इकाई प्रथम

पर्यावरण प्रदूषण एवं जनस्वास्थ्य

(Environmental Pollution and Human Health)

1.1 परिचय

मनुष्य द्वारा अपनी सुख सुविधाओं की वृद्धि की तेज रफ्तार और विविधताओं ने उसके चारों ओर उपस्थित वातावरण में अवांछित ओर अनगिनत प्रकार के परिवर्तन किये हैं और वे दिनोंदिन बढ़ते जा रहे हैं। इन परिवर्तनों के फलस्वरूप ही प्रकृति आज जीवन के लिए कई प्रकार की कठिनाइयों की जन्मदात्री बन गई है। विकास ने प्राकृतिक संशोधनों का निर्बाध दोहन किया है और निरंतर इसकी गति उत्तरोत्तर बढ़ती जा रही है। विश्व पटल पर बढ़ती शहरों की संख्या और औद्योगीकरण ने सम्पूर्ण मानव जाति के अस्तित्व को ही चुनौती प्रस्तुत कर दी है। इन सबका मूलभूत कारण विश्व की जनसंख्या में बढ़ोतरी है।

प्रकृति में होने वाले अवांछित परिवर्तनों को ही प्रदूषण की संज्ञा दी जा सकती है।

परिभाषा (Definition)

वायु, जल तथा पृथ्वी (भूमि) के भौतिक (Physical), रासायनिक (Chemical) तथा जैविक (Biological) गुणों में होने वाले प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष अवांछित परिवर्तनों को जिनसे जैविक तथा अजैविक घटकों को हानि हो सकती है, प्रदूषण कहते हैं।

अति सामान्य भाषा में पर्यावरण प्रदूषण, प्रकृति में होने वाले ऐसे परिवर्तन हैं जो जीवन के लिए और प्रकृति स्वयं के लिए भी प्रतिकूल प्रभाव डालते हैं।

प्रदूषक (Pollutants) : कोई भी पदार्थ जो प्रदूषण उत्पन्न करता है, प्रदूषक (Pollutant) कहलाता है।

अथवा

कोई भी ठोस, द्रव या गैसीय पदार्थ इतनी मात्रा में उपस्थित हो कि पर्यावरण उससे प्रतिकूल रूप से प्रभावित हो, प्रदूषक कहलाता है।

पर्यावरणीय प्रदूषकों के प्रकार (Types of environmental pollutants) : वायु, जल और भूमि (=मृदा) को प्रदूषित करने वाले प्रदूषक मुख्य रूप से निम्न है :–

1. गैसें (Gases) : (i) कार्बन डाई ऑक्साइड व कार्बन मोनो ऑक्साइड (CO_2 व CO)

   (ii) नाइट्रोजन के ऑक्साइड्स (NO व NO_2)

   (iii) हेलोजन (क्लोरीन, ब्रोमीन व आयोडीन)
2. धातु (Metals) : मर्करी, सीसा, लोहा, जस्ता, निकल, टिन, केडमियम व क्रोमियम इत्यादि।
3. फ्लोराइड्स।
4. निक्षेपित पदार्थ (Deposited matter) : काजल, धूल, धुंआ, चारकोल इत्यादि।
5. अम्ल (Acids) : नाइट्रिक अम्ल, सल्फ्युरिक अम्ल आदि।
6. कृषि रसायन (Agrochemicals) : जीवनाशी, पीड़कनाशी, शाकनाशी, कवकनाशी, जीवाणुनाशी, अपतृणनाशी (खरपतवारनाशी) और उर्वरक आदि।
7. प्रकाशी रासायनिक ऑक्सीकारक (Photochemical oxidants) : प्रकाश रासायनिक धूम (Photochemical smog), ओजोन, परऑक्सी एसिटाइल नाइट्रेट (PAN), एल्डिहाइड इत्यादि।
8. जटिल कार्बनिक पदार्थ (Complex organic substances) : बेन्जीन, एसिटिक एसिड, बेन्जोपाइरिन व ईथर आदि।
9. रेडियोधर्मी अपशिष्ट (Radioactive wastes)
10. ठोस अपशिष्ट (Solid wastes)
11. शोर (Noise)

प्रदूषण के प्रकार (Kinds of Pollution)

प्रदूषणों को अलग–अलग आधार पर वर्गीकृत किया जाता है।

1. प्रदूषित हुए पर्यावरण के आधार पर (On the basis of polluted environment)
   (i) वायु प्रदूषण (Air Pollution)
   (ii) जल प्रदूषण (Water Pollution)
   (iii) मृदा (=भूमि) प्रदूषण (Soil Pollution)
   (iv) समुद्री प्रदूषण (Marine Pollution)
   (v) तापीय प्रदूषण (Thermal Pollution)
   (vi) शोर प्रदूषण (Noise Pollution)
   (vii) रेडियोधर्मी प्रदूषण (Radioactive Pollution)
2. प्रदूषक के आधार पर (On the basis of pollutants)
   (i) सल्फर डाईऑक्साइड प्रदूषण (SO_2 Pollution)
   (ii) जल प्रदूषण (Water Pollution)
   (iii) धूम्र प्रदूषण (Particulate Pollution)
   (iv) मरकरी प्रदूषण (Mercury Pollution)
   (v) ठोस अपशिष्ट प्रदूषण (Solid Waste Pollution)
   (vii) रेडियोएक्टिव प्रदूषण इत्यादि (Radioactive Pollution)

प्रदूषकों का प्रकार : प्रदूषकों को उनकी अपघटन की प्रकृति के आधार पर मूल रूप से दो प्रकारों में वर्गीकृत करते हैं :–

(अ) **अनिम्नीकरणीय प्रदूषक** (Non-degradable pollutants) : ये प्रदूषक या तो अपघटित नहीं होते हैं या इनका अपघटन बहुत ही धीमी गति से होता है इसलिए पारिस्थितिकी तंत्र में प्राकृतिक रूप से चक्रित नहीं होते हैं। इनकी मात्रा खाद्य श्रृंखला के स्तरों में आवर्धित होती जाती है। उदाहरण – DDT, मर्क्युरिक लवण आदि।

(ब) **जैवनिम्नीकरण प्रदूषक** (Biodegradable pollutants) : ये घरेलू अपशिष्ट होते हैं जिनका शीघ्रता से अपघटन हो जाता है तथा पुनः चक्रित हो जाते हैं।

वायुमण्डल का संगठन

(Composition of Atmosphere)

वायुमण्डल कई प्रकार की गैसों का एक मिश्रण है जिसका लगभग 99 प्रतिशत भाग आयतनिक रूप से नाइट्रोजन (78%) तथा ऑक्सीजन (21%) से मिलकर बनता है जबकि बाकी एक प्रतिशत भाग में अन्य गैसें उपस्थित होती है। सभी गैसों का तुलनात्मक अनुपात सारिणी सं. 1.1 में दिया गया है।

सारिणी सं. 1.1 : वायुमण्डल में विभिन्न गैसों का आयतनिक अनुपात

नाइट्रोजन	78.0841
ऑक्सीजन	20.9486
आर्गन	0.9340
कार्बन डाइ ऑक्साइड	0.0318
निऑन	0.0018
हीलियम	0.0005
क्रिप्टोन	0.00011
जिनोन	0.00009
हाइड्रोजन	0.00006
मीथेन	0.00020
नाइट्रस ऑक्साइड	0.00005
ओजोन	0.000004

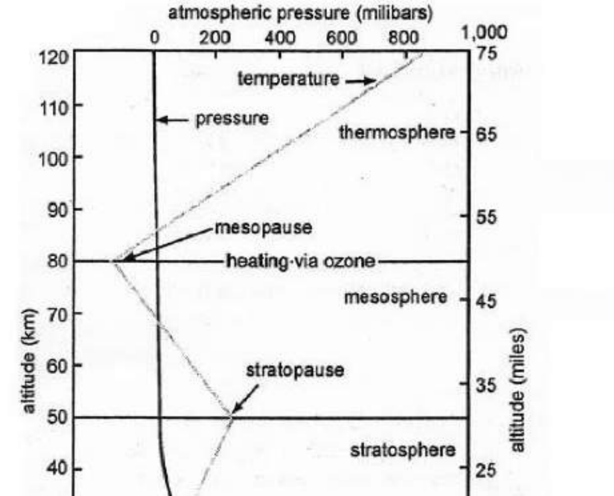
गैसों के अतिरिक्त वायुमण्डल के निचले स्तरों में जल वाष्प, धूल के कण, धुँआ, सूक्ष्मजीव, परागकण इत्यादि उपस्थित होते हैं। पृथ्वी की जलवायु के लिए CO_2, धूलीकण, जलवाष्प एवं ओजोन का अत्यधिक महत्व होता है।

वायुमण्डल की संरचना

(Structure of Atmosphere)

वायुमण्डल में मोटे रूप में पांच स्तर होते हैं :–

1. **ट्रोपोस्फीयर** (Troposphere) : यह वायुमण्डल का सबसे नीचे का स्तर है जिसकी मोटाई ध्रुवों पर 8 कि.मी. तथा भूमध्यरेखा पर 18 कि.मी. है। इस स्तर में जैसे–जैसे ऊपर जाते हैं तापमान कम होता जाता है। इसमें धूल के कण तथा 90% से अधिक पृथ्वी की जल वाष्प उपस्थित होती है।
2. **स्ट्रेटोस्फीयर** (Stratosphere) : यह स्तर ट्रोपोस्फीयर के ठीक ऊपर तथा 50 कि.मी. की ऊँचाई तक विद्यमान है। इसमें 20 कि.मी. की ऊँचाई तक तापमान स्थिर रहता है। परन्तु इसके ऊपर धीरे–धीरे बढ़ता जाता है। इसमें ओजोन स्तर उपस्थित होता है जो सूर्य के प्रकाश से आने वाली पराबैंगनी विकिरणों (UV radiations) का अवशोषण करती हैं। बादल लगभग नहीं के बराबर तथा बहुत ही कम धूली कण व जलवाष्प इसमें पाये जाते हैं।
3. **मीजोस्फीयर** (Mesosphere) : यह स्ट्रेटोस्फीयर के ऊपर 80 कि.मी. की ऊँचाई तक का क्षेत्र है। इसमें ऊँचाई के बढ़ने के साथ तापमान घटता जाता है।
4. **आयनोस्फीयर** (Ionosphere) : यह 80 और 400 कि.मी. के बीच की ऊँचाई वाला स्तर है। यह वैद्युतकीय आवेशित



चित्र सं. 1.1

(Electrically charged) स्तर है। इसमें रेडियो किरणों को आयन्स परावर्तित करते हैं। इसमें तापमान ऊँचाई के साथ बढ़ने लगता है।

5. **एक्जोस्फीयर** (Exosphere) : यह वायुमण्डल का सबसे ऊपरी स्तर है जो 400 कि.मी. से ऊपर की ऊँचाई पर स्थित है (चित्र सं. 1.1)।

1.2 वायु प्रदूषण (Air Pollution)

वायु प्रदूषण की परिभाषा

वे पदार्थ जिनकी वायुमण्डल में प्रचुर मात्रा में उपस्थिति प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से मनुष्य के आराम, सुरक्षा व स्वास्थ्य या उसकी सम्पत्ति के पूर्ण उपभोग या उसके आनन्द अनुभूति में बाधक हो, वायु प्रदूषक कहलाते हैं। भारतीय वायु (प्रदूषण नियंत्रण एवं रोकथाम) अधिनियम, 1981 (Air Prevention and Control of Pollution) Act, 1981 के अनुसार वायुमण्डल में उपस्थित वे ठोस, द्रव या गैसीय पदार्थ (शोर सहित) जिनकी प्रचुर मात्रा, मानव एवं अन्य प्राणियों तथा पौधों तथा सम्पत्ति के लिये नुकसानदायक हो, प्रदूषक कहलाते हैं।

वायु प्रदूषकों के स्रोत
(Sources of Air Pollutants)

वायु प्रदूषकों के चार मुख्य स्रोत हैं :–

(क) **औद्योगिकीय चिमनी अपशिष्ट** (Industrial chimney wastes) : कई उद्योग प्रदूषकों के स्रोत हैं। गैसीय प्रदूषक मुख्यतः पेट्रोलियम परिष्करणशाला (Refineries) से निकलते हैं। इनमें SO_2 व NO_2 मुख्य गैसें हैं। इसके अलावा सीमेन्ट कारखाने, प्रस्तर दलन (Stone crushing) कारखाने, रसायन, उर्वरक, लोह, स्टील, वस्त्र उत्पादक इकाइयां इत्यादि वायु प्रदूषण के लिए उत्तरदायी है।

(ख) **तापीय शक्ति केन्द्र** (Thermal power station) : देश में कई तापीय व अतितापीय शक्ति केन्द्र हैं। जिनमें हजारों टन कोयले का उपयोग होता है। इनमें फ्लाई ऐश (Fly ash), SO_2 और अन्य गैसें तथा हाइड्रोकार्बन उत्सर्जित होते हैं। उत्तर प्रदेश के सिंगरोली, मध्यप्रदेश के कोरबा, आंध्रप्रदेश में रामागुन्दम और पश्चिमी बंगाल के फरक्का में महान कोयला संयंत्र केन्द्र NTPC द्वारा स्थापित किये जा रहे हैं। दिल्ली में इन्द्रप्रस्थ एस्टेट, राजघाट और बदरपुर में तापीय केन्द्र वायु प्रदूषण के स्रोत है।

(ग) **स्वचालित वाहन** (Automobiles) : यह वायु प्रदूषण का द्वितीय सबसे बड़ा स्रोत है। निरंतर बढ़ते हुए वाहनों की संख्या के कारण आज वायुमण्डल में CO (लगभग 70%), सारे हाइड्रोकार्बन्स के 50%, सभी ऑक्साइड 30-40% तथा निलंबित पदार्थ 30% उत्सर्जन के लिए जिम्मेदार है। स्वचालित वाहनों के उत्सर्जन के मुख्य स्रोत है :–

(i) निकास तंत्र (Exhaust system) : CO, NO_2 व सीसा ऑक्साइड, एल्डिहाइड, एस्टर, ईथर, परऑक्साइड

(ii) ईंधन टैंक व कार्बोरेटर और हाइड्रोकार्बन

(iii) क्रेंक कोष्ठ (Crank case) हाइड्रोकार्बन

वायु प्रदूषकों के प्रकार
(Types of Air Pollutants)

1. भौतिक अवस्था के आधार पर वायु प्रदूषक निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं –

1. गैसीय वायु प्रदूषक (Gaseous air pollutants)
2. कणीय वायु प्रदूषक (Particulate air pollutants)

गैसीय प्रदूषकों में SO_2, CO_2, H_2S, NO_x, HF, O_3 इत्यादि अत्यन्त महत्वपूर्ण है। इनकी विशेषता यह है कि ये अपने मुख्य स्रोत से काफी दूरी तक हवा में विचरण करते हैं। ऐसे प्रदूषकों का दुष्प्रभाव अधिक क्षेत्र में हो सकता है।

कणीय वायु प्रदूषक (Particulate air pollutants) : विभिन्न पदार्थों के भिन्न–भिन्न आकार एवं परिमाण (Size) के कण वायुमण्डल में विद्यमान होते हैं। कणों के परिमाण के आधार पर इन्हें दो भागों में बांटा जा सकता है :–

(i) **कुल निलम्बित कणीय पदार्थ** (Total Suspended Particulate Matter {TSPM}) : इसमें कणों का परिमाण (Size) 10 माइक्रॉन (10 μ) या इससे छोटा होता है। ये

वायु में अधिक दूरी तय कर सकते हैं अतः इनका दुष्प्रभाव अधिक क्षेत्र में हो सकता है।

(ii) **निक्षेपितीय कणीय पदार्थ** (Settleable Particulate Matter {SPM}) : ये कण परिमाण में 10 माइक्रॉन से बड़े होते हैं अतः धीरे–धीरे किसी सतह पर निक्षेपित (Settle) हो जाते हैं। इसलिए इनका दुष्प्रभाव सीमित क्षेत्र में होता है।

धातुओं के कण, कार्बन, तार, रेजिन के कण, पराग कण, कवक, बैक्टिरिया के बीजाणु आदि कणीय वायु प्रदूषक की श्रेणी में आते हैं।

2. स्रोत एवं उत्पत्ति के आधार पर वायु प्रदूषकों को दो भागों में विभाजित किया जा सकता है। वे हैं –

(i) **प्राथमिक वायु प्रदूषक** (Primary air pollutants) : ऐसे वायु प्रदूषक जो किसी स्रोत से सीधे उत्सर्जित होते हैं। उदाहरण के तौर पर सल्फर के यौगिक (SO_2, H_2S इत्यादि), कार्बन यौगिक (CO), नाइट्रोजन ऑक्साइड्स (NO, NO_2), फ्लोराइड यौगिक (HF, SIF_4 इत्यादि) एवं कणीय पदार्थ जिसमें हाइड्रोकार्बन, धातुएं, कवकनाशी के कण इत्यादि मिश्रित होते हैं।

(ii) **द्वितीयक वायु प्रदूषक** (Secondary air pollutants) : ये प्रदूषक वायुमण्डल में प्राथमिक प्रदूषकों की आपस में प्रतिक्रिया के परिणामस्वरूप उत्पन्न होते हैं। द्वितीयक प्रदूषकों में ओजोन एवं परऑक्सी ऐसीटाइलनाइट्रेट (PAN) प्रमुख है। इन प्रदूषकों का निर्माण सूर्य के प्रकाश में नाइट्रोजन ऑक्साइड एवं हाइड्रोजन कार्बन के बीच अभिक्रिया से होता है।

धूमकोह (Smog)

प्रदूषित शहरों एवं औद्योगिक क्षेत्रों में धूमकोह का बनना एक साधारण घटना है। धूमकोह (Smog) शब्द धुंआ (Smoke) व कोहरा (Fog) शब्दों से मिलकर बना है। धूमकोह (Smog) दो प्रकार के होते हैं –

1. **प्रकाश रासायनिक धूमकोह** (Photochemical smog) : शहरी क्षेत्रों में गैसोलीन के दहन से निकलने वाले धुंए से, जिसमें नाइट्रोजन ऑक्साइड्स एवं हाइड्रोकार्बन अधिक मात्रा में पाये जाते हैं, सूर्य के प्रकाश में जब धूमकोह का निर्माण होता है तो उसे प्रकाश रासायनिक धूमकोह (Photochemical smog) कहते हैं। 1940 के दशक में इसी धूमकोह से अमेरिका के लॉस एंजिलिस राज्य में अत्यधिक क्षति हुई, इसी कारण इस धूमकोह को लॉस एंजिलिस धूमकोह (Los Angeles Smog or LA Smog) कहा जाता है। इसे भूरी वायु (Brown air) भी कहते हैं। इसकी प्रकृति ऑक्सीकारक होती है तथा इसमें ओजोन एवं परऑक्सी एसिटाइलनाइट्रेट (PAN) मुख्य रूप से पाये जाते हैं।
2. **सल्फ्यूरस धूमकोह** (Sulphurous smog) : औद्योगिक क्षेत्रों जहां SO_2 प्रचुर मात्रा में निकलती है, सल्फ्यूरस धूमकोह का निर्माण होता है। सन् 1952 में सल्फ्यूरस धूमकोह से लन्दन में अत्यधिक क्षति हुई थी। इसीलिए इसे लन्दन धूमकोह (London smog or L-type smog) कहते हैं। इसे औद्योगिक धूमकोह (Industrial smog) अथवा ग्रे वायु (Grey air) भी कहते हैं। इनकी प्रकृति अपचायक होती है। कम ताप पर औद्योगिक धुंए में इनवर्जन स्तर बनने से इनकी मात्रा सघन हो जाती है। इसमें SO_2 एवं कणीय पदार्थ अधिक मात्रा में पाये जाते हैं। इस प्रकार सल्फ्यूरस धूमकोह में प्राथमिक प्रदूषक एवं प्रकाश रासायनिक धूमकोह में द्वितीयक प्रदूषक विद्यमान होते हैं।

वायु प्रदूषण के कारण
(Causes of Air Pollution)

वायु प्रदूषक हालांकि प्राकृतिक एवं मानवजनित दोनों स्रोतों से उत्सर्जित होते हैं, लेकिन मानवजनित स्रोतों ने वातावरण में प्रदूषकों की मात्रा को अत्यधिक बढ़ा दिया है। वायु प्रदूषण के स्रोतों को दो भागों में विभाजित किया जा सकता है –

1. **स्थिर स्रोत** (Stationary Sources) : ऐसे स्रोत जिनकी स्थिति स्थिर होती है। ऐसे स्रोत तीन प्रकार के हो सकते हैं –

(अ) **बिन्दु स्रोत** (Point sources) : जैसे औद्योगिक चिमनी।

(ब) **फ्यूजिटिव स्रोत** (Fugitive sources) : जैसे सड़कें, भवन निर्माण क्षेत्र, सतही खानें इत्यादि।

(स) **क्षेत्र स्रोत** (Area sources) : जैसे छोटा शहर, औद्योगिक क्षेत्र, कृषि क्षेत्र जहां कीटनाशी इत्यादि का छिड़काव किया गया हो।

2. **चलित स्रोत** (Mobile Sources) : जैसे स्वचालित वाहन, ट्रेन, वायुयान इत्यादि।

निम्नलिखित सारिणी सं. 1.2 में प्राकृतिक एवं मानवजनित प्रदूषकों एवं उनके स्त्रोतों का विवरण दिया जा रहा है :–

सारिणी से स्पष्ट है कि मुख्य रूप से औद्योगिकीकरण एवं शहरीकरण (जहां स्वचालित वाहनों की भरमार है) बढ़ते हुए वायु प्रदूषण के लिये जिम्मेदार है। नाइट्रोजन डाइऑक्साइड (NO_2) एवं ओजोन (O_3) तो मुख्य रूप से मानवजनित स्त्रोतों का ही परिणाम है। ओजोन एक द्वितीयक प्रदूषक है और मुख्यतया वहीं बनती है जहां नाइट्रोजन के ऑक्साइड (NO_x) एवं हाइड्रोकार्बन

