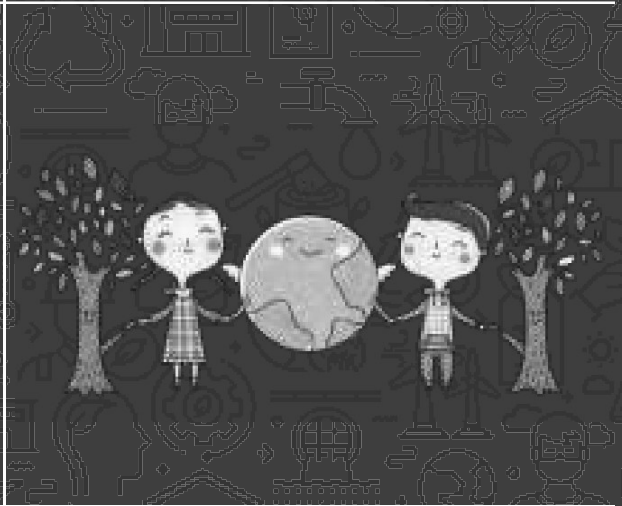
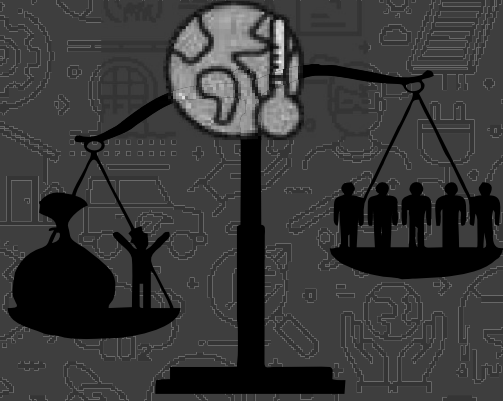


लोकविज्ञान प्रकाशन

तापमानवाढीचे  
महासंकट रोखण्याची  
लोक-वैज्ञानिक  
दिशा

लोकविज्ञान  
दिनदर्शिका २०२२  
सोबतची  
सह-पुस्तिका



# तापमानवाढीचे महासंकट रोखण्याची लोक-वैज्ञानिक दिशा लोकविज्ञान दिनदर्शिका २०२२ सोबतची सह-पुस्तिका

प्रकाशक -

अविनाश हावळ,

सेक्रेटरी लोकविज्ञान संघटना,

१२४९/५०, डेक्कन जिमखाना, गोखले चौक, पुणे - ४११००४

फोन - (अविनाश हावळ), ९८२२२६८०५८, ९४२३५८२०८७

avinashhaval@gmail.com

पहिली आवृत्ती - ३ डिसेंबर, २०२१

(३ डिसेंबर हा जॉन हाल्डेन, ब्रिटिश भारतीय लोकवैज्ञानिक यांचा जन्मदिवस आहे.)

मुखपृष्ठ, डिझाईन, सजावट - संदीप देशपांडे

आतील मांडणी - शारदा महल्ले

किंमत - तीस रुपये (लोकविज्ञान दिनदर्शिका - २०२२ आणि पुस्तिका मिळून)

## नैसर्गिक व मानव-निर्मित तापमान वाढ

कार्बन-डाय-ऑक्साइड (कर्बवायू), मिथेन हे वायू तयार होणे व त्यांचा निचरा होणे हे चक्र पृथ्वीवर लाखो वर्षे चालू आहे. झाड-झाडोऱ्याचे तसेच प्राणी-जगतातील जैवमालाचे जे विघटन होते त्यातून मिथेन बनून तो हवेत मिसळतो. तर प्राण्यांच्या श्वसनातून व नैसर्गिक वणव्यातून कर्बवायू तयार होऊन वातावरणात मिसळतो. या उलट हवेतील कर्बवायू नदीत, समुद्रात विरघळतो; तसेच जमिनीवरील व पाण्यातील वनस्पती सूर्य-प्रकाशाच्या मदतीने हवेतील कर्बवायू शोषून जैवमाल तयार करतात. या कर्ब-चक्रातून थोडा नक्त कर्बवायू हवेत साचतो. तो पृथ्वीवर पडणारे अल्ट्रा-व्हायोलेट किरण शोषून घेतो की ज्यामुळे पृथ्वीवरील तापमान नैसर्गिकरित्या अगदी कासवाच्या गतीने वाढत आले आहे. या नैसर्गिक तापमान वाढीमुळे हिमयुग संपून पृथ्वीवर उबदार वातावरण तयार होऊन जीवसृष्टी व मानवी जीवन निर्माण होऊ शकले. मात्र औद्योगिक क्रांतीनंतर कोळसा, खनिज इंधने जाळून ऊर्जा मिळवण्याचे प्रमाण व त्यामुळे हवेतील कर्बवायूचे प्रमाण वेगाने वाढत गेले. जंगले, कुरणे यांची जागा औद्योगिक शेती व शहरे यांनी घेतल्याने त्यात भर पडली. या वाढत्या कर्बवायूमुळे पृथ्वीचे तापमान इ. स. १८५० च्या मानाने १.१ डिग्री सेल्सिअसने वाढले आहे. असेच वाढत राहिले तर या शतकाच्या अखेर ते तीन डिग्रीने वाढेल.

तापमानवाढीचे  
महासंकट रोखण्याची  
लोक-वैज्ञानिक दिशा

लोकविज्ञान दिनदर्शिका २०२२  
सोबतची सह-पुस्तिका



# अनुक्रमणिका

## तापमानवाढीचे महासंकट रोखण्याची लोक-वैज्ञानिक दिशा

- १) 'जागतिक तापमान वाढ : आय.पी.सी.सी.'चा सहावा अहवाल- अतुल देऊळगावकर ४
- २) पर्यावरणाचा विनाशकारी ऱ्हास का होतो आहे?- अच्युत गोडबोले ७
- ३) प्रलयंकारी जागतिक तापमान वाढ रोखणे शक्य आहे!- अनंत फडके १०
- ४) सौर, पवन विजेमुळे पर्यावरणीय हानी होते?- संजय मं. गो. १४
- ५) २०५० सालापर्यंत 'नक्त शून्य' कर्ब उत्सर्जन- प्रियदर्शिनी कर्वे १६
- ६) तापमान वाढ रोखण्याचे धोरण आणि सामाजिक न्याय- अतुल देऊळगावकर १९
- ७) कर्ब उत्सर्जनाला लगाम- गिरीश सोहोनी २२
- ८) अमेरिकेत कर्बवायू उत्सर्जन २०३५ पर्यंत निम्म्यावर आणण्याचा मार्ग- अमोल फडके २५
- ९) भारतातही कर्ब उत्सर्जन वेगाने घटवणे शक्य आहे- अमोल फडके २७
- १०) भविष्य सुरक्षित करण्यासाठी धडपडणारी मुले- अतुल देऊळगावकर ३१
- ११) पर्यावरण रक्षणासाठी मुले सरसावल्यानंतर- अतुल देऊळगावकर ३४
- १२) तापमान वाढ रोखण्यासाठी मी काय करू शकतो?/शकते?- प्राची शेवगावकर ३७

## पर्यावरण-लोकवैज्ञानिक आणि 'पर्यावरण-जनजागृती'तील योद्धे

- १) सुझन सॉलोमन: अमेरिकन पर्यावरण-रसायन वैज्ञानिक- प्रफुल्ल पांडव ४०
- २) स्वान्त अन्हीयनियस: स्वीडिश भौतिकशास्त्र वैज्ञानिक- अद्वैत पेडणेकर ४२
- ३) पवन सुखदेव: भारतीय पर्यावरण अर्थतज्ज्ञ- अतुल देऊळगावकर ४४
- ४) चार्ल्स डेव्हिड कीलिंग: अमेरिकन रसायनशास्त्र वैज्ञानिक- प्रफुल्ल पांडव ४६
- ५) मिलोतीन मिलेन्कोविच: इंजिनियर आणि खगोलीय भौतिकी तज्ज्ञ- प्रकाश बुरटे ४८
- ६) सुझान सिमार्ड: कॅनेडियन जंगल परिसंस्था तज्ज्ञ- सीमा केतकर ५०
- ७) सुनीता नारायण: भारतीय 'पर्यावरण तज्ज्ञ-संशोधक'- शरयू परब-वगळ ५२
- ८) थॉमस लव्हजॉय: अमेरिकन संरक्षण-संवर्धन जीवशास्त्रज्ञ- आरती ठाकुर ५४
- ९) शुकुरो मानाबे: जपानी वंशाचे अमेरिकन हवामान-विज्ञान तज्ज्ञ- अद्वैत पेडणेकर ५६
- १०) क्लाऊस फेर्डिनांड हासलमान: जर्मन पर्यावरण-वैज्ञानिक- अनघा देशपांडे ५८
- ११) वॉलेस स्मिथ ब्रोक: अमेरिकन भूगर्भ-रसायन वैज्ञानिक, पर्यावरण-वैज्ञानिक- दिलीप होता ६०
- १२) जेन लुबचेन्को: अमेरिकन पर्यावरण-वैज्ञानिक- प्रफुल्ल पांडव ६२



## प्रकाशकाची प्रस्तावना

विज्ञान आपल्या संस्कृतीचा भाग व्हावा, विज्ञान, वैज्ञानिक विचारपद्धती व वैज्ञानिक दृष्टीकोन आपल्या समाजात रुजायला मदत म्हणून सुरू केलेल्या 'लोकविज्ञान दिनदर्शिके'ने २०२० मध्ये ३२ वर्षे पूर्ण केली. विद्यार्थी, शिक्षक व विज्ञानप्रेमींकडून आजवर या उपक्रमास भरभरून प्रतिसाद मिळाला आहे. २०२१ मध्ये कोविड-साथीमुळे खंड पडला. पण 'लोकविज्ञान दिनदर्शिका-२०२२' प्रसिद्ध करत आहोत.

या वर्षी 'लोकविज्ञान दिनदर्शिका' नवीन रूपात आपल्या भेटीला येत आहे. भिंतीवर टांगायच्या लोकविज्ञान दिनदर्शिकेचा आकार या वर्षी निम्मा केला आहे. पण प्रत्येक पानावर शास्त्रज्ञाचा फोटो, शास्त्रज्ञाची अगदी थोडक्यात तोंडओळख तसेच त्या त्या महिन्यातील विज्ञान दिन आणि तारांगण हे सर्व या दिनदर्शिकेच्या प्रत्येक पानावर आहे. मात्र दिनदर्शिकेच्या पानावरच जी दोन टिपणे असायची ती आता दिनदर्शिकेसोबतच्या या ६४ पानी पुस्तिकेत दिली आहेत. अपेक्षा अशी की पुस्तिका हाताशी असल्याने जास्त वाचली जाणे, इतरांनी वाचणे व वर्षअखेरी जपून ठेवणे हे सर्व अधिक सहज होईल.

पर्यावरणीय महासंकटाचा आणि त्यापासून बचावण्याचा प्रश्न लोकविज्ञान दिनदर्शिका-२०२० मध्ये आम्ही मांडला होता. जागतिक तापमान वाढीच्या महासंकटाचा धोका लक्षात घेता 'लोकविज्ञान दिनदर्शिका-२०२२'मध्ये 'प्रलयंकारी जागतिक तापमान वाढ आणि त्यावरील लोकवैज्ञानिक मार्ग' यावर लक्ष केंद्रित केले आहे. जैवविविधतेचा टोकाचा न्हास आणि निरनिराळ्या प्रकारची प्रदूषणे हेही अतिशय गंभीर धोके आहेत. त्यांची तोंडओळख पुढील वर्षीच्या पुस्तिकेत दिली जाईल.

पुस्तिकेसाठी लेख देणाऱ्या निरनिराळ्या तज्ज्ञ लेखकांचे मनःपूर्वक आभार. 'लोकविज्ञान दिनदर्शिका-२०२२'चे तसेच सोबतच्या प्रस्तुत पुस्तिकेचे डिझाईन, सजावट करणाऱ्या संदीप देशपांडे यांचे, आतील मांडणी व शुद्धलेखन तपासून देणाऱ्या शारदा महल्ले यांचे, सुबक छपाई करून देणारे अतुल श्रोत्री आणि जाहिरातीच्या रूपाने देणगी देणाऱ्या आमच्या सर्व हितचिंतकांचे आभार.

वाचकांना विनंती की 'लोकविज्ञान दिनदर्शिका-२०२२'चे हे नवे रूप, सोबतच्या या पुस्तिकेतील टिपणे याबाबत आपला अभिप्राय तसेच पुढच्या वर्षीसाठीच्या सूचना कृपया जरूर पाठवा.

अविनाश हावळ,  
सेक्रेटरी,  
लोकविज्ञान संघटना



## ‘जागतिक तापमान वाढ : आय.पी.सी.सी.’चा सहावा अहवाल

अतुल देऊळगावकर

atul.deulgaonkar@gmail.com

२०२० मध्ये जगात ठिकठिकाणी चक्रीवादळ, अरण्यकांड, उष्णतेच्या लाटा, अवर्षण, अतिवृष्टी, ढगफुटी, भूस्खलन या आपत्तींचं यातनाकांड सहन करावं लागलं आहे. २९ जूनला उत्तर ध्रुवाजवळील कॅनडाला उष्णतेच्या लाटेनं हैराण केलं. शीत कटिबंधातील कॅनडामध्ये तापमान थेट ४९.६ अंश सेल्सियस झालं. पाच दिवसातच अमेरिकेत कॅलिफोर्नियामध्ये तापमानाने ५४.६ अंश म्हणजे आतापर्यंतची सर्वोच्च पातळी गाठली. कॅनडामधील ब्रिटिश कोलंबियाच्या दोन्ही बाजूंनी उष्णतेचे प्रवाह तयार झाले आणि त्यातून उष्णतेचा घुमट निर्माण झाला. उष्ण हवा बाहेर पडण्यास वाव राहिला नाही. भयानक उष्णतेमुळे कॅनडा व अमेरिकेच्या जंगलात हजारो ठिकाणी अग्नितांडव सुरू झालं. शेकडो जणांचे बळी गेले. याच काळात स्पेन, फ्रान्स, जर्मनी अशा ४० युरोपीय देशात तसेच आशिया खंडातील इंडोनेशिया, चीनमध्ये अतिशय अल्पावधीतील अनर्थकारी पावसाने दाणादाण उडवली. प्रचंड वेगाने वाहणाऱ्या पाण्यात भलीमोठी घरे व अवजड वाहनांचा सुद्धा चुराडा झाला. त्याचवेळी इराक, इराण, सुदान व येमेन हे देश तीव्र पाणीटंचाईतून जात आहेत. मध्य पूर्व व उत्तर आफ्रिका खंडात पाण्याच्या टंचाईमुळे जनता प्रक्षुब्ध झाली आहे. ब्राझील व मदागास्कर हे भीषण दुष्काळातून जात आहेत. अवर्षणाने अल्जेरियातील पाणी पुरवठा ठप्प पडल्यावर तिथल्या जनतेने ‘पाणी बंद तर सर्व व्यवहार बंद!’ पाडले. बंगालचा उपसागर व अरबी समुद्राचं तापमान वाढत असल्यामुळे दोन्ही बाजूंनी कमी दाबाचे पट्टे व चक्रीवादळ यामुळे अनेक राज्यांची दैना उडाली. जानेवारी ते जुलै २०२१ मध्ये निदान २७७ अशा निसर्गकोपाच्या घटना घडल्या!

गेले दशक हे गेल्या सव्वा-लाख वर्षातील सर्वात जास्त गरम दशक होते. १८५० ते १९०० या काळापेक्षा गेल्या दशकातील तापमान १.०९ डिग्रीने जास्त होते. १९०१ ते १९७१ या काळात समुद्राची पातळी जेवढी वाढली त्याच्या तिप्पट केवळ गेल्या एका

दशकात वाढली!

अशा जागतिक तापमान वाढीमुळे वरील प्रकारची संकटे आता वारंवार आणि अधिक तीव्रतेने येणार आहेत. तसेच अतिवृष्टी व त्या पाठोपाठ अति-थंडी येणे किंवा उष्ण-लहरी व त्यानंतर मोठे अवर्षण अशी सलग संकटे येण्याचे प्रमाण वाढेल असेही सांगणारा सहावा अहवाल संयुक्त राष्ट्र संघटनेच्या 'इंटरगव्हर्नमेंटल पॅनेल ऑन क्लायमेट चेंज (आय.पी.सी.सी.)' नामक शास्त्रज्ञांच्या समितीने बनवला. ६५ देशांमधील २३४ शास्त्रज्ञांनी बनवलेला हा अहवाल ऑगस्ट २०२१ मध्ये प्रसिद्ध झाला. १९९० साली आय.पी.सी.सी.ने पहिल्या अहवालात, "मानवी हस्तक्षेपामुळे एकोणिसाव्या शतकात जगाचं तापमान ०.३ ते ०.६ अंश सेल्सियसने वाढत आहे." असं सांगितलं होतं. त्यावेळी त्याकडे प्रसारमाध्यमांनी दुकूनही पाहिलं नाही. १९९५, २००१, २००७ व २०१४ साली आय.पी.सी.सी.ने अनुक्रमे दुसरा, तिसरा, चौथा व पाचवा असे अहवाल प्रसिद्ध केले. यंदा सहावा अहवाल जाहीर झाला आहे. प्रत्येक अहवाल वरचेवर अधिकाधिक अद्ययावत, सखोल, काटेकोर होत गेला आहे. त्यामुळे आधी उपेक्षा मग हेटाळणी सहन कराव्या लागलेल्या या अहवालांना 'हवामानाचा विश्वकोश' मानलं जात असून ती आता मुख्य बातमी होत आहे. सहाव्या अहवालाचे वैशिष्ट्य म्हणजे आधीच्या पाच अहवालांमध्ये जेवढी धोकादायक तापमान वाढ होण्याची शक्यता आहे असे म्हटले होते तेवढी ती होईल व २०४० पर्यंतच १.५ डिग्रीने तापमान वाढ होईल असा खात्रीलायक अंदाज आहे असे या अहवालात म्हटले आहे. अधिक सखोल, नेमकी, विस्तृत माहितीच्या आधारे या अहवालात ही मांडणी केली आहे.

या अहवालातील प्रमुख पाच मुद्दे असे आहेत -

### १) २०४० पर्यंत जगाची तापमान वाढ १.५ अंशापर्यंत पोचेल.

आतापर्यंत वाटत होते की एवढी तापमान वाढ व्हायला २०५० साल उजाडेल. २०३० पर्यंत जगातील कर्ब उत्सर्जन निम्मे केले आणि २०५० पर्यंत ते शून्यावर आणले तरच ही वाढ २०५० पर्यंत १.६ अंश सेल्सियसपर्यंत रोखता येईल आणि २१०० सालपर्यंत ती परत १.५ डिग्री खाली येईल. इतपत साधले तरीसुद्धा २०२१ मध्ये अनुभवलेले निसर्ग-प्रकोप अधिक तीव्रपणे अधिक वारंवार येतच राहतील. कर्ब उत्सर्जन घटवण्याबाबतची ही दोन उद्दिष्टे गाठली नाहीत तर परिस्थिती हाताबाहेर जाईल व मानवी संस्कृतीच्या अस्तित्वालाच धोका पोचेल.

### २) वरील अतिरेकी हवामान निसर्ग चक्रानुसार होत नसून त्याला मानवी हस्तक्षेप कारणीभूत आहे.

मानवाच्या अनिर्बंध हस्तक्षेपामुळेच उष्णतेच्या लाटा, शीत लहरी, अवर्षण, अतिवृष्टी, चक्रीवादळ, हिमनद्या वितळणे, दरडी कोसळणे, समुद्राचे आम्लीकरण, समुद्राच्या पातळीत वाढ या सर्व आपत्ती येत आहेत याची आता शास्त्रीय पुराव्यावरून खात्री झाली आहे.

### ३) अपरिवर्तनीय बदल कडेलोटाकडे जाण्याची शक्यता

उष्णतेच्या लाटांची तीव्रता व वारंवारता वाढल्यामुळे अरण्याकांड वाढतील. अरण्यांची कार्बन वायू शोषून घेण्याची क्षमता कमी होऊन तापमान वाढ अधिक होईल. अॅमेझोन त्या अवस्थेला गेलं आहे. अनेक सदाहरित अरण्यांचा अंत व दोन्ही ध्रुव बर्फमुक्त होण्याकडे वाटचाल चालू आहे. त्यातून मानवी जीवन कडेलोटाकडे जाऊ शकेल.

### ४) मिथेन उत्सर्जनाची टांगती तलवार

कर्बवायू उत्सर्जन निदान चर्चेत तरी आहे. मात्र हवामान बदलास २५ टक्के कारणीभूत असणारं मिथेन उत्सर्जन दुर्लक्षित राहिलं आहे. कोळशाच्या खाणी, तेल व वायू इंधन निर्मिती, पशुधन व शेती यातून मिथेन उत्सर्जन होत असून त्याचं प्रमाण वाढतच आहे. ध्रुव प्रदेशातील कायमस्वरूपी गोठलेला बर्फ वितळणे व अरण्य-आगी वाढणे यातून खूप मोठ्या प्रमाणात मिथेन उत्सर्जन होत राहून तापमान अधिक वेगाने वाढत जाण्याची शक्यता आहे.

### ५) हवामान बदलाचे स्थानिक परिणाम

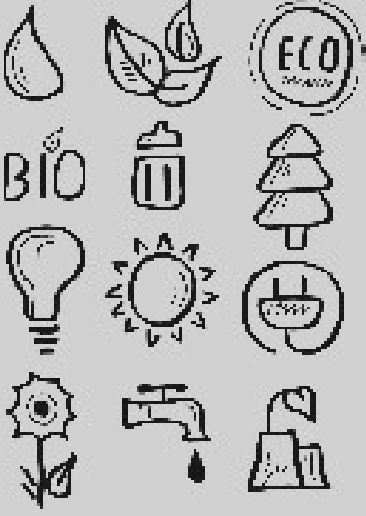
मागील नोंदी व सध्याची वाटचाल पाहून वैज्ञानिकांनी हवामान बदलाचे नमुने तयार केले आहेत. उत्तर गोलार्धातील इतर भागापेक्षा उत्तर ध्रुव तीन ते चार पटीने अधिक तापत आहे. उष्ण कटिबंधीय तापमान वाढ - गती तुलनेने कमी आहे. आखाती-प्रवाह मंदावत असून अटलांटिक प्रवाहातील बदलामुळे आफ्रिका व आशिया खंडातील मान्सूनवर गंभीर परिणाम होतील. युरोपमधील पर्जन्यमान कमी होईल.

या अहवालात भारतासह दक्षिण आशियात कमी कालखंडात अतिवृष्टी, ढगफुटी, कोरडे दिवस, उष्णतेच्या लाटा यांचं प्रमाण वाढेल. पूर्व व पश्चिम किनारपट्टीवर कमी दाबाचे पट्टे व चक्रीवादळ यांची तीव्रता व वारंवारता वाढेल. २.९ कोटींची लोकसंख्या असलेल्या मुंबई, कोलकता, चेन्नई, सुरत, कोची व विशाखापट्टणम या महत्त्वाच्या बंदर-शहरांना तसेच ७५०० कि.मी. लांबीच्या किनाऱ्याला समुद्राच्या पाणीपातळी वाढीचा धोका आहे.

‘येणाऱ्या काही दशकात हवामान बदलामुळे जगाची पुनर्रचना होईल. या आपत्तींमुळे गरिबांचे स्थलांतर वाढणार असून गरीब देश आणि श्रीमंत देशातील गरिबांची अवस्था आणखी बिकट होणार आहे. प्रदूषण, जंगलतोड, बेकायदेशीर बांधकाम यामुळे आपत्तीजनक परिस्थिती निर्माण करून ठेवलेल्या राष्ट्रात हाहाकार माजेल.’ असा या अहवालाचा इशारा आहे.

एकंदरीत परिस्थिती फार वेगाने बिघडत आहे याकडे हा अहवाल लक्ष वेधतो.





## पर्यावरणाचा विनाशकारी न्हास का होतो आहे?

अच्युत गोडबोले

achyut.godbole@gmail.com

आता सगळीकडे पर्यावरण न्हासाच्या महासंकटाबाबत घमासान चर्चा चालू आहे. नोव्हेंबर २०२१ मध्ये 'COP26' अशी एक अनेक राष्ट्रप्रमुखांची मीटिंग ग्लासगो शहरात झाली. तिथे बराच ऊहापोह झाला. पण पर्यावरणाच्या तांडवनृत्यामागे 'नवउदारमतवादी' म्हणून ओळखली जाणारी अर्थनीती आहे हे ही चर्चा करताना नवउदारमतवादी विचारवंतांच्या, अनेक पर्यावरणवाद्यांना लक्षात येत नाही. १९८० सालापूर्वी भांडवलशाहीत नफा महत्त्वाचा होता, पण तो उत्पादनातून होणारा नफा होता. १९७० च्या दशकात या नफ्याचा दर कमी झाला आणि तो वाढवण्यासाठी चीनकडे उत्पादन (मॅन्युफॅक्चरिंग) आणि भारताकडे सर्व्हिसेस आउटसोर्स करण्यात आले. यामुळे अमेरिका, युरोप आणि जपान यांना तिहेरी फायदा झाला. एकतर चिनी आणि भारतीय कर्मचारी प्रगत राष्ट्रांच्या मानानं खूपच स्वस्त असल्यामुळे त्यांचा उत्पादन खर्च कमी झाला. दुसरे म्हणजे त्यांच्याकडे प्रदूषण वाढण्याऐवजी आता ते चीन आणि भारतात वाढायला लागले. तिसरे म्हणजे या प्रक्रियेत चीन, भारत इथे कोट्यवधी लोकांचा एक नवश्रीमंत मध्यमवर्ग तयार झाला, मोठी बाजारपेठ तयार झाली. श्रीमंत वर्गाशी, अमेरिकन जीवनशैलीशी हा नवमध्यमवर्ग आयडेंटिफाय करायला लागला; ब्रँडेड वस्तू विकत घ्यायला लागला. तीन बीएचकेची मोठी घरं, त्यातील इम्पोर्टेड टाईल्स, मल्टिप्लेक्ससेस, त्यातील सिनेमागृहे, ब्युटी पार्लर्स इ. असलेल्या उच्च-मध्यमवर्गीय वस्त्यांमध्ये प्रचंड वाढ झाली. त्यांच्या चंगळवादी राहणीसोबत भराभर गाड्या, मोबाईल्स, लॅपटॉप्स आणि इतरही अनेक गोष्टींची मॉडेल्स बदलण्याची फॅशन पसरली; भारतात चंगळवाद बोकाळला.

त्याचबरोबर भारतीय बँकांनीसुद्धा व्याजदर कमी केल्यामुळे हा श्रीमंत मध्यम किंवा उच्च मध्यमवर्ग भराभर टीव्ही, फ्रीज, मोटारगाड्या आणि घरं बँकानी दिलेल्या कर्जावर विकत घ्यायला लागला आणि या सगळ्या चंगळवादी वस्तूंची ही वाढती मागणी पूर्ण करण्याकरता

भारतीय आणि परदेशी उद्योजकांनी कमी व्याजावर पैसा कर्जाऊ घेऊन मोठ्या प्रमाणात उद्योगधंदे वाढवले. एवढं करूनही मागणी वाढली नाही आणि उद्योगधंद्यात वाढ झाली नाही, तर परिस्थिती बिकट होईल हे जाणूनच सरकारनं पाचवा आणि सहावा वेतन आयोग लागू केला. त्याचे दोन परिणाम झाले. एक म्हणजे शिक्षक, प्राध्यापक आणि सरकारी कर्मचारी या मध्यवर्गानं उच्च मध्यमवर्गात प्रवेश केला आणि त्यामुळे ब्युटी पार्लर्स, क्रिकेट, टीव्ही सीरियल्स, मल्टिप्लेक्सस, सिनेमे, पर्यटन, करमणूक, मोटारगाड्या, टीव्ही, फ्रीज, घरं यांसारख्या अनेक गोष्टींची मागणी खूप मोठ्या प्रमाणावर वाढली.

एवढं करूनही प्रगत राष्ट्रातला कॉर्पोरेट्सचा नफा पाहिजे तेवढा वाढला नाही. मग काय करायचं? मग त्यांनी शेअरबाजारात पैसे गुंतवायला सुरुवात केली; आणि या सट्ट्यात त्यांच्या शेअर्सचे जे भाव वाढले, त्यांच्यामुळे मिळणारा नफा हा उत्पादनातून मिळणाऱ्या नफ्यापेक्षा जास्त महत्त्वाचा ठरायला लागला. यालाच 'फायनॅंशियललायझेशन' असं म्हणतात. त्यामुळे सगळ्या कंपन्या आपल्या शेअर्सच्या किंमती कशा वर जातील याकडेच लक्ष द्यायला लागल्या.

कंपनीच्या शेअर्सच्या किंमती वर राहण्यासाठी कंपनीचा नफा वाढवायला पाहिजे; तिचा मार्केट-शेअरही वाढला पाहिजे. यामुळे सगळ्या कंपन्या आपलं उत्पादन सतत कसं वाढवता येईल याकडे लक्ष द्यायला लागल्या. याचं कारण 'आहे तेवढं उत्पादन आणि नफा मला पुरे आहे' असं एखादा उद्योजक म्हणायला लागला तर तो स्पर्धेतून नष्टच होईल, त्याच्या शेअर्सचे भाव कोसळतील. ही अर्थव्यवस्थाच अशी आहे की आपला मार्केट-शेअर कसा वाढेल याकडे लक्ष देण्याशिवाय त्या कंपनीला पर्यायच नसतो.

वाढीव जीडीपी म्हणजेच 'जीडीपी ग्रोथ' हा नवउदारमतवादाचा मंत्र बनला. पण नेमकं यामुळेच प्रचंड विषमता आणि नोकरीतली असुरक्षितता निर्माण झाली हा एक भाग, पण त्याचबरोबर पर्यावरण न्हासाचा मोठा राक्षस उभा राहिला. जीडीपीची वाढ झाली की त्यामुळे सगळ्यांचीच प्रगती होईल अशी 'ट्रिकल-डाऊन' थिएरी सगळ्या नवउदारमतवादी अर्थतज्ज्ञांनी ठासून सगळीकडे सांगायला सुरुवात केली. यालाच 'जीडीपीझम' म्हणतात. पण असं ट्रिकल-डाऊन फारसं झालंच नाही, पर्यावरणाचा प्रश्न मात्र प्रचंड वाढला.

