# धरती पर (मानव) जीवन को ऊर्जा देना

राधा गोपालन

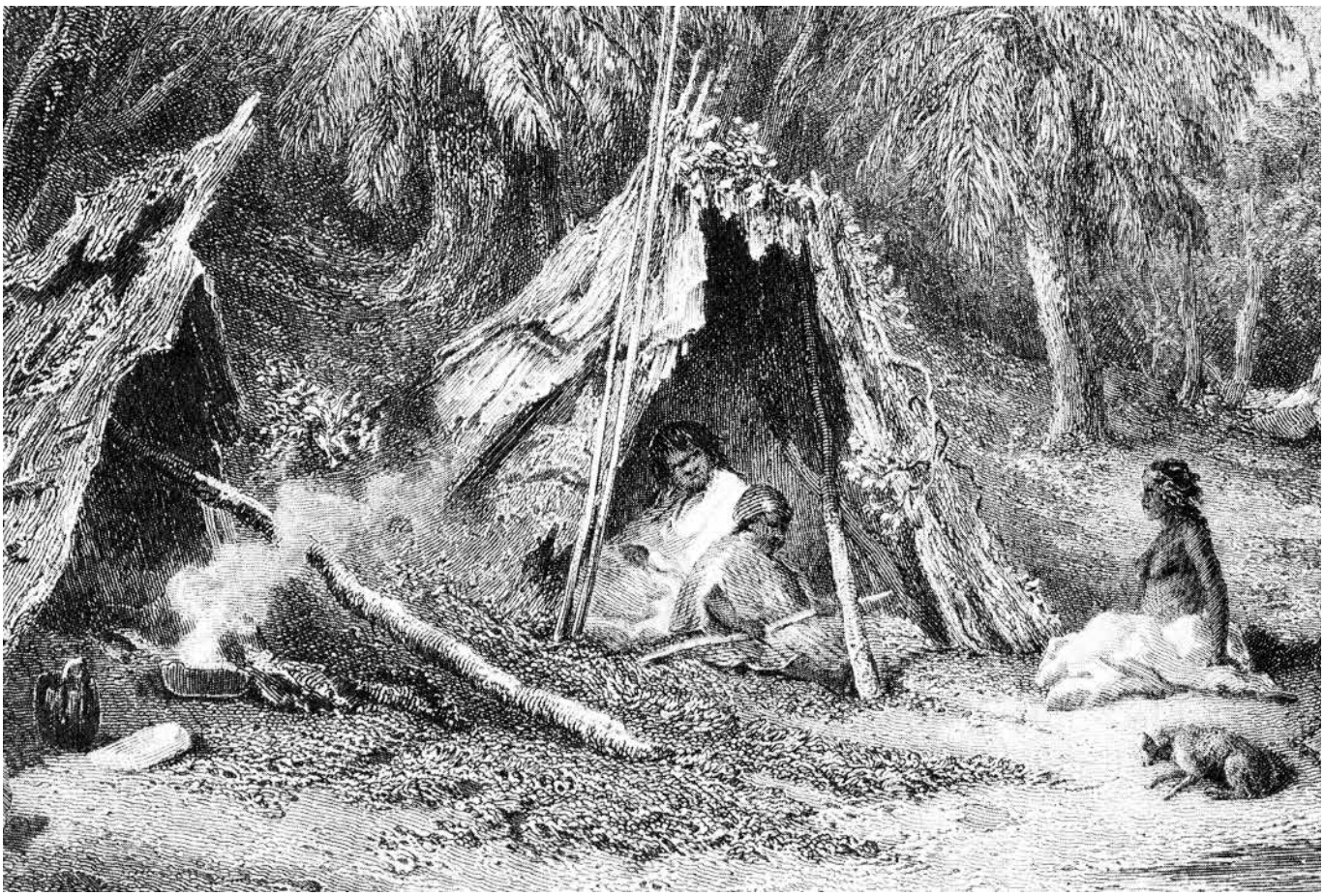
**हमारी ऊर्जा-ज़रूरतें उस आबोहवा के लिए ख़तरा बन गई हैं जिसमें ज़िन्दगी न सिर्फ़ अब तक बनी रही है बल्कि फलती-फूलती भी आई है। ऊर्जा के स्रोत क्या-क्या हैं? और हम उसका इस्तेमाल कैसे करते हैं? क्या ऊर्जा को लेकर हम अपने विकल्प ऐसे चुन सकते हैं जिनके चलते जलवायु पर हमारा प्रभाव कम-से-कम हो? यह लेख इन्हीं सब सवालों को खँगालने की दिशा में एक क़दम है।**

