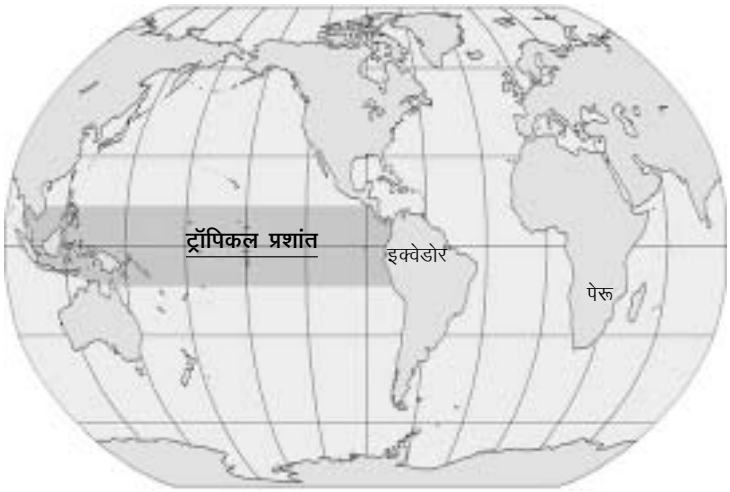
एल नीनो, दक्षिणी दोलन और भारत में वर्षा

ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर में समुद्र और वायुमंडल में जलवायु के उतार-चढ़ाव

दीप्ति अचुतवारियर

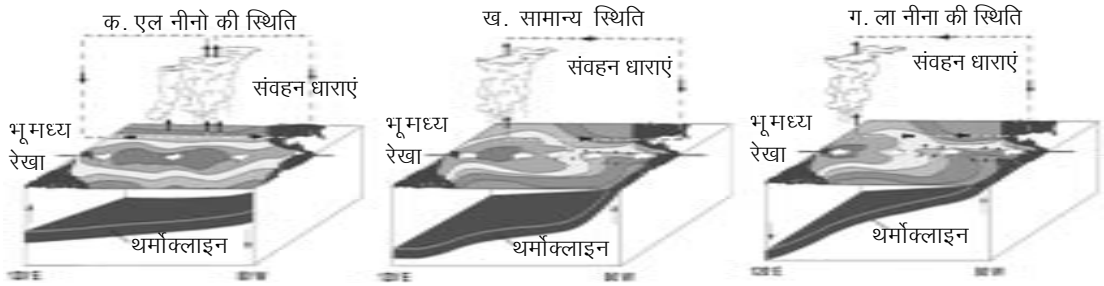
एल नीनो शब्द का सम्बंध ट्रॉपिकल पूर्वी प्रशांत महासागर में असामान्य रूप से गर्म पानी की उपस्थिति से है। ऐसा कुछ-कुछ वर्षों के अंतराल पर होता है। यह असाधारण गर्माहट अक्सर गर्मियों में विकसित होती है और दिसंबर-जनवरी के महीनों में सबसे अधिक होती है। इस बात को दक्षिण अमेरिकी देश पेरू के तटवर्ती गांवों के बाशिंदे कई सालों से देखते आए हैं। कुछ सर्दियों में वे देखते थे कि भारी बारिश होती है और बाढ़ आती है। इसके अलावा उनका अनुभव रहा है कि ऐसे गर्म मगर पोषण-विपन्न पानी में उन्हें मछलियां भी कम मिलती है। वे इसे एल नीनो ('शिशु जीसस') कहते हैं क्योंकि यह क्रिसमस के आसपास होता है। (दरअसल el nino एक स्पैनिश शब्द है जिसका अर्थ होता है 'लड़का' मगर जब इस शब्द को कैपिटल में El Nino लिखा जाता है, तो आशय 'शिशु जीसस' से होता है।) इस घटना का विपरीत भी होता है जब पूर्वी प्रशांत सामान्य से ज़्यादा ठंडा हो जाता है। इसे ला नीना - La Nina - अर्थात 'लड़की' कहते हैं।



पूर्वी ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर के गर्म और ठंडा होने की ये दो घटनाएं तो समुद्री मूल की लगती हैं। इसी तरह के उतार-चढ़ाव वायुमंडल में भी होते हैं। ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर में समुद्र सतह पर हवा के दबाव में होने वाले उतार-चढ़ाव (दोलन) को सबसे पहले एक ब्रिटिश मौसम वैज्ञानिक गिलबर्ट वॉकर ने देखा था। चूंकि वे उत्तरी प्रशांत में समुद्र तल के वायुमंडलीय दबाव में एक और दोलन का अवलोकन कर चुके थे, इसलिए ट्रॉपिकल प्रशांत में होने वाले वायुमंडलीय दबाव के दोलन को उन्होंने दक्षिणी दोलन (सदर्न ऑसिलेशन - एसओ) नाम दिया।