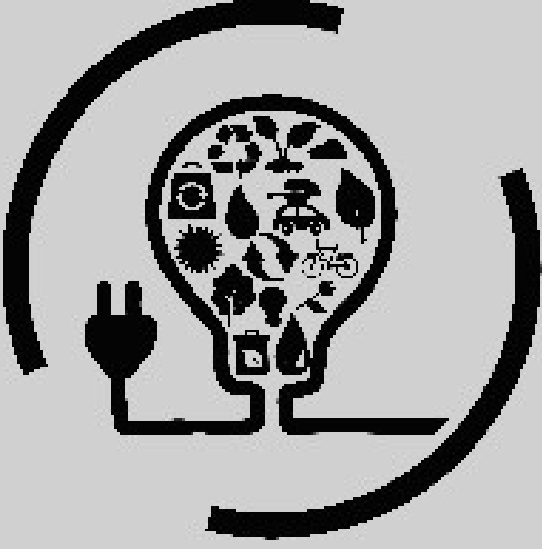
१५ जुलै, २०१३ रोजी वर्ल्ड बँकेनं प्रसिद्ध केलेल्या अहवालात भारताच्या 'जीडीपीझम'वर अप्रत्यक्षपणे टीकाच केली होती. ज्या वर्ल्ड बँकेनं जीडीपी-वाढीलाच 'प्रगती' म्हणून इतकी वर्षं अवास्तव महत्त्व दिलं होतं त्यांनी हे म्हणावं हे विशेष होतं. जीडीपी-वाढीच्या मागे लागून प्रचंड कोळसा जाळणं, लाखो हेक्टर जंगलं कापणं, मोठमोठ्या खाणी खोदणं, सतत धूर ओकणारी वाहनं रस्त्यावरून धावणं, अनावश्यक किंवा वरच्या वर्गाच्या चंगळवादाला पोसणाऱ्या उत्पादनांमुळे पर्यावरणाची नासाडी होणं, या सगळ्या गोष्टी या 'जीडीपीझम'मध्ये येतात. भारतात हवा, पाणी आणि जमीन या तिन्ही गोष्टींचं मोठ्या प्रमाणात प्रदूषण होतंय आणि जागतिकीकरणानंतर वाढलेल्या औद्योगिकीकरणामुळे, अनियंत्रित शहरीकरणामुळे, त्यातील प्रचंड वाढलेल्या वाहनांमुळे,

स्थानिक अर्थव्यवस्थेपासून जागतिक अर्थव्यवस्थेकडे वाटचाल केल्यामुळे प्रचंड प्रमाणात वाहतूक वाढली. शेतीचं उत्पादन वाढवण्यासाठी खतं, कीटकनाशकं आणि रसायनं यांचा जमिनीवर केलेल्या माऱ्यामुळे, तसेच अनिर्बंध औद्योगिकीकरणामुळे कारखान्यांनी शहरात तसेच खेड्यात प्रचंड प्रमाणात घातक आणि विषारी रसायनं आणि प्लॅस्टिक टाकून दिली. त्यामुळे नद्या आणि समुद्र यांचे वेगानं प्रदूषण होतंय. यामुळे माणसं आजारी पडताहेत; शेतीतली आणि माणसांची उत्पादकता घटतेय आणि इतरही अनेक परिणाम होताहेत.

या सगळ्यांमुळे देशाचं होणारं आर्थिक नुकसान प्रचंड आहे. या सगळ्यांना मानवी-जीवनाच्या किमतीचं एक लेबल लावावं लागतंच. उदाहरणार्थ, हवेतल्या प्रदूषणामुळे भारतात दरवर्षी १.१६ लाख लोक मरण पावतात. म्हणजे रोज ३१८ किंवा दर तासाला १३ किंवा दर ४-५ मिनिटाला एक! शिवाय त्यापेक्षा अनेक पट लोक गंभीर आजारांना बळी पडतात आणि त्यामुळे शेकडो कोटी रुपये त्यांच्या आजारपणावर खर्च होतात. त्यांची कुटुंबं उद्ध्वस्त होतातच, शिवाय कामाचे कोट्यवधी तासही वाया जातात. तसंच तोडलेल्या जंगलांची किंवा वाळवंटीकरण झालेल्या शेतजमिनीची वाया गेलेली संपत्ती आणि नष्ट होत चाललेली जैवविविधता असे अनेक परिणाम सतत होत असतात. भारतातल्या बालमृत्यूंपैकी २५% मृत्यू हे स्वच्छ पाणी आणि सॅनिटेशन यांच्या अभावामुळे होतात. ३८% लोकांना शौचालयासाठी उघड्या जागेचा वापर करावा लागतो. भारतातल्या निम्म्या जनतेला प्रदूषित किंवा अस्वच्छ पाणी यांच्यामुळे होणारे रोग आणि मृत्यू यांचा सामना करावा लागतो. त्यांच्यावर खर्च करावाच लागतो. या सगळ्यांची किंमत ही भारताच्या जीडीपीच्या ५.७% आहे असं वर्ल्ड बँकेनं सांगितलंय.

थोडक्यात आपल्याला पर्यावरणाचं अरिष्ट टाळायचं असेल, तर फक्त दर रविवारी मुलांना टेकडीवर जाऊन दोन झाडं लावणं अशा गोष्टी करण्यात काहीच फारसा फरक पडणार नाही. त्यासोबत निओलिबरल अर्थव्यवस्था आणि विचारसरणी आणि त्यामुळेच आपली चंगळवादी झालेली जीवनशैली जर आपण बदलली नाही तर आपण कितीही ठिगळं लावली तरी यावर योग्य उपाय सापडणे जवळपास अशक्यच आहे !





प्रलयंकारी  
जागतिक तापमान  
वाढ रोखणे शक्य आहे!

अनंत फडके

anant.phadke@gmail.com

खनिज इंधनांच्या वापरातून उत्सर्जित होणाऱ्या हरितगृह वायूंमुळेच जागतिक तापमान वाढीचे संकट उभे राहिले आहे. (हरितगृह वायूंमध्ये मुख्यतः कर्बवायू, पण काही प्रमाणात मिथेन, नायट्रस ऑक्साईड इ. सुद्धा त्यात मोडतात. सोयीसाठी आपण सर्वांना कर्बवायू म्हणू.) ऑगस्ट २०२१ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या 'इंटरगव्हर्नमेंटल पॅनेल ऑन क्लायमेट चेंज (आय.पी.सी.सी.)' या अहवालामुळे आता जागतिक तापमान वाढीच्या प्रलयंकारी धोक्यावर शिक्षामोर्तब झाले आहे. औद्योगिक क्रांतीच्या आधी म्हणजे १८५०च्या आधीच्या पृथ्वीवरील सरासरी तापमानाच्या मानाने आजपर्यंत १.१ डिग्रीने तापमान वाढ झाली आहे; ती दोन डिग्रीच्या आत रोखली तरच जागतिक प्रलय टाळणे शक्य आहे. आशेचा किरण हा की शास्त्रीय धोरणे घेऊन तंत्र-वैज्ञानिक प्रगतीच्या मदतीने हे शक्य आहे. पण त्यासाठी २०५० पर्यंत हवेतील नक्त कर्बवायू उत्सर्जन शून्यावर आणण्याचे ध्येय ठेवायला पाहिजे असे विज्ञान सांगते. (हवेत सोडला जाणारा कार्बनडाय-ऑक्साईड (कर्बवायू) वजा हवेतून शोषला जाणारा कर्बवायू म्हणजे 'नक्त कर्बवायू-प्रदूषण'.) हे ध्येय गाठण्यासाठी जगभर उचलाव्या लागणाऱ्या काही धोरणात्मक पावलांची तोंडओळख या पुस्तिकेतील छोट्या लेखांमध्ये करून दिली आहे. ही पावले पुढीलप्रमाणे -

१) दोन डिग्रीच्या आत तापमान वाढ रोखायची तर यापुढे जगातील एकूण कर्ब उत्सर्जन ४०० गिगा टनच्या आत ठेवलेच पाहिजे. या ४०० गिगा टन 'कार्बन-बजेट'मध्ये जगाला भागवायचे आहे. त्यासाठी पहिली गोष्ट म्हणजे काटकसरीने जगले पाहिजे. म्हणजे वस्तूंचा, साधन-संपत्तीचा अनावश्यक वापर, 'वापरा व फेकून द्या' ही संस्कृती आणि जाहिरातबाजीला भुलून होणारा चंगळवाद इ. थांबले पाहिजे. तसेच साधन-संपत्तीची उधळ-माधळ, नासाडी करणारी उत्पादने, प्रक्रिया यांना बंदी घालायला पाहिजे. विकसनशील देशातीलही सर्व जनतेला सन्मानाने जगण्यासाठी निदान किमान राहणीमान गाठण्यासाठी



अजून उत्पादन-वाढ करत असताना काही प्रमाणात कर्ब उत्सर्जन होणार. त्यासाठी विकसित देशांनी अवकाश ठेवायला हवा. मात्र विकसित देशांनी केलेली उधळ-माधळ इ. 'चुका' विकसनशील देशांनी टाळून पर्यायी विकासनीती अंगीकारली पाहिजे. त्यासाठी मोठ्या प्रमाणावर जागृती करायला हवी.

विकसित देशात विशेषतः दुसऱ्या महायुद्धानंतर विकासाच्या नावाखाली शस्त्रास्त्र उद्योग, मत्केदारी अन्न-उद्योग, मोटार-उद्योग, मेडिको इंडस्ट्रियल कॉम्प्लेक्स यांमधील कंपन्यांचा माल खपवणे हे चालू आहे. साधन-संपत्तीचा असा अनावश्यक, वायफट वापर बंद व्हायला हवा. यातील अनेक गोष्टी सामान्य माणसाच्या कक्षेत नाहीत. पण विकासाचे प्रस्थापित मॉडेलच मुळात अनिष्ट आहे हे सामान्य जनतेने लक्षात घेतले पाहिजे. या विनाशकारी विकासनीतीला फाटा देण्यासाठी सामाजिक दबाव निर्माण करायला हवा.

२) दुसरे म्हणजे कोळसा, खनिज तेल इ. खनिज इंधनांपासून ऊर्जा मिळवायचे २०५० पर्यंत बंद करायचे असे ठरवले पाहिजे. कर्बवायू-उत्सर्जन-मुक्त अशा फक्त पवन-ऊर्जा, सौर-ऊर्जा, जल-ऊर्जा या पुनर्जीवी स्रोतांपासून मुख्यतः वीज बनवून विजेमार्फत सर्व कामे करायला हवी. (अणू-विजेचा मुद्दा सध्या बाजूला ठेवू). हे पुनर्जीवी स्रोत मानवाच्या ऊर्जेच्या सर्व गरजा पुरवून उरणारेही आहेत. त्यांच्यावर पूर्णपणे अवलंबून राहण्यात असलेल्या प्रमुख अडचणी अलीकडील तंत्र-वैज्ञानिक प्रगतीमुळे दूर झाल्या आहेत.

पहिली अडचण म्हणजे कोळसा वा खनिज गॅस जाळून वीज करण्यापेक्षा पवन-वीज, सौर-वीज खूपच महाग होती. पण तंत्र-वैज्ञानिक प्रगतीमुळे या पुनर्जीवी विजेचा उत्पादन खर्च आता एक पंचमांश झाल्याने इतर कोणत्याही विजेपेक्षा ही पुनर्जीवी वीज स्वस्त झाली आहे. दुसरी अडचण म्हणजे सूर्य-ऊर्जा १२ तासच असते आणि वाऱ्याचा वेग पडतो तेव्हा त्यापासून वीज मिळत नाही. यावर उपाय म्हणजे जेव्हा पुरेसा सूर्यप्रकाश, वाऱ्याचा पुरेसा वेग असेल तेव्हा वीज बनवून ती बॅटरीमध्ये किंवा अन्य मार्गाने साठवून ठेवायची व नंतर गरजेप्रमाणे वापरायची. बॅटरी-तंत्रज्ञानातील क्रांतीमुळे २०१० ते २०२० या काळात बॅटरीच्या किंमती ८९% घसरल्या. त्यामुळे बॅटरीत वीज साठवून नंतर गरजेनुसार ती वापरणे किफायतशीर झाले आहे. कारखाने, कचेऱ्या, रेल्वे, इ.साठी दिवसा लागणारी वीज थेट पवन वा सौर-ऊर्जा-केंद्रातून मिळवायची व ही पुनर्जीवी वीज उपलब्ध नसलेल्या वेळी बॅटरीमधील वीज वापरायची असे धोरण घ्यायला हवे. कारण बॅटरीत वीज साठवण्यासाठी येणारा खर्च धरूनही पुनर्जीवी वीज आता इतर स्रोतांच्या मानाने स्वस्त पडते!

'सौर-पॅनल'चे आयुष्य तीस वर्षे असते. त्यानंतर रिसायकलिंग करून दुसऱ्या वस्तू बनवता येतात. पण त्याचे आर्थिक गणित नीट बसवायचे आहे. लिथियम-बॅटरीतील लिथियम १००% रिसायकल केले जाते. तरीही लिथियम, कोबाल्ट इ. खनिज पदार्थ पुरेसे मिळवण्यात अडचणी आहेत. त्यांच्या खाणीतील, प्रक्रिया उद्योगातील कामगारांच्या आरोग्याला असणारा धोका हेही प्रश्न आहेत. पवनचक्क्याच्या रिसायकलिंगचे प्रश्न आहेत.

पुनर्जीवी-वीज-प्रकल्पांना लागणारी जमीन निवडताना घातलेले मापदंड काही कंपन्या धुडकावून लावतात. असे निरनिराळे प्रश्न आहेत. पण ते सोडवण्याजोगे आहेत.

पुनर्जीवी वीज उत्पादन वाढवण्यात जगात चांगली प्रगती झाली असली तरी ती अधिक वेगाने करायला हवी. जगात २०१७ मध्ये एकूण वीज-उत्पादनापैकी २५% वीज पुनर्जीवी स्रोतातून मिळाली. हे प्रमाण २०५० पर्यंत ८५% व्हायला हवे. त्या दिशेने जगभर प्रगती होत आहे. अनेक देशात पुरेशा वेगाने प्रगती होत नाहीय तर काही देशांमध्ये खूप चांगला वेग आहे. युरोपमध्ये जर्मनीने तर आशियात चीनने कर्ब-प्रदूषण-मुक्त-ऊर्जा वापरण्याकडे सर्वात जास्त वेगाने प्रगती केली आहे. जर्मनीत २००० ते २०२० या काळात पवन-वीज-क्षमता ६ गिगा वॉटवरून ६२ गिगा वॉट झाली तर सौर-वीज-क्षमता ०.११ टेरा वॉट वरून ५४ टेरा वॉटपर्यंत म्हणजे जवळ जवळ ५०० पट झाली! (एक टेरा वॉट म्हणजे दहा लाख मेगा वॉट) चीनने तर सर्वांच्या वर कडी केली! तिथे याच वीस वर्षात सौर-वीज-क्षमता ०.०३ टेरा वॉटवरून २५४ टेरा वॉटपर्यंत म्हणजे सुमारे ८५०० पट झाली! एकूण जगातील सौर-वीज-क्षमता या काळात ०.६५ टेरा वॉटवरून ७०७ टेरा वॉटपर्यंत म्हणजे सुमारे ११०० पट झाली! ही प्रगती अधिक वेगाने सर्व देशात व्हायला हवी.

३) रस्ता-वाहतुकीमुळे होणारे कर्ब उत्सर्जन वेगाने घटवणे शक्य आहे. त्यासाठी सर्व दुचाकी वाहने, चारचाकी मोटारी, अवजड ट्रक इ. सर्व वाहने इलेक्ट्रिक बॅटरीवर चालवायला हवी. या बॅटऱ्या कर्ब उत्सर्जन-विरहित अशी पुनर्जीवी वीज वापरून चार्ज करायला हव्या. बॅटरीवर चालणाऱ्या वाहनांची किंमत पेट्रोल, डिझेलवर चालणाऱ्या वाहनांपेक्षा खूप जास्त आहे. पण दर किलोमीटरसाठी लागणाऱ्या बॅटरी-विजेचा खर्च पेट्रोल, डिझेलसाठी लागणाऱ्या खर्चाच्या एक चतुर्थांश असतो. त्यामुळे बॅटरी-वाहनावर दहा वर्षात होणारा एकूण खर्च हा दहा वर्षात पेट्रोल, डिझेलवरील वाहन-खर्चापेक्षा कमी ठरतो. त्यामुळे सरकारने बॅटरी-वाहन खरेदीसाठी सुलभ कर्जाची सोय केली तर दरमहा कर्जाचा हप्ता आणि विजेचा खर्च मिळून बॅटरी-वाहनाचा दर महिन्याचा खर्च पेट्रोल-डिझेल वाहनापेक्षा कमी येतो असे अभ्यासकांना आढळले आहे.

४) कमीत कमी ऊर्जेत जास्तीत जास्त काम करून घेणारी म्हणजे कार्यक्षम यंत्रे, उपकरणे, प्रक्रिया यांना प्राधान्य द्यायला हवे. त्यावर अधिक संशोधन व्हायला हवे, म्हणजे एकूण ऊर्जेची गरज आटोक्यात राहायला मदत होईल. पण सुधारित उपकरणे सध्या वापरात असलेल्या उपकरणांपेक्षा अनेकदा महाग असतात. म्हणून सरकारने एवढी मोठी ऑर्डर उत्पादकांना द्यायची की सध्या बाजारात असलेल्या उपकरणाच्या जवळपासच्या किंमतीला नवीन उपकरण विकणे उत्पादकांना परवडेल असे संशोधनावरून आणि ठोस अनुभवावरून लक्षात आले आहे.

५) अर्थव्यवस्थेच्या इतर क्षेत्रात होणारे कर्ब उत्सर्जनही विलयाला नेण्याची दिशा घ्यायला हवी. उद्योग-क्षेत्रात व सेवा क्षेत्रात लागणारी ऊर्जा, तसेच घरे, इतर इमारती

मोसमाप्रमाणे गरम/गार करण्यासाठी लागणारी ऊर्जा वेगाने घटवली पाहिजे. तीच गोष्ट शेती व पशूपालन क्षेत्रात होणाऱ्या कर्ब उत्सर्जनाबाबत. त्यासाठी कोळसाजन्य विजेची जागा कर्ब-उत्सर्जन-मुक्त विजेने घेणे पुरेसे नाही. तर या तिन्ही क्षेत्रात खनिज तेल किंवा गॅसची जागा सुद्धा कर्ब-उत्सर्जन-मुक्त विजेने किंवा पुनर्जीवी विजेपासून बनवलेल्या 'हिरव्या हायड्रोजेन'ने घ्यायला हवी. त्यासाठी तेथील प्रक्रिया, यंत्रे, उपकरणे यात बदल करण्यासाठी संशोधन करावे लागेल; त्यासाठी मोठ्या प्रमाणावर गुंतवणूक करावी लागेल.

६) **जल, जंगल, जमीन** या त्रिकुटाबाबत असे एकात्मिक धोरण घ्यायला हवे की ज्यामुळे हवेतील कर्बवायू शोषून घ्यायची त्यांची घसरलेली क्षमता मोठ्या प्रमाणावर वाढेल.

केवळ नफा हे उद्दिष्ट ठेवून काम करून वरील गोष्टी साधणे शक्य होणार नाही. बिन-नफ्याची कामे मोठ्या प्रमाणावर सरकारतर्फे स्वतः किंवा सबसिडी देऊन करावी लागतील. त्यासाठी अर्थात श्रीमंतांवर पुरेसा कर बसवण्यासाठी मोठ्या प्रमाणावर सामाजिक दबाव निर्माण करावा लागेल. वरील सर्व सुधारणा अविकसित देशांमध्ये करण्यासाठी विकसित देशांनी अविकसित देशांना पुरेशी तांत्रिक व आर्थिक मदत द्यायला हवी.

वरील सर्व उपायांची अगदी थोडक्यात तोंडओळख या पुस्तिकेतील टिपणांमध्ये करून दिली आहे.

जागतिक तापमान वाढीबाबत दुसरा गंभीर मुद्दा म्हणजे या तापमान वाढीचा फटका, मुलेबाळे, तरुण पिढी, पुढच्या पिढ्या व जगातील गरीब, वंचित जनता यांना सर्वात जास्त बसणार आहे. त्यांना न्याय मिळणे अत्यावश्यक आहे. त्याबाबतही एक लेख आहे. या उपायांबाबत संबंधित कंपन्या, सरकारे करत असलेल्या आत्मघातकी चालढकलीच्या विरोधातील पुढील पिढ्यांची आर्त हाक आहे. तिची तोंडओळख करून देणारीही दोन टिपणे आहेत.

जैवविविधतेचा टोकाचा ऱ्हास आणि निरनिराळ्या प्रकारची प्रदूषणे हेही अतिशय गंभीर धोके आहेत. त्यांची तोंडओळख पुढील वर्षीच्या पुस्तिकेत करून देऊ.

◆◆



## सौर, पवन विजेमुळे पर्यावरणीय हानी होते?

डॉ. संजय मंगला गोपाळ  
sansahil@gmail.com

सौर-पवन ऊर्जा ही पर्यावरण-स्नेही नसून पर्यावरण-घातक आहे असे काही जण मांडतात. या आक्षेपांचा थोडक्यात विचार करू.

१) कर्ब उत्सर्जन - 'हे वीज-प्रकल्प उभे करून चालवण्यात अप्रत्यक्ष कर्ब उत्सर्जन होते. ते या वीजप्रकल्पांमुळे वाचणाऱ्या कर्ब-उत्सर्जनापेक्षा जास्त आहे. सौर ऊर्जा प्रकल्पातून निर्माण होणारी वीज ही प्रत्यक्षात सौर ऊर्जा निर्मितीसाठी जी साधनसामग्री लागते ती निर्माण करण्यात खर्च होणाऱ्या विजेपेक्षा कमी असते.'

सौर-पॅनल किंवा पवनचक्की तिच्या पूर्ण आयुष्यात मिळवून देत असलेली ऊर्जा भागिले सौर-पॅनल किंवा पवनचक्की बनवण्यासाठी एकूण खर्च झालेली ऊर्जा या गुणोत्तराला EROI (Energy Return On Investment) असे म्हणतात. त्याबाबतचे अनेक अभ्यास सांगतात की, 'हे गुणोत्तर सौर-पॅनल व पवनचक्कीबाबत अनुक्रमे १० व २१ आहे. म्हणजे सौर-पॅनलच्या तीस वर्षांच्या आयुष्यात त्यातून मिळणाऱ्या ऊर्जेचे प्रमाण सौर-पॅनल बनवण्यासाठी खर्ची पडलेल्या ऊर्जेच्या दसपट असते; पवनचक्कीबाबत हे प्रमाण २१ पट आहे.'

सौर-पॅनल्स बनवताना होणारे प्रदूषण खूप कमी आहे. कर्ब उत्सर्जन मोजण्यासाठी Life Cycle Emission Intensity हे परिमाण वापरतात. सौर ऊर्जा निर्मितीत हे प्रमाण ४० ग्रॅम CO<sub>2</sub>/kWh आहे तर कोळशापासून वीज निर्मितीमध्ये ते १००० ग्रॅम CO<sub>2</sub>/kWh इतके आहे. सौर-पॅनल किंवा पवनचक्की बनवण्यासाठी लागणारी वीज ही पुनर्जीवी असेल तर प्रदूषणाचे प्रमाण अत्यंत कमी असते. युरोपमध्ये हे साध्य झाले आहे. त्यामुळे हा आक्षेप बिन-बुडाचा आहे.

सौर ऊर्जा निर्मितीसाठी लागणारे फोटो वोल्टाईक पॅनल्स बनवण्यासाठी सिलीकॉनचा वापर करताना या क्षेत्रातील कामगारांच्या आरोग्याची हानी होऊ शकते. पण त्यावर उपाय आहे. तो म्हणजे ती कमीत कमी होण्यासाठीची पावले बंधनकारक करणे.

पुनर्जीवी ऊर्जा साधनांच्या निर्मिती प्रक्रिया अधिकाधिक कार्यक्षम (efficient) बनत आहेत. त्यांची दुरुस्तीही निर्धोकपणे करता येते. त्यांचे आयुष्य संपल्यावर त्यांचे रिसायकलिंग करण्यासाठी जास्तीत जास्त कार्यक्षम तंत्रज्ञान विकसित होत आहे.

**२) सौर-वीज-प्रकल्पांसाठी लागणारी जमीन - 'सौर-वीज-प्रकल्पांसाठी खूप जमीन लागते. त्यामुळे शेतीसाठी लागणारी जमीन कमी होते.'**

सौर-वीज-शेती करण्यासाठी दर मेगा वॉट विजेसाठी साधारण ३, ४ एकर, तर हजार घरांना वीज पुरवण्यासाठी सुमारे ३२ एकर जमीन लागते. अमेरिकेची सर्व सौर-वीज गरज भागवण्यासाठी अमेरिकेतील ०.८% जमीन लागेल असे अभ्यास सांगतो. सर्व इमारतींच्या छपरावर उघड्या पाणी साठ्यांवर सौर-पॅनल बसवायचे, उपजाऊ शेत-जमीन वापरायची नाही किंवा शेती व सौर-वीज दोन्ही करायचे इ. गोष्टी केल्या जातात. सौर-वीज-कंपन्यांनी नफ्याच्या लोभापोटी हे टाळले असे होऊ देता कामा नये. पवन ऊर्जेसाठी समुद्र-किनाऱ्यापासून समुद्रात काही किलोमीटरवर पवन-चक्क्या उभारण्याचे तंत्रज्ञान विकसित होत आहे.

**३) पक्ष्यांची हत्या - 'पवनचक्क्यांमुळे पक्षी मोठ्या प्रमाणावर मरतात.'**

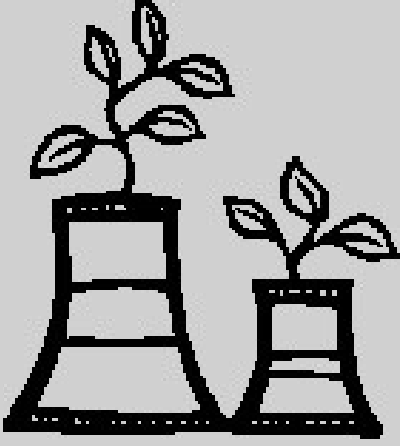
कोणत्याही ऊर्जा-प्रकल्पातून पर्यावरणाची हानी कमी-जास्त होतच असते. प्रश्न त्या त्या ऊर्जा-स्रोतांच्या लाभ-हानीच्या गुणोत्तराचा आहे. पवन-ऊर्जेचे प्रमाण पूर्णत्वाला गेल्यावरही जगातील पवन-चक्क्यांच्या पात्यांचे क्षेत्र हे जगात पक्षी उडण्याचे जे एकूण क्षेत्र आहे त्याचा कितवा भाग होईल? (एक लाखांश भाग सुद्धा नसेल.) पवनचक्क्यांमुळे मरणाऱ्या पक्ष्यांचे एकूण पक्ष्यांशी प्रमाण काय आहे? हे न मांडता पवनचक्क्यांमुळे इतके लाख पक्षी मेले असे मांडणे हा पोकळ आक्षेप आहे. पवनचक्क्या बांधण्यासाठी पक्ष्यांचा कमी वावर असलेली जागा निवडली किंवा अन्य काही पथ्ये पाळली, काही नव्या तंत्राचा उपयोग केला (उदा. पवनचक्कीचे एक पाते रंगवायचे, पक्ष्यांना दूर ठेवणाऱ्या तरंग लहरी पवनचक्कीतून सोडायच्या) तर पवनचक्क्यांमुळे दगावणाऱ्या पक्ष्यांचे प्रमाण ५० ते ९० टक्के घसरते असे संशोधन सांगते.

**४) विषारी लिथियम - 'लिथियम बॅटरीसाठी लागणारे लिथियम अत्यंत विषारी आहे. ते खाणीतून काढताना व त्यावर प्रक्रिया करताना कामगारांच्या आरोग्याला धोका पोचतो.'**

त्यावर उपाय आहे. तो म्हणजे कमीत कमी आरोग्य-हानी होण्यासाठीची पावले बंधनकारक करणे.

एकंदरीत पाहता पारंपरिक ऊर्जा वापराचे दुष्परिणाम इतके पराकोटीचे आहेत की अक्षय ऊर्जा वापरास पर्याय नाही. अक्षय ऊर्जा तुलनेने किती तरी सुरक्षित, स्वच्छ व शाश्वत असल्याचे शास्त्रीय संशोधनातून सिद्ध झाले आहे.





## २०५० सालापर्यंत 'नक्त-शून्य' कर्ब उत्सर्जन

प्रियदर्शिनी कर्वे  
pkarvesamuchit.com

आज माणसांचे दैनंदिन जगणे मुख्यतः खनिज कोळसा जाळून तयार केलेली वीज आणि खनिज तेलावर प्रक्रिया करून तयार केलेली द्रव व वायूरूप इंधने यांच्या वापराशी जोडलेले आहे. खनिज इंधनांच्या वापरातून उत्सर्जित होणाऱ्या हरितगृह वायूंमुळेच जागतिक तापमान वाढीचे संकट उभे राहिले आहे. हरितगृह वायू म्हणजे मुख्यतः कर्बवायू, पण काही प्रमाणात मिथेन, नायट्रस ऑक्साईड इ.ही त्यात मोडतात. सोयीसाठी आपण सर्वांना कर्बवायू म्हणू. आधीच्या टिपणात नमूद केल्याप्रमाणे ऑगस्ट २०२१ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या 'इंटरगव्हर्नमेंटल पॅनल ऑन क्लायमेट चेंज (आयपीसीसी)'च्या सहाव्या अहवालानुसार या शतकाच्या अखेरपर्यंत जागतिक तापमान वाढ जर १.५ अंश सेल्सिअसपर्यंत मर्यादित ठेवण्यासाठी ताबडतोबीने कर्बवायूचे प्रदूषण वेगाने घसरायला हवे; २०५० पर्यंत जगातील 'नक्त-कर्ब-उत्सर्जन' शून्यावर नेले पाहिजे आणि २१०० पर्यंत खनिज इंधनांचा वापर पूर्णपणे थांबायला हवा. 'नक्त-कर्ब-उत्सर्जन' म्हणजे मानवी व्यवहारातून वातावरणात सोडले जाणारे हरितगृह वायू वजा वातावरणातून शोषून घेतलेले हरितगृह वायू. (ते मोजताना अमूक टन कर्बवायू या परिमाणात मोजतात.) ते शून्यावर आणणे म्हणजे 'नक्त-शून्य' कर्ब उत्सर्जन गाठणे. यासाठी दोन आघाड्यांवर मोर्चेबांधणी करायला हवी.

१. वातावरणातील कर्बवायू काढून घेऊन तो साठवण्यासाठी यंत्रणा उभारणे.
२. वीजनिर्मिती, वाहतूक व इतर सर्व व्यवहारांसाठी खनिज इंधनांचा वापर वेगाने घटवणे.

वातावरणातून कर्बवायू अभियांत्रिकी मार्गाने शोषून घेऊन साठवून ठेवण्याच्या तंत्रज्ञानांवर जगभरात संशोधन चालू आहे, पण सध्यातरी हा मार्ग अव्यवहार्य दिसतो. २०५० सालच्या उद्दिष्टांसाठी तरी त्यावर अवलंबून राहणे शक्य नाही. वातावरणातील कर्बवायू काढून घेण्याची नैसर्गिक यंत्रणा म्हणजे प्रकाशसंश्लेषण करणारे सजीव - काही सूक्ष्मजीव

आणि सर्व हरित वनस्पती. त्यामुळे जितक्या उत्सर्जनाची भरपाई करायची आहे तितका कर्बवायू हवेतून काढून घेण्याची क्षमता असलेले हरिती-क्षेत्र (जंगले, कुरणे, शेती इ.) उभारणे हाच सध्यातरी त्यासाठी एकमेव पर्याय आहे.