सारिणी सं. 1.2 : प्राकृतिक एवं मानवजनित मुख्य वायु प्रदूषक एवं उनके स्रोत

वायु प्रदूषक	स्रोतों का प्रतिशत योगदान		मानवजनित	प्रतिशत
	प्राकृतिक	मानवजनित	मुख्य स्रोत	योगदान
1. कणीय पदार्थ	89	11	औद्योगिक इकाइयां ईंधन का दहन	51 26
2. SO_x	50	50	ईंधन का दहन (मुख्यतया कोयला) औद्योगिक इकाइयां	78 18
3. CO	91	9	स्वचालित वाहन कृषि कार्य	75 9
4. NO_2	—	लगभग पूरी (~100%)	स्वचालित वाहन ईंधन का दहन	52 44
5. O_3	सूक्ष्म	लगभग पूरी (प्रदूषित वायु में प्रकाश रासायनिक क्रिया के फलस्वरूप)	द्वितीयक प्रदूषक, जहां स्वचालित वाहन का धुंआ पर्याप्त मात्रा में हो।	लगभग पूरी
6. हाइड्रोकार्बन (HC_s)	84	16	स्वचालित वाहन औद्योगिक इकाइयां कार्बनिक विलायकों का वाष्पन कृषि पदार्थों का दहन	56 16 9 8

(HC) पर्याप्त मात्रा में हो अर्थात् जहां स्वचालित वाहनों की वाहनों की आवृत्ति अधिक होती है।

वायु प्रदूषण के प्रभाव
(Effects of Air Pollution)

जीव मात्र पर वायु प्रदूषण के हानिकारक प्रभावों का संक्षिप्त विवरण इस प्रकार है :

कार्बन यौगिक (Carbon compounds) : कार्बन डाइ ऑक्साइड (CO_2) व कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) मुख्य प्रदूषक है।

कार्बन डाइ ऑक्साइड (CO_2) मुख्यतः जीवाश्म ईंधन (कोयला, पेट्रोल, डीजल इत्यादि) के दहन, घरेलू खाना बनाने, शक्ति संयंत्रों, उद्योगों की चिमनियों तथा उष्मा प्रदान करने वाले संयंत्रों तथा भट्टियों (Furnaces) में ईंधन के उपयोग से उत्पन्न होती है। एक अनुमान के अनुसार केवल जीवाश्म ईंधन से ही 18 $\times 10^2$ टन से अधिक CO_2 वायुमण्डल में मोचित होती है। ज्वालामुखी उद्गार के दौरान भी CO_2 उत्सर्जित होती है।

वायुमण्डल में CO_2 सान्द्रता में वृद्धि के हानिकारक प्रभावों का संक्षिप्त विवरण निम्न प्रकार है –

हरित गृह प्रभाव (Green House Effect) : CO_2 केवल ट्रोपोस्फीयर में ही उपस्थित होती है इसलिए इसकी अधिक मात्रा में उपस्थिति एक खतरनाक प्रदूषक की तरह से कार्य कर सकती है। सामान्य परिस्थिति में जब सूर्य की किरणें पृथ्वी तल पर पहुंचती है तो उनमें उपस्थित ऊर्जा से उष्मीय (Heating) प्रभाव उत्पन्न होता है। जब यह उष्मा पृथ्वी तल से पुनः विकसित होती है, तो CO_2 स्तर उसे रोकती है और पृथ्वी के वायुमण्डल का तापमान बढ़ता है। इस प्रकार CO_2 स्तर ग्रीन हाउस के कांच के पर्दे (Panels of glass) की तरह से (यानि जैसे मोटरयान के कांच की खिड़की) कार्य करती है। इसे सामान्य हरित गृह प्रभाव कहते हैं।

जब CO_2 की सान्द्रता बढ़ जाती है तो पृथ्वी तल से पुनः निकलने वाली उष्मा CO_2 व जल वाष्प द्वारा ही अवशोषित कर ली जाती है जिससे पृथ्वी तल के वायुमण्डल का तापमान बढ़ जाता है। इसे प्रभावी हरित गृह प्रभाव (Enhanced green house effect) कहते हैं।

हरित गृह गैसें (Green house gases) : ये निम्न हैं –

- CO_2
- CH_4

- जलवाष्प
- N_4O
- CFCs

उपरोक्त गैसें बहुत कम मात्रा में उपस्थित होती हैं किन्तु पृथ्वी के वायुमण्डल के तापमान को नियंत्रित करने में बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका अदा करती है। इनमें से CO_2 कुल उष्मायान का 60% तथा मीथेन, CFCs और N_2O क्रमशः 20%, 14% तथा 6% भाग बनाते है। इन सभी गैसों का उत्सर्जन दिन प्रतिदिन बढ़ता ही जा रहा है जिसमें फलस्वरूप वैश्विक उष्मायन (Global warming) हो रहा है। वैश्विक उष्मायन से संभावित खतरे निम्न हो सकते हैं –

- वैश्विक तापमान में वृद्धि से ध्रुवीय बर्फ का पिघलना जिससे समुद्र के जल स्तर में वृद्धि होगी।
- अधिक सूखा व बाढ़
- अधिक भयावह आंधियां
- गर्म दिनों के संख्या में वृद्धि
- अधिक महामारियां
- क्षेत्र विशेष की फसल उत्पादन क्षमता में परिवर्तन
- जैव विविधता में कमी
- वनों का ह्रास
- पीने के स्वच्छ जल की कमी
- जलवायु परिवर्तन

कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) : CO का मुख्य स्रोत स्वचालित वाहन है किन्तु अन्य स्रोतों जैसे स्टोव, भट्टी (Furnaces), वनों में आग, फैक्ट्री व शक्ति गृहों (Power plants) आदि से भी यह गैस उत्सर्जित होती है। सभी स्वचालित वाहनों से निकलने वाले धुंए से लगभग 80% कार्बन मोनोडाइऑक्साइड निकलती है। वायु में इसकी सान्द्रता सामान्यतः कुछ अंशों (Traces) से 0.5 PPM (parts per million) के लगभग होती है जबकि अत्यधिक प्रदूषित क्षेत्रों में यह मात्रा 5 से 50 PPM तक हो सकती है। इस गैस के प्राकृतिक स्रोत पौधे व जन्तु होते हैं। मनुष्यों हेतु कार्बन मोनोऑक्साइड अत्यधिक खतरनाक गैस है।

यह रक्त में हिमोग्लोबिन से संयुक्त होकर कार्बोक्सिहिमोग्लोबिन (Carboxyhaemoglobin) बनाती है जिससे उसकी ऑक्सीजन वाहक क्षमता (Oxygen Carrying Capacity) कम हो जाती है परिणामस्वरूप कोशिकाओं में पहुंचने वाली O_2 में कमी हो जाती है, जिसे हापोक्सिया (Hypoxia) कहते हैं। प्रारम्भ में सिरदर्द और मस्तिष्क संवेदनशील में कमी आती है परन्तु 500 PPM पर उसकी मृत्यु हो जाती है। पादप प्रायः जिस स्तर पर मानव प्रभावित होता है उस पर प्रभावित नहीं होते हैं किन्तु अधिक सान्द्रता (100 से 10,000 PPM) पर पत्तियों का गिरना, पत्तियों का मुड़ना, छोटा रहना आदि प्रभाव दिखाई देने लगते हैं।

सल्फर यौगिक
(Sulphur Compounds)

वायुमण्डल में यद्यपि कई सल्फर यौगिक उपस्थित होते हैं परन्तु सल्फर के ऑक्साइड्स सबसे हानिकारक प्रदूषक हैं। सल्फर के ऑक्साइड्स का मुख्य स्रोत कोयला और पेट्रोलियम का दहन है। अधिकतर ऑक्साइड्स उष्मीय शक्ति संयंत्रों और अन्य कोयला आधारित शक्ति संयंत्रों तथा प्रगलन कॉम्प्लेक्सेज (Smelting complexes) से उत्पन्न होते हैं। स्वचालित वाहन भी SO_2 उत्सर्जित करते हैं।

सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2, Sulphur dioxide) : SO_2 का लगभग 75% भाग मुख्यता जीवाश्मी ईंधनों (जैसे – कोयला) के उष्मा शक्ति संयंत्रों में दहन से उत्पन्न होती है। बाकी का लगभग 25% भाग पेट्रोलियम परिष्करण (Refineries) संयंत्रों तथा स्वचालित वाहनों से उत्पन्न होता है।

हमारे देश में SO_2 की उत्सर्जन मात्रा सन् 2000 में 13.19 दस लाख टन तक पहुंच चुकी है क्योंकि NTPC द्वारा दिन प्रतिदिन कोयले का दहन बढ़ता जा रहा है।

प्रभाव

1. SO_2 आंखों और श्वसन मार्ग में तीव्र उत्तेजन करता है। यह श्वसन मार्ग के ऊपरी भाग में आर्द्र पथ में अवशोषित होता है, जिससे सूजन होती है और श्लेष्मा स्रवण प्रारम्भ हो जाता है। इससे दमे के बीमारी (Asthma) हो जाती है।
2. सल्फेट आयन से आर्द्र वायु और कोहरा (Fog) बनता है।
3. पौधों में उत्तकक्षय (Necrosis) होता है। पौधे इस गैस के लिए अधिक संवेदनशील (Sensitive) होते हैं। क्लोरोफिल–ए टूटकर फियोफाइटिन–a में परिवर्तित हो जाता है।
4. इमारती पदार्थों के अपरदन से इमारतें व मूर्तियां खराब हो जाती है।

हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S)
(Hydrogen Sulphide)

H_2S के मुख्य स्रोत जलीय आवासों में क्षयमान पौधे और प्राणी है। ज्वालामुखी उद्‌गार, सल्फर झरने और कोयला गर्त (Coal pits) भी यह गैस निकालते है।

प्रभाव

कम सान्द्रता पर इस गैस से सिरदर्द, उत्क्लेश (Nausea), निपात (Collapse) होता है तथा अंत में मृत्यु तक हो जाती है।

15–30 मिनिट के लिए, 500 PPM सान्द्रता पर शूल प्रवाहिका (Colic dianauses) और श्वसनी फुफ्फुस निमोनिया (Bronchial pneumonia) उत्पन्न कर सकती है।

नाइट्रोजन ऑक्साइड्स

(Nitrogen oxides : N_2O)

नाइट्रोजन के ऑक्साइड्स (क्रमशः N_2O, NO and NO_2) वैसे तो अप्रदूषित वायु में भी उपस्थित होते हैं परन्तु इनमें से सबसे प्रमुख नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) है जो O_2 व N_2 के दहन के द्वारा तड़ित विसर्जन के समय तथा मृदा में NH_3 के जीवाणु ऑक्सीकरण द्वारा उत्पन्न होती है। नाइट्रिक ऑक्साइड हवा में O_2 और कभी–कभी O_3 के साथ जुड़कर विषैली नाइट्रोजन डाइऑक्साइड (NO_2) जो पानी के साथ क्रिया कर नाइट्रिक एसिड (HNO_3) बनाती है। जीवाश्मी ईंधन के दहन से भी नाइट्रोजन के ऑक्साइड उत्पन्न होते हैं।

(i) **नाइट्रस ऑक्साइड** (N_2O) : वायुमण्डल में यह लगभग 0.5 PPM सान्द्रता में उपस्थित होती है। इसका कोई प्रदूषणकारी प्रभाव नहीं होता है।

(ii) **नाइट्रिक ऑक्साइड** (NO) : यह गैस HNO_3 बनाने वाले उद्योगों और स्वचालित वाहनों से उत्पन्न होती है। इससे ही विषैली गैस NO_2 बनती है।

यह कई प्रकाश रासायनिक क्रियाओं और विशेषकर कई द्वितीयक प्रदूषकों जैसे PAN, O_3 व कार्बोनिल यौगिकों के निर्माण के लिए जिम्मेदार है।

(iii) **नाइट्रोजन डाइऑक्साइड** (NO_2) : यह गहरी लाल भूरी गैस है जो विस्तृत रूप से प्रभावी रंगीन प्रदूषक का कार्य करती है। यह महानगरों में प्रकाश रासायनिक धूमकूहा (Photochemical smog) की मुख्य घटक है। सुपरसोनिक ट्रांसपोर्ट एयरक्राफ्ट्स (SST) ओजोनोस्फीरियक स्तर पर उड़ते हैं उनके धुएं से भी स्ट्रेटोस्फीयर स्तर में NO_2 मिलती रहती है। इसके अलावा नाभिकीय विस्फोटों (Nuclear explosions) से भी बड़ी भारी मात्रा में NO_2 निकलती है जिससे ओजोन क्षरण (Ozene distniction) की दर बढ़ती है।

इससे फुफ्फुसों की कूपिकायें प्रतिकूल रूप से प्रभावित होती है जिससे एम्फिसीमा (Emphysema) जैसे लक्षण उत्पन्न होते हैं। यह गैस पौधों के लिए भी अत्यन्त घातक होती है। पौधों की वृद्धि रूक जाती है तथा पत्तियों पर इसके दुष्प्रभाव दिखाई देते हैं।

अम्ल वर्षा (Acid Rain)

बढ़ते प्रदूषण के कारण सल्फर तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड्स की मात्रा वायुमण्डल में घुलती जा रही है। ये जब अधिक समय तक वायु में बने रहते हैं तो पानी (H_2O) से क्रिया करके सल्फ्यूरिक व नाइट्रिक अम्ल (H_2SO_4 व HNO_3) में परिवर्तित हो जाते हैं। ये अम्ल वर्षा से जल के साथ पृथ्वी पर आ जाते हैं। इसे ही अम्ल वर्षा कहते हैं। यह H_2SO_4 और HNO_3 का मिश्रण है। एक अनुमान के अनुसार 60-70% अम्लता H_2SO_4 से तथा 30-40% अम्लता HNO_3 से होती है। जीवाश्म ईंधनों के दहन और मानवजनित स्रोतों से SO_2 व NO_x का उत्सर्जन होता है। अम्लीय वर्षा आज भूमण्डल की खतरनाक समस्या है जिसके कई दुष्प्रभाव होते हैं।

दुष्प्रभाव

1. अम्लीय वर्षा से मृदा की अम्लीयता बढ़ती है जिससे जल की अम्लीयता भी बढ़ती है जिससे फसल उत्पादन प्रभावित होता है।
2. इमारतें, स्मारक व बांध आदि क्षतिग्रस्त होते हैं।
3. झीलों में उपस्थित जीवों की मृत्यु से मत्स्यहीन क्षेत्र बन रहे हैं।
4. कई जीवाणु और नील हरित शैवालों की मृत्यु हो जाती है।

इसके प्रभावी नियंत्रण के लिए शीघ्र प्रयासों की आवश्यकता है।

ओजोन (Ozone, O_3)

समतापमण्डल (Stratosphere) में उपस्थित ओजोन सूर्य से आने वाले प्रकाश में उपस्थित पराबैंगनी विकिरणों (UV - radiations) को पृथ्वी पर पहुंचने से रोक कर जीव मात्र पर पड़ने वाले हानिकारक प्रभावों से रक्षा करती है। इसके ठीक विपरीत UV विकिरण अवशोषित करके ओजोन परत समतापमण्डल में तापमान व्युत्क्रमण करके उसे उष्ण करती है। इसलिए O_3 की कमी होने से सम्पूर्ण जीव जगत प्रभावी होता है। दूसरी तरफ क्षोभमण्डल (Troposphere) में भी कुछ प्रदूषकों (SO_2 NO_2 व एल्डिहाइड) की आपसी रासायनिक क्रिया से UV - विकिरणों के अवशोषण पर O_3 उत्पन्न होती है।

भूमण्डल के पास O_3 की सान्द्रता बढ़ने से फसल उत्पादन पर विपरीत प्रभाव पड़ता है तथा मानव स्वास्थ्य पर भी बुरा प्रभाव पड़ता है। पौधों में O_3 रन्ध्रों द्वारा प्रवेश करती है तथा पादप उत्पादन की गुणवत्ता व उपज को भी विपरीत रूप से प्रभावित करती है। ओजोन कई रेशों विशेष रूप से कपास, नायलोन व पोलिस्टर को भी प्रभावित करती है। O_3 रबर को भी कड़ा करता है।

ओजोन अवक्षय के कारण

(Causes of Ozone Depletion)

O_3 परत UV विकिरणों के अवशोषण द्वारा समतापमण्डल को तापमान व्युत्क्रम करके गर्म करता है। यह तापमान व्युत्क्रमण प्रदूषकों के उर्ध्वाधर (Vertical) मिश्रण को सीमित करता है किन्तु फिर भी कुछ प्रदूषक समतापमण्डल में प्रवेश कर लम्बे समय तक बने रहते हैं। ये प्रदूषक समतापमण्डल में ओजोन परत का अवक्षेपण करते हैं। इस प्रक्रिया के जिम्मेदार प्रमुख प्रदूषक क्लोरोफ्लुरोकार्बन (CFCs), नाइट्रोजन ऑक्साइड (NO_x) और हाइड्रोकार्बन हैं। CFCs शीतलक (Coolants), वातानुकूलक (Air Conditioners) और रेफ्रिजरेटर में काम आती है। जेट ईंधन, मोटर वाहन, नाइट्रोजन उर्वरक CFCs व NO_x का उत्सर्जन करती है। O_3 को खतरा मुख्यतः CFCs से हैं। O_3 का अवक्षय पृथ्वी पर अत्यधिक तापमान उत्पन्न करेगा और जीवन को खतरा पहुंचायेगा।

O_3 में एक प्रतिशत की कमी पृथ्वी तल पर 2% तक UV विकिरण बढ़ा देगी। इन किरणों से कैंसर रोग विशेष रूप से त्वचा कैंसर का खतरा बढ़ेगा। अन्य विकारों में मोतियाबिन्द (Cataract) तथा रोधक्षमता (Immunity) का हनन मुख्य प्रभाव है।

अप्रत्यक्ष प्रभावों में ग्रीन हाउस प्रभाव, क्लोरोफिल की कमी और मत्स्य उत्पादन में कमी सम्मिलित है।

हेलोजिनेटेड कार्बन्स

(Halogenated Carbons)

जो प्रदूषक उर्ध्वाधर गति कर स्ट्रेटोस्फीयर (समताप मंडल) में प्रवेश कर जाते हैं वे इस स्तर में उपस्थित O_3 का अवक्षयकरण (Depletion) करते हैं। इस अवक्षयकरण क्रिया में सबसे महत्वपूर्ण रसायन हैं – क्लोरोफ्लुरो कार्बन्स (Chloroflurocarbons), नाइट्रोजन के ऑक्साइड (No_x जो उर्वरकों से उत्सर्जित होते हैं) और हाइड्रोकार्बन्स। क्लोरोफ्लुरोकार्बन्स प्रमुख रूप से एरोसोल नोदक (Aerosol propellants), रेफ्रिजरेशन, एयरकंडीशनिंग, प्लास्टिक फोम्स तथा बिजली के उपकरणों को साफ करने के लिए प्रयुक्त होने वाले विलायक निर्माण में काम आते हैं। ये स्ट्रेटोस्फीयर में एरोसोल (Aerosols) के रूप में स्वतंत्र होते हैं। CFCs ओजोन अवक्षयकरण के लगभग 14% के लिए जिम्मेदार है। CFCs में उपस्थित क्लोरीन O_3 के अवक्षयकरण के लिए जिम्मेदार हैं। CFCs – प्रथम पीढ़ी (Generation) शीतलकारी (Coolants) रसायन हैं। अब आंशिक रूप से हेलोजिनेटेड CFCs जिन्हें हाइड्रोक्लोरोफ्लुरो कार्बन्स (Hydrochlorofuluoro carbons = HCFCs) कहते हैं प्रयुक्त होने लगे हैं। ये द्वितीय पीढ़ी शीतलकारी (Second generation coolants) भी आ गये हैं। इन्हें विकसित राष्ट्र प्रयोग करने लगे हैं। किन्तु HFCs उच्चकोटि की ग्रीन हाउस गैस (Supergreenhouse gases) है जो अत्यधिक ग्लोबल वार्मिंग (Global warming) क्षमता रखती है।

ओजोन की कमी होने से तापमान परिवर्तन तथा वर्षा होने पर परिवर्तन होंगे तथा UV– विकिरणों से मनुष्यों में कैंसर का खतरा बढ़ेगा।

हाइड्रोकार्बन्स (Hydrocarbons)

इस श्रेणी के मुख्य प्रदूषक है – बेन्जीन (Benzene), बेन्जपाइरिन (Benzpyrene) और मीथेन (Methane)। इन प्रदूषकों के मुख्य स्रोत स्वचालित वाहन है जिनके कार्बोरेटर्स तथा क्रेन्क केस (Crank case) से गेसोलिन के वाष्पन से उत्पन्न होते हैं।

- इनसे फुफ्फुसों (Lungs) पर कोर्सिनोजेनिक (कैंसरकारी) प्रभाव होता है।
- ये प्रकाश की UV-विकिरणों के प्रभाव में NO_x से क्रिया करके PAN और O_3 जैसे प्रदूषक उत्पन्न करते हैं जिनसे आंख, नाक व गले में जलन होती है।
- बेन्जीन एक द्रवीय प्रदूषक है जिससे फुफ्फुसीय कैंसर होता है।
- बेन्जपाइरिन से भी कैंसर उत्पन्न होता है।
- मीथेन (Marsh gas) – की अधिक सान्द्रता से विस्फोट (Explosion) हो सकते हैं।

धातु (Metals) : वायु में सामान्यतः पारा (Mercury), सीसा (Lead), जिंक और केडमियम (Cadmium) उपस्थित होते हैं। ये विभिन्न उद्योगों और मानवीय क्रियाओं से उत्पन्न होते हैं।

(i) **पारा** (Mercury) : एक द्रवीय वाष्पशील प्रदूषक है। इसके प्रभाव से तंत्रिका तंत्र, यकृत, आंखे बुरी तरह प्रभावित होती है। कई बार इसके निरंतर सेवन (Inhalation) से व्यक्ति की मृत्यु भी हो जाती है। यह कवकनाशी, पेन्ट व कागज बनाने में काम आने वाले पारा यौगिकों से उत्पन्न होता है।

(ii) **सीसा** (Lead) : यह गैसोलीन के दहन से वाष्पशील लेड हेलाइड्स (Bromides, chlorides) के रूप में स्वचालित वाहनों से उत्पन्न होता है। सीसे के अंतः श्वसन (Inhalation) से हीमोग्लोबिन निर्माण कम हो जाता है, जिससे रक्त अल्पता (Anemia) रोग हो जाता है। सीसे के यौगिकों से लाल रक्त कणिकाएं (RBCs) खराब (Damage) हो जाती है, जिससे यकृत व वृक्क संक्रमण हो जाता है।

कणीय प्रदूषकों का प्रभाव
(Effects of Particulate Pollutants)

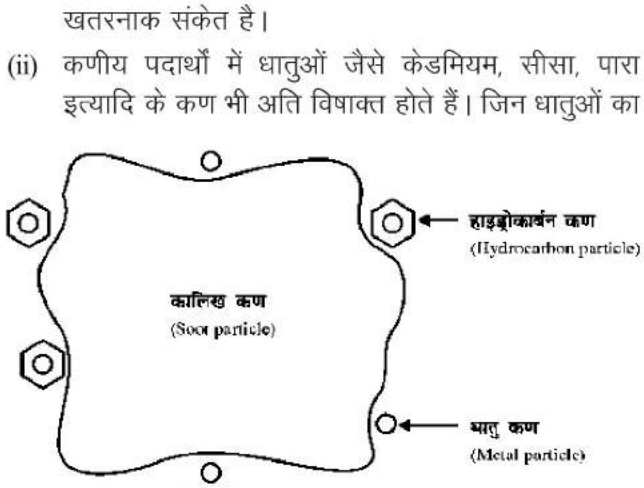
विभिन्न पदार्थों के भिन्न–भिन्न परिमाण (Size) के कण वायुमण्डल में निलम्बित रहते हैं। ये निलम्बित कणीय पदार्थ जिनका परिमाण (Size) 3 माइक्रान (3 μ) या इससे कम हो श्वसनीय निलम्बित कणीय पदार्थ (Respirable Suspended Particulate Matter, RSPM) कहलाते हैं। ये जन्तुओं व मनुष्य पर अधिक दुष्प्रभाव डालते हैं, क्योंकि अतिसूक्ष्म होने के कारण ये फेफड़ों की कूपिका झिल्ली (Alveolar membrane) को आराम से पार कर जाते हैं।

कणीय पदार्थों के दुष्प्रभाव इनकी प्रकृति के अनुसार अलग–अलग होते हैं :

(i) हाइड्रोकार्बन के कण वायुमण्डल में उपस्थित अन्य प्राथमिक प्रदूषकों से क्रिया करके द्वितीयक प्रदूषक जैसे O_3, PAN आदि का निर्माण करते हैं जो अधिक हानिकारक होते हैं। धूमकोह (Smog) के निर्माण में भी भाग लेते हैं। कुछ हाइड्रोकार्बन्स जैसे बेन्जोपाइरीन (Benzo (χ) Pyrene) कैंसर कारक (Carcinogenic) भी होते हैं। ये फेफड़ों में कैंसर रोग उत्पन्न करते हैं। अधिकतर हाइड्रोकार्बन के कण धातु प्रदूषकों के साथ कालिख कणों पर निक्षेपित रहते हैं (चित्र सं. 1.2.)।

बेन्जोपाइरीन के अतिरिक्त नॉन मेथेन हाइड्रोकार्बन्स (Non-methane hydrocarbons), पालीसाइक्लिक एरोमेटिक हाइड्रोकार्बन्स (Polycyclic aromatic hydrocarbons) तथा वोलाटाइल आर्गेनिक कार्बन्स (Volatile organic carbons) विषाक्त व कैंसर कारक होते हैं। मुम्बई के लालबाग क्षेत्र में बेन्जोपाइरीन की सान्द्रता 1 $\mu g\ m^{-3}$ तक मापी गयी है। यह शहरवासियों के लिये एक खतरनाक संकेत है।

(ii) कणीय पदार्थों में धातुओं जैसे केडमियम, सीसा, पारा इत्यादि के कण भी अति विषाक्त होते हैं। जिन धातुओं का



चित्र सं. 1.2

घनत्व 6 $g\ cm^{-3}$ या इससे अधिक होता है उन्हें भारी धातु (Heavy metal) कहा जाता है। इस प्रकार ऐल्यूमिनियम भारी धातु की श्रेणी में नहीं आती।

सीसा व पारा तंत्रिका को विशेष तौर पर प्रभावित करते हैं। सीसा व आर्सेनिक से कैंसर की संभावना बढ़ जाती है। धातुएं श्वसन, रक्त परिवहन एवं उत्सर्जन तंत्रों को भी अधिक क्षति पहुंचाती है। कुछ धातुएं जैसे सीसा व आर्सेनिक गर्भस्थ शिशु में अंगहीनता व मानसिक विकृतियां पैदा कर देती है।

पौधों में इनका प्रभाव अधिक सान्द्रता पर देखने को मिलता है। इनकी अधिक सान्द्रता से पत्तियों में हरितहीनता हो जाती है एवं पौधों की वृद्धि रूक जाती है। केडमियम एन्जाइम में उपस्थित कॉपर को विस्थापित कर देता है। फलस्वरूप कई उपापचयी क्रियाएं प्रभावित होती हैं। कुछ धातुएं पर्ण हरित व एन्जाइम के संश्लेषण में बाधा पहुंचाती है।

(iii) अपने विशिष्ट स्रोतों के आस–पास फ्लोराइड भी कणीय रूप में उपस्थित रह सकती है। 3NaF; AlF_3;CaF_2 व AlF_3 इसके मुख्य कणीय रूप (Particulate form) है। कणीय रूप में भी फ्लोराइड वैसा ही प्रभाव डालती है जैसा कि गैसीय फ्लोराइड के साथ बताया गया है।

(iv) ऐसे कणीय पदार्थ जिसमें कोयले के कण अधिक हो फलीय पौधों की पैदावार कम कर देते हैं। ऐसा दो कारणों से होता है। पहला यह कि ऐसे कणीय पदार्थ शीर्ष कलियों (Apical buds) को मृत कर देते हैं और दूसरा इसलिए कि ये परागकण के अंकुरण एवं फल बनने की क्रिया को रोक देते हैं। ऐसा आम और नींबू के साथ देखा गया है।

(v) सीमेन्ट फैक्टरी से निकलने वाले कणीय पदार्थों में Ca, K, Na, Si, Al, Fe, Mn, Mg व S प्रचुर मात्रा में होते हैं। इनमें उपस्थित कैल्शियम सिलिकेट व कैल्शियम, ऐल्यूमिनियम पत्तियों पर उपस्थित नमी से क्रिया करके पत्तियों के ऊपर एक अछेदनीय परत बना देते हैं, जिसके फलस्वरूप पत्तियों को प्रकाश की कमी एवं गैसीय आदान–प्रदान प्रभावित हो जाता है और प्रकाश संश्लेषण की क्रिया काफी मंद हो जाती है। सीमेन्ट के कणीय पदार्थ शीर्ष कलियों को भी मृत कर देते हैं और फलों के विकसित होने की क्रिया में बाधक होते हैं।

इस प्रकार वायुमण्डल के कणीय पदार्थ (Particulate matter) मनुष्यों, पशुओं एवं पेड़–पौधों पर विपरीत प्रभाव डालते हैं। वायुमण्डल में कणीय पदार्थों की उपस्थिति से पृथ्वी तक पहुंचने वाले दृश्य प्रकाश किरणों की मात्रा में कमी आ जाती है, जिससे प्रकाश संश्लेषण की क्रिया प्रभावित होती है। कुछ

कणीय पदार्थ संघनन नाभिक (Condensation nuclei) के रूप में काम करते हैं और ऐरोसॉल्स (Aerosols) का निर्माण करते हैं। वायुमण्डल में ऐरोसॉल्स सूर्य की किरणों को परावर्तित कर देते हैं। फलस्वरूप पृथ्वी का तापमान कम हो जाता है। कुछ कणीय पदार्थ जैसे कालिख कण (Soot particles) सूर्य किरणों को शोषित कर पृथ्वी के तापमान में वृद्धि कर देते हैं।

वायु प्रदूषण नियंत्रण के उपाय

(Measures of Air Pollution Control)

A. कणीय वायु प्रदूषण नियंत्रण (Control of particulate air pollutants) : कणीय पदार्थों के उत्सर्जन का नियंत्रण वायुमण्डल में वायु प्रदूषण कम करने का एक महत्वपूर्ण कदम है। कणीय पदार्थों को दूर करने के उपाय निम्नलिखित हैं:–

(i) **ग्रेविटी सेटलिंग चैम्बर** (Gravity settling chamber) : इस संयंत्र से बड़े कणों को जो 50 μm या इससे बड़े हो दूर किया जाता है।

(ii) **साइक्लोन चैम्बर** (Cyclone collector) : इस विधि से 5-20 μm परिमाण के कणों को आसानी से दूर किया जा सकता है।

(iii) **वेट स्क्रबर्स** (Wet scrubbers) : इनकी सहायता से छोटे कणों एवं गैसीय प्रदूषकों को दूर किया जाता है। यह काफी उपयुक्त संयंत्र है, जिसमें पानी के फुहारों की मदद से प्रदूषकों को पृथक किया जाता है।

(iv) **इलेक्ट्रोस्टेटिक प्रेसिपिटेटर** (Electrostatic precipitator) : ज्यादातर औद्योगिक इकाइयों में इस संयंत्र का उपयोग अनिवार्य रूप से होता है। इसमें कणीय पदार्थों को आयनित करने के लिए विद्युत प्रवाहित की जाती है। आयनित कण धीरे–धीरे संग्राहक इलेक्ट्रोड (Collecting electrode) पर एकत्रित हो जाते हैं जहां से उन्हें पृथक कर लिया जाता है।

(v) **वायु फिल्टर्स** (Air filters) : वायु फिल्टर्स को बैग हाउस (Bag house) भी कहा जाता है। इसमें अलग–अलग मोटाई के कपड़े व रेशों के थैले होते हैं जो कणीय पदार्थों के छनने में मदद करते हैं। औद्योगिक इकाइयों की आवश्यकतानुसार ये अलग–अलग तरह के होते हैं।

B. गैसीय वायु प्रदूषण नियंत्रण (Control of gaseous air pollutants) : (i) **गैसीय वायु प्रदूषकों** को पृथक करने के लिये वेट स्क्रबर्स (Wet scrubbers) व इलेक्ट्रोस्टेटिक प्रेसिपिटेटर्स (Electrostatic precipitators, ESP) मुख्यतया प्रयोग में लाये जाते हैं। कुछ गैसें जैसे नाइट्रोजन जो आसानी से इलेक्ट्रॉन अवशोषित नहीं करती अवक्षेपकों (ESP) द्वारा पृथक नहीं की जा सकती है। ESP, SO_2 को पृथक करने का एक उपयुक्त संयंत्र है।

(ii) **जैविक फिल्टर्स** (Biological filters) : जैविक छननी से कार्बनिक गैसीय प्रदूषकों (Volatile organic compounds) को पृथक किया जाता है। प्रदूषित गैस को एक जैविक रूप से क्रियाशील माध्यम से गुजारते हैं जहां प्रदूषक गैस विषाणुओं द्वारा विघटित हो जाती है।

संयंत्रों के उपयोग के अलावा भी वायु प्रदूषण नियंत्रण के निम्नलिखित कई उपाय हैं:–

(a) प्रदूषण प्रभावित क्षेत्रों में पौधरोपण एक कारगर उपाय है। कुछ पौधों की प्रजातियां कम संवेदनशील होती हैं और गैसीय प्रदूषकों को अवशोषित कर लेती है। बड़ी पत्ती के पौधों से कणीय पदार्थों को कम करने में मदद मिलती है ऐसे पौधों की पहचान कर उनकी संख्या में वृद्धि करनी चाहिए।

(b) शिक्षा, सभा, संगोष्ठी, सेमिनार आदि के द्वारा पर्यावरण व प्रदूषकों के बारे में जागरूकता पैदा करना भी इस दिशा में एक अच्छा कदम है।

(c) सामुदायिक वाहनों के अधिक उपयोग पर बल देना चाहिए इससे व्यक्तिगत स्वचालित वाहनों की संख्या कम होगी फलस्वरूप पेट्रोल की बचत होगी व शहरी क्षेत्रों में प्रदूषण कम होगा।

(d) औद्योगिक इकाइयों में नये व अच्छी तकनीकी दक्षता वाले संयंत्रों का प्रयोग करना चाहिए। फलस्वरूप सल्फर युक्त ईंधन व पेट्रोल का उपयोग कम होगा।

(e) केन्द्र व राज्य सरकारों द्वारा बनाये गए पर्यावरण संरक्षण कानूनों (Environment Protection Acts) का सख्ती से पालन किया जाना चाहिए।

(f) औद्योगिक इकाइयों को प्रदूषण नियंत्रण के लिए प्रोत्साहित करने हेतु भारत सरकार ने कई प्रकार के आर्थिक सहयोगों (Fiscal incentives) का प्रयोजन रखा है। प्रदूषण नियंत्रण में उपयोग में आने वाले नये उपकरणों, मशीनों व संयंत्रों को खरीदने हेतु उनकी कीमतों में विशेष छूट का प्रावधान है।

आस–पास (परिवेश) की वायु की गुणवत्ता

(Ambient Air Quality)

किसी भी स्थान विशेष के परिवेश पर वायु की गुणवत्ता यह दर्शाती है कि वह मानव उपयोग हेतु कितनी उचित है। भारतवर्ष के विभिन्न शहरों में 2010 में जनवरी से दिसम्बर तक वायु की गुणवत्ता की जांचने का कार्यक्रम चलाया गया था। उस परीक्षण

द्वारा प्राप्त आंकड़ों की तुलना राष्ट्रीय एम्बिएन्ट वायु गुणवत्ता मानकों से (National Ambient Air Quality Standards = NAAQS) की गई थी।

राष्ट्रीय आस–पास वायु गुणवत्ता मानक

राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता मानक नीति में मानव गतिविधियों का वायु की गुणवत्ता पर होने वालों प्रभावों के अध्ययन का समावेश है। ऐसे मानक निर्धारण से वायु में मिलने वाले प्रदूषकों के नियमन (Regulation) को प्रभावी रूप से लागू कर सकते हैं। वायु गुणवत्ता मानकों के निम्न उद्देश्य हैं :–

1. जन स्वास्थ्य, वनस्पति और धरोहर (Property) की सुरक्षा हेतु किस प्रकार की वायु की आवश्यकता है उसे सुनिश्चित करना।
2. प्रदूषण स्तर पर कम करने व नियंत्रण हेतु आवश्यक प्राथमिकताओं का निर्धारण करना।
3. राष्ट्रीय स्तर पर वायु गुणवत्ता निर्धारण हेतु एक जैसे स्तर की पालना करना।
4. गुणवत्ता नियंत्रण कार्यक्रम की आवश्यकता और विस्तार को दर्शाना।

1.3 जल प्रदूषण (Water Pollution)

जीवन के लिए वायु (Air) के बाद सबसे महत्वपूर्ण संसाधन जल है। जीवों के श्वसन के लिए आवश्यक ऑक्सीजन की उत्पत्ति का स्रोत भी जल ही है जो पौधों द्वारा सूर्य के प्रकाश में जल अपघटन द्वारा प्रकाश संश्लेषण द्वारा निकलती है। मानव सभ्यता के विकास की कहानी भी जल के साथ जुड़ी हुई है। विश्व की प्राचीन सभ्यताओं का विकास नदियों के किनारों पर ही हुआ है। पृथ्वी पर जीवन का आधार जल है। कोशिकाओं में उपस्थित जीवद्रव्य का 90 प्रतिशत भाग जल है। मनुष्य के दैनन्दिनी जीवन का आधार जल है जो हमें जल के विभिन्न प्राकृतिक स्रोतों यथा ताल, तालाब, नदियां, कुएं, बावड़ी तथा समुद्रों से प्राप्त होता है। हम जल का उपयोग पीने (Drinking), खाना बनाने (Cooking), सफाई (Cleaning) हेतु, सिंचाई (Irrigation), यातायात (Shipping), मत्स्य उत्पादन, अपशिष्ट निस्तारण (Waste disposal) आदि कार्यों में करते हैं।

बढ़ती जनसंख्या और औद्योगिक विकास ने जल को प्रदूषित किया है जिसके फलस्वरूप भविष्य में पीने के लिए स्वच्छ जल की उपलब्धि पर प्रश्न चिन्ह लग गया है। हमारी झीलें, तालाब, नदियां और समुद्र दिन प्रतिदिन दूषित होते जा रहे हैं। जल प्रदूषण आज विश्व की एक गंभीर समस्या है इसलिए सभी देश जल की गुणवत्ता स्तरों पर प्रयासरत है।

हमारे देश की सभी बड़ी 14 नदियां प्रदूषित हो चुकी है क्योंकि इन नदियों में घरेलू अपशिष्ट, कृषि अपशिष्ट, औद्योगिक बहिःस्त्राव और मल जल (Sewage) कई शहरों से लगातार मिलते रहते हैं। सर्वाधिक प्रदूषित नदियों में गंगा, यमुना, गोदावरी, कावेरी, नर्मदा आदि सभी पवित्र नदियों के नाम सम्मिलित हैं जो देश की बहुत बड़ी आबादी को जल प्रदान करती है।

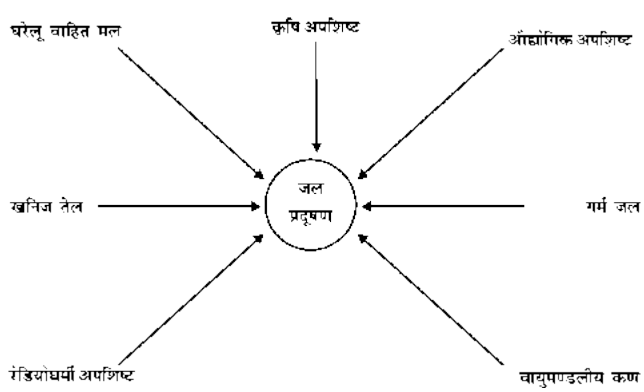
जल प्रदूषण की परिभाषा (Definition of Water Pollution)

"जल में किसी भी प्रकार के बाहरी पदार्थ के मिल जाने पर जब उसकी विभिन्न प्रकार की गुणवत्ता (Quality) पर विपरीत (=बुरा) प्रभाव पड़ता है, तो उसे जल प्रदूषण कहते हैं।" जल प्रदूषण से जल की उपयोगिता में कमी आ जाती है, जिससे जीवों के जीवन (Life) को खतरा उत्पन्न हो जाता है।

जल प्रदूषण के स्रोत या कारण (Sources or Causes of Water Pollution)

जल प्रदूषण के मुख्य स्रोत निम्न है –

1. **घरेलू वाहित मल** (Domestic sewage) : मनुष्य एवं अन्य जीवों के मल–मूत्र, रसोई अपशिष्ट, साबुन, डिटर्जेंट, अम्ल, फिनाइल, डी.डी.टी., कॉकरोचों व चूहों को मारने वाले रसायन, खाद्य सामग्री बनाने वाले संयंत्रों से निकलने वाले अपशिष्ट इत्यादि गांवों व शहरों की नालियों एवं वर्षा के जल के साथ बहकर पास के तालाबों, झीलों एवं नदियों में मिल जाते हैं तथा उन्हें प्रदूषित कर देते हैं।
2. **कृषि अपशिष्ट** (Agricultural waste) : आधुनिक कृषि में प्रयुक्त कई प्रकार के उर्वरक, कीटाणुनाशक (Pesticides) जैसे डी.डी.टी., बी.एच.सी., एल्ड्रिन, हेप्टाक्लोर तथा अन्य, कई प्रकार के चूहेनाशी (Rodenticides), शाकनाशी (Herbicides) आदि कृषि मृदा को तो प्रदूषित करते ही हैं, धीरे–धीरे वर्षा के जल के साथ बहकर पास के तालाबों, नदियों, झीलों में पहुंचकर उसे प्रदूषित कर देते हैं (चित्र सं. 1.3)।
3. **औद्योगिक अपशिष्ट** (Industrial waste) : उद्योगों से निकलने वाले रासायनिक अपशिष्ट जल को प्रदूषित करने में अहम् भूमिका निभाते हैं। ऐसे अपशिष्ट न सिर्फ मात्रा में



चित्र सं. 1.3

अधिक होते हैं, बल्कि इनमें अनेक प्रकार के विषाक्त रसायन मिले होते हैं। औद्योगिक संयंत्रों को ठण्डा करने, विभिन्न रसायनों को घोलने व तनु करने तथा अन्य क्रियाओं में काफी मात्रा में जल की आवश्यकता होती है। इसीलिए प्रमुख उद्योग धन्धों की स्थापना प्रायः नदियों के किनारे की जाती है जहां से जल का न सिर्फ उपयोग किया जाता है, बल्कि रासायनिक अपशिष्टों को इन्हीं जल स्रोतों में प्रवाहित कर दिया जाता है। लौह उद्योग, कागज उद्योग, रंजक उद्योग, ऊर्जा संयंत्र, उर्वरक उद्योग, कीटनाशी कारखाने, तेल शोधक (Oil refineries), चर्म शोधन, रबड़, शराब, घी, उद्योग, बिजली के कारखाने इत्यादि से निकलने वाले अपशिष्ट आस–पास के जल स्रोतों को प्रदूषित कर देते हैं।

4. **ताप प्रदूषण** (Thermal pollution) : औद्योगिक संयंत्रों को ठण्डा करने के पश्चात् जो गरम जल पुनः नदी या झीलों में आकर मिलता है उससे तापीय प्रदूषण होता है। (इसका विस्तृत वर्णन आगे के पृष्ठों पर किया गया है।)
5. **तेलीय प्रदूषण** (Oil pollution) : समुद्री मार्ग से खनिज तेलों को एक स्थान से अन्यत्र ले जाते समय दुर्घटनावश या तेल वाहक जहाजों के डूबने से एवं तेल शोधक कारखाने आदि से खनिज तेल जल की सतह पर फैल जाते हैं, जिससे समस्त जलीय प्राणी प्रभावित होते हैं।
6. **रेडियोधर्मी अपशिष्ट** (Radioactive wastes) : नाभिकीय विस्फोट तथा नाभिकीय संयंत्रों से निकलने वाले रेडियोधर्मी पदार्थ, चिकित्सा एवं शोध कार्य, बिजली उत्पादन, भोजन परीक्षण इत्यादि में प्रयुक्त होने वाले रेडियोधर्मी पदार्थ जल में पहुंच कर उसकी गुणवत्ता को नष्ट कर देते हैं।
7. **वायुमण्डलीय कण** (Atmospheric particulates) : वायुमण्डल में उपस्थित कई प्रकार के कणीय पदार्थ जिसमें औद्योगिक कण, वायुयान द्वारा छिड़के गये कीटनाशी के कण इत्यादि होते हैं, धीरे–धीरे ये स्वतः या वर्षा द्वारा जलस्रोतों में पहुंच जाते हैं। इस प्रकार अधिक दूर स्थित जलस्रोत भी प्रदूषित हो जाते हैं।

जल गुणवत्ता (Water Quality)

जल के भौतिक, रासायनिक तथा जैविकीय लक्षणों के मिश्रण को उसकी गुणवत्ता कहते हैं। जल की गुणवत्ता एक स्थिर लक्षण नहीं है। यह समय और स्थान के अनुसार निरंतर परिवर्तनशील है।

पानी की गुणवत्ता के मानदंड

(Parameters of Water Quality)

पानी की गुणवत्ता नापने के मानदंडों को दो श्रेणियों में रखा जाता है :–

(1) **भौतिक** (Physical) : जैसे तापमान, धुंधलापन (Turbidity) एवं पारदार्शिता (Transparency) आदि।

(2) **रासायनिक** (Chemical) : इसमें pH; घुलित ऑक्सीजन (Dissolved Oxygen); जैव रासायनिक ऑक्सीजन मांग (Biochemical Oxygen Demand); चालकता (Conductivity); कुल घुलित ठोस (Total dissolved solids); लवणता (Salinity); खनिज पोषक जैसे C, P, N, Ca, Mg; विषैले पदार्थ जैसे Fe, Cu, Se and Zn और हानिकारक पेस्टिसाईड्स और

(3) **जैविक** (Biological) : कुल विष्ठा (Fecal) कॉलीफॉर्म जीवाणु।

जल गुणवत्ता के मानक

(Standards of Water Quality)

जल में उपस्थित विभिन्न प्रकार के कार्बनिक तथा अकार्बनिक पदार्थों तथा सूक्ष्मजीवों द्वारा पानी की गुणवत्ता प्रभावित होती है तथा यही गुणवत्ता मानव जीवन तथा जलीय जीवों पर प्रभाव डालती है। ऐसे पानी की गुणवत्ता को सुरक्षित स्तर तक निश्चित किया जा सकता है। इन्हीं निर्धारित सुरक्षित स्तरों को ''जल गुणवत्ता मानक'' (Water Quality Standards) कहते हैं। जो जल के विभिन्न प्रकार के उपयोग के अनुसार होते हैं। पीने के पानी की गुणवत्ता के मानकों का निर्धारण ''भारतीय मानक ब्यूरो'' (Bureau of Indian Standards) द्वारा किया जाता है (सारिणी सं. 1.3)।

जैव रसायनिक ऑक्सीजन मांग

(Biochemical Oxygen Demand: BOD)

सूक्ष्मजीवों द्वारा वायवीय दशाओं (Aerobic Conditions) में विभिन्न जैव रसायनिक क्रियाओं मुख्यतः कार्बनिक पदार्थों के निम्नीकरण के लिए काम में ली जाने वाली ऑक्सीजन की मात्रा को BOD कहते हैं।

पानी में उपस्थित सूक्ष्मजीवों द्वारा कार्बनिक पदार्थों के अपघटन में काम आने वाली ऑक्सीजन की मात्रा के नाप (Measure) को BOD कहते हैं। BOD जितनी अधिक होगी उतना ही प्रदूषण का स्तर भी अधिक होगा। BOD अगर कम है तो प्रदूषण का स्तर भी कम होगा।

BOD का महत्व

BOD के दो महत्वपूर्ण उपयोग इस प्रकार है :–

(1) यह जल प्रदूषण और अपशिष्ट स्तर का मानक है। सामान्यतः BOD का मान पानी में उपस्थित कार्बनिक अपशिष्ट के समानुपाती होती है।

(2) किसी भी जल स्त्रोत (Water body) की जल शुद्धिकरण

सारिणी सं. 1.3 : पानी की गुणवत्ता के मानक एवं स्वास्थ्य पर प्रभाव

क्र.सं.	मानक	स्वीकृत अधिकतम मात्रा	स्वास्थ्य पर प्रभाव
1.	कुल घुलित ठोस पदार्थ	2000 मि.ग्रा./लीटर	अवांछित स्वाद जठर–आंत उत्तेजना आदि।
2.	pH	6.5–8.5	कड़वा स्वाद; म्युकस झिल्ली पर प्रभाव; जलीय जीवन पर प्रभाव।
3.	मैंगनीज (Mn)	0.3 मि.ग्रा./लीटर	खराब स्वाद; रंग और पंकिलता, धब्बाकरण; काला श्लेष्मा।
4.	एल्युमिनियम	0.2 मि.ग्रा./लीटर	तंत्रिकातंत्र गड़बड़ी, एल्जीमेयर रोग।
5.	कॉपर	1.5 मि.ग्रा./लीटर	यकृत खराबी, वृक्कीय खराबी।
6.	नाइट्राइट	–	माइक्रोसेमाइन बनाता है जो कैंसरकारक है।
7.	नाइट्रेट	100 मि.ग्रा./लीटर	ब्लू बेबी रोग।
8.	मरकरी	0.001 मि.ग्रा./लीटर	अति विषैला, मिनीमाता रोग और उत्परिवर्तनकारी।
9.	केडमियम	0.01 मि.ग्रा./लीटर	अति विषैला; इताई–इताई रोग; हृदय तंत्र। को प्रभावित करता है; उक्त रक्तचाप आदि।
10.	पेस्टीसाइड	0.001 मि.ग्रा./लीटर	केन्द्रीय तंत्रिका तंत्र पर प्रतिकूल प्रभाव।
11.	फ्लूराइड	1.5 मि.ग्रा./लीटर	दांतों संबंधी रोग।
12.	आर्सेनिक	0.05 मि.ग्रा./लीटर	विषैला; जैविक एकत्रीकरण; कैंसरकारी; केन्द्रीय तंत्रिका तंत्र पर दुष्प्रभाव।

क्षमता के मूल्यांकन और प्रदूषण नियंत्रण के लिए BOD का उपयोग होता है।

रासायनिक ऑक्सीजन मांग (Chemical Oxygen Demand)

पीने के पानी (Drinking Water), धरातलीय तथा भौम जल (Ground Water), तथा मल जल (Effluent) की गुणवत्ता मापने के काम आने वाला एक मानदंड (Parameter) है।

COD वह मानक है जो यह दर्शाता है कि पानी में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों को पानी व CO_2 में परिवर्तित करने में आक्सीजन (O_2) की कितनी मात्रा की आवश्यकता होती है। अगर COD का मान अधिक है तो इसका अर्थ है कि पानी की गुणवत्ता कम है। अगर COD का मान कम है तो जल की गुणवत्ता का स्तर उच्च है।

घुलित ऑक्सीजन (Dissolved Oxygen; DO)

पानी में घुलित ऑक्सीजन की मात्रा को घुलित ऑक्सीजन कहते हैं। ऑक्सीजन की उपस्थिति और BOD वहां उपस्थित जीवों द्वारा सूचित होती है।

जल प्रदूषण के प्रभाव (Effect of Water Pollution)

जल प्रदूषण का प्रभाव तीन प्रकार से हो सकता है –

(i) विषाक्त प्रदूषकों का सीधा प्रभाव (Direct effects of toxic pollutants)

(ii) जल के भौतिक व रासायनिक गुणवत्ता में आये परिवर्तन के कारण प्रभाव (Effects due to altered physico-chemical properties of water)

(iii) जल की जैविक गुणवत्ता में आये परिवर्तन के कारण प्रभाव (Effect due to altered biological properties of water)

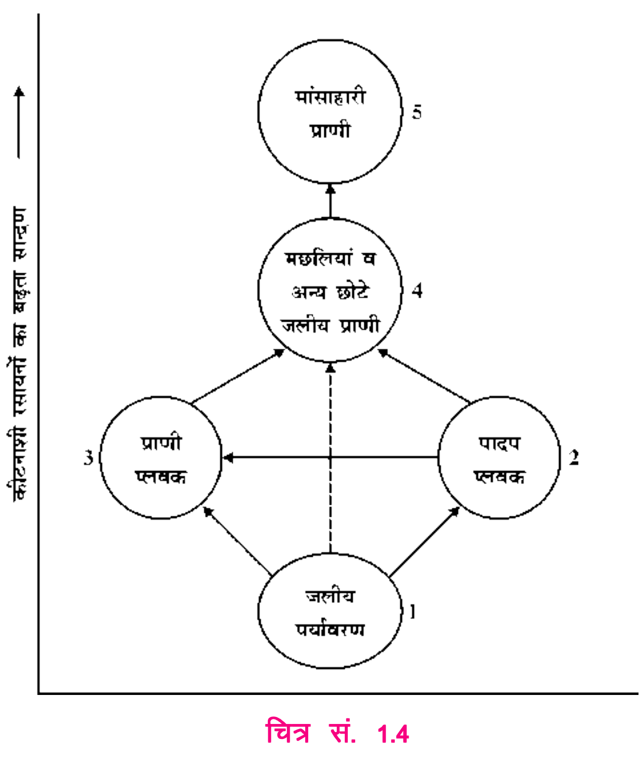
(i) विषाक्त प्रदूषकों का सीधा प्रभाव (Direct effects of toxic pollutants) : कई प्रकार के कृषि रसायन (Agro-chemicals), रेडियोधर्मी पदार्थ व औद्योगिक अपशिष्टों में उपस्थित धातुएं (जैसे पारा, तांबा, जस्ता आदि) व अन्य रसायन जैसे अम्ल, क्षार, फिनाईल, फ्लोराइड इत्यादि जो समय–समय पर जल स्रोतों में पहुंचते रहते हैं अत्यन्त विषाक्त होते हैं।

1. कृषि रसायनों में कीटनाशी (Insecticides) व उर्वरक मुख्य है।

(a) कीटनाशक जैसे DDT मनुष्य में कैंसर की घटनाओं (Incidence) में वृद्धि करता है। कीटनाशक रसायन युक्त जल से सिंचाई करने से फलियों एवं हरी सब्जियों में इनकी मात्रा W.H.O. (World Health Organization) मानक से कई गुना ज्यादा बढ़ जाती है, जो सीधे मानव शरीर में प्रवेश कर जाती है। स्तनधारियों व पक्षियों में लिंग हारमोनों (Sex hormones) को प्रभावित कर प्रजनन विफलता (Reproductive failure) का कारण बनती है। DDT पादप प्लवकों (Phytoplankton) व अन्य जलीय पौधों में प्रकाश संश्लेषण की दर को कम कर देती है। इन कीटनाशियों का अपघटन आसानी से नहीं होता। फलस्वरूप ये खाद्य शृंखला में प्रवेश कर उत्तरोत्तर पौष स्तरों (Successive trophic levels) में मात्रात्मक रूप से बढ़ते जाते हैं। इस प्रकार खाद्य शृंखला में प्रत्येक पोषण स्तर पर इन रसायनों की मात्रा में सघन वृद्धि ''जैव आवर्धन'' (Biomagnification) है (चित्र सं. 1.4)।

जैव आवर्धन के फलस्वरूप खाद्य शृंखला के अन्तिम पोषण स्तर में इन रसायनों की मात्रा अत्यधिक बढ़ जाती है। परिणामस्वरूप शीर्ष पोषण स्तर के प्राणियों में अनेक स्वास्थ्य सम्बन्धी समस्याएं उत्पन्न हो जाती हैं और अन्ततः उसकी मृत्यु हो जाती है।

(b) जल में नाइट्रेट की अधिक मात्रा होने से मेटहीमोग्लोबिनेमिया (Methaemoglobinamia) नामक रोग हो जाता है। इससे रुधिर में ऑक्सीजन ले जाने की क्षमता कम हो जाती है। यह रोग मुख्यतया बच्चों में होता है। श्वसन तथा रुधिर संचार तंत्र में क्षति होने से नवजात शिशु की त्वचा नीली पड़ जाती है तथा उसकी मृत्यु हो जाती है।



चित्र सं. 1.4

2. औद्योगिक अपशिष्टों में उपस्थित भारी धातुएं जैसे पारा, सीसा, तांबा, जस्ता आदि अत्यन्त जहरीले पदार्थ हैं।

(a) पारा एक संचयी जहर (Cumulative poison) है। जलस्रोतों के अन्दर उपस्थित अवायवीय जीवाणुओं के उपापचयी क्रियाओं द्वारा पारा मिथाइल मर्करी में बदल जाता है जो एक चिरस्थाई प्रदूषक है तथा शरीर से उत्सर्जित नहीं होता है। खाद्य शृंखला में प्रवेश करने के बाद यह उत्तरोत्तर पोषण स्तरों में जैव आवर्धन (Biomagnification) प्रदर्शित करता है।

पारा तंत्रिका तंत्र को प्रभावित करता है। 1950 के दशक में जापान में पारा विषाक्तिकरण की एक बड़ी दुर्घटना हुई थी। यह दुर्घटना एक जापानी नाइट्रोजन कम्पनी से निकलने वाले अपशिष्ट में उपस्थित पारे के कारण हुई थी। मिनिमाटा घाटी (Minimata valley) के पादप मिथाइल मर्करी से संक्रमित हो गये। खाद्य शृंखला के द्वारा मनुष्य में पहुंच कर इस रसायन ने अनेक विकृतियों पैदा कर दी। पैरों व जीभ का सुन्न होना, टेरैटोजेनिक प्रभाव, बहरापन, धुंधलापन, मनोविकृति (Mental disorder) आदि इसके प्रमुख प्रभाव थे। बच्चों में अविकसित मस्तिष्क, लकवा, मिर्गी जैसे रोग उत्पन्न हो गये। बड़ी संख्या में कुत्ते, बिल्ली, कौवे व घाटी की मछलियों की पक्षाघात से मृत्यु हो गयी।

(b) जापान स्थित एक जस्ता परिष्करण संयंत्र (Zinc Plant) के अपशिष्ट पदार्थों से निकलने वाले केडमियम द्वारा इताई–इताई रोग बहुत व्यापक हुआ था। ये अपशिष्ट पदार्थ जापान की जिन्त्सु नदी में डाल दिये जाते थे। जहां से खाद्य शृंखला द्वारा केडमियम मनुष्यों में पहुंच गया और हड्डियों को कमजोर कर दिया। धीरे–धीरे रोगियों की मृत्यु होने लगी।

(c) धातुओं में सीसा भी एक संचयी जहर है। सीसायुक्त जल पीने से मांसपेशियों, पाचन तंत्र, केन्द्रीय नाड़ी तंत्र आदि से सम्बन्धित रोग हो जाते हैं। यह अनेक एन्जाइमों को भी प्रभावित करता है परिणामस्वरूप कोशिकीय उपापचयन में बाधा पहुंचती है।

(d) कुछ औद्योगिक संयंत्रों जैसे फॉस्फेट फर्टिलाइजर फैक्टरी, एल्यूमिनियम फैक्टरी, ग्लास फैक्टरी इत्यादि से फ्लोराइड

प्रदूषण फैलता है। फ्लोराइड एक प्रोटोप्लाजमिक जहर (Protoplasmic poison) है। फ्लोराइड की थोड़ी मात्रा हमारे दांतों में धब्बे (Mottling) हो जाते हैं जिसे फ्लोरोसिस (Dental fluorosis) कहते हैं। हड्डियां कमजोर होकर टेढ़ी हो जाती है जिससे कुबड़ापन हो जाता है। पैरों के घुटने बाहर की तरफ मुड़ जाते हैं जिसे 'नोक नी सिन्ड्रोम' (Knock Knee Syndrome) कहते हैं।

राजस्थान के कई जिलों जैसे जयपुर, अजमेर, अलवर, जोधपुर, बाड़मेर, नागौर, पाली, बीकानेर, डूंगरपुर में फ्लोरोसिस की समस्या विकट रूप ले चुकी है जो मुख्यतः जल में उपस्थित फ्लोराइड के कारण है। ऐसे में औद्योगिक संयंत्रों से निकली फ्लोराइड परिस्थिति को और भयावह बनायेगी।

2. विभिन्न स्रोतों से निकलने के बाद रेडियोधर्मी पदार्थ वायु, जल एवं मृदा में पहुंच जाते हैं एवं खाद्य श्रृंखला के माध्यम से विभिन्न प्राणियों में पहुंच जाते हैं। रेडियोधर्मी पदार्थों से कैंसर, ल्यूकेमिया (Leukaemia) जैसे भयंकर रोग हो जाते हैं। तंत्रिका तंत्र, फेफड़े, नेत्र, जननतंत्र, अस्थियां आदि गंभीर रूप से प्रभावित होते हैं। इनके प्रभाव से उत्परिवर्तन भी हो जाता है।

(ii) जल के भौतिक व रासायनिक गुणवत्ता में आये परिवर्तन के कारण प्रभाव (Effects due to altered physico-chemical properties of water)

1. कुछ प्रदूषक, विशेषतया कार्बनिक प्रदूषक (Organic pollutants) जल के सामान्य भौतिक व रासायनिक गुणों को परिवर्तित कर देते हैं। घरेलू वाहित मल, कृषि अपशिष्ट आदि में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों का जीवाणुओं द्वारा अपघटन होता है। इस प्रक्रिया में जल में घुलित ऑक्सीजन का उपयोग होता है फलस्वरूप जल में घुलित ऑक्सीजन की मात्रा कम हो जाती है। ऑक्सीजन की वह मात्रा जो अपघटकों द्वारा कार्बनिक पदार्थों के विघटन में उपयोग की जाती है, जैविक ऑक्सीजन मांग (Biological Oxygen Demand, BOD) कहलाती है। अतः BOD का मान जलस्रोतों में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों की मात्रा का सूचक है। जैविक ऑक्सीजन मांग (BOD) बढ़ने से जलीय जीवों को उपलब्ध होने वाली ऑक्सीजन की मात्रा कम हो जाती है। फलस्वरूप अनेक जीव मरने लगते हैं।
2. विभिन्न प्रकार के अम्ल व क्षारीय पदार्थों की उपस्थिति से जल का पी.एच (pH) परिवर्तित हो जाता है। शुद्ध जल का pH मान 7 से 8.5 के बीच होता है। यदि pH 6.2 से कम या 9.2 से ज्यादा है तो यह प्रदूषित जल की श्रेणी में आता है। जल सोडियम, पोटेशियम, कैल्शियम, मैग्नीशियम के क्लोराइड, कार्बोनेट, बाइकार्बोनेट तथा सल्फेट के मात्रात्मक अनुपात से सम्बन्धित है। निर्धारित सीमा से अधिक या कम पी.एच मान वाले जल को हानिकारक कहा जाता है।

(iii) जल की जैविक गुणवत्ता में आये परिवर्तन के कारण प्रभाव (Effects due to altered biological properties of water) : घरेलू वाहित मल (Domestic sewage), कृषि अपशिष्ट (Agricultural waste) इत्यादि की अधिकता से जलस्रोतों के भौतिक व रासायनिक गुणों के साथ–साथ जैविक गुण (Biological properties) भी बदल जाते हैं।

1. घरेलू वाहित मल व कृषि अवशिष्टों में नाइट्रेट, फॉस्फेट जैसे रासायनिक उर्वरकों (Chemical fertilizers) की मात्रा अधिक होती है। परिणामस्वरूप शैवालों की वृद्धि तीव्र हो जाती है और अधिक मात्रा बढ़ने से पादप प्लवकों (Phytoplankton) की कुछ प्रजातियां तीव्र वृद्धि करती हुई जल की सम्पूर्ण सतह को ढक लेती है जिसे पादप प्लवक ब्लूम (Phytoplankton bloom) कहा जाता है। इस प्रकार जल में पोषक तत्व जैसे नाइट्रोजन, फास्फोरस की मात्रा बढ़ने के फलस्वरूप उत्पादकता में वृद्धि को सुपोषणीकरण (Eutrophication) कहते हैं। (Eutrophication = Nutrient enrichment of the water body followed by increased productivity)। परिणामस्वरूप BOD बढ़ने से जल में घुलित ऑक्सीजन कम हो जाती है। सुपोषणी (Eutrophic) जल स्रोतों में अवायवीय जीवाणुओं एवं अवांछनीय नील हरित शैवालों (Blue green algae) की कुछ प्रजातियां प्रभावी हो जाती है। इनमें से नील हरित शैवालों की कुछ प्रजातियां जैसे *माइक्रोसिस्टिस* (*Microcystis*), *एफैनिजोमिनोन* (*Aphanizomenon*), अथवा *एनाबिना फ्लासएक्यू* (*Anabaena flos-aquae*) इत्यादि अत्यन्त विषाक्त होती है, जिसके प्रभाव से जलीय जीव मरने लगते हैं, जल से दुर्गन्ध आने लगती है और यह पीने, सिंचाई या अन्य कार्यों के लिये अनुपयोगी हो जाता है।
2. प्रदूषित जल में कई प्रकार के रोगाणुओं की संख्या बढ़ जाती है। ऐसे जल को ग्रहण करने से पेचिस, हैजा एमीबायसिस, पीलिया, अतिसार, कृमि रोग, पथरी, कैंसर इत्यादि रोग हो जाते हैं।

जल प्रदूषण नियंत्रण
(Control of Water Pollution)

जल प्रदूषण एक विश्वस्तरीय समस्या बन चुका है। अतः विश्व के अनेक देशों में जल प्रदूषण नियंत्रण कार्यक्रम शुरू किये गए हैं। जल प्रदूषण रोकने के मुख्य उपाय निम्नलिखित है :–

1. **बहिस्त्राव उपचार** (Effluent treatment) : नगरीय व औद्योगिक इकाइयों से निकलने वाले बहिस्त्राव (Effluent) को उचित संयंत्रों की मदद से शुद्ध करने के बाद ही जलस्रोतों में डालना चाहिए। नागपुर स्थित नीरी (National Environmental Engineering Research Institute; NEERI) पर इस विषय पर शोध हो रहे हैं।

2. **प्रदूषकों को अलग करना** (Removal of pollutants) : जल में उपस्थित निलम्बित कणों को छानकर तथा विषाक्त पदार्थों को रासायनिक विधियों द्वारा अलग किया जा सकता है। साधारण प्रदूषकों को अलग करने के लिए अधिशोषण (Adsorption), इलेक्ट्रोलिसिस (Electrolysis), आयन विनियम (Ion exchange), प्रतिगामी परासरण (Reverse osmosis) इत्यादि भौतिक व रासायनिक विधियां विकसित की गयी हैं। रेडियोधर्मी प्रदूषकों को पृथक करने के लिए अन्य विशिष्ट विधियों का प्रयोग किया जाता है।

3. **अपशिष्ट पदार्थों का पुनर्चक्रण व पुनः उपयोग** (Recycling and re-use of wastes) : शहरी अपशिष्टों का पुनर्चक्रण ईंधन गैस तथा बिजली उत्पादन में किया जा सकता है। नई दिल्ली के पास ओखला में शहरी अपशिष्ट के पुनर्चक्रण का संयंत्र स्थापित किया गया है। नागपुर स्थित राष्ट्रीय पर्यावरण अभियांत्रिकी शोध संस्थान (NEERI) ने रेडियोधर्मी तथा परमाणु शक्ति संयंत्रों के रासायनिक अपशिष्टों के प्रबन्ध से सस्ती गैस व विद्युत प्राप्त करने के उपाय विकसित किये हैं। इस प्रकार पुनर्चक्रण न सिर्फ प्रदूषण को कम करता है, बल्कि आर्थिक लाभ भी करता है।

4. **पारिस्थितिक तंत्र का स्थिरीकरण** (Stabilization of ecosystem) : जल प्रदूषण व सुपोषीकरण नियंत्रण की यह सबसे उपयुक्त विधि है। इसके अन्तर्गत निम्नलिखित उपाय महत्वपूर्ण हैं –

   (a) अपशिष्ट पदार्थों एवं पोषक तत्वों की आवक (Input) कम करना।

   (b) जैव भार का पृथक्करण (Harvesting and removal of biomass)।

   (c) पोषक तत्वों का एकत्रीकरण (Trapping of nutrients)।

   (d) तलछट को समय–समय पर निकालना (Removal of bottom sediment or sediment dredging)।

   (e) कृत्रिम वातन (Artificial aeration) द्वारा तलीय ऑक्सीजन की मात्रा को बढ़ाना।

   (f) मत्स्य पालन (Fisheries) व प्रबन्धन को बढ़ावा देना।

   इस प्रकार जल स्रोतों के पारिस्थितिक सन्तुलन का पुनर्भरण किया जा सकता है।

5. **पर्यावरण जागरूकता** (Environmental awareness) : प्रदूषण नियंत्रण के लिए पर्यावरण जागरूकता एक सशक्त माध्यम है। पर्यावरण के प्रति जनचेतना में अध्ययन केन्द्रों व स्वयंसेवी संगठनों की अहम् भूमिका हो सकती है। प्रदूषण नियंत्रण हेतु जन आन्दोलन समय की मांग बन चुका है। पर्यावरण संगोष्ठियों, सम्मेलनों, चलचित्रों आदि के द्वारा पर्यावरण जागरूकता पैदा की जा सकती है।

6. **पर्यावरण कानूनों का सख्ती से पालन करना** (Implementation of environmental laws) : जल प्रदूषण नियंत्रण के लिए केन्द्रीय जल प्रदूषण नियंत्रण अधिनियम लागू किया गया है। इसके अन्तर्गत प्रदूषित जल को साफ किये बिना जलस्रोतों में बहाना अपराध है। इनमें जल (प्रदूषण नियंत्रण एवं रोकथाम) अधिनियम, 1974 तथा पर्यावरण संरक्षण अधिनियम, 1986 मुख्य है। इन कानूनों की पालना न करने पर दण्ड का प्रावधान है।

स्वास्थ्य पर जल संदूषण का प्रभाव
(Effect of Water Contamination on Health)

जल के विभिन्न भौतिक और रासायनिक लक्षण जीवन को विभिन्न तरीकों से प्रभावित करते हैं। जल को संदूषित करने में कणिकीय पदार्थ (Particulate matter) तथा कार्बनिक पदार्थों से जल में ऑक्सीजन की मात्रा कम हो जाती है। इसी तरह जल में नाइट्रोजन, फॉस्फोरस आदि तत्वों की वृद्धि से जल सुपोषणीय (Eutrophic) होने से प्लेंक्टोनिक शैवाल अतिशीघ्र बढ़ते हैं। कृषि में काम आने वाले उर्वरक, पेस्टीसाइड्स व कीटनाशी भी जल को संदूषित करते हैं। जल के इस संदूषण से मानव स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

1.4 जैव संकेतक (Bioindicators)

किसी भी स्थान विशेष पर उगने वाले पौधे उस स्थान पर उपस्थित आवासीय व्यवस्थाओं का एक सफल संकेत माने जा सकते हैं। अगर पर्यावरण दशाओं में कोई परिवर्तन मानव जनित गतिविधियों से होता है तो वहां के आवास पर निश्चित रूप से प्रभाव पड़ता है जो आगे चलकर वहां उपस्थित जीवन (पौधे, कोशिकांग, अंग, जीव, पशु–पक्षी, सूक्ष्मजीव) को प्रभावित करते हैं। इसलिए जीवन (Life) वहां पर उपस्थित पर्यावरण का सबसे अच्छा संकेतक (Indicator) हो सकता है। इसलिए पौधे, पशु, वन्य जीव, सूक्ष्मजीवों को संकेतक (Indicators) कहते हैं। एकल पादप जाति, जीव संख्या व समुदाय इत्यादि जहां उपस्थित होते हैं वहां के पर्यावरण के संकेतक होते हैं। अगर पादप, संकेतक का काम करते हैं तो उन्हें पादप संकेतक (Plant Indicators) कहते हैं। पौधों पर जिन कारकों का प्रभाव पड़ता है, वे पौधे उसे

स्पष्ट रूप से दर्शाते हैं। किसी भी स्थान पर उपस्थित प्रभावी जाति (Dominant species) उस क्षेत्र के पर्यावरण की सबसे प्रमुख संकेतक होती है। यहां पर कुछ संकेतकों के उदाहरण दिये जा रहे हैं :–

1. **जलवायु संकेतक** (Climate Indicators) : किसी भी स्थान विशेष पर उपस्थित पादप समुदाय जलवायु का श्रेष्ठ संकेतक होता है। जैसे सदाहरित वन सर्दी तथा गर्मी दोनों ऋतुओं में भारी वर्षा के संकेतक है और घास के मैदान गर्मी में अधिक तथा सर्दी में कम वर्षा के संकेतक है जबकि मरूद्भिदीय पादप की उपस्थिति वहां पर बहुत कम वर्षा दर्शाती है।
2. **अग्नि के संकेतक** (Indicators of fire) : *टेरिडियम* फर्न की जातियां जंगल में तत्कालिक अग्नि के प्रभाव तथा अत्यधिक अव्यवस्थित कोणधारी वनों की उपस्थिति के संकेतक है। इसी तरह से अग्नि द्वारा जलाये हुए वनों में *पाइनस कोन्टोर्टा, टेरिस एक्विलिना* (फर्न), इत्यादि पादप प्रभावी वनस्पति के रूप में मिलते हैं।
3. **पेट्रोलियम भंडारों के संकेतक** (Indicators of Petroleum deposits) : *युसिलिन्ड्स* नामक प्रोटोजोआ की उपस्थिति उस क्षेत्र में पेट्रोलियम भंडारों का संकेतक है।
4. **प्रदूषण के संकेतक** (Indicators of Pollution) : *कारा* (*Chara*), *वुल्फिया* (*Wolffia*) तथा *युट्रिकुलेरिया* (*Utricularia*) जैसे जलीय पादप प्रदूषित पानी में उगते हैं। इसी तरह डाइएटम्स (Diatoms) की उपस्थिति यह दर्शाती है कि वहां पर मल जल (Sewage) प्रदूषण है।
5. **अति चारण** (Overgrazing) **संकेतक** : वार्षिक खरपतवार जैसे *अमरेन्थस* और *चीनोपोडियम* प्रायः ऐसे घास स्थलों पर उगते हैं जहां पशुचारण (Grazing) अधिक होता है।

1.5 मृदा अथवा भूमि प्रदूषण (Soil or Land Pollution)

भूमि हमारे पर्यावरण का एक महत्वपूर्ण घटक है। यह विभिन्न प्रकार की वनस्पतियों व फसलों का आधार है। भूमि की ऊपरी सतह जिसे मृदा कहते हैं, की उर्वरता (Fertility) फसलों की उत्पादकता का मुख्य आधार है। मृदा की यह उर्वरता उसमें उपस्थित अनेक पोषक तत्वों (जैसे – नाइट्रोजन, फास्फोरस, कैल्शियम, पोटेशियम इत्यादि) अनेक प्रकार के सूक्ष्म जीवों (जैसे – बैक्टीरिया, कवक, प्रोटोजोआ, निमेटोड इत्यादि), नमी व उसके तापमान पर आधारित होती है। मनुष्य के विकास की विभिन्न गतिविधियों का प्रभाव वायु, जल के साथ–साथ स्थलमण्डल (Lithosphere) पर भी पड़ता है। वर्तमान में भूमि अनेक प्रकार से संक्रमित हो रही है जिसमें कृषि रसायनों का उपयोग, अपशिष्ट पदार्थों का निपटान (Disposal), भवन एवं पथ निर्माण, उद्योगों के लिए कच्चा माल (Raw materials) प्राप्त करना आदि कारण प्रमुख है। भूमि का इस प्रकार संक्रमण जो इसकी सुन्दरता, उर्वरता व अन्य भौतिक रासायनिक गुणों को प्रभावित करता है, भूमि प्रदूषण कहलाता है। भूमि प्रदूषण से इसकी ऊपरी सतह (मृदा) सबसे अधिक प्रभावित होती है।

भूमि/मृदा प्रदूषण की परिभाषा (Definition of Land/Soil Pollution)

भूमि के विभिन्न घटक जैसे खनिज पदार्थ, कार्बनिक पदार्थ, मृदा वायु, मृदा जल व मृदा जैव समूह मिलकर मृदा का निर्माण करते हैं एवं सम्मिलित रूप से मृदा के भौतिक, रासायनिक व जैविक गुणों का निर्धारण करते हैं। भिन्न–भिन्न मृदाओं में इन घटकों का अनुपात भिन्न–भिन्न होता है रसायन युक्त कीचड़, प्रदूषित जल, कूड़ा, कीटनाशक दवाओं एवं उर्वरकों की अत्यधिक मात्रा के कारण भूमि की सुन्दरता व मृदा के गुणों में अवांछनीय परिवर्तन ''भूमि प्रदूषण'' कहलाता है।

दूसरे शब्दों में ''औद्योगिक व घरेलू कचरा (Industrial and domestic wastes), कृषि रसायन (Agricultural chemicals), प्रदूषित जल (Polluted water) इत्यादि की उपस्थिति के कारण मृदा के भौतिक, रासायनिक व जैविक गुणों में आये परिवर्तन जो मानव व अन्य जीवों, वनस्पतियों एवं फसलों पर विपरीत प्रभाव डाले या भूमि धरातल या उसकी सुन्दरता में कमी लाये, 'भूमि प्रदूषण' कहलाता है।''

मृदा प्रदूषण के स्रोत (Sources of Soil Pollution)

भूमि या मृदा प्रदूषण के स्रोत निम्नलिखित हैं–

1. औद्योगिक अपशिष्ट (Industrial wastes)
2. कृषि रसायन (Agricultural chemicals)
3. घरेलू अपशिष्ट व कचरा (Domestic wastes and garbage)
4. नगरपालिका कचरा (Municipal wastes)
5. खनन (Mining)
6. रेडियोधर्मी पदार्थ (Radioactive materials)

1. **औद्योगिक अपशिष्ट** (Industrial wastes) : औद्योगिक अपशिष्टों में अनेक प्रकार के विषैले, ज्वलनशील, दुर्गन्ध युक्त व कुछ स्थाई किस्म के पदार्थ होते हैं। कागज के कारखाने, धातु गलाने के संयंत्र, शक्कर की मिलों, शराब उद्योगों, ऊर्जा संयंत्रों, रसायन बनाने वाले संयंत्रों, ताप ऊर्जा संयंत्रों आदि से निकले अपशिष्टों का भूमि प्रदूषण में

अधिक योगदान है।

2. **कृषि रसायन** (Agricultural chemicals) : कृषि उत्पादों के टुकड़े जैसे पत्ते, डंठल, घासफूस, बीज इत्यादि जैव अपघटनीय कचरे (Biodegradable wastes) कहलाते हैं। मूलतः ये मृदा की उर्वरता को बढ़ाते हैं, लेकिन कई प्रकार के कृषि रसायन जैसे कीटनाशी (Insecticides) जैव अनअपघटनीय होते हैं। डी.डी.टी., बी.एच.सी., एल्ड्रिन, हेप्टाक्लोर, डाइएल्ड्रिन एवं अन्य कीटनाशी इसके उदाहरण हैं। ये फसलों, विशेषतया शाकीय फसलों व सब्जियों द्वारा तेजी से अवशोषित होते हैं एवं मनुष्यों व अन्य जीवों पर विषाक्त प्रभाव डालते हैं।

3. **घरेलू अपशिष्ट व कचरा** (Domestic wastes and garbage) : भूमि प्रदूषण व घरेलू कचरा एक महत्वपूर्ण स्रोत है। इसमें मुख्यतः सूखा कचरा और रसोईघरों का गीला कचरा शामिल है। सूखे कचरे में कागज, कांच व कपड़ों के टुकड़े, एल्यूमिनियम, प्लास्टिक आदि के डिब्बे, पॉलिथीन की थैलियां इत्यादि शामिल हैं। रसोईघर के गीले कचरों में सब्जियों व फलों के छिलके, पत्ते, चायपत्ती, जूठन, अण्डों के छिलके, मांस–मछली के अनुपयोगी भाग आदि मुख्य है।

4. **नगरपालिका अपशिष्ट** (Municipal wastes) : नगरपालिका के ठोस कचरे (Municipal solid wastes; MSW) भूमि प्रदूषण के मुख्य कारक हैं। इसमें कागज, टिन, एल्यूमिनियम, ग्लास, लकड़ी आदि के टुकड़े, सड़े–गले पदार्थ, औद्योगिक कूड़े, पशुओं का चारा, मृत पशु आदि सम्मिलित हैं।

   नगरपालिका कचरे के दो मुख्य घटक है–

   (a) **प्रकोपयुक्त अपशिष्ट** (Hazardous wastes) : ऐसे अपशिष्ट जिनकी अतिसूक्ष्म मात्रा भी अत्यन्त हानिकारक होती है। जैसे नाभिकीय अपशिष्ट (Nuclear waste), चिकित्सा अपशिष्ट (Medical wastes) आदि। ऐसे अपशिष्टों का पर्यावरणीय मानक नहीं होता।

   (b) **प्रकोप रहित अपशिष्ट** (Non-hazardous wastes) : ऐसे अपशिष्ट जिनकी एक सीमा से अधिक सान्द्रता ही हानिकारक होती है। जैसे कचरों में उपस्थित विषाक्त रसायन, धातुएं आदि। इनके निर्धारित पर्यावरणीय मानक होते हैं।

   निम्न सारणी में विकसित देशों के नगरपालिका के ठोस कचरे (MSW) में उपस्थित विभिन्न अवयवों के अनुपात दिये गए हैं (सारिणी सं. 1.4) –

किसी भी नगर की जनसंख्या, आर्थिक विकास व व्यक्तियों के उपभोगी स्वभाव का प्रभाव इन अपशिष्टों की मात्रा को प्रभावित करता है।

सारिणी सं. 1.4 : ठोस कचरे में विभिन्न अवयवों का अनुपात

अवयव	प्रतिशत मात्रा
कागज	39.5
यार्ड अपशिष्ट	14.0
प्लास्टिक	9.5
धातुएं	8.5
लकड़ी	7.5
भोजन सम्बन्धित अपशिष्ट	7.5
ग्लास	7.0
अन्य	6.5

5. **खनन** (Mining) : खनन प्रक्रियाओं में ऊपरी मृदा (Top soil) व अवमृदा (Sub soil) नष्ट हो जाती है। इसके अतिरिक्त खनन अपशिष्ट भी मृदा की गुणवत्ता को प्रभावित करते हैं।

6. **रेडियोधर्मी पदार्थ** (Radioactive materials) : परमाणु परीक्षण, नाभिकीय विस्फोट, नाभिकीय संयंत्र आदि से निकलने के बाद रेडियोधर्मी पदार्थ मृदा में मिल जाते हैं। इनसे निकलने वाली अल्फा, बीटा तथा गामा किरणें अत्यधिक हानिकारक होती है।

भूमि/मृदा प्रदूषण के प्रभाव
(Effects of Land/Soil Pollution)

मृदा प्रदूषण का प्रभाव दो प्रकार से हो सकता है–

1. **प्रत्यक्ष प्रभाव** (Direct effects)

(a) भूमि की सुन्दरता व ऊपरी सतह मृदा की गुणवत्ता एवं उर्वरता नष्ट हो जाती है।

(b) विषाक्त प्रदूषक जैसे कीटनाशी, शाकनाशी, कवकनाशी, धातुएं आदि मृदा में उपस्थित सूक्ष्म जीवों को मार देते हैं जिसके फलस्वरूप कार्बनिक पदार्थों का विघटन व पोषक तत्वों का चक्रीकरण बाधित हो जाता है और मृदा की उर्वरता नष्ट हो जाती है।

(c) कुछ विषाक्त पदार्थ जैसे क्लोरीन युक्त हाइड्रोकार्बन्स (DDT; 2,4-D; 2,4,5-T आदि) का अपघटन नहीं होता है। परिणामस्वरूप ये मृदा में एकत्रित होते रहते हैं एवं धीरे–धीरे पौधों द्वारा अवशोषित हो जाते हैं। इस प्रकार ये खाद्य श्रृंखला के विभिन्न पोषक स्तरों को हानि पहुंचाते हैं। शाकीय पौधों व सब्जियों के द्वारा ये सीधे मनुष्य के शरीर में पहुंच कर कई प्रकार के विकार उत्पन्न करते हैं। कुछ कीटनाशी पक्षियों में अण्डजनन (Ovulation) की क्रिया में विलम्ब करते हैं एवं जननग्रंथियों (Gonads) के परिवर्धन में रूकावट करते हैं।

(d) इसी प्रकार प्रदूषित मृदा में उपस्थित रेडियोधर्मी तत्व जैसे स्ट्रान्सियम–90, सीजियम–137, कोबाल्ट–60 आदि पौधों के माध्यम से खाद्य श्रृंखला में प्रवेश कर जाते हैं अंततः मनुष्य के शरीर में पहुंच कर कई प्रकार के रोगों जैसे कैंसर, हड्डियों में विकृति आदि उत्पन्न करते हैं।

(e) खनन कार्यों से भूमि की उपजाऊ परत नष्ट हो जाती है। खनन प्रक्रमांक में किये जाने वाले विस्फोटों से क्षेत्र विशेष की मृदा छिद्र बन्द हो जाते हैं और मृदा ठोस हो जाती है, फलस्वरूप उत्पादन क्षमता कम हो जाती है।

2. **अप्रत्यक्ष प्रभाव** (Indirect effects)

(a) अत्यधिक कचरे व उसकी सड़न से वातावरण दुर्गन्ध युक्त हो जाता है।

(b) ठोस कूड़े व कचरों के ढेर से कई प्रकार के रोगवाहक जीवों (Disease vectors) जैसे मक्खी, तिलचट्टे, मच्छरों की जनसंख्या काफी बढ़ जाती है।

(c) एकत्रित कूड़े व कचरों से चूहों की संख्या भी बढ़ जाती है जो रोगवाहक होने के साथ–साथ कृषि को भी हानि पहुंचाते है।

(d) कूड़ों व कचरों के सड़ने से अनेक प्रकार के रोगजनक जीवाणु व विषाणु भी उत्पन्न हो जाते है।

भूमि प्रदूषण नियंत्रण
(Control of Soil Pollution)

भूमि प्रदूषण नियंत्रण के उपाय निम्नलिखित हैं–

1. **ठोस कचरों व अपशिष्टों का उपयुक्त निपटान** (Proper disposal of garbage and solid wastes) : ठोस कचरों व अपशिष्ट भूमि प्रदूषण के लिये मुख्य रूप से जिम्मेदार है। अतः नगरपालिका–निगमों के ठोस कचरे व अपशिष्टों का उपयुक्त एकत्रण, परिवहन व निपटान अत्यन्त आवश्यक है। स्थान विशेष पर कचरा पात्र या कूड़ादान होना चाहिए। जहां पर कूड़ेदान की दूरी अधिक है, ऐसे स्थानों पर गरीब परिवार की महिलाओं द्वारा घर–घर जाकर घरेलू कूड़े को एकत्र किया जाता है और कूड़ेदान तक पहुंचाया जाता है इसके बदले उन्हें प्रति परिवार के हिसाब से कुछ पारितोषिक दिया जाता है। जिन परिवारों की गृहणियां घरेलू कूड़े को कूड़ेदानों तक नहीं ले जा सकती उनके लिए यह एक सफल प्रयोग है। कूड़ा एकत्रित करने हेतु पारम्परिक ठेलागाड़ियों का भी प्रयोग किया जाता है। कचरों व अपशिष्टों के निपटान (Disposal) हेतु निपटान स्थलों का चुनाव सुनियोजित एवं वैज्ञानिक दृष्टिकोण से करना चाहिए।

सारिणी सं. 1.5 : ठोस कचरे में उपस्थित पुनर्चक्रण योग्य मुख्य घटक

घटक	कुल कचरे का प्रतिशत
अखबार	6.8
कार्ड बोर्ड	8.6
क्राफ्ट पेपर	1.5
अच्छे कागज	1.7
पत्रिका व डाक से संबंधित कागज	4.0
पॉलीथीन की थैलियां, बोतल आदि	2.1
एल्यूमिनियम के डिब्बे	0.6
टिन आदि के डिब्बे	1.5
अन्य धातुएं	1.5
सीसे के डिब्बे व टुकड़े	4.3
कुल प्रतिशत	**32.6**

2. **पुनर्चक्रण एवं पुनः उपयोग** (Recycling and reuse) : ठोस कचरे के निराकरण के लिए पुनर्चक्रण एवं पुनः उपयोग को अत्यन्त लाभकारी माना गया है। ठोस कचरों के कुछ अपशिष्ट जैसे कागज, कांच, टिन, एल्यूमिनियम, लोहे आदि के टुकड़े, प्लास्टिक की थैलियां इत्यादि ऐसे पदार्थ हैं जिनका अपघटन आसानी से नहीं होता इन्हें कचरों से अलग कर उनका पुनर्चक्रण करके पुनः उपयोग किया जा सकता है (सारिणी सं. 1.5)।

   आज के युग में पुनर्चक्रण उद्योग (Recycling industry) आर्थिक विकास में एक महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त कर चुका है। पुनर्चक्रण न सिर्फ ठोस कचरा प्रदूषण के निवारण में उपयोगी है बल्कि यह प्रक्रिया प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण व आर्थिक विकास में भी सहायक बन चुकी है। संयुक्त राज्य अमेरिका अपने सम्पूर्ण ठोस कचरे का लगभग तीस प्रतिशत का पुनर्चक्रण प्रभावी ढंग से करता है। पुनर्चक्रण उद्योग को बढ़ावा देने के लिए राज्य व केन्द्र सरकारें आर्थिक एवं तकनीकी सहायता भी करती है।

3. **भूमि में रेडियोधर्मी** पदार्थों के अवांछित प्रवेश को कम किया जाना चाहिए। इसके लिए परमाणु परीक्षण जैसे कार्य प्रतिबन्धित होना चाहिए।

4. **कृषि में रासायनिक उर्वरकों** व विषाक्त रसायनों जैसे कीटनाशी, पीड़कनाशी, कवकनाशी इत्यादि का प्रयोग यथासंभव कम करना चाहिए।

5. **ऐसे कचरे जिसमें** पशुओं के मल–मूत्र, पत्तियां, खरपतवार आदि का पर्याप्त भाग होता है, उपयुक्त स्थान पर गड्ढों में एकत्रित कर वैज्ञानिक विधियों द्वारा खाद बना कर कृषि उपयोग में लेना चाहिए।