वैसे तो सारे जीवों का जीवन-आधार ऊर्जा है लेकिन हमारी ऊर्जा ज़रूरतों और उन्हें पूरा करने के तरीक़ों ने मानव-सभ्यता को आकार देने में एक महती भूमिका निभाई है। आग से पैदा हुई गर्मी के इस्तेमाल से शुरू करके हमने ऊर्जा के अन्य स्रोतों की एक सामूहिक समझ विकसित की और ऊर्जा के एक रूप को दूसरे रूप में बदलने के तरीक़े तथा हरेक के तमाम विशिष्ट उपयोग खोजे हैं। अपने इस ज्ञान के बूते हमने महज़ अपने बुनियादी गुज़र-बसर (भोजन, पानी, घर) से परे जाकर उस बन्द ऊर्जा की नकेल खोली है – गतिशीलता व परिवहन, स्वास्थ्य सेवाओं, मनोरंजन, संचार-व्यवस्था, अपशिष्ट-प्रबन्धन, अनुसन्धान आदि। इस प्रकार शिकारी और संग्रही समाज पहले तो कृषक समाज बना और फिर औद्योगिक समाज (**चित्र-1**)।

1750 की औद्योगिक क्रान्ति मानव-सभ्यता की दिशा और धरती के साथ हमारे रिश्ते के सन्दर्भ में एक निर्णायक मुक़ाम थी। हम एक ऐसी सभ्यता बन गए जिसकी ऊर्जा आवश्यकताएँ बहुत ज़्यादा थीं और कमोबेश जीवाश्म–ईंधनों पर टिकी थीं (**बॉक्स-1**)। तब से हमारे द्वारा प्रयुक्त हर ऊर्जा रूप ने पृथ्वी ग्रह को प्रभावित किया है – स्थानीय तौर पर ज़मीन साफ़ करने से लेकर निर्वनीकरण तक वायुमण्डलीय संरचना में आए विश्वव्यापी बदलाव। अपनी ज़रूरतों को पूरा करने के लिए जब हम जीवाश्म-ईंधन जलाते हैं तो कार्बन, सल्फ़र और नाइट्रोजन गैसीय रूप में वातावरण में जा घुलते हैं (**चित्र-2**)। इसलिए, रहन-सहन, खाद्य-उत्पादन और परिवहन में ऊर्जा-प्रबल शैली की ओर हर क़दम के चलते वायुमण्डल में उतनी ही तीव्रता से कार्बन डाईऑक्साइड, मीथेन, सल्फ़र और नाइट्रोजन के ऑक्साइडों का स्तर बढ़ता जाता है।

यह बढ़ोतरी धरती पर मौजूद जीवन को विविध प्रकार से प्रभावित करती है। उदाहरण के लिए, बरसात के पानी में सल्फ़र और नाइट्रोजन के ऑक्साइडों में घुलने से अम्लीय वर्षा हो सकती है (**चित्र-3**)। कार्बन डाईऑक्साइड, मीथेन और नाइट्रस ऑक्साइड के कारण उत्पन्न हुए 'ग्रीनहाउस

**चित्र-1 : हमारी ऊर्जा ज़रूरतों ने मानव सभ्यताओं के विकास को गढ़ा है।**



**(क) शिकारी-संग्राहक**

Credits: Skinner Prout, Uploaded by Quibik, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Native_Encampment_by_Skinner_Prout,_from_Australia_(1876,_vol_II).jpg. License: CC-BY.

**(ख) खेतिहर**

Credits: Pieter Bruegel the Elder, Uploaded by Dcoetzee, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Pieter_Bruegel_the_Elder-_The_Harvesters_-_Google_Art_Project.jpg. License: CC-BY.

**(ग) औद्योगिक**

Credits: William Bell Scott, Uploaded by Hohum, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:William_Bell_Scott_-_Iron_and_Coal.jpg. License: CC-BY.

**चित्र-2 : जीवाश्म-ईंधनों के जलने से कार्बन, सल्फ़र व नाइट्रोजन के ऑक्साइड बनते हैं। (क) विद्युत संयंत्र (ख) गाड़ियाँ**

Credits: Pixabay. URL: https://www.pexels.com/photo/air-air-pollution-climate-change-dawn-221012/. License: CC0.

