

# Pollution Monitoring and Mitigation Techniques in Ancient India

(प्राचीन भारत में प्रदूषण की निगरानी एवं नियंत्रण तकनीकें)

## 1. प्रस्तावना

प्राचीन भारत में पर्यावरण संरक्षण केवल वैज्ञानिक आवश्यकता नहीं था, बल्कि जीवन शैली, धार्मिक परंपरा और नैतिक मूल्यों का अभिन्न हिस्सा था। वेद, उपनिषद, आयुर्वेद और स्मृतियों में वायु, जल, भूमि और अग्नि की शुद्धता पर विशेष बल दिया गया है। उस समय प्रदूषण की पहचान और नियंत्रण के लिए प्राकृतिक संकेतक, धार्मिक अनुष्ठान और नैतिक सिद्धांतों का प्रयोग किया जाता था।

## 2. पौधों एवं जीवों द्वारा प्रदूषण की पहचान (Plant-based Indicators)

प्राचीन भारतीय समाज में वायु गुणवत्ता को जानने के लिए पौधों, पक्षियों और जानवरों के व्यवहार का निरीक्षण किया जाता था।

- पत्तियों का पीला पड़ना या झड़ना → वायु में अशुद्धता का संकेत
- फूलों का समय से पहले मुरझाना → धूल या धुएँ की अधिकता
- मधुमक्खियों और पक्षियों का क्षेत्र छोड़ना → पर्यावरण असंतुलन
- पशुओं में श्वसन समस्या → वायु प्रदूषण का संकेत

ये सभी जैव-संकेतक (Bio-indicators) आज की वैज्ञानिक अवधारणा से मेल खाते हैं।

## 3. अग्निहोत्र और होम अनुष्ठान द्वारा वायु शुद्धिकरण

अग्निहोत्र और होम प्राचीन भारत की प्रमुख वायु-शुद्धिकरण विधियाँ थीं।

- अग्नि में घी, गोमूत्र, हवन सामग्री और औषधीय लकड़ियाँ डाली जाती थीं।
- उत्पन्न धुआँ वायु में उपस्थित हानिकारक जीवाणुओं को नष्ट करता था।

- इससे वातावरण में सकारात्मक ऊर्जा और ऑक्सीजन संतुलन बना रहता था।

आधुनिक शोधों में भी हवन धुएँ के एंटीमाइक्रोबियल प्रभाव सिद्ध हुए हैं।

---

## 4. अथर्ववेद में धूम्र (Fumigation) की अवधारणा

अथर्ववेद में कई स्थानों पर औषधीय धूम्र (धूपन) का उल्लेख है।

प्रयोग की जाने वाली सामग्री:

- नीम
- गूगल
- लोबान
- तुलसी
- पीपल

इनके धुएँ में जीवाणुनाशक, कीटनाशक और वायु-शोधक गुण होते हैं।

यह विधि आज के फ्यूमिगेशन और डिसइंफेक्शन से मिलती-जुलती है।

---

## 5. प्राचीन भारत में जल प्रदूषण की पहचान

जल की गुणवत्ता को परखने के लिए सरल और प्राकृतिक तरीके अपनाए जाते थे:

- जल का रंग, स्वाद और गंध
- जल में जलीय जीवों की उपस्थिति
- सूर्य प्रकाश में जल की पारदर्शिता

ये सभी प्राकृतिक जल परीक्षण विधियाँ थीं।

---

## 6. जल शुद्धिकरण एवं प्राकृतिक निस्पंदन तकनीकें

प्राचीन भारत में जल शुद्ध करने के लिए निम्न तकनीकें अपनाई जाती थीं:

1. मृदा एवं रेत फिल्टर
2. कोयला और राख द्वारा निस्पंदन

3. उबालना (Boiling)
4. तांबे के पात्र में जल संग्रह
5. बीज (कटहल, सहजन) द्वारा शुद्धिकरण

ये विधियाँ आज की ग्रीन वाटर ट्रीटमेंट तकनीकों जैसी हैं।

---

## 7. भूमि एवं मृदा संरक्षण

- फसल चक्र (Crop rotation)
- जैविक खाद का उपयोग
- रासायनिक अपशिष्टों से बचाव

इससे भूमि प्रदूषण कम होता था और उर्वरता बनी रहती थी।

---

## 8. 'ऋत' (Rita) – नैतिक और प्राकृतिक संतुलन

ऋत का अर्थ है - प्रकृति का नियम और नैतिक व्यवस्था।

- मनुष्य को प्रकृति के अनुरूप जीवन जीना चाहिए
- प्राकृतिक संसाधनों का सीमित और संतुलित उपयोग
- प्रदूषण फैलाना अधर्म माना जाता था

यह अवधारणा आज के सस्टेनेबल डेवलपमेंट से मेल खाती है।

---

## 9. धार्मिक एवं सामाजिक नियंत्रण

- नदियों और वृक्षों को पवित्र मानना
  - अशुद्ध गतिविधियों पर सामाजिक प्रतिबंध
  - सामुदायिक सफाई और स्वच्छता
- 

## 10. आधुनिक दृष्टिकोण से मूल्यांकन

प्राचीन भारत की ये सभी तकनीकें:

- प्राकृतिक थीं
- ऊर्जा दक्ष थीं
- पर्यावरण अनुकूल थीं

आज की ग्रीन केमिस्ट्री और पर्यावरण विज्ञान इन्हीं सिद्धांतों को पुनः अपनाने पर बल देता है।

## 1. ऋत (Cosmic Order)

ऋत का अर्थ है - *ब्रह्मांडीय व्यवस्था, प्राकृतिक नियम और नैतिक संतुलन*

- ऋत के अनुसार प्रकृति के सभी घटक—वायु, जल, पृथ्वी, अग्नि और आकाश—आपस में संतुलित रहते हैं।
- मनुष्य का कर्तव्य है कि वह इस प्राकृतिक संतुलन को न बिगाड़े।
- अनावश्यक दोहन, वनों की कटाई, जल स्रोतों का दूषण आदि को ऋत का उल्लंघन माना जाता था।
- इसलिए ऋत की अवधारणा ने संसाधनों के सीमित उपयोग और संरक्षण को बढ़ावा दिया।

👉 आधुनिक संदर्भ में ऋत की अवधारणा Sustainable Development और Ecological Balance से मेल खाती है।

---

## 2. अहिंसा (Non-violence)

अहिंसा का अर्थ है - *किसी भी जीव या प्रकृति को शारीरिक, मानसिक या पर्यावरणीय हानि न पहुँचाना*

- अहिंसा केवल मनुष्यों तक सीमित नहीं थी, बल्कि पशु, पक्षी, पौधे और संपूर्ण पारिस्थितिकी तंत्र पर लागू थी।
- वृक्षों को काटने से पहले पूजा करना, नदियों को माता मानना और पशुओं के प्रति करुणा रखना - ये सभी अहिंसा के व्यावहारिक रूप थे।
- इससे जैव विविधता संरक्षण और प्रदूषण में कमी सुनिश्चित होती थी।

👉 आज की भाषा में अहिंसा की भावना Environmental Ethics और Biodiversity Conservation को दर्शाती है।

---

### 3. प्रकृति के साथ सामंजस्यपूर्ण जीवन

ऋत और अहिंसा दोनों मिलकर यह सिखाते हैं कि:

- मनुष्य प्रकृति का स्वामी नहीं, बल्कि उसका अभिन्न अंग है।
- प्राकृतिक संसाधनों का उपयोग आवश्यकता के अनुसार होना चाहिए, न कि लालच के अनुसार।
- इससे पर्यावरणीय क्षति न्यूनतम होती है और प्रदूषण पर स्वाभाविक नियंत्रण बना रहता है।

#### Regulatory Aspects of Industrial Pollution Control

(औद्योगिक प्रदूषण नियंत्रण के नियामक पहलू)

##### 1. प्रस्तावना

औद्योगिकीकरण के साथ-साथ वायु, जल और मृदा प्रदूषण की समस्या गंभीर हुई है। औद्योगिक इकाइयों से निकलने वाले गैसीय, तरल और ठोस अपशिष्ट मानव स्वास्थ्य, पर्यावरण और जैव विविधता पर प्रतिकूल प्रभाव डालते हैं। इसलिए औद्योगिक प्रदूषण को नियंत्रित करने हेतु नियामक ढाँचा (Regulatory Framework) विकसित किया गया है।

##### 2. औद्योगिक उत्सर्जन (Industrial Emissions) का अवलोकन

औद्योगिक इकाइयों से मुख्यतः तीन प्रकार के प्रदूषक निकलते हैं:

###### (क) वायु उत्सर्जन

- सल्फर डाइऑक्साइड ( $SO_2$ )
- नाइट्रोजन ऑक्साइड ( $NO_x$ )
- कार्बन मोनोऑक्साइड (CO)
- वाष्पशील कार्बनिक यौगिक (VOCs)
- कणीय पदार्थ (PM)

###### (ख) जल अपशिष्ट

- अम्लीय/क्षारीय अपशिष्ट
- कार्बनिक प्रदूषक (BOD, COD)
- भारी धातुएँ (Hg, Pb, Cr)
- तेल एवं ग्रीस

###### (ग) मृदा प्रदूषण

- ठोस अपशिष्ट
- कीटनाशक अवशेष
- औद्योगिक स्लज

### 3. विभिन्न औद्योगिक क्षेत्रों से उत्पन्न प्रदूषण स्रोत

#### 3.1 कीटनाशक उद्योग (Pesticide Industry)

##### प्रदूषण स्रोत:

- क्लोरीनयुक्त कार्बनिक यौगिक
- विषैले अपशिष्ट जल
- ठोस अवशेष

##### प्रभाव:

- मृदा और जल प्रदूषण
  - खाद्य श्रृंखला में विषाक्तता
- 

#### 3.2 औषधि उद्योग (Pharmaceutical Industry)

##### प्रदूषण स्रोत:

- एंटीबायोटिक अवशेष
- सॉल्वेंट वाष्प
- उच्च COD युक्त अपशिष्ट जल

##### प्रभाव:

- जल निकायों में जैव असंतुलन
  - एंटीबायोटिक प्रतिरोध
- 

#### 3.3 सिंथेटिक फाइबर उद्योग

##### प्रदूषण स्रोत:

- अम्लीय गैसों
- भारी धातुएँ
- माइक्रोप्लास्टिक

##### प्रभाव:

- वायु और जल प्रदूषण
  - मृदा की गुणवत्ता में गिरावट
- 

#### 3.4 तेल रिफाइनरी (Oil Refineries)

##### प्रदूषण स्रोत:

- हाइड्रोकार्बन वाष्प
- तेलीय अपशिष्ट जल
- सल्फर युक्त गैसों

##### प्रभाव:

- वायु प्रदूषण

- समुद्री और भूजल दूषण
- 

### 3.5 चीनी उद्योग (Sugar Industry)

#### प्रदूषण स्रोत:

- उच्च BOD/COD युक्त अपशिष्ट जल
- बाँयलर से धुआँ

#### प्रभाव:

- जल में ऑक्सीजन की कमी
  - जलीय जीवन पर प्रभाव
- 

### 3.6 डिस्टिलरी उद्योग (Distillery Units)

#### प्रदूषण स्रोत:

- स्पेंट वॉश (Spent Wash)
- तीव्र गंध

#### प्रभाव:

- अत्यधिक जल प्रदूषण
  - मृदा की उर्वरता में कमी
- 

### 4. प्रदूषण प्रभाव आकलन (Impact Assessment)

प्रदूषण के प्रभावों का आकलन निम्न स्तरों पर किया जाता है:

- मानव स्वास्थ्य
- जलीय एवं स्थलीय पारिस्थितिकी
- कृषि उत्पादन
- जल और मृदा गुणवत्ता

पर्यावरण प्रभाव आकलन (EIA) को औद्योगिक परियोजनाओं के लिए अनिवार्य किया गया है।

---

### 5. नियामक उपाय (Regulatory Measures)

- उत्सर्जन मानक (Emission Standards)
- अपशिष्ट जल मानक
- पर्यावरणीय स्वीकृति (Environmental Clearance)
- सतत निगरानी एवं रिपोर्टिंग

भारत में प्रमुख नियामक संस्थाएँ:

- केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB)
  - राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (SPCB)
  - पर्यावरण संरक्षण अधिनियम, 1986
-