6. **कचरों का प्रयोग** उपयुक्त वैज्ञानिक विधियों द्वारा ऊर्जा उत्पादन में भी किया जा सकता है। विश्व के कुछ विकसित देश जैसे अमेरिका, जापान, जर्मनी आदि कचरे से ऊर्जा उत्पादन कर रहे हैं। भारत में इस प्रकार का पहला संयंत्र केन्द्रीय यांत्रिक अभियांत्रिकी शोध संस्थान (Central Mechanical Engineering Research Institute) ने दुर्गापुर में स्थापित किया है। इस संयंत्र से 500 किग्रा प्रति हेक्टेयर कचरे के इस्तेमाल से 500 किलोवाट विद्युत पैदा की जा सकती है।
7. **खनन से हुए नुकसान** के पुनर्भरण के लिए पारिस्थितिकीय सिद्धान्तों (Ecological principles) को ध्यान में रखकर प्रयास करना चाहिए।

1.6 ध्वनि प्रदूषण (Noise Pollution)

अंग्रेजी का नॉयज शब्द लैटिन भाषा के नाउसिया शब्द से लिया गया है। जब ध्वनि की तीव्रता एवं आवृत्ति कर्णप्रिय स्तर से अधिक हो जाती है तो उसे शोर की संज्ञा दी जाती है। शोर की अवांछित दशा में मनुष्यों में उत्पन्न बेचैनी व अशान्ति की स्थिति ध्वनि प्रदूषण कहलाती हैं तेजी से बढ़ते औद्योगिकीकरण, शहरीकरण एवं यातायात के साधनों के कारण ध्वनि प्रदूषण एक गंभीर समस्या बन चुका है। हमारे देश में ध्वनि प्रदूषण अन्य देशों की अपेक्षा अधिक है।

सन् 1972 में संयुक्त राष्ट्र संघ ने असहनीय ध्वनि को प्रदूषण के एक अंग के रूप में स्वीकार किया। सन् 1981 में आयोजित भारतीय विज्ञान कांग्रेस (Indian Science Congress) के अध्यक्ष प्रो. ए.के. शर्मा के अनुसार भारत के शहर पश्चिमी देशों के शहरों से अधिक शोरगुल वाले माने जाते हैं। मानव जीवन की बदलती शैली और आवश्यकताओं के साथ आज जल, वायु एवं भूमि प्रदूषण के साथ ध्वनि प्रदूषण भी एक गंभीर चुनौती बन चुका है।

ध्वनि प्रदूषण की परिभाषा (Definition of Noise Pollution)

मानव कर्ण वातावरण की ध्वनि तरंगों को ग्रहण करके उसे संवेग परिवर्तित कर मस्तिष्क को प्रेषित करने में सक्षम है। यह मनुष्य को सुनाई देने का एहसास प्रदान करता है, लेकिन अधिक तीव्र ध्वनि न सिर्फ अकर्णप्रिय होती है, बल्कि अनेक प्रकार की स्वास्थ्य समस्याएं पैदा करती हैं। इस प्रकार ''बलात् किसी को सुनाया जाने वाला अकर्णप्रिय ध्वनि का उच्च स्तर जो व्यक्ति में उद्विग्नता अथवा चिड़चिड़ापन उत्पन्न करें उसे 'ध्वनि प्रदूषण' कहते हैं। साइमन्स (Simmons, 1974) के शब्दों में बिना मूल्य की अथवा अनुपयोगी ध्वनि, ध्वनि प्रदूषण कहलाती है।'' इस प्रकार यदि ध्वनि सुनने वाले के लिए इच्छापूर्ण न हो तो ध्वनि प्रदूषण कहलाती है।

रॉय (Roy, 1974) के अनुसार, ''अनिच्छापूर्ण ध्वनि जो मानवीय सुविधा, स्वास्थ्य तथा गतिशीलता में हस्तक्षेप करती हो, ध्वनि प्रदूषण कहलाती है।''

शोर संकल्पना व बोध विभिन्न व्यक्तियों में अलग–अलग स्थान व समय पर अलग–अलग हो सकता है। अतः शोर की परिभाषा व्यक्तिनिष्ठ होने के साथ–साथ स्थान व कालनिष्ठ भी हो सकती है।

ध्वनि प्रदूषण के प्रकार (Kinds of Noise Pollution)

ध्वनि प्रदूषण को भिन्न–भिन्न आधार पर कई प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है।

(A) **समय के आधार पर**

ध्वनि प्रदूषण के सामयिक अस्तित्व के आधार पर इस तीन भागों में विभक्त किया जा सकता है–

(i) **आवेगशील ध्वनि प्रदूषण** (Impulsive noise pollution) : ध्वनि जो अचानक तीव्रता से उत्पन्न होती है तथा तुरन्त समाप्त हो जाती है। उसमें ध्वनि अस्तित्व तो न्यून समय के लिये होता है, किन्तु इसकी तीव्रता अधिक होती है। जैसे बम के फटने या बन्दूक की गोली छूटने की आवाज।

(ii) **सतत् ध्वनि प्रदूषण** (Continuous noise pollution) : सतत् उत्पन्न होने वाली दीर्घ स्थाई ध्वनि। इसमें ध्वनि स्तर में उतार चढ़ाव या परिवर्तन कम होता है। उदाहरण – कल कारखानों में दिनभर चलने वाली मशीनों से उत्पन्न ध्वनि।

(iii) **अन्तरायनिक ध्वनि प्रदूषण** (Intermittent noise pollution) : इस प्रकार का ध्वनि प्रदूषण रूक–रूक कर थोड़े समय पश्चात् तीव्र ध्वनि उत्पन्न होने के कारण होता है। जैसे सिलाई मशीन से रूक–रूक कर उत्पन्न तीव्र ध्वनि।

(B) **उत्पत्ति के आधार पर**

इस आधार पर ध्वनि प्रदूषण को तीन भागों में विभक्त किया जा सकता है–

(i) **प्राकृतिक ध्वनि प्रदूषण :** जैसे तूफान, बादलों की गर्जना आदि।

(ii) **जैविक ध्वनि प्रदूषण :** जैसे तेज वार्तालाप, जानवरों की तेज आवाजें आदि।

(iii) **कृत्रिम ध्वनि प्रदूषण** : जैसे कारखानों, वायुयानों, वाहनों आदि से निकलने वाल ध्वनि।

ध्वनि प्रदूषण के स्रोत या कारण
(Sources or Causes of Noise Pollution)

(A) **प्राकृतिक स्रोत** (Natural sources) : ऐसी प्राकृतिक घटनाएं या क्रियाकलाप जिससे तीव्र ध्वनि उत्पन्न होती है। उदाहरण स्वरूप बादल–बिजली की गड़गड़ाहट, तूफान, समुद्री तरंगों व झरनों से निकलने वाली ध्वनि।

(B) **जैविक स्रोत** (Biological sources) : जैसे पशुओं की तेज आवाजें, मनुष्यों द्वारा तेज वार्तालाप या झगड़े, रोने की आवाज आदि जैविक स्रोत है।

(C) **कृत्रिम स्रोत** (Natural sources) : यह ध्वनि के साथ–साथ हर प्रकार के प्रदूषण का सबसे महत्वपूर्ण स्रोत है। मुख्य कृत्रिम स्रोत निम्नलिखित है–

(i) **कल कारखानें :** विभिन्न औद्योगिक इकाइयों में चलने वाली मशीनों व सायनों से निकलने वाली तीव्र ध्वनि।

(ii) **परिवहन के साधन :** भूतल परिवहन जैसे भारी वाहन, मोटरगाड़ियां, दुपहिये वाहन, रेलगाड़ियां इत्यादि। वायुयान जैसे यात्री विमान, युद्धक विमान, मिसाइलें आदि मुख्य है।

(iii) **सामाजिक व धार्मिक कार्य :** जैसे मन्दिरों, मस्जिदों, गुरुद्वारों में शंखनाद, घण्टे व लाउडस्पीकरों की आवाजें। इसके अलावा विभिन्न उत्सवों जैसे जन्मदिन, विवाह व अन्य सांस्कृतिक कार्यों में लाउडस्पीकरों का प्रयोग। राजनैतिक गतिविधियों जैसे चुनाव प्रचार में लाउडस्पीकरों का प्रयोग।

(iv) **मनोरंजन के साधन :** घरेलू मनोरंजन के साधन जैसे रेडियो, टेलीविजन, विडियो आदि। इसके अतिरिक्त सामाजिक मनोरंजन जैसे नाच–गानों, नुक्कड़, खेल–तमाशों आदि से उत्पन्न शोर। विभिन्न स्त्रोतों से निकलने वाली ध्वनि का स्तर सारिणी सं. 1.6 में दिया गया है।

ध्वनि प्रदूषण का मापन
(Measurement of Noise Pollution)

ध्वनि तरंगों की तीव्रता व आवृत्ति मनुष्य के कानों, मस्तिष्क व कार्यकलापों पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालती है। ध्वनि प्रदूषक के नियंत्रण व प्रभाव के अध्ययन हेतु इसकी तीव्रता व आवृत्ति का सही मापन परमावश्यक है। ध्वनि तीव्रता मापन की सामान्य इकाई डेसिबल है (dB)। इसके अतिरिक्त ध्वनि को भारित ध्वनि दाब स्तर (Weighted sound pressure level, SPL) के रूप में भी मापा जाता है जिसे dB (A) के रूप में जाना जाता है। यह ध्वनि द्वारा पड़ने वाले दबाव की मापन इकाई है। तीव्रता नापने वाले उपकरणों की अपेक्षा दाब नापने वाले उपकरणों का निर्माण अधिक सरल होता है। इसलिए ध्वनि मापन में dB (A) इकाई का ही ज्यादा उपयोग होता है।

सारिणी सं. 1.6 : विभिन्न स्रोतों से निकलने वाली ध्वनि का स्तर

स्रोत	ध्वनि स्तर
श्वसन	10
पत्तियों की सरसराहट	10
फुसफुसाहट	20–30
पुस्तकालय	40
शान्त भोजनालय	50
सामान्य वार्तालाप	55–60
तेज वर्षा	55–60
घरेलू बहस	55–60
स्वचालित वाहन / घरेलू मशीनें	90
बस	85–90
ट्रक	80–90
रेलगाड़ी की सीटी	110
तेज स्टीरियो	100–115
ध्वनि विस्तारक	150
सायरन	150
व्यावसायिक वायुयान	120–140
जेट विमान (300 मी. की ऊंचाई पर)	100–110
जेट विमान (हवाई पट्टी से उतरते समय)	150
रॉकेट इंजन	180–195

शून्य से प्रारम्भ होने वाला कठ मापक शून्य स्तर की श्रवण के देहली को व्यक्त करता है। अर्थात् यह कान की क्षीणतम श्रव्य ध्वनि है। डेसिबल में वृद्धि ध्वनि तरंगों में तीव्रता वृद्धि के 10 गुणित रूप में प्रदर्शित की जाती है। इस प्रकार –

श्रव्य ध्वनि × 10 = 10 dB

श्रव्य ध्वनि × 100 = 20 dB

श्रव्य ध्वनि × 10000 = 40 dB

उपर्युक्त से स्पष्ट है कि श्रव्य ध्वनि से दस हजार गुना अधिक ध्वनि को 40 डेसीबल मापा जाता है।

ध्वनि मापने के मुख्य उपकरण इस प्रकार हैं–

1. **साउण्ड लेवल मीटर** (Sound level meter) : यह तुरन्त ध्वनि मापन हेतु प्रयोग किया जाता है।
2. **डोसी मीटर** (Dosi meter) : यह ध्वनि का समय के साथ समायोजन मापने प्रयुक्त होता है।
3. **आक्टेव बैण्ड विश्लेषक** (Octave band analyser) : ध्वनि तीव्रता मापन हेतु प्रयुक्त होता है।

4. **साउण्ड स्कोप्स** (Sound scopes) : यह बिन्दु 1 एवं 3 के सम्मिलित प्रभाव अध्ययन हेतु प्रयोग किया जाता है।
5. **नॉईज इन्टिग्रेटर** (Noise integrator) : यह आन्तरिक ध्वनि मापन हेतु प्रयोग किया जाता है।
6. **ग्राफिकल लेवल रिकार्डर** (Graphical level recorder) : यह ध्वनि का समय के साथ मापन व ग्राफ के रूप में विक्षेपों का आलेखन करता है।

ध्वनि प्रदूषण के मानक
(Standards of Noise Pollution)

वायु प्रदूषण निवारण तथा नियंत्रण अधिनियम 1981 [Air (Prevention and control of pollution) Act, 1981] के तहत 1 अप्रेल 1988 को ध्वनि प्रदूषण को वायु प्रदूषण के अन्तर्गत सम्मिलित किया गया है। पर्यावरण (सुरक्षा) नियम, 1988 के नियम 3 के तहत भारतीय मानक संस्थान (Indian Standard Institution, ISI) ने ध्वनि प्रदूषण के लिए कुछ आधारभूत मानक निर्धारित किये है। निम्नलिखित सारिणी सं. 1.8 में दिये गए ध्वनि प्रदूषण के मानकों को पर्यावरण एवं वन मंत्रालय, केन्द्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड एवं राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड ने स्वीकृति प्रदान की है।

*शान्त क्षेत्र में अस्पताल, शिक्षा संस्थान, न्यायालय इत्यादि के चारों तरफ 100 मीटर तक का क्षेत्र सम्मिलित है।

जनवरी 1990 में औद्योगिक मजदूरों के घरों में ध्वनि प्रदूषण हेतु केन्द्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड ने सूचना पत्र संख्या 3(1) में निम्नलिखित मानक जारी किये हैं (सारिणी सं. 1.7)।

भारतीय श्रम संगठन ने श्रमिकों की ध्वनि व कम्पनों से सुरक्षा हेतु कार्य क्षेत्र में मानक बताये है। वे हैं–

(a) चेतावनी सीमा – 85 dB (A)

(b) खतरे की सीमा – 90 dB (A)

ध्वनि प्रदूषण के मानक आन्तरिक व बाह्य क्षेत्रों के लिए अलग–अलग होते हैं जो निम्नलिखित सारणी सं. 1.9 से स्पष्ट है।

सारिणी सं. 1.7 : औद्योगिक मजदूरों के घरों में ध्वनि प्रदूषण के मानक

अधिकतम स्वीकृत ध्वनि सम्पर्क अवधि (घण्टों में प्रतिदिन)	स्वीकृत ध्वनि स्तर (dB)
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102
0.25	105
0.125	108

ध्वनि प्रदूषण के प्रभाव
(Effects of Noise Pollution)

अन्य प्रदूषकों के विपरीत ध्वनि उत्पाद व इसके प्रभावों के बीच समय अन्तराल (Time Lag) नहीं होता अर्थात् ध्वनि प्रदूषण का प्रभाव तात्कालिक होता है। इसके अलावा, समय के साथ–साथ इसकी सान्द्रता में वृद्धि नहीं होती, न ही इसे दूर तक वहन किया जा सकता। ध्वनि के हानिकारक प्रभावों के अध्ययन में तीन मुख्य बातों का ध्यान रखना चाहिए–

1. ध्वनि की तीव्रता व आवृत्ति
2. विशिष्ट की संवेदनशीलता
3. ध्वनि से सम्पर्क अवधि

ध्वनि के हानिकारक प्रभावों को निम्न रूपों में विभक्त किया जा सकता है–

1. श्रवण सम्बन्धी प्रभाव
2. शारीरिक प्रभाव
3. मनोवैज्ञानिक प्रभाव
4. निर्जीव वस्तुओं पर प्रभाव
5. अन्य प्रभाव

सारिणी सं. 1.8 : ध्वनि प्रदूषण के मानक

क्षेत्र	स्वीकृत ध्वनि स्तर [dB(A)]	
	दिन (प्रातः 6 से रात्रि 9 बजे तक)	रात्रि (रात्रि 9 से प्रातः 6 बजे तक)
औद्योगिक क्षेत्र	75	70
व्यावसायिक क्षेत्र	65	55
आवासीय क्षेत्र	55	45
शान्त क्षेत्र*	50	40

सारिणी सं. 1.9 : भारतीय मानक संस्थान द्वारा स्वीकृत ध्वनि स्तर

आवासीय क्षेत्रों में स्वीकृत बाह्य ध्वनि स्तर		विभिन्न भवनों में स्वीकृत आन्तरिक ध्वनि स्तर	
क्षेत्र	ध्वनि स्तर [dB(A)]	भवन	ध्वनि स्तर [dB(A)]
ग्रामीण	25—35	रेडियो तथा टेलीविजन स्टूडियो	25—35
उपनगरीय	30—40	संगीत कक्ष	30—35
नगरीय (आवासीय)	35—40	ऑडिटोरियम, हॉस्टल, सम्मेलन कक्ष, छोटा कार्यालय	35—40
नगरीय (आवासीय व व्यावसायिक)	40—45		
नगरीय (सामान्य)	45—55	कोर्ट, निजी कार्यालय तथा पुस्तकालय	40—45
औद्योगिक क्षेत्र	50—60	सार्वजनिक कार्यालय, बैंक तथा स्टोर आदि	45—50
		रेस्टोरेन्ट्स	50—55

1. **श्रवण सम्बन्धी प्रभाव :** अधिक लम्बे समय तक तीव्र ध्वनि तथा कम समय तक अत्यधिक तीव्र ध्वनि के सम्पर्क में आने पर क्रमशः बहरापन हो सकता है तथा कान के पर्दे फट सकते हैं। श्रवण सम्बन्धी प्रभाव दो प्रकार के हो सकते हैं–

   अस्थाई प्रभाव : लघु अवधि तक भी उच्च तीव्रता की ध्वनि मनुष्यों में अस्थाई बधिरता उत्पन्न कर सकती है।

   स्थाई प्रभाव : अधिक उच्च तीव्रता वाली ध्वनि के अतिलघु अवधि तक सम्पर्क में आने से भी कान क्षतिग्रस्त हो सकते हैं। 90 dB ध्वनि पर मनुष्य की श्रवण समाप्त हो जाती है तथा स्थाई रूप से बहरापन हो जाता है। 100 dB पर अन्तःकर्ण क्षतिग्रस्त हो जाता है।

2. **शारीरिक प्रभाव :** अधिक स्तर पर शोर मनुष्यों व पशुओं के जैविक कार्यकलाप में गतिरोध उत्पन्न करता है। निरन्तर लम्बी अवधि तक शोर के प्रभाव से झुंझलाहट, मानसिक तनाव, हृदय की धड़कन का बढ़ना, व्यग्रता, अनिद्रा, बेचैनी जैसी समस्याएं उत्पन्न होती है। बेल (Bell, 1983) के अनुसार ध्वनि का उच्च स्तर हृदय गति, श्वसन दर, रक्तचाप आदि को बढ़ा देता है। परिणामस्वरूप हॉरमोन में परिवर्तन आदि से यकृत रोग, उच्च रक्तचाप (Hypertension), पेप्टिक अल्सर आदि हो सकते हैं। गर्भस्थ शिशु में हृदय गति बढ़ जाने से जन्मजात विकृतियां आ जाती हैं। अचानक उत्पन्न अति तीव्र ध्वनि में गर्भपात भी हो सकता है।

3. **मनोवैज्ञानिक व व्यवहारिक प्रभाव :** अवांछित शोर के कारण उत्पन्न तुनकमिजाजी, झुंझलाहट, थकान के कारण मनुष्य की कार्यक्षमता व एकाग्रता में कमी आती है तथा वार्तालाप में व्यवधान उत्पन्न होता है। विद्यार्थियों का अध्ययन व एकाग्रता प्रभावित होती है फलस्वरूप मानसिक पतन होता है। व्यक्ति में सोचने की क्षमता एवं मानसिक स्वास्थ्य में कमी से उसमें अधीरता व व्यावहारात्मक कमी आती है अधिक उच्च ध्वनि से अधिक संवेदनशील व्यक्तियों में न्यूरोमेटिक मेन्टल डिसआर्डर हो जाता है। इससे पागल होने की संभावनाएं होती हैं।

4. **निर्जीव वस्तुओं पर प्रभाव :** शक्तिशाली बमों व डाइनामाइट का विस्फोट, सुपरसोनिक जेट विमानों की गर्जन आदि अति उच्च ध्वनि से खिड़की के शीशे टूट जाते हैं व भवनों में दरार पड़ जाती है। पुरातात्विक महत्व के भवनों, इमारतों के गिरने की संभावना बढ़ जाती है।

5. **अन्य प्रभाव :** ध्वनि प्रदूषण के कारण वाहन चालक का ध्यान भंग होने से दुर्घटनाओं की संभावनाएं बढ़ जाती हैं। कारखानों में अधिक ध्वनि से कभी–कभी अलार्म न सुनाई पड़ने से गंभीर दुर्घटनाएं हो सकती हैं। भारत के मुख्य नगरों में औसत ध्वनि स्तर सारिणी सं. 1.10 में दिया गया है।

ध्वनि प्रदूषण नियंत्रण
(Control of Noise Pollution)

विश्व स्वास्थ्य संगठन की एक रिपोर्ट के अनुसार सभी पर्यावरणीय समस्याओं में ध्वनि प्रदूषण पर नियंत्रण करना सबसे आसान है, लेकिन इसके लिए जागरूकता आवश्यक है। ध्वनि प्रदूषण नियंत्रण के लिए प्रदूषण स्रोत, माध्यम व प्रभावित होने वाली वस्तु तीनों स्तर पर प्रयास किये जा सकते हैं। ध्वनि प्रदूषण नियंत्रण के उपाय निम्नलिखित हैं–

1. महानगरीय क्षेत्रों में हरित वनस्पति की पट्टी (Green belt of vegetation) उच्च ध्वनि को अवशोषित करती है। प्रमुख सड़कों, राजमार्गों एवं हवाई अड्डों के किनारे वृक्षारोपण से

सारिणी सं. 1.10 : भारत के मुख्य नगरों में औसत ध्वनि स्तर

नगर	ध्वनि स्तर	
	औसत न्यूनतम	औसत अधिकतम
दिल्ली	64	84
मुम्बई	70	104
कलकत्ता	65	82
चेन्नई	48	78
बेंगलोर	50	78
कानपुर	42	89
लखनऊ	—	100
वाराणसी	58	86