Credits: Ruben de Rijcke, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Automobile_exhaust_gas.jpg. License: CC-BY-SA.

**चित्र-3 : वातावरण में मौजूद पानी के अणुओं के साथ सल्फ़र व नाइट्रोजन के ऑक्साइडों की अभिक्रिया के चलते अम्लीय वर्षा होती है।**

**(क) क्युरसाओ द्वीप की रिफाइनरी से निकले उत्सर्जनों के चलते अम्लीय बादलों का बनना।**
Credits: HdeK, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_formation_from_refinery_in_Curacao.jpg. License: CC-BY-SA.

**(ख) यूएस के ग्रेट स्मोकी माउंटेन नेशनल पार्क की वनस्पतियों पर अम्लीय वर्षा का कहर**

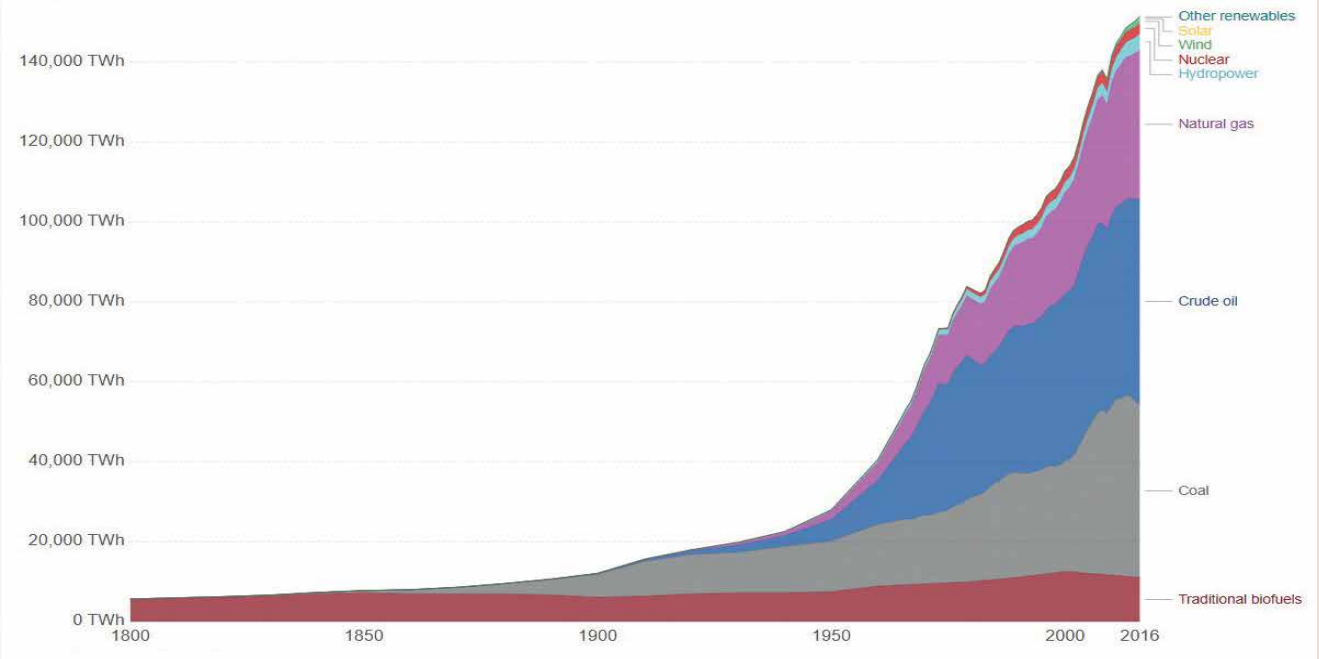
Credits: The Shared Experience, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/numbphoto/6221399095/in/photostream/. License: CC-BY-NC-ND.

