



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई
(स्वायत्त) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका

शिक्षण पुस्तिका
(Learning Material)

पोलूशन कंट्रोल इन केमीकल इंडस्ट्रिज
POLLUTION CONTROL IN CHEMICAL
INDUSTRIES

(314311)

रसायन अभियांत्रिकी गट
(CHEMICAL ENGINEERING)

अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील चौथे सत्र पदविका

शिक्षण पुस्तिका
(Learning Material)

पोलूशन कंट्रोल इन केमीकल इंडस्ट्रिज
POLLUTION CONTROL IN CHEMICAL
INDUSTRIES

(314311)

रासायनीक अभियांत्रिकी गट
(Chemical Engineering)

मराठी माध्यम
(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील चौथे सत्र पदविका)



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई

(स्वायत्त) (ISO ९००१:२०१५) (ISO/IEC २७००१:२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

मुख्य समन्वयक

डॉ. डी. आर. महाजन

मार्गदर्शक

समन्वयक

चारुशीला बी. पाटील

श्री प्रदीप सिताराम चव्हाण

अधिव्याख्याता (निवड श्रेणी) रासायनिक अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

समिक्षक

श्री श्रीमती. व्ही. ए. गोसावी

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

विषय तज्ञ

डॉ. पी. एस. भंडारी

विभागप्रमुख, रसायन अभियांत्रिकी
के. के. वाघ तंत्रनिकेतन नाशिक

श्रीमती. व्ही. ए. गोसावी

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

श्री. एम. एन. शेते

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
के. के. वाघ तंत्रनिकेतन नाशिक

डॉ. एस. एस. रिकामे

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
के. के. वाघ तंत्रनिकेतन नाशिक

श्री. एस एस हराळ

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन जालना



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ

(स्वायत्त) (ISO: ९००१:२०१५) (ISO/IES: २७००१-२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन इमारत, चौथा मजला, ४९, खेरवाडी, बांद्रा (पूर्व), मुंबई - ४०० ०५१.

दूरध्वनी क्र.: ०२२-६२५४२१७० / १६१

Email : director@msbte.com

Web : www.msbte.org.in



प्रास्ताविक

महाराष्ट्र राज्यातील पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षणाशी संबंधित बाबींचे नियमन करण्यासाठी महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ वचनबद्ध असून विद्यार्थ्यांच्या सर्वांगीण विकासाकरिता वेळोवेळी प्रयत्नशील आहे. तंत्रज्ञान, उद्योग, समाज आणि जागतिकीकरण यामध्ये सतत घडून येणा-या बदलांच्या अनुषंगाने तांत्रिक शिक्षणाची भविष्यातील निकड वेधून पदविका स्तरावरील अभ्यासक्रम, परीक्षा पद्धती व शैक्षणिक सामुग्री ह्यांमध्ये अद्ययावत बदल करण्यात महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ अग्रगण्य आहे. विद्यार्थी हा शिक्षण क्षेत्राच्या केंद्रस्थानी असून त्यांची निकड व समस्या संवेदनशीलपणे हाताळल्यास भारत देशाचे 'ज्ञान महासत्ता' बनण्याचे स्वप्न पूर्णत्वास जाईल ह्याचा मला विश्वास आहे.

शहर आणि ग्रामीण भागातील शैक्षणिक सोयीसुविधांमधील दरी अनेक वेळा दिसून येत असून ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांचे इंग्रजी भाषेतील ज्ञान व संवाद कौशल्याबाबतही ही वस्तुस्थिती प्रकर्षाने जाणवते. केवळ इंग्रजी भाषेतील संवाद कौशल्याअभावी ग्रामीण भागातील विद्यार्थी तंत्रशिक्षणापासून वंचित राहू नये, ह्या दृष्टिकोनातून महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळाने शैक्षणिक वर्ष २०२१-२२ पासून प्रथम वर्ष पदविका अभ्यासक्रमाकरिता तांत्रिक शिक्षण मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमात इच्छुक विद्यार्थ्यांना उपलब्ध करून दिले आहे. मात्र असे करताना कोणत्याही परिस्थितीत गुणवत्तेशी तडजोड केली जाऊ नये ह्या दृष्टीने प्रमुख विषयांसाठीच्या शैक्षणिक सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आली आहे.

राष्ट्रीय शिक्षण धोरण २०२० मध्ये प्रादेशिक भाषांमध्ये सर्वांना शिक्षणाची कल्पना मांडण्यात आली आहे. त्यास अनुसरून मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय द्वितीय व तृतीय वर्षाकरिताही उपलब्ध करून देण्यात आला आहे. तसेच त्याकरिता शैक्षणिक सामुग्रीही विद्यार्थी व अध्यापकांना उपलब्ध करून देण्यात येत आहे.

महाराष्ट्र राज्यातील अनुभवी अध्यापकांकरवी ही शैक्षणिक सामुग्री तयार करण्यात आली असून व्यावहारिक मराठी भाषा, इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावलीचा उपयोग आणि संदर्भ पुस्तके लक्षात घेऊन या सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आलेली आहे. सदर सामुग्रीची पुनर्तपासणी सुकाणू समितीमार्फत करण्यात आलेली असल्याने ही शैक्षणिक सामुग्री अधिक समृद्ध झालेली आहे. त्यामुळे विद्यार्थ्यांना तांत्रिक शिक्षण समजून घेणे अधिक सुकर होईल. तसेच व्यावहारिक मराठी भाषेच्या उपयोगाने विद्यार्थ्यांना विषयाचे सखोल आकलन होईल व इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावलीच्या वापरामुळे विद्यार्थ्यांचा उद्योग जगतातील वावर सुलभ होईल. त्यामुळे महाराष्ट्र राज्य तांत्रिक क्षेत्रातील वैश्विक मनुष्यबळाच्या निर्मितीत अग्रेसर राहील व त्यायोगे राष्ट्रनिर्मितीकरीता निश्चितच हातभार लागेल असा मला विश्वास आहे.

अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रमातील प्रमुख विषयांची मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक शैक्षणिक सामुग्री बनविण्यासाठी अध्यापक व सुकाणू समितीचे सदस्य हे कौतुकास पात्र असून मी त्यांचे अभिनंदन करतो.

(प्रमोद नाईक)

संचालक

म. रा. तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई.

अनुक्रमणिका

अ क्र	युनिटचे नाव	पृष्ठ क्र
1	Air Pollution and Control वायू प्रदूषण आणि नियंत्रण	01
2	Water Pollution and Control जल प्रदूषण आणि नियंत्रण	18
3	Solid Waste Management घन कचरा व्यवस्थापन	36
4	Hazardous Waste Management धोकादायक कचरा व्यवस्थापन	42
5	Industrial Pollution Control Act प्रदूषण नियंत्रण कायदे	68

Unit 1 : AIR POLLUTION & CONTROL

वायू प्रदूषण आणि नियंत्रण

CO 1 Use relevant equipment for the control of air pollution in chemical process industry.

उपकरणे वापरून रासायनिक प्रदूषण नियंत्रित करणे

TLO 1.1 Identify the chemical industries responsible for air pollution.

वायू प्रदूषणाला कारणीभूत असलेले chemical industries ओळखा

TLO 1.2 Identify the type of air pollutants.

वायू प्रदूषणाला कारणीभूत असलेले प्रदूषके ओळखा

TLO 1.3 Select relevant equipment for air pollution control in industry.

एअर पोल्युशन कंट्रोल करण्यासाठी उपकरणे ओळखा

TLO 1.4 Explain air pollution control method with reference to manufacturing industry.

विविध प्रकारच्या उत्पादन इंडस्ट्रीमधील एअर पोल्युशन कंट्रोल उपकरणे एक्सप्लेन करा

हवा, पाणी, अन्न, निवारा आणि ऊर्जा या मानवाच्या पाच मूलभूत गरजा आहेत. सरासरी माणूस दिवसातून 22000 वेळा श्वास घेतो आणि यासाठी दररोज साधारणतः 16 किलो हवा लागते. हे अन्न आणि पाण्याच्या वापरापेक्षा कितीतरी पट जास्त आहे. माणूस हवे शिवाय 5 मिनिटांपेक्षा जास्त काळ जगू शकत नाही. तसेच मनुष्य अन्नाशिवाय 5 आठवडे आणि पाण्याशिवाय 5 दिवसा पर्यंत जगू शकतो. यावरून हवेचे महत्त्व आपल्या लक्षात येईल. निसर्गात स्वतःची शुद्धीकरण करण्याची क्षमता आहे.

परंतु मानवनिर्मित कारणांमुळे उत्सर्जनाचा दर शुद्धीकरणाच्या दरापेक्षा खूप जास्त आहे. परिणामी, वायू प्रदूषण ही चिंताजनक बाब आहे. वाहनांच्या उत्सर्जन मानकांमध्ये भारत स्टेज I (युरो I) पासून भारत स्टेज VI (युरो VI) मध्ये वाहनांच्या उत्सर्जन मानकांमध्ये झालेला बदल आणि याची अंमलबजावणी या बाबत शासनाने घेतलेला पुढाकार हे हवेचे प्रदूषण आणि हवा प्रदूषणाने गाठलेली उच्च पातळी समजण्यासाठी पुरेसे आहे.

अशी कोणतीही वातावरणीय स्थिती ज्यामध्ये काही घटकांचे प्रमाण जास्त असते जे की मानवी आरोग्यासाठी आणि परिसरासाठी धोकादायक असतात अशा स्थितीला वायू प्रदूषण असे म्हणतात.

1.1 रासायनिक उद्योगातील वायू प्रदूषणाचे स्रोत आणि प्रकार

स्रोत/ इंडस्ट्री मधील प्रक्रिया	बाहेर पडणारी प्रदूषके
इंधनांचे ज्वलन बॉयलर, इन्सिनेरेटर आणि डिझेल जनरेटर	SO _x , NO _x , CO, धूर, फ्लायअॅश, मेटल ऑक्साइड

पेट्रोलियम रिफायनरीज : प्लेअर्स, रिअॅक्शन्स, स्टोरेज टँक, बॉयलर	SO _x , NO _x , हायड्रोकार्बन, कणयुक्त पदार्थ, अल्डीहाइड, NH ₃ आणि गंध.
इनऑर्गॅनिक केमिकल इंडस्ट्रीज सल्फ्युरिक ॲसिड प्लांट नायट्रिक ॲसिड प्लांट, फर्टिलायझर प्लांट, फॉस्फोरिक ॲसिड प्लांट, इ.	SO ₂ , H ₃ PO ₄ , HF, H ₂ S, NO _x , NH ₃ , कणयुक्त पदार्थ इ.
ऑर्गॅनिक केमिकल इंडस्ट्रीज प्लास्टिक, पेंट, वार्निश, सिन्थेटिक रबर, रेयॉन, सोप, डिटर्जेंट, इन्सेक्टीसायीड, मिथेनॉल, इथेनॉल, इ. मॅन्युफॅक्चुरींग	पार्टिक्युलेट्स, गंध(वास), SO ₂ , CO, ऑर्गॅनिक आणि सॉल्व्हेंट व्हेपर्स
पल्प अँड पेपर इंडस्ट्री डायजेस्टर ब्लोडावून अँड इमिशनस, पल्प वेस्ट, ऑक्सिडेशन टॉवर्स, इ.	पार्टिक्युलेट्स मॅटर, गंध(वास), सल्फर कंपाऊंड्स, H ₂ S, मरकॅप्टन्स, SO ₂
मेटालर्जिकल आणि सिमेंट इंडस्ट्रीज	पार्टिक्युलेट्स मॅटर, धूळ, फ्लू गॅस(धूर)

रासायनिक उद्योगात विविध ऑपरेशन्स असतात ज्यामध्ये वायू(gases), कण (particulate) किंवा दोन्हीही प्रकारच्या प्रदूषकांचे वातावरणात उत्सर्जन होते.

१.१.१ वायू प्रदूषकांचे वर्गीकरण

वायू प्रदूषकांचे वर्गीकरण वेगवेगळ्या परिस्थिती आणि निकषांवर केले जाऊ शकते जसे की उत्पत्ती, रासायनिक रचना आणि पदार्थाची अवस्था.

वायू प्रदूषकांचे वर्गीकरण	वायू प्रदूषके आणि उदाहरणे
प्रदूषकांच्या उत्पत्तीच्या आधारावर	प्राथमिक प्रदूषके प्राथमिक प्रदूषके म्हणजे अशी प्रदूषके जी थेट स्त्रोतापासून वातावरणात उत्सर्जित होतात CO, NO ₂ , SO ₂ आणि हायड्रोकार्बन्स
	दुय्यम प्रदूषक वातावरणातील प्राथमिक प्रदूषकांच्या रासायनिक किंवा प्रकाश-रासायनिक रूपांतरणातून दुय्यम प्रदूषक तयार होतात. O ₃ , पेरोक्सी-ॲसिल नायट्रेट (PAN), फोटो-केमिकल स्मॉग, इ.
रासायनिक रचनेवर आधारित	ऑर्गॅनिक केमिकल प्रदूषके हायड्रोकार्बन्स, अल्डीहाइड्स, केटोन्स, अमाइन आणि अल्कोहोल

	इनऑर्गॅनिक केमिकल प्रदूषके कार्बन संयुगे (CO, CO_2 आणि कार्बोनेट) नायट्रोजन संयुगे (NO_x आणि NH_3) सल्फर संयुगे (H_2SO_4, SO_2, SO_3 आणि H_2S) हॅलोजन संयुगे (HF, HCl, धातूचे फ्लोराईड) ऑक्सिडायझिंग एजंट्स (O_3) उदा. धातूशास्त्र आणि इतर औद्योगिक उपक्रमांमधून मिळणारी फ्लाय अॅश, सिलिका, अॅस्बेस्टोस आणि धूळ.
पदार्थाच्या अवस्थांच्या आधारावर	वायूजन्य प्रदूषके हे प्रक्रियेदरम्यान किंवा ऑपरेशन दरम्यान उत्सर्जित होणारे वायूयुक्त दूषित घटक आहेत जे हवेत मिसळतात आणि सामान्यतः स्थिर होत नाहीत. CO, CO_2, SO_x, NO_x, इ. बारीक वाटलेल्या घन पदार्थ किंवा द्रव पदार्थापासून बनलेले आणि बहुतेकदा कोलाइडल अवस्थेत एरोसोल म्हणून अस्तित्वात असलेले कण प्रदूषक.