विकसनशील देशांना अजून काही काळ खनिज इंधनांचा वापर वाढवू देण्याचे सामाजिक न्यायाचे तत्त्व वापरण्यासाठी विकसित देशांनी अतिरिक्त हिरवाई निर्माण करून किंवा त्यासाठी अविकसित देशांना अनुदान देऊन आपल्या स्वतःच्या उत्सर्जनापेक्षाही जास्त कर्बवायू शोषून घेण्याची क्षमता तयार करायला हवी. म्हणजे समन्यायी पद्धतीने जागतिक पातळीवर नक्त-शून्य कर्ब उत्सर्जनाचे उद्दिष्ट गाठता येईल. यासाठी जगभरात शिल्लक राहिलेल्या नैसर्गिक ठेव्याचे जतन करणे आणि शक्य त्या सर्व ठिकाणी स्थानिक नैसर्गिक परिसंस्थांची पुनर्स्थापना करणे अत्यावश्यक आहे.

अर्थात केवळ या मार्गाने 'नक्त-शून्य' कर्ब उत्सर्जनाचे उद्दिष्ट गाठता येणार नाही. प्रत्येक देशाने मुळात उत्सर्जन शक्य तितके कमीत कमी करणे म्हणजेच खनिज ऊर्जास्रोतांचा वापर कमीत कमी करणे हा कळीचा मुद्दा आहे. ही दोन पायऱ्यांची प्रक्रिया आहे.

अ. ऊर्जेची एकूण गरज कमी करणे.

ब. कर्ब उत्सर्जन न करणारे ऊर्जा-स्रोत वापरणे.

आज जगभरात होत असलेला बराचसा ऊर्जावापर अनावश्यक आहे. उदा. कार्यक्षम व सर्वांना परवडेल अशी सार्वजनिक वाहतूक व्यवस्था उपलब्ध असेल तर दैनंदिन दळणवळणासाठी खासगी वाहनांचा वापर कमी होईल व मोठ्या प्रमाणावर पेट्रोलियम इंधनांची बचत होईल. वास्तुरचनेची तत्त्वे वापरून इमारतीतील हवेचे तापमान आरामदायी ठेवलेले असेल तर आवश्यकतेनुसार थंडावा किंवा ऊब मिळवण्यासाठी विजेची गरज खूपच कमी होईल.

अनावश्यक ऊर्जावापर घटवण्यासाठी ऊर्जावापराची कार्यक्षमता (एफिशियन्सी) वाढवणे (कमीत कमी ऊर्जेत जास्तीत जास्त काम साध्य करणे) हा मुख्य पर्याय आहे. पण यामुळे ऊर्जा-वापर कमी होतोच असे नाही. उदा. एलईडी दिवे वापरल्याने विजेची बचत होत असल्याने जास्त रोषणाई केली जाते किंवा गरज नसतानाही दिवे चालू ठेवले जातात. त्यामुळे अधिकांत अधिक कार्यक्षमतेने (एफिशियन्ट) पण आवश्यक तितकाच (सफिशियन्ट) ऊर्जावापर करायला हवा. याला 'सफिशियन्सी' किंवा गरजेपुरताच कार्यक्षम वापर असे म्हणतात. प्रत्येक क्षेत्रात या भूमिकेतून तंत्रज्ञान तसेच धोरणे बदलायला हवीत.

त्याचवेळी जगात अजूनही सुमारे ७५ कोटी लोक विजेशिवाय जगत आहेत आणि २.५ अब्ज लोकांना धुराचा सामना करत स्वयंपाक करावा लागतो आहे. त्यांना सन्मानपूर्ण जगण्यासाठी आवश्यक असलेल्या ऊर्जा-सुविधा वाजवी दरात उपलब्ध होणे हा आधुनिक जगातील मानवी हक्क आहे. त्यामुळे मुख्यतः शहरी भागात होणाऱ्या ऊर्जेच्या उधळपट्टीला

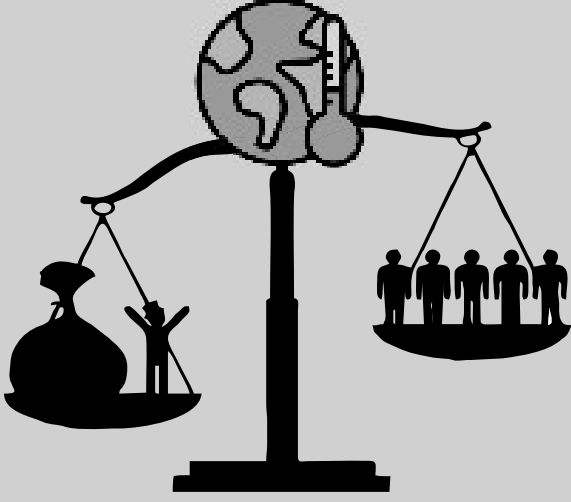
आळा घालून शहरी आणि ग्रामीण भागातील जीवनावश्यक सेवा-सुविधांसाठी ऊर्जेचा खात्रीशीर व वाजवी पुरवठा करण्याला प्राधान्य देणे हे कोणत्याही देशाचे ऊर्जा-धोरण असायला हवे. या मार्गाने सर्वांसाठी ऊर्जा-सेवांची उपलब्धता वाढूनही एकूण ऊर्जा-वापर व पर्यायाने खनिज इंधनांची मागणी कमी होईल व हरितगृह वायूंचे उत्सर्जन आटोक्यात येईल.

ऊर्जेची खरी मागणी कोणत्या स्वरूपात व किती आहे याचे वास्तव चित्र समोर आले की नूतनक्षम ऊर्जास्रोतांद्वारे ही मागणी कशी पुरी करता येईल याचे योग्य नियोजन शक्य होईल. सध्याच्या ऊर्जा-प्रणालीत केवळ वीजनिर्मिती किंवा इंधननिर्मितीचे स्रोत व तंत्रज्ञान बदलून कर्ब उत्सर्जन हद्दपार करता येणार नाही. त्यासाठी नूतनक्षम ऊर्जास्रोतांच्या बलस्थानांना अनुरूप अशी नवी ऊर्जा-प्रणाली उभी करावी लागेल. औष्णिक विद्युतनिर्मितीला पर्यायी अशा सौर, पवन ऊर्जा प्रकल्पांना तुलनेने जास्त जागा लागते. तसेच त्यातून २४ तास, ३६५ दिवस वीज निर्माण होत नसल्याने अधिकाधिक वीज निर्माण करून साठवून ठेवण्यासाठी अतिरिक्त यंत्रणा उभी करावी लागते. जैवकचऱ्यापासून इंधननिर्मितीचा दावा करणाऱ्या मोठ्या प्रकल्पांमध्ये जैवकचरा वाहून नेण्यासाठी मात्र डिझेल-वाहने वापरतात! जैव-इंधन-प्रकल्पातून निर्माण होणाऱ्या इंधनापेक्षा जास्त डिझेल त्यासाठी जाळले गेल्याने सगळेच मुसळ केरात जाते! तेव्हा प्रामुख्याने विकेंद्रित पद्धतीने स्थानिक ऊर्जास्रोत व जैवकचरा वापरून स्थानिक वापरासाठी ऊर्जा-सुविधा उभारली पाहिजे व त्याला पूरक नूतनक्षम ऊर्जास्रोतावर आधारित मोठे वीज व हायड्रोजनसारख्या इंधनांच्या निर्मितीचे प्रकल्प अशी ही नवीन प्रणाली असायला हवी. यासाठी निर्णय प्रक्रियांचे केंद्रीकरण व व्यवसायांमध्ये मत्केदारीला प्रोत्साहन हे आजचे विकासाचे सर्वमान्य प्रारूप नाकारले पाहिजे आणि स्थानिक निर्णयप्रक्रिया आणि अधिकाधिक स्थानिक व्यावसायिकांना प्रोत्साहन देणारे विकेंद्रित विकासाचे प्रारूप अंगीकारले पाहिजे. उदा. वस्तीतील सर्व छतांवर सौरफलकांद्वारे वीजनिर्मिती केली तर जमिनीवरची जागा अडवली न जाता लोकसहभागातून स्थानिक वीजपुरवठा करता येतो. घरातील जैवकचरा घरच्या घरीच जिरवणाऱ्या बायोगॅस संयंत्राद्वारे घरच्या स्वयंपाकासाठी शून्य-कर्ब इंधन मिळवता येते. अशा व्यवस्थांचे नियोजन व व्यवस्थापन हा एक पर्यावरणपूरक व स्थानिक व्यवसाय उभा राहतो.

अनेक विकसित देशांनी २०५० पर्यंत तर आता चीनने २०६० पर्यंत आणि भारताने २०७० पर्यंत 'नक्त-शून्य कर्ब उत्सर्जनाचे उद्दिष्ट जाहीर केले आहे. विकसित देशांनी आजवर खनिज इंधने अनिर्बंधपणे वापरली असल्याने त्याबाबतही अधिक भार त्यांनी उचलायला हवा म्हणजे जागतिक पातळीवर २०५० पर्यंत नक्त-शून्य कर्ब उत्सर्जनाचे उद्दिष्ट समन्यायी मार्गाने साध्य होईल.







## तापमान वाढ रोखण्याचे धोरण आणि सामाजिक न्याय

अतुल देऊळगावकर

atul.deulgaonkar@gmail.com

१९९७ साली क्योटो (जपान) मधील 'जागतिक हवामान परिषदे'त १५० राष्ट्रांमध्ये मंथन होऊन 'क्योटो जाहीरनामा' घोषित करण्यात आला. त्यानुसार २०१२ पर्यंत सर्व देशांनी आपापल्या देशातील कर्बवायूंचे उत्सर्जन कमी करत ते १९९० सालच्या पातळीपर्यंत घटवावे असे ठरले. युरोपीय राष्ट्रांनी ८ टक्क्यांनी, अमेरिकेने ७ टक्क्यांनी, कॅनडाने ६ टक्क्यांनी कर्ब उत्सर्जन कमी करण्याची ग्वाही दिली. पण प्रत्यक्षात १९९० पासून २०१९ पर्यंत जगाच्या कर्ब उत्सर्जनात कपात न होता उलट ६०% वाढ झाली. २००१ साली अमेरिकेच्या अध्यक्षपदी जॉर्ज बुश येताच त्यांनी तर 'क्योटो जाहीरनामा' हा अमेरिकेच्या हिताविरोधात आहे असे सांगून तो झिडकारून टाकला. त्यानंतर इंग्लंड, ऑस्ट्रेलिया, जपान हे देशही अमेरिकेचा कित्ता गिरवू लागले. श्रीमंत राष्ट्रांनी सर्व जागतिक हवामान परिषदांतून ऐतिहासिक प्रदूषणातून (व क्योटो करारातून) मुक्त होण्यासाठी साम, दाम, दंड व भेद अशा सर्व प्रकारच्या खेळी चालू केल्या. अखेरीस २०१५ च्या पॅरिस परिषदेत त्यांना यश आलं. त्या परिषदेत 'कर्ब उत्सर्जन कपातीसाठी प्रत्येक राष्ट्राने स्वतःची उद्दिष्टे ठरवावीत' हे मान्य करण्यात आलं. (त्यामुळे हवामानशास्त्राचे पितामह आणि 'नासा'चे माजी विभागप्रमुख डॉ. जेम्स हान्सेन यांनी ही परिषद एक शुद्ध फसवणूक आहे असे म्हटले होते.) अमेरिकन अध्यक्ष ट्रम्प यांनी पॅरिस करारही धुडकावून लावला! आता बायडेन सरकारने मात्र हा करार पाळायचे मान्य केले आहे.

चुकीच्या पद्धतीच्या औद्योगिकीकरणामुळे कर्ब उत्सर्जन वाढणे चालूच राहिले. क्योटो करारानंतरही ते कमी करण्याबाबतच्या अक्षम्य चालढकलीमुळे जागतिक तापमान आता इ. स. १८५० सालच्या मानाने १% ने वाढले आहे व २०४० पर्यंत ते १.५% ने वाढेल हे आता निश्चित झाले आहे. त्यामुळे गेली काही वर्षे अनुभवाला येत असलेले उष्णतेच्या लाटा, महा-वादळे, अति-पाऊस, अति-थंडी इ. हे निसर्ग-प्रकोप वाढत जाणार हेही निश्चित!

तातडीने, अटीतटीचे प्रयत्न आता केले तरच ही तापमान वाढ २०५० पर्यंत दोन डिग्रीपर्यंत कशीबशी रोखता येईल. नाहीतर २०५० पासून अक्षरशः हाहाकार माजेल. या सगळ्याची सर्वात जास्त किंमत लहान व तरुण वयातील मुले व पुढील पिढ्या यांना द्यावी लागेल. पुढील पिढ्यांना न्याय देण्यासाठी ताबडतोबीने पुरेशी पावले उचलली पाहिजेत हे ग्रेटा थर्नबर्ग इ. नी तीव्रतेने पुढे आणले.

कर्बवायू उत्सर्जन कमी करण्याची जबाबदारी विकसित, अविकसित देशांनी समान पेलायची असे म्हटले तर ते अविकसित देशांना अन्यायकारक आहे. अमेरिकेत सरासरी दरवर्षी दर माणशी १६ टन कर्बवायू उत्सर्जन होते; चीनमध्ये ८ टन, युरोपीय महासंघात ७ टन, भारतात १.६ टन कर्बवायू उत्सर्जन होते. त्यात दरसाल जेमतेम अर्धा टन कर्ब उत्सर्जन करणारे आदिवासी शेतकरी व दरसाल शेकडो टन कर्ब उत्सर्जन करणारे अब्जाधीश यांना एकाच माळेत गोवून ही सरसकट सरासरी निघते. आजपर्यंतच्या जगातील एकूण कर्बवायू उत्सर्जनापैकी २१ टक्के वाटा हा अमेरिकेचा, १८ टक्के युरोपीय महासंघाचा, चीनचा १०.७ टक्के तर भारताचा २.८ टक्के आहे. निरनिराळ्या पायाभूत सुविधा - घरे, शाळा, हॉस्पिटल्स, सर्व प्रकारची वाहतूक व्यवस्था, धरणे, कालवे, विजेचे जाळे, इ. इ. तसेच औद्योगिक क्षमता आणि निदान बहुतांश जनतेसाठी किमान राहणीमान हे अजून विकसनशील देशांना गाठायचे आहे. आतापर्यंतच्या २१०० गिगा टन कर्बवायू-प्रदूषणापैकी ९०% उत्सर्जन विकसित देशांनी करून आपापल्या देशात हे सर्व साधले आहे. त्यामुळे आता प्रत्येक विकसनशील देशानेही आपापले कर्बवायू उत्सर्जन २०५० पर्यंत शून्यावर आणले पाहिजे असे म्हणणे अन्यायकारक आहे. त्यामुळे विकसनशील देशांच्या आग्रहास्तव भविष्यकाळात हवामानाच्या वाटाघाटी करण्यासाठीची विकसनशील देशांना समन्यायी अशी चौकट (फ्रेमवर्क) 'क्योटो परिषदे'त ठरवली. 'सामायिक परंतु भिन्न जबाबदारी' (common but differential responsibilities) या संकल्पनेनुसार राष्ट्रनिहाय कर्ब उत्सर्जन कपातीचं उद्दिष्ट ठेवायचं हे मान्य झालं. त्यासाठी आग्रह धरण्यासाठी जागतिक परिषदेत 'ब्रिक्स (ब्राझील, रशिया, भारत, चीन व दक्षिण आफ्रिका)' कधी 'बेसिक' (ब्राझील, दक्षिण आफ्रिका, भारत व चीन) असे गट स्थापले गेले. 'समुद्राच्या पातळीत वाढ होताच जलसमाधी मिळू शकणाऱ्या छोट्या बेटांनी 'एओसिस' (अलायन्स ऑफ स्मॉल आयलंड स्टेट्स)' गट स्थापला होता. 'धनाढ्य देशांनी गरीब देशांना हवामान बदलासाठी समायोजन करणारे तंत्रज्ञान देणे गरजेचं आहे.' हे मान्य करून श्रीमंत देशांनी २०२० पासून दरवर्षी शंभर अब्ज डॉलरचा 'वसुंधरा निधी' उभारायचा असे करण्याचे ठरले. (मात्र हा निर्णय बराचसा कागदावर राहिला. जो निधी दिला त्यातील ८०% कर्ज व फक्त २०% अनुदान होते.)

१९९२ साली रियो (ब्राझील) येथील जागतिक हवामान विषयक करार परिषदेमध्ये 'जागतिक हवामान बदलासाठी कर्बवायू उत्सर्जन कारणीभूत आहे' यावर सर्व राष्ट्रांनी पहिल्यांदा शिक्कामोर्तब करून 'प्रदूषकांनी भरपाई करावी' हे तत्त्व मान्य केलं. जगातील

प्रदूषणाच्या ३५ टक्के वाटा कोळसा, तेल व वायू उत्पादन करणाऱ्या कंपन्यांचा आहे. 'उत्सर्जन करणाऱ्यांनी भरपाई द्यावी' हा न्याय सर्वत्र लागू करण्यासाठी कर्बवायू उत्सर्जनाची मर्यादा ठरवून त्याचे उल्लंघन करणाऱ्यांना कार्बन कर लावणे ही काळाची गरज आहे. पण आतापर्यंत हे झालेले नाही. ते व्हायला हवे.

मानवी संस्कृतीचा विनाश टाळण्यासाठी ही तापमान वाढ शक्यतो दीड सेंटीग्रेडच्या आत ठेवायला हवी. त्यासाठी पृथ्वीच्या वातावरणातील साचलेल्या कर्बवायूचे प्रमाण सुमारे २५०० (एक गिगा टन म्हणजे १०० कोटी टन)च्या पुढे जाता कामा नये. पैकी २१०० गिगा टन म्हणजे ८६% कर्बवायू आतापर्यंत वातावरणात जमा झाला आहे. मानवी समाजाचा विनाश टाळायचा असेल तर यापुढे कर्बवायू उत्सर्जन जास्तीत जास्त अजून सुमारे ४०० गिगा टन करता येईल त्याच्या वर जाता कामा नये. ही ४०० गिगा टन मर्यादा म्हणजे 'कार्बन-बजेट' आहे. जगाने या बजेटमध्ये भागवले पाहिजे. तसे करायचे तर २०३० पर्यंत जगाचे 'नक्त' कर्बवायू उत्सर्जन अर्ध्यावर व २०५० पर्यंत शून्यावर आणायला हवे. तरच जागतिक तापमान वाढ १.५ डिग्रीपर्यंत रोखणे शक्य आहे असे शास्त्रज्ञांचे म्हणणे आहे. ('नक्त' कर्बवायू उत्सर्जन म्हणजे कर्बवायू उत्सर्जन वजा हवेतून शोषून घेतलेला कर्बवायू). या कार्बन बजेटचे विकसित आणि विकसनशील देशांमध्ये समन्यायी पद्धतीने वाटप व्हायला हवे हेही लक्षात घेतले पाहिजे.

उष्णतेच्या लाटा, महा-वादळे, अति-पाऊस, अति-थंडी इ. हे निसर्ग-प्रकोप तापमान वाढीमुळे वाढत जात आहेत. त्याचा सर्वात जास्त फटका विकसनशील देशांना, विशेषतः त्यातील गरीब आणि निरनिराळे सामाजिक वंचित थर (आपल्याकडे दलित, आदिवासी, भटके, मुस्लिम व जगभर एकल स्त्रिया) यांना बसतो. तसेच विकसित देशात पाश्चात्य देशात काळे, स्थलांतरित समाज, एकल स्त्रिया इ.ना बसतो. अशा निसर्ग-प्रकोपांपासून होणाऱ्या हानीची भरपाई गरिबांना, वचितांना देण्यासाठी जगातील सर्व राष्ट्रांनी मिळून विशेष निधी उभारायला हवा.

एकंदरीत तापमान वाढ रोखत असताना सामाजिक न्यायही साधणे आवश्यक आहे.

◆◆



## कई उत्सर्जनाला लगाम

गिरीश सोहोनी

ggsohani2008@gmail.com

हवेतील कई प्रदूषणाची पातळी कमी करण्यासाठीचा एक अत्यंत महत्वाचा मार्ग म्हणजे हवेतील उत्सर्जित कईवायू काढून घेणे. हे करण्याचे तीन मार्ग आहेत. त्यावर प्रयत्न/संशोधन केले जात आहे. काय आहेत हे तीन मार्ग ?

### १) नैसर्गिक प्रक्रिया

उत्सर्जित कईवायू वातावरणातून काढून घेण्याचा सार्वत्रिक मार्ग म्हणजे तो शोषून घेण्याची निसर्गातील जैविक प्रक्रिया मजबूत करणे. वनस्पतीची वाढ होताना मोठ्या प्रमाणात वातावरणातील कईवायू व पाणी, जमिनीतील क्षार व सूर्यप्रकाशातील ऊर्जा यांचा संयोग होतो. निरनिराळ्या स्वरूपाचा जैवभार, उदा. लाकूड/लाकूडजन्य पेशींची निर्मिती होते. वातावरणातून वापरला गेलेला कईवायू या मार्गाने वनस्पतींमध्ये जखडून ठेवला जातो. (असे लाकूड जर जाळले गेले तर मात्र तो कईवायू परत वातावरणात सोडला जातो). याचप्रमाणे मातीतील जैविक प्रक्रियांद्वारे देखील मोठ्या प्रमाणात निरनिराळ्या पेशींची निर्मिती होते व या स्वरूपात देखील वातावरणातील कईवायू जमिनीत जखडून ठेवला जातो. याच प्रकारे समुद्रामध्ये होणारे जलशैवाल यांची निर्मिती देखील त्यांच्या पेशींद्वारे वातावरणातील कईवायू जखडून ठेवण्याचे काम करते.

अशा तऱ्हेने जंगलाची वाढ करणे, मातीतील जैविक प्रक्रियांचे संवर्धन (संरक्षण + वर्धन) व समुद्रामधील जलशैवालची शेती हे हवेतील कईवायू शोषून घेण्याचे प्रभावी, नैसर्गिक मार्ग आहेत. या मार्गांचे तीन प्रमुख फायदे आहेत-

अ. निसर्गातील अनेक परिस्थितीत तावून सुलाखून निघालेले मार्ग असल्यामुळे ते राबवणे परिचित व सोपे आहे.

ब. मोठ्या प्रमाणावर मातीतील जिवाणूंच्या जैविक प्रक्रिया वाढविण्यामुळे मातीचा पोत व कस सुधारून अन्नधान्य उत्पादनासाठी मातीची पोषकता वाढीस लागेल.

क. मोठ्या प्रमाणात वृक्ष/वनोपज/जलशैवालच्या निर्मितीतून एका जैविक संसाधन रचनेची पायाभरणी होईल. त्याद्वारे सध्याच्या जीवाश्माधारित अर्थव्यवस्थेपासून (Fossil based economy) एका जैविक अर्थव्यवस्थेकडील (Bioeconomy) स्थित्यंतर सुकर होईल. शाश्वत विकासनीती साधण्यासाठी अशा तऱ्हेने जैविक अर्थव्यवस्थेच्या दिशेने प्रवास करणे आवश्यक आहे.

अशा नैसर्गिक प्रक्रियांशिवाय संशोधक पुढील दोन मार्गांवर संशोधन करित आहेत.

## २) टाकाऊ जैविक घटकांचे परिवर्तन (Waste Biomass Conversion)

मानवी व्यवहारांमधून उपयोगी निर्मितीसोबत टाकाऊ मालाची निर्मिती होतच असते. असा टाकाऊ माल हा नैसर्गिक प्रक्रियाद्वारे विखुरला/कुजविला जातो. या प्रक्रियेतूनही कर्बवायू व मिथेनसारख्या इतर हरितवायूंची निर्मिती होते. उदा. शेतीतील उत्पादनानंतर राहिलेले पिकांचे अवशेष जाळले अथवा कुजविले जातात. यातून कर्बवायू अथवा मिथेन तयार होतात. हे होऊ न देता अशा टाकाऊ मालापासून जैविक कोळसा (लळे-लहरी), बायोगॅस, द्रव इंधन इत्यादींची निर्मिती करणे शक्य आहे. त्याद्वारे टाकाऊ मालामुळे होणारी कर्ब उत्सर्जनातील वाढ रोखता येईल.

अशा पद्धतीतून होणारा एक विशेष फायदा असाही आहे की टाकाऊ मालावर आधारित आर्थिक उद्योगांच्या वाढीतून एका चक्रीय अर्थव्यवस्थेला (Circular Economy) चालना मिळेल व शाश्वत विकासनीतीकडे वाटचाल करण्यास मदत होईल. ही संकल्पना सोबतच्या चौकटीत मांडली आहे.

## ३) वातावरणातून कर्बवायूचे अभियांत्रिकी पद्धतीने शोषून साठवणे (Direct - Air Capture )

हा तिसरा मार्ग आज बाल्यावस्थेत आहे. हवेतील उत्सर्जित कर्बवायू काही अभियांत्रिक पद्धती वापरून शोषून घेऊन तो वायू द्रव स्वरूपात रूपांतरित करून विविक्षित ठिकाणी नळ्यांमधून वाहून न्यायचा. तेथे जमिनीखाली खोलवर तो साठवायचा अशी ही पद्धत. हे तंत्रज्ञान बाल्यावस्थेत आहे. 'या कामासाठी किती ऊर्जा लागेल?', 'कर्ब उत्सर्जनाशिवाय ही ऊर्जा मिळविता येईल?' 'साठवणूक केलेला वायू निसटून परत वातावरणात येऊ शकेल?' इत्यादी अनेक अनुत्तरित प्रश्न सोडवावे लागतील. तोवर त्याकडे केवळ एक संभाव्य मार्ग म्हणूनच पाहता येईल.

एकंदर विचार करता निदान २०५० सालापर्यंत कर्ब प्रदूषण हे 'नक्त-शून्य' करण्याचे उद्दिष्ट नक्की साधले पाहिजे. त्यासाठी दुसरा महत्त्वाचा उपाय म्हणजे पुढील दिशांनी झटणे -

- फार मोठ्या प्रमाणावर कुरणे, झाड-झाडोरा, वृक्ष लागवड व त्यांचे जतन
- मातीचे जैविक संवर्धन
- सागरातील जलशैवाल (Sea weed) उत्पादन
- टाकाऊ मालांपासून विविध उत्पादने साधणारी चक्रीय अर्थव्यवस्था

वरील मार्गाचा अवलंब करून नक्त कर्ब उत्सर्जन कमी करता येईल. तसेच तिसरा महत्त्वाचा उपायही त्याच्या जोडीला अंगीकारला पाहिजे. तो म्हणजे - आपणा सर्वांच्या जीवन पद्धतीत सुयोग्य बदलही करायला हवा.

### चक्रीय अर्थव्यवस्था

बहुतेक मानवी उत्पादन व्यवहार हे सध्या एक-दिशीय आहेत : उत्पादनाचे उद्दिष्ट ठरवलेले असते. असा उत्पादित माल तयार करण्यासाठी कच्चा माल वापरला जातो, ऊर्जा वापरून त्यावर प्रक्रिया केली जाते. त्यातून वापरणाऱ्या उपयोगी माल व निरुपयोगी टाकाऊ माल तयार होतो. त्याचप्रमाणे निचरा झालेली व वापरलेली ऊर्जा उष्णतेच्या रूपात वातावरणात सोडली जाते. ही संपूर्णपणे एक-दिशीय साखळी असते व त्यातून ऊर्जेचा उष्णतारूपी निचरा व वापरलेला टाकाऊ माल निर्माण होणे हे अपरिहार्य आहे. आजची उद्योग व्यवस्था प्रामुख्याने या प्रकारची आहे .

‘टाकाऊ’ मालाचा व निचरा झालेल्या उष्णतेचा पुनर्वापर करून इतर उपयोगी मालाची निर्मिती करायची या दुसऱ्या फेरीत तयार होणाऱ्या ‘टाकाऊ’ मालाचा पुनः फेरवापर करायचा. असे करत सरते शेवटी त्यांचा मूळ उत्पादन प्रक्रियेत फेर उपयोग. . अशी एक चक्रीय उत्पादन-साखळी बनविणे शक्य आहे. अशा पद्धतीतून ‘टाकाऊ’ मालाचा पुनर्वापर होत राहिल व केवळ साचून राहणाऱ्या टाकाऊ मालाचे उच्चाटन होईल. या चक्रीय उत्पादन साखळीतून अनेक नवीन उत्पादने करणे शक्य होईल. तसेच अशा चक्रीय उत्पादन शृंखलेमुळे पर्यावरणावरील घातक परिणाम आटोक्यात येतील; एक चक्रीय अर्थव्यवस्था निर्माण होऊ शकेल. उदा. -

“खाणकामातून खनिजे>> त्यातून धातू निर्मिती >> त्यातून धातूच्या वस्तू” असा सध्या प्रवास आहे. त्याऐवजी असे चक्र सुरू होईल- “वापरलेल्या धातूच्या वस्तूंचे विघटन >> त्यातून धातूचा फेर वापर>> त्यातून नवीन धातूच्या वस्तूंची निर्मिती” अशा चक्रीय प्रवासामुळे खाणकाम आटोक्यात ठेवता येईल; किंवा,

“खतांचा वापर >> त्यातून शेतीमाल उत्पादन >> त्यातून टाकाऊ काडी-कचऱ्याचे ज्वलन” या एक-रेशीय प्रवासाऐवजी असा प्रवास होईल- “टाकाऊ मालाचे जैविक विघटन >> त्यातून जैविक ऊर्जेची निर्मिती >> त्यातून जैविक खतांची निर्मिती व वापर” असा चक्रीय प्रवास होईल. अशा मार्गाने रासायनिक खतांचा वापर न करता शेतीमालाचे उत्पादन अबाधित राहिल व वापरणाऱ्या पुनर्निर्मित ऊर्जा देखील मिळेल.

अशा तऱ्हेने पुनर्वापर व पुनर्प्रक्रिया याद्वारे एक चक्रीय शाश्वत अर्थव्यवस्था उभी राहू शकेल. यासाठी सुयोग्य नियोजन व सुयोग्य तंत्रज्ञानाचा वापर करणे गरजेचे आहे.





# अमेरिकेत कर्बवायू उत्सर्जन २०३५ पर्यंत निम्म्यावर आणण्याचा मार्ग

अमोल फडके

amolph@gmail.com

जागतिक तापमान वाढीचे अति-विनाशकारी संकट आ वासून उभे असताना थोडा आशेचा किरण म्हणजे सध्याच्या आर्थिक-सामाजिक चौकटीच्या मर्यादा सांभाळून काही तंत्र-वैज्ञानिक पर्याय वापरून जागतिक तापमान वाढ रोखण्याचे प्रयत्नही चालू आहेत. अमेरिकेबाबत झालेल्या ठोस संशोधनातून पुढे आलेले असे दोन महत्त्वाचे तंत्र-वैज्ञानिक उपाय समजावून घेऊया.

१) जागतिक तापमान वाढ २ डिग्रीच्या आत व शक्यतो १.५ डिग्रीच्या आत मर्यादित ठेवण्यासाठी २०५० पर्यंत हवेतील 'नक्त' कर्बवायू उत्सर्जन शून्यावर आणले पाहिजे असे विज्ञान सांगते. त्या दिशेने जाण्याच्या दृष्टीने याबाबत चांगली बातमी म्हणजे आधीच्या टिपणात म्हटल्याप्रमाणे सर्व वीज पुनर्जीवी स्रोतांपासून मिळवायची, सर्व वाहतूक बॅटरीवर करायची हे करणे शक्य आणि परवडणारे आहे. ते किती वेगाने व नेमके कसे करायचे हे ठोस अभ्यासाच्या आधारे ठरवायला हवे. अमेरिकेबाबत अलीकडे केलेल्या अभ्यासात काय आढळले?