**बॉक्स-1 : जीवाश्म ईंधन क्या होते हैं?**

जैसा कि नाम से ही स्पष्ट है, जीवाश्म ईंधन, जैविक पदार्थ के अश्मीभूत होने से बनते हैं। ऐसा माना जाता है कि यह प्रक्रिया आज से कोई चार से ढाई अरब बरस पहले शुरू हुई थी। इस प्रक्रिया में गर्मी, दबाव और भूगर्भीय प्रक्रियाओं के द्वारा नाशवान और अपघटनशील वनस्पति एवं जन्तु पदार्थ का एक घने ज्वलनशील पदार्थ में क्रमिक रूपान्तरण होता चला गया। मसलन कोयला, कच्चा तेल (पेट्रोल), प्राकृतिक गैस, बिटुमॅन (डामर), शेल ऑइल, टार सैंड्स, भारी तेल। इन्हें जलाकर ऊर्जा पाने से पहले, इनका दोहन कर परिष्कृत करके और जगह-जगह ले जाया जाता है।

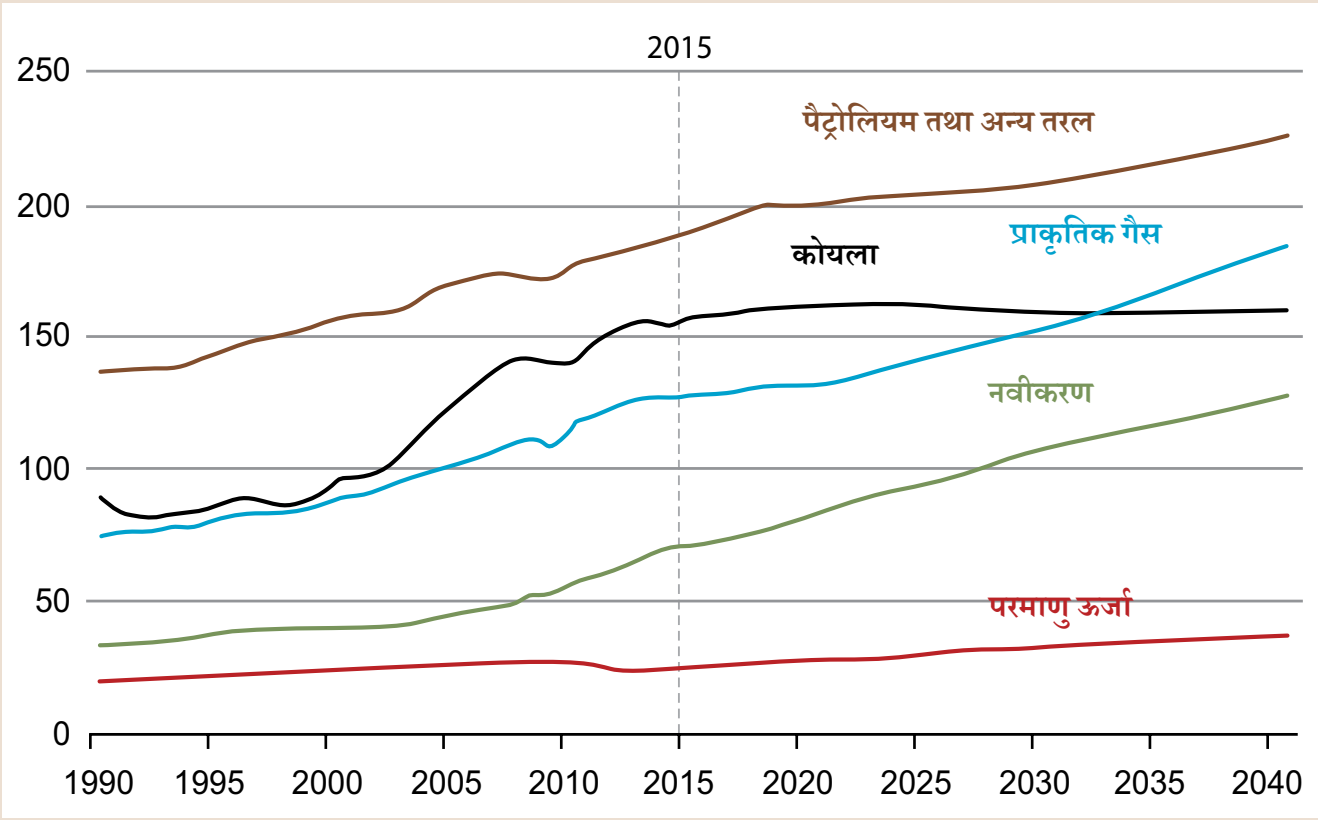
हमारी मौजूदा ऊर्जा ज़रूरतें मुख्यतः तेल के दहन से पूरी होती हैं और फिर कोयले और प्राकृतिक गैस का नम्बर आता है। सम्भवतः भविष्य में भी यही हमारे पसन्दीदा ईंधन बने रहेंगे (**चित्र-4**)।

**चित्र-4 :** जीवाश्म ईंधनों से हमारी **(क)** वर्तमान और **(ख)** भविष्य की अनुमानित अधिकांश ज़रूरतों की पूर्ति होती है।




**(क) प्राथमिक ऊर्जा की वैश्विक खपत (टेरावॉट-घण्टों में)।** 'अन्य नवीकरणीय' के अन्तर्गत सौर, पवन, जल-विद्युत और पारम्परिक जैव-ईंधन के अलावा अन्य नवीकरणीय टेक्नोलॉजी आती हैं।

Credits: Vaclav Smil (2017). Energy Transitions: Global and National Perspectives & BP Statistical Review of World Energy. URL: https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy. License: CC-BY-SA.