1.2 प्रदूषणकारी कण आणि नियंत्रण (Particulate matter pollution and control)

प्रक्रिया उद्योगांमधून वातावरणात सोडले जाणारे द्रव थेंब, सूक्ष्म घन पदार्थ जे हवेत लटकलेले (Suspended) राहतात आणि जे भौतिक-रासायनिक रूपांतरातून अशा स्वरूपात येऊ शकतात जे मानव, मालमत्ता आणि परिसरासह सजीवांच्या आरोग्यासाठी आणि कल्याणासाठी हानिकारक असू शकतात त्यांना कण प्रकारचे प्रदूषक (particulate type pollutant) म्हणतात.

यामध्ये हवेत लटकलेले (Suspended) लहान घन आणि द्रव थेंब असतात. यामध्ये धूळ, काजळी, धूर आणि रासायनिक थेंब असू शकतात. हे कण इतर विविध दूषित पदार्थ देखील शोषू शकतात आणि त्यांच्यात दुय्यम स्वरूपात रासायनिक रूपांतर होऊ शकते जे मूळ दूषित पदार्थापेक्षा जास्त धोकादायक असू शकते.

जेव्हा कणांमध्ये सूक्ष्म घन पदार्थ किंवा द्रव थेंब असतात तेव्हा ते सहजपणे श्वास घेता येतात ज्यामुळे आरोग्याच्या समस्या उद्भवू शकतात.

- $\text{PM} < 10 \mu \text{ मी}$ - श्वसनाद्वारे हे कण फुफ्फुसांच्या आत खोलवर जाऊ शकतात आणि रक्तप्रवाह देखील थांबवू शकतात.
- पीएम $< 2.5 \mu \text{ मीटर}$ - सूक्ष्म स्वरूपामुळे सर्वात जास्त धोका निर्माण होतो
रासायनिक अभिक्रियेतून बाहेर पडणाऱ्या अस्थिरतेमुळे किंवा वायूच्या संक्षेपणातून धूर तयार होऊ शकतो.

प्रवाहात असलेल्या कण दूषित घटकांच्या स्वरूपानुसार विविध नियंत्रण उपकरणे वापरली जाऊ शकतात. नियंत्रण उपकरणे/तंत्रांची यादी खाली नमूद केल्याप्रमाणे आहे.

- डस्ट कलेक्टर (Dust Collector)
- फॅब्रिक फिल्टर (बॅग हाऊस) (Fabric Filter)
- वेट स्क्रबर (Wet Scrubber)
- इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटर (Electrostatic Precipitator)

१.२.१ बॅग फिल्टर

- नावाप्रमाणेच बॅग फिल्टर किंवा बॅग हाऊसमध्ये 120 - 400 मिमी व्यासाच्या आणि 2 ते 10 मीटर लांबीच्या असंख्य उभ्या पिशव्या असतात.
- हे उघड्या टोकांसह लटकलेले असतात आणि उघड्या टोकांना मॅनिफोल्डमध्ये सोडले जाते. तळाशी असलेला हॉपर धूळ गोळा करणारा म्हणून काम करतो.
- इनलेट पाईपमधून जाणारा वायू बॅगल प्लेटवर आदळतो ज्यामुळे गुरुत्वाकर्षणामुळे मोठे कण हॉपरमध्ये पडतात.
- नंतर वाहक वायू वरच्या दिशेने नळीच्या आकाराच्या पिशव्यांमध्ये आणि नंतर कापडाच्या पिशव्यांमधून बाहेर वाहतो. कण केकच्या स्वरूपात साठवले जातात.
- प्रत्यक्षात सुरुवातीला कापडाचे छिद्र कणांच्या आकारापेक्षा मोठे असल्याने पृथक्करण कार्यक्षमता कमी असते. तथापि, प्रीकोटसारखा थर तयार होताना, ते प्रत्यक्षात फिल्टर माध्यम म्हणून काम करते आणि कार्यक्षमता खूप उच्च मूल्यापर्यंत वाढते.
- पिशव्या वेळोवेळी स्वच्छ कराव्यात. कापूस ($<80^{\circ}\text{C}$), लोकरीचे कापड ($<93^{\circ}\text{C}$) असे विविध फिल्टर माध्यम.

फायदे:

- 10μ पेक्षा जास्त कण आकारासाठी उच्च संकलन कार्यक्षमता (High Collection efficiency)
- साधे डिझाइन आणि वापरण्यास सोपे
- नाममात्र वीज वापर.
- प्रदूषक किंवा धूळ कण कोरड्या अवस्थेत गोळा केले जातात

बॅग फिल्टरच्या वापरातील मर्यादा (Disadvantage and limitations)

- उच्च तापमान आणि अधिक आद्रता असणाऱ्या वायूसाठी बॅग फिल्टर वापरताना अडचणी निर्माण होतात.
- ऑपरेशन आणि देखभालीसाठी जास्त खर्च येतो.
- उपकरणाचा आकार मोठा असतो, त्यामुळे जागा जास्त लागते.
- वायूतून धूलिकण काढताना घर्षणामुळे बॅग ची झीज होते तसेच बॅगच्या बारीक छिद्रात कण गेल्यामुळे बॅगची सच्छिद्रता कमी. या कारणामुळे म्हणजेच बॅग चोक होते.

उपयोग/वापर

- धातू उद्योग
- फाउंड्री
- सिमेंट उद्योग

- खडू आणि चुना कारखाने
- सिरेमिक उद्योग
- पिठाच्या गिरण्या

1.2.2 सायक्लोन सेपरेटर (Cyclone Separator)

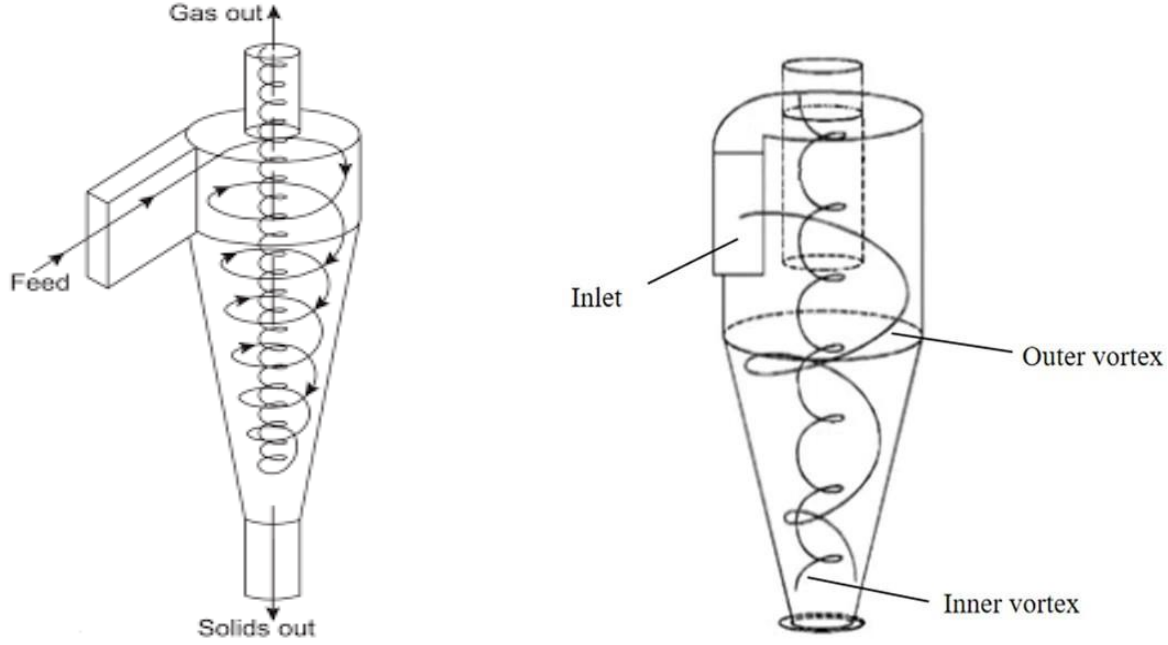


Fig 1.1 Cyclone Separator

(प्रतिमा सौजन्य : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SCyclone.jpg>)

- सायक्लोन सेपरेटर हे गॅस मध्ये असलेले धूळ/कण वेगळे करणारे प्रदूषण नियंत्रण करण्यासाठी वापरले जाणारे यंत्र आहे
- या मध्ये सेन्ट्रिफ्युगल बलाचा (Centrifugal Force) वापर करून गॅस मध्ये असलेले कण हे गॅस मधून वेगळे केले जातात.
- त्यात असे कोणतेही हालणारे भाग नाहीत ज्यामध्ये इनलेट वायूचा वेग एका मर्यादित भोवऱ्यात रूपांतरित होतो सेन्ट्रिफ्युगल बलामुळे धूलिकण/कण भिंतीच्या दिशेने बाहेर फेकले जातात.
- त्यात उभ्या स्थितीत असलेला दंडगोलाचा (सिलिंड्रिकल) आकाराचा भाग असतो ज्याच्या तळाशी एक उलटा शंकू (कोन) जोडलेला असतो. कणांनी भरलेला वायू प्रवाह सिलेंडरमध्ये इनलेट भागात टँजेन्शियल रित्या प्रवेश करतो.
- शुद्ध केलेल्या वायूसाठी आउटलेट पाईप दंडगोलाकार (सिलिंड्रिकल) भागाच्या मध्यभागी जोडलेला असतो आणि तो दंडगोलाकार भागाच्या आत इनलेटच्या खाली अंशतः वाढवलेला असतो. जेणेकरून गॅस मधील धूलिकण गॅस पासून वेगळे व्हायच्या अगोदर गॅस इनलेट पाईप मधून बाहेर पडू नये,

- वायूचा मार्ग सामान्यतः दुहेरी भोवऱ्या सारखा असतो. प्रथम दंडगोलाकार भागाच्या बाह्य परिघावर वायू स्पायरल पद्धतीने खालील दिशेने कोणाच्या तळापर्यंत खालच्या दिशेने जातो.
नंतर वायूचा प्रवाह बाह्य स्पायरलच्या आतील भागातून अरुंद सर्पिलाकार (स्पायरल) स्वरूपात वरच्या दिशेने सरकतो. परंतु बाह्य सर्पिलाकार वायूचा मार्ग आणि अंतर्गत सर्पिलाकार मार्ग या दोन्हीचा अक्ष एकच असतो. वरच्या दिशेने जाणारा धूलिकण विरहित वायू वॉर्टेक्स फाईंडर मधून बाहेर पडतो.
- वायूच्या वेगाने होणाऱ्या सर्पिलाकार हालचालीमुळे, सेंट्रिफ्यूगल बलाने विखुरलेले पदार्थ भिंतीकडे प्रक्षेपित होतात आणि नंतर ते गुरुत्वाकर्षणाने शरीराच्या तळाशी पडतात जिथे ते स्टोरेज हॉपरमध्ये गोळा केले जातात. सायक्लोन सेपरेटर मध्ये वायूचा वेग सरासरी इनलेट वायू वेगापेक्षा अनेक पट जास्त असू शकतो.
- आधुनिक डिझाइनमध्ये विकसित केलेले सेंट्रिफ्यूगल बल चक्रीवादळाच्या व्यासानुसार गुरुत्वाकर्षणाच्या 5 ते 2500 पट पर्यंत बदलते. सायक्लोन सेपरेटर द्वारे $10\ \mu$ पर्यंत सुमारे 90 % कण काढले जाऊ शकतात.
- सायक्लोन सेपरेटर हे $1000\ ^\circ\text{C}$ जास्त तापमान आणि 500 atm पर्यंत कार्यक्षमरित्या वापरले जाऊ शकतात..
- 0.05 ते $700\ \text{m}^3/\text{min}$ इतक्या प्रमाणात वायू इतका वायू हाताळण्यासाठी सक्षम.

सायक्लोन सेपरेटरची वैशिष्ट्ये

- कमी प्रारंभिक खर्च
- साधे बांधकाम आणि ऑपरेशन.
- कमी दाब कमी होणे
- कमी देखभाल आवश्यकता.
- त्याचे कोणतेही हालणारे भाग नाहीत.
- वायूमधील कणांच्या विलगीकरणासाठी सलगपणे वापर करता येते.

तोटे

- 5 ते 10 मायक्रॉन व्यासापेक्षा कमी कणांसाठी संकलन कार्यक्षमता कमी.
- उपकरणाचा घर्षणामुळे घसारा होण्याची शक्यता अधिक,
- जर डिस्पर्साईड्सची सांद्रता कमी असेल तर संकलन कार्यक्षमता कमी असते.

सायक्लोन सेपरेटरचे उपयोग

सिमेंट उत्पादन, पीठ आणि धान्य प्रक्रिया, खनिज प्रक्रिया, कागद आणि कापड उद्योग आणि लाकूडकाम उद्योग यासारख्या औद्योगिक कार्यात वायूजन्य कणांच्या नियंत्रणासाठी चक्रीवादळांचा मोठ्या प्रमाणावर वापर केला जातो. पेट्रोलियम उद्योगात उत्प्रेरक पुनर्प्राप्ती आणि वीज प्रकल्पात फ्लाय अॅश पुनर्प्राप्तीसाठी देखील याचा वापर केला जातो.

१.२.३ इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटर (Electrostatic Precipitator)

इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटर हे कण (particles) गोळा करणारे उपकरण आहेत. जे कण काढून टाकण्यास मदत करण्यासाठी थेट विद्युत उर्जेचा वापर करतात. फ्लू गॅस किंवा हवेतील कण वायूच्या मधून काढून टाकण्यासाठी अत्यंत कार्यक्षम .