वॉकर 1904 से 1924 के दरम्यान भारतीय मौसम विभाग के निदेशक थे। इस दौरान उन्होंने मानसून की नाकामी और वैश्विक वायुमंडलीय प्रवाह (सर्कुलेशन) से उसके संभावित सम्बंधों का अध्ययन किया था। उन्होंने दक्षिणी दोलन और मानसूनी बारिश के बीच अंतरसम्बंध देखा था। दक्षिणी दोलन दरअसल पूर्वी और पश्चिमी प्रशांत के बीच वायुमंडलीय दबाव का परस्पर व्युत्क्रम सम्बंध दर्शाता है। इसे ऑस्ट्रेलिया में डारविन और फ्रांसीसी पोलीनेशियन द्वीप ताहिती के बीच दबाव के अंतर के रूप में व्यक्त किया जाता है।

हालांकि वॉकर ने दक्षिणी दोलन की खोज 1900 के दशक में कर ली थी मगर कई वर्षों तक यह पता नहीं चल पाया था कि इसका सम्बंध समुद्री घटनाओं से है। फिर 1969 में जेकब बेर्कनेस ने एनसो का एक समग्र चित्र प्रस्तुत किया - एनसो यानी एल नीनो-सदर्न ऑसिलेशन। इसमें उन्होंने समुद्र में एल नीनो और वायुमंडल में दक्षिणी दोलन के बीच कड़ी दर्शाई थी। बेर्कनेस द्वारा किए गए अध्ययन ही एनसो की वर्तमान समझ का आधार हैं। उन्होंने



चित्र 1: ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर में एल नीनो (क), सामान्य (ख) और ला नीना (ग) की स्थितियों को दर्शाता रेखाचित्र। ब्लॉक्स प्रशांत महासार का प्रतिनिधित्व करते हैं, और एशिया व मैरीटाइम द्वीप बाईं ओर तथा दक्षिण अमेरिका दाईं ओर है। यहां मानचित्र की जिस परिपाटी का उपयोग किया गया है उसमें पूर्वी प्रशांत बेसिन दाहिनी ओर है। रंग की छटाएं सतही तापमान को दर्शाती हैं जबकि तीर हवा की दिशा को। ध्यान दें कि एल नीनो स्थिति में असामान्य हवाएं दर्शाई गई हैं, लिहाज़ा उन्हें पछुआ हवाओं (दक्षिण अमेरिका की ओर बहती हवाओं) के रूप में दर्शाया गया है। टूटी हुई रेखा वॉकर सर्कुलेशन को दर्शाती हैं।

यह भी दर्शाया था कि एनसो एक व्यापक पैमाने पर होने वाली वायुमंडलीय-सामुद्रिक परिघटना है। इसके अंतर्गत पूरे पूर्वी प्रशांत महासागर में तापमान, वायु दाब और हवाओं में असामान्यताएं देखी जाती हैं और यह सिर्फ पेरू के समुद्री पानी तक सीमित बात नहीं है। (गौरतलब है कि असामान्यता से आशय यह होता है कि सामान्य मान से विचलन। जलवायु अध्ययनों में कई सालों के औसत मान को लिया जाता है ताकि जलवायु प्रणाली का एक सामान्य चित्र बनाया जा सके। इस सामान्य से किसी भी विचलन को असामान्यता कहते हैं।)

यह भी ध्यान रखना चाहिए कि एनसो एक कुदरती घटना है जो हज़ारों सालों से पृथ्वी की जलवायु में उतार-चढ़ाव का हिस्सा रही है। कोरल जीवाश्मों की मदद से अतीत के समुद्री तापमान के रिकॉर्ड बनाए गए हैं। तापमान के इन रिकॉर्ड्स से पता चलता है कि ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर में तापमान में इस तरह के उतार-चढ़ाव पिछले करीब एक लाख साल से तो होते रहे हैं।

सामान्य ट्रॉपिकल प्रशांत

ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर धरती पर सबसे बड़ी जलराशि है। यह पूर्व में दक्षिणी अमेरिका के तट से लेकर पश्चिम में इंडोनेशिया तक 16,000 किमी की चौड़ाई में फैला है। यह पृथ्वी के घेरे का लगभग एक-तिहाई है। सामान्य स्थिति में पश्चिमी प्रशांत की तुलना में पूर्वी प्रशांत अपेक्षाकृत ठंडा होता है। इन दो क्षेत्रों को क्रमशः 'गर्म ताल' और 'ठंडी जीभ' कहते हैं ('warm pool' और 'cold tongue')। पश्चिमी प्रशांत में समुद्र सतह का औसत तापमान 29 डिग्री सेल्सियस के आसपास रहता है। दूसरी ओर, पूर्वी प्रशांत में समुद्र सतह का औसत तापमान 21-26 डिग्री सेल्सियस के बीच बना रहता है। समुद्र सतह गर्म रहने का सम्बंध समुद्र सतह पर निम्न वायु दाब, ऊपर उठती हवा, बादलों और भारी बारिश से होता है। वहीं ठंडी समुद्र सतह के साथ सूखी हवाएं नीचे की ओर बैठती हैं, सतह पर दाब अधिक होता है तथा आसमान साफ रहता है।

ट्रॉपिकल प्रशांत की सतह पर चलने वाली हवाएं पुरवा होती हैं (ईस्टरली यानी पूर्व से पश्चिम की ओर बहती हैं)। इन्हें व्यापारिक हवाएं भी कहते हैं। दूसरी ओर, ऊपरी वायुमंडल (सतह से 10-11 कि.मी. ऊपर) पछुआ हवाएं चलती हैं। ये वायुमंडलीय और सामुद्रिक लक्षण मिलकर एक पूर्व-पश्चिम प्रवाह प्रकोष्ठ (ईस्ट-वेस्ट सर्कुलेशन सेल) का निर्माण करते हैं। गिलबर्ट वॉकर के सम्मान में इसे वॉकर सर्कुलेशन कहते हैं। इसमें होता यह है कि हवाएं 'गर्म ताल' (पश्चिमी प्रशांत) पर एकत्रित होकर ऊपर उठती है, ऊपर पहुंचकर पूर्व की ओर बहती है और 'ठंडी

जीभ' (पूर्वी प्रशांत) पर नीचे बैठ जाती हैं।

हम देख सकते हैं कि वॉकर सर्कुलेशन का सम्बंध समुद्र सतह के तापमान में पूर्व-पश्चिम ग्रेडिएन्ट (यानी क्रमिक वृद्धि) से है। दिक्कत यह है कि पूर्व-पश्चिम में तापमान का यह अंतर आसानी से समझ में नहीं आता। आखिर इस बात की व्याख्या कैसे हो कि क्यों 'गर्म ताल' सिर्फ पश्चिमी क्षेत्र में सीमित है जबकि सौर विकिरण तो पूरे ट्रॉपिकल प्रशांत को एकरूप ढंग से तपाता होगा? (यह पूरा क्षेत्र एक ही अक्षांश पर स्थित है।) इस विरोधाभास को समझने के लिए हमें समुद्र की उर्ध्वाधर संरचना को समझना होगा - अर्थात यह देखना होगा कि समुद्र में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर क्या परिवर्तन होते हैं।

ट्रॉपिक्स (कटिबंधों) में समुद्र को दो एकरूप परतों में बांटा जा सकता है। एक ऊपरी 100-200 मीटर की परत जहां सतह पर चलने वाली हवाओं का प्रभाव काफी अधिक होता है और गहराई के साथ पानी का तापमान लगभग स्थिर रहता है। इस परत के नीचे तापमान गहराई के साथ तेज़ी से कम होता जाता है। जिस गहराई पर तापमान में यह त्वरित गिरावट देखी जाती है उसे थर्मोक्लाइन कहते हैं। एक उथले (यानी कम गहराई पर स्थित) थर्मोक्लाइन का मतलब है कि ऊपरी परत पतली है।

गौर करने की दूसरी बात यह है कि सतह पर चलने वाली हवाएं सिर्फ ऊपरी परत के अंदर ही पानी के स्थानांतरण को प्रभावित करती हैं। मगर रोचक तथ्य यह है कि पानी का यह स्थानांतरण हवा की दिशा में नहीं होता। इसकी वजह है पृथ्वी की घूर्णन गति (पृथ्वी अपनी अक्ष पर एक लट्टू की तरह घूमती है)। ऊपरी समुद्र में पानी का कुल स्थानांतरण (जिसे एकमैन स्थानांतरण कहते हैं) हवा की दिशा के लंबवत होता है। उत्तरी गोलार्ध में यह हवा की दिशा के दाईं तरफ और दक्षिणी गोलार्ध में हवा की दिशा के बाईं तरफ होता है। लिहाज़ा पुरवा हवाएं ट्रॉपिक्स में पानी को उत्तर की ओर व दक्षिण की ओर स्थानांतरित करती हैं जिसकी वजह से ऊपरी परत अपनी जगह से हटती है। ऐसी स्थिति में इस पानी का स्थान लेने के लिए नीचे का पानी ऊपर आता है। इसे अपवेलिंग कहते हैं।