**(ख) ऊर्जा स्रोत के अनुसार विश्व ऊर्जा खपत।**

Credits: Created by EIA, International Energy Outlook, U.S. DOE Energy Information Administration 2017, and uploaded by Delphi234 on Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_energy_consumption_outlook.png. License: CC-BY.

प्रभाव' के चलते औसत वैश्विक तापमानों में वृद्धि भी हो सकती है। चार दशकों से भी ज़्यादा के जलवायु आँकड़ों के आधार पर अब हम जानते हैं कि पृथ्वी के इतिहास में पहली बार मानव क्रियाकलाप पृथ्वी की जलवायुगत परिस्थितियों को प्रभावित करने में एक प्रधान कारक बन गए हैं (**बॉक्स-2**)।

क्या हम ऐसे ऊर्जा विकल्प चुन सकते हैं जिनसे हमारी धरती पर मानवीय क्रियाकलापों का असर कम-से-कम हो? क्या हम जीवाश्म-ईंधन रहित दुनिया की कल्पना कर सकते हैं? क्या हवा, पानी और सूरज जैसे 'नवीकरणीय' स्रोतों से ऊर्जित दुनिया सम्भव है (**बॉक्स-3**)? और सबसे ज़्यादा महत्त्वपूर्ण सवाल यह है कि क्या ऐसी दुनिया सम्भव है जिसमें हम कम-से-कम उपभोग करें, सो कम-से-कम ऊर्जा ख़र्च करें?

## ऊर्जा के नए रूपों की ओर क़दम बढ़ाते हुए, कुछ सोचने को!

*"...ऊर्जा आपूर्ति के किसी भी नए रूप की ओर परिवर्तन के लिए ज़रूरी है कि वर्तमान ऊर्जाओं और प्राथमिक चालकों को सघन रूप से तैनात किया जाए : लकड़ी से कोयले की ओर संक्रमण को मनुष्य की मांसपेशियों ने ऊर्जा दी थी, कोयले के दहन ने तेल के विकास को ऊर्जा दी और...सौर फ़ोटोवोल्टइक सेल तथा पवन चक्कियाँ उस जीवाश्म ऊर्जा का साकार रूप हैं जिसकी ज़रूरत धातुओं को गलाने, ज़रूरी प्लास्टिक के संश्लेषण तथा अन्य अत्यधिक ऊर्जा की माँग करने वाले पदार्थों के प्रसंस्करण में होती है..." – वॅस्लेव स्मिल, एनर्जी ऍन्ड सिविलाइज़ेशन, एमआइटी प्रेस, 2017, पृष्ठ 230.*

जो भी ऊर्जा विकल्प हम चुनते हैं, उनका सम्बन्ध सिर्फ़ टेक्नोलॉजी से नहीं होता – वे हमारे सामाजिक, आर्थिक, पारिस्थितिक व राजनैतिक चुनाव होते हैं जो मनुष्यों के साथ-साथ अन्य जीवों की जीवन-गुणवत्ता को भी प्रभावित करने की क्षमता रखते हैं। औद्योगिक-पूर्व समय में ऊर्जा का प्रमुख स्रोत सौर ऊर्जा थी! हालाँकि आज के विपरीत, यह शक्ति उस रूप में थी जिस रूप में पौधे इसे क़ैद करते थे – जैव-पदार्थ के रूप में। आज भी भारत समेत अनेक एशियाई, अफ़्रीक़ी व लैटिन अमरीकी देशों में गर्म करने व पकाने के लिए जैव-पदार्थों (लकड़ी, कृषि-अवशेष, गोबर-कण्डे आदि) का इस्तेमाल होता है (**चित्र-7**)। जैव-पदार्थों की कुछ क़िस्में अन्य ज़रूरतें पूरी करने के लिए भी उपयोग में लाई जाती हैं। उदाहरण के लिए, तैरते लट्ठों का उपयोग नदी में सामान व लोगों को यहाँ से वहाँ ले