अमेरिकेतील वर्षातल्या ३६५ दिवसातील प्रत्येक तासाला याप्रमाणे येत्या तीस वर्षात किती वीज लागेल तसेच निरनिराळ्या मोसमात पुनर्जीवी स्रोतांपासून किती वीज उपलब्ध होऊ शकते याचे तासांगणिक कोष्टक मांडले. तेव्हा आढळले की विजेची वाढीव गरज भागवण्यासाठी नवे कोळसा किंवा गॅस वीज प्रकल्प न उभारता उलट सध्याचे कोळसा-वीज प्रकल्प २०३० पर्यंत 'रिटायर' करून त्याऐवजी पुनर्जीवी स्रोतांपासून वीज बनवण्याचे पुरेसे प्रकल्प उभारले पाहिजेत. असे केल्यावर विजेची बहुतांश गरज पुनर्जीवी स्रोतांपासून भागवता येईल. त्यासाठी सौर-पवन-ऊर्जा उपलब्ध असताना पुनर्जीवी वीज-प्रकल्पांची वीज वापरायची; शिवाय पुनर्जीवी वीज-प्रकल्पातून जादा वीज बनवून मोठ-मोठ्या बॅटऱ्यांमध्ये साठवून ठेवायची आणि रात्रीच्या वेळी वारा पडला असताना बॅटरी-वीज वापरायची. हे सर्व

गणित जमवणे शक्य आहे असे या अभ्यासात आढळले. हे सर्व करूनही पुनर्जीवी वीज कधीकधी कमी पडेल. फक्त त्यावेळेपुरते गॅस-वीज प्रकल्प किंवा अणू-वीज-प्रकल्प वापरायचे असे नियोजन केल्यास २०३५ पर्यंत अमेरिकेतील एकूण वीज-उत्पादनापैकी पुनर्जीवी विजेचा वाटा ९०% पर्यंत वाढवता येईल; हे सर्व वीज-प्रकल्प मिळून ३६५ दिवस २४ तास पुरेशी वीज मिळू शकेल; त्यासाठी विजेचा दर वाढवावा लागणार नाही.

जर गॅस/अणू-वीज-प्रकल्प अजिबातच न वापरता १००% वीज पुनर्जीवी स्रोतांमार्फत त्याच दरात मिळवायची असेल तर त्यासाठी काही तांत्रिक, आर्थिक अडथळे ओलांडावे लागतील. तोपर्यंत निश्चित म्हणता येईल की २०३५ पर्यंत अमेरिकेतील सर्व वीज-उत्पादन ९०% कर्ब उत्सर्जन-मुक्त नक्की करता येईल (अमेरिकेतील एकूण कर्ब-उत्सर्जनात वीज-प्रकल्पांचा वाटा २५% आहे.). तसेच पुनर्जीवी वीज प्रकल्प आणि चार्जिंग स्टेशन्स इ. उभारण्यासाठी दरवर्षी ५ लाख नक्त नवे रोजगारही निर्माण होतील. त्यासाठीच्या पवन-चकक्या, सौर-पॅनल्स इ.चे उत्पादन करताना कर्ब उत्सर्जन होईल पण ते तुलनेने कमी असेल. हे धोरण घ्यायचे बायडेन सरकारने ठरवले आहे. त्यामागे या अभ्यासाचा आधार आहे.

२) अमेरिकेतील कर्ब-उत्सर्जनाचा दुसरा सर्वात महत्वाचा स्रोत म्हणजे वाहतूक. एकूण कर्ब-उत्सर्जनात त्याचा वाटा २९% आहे. तिथे एकूण कर्ब उत्सर्जनात त्याचा वाटा २९% आहे. त्याबाबतची चांगली बातमी म्हणजे सर्व रस्ता-वाहतूक म्हणजे सर्व दुचाकी वाहने, चारचाकी मोटारी, अवजड ट्रक इ. अशी वाहने बॅटरीवर चालवणे आता आर्थिकदृष्ट्या परवडणे शक्य आहे. बॅटरीवर चालणाऱ्या वाहनांची किंमत पेट्रोल, डिझेलवर चालणाऱ्या वाहनांपेक्षा आज खूप जास्त आहे. पण आधीच्या टिपणात म्हटल्याप्रमाणे दर किलोमीटरसाठी लागणाऱ्या बॅटरी-विजेचा खर्च पेट्रोल, डिझेलसाठी लागणाऱ्या खर्चाच्या एक चतुर्थांश असतो. त्यामुळे बॅटरी-वाहनावर दहा वर्षात होणारा एकूण खर्च हा दहा वर्षात पेट्रोल, डिझेलवरील वाहनांवरील खर्चापेक्षा कमी ठरेल. त्यामुळे सरकारने बॅटरी-वाहन खरेदीसाठी सुलभ कर्जाची सोय केली तर लोक असे कर्ज काढून बॅटरी-वाहने खरेदी करतील कारण दरमहा कर्जाचा हप्ता आणि दरमहा विजेचा खर्च मिळून बॅटरी-वाहनाचा दरमहा खर्च पेट्रोल-डिझेल वाहनापेक्षा कमी येईल असे संशोधन सांगते.

या पार्श्वभूमीवर अमेरिकेतील सर्व प्रकारची रस्ता-वाहतूक बॅटरीवर चालणाऱ्या वाहनांनी केल्यास किती वीज लागेल याचा अभ्यास केला. त्यात आढळले की कर्ब उत्सर्जन न करता ही सर्व वीज मिळेल व परवडेल. २०३० पासून सर्व मध्यम व मोठी नवी वाहने तर २०३५ पासून सर्व छोटी नवी वाहने इलेक्ट्रिक करता येतील. अमेरिकेत रस्ता-वाहतुकीने होणारे कर्बवायू उत्सर्जन २०३५ पर्यंत ९०% ने कमी करणे शक्य आणि परवडणारे आहे. त्यामुळे बायडेन सरकारने हाही उपाय योजायचे जाहीर केले आहे. हे प्रत्यक्षात झाले तर त्यामुळे अमेरिकेतील एकूण कर्बवायू उत्सर्जन २०३५ पर्यंत ५०% ने घटेल. अमेरिका हे जगातील सर्वात जास्त कर्बवायू उत्सर्जन करणारे असल्याने जागतिक तापमान वाढ



रोखण्यासाठी त्याची मोठी मदत होईल. कर्ब उत्सर्जन टाळल्यामुळे वर्षाला ३५०० अकाली मृत्यू टळतील व आरोग्य सेवेसाठीचे दरवर्षी हजारो कोटी डॉलर्स वाचतील. अमेरिकेत २७ कोटी चारचाकी गाड्या आहेत (चीनमध्ये २९ कोटी). चारचाकी वाहनांमुळे जगात सर्वात जास्त कर्ब उत्सर्जन अमेरिकेत होते. हे सर्व लक्षात घेतले तर याही अभ्यासाचे महत्त्व लक्षात येईल. संशोधन असेही सांगते की मोठ्या बॅटऱ्या असलेल्या कार रेल्वे-इंजिन्सना जोडून अमेरिकेतील सर्व रेल्वे-वाहतुकीचे विद्युतीकरण करणे आता शक्य आणि परवडणारे आहे. शिवाय तातडीच्या प्रसंगी (उदा. प्रदीर्घ, कडाक्याच्या थंडीमुळे विजेची गरज काही भागात बरेच दिवस प्रचंड वाढणे) गरज असेल तिथे या रेल्वे-इंजिन्सला जोडलेल्या बॅटरीयुक्त कार पाठवून तिथे वीज पुरवठा करता येईल.

**वाहतूक-क्षेत्र, औद्योगिक-क्षेत्र, कचेऱ्या/घरे थंड वा गरम करताना लागणारी ऊर्जा, शेती, कुक्कुटपालन या सर्व क्षेत्रातही जिथे जिथे कोळसाजन्य वीज वापरली जाते तिथे तिथे त्याऐवजी पुनर्जीवी वीज वापरता येईल. काही औद्योगिक प्रक्रियेत थेट ज्वलनशील पदार्थ जाळून उष्णता मिळवण्याची पद्धत आहे. पण पुनर्जीवी ऊर्जेपासूनची वीज बनवून त्या विजेपासून उष्णता मिळवणे हे आता किफायतशीर होऊ लागले आहे.**

पोलाद निर्मितीमध्ये कोळशाच्या भुकटीचा वापर इंधन म्हणून नव्हे तर एक रसायन म्हणून केला जाऊन त्याचे कर्ब वायूमध्ये रूपांतर होते. त्यामुळे पोलाद कारखाने हे कर्ब उत्सर्जनाचा एक महत्त्वाचा स्रोत राहिला आहे. कर्ब प्रदूषण न करता पोलाद (हिरवे स्टील) निर्मितीची पद्धत नुकतीच विकसित झाली आहे. तिचा सर्व पोलाद उद्योगात वापर करायला हवा.

असे निरनिराळे मार्ग वापरून तसेच यासोबत अकार्यक्षम यंत्रे, प्रक्रिया यांना फाटा देऊन, वस्तूंचा, सेवांचा अनावश्यक वापर टाळून अमेरिकेत नक्त-शून्य कर्ब उत्सर्जन हे ध्येय २०५० च्या आधीही साधता येईल. त्याबाबत ठोस अभ्यास व्हायला हवा. तसेच अशी धोरणे घेण्यासाठी जनमताचा मोठा दबाव हवा.





भारतातही कर्ब उत्सर्जन  
वेगाने घटवणे  
शक्य आहे!

अमोल फडके  
amolph@gmail.com

वीज निर्मिती व रस्ता-वाहतूक यातून होणारे कर्बवायू उत्सर्जन घटवण्यासाठी पुनर्जीवी विजेचा वापर वेगाने वाढत्या प्रमाणात करण्याचे धोरण अमेरिकन सरकारने घेतले आहे. त्यासाठी अमेरिकेत २०३५ पर्यंत सर्व रस्ता वाहतूक व सर्व वीज-उत्पादन पुनर्जीवी स्रोतांवर अवलंबून असेल असे ध्येय जाहीर केले आहे हे आपण बघितले. भारतातही या दिशेने जाणे शक्य आहे. त्यासाठी लागणारी पुनर्जीवी ऊर्जा पुरेशा प्रमाणात उपलब्ध आहे व त्यापासून बनवलेली वीज इतर स्रोतांपेक्षा स्वस्त आहे असे संशोधन सांगते. त्यामुळे भारतानेही पुनर्जीवी वीज-प्रकल्प प्राधान्याने वाढवायचे ठरवले आहे. २०१० मध्ये भारतात पुनर्जीवी स्रोतांपासून मिळणाऱ्या ऊर्जेचे प्रमाण फक्त ५% होते. ही वीज आता सर्वात स्वस्त झाल्याने त्याचे प्रमाण वाढत आहे. नीट नियोजन केले तर २०३० पर्यंत हे प्रमाण ३०% होऊ शकेल आणि या विजेची किंमत अशीच घसरत गेली तर हे प्रमाण २०३० पर्यंत ५०% पर्यंत सुद्धा नेता येईल असे एक संशोधन सांगते. त्या दिशेने पावले पडायला लागली आहेत. उदा. विशेषतः सौर-विजेची किंमत घसरत गेल्यामुळे सौर-वीज प्रकल्पांची क्षमता भारतात मार्च २०१४ ते जुलै २०१९ या पाच वर्षांतच ११ पट झाली! २०१० मध्ये एकूण पुनर्जीवी विजेचे प्रमाण केवळ ५% होते ते २०२० मध्ये १२% झाले. २००० साली भारतात सौर-ऊर्जा वीज-प्रकल्पांची एकूण क्षमता एक गिगा वॉट होती ती २०२० पर्यंत ३९ गिगा वॉट झाली. २०३० पर्यंत ती ४५० गिगा वॉट होईल असे सरकारने जाहीर केले आहे. ही खूपच मोठी मजल होईल. पण कर्ब-उत्सर्जन-मुक्त विजेबाबत महत्त्वाकांक्षी उद्दिष्टे गाठणे आर्थिकदृष्ट्या किफायतशीर झाले आहे. प्रश्न नियोजनबद्ध वाटचाल करण्याचा, पुरेसे भांडवल उपलब्ध करण्याचा आहे. तसेच या बदलाच्या विरोधात असणाऱ्या कोळसा-वीज उद्योगातील हितसंबंधांचा पाडाव करण्याचा व कामगारांना पर्यायी, चांगले काम देण्याचा आहे.

भारतात सर्व जनतेला किमान चांगले, आधुनिक राहणीमान गाठायला विकासाच्या

मार्गावर अजून बरीच मजल मारायची आहे. त्यामुळे भारताची ऊर्जा गरज वेगाने अनेक दशके वाढत जाणार आहे. २४ तास, ३६५ दिवस भारतात ऊर्जेची गरज वेगवेगळ्या कामासाठी कशी कमी-जास्त असेल व आर्थिक विकासासोबत ती कशी वाढत जाईल याचा अभ्यास सुरू आहे. नवीन पुनर्जीवी वीज-प्रकल्प उभारून त्याची वीज या सर्व दिवसात कितपत पुरी पडेल व इतर मार्गाने ही गरज कशी भागवता येईल याचा स्थूल अभ्यास झाला आहे. त्यातून दिसते की भारतात २०७० पर्यंत नक्त-शून्य कर्ब उत्सर्जनाचे ध्येय गाठता येईल.

भारतातील रस्ता-वाहतुकीमुळे होणारे कर्ब उत्सर्जनही वेगाने कमी करता येईल. भारतातील रस्ता-वाहतुकीची दोन वैशिष्ट्ये आहेत. एक म्हणजे भारतात कर्ब प्रदूषणात खाजगी मोटारीपेक्षा ट्रक, बसेस यांचा वाटा तुलनेने मोठा आहे. तसेच ट्रक, बसेस २४ तासातील १६ ते २० तास वापरली जात असल्याने, त्यातून आर्थिक कमाई होत असल्याने ही वाहने खरेदी करण्यासाठी दिलेली कर्जे लवकर फेडता येतात. त्यामुळे त्यांच्यासाठी स्वस्तात कर्जे देणे अर्थव्यवस्थेच्या दृष्टीने किफायतशीर पडते. या उलट खासगी मोटारी २४ तासात सरासरी दोन-तीन तासच वापरली जातात. भारताचे दुसरे वैशिष्ट्य म्हणजे रस्ता-वाहतुकीसाठी लागणाऱ्या खनिज तेलापैकी ८०% आयात केले जाते. २०१९ मध्ये ९ लाख कोटी रु. (!!!) परकीय चलन खर्च झाले. अधिकाधिक रस्ता-वाहतूक बॅटरीवर करून अधिकाधिक परकीय चलनही वाचवता येईल.

वीज उत्पादन व रस्ता-वाहतूक यातील कर्ब उत्सर्जन वेगाने कमी करण्यासोबत उद्योग व सेवा क्षेत्रात वापरली जाणारी यंत्रे, उपकरणे यांची कार्यक्षमता वाढवणे (तेवढ्याच विजेत जास्त काम करणे) हेही केले पाहिजे. त्यासाठी विकसित देशांकडून तंत्रज्ञान व भांडवल मोठ्या प्रमाणावर मोफत किंवा निदान परवडणाऱ्या किंमतीत मिळाले पाहिजे. दुसरे म्हणजे कमी वीज वापरणारे अधिक कार्यक्षम उपकरणे वा तंत्रज्ञान मोठ्या, विस्तृत प्रमाणावर वापरण्याचे धोरण घेतले तर ते ग्राहकांना परवडणाऱ्या किंमतीत विकणे उत्पादकांना परवडते. या धोरणाचा भारतात पहिला यशस्वी प्रयोग एल.ई.डी. बल्बबाबत झाला-

एल.ई.डी. बल्बमुळे कमी वॉटमध्ये तेवढाच प्रकाश मिळतो. पण सुरुवातीला एल.ई.डी. बल्बची किंमत तुलनेने खूप जास्त होती. त्यावर उपाय म्हणून भारतात सरकारने 'एनर्जी एफिशियन्सी कॉर्पोरेशन लिमिटेड (इ.इ.सी.एल.)' अशी सरकारी कंपनी स्थापन केली. तिने एल.ई.डी. बल्बच्या उत्पादकांना एवढी मोठी ऑर्डर दिली की त्यांना एल.ई.डी. बल्बची किंमत ७५% नी कमी करणे परवडू लागले! फेब्रुवारी २०१४ मध्ये एल.ई.डी. बल्बची किंमत ३१० रु. होती. पण इ.इ.सी.एल.च्या अवाढव्य घाऊक खरेदीमुळे ग्राहकांना हा बल्ब ६५ रु. ला (कर वेगळे) मिळू लागला. किंमत इतकी कमी झाल्याने व शिवाय वीज बिल वाचते म्हणून लोकांनी हे बल्ब मोठ्या प्रमाणावर खरेदी केले. २०१३ ते २०१८ या पाचच वर्षात या दिव्यांची विक्री ५० लाखांहून ६७ कोटी पर्यंत पोचली! इ.इ.सी.एल.ला तोटा झाला नाही कारण मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन झाल्याने या बल्बची उत्पादन-किंमत कमी

झाली. या अनुभवाच्या आधारे ग्रामीण जनतेला दहा रुपयात हा बल्ब उपलब्ध करण्याची 'उजाला' योजना पुढे येत आहे.

सीलिंग फॅन साठीही अशी योजना बनवली आहे. सुपर-एफिशिअंट पंखे ३० ते ५० टक्के वीज वाचवतात. मात्र त्यांची किंमत दीड पट आहे. मोठ्या प्रमाणावर सरकारी कंपनीने ते उत्पादकांकडून विकत घेऊन ग्राहकांना परवडणाऱ्या किंमतीला विकण्याची नवी योजना आहे. अशी योजना रेफ्रिजरेटर व एअर-कंडिशनर बाबत वेगळ्या पद्धतीने आणली तर खूप मोठ्या प्रमाणावर वीज वाचेल असे संशोधन सांगते. उदाहरणार्थ घरांमध्ये वापरले जाणारे एअर-कंडिशनर्स एलईडी बल्बच्या पन्नास पट वीज खातात. भारतात सध्या सुमारे १०% घरांमध्ये एअर-कंडिशनर्स आहेत. पण आर्थिक विकासासोबत हे प्रमाण वेगाने वाढते असे इतर देशांच्या अनुभवांवरून दिसते. उदा. चीनमध्ये शहरांमध्ये १००% घरांमध्ये एअर-कंडिशनर्स आहेत. त्यामुळे आजच्या पेक्षा ४०% कमी वीज वापरणाऱ्या सुधारित एअर-कंडिशनर्स साठी सरकारने एलईडी-बल्ब सारखी योजना राबवली तर विजेची प्रचंड बचत होऊन प्रत्येकी ५०० मेगावॉटची १२० कोळसा-वीज-केंद्रे उभारणे टाळता येईल असे एका अभ्यासात आढळले आहे.

वरील सुधारणा करण्यासाठी भारतासारख्या विकसनशील देशांना तंत्रज्ञान व भांडवल या मार्गे विकसित देशांनी मदत करणे हे त्यांचे कर्तव्य आहे. हे समन्यायी धोरण त्यांनी घेण्यासाठी जगभर सामाजिक दबाव निर्माण व्हायला हवा.



भविष्य

सुरक्षित करण्यासाठी  
धडपडणारी मुले



अतुल देऊळगावकर

atul.deulgaonkar@gmail.com

२४ सप्टेंबर २०१९. संयुक्त राष्ट्रसंघाच्या शिखर परिषदेत जगातील समस्त नेत्यांसमोर शाळकरी मुलगी ग्रेटा कडाडली, “मानवजात व जीवसृष्टी लुप्त होण्याच्या मार्गावर असताना तुम्ही पैसा व सर्वकाळ होणाऱ्या आर्थिक विकासाच्या गप्पा मारत बसता! तुमची हिम्मत होतेच कशी? तुम्ही पोक्त व पक्क नाही आहात. तुम्ही आम्हाला फसवत आहात आणि आम्ही हे सहन करणार नाही.” तिच्या या थेट हल्ल्याने कित्येक लोक अंतर्मुख झाले. तर जगातील मुलांचा आवाज बुलंद होऊ लागला व लाखो मुलांना प्रेरणा मिळाली.

भारतातही मुंबईतील मुलेही पुढे सरसावली. मुंबईचे फुफ्फुस असलेल्या ‘आरे’तील वृक्ष वाचविण्यासाठी गोरेगाव, खार रोड, चेंबूर, दादर, वांद्रेमधील शाळकरी मुले पुढे आले, त्यांच्यासोबत शिक्षकही आले. मुंबईतील वृक्षमित्र व पर्यावरणप्रेमी मोठ्या संख्येने ‘आरे वाचवा’च्या समर्थनार्थ पुढे आले. ‘आरे वाचवा’ मोहिमेतील कार्यकर्त्यांनी, “अशी समृद्ध जैवविविधता असलेल्या जंगलातील वृक्षतोडीने केवळ झाडं मरत नाही तर तेथील पर्यावरणीय यंत्रणेला (इको सिस्टिम) हानी पोहोचते. शिवाय बांधकाम करताना सुमारे ३ लक्ष टन माती उपसली जाणार आहे. त्यामुळे मेट्रो कारशेडसाठी इतर जागांचा विचार करावा.” अशी आग्रही भूमिका घेतली. त्यांनी मुंबईच्या उच्च न्यायालयाकडे दाद मागितली. महाराष्ट्र शासन व ‘मुंबई मेट्रो रेल कॉर्पोरेशन’ यांनी “इतर पर्यायी जागांचा विचार केला होता. मात्र हीच जागा कमी खर्चिक आहे. त्यामुळे प्रकल्प वेगाने होईल व प्रदूषण कमी होईल.” अशी मांडणी केली. उच्च न्यायालयाने ‘आरे हे काही वनक्षेत्र नाही’ असे सांगून वृक्षतोड रोखण्यास नकार दिला. सर्वोच्च न्यायालयाने मात्र यापुढील वृक्षतोडीस स्थगिती दिली. पुढे महाराष्ट्र सरकारने हा निर्णय रद्द करून मेट्रो कारशेडसाठी इतर योग्य जागा निवडण्याचे ठरवले.

एकूण पाहता तीन खंडातील मुलांच्या अशा विविध चळवळींना आलेले यश हे स्फूर्तीदायी आहे. अनेक मुलांचा त्यांच्या सरकारवर व नेत्यांवर अजिबात विश्वास नाही.

त्यांच्या सर्व अपेक्षा व आशा न्यायालयावर टिकून आहेत आणि न्यायालये काळाच्या कसोटीला न्याय देत आहेत. ५० राष्ट्रांतील न्यायालयांनी सामान्य लोकांचे नागरी हक्क जपण्यासाठी त्या त्या सरकारांना फटकारले आहे. घटनेने दिलेल्या हक्कांसाठी न्यायालयांकडे जाणाऱ्यांचे प्रमाण वरचेवर वाढत आहे. बेल्जियम, आयर्लंड, कॅनडा या देशातील मुलेही खटले दाखल करीत आहेत. आता १०० राष्ट्रांतील वकील मंडळी ह्या खटल्यांच्या यशाचा अभ्यास करून त्यांच्या देशात याचा उपयोग करून घेण्याच्या प्रयत्नात आहेत. या खटल्यांपैकी अनेक ठिकाणी त्यांचे सल्लागार डॉ. जेम्स हॅन्सेन आहेत. वॉशिंग्टन येथील 'सेंटर फॉर इंटरनॅशनल एन्व्हायर्नमेंटल लॉ'चे अध्यक्ष कॅरोल मुफेट म्हणतात, "शाळकरी मुलांच्या पुढाकारामुळे जगातील पर्यावरण सजगता विलक्षण वेगाने वाढत आहे. ते ठणकावून सांगत आहेत- तुम्ही अपयशी ठरला आहात. आमच्या हक्कांना न डावलता त्यांचे रक्षण करणे, हे तुमचे कर्तव्य आहे. यामुळे कायदा व घटना यांच्या आधारे लढा अधिक सशक्त होत आहे."

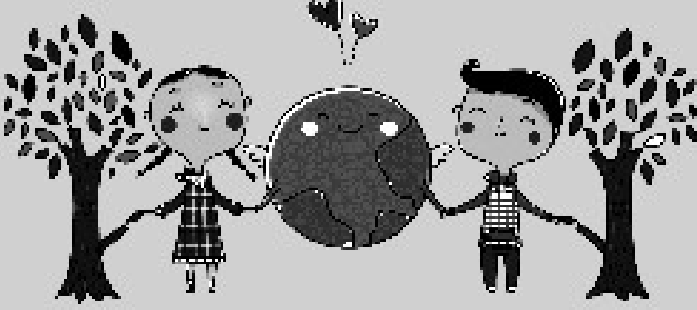
या मुलांना पर्यावरण क्षेत्रातील अग्रणी पत्रकार व लेखक सक्रिय पाठिंबा देत आहेत. २००७ साली अमेरिकी पर्यावरणवादी लेखक ('द एंड ऑफ नेचर'), पत्रकार ('द गार्डियन') व कार्यकर्ते बिल मॅककिबन यांनी हवामान बदल रोखण्यासाठी ३५०.org ही आंतरराष्ट्रीय संघटना स्थापन केली. जगातील पर्यावरण चळवळीतील अग्रगण्य व्यक्ती व संघटना त्यांच्या समवेत आहेत. मॅककिबन यांनी काही महाविद्यालयातील विद्यार्थ्यांना सोबतीला घेऊन मोहीम चालू केली आणि आता ती १८८ देशातील ३,००० संघटनांना सोबत घेऊन जाणारी आंतरराष्ट्रीय चळवळ झाली आहे. सामान्य जनतेला काळवंडणारे भवताल, त्याची कारणे व उपाय सांगणे. उद्योजक व धोरणकर्त्यांना "आपला ग्रह वाचविण्याकरिता हातात केवळ १० वर्षे शिल्लक आहेत." याची प्रखर जाणीव करून देत त्यांना धोरणांमध्ये बदल करण्यास प्रवृत्त करण्यासाठी अतिशय कल्पक व सर्वसमावेशक उपाय सुचवत आहेत, त्यासाठी उपाय सुचवत आहेत. अशा दबावामुळेच २०१५ साली बराक ओबामा यांनी कॅनडा व अमेरिका यांच्यातील 'किस्टोन पाईपलाईन तेलवाहिनी प्रकल्प' पर्यावरणीय हानी रोखण्याकरिता थांबवला होता. २०१८ च्या सप्टेंबरमध्ये अमेरिकेत ठिकठिकाणी काढलेल्या 'क्लायमेट मार्च'मध्ये लाखो लोक सामील झाले होते. ३५०.org साठी वेळ आणि पैसा दोन्ही देणारे वाढत असून त्यात मोठ्या संख्येने तरुण वर्ग सामील होत आहे.

मॅककिबन यांच्या 'डू द मॅथ' या छोट्या वृत्तपटातून, जगाची काळजी वाढविणाऱ्या काजळीविषयक गणिते प्रभावीपणे मांडली आहेत. त्यांनी लेखणी व वाणी यातून जीवाश्म इंधन कंपन्यांमधील समभाग काढून घेण्याची मोहीम हाती घेतली. या संघटनेच्या विनंतीवरून जगातील आघाडीच्या ८० अर्थतज्ज्ञांनी "यापुढे जीवाश्म इंधनाचे उत्पादन वा त्यासाठीची पायाभूत रचना यात एका नव्या पैशाचीही गुंतवणूक होऊ नये असे आवाहन केले" तर १५,००० शास्त्रज्ञांनी "जग वाचविण्याकरिता तत्काळ पावले उचलावीत" असे आवाहन केले.

लढा चालू ठेवला तर न्याय मिळवून इतिहास घडवता येतो याची एक झलक ब्रिटनमध्ये बघायला मिळाली आहे. २०२० संपत असतानाच तिथल्या एका न्यायालयाने प्रदूषणग्रस्तांसाठी एक ऐतिहासिक निर्णय दिला आहे. २०१३ साली लंडनमध्ये नऊ वर्षांची एला अडू किसी देब्रा या मुलीचा हवा प्रदूषणामुळे मृत्यू झाला. ती लंडनच्या अतिप्रदूषित वस्तीत राहत होती. तिला दम्याच्या विकारामुळे तीन वर्षांत तीस वेळा रुग्णालयात दाखल करावं लागलं होतं. एलाच्या आई राजमंड यांनी माझ्या मुलीचा आजार व मृत्यू यासाठी प्रदूषणच जबाबदार आहे असा आरोप करून लंडनच्या न्यायालयात दाद मागितली होती. तिचं घर व शाळा या भागातील नायट्रोजन ऑक्साईड व सूक्ष्म घन कण यांचं प्रमाण घातक असल्यामुळे एला मरण पावली आहे. “लंडनमधील लेविशॉम नगर परिषद, लंडनचे महापौर व शासन यांना प्रदूषणाची माहिती असूनही रहिवाशांना कळवली नाही. तसंच प्रदूषण पातळी कमी करण्याची कारवाई केली नाही” याकडे एलाच्या आईने लक्ष वेधले. न्यायालयाने अनेक तज्ज्ञ, शास्त्रज्ञ व डॉक्टर यांच्याकडून दूषित हवेच्या फुफ्फुस व इतर भागांवर होणाऱ्या परिणामांची सखोल माहिती घेतली. त्यानंतर न्यायालयाने २०२० च्या डिसेंबरमध्ये एला अडू ही हवा प्रदूषणाची बळी असल्याचं घोषित केलं. न्यायालय लवकरच ‘प्रदूषणग्रस्तांना द्यावी लागणारी भरपाई व आरोपींवरील कारवाई’ जाहीर करणार आहे. लंडनमधील न्यायालयाच्या या ऐतिहासिक निर्णयाचे संपूर्ण जगभर दूरगामी परिणाम होणार आहेत.

‘आता वेळ घालवून चालणार नाही’, ही तातडी लक्षात आल्यामुळे २०१९ नंतर पर्यावरण विषयक कृतिशीलता वाढीस लागली आहे. शक्य तेवढ्या कमीत कमी काळात कर्ब-प्रदूषण-मुक्त जग हे ध्येय घेऊन अनेक विद्यार्थी कार्यरत झाले आहेत. सर्जनशीलतेचे व कल्पकतेचे धुमारे फुटत आहेत. हीच उद्याची आशा आहे.