कार्य तत्त्व (Working Principle):

प्रदूषकांचे कण असलेले वायू जेव्हा एकमेकां पासून इलेक्ट्रीकली इन्सुलेट केलेल्या आणि उच्च विभवांतर असलेल्या इलेक्ट्रोड मधून जेव्हा प्रवाहित केले जातात तेव्हा गॅस मध्ये असलेले कण कमी पोटेंशियल असलेल्या इलेक्ट्रोड वर जमा (प्रेसिपिटेट) होतात.

इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटरची रचना (कन्स्ट्रक्शन)

इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटरच्या सामान्य प्रणालीमध्ये सहा प्रमुख घटक असतात:

- उच्च व्होल्टेजचा स्रोत
- डिस्चार्ज आणि कलेक्शन (संकलन) इलेक्ट्रोड
- गॅससाठी इनलेट आणि आउटलेट.
- गोळा केलेल्या साहित्याची विल्हेवाट लावण्याचे साधन
- इलेक्ट्रॉनिक स्वच्छता प्रणाली
- इलेक्ट्रोडभोवती एक आवरण तयार करण्यासाठी बाह्य आवरण.

यामध्ये समांतर कलेक्टर प्लेट्स असतात ज्यांच्यामध्ये वायरपासून बनलेला डिस्चार्ज इलेक्ट्रोड ठेवला जातो. कलेक्टर प्लेटमधील अंतर 2.5 cm पेक्षा कमी असते. कलेक्शन आणि डिस्चार्ज इलेक्ट्रोडमध्ये 40 ते 60 kV व्होल्टेज वापरला जातो.

कार्य (Working)

वाहक वायूमधील कण या क्षेत्रातून जात असताना ते चार्ज होतात आणि विरुद्ध चार्ज केलेल्या संकलन (collection) इलेक्ट्रोडकडे स्थलांतरित होतात. संकलन इलेक्ट्रोडवर जमा झालेले कण त्यांचे चार्ज गमावतात आणि मेकॅनिकली किंवा व्हायब्रेशन द्वारे इलेक्ट्रोड वर जमा झालेले कण हॉपर मध्ये जमा केले जातात. अशा प्रकारे इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटरद्वारे वायूमधील कण विलग करण्याचे चार टप्पे आहेत.

- कणांचे चार्जिंग
- कणांचे संकलन इलेक्ट्रोड स्थलांतर.
- कलेक्शन इलेक्ट्रोड वर जमा झालेल्या कणांवरील चार्जचे न्यूट्रलायझेशन गोळा केलेला कण काढा.
- कलेक्शन इलेक्ट्रोड वर जमा झालेल्या कणांचे मेकॅनिकल पद्धत किंवा व्हायब्रेशन चा वापर करून हॉपर मध्ये गोळा करणे

इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटर फायदे

- उच्च संकलन कार्यक्षमता.
- 0.1 मायक्रॉन इतके लहान कण काढले जाऊ शकतात.
- कमी देखभाल आणि ऑपरेटिंग खर्च.
- उच्च तापमानाच्या मोठ्या प्रमाणात वायूची समाधानकारक हाताळणी.

- कमी दाबाचा थेंब (0.25 ते 1.25 cm पाणी).
- उपचार वेळ नगण्य आहे (0.1 ते 10 S).
- घन, द्रव किंवा संक्षारक रसायनांच्या वापराला मर्यादा नाही.

इलेक्ट्रोस्टॅटिक सेपरेटरचा तोटा

- उच्च प्रारंभिक खर्च.
- मोठ्या आकाराच्या उपकरणांमुळे जागेची आवश्यकता जास्त आहे.
- विषारी वायू ओझोन हा वायू वायूच्या दरम्यान नकारात्मक चार्ज केलेल्या डिस्चार्ज इलेक्ट्रोडद्वारे तयार होतो
- आयनीकरण.

औद्योगिक इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रेसिपिटेटर अनुप्रयोग

- सिमेंट कारखान्यांमधील सिमेंट भट्ट्यांमधून फ्लू गॅसची स्वच्छता आणि सिमेंट धूळ पुनर्प्राप्ती.
- क्राफ्ट पल्प मिलमध्ये सोडा - फाय्म रिकव्हरी.
- इंधन म्हणून वापरण्यासाठी ब्लास्ट फर्नेस वायू स्वच्छ करणे, कोक ओव्हन वायूंमधून डांबर काढून टाकणे, उघड्या चूल आणि इलेक्ट्रिक फर्नेस वायू स्वच्छ करणे.
- सल्फ्यूरिक आणि फॉस्फोरिक आम्ल धुक्याचे संकलन. बाष्पाच्या ढिगाऱ्यातील मूलभूत फॉस्फोरसपासून धूळ काढून टाकणे.
- पेट्रोलियम धुळीमध्ये उत्प्रेरक धुळीची पुनर्प्राप्ती.
- कार्बन ब्लॉकचे संचय आणि संकलन करण्यासाठी.
- कोळशावर चालणाऱ्या बॉयलरमधून राख गोळा करणे.

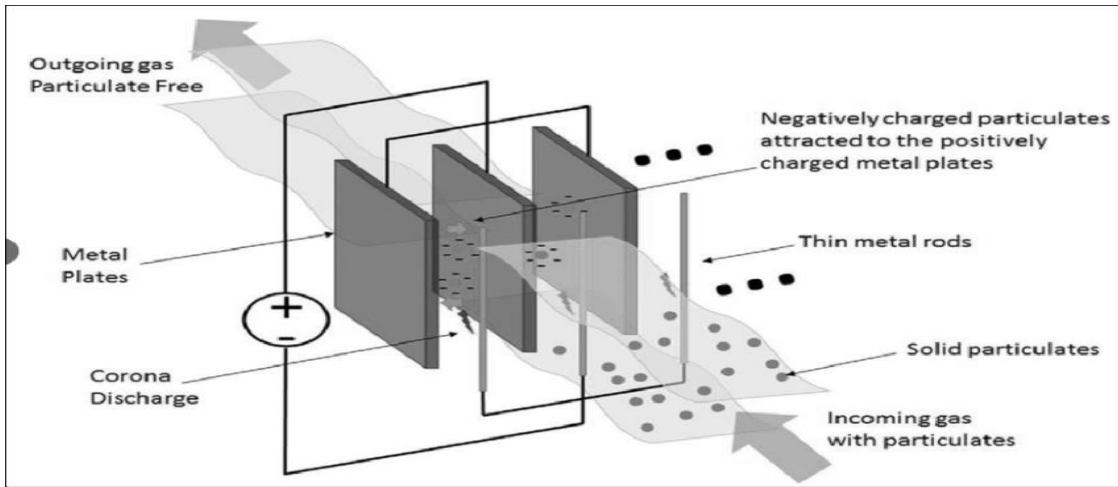


Fig 1.2 Electrostatic Precipitator

(प्रतिमा श्रेय:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrostatic_precipitator.svg#globalusage)

1.2.4 वेट स्क्रबर (Wet Scrubber)

- करियर गॅस मधून कण काढण्या बरोबरच गॅसला थंड करणे असे दोन्हीही कार्ये आवश्यक असेल तर वेट स्क्रबर वापरतात. यात पाण्याचा वापर कण स्वरूपातील प्रदूषकाला ट्रॅप करण्यासाठी किंवा थेंबात अडकवण्यासाठी केला जातो. वायू आणि कण दोन्ही दूषित पदार्थ काढून टाकण्यासाठी **वेट स्क्रबर** वापरले जाऊ शकतात
- पाण्याच्या थेंबा द्वारे कॅरियर गॅस मधून काढले जातात आणि नंतर पाण्यापासून वेगळे केले जातात.
- 0.2 मायक्रॉनपेक्षा कमी आणि मोठे कण ओल्या स्क्रबरने वेगळे करता येतात.

वेट स्क्रबर स्क्रबरची तत्त्वे

खालील यंत्रणेच्या एका किंवा संयोजनाद्वारे कण वायू प्रवाहातून काढून टाकले जातात.

- इम्पीनेजमेंट (Impingement) - कण पाण्याच्या थेंबावर आदळतात आणि थेंबात अडकतात.
- इंटरसेप्शन (interception) - या प्रक्रियेत कण पाण्याच्या थेंबाला घासून जात असतांना थेंबात अडकतात
- डिफ्युजन (diffusion) - प्रदूषक कण कॅरियर गॅस मधून थेंबा पर्यंत किंवा थेंबाच्या दिशेने जातात आणि थेंबात अडकतात.
- कंडेंसेशन(condensation)- वाफ चे कणां कॅंडेनसेशन होते आणि प्रदूषक कण गॅस पासून वेगळे होतात

वापरलेले लोकप्रिय वेट कलेक्टर खाली नमूद केल्याप्रमाणे आहेत.

अ. स्प्रे टॉवर्स:

हे कमी किमतीचे स्क्रबर आहेत, जे वायू आणि कण दोन्ही दूषित पदार्थ काढून टाकण्यासाठी वापरले जाऊ शकतात. या युनिटमध्ये कंडेंसेशनमुळे दाब कमी होतो आणि मोठ्या प्रमाणात वायू हाताळता येतात. वायू वरच्या दिशेने वाहत असताना, प्रवाह मार्गावर फवारलेल्या द्रव थेंबांवर कण आदळतात आणि थेंब असलेले द्रव कण गुरुत्वाकर्षणाने चेंबरमध्ये स्थिर होतात.

स्प्रे टॉवर्स 10 μ पेक्षा जास्त आकार असलेले कण काढून टाकण्यास प्रभावी आहेत आणि लहान कणांसाठी कार्यक्षमता सुधारण्यासाठी त्यात बदल केले जाऊ शकतात.

ब. वेट सायक्लोनिक स्क्रबर

एका साध्या वेट सायक्लोन स्क्रबरमध्ये, सायक्लोन चेंबरमध्ये विविध ठिकाणी असलेले उच्च दाबाचे स्प्रे नोजल सूक्ष्म सूक्ष्म पाणी किंवा द्रवाचे स्प्रे तयार करतात जे वर्तुळाकार पद्धतीने फिरणाऱ्या वायूमध्ये असलेल्या लहान कणांना रोखतात. इंटरसेप्शन क्रिये मुळे कण द्रव पदार्थाच्या थेंबा मध्ये अडकतात. सेन्ट्रिफ्युगल बला मुळे भिंतीवर आदळतात आणि पाण्याबरोबर वेट स्क्रबर च्या बाहेर पडतात .

वेट सायक्लोनिक स्क्रबरच्या साहाय्याने 100 μ आकाराच्या कण 100 % पर्यंत काढले जाऊ शकतात तर 5 ते 100 μ दरम्यानचे कण 90 ते 98% पर्यंत काढून टाकता येतात.

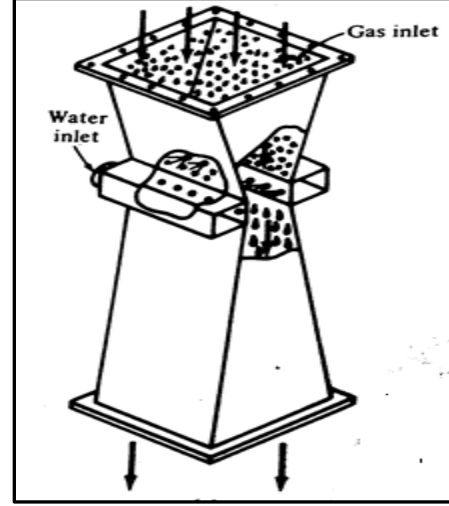
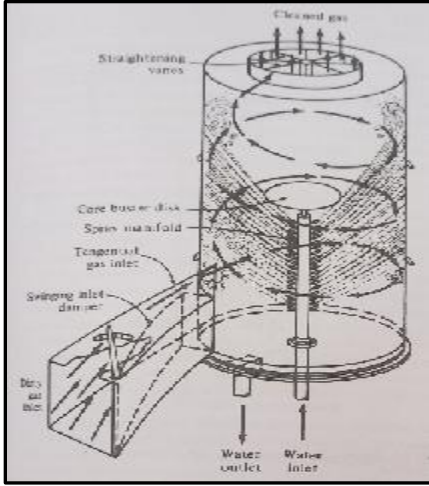


Fig. 1.3 a. Cyclone scrubber b. Venturi Scrubber

(Image Credit: Air Pollution by M V Rao and H V N Rao)

b. व्हेंचुरी स्क्रबर्स

- व्हेंचुरी स्क्रबर्स 0.5 ते 5μ आकाराच्या कणांना काढून टाकण्यासाठी सर्वात कार्यक्षम आहेत. धूर आणि धुरांशी संबंधित सबमायक्रॉन कण काढून टाकण्यासाठी हे प्रभावी आहेत.
- व्हेंचुरी स्क्रबर्स मध्ये व्हेंचुरी स्वरूपाची रचना स्क्रबर च्या टाकीवर बसवलेली असते.
- कण आणि धूर असलेला वायू व्हेंचुरी च्या वरच्या टोकाकडून आत पाठवला जातो आणि व्हेंचुरीच्या थोट मध्ये पाणी सूक्ष्म थेंबाच्या स्वरूपात फवारले (ऑटोमाईझ केले) जाते. वायूमधील कण फवारणीच्या पाण्याने रोखले जातात, पाण्याच्या थेंबात अडकतात आणि पाण्यासहीत टाकीत पडतात.
- व्हेंचुरी स्क्रबर वायू आणि प्रदूषक कण दोन्ही कार्यक्षमतेने काढून टाकू शकतात. कार्यक्षमता सहसा 90% पेक्षा जास्त असते. तथापि, द्रव पंपिंग आणि ऑटोमायझेशन, वायू पासून वेगळे केलेले पार्टिकल त्यांना स्क्रबिंग लिक्विड किंवा पाण्यापासून फिल्ट्रेशन द्वारे वेगळे करणे, जर कण कोरड्या स्वरूपात आवश्यक असतील तर त्यांना वाळवणे यामुळे व्हेंचुरी स्क्रबर्स द्वारे वायू प्रदूषण नियंत्रणाचा खर्च काही प्रमाणात जास्त असू शकतो.