**बॉक्स-2 : जीवाश्म ईंधन और जलवायु परिवर्तन**

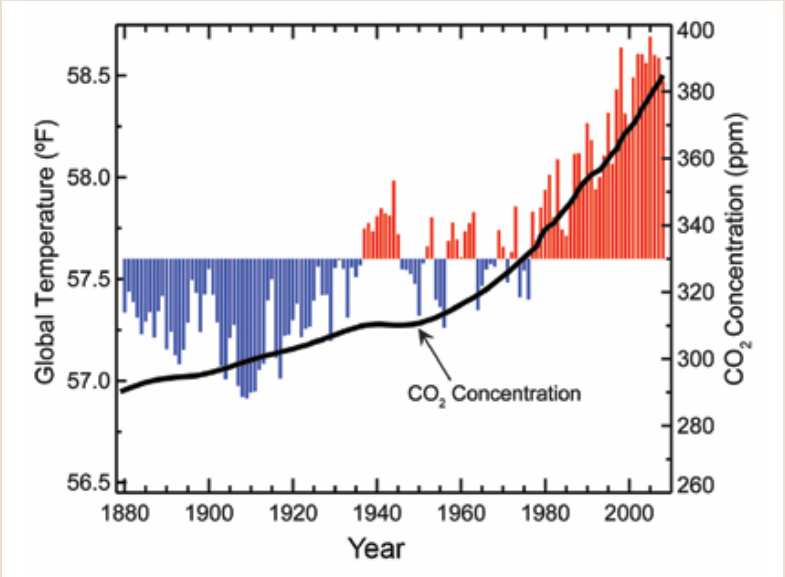
ऊर्जा के लिए जीवाश्म ईंधनों को जलाने से ईंधन में मौजूद कार्बन और हवा में मौजूद ऑक्सीजन आपस में मिलकर कार्बन डाईऑक्साइड बनाते हैं। कार्बन डाईऑक्साइड एक ग्रीनहाउस गैस है जो अपनी गर्मी को इतनी मात्रा में क़ैद कर लेती है जो हमारी पृथ्वी के औसत वैश्विक सतही तापमान को उस स्तर पर बनाए रखने के लिए काफ़ी होती है कि जीवन चल सके। लेकिन वातावरण में इस गैस की अत्यधिक सान्द्रता के नतीजतन वैश्विक तापमान वृद्धि (ग्लोबल वॉर्मिंग) हो सकती है (**चित्र-5**)।

जलवायु परिवर्तन पर अन्तर-सरकारी पैनल (आइपीसीसी) के अनुसार वातावरण में कार्बन-डाईऑक्साइड की सान्द्रता औद्योगिक युग से पहले के मुक़ाबले 30% से भी ज़्यादा बढ़ी है। हमारी वर्तमान ऊर्जा ज़रूरतों के मद्देनज़र वायुमण्डलीय कार्बन-डाईऑक्साइड अभी भी लगभग 0.4% प्रति वर्ष की औसत दर से बढ़ रही है। इसके चलते, वैश्विक स्तर पर औसत सतही तापमानों में उसी हिसाब से बढ़ोतरी हुई है (**चित्र-6**)। फलस्वरूप, वैश्विक जलवायु और जलवायु के पैटर्न पर बुरे प्रभाव पड़े हैं।

मानव समाज और जीवन के अन्य रूपों के लिए इस सबका मतलब क्या है? उच्चतर सतही तापमान से ग्लेशियरों (हिमनदों) के पिघलने की रफ़्तार तेज़ हुई है (जैसा कि आर्कटिक व अंटार्कटिक क्षेत्रों तथा अपने नज़दीक के हिमालय से मिले वैज्ञानिक आँकड़े दर्शाते हैं)। परिणामतः समुद्र तल चढ़ा है और तटीय इलाक़े डूबे हैं। बदलते जलवायु पैटर्न से चरम मौसमी परिस्थितियाँ (औसत से ज़्यादा तापमान, लगातार बदलता वर्षा व्यवहार, तूफ़ानों व चक्रवातों की बढ़ती संख्या) बनतीं हैं जिनका जीवन व संसाधनों पर असर पड़ता है।

**चित्र-5 : वायुमण्डल में कार्बन डाईऑक्साइड जैसी ग्रीनहाउस गैसों की अत्यधिक सान्द्रता के चलते दुनियावी तापमान में बढ़ोतरी होती है।**

Credits: Skeptical Science Graphics by Skeptical Science. URL: https://www.skepticalscience.com/graphics.php?g=89. License: CC-BY.