# पर्यावरण रक्षणासाठी मुले सरसावल्यानंतर

अतुल देऊळगावकर

atul.deulgaonkar@gmail.com

पर्यावरणीय ऱ्हासाचा सर्वात जास्त दुष्परिणाम मुलांना, तरुणांना भोगावा लागणार आहे. मात्र हा ऱ्हास रोखण्याबाबत निरनिराळी सरकारे व एकूण समाज चालढकल करत आहे. त्याच्या विरोधात कोवळ्या वयातच मुले, तरुण ठिकठिकाणी तीव्रतेने आवाज उठवत आहेत. पैकी शाळकरी ग्रेटा थर्नबर्ग व तिच्या मित्रांनी केलेले आंदोलन सर्वात गाजले. २०१९ हे बालकांचं वर्ष होतं. ग्रेटा थर्नबर्गने 'पर्यावरणासाठी शाळा बंद', 'भविष्यासाठी शुक्रवार' ही आंदोलनं चालू केली आणि पाहता पाहता जगातील कोट्यवधी मुलं त्यात सहभागी झाली. २० सप्टेंबर २०१९ रोजी १६३ राष्ट्रात ५००० ठिकाणी सुमारे १.२५ कोटी मुलांनी 'जागतिक शाळा बंद' आंदोलन यशस्वी करून दाखवलं. एक वर्षात या मुलांमुळे 'हवामान-आणीबाणी' हा विषय ऐरणीवर आला. आपलं भवितव्यच धोक्यात आल्याचं जाणवल्यावर मुलं थेट सवाल करू लागली. त्यांच्या आवाहनामुळे कलावंत, वैज्ञानिक, विविध ज्ञानशाखातील तज्ज्ञ, प्राध्यापक, शिक्षक, वकील असे सर्व स्तरातील लोक त्यांना पाठिंबा देऊ लागले. त्यामुळे पर्यावरणीय ऱ्हास व त्यामागील कारणांची अधिकाधिक सखोल मांडणी होऊ लागली. विज्ञान समजून घेतल्यावर मुलांची कृतीशीलता अधिक टोकदार होऊ लागली. हे लोण देशोदेशी पसरू लागलं.

'आधुनिक हवामानशास्त्राचे पितामह' डॉ. जेम्स हॅन्सेन यांची नात 'सोफी किव्हलॅन'ने खेळण्या-बागडण्याच्या वयात आजोबांच्या संघर्षातच उडी घेतली. तिने आणि केल्लेसे कॅस्कॅडिया रोज ज्युलियाना या १६ वर्षांच्या मुलीने ८ ते ११ वयोगटातील २१ मित्र-मैत्रिणींना साथीला घेऊन 'हवामान बदलासाठी' त्यांच्याच अमेरिकी सरकारला न्यायालयात खेचलं. पालकांच्या पिढीला अजिबात सुचली नाही, अशी धडाडी बालकांनी दाखवली. २०१५ मध्ये, ओरेगॉनच्या जिल्हा न्यायालयात या दोघींच्या मदतीने मुलांनी, "अमेरिकी सरकारने कोळसा खाणी व तेल या जीवाश्म इंधनांना मुक्त वाव दिला. त्यामुळे कर्ब उत्सर्जन



वाढून हवामान बदलास हातभार लागला. शासनाची ही धोरणे पुढील पिढ्यांचे भविष्य धोक्यात आणत आहेत. ही घटनेने दिलेल्या जीवनाच्या हक्काची पायमल्ली आहे.” असे स्पष्टपणे सांगितले. त्यांच्या खटल्याला ‘अवर चिल्ड्रेन्स ट्रस्ट’ या सेवाभावी संस्थेने पाठिंबा दिला आणि खुद्द डॉ. हॅन्सेन हे ‘पुढील पिढ्यांचे पालक’ या नात्याने या खटल्यात सहभागी झाले.

२०१९ च्या आरंभी <https://www.ourchildrenstrust.org> हे संकेतस्थळ चालू करून अधिकाधिक तरुणांनी हवामान बदलाविरोधी मोहिमेला पाठिंबा द्यावा, असे आवाहन मुलांनी केले. आठवडाभरात ३२,००० तरुणांनी पाठिंबा जाहीर केला. कायदेतज्ज्ञ, शास्त्रज्ञ, प्राध्यापक, पर्यावरणतज्ज्ञ, महिला संघटना व धार्मिक संस्था या देखील मुलांनी दाखल केलेल्या ऐतिहासिक खटल्याच्या बाजूने उभ्या राहिल्या. याचा निकाल काय लागेल हे काही सांगता येत नाही. डॉ. हॅन्सेन म्हणतात, “आम्ही लवकरात लवकर खटला जिंकणे आवश्यक आहे. परंतु आमचा पराभव झाला तर आम्ही नव्याने आणखी दमदार खटला दाखल करू.”

शाळकरी मुले व तरुण हवामान बदलाच्या लढ्यात उतरल्यामुळे त्यांना जगभरातून पाठिंबा वाढू लागला. तर जगातील समस्त प्रसार माध्यमांनी ‘ज्युलियाना विरुद्ध अमेरिका’ खटल्यावर गौरवाचा वर्षाव केला. या बातम्या व कहाण्यांचा मुलांवर खोलवर प्रभाव पडू लागला. दुसऱ्या बाजूला ओरेगॉनपासून ७,००० कि.मी. अंतरावरील स्वीडनमधील ग्रेटा नवा इतिहास घडवत होती आणि इतर अनेक मुले याच दिशेने विचार करित चालू लागली होती.

दिल्लीतील हवा अधिकाधिक घातक होत असून बालकांच्या आरोग्यावर त्याचे भयावह परिणाम होत आहेत. २०१५ च्या ऑक्टोबर महिन्यात भारताच्या सर्वोच्च न्यायालयात चक्र तीन बाळांच्या वतीने ‘स्वच्छ हवेसाठी’ याचिका दाखल करण्यात आली होती. ८ महिन्यांचा अर्जुन गोपाल व आरव भंडारी आणि १६ महिन्यांची झोया राव भसीन यांच्या वतीने घटनेतील २१ व्या कलमानुसार स्वच्छ हवेच्या हक्काची अंमलबजावणी करण्यासाठी दिल्लीतील प्रदूषण रोखण्याची विनवणी या याचिकेने केली. या तीन बाळांकरिता त्यांचे वडील गोपाळ शंकरनारायण, अमित भंडारी व सौरभ भसीन यांनी, “दिवाळीत फटाक्यांमुळे दिल्लीतील हवा सर्वांनाच गुदमरवून टाकणाऱ्या फटाक्यांवर बंदी आणावी” अशी विनंती केली होती. यानंतर सर्वोच्च न्यायालयाने फटाके उडविण्यासाठी रात्री ८ ते १० ही वेळेची मुदत घालून दिली आणि हरित फटाक्यांवर भर देण्याचे आदेश दिले. हवेच्या प्रदूषणाविषयीची जागरूकता वाढीस लागल्यामुळे देशातील हजारो मुलांनीच फटाके उडविण्याचे थांबवून पर्यावरण पूरक दिवाळी साजरी करण्याचा निर्णय घेतला.

२०१६ च्या ऑक्टोबर महिन्यात दिल्लीच्या सुवर्ण पार्कमध्ये राहणारा १४ वर्षांचा हर्ष दहिया आणि त्याच्या पाच मित्रांनी दिल्लीतील प्रदूषित हवेच्या विरोधात ‘राष्ट्रीय हरित लवादा’कडे दाद मागितली होती. अशा अनेक दाव्यांची दखल घेत २०१९ च्या एप्रिल

महिन्यात राष्ट्रीय हरित लवादाने आदेश दिला की “महाराष्ट्र, पंजाब, उत्तराखंड, झारखंड, नागालँड व आसाम या सहा राज्यांनी येत्या सहा महिन्यात हवेचे प्रदूषण रोखून शुद्ध हवा निर्माण करण्यासाठीचा कृती आराखडा सादर करावा. याची पूर्तता न झाल्यास प्रत्येकी एक कोटीचा दंड द्यावा लागेल.”

जून २०१८ मध्ये उत्तराखंडच्या डेहराडूनमधील पर्यावरण कार्यकर्ते दिनेश पांडे यांची कन्या रिधिमा पांडेने (वय ९ वर्षे) राष्ट्रीय हरित लवादाकडे दाद मागितली. निसर्गरम्य उत्तराखंड राज्यात पूर येण्याचे प्रमाण वाढत आहे. ते पाहून रिधिमाने “भारत सरकारने हवामान बदलाचे परिणाम रोखण्यासाठी विज्ञानाच्या आधारे कृती करावी.” अशी मागणी केली आहे.

कराचीमधील रबाब अली या ७ वर्षांच्या मुलीने पाकिस्तान सरकारवर दावा ठोकला. ती म्हणते, “आम्ही मोठे होऊ तेव्हा आम्हाला सुरक्षित पर्यावरण हवे आहे. तरच पुढील पिढ्यांना आयुष्य व्यवस्थितपणे कंठता येईल.” तिचे वडील व प्रसिद्ध विधीज्ञ काझी अली अथर हे कन्येच्या वतीने खटला लढवित आहेत. सरकारने अज्ञान बालिकेस खटला लढविता येत नाही असा आक्षेप घेतला. त्याला पाकिस्तानच्या सर्वोच्च न्यायालयाने फेटाळून लावताना, “सर्वसामान्य जनतेच्या व्यापक हिताचे रक्षण करण्यासाठी अज्ञान बालकसुद्धा न्यायालयाचे दार ठोठावू शकते.” असे सरकारलाच सुनावले. थरच्या वाळवंटातील थारकपार जिल्ह्यात ९,००० चौरस किलोमीटर भागातून १७५ अब्ज टन कोळसा काढला जाणार आहे. त्यामुळे हजारो लोकांचे स्थलांतर होणार आहे. तिथे राहणाऱ्यांना हवा व पाण्याच्या प्रदूषणाचा सामना करावा लागणार आहे. त्याशिवाय कर्ब उत्सर्जनाच्या पातळीत बेसुमार वाढ होणार असल्यामुळे सामान्यांचे जीवन धोक्यात येणार आहे. त्यामुळे हा प्रकल्प थांबविण्याकरिता छोटी रबाब न्यायालयात गेली आहे. जगभरातून कर्ब उत्सर्जन कमी करण्यासाठी आटोकाट प्रयत्न चालू असताना पाकिस्तानने पर्यायी ऊर्जेचा विचार करावा, असा तिचा आग्रह आहे.

विनाशकारी जागतिक तापमान वाढ टाळण्यासाठी देशोदेशीच्या सरकारांनी दुर्लक्ष करणे थांबावावे; पुढील पिढ्यांचे भवितव्य नष्ट करण्याचा कोणालाही अधिकार नाही असा संदेश देणारे पुढील पिढ्यांचे आवाज, अशी आंदोलने यांची ही केवळ काही उदाहरणे. ती आपल्या सगळ्यांनाच हालचाल करायला भाग पाडत आहेत!

◆◆



## तापमान वाढ रोखण्यासाठी मी काय करू शकतो/शकते?

प्राची शेवगावकर  
prachi@cooltheglobe.org

आज जगापुढे सगळ्यात मोठे संकट कोणते ?

कॉलेजमध्ये असताना, एक दिवस गुगलवर शोधल्यावर मला खूपच आश्चर्य वाटले!  
सगळ्या जागतिक संस्था, वृत्तपत्र, शास्त्रज्ञ एकमताने म्हणत होते -  
जागतिक तापमान वाढ ही आपल्या समोरची सर्वात मोठी समस्या आहे आणि  
तिचे प्रलयंकारी दुष्परिणाम टाळण्यासाठी आपल्याकडे फक्त तीन दशके आहेत.

जागतिक तापमान वाढीमुळे अनेक समस्या पुढे येत आहेत.

जगभरात कुठे पूर, कुठे दुष्काळ, कुठे वणवे दिसायला लागले आहेत,  
याचे परिणाम आपल्या अन्नावर, आरोग्यावर, राहणीमानावर होत आहे.

अगदी मुंबईसुद्धा पाण्याखाली जाऊ शकेल असा अंदाज बांधला जात आहे.

मग माझ्या आजूबाजूला कोणीच याबद्दल का बोलत नव्हते ?

मी स्वतःला विचारले - पृथ्वीची तापमान वाढ रोखण्यासाठी मी काय करू शकते ?

या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यामागचा प्रवास आज मी तुम्हाला सांगणार आहे.

हवामान बदल, तापमान वाढ म्हणजे नक्की काय ? त्यामध्ये माझा वैयक्तिक हातभार काय  
आहे ?

दैनंदिन आयुष्यामध्ये आपण अनेक कृती करतो- शाळेमध्ये, ऑफिसला जायला प्रवास  
करतो, गोष्टी खरेदी करतो, घरं बांधतो, साधने वापरतो. अशा कृतींमधून कर्बवायू सारखे  
हरितगृह वायू पर्यावरणात सोडले जातात. ते वायू सूर्याची उष्णता शोषून घेतात.

औद्योगिकरणानंतर वातावरणातील कर्बवायूमध्ये ५० टक्क्यांपेक्षा जास्त वाढ झाली आहे,  
आणि यामुळेच पृथ्वीचे तापमानही दिवसेंदिवस वाढत चालले आहे.

माझ्या दैनंदिन कृतींमधून होणारे कार्बन उत्सर्जन हा माझा कार्बन पदभार.

एका भारतीय नागरीकाचा सरासरी वार्षिक कार्बन पदभार (म्हणजेच कार्बन फूटप्रिंट) दोन टन आहे. जगात आपण सर्वजण मिळून दर वर्षी ३६०० कोटी टन कर्बवायू (पैकी भारतात ३०० कोटी टन) कर्बवायू वातावरणात टाकत आहोत. 'IPCC'ने घोषित केल्याप्रमाणे तापमान वाढीचे विनाशकारी दुष्परिणाम टाळण्यासाठी, जगाने २०५० पर्यंत नक्त हरितगृह वायू उत्सर्जन शून्यापर्यंत आणले पाहिजे. 'इंटरनॅशनल एनर्जी एजन्सी'च्या अंदाजानुसार त्यातील ७% वाटा आपण नागरीक उचलू शकतो; तो त्यांनी उचलला पाहिजे.

मी आणि माझ्या कुटुंबीयांनी ठरवलं, आपण परिवर्तनाची सुरुवात स्वतःपासून करू.

आपल्यामुळे होणारे हे कार्बन उत्सर्जन आधी १०% ने कमी करू.

आपल्या कोणत्या कृतींमुळे जास्त कार्बन उत्सर्जन होत आहे?

ते कसं कमी करता येईल? यावर विचार सुरू झाला.

यातून मी दैनंदिन आयुष्यात करू शकते अशा छोट्या छोट्या कृती, बदल लक्षात येत गेले.

रिफ्यूज (वस्तूंच्या अनावश्यक वापराला नकार), रियुज (वस्तू वापरून फेकून न देता परत परत वापर), रिपेअर (वस्तू दुरुस्त करणे), रिसायकल (वस्तूंचा पुनर्वापर करा) हे ४-R अंगवळणी लावायचा प्रयत्न केला. याशिवाय घरातील साधनांच्या वापरामध्ये बचत, सोलरसारखे पर्याय, प्रवास केल्यास कमी उत्सर्जन होईल अशा पर्यायांची निवड असे काही बदल करायला सुरुवात केली.

पण माझे नेमके किती उत्सर्जन कमी होत आहे, त्याचे मोजमाप कसे करायचे? हे समजत नव्हते.

यावर अभ्यास सुरू केला.

हा उपक्रम वैयक्तिक पातळीवर आम्ही सुरू केला, तेव्हा माझे मित्र-मैत्रिणी, नातेवाईक, आजूबाजूचे नागरीक अशी अनेक लोकं येऊन म्हणायला लागली,

“तुम्ही हे वेगळच काही करताय, आणि या प्रयोगामध्ये आम्हालाही सहभागी व्हायला आवडेल!”

मग विचार सुरू झाला - या उपक्रमामध्ये आपण जगभरातील नागरिकांना कसे बरोबर घेऊ शकतो?

त्यातूनच 'कूल द ग्लोब' (cooltheglobe) या ऑपचा जन्म झाला.

कोणताही बदल घडवून जाण्यासाठी आपल्यासमोर एक ध्येय असायला हवे,

आणि त्या ध्येयाबाबत आपली किती प्रगती झाली, हे मोजता येणेही तेवढेच महत्त्वाचे आहे.

या तत्वांना धरून 'कूल द ग्लोब' बनवले.

या ऑपमध्ये ते वापरणाऱ्या प्रत्येकाला महिन्याचे टारगेट दिले जाते.

समजा माझे या महिन्याचे टारगेट आहे ३०किलो कार्बन उत्सर्जन कमी करायचे!

मग मला दिसतात माझे कार्बन उत्सर्जन कमी करण्यासाठी १०० पेक्षा जास्त छोट्या-छोट्या कृती, ज्या मी दैनंदिन आयुष्यात सहजपणे करू शकते. या प्रत्येक कृतीमधून किती कार्बन

उत्सर्जन कमी झाले हे सुद्धा मला समजते आणि त्याची नोंद ठेवता येते.  
म्हणजे समजा मी रात्री दिवे लावून झोपायचे,  
पण आठवडाभर रात्री खोलीतला दिवा बंद केला, तर मी ३०० ग्रॅम कार्बन उत्सर्जन वाचवते.  
मी स्कूटर, कार ऐवजी सायकलने ऑफिस/कॉलेजला गेले, तर दोन किलो उत्सर्जन कमी करते.

आपण घेतलेल्या प्रत्येक वस्तुमागेही कार्बन उत्सर्जन झाले असते,  
त्यामुळे मी दोन शर्ट पॅन्ट कमी घेतल्या (एक किलोचे कपडे खरेदी नाही केले) आणि माझ्या  
बहिणीच्या कपड्यांचा पुनर्वापर केला तर मी तब्बल १० किलो कार्बन उत्सर्जन वाचवते!

अशा छोट्या कृतींनी काय परिणाम होतोय हे अॅपमधून समजून अजून स्फूर्ती येते.

एका व्यक्तीच्या निश्चयाने, कृतींनी काही फरक पडतो का? तर हो!

जेव्हा आपल्यासारखे असे अनेक नागरीक एकत्र येतात, तेव्हा छोट्या छोट्या बदलांनीही मोठे परिवर्तन घडून येऊ शकते. यासाठीच 'कूल द ग्लोब'मध्ये ग्लोबल मीटर तयार केला, ज्यातून दिसून येते आपण सर्वांनी एकत्रित येऊन वाचवलेले कर्ब उत्सर्जन!

हे अॅप ([www.cooltheglobe.org](http://www.cooltheglobe.org)) प्लेस्टोरवर मोफत लाँच केल्यानंतर अनेक नागरिकांनी भरभरून प्रतिसाद दिला.

आपल्या या 'कूल द ग्लोब' उपक्रमाची माहिती जगभरातील २० लाख नागरिकांपर्यंत पोचली असून, ५५ देशांमधून १६००० पेक्षा जास्त नागरिक या 'अॅप'मार्फत जागतिक तापमान वाढीशी लढा देत आहेत.

हवामान बदलाचे प्रलयंकारी दुष्परिणाम टाळण्यासाठी आपल्याकडे फक्त तीन दशके आहेत, आपण आज कसे वागतो यावर केवळ आपलेच नाही तर पुढच्या अनेक भावी पिढ्यांचे भविष्य अवलंबून आहे.

ही जितकी जबाबदारी आहे, तितकीच आपल्या कृतींमधून एक मोठे परिवर्तन घडवून आणण्याची मोठी संधी आहे!

असे म्हणतात की, 'जागतिक तापमान वाढीवर मात करण्यासाठी, एका चमत्काराचीच गरज आहे.'

जेव्हा आपल्यासारखे सामान्य नागरिक मैदानात उतरतील, तेव्हा चमत्कार घडून येऊ शकतात!

म्हणूनच मी आज सर्व वाचकांना आवाहन करते, या जागतिक संकटावर मात करण्यासाठी सहभागी व्हा.

स्वतःचे कार्बन उत्सर्जन येत्या एका वर्षात १०% ने कमी करायचे तुम्हीही ठरवा.

पृथ्वीच्या तापमान वाढीला रोखण्यासाठी आज आपल्यासारख्या नागरिकांची गरज आहे!



# पर्यावरण-लोकवैज्ञानिक आणि 'पर्यावरण-जनजागृती'तील योद्धे

**सुझन सॉलोमन : Susan Solomon**

अमेरिकन पर्यावरण-रसायन वैज्ञानिक

जन्म- १९ जानेवारी १९५६; शिकागो, अमेरिका



सुझन सॉलोमन या पर्यावरणीय विज्ञानातील आघाडीच्या वैज्ञानिक आहेत. अमेरिकेच्या 'राष्ट्रीय महासागरीय व वातावरणीय प्रशासन (एनओएए) संस्थे'मध्ये अनेक वर्षे संशोधन केल्यावर २०११ पासून त्या 'मासाच्युसेट्स इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी'मध्ये वातावरणीय रसायन विज्ञान व वातावरणीय विज्ञानाच्या प्राध्यापक म्हणून कार्यरत आहेत.

अंटार्क्टिकावरील ओझोनच्या थराला पडलेल्या छिद्राचा आणि क्लोरोफ्लोरो कार्बनच्या मुक्त मूलकणांच्या रासायनिक क्रियांचा संबंध आहे हे सॉलोमन आणि त्यांच्या सहकाऱ्यांनी सर्वप्रथम मांडले.

सुझन यांना शालेय जीवनातच विज्ञानाची आवड निर्माण झाली. त्या काळात वायूंच्या मिश्रणातील ऑक्सिजनचे प्रमाण मोजण्याच्या त्यांच्या प्रोजेक्टला राष्ट्रीय पातळीवर पारितोषिक मिळाले होते. त्यांनी 'इलिनॉय इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी'मधून १९७७ मध्ये रसायन विज्ञानात पदवी तर १९८१ मध्ये 'कॅलिफोर्निया विद्यापीठातून (बर्कली)' पर्यावरणीय रसायन विज्ञानात पीएचडी मिळवली.

सूर्याकडून येणारे अतिनील किरण हे सजीवांसाठी घातक असतात. पृथ्वीपासून दहा ते पन्नास किलोमीटरपर्यंत असणाऱ्या स्थिरावरणातील (स्ट्रॅटोस्फिअर) ओझोन वायूचा थर या अतिनील किरणांना शोषून घेऊन सजीवांचे रक्षण करतो. दक्षिण ध्रुवावरच्या अंटार्क्टिकावरील वातावरणात ओझोनचे प्रमाण मोठ्या प्रमाणात कमी झाल्याचे ओझोनचे मापन करणाऱ्या संशोधकांना आढळले. उपग्रहीय पडताळणीतून हे निरीक्षण स्पष्टही झाले. हेच 'ओझोनचे छिद्र' होय.

अंटार्क्टिकावरील ओझोन छिद्राची निर्मिती ही तेथील अतिउंचीवरील ढगांमधील बर्फ कणांच्या पृष्ठभागावर जमलेले क्लोरोफ्लोरो कार्बन्सचे मुक्त कण (free radicals) व वातावरणातील ओझोन यांच्यातील विषम रासायनिक प्रक्रियेमुळे होत आहे असा सिद्धांत सॉलोमन आणि 'एनओएए'मधील त्यांच्या सहकाऱ्यांनी मांडला. याची पुष्टी करण्यासाठी १९८६-८७ मध्ये त्यांनी अंटार्क्टिकामधील 'मकमरडो साऊंड' येथे गेलेल्या राष्ट्रीय ओझोन

मोहिमेचे सुझन यांनी नेतृत्व केले. या मोहिमेत त्या एकमेव महिला सदस्य होत्या. त्यांना आढळले की सूर्याच्या अतिनील किरणांनी क्लोरोफ्लोरो कार्बन्सचे विघटन होऊन तयार होणाऱ्या 'क्लोरिन ऑक्साईड'चे प्रमाण अंटार्क्टिकामध्ये अपेक्षेपेक्षा १०० पट होते. सॉलोमन यांनी पुढे दाखवून दिले की ज्वालामुखींमुळे क्लोरोफ्लोरो कार्बन्सच्या प्रक्रिया अधिक वेगाने होऊन ओझोन थराची लवकर अधिक हानी होऊ शकते.

सॉलोमन यांच्या सन्मानार्थ अंटार्क्टिकावरील एका ग्लेशियर आणि एका सॅडलला सॉलोमन यांचे नाव देण्यात आले.

पृथ्वीवरील सजीवांचे संरक्षक कवच असणारा ओझोन थर वाचवण्याच्या क्षेत्रातील महत्त्वपूर्ण योगदानासाठी २०२१ सालचा 'फ्युचर ऑफ लाईफ' हा पुरस्कार सॉलोमन ह्यांना जो फार्मन आणि स्टीव्हन ओ. अँडरसन यांच्यासमवेत देण्यात आला आहे. या थराचे संरक्षण करण्यासाठी हानीकारक रसायनांच्या वापराचे नियमन करण्यासाठी संयुक्त राष्ट्रांचा 'मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल' हा आंतरराष्ट्रीय करार सॉलोमन यांच्या संशोधनावर आधारित आहे. सॉलोमन यांनी पुढे संशोधनातून हे देखील दाखवले की मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉलच्या अंमलबजावणीचा सकारात्मक परिणाम होत आहे.

अंटार्क्टिकावरील ओझोन छिद्रामागील कारणमीमांसा सिद्ध करण्यात दिलेल्या योगदानामुळे सुझन सॉलोमन यांना जागतिक स्तरावर वातावरणीय विज्ञान क्षेत्रातील आघाडीच्या वैज्ञानिक मानले जाते. ओझोन छिद्राच्या निर्मितीमागील प्रक्रिया स्पष्ट करण्याबरोबरच मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल वास्तवात येण्यामागे वैज्ञानिक आणि धोरणकर्ते यांच्यातील संवादक दुव्याचे त्यांचे कामही महत्त्वपूर्ण आहे. सॉलोमन यांनी त्यांच्या सहकाऱ्यांसमवेत जागतिक तापमान वाढीचा (Global Warming) मानवनिर्मित कार्बनडाय ऑक्साईडच्या उत्सर्जनाशी असलेला अन्योन्य संबंध तर सिद्ध केलाच आणि ओझोन छिद्राचा दक्षिण गोलार्धातील तापमान बदलांवर होणारा परिणामही दाखवून दिला. त्यांच्या संशोधनामुळे रसायन विज्ञान आणि वातावरणीय विज्ञान क्षेत्रांची जोड घातली गेली.

हवामान बदलावरच्या 'इंटरगव्हर्नमेंटल पॅनेल ऑन क्लायमेट चेंज' (IPCC) या आंतरराष्ट्रीय पॅनेलमध्ये सॉलोमन कार्यरत होत्या. या पॅनेलच्या तिसऱ्या मूल्यांकन अहवालाच्या त्या एक लेखिका होत्या. तसेच चौथ्या मूल्यांकन अहवालासाठी त्या एका कार्यगटाच्या सहअध्यक्ष होत्या.

सॉलोमन यांना हवामान व पर्यावरण विज्ञानातील महत्त्वाच्या कार्यासाठी अनेक राष्ट्रीय, आंतरराष्ट्रीय पुरस्कार मिळाले. त्यात नॅशनल मेडल ऑफ सायन्स (१९९९), ब्लूप्लानेट प्राईज (२००४), फ्रेंच अकॅडमी ऑफ सायन्सेसचे 'ग्रान्द मेदाय' (ग्रेट मेडल- २००८), ओझोन छिद्रावरील कामासाठी वेटलेसन प्राईज (२०१२), अमेरिकन नॅशनल अकॅडमी ऑफ सायन्सेसचे आर्थर डे प्राईज अँड लेक्चरशिप (२०१७) यांचा समावेश आहे.

प्रसिद्ध पर्यावरण वैज्ञानिक डॉ. जेम्स हॅन्सन म्हणतात की, "सॉलोमन, फार्मन आणि अँडरसनसारख्या वैज्ञानिकांच्या कार्याचा केवळ मानवाच्याच नव्हे तर या वसुंधरेच्या इतिहासावर प्रचंड प्रभाव पडू शकतो हे आपल्याला दिसतं. मला आशा आहे की त्यांच्यासारखे इतर लोक आजची हवामान बदलाविरुद्धची लढाई पुढे घेऊन जातील."

-प्रफुल्ल पांडव

## स्वान्त अन्हीयनियस : Svante Arrhenius

स्वीडिश भौतिकशास्त्र वैज्ञानिक

जन्म- १९ फेब्रुवारी १८५९; मृत्यू- २ ऑक्टोबर १९२७



‘आयनीय विघटनाच्या’ संशोधनासाठी १९०३ सालचे रसायनशास्त्राचे नोबेल पारितोषिक मिळवलेले स्वान्त अन्हीयनियस हे विज्ञानाच्या विविध शाखात चौफेर भगारी मारणारेही होते. पृथ्वीच्या वाढत्या तापमानाला वातावरणातील कर्बवायूची वाढ किती प्रमाणात कारणीभूत आहे याचा अंदाज लावण्यासाठी भौतिक रसायनशास्त्राची तत्त्वे वापरणारे अन्हीयनियस हे पहिले वैज्ञानिक होते.

अन्हीयनियस यांचा जन्म स्वीडनमधील उप्सोला इथला. ते ‘अचाट बुद्धीचे मूल’ (Infant Prodigy) होते. त्यांनी उप्सोला विद्यापीठात रसायनशास्त्र निवडले. पण विषय बदलून ते भौतिकशास्त्राकडे वळले. उप्सोलातील शिक्षणाचा दर्जा सामान्य वाटल्याने त्यांनी १८८१ मध्ये स्टॉकहोम विद्यापीठात प्रवेश घेतला आणि विद्युत प्रवाहामुळे ज्या द्रावणातील घटकांची हालचाल होते अशा ‘इलेक्ट्रोलाइट्स’मधून होणाऱ्या विद्युत वहनावर संशोधन सुरू केले.

इलेक्ट्रोलाइट्समधून विजेचा प्रवाह सोडल्यास रासायनिक विक्रिया घडतात हे माहित होते. विजेचा प्रवाह त्यातील पदार्थांचे विघटन करतो असे मानले जायचे. दोन वर्षांच्या संशोधनातून १८८३ मध्ये अन्हीयनियस यांनी सिद्धांत मांडला की पदार्थ द्रावणात विरघळतात तेव्हाच त्यांचे अंशतः ‘क्रियाशील रूपात’ (अॅक्टिव फॉर्म)मध्ये परिवर्तन होते. हा ‘क्रियाशील’ भाग विद्युत वहनास जबाबदार असतो. उदा. मीठ (सोडियम क्लोराईड) पाण्यात विरघळते तेव्हाच त्याचे विघटन सोडियम आणि क्लोरीनच्या कणांमध्ये होते. पण द्रावणात प्रत्यक्षात ते सोडियम धातू आणि क्लोरिन वायूच्या रूपात आढळत नाहीत तर दोन्हींचे कण विद्युतभार धारण करतात. त्यामुळे द्रावण विद्युत वहन करू शकते. सोडियम अणू धनभारीत तर क्लोरिन (अथवा क्लोराईड) अणू ऋणभारीत असतात. हीच प्रक्रिया बेरियम क्लोराईड, इतर काही आम्ले व अल्कलीमध्ये घडते.

