1. ओजोन परत और ओजोन ह्रास (Ozone Layer and Ozone Depletion)

1.1. ओजोन परत- परिचय एवं आवश्यकता

- ओजोन (O3) ऑक्सीजन का एक अपररूप है।
- वायुमंडल में **लगभग 90% ओजोन समताप मंडल** (लगभग 10 से 50 किमी तक का क्षेत्र) में निहित है, जिसकी उच्चतम सांद्रता लगभग 20 से 40 किमी के बीच है।
    - इस उच्च सांद्रता बेल्ट को ओजोन परत कहा जाता है [1913 में चार्ल्स फैब्री और हेनरी बुइसन द्वारा इसे खोजा गया और जी.एम.बी. डॉब्सन द्वारा इसके गुणधर्म की खोज की गई]।
- ओजोन परत पृथ्वी पर सभी प्रकार के जीवन के लिए आवश्यक है। यह दो सबसे हानिकारक प्रकार की यूवी किरणों को अवशोषित कर सकता है: यूवी-बी और यूवी-सी।

1.2. यूवी (पराबैंगनी) किरणों के प्रकार

यूवी किरणें	वेवलेंथ	प्रभाव	अवशोषण स्तर
यूवी ए	380–315 nm	• कम से कम हानिकारक। • त्वचा की उम्र बढ़ने, डीएनए क्षति और संभवतः त्वचा कैंसर में योगदान कर सकता है।	ओजोन परत द्वारा अवशोषित नहीं। इसकी ओजोन परत में प्रवेश 100% है।
यूवी बी	315–280 nm	• आंखों के लिए खतरनाक, वेल्डर फ्लैश का कारण बनता है। • कोलेजन फाइबर को नुकसान पहुंचाता है जिससे त्वचा की उम्र बढ़ने में तेजी आती है। • मेलेनोमा जैसे त्वचा कैंसर से भी जुड़ा हुआ है। • थाइमिन डिमर उत्पन्न करके डीएनए को नुकसान पहुंचाता है। • डीएनए हेलिक्स के विरूपण के कारण उत्परिवर्तन होता है। • कई प्रजातियों में प्रकाश संश्लेषण को बाधित करता है। कई फसल पौधों की प्रजातियों के आकार, उत्पादकता और गुणवत्ता को कम कर देता है।	यह ओजोन परत द्वारा ~87% अवशोषित होता है।
यूवी सी	100-279 nm	• उच्चतम ऊर्जा, सबसे खतरनाक प्रकार। • त्वचा में गंभीर जलन और आंखों में	यह ओजोन परत द्वारा ~100% अवशोषित होता है।

		क्षति हो सकती है।	

1.3. ओजोन परत का निर्माण

- वायुमंडल में ओजोन तब बनता है जब सूर्य से पराबैंगनी विकिरण एक ऑक्सीजन अणु को दो ऑक्सीजन परमाणुओं (O2) में विभाजित करता है।
- फिर परमाणु ऑक्सीजन दूसरे ऑक्सीजन अणु के साथ मिलकर ओजोन (O3) बनाता है।