**चित्र-6 : 1880-2009 की अवधि में वायुमण्डलीय कार्बन डाईऑक्साइड की सान्द्रता और वैश्विक वार्षिक औसत तापमान।** वैश्विक सालाना औसत तापमान ज़मीन और समुद्र, दोनों पर मापा जाता है। चित्र में लाल पट्टियाँ 1901-2000 के दौरान औसत तापमान के ऊपर के तापमान दर्शाती हैं, जबकि नीली पट्टियाँ उससे नीचे के तापमान दर्शाती हैं। काली रेखा वायुमण्डलीय कार्बन डाईऑक्साइड की सान्द्रता पार्ट्स पर मिलिअन (पीपीएम – अंश प्रति दस लाख) इकाई में दर्शाती है।

Credits: Created by NOAA/NCDC in Global Climate Change Impacts in the United States, Cambridge University Press; and uploaded by Enescot on Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_carbon_dioxide_concentrations_and_global_annual_average_temperatures_over_the_years_1880_to_2009.png. License: Public Domain.

**बॉक्स-3 : नवीकरणीय व अनवीकरणीय ऊर्जा स्रोत**

उत्पत्ति के हिसाब से ऊर्जा स्रोतों को दो प्रकार में वर्गीकृत किया जा सकता है – नवीकरणीय व अनवीकरणीय। नवीकरणीय ऊर्जा वह है जिसकी भरपाई करने की दर उसके उपभोग की दर से तेज़ होती है। मसलन सौर, पवन, भू-तापीय, जलीय (पनबिजली) और जैव-पदार्थ की कुछ क़िस्में। अन्तरराष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी (आइईए) के मुताबिक़ 2012 में दुनिया भर की कुल प्राथमिक ऊर्जा आपूर्ति का 12% नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से आया, जबकि 2013 में यही योगदान बढ़कर 22% हो गया था। अनुमान है कि 2020 तक यह आँकड़ा 26% हो जाएगा। इसके उलट, अनवीकरणीय ऊर्जा स्रोत जैविक पदार्थ पर लम्बे समय में हुई भूगर्भीय प्रक्रियाओं के चलते बनता है। वे चाहे दशकों चले या सदियों तक, उनकी खपत की रफ़्तार उनके बनने की रफ़्तार से बहुत ज़्यादा होगी। मिसाल के लिए कोयला, तेल और प्राकृतिक गैस।

दिलचस्प बात तो यह है कि नवीकरणीय और अनवीकरणीय, दोनों तरह के ऊर्जा-स्रोत अन्ततः मिलते तो सूरज से ही हैं। प्रकाश-संश्लेषण की प्रक्रिया के चलते सौर ऊर्जा का रूपान्तरण जैविक पदार्थ में होता है जो उच्च दाब की परिस्थितियों में जीवाश्म-ईंधन बनाते हैं। फ़ोटोवोल्टेइक बैटरियाँ सीधे-सीधे सूर्यप्रकाश से सौर ऊर्जा बनाती हैं, जबकि सूरज की गर्मी से पवन चक्र व जल चक्र चलते हैं जिनसे हमें नवीकरणीय ऊर्जा मिलती है।

**चित्र-7 : भारत में आज भी पकाने व गर्माने के लिए ज़रूरी ऊर्जा, जैव-पदार्थ की विभिन्न क़िस्मों से मिलती है।**

**(क) जलाऊ**
Credits: Adam Jones, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/adam_jones/3774533682. License: CC-BY-SA.

**(ख) कृषि अवशेष**
URL: https://www.maxpixel.net/Summer-Sunset-Landscape-Autumn-Field-Straw-Farm-1677853. License: CC0.

**(ग) गोबर-कण्डे**
Credits: The International Livestock Research Institute (ILRI), Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/ilri/4574444944. License: CC-BY-SA.

**चित्र-8 : सौर एवं पवन ऊर्जा संयंत्रों की स्थापना के प्रभाव भूमि-उपयोग पर पड़ते हैं।**

**(क) सौर ऊर्जा संयंत्र**

Credits: Brahma Kumaris, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/brahmakumaris/13993984261. License: CC-BY-NC.