अन्हीयनियस यांची ही क्रांतिकारक संकल्पना समकालीन रसायनशास्त्रज्ञांना पटत नव्हती. कारण ‘अणू संरचनाविरहित आणि अविभाज्य असतो’ या ब्रिटिश रसायनशास्त्रज्ञ जॉन डाल्टनने एक शतकापूर्वी मांडलेल्या विचाराचा तेव्हा पगडा होता. पाण्यासारख्या सौम्य द्रावकामुळे सोडियम क्लोराईडचे कसे विघटन होणार? अणूवर विद्युतभार येतो कुठून? असे प्रश्न उभे करून त्यांच्या सिद्धांताला मान्यता नाकारली जात होती. पण अन्हीयनियसनी डॉक्टरेटसाठीच्या प्रबंधात (१८८४) ‘आयनीय विघटनाचा’ सिद्धांत मांडला. चार तासांच्या परीक्षेनंतर प्रबंधाला ‘हलका’ दर्जा देऊन त्यांना जेमतेम उत्तीर्ण करण्यात आले. असे असूनही रसायन वैज्ञानिक व्हांट हॉफ, विल्हेम ओस्तवाल्ड आदी शास्त्रज्ञांच्या अल्पमतातील गटाने



अन्हीयनियस यांचे प्रतिपादन उचलून धरले. नंतर अन्हीयनियस यांनी तापमान वाढले की रासायनिक विक्रिया वेगाने होतात हे सिद्ध केले.

दरम्यान जे. जे. थॉमसन यांचा इलेक्ट्रॉनचा शोध (१८९०) आणि बेकहैलने सिद्ध केलेले किरणोत्साराचे अस्तित्व यामुळे अणूला संरचना असते व त्यातील कण विद्युतभारित असतात हे सिद्ध झाले. अन्हीयनियस यांचा सिद्धांत वैज्ञानिकांना स्वीकारावा लागला.

अन्हीयनियस यांच्या परीक्षकांनी 'हलका' दर्जा दिलेल्या डॉक्टरेटसाठीच्या संशोधनाला १९०३ सालचे नोबेल परितोषिक देण्यात आले. याला काव्यात्मक न्यायचं म्हणायला हवे. १९०५ साली अन्हीयनियस नोबेल इन्स्टिट्यूटचे संचालक झाले.

पृथ्वीच्या वाढत्या तापमानाला वातावरणातील कर्बवायूची पातळी व वाढ किती प्रमाणात कारणीभूत आहे आणि यांचा हिमयुगांशी संबंध यावर त्यांनी काम सुरू (१८९५) केले. वातावरणातील कर्बवायूची पातळी वाढली तर हरितगृह परिणामामुळे पृथ्वीच्या तापमानात किती वाढ होईल याची गणना भौतिक रसायनशास्त्रातील मूलभूत तत्त्वे वापरून करणारे अन्हीयनियस हे पहिले वैज्ञानिक. १८९६ मध्ये त्यांनी मांडले की वातावरणातील कर्बवायूची पातळी ५०% ने कमी केल्यास पृथ्वीचे तापमान ४ ते ५ से.ने कमी होऊन हिमयुगासारखी परिस्थिती येईल. याउलट कर्बवायूची पातळी ५०% ने वाढली तर तापमान ५ ते ६ से.ने वाढेल. तेव्हाच्या कर्ब उत्सर्जनाच्या दराने ही पातळी यायला सुमारे ३००० वर्षे लागतील असा त्यांचा अंदाज होता. (हा अंदाज अतिशय आशावादी होता हे आता आपल्याला माहित आहे !)

जीवाश्म इंधन आणि इतर मानवनिर्मित ज्वलन प्रक्रियांमधून होणारे कर्बवायूचे उत्सर्जन पृथ्वीच्या तापमान वाढीस कारणीभूत ठरू शकते हा अन्हीयनियस यांचा निष्कर्ष आज अनेक चाचण्यातून तावूनसुलाखून निघालेला असून हा निष्कर्षच आजच्या आधुनिक हवामान विज्ञानाच्या केंद्रस्थानी आहे. विशेष नोंद घेण्याची गोष्ट म्हणजे जगाने जागतिक तापमान वाढ होत आहे हे स्वीकारून त्यावर उपाययोजना करण्याचा निर्णय घेण्याच्या जवळपास सात दशके आधी अन्हीयनियस यांनी मानवी व्यवहारातून वाढणाऱ्या कर्बवायू उत्सर्जनाच्या परिणामांबद्दल आणि परिणामी हवामान बदलाविषयी इशारा दिला होता. १९७० च्या दशकात, जेव्हा हरितगृह परिणामाची वास्तविकता जाणवू लागली, तेव्हाच अन्हीयनियस यांच्या कार्याचे महत्त्व वैज्ञानिक जगात ओळखले गेले.

—अद्वैत पेडणेकर

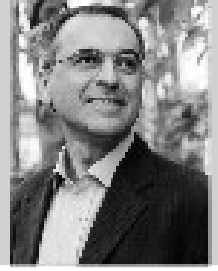
adwait.pednekar@gmail.com



## पवन सुखदेव : Pavan Sukhdev

भारतीय पर्यावरण अर्थतज्ज्ञ

जन्म- ३० मार्च, १९६०



२०२० साली डॉ. पवन सुखदेव यांना पर्यावरण क्षेत्रातील नोबेल अशी ख्याती लाभलेला 'टायलर पुरस्कार' बहाल करण्यात आला. तेव्हा धोरणकर्त्यांची निसर्गाकडे पाहण्याची दृष्टी बदलण्याच्या क्रांतिकारी कार्याचा हा गौरव आहे, असे पुरस्कार समितीने म्हटलं होतं.

बँक व्यवस्थापन आणि अर्थशास्त्र क्षेत्रातील सुखदेव यांचे पर्यावरणाशी निगडित अनेक घटकांकडे लक्ष वेधलं जात होतं. २००८ पासून नोकरी सोडून ते निसर्गाच्या अर्थशास्त्राचा अन्वय लावण्यात गुंतले. त्यातूनच त्यांनी संयुक्त राष्ट्रसंघाकरिता 'परिसंस्था व जैवविविधता यांचे अर्थशास्त्र' (The Economics of Ecosystem and Biodiversity) आणि 'हरित अर्थव्यवस्था उपक्रम' (Green Economy Initiative) हे दोन अभ्यास प्रकल्प चालू केले. नैसर्गिक भांडवल, जैवविविधता आणि पर्यावरणीय व्यवस्था यांचं मूल्य ठरवणे, निसर्गाची हानी व त्याच्या परिणामांचे मापन करणे, निसर्गामुळे जागतिक अर्थव्यवस्थेला होणारे लाभ अधोरेखित करणे हे प्रमुख उद्देश होते.

शंभर वर्षांपूर्वी विख्यात साहित्यिक ऑस्कर वाइल्ड 'किंमत' व 'मूल्य' याविषयी म्हणाले होते, "आजकाल लोकांना प्रत्येक गोष्टीची किंमत समजते; परंतु कशाचेही मूल्य लक्षात येत नाही." सुखदेव यांनी मांडले की, "संपूर्ण जग हिशोब, लाभ व हानी ठरवताना बाजारपेठेतील किंमतीला ग्राह्य मानत आहे. हे अर्थशास्त्रच चुकीच्या गृहीतकावर आधारलेलं आहे. निसर्गातील कित्येक उत्पादनं, सेवा, जसे शुद्ध हवा, स्वच्छ पाणी, रोग नियंत्रण, आपत्ती नियंत्रण मानवजातीला मोफत मिळत आल्या आहेत. कुठलीही आर्थिक व्यवस्था याचे मूल्य लक्षात घेत नाही."

डॉ. सुखदेव यांचे निष्कर्ष सांगतात की संपूर्ण जगाला एका वर्षात पर्यावरणापासून होणारा ऑक्सिजन पुरवठा, कर्बवायुंचं शोषण, औषधं, लाकूड, नवीन संशोधन या सर्व लाभांचं 'मूल्य' दोन लाख कोटी डॉलर (भारतीय अर्थव्यवस्थेचा आकार) ते पाच लाख कोटी डॉलर इतके आहे. मधमाश्यांच्या अडीचशे प्रजाती परागसिंचन करून आपल्याला अगणित अन्नधान्य मिळवून देतात. जगातील फळफळावळ व अन्नधान्य यांच्या उत्पादनाचा पाया असणाऱ्या परागसिंचनाचे वार्षिक मूल्य १९० अब्ज डॉलरएवढे निघेल. १९७४ च्या तुलनेत मधमाशा ३० टक्क्यांनी कमी झाल्याने एकट्या अमेरिकेला १५ अब्ज डॉलरचा फटका बसत आहे. आपण दररोज ५५० लिटर ऑक्सिजन आत घेत असतो. त्याची बाजारातील किंमत किती होईल? आपल्या आर्थिक व्यवस्थेच्या ते खिजगणतीतही नसते.

सुखदेव यांनी अनेक कंपन्यांच्या कारभाराची काटेकोर चिकित्सा केली. शंभर कॉर्पोरेट

कंपन्यांमुळे पर्यावरणाची दरवर्षी ७.३ लाख कोटी डॉलरची हानी होत आहे, हे 'कॉर्पोरेशन २०२० - ट्रान्सफॉर्मिंग बिझिनेस फॉर टुमॉरो' या पुस्तकात सविस्तर दाखवून दिलं आहे. या कंपन्या प्रदूषणाची किंमत मोजत नाहीत. सुखदेव म्हणतात, "सध्या कॉर्पोरेट कंपन्यांचे 'अदृश्य पाय' बाजारपेठ चालवतात." (अॅडम स्मिथने १७५९ साली 'अदृश्य हात' बाजारपेठ चालवतात अशी संकल्पना मांडली होती. त्याची पुनर्मांडणी!) अशा दूषित आर्थिक पर्यावरणातून बाहेर पडण्यासाठी सुखदेव अनेक कॉर्पोरेट्सना पर्यावरणास होणारी हानी कमी करण्यासाठी सल्ला देत असतात. छोट्या मोठ्या सर्व प्रकारांच्या उद्योगांमुळे पर्यावरणास होणाऱ्या हानीचे मापन करण्यासाठी सुखदेव यांनी 'पाय' (PIE - प्रोफाइल ऑफ इम्पॅक्ट्स ऑफ एन्व्हायर्नमेंट) हे गुणपत्रक तयार केले आहे. ऑस्ट्रेलिया, सिंगापूर, फ्रांस, जर्मनी, स्वीडन या देशात कोणतेही व्यवहार करण्यासाठी त्या उद्योगाचे 'पाय' गुण पाहिले जातात. कॉर्पोरेट्समध्ये काळानुरूप सुसंस्कृत, सभ्य व उदार नेतृत्व लाभावे याकरिता सुखदेव यांनी 'जिस्ट' (ग्लोबल इनिशिएटिव्ह फॉर सस्टेनेबल टुमॉरो) ही सल्लागार संस्था स्थापली आहे. संयुक्त राष्ट्रसंघ व युरोपीय महासंघाने सुखदेव यांना निसर्गाच्या अदृश्य अर्थशास्त्राच्या सिद्धांतांची अंमलबजावणी करण्यासाठी सल्लागारपद दिलं आहे.

लाभ-हानी, आनंद-दुःख यांच्या बाजारपेठेतील अत्यंत चुकीच्या संकल्पनांचा प्रसार करणारे शिक्षण हाच निसर्गाचे मोल समजून घेण्यातील मोठा अडथळा आहे. बेजबाबदार दूरचित्रवाणी वाहिन्या व उथळ सामाजिक माध्यमवीर यामुळे नको त्या शिक्षणाचाच प्रसार होत आहे असं सुखदेव स्पष्टपणे सांगतात. त्यांना 'विकासा'चे प्रचलित 'मापन' मंजूर नाही. सकल राष्ट्रीय उत्पादनातून (जीडीपी) हाताला काहीही लागत नाही. गरिबांच्या 'जीडीपी'चे मापन करणं आवश्यक आहे. तो सुधारला की अर्थव्यवस्था भरभराटीला लागेल असं ते म्हणतात.

निसर्गापासून फारकत घेण्याची अहमहमिका लागलेल्या काळात सुखदेव परंपरा आणि नवता यांचा संगम घडवत निसर्गाची महत्ता सांगत आहेत. नीती-मूल्य कालबाह्य झाली आहेत, असा समज झालेल्या काळात 'मूल्य' या संकल्पनेचे अनेक 'अर्थ' समजून सांगत आहेत. त्यांचे पर्यावरणाबाबतचे अर्थशास्त्रीय विचार नक्कीच जगातल्या सगळ्या यंत्रणांना वेगळी दिशा देतोय.

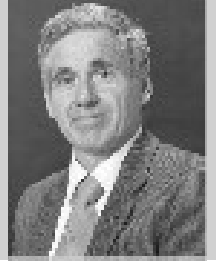
-अतुल देऊळगावकर



## चार्ल्स डेव्हिड कीलिंग : Charles David Keeling

अमेरिकन रसायनशास्त्र वैज्ञानिक

जन्म- २० एप्रिल, १९२८; मृत्यू- २२ जून, २००५



जागतिक हवामान बदलाच्या दस्तऐवजीकरणाचा पहिला मान चार्ल्स डेव्हिड कीलिंग यांना जातो. रसायनशास्त्रात पीएचडी केल्यावर कीलिंग यांनी पुढील अभ्यासासाठी 'कॅलिफोर्निया इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी (कॅल टेक)'मध्ये भूगर्भ-रसायन क्षेत्र निवडले. येथेच त्यांनी हवेच्या नमुन्यांमधील कर्बवायू प्रमाण सातत्याने व अचूकपणे मोजण्याची पद्धत विकसित केली.

'कॅल टेक'मधल्या त्यांच्या अभ्यासात दिसून आले की जंगलातील हवेत कर्बवायूमध्ये तसेच त्यामधील कार्बनच्या समस्थानिकांच्या प्रमाणात दैनंदिन चक्रीय बदल होतात आणि त्याचा संबंध झाडांच्या प्रकाशसंश्लेषण, श्वसन व वातावरणाशी असतो. त्यांनी हे सुद्धा दाखवले की शहरी प्रदूषण व हरित आच्छादन नसलेल्या प्रदेशात बराच काळ हवेतील कर्बवायूचे प्रमाण स्थिर असते. कर्बवायूच्या बाबतीतील कीलिंग यांचा हा 'वातावरणीय पार्श्वभूमी'चा शोध पुढे महत्त्वाचा ठरला. त्यामुळेच हवामान विज्ञानात पृथ्वीच्या वातावरणातील कर्बवायूच्या अभ्यासाला आणि नंतर मिथेन, नायट्रस ऑक्साईड क्लोरोफ्लोरो कार्बन्ससारख्या इतर हरितगृह वायूंच्या अभ्यासाला प्रेरणा मिळाली.

एकोणिसाव्या शतकाच्या शेवटी अन्हीयनियस या वैज्ञानिकाने असे सुचवले होते की, "जीवाश्म इंधनांच्या ज्वलनामुळे वातावरणातील कर्बवायू वाढल्याने जागतिक तापमानावर परिणाम होऊ शकतो." परंतु ही शक्यता फारशी गांभीर्याने घेतली जात नव्हती कारण यापैकी बहुतांश वाढ महासागर शोषून घेतात असे समजले जात होते. १९५० च्या दशकात, कॅलिफोर्नियातील स्क्रिप्स इन्स्टिट्यूशन ऑफ ओशनोग्राफीच्या रॉजर रेव्हेल आणि हॅन्स स्यूस यांच्या लक्षात आले की महासागरांची शोषणक्षमता मर्यादित आहे. मग अधिक कामासाठी रेव्हेलने कीलिंगना स्क्रिप्समध्ये बोलवून घेतले. वातावरणातील कर्बवायूमधील बदल वेगवेगळ्या ठिकाणचे व दीर्घ कालावधीतील अचूकरित्या करण्यासाठी स्थानिक स्रोतांपासून शक्य तितके दूर अशा दुर्गम ठिकाणी, नियमितपणे मापन करणे गरजेचे होते. १९५७-५८ मध्ये हवाई येथील मौना लोआ, अंटार्क्टिकामध्ये यासाठी कीलिंग यांनी संशोधन सुरू केले. या अभ्यासातून वातावरणातील 'कर्बवायू'चे प्रमाण वाढत असल्याचे सिद्ध झाल्यावर अन्हीयनियसची संकल्पना ही केवळ विवादास्पद गृहीतक न राहता वस्तुस्थिती असल्याचे स्पष्ट झाले.

हे सामाजिक आणि राजकीय दृष्ट्यादेखील अत्यंत महत्त्वाचे होते. या मौना लोआ नोंदींचा आलेख आता 'कीलिंग-कर्ब' म्हणून प्रसिद्ध आहे. त्यामुळे जगभरातील अनेक

वैज्ञानिकांना वाढत्या 'कर्बवायू'चा जागतिक हवामानावरील परिणाम अचूक मोजण्यासाठी प्रेरणा मिळाली. मौना लोआच्या पहिल्या वर्षभरातील नोंदीतच वातावरणातील कर्बवायूच्या प्रमाणात होणाऱ्या नियमित चक्रीय बदलांना पुष्टी मिळाली. त्याचबरोबर कर्बवायूमधील 13C/12C या समस्थानिकांचे गुणोत्तर मोजून कीलिंग हे दाखवून देऊ शकले की हे बदल उत्तरेकडील अतिउष्ण कटिबंधातील वनस्पतींच्या वार्षिक वाढ-क्षय चक्रांशी जोडलेले आहेत. या नोंदी आज जगभरातील अनेक वेधशाळा करत असतात. त्यातून हवामान बदलांचे भू-परिसंस्थांवर होणाऱ्या परिणामांचे आकलन वाढण्यास मदत होते. याच काळात या कामासाठीचे अर्थसाहाय्य थांबले. पण प्रकल्पापुढे अडचणी असतानाही, कीलिंग यांनी या मोजमापांचा अथक पाठपुरावा चालू ठेवला. त्यांच्या पाठपुराव्यामुळेच आज अर्ध्या शतकाहून अधिक काळाचे दोन अत्यंत अचूक रेकॉर्ड्स उपलब्ध आहेत : १९५० च्या दशकाच्या उत्तरार्धातले आणि सध्याचे. कर्बवायूचे हवेतील प्रमाण तेव्हा प्रति दशलक्ष ३१५ भाग होते. ते आता ३७५ पेक्षा जास्त झाले आहे.

१९६० च्या दशकाच्या सुरुवातीस, कीलिंग आणि हवामानशास्त्रज्ञ बर्ट बोलिन यांनी वातावरणातील कर्बवायूच्या मोजमापांचे गणित करून जीवाश्म-इंधनाचा जागतिक कर्ब उत्सर्जनात मोठा वाटा आहे हे दाखवले.

या नोंदींमधील माहिती खरोखरच आश्चर्यकारक आहे. गेल्या काही दशकात या कर्बवायूच्या प्रमाणातील बदलांच्या आयामात (Amplitude) आणि अवस्थांमध्ये (Phasing) झालेल्या लक्षणीय बदलांमुळे उत्तर गोलार्धात वसंत ऋतूचे आगमन हल्ली १९६० च्या दशकापेक्षा एक आठवडा आधीच होत आहे, हे कीलिंग आणि सहकाऱ्यांनी दाखवून देऊन पृथ्वीचे हवामान बदलत आहे याचा आणखी एक पुरावाच दिला. कीलिंग यांच्या सहकाऱ्यांनी कर्बवायूमधील आंतरवार्षिक बदलांचा संबंध अल-निनो-सर्न ऑसिलेशनसारख्या हवामानातील चढउतारांशी जोडला. त्यावर कीलिंग यांनी कार्बन समस्थानिकांचे मापन आणि दीर्घकालीन नोंदींच्या आधारे अल-निनोमुळे होणारे बदल हे जमिनीवरील वनस्पतींच्या दरवर्षीच्या वाढ आणि क्षयातील फरकामुळे प्रामुख्याने होतात हे दाखवून दिले.

जपानच्या सायन्स कौन्सिलचे ब्लू प्लॅनेट पारितोषिक, अमेरिकेचे नॅशनल मेडल ऑफ सायन्स, पर्यावरणीय कामगिरीसाठी टायलर पारितोषिक यांसारख्या अनेक पुरस्कारांद्वारे कीलिंग यांचे कार्य ओळखले गेले आहे. जोनाथन वेनर हे आपल्या 'द नेक्स्ट हंड्रेड ईयर्स' या पुस्तकात कीलिंगच्या कार्याचे वर्णन करताना म्हणतात, "त्याने जगाचा श्वास मोजला."

-प्रफुल्ल पांडव

prafullp@gmail.com

◆◆

# मिलोतीन मिलेन्कोविच : milutin milankovic

इंजिनियर आणि खगोलीय भौतिकी तज्ज्ञ

जन्म- २८ मे, १८७९; मृत्यू- १२ डिसेंबर, १९५८



हिमयुगं अवतरणं आणि ती संपणं यामागील कारणं आणि त्यांच्या परिणामांची व्याप्ती याबाबत विसाव्या शतकाच्या मध्यापर्यंत निश्चित सिद्धांत तयार झाले नव्हते. सध्याच्या सर्बियातील (तेव्हाचा क्रोशिया) मिलोतीन मिलेन्कोविच (Milutin Milankovitch) या इंजिनियर आणि खगोलीय भौतिकी तज्ज्ञानं १९२४-१९३० दरम्यान वरील विषयासंबंधी मूलगामी विचार केला आणि गुंतागुंतीची गणितं करून मानवी आयुष्याच्या कित्येक पट प्रदीर्घ परिक्रमा-कालावधी असणाऱ्या पृथ्वीच्या संदर्भातील खालील तीन चक्रांचं अस्तित्व शोधलं. तसेच हिमयुगं अवतरणं-संपणं याची पथदर्शी गणिती सैद्धांतिक मांडणी संगणकयुग अवतरण्यापूर्वीच केली.

१) पृथ्वीच्या परिभ्रमण कक्षेचं विलिप्तता चक्र - सूर्य, पृथ्वी, तिच्याजवळून तिच्याभोवती परिक्रमा करणारा चंद्र हा उपग्रह, तसेच सूर्याच्या भोवती स्वतःच्या परिभ्रमण कक्षेत आपापल्या गतीनं परिक्रमा करणाऱ्या गुरू आणि शनी या दोन सर्वांत जास्त वस्तुमानांच्या ग्रहांची वस्तुमानं मिलेन्कोविचने लक्षात घेतली. त्यामुळं त्याच्या मनात या अवकाशीय ग्रहगोलांचं चलचित्र साकारलं. त्यामध्ये न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाचा वैश्विक नियमाचा आधार मोलाचा होता. या संशोधनातून पृथ्वीची सूर्याभोवती फिरण्याची भ्रमणकक्षा जवळपास वर्तुळाकार ते लंबवर्तुळकार या दरम्यान बदलवणारं निसर्गचक्र सिद्ध झालं. कोणत्याही लंबवर्तुळाची 'विलिप्तता' (इंग्रजीत इक्सेन्ट्रिसिटी) त्याच्या महत्तम आणि लघुत्तम अक्षांच्या प्रमाणाची दर्शक असते. परिणामी, पृथ्वीच्याही वर्तुळ ते लंबवर्तुळ या आकारात बदलणाऱ्या भ्रमणकक्षेची विलिप्तता बदलत पूर्वस्थितीला सुमारे एक लाख वर्षांनी परतते, म्हणून तो या निसर्गचक्राचा कालावधी आहे.

या विलिप्तता चक्रानुसार सूर्य-पृथ्वी हे अंतर बदलतं आणि त्याच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात सूर्यापासून पृथ्वीवर येणारी ऊर्जा कमी-जास्त होते, याची काटेकोर गणितं मिलेन्कोविच यांनी केली. हा बदल कमी असल्यानं, त्याचे हिमयुग अवतरण्या-संपण्यावर होणारे परिणामही नगण्य असल्याचं त्यांनी भाकीत केलं.

२) परिभ्रमण आणि परिवलन कक्षांच्या पातळ्यांतील तिर्यकतेचं (Obliquity) चक्र - पृथ्वीचं सूर्याभोवती परिभ्रमण चालू असताना ती स्वतःभोवतीही फिरते (त्यामुळं २४ तासात दिवस-रात्र घडतात). हे तिचं स्वतःभोवती फिरणं म्हणजे परिवलन. परिभ्रमण-कक्षा म्हणजे परिभ्रमण-पातळी आणि पृथ्वीच्या विषुववृत्ताची पातळी म्हणजे परिवलन-पातळी. परिवलन पातळीला काटकोनात दक्षिण आणि उत्तर ध्रुवांना जोडणारा काल्पनिक

अक्ष आहे. विषुववृत्तीय पातळीत म्हणजेच या अक्षाभोवती पृथ्वी स्वतःभोवती फिरत असते. या दोन्ही पातळ्या परस्परांना कोनात छेदतात. हा 'तिर्यक' कोन २२.१० ते २४.५० अंश दरम्यान ४१,००० वर्षांचा कालावधी असणाऱ्या चक्रात परिभ्रमण करतो असं मिलेन्कोविच यांना त्यांच्या गणितातून आढळलं.

हा तिर्यक कोन कमी होईल, तसतसं पृथ्वीवरील ऋतू सौम्य होत जातील. उन्हाळा कडक असणार नाही आणि हिवाळा उबदार होईल. परिणामी, ध्रुवप्रदेशांजवळील भागांवर बर्फ साचू लागेल. बर्फाच्छादित भाग वाढण्यामुळं सूर्याची ऊर्जा जास्त प्रमाणात परावर्तीत होईल. थंडी वाढेल. असं होत होत हिमयुग सुरू होईल. त्यानंतर तिर्यक कोन पुन्हा वाढू लागेल. तो जास्तीत जास्त झाल्यावर अशा वर्षांत ऋतू जास्त कडक होतील. त्या सुमारास हिमयुग संपू लागेल.

३) दक्षिण-उत्तर ध्रुव जोडणाऱ्या अक्षाचं विशुवचलन (प्रीसेशन) चक्र - पृथ्वीच्या दक्षिण आणि उत्तर ध्रुवांना जोडणाऱ्या काल्पनिक अक्षाभोवती पृथ्वीचं परिवलन चालू असतानाच या अक्षाचं दक्षिण टोक एका स्थिर जागी फिरत असताना उत्तर टोक मात्र वर्तुळाकार कक्षेत २६,००० वर्षांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करणाऱ्या धिम्या गतीनं फिरत असतं. हे आहे या अक्षाचं विशुवचलन चक्र (मंदगतीनं फिरणाऱ्या भोवऱ्याला अशीच दुसरी वाढत जाणारी विशुवचलन गती असते.). या अक्षाच्या विशुवचलनाच्या धिम्या गतीमुळं हा अक्ष फक्त पुढील काही शतकं उत्तरेला ध्रुव ताराच दाखवेल. विशुवचलन चक्र आणि तिर्यक कोन चक्र यांचे एकत्रित परिणाम पृथ्वीच्या संदर्भातील ग्रहस्थितीनुसार तीव्र किंवा सौम्य असू शकतात.

वरील तीन निसर्गचक्रांचा स्वतंत्र आणि एकत्रित परिणाम कमी-अधिक पर्यावरणीय बदल घडवतात, याचं गणिती मॉडेल मिलेन्कोविचने बनविलं. त्या मॉडेलचं वर्णन 'पर्यावरणीय बदलांचं टाईम मशिन' असंही करता येतं. हे मॉडेल टाईम मशिन प्रमाणं भूतकाळातील हिमयुगं कधी सुरू झाली आणि संपली हे मांडते. त्यानुसार गेल्या १० लाख ते ३० वर्षांत दर ४१ हजार वर्षांनी हिमयुगं आली होती, मात्र त्या संदर्भात नित्य नवं संशोधन होत आहेच.

(पृथ्वीच्या तापमानात बदल होण्याचे हे दीर्घकालीन चक्र समजावून घ्यायला हवे. त्याच्या पार्श्वभूमीवर मानव-निर्मित तापमान वाढ समजावून घेतली पाहिजे.)

-प्रकाश बुरटे

prakashburte123@gmail.com

◆◆

## सुझान सिमार्ड : Suzanne Simard

कॅनेडियन जंगल परिसंस्था तज्ज्ञ

जन्म- १९६०



विविध प्रजातीच्या झाडेझुडुपे, शेवाळी, बुरशी, पशूपक्षी, कीटक यांच्यातील 'स्पर्धे'वर नव्हे तर परस्पर 'सहकार्या'वर, देवाणघेवाणीवर उभी असलेली जैवविविधतेने नटलेली सशक्त परिसंस्था म्हणजे जंगल! झाडांच्या जमिनीखाली पसरलेल्या मुळांच्या जैविक साखळ्यांच्या संरचनेतून जंगलातील झाडांचा एकमेकांशी 'संवाद' चालतो आणि जंगलाचे स्वतंत्र अस्तित्व असल्याप्रमाणे वर्तन घडते. सुझान सिमार्ड यांनी मोनोकल्चरने 'जंगल' निर्मिती होत नाही हे दाखवून दिले आहे.

गेल्या शतकापासून जगात अनेक भागात व्यावसायिक वापरासाठी लागणारे लाकूड मिळवण्यासाठी व इतर कारणांसाठी नैसर्गिक जंगल सरसकट कापून तो भूभाग तणनाशके वगैरे वापरून 'साफ' केला जातो. अशा 'साफ' केलेल्या भूभागात पुनर्वनीकरण करण्यासाठी 'फ्री टू ग्रो' तत्त्वानुसार आर्थिकदृष्ट्या फायदेशीर प्रजातीची झाडे त्यांना वाढीमध्ये सूर्यप्रकाश, पाणी आदी संसाधनांची कमतरता पडू नये यासाठी ठराविक अंतर राखून लावली जातात. यातून तयार होते ते 'मोनो कल्चर' असलेले 'मानवनिर्मित' जंगल (?). भारतातही हेच चित्र 'आधुनिकीकरण', 'विकास' या नावाखाली तयार होत आले आहे.

१९८० च्या सुमारास कॅनडातील ब्रिटिश कोलंबियाच्या जंगल परिसरात बालपण गेलेली एक तरुणी टिंबर कंपनीत नोकरीला लागली. तिला 'मानवनिर्मित' जंगलातील अनेक झाडे खुंटलेली, रोगट, पिवळी पडलेली दिसली. 'मानवनिर्मित' जंगलातील झाडे उष्णतेच्या लाटेला तोंड न देऊ शकणारी, पाण्याचा थोडाही ताण सहन न करू शकणारी आढळली. याउलट नैसर्गिक जंगलात मात्र विविध प्रकारचे वृक्ष, वनस्पती, वेली, तण, बुरशी जवळजवळ वाढत असूनही त्या सर्वांची वाढ चांगली होते, हे तिने बालपणीच अनुभवले होते. स्वाभाविकच तिला प्रश्न पडला - 'हे असे का?' हा प्रश्न पडलेली तरुणी म्हणजे सुझान सिमार्ड. या अनुभवातून त्यांनी आपले आयुष्य जंगल परिसंस्थेच्या अभ्यासात व्यतीत करण्याचे ठरवले.

सुझान सिमार्ड या कॅनेडियन वैज्ञानिक असून ब्रिटिश कोलंबिया विद्यापीठामध्ये 'फॉरेस्ट आणि काँझर्वेशन सायन्स' विभागात अध्यापन करतात. 'ऑरेगन स्टेट युनिव्हर्सिटी'मधून त्यांनी 'फॉरेस्ट सायन्स' या विषयात डॉक्टरेट केलेली आहे.