ध्वनि तीव्रता को 10 से 15 dB तक कम किया जा सकता है।

2. औद्योगिक इकाइयों में ध्वनि अवशोषक (Sound absorber) पदार्थों का प्रयोग, ध्वनिरोधी कक्षों का निर्माण आदि ध्वनि स्रोत को पृथक किया जा सकता है।
3. ध्वनि प्रदूषकों का रखरखाव जैसे मशीनी कलपुर्जों में समुचित स्नेहक का प्रयोग, खराब कलपुर्जों को समय पर बदलना, ध्वनि शामकों की उचित देखभाल, समय पर मरम्मत आदि से भी ध्वनि प्रदूषण स्तर को कम किया जा सकता है।
4. कारखानों में कम ध्वनि उत्पन्न करने वाली मशीनों व अच्छी तकनीकी गुणवत्ता वाले वाहनों का प्रयोग करना चाहिए।
5. कानों के दस्ताने (Ear muff), प्लग (Ear plug) आदि पहन कर प्रदूषण स्रोत से स्वयं को पृथक किया जा सकता है।
6. भवनों को उचित प्रकार से विन्यासित कर व ध्वनि तरंगों के मार्ग मोड़ कर ध्वनि प्रदूषण पर नियंत्रण संभव है।
7. व्यक्तिगत व सामुदायिक स्तर पर जागरूकता पैदा कर निम्न समारोहों, भाषण स्थलों, सांस्कृतिक आयोजनों इत्यादि में ध्वनि उत्पादन को कम किया जा सकता है।
8. ध्वनि प्रदूषण नियंत्रण कानूनों के समुचित एवं कारगर उपयोग से ध्वनि प्रदूषण को नियंत्रित किया जा सकता है।

1.7 रेडियोधर्मी प्रदूषण एवं नाभिकीय प्रकोप (Radioactive Pollution and Nuclear Hazards)

प्रकोपकारी पदार्थों में रेडियोधर्मी पदार्थ सबसे अधिक घातक प्रभाव डालते हैं। उदाहरण के तौर पर रेडियम, आर्सेनिक की तुलना में 25000 गुना अधिक घातक होता है परमाणु भट्टी में ईंधन के रूप में यूरेनियम, प्लूटोनियम आदि का प्रयोग होता है। इसमें नाभिकीय विघटन द्वारा परमाणु ऊर्जा प्राप्त होती है। ईंधन के जल जाने पर बचे हुए पदार्थ को नाभिकीय अपशिष्ट (Nuclear waste) कहते हैं। परमाणवीय विस्फोट या विखण्डन के बाद रेडियोधर्मी धूल वायुमण्डल में फैल जाती है जो ठण्डा होने के बाद धीरे–धीरे पृथ्वी पर उतर जाती है। इसे रेडियोधर्मी या नाभिकीय अवपात (Radioactive or nuclear fallout) कहते हैं। ये अवपात बहुत विध्वंसक होते हैं। विश्व में कुछ विध्वंसक नाभिकीय दुर्घटनाएं भी हुई है। 26 अप्रैल 1986 को चेरनोबिल परमाणु बिजलीघर में ऐसी दुर्घटना हुई जिसने सम्पूर्ण विश्व को हिलाकर रख दिया। इस नाभिकीय प्रकोप का विस्तृत विवरण आगे दिया गया है।

परमाणु भट्टी से दो प्रकार के प्रदूषण फैलने की आशंका होती है। प्रथम विकिरण व द्वितीय रेडियोधर्मी अपशिष्ट (सारिणी सं. 1.11)।

सारिणी सं. 1.11 : विकिरण एवं उनकी विशेषताएँ

विकिरण	विशेषताएं
एक्स किरणें (X-rays)	इनकी खोज सर्वप्रथम रॉन्जन (Roentgen) ने 1895 में की थी। इनकी तरंगदैर्ध्य 0.1 से 100 Å तक होती है। ये त्वचा व मांस को पार कर सकती है। इसलिए इनका उपयोग हड्डियों के चित्र लेने में किया जाता है। इनका चिकित्सा क्षेत्र में अधिक उपयोग होता है।
गामा किरणें (Gamma rays)	इनकी तरंगदैर्ध्य 0.00001 से 0.1 Å तक होती है। अतः ये एक्स किरणों से अधिक शक्तिशाली होती है। ये कंकरीट की मोटी दीवार को भी पार कर सकती है। इनका उद्‍गम परमाणु नाभिक से होता है।

विकिरण के प्रकार

(Types of Radiation)

संरचना की दृष्टि से विकिरण दो प्रकार के होते हैं–

1. विद्युत चुम्बकीय विकिरण (Electromagnetic radiation)
2. कणीय विकिरण (Corpuscular radiation)

1. **विद्युत चुम्बकीय विकिरण** (Electromagnetic radiation) : इसमें एक्स–किरणों (X-rays) व गामा किरणें (Gamma rays) की गणना की जाती है। इनकी विशेषताएं निम्नलिखित हैं–

2. **कणीय विकिरण** (Corpuscular radiation) : इसके अन्तर्गत एल्फा, बीटा और न्यूट्रॉन आते हैं। एल्फा कण में 2 इकाई धन आवेश तथा 4 इकाई भार होता है। अतः ये शरीर में अधिक दूरी तक नहीं जा सकते। बीटा कण नाभिकीय इलेक्ट्रॉन होते हैं जो न्यूट्रॉन के प्रोटोन व इलेक्ट्रॉन में टूटने से बनते हैं। केवल एक इकाई ऋणात्मक आवेश तथा अधिक वेग होने से इनकी बेधन क्षमता बहुत अधिक होती है।

न्यूट्रॉन आवेशहीन कण है जिनमें एक इकाई भार होता है। इनका वेग बहुत अधिक होता है। इनकी बेधन क्षमता और भी अधिक होती है। नाभिक में न्यूट्रॉनों की कम अथवा अधिक संख्या के अनुसार एक ही तत्व के कई परमाणु हो सकते हैं। इन्हीं में कुछ समस्थानिक (Isotopes) रेडियोधर्मी (Radioactive) भी होते हैं।

प्रभाव की दृष्टि से भी विकिरण को दो भागों में विभक्त किया जा सकता है–

1. आयनकारी विकिरण (Ionizing radiation)
2. अन–आयनकारी विकिरण (Non-ionizing radiation)

इस अध्याय में मुख्य रूप से आयनकारी विकिरण पर ही ध्यान केन्द्रित किया गया है।

विकिरण की इकाइयां (Units of radioactive) क्यूरी (Curie-Ci) : यह विघटनात्मक नाभिकीय पदार्थ के परिमाण का मात्रक है। पदार्थ के परिमाण को एक क्यूरी माना जाता है जिसमें प्रति सैकण्ड 3.7×10^{10} परमाणुओं का विघटन होता है। उदाहरण के लिये एक ग्राम रेडियम की रेडियोधर्मिता 1 क्यूरी होती है।

रॉन्जन (Roentgen, R) : यह एक्स किरणों के विकिरण की इकाई है।

रैड (Rad = Radiation absorbed dose) : एक रैड विकिरण की मात्रा है जिसके फलस्वरूप एक ग्राम ऊतक 100 अर्ग ऊर्जा ग्रहण कर लेता है। यह एल्फा व बीटा कणों की मात्रा की इकाई है।

रेम (Rem = Roentgen equivalent man) : रेम विभिन्न प्रकार के विकिरणों के जैविक प्रभाव को प्रकट करती है।

अन्तर्राष्ट्रीय विकिरण मात्रक आयोग ने नये मात्रकों जैसे ग्रे व सीवार्ट की सिफारिश की है।

रेडियोधर्मिता की इकाई : 1 बेकरल (Becqueral) = 27 पिको क्यूरी (pCi)

विकिरण के स्रोत (Sources of Radiation)

विकिरण के दो स्रोत है–

1. **प्राकृतिक स्रोत** (Natural sources)

(i) कास्मिक किरणें (Cosmic rays)

(ii) पर्यावरणीय स्रोत (Environment sources) : जैसे रेडियम, थोरियम, यूरेनियम आदि के नाभिक व पोटेशियम व कार्बन के समस्थानिक वायु, जल, मृदा व चट्टानों में थोड़ी मात्रा में उपस्थित रहते हैं। वायुमण्डल में रेडियोसक्रिय गैसें जैसे थोरॉन, रेडॉन आदि भी थोड़ी मात्रा में उपस्थित रहती है।

2. **मानवजनित स्रोत** (Man-made sources)

(i) परमाणु भट्टियां (Nuclear reactors)

(ii) परमाणु परीक्षण (Nuclear tests)

(iii) परमाणु युद्ध (Nuclear war)

(iv) नाभिकीय अवपात (Nuclear fallout)

(v) एक्स–किरण मशीनें (X-ray machines)

(vi) रेडियोधर्मी पदार्थों का औद्योगिक उपयोग (Use of radioactive substances in industries)

(vii) रेडियोधर्मी पदार्थों का चिकित्सकीय व शोध कार्यों का प्रयोग (Use of radioactive substances in medical and research activities)

(viii) टेलीविजन, ल्यूमिनस घड़ियां इत्यादि।

(ix) ओजोन परत के क्षरण से पराबैंगनी किरणों (Ultraviolet radiation) का पृथ्वी तक पहुंचना।

उपर्युक्त स्रोतों में नाभिकीय ऊर्जा स्रोत सबसे महत्वपूर्ण है, क्योंकि नाभिकीय ऊर्जा आज विश्व में विकास की धुरी बनती जा रही है।

विकिरण के प्रभाव (Effects of Radiation)

विकिरण के दो प्रकार के प्रभाव है–

(A) **मनुष्य पर प्रभाव** (Effects of Man) : आयनकारी विकिरण का प्रभाव अन्य विषाक्त पदार्थों से ज्यादा घातक होता है। इनका प्रभाव अगली पीढ़ी तक सम्भव है। मनुष्य पर इनके प्रभावों का अध्ययन दो मुख्य रूपों में किया जा सकता है।

1. **कायिक प्रभाव** (Somatic effects) : यह प्रभाव तुरन्त या देर से दृष्टिगत होता है। शरीर के विभिन्न अंगों की संवेदनशीलता अलग–अलग होती है। आंत, लिम्फ नोड, स्प्लीन, अस्थिमज्जा आदि के ऊतक अतिसंवेदनशील होते हैं। विकिरण से मोतियाबिन्द, त्वचा कैंसर (Skin cancer), अतिश्वेतरक्तता (Leukemia), अस्थि कैंसर (Bone cancer), वन्ध्यता (Sterility), उम्रक्षीणता (Reduced life span) आदि हानिकारक प्रभाव होते हैं। ये गैर वंशानुगत रोग अधिक समय बाद स्पष्ट होते हैं। कुछ अन्य रोग जैसे दृष्टिदोष, रक्त विकार, पाचन तंत्र के रोग आदि अपेक्षाकृत जल्द ही स्पष्ट होने लगते हैं। विकिरण की अधिक मात्रा से मृत्यु हो सकती है। 400 से 500 रॉन्जन विकिरण की मात्रा यदि पूर्ण शरीर पर दी जाए तो 100 में से लगभग 50 मनुष्यों की मृत्यु हो सकती है।
2. **आनुवांशिक प्रभाव** (Genetic effects) : प्राकृतिक व मानव जनित दोनों तरह के स्रोतों से निकले विकिरण से आनुवांशिक प्रभाव उत्पन्न हो सकते है। इस प्रकार के प्रभाव जनन कोशिकाओं में उपस्थित डी.एन.ए. में आए परिवर्तन के कारण होते हैं। जब विकिरण डी.एन.ए. को प्रभावित करता है तब उत्पन्न दोष पीढ़ी दर पीढ़ी चलता रहता है। विकिरण का प्रभाव जब गुण सूत्रों पर पड़ता है, तब भी वंशानुगत दोष हो सकते हैं। आनुवांशिक प्रभाव निम्नलिखित है–
   1. लिंग अनुपात में परिवर्तन
   2. गर्भपात की संख्या में वृद्धि
   3. विकृत शिशुओं की संख्या में वृद्धि
   4. गर्भस्थ शिशुओं के कैंसर
   5. शिशु मृत्यु दर में वृद्धि

(B) **पारिस्थितिक तंत्र पर प्रभाव** (Ecosystem level effects) : विकिरण से वनस्पतियों और प्राणियों को भी नुकसान होता है। जिसके फलस्वरूप सम्पूर्ण पारिस्थितिक तंत्र अस्त–व्यस्त हो जाता है। प्रसिद्ध वैज्ञानिक वूडवेल (Woodwell, 1962-1965) द्वारा किये गये एक प्रयोग में कई महत्वपूर्ण तथ्य सामने आये। वूडवेल ने एक गामा उत्सर्जी परितंत्र (Gamma emitter) को एक ओक–पाइन वन में रख कर दो वर्षों तक प्रयोग किया जिसमें वह परितंत्र प्रतिदिन 20 घण्टे के लिये अनावरित (Exposed) किया जाता था। स्रोत से 10 मीटर की दूरी पर विकिरण 1000 रेड्स था। इस प्रयोग से निम्न बातें सामने आयी–

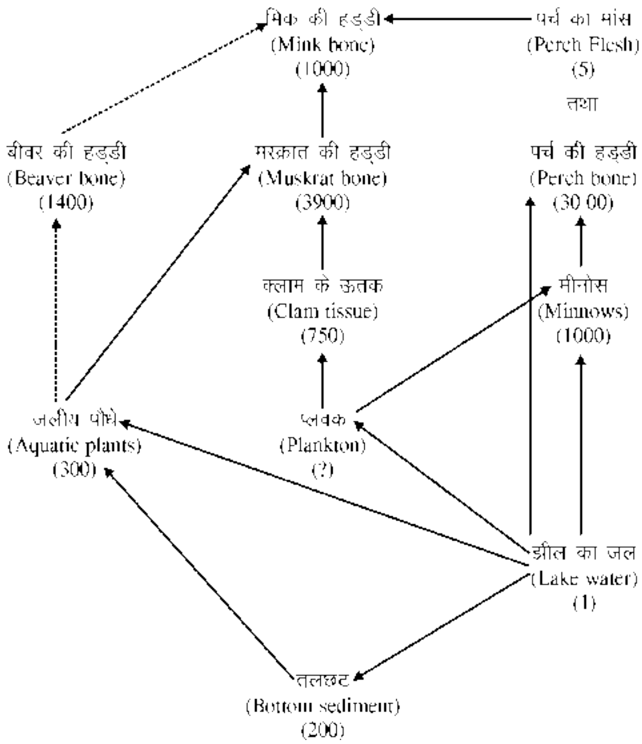
1. स्रोत के आसपास के केन्द्रीय अनुक्षेत्र (Central zone) में कोई भी उच्च पादप जीवित नहीं रहा।
2. दूसरे अनुक्षेत्र से सेज घास (Sedge) को छोड़कर कोई भी उच्च पादप जीवित नहीं रहा।
3. तीसरे अनुक्षेत्र (Shrub zone) में केवल सेज घास (Sedge) व झाड़ियां जीवित बची।
4. इसके बाद वाले प्रतिवलित अनुक्षेत्र (Stressed zone) में सेज घास, झाड़ियां एवं अनेक वृक्ष भी जीवित रहे, लेकिन पाइन वृक्ष यहां भी नहीं रहे।
5. पांचवे अनुक्षेत्र में पूर्ण ओक–पाइन वन (Oak-pine forest) जीवित दिखा, हालांकि कुछ वृक्षों की वृद्धि रूक गयी थी।

इस प्रकार विकिरण द्वारा प्रथम पोषी स्तर (First trophic level) के प्रभावित होने पर खाद्य श्रृंखला अस्त–व्यस्त हो सकती है व परभक्षी शिकार सन्तुलन इत्यादि जैसी परस्पर क्रियाएं बदल सकती है। कुछ पौधों, खासकर शाकीय पौधों में विशेष अनुकूलन देखने को मिलता है। ऐसे पौधों में भूमि सतह पर अनावरित जीव भार बहुत कम होता है। इसलिए वे बीजों या भूमिगत भागों के अंकुरण द्वारा शीघ्रता से सम्भल जाते है। इस परिप्रेक्ष्य में ऐसे पौधों का पारिस्थिकीय महत्व (Ecological significance) अधिक होता है।

विकिरण के प्रभाव से सूक्ष्म जीवों (Microorganisms) में उत्परिवर्तन (Mutation) भी हो जाता है इस प्रकार विकिरण जनित उत्परिवर्तन भी जाता है। इस प्रकार विकिरण जनित उत्परिवर्तन से प्रतिरोधी (Resistant) व रोग जनित स्ट्रेन्स (Strains) की संख्या बढ़ सकती है। तात्पर्य यह है कि विकिरण मानव व अन्य प्राणियों के साथ–साथ पारिस्थितिक तंत्र के हर पोषी स्तर को प्रभावित करता है, जिससे पारिस्थितिकीय (Ecological balance) सन्तुलन बिगड़ सकता है।

नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रों से निकले अपशिष्टों में कई प्रकार के रेडियो नाभिक होते हैं। इनमें से स्ट्रान्सियम–90, आयोडीन–131, आयोडीन–129, सीजियम–137 आदि अत्यधिक हानिकारक होते हैं। स्ट्रान्सियम–90 हड्डियों व अन्य ऊतकों में कैल्शियम का स्थान ग्रहण कर लेता है। खाद्य श्रृंखला में प्रवेश करने के बाद अग्रसरित पोषी स्तरों पर स्ट्रान्सियम–90 की सान्द्रता बढ़ती जाती है। चित्र सं. 1.5 में एक झील, जिसमें रेडियोधर्मी अपशिष्ट डाला जाता है के खाद्य जाल में इस तत्व की विभिन्न पोषी स्तरों पर सान्द्रता प्रदर्शित की गयी है। इसमें झील के जल में स्ट्रान्सियम–90 की सान्द्रता को एक इकाई माना गया है।

अन्य तत्व जैसे आयोडीन–131 चारागाहों के द्वारा दुधारू पशुओं के तत्पश्चात् मानव शरीर में प्रवेश कर जाता है। जहां यह थॉयराइड ग्रंथि को क्षतिग्रस्त कर देता है। विभिन्न स्तरों पर रेडियोधर्मी तत्वों की बढ़ती सान्द्रता न सिर्फ मानव के लिये



चित्र सं. 1.5 : रेडियोधर्मी अपशिष्ट के संक्रमित एक झील के खाद्य जाल में स्ट्रान्सियम–90 की सान्द्रता। झील के जल में इसकी सान्द्रता 1 मानी गयी है।

हानिकारक है, बल्कि पूरे पारिस्थितिक तंत्र का सन्तुलन बिगाड़ देती है, जिसके दूरगामी परिणाम हो सकते हैं।

रेडियोधर्मी या नाभिकीय प्रदूषण नियंत्रण के उपाय (Control Measure of Radioactive or Nuclear Pollution)

रेडियोधर्मी प्रदूषण नियंत्रण हेतु दो स्तरों पर प्रयास करने चाहिये–

(अ) विकिरण से सुरक्षा के उपाय (Safety measure against radiation)

(ब) रेडियोधर्मी अपशिष्ट प्रबन्धन (Radioactive waste management)

(अ) **विकिरण से सुरक्षा के उपाय** (Safety measure against radiation) : कुछ अन्तर्राष्ट्रीय संगठनों ने विकिरण की एक न्यूनतम स्वीकार्य मात्रा (Minimum acceptable dose) की परिकल्पना की थी, परन्तु बाद के कुछ अध्ययनों ने यह स्पष्ट कर दिया कि विकिरण की छोटी से छोटी मात्रा भी हानिकारक हो सकती है। इसीलिए इसे प्रकोप युक्त प्रदूषक (Hazardous pollutant) माना जाता है आज के विकास के युग में परमाणु ऊर्जा एक महत्वपूर्ण आवश्यकता बन गयी इसलिए रेडियोधर्मी प्रदूषण को पूरी तरह रोक पाना संभव नहीं है। फिर भी विकिरण की मात्रा तथा उसके प्रभाव को कम करने के लिये कुछ सार्थक प्रयास किये जा सकते हैं–

1. **विकिरण की मात्रा को कम करना :** मुख्य विकिरण स्रोतों जैसे परमाणु बिजली घरों के चारों तरफ हरी पट्टी (Green belt) का निर्माण किया जाना चाहिए। हरी पट्टी का अर्थ है सघन व चौड़े पत्तों वाले वृक्षों का रोपण। इसमें ऐसी प्रजातियों का रोपण किया जा सकता है जिसमें रेडियोधर्मी धूल कण व अन्य प्रदूषकों को रोकने व आत्मसात करने की क्षमता होती है। हरी पट्टी की पूर्ण सफलता के लिए हरी पट्टी की स्रोत से दूरी, हरी पट्टी की चौड़ाई, उपयुक्त वृक्षों की प्रजातियों का चुनाव आदि महत्वपूर्ण बिन्दुओं को ध्यान में रखा जाना चाहिए।
2. **विकिरण के प्रभाव को कम करना :** आज वैज्ञानिक कुछ ऐसे रसायनों की खोज के लिए प्रयत्नशील है जिनके सेवन से मनुष्य में विकिरण के कारण बहुत कम विकार उत्पन्न होता है। जैसे सल्फर व इसके यौगिकों के उपयोग से मनुष्य के एन्जाइमों पर एक्स किरणों का कुप्रभाव कम पड़ता है। ऐसा माना जाता है कि इन रसायनों के प्रयोग से हमारे शरीर में एमीनोथायाल (Aminothiol), ग्लूटाथियान (Glutathione) आदि की मात्रा बढ़ जाती है जो हाइड्रोक्सिल आयन एवं मुक्त आयनों को अवशोषित कर कोशिका को क्षतिग्रस्त होने से बचाते हैं।

(ब) **रेडियोधर्मी अपशिष्ट प्रबन्धन** (Radioactive waste management) : कुछ अपशिष्टों के उपचार (Treatment) व निपटान (Disposal) की सुविधा हेतु इनकी रेडियोधर्मिता के स्तर के आधार पर चार श्रेणियों में बांटा जा सकता है–

1. बहुत कम स्तर के अपशिष्ट (Very Low Level Waste, VLLW)
2. कम स्तर के अपशिष्ट (Low Level Waste, LLW)
3. मध्य स्तर के अपशिष्ट (Intermediate Level Waste, ILW)
4. उच्च स्तर के अपशिष्ट (High Level Waste, HLW)

रेडियोधर्मी अपशिष्टों का प्रबन्ध निम्नलिखित दो स्तर पर किया जाता है–

(i) रेडियोधर्मी अपशिष्टों का उपचार (Treatment of Radioactive Wastes)

(ii) रेडियोधर्मी अपशिष्टों की निपटान या निष्पादन (Disposal of Radioactive Wastes)

