7

पर्यावरणीय प्रदूषण
(Environmental Pollution)

भूमिका (Introduction)

आज संपूर्ण विश्व के राष्ट्रों में विकास की अंधी दौड़ ने मनुष्य के स्वास्थ्य को खतरे में डाल दिया है। तीव्र नगरीकरण, औद्योगिक क्रांति, प्राकृतिक संसाधनों के अंधाधुंध दोहन के परिणामस्वरूप पर्यावरण में प्रदूषण का स्तर बढ़ा है।

प्रदूषण को परिभाषित करते हुए कहा जा सकता है कि "पर्यावरण के अजैविक घटकों (वायु, जल और मृदा) के भौतिक, रासायनिक एवं जैविक अभिलक्षणों में होने वाला वह अवांछनीय परिवर्तन जिससे जीवन एवं जीवन आधारित तंत्रों पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता हो, प्रदूषण कहलाता है।"

प्रदूषक (Pollutants)

पारिस्थितिकी तंत्र के प्राकृतिक संतुलन की स्थिति में नकारात्मक प्रभाव उत्पन्न करने वाले पदार्थ (जैविक अथवा अजैविक) या ऊर्जा (ऊष्मा, ध्वनि, रेडियोएक्टिविटी) के किसी भी स्वरूप को प्रदूषक कहा जाता है। प्रदूषकों को विभिन्न आधारों पर विभाजित किया जाता है-

1. उत्पत्ति के स्रोत के आधार पर प्रदूषकों को दो भागों में विभाजित किया जाता है-

   (i) प्राकृतिक प्रदूषक (ii) मानव जनित प्रदूषक

   प्रकृति अपनी साइबरनेटिक्स या होमियोस्टेटिक क्षमता के कारण प्राकृतिक कारणों से उत्पन्न परिवर्तनों को आत्मसात् कर लेती है, परंतु मानव जनित परिवर्तनों के कारण पर्यावरण में होने वाला प्रदूषण अपनी तीव्रता के कारण सामान्यत: अनुत्क्रमणीय (Irreversible) होता है।

2. अवस्था (State) के आधार पर प्रदूषकों को तीन प्रकारों में विभाजित करते हैं-

   (i) ठोस कणिकीय प्रदूषक (Solid Particulate Pollutants)- धूल कण, एरोसॉल, औद्योगिक अपशिष्ट पदार्थ, जैसे- पारा, सीसा, एस्बेस्टस आदि के कण।

   (ii) तरल प्रदूषक (Liquid Pollutants)- अमोनिया, यूरिया, नाइट्रेट युक्त जल आदि। इसके अलावा तेलवाहक जलयानों से सागरों में खनिज तेल का रिसाव एवं उससे उत्पन्न ऑयल-स्लिक्स (Oil Slicks) अर्थात् जल की सतह पर तेल की एक परत का निर्माण।

   (iii) गैसीय प्रदूषक (Gaseous Pollutant)- विभिन्न प्रदूषक गैसें, यथा-SO_2, CO, NO_2, CFCs आदि।

3. स्वरूप (Form) के आधार पर प्रदूषकों को दो भागों में विभाजित किया जाता है-

   (i) प्राथमिक प्रदूषक- ये प्रकृति में अपने मूल स्वरूप में रहकर ही प्रदूषण फैलाते हैं। जैसे- DDT, प्लास्टिक, CO, CO_2 आदि।

   (ii) द्वितीयक प्रदूषक- ये प्राथमिक प्रदूषकों की अंतर्क्रिया से निर्मित होते हैं। जैसे परॉक्सीएसिटिल नाइट्रेट (Peroxy-acetyl Nitrate – PAN) का निर्माण नाइट्रोजन ऑक्साइड एवं हाइड्रोकार्बन की अंतर्क्रिया से होता है। इसके अलावा ओज़ोन, अमोनिया आदि इसी वर्ग में आते हैं।

4. निस्तारण की प्रकृति के आधार पर प्रदूषक दो प्रकार के होते हैं-

   (i) जैव-निम्नीकरणीय (Biodegradable) प्रदूषक- इनमें घरेलू कचरा, मल-मूत्र, सीवेज आदि अपशिष्ट पदार्थ आते हैं जो सूक्ष्म जैविक क्रियाओं (Microbial Action) द्वारा विघटित हो जाते हैं।

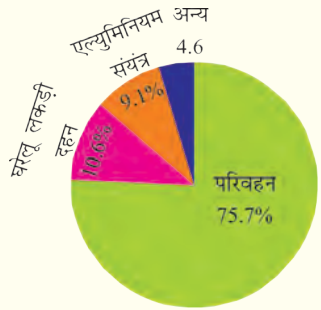
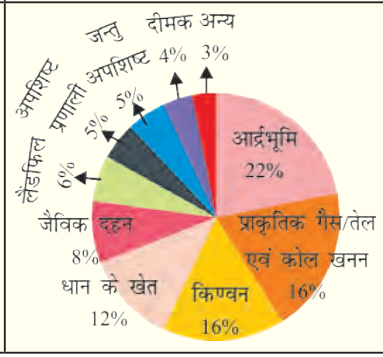
   (ii) जैव-अनिम्नीकरणीय (Non-Biodegradable) प्रदूषक- ये प्रदूषक सूक्ष्म जैविक क्रियाओं द्वारा विघटित नहीं होते हैं। प्लास्टिक, भारी धातुएँ, रेडियोसक्रिय तत्त्व, सीसा DDT आदि पदार्थ इस श्रेणी में आते हैं। ये प्रदूषक लंबे समय तक प्रकृति में बने रहते हैं तथा खाद्य शृंखलाओं में से गुज़रते हुए संचित होते जाते हैं, जिसे जैव आवर्द्धन (Bio-magnification) कहते हैं।

वायु प्रदूषण

वायु विभिन्न गैसों का मिश्रण है जो पृथ्वी के चारों ओर आवरण के रूप में व्याप्त है, इस आवरण को वायुमंडल कहा जाता है। इसमें 78% नाइट्रोजन, 21% ऑक्सीजन, 0.9% ऑर्गन, 0.03% कार्बन डाइऑक्साइड का योगदान है। इसके अलावा नियॉन, क्रिप्टॉन, हीलियम, हाइड्रोजन, ओज़ोन आदि गैसें भी अल्प मात्रा में वायुमंडल में मौजूद हैं। वायु का जीवधारियों के लिये अत्यधिक महत्त्व है।

"वायुमंडल में एक या अधिक प्रदूषकों की मात्रा इतनी अधिक हो जाए जिससे कि वायु की गुणवत्ता में ह्रास हो जाए तथा यह जैव समुदाय के लिये हानिकारक हो, वायु प्रदूषण कहलाता है।"

प्रमुख वायु प्रदूषक (Major Air Pollutant)

प्रदूषक	उत्पादन स्रोत	प्रभाव	नियंत्रण उपाय
1. कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) (रंगहीन, गंधहीन)	जीवाश्म ईंधनों के अपूर्ण दहन से, स्वचालित वाहनों एवं औद्योगिक प्रतिष्ठान, सिगरेट आदि के धुएँ से। (वायुमंडल में उपस्थित वायु प्रदूषकों का 50% भाग) 	इसकी हीमोग्लोबिन से संयोजन क्षमता ऑक्सीजन की अपेक्षा 300 गुणी अधिक होने के कारण इसकी अल्प मात्रा भी मनुष्य में साँस लेने की समस्या पैदा करती है और इस कारण मृत्यु भी हो सकती है। बच्चों में कम वज़न का होना भी इसका एक अन्य प्रभाव है।	सिगरेट (तंबाकू) को प्रतिबंधित किया जाना चाहिये। ऑटोमोबाइल व उद्योग संयंत्रों में फिल्टर लगाकर प्रदूषकों को रोका जाए।
2. कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2)	जीवाश्म ईंधन दहन आदि। 	वैश्विक तापन वृद्धि (ग्रीनहाउस प्रभाव); जलवायु परिवर्तन, (औद्योगिक क्रांति से पूर्व CO_2 का सांद्रण 280 PPM था जो वर्तमान में लगभग 400 PPM हो गया)	वनारोपण, ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत का प्रयोग
3. मीथेन (CH_4)		ग्रीनहाउस प्रभाव में योगदान (मनुष्य पर सीधा प्रभाव नहीं)	मानव जनित उत्पादन पर नियंत्रण (मानव 60% मीथेन उत्पादन में योगदान रखता है।)

सफर

भारत में वायु गुणवत्ता की जाँच करने वाली पहली मोबाइल एप सेवा 'सफर' (System of Air Quality and Weather Forecasting and Research) को इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ ट्रॉपिकल मिट्रिओलॉजी, पुणे द्वारा तैयार किया गया। यह एप्लीकेशन उपयोग करने वाले को रंगकोडित प्रणाली के माध्यम से वर्तमान डेटा और वायु गुणवत्ता बताएगा।

वायु प्रदूषण नियंत्रण के लिये सरकार की पहल

राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता सूचकांक

देश के बड़े शहरी नगरों में रियल टाइम आधार पर वायु गुणवत्ता की निगरानी करने और जरूरी कार्रवाई करने के लिये जन जागरूकता में वृद्धि करने के लिये माननीय प्रधानमंत्री ने 06 अप्रैल, 2015 को राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता सूचकांक का शुभारंभ किया था।

अच्छी, संतोषजनक, सामान्य रूप से प्रदूषित, खराब, बहुत खराब और गंभीर नाम की छह वायु गुणवत्ता सूचकांक श्रेणियाँ हैं। वायु गुणवत्ता सूचकांक में आठ प्रदूषणकारी तत्त्वों (पीएम 10, पीएम 2.5, नाइट्रोजन डाइऑक्साइड, ओज़ोन, अमोनिया, सल्फर डाइऑक्साइड, कार्बन मोनोऑक्साइड तथा लेड) पर विचार किया जाएगा।

वायु गुणवत्ता की वर्तमान माप के तहत वायु गुणवत्ता सूचकांक का आकलन करने के लिये 8 मापदंडों को ध्यान में रखा जाता है। देशभर में कुल 36 सतत् परिवेशी वायु गुणवत्ता निगरानी स्टेशनों को राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता सूचकांक से जोड़ा गया है। वायु गुणवत्ता सूचकांक प्रदर्शन शुरुआती 10 शहरों से बढ़कर देश के 19 शहरों में किया गया है। नागरिकों की और ज़्यादा आसान समझ के लिये प्रत्येक शहर के आँकड़ों को समाविष्ट करके प्रतिदिन सायं 4.00 बजे वायु गुणवत्ता सूचकांक प्रकाशित किया जाता है।

Breakpoints for AQI Scale 0-500 (units: µg/m³ unless mentioned otherwise)

AQI Category (Range)	PM_{10} 24-hr	$PM_{2.5}$ 24-hr	NO_2 24-hr	O_3 8-hr	CO 8-hr (mg/m³)	SO_2 24-hr	NH_3 24-hr	Pb 24-hr
अच्छी (0-50)	0-50	0-30	0-40	0-50	0-1.0	0-40	0-200	0-0.5
संतोषजनक (51-100)	51-100	31-60	41-80	51-100	1.1-2.0	41-80	201-400	0.6-1.0
सामान्य रूप से प्रदूषित (101-200)	101-250	61-90	81-180	101-168	2.1-10	81-380	401-800	1.1-2.0
खराब (201-300)	251-350	91-120	181-280	169-208	10.1-17	381-800	801-1200	2.1-3.0
बहुत खराब (301-400)	351-430	121-250	281-400	209-748*	17.1-34	801-1600	1201-1800	3.1-3.5
गंभीर (401-500)	430+	250+	400+	748+*	34+	1600+	1800+	3.5+

**One hourly monitoring (for mathematical calculation only)*

एक्यूआई के तहत स्वास्थ्य पर पड़ने वाले प्रभाव का वर्गीकरण

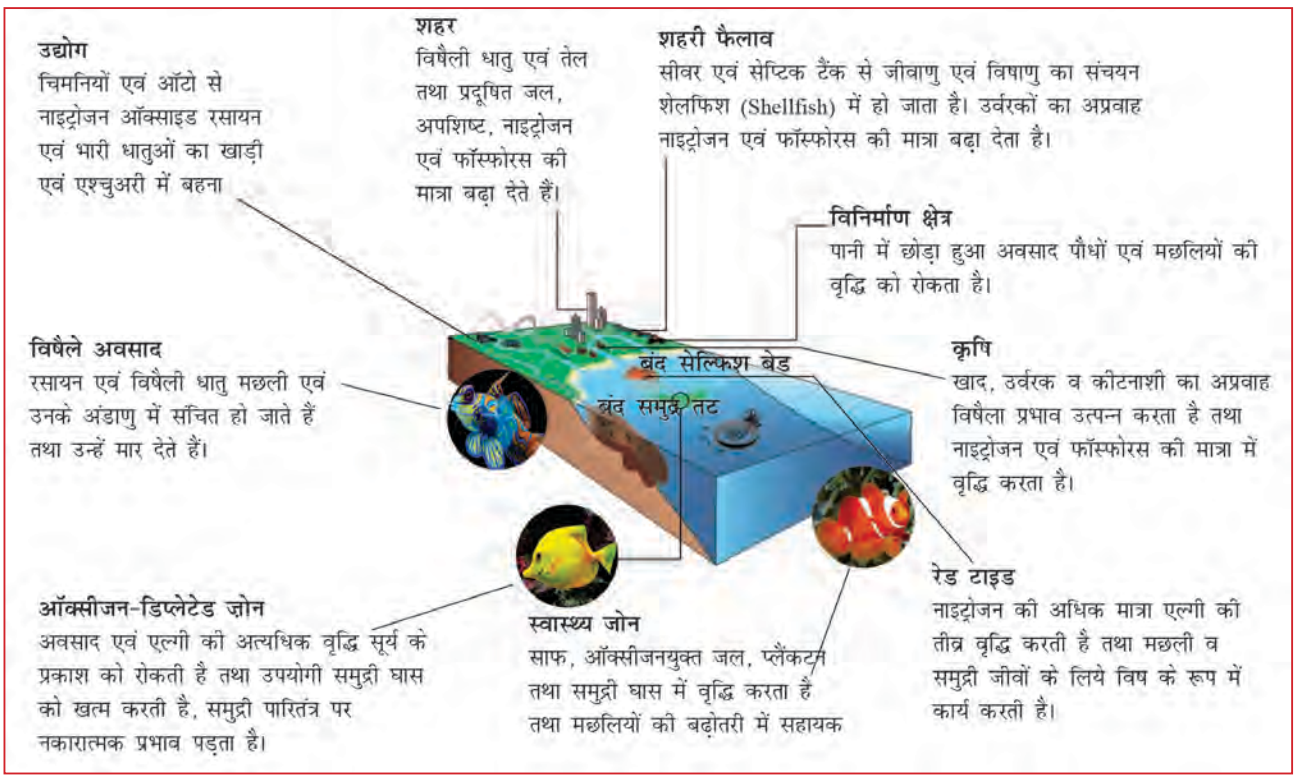
एक्यूआई (AQI)	स्वास्थ्य पर संबंधित प्रभाव
अच्छी (0-50)	निम्न प्रभाव
संतोषजनक (51-100)	संवेदनशील व्यक्तियों को साँस लेने में तकलीफ हो सकती है।
सामान्य रूप से प्रदूषित (101-200)	उन लोगों को साँस लेने में समस्या जो अस्थमा एवं हृदय संबंधी बीमारी से ग्रस्त हैं। इसके अलावा बच्चों व वृद्ध लोगों पर अधिक प्रभाव की संभावना।
खराब (201-300)	दीर्घकालिक प्रदूषण से स्वस्थ व्यक्ति को भी समस्या तथा हृदय रोग वाले व्यक्ति को थोड़ी देर से भी समस्या हो सकती है।
बहुत खराब (301-400)	दीर्घकालिक एक्सपोजर में श्वसन संबंधी समस्या एवं हृदय व फेफड़े की बीमारी वालों के लिये ज़्यादा समस्या उत्पन्न हो सकती है।
गंभीर (401-500)	स्वस्थ मनुष्य में भी श्वसन संबंधी समस्या पैदा हो सकती है एवं जो व्यक्ति हृदय, फेफड़े की बीमारी से ग्रस्त हैं उनके स्वास्थ्य पर भयंकर प्रभाव। छोटी-सी भौतिक गतिविधि का भी स्वास्थ्य पर प्रभाव पड़ेगा।

- वायु प्रदूषण के परिणामस्वरूप अम्ल वर्षा होती है। यह अम्ल वर्षा समुद्र में हो तो समुद्री जीवों की मृत्यु हो जाती है। ग्लोबल वार्मिंग के कारण सागरीय जल का तापमान भी बढ़ रहा है जिससे सागरीय जल की जैव विविधता का ह्रास हो रहा है।

समुद्री प्रदूषण की स्थिति

सागरीय प्रदूषण के प्रभाव *(Effects of Marine Pollution)*

- **विषाक्त अपशिष्टों का सागरीय जीवों पर प्रभाव:** तेल आप्लाव/तेल रिसाव (Oil Spills) सागरीय जीवों के गिल्स (Gills) एवं पंखों पर आवरण बनाकर उनके श्वसन एवं गति में बाधा उत्पन्न करते हैं।
- **प्रवाल के जीवन चक्र पर प्रभाव:** तेल रिसाव के कारण सागरीय जीव प्रवाल (Coral) के छिद्र बंद हो जाने से उसकी मृत्यु हो जाती है। प्रवाल भित्ति जैव विविधता से संपन्न होती है, अत: प्रवाल की मृत्यु से वहाँ की जैव विविधता नष्ट होने लगती है।
- **ऑक्सीजन की मात्रा का घटना:** समुद्री प्रदूषकों के अपघटन में ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। प्रदूषकों के कारण सागरीय जल में ऑक्सीजन का स्तर गिर जाता है। जिसके परिणामस्वरूप, सागरीय जीवों की संख्या में कमी आती है।
- कुछ विशेष औद्योगिक एवं कृषि कार्य में प्रयुक्त होने वाले कीटनाशक एवं उर्वरक सागरीय जल में पहुँचकर सागरीय जीवों के वसा ऊतकों में संगृहीत होकर उनकी जनन क्षमता पर नकारात्मक असर डालते हैं। इससे उनकी संख्या में तीव्रता से कमी आती है।
- ये प्रदूषक सागरीय जीवों के शरीर में जमा होते जाते हैं। इस प्रकार ये खाद्य शृंखला में प्रवेश कर जाते हैं, जिसके कारण इन जीवों के सेवन से मुनष्य के स्वास्थ्य पर भी हानिकारक प्रभाव पड़ता है।



की 'प्रयोग करो और फेंको संस्कृति' (Use and Throw Culture) ठोस अपशिष्ट प्रदूषण के लिये ज़िम्मेदार है।

ठोस अपशिष्ट पदार्थों के प्रकार (Types of Solid Waste Materials)

ठोस अपशिष्ट

खनन अपशिष्ट
(मलबे का ढेर लग जाता है इसे अन्यत्र डम्प करना पड़ता है।)

औद्योगिक अपशिष्ट
- खोई (चीनी मिल से)
- तांबा एवं एल्युमिनियम (उद्योग से)
- रसायन उद्योग से निकला अपशिष्ट
- पेट्रोलियम उद्योग का अपशिष्ट
- कागज उद्योग व अन्य

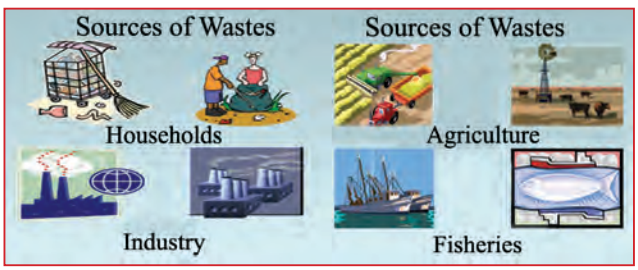
कृषि अपशिष्ट
- कृषि उत्पाद
- भूसा, फसलों की जड़ें, तना
- गोबर, चारा

नगरपालिका अपशिष्ट
- घरेलू कचरा
- प्लास्टिक सामान
- अखबार, कागज
- काँच का सामान
- वाहनों व इलेक्ट्रॉनिक कचरा
- खाद्य पदार्थ

चिकित्सा अपशिष्ट
- रासायनिक व जैविक अपशिष्ट
- शरीर के अंग
- जानवरों के मृत शरीर

फिशरिश अपशिष्ट
- मछली क्षेत्र का कचरा

- विकसित देशों में कृषि जनित अपशिष्ट प्रमुख समस्या है जबकि विकासशील देशों में इन सामग्रियों का अनेक रूपों में उपयोग किये जाने से इनके निस्तारण की समस्या नहीं है।

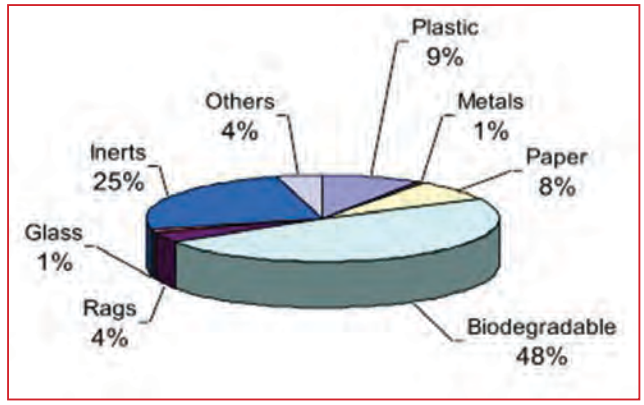


भारत में ठोस अपशिष्ट *(Solid Waste in India)*

भारत के 3,00,000 से अधिक जनसंख्या वाले लगभग 50 बड़े नगर प्रतिदिन 4,00,000 टन से अधिक अपशिष्ट उत्पन्न करते हैं। शहरी क्षेत्र से लगभग 1,88,500 टन प्रति दिन (68.8 मिलियन प्रत्येक वर्ष) उत्पन्न होता है। औसत रूप से 500gm/व्यक्ति प्रतिदिन ठोस अपशिष्ट उत्पन्न होता है। भारतीय शहरों से उत्पन्न कचरों में कार्बन तथा जैविक पदार्थ, कम्पोस्ट बनाने योग्य पदार्थ, राख तथा धूल, पत्थर, कोयला, भूसा, सब्जियाँ, कागज, कपड़े, डिब्बे, पॉलिथीन आदि हैं।

भारत में 1947 में लगभग 6 मिलियन टन ठोस अपशिष्ट होता था जो अब बढ़कर लगभग 68 मिलियन टन हो गया है। अभी 30 प्रतिशत के लगभग ठोस अपशिष्ट को नगरपालिका द्वारा इकट्ठा नहीं किया जाता है। भारतीय शहरों में इसके परिवहन, लैंडफिल व निस्तारण की समस्या मौजूद है। औद्योगिक एवं चिकित्सा क्षेत्र से हानिकारक विषैले उत्पाद उत्पन्न होते हैं। भारत में लगभग 7 मिलियन टन खतरनाक अपशिष्ट प्रत्येक वर्ष उत्पन्न होता है। बहुत से खनिज पदार्थ, रसायन, पेपर, पेस्टिसाइड्स, रिफाइनिंग आदि वातावरण के लिये बहुत हानिकारक होते हैं। इनका मानव व पारितंत्र पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है।

चिकित्सा अपशिष्ट इलाज, डाइग्नोसिस, रिसर्च आदि क्रियाओं के समय उत्पन्न होता है। इसमें बहुत से रसायन व तत्त्वों का प्रयोग किया जाता है। इनका अच्छे से निस्तारण नहीं करने पर ये मानव स्वास्थ्य व पर्यावरण के लिये विकट समस्या पैदा करते हैं।



भारत में ठोस अपशिष्ट

ठोस अपशिष्ट का प्रभाव *(Effects of Solid Waste)*

मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव

ठोस अपशिष्ट का मानव स्वास्थ्य पर बुरा प्रभाव पड़ता है। ठोस अपशिष्ट का प्रभाव मानव पर प्रत्यक्ष व अप्रत्यक्ष दोनों रूप में हो सकता है।

- हवा के साथ रासायनिक ज़हर शरीर में पहुँच जाता है।
- जल में ठोस अपशिष्ट पानी के बहाव को रोकता है जिससे आस-पास के क्षेत्रों में बाढ़ आने का खतरा बढ़ जाता है।
- जन्म के समय बच्चों के वज़न की कमी (Low Birth Weight)
- कैंसर

मृदा प्रदूषण के कारण *(Causes of Soil Pollution)*

मृदा प्रदूषण के कारण हैं- रसायनों का प्रयोग, भूमि उपयोग में व्यापक परिवर्तन, मृदा अपरदन, उर्वरकों का प्रयोग, औद्योगिक व नगरीय प्रदूषित अपशिष्ट, सिंचाई, हानिकारक सूक्ष्म जीव, डम्पिंग आदि।

रसायनों का प्रयोग (Use of Chemicals)

रसायन का प्रयोग

रासायनिक उर्वरक, कीटनाशी कृषि के आवश्यक अंग हैं। रासायनिक उर्वरक फसलों के लिये आवश्यक पोषक तत्त्व प्रदान करते हैं, परन्तु इनके अत्यधिक प्रयोग के कारण मृदा के रासायनिक एवं भौतिक गुणों में भारी परिवर्तन आता है। जैवनाशी रसायन (कीटनाशी, रोगनाशी आदि), बैक्टीरिया सहित सूक्ष्म जीवों को भी नष्ट कर देते हैं। जैवनाशी रसायन विषैले रूप में आहार शृंखला में प्रविष्ट होते हैं। डीडीटी प्रारम्भ में मानव के लिये वरदान के रूप में उभरा परन्तु धीरे-धीरे इसके नकारात्मक प्रभाव सामने आने लगे। इस कारण विश्व के अधिकतर देशों ने इस पर रोक लगा दी परन्तु अभी भी भारत में इसका प्रयोग हो रहा है।

मृदा अपरदन (Soil Erosion)

मृदा अपरदन

मृदा कणों का बाहरी कारकों जैसे वायु, जल या गुरुत्वीय खिंचाव द्वारा पृथक होकर बह जाना, मृदा अपरदन कहलाता है। मृदा अपरदन से कृषि क्षेत्र में कमी, बाढ़ आना, मिट्टी की गुणवत्ता में कमी आदि प्रभाव होते हैं।

लवणीय जल (Saline Water)

लवणीय जल

मृदा में उच्च लवणयुक्त जल के प्रयोग से मृदा प्रदूषण होता है। जल में उपस्थित लवण मृदा की ऊपरी परत पर जम जाता है। अम्लता की अधिक मात्रा का सान्द्रण फसलों के लिये हानिकारक होता है।