१.३ वायू प्रदूषक आणि नियंत्रण -

उत्सर्जित होणाऱ्या वायू दूषित पदार्थांमध्ये कार्बन मोनोऑक्साइड (CO), सल्फर ऑक्साइड (SO_x), नायट्रोजन ऑक्साइड (NO_x), इतर ऑर्गॅनिक आणि इनऑर्गॅनिक प्रदूषक आणि व्होलाटाइल ऑर्गॅनिक कार्बन (VOC) सारखे घटक असतात. प्रदूषण नियंत्रण किंवा कमी करण्यासाठी अमलात आणलेल्या पद्धती ह्या उत्सर्जित गॅस, त्यात असलेले घटक, त्यांची उत्सर्जित केलेल्या वायू मध्ये असलेले प्रमाण यावर अवलंबून असतात. यासाठी विविध भौतिक-रासायनिक पद्धती वापरल्या जातात आणि सुचवल्या जातात त्या खालील प्रमाणे

- स्क्रबिंग/ ऍबसॉरप्शन
- ऍडसॉरप्शन
- कॅटलिटिक कन्वर्टर
- थर्मल इन्सिनेरेटर.

स्क्रबिंग/ ऍबसॉरप्शन

ऍबसॉरप्शन म्हणजे वस्तुमान हस्तांतरण ऑपरेशन म्हणून परिभाषित केले जाते ज्यामध्ये वायूमधील दूषित घटकांना योग्य द्रावकाशी संपर्क साधून प्राधान्याने काढून टाकले जाते. वायू दूषित घटक आणि द्रावकाच्या चांगल्या संपर्कासाठी सुचविलेले उपकरणे अशी आहेत:

पॅक केलेला बेड कॉलम

पॅक ऍबसॉरप्शन टॉवर म्हणजे पॅकिंगने भरलेला एक कॉलम असतो. सॉल्व्हेंट म्हणून वापरला जाणारा द्रव वरून फवारला जातो तर प्रक्रिया करण्यासाठी वायू खालून वर पाठवला जातो. हा द्रव पॅकिंगवर फिल्मच्या स्वरूपात वाहतो आणि दूषित घटकांशी कार्यक्षम संपर्कामुळे वायूतील प्रदूषक घटक सॉल्व्हेंटमध्ये शोषले जातात आणि स्वच्छ वायू कॉलममधून बाहेर पडतो.

कॉलमचा व्यास, वापरले जाणारे द्रावण आणि त्यांचा प्रवाह (फ्लोरेट) हे प्रदूष घटक, त्यांची पातळी आणि नियमानुसार लागणारी पातळी यावर अवलंबून असते.

वेगवेगळ्या प्रदूषकासाठी वेगवेगळे द्रावण वापरले जाऊ शकतात. अर्थात काही द्रावण हे अनेक प्रकारच्या प्रदूषकाला गॅस मधून ऍबसॉरप्शन च्या द्वारे बाहेर काढू शकते.

स्प्रे टॉवर

स्प्रे टॉवर पॅकिंग वगळता पॅक कॉलमसारखाच असतो. स्प्रे टॉवरमधील संपर्क पॅक टॉवरइतका कार्यक्षम नाही. तथापि, जेव्हा प्रदूषक वायू प्रवाहात कणयुक्त पदार्थ देखील असतात तेव्हा पॅक टॉवरच्या तुलनेत ते योग्य असते.

रिकाम्या टॉवरमध्ये वरून सॉल्व्हेंट फवारले जाते आणि खालून वायू दिले जातात, स्तंभांमधील संपर्कादरम्यान गॅस रेणू सॉल्व्हेंटमध्ये घासला जातो.

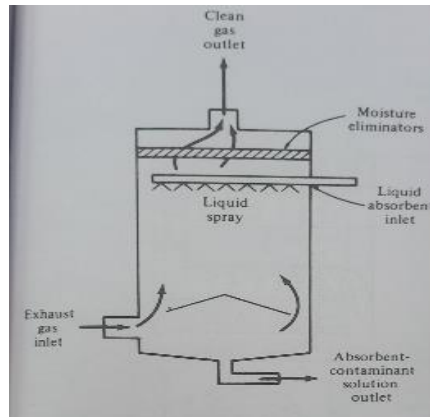


Fig 1.4 Spray Tower

(प्रतिमा श्रेय: एमएन राव आणि एचव्हीएन राव यांचे वायू प्रदूषण

- प्लेट टॉवर्स

प्लेट टॉवर्समध्ये पॅकिंगची जागा तयार केलेल्या किंवा विशेषतः डिझाइन केलेल्या आणि समान अंतरावर असलेल्या छिद्रित प्लेट्सने घेतली जाते. प्रत्येक प्लेटवर द्रवाचा साठा राखला जातो. प्लेट्सच्या संख्येनुसार वायू द्रवाच्या साठ्यातून अनेक वेळा जातो. द्रावक आणि वायूंचा प्रवाह दर समायोजित केला जातो जेणेकरून स्तंभात पूर आणि रॅपिंग न होता चांगले संपर्क साधता येईल.

- लिक्विड जेट स्क्रबर

लिक्विड जेट स्क्रबर व्हेचुरी स्क्रबरसारखे दिसते आणि ते काम करण्याबद्दल आधी सांगितले आहे. वायू प्रदूषकांसोबत, कण प्रदूषक देखील काढून टाकायचे असल्यास हे योग्य आहेत.

- बबल कॅप प्लेट टॉवर्स

बबल कॅप प्लेट टॉवरमध्ये प्लेटमध्ये संपूर्ण कॅप असते. हे अधिक धारणा आणि गॅस आणि सॉल्व्हेंटचा चांगला संपर्क प्रदान करण्यासाठी डिझाइन केलेले आहेत. तथापि, बबल कॅप टॉवरमध्ये दाब कमी होणे जास्त असते.

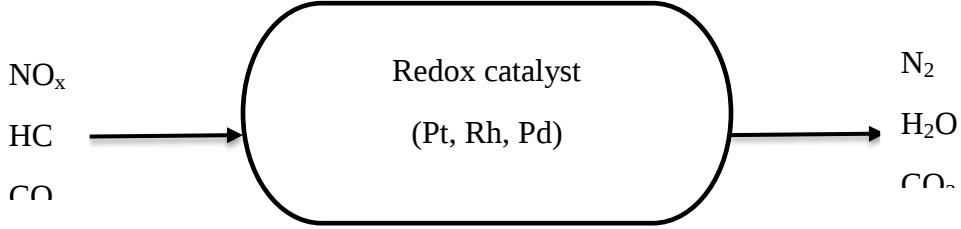
साधारणपणे, वायू आणि पाण्यासारख्या घासणाऱ्या द्रवाचा प्रवाह प्रतिधारा आणि सतत पद्धतीने आयोजित केला जातो. वेगळेपणाची व्याप्ती संपर्काचे क्षेत्र, प्रकार आणि संपर्काचा वेळ यावर अवलंबून असते. शोषणासाठी वापरले जाणारे द्रावक काढून टाकायच्या दूषित घटकावर अवलंबून असते.

प्रदूषक	शोषक द्रावक
नॉन-ऑक्सिडेंट	H ₂ O, एक. HNO ₃
HF	एच२०, नाओएच
H ₂ S	इथेनॉलामाइन, सोडा अॅश, अमोनिया मद्य
SO ₂	₂ चे निलंबन

कॅटलिटिक कन्व्हर्टर

- जेव्हा हायड्रोकार्बन इंधन जाळले जाते तेव्हा संपूर्ण ज्वलनाचे उत्पादन आदर्शपणे पाणी आणि कार्बन डायऑक्साइड असावे. तथापि, सल्फरच्या उपस्थितीमुळे, अपूर्ण ज्वलनामुळे, कार्बन मोनोऑक्साइड, सल्फरचे ऑक्साइड आणि नायट्रिक ऑक्साईडसारखे विविध दूषित घटक तयार होतात.
- अपूर्ण रूपांतरणाच्या समस्येवर मात करण्यासाठी आणि फ्लू गॅसमध्ये असलेल्या हानिकारक दूषित घटकांमुळे होणारे प्रदूषण कमी करण्यासाठी कॅटलिटिक कन्व्हर्टरचा वापर केला जातो.
- हे उत्प्रेरक वापरते जे मौल्यवान उदात्त धातू तसेच सेरिया सारख्या दुर्मिळ पृथ्वी धातूंच्या मिश्रणापासून बनवले जाते. हे सामान्यतः वाहनांच्या उत्सर्जन नियंत्रणासाठी वापरले जातात.

- कन्व्हर्टरमध्ये वापरले जाणारे उत्प्रेरक तीन प्रकारचे असतात: ऑक्सिडायझिंग, रिड्यूसिंग आणि थ्री वे उत्प्रेरक.



- ऑक्सिडायझिंग कॅटलिटिक कन्व्हर्टर कार्बन मोनोऑक्साइड आणि हायड्रोकार्बन्सच्या ऑक्सिडेशन पूर्ण होण्यास गती देतात ज्यामुळे CO चे CO_2 मध्ये रूपांतर होते आणि HC चे CO_2 मध्ये रूपांतर होते आणि हायड्रोकार्बन्सचे CO_2 आणि पाण्याच्या वाफेत रूपांतर होते. प्लॅटिनम आणि पॅलेडियम हे उत्प्रेरक म्हणून वापरले जातात.
- NO_x आणि N_2 च्या घटाला गती देतो. प्लॅटिनम आणि रोडियम वापरणारे तीन मार्ग उत्प्रेरक रूपांतरण प्रणाली विकसित होत आहे. येथे हायड्रोकार्बन्स आणि CO NO_x मधील ऑक्सिजनशी अभिक्रिया करून H_2O , CO_2 , N_2 आणि O_2 तयार करतात.

थर्मल इन्सिनरेटर

- जेव्हा ज्वलनशील वायूंचे प्रमाण पुनर्प्राप्त करण्यासाठी खूप कमी असते तेव्हा वायू प्रदूषण नियंत्रणाची पद्धत म्हणजे थर्मल इन्सिनरेशन.
- जवळजवळ सर्व VOC स्रोतांमधून उत्सर्जन कमी करण्यासाठी थर्मल इन्सिनरेटरचा वापर केला जाऊ शकतो, ज्यामध्ये रिअॅक्टर व्हेंट्स, डिस्टिलेशन व्हेंट्स, सॉल्व्हेंट ऑपरेशन्स आणि ओव्हन, ड्रायर आणि भट्टीमध्ये केल्या जाणाऱ्या ऑपरेशन्सचा समावेश आहे.
- या पद्धतीत थर्मल इन्सिनरेशनमधून निर्माण होणारी उष्णता प्रीहीटिंगसाठी वापरली जाते. प्रीहीटेड वायूचा प्रवाह ज्वलन कक्षात प्रवेश करतो जिथे पूरक इंधन जाळले जाते ज्यामुळे ज्वाला आणि उष्णता निर्माण होते जी नंतर VOC किंवा ज्वलनशील वायूंना जाळते.
- राखले जाणारे तापमान उपस्थित असलेल्या वायू दूषित घटकांवर अवलंबून असते जे बदलते 538 ते 927°C दरम्यान जे कधीकधी 1000°C पेक्षा जास्त असू शकते.
- निर्मिती रोखण्यासाठी वेळ, अशांतता आणि योग्य तापमान राखणे आवश्यक आहे धोकादायक उप-उत्पादनांचे.

स्टॅक विश्लेषण:

- स्टॅक म्हणजे औद्योगिक चिमणी जी बॉयलर हाऊस आणि इतर औद्योगिक कामांमधून बाहेर पडणाऱ्या वायूंचे विसर्जन करण्यासाठी वापरली जाते.

- अशा स्टॅकमधून सोडला जाणारा एक्झॉस्ट वेळोवेळी गोळा केला जातो आणि औद्योगिक प्रक्रियांच्या कामगिरीचे निरीक्षण करण्यासाठी त्याचे विश्लेषण केले जाते. या डिस्चार्जमध्ये कणयुक्त पदार्थ, अस्थिर सेंद्रिय पदार्थ आणि वायू असू शकतात.
- चिमणी डीजी सेट, प्रक्रिया क्षेत्रे, बॉयलर हाऊस इत्यादींमधून उत्सर्जन सोडू शकते.
स्टॅक विश्लेषण अनिवार्य आहे:
 - i. प्रक्रिया विभागातून उत्सर्जित होणाऱ्या वायू प्रदूषकांची गुणवत्ता आणि प्रमाण मोजा. आवश्यक कारवाई करण्यासाठी निकालांची तुलना करणे आणि उत्सर्जन मानकांशी तुलना करणे.
 - iii. प्रक्रियेची कार्यक्षमता मोजण्यासाठी प्रदूषण नियंत्रण उपकरणांची कार्यक्षमता वापरले जाते.
 - iv. प्रदूषण नियंत्रण उपकरणे बसवल्यानंतर उत्सर्जनातील बदलांचे मूल्यांकन करणे.