विविध प्रजातींचे वृक्ष, झाडेझुडुपे, शेवाळी, बुरशी, पशूपक्षी, कीटक यांच्यातील 'स्पर्धे'वर नव्हे तर परस्पर 'सहकार्या'वर, देवाणघेवाणीवर उभी असलेली जैवविविधतेने नटलेली सशक्त परिसंस्था म्हणजे जंगल. जसे मानवी शरीरातील चेतापेशींचे गुंतागुंतीचे जाळे



काटेकोरपणे चालत असते, तसेच मोठमोठ्या वृक्षांच्या जमिनीतील मुळांमधून संदेशवहन-ग्रहण चालू असते. जमिनीखाली पसरलेल्या मुळांद्वारे ते एकमेकांना मदत करतात, एकमेकांचे पोषण करतात हे सिमार्ड यांनी दाखवून दिले.

जमिनीखाली पसरलेल्या मुळांमध्ये चालणारे संदेशवहन शोधण्यासाठी सिमार्ड यांनी कार्बन आयासोटोप (C13 / C14) वापरले. हा प्रयोग त्यांनी खुल्या जागेत आणि तापमान, आर्द्रता, माती, झाडे हे नियंत्रित केलेल्या ग्रीनहाऊसमध्येही केला. प्रयोगाचा मुख्य उद्देश होता एकेकट्या वनस्पती आणि इतर प्रजातींमध्ये चालणाऱ्या कार्बनच्या आदान प्रदानाचे मापन करणे.

मुळांच्या टोकातील डीएनएचे विश्लेषण करून आणि कबरीणूंच्या हालचालीचा मागोवा घेऊन सिमार्डने दाखवले की मदर ट्री-जंगलातील विशाल वृक्ष-हे जमिनीखालील मायकॅरहामयझा बुरशीच्या (Mycorrhiza Fungus) नेटवर्कच्या केंद्रस्थानी असतात आणि या बुरशीचे धागे जंगलातील जवळजवळ प्रत्येक झाडाला जोडतात, अगदी वेगवेगळ्या प्रजातींच्या झाडांना / वनस्पतींना देखील. बुरशी व झाडांची जमिनीखाली पसरलेली मुळे म्हणजे असंख्य अगणित जैविक साखळ्यांची संरचना असते. या जाळ्यातून कार्बन, पाणी, पोषक घटक, धोक्याचे संदेश आणि हार्मोन्स एका झाडापासून दुसऱ्या झाडाकडे जाऊ शकतात. मोठे वृक्ष छोट्या रोपांना सामावून घेण्यासाठी स्वतःच्या मुळांची रचना देखील बदलतात आणि जर एखादे झाड मृत्यूच्या उंबरठ्यावर असेल, तर ते कधीकधी आपल्या शेजाऱ्यांना कार्बनचा मोठा वाटा देते. जंगलाच्या या भूमिगत जाळ्यापासून तोडलेली रोपे न जगण्याचीच शक्यता जास्त असते. या जाळ्याच्या माध्यमातूनच जंगलातील झाडांचा एकमेकांशी चाललेला 'संवाद' आणि त्यातून जंगलाचे स्वतंत्र अस्तित्व (entity) असल्याप्रमाणे एकसंध वर्तन घडत असते. जंगलातील झाडे, वनस्पती, शेवाळे, बुरशी आणि सूक्ष्मजीव इतके जोडलेले आहेत, संवाद साधणारे आणि परस्परावलंबी आहेत की काही वैज्ञानिक त्यांचे वर्णन आता 'सुपरऑर्गॅनिझम' म्हणून करतात.

पर्यावरणीय विज्ञान व त्यासंबंधी धोरण बदलासाठी वैज्ञानिकांनी समाजाशी अधिक संवाद साधण्याची गरज आहे असे सिमार्ड मानतात व त्यासाठी टेरेवेब (Terre Web) या शैक्षणिक कार्यक्रमाचे त्या नेतृत्व करत आहेत.

जंगलांनी युगानुयुगे मानवासह अगणित प्रजातींना अन्न, निवारा दिला आहेच, त्याशिवाय ती वसुंधरेचे फुफ्फुसे म्हणूनही कार्य करतात. संशोधकांचा असा अंदाज आहे की, एकत्रितपणे, जगातील जंगले जागतिक २४ टक्क्यांहून अधिक कर्बवायू उत्सर्जन शोषून घेतात आणि एकूण ४०० ते १२०० गिगा टन कार्बन साठवतात. जेव्हा एखादे परिपक्व जंगल नष्ट केले जाते तेव्हा पृथ्वी हवामान नियमनाची एक सर्वात प्रभावी प्रणाली गमावतो. या पार्श्वभूमीवर जंगल संपत्तीचे संवर्धन वैज्ञानिक पद्धतीने करण्यासाठी सिमार्ड यांचे संशोधन अत्यंत महत्त्वाचे आहे.

-सीमा केतकर

seemaketkar@gmail.com

## सुनीता नारायण : Sunita Narain

भारतीय पर्यावरण अभ्यासक, पत्रकार

जन्म- २३ ऑगस्ट, १९६१



सुनीता नारायण या भारतातील एक आघाडीच्या व तळमळीच्या पर्यावरण धोरण संशोधक, झुंजार पत्रकार, जनवादी पर्यावरणीय प्रवक्त्या/कार्यकर्त्या आहेत. त्यांच्या सर्वकष कार्यासाठी त्यांना अनेक पुरस्कार मिळाले आहेत - पद्मश्री (२००५), टाईम मासिकाच्या सर्वाधिक प्रभावशाली व्यक्तींमध्ये समावेश (२०१६), अनेक नामवंत विद्यापीठांकडून मानद डॉक्टरेट्स, एडिनबर्ग पदक (२०२०) इत्यादी.

शाळेत असताना सुनीता यांचा 'चिपको' आंदोलनाशी संपर्क आला. त्यांनी १९८२ मध्ये पर्यावरण-पत्रकार अनिल अगरवाल यांच्याबरोबर 'सेंटर ऑफ सायन्स अँड एनव्हायरमेंट (सीएसई)' मध्ये सहसंशोधक म्हणून काम सुरू केले. अगरवालांच्या पश्चात २००२ पासून सीएसईची धुरा त्यांनी सांभाळली आहे.

भारताचा पहिला पर्यावरण अहवाल (१९८५), 'हरित खेड्याकडे' (१९९२), Dying Wisdom : The Rise, Fall and Potential of Traditional Water Harvesting Systems, Making Water Everybody's Business (१९९७) असे महत्त्वपूर्ण अहवाल/पुस्तके नारायण आणि अगरवाल यांनी लिहिली. यातून त्यांनी देशातील जमीन आणि जलसंपत्तीचे व्यवस्थापन तसेच पर्यावरण संवर्धनासाठी पारंपरिक ज्ञानाचे आणि लोकसहभागाचे महत्त्व अधोरेखित केले.

१९९० पासून अगरवाल आणि नारायण यांनी हवामान बदलावर काम करणे सुरू केले आणि १९९२च्या रियो परिषदेपूर्वी Global Warming in an Unequal World - Case of Environmental Colonization हा अहवाल प्रसिद्ध करून जागतिक तापमान वाढीला श्रीमंत राष्ट्रेच कशी जबाबदार आहेत हे मांडले. जागतिक तापमान वाढीच्या चर्चेला महत्त्वपूर्ण वळण देण्याचे श्रेय अगरवाल-नारायण यांना जाते. वसुंधरा परिषदेआधी 'ग्रीन पॉलिटिक्स' (२००२) या पुस्तकामध्ये पर्यावरणीय समस्यांचा जागतिक राजकारणावर कसा प्रभाव पडतो आणि कोणताही देश स्वतःचे पर्यावरणाचे प्रश्न एकट्याने सोडवू शकणार नाही हे त्यांनी मांडले.

२००२ साली नारायण व त्यांच्या सहकाऱ्यांनी वायुप्रदूषण कमी करण्यासाठी दिल्ली परिसरात वाहनांच्या सीएनजी वापराचा मुद्दा सर्वोच्च न्यायालयापुढे यशस्वीरित्या मांडला. राजधानीतील बसेसमध्ये 'सीएनजी'च्या वापरामुळे दूषित घटकांमध्ये लक्षणीय घट झाली.

दुष्काळावर मात करण्यासाठी 'राष्ट्रीय रोजगार हमी योजने' अंतर्गत सार्वजनिक निधीचा वापर गरिबांच्या श्रमाने सार्वजनिक मालमत्ता निर्मितीची संकल्पना त्यांनी पुढे रेटली. आज

‘राष्ट्रीय ग्रामीण रोजगार कार्यक्रम’ हा जगातील सर्वात मोठा पर्यावरणीय पुनरुज्जीवनाचा प्रयत्न आहे.

जलसाक्षरतेसाठी सशक्त अभियान उभारण्याच्या जागतिक पातळीवरच्या योगदानासाठी २००५ मध्ये नारायण यांना ‘स्टॉकहोम जलपुरस्कार’ दिला गेला. पंतप्रधानांच्या हवामान-बदल परिषदेच्या तसेच गंगानदी खोरे प्राधिकरणाच्या त्या सदस्या होत्या. २००८-०९ मध्ये हवामान कराराची आवश्यकता व त्याचा विकासाशी संबंध यासाठीच्या स्वीडिश सरकारच्या उच्चस्तरीय आयोगाच्या नारायण सदस्य होत्या. शहरी पाणी पुरवठा, सांडपाणी व्यवस्थापन आणि प्रदूषण यावर एक सर्वसमावेशक अहवाल २०१२ मध्ये त्यांनी प्रकाशित केला.

सरिस्का येथील वाघांची संख्या झपाट्याने घसरल्यावर २००५ मध्ये त्या पंतप्रधानांच्या सूचनेवरून व्याघ्रसंवर्धन दलाच्या अध्यक्ष झाल्या. वन्यजीवांच्या सोबत स्थानिक जनतेच्याही सहअस्तित्वाची काळजी घेणे वन्यजीव संवर्धनासाठी नितांत गरजेचे आहे असा निष्कर्ष त्यांनी मांडला.

२००१ मध्ये सीएसईने पाणी व अन्नपदार्थातील दूषित घटकांचे विश्लेषण करण्यासाठी एक अत्याधुनिक प्रयोगशाळा स्थापन केली. अगदी नामवंत कंपन्यांतर्फे विकल्या जाणाऱ्या बाटलीबंद पाण्यात कीटकनाशके असल्याने ते पिण्यास अयोग्य असल्याचे त्यांनी दाखवून दिले. या प्रकारचा स्वतंत्र अभ्यास आधी कधीही झाला नव्हता. त्याला या कंपन्यांकडून विरोधही झाला. काही काळानंतर भारतीय मानक ब्युरोला (BIS) यात लक्ष घालून बाटलीबंद पाण्याची मानके व नियम अधिक कडक करावे लागले. ‘सीएसई’ने कोक आणि पेप्सीसारख्या मोठ्या ब्रँड्सच्या शीतपेयांमध्ये देखील घातक कीटकनाशके मानकांपेक्षा जास्त प्रमाणात असल्याचे उघडकीस आणले. २०२० मध्ये कोविड-१९ च्या काळात ‘सीएसई’ने बाजारातील १३ मोठ्या ब्रँड्सच्या मधाचे नमुने प्रयोगशाळात तपासून घेतले. ७० टक्के नमुन्यांमध्ये ‘राईस सिरप’ची भेसळ आहे हे त्यांनी उघडकीस आणले.

हवामान बदलाबद्दलच्या चर्चांच्या कोलाहलात तिसऱ्या जगातील गरिबांचा आवाज बुडत आहे आणि ही चर्चा अधिक समावेशक व्हायला हवी असे त्यांना वाटतं. अलीकडच्या काळातील पूर व इतर नैसर्गिक आपत्तींमुळे झालेला प्रचंड विध्वंस अनुभवल्यावर भारतीय राजकारणी आणि प्रसारमाध्यमे आता हवामान-बदल अधिक गांभीर्याने घेऊ लागले आहेत अशी त्यांना आशा आहे. भारत व इतर विकसनशील देशातील नेत्यांनी तात्काळ कर्ब उत्सर्जन कमी करण्यासाठी जागतिक पातळीवर बोलण्याची गरज आहे. त्या म्हणतात, “माझा मानवजातीच्या सामूहिक शहाणपणावर विश्वास आहे. हवामान-बदलाच्या गरिबांवर होणाऱ्या भयानक परिणामांमागची अनैतिकता स्पष्ट केली तर जग ते समजून घेईल. आपण ही लढाई हरलेलो नाही.”

– शरयू परब-वगळ

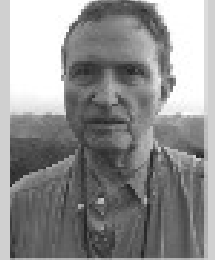
sharayuv29@gmail.com



## थॉमस लव्हजॉय : Thomas Lovejoy

अमेरिकन परिसंस्था व संरक्षण-संवर्धन जीववैज्ञानिक

जन्म- २२ ऑगस्ट, १९४१



थॉमस ई. लव्हजॉय परिसंस्था आणि संरक्षण व संवर्धन जीवविज्ञानातील अग्रणी वैज्ञानिक आहेत आणि ते 'जैवविविधतेचे गॉडफादर' म्हणून ओळखले जातात. 'जैविक विविधता' (१९८०) ही संज्ञा त्यांनी जगाला दिली.

पर्यावरणीय संरक्षण हे एक मूल्य मानणाऱ्या आणि विद्यापीठ परिसरातच प्राणीसंग्रहालय असणाऱ्या मिलब्रुक स्कूलमध्ये लव्हजॉय यांचे शिक्षण झाले. या 'ट्रेव्हर ड्रू'चे संस्थापक फ्रँक ट्रेव्हर व त्यांच्या पत्नी जॅनेट यांच्याबरोबर लव्हजॉय यांनी काम केले. काही दिवसांनी लव्हजॉय यांनी जीवशास्त्राच्या अभ्यासाला वाहून घेण्याचा निर्णय घेतला. १९५९ मध्ये त्यांनी मिलब्रुकमधून पदवी प्राप्त केली. येल विद्यापीठातून त्यांनी जीवशास्त्रात पीएचडी मिळवली.

१९६५ पासून ब्राझीलमध्ये अॅमेझॉनच्या खोऱ्यातील कामाच्या आधारे लव्हजॉय यांनी १९७० मध्ये उष्णकटिबंधातील जंगलतोडीचा गंभीर प्रश्न जगासमोर मांडला. १९८० मध्ये जगाचे लक्ष तेथील पर्जन्यवनांकडे (Rainforests) वेधले. जागतिक पातळीवर नष्ट होणाऱ्या प्रजातींचा पहिला अहवाल 'ग्लोबल २००० रिपोर्ट'मध्ये त्यांनी मांडला. त्यात जगातील १०-२० टक्के प्रजाती २०२० पर्यंत नष्ट झालेल्या असतील असे लव्हजॉय यांनी १९८० मध्येच मांडले होते.

१९७८ मध्ये जैवविविधता टिकवून ठेवण्याच्या अॅमेझॉनच्या खोऱ्यातील उष्णकटिबंधीय पर्जन्यवनांच्या विविध आकाराच्या तुकड्यांच्या क्षमतेचा अभ्यास करण्यासाठी लव्हजॉय यांनी 'मिनिमम क्रिटिकल साईझ ऑफ इकोसिस्टिम्स प्रोजेक्ट (आता 'बायॉलॉजिकल डायनॅमिक्स ऑफ फॉरेस्ट फ्रॅगमेंट्स प्रोजेक्ट' जंगल-तुकड्यांच्या जैविक गतीशीलतेवर प्रकल्प - BDFFP) सुरू केला (१९७८). 'लँडस्केप इकॉलॉजी'मधला हा जगातील सर्वात मोठा प्रकल्प आहे. या अभ्यासातून असा निष्कर्ष पुढे आला की, छोट्या छोट्या तुकड्यांच्या अनेक राखीव क्षेत्रांमध्ये जेवढ्या प्रजाती संरक्षित राहतात त्यापेक्षा त्यांच्या एकत्रित आकाराच्या पण एकाच मोठ्या राखीव क्षेत्रामध्ये कितीतरी अधिक प्रजाती संरक्षित राहतात. तसेच अशा वन्य क्षेत्रांच्या सीमारेषांवरील प्रदेशांवर होणाऱ्या परिणामांच्या अभ्यासामधून पुढे आलेले निष्कर्ष राखीव क्षेत्रांच्या आरेखन आणि व्यवस्थापनासाठी अत्यंत महत्त्वाचे आहेत. या अभ्यासामुळे वेगाने कमी होत चाललेल्या उष्णकटिबंधीय जंगलांच्या गंभीर समस्येकडे जगाचे लक्ष वेधले गेले.

'बायॉलॉजिकल डायनॅमिक्स ऑफ फॉरेस्ट फ्रॅगमेंट्स प्रकल्पा'ला मदत करण्यासाठी

स्थापन केलेल्या 'अॅमेझॉन बायोडायव्हर्सिटी सेंटर'चे लव्हजॉय सहसंस्थापक आहेत.

विकसनशील देशांनी पर्यावरण संरक्षण-संवर्धनासाठी गुंतवणूक केल्याबद्दल त्यांच्या परकीय कर्जातील भाग माफ करण्याची 'पर्यावरण संरक्षणाच्या बदल्यात कर्जमाफी' देण्याची संकल्पना ('debt-for-nature' swap) (१९८४) त्यांनी मांडली. यात पर्यावरणवादी गट विकसनशील देशांवरील बोजा असणाऱ्या परकीय कर्जाचा भाग त्या देशाच्या परवानगीने चक्र बाजारात कमी किमतीला विकत घेऊन त्या निधीतून त्या देशातील पर्यावरणीयदृष्ट्या संवेदनशील जमिनींचे पट्टे पर्यावरण संरक्षणासाठी खरेदी करतात.

संरक्षण-संवर्धन जीवशास्त्राचा (Conservation Biology) पाया लव्हजॉय यांनी घातला असे म्हटले जाते. १९७८ मध्ये विलकॉक्ससोबत संवर्धन जीवशास्त्र संशोधनावरील पहिल्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेत लव्हजॉय यांनी वैज्ञानिक समुदायाला संवर्धन जीवशास्त्राची ओळख करून दिली.

तसेच हवामान बदलाशी संबंधित जीवशास्त्र या अभ्यास क्षेत्राचे लव्हजॉय यांना संस्थापक म्हटले जाते.

या क्षेत्रातील त्यांनी मांडलेल्या संकल्पनांमुळे त्यांना रेगन, बुश आणि क्लिंटन यांच्या अध्यक्षपदाच्या काळात विज्ञान व पर्यावरण कौन्सिल्सवर वरिष्ठ सल्लागार म्हणून काम करण्याची संधी मिळाली. 'Nature' या लोकप्रिय सार्वजनिक दूरदर्शन मालिका सुरू करण्याचे श्रेय लव्हजॉय यांना जाते.

त्यांनी अमेरिकेच्या 'वर्ल्ड वाईल्डलाइफ फंडा'च्या संवर्धन कार्यक्रमाला (१९७३-८७) दिशा दिली. १९९९-२००२ पर्यंत त्यांनी जागतिक बँकेच्या अध्यक्षांचे मुख्य जैवविविधता सल्लागार म्हणून काम केले. आंतरराष्ट्रीय पर्यावरण अधिवेशनात मान्य झालेल्या पर्यावरणसंबंधी जबाबदाऱ्या पार पाडण्यासाठी विकसनशील देशांना निधी पुरवणाऱ्या ग्लोबल एन्व्हायर्नमेंट फॅसिलिटी (GEF) या अब्जावधी-डॉलर निधीच्या यंत्रणेच्या वैज्ञानिक तांत्रिक सल्लागार पॅनेलचे (STAP) लव्हजॉय यांनी अध्यक्षपद (२००८-१३) सांभाळले.

लव्हजॉय हे 'टायलर' पुरस्कार (२००१), इकॉलॉजी अँड कॉन्झर्व्हेशन बायॉलॉजीमधील BBV-फाऊंडेशन फ्रंटियर्स ऑफ नॉलेज अवॉर्ड (२००८), अमेरिकन अँकॅडमी ऑफ अचिव्हमेंटचा गोल्डन प्लेट पुरस्कार (२००१), 'अधिवासाचे तुकडे करून जैविक विविधतेला मानवी समाज संकटात ढकलत आहे हे स्पष्ट करणारे पहिले वैज्ञानिक' म्हणून 'ब्लू प्लॅनेट' पुरस्कार (२०१२) अशा अनेक मोठ्या पुरस्कारांचे मानकरी आहेत. लव्हजॉय यांच्या जैवविविधतेच्या क्षेत्रातील योगदानाच्या सन्मानार्थ कॉस्टारिकामध्ये सापडलेल्या एका भुंग्याच्या प्रजातीला 'पॉलिसिर्टस लव्हजॉय' असे नाव दिले गेले आहे.

युनायटेड स्टेट्स स्टेट डिपार्टमेंटने त्यांची यु.एस. विज्ञान दूत (२०१७-१८) म्हणून निवड केली होती. आता २०२१ मध्ये त्यांची यु.एस. नॅशनल अँकॅडमी ऑफ सायन्सचे सदस्य म्हणून निवड झाली आहे.

-आरती ठाकुर

aaartirthakur01@gmail.com

## शुकुरो मानाबे : Shukurō (Syukuro) Manabe

जपानी वंशाचे अमेरिकन हवामान-विज्ञान तज्ज्ञ

जन्म- २१ सप्टेंबर, १९३१



मानवी कृतींतून कर्बवायू, नायट्रस ऑक्साईड, मिथेन, क्लोरोफ्लोरो कार्बन्ससारखे घातक हरितगृह वायू, उत्सर्जित होतात. त्यांचे हवामानावर, पर्यावरणावर, परिसंस्थांवर होणारे दैनंदिन आणि दूरगामी परिणाम अभ्यासणे, उपाय योजना ठरवणे, त्यांचे परिणाम अभ्यासणे हे काम अत्यंत गुंतागुंतीचे असते. पण हे अभ्यासल्याशिवाय अवघ्या वसुंधरेला ग्रासून टाकणाऱ्या 'ग्लोबल वॉर्मिंग' वरील उपाययोजना करणे शक्य नाही.

हे उपाय करण्यासाठी पृथ्वीच्या हवामानाचे विश्वसनीय मॉडेलस त्यासाठी तयार करता आले पाहिजेत. पृथ्वीच्या हवामानाचे असे भौतिक मॉडेल संगणकावर करण्याचे क्रांतिकारी काम शुकुरो मानाबे या जपानी वंशाच्या अमेरिकन हवामान तज्ज्ञाने सर्वप्रथम केले. त्यांनी वास्तव जगाचे 'डिजिटल जुळे' संगणकावर तयार करण्याचे तंत्र विकसित केले.

या संगणकीय मॉडेलिंगच्या तंत्रामुळे पृथ्वीच्या वातावरणात घडणाऱ्या भौतिक घटनांचे विश्वसनीय मॉडेल संगणकावर तयार करून अभ्यासता येणे शक्य झाले. आज वास्तवात ग्लोबल वॉर्मिंग कसे वाढत आहे, पुढे काय होईल, त्याचे परिणाम काय असतील, ते टाळण्यासाठी काय उपाय योजना कराव्यात, त्याचे परिणाम काय असतील यावर काम करणे शक्य झाले.

हवामानाच्या मॉडेलिंगमध्ये टप्प्याटप्प्याने विकास झाला. सुरुवातीच्या प्राथमिक मॉडेलमध्ये जमिनीपासून आकाशापर्यंतच्या वातावरणाच्या स्तंभांमध्ये घडणाऱ्या प्रक्रिया संगणकावर तयार करता येऊ लागल्या. पृथ्वीच्या हवामानाच्या चक्राचे कार्य कसे चालते हे दाखवून देणारे पहिले व्यावहारिक मॉडेल बनवण्याचे तंत्र मानाबे यांनी विकसित केले. त्यामार्फत पृथ्वीबद्दलची आपली समज वाढवली आणि अनियंत्रित मानवी व्यवहार-कृतींच्या पर्यावरणावरील गंभीर परिणामांबद्दलची जाणीव करून दिली.

वातावरणात सामान्य अभिसरण जसे होते तसे त्याचे मॉडेल त्यांनी बनवले. त्याच्या आधारे वातावरणातील त्रिमितीय अभिसरणाची गणिती मांडणी पुढच्या टप्प्यातील मॉडेलमध्ये करणे शक्य झाले. त्या पुढच्या मॉडेलमध्ये वातावरणाच्या आणि सागरी वातावरणाच्या सामान्य अभिसरणाच्या मॉडेलसचा मेळ त्यांनी घातला. हवामानाच्या या मॉडेलिंगच्या तंत्रांच्या विकासात मानाबे यांचा सिंहाचा वाटा होता.

जपानमध्ये जन्म झालेल्या शुकुरो मानाबे यांनी उच्चशिक्षण टोक्यो युनिव्हर्सिटीमध्ये घेतले. १९५९ मध्ये त्यांनी हवामान विज्ञानामध्ये डॉक्टरेट मिळवली. आजोबा आणि वडील दोघेही वैद्यकीय डॉक्टर्स होते. शुकुरो मानाबेंनी देखील डॉक्टर व्हावे अशी अपेक्षा होती तरी

आकाशाकडे पाहत विचारात गुंग होण्याची सवय असणाऱ्या मानाबेनी मात्र हवामान विज्ञानाचे क्षेत्र निवडले.

अमेरिकेच्या 'यु. एस. वेदर ब्युरो'मध्ये (नंतरचे नॅशनल ओशिनॉनिक अँड अँटमॉस्फेरिक अँडमिनिस्ट्रेशन - NOAA) हवामान-तज्ज्ञ म्हणून मानाबे रुजू झाले तेव्हा दैनंदिन हवामानाचे पॅटर्न्स, दीर्घकालीन हवामानाचा कल काय असणार आहे या संबंधीची सांख्यिकी मॉडेल्स विकसित करण्याचे प्रयत्न प्राथमिक टप्प्यात होते. त्यासाठी लागणारी अत्यंत गुंतागुंतीची गणिते करण्याचे काम तेव्हा नुकत्याच उपलब्ध झालेल्या संगणकांमुळे शक्य झाले होते. या प्रयोगांमध्ये मानाबे सहभागी झाले.

मानाबेनी जोसेफ स्मॅगरीन्स्की आणि इतर सहकाऱ्यांबरोबर 'जनरल सर्क्युलेशन मॉडेल्स' म्हणून ओळखली जाणारी हवामानाची पहिली कार्यक्षम मॉडेल्स विकसित केली. त्यामुळे प्रथमच वातावरण आणि महासागरांमधील गुंतागुंतीच्या आंतर-संबंधांबरोबरच प्रारणांमुळे होणारे उष्णतेचे हस्तांतरण आणि कर्बवायूची पातळी यांच्या गतिशीलतेची नोंद घेऊन जागतिक हवामानावरील परिणाम अभ्यासणे शक्य झाले.

पृथ्वीच्या हवामानाच्या सुटसुटीत मॉडेलबद्दलची मांडणी करणारा 'जर्नल ऑफ अँटमॉस्फेरिक सायन्सेस'मधील १९६७ सालचा शोधनिबंध भूगर्भभौतिकी आणि हवामान विज्ञानाच्या विकासातील अत्यंत महत्त्वाचा टप्पा ठरला. यात प्रथमच दाखवून देण्यात आले की कर्बवायूची पातळी दुप्पट झाली तर पृथ्वीच्या तापमानात दोन अंश से.ची वाढ होईल. पुढे जाऊन तापमान वाढ दोन डिग्रीपेक्षा जास्त होऊ दिल्यास मानवी संस्कृतीच्या अस्तित्वालाच धोका आहे हे कळल्यावर दोन डिग्रीची मर्यादा जागतिक पातळीवर मान्य केली गेली.

वातावरणातील कर्बवायूची पातळी वाढल्याने केवळ तापमान व सागरांची आम्लता वाढत नाही तर त्याचबरोबरीने समुद्राची पातळी वाढणे व पर्जन्यमानात बदल होतो असे संशोधनातून स्पष्ट झाले. त्याच्या आधारे वातावरण, जमीन, आणि महासागर यांच्यातील घटक समाविष्ट केलेले सुधारित मॉडेल मानाबेनी बनवले. वाढत्या कर्बवायूमुळे होणारा तापमान वाढीचा दर हा पूर्वीपेक्षा अधिक आहे हे मानाबेनी या सुधारित हवामान मॉडेल्समधून दाखवून दिले.

मानवी संस्कृती, समाज यांच्या मुळावर घाला घालणाऱ्या हवामान-बदलाच्या गंभीर धोक्यांची कारणांसहित जाणीव शुकुरो मानाबेनी केलेल्या वैज्ञानिक संशोधनातून करून दिली. हे महासंकट टाळण्यासाठी काय करायला हवे याबाबत मार्गदर्शनही त्यांनी केले.

अनेक पुरस्कार, सन्मान मिळालेल्या शुकुरो मानाबेना २०२१ चे भौतिक शास्त्रातील नोबेल पारितोषिक देण्यात आले.

-अद्वैत पेडणेकर

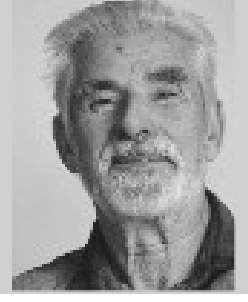


## क्लाऊस फेर्डिनांड हासलमानः

Klaus Ferdinand Hasselmann

जर्मन पर्यावरण-वैज्ञानिक

जन्म- २५ ऑक्टोबर, १९३१; हाम्बुर्ग, जर्मनी



२५ ऑक्टोबर, १९३१ रोजी जर्मनीमध्ये हाम्बुर्ग येथे जन्म झालेले क्लाऊस फेर्डिनांड हासलमान हे सागरी पर्यावरण-वैज्ञानिक असून 'क्लायमेट मॉडेलर' (हवामान मॉडेल तयार करणारे) म्हणून नावाजले जातात.

हासलमान यांचे वडील समाजवादी विचारसरणीच्या 'सोशल डेमोक्रॅटिक पार्टी'चे सक्रिय समर्थक होते. त्यामुळे ज्यू नसूनही हिटलरच्या नाझी दहशतवादापासून वाचण्यासाठी कुटुंब इंग्लंडला स्थलांतरित झाले. इंग्लंडमध्येच बालपण व शालेय जीवन व्यतीत केलेले हासलमान १९५० मध्ये हाम्बुर्गला परतले. 'हाम्बुर्ग युनिव्हर्सिटी'मध्ये गणित व भौतिक विज्ञानात पदव्युत्तर शिक्षण पूर्ण करून त्यांनी गटिंगेन युनिव्हर्सिटीच्या 'माक्स प्लांक इन्स्टिट्यूट ऑफ फ्लुइड डायनॅमिक्स'मधून पीएचडी प्राप्त केली.

हवामानाची गतिशीलता, स्टॅकस्टिक (स्वैरसंभाव्यता असणाऱ्या) प्रक्रिया, सागरी लाटा, रिमोट सेन्सिंग आणि एकात्मिक मूल्यांकन अशा बहुविध विषयात त्यांनी संशोधन केले. सागरी लाटांमधील अरेषीय आंतरक्रियांवरच्या संशोधनासाठी हासलमान ओळखले जातात.