(i) **रेडियोधर्मी अपशिष्टों का उपचार** (Treatment of Radioactive Wastes) : उपचार का मुख्य उद्देश्य रेडियोधर्मी संघटकों को अन्य पदार्थों से अलग करना व किसी सुरक्षित विधि से सुरक्षित स्थान पर स्थिर करना जिससे उनकी रेडियो सक्रियता को पर्यावरण में पहुंचने से रोका जा सके। अपशिष्ट उपचार को तीन भागों में बांटा जा सकता है–

1. **स्थानान्तरण तकनीक** (Transfer technology) : इसके अन्तर्गत रेडियो सक्रिय प्रजाति को अपशिष्टों की मुख्यधारा से अलग किया जाता है। इसके लिए छनन (Filtration), आयन विनिमय (Ion exchange) व प्रतिगामी परासरण (Reverse osmosis) तकनीकों का प्रयोग किया जाता है।
2. **सान्द्रण तकनीक** (Concentration technology) : इस विधि से अपशिष्ट का आयतन कम किया जाता है। इसके लिए वाष्पोत्सर्जन (Evaporation), क्रिस्टलीकरण (Crystallization), अवक्षेपण (Precipitation) व अपकेन्द्रण (Centrifugation) विधियों का प्रयोग किया जाता है।
3. **रूपान्तरण तकनीक** (Transformation technology) : इसके अन्तर्गत अपशिष्ट की भौतिक अवस्था बदल कर उसे सान्द्रित किया जाता है। इसमें दहन (Incineration), कैल्सीनेशन (Calcination) व संघनन (Compaction) विधियों का प्रयोग करते हैं।

(ii) **रेडियोधर्मी अपशिष्टों का निपटान या निष्पादन** (Disposal of radioactive wastes) : सबसे पहले अपशिष्ट को एक स्थिर ठोस के रूप में परिवर्तित किया जाता है। इसके बाद इसे विशेष रूप से बने उपयुक्त गड्ढे में बन्द कर दिया जाता है। निपटान स्थल के चुनाव में तीन मुख्य बातों का ध्यान रखना आवश्यक है–

(अ) निष्पादन स्थल भौतिक रूप से अलग व स्थिर हो।

(ब) जलीय आवागमन से दूर हो।

(स) भू–रासायनिक स्थिति व क्रियाएं उपयुक्त हो।

कम व माध्यम स्तर के अपशिष्टों के निपटान हेतु अपशिष्टों को स्टील के बने ड्रम में भर कर 10–15 मीटर गहरे गड्ढे में दबा दिया जाता है। गड्ढे की सतह विशेष रूप से मजबूत व सुरक्षित बनाई जाती है। अधिक सुरक्षा के लिए ड्रम को गड्ढों में दबाने से पहले कंकरीट के बने कनस्तर में बन्द कर लेते हैं। उच्च स्तर के अपशिष्टों के निपटान में विशेष सावधानी की आवश्यकता होती है। इसके लिए प्राकृतिक तौर पर गहरे व स्थिर भू–भाग (Geological formations) अधिक उपयुक्त होते हैं। ऐसे स्थान जहां भू–जल की कमी हो, आयन विनिमय अधिक हो, पारगम्यता कम हो, भूकम्प क्षेत्र न हो व जैव मण्डल से दूर हो, उपयुक्त होते हैं। अपशिष्ट से भरे ड्रमों को पूर्णतया सुरक्षित करन के लिए उसके चारों तरफ ग्लास, तांबा, लोहा, टिन, बिन्टोनाइट क्ले आदि की बनी कई प्रतिरोधी दीवारें होती है।

1.8 तापीय प्रदूषण (Thermal Pollution)

परिभाषा (Definition)

नाभिकीय एवं तापीय ऊर्जा केन्द्रों की मशीनों को ठण्डा करने के पश्चात् गर्म जल को पुनः जलीय तंत्र में डाल देने के फलस्वरूप जलीय तंत्र के जल का तापमान बढ़ जाता है। इसे तापीय प्रदूषण (Thermal Pollution) कहते हैं।

तापीय प्रदूषण कारक (Causes of Thermal Pollution)

बड़े कल–कारखानों, नाभिकीय व तापीय ऊर्जा संयंत्रों को ठण्डा करने के लिए भारी मात्रा में जल की आवश्यकता होती है। यह प्रक्रिया दो प्रकार से की जाती है।

1. **प्रत्यक्ष रूप से ठण्डा करना** (Direct cooling) : इसके अन्तर्गत जल का जल स्रोतों जैसे नदी, झील, तालाब आदि से पम्प किया जाता है और ठण्डा करने के बाद पुनः नदी, झील, तालाब या समुद्र में डाल दिया जाता है। संघनक से गुजरने के बाद जल का तापमान लगभग 10 डिग्री सेन्टिग्रेड बढ़ जाता है।
2. **परोक्ष रूप से ठण्डा करना** (Indirect cooling) : इसके अन्तर्गत जल को एक बार पम्प करने के बाद ठण्डा करने के लिए कई बार प्रयोग किया जाता है। अंततः यह जल ठण्डा करने वाले खुले टावर से भाप के रूप में धीरे–धीरे वायुमण्डल में विलीन होता रहता है। प्रत्यक्ष रूप से ठण्डा करने के बाद गर्म जल को पुनः नदी, झील या समुद्र में डालना तापीय प्रदूषण का मुख्य कारण है।

तापीय प्रदूषण का प्रभाव (Effects of Thermal Pollution)

तापीय प्रदूषण के प्रभाव निम्नलिखित हैं–

1. घुलित ऑक्सीजन पर प्रभाव (Effects on dissolved oxygen
2. लवणों की सान्द्रता पर प्रभाव (Effects on salt concentration
3. जलीय पौधों पर प्रभाव (Effects on aquatic plants)
4. जलीय प्राणियों पर प्रभाव (Effects on aquatic animals)
5. अपघटन पर प्रभाव (Effects on decomposition)
6. रोगाणुओं की संख्या में वृद्धि (Growth of pathogens)
7. पारिस्थितिक तंत्र पर प्रभाव (Effects on ecosystem)

1. **घुलित ऑक्सीजन पर प्रभाव** (Effects on dissolved oxygen) : तापीय प्रदूषण का प्रत्यक्ष प्रभाव जल में घुलित ऑक्सीजन (DO) की मात्रा पर पड़ता है। गर्म जल में ऑक्सीजन के समाहित होने की क्षमता कम रहती है। (O°C पर लगभग 14.6 ppm व 30°C पर 7.5 ppm से कम)। DO की कमी से जलीय प्राणी खतरे में पड़ जाते हैं। जल ताप बढ़ने से अन्य गैसों की घुलनशीलता भी कम हो जाती है।
2. **लवणों की सान्द्रता पर प्रभाव** (Effects on salt concentrations) : जल ताप बढ़ने के साथ–साथ लवणों की घुलनशीलता तथा रासायनिक क्रियाएं भी बढ़ने लगती हैं। वाष्पीकरण से घुलित लवण अधिक सान्द्र हो जाते हैं।
3. **जलीय पौधों पर प्रभाव** (Effects on aquatic plants)
   (i) **पादप प्लवक एवं शैवालों पर प्रभाव** (Effects on phytoplankton and algae) : पादप प्लवकों व शैवालों में ताप वहन क्षमता अलग–अलग होती है। जैसे हरित शैवाल – 30°C - 35°C; नील हरित शैवाल 35°C O°C डाईऐटम्स 15°C - 28°C। अतः अगर जल ताप में वृद्धि होती है तो हरित व नील हरित शैवालों की जनसंख्या बढ़ जायेगी। उत्तरी कैरोलाइना की जुलियन झील (Lake Julian) में एक ताप संयंत्र से गर्म पानी आने से उसका जल ताप लगभग 50°C बढ़ गया है। फलस्वरूप नील हरित शैवाल *आसिलेटोरिया* (*Oscillatoria*) की जनसंख्या में भारी वृद्धि हो गयी है। ज्यादातर डाईएटम्स प्लावक होते हैं। इस प्रकार जल ताप वृद्धि से पादप प्लवकों व शैवालों का संगठन परिवर्तित हो जाता है।
   (ii) **बड़े जलीय पौधों पर प्रभाव** (Effects on macrophytes) : जल ताप बढ़ने से ताप अनुकूलन क्षमता वाली पादप प्रजातियों में वृद्धि होती है। मैरीलैण्ड में पाटजेन्ट नदी के नद मुख्य (Estuary) का ताप बढ़ने से *रूपिया मारिटिमा* (*Ruppia maritima*) नामक पौधे की जगह *पोटेमोजिटान परफोलिएटस* (*Potamogenton perfoliatus*) नाम पौधे ने ले लिया। इस प्रकार अन्य बहुत से उदाहरण मिलते हैं। जल ताप बढ़ने से कुछ ऐसी पादप प्रजातियां भी बढ़ जाती है जो मानवहित में नहीं होती।
4. **जलीय प्राणियों पर प्रभाव** (Effects on aquatic animals) : क्लार्क व ब्राउनेल के अनुसार जल ताप बढ़ने से प्राणी प्लवकों की संख्या 15 से 100 तक घट सकती है। यह जल के ताप में वृद्धि, मौसम आदि पर निर्भर करता है। इसमें से कुछ प्राणी प्लवक जैसे गामारिड्स (Gammarids) जो छोटी मछलियों के मुख्य भोजन हैं जल ताप के प्रति अतिसंवेदनशील होते हैं। कुछ प्राणी प्लवक तो 26°C पर ही मर जाते हैं।

   जल ताप वृद्धि मछलियों के लिए भी घातक है। इससे मछलियां निम्नलिखित प्रकार से प्रभावित होती है–
   (i) तापीय घात (Thermal shocks) एकाएक ताप बढ़ने से तापीय घात के प्रभाव से मछलियां तुरन्त मर जाती हैं।
   (ii) भोज्य के रूप में जरूरी प्राणियों की मृत्यु हो जाने से भी मछलियों की संख्या कम होने लगती है।
   (iii) ताप वृद्धि से मछलियों में अण्डे देने की क्षमता (Spawning) कम हो जाती है व अण्डों की हैचिंग (Hatching) रूक जाती है।
   (iv) जल ताप वृद्धि के फलस्वरूप घुलित ऑक्सीजन में आयी कमी से भी मछलियां व अन्य प्राणी मरने लगते हैं।
5. **अपघटन पर प्रभाव** (Effects on decomposition) : जल ताप वृद्धि से कार्बनिक पदार्थों के अपघटन (Decomposition) में वृद्धि हो जाती है। फलस्वरूप घुलित ऑक्सीजन DO की मात्रा में और तेजी से कमी होने लगती है।
6. **रोगाणुओं की संख्या में वृद्धि** (Growth of pathogens) : जल ताप बढ़ने से ऐसे रोगाणु जो उच्च ताप अनुकूलन की क्षमता रखते हैं, की संख्या में वृद्धि हो सकती है जीवाणुओं और कवकों की कुछ प्रजातियां तेजी से बढ़ने लगती हैं।
7. **पारिस्थितिक तंत्र पर प्रभाव** (Effects on ecosystem) : जल ताप वृद्धि से उपर्युक्त वर्णित प्रभावों के फलस्वरूप सम्पूर्ण जल पारिस्थितिक तंत्र अस्त–व्यस्त हो जाता है।

तापीय प्रदूषण नियंत्रण
(Control of Thermal Pollution)

हमारा आर्थिक विकास विभिन्न स्रोतों से उत्पन्न ऊर्जा पर निर्भर है अर्थात् विकास के इस युग में तापीय प्रदूषण को पूर्णतः समाप्त करना लगभग असम्भव है। फिर भी उचित प्रयासों द्वारा इसे कम किया जा सकता है। तापीय प्रदूषण नियंत्रण के उपाय निम्नलिखित हैं–

1. कल–कारखानों, नाभिकीय व तापीय ऊर्जा संयंत्रों को ठण्डा करने के बाद गर्म जल को सीधे मुख्य जल स्रोत जैसे नदी, झील या समुद्र में न डाल कर इसे अलग एकत्रित करना चाहिए। ठण्डा होने के बाद ही इसे जल को मुख्य जल स्रोत में डालना चाहिए।

2. संयंत्रों से निकले गर्म जल को सीवेट प्लाटों से निकले पोषक तत्वों से युक्त जल के साथ मिलाकर एक्वाकल्चर (Aquaculture) हेतु उपयोग में लाया जा सकता है। एक्वाकल्चर में उपयोगी जीवों की पर्याप्त वृद्धि हेतु एक निश्चित तापमान व पोषक तत्वों की आपूर्ति आवश्यक है। अर्थात् इस प्रकार तापीय प्रदूषण नियंत्रण के साथ–साथ इस विधि का आर्थिक उपयोग भी है।

1.9 प्रदूषण की रोकथाम में व्यक्ति विशेष का योगदान (Role of an Individuals in Prevention of Pollution)

पर्यावरणी ह्रास तथा विकास दोनों एक दूसरे से जुड़े हुए हैं। नगरीय विकास, औद्योगिकीकरण, नाभिकीय व तापीय ऊर्जा परियोजनाएं, प्राकृतिक संसाधनों का अविवेकपूर्णदोहन आदि जो कि आज के विकास की धुरी है, ने न सिर्फ पर्यावरण को प्रदूषित किया है, बल्कि पारिस्थितिकी सन्तुलन को बिगाड़ दिया है। प्रदूषण को नियंत्रित करने व पारिस्थितिकी सन्तुलन को पुनः स्थापित करने के लिए व्यक्तिगत, सामुदायिक, राष्ट्रीय व अन्तर्राष्ट्रीय स्तरों पर प्रयास आवश्यक है। हमारे तथा आने वाली पीढ़ियों के अच्छे स्वास्थ्य के लिए अपने आस–पास को साफ व प्रदूषण रहित रखना हम में से प्रत्येक का कर्तव्य है। व्यक्तिगत स्तर पर निम्नलिखित प्रयास काफी सार्थक सिद्ध हो सकते हैं :

(अ) **स्वचालित वाहनों का उचित प्रयोग** (Better use of automobiles)

1. कम दूरी तय करने के लिए पैदल चले या साइकिल का प्रयोग करें।
2. कार से अकेले चलने के बजाय भागीदारी करें व साथ चलें।
3. कार की गति धीरे–धीरे बढ़ाये। गति सीमा का पालन करें।
4. कार की देखभाल करें, स्नेहक का समुचित व समय से प्रयोग करें।
5. अपने वाहन के प्रदूषण स्थिति की जांच समय–समय पर कराते रहे।
6. अच्छी दक्षता व कम प्रदूषण करने वाली नये मॉडल की कार का प्रयोग करें।
7. सामुदायिक वाहनों से यात्रा करने में संकोच न करें।
8. अधिक प्रदूषण करने वाले वाहनों की सूचना समर्थ अधिकारी को दें।

(ब) **विद्युत की बचत करें** (Save electricity)

1. घर से व कार्यालय से बाहर जाते समय बल्ब, ट्यूब लाइट आदि का स्विच बन्द करें।
2. घरेलू इस्तेमाल की मशीनों जैसे धुलाई मशीन, वातानुकूलक, हीटर आदि में स्वचालित ताप नियंत्रक का प्रयोग करें। जहां तक हो सके वातानुकूलक की जगह पंखे का प्रयोग अधिक करें।
3. घर व कार्यालय को ठण्डा व गर्म करने के लिए प्राकृतिक तरीके जैसे सौर ऊर्जा तकनीक आदि का उपयोग करें।

(स) **घरेलू क्रियाकलाप पर ध्यान दें**

1. यदि आवश्यक लगे तो खरीददारी हेतु फोन या ई–मेल का प्रयोग करें।
2. ऐसे सामान जिसमें वाष्पशील कार्बनिक यौगिक (Volatile organic compounds, VOC) अधिक हो, न खरीदे। जैसे जल–आधारित (Water-based) पेन्ट खरीदें न कि VOC आधारित।
3. कुछ उत्पाद जैसे पेन्ट्स, सफाई में प्रयोग होने वाले रसायन आदि का प्रयोग घर से बाहर या खिड़कीदार कमरे में ही करें।
4. विलायकों (Solvents) को पूर्ण बन्द डिब्बों में रखे।
5. ऐसे सामान खरीदें जिनका पुनर्चक्रण हो सके। कागज व कपड़े से निर्मित बैग का प्रयोग करें। पुनर्चक्रण होने योग्य पदार्थ जैसे कागज, प्लास्टिक धातुएं आदि को सम्बन्धित पुनर्चक्रण उद्योग को भेजें। कागज के दोनों पृष्ठों का समुचित प्रयोग करें।
6. गैस चूल्हे, हीटर आदि का रखरखाव सही तरीके से करें। गैस चूल्हे से कमरा या नहाने हेतु पानी न गर्म करें।

(द) **पर्यावरण जागरूकता को बढ़ावा** (Promotion of environmental awareness)

1. पर्यावरणीय समस्याओं के बारे में नजदीकी अखबारों को लिखें।
2. नियम निर्धारण करने वाले विशिष्ट व्यक्तियों के चुनाव में सावधानी बरतें। ऐसे व्यक्ति जो पर्यावरण प्रदूषण के नियंत्रण के प्रति जागरूक हो, उनका चुनाव करे। वाशिंगटन स्थित 'संरक्षण मतदाताओं का संगठन' (League of Conservation Voters) प्रत्येक राष्ट्रपति चुनाव के पहले प्रदूषण आदि पर्यावरणीय समस्याओं के बारे में हर प्रत्याशी के विचार को प्रकाशित करता है।
3. ऐसे अधिकारियों व नेताओं से पत्र, टेलीफोन आदि द्वारा सम्पर्क बनाये रखें।
4. ऐसे संगठन जो प्रदूषण आदि के खिलाफ आवाज उठाये, में भागीदारी बढ़ायें।
5. पर्यावरण मुद्दों पर जन सुनवाई में भाग लें।

6. आवश्यक लगे तो जनहित याचिका द्वारा न्यायपालिका की मदद लें। राजस्थान में उच्चतम न्यायालय द्वारा खनन क्रियाओं को 30 अक्टूबर 2002 को बन्द करने का आदेश एक जनहित याचिका का ही परिणाम था।

(य) **पर्यावरण शिक्षा को रोजगार का जरिया बनाये** (Through choice of career)

1. पर्यावरण शिक्षा प्राप्ति के बाद निजी या सरकारी उद्योगों में रोजगार प्राप्त कर प्रदूषण नियंत्रण व पर्यावरण संरक्षण में सहयोग कर सकते हैं।
2. पर्यावरण आधारित राजनीति में भागीदारी करें।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. प्रकृति में होने वाले अवांछित परिवर्तनों को प्रदूषण कहते हैं।
2. प्रदूषक ठोस (ठोस अपशिष्ट धातु), गैसीय (CO, CO_2, NO, NO_2) व द्रवीय (अम्ल, कृषि रसायन आदि) तथा रेडियोधर्मी अपशिष्ट होते हैं।
3. प्रदूषण को प्रदूषित पर्यावरण तथा प्रदूषकों के आधार पर वर्गीकृत करते हैं।
4. वायुमण्डल के पांच स्तर क्रमशः ट्रोपोस्फीयर, स्ट्रेटोस्फीयर, मीजोस्फीयर, आयनोस्फीयर तथा एक्जोस्फीयर हैं।
5. वायु प्रदूषण में स्वचालित वाहनों तथा तापीय शक्ति केन्द्रों व औद्योगिक अपशिष्टों का मुख्य योदान है।
6. हरित गृह प्रभाव से पृथ्वी तल के वायुमण्डल का तापमान बढ़ता है।
7. प्रमुख हरित गृह गैसें हैं – 1. CO_2 2. CH_4 3. जलवाष्प 4. N_2O 5. CFCs
8. स्ट्रेटोस्फीयर में उपस्थित ओजोन सूर्य की किरणों में उपस्थित UV-प्रकाश को पृथ्वी तल पर पहुँचने से रोकती है।
9. सूक्ष्मजीवों द्वारा (पानी में) कार्बनिक पदार्थों के निम्नीकरण के लिए आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा को BOD या Biochemical Oxygen Demand कहते हैं।
10. जैव संकेतक (Bioindicators) वे पौधे हैं जो उपस्थित पर्यावरण को बताते हैं।
11. DDT, 2, 4-D व 2, 4, 5-T पदार्थों का अपघटन नहीं होता है।
12. ध्वनि प्रदूषण की चेतावनी सीमा 85 dB व खतरे की सीमा 90 dB है।
13. रॉन्टन (Roentgen, R) एक्सरे किरणों के विकिरण की इकाई है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. निम्न में से अनिम्नीकरणीय है–
   (अ) CO_2 (ब) DDT
   (स) O_3 (द) SO_2
2. आयनोस्फीयर की ऊँचाई है–
   (अ) 8–18 कि.मी. (ब) 50 कि.मी. तक
   (स) 80–400 कि.मी. (द) 80 कि.मी. तक
3. ओजोन सूर्य के प्रकाश में से पृथ्वी तल पर पहुँचने वाले कौनसी किरणों का अवशोषण करती है?
   (अ) UV-किरणों (ब) X-rays किरणों का
   (स) χ-किरणों का (द) गामा किरणों का
4. अगर BOD का मान अधिक हो तो–
   (अ) प्रदूषण का स्तर अधिक होगा।
   (ब) प्रदूषण का स्तर कम होगा।
   (स) प्रदूषण स्तर अप्रभावि रहेगा।
   (द) प्रदूषण का स्तर घट भी सकता है और बढ़ भी सकता है।

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न

1. वायुमण्डल के पांच स्तरों के नाम लिखिये।
2. वायु प्रदूषकों को उनके भौतिक गुणों के आधार पर कितने प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है, नाम लिखिये।
3. कुल निलंबित कणीय पदार्थों से क्या अर्थ है?
4. द्वितीय वायु प्रदूषकों को परिभाषित कीजिये।

लघुत्तरात्मक प्रश्न

1. हरित गृह प्रभाव क्या है?
2. अम्ल वर्षा क्यों होती है?
3. नाइट्रोजन के ऑक्साइड्स का प्रभाव लिखिये।
4. कृषि अपशिष्ट किस प्रकार जल प्रदूषण करते हैं?
5. जल प्रदूषण के स्रोतों पर टिप्पणी लिखिये।
6. जैव रासायनिक ऑक्सीजन मांग व रासायनिक ऑक्सीजन मांग को समझाइये।
7. जैव संकेतक किन्हें कहते हैं, उदाहरण सहित समझाइये।

निबन्धात्मक प्रश्न

1. वायु प्रदूषण के प्रभावों को समझाइये।
2. कणीय प्रदूषकों के प्रभाव लिखिये।
3. पानी की गुणवत्ता के मानदण्ड क्या–क्या है?
4. जल प्रदूषण के प्रभावों पर लघु निबंध लिखिये।

उत्तरमालाः 1 (ब) 2 (स) 3 (अ) 4 (अ)