**(ख) पवन चक्कियाँ**

Credits: sarangib, Pixabay. URL: https://pixabay.com/en/wind-mill-energy-alternative-2251810/. License: CC0.

**बॉक्स-4 : क्या पानी नवीकरणीय है?**

निम्नलिखित के चलते पानी के संसाधनों की बढ़ते अभाव के ब्योरे साझा करें –

i. वर्षण के पैटर्न में बदलाव
ii. धरातल और भूजल स्रोतों की बढ़ती मलिनता
iii. भूजल स्रोतों का अत्यधिक दोहन और
iv. सतही पानी की अत्यधिक निचुड़ाई

यह जानकारी देते हुए अपने विद्यार्थियों को इस बात पर बातचीत करने को प्रेरित करें कि आज क्या पानी को वाक़ई एक नवीकरणीय स्रोत के बतौर बरता जा सकता है।

जाने के लिए किया जाता है (इस उदाहरण में ऊर्जा का स्रोत आप किसे मानते हैं – जैव-पदार्थ या पानी?)। शुरुआती 19वीं शताब्दी तक पवन-चालित पाल वाली नावों के द्वारा व्यापार होता रहा। कम-से-कम 2000 सालों तक धरती पर हवा और पानी के द्वारा अनाज की कुटाई और पिसाई की जाती रही, तिलहनों से तेल निकाला जाता रहा और उद्योगों को ऊर्जा दी जाती रही। 1820 में इनकी जगह कोयला-ऊर्जित भाप इंजनों ने ले ली।

ऊर्जा के अनवीकरणीय स्रोतों से नवीकरणीय संसाधनों को अपनाने के चलते वातावरण में छोड़ी जाने वाली कार्बन डाईऑक्साइड की मात्रा कम तो हो सकती है, लेकिन यह कोई जादुई छड़ी नहीं है – सौर ऊर्जा संयंत्रों और पवन-चक्कियों के लिए ज़मीन चाहिए (**चित्र-8**);

**बॉक्स-5 : विद्यार्थियों के लिए प्रश्न और गतिविधियाँ**

1. क्या आप ऐसी किसी गतिविधि के बारे में सोच सकते हैं जिसमें किसी भी प्रकार की ऊर्जा प्रयुक्त न होती हो?
2. क्या आप कोई ऐसा काम देख सकते हैं जिसमें केवल मानव ऊर्जा लगती हो?
3. अपनी दिनचर्या में से ऐसे कामों की सूची बनाएँ जिसमें बिजली न लगती हो?
4. अपने घर और नगर में बिजली के प्राथमिक स्रोत का पता लगाएँ और फिर यह पता करें कि बिजली के इस स्रोत का कच्चा माल कहाँ से आता है। मसलन अगर हमारे घर की बिजली का प्राथमिक स्रोत कोयला या गैस-आधारित ताप बिजलीघर है तो उसका कोयला या गैस कहाँ से आते हैं?
5. आपके दैनिक जीवन में आप कहाँ-कहाँ जीवाश्म-ईंधन ऊर्जा की जगह नवीकरणीय स्रोतों का इस्तेमाल कर सकते हैं? यह काम आप कैसे करेंगे?

और इन दोनों के लिए ज़रूरी उपकरण बनाने में जीवाश्म ईंधन ख़र्च होते हैं (**बॉक्स-5**)। ऐसे में वास्तविक सवाल यह बनता है – क्या हम अपने उपभोग को कम कर सकते हैं ताकि हमें कम ऊर्जा ख़र्च करनी पड़े?

## चलते-चलते

कल्पना करें कि अगर कोयले और तेल की खोज न हुई होती तो क्या ऊर्जा के स्रोतों के बतौर हवा, पानी और जैव पदार्थ के इस्तेमाल के चलते हमारा जीवन, आज के जीवन से अलग होता? कैसे?

**Note:** Credits for the image used in the background of the article title: Energy current poles by Gemjan, Pixabay. URL: https://pixabay.com/en/energy-current-poles-1530694/. License: CC-0.

**राधा गोपालन** भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, मुम्बई से पीएचडी प्राप्त एक पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। 18 साल तक पर्यावरण सलाहकार के बतौर काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय के स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट की एक विज़िटिंग फैकल्टी हैं और फूड सॉवरेन्टी अलाअंस (खाद्य सम्प्रभुता गठबन्धन), भारत की सदस्य हैं।

**अनुवाद :** मनोहर नोतानी **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय