

## भारत में नवीकरणीय ऊर्जा तथा बिजली की कीमतों की गत्यात्मक स्थिति\*

यद्यपि भारत के समग्र ऊर्जा सम्मिश्रण में नवीकरणीय ऊर्जा के स्रोत अभी भी बहुत कम हैं फिर भी वे बिजली की स्पॉट कीमतों को नियंत्रित कर विद्युत परिदृश्य को काफी बदल रहे हैं। यह प्रभाव आगे जाकर और बढ़ सकता है जिसमें अंतर्निहित बिजली आपूर्ति – मांग एवं कीमतों के समीकरण में अहम बदलाव की संभावना है।

### भूमिका

भारत में विद्युत उत्पादन क्षेत्र परिवर्तन के दौर से गुजर रहा है जिसमें नवीकरणीय ऊर्जा (आरई) की प्रमुखता बढ़ती जा रही है। यद्यपि ताप विद्युत मुख्य आधार बना हुआ है फिर भी भारत के ऊर्जा-सम्मिश्रण का झुकाव नवीकरणीय ऊर्जा (आरई) की ओर है, जिसकी हिस्सेदारी कुल विद्युत उत्पादन में 2008-09 के 3.7 प्रतिशत से बढ़कर 2018-19 में 9.2 प्रतिशत हो गई है। इसके अलावा, पिछले पाँच वर्षों में सौर ऊर्जा कीमत में 64 प्रतिशत की गिरावट से नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों (आरईएस) की प्रतिस्पर्धात्मकता काफ़ी सुधरी है। ये घटनाक्रम बिजली की कीमतों के समीकरण को काफी नाटकीय रूप से बदल रहे हैं – स्पॉट मार्केट में निर्धारित बिजली की औसत कीमत पिछले पाँच वर्षों में वितरण कंपनियों (डिस्कॉम्स) एवं विद्युत उत्पादनकर्ताओं के बीच दीर्घकालिक विद्युत क्रय करारों (पीपीए) में अंतर्निहित कीमत की तुलना में लगभग 33 प्रतिशत कम थी। ऐसे समय में जब अधिकांश ताप विद्युत संयंत्र (टीपीपी) गंभीर वित्तीय दबाव में हैं, गिरती कीमतें उनकी व्यावहार्यता में संघ लगा रही हैं। विद्युत क्रय करारों (पीपीए) के तहत बिजली खरीदने के वितरण कंपनियों (डिस्कॉम्स) द्वारा अपने वायदे को न मानना तथा ताप विद्युत संयंत्रों (टीपीपी) द्वारा पीपीए निर्धारित मूल्यों से कम मूल्य पर स्पॉट मार्केट में बिजली बेचना जैसे दृष्टांत ऊर्जा क्षेत्र में इस संकट के लक्षण हैं। यह वैसा है जैसा शेल गैस के आने

से कच्चे तेल के बाजार के साथ हुआ। वैश्विक कच्चे तेल की आपूर्ति में महज 1.5 प्रतिशत की हिस्सेदारी के बावजूद शेल तेल ने कीमतों के दबाव को कम कर दिया है और सभी ओपेक (पेट्रोलियम निर्यातक देशों के संगठन) और गैर-ओपेक देशों में इस क्षेत्र में निवेश की नई योजनाओं को रोक रखा है।

आमतौर पर, ताप विद्युत संयंत्र ऐसी लागत संरचना पर काम करते हैं जिसकी खासीयत होती है उच्च ऑपरेटिंग लीवरेज – एक निश्चित लागत आधार के साथ बिजली उत्पादन में न्यूनतम भार क्षमता – और, इसलिए क्षमता उपयोग और अर्जित राजस्व के पैमाने पर उनका लाभ / आय अत्यधिक संवेदनशील है। ग्रिड को बेचे जाने वाली बिजली की मात्रा (संयंत्र भार क्षमता द्वारा इंगित) और बिजली की प्रति इकाई प्राप्त कीमत पर राजस्व निर्भर है, और दोनों नवीकरणीय ऊर्जा के बढ़ते महत्व से प्रभावित होते हैं। वितरण कंपनियों (डिस्कॉम्स) के साथ दीर्घकालिक संविदाओं (पीपीए) के जरिए प्रतिबद्ध उच्च क्षमता वाले ताप विद्युत संयंत्रों (टीपीपी) की स्थिति अपेक्षाकृत बेहतर हो सकती है, लेकिन दीर्घावधि में वितरण कंपनियाँ (डिस्कॉम्स) वर्तमान संविदाओं के समाप्त होने पर मौजूदा संविदाओं के फिर से मोल-भाव को तरजीह दे सकती हैं। ताप विद्युत उत्पादन कंपनियों को दिए जाने वाले बैंक ऋण और निवेश समेत इन गतिविधियों के व्यापक प्रभाव होते हैं।

इस लेख का उद्देश्य नवीकरणीय ऊर्जा (आरई) के क्षेत्र में होने वाले विकास के संदर्भ में भारत में बिजली की कीमतों की गत्यात्मक स्थिति को गौर से देखना है। भाग II में नवीकरणीय ऊर्जा की बढ़ती प्रमुखता के बारे में सरलीकृत तथ्य और इसके लिए नीतिगत प्रोत्साहन पर चर्चा की गयी है। भाग III बिजली एक्सचेंजों के क्रमिक विकास एवं कार्य पद्धति तथा मूल्य निर्धारण व्यवस्थाओं में प्रवेश करता है। भाग IV में आंकड़ों का स्रोत, कार्यप्रणाली और प्रमुख परिणामों को प्रस्तुत किया गया है। भाग V में निष्कर्ष विचार तथा कुछ नीतिगत संभावनाएं प्रस्तुत की गई हैं।

### II. भारत में नवीकरणीय ऊर्जा : कुछ सरलीकृत तथ्य

वृद्धिशील विद्युत उत्पादन क्षमता में लगातार तीन वर्षों तक में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (आरईएस) की बड़ी हिस्सेदारी रही है; वर्ष 2016-17 तथा 2018-19 के बीच इसका हिस्सा 67

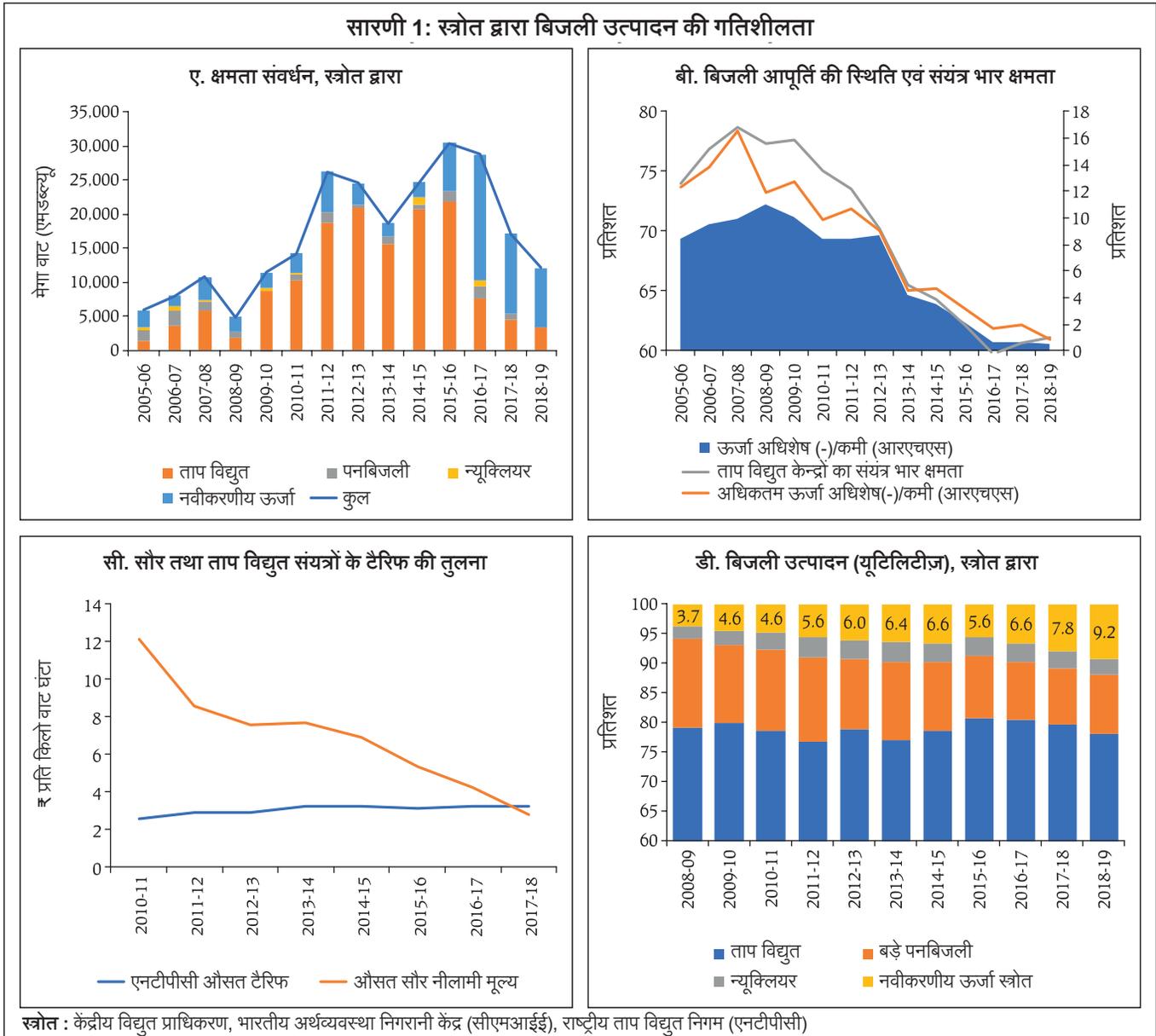
\* यह आलेख भारतीय रिज़र्व बैंक के आर्थिक एवं नीति अनुसंधान विभाग के राहुल अग्रवाल, सार्थक गुलाटी तथा सोन्ना थंगजेसन द्वारा तैयार किया गया है। इस आलेख में व्यक्त विचार लेखकों के निजी विचार हैं और ये भारतीय रिज़र्व बैंक के विचारों का प्रतिनिधित्व नहीं करते।

<sup>1</sup> <https://www.deccanchronicle.com/nation/current-affairs/011117/centre-plans-law-against-ppa-violation.html>

प्रतिशत रहा है (चार्ट 1ए)। इस अवधि के दौरान मांग-आपूर्ति का असंतुलन एवं ताप विद्युत संयंत्रों (टीपीपी) की क्षमता का उपयोग ऐतिहासिक निम्न स्तर पर भी रहा जिससे अतिरिक्त क्षमता में निवेश को धक्का लगा (चार्ट 1बी)। अतिरिक्त आरईएस क्षमता में निवेश का कारण पारंपरिक ताप विद्युत तुलना में इसकी बेहतर प्रतिस्पर्धात्मकता है, जो प्रौद्योगिकी लागतों में भारी गिरावट से आया है, विशेषकर सौर विद्युत में (चार्ट 1सी)। उत्पादन क्षमता में वृद्धि से समग्र उत्पादन में भी इसका हिस्सा बहुत बढ़ गया है (चार्ट 1डी)<sup>2</sup>।

उन्नत प्रतिस्पर्धात्मकता के अलावा, सरकार के नीतिगत प्रोत्साहन से भी आरईएस में निवेश को लाभ मिला है। वर्ष 2015 के पेरिस समझौते में जलवायु परिवर्तन की प्रतिबद्धताओं, जिसे कान्फ्रेंस ऑफ पार्टिज़ (सीओपी) की परवर्ती बैठकों में दोहराया गया, को पूरा करने में कार्बन उत्सर्जन पर अंकुश लगाने एवं आयातित जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता को कम करने की भारत की रणनीतिक ऊर्जा नीति के उद्देश्यों की पूर्ति के लिए नवीकरणीय ऊर्जा अत्यंत महत्वपूर्ण है। पेरिस समझौते में हस्ताक्षरकर्ताओं द्वारा राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित योगदान (एनडीसी) के माध्यम से वैश्विक तापमान में वृद्धि को पूर्व-औद्योगिक स्तरों से 2

सारणी 1: स्रोत द्वारा बिजली उत्पादन की गतिशीलता



<sup>2</sup> उत्पादन में नवीकरणीय ऊर्जा की हिस्सेदारी (2018-19 में 9.2 प्रतिशत) संस्थापित क्षमता में उनके हिस्से (2018-19 में 21.8 प्रतिशत) से कम है क्योंकि नवीकरणीय ऊर्जा आम तौर पर निम्न क्षमता उपयोग कारक पर परिचालित होते हैं और इसलिए संस्थापित क्षमता की प्रति मेगावाट बिजली की कम यूनिटों का उत्पादन करते हैं।

डिग्री सेल्सियस नीचे तक सीमित करने का लक्ष्य रखा गया है। 2030 तक अपने जीडीपी जन्य उत्सर्जनों को वर्ष 2005 के स्तरों की तुलना में 33-35 प्रतिशत तक कम करने, संचयी बिजली संस्थापित क्षमता में गैर जीवाश्म ईंधन स्रोतों का हिस्सा 40 प्रतिशत तक ले जाने तथा 2.5 से 3 बिलियन टन CO<sub>2</sub> के समतुल्य अतिरिक्त कार्बन सिंक सृजित करने के लिए भारत प्रतिबद्ध है। केंद्र सरकार ने वर्ष 2022 तक 175 गीगा वाट(जीडब्ल्यू) के महत्वाकांक्षी लक्ष्य की घोषणा की, जिसे और बढ़ाकर 227 जीडब्ल्यू तक कर दिया गया। अंतर्राष्ट्रीय सौर एलायंस (आईएसए) की स्थापना के द्वारा भारत ने सौर विद्युत के विकास हेतु वित्त और प्रौद्योगिकी के उपयोग के लिए अंतर्राष्ट्रीय सहयोग में नेतृत्व की भूमिका भी उठाई है।

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (आरईएस) के लिए पारंपरिक रूप से राजकोषीय प्रोत्साहन (टैक्स ब्रेक, त्वरित मूल्यहास) के रूप में जो नीतिगत समर्थन दिया जाता था वह विद्युत अधिनियम, 2003 के शुभारंभ से उत्पादन आधारित प्रोत्साहन प्रदान करने की दिशा में आगे बढ़ा। विशेषकर, फीड इन टैरिफ (एफआईटी) जो उस टैरिफ जिस पर वितरण कंपनियों (डिस्कॉम्स) उत्पादक कंपनियों के साथ दीर्घकालिक पीपीए निष्पादित करती हैं, को नियंत्रित करने का लक्ष्य रखती है तथा मस्ट-रन की स्थिति जो मांग की किसी भी स्थिति में आरईएस से उत्पादन प्रेषण की गारंटी देता है। आम तौर पर एफआईटी लागतोपरि (कॉस्ट-प्लस) स्तरों पर तय किया जाता था, लेकिन समय के साथ नवीकरणीय ऊर्जा(आरई) लागत में गिरावट आने के कारण टैरिफ स्तरों का पता लगाने के लिए एफआईटी व्यवस्था को नीलामियों द्वारा प्रतिस्थापित किया जा रहा है। इसके अलावा, 2003 में नवीकरणीय खरीद दायित्व (आरपीओ) की शुरुआत की गई थी, जिसके अनुसार वितरण कंपनियों (डिस्कॉम्स) और निर्धारित (कैप्टिव) विद्युत उपयोगकर्ताओं को अपनी बिजली की आवश्यकता का न्यूनतम हिस्सा नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (आरईएस) से खरीदना अनिवार्य है, जिससे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत(आरईएस) से उत्पादन के लिए पर्याप्त मांग सुनिश्चित हो। 2010 में नवीकरणीय ऊर्जा प्रमाणपत्र (आरईसी) के लागू होने से एफआईटी व्यवस्था का एक विकल्प प्रदान किया गया, जिसका उद्देश्य नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों (आरईएस) के लिए खरीदी गई ऊर्जा हेतु क्रेडिट में ट्रेड के लिए एक बाजार तंत्र स्थापित करके सभी राज्यों में नवीकरणीय ऊर्जा(आरई) क्षमता

और नवीकरणीय खरीद दायित्व (आरपीओ) लक्ष्यों के बीच असंतुलन को दूर करना है<sup>3</sup>। हालांकि आरईसी मार्ग के जरिए अधिक सफलता हासिल नहीं हो पाई और इससे 2017-18 तक कुल आरई क्षमता का केवल 5.7 प्रतिशत ही प्राप्त हो पाया। इसकी वजह संभवतः आरपीओ अधिदेश का सुस्त अनुपालन रहा जिससे आरईसी के मांग में कमी आई।

हाल के नीतिगत पहल से नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (आरईएस) के विकास को और गति मिलने की उम्मीद है। केंद्र सरकार ने 2018-19 के दौरान नवीकरणीय खरीद दायित्व (आरपीओ) लक्ष्यों को 17 प्रतिशत (डिस्कॉम और कैप्टिव विद्युत उपयोगकर्ताओं द्वारा खरीदी गई कुल विद्युत का) से बढ़ाकर 2021-22 तक 21 प्रतिशत कर दिया है। नवीकरणीय खरीद दायित्व (आरपीओ) लक्ष्यों को बढ़ाने के साथ तथा नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय द्वारा आरपीओ अनुपालन कक्ष के निर्माण के जरिए इसके अनुपालन पर बल देने के साथ नवीकरणीय ऊर्जा प्रमाणपत्र (आरईसी) मार्ग के जरिए संभवतः इसकी हिस्सेदारी बढ़ पाई। इसके अलावा, फरवरी 2016 में, सौर और पवन ऊर्जा उत्पादन के लिए अंतर-राज्यीय पारेषण शुल्क<sup>4</sup> को 31 मार्च, 2022 तक चालू की गई सभी परियोजनाओं के लिए माफ कर दिया गया। हालांकि, ट्राफ्ट राष्ट्रीय ऊर्जा नीति 2017 की परिकल्पना है कि मस्ट-रन स्थिति की क्रमिक वापसी और अंतर-राज्यीय पारेषण लागत को नहीं लगाकर ऊर्जा का भेदभाव-रहित प्रेषण किया जाए एवं इन प्रतिस्पर्धी प्रौद्योगिकियों को बाजार के अनुशासन में छोड़ दिया जाए।

नवीकरणीय ऊर्जा में वृद्धि से भारत में बिजली की बढ़ती माँग के पूरा होने की उम्मीद है। हालांकि, मध्यावधि में जैसे-जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्थिर एवं सुदृढ़ होती है, ताप विद्युत संयंत्रों को काम में लाना होगा क्योंकि प्रति व्यक्ति खपत बढ़ने के साथ मांग बढ़ती है। ग्रिड से जुड़े विद्युत की चरम मांग 2016-17 में 161.8 जीडब्ल्यू से बढ़कर 2021-22 में 225.8 जीडब्ल्यू और 2026-27 में 298.8 जीडब्ल्यू होने का अनुमान है। यद्यपि 2021-22 तक मांग में अनुमानित वृद्धि को मौजूदा क्षमता एवं नए क्षमता संवर्धन जो पाइपलाइन में है, के जरिए पूरा किया जा सकता है फिर भी 2026-27 तक चरम मांग में वृद्धि को पूरा करने के लिए 46 जीडब्ल्यू की वृद्धिशील तापीय क्षमता की आवश्यकता का अनुमान है (जीओआई, 2017)<sup>5</sup>।

<sup>3</sup> आरईसी के तहत, आरईएस से ऊर्जा की खरीद के क्रेडिट को ट्रेड किया जाता है, जिसका उपयोग क्रेता द्वारा आरपीओ आवश्यकता को पूरा करने के लिए किया जा सकता है। एक आरईसी प्रमाणपत्र धारक को आरईएस से खरीदे गए ऊर्जा का एक मेगावाट घंटा (एमडब्ल्यूएच) क्रेडिट करता है।

<sup>4</sup> पारंपरिक ताप बिजली परियोजनाओं की स्थापना उस स्थान के आस-पास की जा सकती है जहां इसकी खपत होती है ताकि पारेषण लागत कम की जा सके, ठीक इसके विपरीत सौर एवं पवन ऊर्जा परियोजनाओं की स्थापना उन्हीं जगहों पर की जा सकती है जहाँ जलवायु परिस्थितियाँ अनुकूल हों, और इसलिए इसकी पारेषण लागत बहुत अधिक होती है।

<sup>5</sup> 19वीं इलेक्ट्रिक पावर सर्वेक्षण, केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण

### III. बिजली कीमत के समीकरण

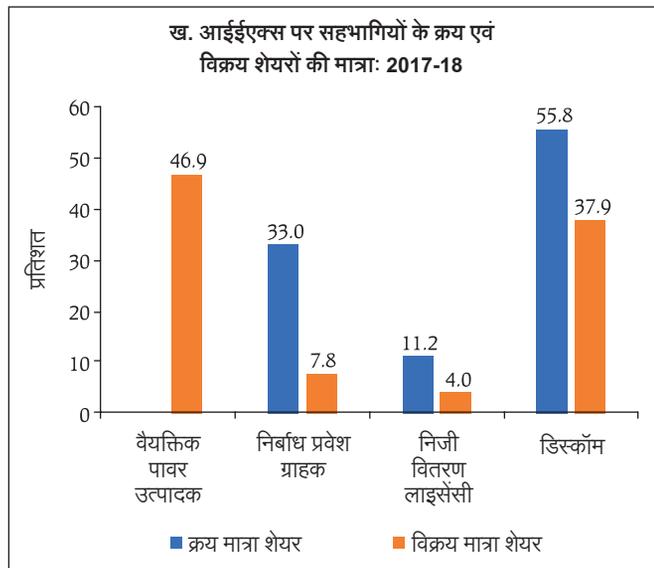
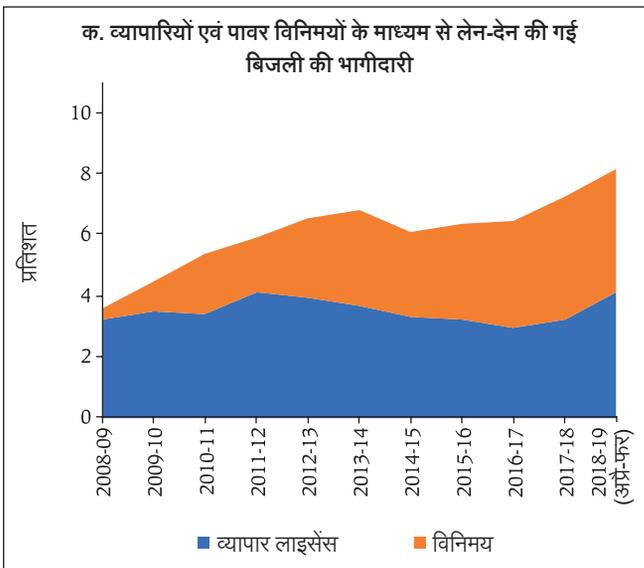
विद्युत अधिनियम, 2003 ने बाजार निर्धारित बिजली कीमत की शुरुआत की है। यह अधिनियम स्वतंत्र बिजली उत्पादकों (आईपीपी) के लिए गैर-पक्षपाती रूप से बाजार तक पहुंच प्रदान करता है और व्यापार को कानूनी गतिविधि के रूप में मान्यता देता है। 2008 में प्रतिस्पर्धी कीमत-निर्धारण को प्रोत्साहित किया गया था जब सरकार ने एक्सचेंजों पर बिजली व्यापार की अनुमति दी थी। वर्तमान में, देश में दो पावर एक्सचेंज हैं - इंडियन एनर्जी एक्सचेंज (आईईएक्स) और पावर एक्सचेंज ऑफ इंडिया लिमिटेड (पीएक्सआईएल) जिनका क्रमशः जून 2008 और अक्टूबर 2008 में परिचालन शुरू हुआ। एक्सचेंजों (2017-18 में) के माध्यम से बिजली लेनदेन की मात्रा में इंडियन एनर्जी एक्सचेंज (आईईएक्स) की बाजार हिस्सेदारी 98.4 प्रतिशत है।

इन उपायों के परिणामस्वरूप बाजार आधारित अल्पकालिक संविदाओं का प्रसार हुआ, हालांकि डिस्काम

(वितरण कंपनी) की थोक बिजली की आवश्यकता की पूर्ति के लिए दीर्घकालिक संविदाएं मुख्य आधार बनी हुई हैं। विशेषतः बिजली एक्सचेंजों (चार्ट 2 क) के माध्यम से अल्पकालिक बाजार साधनों के माध्यम से कारोबार की जाने वाली बिजली की हिस्सेदारी पिछले एक दशक से लगातार बढ़ी है। आईईएक्स पर लेन-देन की गई बिजली के आधे से अधिक हिस्से को क्रय करने और एक तिहाई से अधिक मात्रा में विक्रय करने के लिए डिस्काम बाजार में सबसे बड़ा भागीदार है। अतिरिक्त अधिभार और पावर एक्सचेंजों (चार्ज 2 ख) से खरीद पर और उच्च प्रसारण प्रभार से डिस्काम की भागीदारी बाधित होने के बावजूद क्रय मात्रा में निर्बाध पहुंच में ग्राहकों की भी महत्वपूर्ण भागीदारी है।

विशेष रूप से पावर एक्सचेंजों के माध्यम से बिजली की बढ़ी हुई मात्रा के साथ अल्पकालिक संविदा के द्वारा लेन-देन की गई बिजली की औसत कीमत में भारी गिरावट आयी है। दैनिक कीमतों की अस्थिरता<sup>6</sup> भी 2008-09 में 20 प्रतिशत से घटकर 2017-18 (चार्ट 3 क) में 11.1 प्रतिशत हो गई है।

चार्ट 2: बिजली का अल्पावधि बाजार लेन-देन



स्रोत : केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग, आईईएक्स

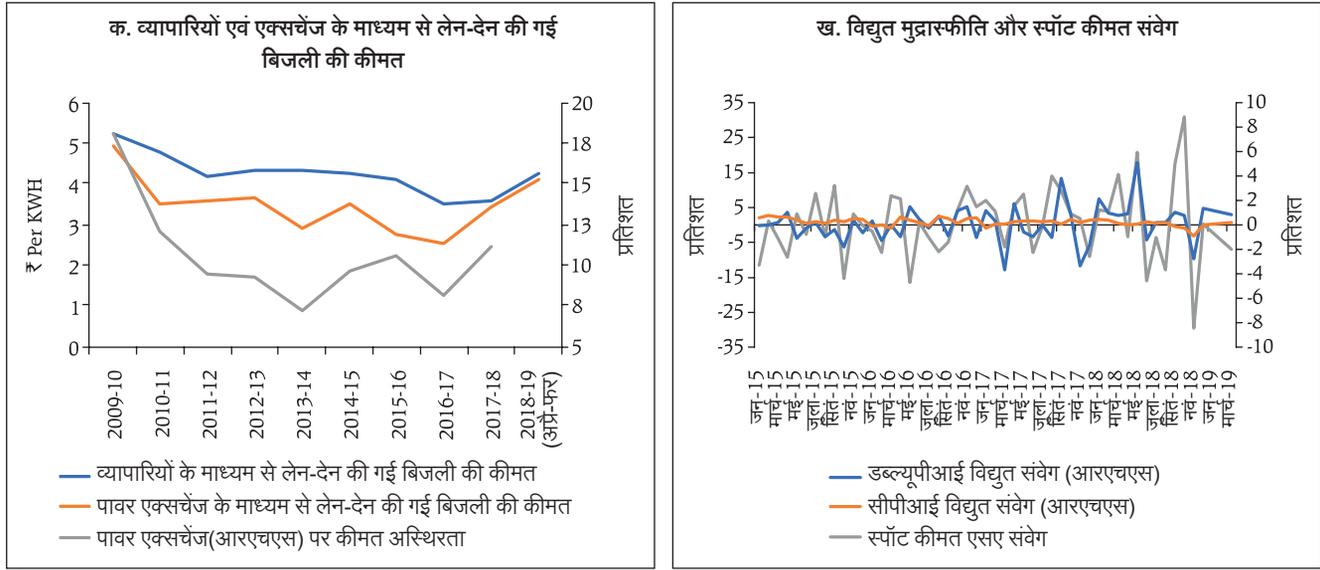
<sup>6</sup> दैनिक कीमत रिटर्न का मानक विचलन के रूप में मापन,

$$\sigma = \sqrt{1/(n-1) \sum_{y=1}^n (\ln \frac{y_i}{y_{i-1}} - \mu)^2}$$

यहां  $\mu = \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n (\ln \frac{y_i}{y_{i-1}})$  तथा दैनिक कीमत रिटर्न  $= (\ln \frac{y_i}{y_{i-1}})$

$Y_i$  आज की कीमत;  $Y_{i-1}$  पिछले दिन की कीमत; Ln प्राकृतिक लघुगणक; n टिप्पणियों की संख्या;  $\mu$  औसत कीमत रिटर्न

**चार्ट 3: बिजली की कीमतों में उतार-चढ़ाव**



स्रोत : केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग, एमओएसपीआई, आर्थिक सलाहकार का कार्यालय, आईईएक्स

पावर एक्सचेंजों में व्यापार, अनुबंधों में अगला-दिन (डे-अहेड) एवं अगली-मीयाद (टर्म-अहेड) बाजारों के आधार पर किया जाता है। भौतिक व्यापार के अलावा, ऊर्जा एक्सचेंज भी आरईसी में व्यापार की सुविधा प्रदान करते हैं। अगला दिन बाजार का तात्पर्य है अगले दिन के 24 घंटों में किसी भी समय खंड (भारतीय विनियमों के मामले में 15 मिनट) के वितरण के लिए व्यापार खिड़की है जबकि अगली मीयाद बाजार से तात्पर्य है भविष्य की तारीख (आईईएक्स के मामले में 11 दिन तक) पर मीयादी आधार पर वितरण के लिए व्यापार खिड़की है। अंतर्राष्ट्रीय एक्सचेंजों की तरह ही, भारत में पावर एक्सचेंज पर व्यापार की मात्रा में अगला दिन बाजार का प्रभुत्व है। अगला दिन बाजारों में, प्रत्येक 15-मिनट के ब्लॉक के लिए कीमत गणना एल्गोरिदम क्रय और विक्रय बोलियों के साथ मेल की जाती हैं। बाजार सहभागियों द्वारा प्रस्तुत बोलियों के आधार पर, कुल मांग और सप्लाई कर्व का इंटरसेक्शन, प्रत्येक व्यापार ब्लॉक के लिए बाजार समाशोधन कीमत निर्धारित करता है। नवीकरणीय ऊर्जा निर्माण में वृद्धि से विनिमय पर दोनों मांग और आपूर्ति प्रभावित होती है। नवीकरणीय ऊर्जा की अबाधित स्थिति को देखते हुए डिस्काम की मांग में कमी आ सकती है जबकि टीपीपी की न्यूनतम भार क्षमता को देखते हुए स्पॉट बाजार को आईपीपी से आपूर्ति में वृद्धि हो सकती है जिससे कीमतों पर अधोमुखी दबाव बना रहेगा।

अन्य मूल्य सूचकांकों के साथ स्पॉट की कीमतों के संबंध का विश्लेषण करते हुए, यह देखा गया है कि बिजली के लिए

सीपीआई मुद्रास्फीति और एक्सचेंजों में स्पॉट की कीमतों के बीच घरेलू और कृषि बिजली की कीमतों की नियंत्रित प्रकृति के परिणामस्वरूप थोड़ा सा सह-संचार<sup>7</sup> हुआ है। यह प्रमाण उपलब्ध है कि बिजली (चार्ट 3 ख) में सीपीआई मुद्रास्फीति और स्पॉट कीमतों के बीच सह-संचार है। स्पॉट बाजार में निर्बाध पहुंच उपभोक्ताओं द्वारा बिजली इनपुट कीमत प्रभावित होने से स्पॉट कीमत एवं डब्ल्यूपीआई विद्युत मुद्रास्फीति के बीच सह-संचार आंशिक रूप से औद्योगिक फर्मों की भागीदारी द्वारा समझाया गया है। इसके विपरीत, यहां तक कि स्पॉट कीमतों में पिछले पांच वर्षों में लगातार गिरावट आई है, सीपीआई विद्युत मुद्रास्फीति लगभग 3.0 प्रतिशत<sup>8</sup> की दर तक अवरुद्ध रही है।

#### IV. कार्यप्रणाली, अध्ययन की अवधि और परिणाम

इन शैलीगत तथ्यों की पृष्ठभूमि के परिप्रेक्ष्य में, बिजली की स्पॉट कीमत पर नवीकरणीय ऊर्जा के प्रभाव का मात्रात्मक अनुमान, निकट अवधि के ऊर्जा दृष्टिकोण और भारत में ऊर्जा मिश्रण की संभावनाओं के लिए महत्वपूर्ण हो जाता है। उपयोग किए जानेवाले चरों(परिवर्ती) के बीच एकीकरण के भिन्न आदेशों- I (0) तथा I (1) को समायोजित करने के नवीकरणीय ऊर्जा और

<sup>7</sup> समयानुकूल समायोजित चर के संवेग (एम-ओ-एम परिवर्तन) के बीच सह-संबंध के रूप में मापन।

<sup>8</sup> विभिन्न राज्य सरकारों द्वारा घोषित अनुदान में वृद्धि के कारण डब्ल्यूपीआई में तेजी के रुझान के विपरीत अक्टूबर 2018 से विद्युत सीपीआई में असामान्य कमी आई है।

**तालिका 1: प्रायोगिक परिणाम- ऑटोरिग्रेसीव डिस्ट्रिब्यूटेड लाग (एआरडीएल) संरचना**  
(आश्रित चर: बिजली की स्पॉट कीमत)

व्याख्यात्मक चर	गुणांक	टी-सांख्यिकी	पी-मूल्य
लॉग.स्पॉट कीमत(-1)	0.53	5.16	0.00*
लॉग.स्पॉट कीमत(-2)	0.48	4.69	0.00*
लॉग.ताप वाल्यूम	0.83	3.35	0.00*
लॉग.नवीकरणीय वाल्यूम	-0.44	-3.42	0.00*
लॉग.नवीकरणीय वाल्यूम(-1)	0.26	2.20	0.03**
लॉग.जल वाल्यूम	0.26	1.58	0.12#
स्थिर	-9.58	-2.66	0.01*
<b>बहिर्जात चर</b>			
लॉग.कोयला आयात	-0.22	-2.06	0.04**
अनुपात स्पॉट- कुल	0.14	2.89	0.00*

#### नैदानिक

$R^2 = 0.81$ ; एसईई = 0.087; एफ-सांख्यिकी = 32.76 (पी-मूल्य = 0.00)

\*: 1% महत्व स्तर; \*\*: 5% महत्व स्तर; #: महत्वहीन

यहां,

स्पॉट कीमत	: बिजली मात्रा लेन-देन/आईई में निर्गमित समयानुकूल समायोजित (एसए) मासिक औसत स्पॉट कीमत
ताप मात्रा	: ताप स्रोतों से प्रति माह निर्मित ऊर्जा की एसए मात्रा
नवीकरणीय मात्रा	: नवीकरणीय स्रोतों से प्रति माह निर्मित ऊर्जा की एसए मात्रा
कोयला आयात मात्रा	: कोयला आयात की एसए मात्रा
जल मात्रा	: प्रति माह निर्मित एसए जल विद्युत
अनुपात.स्पॉट_कुल	: कुल निर्मित के अनुपात में मासिक बिजली लेन-देन की मात्रा का एसए अनुपात

स्रोत : लेखक का अनुमान।

भारत में बिजली कीमत के समीकरण लिए एक ऑटोरिग्रेसीव डिस्ट्रिब्यूटेड लाग (एआरडीएल) संरचना (पेसारन, 1999 और 2001) को अपनाया गया है। अप्रैल 2013 से सितंबर 2018 की अवधि के लिए यह प्रायोगिक अभ्यास केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए) और आईईएक्स के मासिक डेटा का उपयोग करता है।

परिणाम (तालिका 1 और अनुबंध I) यह दर्शाते हैं कि कोयले के आयात के साथ नवीकरणीय ऊर्जा और थर्मल पावर की मात्रा तथा बहिर्जात चर के रूप में निर्मित कुल ऊर्जा में विनिमय पर व्यापार की गई मात्रा का अनुपात सांख्यिकीय रूप में महत्वपूर्ण तरीके से बिजली की स्पॉट कीमतों को प्रभावित करती है। बिजली की कीमतों में दृढ़ता एक प्रबल प्रमाण है। कीमत निर्माण में ताप ऊर्जा उत्पादन का एक प्रमुख प्रभाव है क्योंकि यह लगभग 80 प्रतिशत बिजली उत्पादन करता है और यह अधिक महंगा है<sup>9</sup>। परिणाम यह बताते हैं कि निरंतर

आधार पर स्पॉट कीमतों को कम करने में नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन ने मदद की है और विशेष रूप से, ऊर्जा के पारंपरिक स्रोतों की तुलना में सौर ऊर्जा सस्ती हुई है। तथापि, इसकी आपूर्ति<sup>10</sup> में उतार-चढ़ाव है। स्पॉट कीमतों पर जल-विद्युत का प्रभाव सांख्यिकीय रूप से महत्वहीन पाया गया है जो संभवतः कुल ऊर्जा मिश्रण में अल्प भागीदारी एवं सरकार द्वारा सीमित स्वामित्व को दर्शाती है।

स्ट्रक्चरल वेक्टर ऑटो रिग्रेशन (एसवीएआर) परिणाम यह भी दर्शाते हैं कि बिजली की दैनिक औसत आईईएक्स स्पॉट कीमत को कम करने में नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन का प्रभाव महत्वपूर्ण<sup>11</sup> है। उत्पादन की उच्च लागत के कारण ताप उत्पादन से दैनिक औसत स्पॉट कीमत में वृद्धि होती है। चोल्स्की अपघटन<sup>12</sup> का उपयोग करते हुए आवेग प्रतिक्रियाएं यह दर्शाती हैं कि नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में एक इकाई की वृद्धि से दैनिक औसत बाजार समाशोधन कीमत (अनुबंध II) में 0.1 इकाई की चरम गिरावट की ओर ले जाती है। संयंत्र भार घटक को कम करते हुए ताप संयंत्र उच्चतम नवीकरणीय मात्रा तथा निम्न बाजार नवीकरणीय ऊर्जा और भारत में बिजली कीमत के समीकरण समाशोधन कीमतों पर प्रत्युत्तर के फलस्वरूप विनिमयों पर किए गए व्यापार मात्रा में कमी आयी है।

#### V. निष्कर्ष

यह आलेख कुल बिजली आपूर्ति में कम भागीदारी के बावजूद विद्युत के कीमत निर्धारण में नवीकरणीय ऊर्जा की बढ़ती भूमिका पर प्रकाश डालता है। आगे जाकर, 2022 तक लागत प्रभावी सौर पैनल, भंडारण प्रौद्योगिकियां और 227 गीगावॉट के नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता लक्ष्य की प्राप्ति संभवतः बिजली की स्पॉट कीमत को और नीचे ले जा सकती है। हालांकि, यह ताप विद्युत संयंत्र की व्यवहार्यता के लिए एक चुनौती है जो पहले से

<sup>9</sup> 2013-18 के दौरान आईईएक्स पर उपलब्ध बिजली की कीमत ₹3.1 प्रति किलोवाट थी, जो कि डिस्कॉम और बिजली उत्पादकों के बीच दीर्घ अवधि के औसत बिजली खरीद करारों (पीपीए) से कम है और यह इसी अवधि के दौरान ₹3.0 - 4.3 प्रति यूनिट के बीच थी।

<sup>10</sup> स्पॉट बाजार में नवीकरणीय ऊर्जा का प्रवेश अप्रत्याशित प्रकृति और पूर्वानुमान में कठिनाई के कारण बहुत कम है। नवीकरणीय ऊर्जा चार अलग-अलग मार्गों से स्पॉट बाजार में प्रवेश करती है। ये हैं: (i) आरईसी मार्ग; (ii) गैप फिलिंग मैकेनिज्म के रूप में जब बोलियाँ आंशिक रूप से निर्गमित की जाती हैं; (iii) अंतिम उपयोगकर्ता को सीधा विक्रय; और (iv) डिस्कॉम द्वारा पुनर्विक्रय।

<sup>11</sup> प्रायोगिक अभ्यास 1 अक्टूबर 2017 से 31 दिसंबर 2018 तक की अवधि के लिए पावर सिस्टम ऑपरेशन कॉन्फिगरेशन और आईईएक्स के दैनिक डेटा का उपयोग करती है।

<sup>12</sup> लुत्केपोहल, हेलमुट (1991), "मल्टीपल टाइम सीरीज एनालिसिस का परिचय", न्यूयॉर्क: सिग्मर-वेलिंग।

ही बड़े वित्तीय तनाव से जूझ रहे हैं, किन्तु भविष्य की ऊर्जा सुरक्षा के लिए यह आवश्यक है।

थर्मल पावर संयंत्रों के वजूद पर पहले से ही भारी वित्तीय दबाव के बादल मंडरा रहे हैं जबकि भावी ऊर्जा सुरक्षा के लिए इनकी आवश्यकता होगी। इस ओर तत्काल नीतिगत हस्तक्षेप की आवश्यकता है ताकि थर्मल क्षेत्र के समक्ष आये इस मौजूदा वित्तीय दबाव से निपटा जा सके तथा भविष्य के लिए यह क्षेत्र सक्षम बने। इस संबंध में प्रमुख अपेक्षा यह है कि मौजूदा पावर संयंत्रों की प्रौद्योगिकी को अपनाया जाए ताकि निम्नतम बेसलोड क्षमताओं पर लचीले रूप से इन्हें संचालित किया जा सके। थर्मल पावर संयंत्रों के लचीले रूप से संचालन करने के उपायों की संस्तुति करने के लिए इंडो-जर्मन ऊर्जा फोरम के तत्वाधान में विद्युत मंत्रालय द्वारा मई 2016 में एक कार्य बल का गठन किया गया था। एक दूसरा नीतिगत विकल्प यह है कि विद्युत के लिए एक क्षमतामयी बाजार बनाया जाए जो मौजूदा विद्युत बाजार के साथ-साथ कार्य करता रहे जिसमें केवल क्षमता के रख-रखाव का कारोबार हो तथा स्पष्ट रूप से पारिश्रमिक की प्राप्ति हो। इससे अक्षय ऊर्जा उत्पादन में अस्थिरता के विरुद्ध टकराव झेलते हुए, बहुत ऊंची मांग की दशा में थर्मल क्षमता के अंतिम सहारा देने की भूमिका को प्रोत्साहन मिलेगा।

### संदर्भ

केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग, “रिपोर्ट ऑन शॉर्ट-टर्म पावर मार्केट इन इंडिया: 2017-18”, <http://www.cercind.gov.in/2018/MMC/AR18.pdf>

आर्थिक सर्वेक्षण 2016-17, “स्टेट ऑफ इकोनोमी : एन एनेलिटिकल ओवरव्यू एंड आउटलुक फॉर पॉलिसी (अध्याय 1)”, [https://www.indiabudget.gov.in/budget2017-2018/es2016-17/echap01\\_vol2.pdf](https://www.indiabudget.gov.in/budget2017-2018/es2016-17/echap01_vol2.pdf)

Indian Energy exchange, day-ahead market data, <https://www.ixindia.com/>

इंडियन एनर्जी एक्सचेंज (जुलाई 2018), “आईईएक्स स्ट्राइक्स फॉर आरई इंटीग्रेशन इन्टू पावर एक्सचेंजेस-इंटरव्यू” [https://www.ixindia.com/Uploads/Articles/03\\_08\\_2018IEX%20-%20Interview%20EPR%20July%2018.pdf](https://www.ixindia.com/Uploads/Articles/03_08_2018IEX%20-%20Interview%20EPR%20July%2018.pdf)

इंडियन एनर्जी एक्सचेंज, “मार्केट स्नैप शॉट – स्पॉट प्राइस”, [https://www.ixindia.com/marketdata/market\\_snapshot.aspx](https://www.ixindia.com/marketdata/market_snapshot.aspx)

इंडो – जर्मन एनर्जी प्रोग्राम ग्रीन एनर्जी कॉरीडर्स (2015), “रिपोर्ट ऑन मार्केट डिजाइन फॉर केपेसिटी मार्केट इन इंडिया”, <https://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/Report-on-Market-Design-for-Capacity-Market-in-India.pdf>

लुटकेपोहल, हेलमुट (1991), “इंट्रोडक्शन टू मल्टीपल टाइम सीरीज एनेलेसिस”, न्यू यॉर्क: रिप्रिंगर-वेरलेग

मम्डौह जी सालामेह (2013), “इम्पैक्ट ऑफ यू एस शेल ऑइल रेवोल्यूशन ऑन द ग्लोबल ऑयल मार्केट, द प्राइस ऑफ ऑयल एंड पीक ऑयल”, <https://www.iaee.org/en/publications/newsletterdl.aspx?id=202>

सांख्यिकी और कार्यक्रम कार्यान्वयन मंत्रालय, भारत सरकार, सीपीआई विद्युत डाटा, <http://164.100.34.62:8080/Default1.aspx>

नीति आयोग (2017), “नई ऊर्जा नीति (एनईपी) (प्रारूप)” [http://niti.gov.in/writereaddata/files/new\\_initiatives/NEP-ID\\_27.06.2017.pdf](http://niti.gov.in/writereaddata/files/new_initiatives/NEP-ID_27.06.2017.pdf)

आर्थिक सलाहकार का कार्यालय, भारत सरकार, वाणिज्य एवं उद्योग मंत्रालय, डब्ल्यूपीआई विद्युत डाटा, <http://eaindustry.nic.in/home.asp>

पावर सिस्टम ऑफ ऑपरेशन कॉर्पोरेशन लिमिटेड, मासिक रिपोर्ट्स, <https://posoco.in/reports/monthly-reports/monthly-reports-2018-19/>

पेसारान, एम एंड शिन, वाय (1999), एन आटोरिग्रेसिव डिस्ट्रीब्यूटेड लैग मॉडलिंग एप्रोच टू कोइंटीग्रेशन एनेलेसिस, इन एस स्ट्रूम,

इकोनोमेट्रिक्स एंड इकोनोमिक थैयरी इन द 20थ सेंचुरी : द रैगनर फ्रीश्च सेंटिनैल सिंपोसियम, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेस, कैम्ब्रिज

पेसारान, एम. एच. शिन, वाय एंड स्मिथ, आर. जे. (2001), बाउंड्स टेस्टिंग एप्रोचेस टू द एनेलेसिस ऑफ लेवेल रिलेशनशिप, जर्नल ऑफ एप्लाइड इकोनॉमिक्स, 16, 289-326

टास्क फोर्स कमिटी रिपोर्ट ऑन फ्लेक्सिबिलाइजेशन ऑफ थर्मल पावर प्लांट्स (2017), [http://www.cea.nic.in/reports/others/thermal/trm/taskforce\\_report.pdf](http://www.cea.nic.in/reports/others/thermal/trm/taskforce_report.pdf)

## अनुबंध I

## भारत में अक्षय ऊर्जा तथा विद्युत मूल्य गतिकी (डायनेमिक्स) – एआरडीएल

स्वप्रतिगामी वितरित अंतराल (ऑटोरिग्रेसिव डिस्ट्रीब्यूटेड लैग) (एआरडीएल) फ्रेमवर्क को एक उचित कार्यप्रणाली के रूप में अपनाया गया था ताकि अप्रैल 2013-सितंबर 2018 के दौरान स्पॉट बाजारों पर व्यापार-विनिमय किए जा रहे विद्युत के मूल्य गतिकी का मूल्यांकन किया जा सके। इस प्रक्रिया में उपयोग किए गए मीयादी रूप से समायोजित चरों का ब्योरा देखने पर, बहिर्जात चरों के रूप में पैदा की गई कुल विद्युत की तुलना में आईईएक्स पर व्यापार किये कोयला आयात तथा मात्रा के अनुपात को शामिल करने के अलावा थर्मल पावर, अक्षय ऊर्जा तथा जल विद्युत की पैदा की गई मात्रा पर स्पॉट मूल्य (भारत ऊर्जा एक्सचेंज, आईईएक्स) का आश्रित चरों के रूप में रिग्रेशन हुआ है।

ऑगमेंटेड डिकी फुलर (एडीएफ) यूनिट मूल परीक्षण मानदंड (सारणी 1) पर आधारित, थर्मल, अक्षय तथा जल विद्युत मात्रा 1 (0) है जबकि पैदा की गई कुल विद्युत की तुलना में व्यापार किया गया स्पॉट मूल्य, कोयला आयात तथा मात्रा का अनुपात 1 (1) है। एआईसी परीक्षण के अनुसार यह दो (2) का उचित लंबा अंतराल होना चाहिए।

ये परिणाम यह पुष्टि करते हैं कि अक्षय ऊर्जा के विद्युत के स्पॉट मूल्यों में थोड़ी कमी करने के सांख्यिकीय प्रमाण मिले हैं जबकि मूल्य गतिकी बरकरार है तथा थर्मल पावर प्रमुख निर्धारक रहे हैं।

2.86 के टी-स्टैट्स के साथ एफ तथा टी-बाउंड परीक्षण, जिसका सम्पूर्ण मूल्य 1 (0) से कम था तथा 3.23

## सारणी 1: मूल यूनिट का एडीएफ परीक्षण – मासिक डाटा

वेरिबल्स	प्रवृत्ति के बिना टी-सांख्यिकीय	प्रवृत्ति सहित टी-सांख्यिकीय
लॉग.स्पॉट मूल्य	-2.09	-2.08
लॉग.थर्मल मात्रा	-1.36	-5.32*
लॉग.अक्षय ऊर्जा मात्रा	-0.14	-3.20**
लॉग.हाइड्रो मात्रा	-3.42**	-3.57**
अनुपात स्पॉट_कुल	-0.67	-1.74
लॉग.कोयला आयात	-2.43	-3.00

\*: 1% महत्व का स्तर;

\*\*: 5% महत्व का स्तर;

\*\*\*: 10% पर महत्व

स्रोत : लेखक का अनुमान।

## सारणी 2: एफ तथा टी – बाउंड्स परीक्षण

अमान्य अनुमान : स्तर विहीन संबंध

परीक्षण सांख्यिकीय	मूल्य	महत्व	I(0)	I(1)		
Asymptotic: n=1000						
एफ- सांख्यिकीय के	2.860536 3	10%	2.72	3.77		
		5%	3.23	4.35		
		2.50%	3.69	4.89		
		1%	4.29	5.61		
वास्तविक सैंपल आकार	62	सीमित सैंपल: n=65				
टी- बाउंड्स टेस्ट	0.111304	10%	2.843	3.923		
		5%	3.435	4.583		
		1%	4.69	6.143		
		सीमित सैंपल: n=60				
		10%	2.838	3.923		
		5%	3.415	4.615		
		1%	4.748	6.188		
		अमान्य अनुमान : स्तर विहीन संबंध				
		परीक्षण सांख्यिकीय	मूल्य	महत्व	I(0)	I(1)
		टी-सांख्यिकीय	0.111304	10%	-2.57	-3.46
				5%	-2.86	-3.78
				2.50%	-3.13	-4.05
		1%	-3.43	-4.37		

स्रोत : लेखक का अनुमान।

( 5 प्रतिशत पर तथा नीचे ) के मूल्य 1 (1) तथा 4.35 का 1 (1) ; तथा -2.57 तथा -3.46 के साथ इसका टी – स्टैट्स = 0.111, क्रमशः 1 (0) तथा 1 (1) के लिए यह पुष्टि करते हैं कि वेरिबल्स के बीच कोई सह संघटित संबंध नहीं था। (सारणी 2)

2.49 के एफ-स्टैट्स के साथ ब्रयूश्च – गोडफ्रे सीरियल कोरेलेशन एलएम परीक्षण तथा संभावना एफ (2.50)=0.093 तथा 0.064 की संभावना की साथ ची – स्क्वेयर की संभावना, 0.05 से अधिक – महत्वहीन यह पुष्टि करते हैं कि कोई क्रमिक सह संबंध नहीं था। ( सारणी 3 )। लगभग 5 का गणना किया वेरिबल्स मुद्रास्फीति फैक्टर (वीआईएफ) स्वीकारे जाने योग्य सीमा के भीतर था जो यह दर्शाता है इन रिग्रैसरो के बीच कोई बहु-एकसीधरेखा (मल्टी कोलिनिअरिटी) नहीं है।

(जारी...)

**सारणी 3: ड्युश्च-गोडफ्रे क्रमिक सह संबंध  
एल एम परीक्षण**

एफ - सांख्यिकीय	2.48495	संभावना एफ(2.51)	0.0934
ओबीएस*आर-स्केयर्ड	5.505347	संभावना ची-स्क्वेयर(2)	0.0638

**नोट :** एफ-सांख्यिकीय तथा ची-स्क्वेयर की संभावनाएं जो कि 0.05 से अधिक हैं यह पुष्टि करते हैं कि इसमें कोई क्रमिक सह संबंध नहीं था।

**स्रोत :** लेखक का अनुमान।

इसी माह के स्पॉट मूल्य पर आरई मात्रा का प्रभाव जानने का संयुक्त महत्व का वाल्ड टेस्ट यह दर्शाता है कि इस वर्तमान माह आरई मात्रा का नकारात्मक प्रभाव पिछले

**सारणी 4: वाल्ड परीक्षण**

परीक्षण सांख्यिकीय	मूल्य	डीएफ	संभावना
टी-सांख्यिकीय	-2.58873	53	0.0124
एफ-सांख्यिकीय	6.7015	(1, 53)	0.0124
ची-स्क्वेयर	6.7015	1	0.0096
अमान्य अनुमान: सी(4)+सी(5)=0			
<b>सामान्यीकृत रोक (= 0)</b>		<b>मूल्य</b>	<b>मानक त्रुटि</b>
सी(4) + सी(5)		-0.17816	0.068822

उक्त रोक को-एफीसीएट्स में रेखीय है।

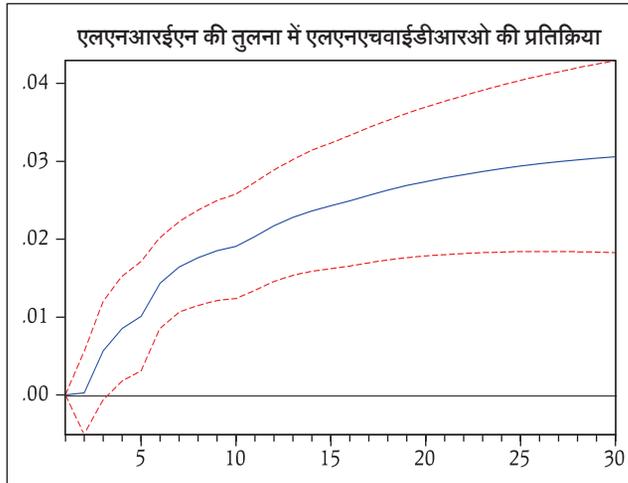
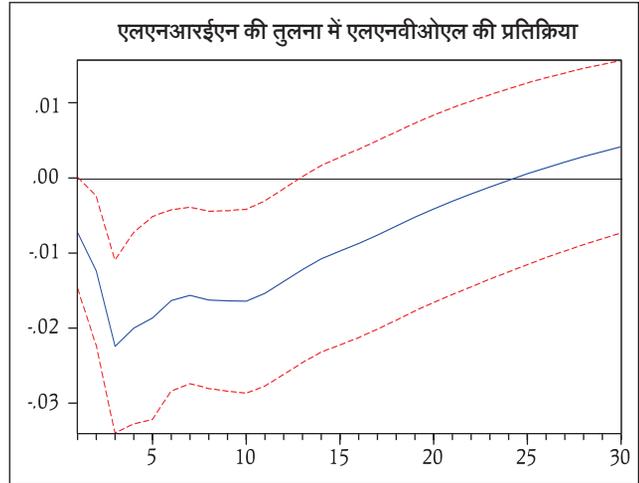
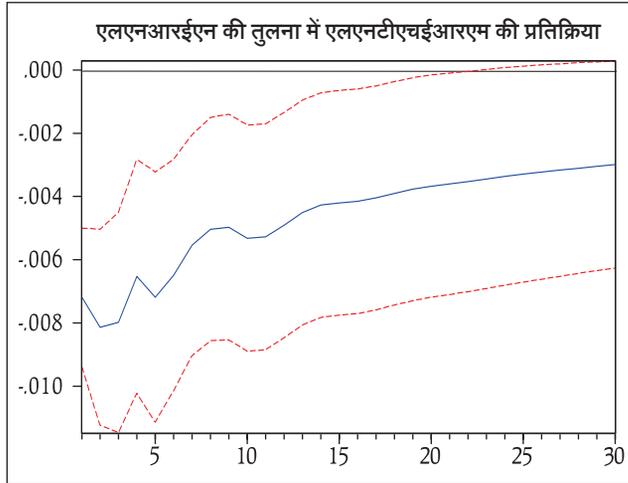
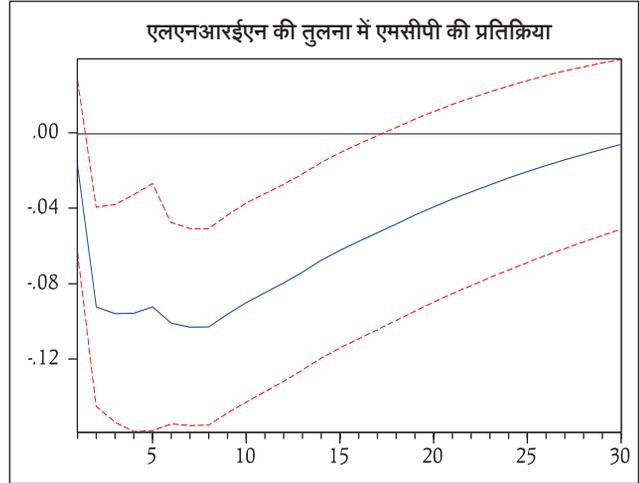
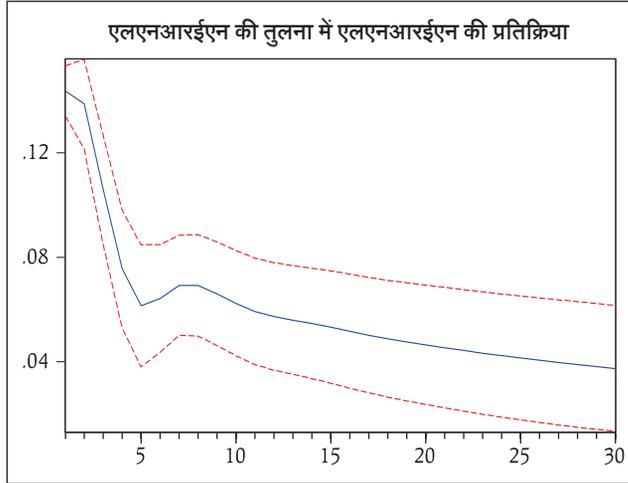
**स्रोत :** लेखक का अनुमान।

माह के आरई मात्रा के सकारात्मक प्रभाव से खारिज नहीं हुआ है (सारणी 4)।

अनुलग्नक II

भारत में अक्षय ऊर्जा तथा विद्युत मूल्य गतिकी - आवेगी प्रतिक्रिया

चोलेस्कि एक एस डी (डी एफ समायोजित) इन्नोवेशन्स  $\pm 2$  एस.ई. पर प्रतिक्रिया



यहाँ पर

एमसीपी : आईईएक्स पर व्यापार किए गए विद्युत के दैनिक औसत बाज़ार क्लियरिंग मूल्य

एलएनआरईएन : अक्षय ऊर्जा उत्पादन का लॉग

एलएनटीएचईआरएम : थर्मल ऊर्जा उत्पादन का लॉग

एलएनवीओएल : आईईएक्स पर व्यापार किए गए विद्युत की कुल मात्रा का लॉग

एलएनएचवाईडीआरओ : बड़ी हाइड्रो ऊर्जा उत्पादन का लॉग