१.४ उद्योगांमध्ये वायू प्रदूषण नियंत्रण-

सल्फ्यूरिक आम्ल वनस्पती

- सल्फ्यूरिक आम्ल हे उद्योगात वापरले जाणारे सर्वात महत्वाचे खनिज आम्ल आहे आणि म्हणूनच त्याची आवश्यकता
- सल्फ्यूरिक आम्लाचे उत्पादन खूप मोठे आहे. महायुद्धाच्या काळात, रासायनिक H_2SO_4 च्या वापराच्या प्रमाणात केले गेले.
- उत्पादन चरणांमध्ये सल्फर जाळणे समाविष्ट आहे ज्यामुळे सल्फर डायऑक्साइड (SO_2) आणि उत्प्रेरक तयार होतात
- SO_2 चे SO_3 मध्ये रूपांतर . तयार झालेला SO_3 पातळ आम्लामध्ये शोषक टॉवरमध्ये घासून शोषला जातो. सल्फर मूलद्रव्य किंवा पायराइट्सच्या स्वरूपात असू शकतो.
- जर पायराइट्सचा वापर सल्फर स्रोत म्हणून केला जात असेल, तर पायराइट्समध्ये आर्सेनिक असते जे उत्पादनातून यशस्वीरित्या काढून टाकता येत नाही.
- उत्प्रेरक कन्व्हर्टरमध्ये अप्रक्रियाकृत SO_2 ते SO_3 हे देखील प्रदूषणाचे आणखी एक स्रोत आहे.
- आणखी एक चिंतेचा विषय म्हणजे शोषण टॉवरमधून बाहेर पडणाऱ्या बाहेर पडणाऱ्या प्रवाहात आम्ल धुके तयार होणे आणि त्याची उपस्थिती.

सल्फ्यूरिक आम्ल असलेल्या वनस्पतींमध्ये होणारे वायू प्रदूषण आपण कसे टाळू शकतो?

- सल्फर ट्रायऑक्साइड आणि सल्फर ट्रायऑक्साइडचे गुणोत्तर अनुकूल करून अप्रक्रियाकृत सल्फरची समस्या टाळता येते किंवा कमी करता येते.
- हवेत प्रवेश करणाऱ्या कन्व्हर्टरमध्ये पाण्याच्या वाफेची उपस्थिती टाळता येते, ती हवा सल्फ्यूरिक आम्लाने कोरडी करून.
- पाण्याने घासून किंवा अमोनियम हायड्रॉक्साईडने धुवूनही उत्सर्जन टाळता येते. हे अतिरिक्त उत्पादन अमोनियम सल्फेट प्रदान करते ज्याचा खत म्हणून वापर केला जातो.

सिमेंट प्लांट

सिमेंट प्लांटमधील मुख्य कामांमध्ये चुनखडी आणि क्लिंकर क्रशिंग, भट्टीमध्ये कॅल्सीनेशन आणि उत्पादित सिमेंटचे पॅकेजिंग यांचा समावेश असतो. सिमेंट प्लांटमधील मुख्य समस्या म्हणजे धूळ निर्माण होणे ज्यावर नियंत्रण ठेवणे खूप कठीण आहे. वापरल्या जाणाऱ्या चुनखडी आणि कोळशाचे प्रमाण खूप मोठे आहे आणि कणांचे आकार तुलनेने बारीक आहेत μ ते 100 μ पर्यंत. काही कण आकारात 100 μ पेक्षा जास्त असू शकतात.

धूळ निर्मितीशी संबंधित ऑपरेशन्स आणि ठिकाणे अशी आहेत:

- चुनखडी क्रशिंग
- भट्टीचे प्रवेशद्वार आणि निर्गमन
- क्लिंकर क्रशिंग
- सिमेंट पॅकेजिंग
- कोळसा गाळणे आणि वाळवणे

या व्यतिरिक्त, मोठ्या प्रमाणात कोळसा जाळल्यामुळे फ्लू गॅस निर्मिती ही देखील एक चिंता आहे. तथापि, त्रासदायक दृष्टिकोनातून धूळ नियंत्रण आणि न जळलेल्या कोळशाचे कण किंवा काजळी काढून टाकणे हे सामान्यतः विचारात घेतले जाते.

सिमेंट प्लांटमध्ये प्रदूषण नियंत्रण उपकरणे आणि व्यवस्था:

सर्वसाधारणपणे, सिमेंट प्लांटमध्ये वायू प्रदूषण नियंत्रणासाठी खालील प्रदूषण नियंत्रण उपकरणे आणि त्यांचे संयोजन वापरले जाते.

- धूळ बसवण्याचे कक्ष
- चक्रीवादळे आणि बहु-चक्रीवादळे
- बॅग प्रकारचे धूळ गोळा करणारे
- इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रीसिपिटेटर्स
- वॉटर स्क्रबर

पिढी बिंदू	रणनीती	नियंत्रण उपाय
चुनखडी क्रशिंग	धूळ निर्माण होणाऱ्या ठिकाणी धुळीचे दमन	• उत्पादन बिंदूवर पाणी फवारणी करून. • मोठ्या क्षमतेच्या प्लांटमध्ये सायक्लोन आणि बॅग प्रकारच्या डस्ट कलेक्टर्स असलेल्या धूळ संकलन व्यवस्थेचा वापर करावा.
दळण्याच्या गिरण्या	कच्चा माल आणि सिमेंट क्लिंकर पीसताना धूळ जमा होणे	• कॅनव्हास, लोकर किंवा टेरिलीन फिल्टर बॅगपासून बनवलेल्या बॅग फिल्टरचा वापर. • μ पेक्षा कमी आकाराच्या बारीक कोळशाच्या कणांच्या संकलनासाठी.

भट्ट्या	एक्झॉस्ट गॅसमध्ये धूळ असते	• चक्रीवादळ, गॅस कंडिशनिंग टॉवर आणि ईएसपीची स्थापना.
ड्रायर	चुनखडी, स्लॅग आणि कोळशाची धूळ	• चक्रीवादळे, ESP सह कंडिशनिंग टॉवर

• खत उद्योग:

खत उद्योग विविध नायट्रोजन, फॉस्फरस आणि पोटॅशियम आधारित खतांच्या निर्मितीसाठी जबाबदार आहे. नायट्रोजन खतासाठी आवश्यक असलेला मूलभूत कच्चा माल अमोनिया आहे. हायड्रोजन मिळविण्यासाठी नैसर्गिक वायूचा वापर करावा लागतो आणि नायट्रोजनचा स्रोत म्हणून हवा वापरावी लागते. दोन्ही प्रक्रिया अत्यंत ऊर्जा-केंद्रित आहेत.

नायट्रोजन आधारित खतांमध्ये युरिया आणि अमोनियम नायट्रेटचा समावेश सुमारे 70 % असतो. उत्सर्जन घटक जो प्रति किलो नायट्रोजन आधारित खत (युरिया आणि अमोनियम नायट्रेट) उत्सर्जित होणाऱ्या CO₂ चे प्रमाण दर्शवतो तो 1.3 ते 5 किलो CO₂ समतुल्य प्रति किलो नायट्रोजन दरम्यान असतो. त्याचप्रमाणे फॉस्फरस आधारित खताच्या निर्मितीमध्ये सल्फ्यूरिक आम्लाची फॉस्फेट खडकाशी होणारी अभिक्रिया असते ज्यामुळे फॉस्फरिक आम्ल मिळते. त्यानंतर त्याचे रूपांतर विविध मोनो कॅल्शियम फॉस्फेट, मोनो तसेच अमोनियम फॉस्फेटमध्ये होते. फॉस्फरस आधारित खताच्या निर्मितीतून उत्सर्जन 1.3 ते 8.9 किलो CO₂ eq./kg P₂O₅ पर्यंत असते.

पोटॅशियम आधारित खताच्या निर्मितीसाठी पोटॅशियम क्लोराइडचे उत्पादन आवश्यक असते ज्याची उत्सर्जन क्षमता 0.13 - 0.25 किलो CO₂ eq./kg K₂O असते सर्वसाधारणपणे खत उद्योग SO₂, आम्ल धुके, NO_x, फ्लोराइड्स, NH₃, युरिया धूळ, खत धूळ आणि धूर उत्सर्जित करतो. प्रिलिंग टॉवर्समधून होणारे उत्सर्जन हे युरिया प्लांटमध्ये प्रदूषणाचे मुख्य स्रोत आहेत. खत उद्योगातून उत्सर्जित होणारे प्रमुख वायु प्रदूषक म्हणजे SO₂, आम्ल धुके, NO_x, फ्लोराइड्स, NH₃, युरिया धूळ, खत धूळ आणि धूर.

सुचवलेले किंवा अंमलात आणलेले उपाय असे आहेत:

- कमी NO_x आणि उच्च कार्यक्षमता असलेले बर्नर.
- युरिया धूळ उत्सर्जन रोखण्यासाठी अतिरिक्त उंचीसह नैसर्गिक ड्राफ्ट प्रिलिंग टॉवर
- युरिया धूळ पुनर्प्राप्त करण्यासाठी बॅगिंग प्लांटमध्ये स्वच्छ वातावरणासाठी डी-डस्टिंग सिस्टम.
- थंड पाण्याच्या व्यवस्थेतून क्लोरीनचे संपूर्ण उच्चाटन.
- अमोनिया प्लांटच्या पर्ज गॅसमधून अमोनिया आणि हायड्रोजन पुनर्प्राप्त करण्यासाठी पर्ज गॅस रिकव्हरी युनिट.
- कणांचे उत्सर्जन कमी करण्यासाठी युरिया प्लांटमध्ये सुधारित प्रिल बकेट बसवली.
- इष्टतम परिस्थितीत प्रक्रिया पॅरामीटर्स राखण्यासाठी प्रगत नियंत्रण प्रणाली (ACS) आणि DCS द्वारे नियंत्रित प्रक्रियेचे ऑपरेशन.

Unit II WATER POLLUTION AND CONTROL

जल प्रदूषण आणि नियंत्रण

Course outcome

Select the appropriate treatment method required for treating chemical industrial wastewater.

इंडस्ट्रीयल वेस्ट वॉटर ट्रीटमेंट करण्यासाठी पद्धत ओळखा

Theory learning outcome

2.1 Identify the sources of wastewater in chemical industry.

आयडेंटिफाय sources वेस्ट वॉटर इन केमिकल इंडस्ट्री

2.2 Explain characteristics of chemical industrial wastewater.

एक्सप्लेन कॅरेक्टरिस्टिक्स ऑफ केमिकल इंडस्ट्रियल वेस्ट वॉटर

2.3 Calculate BOD and COD of chemical industrial wastewater.

कॅल्कुलेट BOD अँड COD फॉर इंडस्ट्रियल वेस्ट वॉटर

2.4 Select the appropriate treatment method for given chemical industrial wastewater.

सिलेक्ट अप्प्रोप्रिएट ट्रीटमेंट फॉर इंडस्ट्रियल वेस्ट वॉटर

प्रास्ताविक (Introduction):

जल प्रदूषण ही जलस्रोतांच्या दूषिततेची व्याख्या आहे. जेव्हा पाणी औद्योगिक आणि कृषी सांडपाण्याद्वारे प्रदूषित (Polluted) होते तेव्हा जल प्रदूषण होते. जलप्रदूषणाच्या प्राथमिक कारणांपैकी एक म्हणजे विषारी रसायनांनी (Toxic chemicals) पाण्याचे स्रोत दूषित करणे. प्लास्टिकच्या बाटल्या, टिन आणि इतर कचरा पाण्याचे स्रोत प्रदूषित करतात. यामुळे जलप्रदूषण होते, जे केवळ मानवांनाच नाही तर संपूर्ण रक्ताभिसरणालाही हानी पोहोचवते. या प्रदूषकांमधील विषारी पदार्थ अन्नसाखळीपर्यंत जातात आणि शेवटी मानवावर परिणाम करतात.

प्रदूषित पाण्याची लक्षणे-

i) दुर्गंधी.

ii) रंग (पिवळा, तपकिरी, हिरवा, इ.).

iii) रोगजनक जीवांची उपस्थिती.

(iv) पाण्यातील वनस्पतींची वाढ.

(v) मृत माशांचे पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंगणे, आणि

(vi) पाण्याच्या पृष्ठभागावर तेल, वंगण तरंगणे.

2.1.1 रासायनिक औद्योगिक सांडपाणी (chemical industrial wastewater) रासायनिक उत्पादन प्रक्रियेतील (chemical manufacturing processes) विविध स्रोतांमधून येऊ शकते.

1. उत्पादन प्रक्रिया:(Production process)

रासायनिक पदार्थांच्या संश्लेषणादरम्यान (synthesis of chemicals) तयार होणारे सांडपाणी, जसे की प्रतिक्रिया, शीतकरण (cooling) आणि पृथक्करण क्रियांमधून.(separation operation) डिस्टिलेशन, फिल्ट्रेशन, वॉशिंग आणि मिक्सिंग यांसारख्या प्रक्रियांमुळे रसायने, सॉल्व्हेंट्स आणि उपउत्पादनांनी (byproducts)दूषित पाणी तयार होऊ शकते.

2. स्वच्छता आणि देखभाल:(Cleaning and Maintenance)

रासायनिक वनस्पतींमध्ये उपकरणे(equipments), अणुभट्ट्या(reactor), पाईप्स आणि साठवण टाक्या(storage tanks) स्वच्छ करण्यासाठी वापरलेले पाणी रसायने, डिटर्जंट्स आणि सॉल्व्हेंट्सचे(solvents) अवशेष (residue)वाहून नेऊ शकते.

3. थंड पाणी:(cooling water)

औद्योगिक सुविधा सहसा थंड करण्याच्या उद्देशाने पाण्याचा वापर करतात, जे थंड होण्याच्या प्रक्रियेदरम्यान धातू, ऍसिड किंवा सेंद्रिय पदार्थांसारखे दूषित पदार्थ शोषून घेतात.

4. गळती आणि गळती:(Spills and Leaks)

वाहतूक, हाताळणी किंवा रसायने साठवताना अपघाती गळती, गळती किंवा डिस्चार्ज यामुळे दूषित पाणी वाहून जाऊ शकते.

5. कचरा प्रक्रिया आणि सांडपाणी:(Waste Treatment and Effluents)

घातक कचऱ्याच्या(hazardous waste) प्रक्रियेसाठी वापरण्यात येणारे पाणी, ज्यामध्ये आम्ल (acid)आणि बेसचे(alkali) तटस्थीकरण(removal) किंवा जड धातू (heavy metal)काढून टाकणे समाविष्ट आहे, ते उच्च विषारीपणा (highly toxic)असलेले सांडपाणी तयार करू शकते.

6. उत्पादन प्रक्रिये मध्ये वापरलेले पाणी:(Rinse Water)

उत्पादन प्रक्रियेदरम्यान सामग्रीमधून अवशिष्ट रसायने(residual chemical), तेल किंवा इतर दूषित पदार्थ स्वच्छ धुण्यासाठी वापरलेले पाणी.

7. सॉल्व्हेंट रिकव्हरी सिस्टम:(Solvent Recovery Systems)

सॉल्व्हेंट्स पुनर्प्राप्त करण्यासाठी आणि रीसायकल(recycle) करण्यासाठी डिझाइन केलेल्या सिस्टम्स सांडपाणी तयार करू शकतात ज्यामध्ये सॉल्व्हेंट्स किंवा इतर रसायनांचे ट्रेस (traces)असतात.

8. रासायनिक साठवण आणि हाताळणी:(Chemical Storage and Handling)

साठवण टाक्यांमधून गळती किंवा रसायनांच्या हस्तांतरणादरम्यान अयोग्य हाताळणीमुळे दूषित सांडपाणी होऊ शकते.

2.1.2 औद्योगिक सांडपाण्याची वैशिष्ट्ये (Characteristics of industrial wastewater)

रासायनिक औद्योगिक सांडपाण्यात अनेकदा विविध वैशिष्ट्ये(characteristics) असतात जी वापरल्या जाणाऱ्या रसायनांचे प्रकार आणि त्यात समाविष्ट असलेल्या प्रक्रिया दर्शवतात

1. रासायनिक रचना: (Chemical Composition)

सेंद्रिय संयुगे (Organic Compounds):

सांडपाण्यामध्ये सॉल्व्हेंट्स, तेल, ग्रीस आणि इतर सेंद्रिय रसायने असू शकतात जसे की साफसफाई (cleaning), संश्लेषण (synthesis) आणि काढणे (extraction) यासारख्या प्रक्रियांमधून.

अजैविक संयुगे (Inorganic Compounds): जड धातू (उदा. शिसे, पारा, क्रोमियम), ऍसिड्स (उदा. सल्फ्यूरिक ऍसिड, हायड्रोक्लोरिक ऍसिड), आणि क्षार (उदा. सोडियम हायड्रॉक्साईड) अनेकदा आढळतात, विशेषतः धातू प्रक्रिया (metal processing) किंवा बॅटरी निर्मितीसारख्या (battery manufacturing) उद्योगांमध्ये.

ऍसिड्स आणि बेसेस (Acids and Bases): काही रासायनिक प्रक्रियांमधून येणारे सांडपाणी हे समाविष्ट असलेल्या प्रतिक्रियांवर अवलंबून उच्च अम्लीय (highly acidic) किंवा अल्कधर्मी (alkaline) असू शकते.

क्षार (Salts): सोडियम क्लोराईड, सोडियम सल्फेट आणि कॅल्शियम क्षार यांसारख्या क्षारांचे उच्च प्रमाण सांडपाण्यामध्ये असू शकते, विशेषतः शीतकरण प्रक्रियेमुळे (cooling treatment) किंवा तटस्थीकरणाच्या चरणांमुळे (neutralization steps).

2. विषारीपणा (Toxicity):

औद्योगिक सांडपाण्यात अनेकदा विषारी पदार्थ असतात जे जलचरांना हानी पोहोचवू शकतात आणि मानवी आरोग्यास धोका निर्माण करू शकतात. यामध्ये कीटकनाशके, फार्मास्युटिकल्स, वाष्पशील सेंद्रिय संयुगे (volatile organic compounds) आणि कार्सिनोजेनिक संयुगे (carcinogenic compounds) यांचा समावेश असू शकतो.

3. बायोकेमिकल ऑक्सिजन डिमांड (BOD):

पाण्याच्या गुणवत्तेच्या रासायनिक उपायांमध्ये विरघळलेला ऑक्सिजन (dissolved oxygen), रासायनिक ऑक्सिजन मागणी (chemical oxygen demand), आणि जैवरासायनिक ऑक्सिजन मागणी (biochemical oxygen demand) यांचा समावेश होतो.

विरघळलेला ऑक्सिजन (DO) हे पाण्यातील मुक्त ऑक्सिजनचे प्रमाण (O₂) आहे जे इतर घटकांना बांधलेले नाही. हे पाण्याच्या गुणवत्तेचे प्रमुख सूचक आहे आणि जलीय जीवांच्या अस्तित्वासाठी आवश्यक आहे. हे ज्ञात आहे की O₂ ची संपृक्तता पातळी (saturation level) 25°C आणि 1 atm वर शुद्ध पाण्यात विरघळली 8.11 mg/L आहे.

पाण्यातील सेंद्रिय पदार्थांचे (organic substances) विघटन करण्यासाठी सूक्ष्मजीवांना microorganisms आवश्यक असलेल्या ऑक्सिजनचे प्रमाण BOD मोजते. उच्च BOD बायोडिग्रेडेबल सेंद्रिय सामग्रीची (biodegradable organic material) उच्च पातळी दर्शविते. हे पाण्याच्या गुणवत्तेचे मूल्यांकन करण्यासाठी वापरले जाणारे एक महत्वाचे मापदंड (parameter) आहे, विशेषतः सांडपाणी किंवा नैसर्गिक जल संस्थांमधील प्रदूषणाचे मूल्यांकन करण्यासाठी. जेव्हा सेंद्रिय पदार्थ (जसे की कचरा, सांडपाणी किंवा मृत वनस्पती) पाण्यात प्रवेश करतात तेव्हा सूक्ष्मजीव ते तोडतात आणि प्रक्रियेत ऑक्सिजन वापरतात.

BOD मूल्य या सूक्ष्मजीव क्रियाकलापांसाठी (microbial activity) किती ऑक्सिजन आवश्यक आहे हे दर्शवते.

उच्च बीओडी सेंद्रिय प्रदूषणाची उच्च पातळी दर्शवते, म्हणजे विघटनासाठी अधिक ऑक्सिजन आवश्यक आहे. यामुळे पाण्यात ऑक्सिजन कमी होऊ शकतो, ज्यामुळे जलचरांना हानी पोहोचू शकते. लोअर बीओडी सूचित करते की पाणी तुलनेने स्वच्छ आहे, सेंद्रिय प्रदूषणाची पातळी कमी आहे.

BOD गणनेसाठी प्रक्रिया (BOD calculations):

नमुना उष्मायन (sample incubation): नमुना पातळ (diluted) केला जातो आणि नंतर एका सेट कालावधीसाठी बंद प्रणालीमध्ये (closed system) उष्मायन केले जाते.

विरघळलेला ऑक्सिजन मापन: विरघळलेला ऑक्सिजन (DO) पातळी उष्मायन कालावधीच्या सुरुवातीस आणि शेवटी मोजली जाते. प्रारंभिक DO मधून अंतिम DO वजा करून, dilution साठी समायोजित करून BOD ची गणना केली जाते.

$BOD (mg/L) = (D1 - D2) \times \text{dilution factor (नमुन्याची एकूण मात्रा)} / p (mg/L)$

D1 = पातळ केलेल्या नमुन्याचा प्रारंभिक विरघळलेला ऑक्सिजन (mg/L)

D2 = उष्मायनानंतर विरघळलेला ऑक्सिजन (mg/L)

P = वापरलेल्या नमुन्याचा दशांश अंश (उदा. 20% नमुना व्हॉल्यूमसाठी 0.2)

4. रासायनिक ऑक्सिजन मागणी (COD):

COD सेंद्रिय आणि अजैविक (organic and inorganic substances) दोन्ही पदार्थांचे ऑक्सिडायझेशन करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या एकूण ऑक्सिजनचे मोजमाप करते. हे सामान्यतः BOD मूल्यांपेक्षा जास्त आहे आणि सांडपाण्यातील एकूण प्रदूषण भाराचे मुख्य सूचक आहे. COD पाण्यातील सेंद्रिय आणि अजैविक दोन्ही पदार्थांचे ऑक्सिडायझेशन करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या एकूण ऑक्सिजनचे मोजमाप करते. हे सामान्यतः पोटॅशियम डायक्रोमेट सारख्या मजबूत ऑक्सिडायझिंग एजंट्सचा समावेश असलेल्या रासायनिक प्रक्रियेद्वारे निर्धारित केले जाते.

सीओडी गणनेसाठी प्रक्रिया:

रिएजंट्स: पोटॅशियम डायक्रोमेट (0.047N), सल्फ्यूरिक ऍसिड आणि एक चांदी (Ag_2SO_4 , 5.5 ग्रॅम) उत्प्रेरक (catalyst) वापरले जातात. घ्या आणि मिक्स करा. अनुक्रमे (25 मिली + 20 मिली + 5.5 ग्रॅम.) 100 मिली पाण्यात आणि दिवसभर ठेवा.

नमुना तयार करणे: (Sample preparation) पाण्याचा नमुना या रिएजंट्स मध्ये मिसळला जातो आणि नंतर सेंद्रिय पदार्थांचे ऑक्सिडाइझ करण्यासाठी गरम केले जाते.

टायट्रेशन:

ऑक्सिडेशननंतर, उपरोक्त नमुना फेरोइन इंडिकेटर (ferroin indicator) (1 ते 2 थेंब) वापरून मानक द्रावण (standard solution) (0.25 एन फेरस अमोनियम सल्फेट) वापरून डायक्रोमेटचे प्रमाण निश्चित करण्यासाठी टायट्रेंट केले जाते (फेरोइन इंडिकेटर तयार करणे: 1.485 ग्रॅम 1, 10-फेरोइन मोनो हाइड्रेट आणि 695 मिग्रॅ $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ डिस्टिल्ड वॉटर आणि 100 पर्यंत पातळ करा. सीओडी वापरल्या जाणाऱ्या टायट्रंटच्या व्हॉल्यूमच्या आधारावर मोजली जाते,

जिथे पोटॅशियम डायक्रोमेटचा एक मोल mole ऑक्सिजनच्या मागणीच्या 1.5 मोल इतका असतो.

$$\text{COD (mg/l)} = (A - B) * M * 8000/V$$

A= blank टायट्रेशन मध्ये वापरलेले फेरस अमोनियम सल्फेटचे प्रमाण

B= नमुन्यासाठी वापरलेले फेरस अमोनियम सल्फेटचे प्रमाण

M= फेरस अमोनियम सल्फेटची मोलॅरिटी आणि V= पाण्याच्या नमुन्याची मात्रा

5. पीएच स्तर (PH Levels):

उत्पादन प्रक्रियेत वापरल्या जाणाऱ्या रसायनांवर अवलंबून सांडपाणी आम्लीय किंवा अल्कधर्मी असू शकते. अत्यंत पीएच पातळी जलीय परिसंस्था(aquatic ecosystems)आणि औद्योगिक उपचार प्रणालींना(industrial treatment systems)हानी पोहोचवू शकते. सांडपाण्याची pH पातळी 0 ते 14 च्या स्केलवर मोजली जाणारी त्याची आम्लता किंवा क्षारता दर्शवते. PH स्केल लॉगरिदमिक आहे, ज्यामध्ये 7 पेक्षा कमी मूल्ये (value) आम्लता दर्शवते, 7 वरील मूल्ये क्षारता दर्शवतात आणि 7 चे मूल्य तटस्थ (neutral) असते. सांडपाणी प्रक्रियांमध्ये, pH पातळी महत्त्वपूर्ण आहे कारण ती रासायनिक अभिक्रिया (chemical reactions), सूक्ष्मजीव क्रियाकलाप (microbial activity)आणि उपचार प्रक्रियेच्या वर (treatment processes प्रभाव(influence) टाकू शकते. वातावरणात पाणी सोडण्यापूर्वी योग्य प्रकारे प्रक्रिया केली गेली आहे हे सुनिश्चित करण्यासाठी पीएचचे निरीक्षण(monitor) करणे आणि समायोजित करणे(adjust) महत्वाचे आहे.

सांडपाण्यात पीएच पातळीचे महत्त्व- (Importance of PH level in wastewater)

सूक्ष्मजीव क्रियाकलाप (Microbial activity): जैविक उपचार प्रक्रियेत (biological treatment processes)वापरल्या जाणाऱ्या (like activated sludge systems) विविध प्रकारच्या जीवाणूंमध्ये क्रियाकलापांसाठी इष्टतम pH लेवल असतात. बहुतेक जीवाणू थोड्याशा क्षारीय ते तटस्थ pH लेवलमध्ये (6.5-8.5) उत्कृष्ट कार्य करतात.

रासायनिक प्रतिक्रिया (Chemical reactions): pH उपचारांमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या रसायनांची विद्राव्यता आणि परिणामकारकता प्रभावित करते, जसे की कोयगुलंट आणि जंतुनाशक (coagulants and disinfectants) उदाहरणार्थ, क्लोरीन निर्जंतुकीकरण अत्यंत आम्लीय किंवा मूलभूत स्थितीत कमी प्रभावी असू शकते.

गंज नियंत्रण (Corrosion control): अत्यंत pH पातळी (अत्यंत आम्लीय किंवा खूप अल्कधर्मी) असलेल्या सांडपाण्यामुळे पाईप्स आणि उपकरणांमध्ये गंज येऊ शकते, ज्यामुळे देखभाल समस्या आणि ऑपरेशनल खर्च वाढतो.

नियामक अनुपालन (Regulatory compliance): अनेक पर्यावरणीय नियमांनुसार सांडपाण्याचे pH एका विशिष्ट मर्यादित असणे आवश्यक आहे (सामान्यतः 6.0 आणि 9.0 दरम्यान) जलीय परिसंस्थांना (aquatic ecosystems)होणारी हानी टाळण्यासाठी नैसर्गिक जलसाठ्यांमध्ये सोडले जाण्यापूर्वी pH एका विशिष्ट मर्यादित असणे आवश्यक आहे.

6. तापमान: (Temperature)

रासायनिक उद्योग अनेकदा गरम प्रक्रिया (heated processes) वापरतात, ज्यामुळे सांडपाण्याचे तापमान वाढते. वाढलेले तापमान पाण्याच्या गुणवत्तेवर परिणाम करू शकते आणि प्रदूषकांची विद्राव्यता(solubility of pollutants) वाढवू शकते.