पूर्व-पश्चिम तापमान में अंतर पर लौटें। पूर्वी व पश्चिमी प्रशांत महासागर में एक प्रमुख अंतर यह है कि थर्मोक्लाइन पूर्व में उथला तथा पश्चिम में गहरा है। यदि हम एक ही अक्षांश (मान लीजिए 5 डिग्री उत्तरी अक्षांश) पर ट्रॉपिकल प्रशांत महासागर के विभिन्न बिंदुओं पर थर्मोक्लाइन की गहराई को चिन्हित करें तो हमें एक सी-सॉ देखने को मिलेगा - एक झुकी हुई पट्टी जो पूर्व में ऊपर तथा पश्चिम में नीचे होगी। उथले थर्मोक्लाइन में अपवेलिंग के ज़रिए सतह के नीचे का ठंडा पानी ऊपर आ जाता है और यही वजह है कि पूर्वी प्रशांत की सतह अपेक्षाकृत ठंडी होती है। यह सही है कि पश्चिमी प्रशांत में भी अपवेलिंग होता है, मगर वहां थर्मोक्लाइन अधिक गहराई पर है, इसलिए अपवेलिंग के साथ जो पानी ऊपर सतह पर आता है वह उतना ठंडा नहीं होता (थर्मोक्लाइन के ऊपर के पानी का तापमान तो लगभग उतना ही होता है जितना सतह के पानी का)। इस वजह से पश्चिमी प्रशांत की सतह अपेक्षाकृत गर्म ही बनी रहती है।

संक्षेप में, ट्रॉपिकल प्रशांत की समुद्र सतह का तापमान दो परस्पर प्रतिस्पर्धी प्रक्रियाओं से निर्धारित होता है - 1. सूरज की किरणों से प्राप्त ऊष्मा और 2. सतह के नीचे के पानी का अपवेलिंग। पूर्वी प्रशांत में अपवेलिंग की वजह से जो ठंडा पानी ऊपर आता है वह सौर विकिरण से गर्म होने वाले पानी का स्थान लेता रहता है।

असामान्य ट्रॉपिकल प्रशांत

सामान्य स्थिति में सतही हवाओं, थर्मोक्लाइन के पूर्व-पश्चिम झुकाव और समुद्र सतह के तापमान के बीच एक नाज़ुक संतुलन रहता है। एनसो दरअसल इस नाज़ुक संतुलन में अस्थायी गड़बड़ी है। एक धनात्मक एनसो दौर में सतह पर चलने वाली पुरवा हवाएं कमज़ोर पड़ जाती हैं और इसकी वजह से पूर्वी प्रशांत में अपवेलिंग कम होने लगता है। लिहाज़ा नीचे से ठंडे पानी की आपूर्ति कम हो जाती है। नतीजतन, पूर्वी प्रशांत की सतह का तापमान बढ़ने लगता है और थर्मोक्लाइन गहराई में चला जाता है। तो थर्मोक्लाइन का पूर्व-पश्चिम झुकाव और पूर्व से पश्चिम की ओर तापमान

में क्रमिक वृद्धि, दोनों नदारद हो जाते हैं। बादल और बारिश पश्चिमी प्रशांत से सरककर मध्य प्रशांत में पहुंच जाते हैं।

ऋणात्मक एनसो के दौर में सामान्य स्थिति और सुदृढ़ हो जाती है - यानी जब पुरवा हवाएं सुदृढ़ होती हैं और अपवेलिंग को बढ़ा देती हैं तो पूर्व-पश्चिम के बीच सतही तापमान का क्रमिक अंतर बढ़ जाता है और थर्मोक्लाइन का झुकाव और ज़्यादा हो जाता है।