नगरीय अपशिष्ट (Urban Waste)

घरेलू एवं व्यावसायिक (वाणिज्यिक) अपशिष्ट को नगरीय अपशिष्ट माना जाता है। इसमें कूड़ा-करकट, धातु, काँच, प्लास्टिक, खाद्य पदार्थ, फाइबर, बोतल आदि अपशिष्ट होता है। वर्षा के पानी से मृदा प्रदूषण में और वृद्धि हो जाती है।

औद्योगिक अपशिष्ट (Industrial Waste)

कारखानों से निकलने वाली क्लोरीन तथा नाइट्रोजन गैस जल में मिलकर मिट्टियों को प्रदूषित करती है तथा उनके रासायनिक संगठन में परिवर्तन कर देती है। कारखानों, चूने के भट्ठों, कोयले की खान, अभ्रक की खान आदि औद्योगिक कारकों से मृदा की गुणवत्ता प्रभावित होती है। तांबा गलाने वाले कारखाने के पास किसी भी प्रकार की वनस्पति नहीं उग सकती है।

औद्योगिक अपशिष्ट

भूमिगत अपशिष्ट (Underground Waste)

भूमिगत वेस्ट

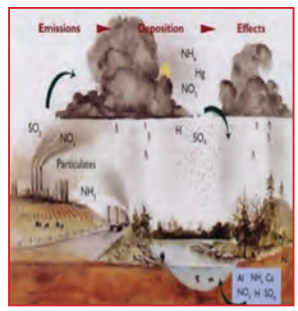
कृषि रसायनों के कारण मृदा की निचली परत प्रदूषित हो जाती है जिसका प्रभाव छोटे जीव, मेंढक, चूहे, मिलीपोड्स पर भी पड़ता है। भूमिगत अपशिष्ट से मृदा की गुणवत्ता लंबे समय तक खराब रहती है।

रेडियोएक्टिव अपशिष्ट (Radioactive Waste)

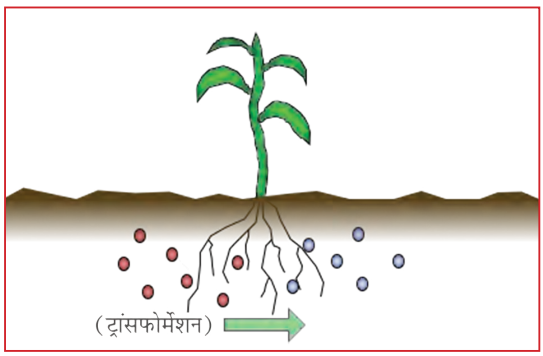
रेडियोएक्टिव पदार्थों का संग्रहण एवं निष्कासन मृदा प्रदूषण का मुख्य कारण बनता है। ये मृदा की ऊपरी सतह पर संगृहीत हो जाते हैं तथा γ (गामा) किरण का उत्सर्जन करते रहते हैं। इस प्रकार की मिट्टी का प्रयोग किसी भी रूप में हानिकारक होता है। रेडियोएक्टिव अपशिष्ट का विस्तार से वर्णन इस अध्याय में किया जा चुका है।

रेडियोएक्टिव अपशिष्ट

अम्ल वर्षा (Acid Rain)



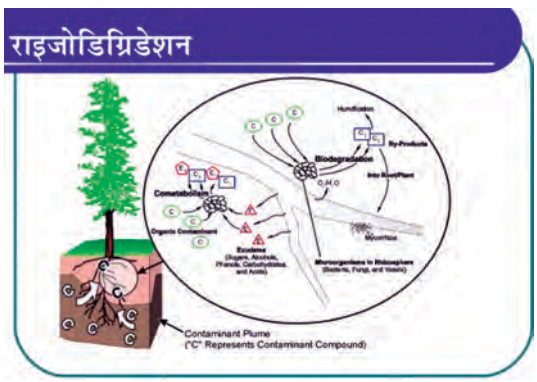
अम्ल वर्षा मुख्यतः वायु प्रदूषण के कारण होती है। अम्ल वर्षा के कारण मिट्टियों में अम्लता की अधिकता हो जाती है तथा pH कम हो जाता है। मिट्टियों में अम्ल की अधिक मात्रा का सान्द्रण फसलों के लिये हानिकारक होता है। नॉर्वे, स्वीडन, कनाडा आदि क्षेत्रों में अम्लता में वृद्धि के कारण वनों को अत्यधिक क्षति हुई है।