## 6. निष्कर्ष

औद्योगिक प्रदूषण एक गंभीर पर्यावरणीय चुनौती है। विभिन्न औद्योगिक क्षेत्रों से निकलने वाले प्रदूषक वायु, जल और मृदा को दूषित करते हैं। प्रभावी नियामक ढाँचा, प्रदूषण नियंत्रण तकनीकें और पर्यावरणीय मूल्यांकन के माध्यम से ही औद्योगिक प्रदूषण को नियंत्रित किया जा सकता है। सतत विकास के लिए उद्योगों को पर्यावरण-अनुकूल प्रौद्योगिकियों को अपनाना आवश्यक है।

Environmental Legislation in India

Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974

(जल (प्रदूषण निवारण एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1974)

---

### 1. प्रस्तावना

भारत में पर्यावरण संरक्षण हेतु कई विधायी प्रावधान बनाए गए हैं। इनमें जल (प्रदूषण निवारण एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1974 एक महत्वपूर्ण कानून है, जिसका उद्देश्य देश के जल स्रोतों को प्रदूषण से बचाना और उनकी गुणवत्ता बनाए रखना है। यह भारत का पहला प्रमुख पर्यावरणीय कानून माना जाता है।

---

### 2. अधिनियम के उद्देश्य (Objectives)

इस अधिनियम के प्रमुख उद्देश्य निम्नलिखित हैं:

- नदियों, झीलों, तालाबों, भूजल एवं अन्य जल स्रोतों को प्रदूषण से बचाना
  - जल प्रदूषण की रोकथाम और नियंत्रण करना
  - जल की गुणवत्ता को बनाए रखना और सुधारना
  - केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB) एवं राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (SPCB) की स्थापना
  - उद्योगों द्वारा जल में छोड़े जाने वाले अपशिष्टों को नियंत्रित करना
- 

### 3. अधिनियम की प्रमुख धाराएँ (Key Provisions)

#### (i) प्रदूषण नियंत्रण बोर्डों की स्थापना

- CPCB – राष्ट्रीय स्तर पर नीतियाँ बनाना और समन्वय करना
- SPCB – राज्य स्तर पर कानून लागू करना

#### (ii) उद्योगों पर नियंत्रण

- बिना अनुमति के कोई भी उद्योग जल में अपशिष्ट नहीं छोड़ सकता
- उद्योगों को Consent to Establish (CTE) और Consent to Operate (CTO) लेना अनिवार्य

#### (iii) जल गुणवत्ता मानक

- जल में छोड़े जाने वाले अपशिष्ट के लिए BOD, COD, pH, TSS जैसी सीमाएँ निर्धारित

#### (iv) निरीक्षण एवं नमूना संग्रह

- प्रदूषण नियंत्रण अधिकारी उद्योगों का निरीक्षण कर सकते हैं
- जल के नमूने लेकर विश्लेषण किया जा सकता है

#### (v) दंड एवं दायित्व

- नियमों का उल्लंघन करने पर जुर्माना और कारावास का प्रावधान
- गंभीर मामलों में उद्योग बंद करने का अधिकार

---

#### 4. औद्योगिक प्रभाव (Industrial Implications)

1. उद्योगों को Effluent Treatment Plant (ETP) लगाना अनिवार्य
2. अपशिष्ट जल का पुनः उपयोग (Recycle & Reuse)
3. स्वच्छ और हरित प्रौद्योगिकी को अपनाने की बाध्यता
4. अनुपालन न करने पर उत्पादन रोकने या बंद करने का खतरा

---

#### 5. प्रवर्तन (Enforcement Mechanism)

- CPCB और SPCB द्वारा निगरानी
- नियमित निरीक्षण और रिपोर्टिंग
- उद्योगों से पर्यावरणीय विवरण की मांग
- न्यायालयों द्वारा कानूनी कार्रवाई

---

#### 6. जल प्रदूषण नियंत्रण में प्रभावशीलता (Effectiveness)

##### सकारात्मक प्रभाव:

- औद्योगिक जल प्रदूषण पर नियंत्रण
- जल गुणवत्ता मानकों की स्थापना
- ETP और CETP का व्यापक उपयोग
- पर्यावरण के प्रति औद्योगिक जागरूकता में वृद्धि

##### सीमाएँ:

- कमजोर प्रवर्तन और सीमित संसाधन
- छोटे उद्योगों में अनुपालन की कमी
- कुछ क्षेत्रों में निरंतर जल प्रदूषण

## Air (Prevention and Control of Pollution) Act, 1981

### (वायु (प्रदूषण निवारण एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1981)

---

#### 1. प्रस्तावना

तेजी से बढ़ते औद्योगिकीकरण, शहरीकरण और ऊर्जा उपयोग के कारण भारत में वायु प्रदूषण एक गंभीर समस्या बन गया। इसे नियंत्रित करने के लिए भारत सरकार ने वायु (प्रदूषण निवारण एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1981 लागू किया। यह अधिनियम उद्योगों, बिजली संयंत्रों और अन्य स्रोतों से निकलने वाले वायु प्रदूषकों को नियंत्रित करने के लिए कानूनी ढाँचा प्रदान करता है।

## 2. विधायी ढाँचा (Legislative Framework)

- यह अधिनियम संविधान के अनुच्छेद 48-A और 51-A(g) पर आधारित है।
- केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB) और राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (SPCB) को वायु प्रदूषण नियंत्रण की जिम्मेदारी दी गई।
- राज्य सरकारों को Air Pollution Control Areas\*\* घोषित करने का अधिकार दिया गया।
- उद्योगों को प्रदूषण फैलाने से पहले अनुमति (Consent) लेना अनिवार्य किया गया।

## 3. औद्योगिक स्रोतों से वायु प्रदूषण का नियंत्रण

### प्रमुख औद्योगिक प्रदूषण स्रोत

- ताप विद्युत संयंत्र
- रासायनिक और पेट्रोकेमिकल उद्योग
- सीमेंट, इस्पात और रिफाइनरी उद्योग
- उर्वरक एवं दवा उद्योग

### नियंत्रित प्रदूषक

- सल्फर डाइऑक्साइड ( $SO_2$ )
- नाइट्रोजन ऑक्साइड ( $NO_x$ )
- कणीय पदार्थ ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ )
- कार्बन मोनोऑक्साइड (CO)
- वाष्पशील कार्बनिक यौगिक (VOCs)

## 4. उत्सर्जन मानक (Emission Standards)

1. उद्योगों के लिए अधिकतम अनुमेय उत्सर्जन सीमाएँ निर्धारित
  2. विभिन्न उद्योगों के लिए अलग-अलग मानक
  3. चिमनियों की ऊँचाई और डिज़ाइन पर नियंत्रण
  4. प्रदूषण नियंत्रण उपकरणों का अनिवार्य उपयोग
    - Electrostatic precipitator
    - Scrubbers
    - Bag filters
- 

## 5. अनुपालन तंत्र (Compliance Mechanisms)

### (i) अनुमति प्रणाली

- Consent to Establish (CTE)
- Consent to Operate (CTO)

### (ii) निरीक्षण और निगरानी

- प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड द्वारा औद्योगिक निरीक्षण
- उत्सर्जन की नियमित निगरानी
- नमूना संग्रह और विश्लेषण

### (iii) दंड प्रावधान

- जुर्माना और कारावास
  - गंभीर मामलों में उद्योग बंद करने का आदेश
  - विद्युत और जल आपूर्ति काटने का अधिकार
- 

## 6. अधिनियम की प्रभावशीलता

### सकारात्मक प्रभाव

- औद्योगिक वायु प्रदूषण में कमी
- उत्सर्जन मानकों की स्थापना
- प्रदूषण नियंत्रण तकनीकों को बढ़ावा
- पर्यावरण के प्रति औद्योगिक जागरूकता

## सीमाएँ

- कमजोर प्रवर्तन
- छोटे उद्योगों में अनुपालन की कमी
- शहरी और औद्योगिक क्षेत्रों में अभी भी उच्च प्रदूषण

# Water Quality Management in India

## (भारत में जल गुणवत्ता प्रबंधन)

### 1. प्रस्तावना

भारत में औद्योगिक गतिविधियों के कारण जल प्रदूषण एक गंभीर समस्या बन गई है। उद्योगों से निकलने वाला अपशिष्ट जल नदियों, झीलों और भूजल को प्रदूषित करता है। इस समस्या को नियंत्रित करने के लिए भारत सरकार और भारतीय मानक ब्यूरो (BIS) ने जल गुणवत्ता मानक और दिशा-निर्देश निर्धारित किए हैं, जिनका पालन उद्योगों के लिए अनिवार्य है।

### 2. औद्योगिक अपशिष्ट जल के लिए जल गुणवत्ता प्रबंधन के दिशा-निर्देश

औद्योगिक इकाइयों को निम्न बातों का पालन करना आवश्यक है:

- अपशिष्ट जल को उपचार (ETP/CETP) के बाद ही छोड़ना
- जल निकायों में सीधे अपशिष्ट न छोड़ना
- निर्धारित भौतिक, रासायनिक और जैविक मानकों का पालन
- अपशिष्ट जल का पुनः उपयोग और पुनर्चक्रण

### 3. औद्योगिक अपशिष्ट जल के लिए भारतीय मानक (Indian Standards)

### 3.1 IS: 2490 – औद्योगिक अपशिष्टों के लिए सहनशील सीमा

IS: 2490 औद्योगिक अपशिष्ट जल के लिए सामान्य सहनशील सीमाएँ निर्धारित करता है।

मुख्य पैरामीटर:

- pH : 5.5 – 9.0
- BOD : सीमित मान
- COD : सीमित मान
- निलंबित ठोस (TSS)
- तेल एवं ग्रीस
- भारी धातुएँ (Pb, Hg, Cr)

👉 यह मानक सभी प्रकार के उद्योगों पर लागू होता है।

---

### 3.2 IS: 2296 – सतही जल गुणवत्ता मानक

यह मानक नदियों और जलाशयों की गुणवत्ता को वर्गीकृत करता है।

जल उपयोग के अनुसार वर्गीकरण:

- पेयजल स्रोत
- सिंचाई
- औद्योगिक उपयोग
- जलीय जीवन संरक्षण

मुख्य पैरामीटर:

- घुलित ऑक्सीजन (DO)
  - BOD
  - pH
  - कुल घुलित ठोस (TDS)
- 

### 3.3 IS: 3307 – औद्योगिक जल आपूर्ति हेतु गुणवत्ता

यह मानक उद्योगों में उपयोग होने वाले जल की गुणवत्ता से संबंधित है।

मुख्य उद्देश्य:

- बाँयलर, कूलिंग और प्रोसेस जल की गुणवत्ता बनाए रखना
  - स्केलिंग और जंग से बचाव
- 

### 3.4 IS: 33660

यह मानक जल गुणवत्ता प्रबंधन और निगरानी से संबंधित नवीन दिशा-निर्देश प्रदान करता है।

- औद्योगिक जल अपशिष्ट की निगरानी
  - गुणवत्ता नियंत्रण
  - सुरक्षित निस्तारण प्रणाली
- 

## 4. MINAS – Minimal National Standards

MINAS भारत सरकार द्वारा निर्धारित उद्योग-विशिष्ट न्यूनतम राष्ट्रीय मानक हैं।

MINAS के उद्देश्य:

- उद्योग-विशिष्ट प्रदूषण नियंत्रण
  - जल प्रदूषण में न्यूनतम स्तर तक कमी
  - समान मानकों का राष्ट्रीय स्तर पर अनुपालन
- 

## 5. प्रमुख उद्योगों के लिए MINAS

### 5.1 चीनी उद्योग

- उच्च BOD और COD युक्त अपशिष्ट
  - अनिवार्य जैविक उपचार
  - जल पुनः उपयोग
- 

### 5.2 डिस्टिलरी उद्योग

- स्पेंट वॉश अत्यधिक प्रदूषक
- Zero Liquid Discharge (ZLD)