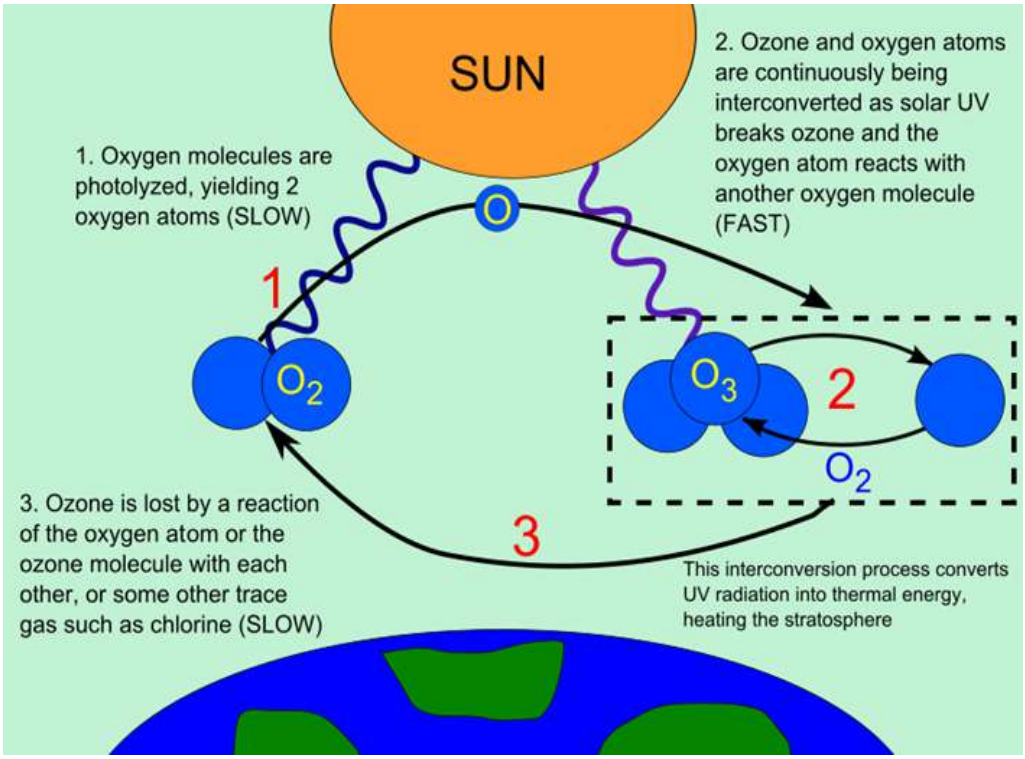

Figure.1. ओजोन निर्माण - विनाश चक्र

1.4. ओजोन परत का क्षरण

- ओजोन को कई **मुक्त रेडिकल उत्प्रेरकों द्वारा** नष्ट किया जा सकता है, जैसे हाइड्रॉक्सिल रेडिकल (OH·), नाइट्रिक ऑक्साइड रेडिकल (NO·), परमाणु क्लोरीन आयन (Cl·) और ब्रोमीन आयन (Br·)।
- समताप मंडल में अधिकांश OH· और NO· प्राकृतिक उत्पत्ति के हैं, लेकिन मानव गतिविधि ने क्लोरीन और ब्रोमीन के स्तर में भारी रूप से वृद्धि की है।

- ये तत्व कुछ स्थिर कार्बनिक यौगिकों, विशेष रूप से क्लोरोफ्लोरोकार्बन (CFCs) में पाए जाते हैं, जो अपनी कम प्रतिक्रियाशीलता के कारण क्षोभमंडल में नष्ट हुए बिना समतापमंडल में अपना रास्ता खोज सकते हैं।
- समताप मंडल में, **पराबैंगनी प्रकाश की क्रिया द्वारा Cl और Br परमाणु** मूल यौगिकों से मुक्त हो जाते हैं, उदाहरण के लिए: $CFCl_3$ + विद्युत चुम्बकीय विकिरण → $CFCl_2$ + Cl
- Cl और Br परमाणु विभिन्न उत्प्रेरक चक्रों के माध्यम से ओजोन अणुओं को नष्ट कर सकते हैं।
- उदाहरण के लिए, एक क्लोरीन परमाणु जब एक ओजोन अणु के साथ प्रतिक्रिया करता है, एक ऑक्सीजन परमाणु को अपने साथ ले जाता है (ClO बनाता है) और एक सामान्य ऑक्सीजन अणु छोड़ देता है।
- क्लोरीन मोनोऑक्साइड (यानी, ClO) ओजोन के दूसरे अणु (यानी, O_3) के साथ प्रतिक्रिया करके एक और क्लोरीन परमाणु और ऑक्सीजन के दो अणु उत्पन्न कर सकता है।
- इन गैस-चरण प्रतिक्रियाओं के लिए रासायनिक आशुलिपि है:
    - $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$
    - $ClO + O_3 \rightarrow Cl + 2\ O_2$
- एक क्लोरीन परमाणु दो साल तक (क्षोभमंडल में वापस परिवहन के लिए समय का पैमाना) ओजोन को नष्ट करता रहेगा ।
- हालाँकि, कुछ प्रतिक्रियाएँ हाइड्रोजन क्लोराइड (HCl) और क्लोरीन नाइट्रेट ($ClONO_2$) जैसी जलाशय प्रजातियाँ बनाकर इस चक्र से Cl परमाणुओं को हटा देती हैं।
- प्रति परमाणु के आधार पर, ओजोन को नष्ट करने में ब्रोमीन क्लोरीन से भी अधिक कुशल है, लेकिन वर्तमान में वायुमंडल में ब्रोमीन बहुत कम है।
- क्लोरीन और ब्रोमीन दोनों ही समग्र ओजोन ह्रास में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। प्रत्येक Cl/Br परमाणु ~100,000 ओजोन अणुओं को तोड़ता है।

1.5. ओजोन छिद्र का निर्माण

- ओजोन छिद्र अंटार्कटिका के ऊपर का क्षेत्र है जहां **कुल ओजोन 220 डॉब्सन इकाई या उससे कम है।**
    - ओजोन को डॉब्सन इकाइयों के रूप में मापा जाता है।
    - वायुमंडल में ओजोन की औसत मात्रा लगभग 300 डॉब्सन इकाई है, जो 3 मिलीमीटर (0.12 इंच) मोटी परत के बराबर है।
- अंटार्कटिका के ऊपर ओजोन की बड़ी हानि उत्पन्न करने के लिए कारकों के संयोजन की आवश्यकता होती है।

- पहला कदम यह है कि अंटार्कटिका के ऊपर समताप मंडल ध्रुवीय रात के दौरान 100 मीटर/सेकेंड (लगभग 200 समुद्री मील तक) की तेज़ पश्चिमी परिध्रुवी हवाओं से अलग हो जाता है।
- तापमान में गिरावट ऐसी है कि एक विशेष प्रकार का बादल, जिसे **ध्रुवीय समतापमंडलीय बादल** (polar stratospheric cloud-PSC) के रूप में जाना जाता है, लगभग -80 डिग्री सेल्सियस (-112 डिग्री फारेनहाइट) से नीचे के तापमान पर बन सकता है।
- इन बादलों की सतह पर बहुत तेजी से रासायनिक प्रतिक्रियाएँ होती हैं, जो क्लोरीन के निष्क्रिय रूपों को आणविक क्लोरीन (Cl2) में परिवर्तित कर देती हैं।
- जब **सितंबर में सूरज की रोशनी लौटती है,** तो क्लोरीन परमाणुओं से जुड़े उत्प्रेरक चक्र सक्रिय हो जाते हैं और ओजोन को नष्ट कर देते हैं।
- NASA के वायुमंडल वैज्ञानिकों के अनुसार, अब तक का सबसे बड़ा अंटार्कटिक ओजोन छिद्र 2006 में दर्ज किया गया था।
    - 21 से 30 सितंबर, 2006 तक ओजोन छिद्र का औसत क्षेत्र अब तक देखा गया सबसे बड़ा, 10.6 मिलियन वर्ग मील था, जो उत्तरी अमेरिका के क्षेत्र से भी बड़ा है।
- वार्षिक अंटार्कटिक ओजोन छिद्र 7 सितंबर से 13 अक्टूबर, 2022 के बीच 8.9 मिलियन वर्ग मील (23.2 मिलियन वर्ग किलोमीटर) के औसत क्षेत्र तक पहुंच गया।
- ओजोन छिद्र का आकार और मोटाई हर साल अलग-अलग होती है, तापमान कम होने पर यह बड़ा हो जाता है।
- आर्कटिक में अभी तक कोई समान ओजोन छिद्र नहीं देखा गया है क्योंकि यहाँ वसंत ऋतु में मौसम संबंधी परिस्थितियाँ दक्षिणी गोलार्ध की तुलना में बहुत अलग और अधिक गर्म होती हैं।
- इसके अलावा, उच्च भूमि द्रव्यमान के कारण उत्तरी ध्रुव क्षेत्र में परिध्रुवी हवाएँ कमजोर होती हैं।
- हालाँकि, आर्कटिक समताप मंडल में क्लोरीन के अणु होते हैं, और ऐसे अवसरों पर जब ओजोन की कमी के पक्ष में तापमान में पर्याप्त कमी आती है, तो आर्कटिक में रासायनिक ओजोन विनाश भी हो सकता है।
- 2011 में आर्कटिक के ऊपर दिखाई देने वाला एक विशाल ओजोन छिद्र उत्तरी गोलार्ध में दर्ज किया गया सबसे बड़ा छिद्र था।

1.6. ओजोन छिद्र के परिणाम

- जमीनी स्तर पर **यूवी-बी विकिरण में वृद्धि:** ओजोन की एक प्रतिशत हानि से यूवी विकिरण में दो प्रतिशत की वृद्धि होती है।
- यूवी विकिरण के लगातार संपर्क में रहने से मनुष्य, जानवर और पौधे प्रभावित होते हैं और इससे त्वचा संबंधी समस्याएं, प्रतिरक्षा प्रणाली का अवसाद और कॉर्नियल मोतियाबिंद हो सकता है।
- बढ़ी हुई यूवी विकिरण से पादप प्लवक (एक CO2 "सिंक") की बड़े पैमाने पर मृत्यु हो सकती है और इसलिए ग्लोबल वार्मिंग में वृद्धि हो सकती है।
- यूवी-सी अनावरण माइक्रोबियल विविधता को नष्ट कर सकता है, जिसके कई सदस्य मनुष्यों के लिए बेहद फायदेमंद हैं।

- वायुमंडल की तापीय संरचना में गड़बड़ी के परिणामस्वरूप संभवतः वायुमंडलीय परिसंचरण में परिवर्तन हो सकता है।
- ओजोन को ग्रीनहाउस गैस माना जाता है। क्षीण ओजोन परत ग्रीनहाउस प्रभाव को आंशिक रूप से कम कर सकती है।
- पृथ्वी की सतह के करीब ओजोन एक स्वास्थ्य खतरा है, क्योंकि यह फोटोकैमिकल स्मॉग के प्रमुख घटकों में से एक है।

2. ओजोन परत की रक्षा के प्रयास: वियना कन्वेंशन और मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल

2.1. वियना कन्वेंशन

- 1985 में वियना सम्मेलन ओजोन परत क्षरण पर पहला अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन था।
- एक ब्रिटिश टीम द्वारा दक्षिणी ध्रुव में समतापमंडलीय ओजोन परत में एक छेद देखे जाने के बाद इसे आयोजित किया गया था।
- इस सम्मेलन में ओजोन परत के संरक्षण के लिए वियना कन्वेंशन को सामने रखा गया। यह कन्वेंशन 1988 में लागू हुआ।
- कन्वेंशन में CFCs और अन्य ODS (ओजोन क्षयकारी पदार्थ-Ozone Depleting Substances) के उपयोग के लिए कानूनी रूप से बाध्यकारी कटौती लक्ष्य शामिल नहीं थें।
- ODS के लिए ये कानूनी रूप से बाध्यकारी कटौती लक्ष्य मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल में दिए गए हैं।

2.2. ओजोन परत को नष्ट करने वाले पदार्थों पर मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल

2.2.1. मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल क्या है?

- ओजोन परत को नष्ट करने वाले पदार्थों पर मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल वियना कन्वेंशन का एक प्रोटोकॉल है।
- यह दुनिया भर में ODS को चरणबद्ध तरीके से समाप्त करके ओजोन परत की रक्षा करने के लिए एक अंतरराष्ट्रीय संधि है।

2.2.2. स्वीकरण

- यह संधि 1987 में आगे बढ़ाई गई और **1 जनवरी 1989 को लागू** हुई।
- यह प्रोटोकॉल सार्वभौमिक अनुसमर्थन प्राप्त करने वाली दुर्लभ संधियों में से एक है। भारत जून 1992 से मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल का पार्टी रहा है।

2.2.3. शासी निकाय

- **पार्टियों की बैठक** (Meeting of the Parties-MOP) संधि के लिए शासन निकाय है, जिसमें एक ओपन-एंडेड वर्किंग ग्रुप द्वारा तकनीकी सहायता प्रदान की जाती है, जो दोनों वार्षिक आधार पर मिलते हैं।
- पार्टियों को ओजोन सचिवालय द्वारा सहायता प्रदान की जाती है, जो **केन्या के नैरोबी में** संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम के मुख्यालय पर आधारित है।

2.2.4. पार्टियों की जिम्मेदारी

- इस संधि के तहत, सभी पार्टियों के पास ODS के विभिन्न समूहों को चरणबद्ध तरीके से समाप्त करने, ODS व्यापार पर नियंत्रण, डेटा की वार्षिक रिपोर्टिंग, ODS आयात और निर्यात को नियंत्रित करने के लिए राष्ट्रीय लाइसेंसिंग प्रणाली और अन्य मामलों से संबंधित विशिष्ट जिम्मेदारियां हैं।
- विकासशील और विकसित देशों की **समान लेकिन अलग-अलग जिम्मेदारियाँ** हैं, लेकिन देशों के दोनों समूहों की बाध्यकारी, समय-लक्षित और मापने योग्य प्रतिबद्धताएँ हैं।

2.2.5. बहुपक्षीय कोष

- मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल के कार्यान्वयन के लिए बहुपक्षीय कोष की स्थापना **1991 में संधि के अनुच्छेद 10** के तहत की गई थी।
- कोष का उद्देश्य उन विकासशील देशों को वित्तीय और तकनीकी सहायता प्रदान करना है जिनकी वार्षिक प्रति व्यक्ति खपत और ODS का उत्पादन 0.3 किलोग्राम से कम है।
- बहुपक्षीय कोष की गतिविधियाँ चार अंतर्राष्ट्रीय एजेंसियों द्वारा कार्यान्वित की जाती हैं:
    - संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम (UNEP)
    - संयुक्त राष्ट्र विकास कार्यक्रम (UNDP)
    - संयुक्त राष्ट्र औद्योगिक विकास संगठन (UNIDO)
    - विश्व बैंक

2.2.6. HCFCs को चरणबद्ध तरीके से समाप्त करना - मॉन्ट्रियल संशोधन

- हाइड्रोक्लोरोफ्लोरोकार्बन (HCFCs) अपनी ग्लोबल वार्मिंग क्षमता (GWP) के मामले में कार्बन डाइऑक्साइड से लगभग 2,000 गुना अधिक शक्तिशाली है।
- **सितंबर 2007** में पार्टियों ने HCFCs को चरणबद्ध तरीके से समाप्त करने के अपने कार्यक्रम में तेजी लाने का निर्णय लिया।
- विकसित देशों को HCFCs की खपत कम करनी थी और 2020 तक इसे पूरी तरह से समाप्त करना था।
- विकासशील देश 2013 में अपनी चरण-आउट प्रक्रिया शुरू करने के लिए सहमत हुए और 2030 तक HCFCs के पूर्ण चरण-आउट तक चरणबद्ध कटौती का पालन कर रहे हैं।

2.2.7. HFCs को चरणबद्ध तरीके से बंद करना - किगाली संशोधन

- CFCs और HCFCs को समय पर चरणबद्ध तरीके से समाप्त करने में सहायता के लिए हाइड्रोफ्लोरोकार्बन (HFCs) को गैर-ओजोन क्षयकारी विकल्प के रूप में पेश किया गया था।
- वैसे तो HFCs समतापमंडलीय ओजोन परत को ख़राब नहीं करते हैं, लेकिन उनके पास 12 से 14,000 तक उच्च ग्लोबल वार्मिंग क्षमता है।
- मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल के पार्टी 15 **अक्टूबर 2016 को किगाली, रवांडा में** पार्टियों की अपनी 28वीं बैठक में HFCs को चरणबद्ध तरीके से बंद करने के लिए एक समझौते पर पहुंचे।
- संशोधन यह सुनिश्चित करेगा कि:

- संयुक्त राज्य अमेरिका और यूरोप के नेतृत्व में विकसित देश 2011-13 की आधार रेखा पर 2036 तक HFC का उपयोग 85 प्रतिशत कम कर देंगे।
- चीन, ब्राजील और दक्षिण अफ्रीका सहित विकासशील देशों के एक समूह को वर्ष 2045 तक 2020-22 में अपने HFC उपयोग को उनके औसत मूल्य के 85 प्रतिशत तक कम करने के लिए बाध्य किया गया है।
- भारत और कुछ अन्य विकासशील देश - ईरान, इराक, पाकिस्तान, और सऊदी अरब और कुवैत जैसी कुछ तेल अर्थव्यवस्थाएं - वर्ष 2047 तक 2024-26 में अपने HFC में 85 प्रतिशत की कटौती करेंगे।

2.2.8. भारत और मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल

- भारत ने 1 जनवरी 2010 को नियंत्रित उपयोग के लिए क्लोरोफ्लोरोकार्बन, कार्बन टेट्राक्लोराइड, हेलोन्स, मिथाइल ब्रोमाइड और मिथाइल क्लोरोफॉर्म को चरणबद्ध तरीके से बंद कर दिया।
- वर्तमान में, मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल के त्वरित कार्यक्रम के अनुसार हाइड्रोक्लोरोफ्लोरोकार्बन को चरणबद्ध तरीके से समाप्त किया जा रहा है।
- हाइड्रोक्लोरोफ्लोरोकार्बन चरण-आउट प्रबंधन योजना (Hydrochlorofluorocarbons Phase-out Management Plan-HPMP) चरण - I को 2012 से 2016 तक सफलतापूर्वक लागू किया गया है।
- हाइड्रोक्लोरोफ्लोरोकार्बन चरण-आउट प्रबंधन योजना (HPMP) चरण - II 2017 से कार्यान्वयन के अधीन है और 2023 तक पूरा हो जाएगा।
- HPMP का अंतिम चरण, यानी **HPMP का चरण III, 2023 - 2030 तक** लागू किया जाएगा।
- प्रशीतन और एयर कंडीशनिंग विनिर्माण क्षेत्रों सहित सभी विनिर्माण क्षेत्रों में HCFCs को चरणबद्ध तरीके से समाप्त करने का काम **जनवरी 2025 तक पूरा** हो जाएगा।