फाइटोट्रांसफोर्मेशन

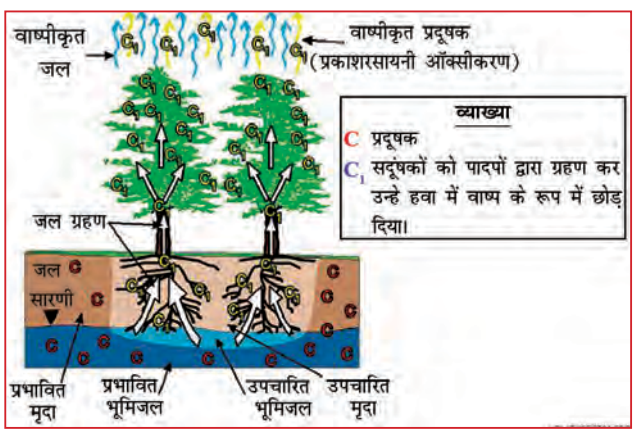
राइज़ोडिग्रिडेशन (Rhizodegradation)

राइजोस्फेयर में संदूषकों का अपघटन राइजोडिग्रिडेशन कहलाता है। यह प्रक्रिया पादपों अथवा सूक्ष्म जीवों (जीवाणु, यीस्ट, कवक) द्वारा प्रोटीन एवं एंजाइम की उपस्थिति में होती है। इसे मुख्यत: हाइड्रोकार्बन के लिये इस्तेमाल किया जाता है।



फाइटोवोलेटिलाइज़ेशन (Phytovolatilization)

पादप मृदा से संदूषकों को ग्रहण कर उन्हें वाष्पशील पदार्थों में बदलकर वातावरण में छोड़ देता है। यह कार्बनिक पदार्थों व ठोस धातुओं के उपचार में बेहतर है। पारा को इसी विधि द्वारा मृदा से निष्कासित किया जाता है।



फाइटोवोलेटिलाइजेशन

राइज़ोफिल्ट्रेशन (Rhizofiltration)

यह जल के जैव उपचार की तकनीक है जिसका प्रयोग प्राकृतिक नमभूमियों एवं ज्वारनदमुखों में संदूषकों की मात्रा कम करने में किया जाता है। इस तकनीक में पौधों की जड़ों द्वारा संदूषकों को ग्रहण कर जल को शुद्ध किया जाता है।

माइकोरिमिडिएशन (Mycoremediation)

कवक (Fungi) का प्रयोग कर किया जाने वाला जैवोपचार माइकोरिमिडिएशन (Mycoremediation) कहलाता है।

ऑयलज़ैपर तकनीक (Oilzapper Technique)

1996 में TERI (डॉ. बनवारी लाल) द्वारा ऐसे बैक्टीरिया का निर्माण किया गया जो कच्चे तेल और तैलीय पंक को अत्यधिक तीव्रता से अवक्रमित करता है। यह बैक्टीरिया संकाय पाँच बैक्टीरिया को मिलाकर विकसित किया गया तथा इसे 'ऑयल ज़ैपर' का नाम दिया गया। इसमें मौजूद बैक्टीरिया तेल में मौजूद हाइड्रोकार्बन यौगिकों को अपना भोजन बनाते हैं तथा उनको हानिरहित CO_2 एवं जल में परिवर्तित कर देते हैं।

- **फर्न (Fern):** आर्सेनिक को अवशोषित करता है।
- **ब्राह्मी (Water Hyssop):** सीसा, मर्करी, कैडमियम एवं क्रोमियम को आर्द्रभूमि एवं दलदल से दूर करता है।
- **विलो (Willow Trees):** कैडमियम, जिंक व कॉपर को अवशोषित करता है।
- **हाइड्रेंजिया (Hydrangeas):** एल्युमिनियम को मृदा से दूर करते हैं।

जैवोपचार के लाभ (Merits of Bioremediation)

- इस तकनीक की मदद से संदूषकों के व्यापक स्वरूपों को पूर्णतया समाप्त किया जा सकता है।
- इसकी मदद से लक्षित प्रदूषकों को समाप्त किया जा सकता है।
- यह तकनीक अपेक्षाकृत कम खर्चीली है।
- यह पर्यावरण हितैषी (Eco-Friendly) तकनीक है।

जैवोपचार की कमियाँ (Demerits of Bioremediation)

- यह तकनीक केवल उन्हीं प्रदूषकों का अपघटन करने में सक्षम है जो जैव निम्नीकरणीय (Biodegradable) हैं।
- यह तकनीक अन्य उपचारों की अपेक्षा अधिक समय लेती है।
- इस तकनीक को व्यापक क्षेत्र में व्यवहार में लाना काफी कठिन कार्य है।