- बायोमिथेनेशन और कम्पोस्टिंग
- 

### 5.3 तेल रिफाइनरी

- तेल एवं ग्रीस
  - फिनाँल, सल्फाइड
  - उन्नत भौतिक-रासायनिक उपचार
- 

### 5.4 सिंथेटिक फाइबर उद्योग

- अम्लीय अपशिष्ट
  - भारी धातुएँ
  - न्यूट्रलाइजेशन और फिल्ट्रेशन
- 

### 5.5 कीटनाशक उद्योग

- विषैले कार्बनिक यौगिक
  - बहु-स्तरीय उपचार प्रणाली
  - सख्त निगरानी
- 

### 5.6 क्लोरो-एल्कली उद्योग (पारा उत्सर्जन)

- पारा (Mercury) का अत्यधिक नियंत्रण
  - मेम्ब्रेन सेल तकनीक को बढ़ावा
  - शून्य पारा निर्वहन का लक्ष्य
- 

## 6. जल गुणवत्ता प्रबंधन का महत्व

- मानव स्वास्थ्य की सुरक्षा
- जलीय जीवन का संरक्षण
- सतत औद्योगिक विकास
- जल संसाधनों का दीर्घकालिक संरक्षण

# Analytical and Regulatory Compliance

## (विश्लेषणात्मक एवं नियामक अनुपालन)

### 1. प्रस्तावना

पर्यावरण प्रदूषकों (Environmental Pollutants) की सही पहचान, मात्रात्मक निर्धारण और नियंत्रण के लिए सटीक विश्लेषणात्मक विधियाँ तथा कानूनी मानकों का पालन अत्यंत आवश्यक है। इसके लिए उद्योगों और प्रयोगशालाओं में Good Analytical Practices (GAP) को अपनाया जाता है तथा राष्ट्रीय पर्यावरणीय नियमों के अनुसार कार्य किया जाता है।

### 2. Good Analytical Practices (GAP)

(सटीक पर्यावरणीय विश्लेषण हेतु अच्छी विश्लेषणात्मक प्रथाएँ)

GAP ऐसी मानकीकृत प्रक्रियाएँ हैं जो पर्यावरण प्रदूषकों के विश्लेषण में सटीकता, विश्वसनीयता और पुनरुत्पादकता सुनिश्चित करती हैं।

#### 2.1 GAP के प्रमुख घटक

##### (i) सैंपलिंग (Sampling)

- प्रतिनिधि नमूने का चयन
- मानक विधियों (IS/USEPA) का पालन
- क्रॉस-कंटैमिनेशन से बचाव

##### (ii) सैंपल संरक्षण और भंडारण

- उचित तापमान पर भंडारण
- रासायनिक संरक्षक का उपयोग
- विश्लेषण से पहले समय सीमा का पालन

##### (iii) यंत्रों का अंशांकन (Calibration)

- नियमित अंशांकन
  - प्रमाणित मानक घोलों का उपयोग
  - रिकॉर्ड का संधारण
- 

#### (iv) विधि मान्यकरण (Method Validation)

- Accuracy, Precision, Sensitivity
  - Detection limit (LOD)
  - Quantitation limit (LOQ)
- 

#### (v) गुणवत्ता नियंत्रण (Quality Control)

- ब्लैंक, डुप्लीकेट और स्पाइक सैंपल
  - इंटर-लैब तुलना
  - QA/QC चार्ट्स
- 

## 2.2 GAP का महत्व

- प्रदूषण स्तर का सही मूल्यांकन
  - गलत रिपोर्टिंग से बचाव
  - कानूनी विवादों में विश्वसनीय डेटा
  - पर्यावरण संरक्षण में सहायता
- 

## 3. Regulatory Requirements Management

### (नियामक आवश्यकताओं के प्रबंधन की रणनीतियाँ)

भारत में पर्यावरणीय अनुपालन हेतु विभिन्न राष्ट्रीय अधिनियमों और मानकों का पालन आवश्यक है।

---

### 3.1 प्रमुख नियामक ढाँचा

- पर्यावरण संरक्षण अधिनियम, 1986
- जल (प्रदूषण निवारण एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1974
- वायु (प्रदूषण निवारण एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1981

- CPCB / SPCB दिशा-निर्देश
  - IS Standards और MINAS
- 

### 3.2 नियामक अनुपालन सुनिश्चित करने की रणनीतियाँ

#### (i) पर्यावरण प्रबंधन प्रणाली (EMS)

- ISO 14001 का कार्यान्वयन
  - पर्यावरणीय लक्ष्य और नीतियाँ
  - निरंतर सुधार (Continuous Improvement)
- 

#### (ii) नियमित निगरानी और ऑडिट

- आंतरिक पर्यावरण ऑडिट
  - तृतीय-पक्ष निरीक्षण
  - समय-समय पर रिपोर्टिंग
- 

#### (iii) प्रशिक्षित मानव संसाधन

- विश्लेषक और पर्यावरण अधिकारी
  - GAP और नियमों का प्रशिक्षण
  - अद्यतन तकनीकी ज्ञान
- 

#### (iv) दस्तावेजीकरण और रिकॉर्ड कीपिंग

- विश्लेषण रिपोर्ट
  - अनुपालन प्रमाण
  - निरीक्षण और सुधारात्मक कार्रवाई रिपोर्ट
- 

#### (v) तकनीकी उन्नयन

- उन्नत विश्लेषणात्मक तकनीकें (GC-MS, LC-MS, ICP-AES)
- स्वचालित निगरानी प्रणाली
- प्रदूषण नियंत्रण उपकरणों का आधुनिकीकरण

---

## 4. Analytical Compliance और Regulatory Compliance का आपसी संबंध

- सटीक विश्लेषण → सही निर्णय
- विश्वसनीय डेटा → नियामक विश्वास
- नियमों का पालन → दंड से बचाव
- पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य की सुरक्षा

## Pollution and Its Measurement Techniques

### (प्रदूषण एवं उसके मापन की तकनीकें)

---

#### 1. प्रस्तावना

औद्योगीकरण के बढ़ते स्तर के साथ पर्यावरण प्रदूषण एक गंभीर वैश्विक समस्या बन गया है। विभिन्न उद्योगों से निकलने वाले गैसीय, तरल और ठोस अपशिष्ट वायु, जल और मृदा को प्रदूषित करते हैं। प्रदूषण की प्रकृति, स्रोत और उसका सटीक मापन पर्यावरण संरक्षण और नियामक अनुपालन के लिए अत्यंत आवश्यक है।

---

#### 2. औद्योगिक प्रदूषण की प्रकृति और स्रोत

(Nature and Sources of Industrial Pollution)

औद्योगिक प्रदूषण मुख्यतः उत्पादन, प्रसंस्करण, दहन और अपशिष्ट निपटान प्रक्रियाओं से उत्पन्न होता है।

---

##### 2.1 औद्योगिक प्रदूषण के प्रमुख स्रोत

| उद्योग                                       | प्रदूषक             |
|----------------------------------------------|---------------------|
| रासायनिक उद्योग अम्ल, क्षार, VOCs, भारी धातु |                     |
| औषधि उद्योग                                  | सॉल्वेंट, API अवशेष |

| उद्योग        | प्रदूषक                                           |
|---------------|---------------------------------------------------|
| तेल रिफाइनरी  | SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , हाइड्रोकार्बन |
| उर्वरक उद्योग | अमोनिया, नाइट्रेट                                 |
| वस्त्र उद्योग | रंग, COD, BOD                                     |
| सीमेंट उद्योग | धूल, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>         |

### 3. औद्योगिक गैसीय अपशिष्ट (Gaseous Industrial Effluents)

#### 3.1 प्रमुख गैसीय प्रदूषक

- सल्फर डाइऑक्साइड (SO<sub>2</sub>)
- नाइट्रोजन ऑक्साइड (NO<sub>x</sub>)
- कार्बन मोनोऑक्साइड (CO)
- वाष्पशील कार्बनिक यौगिक (VOCs)
- पार्टिकुलेट मैटर (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

#### 3.2 स्रोत

- बॉयलर और भट्टियाँ
- पेट्रोकेमिकल प्रोसेस
- पावर प्लांट
- डीज़ल जेनरेटर

### 4. औद्योगिक तरल अपशिष्ट (Liquid Industrial Effluents)

#### 4.1 विशेषताएँ

- उच्च BOD और COD
- अम्लीय या क्षारीय प्रकृति
- विषैले कार्बनिक और अकार्बनिक पदार्थ

#### 4.2 प्रमुख स्रोत

- रसायन और फार्मा उद्योग
- शुगर और डिस्टिलरी
- पेपर और पल्प उद्योग

## 5. प्रदूषकों का वर्गीकरण

(Classification of Pollutants)

### 5.1 कार्बनिक प्रदूषक (Organic Pollutants)

- फिनॉल
- कीटनाशक
- डाई और सॉल्वेंट
- तेल और ग्रीस

प्रभाव: विषाक्तता, जैव संचयन (Bioaccumulation)

### 5.2 अकार्बनिक प्रदूषक (Inorganic Pollutants)

- अम्ल ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$ )
- क्षार ( $NaOH$ ,  $NH_3$ )
- नाइट्रेट, सल्फेट, क्लोराइड

### 5.3 धात्विक प्रदूषक (Metallic Pollutants)

- सीसा (Pb)
- पारा (Hg)
- कैडमियम (Cd)
- क्रोमियम (Cr)

प्रभाव: न्यूरोटॉक्सिसिटी, कैंसर

### 5.4 पार्टिकुलेट प्रदूषक (Particulate Pollutants)

- धूल
- राख
- स्मोक
- फ्यूम्स

मापन: PM<sub>10</sub> और PM<sub>2.5</sub>

## 5.5 वाष्पशील घटक (Volatile Components)

- बेंजीन
- टोल्यून
- ज़ाइलीन

प्रभाव: श्वसन रोग, कैंसर जोखिम

## 6. प्रदूषण मापन तकनीकें

(Pollution Measurement Techniques)

### 6.1 वायु प्रदूषण मापन

| प्रदूषक         | तकनीक               |
|-----------------|---------------------|
| SO <sub>2</sub> | वेस्ट-गेके विश्लेषण |
| NO <sub>x</sub> | केमिल्यूमिनेसेंस    |
| CO              | NDIR                |
| PM              | हाई वॉल्यूम सैम्पलर |
| VOCs            | GC-MS               |

### 6.2 जल प्रदूषण मापन

| पैरामीटर | विधि               |
|----------|--------------------|
| pH       | pH मीटर            |
| BOD      | 5-दिवसीय BOD टेस्ट |
| COD      | डाइक्रोमेट विधि    |

पैरामीटर

विधि

धातु

AAS / ICP-AES

तेल और ग्रीस ग्रेविमेट्रिक

## 6.3 मृदा प्रदूषण मापन

- XRF
- AAS
- GC-MS (कीटनाशक)

## 7. प्रदूषण मापन का महत्व

- पर्यावरण गुणवत्ता मूल्यांकन
- कानूनों का अनुपालन
- प्रदूषण नियंत्रण रणनीति
- मानव स्वास्थ्य सुरक्षा

# गैसीय अपशिष्ट (Gaseous Effluents):

## विश्लेषण एवं नियंत्रण

### 1. परिचय

उद्योगों से निकलने वाली विषैली गैसों वायु प्रदूषण का प्रमुख कारण हैं। ये गैसों मानव स्वास्थ्य, पौधों, जलवायु और संरचनाओं पर गंभीर प्रभाव डालती हैं। इसलिए इनका सटीक विश्लेषण और प्रभावी नियंत्रण आवश्यक है।

### 2. प्रमुख औद्योगिक गैसीय प्रदूषक

- कार्बन मोनोऑक्साइड (CO)
- सल्फर डाइऑक्साइड (SO<sub>2</sub>)

- नाइट्रोजन के ऑक्साइड ( $\text{NO}_2 / \text{NO}_x$ )
- सल्फर वाष्प (S)
- क्लोरीन ( $\text{Cl}_2$ )

### 3. गैस विश्लेषण तकनीकें

(Gas Analysis Techniques)

#### 3.1 कार्बन मोनोऑक्साइड ( $\text{CO}$ )

स्रोत:

भट्टियाँ, बॉयलर, अधूरा दहन

विश्लेषण विधियाँ:

- गैर-विक्षेपक अवरक्त विधि (NDIR)
- गैस क्रोमैटोग्राफी
- इलेक्ट्रोकेमिकल सेंसर

प्रभाव:

रक्त में ऑक्सीजन वहन क्षमता कम होती है

नियंत्रण:

- पूर्ण दहन
- कैटलिटिक कनवर्टर
- उचित वायु-ईंधन अनुपात

#### 3.2 सल्फर डाइऑक्साइड ( $\text{SO}_2$ )

स्रोत:

कोयला आधारित उद्योग, तेल रिफाइनरी

विश्लेषण विधियाँ:

- वेस्ट-गेके विधि

- यूवी फ्लोरेसेंस
- टाइट्रेशन

**प्रभाव:**

अम्लीय वर्षा, श्वसन रोग

**नियंत्रण:**

- फ्लू गैस डीसल्फराइजेशन
  - चूना पत्थर स्क्रबर
  - कम सल्फर ईंधन
- 

### 3.3 नाइट्रोजन ऑक्साइड (NO<sub>2</sub>)

**स्रोत:**

उच्च ताप दहन, थर्मल पावर प्लांट

**विश्लेषण विधियाँ:**

- केमिल्यूमिनेसेंस
- स्पेक्ट्रोफोटोमेट्रिक विधि

**प्रभाव:**

स्मॉग, ओज़ोन निर्माण

**नियंत्रण:**

- सेलेक्टिव कैटेलिटिक रिडक्शन
  - लो-NO<sub>x</sub> बर्नर
  - ताप नियंत्रण
- 

### 3.4 सल्फर (S)

**स्रोत:**

पेट्रोकेमिकल उद्योग, सल्फर रिकवरी यूनिट

### विश्लेषण विधियाँ:

- गैस क्रोमैटोग्राफी
- अवशोषण विधि

### प्रभाव:

दुर्गंध, धातु क्षरण

### नियंत्रण:

- क्लॉस प्रक्रिया
  - ऑक्सीडेशन स्क्रबर
- 

## 3.5 क्लोरीन ( $\text{Cl}_2$ )

### स्रोत:

क्लोरो-एल्कली उद्योग, जल शोधन

### विश्लेषण विधियाँ:

- ऑर्थोटोलिडीन विधि
- आयोडोमेट्रिक टाइट्रेशन
- इलेक्ट्रोकेमिकल डिटेक्टर

### प्रभाव:

आँख व फेफड़े को नुकसान

### नियंत्रण:

- क्षारीय स्क्रबर ( $\text{NaOH}$ )
  - रिसाव पहचान प्रणाली
  - सुरक्षित भंडारण
- 

## 4. गैसीय अपशिष्ट नियंत्रण उपकरण

| उपकरण                         | उपयोग            |
|-------------------------------|------------------|
| स्क्रबर                       | अम्लीय गैस हटाना |
| इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रीसिपिटेटर | कण हटाना         |
| कैटेलिटिक कनवर्टर             | CO, NOx नियंत्रण |
| ऐडसॉर्प्शन टावर               | क्लोरीन, VOC     |

# प्रदूषक हटाने की तकनीकें

## (Pollutant Removal Techniques)

उद्योगों से निकलने वाली गैसों और कणों को वातावरण में छोड़ने से पहले हटाने हेतु विभिन्न यांत्रिक व रासायनिक विधियाँ अपनाई जाती हैं।

### 1. अवशोषण टॉवर (Absorption Towers)

#### अर्थ

ऐसा उपकरण जिसमें गैस को किसी तरल माध्यम के संपर्क में लाकर घुलनशील प्रदूषक हटाए जाते हैं।

#### कार्य सिद्धांत

- प्रदूषित गैस नीचे से ऊपर जाती है
- अवशोषक द्रव ऊपर से नीचे बहता है
- हानिकारक गैस द्रव में घुल जाती है

#### उपयोग

- सल्फर डाइऑक्साइड
- अमोनिया
- क्लोरीन

#### लाभ

- उच्च दक्षता
- निरंतर प्रक्रिया

### सीमाएँ

- द्रव अपशिष्ट का निपटान आवश्यक
  - बड़े आकार का उपकरण
- 

## 2. स्क्रबर (Scrubbers)

### अर्थ

स्क्रबर गैस से प्रदूषकों को **धोकर हटाने** वाला उपकरण है।

### प्रकार

1. **वेट स्क्रबर** – पानी या रसायन का उपयोग
2. **ड्राई स्क्रबर** – ठोस अवशोषक का उपयोग

### कार्य विधि

- गैस को तरल फुहारों से टकराया जाता है
- प्रदूषक घुल या प्रतिक्रिया कर हट जाते हैं

### उपयोग

- $\text{SO}_2$
- $\text{HCl}$
- धूल व धुएँ के कण

### लाभ

- गैस व कण दोनों हटते हैं
- उच्च प्रभावशीलता

### सीमाएँ

- संक्षारण की समस्या
  - जल प्रदूषण की संभावना
- 

### 3. कैटेलिटिक कनवर्टर (Catalytic Converters)

#### अर्थ

ऐसा उपकरण जिसमें उत्प्रेरक की सहायता से हानिकारक गैसों को कम हानिकारक गैसों में बदला जाता है।

#### कार्य सिद्धांत

- उत्प्रेरक (प्लैटिनम, पैलेडियम)
- ऑक्सीकरण व अपचयन अभिक्रियाएँ

#### परिवर्तन

- $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$
- $\text{NO}_x \rightarrow \text{N}_2$
- हाइड्रोकार्बन  $\rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

#### उपयोग

- वाहन उद्योग
- पावर प्लांट

#### लाभ

- गैस नष्ट होती है
- द्वितीयक अपशिष्ट नहीं

#### सीमाएँ

- महँगा
  - सीसा युक्त ईंधन से निष्क्रिय
-

## 4. इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रीसिपिटेटर (Electrostatic Precipitator)

### अर्थ

विद्युत आवेश द्वारा ठोस कणों को गैस से अलग करने वाला उपकरण।

### कार्य सिद्धांत

- उच्च वोल्टेज से कण आवेशित होते हैं
- आवेशित कण प्लेटों पर जम जाते हैं

### उपयोग

- फ्लाई ऐश
- सीमेंट उद्योग
- थर्मल पावर प्लांट

### लाभ

- 99% तक कण हटाने की क्षमता
- उच्च ताप पर भी कार्यशील

### सीमाएँ

- प्रारंभिक लागत अधिक
- रखरखाव आवश्यक

---

## 5. तुलनात्मक सारणी

| तकनीक                         | हटाए जाने वाले प्रदूषक |
|-------------------------------|------------------------|
| अवशोषण टॉवर                   | घुलनशील गैसों          |
| स्क्रबर                       | गैस + कण               |
| कैटेलिटिक कनवर्टर             | विषैली गैसों           |
| इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रीसिपिटेटर | ठोस कण                 |

# कणीय पदार्थ एवं कण आकार विश्लेषण

## (Particulate Matter and Particle Size Analysis)

### 1. कणीय पदार्थ (Particulate Matter – PM)

#### परिभाषा

वायु या जल में उपस्थित सूक्ष्म ठोस या तरल कण जो नग्न आँखों से दिखाई नहीं देते, उन्हें कणीय पदार्थ कहते हैं।

#### स्रोत

- उद्योगों की चिमनियाँ
- डीज़ल व पेट्रोल दहन
- सीमेंट, खनन उद्योग
- बॉयलर व थर्मल पावर प्लांट

### 2. वायु में उपस्थित कणों का वर्गीकरण

#### (Characterization of Airborne Particles)

| प्रकार            | आकार           | प्रभाव       |
|-------------------|----------------|--------------|
| PM <sub>10</sub>  | ≤ 10 माइक्रोन  | श्वसन तंत्र  |
| PM <sub>2.5</sub> | ≤ 2.5 माइक्रोन | फेफड़े, हृदय |
| अल्ट्राफाइन       | ≤ 0.1 माइक्रोन | रक्त प्रवाह  |

#### विशेषताएँ

- आकार
- रासायनिक संरचना
- घनत्व
- विषाक्तता

## 3. कण आकार विश्लेषण तकनीकें

(Particle Size Analysis Techniques)

---

### 3.1 वायु नमूनों के लिए

#### (i) साइक्लोन सेपरेटर

- अपकेंद्रीय बल द्वारा कण अलग
- PM<sub>10</sub> व PM<sub>2.5</sub> मापन

#### (ii) कैस्केड इम्पैक्टर

- विभिन्न आकार के कण अलग-अलग प्लेटों पर
- आकार वितरण अध्ययन

#### (iii) लेज़र स्कैटरिंग विधि

- लेज़र प्रकाश से कण आकार निर्धारण
- त्वरित व सटीक

#### (iv) हाई वॉल्यूम एयर सैंपलर

- फिल्टर पेपर पर कण संग्रह
  - द्रव्यमान मापन
- 

### 3.2 अपशिष्ट जल नमूनों के लिए

#### (i) सिव विश्लेषण

- बड़े कणों के लिए
- छलनी का उपयोग

#### (ii) सेडिमेंटेशन विधि

- गुरुत्व बल पर आधारित
- स्टोक्स नियम

### (iii) लेज़र डिफ्रैक्शन

- सूक्ष्म कणों का विश्लेषण
- उच्च सटीकता

### (iv) माइक्रोस्कोपिक विधि

- प्रत्यक्ष अवलोकन
- आकृति अध्ययन

---

## 4. कणीय पदार्थ की मात्रा निर्धारण

(Quantification of Particulate Matter)

### गैविमेट्रिक विधि

- फिल्टर का भार पहले व बाद में
- अंतर से PM मात्रा

### सूत्र

$PM (\mu g/m^3) =$   
(फिल्टर का भार अंतर) / (नमूना वायु आयतन)

---

## 5. औद्योगिक मानक (Industrial Standards)

### भारत में

- राष्ट्रीय परिवेशी वायु गुणवत्ता मानक (NAAQS)
- $PM_{10}$ :  $100 \mu g/m^3$  (24 घंटे)
- $PM_{2.5}$ :  $60 \mu g/m^3$  (24 घंटे)

### अंतरराष्ट्रीय

- विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO)
- यूएस पर्यावरण संरक्षण एजेंसी (EPA)

---

## 6. कणीय पदार्थ के प्रभाव

- श्वसन रोग
- दमा
- हृदय रोग
- दृश्यता में कमी
- पर्यावरणीय क्षति

# अपशिष्ट जल का विश्लेषण एवं उपचार

## (Wastewater Analysis and Treatment)

---

### 1. परिचय

उद्योगों से निकलने वाला अपशिष्ट जल अनेक अम्ल, क्षार, लवण, धातु तथा कार्बनिक पदार्थ लिए होता है। इनके विश्लेषण द्वारा जल प्रदूषण का आकलन तथा उपयुक्त उपचार किया जाता है।

---

### 2. अपशिष्ट जल के विश्लेषणात्मक मापदंड

#### (Analytical Parameters)

##### भौतिक मापदंड

- रंग
- गंध
- तापमान
- मटमैलेपन (टर्बिडिटी)
- निलंबित ठोस पदार्थ (Suspended Solids)

##### रासायनिक मापदंड

- pH

- अम्लता एवं क्षारीयता
  - घुले हुए ठोस पदार्थ
  - कार्बनिक व अकार्बनिक यौगिक
  - धातु आयन
- 

### 3. मुक्त अम्ल एवं क्षार का पता लगाना

(Detection of Free Acids and Bases)

#### विधियाँ

- pH मीटर
- संकेतक (फिनॉल्फ्थलीन, मिथाइल ऑरेंज)
- टाइट्रेशन विधि

#### महत्व

- पाइप क्षरण
  - जलीय जीवों पर प्रभाव
  - उपचार प्रक्रिया का चयन
- 

### 4. घुले हुए कार्बनिक व अकार्बनिक पदार्थों का मापन

#### कार्बनिक यौगिक

- BOD (जैविक ऑक्सीजन मांग)
- COD (रासायनिक ऑक्सीजन मांग)
- TOC (कुल कार्बनिक कार्बन)

#### अकार्बनिक यौगिक

- लवण
  - खनिज
  - धातु आयन
-

## 5. क्षारीय एवं क्षारीय मृदा धातु लवण

(Alkali and Alkaline Earth Metal Salts)

### प्रमुख आयन

- सोडियम ( $\text{Na}^+$ )
- पोटैशियम ( $\text{K}^+$ )
- कैल्शियम ( $\text{Ca}^{2+}$ )
- मैग्नीशियम ( $\text{Mg}^{2+}$ )

### विश्लेषण विधियाँ

- फ्लेम फोटोमेट्री
- EDTA टाइट्रेशन
- परमाणु अवशोषण विधि

---

## 6. सल्फेट, फॉस्फेट एवं नाइट्रेट/नाइट्राइट का निर्धारण

### सल्फेट ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

- बैरियम क्लोराइड टर्बिडिटी विधि
- ग्रैविमेट्रिक विधि

### फॉस्फेट ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

- मोलिब्डेनम ब्लू विधि
- स्पेक्ट्रोफोटोमेट्री

### नाइट्रेट / नाइट्राइट ( $\text{NO}_3^- / \text{NO}_2^-$ )

- यूवी स्पेक्ट्रोस्कोपी
- कलरिमेट्रिक विधि

---

## 7. धातुओं का निर्धारण

## (Determination of Metals)

### प्रमुख धातुएँ

- लोहा (Fe)
- कैल्शियम (Ca)
- तांबा, जस्ता, सीसा आदि

### विश्लेषण विधियाँ

- परमाणु अवशोषण स्पेक्ट्रोस्कोपी
- ICP विधि
- टाइट्रेशन

## 8. कुल कैटायन एवं एनायन का अनुमान

### (Estimation of Total Cations and Anions)

- आयन क्रोमैटोग्राफी
- विद्युत चालकता मापन
- टाइट्रेशन तकनीक

### उपयोग

- जल गुणवत्ता आकलन
- उपचार तकनीक निर्धारण

## 9. निलंबित ठोस पदार्थ का अनुमान

### (Suspended Solids)

### ग्रेविमेट्रिक विधि

- फिल्टर पेपर पर कण संग्रह
- सुखाने के बाद भार मापन

## प्रभाव

- जल की पारदर्शिता घटती है
- जैविक जीवन प्रभावित

## 10. अपशिष्ट जल उपचार की संक्षिप्त रूपरेखा

### प्राथमिक उपचार

- छानना
- अवसादन

### द्वितीयक उपचार

- जैविक ऑक्सीकरण
- सक्रिय कीचड़ प्रक्रिया

### तृतीयक उपचार

- आयन विनिमय
- रिवर्स ऑस्मोसिस
- उन्नत ऑक्सीकरण

## अपशिष्ट जल उपचार

### (Waste Water Treatment)

## 1. परिचय

अपशिष्ट जल उपचार वह प्रक्रिया है जिसमें जल से हानिकारक भौतिक, रासायनिक और जैविक प्रदूषकों को हटाया जाता है ताकि जल को सुरक्षित रूप से पर्यावरण में छोड़ा जा सके या पुनः उपयोग किया जा सके।

## 2. अपशिष्ट जल उपचार की आवश्यकता

### (i) औद्योगिक क्षेत्र

- रसायन, वस्त्र, औषधि उद्योगों से विषैले अपशिष्ट
- भारी धातुएँ, अम्ल, क्षार, तेल व ग्रीस
- कानूनी मानकों का पालन (CPCB / MINAS)

### (ii) घरेलू क्षेत्र

- स्नान, शौचालय, रसोई से निकला जल
- रोगजनक सूक्ष्मजीव
- दुर्गंध व जल जनित रोग

### (iii) कृषि क्षेत्र

- उर्वरक व कीटनाशक बहाव
  - नाइट्रेट, फॉस्फेट प्रदूषण
  - यूट्रोफिकेशन की समस्या
- 

## 3. स्रोत के आधार पर अपशिष्ट जल का वर्गीकरण

### 3.1 घरेलू सीवेज

- मानव अपशिष्ट
- साबुन, डिटरजेंट
- जैविक पदार्थ अधिक

### 3.2 औद्योगिक अपशिष्ट

- अम्ल-क्षार
- धातु आयन
- विषैले कार्बनिक यौगिक

### 3.3 कृषि अपवाह

- कीटनाशक
  - उर्वरक लवण
  - मिट्टी कण
- 

## 4. प्रदूषकों का वर्गीकरण

### भौतिक प्रदूषक

- निलंबित ठोस पदार्थ
- रंग, गंध, तापमान

### रासायनिक प्रदूषक

- अम्ल-क्षार
- भारी धातुएँ
- कार्बनिक यौगिक

### जैविक प्रदूषक

- बैक्टीरिया
  - वायरस
  - परजीवी
- 

## 5. अपशिष्ट जल उपचार के चरण

### 5.1 भौतिक उपचार

- छनन
- अवसादन
- फ्लोटेशन

### 5.2 रासायनिक उपचार

- न्यूट्रलाइजेशन
- जमावट (कोएगुलेशन)

- ऑक्सीकरण

### 5.3 जैविक उपचार

- सक्रिय कीचड़ प्रक्रिया
  - ट्रिकलिंग फिल्टर
  - एनेरोबिक उपचार
- 

## 6. पर्यावरणीय स्थिरता में योगदान

- जल स्रोतों की रक्षा
  - जलीय जीव संरक्षण
  - पुनः उपयोग योग्य जल
  - संसाधन संरक्षण
- 

## 7. औद्योगिक अपशिष्ट जल में VOC एवं कैंसरकारी पदार्थों का पता लगाना

### VOC (वाष्पशील कार्बनिक यौगिक)

- बेंजीन
- टोल्यून
- क्लोरोफॉर्म

### कैंसरकारी पदार्थ

- एरोमैटिक अमीन
- भारी धातु यौगिक

### पहचान की विधियाँ

- गैस क्रोमैटोग्राफी
- GC-MS
- HPLC
- स्पेक्ट्रोफोटोमेट्री

## महत्व

- मानव स्वास्थ्य सुरक्षा
- पर्यावरणीय जोखिम मूल्यांकन
- कानूनी अनुपालन

## 8. उपचार के बाद जल उपयोग

- सिंचाई
- औद्योगिक पुनः उपयोग
- भूजल रिचार्ज

# अपशिष्ट जल उपचार में सूक्ष्मजीवों की भूमिका

## (Role of Microorganisms in Wastewater Treatment)

### 1. परिचय

अपशिष्ट जल में उपस्थित कार्बनिक प्रदूषकों को हटाने में सूक्ष्मजीव (बैक्टीरिया, फफूँद, शैवाल) अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये सूक्ष्मजीव अपने चयापचय द्वारा हानिकारक पदार्थों को सरल, सुरक्षित पदार्थों में बदल देते हैं।

### 2. सूक्ष्मजीवों द्वारा कार्बनिक प्रदूषकों का जैव अपघटन

#### (Biodegradation of Organic Pollutants)

#### जैव अपघटन का अर्थ

सूक्ष्मजीवों द्वारा जटिल कार्बनिक यौगिकों को कार्बन डाइऑक्साइड, जल, मीथेन और जैव द्रव्यमान में बदलने की प्रक्रिया को जैव अपघटन कहते हैं।

## प्रक्रिया

- सूक्ष्मजीव कार्बनिक पदार्थ को भोजन की तरह उपयोग करते हैं
- एंजाइमों की सहायता से यौगिक टूटते हैं
- ऊर्जा प्राप्त होती है

## हटाए जाने वाले प्रदूषक

- प्रोटीन
  - वसा
  - कार्बोहाइड्रेट
  - तेल और ग्रीस
  - फिनॉल, डिटर्जेंट
- 

## 3. सूक्ष्मजीवों के प्रकार एवं उनकी भूमिका

### एरोबिक सूक्ष्मजीव

- ऑक्सीजन की उपस्थिति में कार्य
- सक्रिय कीचड़ प्रक्रिया
- उत्पाद:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

### एनएरोबिक सूक्ष्मजीव

- ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में कार्य
  - स्लज डाइजेस्टर
  - उत्पाद: मीथेन +  $\text{CO}_2$
- 

## 4. सूक्ष्मजीवी क्रिया हेतु अनुकूल परिस्थितियों का महत्व

(Importance of Optimal Conditions)

---

### 4.1 तापमान

- आदर्श तापमान: 25–35°C
  - कम ताप पर क्रिया धीमी
  - अधिक ताप पर सूक्ष्मजीव नष्ट
- 

## 4.2 pH

- उपयुक्त pH: 6.5 – 8.0
  - अधिक अम्लीय या क्षारीय जल सूक्ष्मजीवों को हानि पहुँचाता है
- 

## 4.3 ऑक्सीजन

- एरोबिक प्रक्रिया हेतु आवश्यक
  - कम ऑक्सीजन से दुर्गंध व अपूर्ण अपघटन
  - एयर एरेशन द्वारा ऑक्सीजन पूर्ति
- 

## 5. पोषक तत्वों की भूमिका

- नाइट्रोजन
  - फॉस्फोरस
  - सूक्ष्म पोषक तत्व  
इनकी कमी से सूक्ष्मजीवी वृद्धि रुक जाती है।
- 

## 6. सूक्ष्मजीव आधारित उपचार प्रणालियाँ

- सक्रिय कीचड़ प्रक्रिया
  - ट्रिक्लिंग फिल्टर
  - ऑक्सीडेशन तालाब
  - एनेरोबिक डाइजेस्टर
- 

## 7. लाभ

- कम लागत

- पर्यावरण अनुकूल
- उच्च दक्षता
- ऊर्जा उत्पादन (बायोगैस)

# प्रमुख जैविक अपशिष्ट जल उपचार प्रक्रियाएँ

## (Key Biological Treatment Processes)

जैविक उपचार में सूक्ष्मजीवों की सहायता से अपशिष्ट जल में उपस्थित कार्बनिक प्रदूषकों को नष्ट किया जाता है। यह प्रक्रिया पर्यावरण-अनुकूल और प्रभावी होती है।

### 1. एरोबिक उपचार

(Aerobic Treatment)

एरोबिक उपचार में ऑक्सीजन की उपस्थिति में सूक्ष्मजीव कार्बनिक पदार्थों का अपघटन करते हैं।

#### 1.1 सक्रिय कीचड़ प्रक्रिया

(Activated Sludge Process – ASP)

सिद्धांत

- एरोबिक बैक्टीरिया कार्बनिक पदार्थ को भोजन के रूप में ग्रहण करते हैं
- ऑक्सीजन की उपस्थिति में तेज जैव अपघटन होता है

प्रक्रिया

- अपशिष्ट जल को एरेशन टैंक में डाला जाता है
- हवा/ऑक्सीजन फूँकी जाती है
- सूक्ष्मजीव फ्लॉक बनाते हैं (सक्रिय कीचड़)
- सेटलिंग टैंक में कीचड़ बैठ जाती है
- साफ जल बाहर निकलता है

## उपयोग

- घरेलू सीवेज
- खाद्य एवं औषधि उद्योग

## लाभ

- उच्च BOD हटाने की क्षमता
- त्वरित प्रक्रिया

## सीमाएँ

- ऊर्जा लागत अधिक
  - कुशल संचालन आवश्यक
- 

## 1.2 ट्रिकलिंग फिल्टर

(Trickling Filters)

### संरचना

- पत्थरों या प्लास्टिक माध्यम की परत
- माध्यम पर जैव परत (Biofilm)

### कार्य विधि

- अपशिष्ट जल ऊपर से छिड़का जाता है
- जल नीचे बहता है
- जैव परत कार्बनिक पदार्थ को विघटित करती है

## उपयोग

- मध्यम शक्ति अपशिष्ट जल
- छोटे और मध्यम नगर

## लाभ

- सरल संचालन
- कम ऊर्जा आवश्यकता

### सीमाएँ

- स्थान अधिक चाहिए
  - ठंडे मौसम में दक्षता कम
- 

## 2. एनएरोबिक उपचार

(Anaerobic Treatment)

एनएरोबिक उपचार में ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में सूक्ष्मजीव कार्य करते हैं।

---

### 2.1 मीथेनजनक बैक्टीरिया द्वारा उपचार

#### सिद्धांत

- जटिल कार्बनिक पदार्थ
  - सरल अम्ल
  - मीथेन ( $\text{CH}_4$ ) +  $\text{CO}_2$

#### प्रक्रिया चरण

1. हाइड्रोलाइसिस
2. अम्ल निर्माण
3. मीथेन निर्माण

#### उपयोग

- उच्च शक्ति औद्योगिक अपशिष्ट जल
- चीनी मिल
- डिस्टिलरी
- कागज उद्योग

## लाभ

- बायोगैस उत्पादन
- कम कीचड़ निर्माण
- ऊर्जा की बचत

## सीमाएँ

- प्रक्रिया धीमी
- तापमान नियंत्रण आवश्यक

---

## 3. एरोबिक एवं एनएरोबिक उपचार का तुलनात्मक अध्ययन

बिंदु एरोबिक एनएरोबिक

ऑक्सीजन आवश्यक नहीं

ऊर्जा अधिक कम

बायोगैस नहीं हाँ

BOD मध्यम बहुत अधिक

## अपशिष्ट जल के महत्वपूर्ण विश्लेषणात्मक मापदंड

### (Important Analytical Parameters)

अपशिष्ट जल की गुणवत्ता जानने के लिए कुछ मानक रासायनिक एवं भौतिक मापदंडों का निर्धारण किया जाता है। ये मापदंड उपचार की दक्षता और प्रदूषण स्तर को दर्शाते हैं।

---

## 1. जैव-रासायनिक ऑक्सीजन माँग

(Biochemical Oxygen Demand – BOD)

### परिभाषा

जल में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों को विघटित करने हेतु सूक्ष्मजीवों द्वारा आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा को BOD कहते हैं।

### महत्व

- जैविक प्रदूषण का संकेत
- उपचार प्रक्रिया की प्रभावशीलता

### मापन

- 5 दिन का परीक्षण
- 20°C तापमान
- घुलित ऑक्सीजन का अंतर

### प्रभाव

- उच्च BOD → जल में ऑक्सीजन की कमी → जलीय जीवन को खतरा
- 

## 2. रासायनिक ऑक्सीजन माँग

(Chemical Oxygen Demand – COD)

### परिभाषा

जल में मौजूद कार्बनिक व अकार्बनिक पदार्थों को रासायनिक रूप से ऑक्सीकरण करने हेतु आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा।

### महत्व

- त्वरित विश्लेषण
- कुल प्रदूषण का आकलन

### मापन

- पोटैशियम डाइक्रोमेट विधि
  - अम्लीय माध्यम
-

### 3. कुल निलंबित ठोस पदार्थ

(Total Suspended Solids – TSS)

#### परिभाषा

जल में तैरते हुए अघुलनशील ठोस कणों की मात्रा।

#### मापन

- फिल्ट्रेशन
- सुखाने के बाद भार अंतर

#### प्रभाव

- जल की पारदर्शिता घटती है
  - तलछट जमाव
- 

### 4. कुल घुले ठोस पदार्थ

(Total Dissolved Solids – TDS)

#### परिभाषा

जल में घुले हुए लवण, खनिज और धातु आयन की कुल मात्रा।

#### मापन

- वाष्पीकरण विधि
- विद्युत चालकता

#### प्रभाव

- स्वाद परिवर्तन
  - सिंचाई व औद्योगिक उपयोग पर असर
-

## 5. pH मान

### अर्थ

जल की अम्लीय या क्षारीय प्रकृति का माप।

### आदर्श सीमा

- 6.5 – 8.5

### महत्व

- सूक्ष्मजीव गतिविधि
  - धातु घुलनशीलता
- 

## 6. नाइट्रेट ( $\text{NO}_3^-$ )

### स्रोत

- उर्वरक
- सीवेज
- कृषि अपवाह

### प्रभाव

- यूट्रोफिकेशन
- जल पौधों की अधिक वृद्धि

### मापन

- यूवी स्पेक्ट्रोफोटोमेट्री
  - कलरिमेट्रिक विधि
- 

## 7. फॉस्फेट ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

## स्रोत

- डिटर्जेंट
- उर्वरक
- घरेलू अपशिष्ट

## प्रभाव

- शैवाल वृद्धि
- ऑक्सीजन की कमी

## मापन

- मोलिब्डेनम ब्लू विधि
- 

## 8. अमोनिया ( $\text{NH}_3$ )

### स्रोत

- प्रोटीन अपघटन
- औद्योगिक अपशिष्ट

### प्रभाव

- मछलियों के लिए विषैला
- दुर्गंध

### मापन

- नेसलर विधि
  - आयन चयनात्मक इलेक्ट्रोड
- 

## 9. संक्षिप्त तुलनात्मक सारणी

| मापदंड | संकेत |
|--------|-------|
|--------|-------|

|     |               |
|-----|---------------|
| BOD | जैविक प्रदूषण |
|-----|---------------|

| मापदंड   | संकेत                     |
|----------|---------------------------|
| COD      | कुल ऑक्सीकरण योग्य पदार्थ |
| TSS      | ठोस कण                    |
| TDS      | घुले लवण                  |
| pH       | अम्ल-क्षार संतुलन         |
| नाइट्रेट | पोषक प्रदूषण              |
| फॉस्फेट  | यूट्रोफिकेशन              |
| अमोनिया  | विषाक्तता                 |

# उन्नत अपशिष्ट जल उपचार तकनीकें

## (Advanced Wastewater Treatment Techniques)

### 1. परिचय

द्वितीयक उपचार के बाद भी जल में पोषक तत्व (नाइट्रोजन, फॉस्फोरस), सूक्ष्म प्रदूषक और रोगाणु शेष रह सकते हैं। इन्हें हटाने के लिए तृतीयक (उन्नत) उपचार अपनाया जाता है, जिससे जल पुनः उपयोग योग्य बन सके।

### 2. तृतीयक उपचार

(Tertiary Treatment)

#### 2.1 पोषक तत्वों का निष्कासन (N, P Removal)

##### नाइट्रोजन हटाना

- नाइट्रीफिकेशन: अमोनिया → नाइट्रेट
- डी-नाइट्रीफिकेशन: नाइट्रेट → नाइट्रोजन गैस

##### फॉस्फोरस हटाना

- रासायनिक जमावट (एल्युमिनियम / लोहा लवण)

- जैविक फॉस्फोरस निष्कासन

**लाभ:**

- यूट्रोफिकेशन नियंत्रण
  - जलाशयों की सुरक्षा
- 

## 2.2 निस्पंदन (Filtration)

- रेत फिल्टर
  - कार्बन फिल्टर
  - शेष ठोस कणों की हटाने
- 

## 2.3 पराबैंगनी कीटाणुशोधन

**(UV Disinfection)**

- पराबैंगनी किरणें सूक्ष्मजीवों के डीएनए को नष्ट करती हैं
- रसायन रहित प्रक्रिया

**लाभ:**

- कोई अवशिष्ट विषाक्तता नहीं
  - त्वरित प्रक्रिया
- 

## 2.4 ओज़ोनेशन (Ozonation)

- ओज़ोन एक शक्तिशाली ऑक्सीकारक
- बैक्टीरिया, वायरस और कार्बनिक यौगिकों का नाश

**लाभ:**

- रंग, गंध हटती है
  - उच्च कीटाणुनाशक क्षमता
-

## 2.5 रिवर्स ऑस्मोसिस

(Reverse Osmosis – RO)

- अर्ध-पारगम्य झिल्ली द्वारा
- घुले लवण, धातु, सूक्ष्म प्रदूषक हटते हैं

उपयोग:

- औद्योगिक पुनः उपयोग
  - पेय जल उपचार
- 

## 3. झिल्ली प्रौद्योगिकी

(Membrane Technologies)

---

### 3.1 माइक्रोफिल्ट्रेशन

- बड़े कण, बैक्टीरिया हटाना

### 3.2 अल्ट्राफिल्ट्रेशन

- प्रोटीन, कोलॉइड्स हटाना

### 3.3 नैनोफिल्ट्रेशन

- द्विसंयोजी आयन, रंग, कीटनाशक हटाना

### 3.4 मेम्ब्रेन बायोरिएक्टर

(MBR)

- जैविक उपचार + झिल्ली निस्पंदन
- उच्च गुणवत्ता का जल

लाभ:

- कम स्थान

- उच्च BOD/COD हटाने की क्षमता
- 

## 4. कीचड़ उपचार

(Sludge Treatment)

### 4.1 गाढ़ा करना

- पानी की मात्रा घटाना

### 4.2 पाचन

- एरोबिक या एनएरोबिक
- बायोगैस उत्पादन

### 4.3 निर्जलीकरण

- फिल्टर प्रेस
- सेंट्रीफ्यूज

### 4.4 निपटान

- खाद निर्माण
  - सुरक्षित लैंडफिल
- 

## 5. उन्नत उपचार के लाभ

- जल पुनः उपयोग
- पर्यावरण संरक्षण
- प्रदूषण नियंत्रण
- संसाधन संरक्षण

# औद्योगिक एवं पर्यावरणीय प्रासंगिकता

# (Industrial and Environmental Relevance of Wastewater Treatment)

## 1. औद्योगिक अपशिष्ट जल उपचार का महत्व

विभिन्न उद्योगों से निकलने वाला अपशिष्ट जल रंग, विषैले रसायन, भारी धातुएँ, तेल-ग्रीस, कार्बनिक प्रदूषक आदि से युक्त होता है। उचित उपचार के बिना यह जल जल स्रोतों, मिट्टी, मानव स्वास्थ्य और जैव विविधता के लिए अत्यंत हानिकारक होता है।

## 2. उद्योग-विशेष अपशिष्ट जल उपचार

### 2.1 वस्त्र (Textile) उद्योग

#### प्रदूषक:

- रंग (Dyes), सर्फैक्टेंट, लवण, उच्च BOD/COD

#### उपचार तकनीकें:

- कोएगुलेशन-फ्लोकुलेशन
- एरोबिक जैविक उपचार
- मेम्ब्रेन तकनीक (RO, MBR)

#### पर्यावरणीय लाभ:

- रंग एवं विषाक्तता में कमी
- जल का पुनः उपयोग

### 2.2 फार्मास्युटिकल उद्योग

#### प्रदूषक:

- एंटीबायोटिक्स, हार्मोन, API, उच्च COD

#### उपचार तकनीकें:

- उन्नत ऑक्सीकरण प्रक्रिया (AOPs)
- एक्टिवेटेड कार्बन
- मेम्ब्रेन बायोरिएक्टर (MBR)

**महत्व:**

- दवा प्रतिरोध (Antibiotic resistance) की रोकथाम
- 

## 2.3 खाद्य प्रसंस्करण उद्योग

**प्रदूषक:**

- वसा, प्रोटीन, शर्करा, उच्च BOD

**उपचार तकनीकें:**

- एनएरोबिक डाइजेशन
- एक्टिवेटेड स्लज प्रक्रिया

**लाभ:**

- बायोगैस उत्पादन
  - ऊर्जा पुनर्प्राप्ति
- 

## 2.4 रासायनिक उद्योग

**प्रदूषक:**

- विषैले कार्बनिक यौगिक, अम्ल-क्षार, भारी धातुएँ

**उपचार तकनीकें:**

- रासायनिक न्यूट्रलाइजेशन
  - उन्नत झिल्ली तकनीक
  - सुरक्षित कीचड़ निपटान
-

## 2.5 पेट्रोकेमिकल उद्योग

### प्रदूषक:

- तेल, ग्रीस, PAHs, हाइड्रोकार्बन

### उपचार तकनीकें:

- तेल-जल विभाजक
  - बायोरिमेडिएशन
  - RO और ZLD सिस्टम
- 

## 3. राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय नियमों का अनुपालन

### (Regulatory Compliance)

#### 3.1 CPCB (Central Pollution Control Board) – भारत

- औद्योगिक अपशिष्ट जल मानक
- MINAS का पालन अनिवार्य

#### 3.2 BIS (Bureau of Indian Standards)

- IS: 2490, IS: 2296 – जल गुणवत्ता मानक

#### 3.3 EPA (Environmental Protection Agency)

- अंतरराष्ट्रीय पर्यावरण मानक
- बहुराष्ट्रीय उद्योगों हेतु आवश्यक

### अनुपालन लाभ:

- कानूनी दंड से बचाव
  - सामाजिक उत्तरदायित्व (CSR)
- 

## 4. सतत जल प्रबंधन में योगदान

## (Sustainable Water Management)

- जल संरक्षण
  - पुनः उपयोग (Recycling)
  - प्राकृतिक संसाधनों पर दबाव कम
  - जल संकट समाधान
- 

## 5. शून्य तरल अपशिष्ट (Zero Liquid Discharge – ZLD)

### परिभाषा

ऐसी प्रणाली जिसमें कोई भी तरल अपशिष्ट बाहर नहीं छोड़ा जाता।

### प्रमुख तकनीकें

- RO
- मल्टी-इफेक्ट एवापोरेशन
- क्रिस्टलाइज़र

### लाभ

- पूर्ण जल पुनः उपयोग
  - पर्यावरणीय प्रदूषण शून्य
- 

## 6. संसाधन पुनर्प्राप्ति

### (Resource Recovery)

- बायोगैस उत्पादन
- पोषक तत्व (N, P) की पुनर्प्राप्ति
- कीचड़ से खाद निर्माण
- लवण एवं रसायनों की रिकवरी