यहां एक महत्वपूर्ण बात पर गौर करें। पूर्व-पश्चिम तापमान में अंतर और सतही पुरवा हवाएं एक-दूसरे को बढ़ावा देते हैं। हम देख सकते हैं कि जब तापमान में अंतर बढ़ता है, तो हवा के दबाव में अंतर भी बढ़ता है। इस अंतर की वजह से पुरवा हवाएं और मज़बूत होती हैं। हम जानते ही हैं कि पुरवा हवाएं अपवेलिंग को बढ़ावा देती हैं जिसकी वजह से पूर्वी प्रशांत में सतह का तापमान कम होता है। पूर्व का तापमान कम होने से पूर्व-पश्चिम का अंतर और बढ़ जाता है। वास्तव में यह धनात्मक फीडबैक का चक्र बन जाता है जिसमें पुरवा हवाएं और तापमान में अंतर एक-दूसरे को बढ़ावा देते चलते हैं।

एल नीनो के दौरान भी ऐसा ही फीडबैक चक्र चलता है। मगर इसमें कमज़ोर पुरवा हवाएं अपवेलिंग को कम करती हैं जिसकी वजह से तापमान में अंतर भी कम हो जाता है। तापमान में कम अंतर होने पर पूर्व और पश्चिम के बीच वायु दाब में अंतर भी कम हो जाता है और पुरवा हवाएं और कमज़ोर हो जाती हैं। हम देख सकते हैं कि यह एक असामान्य स्थिति या अस्थिरता को जन्म देगा। क्योंकि साम्यावस्था एक बार बिगड़ गई (जैसे यदि पुरवा हवाएं कमज़ोर पड़ गईं) तो फीडबैक चक्र की वजह से स्थिति बिगड़ती ही चली जाएगी। सबसे पहले बेर्कनेस ने इस फीडबैक चक्र की मान्यता प्रस्तुत की थी और दर्शाया था कि एनसो मूलतः एक सामुद्रिक-वायुमंडलीय परिघटना है।

अब स्वाभाविक सवाल यह उठेगा कि इस गड़बड़ी को अंततः रोकता कौन है? बर्कनेस फीडबैक चक्र से यह तो समझ में आ जाता है कि कैसे कोई गड़बड़ी बढ़ती जाती है और एल नीनो अथवा ला नीना का रूप ले लेती है। मगर यह फीडबैक चक्र यह नहीं समझा पाता कि असामान्य स्थिति समाप्त कैसे होती है या कोई एल नीनो कैसे ला नीना में तबदील हो जाता है। इसमें समुद्र में चलने वाली गतिशील प्रक्रियाओं और केल्विन व रॉसबाय जैसी लहरों के प्रसार की भूमिका होती है। ये लहरें भूमध्य रेखा के समांतर प्रसारित होती हैं और ऊर्जा को प्रशांत के एक छोर से दूसरे छोर तक स्थानांतरित करती हैं। ये लहरें किनारों से टकराकर लौटती हैं। हालांकि इन लहरों के निशान समुद्र सतह पर देखे जा सकते हैं, मगर ये उतार-चढ़ाव सबसे ज़्यादा थर्मोक्लाइन के स्तर पर नज़र आते हैं। दरअसल थर्मोक्लाइन में होने वाले उतार-चढ़ाव से निर्धारित होता है कि अपवेलिंग के लिए कितना ठंडा पानी उपलब्ध होगा। केल्विन और रॉसबाय लहरों की परस्पर क्रिया के आधार पर ही एक सरल गणितीय मॉडल बना है जिसे 'विलंबित दोलक' (डीलेड ऑसिलेटर) कहते हैं। इस मॉडल ने सर्वप्रथम हमें एनसो की क्रियाविधि का एक समग्र चित्र प्रदान किया।

एनसोः असर शेष धरती पर

एनसो वर्ष सिर्फ ट्रॉपिक्स में ही नहीं बल्कि उच्चतर अक्षांशों पर भी घटनापूर्ण होते हैं। अतीत की ऐसी घटनाओं की छानबीन करके और अतीत की जलवायु तथा मौसम के आंकड़ों के साथ उनके सांख्यिकीय सम्बंध का अध्ययन करके हम आज जानते हैं कि धरती के विभिन्न स्थानों पर एनसो घटना के किस तरह के असर की उम्मीद की जाए।

उदाहरण के लिए, एल नीनो के दौरान 'गर्म ताल' के ऊपर के क्षेत्रों (जैसे इंडोनेशिया और ऑस्ट्रेलिया के कुछ भाग) में जून-अगस्त माह में भयानक सूखे की स्थिति बनती है। इसके विपरीत एल नीनो दक्षिणी यूएस और कैलिफोर्निया में काफी ज़्यादा बारिश लेकर आता है।