ज्यामुळे उपचार अधिक आव्हानात्मक (challenging) बनतात.

7. सस्पेंडेड घन पदार्थ (Suspended solids):

सांडपाण्यातील सस्पेंडेड सॉलिड्स (SS) हे अशा कणांचा संदर्भ घेतात जे पाण्यात भौतिकरित्या सस्पेंडेड असतात आणि ते विरघळण्यासाठी खूप मोठे असतात. या घन पदार्थांमध्ये घाण, गाळ, सेंद्रिय पदार्थ, , जीवाणू आणि प्रदूषक यांसारख्या विविध पदार्थांचा समावेश असू शकतो. सस्पेंडेड घन पदार्थांचे दोन लेवलमध्ये वर्गीकरण केले जाऊ शकते.

1. टोटल सस्पेंडेड सॉलिड्स (TSS): हे सेंद्रिय आणि अजैविक अशा दोन्ही पाण्याच्या नमुन्यातील सस्पेंडेड सॉलिड्सचे एकूण प्रमाण दर्शवते, जे गाळण्याद्वारे काढले जाऊ शकते.

2. सेटल एबल सॉलिड्स (Settle able Solids): हे सस्पेंडेड सॉलिड्स आहेत जे गुरुत्वाकर्षणाच्या (influence of gravity) प्रभावाखाली, विशेषतः अवसादन टाकीमध्ये (sedimentation tank) पाण्यामधून बाहेर पडण्यासाठी पुरेसे जड असतात.

सांडपाण्यात सस्पेंडेड घन पदार्थांची उच्च पातळी खराब पाण्याची गुणवत्ता दर्शवू शकते. ते बऱ्याचदा प्रदूषकांच्या उपस्थितीशी संबंधित असतात जे जलीय परिसंस्थांना हानी पोहोचवू शकतात. सस्पेंडेड सॉलिड्स फिल्टर्स बंद करू शकतात, रासायनिक उपचारांमध्ये व्यत्यय आणू शकतात (जसे की कोग्युलेशन(coagulation) किंवा निर्जंतुकीकरण), आणि प्रभावी पाणी प्रक्रिया रोखू शकतात.

ते विघटित होत असताना ते ऑक्सिजन देखील घेतात, ज्यामुळे पाणवठ्यांमध्ये ऑक्सिजन कमी होऊ शकतो. जेव्हा उच्च सस्पेंडेड घन पदार्थांसह सांडपाणी जलस्रोतांमध्ये सोडले जाते, तेव्हा घन पदार्थ तळाशी स्थिर होऊ शकतात, जलचर अधिवासांना त्रास देतात. सस्पेंडेड घन पदार्थ देखील पाण्यात प्रकाश प्रवेश कमी करू शकतात, ज्यामुळे वनस्पतींचे जीवन आणि प्रकाश संश्लेषण (photosynthesis) प्रभावित होते.

8. टर्बिडिटी: (Turbidity)

सांडपाण्यातील गढूळपणा म्हणजे सस्पेंडेड कणांमुळे पाण्याचा ढगाळपणा cloudiness किंवा अस्पष्टता haziness, ज्यामध्ये घाण, गाळ, सेंद्रिय पदार्थ, सूक्ष्मजीव आणि प्रदूषकांचा समावेश असू शकतो. हे कण प्रकाश पसरवतात, ज्यामुळे पाणी गढूळ किंवा अपारदर्शक दिसते. टर्बिडिटी सामान्यतः नेफेलोमेट्रिक टर्बिडिटी युनिट्स (एनटीयू) (NTU) मध्ये मोजली जाते, जे पाण्यातील निलंबित कणांद्वारे विखुरलेल्या प्रकाशाचे प्रमाण मोजते. उच्च गढूळपणा अनेकदा सेंद्रिय पदार्थ, सूक्ष्मजीव आणि प्रदूषक यांसारख्या दूषित घटकांची उपस्थिती दर्शवते, ज्यामुळे सांडपाणी प्रक्रियेवर लक्ष ठेवणे हे एक महत्वाचे मापदंड (parameter) बनते. उच्च टर्बिडिटी उपचार प्रक्रियेच्या प्रभावीतेमध्ये व्यत्यय आणू शकते. हे सूक्ष्मजीवांचे जंतुनाशकांपासून संरक्षण करून निर्जंतुकीकरणापासून (उदा. क्लोरीन) संरक्षण करू शकते.

उच्च गढूळपणा असलेले सांडपाणी जलाशयांमध्ये सोडले जाते तेव्हा ते गाळण्याची प्रक्रिया प्रभावीपणे कार्य करण्याच्या क्षमतेस अडथळा आणू शकते, त्यामुळे जलीय परिसंस्थांना हानी पोहोचू शकते. यामुळे पाण्यातील प्रकाशाचा प्रवेश कमी होऊ शकतो, जलीय वनस्पतींमधील प्रकाशसंश्लेषणावर परिणाम होतो आणि परिसंस्थेमध्ये व्यत्यय येऊ शकतो.

9. रंग: (Color)

रासायनिक उद्योगातील सांडपाणी उत्पादन प्रक्रियेतील रंग, रसायने किंवा उपपदार्थांच्या(byproduct) उपस्थितीमुळे एक वेगळा रंग असू शकतो.

10. वास: (Odour)

काही रासायनिक औद्योगिक सांडपाणी तीव्र किंवा दुर्गंधी उत्सर्जित करू शकतात, विशेषतः जेव्हा सेंद्रिय संयुगे, VOCs किंवा सल्फरयुक्त रसायने असतात.

11. एकूण विरघळलेले घन पदार्थ (TDS):

टीडीएस म्हणजे सांडपाण्यात विरघळलेल्या पदार्थांचे एकूण प्रमाण, ज्यामध्ये क्षार, धातू आणि इतर रसायने समाविष्ट असू शकतात. उच्च टीडीएस पाण्याची गुणवत्ता कमी करू शकतो आणि सांडपाणी प्रक्रियेच्या कार्यक्षमतेवर परिणाम करू शकतो.

विशिष्ट रासायनिक प्रक्रिया, वापरलेली सामग्री आणि उद्योगाच्या प्रकारानुसार ही वैशिष्ट्ये लक्षणीयरीत्या बदलतात. योग्य विल्हेवाट किंवा पुनर्वापर सुनिश्चित करण्यासाठी प्रभावी उपचार पद्धती सांडपाण्यात सापडलेल्या विशिष्ट प्रदूषकांच्या अनुरूप असणे आवश्यक आहे.

2.2 सांडपाणी प्रक्रिया (Waste water treatment)

सांडपाणी प्रक्रिया ही औद्योगिक, नगरपालिका(municipal) आणि व्यावसायिक(commercial) सांडपाणी पर्यावरणीय मानकांची(enviornmental standards) पूर्तता करते आणि सुरक्षितपणे विसर्जित किंवा पुनर्वापर करता येते याची खात्री करण्यासाठी प्रदूषक काढून टाकण्यासाठी एक महत्त्वपूर्ण प्रक्रिया आहे. रासायनिक औद्योगिक सांडपाण्यासाठी, उपचारामध्ये सामान्यतः उपस्थित असलेल्या विविध प्रकारच्या दूषित घटकांना काढून टाकण्यासाठी अनेक टप्प्यांचा समावेश होतो.

2.2.1 प्राथमिक पद्धती (Primary methods)

a) सेडिमेंटेशन (Sedimentation)

सेडिमेंटेशन ही एक भौतिक प्रक्रिया (physical process) आहे जी सांडपाणी प्रक्रियेमध्ये सस्पेंडेड घन पदार्थ काढून टाकण्यासाठी वापरली जाते, ज्यामध्ये कण, आणि पाण्यापेक्षा जड असलेल्या इतर घन पदार्थांचा समावेश होतो. हे गुरुत्वाकर्षणाच्या तत्त्वावर अवलंबून असते, जेथे घन कण द्रवाच्या तुलनेत जास्त घनतेमुळे कालांतराने टाकी किंवा कंटेनरच्या तळाशी स्थिर होतात.

1. सेटलिंग टँक (क्लॅरिफायर): सांडपाणी मोठ्या, शांत टाकीमध्ये (sedimentation tank or clarifier) निर्देशित केले जाते, जेथे पाण्याचा प्रवाह मंदावला जातो, ज्यामुळे घन पदार्थ तळाशी स्थिर होतात.

2. गुरुत्वाकर्षण पृथक्करण (Gravity Separation): घन कण, जसे की वाळू, गाळ आणि सेंद्रिय पदार्थ गुरुत्वाकर्षणामुळे नैसर्गिकरित्या तळाशी बुडतात आणि स्थिर गाळाचा थर तयार करतात.

3. स्वच्छ पाणी (Clear Water): हलके, स्वच्छ पाणी शीर्षस्थानी (remains on top) राहते आणि उपचार प्रक्रियेवर अवलंबून, पुढील प्रक्रिया किंवा सोडले जाऊ शकते.

सेडिमेंटेशन फायदे:

सेडिमेंटेशन सांडपाणी प्रक्रियेमध्ये अनेक फायदे देते, विशेषतः सस्पेंडेड घन पदार्थ काढून टाकणे आणि पुढील उपचारांसाठी पाणी तयार करणे.

1. साधे आणि किफायतशीर (Simple and Cost-Effective)

सेडिमेंटेशन ही सांडपाणी प्रक्रिया करण्याची तुलनेने सोपी आणि स्वस्त पद्धत आहे. याला जटिल यंत्रसामग्री किंवा रसायनांची आवश्यकता नाही, ज्यामुळे ते पाण्यातील मोठे कण काढून टाकण्यासाठी एक किफायतशीर उपाय बनते.

2. सस्पेंडेड घन पदार्थांचे काढून टाकणे (Effective Removal of Suspended Solids)

गाळण्याची प्रक्रिया (filtration) किंवा जैविक उपचार (biological treatment). यांसारख्या नंतरच्या उपचारांच्या टप्प्यांवरील ओझे कमी करण्यासाठी, मोठ्या, दाट सस्पेंडेड घन पदार्थ काढून टाकण्यासाठी सेडिमेंटेशन अत्यंत प्रभावी आहे.

3. दुय्यम उपचारांवर भार कमी करते (Secondary Treatment)

प्राथमिक उपचार टप्प्यात सस्पेंडेड घन पदार्थांचा एक महत्त्वपूर्ण भाग काढून टाकून, सेडिमेंटेशन दुय्यम उपचार प्रक्रियेवरील भार कमी करते, ते अधिक कार्यक्षम बनवते.

4. कमी ऊर्जा आवश्यकता (Low Energy Requirements)

गाळण्याची प्रक्रिया (filtration) किंवा रासायनिक उपचारांसारख्या प्रक्रियेच्या (chemical treatments), सेडिमेंटेशन गुरुत्वाकर्षणावर अवलंबून असते, याचा अर्थ त्याला कमीतकमी ऊर्जा इनपुट आवश्यक असते. यामुळे सांडपाणी प्रक्रिया संयंत्रांसाठी कमी (operational) खर्च होऊ शकतो.

5. पाण्याची गुणवत्ता सुधारते (Water Quality)

सेडिमेंटेशन गढूळ होण्यास हातभार लावणारे कण काढून पाण्याची स्पष्टता आणि गुणवत्ता सुधारण्यास मदत होते. हे विशेषतः डाउनस्ट्रीम उपचार प्रक्रियेसाठी महत्वाचे आहे, कारण स्वच्छ पाण्यावर प्रक्रिया करणे सोपे आहे.

6. गाळ एकाग्रतेत मदत करते (Sludge Concentration)

सेडिमेंटेशन प्रक्रियेदरम्यान, तळाशी (गाळ) स्थिर होणारे घन पदार्थ एकाग्र केले जाऊ शकतात, ज्यामुळे ते हाताळणे आणि विल्हेवाट किंवा पुढील उपचारांसाठी प्रक्रिया करणे सोपे होते.

सेडिमेंटेशनचे उपयोग:

सस्पेंडेड घन पदार्थ काढून टाकणे: पुढील उपचारापूर्वी सांडपाण्यातील सस्पेंडेड कण काढून टाकण्यासाठी सेडिमेंटेशनचा वापर केला जातो.

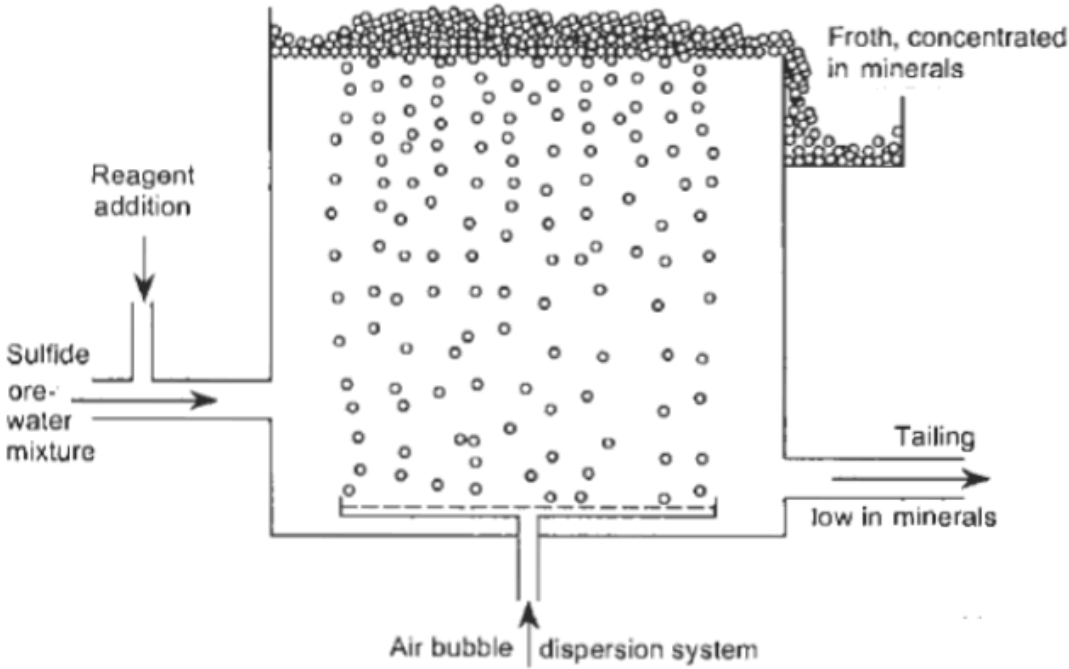
पूर्व-उपचार: जैविक किंवा रासायनिक उपचारांपूर्वी (biological or chemical treatment). घन पदार्थ कमी करण्यासाठी हे पहिली लेव्हल म्हणून वापरले जाऊ शकते.