# औद्योगिक अपशिष्ट जल से भारी विषैली धातुओं एवं फिनॉलिक अवशेषों का निष्कासन

(Removal of Heavy Toxic Metals and Phenolic Residues from Industrial Effluents)

## 1. परिचय

औद्योगिक इकाइयों जैसे इलेक्ट्रोप्लेटिंग, टैनरी, खनन, बैटरी निर्माण, पेट्रोकेमिकल, पेंट एवं फार्मास्युटिकल उद्योग से निकलने वाले अपशिष्ट जल में भारी विषैली धातुएँ (Heavy Metals) एवं फिनॉलिक यौगिक पाए जाते हैं। ये पदार्थ अजैविक, विषैले, गैर-जैवअपघटनीय (non-biodegradable) होते हैं और मानव स्वास्थ्य व पर्यावरण के लिए अत्यंत हानिकारक हैं।

## 2. प्रमुख भारी विषैली धातुएँ एवं उनके प्रभाव

| धातु                   | स्रोत                                     | हानिकारक प्रभाव         |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|
| क्रोमियम ( $Cr^{6+}$ ) | टैनरी, इलेक्ट्रोप्लेटिंग                  | कैंसर, त्वचा रोग        |
| पारा (Hg)              | क्लोरो-एल्कली उद्योग तंत्रिका तंत्र क्षति |                         |
| सीसा (Pb)              | बैटरी, पेंट                               | मस्तिष्क एवं रक्त विकार |
| कैडमियम (Cd)           | इलेक्ट्रॉनिक्स                            | गुर्दा क्षति            |
| आर्सेनिक (As)          | खनन, कीटनाशक                              | कैंसर, त्वचा रोग        |

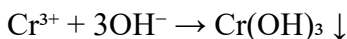
## 3. भारी धातुओं के निष्कासन की तकनीकें

### 3.1 रासायनिक अवक्षेपण (Chemical Precipitation)

सिद्धांत:

धातु आयनों को अघुलनशील हाइड्रॉक्साइड/सल्फाइड में बदलकर अवक्षेपित किया जाता है।

उदाहरण:



**लाभ:**

- सरल, कम लागत

**सीमाएँ:**

- अधिक कीचड़ (sludge) उत्पन्न
- 

### 3.2 आयन विनिमय (Ion Exchange)

**सिद्धांत:**

रेज़िन धातु आयनों को  $H^+$  या  $Na^+$  से प्रतिस्थापित करती है।

**उपयोग:**

- $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  हटाने में प्रभावी

**लाभ:**

- उच्च शुद्धता

**सीमाएँ:**

- रेज़िन महँगे
- 

### 3.3 इलेक्ट्रोकेमिकल उपचार

**(a) इलेक्ट्रोकोएगुलेशन**

- एनोड से धातु आयन निकलकर प्रदूषकों को जमाते हैं

**(b) इलेक्ट्रोविनिंग (Electrowinning)**

- धातु आयनों का कैथोड पर जमाव
- धातु की रिकवरी संभव

**उपयोग:**

- तांबा, जस्ता, चाँदी
-

### 3.4 मेम्ब्रेन निस्स्यंदन (Membrane Filtration)

तकनीकें:

- RO, Nanofiltration, Ultrafiltration

लाभ:

- उच्च दक्षता
- जल पुनः उपयोग

सीमाएँ:

- फाउलिंग की समस्या
- 

### 3.5 सॉल्वेंट एक्सट्रैक्शन (Solvent Extraction)

सिद्धांत:

- धातु आयन को कार्बनिक विलायक में स्थानांतरित किया जाता है

उपयोग:

- यूरेनियम, कॉपर, निकेल
- 

### 3.6 कॉम्प्लेक्सेशन (Complexation)

- EDTA, सिट्रिक एसिड जैसे एजेंट
  - धातु आयनों को स्थिर कॉम्प्लेक्स में बदलते हैं
- 

### 3.7 ऐडसॉर्प्शन (Adsorption)

ऐडसॉर्बेंट:

- एक्टिवेटेड कार्बन
- बायोचार
- क्ले मिनेरल्स

लाभ:

- Pb, Hg, As हटाने में प्रभावी
- 

### 3.8 बायोरिमेडिएशन (Bioremediation)

सिद्धांत:

- सूक्ष्मजीव या पौधे धातुओं को अवशोषित/निष्क्रिय करते हैं

उदाहरण:

- बैक्टीरिया: *Pseudomonas*, *Bacillus*
  - फाइटोरिमेडिएशन: जलकुंभी (Water hyacinth)
- 

## 4. फिनॉलिक अवशेषों का निष्कासन

स्रोत

- पेट्रोकेमिकल, रेज़िन, डाई, फार्मा उद्योग

हानिकारक प्रभाव

- विषाक्त, दुर्गंधयुक्त, जैविक जीवन के लिए घातक

उपचार विधियाँ

- ऑक्सीकरण (Ozonation, Fenton's reagent)
- Activated Carbon Adsorption
- जैविक उपचार (Phenol-degrading bacteria)
- Advanced Oxidation Processes (AOPs)

## फिनॉलिक अवशेषों का निष्कासन

(Removal of Phenolic Residues)

---

## 1. फिनाँलिक अवशेषों के स्रोत

फिनाँल एवं उसके यौगिक मुख्यतः निम्न उद्योगों के अपशिष्ट जल में पाए जाते हैं—

- पेट्रोलियम रिफाइनरी
- पेट्रोकेमिकल उद्योग
- रेज़िन, प्लास्टिक एवं पेंट उद्योग
- दवा उद्योग
- कीटनाशक एवं डाई उद्योग
- कोक ओवन एवं गैस उत्पादन इकाइयाँ

**हानिकारक प्रभाव:**

- अत्यधिक विषैले
  - जल में दुर्गंध
  - जलीय जीवों के लिए घातक
  - पीने योग्य जल को प्रदूषित करते हैं
- 

## 2. फिनाँलिक अवशेषों की उपचार तकनीकें

---

### 2.1 भाप गैस स्ट्रिपिंग (Steam Gas Stripping)

**सिद्धांत:**

गर्म भाप को अपशिष्ट जल में प्रवाहित करने पर फिनाँल जैसे वाष्पशील यौगिक जल से अलग होकर गैस अवस्था में निकल जाते हैं।

**प्रक्रिया:**

- अपशिष्ट जल को स्ट्रिपिंग कॉलम में डाला जाता है
- भाप नीचे से प्रवाहित की जाती है
- फिनाँल गैस के साथ ऊपर निकल जाता है

**लाभ:**

- उच्च सांद्रता वाले फिनाँल के लिए प्रभावी

- प्रक्रिया तेज

सीमाएँ:

- ऊर्जा लागत अधिक
  - कम सांद्रता पर कम प्रभावी
- 

## 2.2 आयन विनिमय एवं विलायक निष्कर्षण

(Ion Exchange and Solvent Extraction)

### (क) आयन विनिमय

सिद्धांत:

विशेष रेज़िन फिनाँलिक आयनों को अवशोषित कर अन्य आयनों से प्रतिस्थापित कर देती है।

लाभ:

- उच्च शुद्धता
- जल पुनः उपयोग योग्य

सीमाएँ:

- रेज़िन महँगे
  - पुनर्जीवन की आवश्यकता
- 

### (ख) विलायक निष्कर्षण

सिद्धांत:

फिनाँल को कार्बनिक विलायक (जैसे ब्यूटाइल एसीटेट) में घोलकर जल से अलग किया जाता है।

लाभ:

- फिनाँल की रिकवरी संभव
- उद्योगों में व्यापक उपयोग

सीमाएँ:

- विलायक विषैले हो सकते हैं
  - अतिरिक्त शोधन आवश्यक
- 

## 2.3 ऑक्सीकरण प्रक्रियाएँ (Oxidation Processes)

सिद्धांत:

फिनॉल को ऑक्सीकरण द्वारा कम विषैले या सरल यौगिकों में बदला जाता है।

प्रमुख विधियाँ:

- ओज़ोन उपचार
- फेन्टन अभिक्रिया
- पराबैंगनी प्रकाश + हाइड्रोजन परऑक्साइड

लाभ:

- पूर्ण विघटन संभव
- रंग एवं गंध समाप्त

सीमाएँ:

- लागत अधिक
  - रसायनों की आवश्यकता
- 

## 2.4 जैविक उपचार (Biological Treatment)

सिद्धांत:

सूक्ष्मजीव फिनॉल को ऊर्जा स्रोत के रूप में उपयोग कर उसे सरल पदार्थों में बदल देते हैं।

प्रमुख जीव:

- *Pseudomonas*
- *Bacillus*
- *Acinetobacter*

### उपयोग विधियाँ:

- सक्रिय कीचड़ प्रक्रिया
- जैविक फिल्टर
- ऐनारोबिक ट्रीटमेंट

### लाभ:

- पर्यावरण-अनुकूल
- कम लागत

### सीमाएँ:

- उच्च फिनाँल सांद्रता पर जीव नष्ट हो सकते हैं
- समय अधिक लगता है

## कार्बनिक अवशेषों का उपचार

### (Treatment of Organic Residues)

---

### 1. कार्बनिक अवशेषों के गुण जो उपचार क्षमता को प्रभावित करते हैं

#### (Characteristics affecting removal efficiency)

कार्बनिक अवशेषों की प्रकृति उनके निष्कासन को सीधे प्रभावित करती है—

- **घुलनशीलता** – अधिक घुलनशील पदार्थ हटाने में कठिन
  - **विषाक्तता** – सूक्ष्मजीवों पर नकारात्मक प्रभाव
  - **जैव अपघटन क्षमता** – आसानी से टूटने वाले पदार्थ सरलता से हटते हैं
  - **आणविक भार** – अधिक भार वाले यौगिक हटाने में कठिन
  - **संरचना** – एरोमैटिक यौगिक अधिक स्थिर व विषैले
  - **सांद्रता** – अधिक सांद्रता पर उपचार प्रक्रिया प्रभावित
-

## 2. पुनर्प्राप्ति एवं पुनर्चक्रण तकनीकें

(Recovery and Recycle Techniques)

---

### 2.1 चयनात्मक विलायकों द्वारा निष्कर्षण

(Extraction using selective solvents)

सिद्धांत:

विशिष्ट विलायक का उपयोग कर उपयोगी कार्बनिक पदार्थ को अपशिष्ट से अलग किया जाता है।

उदाहरण:

- फिनॉल
- सॉल्वेंट्स
- तेल एवं वसा

लाभ:

- मूल्यवान पदार्थ की पुनः प्राप्ति
- अपशिष्ट मात्रा में कमी
- आर्थिक लाभ

सीमाएँ:

- विलायक विषैले हो सकते हैं
  - अतिरिक्त शोधन आवश्यक
- 

## 3. रासायनिक रूपांतरण

(Chemical Conversion)

सिद्धांत:

हानिकारक कार्बनिक अवशेषों को रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा—

- कम घुलनशील

- कम विषैले
- जैव अपघटनीय

पदार्थों में बदला जाता है।

#### प्रमुख विधियाँ:

- ऑक्सीकरण
- अपचयन
- न्यूट्रलाइजेशन
- हाइड्रोलिसिस

#### लाभ:

- विषाक्तता में कमी
  - जैविक उपचार योग्य बनाना
- 

## 4. गैर-पुनर्चक्रण योग्य अवशेषों का सुरक्षित निपटान

(Safe disposal of non-recyclable residues)

---

### 4.1 नियंत्रित दहन

(Controlled Incineration)

#### सिद्धांत:

उच्च तापमान पर अवशेषों को जलाकर उन्हें राख और गैस में बदला जाता है।

#### लाभ:

- अपशिष्ट मात्रा में भारी कमी
- रोगाणुओं का पूर्ण नाश

#### सावधानियाँ:

- गैस शोधन आवश्यक
- राख का सुरक्षित निपटान

---

## 5. आर्थिक व्यवहार्यता

(Economic Feasibility)

- उपचार लागत
- पुनर्प्राप्त सामग्री का मूल्य
- ऊर्जा खपत
- संचालन एवं रखरखाव खर्च

उद्देश्य:

कम लागत में अधिक लाभदायक प्रक्रिया अपनाना।

---

## 6. ऊर्जा दक्षता

(ऊर्जा का कुशल उपयोग (Energy Efficiency))

- कम ऊर्जा वाली तकनीकें
  - अपशिष्ट से ऊर्जा उत्पादन
  - ऊष्मा पुनर्प्राप्ति
- 

## 7. पर्यावरणीय प्रभाव मूल्यांकन

(Environmental Impact Assessment)

- वायु, जल, मृदा पर प्रभाव
- जैव विविधता पर असर
- दीर्घकालीन स्वास्थ्य जोखिम
- कानूनों एवं मानकों का पालन

## पॉलिमर पुनर्चक्रण एवं पर्यावरणीय स्थिरता

(Polymer Recycling and Environmental Sustainability)

---

## 1. परिचय

पॉलिमर जैसे प्लास्टिक, रबर, सिंथेटिक फाइबर आधुनिक जीवन का आवश्यक भाग हैं, परंतु इनके अपशिष्ट से गंभीर पर्यावरणीय समस्याएँ उत्पन्न हो रही हैं। पॉलिमर अपघटित नहीं होते, इसलिए इनका संचय भूमि, जल और वायु को प्रदूषित करता है।

## 2. पॉलिमर अपशिष्ट का पर्यावरणीय प्रभाव

(Environmental Impact of Polymer Waste)

### 2.1 भूमि प्रदूषण

- मिट्टी की उर्वरता घटती है
- जल धारण क्षमता प्रभावित होती है

### 2.2 जल प्रदूषण

- नदियों और समुद्रों में प्लास्टिक कचरा
- जलीय जीवों द्वारा प्लास्टिक का निगलना

### 2.3 वायु प्रदूषण

- प्लास्टिक जलाने से विषैली गैसें
- डाइऑक्साइड एवं फ्यूरान जैसे हानिकारक यौगिक

## 3. माइक्रोप्लास्टिक

(Microplastics)

परिभाषा:

5 मि.मी. से छोटे प्लास्टिक कणों को माइक्रोप्लास्टिक कहते हैं।

स्रोत

- बड़े प्लास्टिक का टूटना

- सिंथेटिक कपड़ों की धुलाई
- सौंदर्य प्रसाधन (स्क्रब)

### प्रभाव

- भोजन श्रृंखला में प्रवेश
  - मानव स्वास्थ्य पर दुष्प्रभाव
  - समुद्री पारिस्थितिकी तंत्र को क्षति
- 

## 4. विषैले योजक

### (Toxic Additives)

प्लास्टिक में गुण सुधार हेतु जोड़े जाते हैं—

- प्लास्टिसाइज़र
- फ्लेम रिटार्डेंट
- रंग एवं स्थिरकारक

### हानि:

- हार्मोन असंतुलन
  - कैंसर जोखिम
  - जल और मिट्टी प्रदूषण
- 

## 5. पॉलिमर पुनर्चक्रण की आवश्यकता

### (Need for Recycling)

- प्राकृतिक संसाधनों की बचत
  - कचरे की मात्रा में कमी
  - ऊर्जा संरक्षण
  - प्रदूषण नियंत्रण
  - सतत विकास को बढ़ावा
-

## 6. पर्यावरणीय स्थिरता में योगदान

(Contribution to Environmental Sustainability)

- चक्रीय अर्थव्यवस्था को बढ़ावा
- लैंडफिल पर दबाव कम
- कार्बन उत्सर्जन में कमी
- हरित प्रौद्योगिकी को प्रोत्साहन

## पॉलिमर पुनर्चक्रण के प्रकार

(Types of Polymer Recycling)

### 1. प्राथमिक पुनर्चक्रण

(Primary Recycling / Re-extrusion)

अर्थ

प्राथमिक पुनर्चक्रण में उद्योगों से निकले साफ़ और एक ही प्रकार के पॉलिमर स्ट्रैप को फिर से पिघलाकर नए उत्पाद बनाए जाते हैं।

प्रक्रिया

- औद्योगिक स्ट्रैप एकत्र
- पिघलाना
- पुनः एक्सट्रूजन
- नए उत्पाद का निर्माण

उदाहरण

- प्लास्टिक शीट
- पाइप
- पैकेजिंग फिल्म

## लाभ

- गुणवत्ता लगभग मूल जैसी
- कम ऊर्जा की आवश्यकता

## सीमाएँ

- केवल साफ और शुद्ध स्ट्रैप पर लागू
  - उपभोक्ता कचरे के लिए उपयुक्त नहीं
- 

## 2. द्वितीयक पुनर्चक्रण

(Secondary Recycling / Mechanical Recycling)

### अर्थ

इसमें उपभोक्ता प्लास्टिक कचरे को भौतिक विधियों से पुनर्चक्रित किया जाता है।

### प्रक्रिया

- संग्रह एवं छँटाई
- धुलाई
- कतरन (श्रेडिंग)
- पिघलाना एवं ढलाई

### उदाहरण

- PET बोतल से फाइबर
- HDPE से डिब्बे

## लाभ

- कचरा कम होता है
- लागत अपेक्षाकृत कम

## सीमाएँ

- गुणवत्ता हर चक्र में घटती है
  - मिश्रित प्लास्टिक समस्या पैदा करते हैं
- 

### 3. तृतीयक पुनर्चक्रण

(Tertiary Recycling / Chemical Recycling)

#### अर्थ

इसमें पॉलिमर को रासायनिक विधियों से मोनोमर या उपयोगी रसायनों में बदला जाता है।

#### विधियाँ

- पायरोलिसिस
- गैसीकरण
- हाइड्रोलिसिस
- अल्कोहोलिसिस

#### उत्पाद

- ईंधन
- कच्चा रसायन
- मोनोमर

#### लाभ

- मिश्रित और दूषित प्लास्टिक भी उपयोगी
- उच्च गुणवत्ता पुनर्प्राप्ति

#### सीमाएँ

- तकनीक महंगी
  - ऊर्जा खपत अधिक
- 

### 4. चतुर्थक पुनर्चक्रण

## (Quaternary Recycling / Energy Recovery)

### अर्थ

प्लास्टिक को ईंधन की तरह जलाकर ऊर्जा प्राप्त की जाती है।

### प्रक्रिया

- नियंत्रित दहन
- ऊष्मा एवं बिजली उत्पादन

### लाभ

- कचरे की मात्रा बहुत कम
- ऊर्जा उत्पादन

### सीमाएँ

- वायु प्रदूषण का खतरा
  - अंतिम विकल्प के रूप में उपयोग
- 

## 5. पॉलिमर पुनर्चक्रण में चुनौतियाँ

### (Challenges in Polymer Recycling)

- विभिन्न प्रकार के पॉलिमर का मिश्रण
- दूषित प्लास्टिक
- गुणवत्ता में गिरावट
- उच्च लागत
- तकनीकी सीमाएँ
- उपभोक्ता जागरूकता की कमी

## पॉलिमर पुनर्चक्रण में उभरते रुझान एवं नवाचार

## (Emerging Trends and Innovations)

### 1. जैव-अपघटनीय पॉलिमर और जैव-आधारित प्लास्टिक

(Biodegradable Polymers & Bio-based Plastics)

#### अर्थ

ये ऐसे पॉलिमर हैं जो प्राकृतिक स्रोतों (जैसे पौधे, स्टार्च, मक्का, गन्ना) से बनाए जाते हैं और सूक्ष्मजीवों द्वारा अपघटित हो सकते हैं।

#### उदाहरण

- पॉली लैक्टिक अम्ल (PLA)
- पॉली हाइड्रॉक्सी एल्केनोएट (PHA)

#### लाभ

- पर्यावरण में जल्दी विघटन
- जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम
- कार्बन उत्सर्जन में कमी

#### सीमाएँ

- लागत अधिक
- औद्योगिक कम्पोजिटिंग की आवश्यकता

### 2. स्वचालित छँटाई हेतु AI और सेंसर आधारित प्रणालियाँ

(AI & Sensor-based Automated Sorting)

#### कार्य विधि

- कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा पहचान
- ऑप्टिकल, निकट-अवरक्त सेंसर
- रोबोटिक आर्म से छँटाई

## लाभ

- तेज और सटीक वर्गीकरण
  - मानव श्रम में कमी
  - पुनर्चक्रण दक्षता में वृद्धि
- 

## 3. पुनर्चक्रण-अनुकूल डिज़ाइन

(Design for Recyclability)

### अवधारणा

उत्पाद को इस प्रकार डिज़ाइन करना कि उसे आसानी से अलग, साफ़ और पुनर्चक्रित किया जा सके।

### उपाय

- एकल पॉलिमर का उपयोग
- कम विषैले योजक
- हटाने योग्य लेबल

## लाभ

- पुनर्चक्रण सरल
  - गुणवत्ता में सुधार
  - लागत में कमी
- 

## 4. अपसाइकलिंग

(Upcycling)

### अर्थ

अपशिष्ट पॉलिमर को अधिक मूल्य या बेहतर गुणों वाले उत्पादों में बदलना।

### उदाहरण

- प्लास्टिक बोतलों से कपड़े
- कचरे से निर्माण सामग्री
- सजावटी एवं फर्नीचर उत्पाद

#### लाभ

- उच्च आर्थिक मूल्य
- रचनात्मक उपयोग
- कचरे में कमी

## पुनर्चक्रित पॉलिमर : औद्योगिक उपयोग एवं नियमन

### (Industrial Applications and Regulations)

---

#### 1. पुनर्चक्रित पॉलिमर के औद्योगिक उपयोग

##### (Industrial Applications of Recycled Polymers)

---

##### 1.1 पैकेजिंग उद्योग

- बोतलें, कंटेनर, ट्रे
- कैरी बैग एवं फिल्म
- खाद्य एवं गैर-खाद्य पैकेजिंग

##### लाभ:

- कच्चे माल की बचत
  - लागत में कमी
  - कचरे का पुनः उपयोग
- 

##### 1.2 ऑटोमोबाइल उद्योग

- डैशबोर्ड
- बंपर
- सीट कवर एवं आंतरिक पैनल

**लाभ:**

- वाहन का भार कम
  - ईंधन दक्षता में सुधार
  - लागत घटती है
- 

### 1.3 वस्त्र उद्योग

- पॉलिएस्टर फाइबर
- कारपेट
- कपड़े एवं जूट-मिश्रित वस्त्र

**उदाहरण:**

- PET बोतलों से कपड़े
- 

### 1.4 फर्नीचर उद्योग

- कुर्सियाँ
- मेज़
- स्टोरेज बॉक्स

**लाभ:**

- मजबूत और टिकाऊ
  - मौसम प्रतिरोधी
- 

### 1.5 निर्माण सामग्री

- प्लास्टिक ईंटें
- पाइप

- छत शीट
- सड़क निर्माण में मिश्रण

लाभ:

- दीर्घ आयु
- कम रखरखाव
- पर्यावरण अनुकूल

---

## 2. राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय नियमन

(National & International Regulations)

---

### 2.1 विस्तारित उत्पादक उत्तरदायित्व

(Extended Producer Responsibility – EPR)

अर्थ:

उत्पादक, आयातक एवं ब्रांड मालिक अपने उत्पाद से उत्पन्न कचरे के संग्रह, पुनर्चक्रण और निपटान के लिए जिम्मेदार होते हैं।

उद्देश्य:

- प्लास्टिक कचरे में कमी
- पुनर्चक्रण को बढ़ावा
- पर्यावरण संरक्षण

---

### 2.2 प्लास्टिक अपशिष्ट प्रबंधन नियम

(Plastic Waste Management Rules – भारत)

प्रमुख प्रावधान

- एकल-उपयोग प्लास्टिक पर प्रतिबंध
- पंजीकरण अनिवार्य

- पुनर्चक्रण लक्ष्य निर्धारित
  - EPR अनुपालन आवश्यक
- 

### 3. ISO मानकों का अपनाना

(Adoption of ISO Standards)

---

#### प्रमुख ISO मानक

- पुनर्चक्रित प्लास्टिक की गुणवत्ता
- परीक्षण एवं प्रमाणीकरण
- ट्रेसबिलिटी एवं लेबलिंग

#### लाभ

- उत्पाद की विश्वसनीयता
- अंतरराष्ट्रीय बाज़ार में स्वीकार्यता
- गुणवत्ता नियंत्रण में सुधार