सबसे आगे है।

उत्पादन लागत में उल्लेखनीय गिरावट के साथ, बिजली उत्पादन तेजी से विकेंद्रीकृत हो रहा है, खासकर यूरोपीय देशों में जो अक्षय ऊर्जा को अपनाने में सबसे आगे हैं। उदाहरण के लिए, जर्मनी में 1.5 मिलियन से अधिक घर बिजली उत्पन्न करते हैं, या तो स्वयं की खपत के लिए या केंद्रीय ग्रिड को आपूर्ति करने के लिए। देश के ग्रामीण क्षेत्रों में 180 से अधिक बायोएनेर्जी गांवों ने अपने बिजली उत्पादन की जिम्मेदारी ली है। इसी तरह, शहरों में ऊर्जा और आवास एसोसिएशन ने मल्टि-यूनिट भवनों पर पीवी पैनल स्थापित कर रहे हैं, जिससे वे बिजली के मामले में आत्मनिर्भर हो रहे हैं।

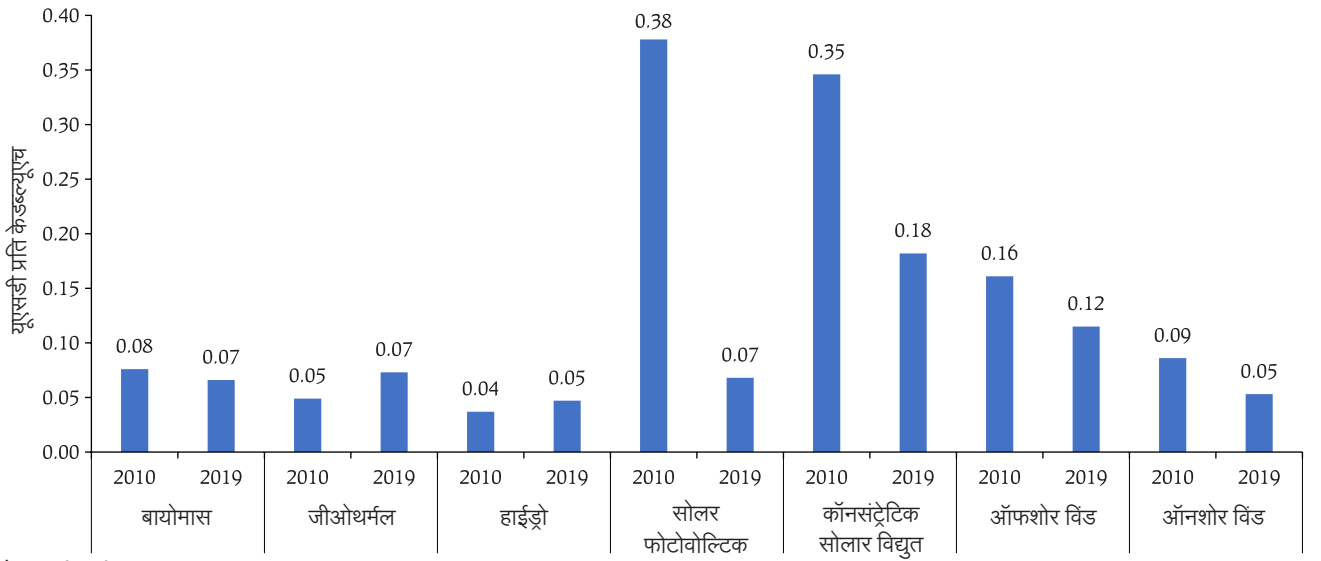
चार्ट 6: स्वामित्व-वार बिजली का क्षमता वर्धन



* फरवरी 2021 तक

स्रोत: सीएमआईई इकोनोमिक आउटलूक

चार्ट 7: आरई की ग्लोबल वेटेड लेवलाइज कीमत

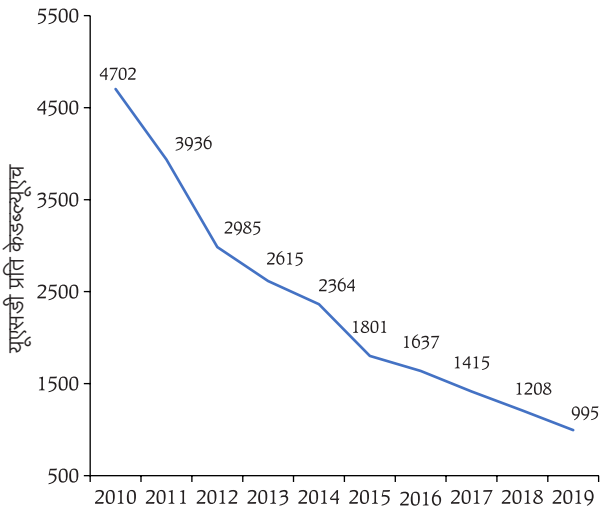


स्रोत: आईआरईएनए, 2020

तकनीकी प्रगति के साथ, पवन और सौर ऊर्जा भारत में नई बिजली के सबसे सस्ते स्रोत बन गए हैं (चार्ट 9)। इसके विपरीत, बढ़ती परिवहन और पूंजीगत लागत के कारण कोयला शुल्क में वृद्धि का अनुमान है। अक्षय ऊर्जा की उच्च भंडारण लागत - अक्षय ऊर्जा को अपनाने में एक महत्वपूर्ण बाधा है – जो प्रभावशाली रूप से घटने का अनुमान है, जो खपत के लिए अप्रयुक्त क्षमता के साथ आरई को ग्रिड में एकीकृत करने के लिए परिवर्तनकारी हो सकता है। 2030 तक, पवन और सौर ऊर्जा की लागत क्रमशः 2.3-2.6 ₹/किवाट और 1.9 - 2.3 ₹/किवाट के बीच होने का अनुमान है, जबकि भंडारण की लागत में लगभग 70 प्रतिशत की गिरावट आने की उम्मीद है (टीईआरआई, 2020)।

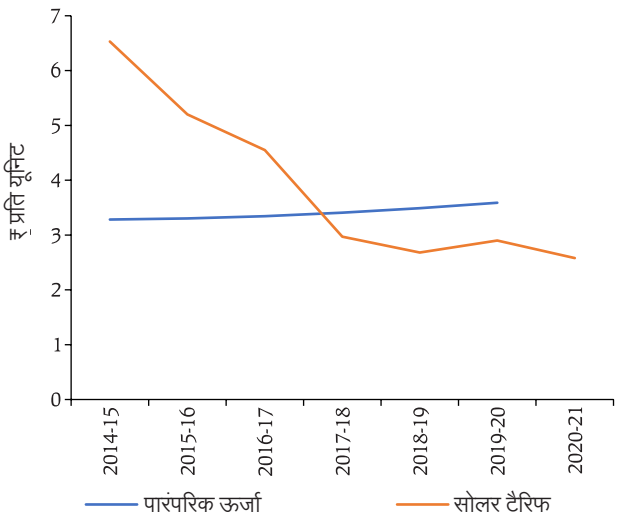
कई नीतिगत उपायों ने भारत में आरई क्षेत्र का समर्थन किया है। इनमें DISCOMs के लिए अक्षय खरीद दायित्व (आरपीओ),

चार्ट 8: वैश्विक भारित औसत संस्थापन लागत



स्रोत: आईआरईएनए, 2020

चार्ट 9: अक्षय ऊर्जा टैरिफ बनाम पारंपरिक ऊर्जा थोक दीर्घावधि टैरिफ



स्रोत: लेखक का अनुमान सीईए तथा क्रिसिल रिसर्च डेटा पर आधारित है।

अक्षय ऊर्जा प्रमाणपत्र (आरईसी), वाणिज्यिक और औद्योगिक उपयोगकर्ताओं के लिए अक्षय ऊर्जा आस्तियों का त्वरित मूल्यह्रास, और अनिवार्य स्थिति जो इसे योग्यता आदेश सिद्धांत से छूट देती है और अक्षय ऊर्जा के शेड्यूलिंग और प्रेषण को अनिवार्य करती है (आईईए, 2020)। आरपीओ ने डिस्कॉम को, ओपन एक्सेस उपभोक्ताओं और कैप्टिव पावर प्रोड्यूसर्स को 2022 तक अपनी बिजली का 21 प्रतिशत अक्षय स्रोतों से प्राप्त करने का आदेश दिया है - 10.5 प्रतिशत सौर ऊर्जा से और शेष सौर ऊर्जा से इतर अक्षय स्रोतों से। आरईसी को मजबूर संस्थाओं को उनके आरपीओ दायित्वों को पूरा करने में मदद करने के लिए शुरू किया गया था, और 2011 में व्यापार की अनुमति दी गई थी। इसके अलावा, आरई में निवेश को आकर्षित करने के लिए, निर्धारित लागत पर दीर्घकालिक बिजली खरीद करार के लिए 2010 में सौर ऊर्जा पीवी के लिए और 2017 में पवन ऊर्जा के लिए प्रतिस्पर्धी नीलामी शुरू की गई थी।

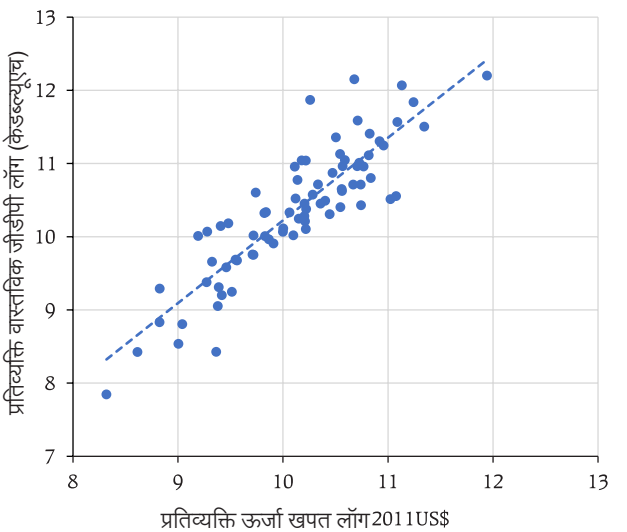
आरई के उपयोग में तेजी लाने वाली एक प्रमुख नीतिगत पहल बिजली अधिनियम, 2003 के तहत ओपन एक्सेस की शुरुआत है। कॉर्पोरेट अक्षय बिजली खरीद करार ने कॉर्पोरेट खरीदारों को बिजली उत्पादकों (डेवलपर्स, स्वतंत्र बिजली उत्पादक निवेशकों) से पूर्व-सहमत अवधि के लिए पूर्व-सहमत कीमत पर आरई खरीदने की अनुमति दी। भारतीय कॉरपोरेट मुख्य रूप से कम लागत और डीकार्बोनाइजेशन लक्ष्यों को पूरा करने के कारण इस मार्ग पर निर्भर हो रहे हैं। 2017-18 के दौरान कर्नाटक, आंध्र प्रदेश और तेलंगाना जैसी विभिन्न राज्य सरकारों द्वारा दिए गए ओपन एक्सेस शुल्क में छूट ने ओपन एक्सेस के माध्यम से आरई उपयोग को बढ़ाने में मदद की। नीति समर्थन से, भारत 2018 और 2019 डब्ल्यूबीसीएसडी (2019) में संयुक्त राज्य अमेरिका के बाद कॉर्पोरेट पीपीए के लिए दूसरा सबसे बड़ा विकास बाजार बन गया। हाल ही में ग्रीन टर्म अहेड मार्केट (जीटीएएम) पहल से अक्षय ऊर्जा बाजार को और प्रोत्साहन मिलने की उम्मीद है।

V. संभावित ऊर्जा मांग

जबकि अक्षय ऊर्जा पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों के लिए सबसे अच्छा विकल्प साबित हो रही है, दुनिया में क्रांति लाने की इसकी क्षमता उपयोग की सीमा पर निर्भर करती है। आईईए के आंकड़ों के अनुसार, 2018 में विश्व ऊर्जा आपूर्ति में अक्षय ऊर्जा का योगदान 13.8 प्रतिशत था, जिसमें 1990 के 12.8 प्रतिशत से मामूली वृद्धि हुई थी। इसी अवधि के दौरान बिजली उत्पादन में उनका हिस्सा 18.8 प्रतिशत से बढ़कर 23.4 प्रतिशत हो गया। ऊर्जा बाजार में तेल और कोयला प्रमुख खिलाड़ी बने हुए हैं। यद्यपि, हाल के दिनों में तकनीकी परिवर्तनों ने अन्य ऊर्जा प्रकारों की तुलना में पर बिजली को बढ़त दी है। यह प्रगति अक्षय ऊर्जा को अपनी ओर ऊर्जा संतुलन को स्थानांतरित करने के लिए बेहतर अवसर प्रदान कर रही है। तदनुसार, अक्षय ऊर्जा की क्षमता को ऊर्जा संतुलन के बड़े ढांचे में देखा जाना चाहिए, भले ही इसका हिस्सा अभी मामूली है। इन वैश्विक रुझानों के विपरीत, हम भारतीय अर्थव्यवस्था के लिए समग्र ऊर्जा मांग परिदृश्य का विश्लेषण करते हैं।

ऊर्जा की मांग आर्थिक विकास के साथ संबंध रखती है क्योंकि ऊर्जा उत्पादन में एक महत्वपूर्ण इनपुट है (यल्डिरिम, सुकरुग्लू, और असलान, 2014)। प्रति व्यक्ति उच्च आय वाले देशों में औसतन प्रति व्यक्ति ऊर्जा खपत अधिक थी (चार्ट 10)। कई अध्ययनों ने दो चरों के बीच द्वि-दिशात्मक संबंध दिखाया है, जबकि अन्य ने ऊर्जा से आर्थिक विकास (झांग एंड शिन, 2011;

चार्ट 10: प्रतिव्यक्ति जीडीपी तथा ऊर्जा खपत

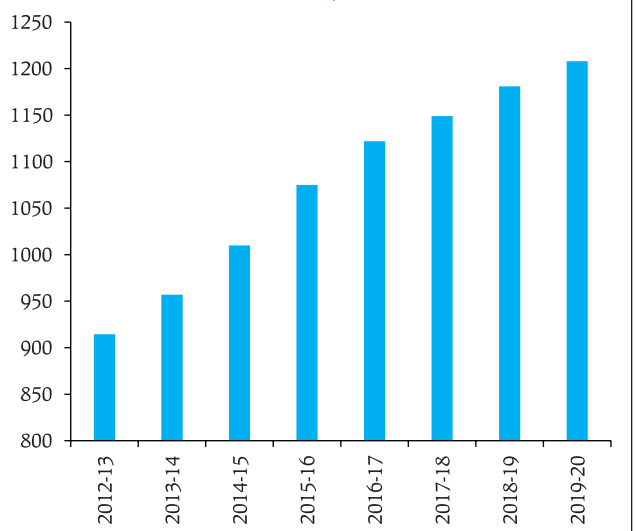


स्रोत: लेखक की गणना वर्ल्ड बैंक वर्ल्ड डेवलपमेंट इंडिकेटर डेटा पर आधारित

डेविड एंड एनफ्लोब, 2013) के कारण कॉज़ैलिटी की ओर इशारा किया है। इसी तरह के परिणाम बिजली की मांग और जीडीपी के मामले में मिले। भारतीय संदर्भ में, ऊर्जा की मांग और आर्थिक विकास के बीच द्वि-दिशात्मक कॉज़ैलिटी महत्वपूर्ण थी (ओहलान, 2016)।

2019 में, चीन और यूएसए[5] के बाद भारत बिजली का तीसरा सबसे बड़ा उत्पादक और उपभोक्ता था और वार्षिक आधार पर प्रति व्यक्ति बिजली की खपत में लगातार वृद्धि दर्ज की गई (चार्ट 11)। 2012-19 की अवधि के दौरान प्रति व्यक्ति बिजली खपत की चक्रवृद्धि वार्षिक वृद्धि दर में 4.1 प्रतिशत की वृद्धि हुई। हालांकि, भारत की प्रति व्यक्ति बिजली की खपत 2014 में 804.5 किवाट थी (विद्युत मंत्रालय के अनुसार 2018-19 में 1181 किवाट) जो विश्व औसत 3132.8 किवाट से बहुत कम है[6]। बढ़ते शहरीकरण और औद्योगीकरण से बिजली की मांग को बढ़ावा मिलने की उम्मीद है जिसे स्थायी स्रोतों के माध्यम से पूरा करने की आवश्यकता है। भारत में बिजली की खपत और बढ़ने की उम्मीद है, और अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी के अनुसार, 2018

चार्ट 11: बिजली की प्रतिव्यक्ति वार्षिक खपत (केडब्ल्यूएच)



स्रोत: केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण

और 2040 के बीच भारत में बिजली की मांग लगभग तीन गुना हो जाएगी।

पिछले दशक के दौरान ऊर्जा की मांग मुख्य रूप से पारंपरिक स्रोतों, यानी जीवाश्म ईंधन के माध्यम से पूरी की गई थी। 2010 में जीवाश्म ईंधन की हिस्सेदारी लगभग 93 प्रतिशत थी, जो 2018 में मामूली रूप से घटकर 92 प्रतिशत रह गई। 2010 के निम्न आधार पर 17.3 प्रतिशत की मजबूत वार्षिक वृद्धि दर्ज करने के बावजूद 2018 में अक्षय ऊर्जा की हिस्सेदारी 3.4 प्रतिशत थी । इस अवधि के दौरान, परिवहन, उद्योग और भवन क्षेत्र से ऊर्जा की मांग समान रूप से उत्पन्न हुई। ब्रिटिश पेट्रोलियम (बीपी) के अनुसार, भारतीय अर्थव्यवस्था की ऊर्जा की मांग निकट से मध्यम अवधि में वैश्विक अर्थव्यवस्था और तुलनीय समकक्ष अर्थव्यवस्थाओं की तुलना में उच्च गति से बढ़ेगी। बीपी ने दो परिदृश्यों के तहत पूर्वानुमान किया हैं, अर्थात अक्षय ऊर्जा क्षमता और व्यापार में हमेशा की तरह तेजी से वृद्धि। तेजी से वृद्धि परिदृश्य के तहत, अक्षय ऊर्जा की हिस्सेदारी 2018 में चार प्रतिशत से कम होगी तथा 2025 में लगभग 10 प्रतिशत और 2040 में 40 प्रतिशत तक तेजी से बढ़ने की उम्मीद है। इसकी तुलना में, व्यापार में सामान्य परिदृश्य में, अक्षय ऊर्जा की हिस्सेदारी 2025 में लगभग 5.5 प्रतिशत और 2040 में 15.5 प्रतिशत होने का अनुमान है। व्यापार के सामान्य परिदृश्य में, जीवाश्म ईंधन और आयातित ईंधन पर, भारतीय अर्थव्यवस्था की निर्भरता अधिक बनी रहेगी जो भारतीय अर्थव्यवस्था के लिए उच्च ऊर्जा जोखिम है (सारणी 5)।

अक्षय ऊर्जा के दोहन में भारत की क्षमताअपार हैं (सारणी 6)। भूमि की उपलब्धता और सौर विकिरण मूल्यांकन के आधार पर, देश में संभावित सौर ऊर्जा लगभग 750 गीगा वाट होने का अनुमान लगाया गया है। इसके अलावा, सौर ऊर्जा के माध्यम से आवासीय, वाणिज्यिक और औद्योगिक क्षेत्रों के लिए गर्म पानी की आवश्यकता को पूरा करने और बायोगैस के माध्यम से ग्रामीण क्षेत्रों में खाना पकाने की ऊर्जा की जरूरतों को पूरा करने के लिए विकेन्द्रीकृत वितरित अनुप्रयोगों की महत्वपूर्ण संभावनाएं हैं। अक्षय ऊर्जा में बिजली की सार्वभौमिक पहुंच की शुरुआत करने की भी क्षमता है। पवन ऊर्जा का एक आंतरायिक और स्थान-विशिष्ट स्रोत है, और इसलिए संभावित स्थलों के चयन के लिए

[5] *https://www.business-standard.com/article/economy-policy/now-india-is-the-third-largest-electricity-producer-ahead-of-russia-japan-118032600086_1.html*

[6] विश्व बैंक विश्व विकास संकेतक डेटाबेस, 2020 के अनुसार

सारणी 5: भारत का बिजली खपत परिदृश्य
(एक्जाजौल्स में ऊर्जा)

	वृद्धि			द्रुत परिदृश्य			सामान्य परिदृश्य में बिजनेस		
	2010	2018	2010-2018 सीएजीआर (%)	2025	2040	2018-2040 सीएजीआर (%)	2025	2040	2018-2040 सीएजीआर (%)
खपत									
कुल	23	34	**5.2**	44	65	**3.1**	44	71	**3.4**
ईंधन									
तेल	7	10	**5.0**	11	12	**0.8**	11	16	**2.3**
प्राकृतिक गैस+	2	2	**-0.2**	4	11	**7.7**	3	6	**5.3**
कोयला	12	19	**5.7**	22	12	**-2.2**	25	33	**2.6**
न्यूक्लियर	0	0	**6.0**	1	3	**9.9**	1	2	**8.1**
जलीय	1	1	**2.6**	2	2	**3.0**	2	2	**2.5**
अक्षय*	0	1	**17.3**	4	26	**15.3**	2	11	**10.7**
क्षेत्र ^									
परिवहन	3	5	**5.5**	6	10	**3.6**	6	10	**3.6**
उद्योग	12	17	**4.7**	22	34	**3.2**	22	36	**3.4**
नॉन- कमबस्टेड	1	2	**5.6**	3	4	**2.4**	3	4	**3.0**
इमारतें	6	10	**5.7**	13	18	**2.7**	14	21	**3.4**

^: बिजली और हाइड्रोजन शामिल है; और उनके संबंधित रूपांतरण हानियां।
*: अक्षय में पवन, सौर, भूतापीय, बायोमास, बायोमीथेन और जैव ईंधन शामिल हैं।
+: प्राकृतिक गैस में बायोमीथेन शामिल नहीं है।
स्रोत: एनर्जी आउटलुक 2020, ब्रिटिश पेट्रोलियम।

एक व्यापक पवन संसाधन मूल्यांकन आवश्यक है। राष्ट्रीय पवन ऊर्जा संस्थान (एनआईडब्ल्यूई) के माध्यम से, सरकार ने पूरे देश में 800 से अधिक पवन-निगरानी स्टेशन स्थापित किए हैं और जमीनी स्तर से 50 मीटर, 80 मीटर, 100 मीटर और 120 मीटर ऊपर संभावित पवन मानचित्र जारी किए हैं। नवीनतम आकलन से देश में जमीनी स्तर से 100 मीटर और 120 मीटर की ऊंचाई पर 302.25 गीगावाट और 695.50 गीगावाट की सकल पवन ऊर्जा क्षमता का संकेत देता है। इस क्षमता का अधिकांश हिस्सा सात हवादार राज्यों में मौजूद है।

सारणी 6: भारत में अक्षय ऊर्जा की क्षमता का अनुमान

स्रोत	जीडब्ल्यू में क्षमता
सौर	750.0
पवन	695.5@
जैविक-ऊर्जा	25.0
छोटी पनबिजली क्षमता$	20.0
कुल	1490.5

@: 120 मीटर एजीएल (जीडब्ल्यू) पर पवन ऊर्जा क्षमता। 100 मीटर एजीएल पर पवन ऊर्जा क्षमता लगभग 302.25 गीगावाट है।
$: < 25 मेगावाट क्षमता से कम की परियोजनाएं।
स्रोत: वार्षिक रिपोर्ट 2019-20, एमएनआरई।

स्थान और भौगोलिक उपयुक्तता पर उनकी निर्भरता ऊर्जा के अक्षय स्रोतों की एक विशेषता है। इसके कारण, मूल्यांकन किए गए अक्षय ऊर्जा स्रोत कुछ राज्यों में पर्याप्त सूर्य-प्रकाश, बंजर भूमि और हवा वाले क्षेत्रों में केंद्रित हैं (सारणी 7)। संभावित अक्षय ऊर्जा क्षमता का लगभग 81 प्रतिशत इन राज्यों में है।

सारणी 7: सौर और पवन ऊर्जा की क्षमता का राज्य-वार अनुमान

राज्य	सौर	पवन (120 मीटर एजीएल पर पवन ऊर्जा क्षमता (जीडब्ल्यू))
आंध्र प्रदेश	38.44	74.90
गुजरात	35.77	142.56
कर्नाटक		124.15
मध्य प्रदेश	61.66	15.40
महाराष्ट्र	64.32	98.21
राजस्थान	142.31	127.75
तमिलनाडु	17.67	68.75
जम्मू और कश्मीर	111.05	
उत्तर प्रदेश	22.83	
हिमाचल प्रदेश	33.84	
उड़ीसा	25.78	
कुल जोड़	**553.67**	**651.72**
कुल	**748.98**	**695.50**

स्रोत: वार्षिक रिपोर्ट 2019-20, एमएनआरई.

बिजली की बढ़ती मांग के साथ, दीर्घकालिक स्थिरता के लिए बिजली की लागत सर्वोपरि हो जाती है। यह ध्यान दिया जा सकता है कि बिजली व्यय किसी भी फर्म के कुल व्यय का एक महत्वपूर्ण घटक है। उच्च बिजली लागत एक अर्थव्यवस्था में उत्पादित वस्तुओं और सेवाओं के समग्र बिक्री मूल्य में वृद्धि करती है, जिससे मूल्य प्रतिस्पर्धात्मकता प्रभावित होती है। चुनिंदा प्रमुख अर्थव्यवस्थाओं में व्यवसायों के लिए बिजली की कीमतों की तुलना करने से पता चलता है कि भारत में बिजली की कीमतें समकक्ष अर्थव्यवस्थाओं की तुलना में काफी अधिक हैं। हमारे प्रमुख निर्यात प्रतिस्पर्धियों जैसे बांग्लादेश, एशियन अर्थव्यवस्थाओं और चीन के साथ तुलना करने पर यह और भी स्पष्ट है (सारणी 8) । इस संदर्भ में, अक्षय ऊर्जा कम कीमत पर बिजली उपलब्ध कराकर एक आवश्यक भूमिका निभा सकती है।

सारणी 8: व्यवसायों के लिए बिजली की कीमत [7]
(यूएस सेंट प्रति केडब्ल्यूएच)

अर्थव्यवस्था	2015	2016	2017	2018	2019	2020
बांग्लादेश	9	9	9	9	9	10
इंडोनेशिया	14	14	11	11	11	11
ताइवान चीन	14	14	12	11	12	12
मलेशिया	17	15	14	13	12	12
न्यूजीलैंड	14	14	13	12	12	12
कनाडा	13	13	16	14	13	12
फ्रांस	14	14	15	14	13	14
चीन	14	15	14	15	16	15
हांगकांग चीन	15	16	15	15	15	16
दक्षिण अफ्रीका	10	9	15	15	15	16
मेक्सिको	17	14	7	7	12	17
ब्राज़िल	12	16	18	15	16	18
यूनाइटेड किंगडम	15	16	16	16	17	18
संयुक्त राज्य अमेरिका	15	15	16	17	17	18
भारत	23	22	21	18	17	18
ऑस्ट्रेलिया	22	21	19	17	23	20
जापान	29	26	23	22	19	21
पाकिस्तान	21	19	19	19	19	22
जर्मनी	29	29	27	34	32	26
स्पेन	23	25	16	19	25	26

स्रोत: डुईंग बिजनेस रिपोर्ट, वर्ल्ड बैंक

VI. चुनौतियां और रचनात्मक मुद्दे

चूंकि आरई स्रोतों की भूमिका उत्तरोत्तर बढ़ने की उम्मीद है, नए पीपीए पर हस्ताक्षर करने वाली डिस्कॉम को आगे और अधिक महत्वपूर्ण व्यवधानों की गुंजाइश को पहचानने की आवश्यकता होगी[8]। एक संबंधित चुनौती आरई की परिवर्तनशीलता या अनिश्चितता का प्रबंधन करना होगा। जीवाश्म ईंधन आधारित बिजली के विपरीत, जिसे लगातार उत्पन्न किया जा सकता है, पवन और सौर जैसे अक्षय ऊर्जा स्रोत मांग पर उत्पन्न नहीं किए जा सकते हैं। नीति आयोग विशेषज्ञ समूह के अनुसार, आरई की स्थापित क्षमता को पूरा करना एक तकनीकी चुनौती है वित्तीय चुनौती नहीं है। इस संबंध में, राष्ट्रव्यापी ग्रिड एकीकरण परियोजना की सफलता गैर-विघटनकारी रूप से अवस्थांतरण के प्रबंधन के लिए एक अनिवार्य शर्त बन गई है। एक संबंधित मुद्दा सौर मॉड्यूल की बढ़ती मांग है, जिसे ज्यादातर आयात के माध्यम से पूरा किया जाता है। इसलिए, आत्मनिर्भर भारत योजना के अनुरूप सौर पैनलों की घरेलू विनिर्माण क्षमता को बढ़ाना सर्वोपरि है।

आरई में, वित्तपोषण लागत भारत में प्रचलित आरई टैरिफ के सबसे महत्वपूर्ण घटक - 50 और 65 प्रतिशत के बीच - में है, जो अन्य विकासशील देशों में और भी अधिक है जहां जोखिम प्रीमियम अधिक है। जबकि डिस्कॉम के लिए अक्षय खरीद दायित्वों (आरपीओ), त्वरित मूल्यह्रास लाभ (एडीबी), और मस्ट-रन स्थिति (एमआरएस) के रूप में नीतिगत हस्तक्षेपों ने इस क्षेत्र को अच्छी तरह से सेवा प्रदान की है, अतिरिक्त प्रोत्साहनों जैसे कि व्यवहार्यता अंतर वित्त पोषण और ब्याज दर के विवेकपूर्ण कार्यान्वयन सबवेंशन, उत्पादन-आधारित प्रोत्साहन, लंबी अवधि के ऋण, बैक-लोड आरई टैरिफ, आरई विकास को और गति प्रदान कर सकते हैं।

हालाँकि, इन हस्तक्षेप नीतियों का कार्यान्वयन समस्याओं के बिना नहीं रहा है। भारतीय बिजली अधिनियम, 2003 के

[7] बिजली की कीमत यू.एस. सेंट प्रति kWh में मापी जाती है। मासिक बिजली की खपत मान ली जाती है, जिसके लिए अर्थव्यवस्था के सबसे बड़े व्यापारिक शहर में स्थित गोदाम के लिए मार्च महीने के बिल की गणना की जाती है। बिल को फिर kWh की इकाई के रूप में फिर से परिवर्तीत किया जाता है। सूचकांक की गणना DB16-20 अध्ययनों की कार्यप्रणाली के आधार पर की जाती है

[8] इस संभावित व्यवधान की एक झलक लॉकडाउन के दौरान देखने मिली. नीति आयोग के अनुसार, देशव्यापी लॉकडाउन के दौरान डीस्कॉम ने पिछले वर्ष की तुलना में लगभग 25 प्रतिशत कम मांग का अनुभव किया, जिसके लिए उन्हें 8-10 प्रतिशत की संभावित राजस्व हानि का सामना करना पड़ रहा है। दूसरी ओर, आरई का उत्पादन बरकरार था जिसके परिणामस्वरूप कुल उत्पादन में आरई की हिस्सेदारी मार्च 2020 के अंत में 9.0 प्रतिशत से बढ़कर अप्रैल-मई 2020 के दौरान 13.0 प्रतिशत हो गई।

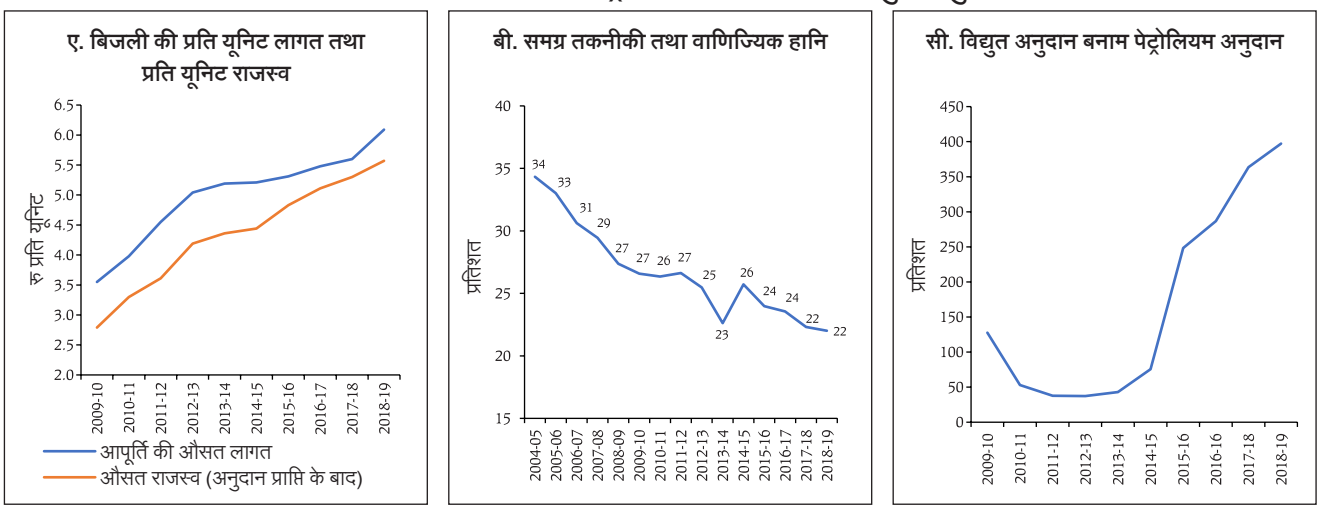
अनुसार, आरपीओ अनिवार्य है कि सभी बिजली वितरण लाइसेंसधारी आरई स्रोतों या नेशनल लोड डिस्पैच सेंटर से अक्षय ऊर्जा प्रमाणपत्र (आरईसी) से अपनी आवश्यकताओं की न्यूनतम निर्दिष्ट मात्रा की खरीद या उत्पादन करें। हालांकि, आरपीओ लक्ष्यों को लागू करना एक चुनौती बना हुआ है, अधिकांश राज्यों और संघ शासित प्रदेशों ने अपने संबंधित आरपीओ की तुलना में कम हासिल किया है। एडीबी योजना के संबंध में, लंबी समय सीमा में परियोजनाओं के प्रदर्शन के साथ लाभ के वितरण को जोड़कर सुधार की गुंजाइश मौजूद है, यानी एडी प्राप्त करने के स्थान पर बैंक गारंटी, जिसे न्यूनतम खाते या एकमुश्त परिवर्तन के अधीन वर्ष दर वर्ष जारी किया जा सकता है। उत्पादन कर क्रेडिट (रु./किवाट में) जो हस्तांतरणीय हो भी सकता है और नहीं भी। इसी तरह, एमआरएस के तहत, आरई संयंत्रों को मेरिट ऑर्डर डिस्पैच या किसी अन्य वाणिज्यिक विचार पर कटौती के अधीन नहीं किया जा सकता है, यानी आरई प्लांट को सभी शर्तों के तहत ग्रिड को बिजली की आपूर्ति करनी होती है। यह स्थिति 2010 में आरई क्षेत्र को प्रदान की गई थी। ऐसे कई उदाहरण हैं जिनमें डिस्कॉम ने भुगतान में देरी की है और सौर तथा पवन ऊर्जा उत्पादकों के साथ अपनी पीपीए प्रतिबद्धताओं से हटकर खराब वित्तीय स्थिति के कारण बैक-डाउन नामक ग्रिड से उत्पादन क्षमता को अनप्लग कर दिया है। आरई स्रोतों का विस्तार और विस्तार करने के लिए इन मुद्दों को संबोधित और हल करना होगा। हाल की नीलामियों में सौर ऊर्जा ने ग्रिड समता हासिल की है। अन्य लाभों के अलावा, यह इसलिए था क्योंकि भूमि राज्य सरकारों से उपलब्ध कराई गई थी, और बोलियां राज्य सरकार की गारंटी द्वारा समर्थित दीर्घकालिक बिजली खरीद करारों पर आधारित थीं।

बिजली के खुदरा वितरण में सुधार देश की दीर्घकालिक ऊर्जा सुरक्षा और स्थिरता की चाबी है। जबकि वाणिज्यिक, तकनीकी और ट्रांसमिशन घाटे को कम करना एक सतत चुनौती बनी हुई है, आज तक, टैरिफ का बाजार मूल्य निर्धारण बिजली क्षेत्र के लिए सबसे बड़ी चुनौती रही है। उद्योग से मांग के अन्य स्रोतों के लिए क्रॉस सब्सिडी और विशिष्ट क्षेत्रों को प्रत्यक्ष सब्सिडी व्यापक रूप से नियोजित है। इसका परिणाम समग्र बिजली क्षेत्र का खराब प्रदर्शन रहा है। बिजली क्षेत्र का भावी स्वास्थ्य आपूर्ति की औसत लागत (एसीएस) और औसत राजस्व प्राप्ति (एआरआर) के बीच के अंतर को कम करने पर टिका है।

2018-19 के अंत तक, वार्षिक एआरआर ₹5.6 प्रति यूनिट जितना कम था, जबकि सालाना एसीएस पर ₹6.1 प्रति यूनिट खर्च किया गया था, फिर भी 8.2 प्रतिशत की कमी थी, जबकि 2012-13 में यह अंतर 16.0 प्रतिशत था। कुल तकनीकी और वाणिज्यिक (एटीएंडसी) नुकसान या डेडवेट लॉस - वितरण कंपनी द्वारा खरीदी गई बिजली का प्रतिशत जिसके लिए उसे कोई भुगतान नहीं मिला, वह 2018-19 में 22 प्रतिशत के बराबर था। यह उन्नत अर्थव्यवस्थाओं जैसे यूके और यूएस के अनुभव के विपरीत है, जहां एटी एंड सी घाटा लगभग 6-7 प्रतिशत है। अधिक नुकसान पूरे ऊर्जा क्षेत्र को दबाव में रखता है।