2.2.9. मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल के पार्टियों की 34वीं बैठक (MOP 34)

- MOP 34 31 अक्टूबर से 4 नवंबर 2022 तक मॉन्ट्रियल, कनाडा में आयोजित किया गया था।
- MOP 34 ने बहुपक्षीय कोष को फिर से भरने में ऊर्जा दक्षता विचारों को शामिल करने का निर्णय पारित किया, HFCs का सामना करते हुए ऊर्जा दक्षता बढ़ाने का निर्णय।
- मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल के विनियमन के तहत नाइट्रस ऑक्साइड, एक तेजी से बढ़ते ODS लेकिन शक्तिशाली GHG लाने पर चर्चा हुई।
- MOP 34 ने स्ट्रैटोस्फेरिक एयरोसोल इंजेक्शन जैसे तरीकों के माध्यम से जलवायु हस्तक्षेप, "ग्लोबल वार्मिंग के खिलाफ अंतिम उपाय" पर भी चर्चा की।

3. अम्ल वर्षा

3.1. परिचय

- अम्लीय वर्षा, वर्षा का एक रूप है जिसका **pH स्तर 5.6 से नीचे** होता है।

- यह वायुमंडल में **सल्फर डाइऑक्साइड** (SO2) और **नाइट्रोजन ऑक्साइड** (NOx) के निकलने के कारण होता है।
- ये प्रदूषक मानवीय गतिविधियों और प्राकृतिक स्रोतों दोनों से उत्सर्जित हो सकते हैं।

3.2. अम्ल अवक्षेपण के दो प्रकार

नम अम्ल वर्षा

- SO2 और NOx वायुमंडल में जलवाष्प के साथ प्रतिक्रिया करके अम्ल (सल्फ्यूरिक एसिड, नाइट्रिक एसिड) बनाते हैं।
- बारिश, बर्फ, कोहरे या अन्य प्रकार की वर्षा में शामिल एसिड।
- जमीन पर गिरता है, मिट्टी और जल निकायों को अम्लीय बनाता है।
- स्थलीय और जलीय पारिस्थितिकी तंत्र को नुकसान पहुँचाता है।

शुष्क अम्ल वर्षा

- अम्लीय प्रदूषक (SO2, NOx, कणिकीय पदार्थ जैसे अमोनियम सल्फेट-(NH4)2SO4 और अमोनियम नाइट्रेट-NH4NO3) सीधे पृथ्वी की सतह पर जमा हो जाते हैं।
- प्रदूषक वनस्पति, इमारतों, मिट्टी और जल निकायों पर जमा हो जाते हैं।
- क्षति, क्षरण, या संदूषण का कारण बनते है।
- प्रदूषक तत्वों को हवा में फिर से निलंबित किया जा सकता है और सांस के जरिए अंदर लिया जा सकता है, जिससे संभावित स्वास्थ्य जोखिम पैदा हो सकते हैं।

3.3. अम्ल वर्षा के कारण

मानवजनित स्रोत

- बिजली संयंत्रों, कारखानों और परिवहन में जीवाश्म ईंधन का जलना।
- औद्योगिक प्रक्रियाएँ जैसे धातु गलाना और कोयला खनन।
- उर्वरक और कीटनाशक अनुप्रयोग सहित कृषि पद्धतियाँ।

प्राकृतिक स्रोत

- ज्वालामुखी विस्फोट से सल्फर डाइऑक्साइड और अन्य अम्लीय गैसों का निकलना।
- जंगल की आग से नाइट्रोजन ऑक्साइड उत्सर्जित होना।
- आकाशीय बिजली वायुमंडल में उच्च तापमान प्रतिक्रियाओं के माध्यम से नाइट्रोजन ऑक्साइड का उत्पन्न होना।

3.4. अम्ल वर्षा के प्रभाव

पर्यावरण पर

स्थलीय पारिस्थितिकी तंत्र

- वनों को नुकसान: पेड़ों की पत्तियाँ और सुइयाँ रोग और कीटों के प्रति संवेदनशील हो जाती हैं।
- मिट्टी से आवश्यक पोषक तत्वों (कैल्शियम, मैग्नीशियम, पोटेशियम) का रिसाव, पौधों के विकास में बाधा।

- मिट्टी में जहरीली धातुओं (एल्यूमीनियम, सीसा, पारा) का एकत्रीकरण, भूजल और सतही जल को प्रदूषित करता है।

जलीय पारिस्थितिकी तंत्र

- झीलों और नदियों में pH कम होने से मछली और जलीय जीवन पर नकारात्मक प्रभाव।
- सतही जल के अम्लीकरण से जैव विविधता की हानि और खाद्य श्रृंखलाओं में व्यवधान होना।
- पानी में एल्युमीनियम की सांद्रता में वृद्धि, मछली के गिल की कार्यप्रणाली का ख़राब होना और मछली की आबादी का कम होना।

मानव स्वास्थ्य पर

- हवा में सल्फर डाइऑक्साइड और नाइट्रोजन ऑक्साइड के उच्च स्तर के कारण अस्थमा और ब्रोंकाइटिस सहित श्वसन संबंधी समस्याएं।
- मौजूदा हृदय संबंधी स्थितियों का बिगड़ना और दिल के दौरे का खतरा बढ़ जाना।
- दूषित पानी में जहरीली धातुओं (सीसा, पारा) के संपर्क में आने से तंत्रिका संबंधी और विकासात्मक समस्याएं का पैदा होना।

3.5. रोकथाम एवं नियंत्रण

नियामक उपाय

- संयुक्त राज्य अमेरिका में स्वच्छ वायु अधिनियम और अन्य देशों में सल्फर डाइऑक्साइड और नाइट्रोजन ऑक्साइड के उत्सर्जन को कम करने के लिए समान नियम।
- बिजली संयंत्रों में प्रदूषण नियंत्रण प्रौद्योगिकी, जैसे फ्ल्यू गैस डीसल्फराइजेशन (स्क्रबर) और चयनात्मक उत्प्रेरक कटौती प्रणाली।
- वाहनों और औद्योगिक प्रक्रियाओं के लिए सख्त उत्सर्जन मानक।

व्यक्तिगत क्रियाएँ

- जीवाश्म ईंधन की मांग को कम करने के लिए ऊर्जा संरक्षण।
- सार्वजनिक परिवहन का उपयोग करना, कारपूलिंग करना और इलेक्ट्रिक या हाइब्रिड वाहनों का उपयोग करना।
- प्रदूषण को कम करने के लिए खतरनाक कचरे का उचित निपटान और पुनर्चक्रण।

वैकल्पिक ऊर्जा स्रोत

- जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करने के लिए सौर, पवन और जल विद्युत जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के उपयोग को प्रोत्साहित करना।
- ऊर्जा दक्षता और हरित भवन डिज़ाइन को बढ़ावा देना।
- स्वच्छ प्रौद्योगिकियों के अनुसंधान और विकास का समर्थन करना

3.6. भारत में अम्लीय वर्षा: कारण, प्रभाव और समाधान

भारत में कारण

- तेजी से औद्योगीकरण और शहरीकरण के कारण जीवाश्म ईंधन की खपत में वृद्धि।

- अकुशल कोयला आधारित बिजली संयंत्र बड़ी मात्रा में सल्फर डाइऑक्साइड और नाइट्रोजन ऑक्साइड उत्सर्जित करते हैं।
- ऑटोमोबाइल की बढ़ती संख्या से वाहन उत्सर्जन।

भारत में प्रभाव

ताज महल

- अम्लीय वर्षा के कारण आगरा में यूनेस्को विश्व धरोहर स्थल ताज महल को नुकसान हो रहा है।
- अम्लीय प्रदूषक सफेद संगमरमर की सतह को नष्ट कर रहे हैं, जिससे मलिनकिरण और संरचनात्मक क्षति हो रही है।
- अम्लीय वर्षा संगमरमर में कैल्शियम कार्बोनेट के साथ प्रतिक्रिया करके जिप्सम बनाती है, जो परत को तोड़ सकती है और संरचना को कमजोर कर सकती है।
- जटिल नक्काशी और स्थापत्य सुविधाओं का ह्रास, जिससे स्मारक के दीर्घकालिक संरक्षण को खतरा है।

भारत के लिए समाधान

नियामक उपाय

- सल्फर डाइऑक्साइड और नाइट्रोजन ऑक्साइड उत्सर्जन को कम करने के लिए उद्योगों और वाहनों के लिए सख्त उत्सर्जन मानकों को लागू करना।
- बिजली संयंत्रों और कारखानों में प्रदूषण नियंत्रण प्रौद्योगिकी की स्थापना को अनिवार्य बनाना।
- प्राकृतिक गैस और नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों जैसे स्वच्छ ईंधन को अपनाने को प्रोत्साहित करना।

सार्वजनिक जागरूकता और शिक्षा

- अम्लीय वर्षा के कारणों और प्रभावों के बारे में सार्वजनिक जागरूकता बढ़ाना और उत्सर्जन को कम करने के लिए व्यक्तिगत कार्यों को बढ़ावा देना।
- पर्यावरणीय जिम्मेदारी की भावना को बढ़ावा देने के लिए स्कूली पाठ्यक्रमों में पर्यावरण शिक्षा को एकीकृत करना।
- प्रदूषण के स्तर के बारे में जनता को सूचित रखने के लिए नियमित वायु गुणवत्ता निगरानी और रिपोर्टिंग करना।

पुनर्स्थापना और संरक्षण प्रयास

- ताज महल और अन्य ऐतिहासिक स्मारकों को अम्लीय वर्षा से हुई क्षति की मरम्मत के लिए पुनर्स्थापन परियोजनाएँ चलाना।
- अम्लीय वर्षा के प्रभाव को कम करने के लिए कमजोर संरचनाओं की सतहों पर सुरक्षात्मक कोटिंग या उपचार लागू करना।
- औद्योगिक विकास और वाहन यातायात को सीमित करने, स्थानीय प्रदूषण को कम करने के लिए सांस्कृतिक विरासत स्थलों (जैसे ताज ट्रेपेज़ियम) के आसपास बफर जोन स्थापित करना।

सतत विकास को बढ़ावा देना

- शहरी नियोजन को प्रोत्साहित करना जिसमें हरित स्थान, सार्वजनिक परिवहन बुनियादी ढाँचा और पैदल यात्री-अनुकूल डिज़ाइन शामिल हों।
- जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करने और उत्सर्जन कम करने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र के विकास का समर्थन करना।
- आवासीय, वाणिज्यिक और औद्योगिक क्षेत्रों में ऊर्जा दक्षता को बढ़ावा देने के लिए नीतियां लागू करना।

3.7. ताज ट्रैपेज़ियम जोन (TTZ)

- ताज ट्रेपेज़ियम भारत के आगरा में ताज महल के आसपास का एक परिभाषित क्षेत्र है, जो लगभग 10,400 वर्ग किलोमीटर में फैला है।
- ट्रैपेज़ियम आकार का क्षेत्र ताज महल और अन्य ऐतिहासिक स्मारकों को प्रदूषण, विशेष रूप से अम्लीय वर्षा और वायुजनित कणों के हानिकारक प्रभावों से बचाने के लिए स्थापित किया गया था।
- इस क्षेत्र में उत्तर प्रदेश में आगरा, फिरोजाबाद, मथुरा, हाथरस और एटा जिले और राजस्थान में भरतपुर जिले के कुछ हिस्से शामिल हैं।
- ताज ट्रेपेज़ियम ज़ोन (TTZ) **1996 में भारत के सर्वोच्च न्यायालय के आदेश** के जवाब में बनाया गया था, जिसका उद्देश्य प्रदूषण के स्तर को कम करना और प्रतिष्ठित ताज महल को संरक्षित करना था।
- अदालत के आदेश में TTZ के भीतर प्रदूषण को नियंत्रित करने के लिए कई उपाय अनिवार्य हैं, जिनमें शामिल हैं:
    - प्रदूषणकारी उद्योगों को बंद करना या स्थानांतरित करना, विशेष रूप से कोयला या अन्य उच्च उत्सर्जन ईंधन का उपयोग करने वाले उद्योगों को।
    - उद्योगों और परिवहन में स्वच्छ ईंधन के उपयोग को प्रोत्साहित करना।
    - क्षेत्र के भीतर चलने वाले वाहनों और उद्योगों के लिए सख्त उत्सर्जन मानकों को लागू करना।
    - वायु की गुणवत्ता में सुधार और प्रदूषण के खिलाफ बफर बनाने के लिए हरित स्थानों और वनीकरण को बढ़ावा देना।
    - वाहन प्रदूषण को कम करने के लिए सार्वजनिक परिवहन और पैदल यात्री-अनुकूल क्षेत्रों के लिए बुनियादी ढांचे का विकास करना।