हासलमान यांनी हवामानातील अल्प व दीर्घकालीन बदलांचा एकमेकांशी संबंध जोडणारे मॉडेल विकसित केले. त्यात पर्जन्य वर्षावासारख्या अल्पकालीन घटना सागरी प्रवाहासारख्या दीर्घकालीन घडामोडींशी कशा संबंधित आहेत हे दाखवले. यामुळे अल्पकालीन हवामानात अनेक चढउतार असूनही दीर्घकालीन हवामानाची मॉडेलस विश्वसनीय झाली. केवळ सौर प्रारणे, मानवी उद्योगातून उत्सर्जित होणारे हरितगृह वायू अशा बाह्य घटकांमुळेच नव्हे तर स्थिर परिस्थितीतही होणाऱ्या स्वैर बदलांमुळे देखील हवामानात बदल निर्माण होत असतात हे हासलमान यांनी गणिती मॉडेलच्या माध्यमातून दाखवून दिले.

हवामान बदलाच्या प्रक्रियेमधील मानवी 'फिंगर प्रिंट्स' (ठसे- मानवी कृतींचे परिणाम) शोधून काढणे हे आव्हानच होते. यात वातावरणातील सततच्या परिवर्तनशीलतेमुळे पद्धतशीरपणे झालेली परिवर्तने नेमकी कोणती हे शोधणे कठीण होते. हासलमान यांनी या बहुविध घटक आणि अवकाश व काळ या मित्तींवर अवलंबून असणाऱ्या या जटील प्रश्नाचे उत्तर 'थिअरी ऑफ ऑप्टिमल लिनिअर फिल्टर्स (इष्टतम रेषीय फिल्टर्स सिद्धांत)' वापरून काढले.

'स्टॅकस्टिक क्लायमेट फोर्सिंग' आणि 'फिंगर प्रिंट्स' शोधण्याची पद्धत हे वातावरण विज्ञानातील हासलमान यांचे प्रमुख योगदान मानले जाते.



हासलमान यांनी वेगवेगळ्या देशातील विद्यापीठांमध्ये अध्यापनाचे काम केले. १९७५ मध्ये हाम्बुर्गमध्ये स्थापित 'माक्स प्लांक इन्स्टिट्यूट ऑफ मिटिओरॉलॉजी (हवामान विज्ञान)' या संस्थेचे ते संस्थापक संचालक म्हणून १९९९ पर्यंत कार्यरत होते. १९८८ ते १९९९ या काळात त्यांनी 'जर्मन क्लायमेट कॉम्प्यूटिंग सेंटर'चे वैज्ञानिक संचालक म्हणून जबाबदारी पार पाडली. २००१ मध्ये कार्लो येगर यांच्या बरोबरीने स्थापना केलेल्या 'युरोपियन क्लायमेट फोरम (आता ग्लोबल क्लायमेट फोरम)'च्या उपाध्यक्ष पदाची आणि संचालक मंडळ सदस्याची जबाबदारी त्यांनी २०१८ पर्यंत सांभाळली. त्यांच्या प्रदीर्घ कारकिर्दीत हासलमान यांना अनेक पारितोषिके आणि सन्मान मिळाले आहेत. त्यात अमेरिकन मिटिओरॉलॉजिकल सोसायटीचे स्वरड्रूप पदक, रॉयल मिटिओरॉलॉजिकल सोसायटीचे सिमन्स मेमोरियल पदक, युरोपियन जिओफिजिकल सोसायटीचे विल्हेल्म ब्यार्कनेस पदक, स्पेनचे बीबीव्हीए फाउंडेशन फ्रंटिअर्स ऑफ नॉलेज अवॉर्ड यांचा समावेश आहे.

पर्यावरण क्षेत्रातील कामगिरीबद्दल क्लारुस हासलमान यांना पृथ्वीच्या हवामानाचे भौतिक मॉडेल तयार करणे, त्यातील परिवर्तनशीलतेचे प्रमाण निश्चित करणे, जागतिक तापमान वाढीचा विश्वासार्ह अंदाज करणे आणि यासंबंधीच्या गुंतागुंतीच्या बहुविद्याशाखीय प्रणालींचे आकलन वाढवण्यातील महत्त्वपूर्ण योगदानासाठी २०२१ सालच्या भौतिक विज्ञानाच्या नोबेल पुरस्काराने गौरवण्यात आले. हा पुरस्कार त्यांना शुकुरोमनाबे आणि जॉर्जो परिसी यांच्या समवेत देण्यात आला. पर्यावरणातील संभाव्य विषमतेसंबंधी त्यांनी तयार केलेले 'स्टॅटिस्टिक हासलमान मॉडेल' प्रसिद्ध आहे. पर्यावरणातील विषमतेतील संभाव्य विविधतेचा ढोबळ आराखडा त्या मॉडेलने अभ्यासता येतो.

त्यांच्या मुलाखतीत ते म्हणतात, "आम्ही हवामान विज्ञानाच्या क्षेत्रात संशोधन करणारे वैज्ञानिक गेली ५० वर्षे हवामान बदलांबाबत ओरडून सांगत आहोत. आम्ही सांगतोय या काही वर्षांनी होणाऱ्या हवामान बदलांना रोखण्यासाठी आजच कृती करण्याची गरज आहे. परंतु हे सत्य स्वीकारण्याची मानसिकताच लोकांमध्ये नाहीय. अनेक वर्षे आम्ही वैज्ञानिक या मानसिकतेविरोधातच लढत आहोत." ते असंही म्हणतात, "ग्लोबल वॉर्मिंगमुळे पर्यावरणात निर्माण होणारे असंतुलन रोखणे शक्य आहे. तसे ज्ञान-तंत्रज्ञान उपलब्ध आहे, परंतु समाजातील सामान्य जनतेला याची जाणीव व्हायला हवी. तसेच राजकीय व्यक्तींनी याकडे जातीने लक्ष द्यायला हवे, कारण यात आर्थिक गुंतवणूक अत्यावश्यक आहे."

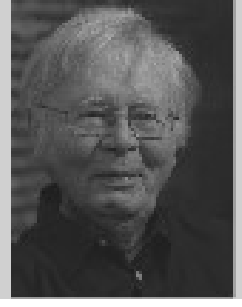
—अनघा देशपांडे

angha.nande@gmail.com



## वॉलेस स्मिथ ब्रोकर : Wallace Smith Broecker

अमेरिकन भूगर्भ-रसायन वैज्ञानिक, हवामान वैज्ञानिक  
जन्म- २९ नोव्हेंबर १९३१, मृत्यू- १८ फेब्रुवारी २०१९



भूगर्भ-रसायन (Geochemistry) प्रख्यात अमेरिकी वैज्ञानिक वॉलेस स्मिथ ब्रोकर यांना हवामान विज्ञानातील 'पितामह' म्हटले जाते.

२० व्या शतकाच्या मध्यापर्यंत, (आणि आताही) हिमयुगाचा सर्वमान्य असा सिद्धांत नव्हता. मिलुतीन मिलान्कोविच (Milutin Milankovitch) या सर्बियन खगोलभौतिकी वैज्ञानिकाने १९२४ मध्ये याबाबत पहिला महत्त्वाचा प्रयत्न केला. सूर्य, चंद्र, गुरू आणि शनी यांच्या पृथ्वीवरच्या गुरुत्वाकर्षणीय बलांचं काटेकोर गणित करून मिलान्कोविच यांनी पृथ्वीच्या परिभ्रमण कक्षेचा अभ्यास केला. त्या आधारे पृथ्वीच्या चक्रीय गतींचे काळ निश्चित केले. (त्यावर वेगळे टिपण या पुस्तिकेत दिले आहे.) या चक्रांना मिलान्कोविच 'सायकल्स' म्हणतात. यातील बदलांचा परिणाम सूर्याकडून पृथ्वीला मिळणाऱ्या ऊर्जेवर होऊन हिमयुगे येतात-संपतात अशी त्यांनी मांडणी केली. तेव्हा हे सिद्ध करण्यासाठी साधने नव्हती. १९५८ मध्ये मिलान्कोविचचा मृत्यू होईपर्यंत हा सिद्धांत विस्मृतीत गेला होता.

ब्रोकर यांनी मिलान्कोविचच्या सिद्धांताच्या गृहीतकात सुधार केले, नव्याने गणिते केली, जमिनीच्या खोल स्तरांतून काढलेले नमुने मिळवून मिलान्कोविचच्या हिमयुगांबद्दलच्या सिद्धांतात तथ्य असल्याचे दाखवले. तथापि त्यांच्या लक्षात आले की मिलान्कोविच सायकल्स हिमयुगांच्या काळाचे स्पष्टीकरण देतात पण प्रत्येक हिमयुगाचा अचानक झालेला शेवट, तसेच उत्तर आणि दक्षिण गोलार्धात एकाच वेळी झालेले हिमयुगाचे बदल यांचे स्पष्टीकरण देत नाहीत. मग त्यांनी असे गृहीतक मांडले की महासागर-वातावरण प्रणालीमध्ये दोन स्थिर अवस्था आहेत-हिमनद आणि आंतर-हिमनद, आणि मिलान्कोविच सायकल्समधील अतितीव्र (किंवा अतिमंद) सौरऊर्जेच्या काळात या दोन अवस्थांमध्ये वेगाने संक्रमण घडते. त्याआधी, प्रसिद्ध भौतिकी वैज्ञानिक अन्हीयनियस यांनी हिमयुगांचा संबंध वातावरणातील CO<sub>2</sub> आणि महासागरातील पाण्याची वाफ यांच्याशी जोडला होता. अन्हीयनियसचा विस्मृतीत गेलेला हा सिद्धांत ब्रोकर व सहकाऱ्यांच्या कामातून पुन्हा पुढे आला. हवामान बदलाचे कारण म्हणून महासागर-वातावरण प्रणालीचा अशाप्रकारे समावेश करणे ही आधुनिक हवामान विज्ञानाची पहिली पायरी होती.

१९५७ मध्ये पीएचडीचे काम करताना ब्रोकर यांनी एका मासिकात लिहिले होते: "वातावरणातील CO<sub>2</sub> वाढीमुळे उद्भवणारे उष्ण हवामान, समुद्राच्या पातळीत वाढ व किनारपट्टीवर पूर आणि इतरत्र अवर्षणासारख्या समस्या निर्माण करू शकतात. ब्रोकर यांनी १९७५ मध्ये "Climate Change: Are we on the Brink of a Pronounced Global

Warming?" या विषयावरील शोधनिबंधात 'ग्लोबल वॉर्मिंग' ही संज्ञा प्रथमच वापरली व रूढ केली.

त्यांची खरी चिंता पृथ्वीच्या हवामानाच्या जटिल स्वरूपाबद्दल होती. याबाबत त्यांनी त्यांचा प्रसिद्ध 'ग्लोबल कन्व्हेयर' सिद्धांत मांडला. समुद्री प्रवाहांच्या संरचनेत महासागरातील पाणी एकाच जागी स्थिर न राहता सतत प्रवाही असते. पाण्याचे तापमान आणि क्षारांचे प्रमाण यावर पाण्याचा प्रवाहीपणा अवलंबून असतो. हरितगृह वायूंमुळे वाढणाऱ्या तापमानाचा समुद्रातील या प्रवाहांवर परिणाम होऊ शकतो. महासागरांच्या या थर्मो-सलाईन अभिसरणाने उत्तर अटलांटिकमध्ये उष्णता कशी वाहून नेली जाते याचे स्पष्टीकरण मिळते. हा सिद्धांत जागतिक हवामानाच्या इतिहासातील इतरही काही रहस्ये समजण्यास मदत करतो. जसे, ग्रीनलँडमध्ये शेवटच्या हिमयुगाच्या अखेर तापमान एकदम सध्याच्या सरासरीपर्यंत वाढले - काही दशकात सुमारे २० अंश सेल्सिअसची वाढ - आणि नंतर हजारो वर्षे काहीच नाही. असे बदल कन्व्हेयर बेल्ट अचानक जाम झाल्यामुळे किंवा पुन्हा सुरू झाल्यामुळे झाले.

खनिज इंधनाच्या ज्वलनातून होणाऱ्या कार्बनडाय ऑक्साईड उत्सर्जनाचा वातावरण, समुद्र, बर्फ आणि स्थलीय जीवशास्त्र यांच्यावर गंभीर परिणाम होऊ शकतो हे त्यांनी वारंवार सूचित केले.

हवामान विज्ञानामध्ये त्यांचा आणखी एक महत्त्वाचा सिद्धांत हा की हवामान हळूहळू बदलत नाही तर अचानक एका अवस्थेतून दुसऱ्यात बदलते. म्हणजे त्यात 'टिपिंग पॉइंट्स' आहेत आणि पर्यावरणीय व्यवस्थाही अत्यंत संवेदनशील झालेली आहे. त्यांच्या मते आपण एका चिडलेल्या पशूशी खेळतो आहोत. त्यांचे हे सिद्धांत बऱ्याच काळानंतर सर्व जगातील वैज्ञानिकांनी स्वीकारले.

अमर्यादित CO2 उत्सर्जनमुळे हवामान संकटाचा विशिष्ट धोका लक्षात घेता, त्यांच्या आयुष्याच्या शेवटी, त्यांनी CO2 उत्सर्जनात घट व कार्बन स्थिरीकरणाच्या नितांत गरजेवर भर दिला. ब्रोकर आणि विज्ञान लेखक रॉबर्ट कुन्झिंग यांनी लिहिलेल्या 'फिक्सिंग क्लायमेट' या पुस्तकात वातावरणातील कार्बन 'स्क्रबर्स'ने वेगळा करून पुन्हा जमिनीत साठवण्याचा उपाय सुचवला आहे.

ब्रोकर हंटस्मन पुरस्कार, वेटल्सन अवॉर्ड, भूविज्ञानातील क्रफर्ड पुरस्कार, विज्ञान क्षेत्रातील नॅशनल मेडल, वोल्स्टन मेडल, टायलर पुरस्कार (२००२), बेंजामिन फ्रँकलिन मेडल अशा अनेक अनेक प्रतिष्ठेच्या पुरस्कारांचे मानकरी होते.

- दिलीप होता

diliphota1729@gmail.com



## जेन लुबचेन्को : Jane Lubchenco

अमेरिकन पर्यावरण-वैज्ञानिक

जन्म - ४ डिसेंबर, १९४७



डॉ. जेन लुबचेन्कोया एक अमेरिकन पर्यावरण-वैज्ञानिक आहेत. अमेरिकेत डेन्व्हर, कोलोराडो येथे १९४७ मध्ये जन्म झालेल्या जेन लुबचेन्को यांनी कोलोराडो कॉलेजमधून जीवविज्ञानात पदवी मिळवल्यानंतर वॉशिंग्टन विद्यापीठातून प्राणीविज्ञानात एमएस केले. पुढे हार्वर्ड विद्यापीठातून 'मरीन इकॉलॉजी (सागरी पर्यावरण विज्ञान)'मध्ये पीएचडी मिळवून तेथेच साहाय्यक प्राध्यापक म्हणून कारकिर्दीला सुरुवात केली. १९७७ मध्ये 'ओरेगन स्टेट युनिव्हर्सिटी'मध्ये साहाय्यक प्राध्यापक म्हणून रुजू झाल्या आणि १९८८ पासून त्या प्रोफेसर म्हणून आजही कार्यरत आहेत. अध्यापन, संशोधन याबरोबरच त्यांनी अमेरिकन सरकारसाठी महत्त्वाच्या प्रशासकीय जबाबदाऱ्यादेखील सांभाळल्या आहेत. त्यांच्या संशोधन कार्याचा मुख्य भर मानवजातीचे कल्याण आणि पर्यावरण, जैवविविधता, हवामान बदल, समुद्री संपत्तीचा व वसुंधरेचा शाश्वत विकास यांच्यातील परस्पर संबंधांवर राहिला आहे.

सागरी वनस्पती-तृणभक्षी परावलंबित्वापासून ते सागरी प्रणालीतील ऱ्हास रोखून पुन्हा संवर्धन करण्यासाठी कायमस्वरूपी उपाय, सागरी संसाधनांचे संरक्षण, जलसंवर्धन, शाश्वत मत्स्यपालन, जैवविविधता, हवामान बदल, महासागरीय परिसंस्था व्यवस्थापन आणि सागरी क्षेत्रासाठी पर्यावरणीय दृष्टीकोन अशा परस्पर संबंधित विषयांवर लुबचेन्को यांनी संशोधन केले आहे. सागरी परिसंस्थेची सुरक्षा आणि हवामान बदल यांच्यासारख्या महत्त्वाच्या जागतिक बाबी धोरणकर्त्यांपुढे रेटण्याचा त्या सतत प्रयत्न करत असतात.

त्यांचे सुरुवातीचे संशोधन खडकाळ समुद्र किनाऱ्यांवरील प्रजातींमधील परस्पर संबंधांवर होते. हे समुदाय कसे काम करतात, टिकतात व विकसित होतात याबाबतच्या मूलभूत प्रक्रिया त्यांनी शोधल्या. पुढे त्यांनी सागरी जैवविविधता आणि परिसंस्थेच्या कार्यप्रणालींचा अभ्यास केला. सागरी परिसंस्था कशा बदलत आहेत व त्यांना निरोगी ठेवण्यासाठी मानवीय व्यवहारांचे व्यवस्थापन कसे केले जाऊ शकते याकडे त्यांनी विशेष लक्ष दिले.

सागर किनारी अर्थव्यवस्था आणि त्यावर अवलंबून असलेल्यांना उपजीविकेची हमी देण्यासाठी शाश्वत मत्स्यपालन महत्त्वपूर्ण आहे. अमेरिकेचे पहिले राष्ट्रीय महासागर धोरण तयार करणे, हवामान संशोधनात एनओएएची भूमिका मजबूत करणे, मासेमारी उद्योगात शाश्वतता आणण्यावर जोर, आणि त्यानुसार नवीन मत्स्यपालन धोरण लागू करणे, इत्यादींमध्ये त्यांचा मोठाच सहभाग होता. यासाठी लुबचेन्को यांनी एनओएएतर्फे विज्ञानाधारित व्यवस्थापन योजना विकसित केल्या व इतर संस्थांच्या सहकार्याने अंमलात आणल्या. अति-मासेमारीवर बंदी आल्यानंतर अमेरिकन मासेमारी व्यवसायात आता

सुधारणा होत आहे. त्याचा पर्यावरणालाही फायदा होत आहे.

लुबचेन्को यांनी सागरी संरक्षित क्षेत्रांचा (कोणत्याही मासेमारी, उत्खनन किंवा इतर विनाशकारी व्यावसायिक मानवी क्रियांपासून संरक्षित क्षेत्र) अभ्यास केला. त्यांनी दाखवून दिले की अशा संरक्षित क्षेत्रामध्ये सागरी प्रजातींच्या विपुलतेत, आकारात आणि विविधतेमध्ये लक्षणीय वाढ होते आणि याचा फायदा राखीव क्षेत्राबाहेरच्या भागाला सुद्धा होतो. यावरून सागरी संरक्षित क्षेत्रांच्या 'नेटवर्क'ची संकल्पना त्यांनी मांडली ज्यामुळे जगातील २०% महासागरी भाग संरक्षित क्षेत्र केले जातील.

एनओएएमध्ये (नॅशनल ओशियानिक अँड अँटमॉस्फेरिक अँडमिनिस्ट्रेशन) वैज्ञानिक माहिती दडपली, सोयीस्कररित्या बदलली जाऊ नये; तिचा दुरुपयोग होऊ नये, संशोधकांना मीडियाशी मुक्तपणे बोलता यावे यासाठी 'वैज्ञानिक सचोटी' धोरण लुबचेन्को यांनी प्रथमच अंमलात आणले.

२००९ते २०१३ ह्या काळात त्या 'कॉमर्स फॉर ओशन्स अँड अँटमॉस्फिअर'च्या 'अवर सचिव व एनओए'च्या प्रशासक होत्या. २०१४ ते २०१६ या काळात त्या अमेरिकेच्या पहिल्या महासागर विज्ञान दूत होत्या. फेब्रुवारी २०२१ पासून त्यांची 'व्हाइट हाऊस ऑफिस ऑफ सायन्स अँड टेक्नॉलॉजी'मध्ये हवामान व पर्यावरण विभागाच्या उपसंचालक म्हणून नेमणूक झाली आहे.

त्यांच्या अनेक पुरस्कारांमध्ये २४ मानद डॉक्टरेट्स, मकआर्थर फेलोशिप ऊर्फ 'जीनियस' पुरस्कार (१९९३), डिस्कव्हर मासिकाने 'विज्ञानातील ५० अति महत्त्वपूर्ण स्त्रियांपैकी एक' म्हणून केलेली निवड (२००२), नेचर या प्रख्यात विज्ञान मासिकाने त्यांची पहिली 'न्यूजमेकर ऑफ द ईयर' म्हणून केलेली निवड (२०१०), डॉ. माधव गाडगीळ यांच्या समवेत पर्यावरणविषयक टायलर पुरस्कार (२०१५), लाइनस पॉलिंग लेगसी पुरस्कार (२०१६), मेरी सिअर्स पदक (२०२०) आदींचा समावेश आहे.

संशोधनाबरोबरच वैज्ञानिकांनी समाजाप्रती प्रतिबद्धता लक्षात ठेवून समाजाबरोबर सातत्याने संवाद करण्यावर लुबचेन्को भर देतात. वैज्ञानिकांची जबाबदारी समाजोपयोगी नवीन ज्ञान निर्माण करणे एवढीच नसून ते ज्ञान व्यापक समाजाबरोबर सामायिक करणे ही देखील आहे. वैज्ञानिकांना चांगले संवादक होण्यात मदत करण्यासाठी त्यांनी तीन संस्थांची स्थापना केली आहे. जागतिक पर्यावरण व हवामान समस्यांच्या शाश्वत उत्तरांसाठी व धोरणांसाठी सतत संवाद साधून वैज्ञानिक व राजकारणी यांमधील अंतर कमी करण्याच्या दृष्टीने त्यांचे काम फार महत्त्वाचे आहे.

- प्रफुल्ल पांडव



## लोकविज्ञान दिनदर्शिका - २०२२ व सोबतची पुस्तिका यासाठी जाहिरातींच्या रूपात योगदान देणारे आमचे हितचिंतक

लोकविज्ञान दिनदर्शिका - २०२२ व सोबतची पुस्तिका मिळून उत्पादन-खर्च खूपच जास्त आला आहे. तरीही आम्ही तोटा सहन करून या वर्षी दोघांची मिळून विक्री-किंमत फक्त ३० रु.च ठेवली आहे. गेली अनेक वर्षे आम्हाला देणगीवजा जाहिरात देणारे आमचे हितचिंतक या वर्षीही आमच्या पाठीशी उभे राहिले आहेत. कोविड-१९ च्या साथीमुळे त्यांना प्रचंड आर्थिक ताण आलेला असून सुद्धा त्यांनी या वर्षीही आम्हाला वाढीव मदत दिली आहे. त्यामुळे आमचा तोटा कमी होणार आहे. आमचे हे देणगीदार खालीलप्रमाणे -

- १) एम. जे. वूड्स. पुणे. (फोन क्र.- ९८२२०३४२५८)
- २) क्वालिटी पेंट्स अँड कोटिंग्ज प्रा. लि. पुणे (फोन क्र.-०२०-२७१२०६९४, ९४२२००२५५८.)
- ३) सिरम इन्स्टिट्यूट ऑफ इंडिया. पुणे (फोन क्र.-०२०-२६९९३९००/०४)
- ४) अभि ओम इंजिनीअर्स. पुणे (फोन क्र.-९८२३०११११६)
- ५) स्पेशिअॅलिटी युरेथेन प्रा.लि. सातारा (फोन क्र.-०२०-२७१२८५९६, ०२०-६६११३२७७.)
- ७) ऑरा लेझर-फॅब प्रा.लि. सातारा (फोन क्र.-९८८१७२७४७२, ९८२२०५१६२१)
- ८) सृजन कंट्रोल ड्राइव्हज् प्रा.लि. पुणे (फोन क्र.-०२०-२४२२५६५०)
- ९) प्रिसिजन ट्रान्समॅटिक डिव्हायसेस प्रा.लि. सातारा (फोन क्र.-०२१६२-२४४४५४, २४६२४५.)
- १०) शार्वी इन्फ्राकॉन पुणे. (फोन क्र.-९४२२५०९६७९, ८४४६३६५६५६.)
- ११) इनोव्हा एन्टरप्रायजेस. पुणे (फोन क्र.-०२०-२५२९००७७/७८, २५२९२१८८, २५२९११७७.)
- १२) अविराज ट्रान्सपोर्ट सर्विस. पुणे (फोन क्र.-९६८९९२५५०१, ९८२३०३५८८२)

या सर्वांचे मनःपूर्वक आभार!



## जागतिक तापमान वाढ रोखण्यासाठी मी आजपासून काय करेन?

### ३० दिवसांचे आव्हान

दिवस १ गरज असल्यासच दिवे, पंखे इ. चालू ठेवेन. <input type="checkbox"/>	दिवस २ कॉम्प्युटर वापरणार नसल्यास तो आठवणीने बंद करेन. <input type="checkbox"/>	दिवस ३ कॉम्प्युटरचे काम तात्पुरते थांबवताना तो 'स्लीप मोड' मध्ये टाकेन. <input type="checkbox"/>	दिवस ४ शक्यतो लिफ्ट वापरणार नाही. <input type="checkbox"/>	दिवस ५ वरच्या मजल्यावरून उतरताना लिफ्ट वापरणार नाही. <input type="checkbox"/>
दिवस ६ न्हाणीघरात बायलरच्या ऐवजी गॅस गीझर वापरेन. <input type="checkbox"/>	दिवस ७ शक्यतो सोलर हीटर बसवेन. <input type="checkbox"/>	दिवस ८ शक्यतो इस्त्रीचे कपडे वापरणार नाही. <input type="checkbox"/>	दिवस ९ शक्यतो सार्वजनिक वाहनातून प्रवास करेन. <input type="checkbox"/>	दिवस १० पेट्रोल-वाहनाऐवजी इलेक्ट्रिक-वाहन वापरेन. <input type="checkbox"/>
दिवस ११ फोनचे चार्जिंग रात्रभर चालू ठेवणार नाही. <input type="checkbox"/>	दिवस १२ शक्यतो दारे, खिडक्या उघड्या ठेवून पंख्याचा, दिव्याचा वापर घटवीन. <input type="checkbox"/>	दिवस १३ शक्यतो कमी वॅटचे दिवे वापरेन. <input type="checkbox"/>	दिवस १४ टीव्ही कमी वेळ लावेन. बघणार नसल्यास बंद करेन. <input type="checkbox"/>	दिवस १५ सिग्नलला थांबताना वाहन-इंजिन बंद करेन. <input type="checkbox"/>
दिवस १६ एअर कंडिशनर बसवणे टाळीन, त्याऐवजी एक्झॉस्ट फॅन वापरेन. <input type="checkbox"/>	दिवस १७ ए.सी. बसवलाच तर कमीत कमी वापर करेन; तो २४-२६ अंश से. ठेवेन. <input type="checkbox"/>	दिवस १८ नवीन पंखा बसवावा लागल्यावर कमी वॅटचा बसवेन. <input type="checkbox"/>	दिवस १९ सोसायटी, ऑफिससाठी सौर-पॅनल बसवण्याची सूचना करीन. <input type="checkbox"/>	दिवस २० ट्रिपसाठी विमान-प्रवास करायचा नाही असे ठरवेन. <input type="checkbox"/>
दिवस २१ प्लास्टिकच्या वेष्टनातील खाद्यपदार्थ घेणे टाळेन. <input type="checkbox"/>	दिवस २२ बाहेर जाताना नेहमीच पाण्याची बाटली, कापडी पिशवी घेईन. <input type="checkbox"/>	दिवस २३ स्टील फर्निचर ऐवजी शक्यतो लाकडी फर्निचर वापरेन. <input type="checkbox"/>	दिवस २४ ओला कचरा परसबागेत, कुंडीत जिरवीन. <input type="checkbox"/>	दिवस २५ ओला, कोरडा कचरा वेगळा करीन. <input type="checkbox"/>
दिवस २६ दूरवरून येणारी भाजी, फळे आणि धान्ये खाणार नाही. <input type="checkbox"/>	दिवस २७ शक्यतो स्थानिक उत्पादन वापरेन. <input type="checkbox"/>	दिवस २८ पाण्याचा अपव्यय टाळीन. <input type="checkbox"/>	दिवस २९ वापरा व फेकून द्या ही संस्कृती <input type="checkbox"/>	दिवस ३० अनावश्यक खरेदी, सेवन टाळेन. <input type="checkbox"/>



## तापमानवाढीचे महासंकट रोखण्याची लोक-वैज्ञानिक दिशा

लोकविज्ञान दिनदर्शिका २०२२ सोबतची सह-पुस्तिका

जागतिक तापमान वाढीचा प्रलयंकारी धोका काय आहे व तो रोखण्यासाठीची लोक-वैज्ञानिक दिशा कोणता याची थोडक्यात तोंडओळख ही पुस्तिका करून देते.

औद्योगिक क्रांतीपासून आतापर्यंत पृथ्वीचे तापमान १.१ डिग्रीने वाढले आहे. ते असेच वाढत राहिले तर सुसंस्कृत मानवी समाज शिल्लक राहणार नाही हे कटू सत्य महत्त्वाच्या वैज्ञानिक अहवालाचा हवाला देत ही पुस्तिका सुरुवात करते. सोबत कोणत्या सामाजिक-आर्थिक कारणांमुळे ही परिस्थिती ओढवली आहे हेही थोडक्यात मांडते. ही तापमान वाढ रोखून मानवी समाज, संस्कृती वाचवण्यासाठी जे लोक-वैज्ञानिक, समन्यायी उपाय करायला हवे त्या दिशेची तोंडओळख पुस्तिकेच्या उरलेल्या भागात करून दिली आहे.

या लोक-वैज्ञानिक दिशेचे दोन्ही पैलू पुस्तिकेत थोडक्यात दिले आहेत. एक म्हणजे तंत्रवैज्ञानिक प्रगतीने शक्य केलेली काही ठोस लोक-वैज्ञानिक पावले आहेत. उदा. कोळसा, खनिज-तेल या ऐवजी पुनर्जीवी ऊर्जा-स्रोतांचा उर्जेसाठी वापर; कमी-उर्जेत जास्त काम करणारी अधिक कार्यक्षम यंत्रे, उपकरणे, प्रक्रिया यांचा वापर; हरितीकरणासारख्या नैसर्गिक प्रक्रियांचा कर्बवायूचे प्रमाण कमी करण्यासाठी वापर... असे लोकवैज्ञानिक उपाय थोडक्यात मांडले आहेत. दुसऱ्या बाजूला विकासाची चुकीची दिशा, पद्धत आणि त्यासोबत आलेला उपभोगवाद, चंगळवाद, तसेच मूठभरांचे हितसंबंध राखण्यासाठी चाललेली नैसर्गिक साधन-संपत्तीची उधळमाधळ, हे सर्व थांबले पाहिजे; तसेच हे संकट निर्माण केले आहे जगातील श्रीमंतांनी, पण किंमत भरत आहेत लहान मुले, त्यापुढील पिढ्या आणि निरनिराळे वंचित थर! त्यांना न्याय देण्यासाठीची पावले याचाही समावेश 'लोक-वैज्ञानिक' दिशेमध्ये होतो याकडेही ही पुस्तिका लक्ष वेधते.

लोकविज्ञान प्रकाशन

किंमत -- ३० रु.

(लोकविज्ञान दिनदर्शिका २०२२ सह)



लोकविज्ञान प्रकाशन