बिजली क्षेत्र में एक जटिल क्रॉस-सब्सिडी योजना है जिसके तहत उद्योग और वाणिज्यिक क्षेत्रों के उच्च ऊर्जा खपत वाले उपभोक्ता कृषि और घरेलू क्षेत्रों में छोटे उपभोक्ताओं की खपत को सब्सिडी देते हैं। हालांकि, केवल क्रॉस-सब्सिडी वितरण क्षेत्र की सभी वित्तीय जरूरतों को पूरा करने के लिए पर्याप्त नहीं है। राज्य सरकारें कृषि और घरेलू उपभोक्ताओं को कम टैरिफ के रूप में प्रत्यक्ष सब्सिडी प्रदान करती हैं। पिछले कुछ वर्षों में, बिजली क्षेत्र के लिए समर्थन बहुत तेजी से बढ़ा है। बिजली सब्सिडी 2018-19 में पेट्रोलियम सब्सिडी से चार गुना अधिक थी, जबकि 2013-14 में यह आधी से भी कम थी। सब्सिडी में तेज वृद्धि पूरी वितरण प्रणाली को अकार्यक्षम बना रही है (चार्ट 12: ए, बी और सी और सारणी 9)।

चार्ट 12: राजस्व अंतराल, ट्रांसमिशन हानि, और विद्युत अनुदान



स्रोत: राज्य विद्युत उपयोगिताओं के प्रदर्शन पर रिपोर्ट, विभिन्न मुद्दे

सारणी 9: बिजली सब्सिडी और पेट्रोलियम उत्पाद सब्सिडी

वित्तीय वर्ष	सब्सिडी (₹ करोड़)		जीडीपी के साथ अनुपात (%)	
	बिजली	पेट्रोलियम	बिजली	पेट्रोलियम
2009-10	19,074	14951	0.30	0.23
2010-11	20,334	38371	0.27	0.50
2011-12	25,771	68484	0.29	0.78
2012-13	36,089	96880	0.36	0.97
2013-14	36,758	85378	0.33	0.76
2014-15	45,584	60269	0.37	0.48
2015-16	74,515	29999	0.54	0.22
2016-16	78,938	27539	0.51	0.18
2017-18	88,919	24460	0.52	0.14
2018-19	98,653	24837	0.52	0.13

स्रोत: पीएफसी तथा केंद्रीय बजट

VII. निष्कर्ष और आगे का पाथ

अंतर्राष्ट्रीय सौर गठबंधन के प्रति भारत की प्रतिबद्धता और पेरिस समझौते में अमेरिका के पुन: प्रवेश ने मध्यावधि में ऊर्जा क्षेत्र के लिए देश की कार्यनीति योजनाओं में आरई को अपनाने के लिए एक नया जोश दिया है। सीमांत लेकिन आरई के बढ़ते प्रभाव के तहत बदलती बिजली की कीमतों की गतिशीलता आगे बढ़ने वाली हरित और कम लागत वाली अर्थव्यवस्था में योगदान कर सकती है।

अनुमान बताते हैं कि इस क्षेत्र को प्राप्त नीतिगत समर्थन के बिना भी, यह व्यावसायिक रूप से व्यवहार्य हो सकता है। इस बात के प्रमाण हैं कि आरई स्रोतों की कम उत्पादन लागत बिजली के लिए स्पॉट और थोक बाजारों में अधोमुखी दबाव डाल रही है, हालांकि बिजली के लिए खुदरा बाजार में अभी तक ऐसा नहीं देखा गया है। प्रतिस्पर्धी टैरिफ संरचना और ट्रांसमिशन और वितरण नुकसान को कम करने के लिए लक्षित कदम और क्रॉस-सब्सिडी को सीमित करने से प्रभावी कीमत अनवेषण को बढ़ावा मिल सकता है और उच्च आरई निवेश आकर्षित हो सकता है।

स्वच्छ, सस्ती और टिकाऊ ऊर्जा आपूर्ति से भविष्य में विकास को गति मिलनी चाहिए। पर्यावरणीय लाभों के अलावा, जो देश आरई स्रोतों में प्रभावी रूप से संक्रमण का प्रबंधन करते हैं, वे प्रतिस्पर्धी ऊर्जा समाधानों का घर होंगे और फर्मों को ऊर्जा के आघात और मौसम के अवरोधों के प्रति अधिक लचीला बनाएंगे।

संदर्भ:

WBCSD (2019). *PPAs in India: Market & Policy Update.* World Business Council for Sustainable Development.

Agarwal, R., Gulati, S., & Thangzason, S. (2019). Renewable Energy and Electricity Price Dynamics in India. *Reserve Bank of India, Monthly Bulletin*, 25-34.

David, I., & Enflob, K. (2013). Causality between energy and output in the long-run. *Energy Economics*, 135-146.

IEA. (2020). *India 2020: Energy Policy Review.* International Energy Agency.

IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019.* Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2019). *Renewable Power Generation Costs in 2019.* Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

NITI AAYOG and RMI (2020): *Towards a Clean Energy Economy - Post COVID-19 Opportunities for India's Energy and Mobility Sectors*, NITI AAYOG and Rocky Mountain Institute Report.

Ohlan, R. (2016). Renewable and nonrenewable energy consumption and economic growth in India. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 1050-1054.

Pesaran, M. and Shin, Y. (1999), An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis, in S. Strom, (Ed.) Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch centennial Symposium, Cambridge University Press, Cambridge.

Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J. (2001), Bounds testing approaches to the analysis of level relationship, Journal of Applied Economics, 16, 289-326.

Rintamäki, T. (2013, February). Impact of renewable energy on electricity prices -comparative analysis of Denmark and Germany. Finland: Aalto University, School of Science.

TERI and CPI (2019), *Accelerating India's Transition to Renewables: Results from the ETC India Project*, The Energy and Resources Institute and Climate Policy Initiative Report.

Yıldırım, E., Sukruoglu, D., & Aslan, A. (2014). Energy consumption and economic growth in the next 11 countries:The bootstrapped autoregressive metric causality approach. *Energy Economics*, 14-21.

Zhang, Z., & Xin, R. (2011). Causal Relationships between Energy Consumption and Economic Growth. *Energy Procedia*, 2065-2071.