दक्षिणी दोलन और भारतीय मानसून के बीच सम्बंध वॉकर के ज़माने से पता रहा है। आम तौर पर एनसो और मानसून के बीच विलोम सम्बंध है। एल नीनो वर्षों में भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसूनी बारिश सामान्य से कम तथा ला नीना वर्षों में सामान्य से अधिक रहने की प्रवृत्ति होती है। 1870 से उपलब्ध भारतीय मानसूनी बारिश के आंकड़ों के सांख्यिकीय विश्लेषण से पता चलता है कि एनसो और बारिश की मात्रा

के बीच अंतर्सम्बंध का मान -0.6 है।

भारतीय मौसम विभाग एनसो का उपयोग मानसून के एक पूर्वानुमान कारक (प्रेडिक्टर) के रूप में करता है। यह सही है कि हर एल नीनो का सम्बंध मानसून की नाकामी से नहीं है मगर कुछ उल्लेखनीय नाकाम मानसून एल नीनो वर्षों में हुए हैं। अलबत्ता, वर्ष 1997 एक हैरतअंगेज़ साल रहा था। इस वर्ष ज्ञात इतिहास का सबसे ज़ोरदार एल नीनो हुआ था, मगर मानसूनी बरसात लगभग सामान्य ही रही थी।

यह रोचक बात है कि इस ट्रॉपिकल घटना का असर काफी दूर-दूर तक होता है, जैसे संयुक्त राज्य अमेरिका में। दरअसल ट्रॉपिक्स वैश्विक जलवायु पर भारी असर डालते हैं। ट्रॉपिक्स में समुद्र सतह का तापमान काफी अधिक होता है। इसके चलते कन्वेक्टिव बादल बनते हैं जो उर्ध्व दिशा में 10 किलोमीटर तक यानी ट्रोपोस्फीयर तक पहुंचते हैं। इन्हें अक्सर गर्म मीनारें कहते हैं। ये काफी बड़ी मात्रा में गुप्त ऊष्मा मुक्त करते हैं जो ऊर्जा का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। इस ऊर्जा की बदौलत लहरें पैदा होती हैं जो उच्चतर अक्षांशों पर आगे बढ़ती हैं और उन क्षेत्रों के मौसम और जलवायु को प्रभावित करती हैं।

शोध की नई दिशाएं

हालांकि बेर्कनेस के समय से आज तक काफी प्रगति हुई है मगर एनसो आज भी शोध का महत्वपूर्ण विषय बना हुआ है। एक गुत्थी तो यह है कि कोई भी दो एनसो घटनाएं हूबहू एक-सी नहीं होतीं। समुद्र सतह के तापमान में असामान्यताएं, जिस क्रम में विभिन्न प्रक्रियाएं होती हैं, सतही तापमान में गड़बड़ी का विकास वगैरह कोई भी चीज़ किसी लीक पर नहीं चलतीं। कम से कम हमें ऐसी किसी लीक का ज्ञान नहीं है। ताज़ा अनुसंधान दर्शाता है कि एनसो विविध छटाओं में प्रकट होता है। लिहाज़ा पहले प्रस्तावित सरलीकृत सिद्धांत और मॉडल्स शायद सारी पेचीदा प्रक्रियाओं की व्याख्या के लिए पर्याप्त नहीं होंगे। यह सही है कि एनसो हर 4-8 साल में दोहराने की प्रवृत्ति दिखाता है मगर यह कठोरता से किसी चक्र का पालन नहीं करता। मौसम व जलवायु सम्बंधी प्रक्रियाओं में एक बेतरतीबी निहित होती है। वह शायद एनसो के मामले में भी लागू होती है। इसलिए एनसो की भविष्यवाणी एक कठिन समस्या है। मगर एनसो की भविष्यवाणी करने की क्षमता बहुत महत्व रखती है क्योंकि इसका वैश्विक जलवायु और मौसम पर गहरा असर होता है और इसके चलते यह सामाजिक दृष्टि से निर्णायक महत्व रखता है। वायुमंडल और समुद्रों के गणितीय मॉडल्स का उपयोग करके मौसम की भविष्यवाणी करने का काम कई केंद्र करते हैं। वैश्विक गर्माहट और उसके साथ समुद्र सतह के तापमान में लगातार वृद्धि ने तस्वीर को और उलझा दिया है। शोध का एक विषय यह भी है कि गर्म होती जलवायु में एनसो किस तरह से व्यवहार करेगा। ***(स्रोत फीचर्स)***