अनुबंध : अक्षय ऊर्जा: मूक क्रांति - एआरडीएल और ईसीएम

ऑगमेंटेड डिकी फुलर (एडीएफ) का उपयोग करते हुए वेरिएबल्स के मौसमी रूप से समायोजित प्राकृतिक लॉग के लिए यूनिट रूट टेस्ट की तीन श्रृंखला में अर्थात, I(1), सीपीआई, आरई नीलामी कीमत और स्पॉट कीमत यूनिट रूट की उपस्थिति दर्शाता है, जबकि डब्ल्यूपीआई और पारंपरिक ऊर्जा नीलामी कीमत के स्तर I(0) में यूनिट रूट नहीं था - इस प्रकार ऑटोरेग्रेसिव डिस्ट्रिब्यूटेड लैग (एआरडीएल) फ्रेमवर्क के लिए विकल्प। दो अवधि अंतराल के साथ पहले अंतर पर, किसी भी श्रृंखला में यूनिट रूट नहीं होता है। एकाइके सूचना मानदंड (एआईसी) (अनुबंध सारणी 1) के आधार पर उपयुक्त अंतराल 1(एक) को चुना गया था। अध्ययन की अवधि फरवरी 2014 से दिसंबर 2020 तक है।

एक ही रिग्रेशन को दो बार चलाया गया था - एक डब्ल्यूपीआई के साथ और दूसरा सीपीआई के साथ आश्रित चर के रूप में, एक ही सेट के साथ, अर्थात् पारंपरिक ऊर्जा नीलामी कीमत, आरई नीलामी कीमत और स्पॉट कीमत, जिसे मॉडल I और मॉडल II कहा जाता है। जैसा कि पहले ही चर्चा की जा चुकी है, यह उत्पादक कीमत और उपभोक्ता कीमत पर आरई नीलामी कीमत के प्रभाव का अलग-अलग विश्लेषण करने के उद्देश्य से किया गया था। डब्ल्यूपीआई पर आरई नीलामी कीमत का कम प्रभाव, सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण, अपेक्षित रेखा के अनुरूप था। सीपीआई बिजली का खुदरा स्तर पर कीमत असंतुलन के संकेतक के साथ कोई सांख्यिकीय रूप से सार्थक संबंध नहीं है।

अनुबंध सारणी 1: यूनिट रूट की एडीएफ परीक्षा – मासिक डेटा एकाइके सूचना मानदंड

चर	रुझान के बिना t -आंकड़े (स्तर, अंतराल = 1)	रुझान के बिना t -आंकड़े (पहली भिन्नता, अंतराल = 1)
लॉग.डब्ल्यूपीआई_ईलेक्ट्रीसिटी	-3.24*	-10.56*
लॉग.सीपीआई_ईलेक्ट्रीसिटी	-—1.19#	-2.008*
लॉग.कनवेंशन ऑक प्राइज_	-3.24*	-10.52*
लॉग.रिन्यूवेबल ऑक_प्राइज	-0.77#	-7.23*
लॉग.स्पॉट_प्राइज	-2.14#	-12.43*

*: 1% स्तर प्रासंगिक; #: अप्रासंगिक

लंबे समय तक चलने वाले बाउंड टेस्ट ने मॉडल I में दीर्घकालिक कॉइंटीग्रेशन संबंध की उपस्थिति की ओर इशारा किया और मॉडल II में नहीं। मॉडल I के लिए एफ-सांख्यिकी और टी-सांख्यिकी का निरपेक्ष मूल्य मॉडल I के लिए महत्व के सभी स्तरों पर संबंधित I(1) बाउंड मूल्यों से अधिक था जो चर के बीच दीर्घकालिक संयोग संबंध की पुष्टि करता है (अनुबंध सारणी 2)।

त्रुटि सुधार मॉडल (ईसीएम) का उपयोग करते हुए 0.42 की समायोजन गति के साथ अपने स्वयं के अंतराल और पारंपरिक ऊर्जा नीलामी कीमत के साथ डब्ल्यूपीआई के बीच अल्पकालिक संबंध स्थापित करने के बाद, मॉडलों की सुदृढता का आकलन किया गया। दोनों मॉडलों के लिए सीयूएसयूएम परीक्षण से पता

अनुबंध सारणी 2: एफ और टी- बाउंड टेस्ट मॉडेल I

नल हाईपोथेसिस: नो लेवल रिलेशनशिप									
मॉडेल I - डब्ल्यूपीआई					मॉडेल II - सीपीआई				
टेस्ट सांख्यिकी	मूल्य	प्रासंगिकता	I(0)	I(1)	टेस्ट सांख्यिकी	मूल्य	प्रासंगिकता	I(0)	I(1)
एफ सांख्यिकी के	10.193	10%	2.72	3.77	एफ सांख्यिकी के	1.193	10%	2.72	3.77
		5%	3.23	4.35			5%	3.23	4.35
		2.50%	3.69	4.89			2.50%	3.69	4.89
		1%	4.29	5.61			1%	4.29	5.61
टी-बाउंड टेस्ट		नल हाईपोथेसिस: नो लेवल रिलेशनशिप			टी बाउंड टेस्ट		नल हाईपोथेसिस: नो लेवल रिलेशनशिप		
टेस्ट सांख्यिकी	मूल्य	प्रासंगिकता	I(0)	I(1)	टेस्ट सांख्यिकी	मूल्य	प्रासंगिकता	I(0)	I(1)
टी सांख्यिकी	-4.93	10%	-2.57	-3.46	टी सांख्यिकी	-0.79	10%	-2.57	-3.46
		5%	-2.86	-3.78			5%	-2.86	-3.78
		2.50%	-3.13	-4.05			2.50%	-3.13	-4.05
		1%	-3.43	-4.37			1%	3.43	-4.37

चलता है कि गुणांक 5 प्रतिशत विश्वास बैंड के भीतर स्थिर थे। दोनों मॉडलों के लिए क्यू-सांख्यिकी परीक्षण से पता चला कि 36 महीने के अंतराल तक भी, पी ≥ 0.5 से ऊपर रखने के दौरान पी मूल्य के साथ कोई ऑटो-सहसंबंध नहीं था। एफ-सांख्यिकी और ची-स्क्वायर का उपयोग करते हुए ब्रुश-गॉडफ्रे सीरियल सहसंबंध एलएम टेस्ट सीरियल सहसंबंध की अनुपस्थिति को दर्शाने वाले दोनों मॉडलों के लिए पी ≥ 0.5 से ऊपर महत्वहीन थे। मॉडल I के लिए 2.5 से कम और मॉडल II के लिए लगभग 5.0 का विचरण मुद्रास्फीति कारक (वीआईएफ) रजिस्टरों के बीच बहुसंकेतन की अनुपस्थिति दर्शाते है, जबकि दोनों मॉडलों के लिए गुणांक के संयुक्त वाल्ड परीक्षण के लिए महत्वपूर्ण F-आंकड़े रिग्रेशन, विशेष रूप से, विचाराधीन अवधि के दौरान आरई नीलामी कीमतों की तुलना में डब्ल्यूपीआई और सीपीआई के बीच के संबंध की पुष्टि करते हैं।