उपचारानंतर: जैविक उपचारानंतर, सेडिमेंटेशन पाण्यातील अतिरिक्त बायोमास (गाळ) काढून टाकण्यास मदत करते.

b) फ्रॉथ फ्लोटेशन (Froth flotation)

फ्रॉथ फ्लोटेशन हे सांडपाणी प्रक्रियेमध्ये वापरले जाणारे एक विशेष तंत्र आहे, विशेषतः तेले, ग्रीस आणि इतर हायड्रोफोबिक (वॉटर-रेपेलेंट) पदार्थ पाण्यापासून वेगळे करण्यासाठी. हे कणांच्या पृष्ठभागाच्या गुणधर्मांमधील फरकाचा (surface properties of particles) फायदा घेते, त्यांना एकतर हवेच्या बुडबुड्यांशी जोडू देते किंवा द्रव अवस्थेत राहू देते, जे विशेषतः सांडपाण्यावर प्रक्रिया करण्यासाठी उपयुक्त आहे.

बारीक घन किंवा तेलकट दूषित पदार्थांसह. फ्रॉथ फ्लोटेशन ऑपरेशनचे मूलभूत तत्त्व असे आहे की फ्लोटेशन टाकीच्या तळाशी प्रवेश करणारे दाबलेले हवेचे फुगे अशुद्धतेला जोडले जातात आणि ते वरच्या बाजूस येतात जिथून ते स्किम केले जाऊ शकतात. फ्रॉथ फ्लोटेशनचे सामान्य तंत्र दर्शविले आहे.



फ्लोटेशन युनिटचे प्रकार:

1. विरघळलेली एअर फ्लोटेशन (डीएएफ) युनिट्स. (Dissolved Air Flotation) (DAF)

विरघळलेली एअर फ्लोटेशन (डीएएफ) ही पाणी किंवा सांडपाण्यामधून बारीक सस्पेंडेड घन पदार्थ, तेल आणि ग्रीस काढून टाकण्यासाठी एक अत्यंत कार्यक्षम पद्धत आहे. दाबाखाली हवा पाण्यात विरघळली जाते आणि नंतर फ्लोटेशन युनिटमध्ये सोडली जाते. विरघळलेली हवा सूक्ष्म फुगे बनवते जे कणांना जोडतात आणि त्यांना पृष्ठभागावर घेऊन जातात, जिथे ते फेस तयार करतात.

उपयोग: सांडपाणी प्रक्रिया (विशेषतः तेल, वंगण आणि बारीक घन पदार्थ काढण्यासाठी) पिण्याच्या पाण्याची प्रक्रिया आणि औद्योगिक सांडपाणी प्रक्रियांमध्ये मोठ्या प्रमाणावर वापरले जाते.

उदाहरणे:

म्युनिसिपल सांडपाणी प्रक्रियांमधील (DAF) युनिट्स: अन्न प्रक्रिया किंवा नगरपालिका सांडपाणी प्रक्रिया केंद्रांमधील चरबी, तेल आणि वंगण काढून टाकण्यासाठी वापरले जातात

2. व्हॅक्यूम फ्लोटेशन: (Vacuum flotation)

व्हॅक्यूम फ्लोटेशन ही पाण्याची विशिष्ट प्रक्रिया आहे जी सांडपाण्यातील सस्पेंडेड पदार्थ हवेसह संपृक्त (saturation) करून काढून टाकते आणि नंतर फ्लोटेशन टाकीमध्ये हवा सोडते.

3. इलेक्ट्रो फ्लोटेशन: (Electro flotation)

इलेक्ट्रो फ्लोटेशन ही एक सांडपाणी प्रक्रिया आहे जी पाण्याच्या इलेक्ट्रोलिसिस दरम्यान तयार होणारे वायू फुगे वापरून पाण्यापासून सस्पेंडेड कण वेगळे करते. व्यवस्था, (arrangements), अणुभट्टीची रचना (reactor design), प्रभावित करणारी प्रक्रिया सामग्री, process materials त्यांचे चल आणि प्रक्रिया गतिशास्त्र (variables and process kinetics) यांचा समावेश असलेले इलेक्ट्रो फ्लोटेशनचे मूलभूत बनले आहे.

इलेक्ट्रो फ्लोटेशन युनिट्सच्या अलीकडील पूर्ण-प्रमाणावरील स्थापनेसह आधुनिक दीर्घायुषी इलेक्ट्रोड्सने, (long- life electrodes) प्रक्रियेची प्रगती आणि संभाव्यता आणि औद्योगिक कचरा पाण्याच्या प्रक्रियेसाठी इलेक्ट्रो फ्लोटेशनचे आशादायक भविष्य प्रकट केले.

4. गुरुत्वाकर्षण फ्लोटेशन:

गुरुत्वाकर्षण पृथक्करण, ज्याला फ्लोटिंग सेपरेशन मेथड म्हणूनही ओळखले जाते, घनतेच्या फरकांवर (density differences) आधारित भिन्न कचरा प्लास्टिक वेगळे करते. गुरुत्वाकर्षण पृथक्करण पद्धत ही सर्वात प्राचीन वापरल्या जाणाऱ्या कचरा प्लास्टिक पृथक्करण पद्धतींपैकी एक आहे आणि दीर्घकालीन उत्पादन सराव प्रक्रियेमध्ये तिचे विस्तृत संशोधन केले गेले आहे..

फ्रॉथ फ्लोटेशन फायदे:

१. बारीक कण प्रभावीपणे काढून टाकणे:

फ्रॉथ फ्लोटेशन हे बारीक सस्पेंडेड घन पदार्थ आणि गाळणे (filtration) किंवा सेडिमेंटेशन यासारख्या पद्धती वापरून काढणे कठीण असलेले लहान कण काढून टाकण्यासाठी विशेषतः प्रभावी आहे. हे विशेषतः लहान कणांच्या उच्च सांद्रतेसह (high concentration) औद्योगिक सांडपाण्यावर प्रक्रिया करण्यासाठी उपयुक्त आहे.

२. तेल आणि ग्रीस काढून टाकणे:

फ्रॉथ फ्लोटेशन हे सांडपाण्यापासून तेल, चरबी आणि ग्रीस वेगळे करण्यासाठी अत्यंत प्रभावी आहे, जे पारंपारिक पद्धतींनी काढणे अनेकदा आव्हानात्मक असते. या दूषित घटकांच्या हायड्रोफोबिक स्वरूपामुळे ते हवेच्या बुडबुड्यांशी जोडून पृष्ठभागावर तरंगू शकतात.

३. उच्च पृथक्करण कार्यक्षमता: (High Separation Efficiency)

हे उच्च पातळीचे पृथक्करण प्रदान करते, ज्यामुळे मोठ्या प्रमाणात दूषित पदार्थ पाण्यातून काढून टाकले जातात याची खात्री होते. हे विशेषतः अन्न प्रक्रिया, पेट्रोकेमिकल आणि तेल शुद्धीकरण यासारख्या उद्योगांमध्ये उपयुक्त आहे, जिथे तेलकट सांडपाणी तयार होते.

४. कॉम्पॅक्ट आणि जागेच्या दृष्टीने कार्यक्षम:

मोठ्या सेडिमेंटेशन टँकसारख्या इतर उपचार पद्धतींच्या तुलनेत फ्रॉथ फ्लोटेशन प्रक्रिया अधिक कॉम्पॅक्ट आणि जागेच्या दृष्टीने कार्यक्षम असू शकते, ज्यामुळे जागा मर्यादित असलेल्या किंवा मोठ्या प्रक्रिया प्रणालींसाठी जागा उपलब्ध नसलेल्या क्षेत्रांसाठी ते योग्य बनते.

५. स्केलेबिलिटी:

सांडपाण्याच्या लहान आणि मोठ्या दोन्ही टाक्या प्रमाणात हाताळण्यासाठी फ्रॉथ फ्लोटेशन सिस्टमचे स्केलिंग केले जाऊ शकते. फ्लोटेशन टँकचा आकार किंवा वापरलेल्या हवेचे आणि अभिकर्मकांचे (reagents) प्रमाण बदलून प्रक्रिया समायोजित (adjusted) केली जाऊ शकते, ज्यामुळे उपचार क्षमतेत लवचिकता (flexibility) येते.

६. दूषित पदार्थ निवडकपणे काढून टाकणे: (Contaminants)

विशिष्ट दूषित पदार्थ (उदा., तेल, ग्रीस किंवा बारीक घन पदार्थ) निवडकपणे काढून टाकण्याची क्षमता हा एक महत्वाचा फायदा आहे. तयार केलेले अभिकर्मक (reagents) (संकलक आणि फ्रॉडर) वापरून, विशिष्ट प्रकारच्या प्रदूषकांना लक्ष्य करणे शक्य आहे, ज्यामुळे अधिक अचूक उपचार उपाय मिळतो.

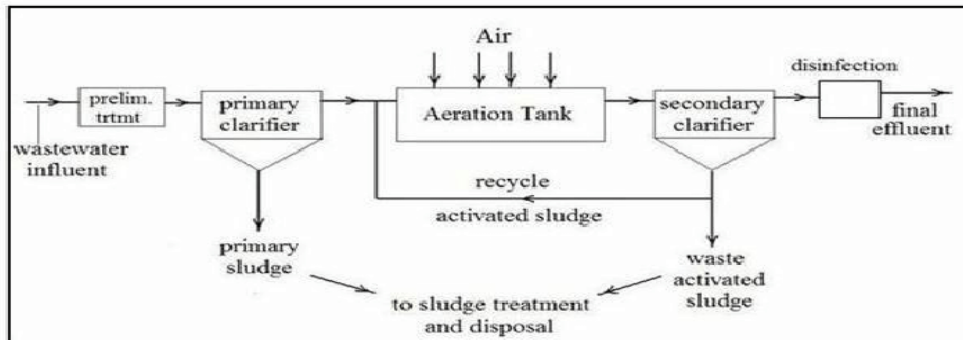
७. कमी ऊर्जेचा वापर:

औष्णिक (Thermal) किंवा रासायनिक (chemical) उपचारांसारख्या इतर उपचार पद्धतींच्या तुलनेत फ्रॉथ फ्लोटेशनसाठी सामान्यतः कमी ऊर्जा लागते, कारण ते प्रामुख्याने कणांच्या भौतिक गुणधर्मांवर आणि दूषित पदार्थ वेगळे करण्यासाठी हवेच्या बुडबुड्यांवर अवलंबून असते.

२.२.२ दुय्यम पद्धती (Secondary methods)

अ) सक्रिय गाळ प्रक्रिया: (Activated sludge treatment)

सक्रिय गाळ प्रक्रिया ही सांडपाण्यावर प्रक्रिया करण्यासाठी, विशेषतः सेंद्रिय पदार्थ, सस्पेंडेड घन पदार्थ आणि इतर प्रदूषक काढून टाकण्यासाठी मोठ्या प्रमाणात वापरली जाणारी पद्धत आहे. यामध्ये सांडपाण्यातील सेंद्रिय प्रदूषकांचे विघटन करण्यासाठी जैविक दृष्ट्या सक्रिय गाळ (सूक्ष्मजीवांचे मिश्रण) वापरणे समाविष्ट आहे.



Activated Sludge Wastewater Treatment Flow Diagram

सांडपाणी प्रथम तपासले जाते आणि मोठे कचरा आणि घन पदार्थ काढून टाकण्यासाठी सेटल केले जाते. पूर्व-प्रक्रिया केलेले सांडपाणी नंतर वायुवीजन टाकीमध्ये (aeration tank) पंप केले जाते, जिथे ते सक्रिय गाळात मिसळले जाते. या टाकीमध्ये, हवा (सामान्यतः डिफ्यूझर्सद्वारे) पाण्यात पंप केली जाते जेणेकरून सूक्ष्मजीवांना (जीवाणू आणि इतर सूक्ष्मजंतूंना) वाढण्यास आणि गुणाकार करण्यासाठी ऑक्सिजन मिळेल. हे सूक्ष्मजीव सांडपाण्यातील सेंद्रिय पदार्थांना त्यांचे अन्न स्रोत म्हणून वापरतात, ते सोप्या संयुगांमध्ये विभाजित करतात.

एअरेशननंतर, सांडपाणी एका सेटलमेंट टाकीमध्ये (secondary clarifier) वाहते. या टाकीमध्ये, सक्रिय गाळ तळाशी स्थिर होतो, प्रक्रिया केलेल्या पाण्यापासून वेगळे होतो. नंतर स्पष्ट केलेले पाणी सोडले जाते आणि गाळ एकतर वायुवीजन टाकीमध्ये aeration tank परत पुनर्वापर केला जातो किंवा पुढील प्रक्रिया किंवा विल्हेवाटीसाठी सिस्टममधून काढून टाकला जातो. सूक्ष्मजीवांची पुरेशी लोकसंख्या (population of microorganisms) राखण्यासाठी सेटलमेंट केलेल्या गाळाचा एक भाग वायुवीजन टाकीमध्ये परत केला जातो. उर्वरित गाळ पुढील प्रक्रियेसाठी सिस्टममधून कचरा सक्रिय गाळ (waste activated sludge) म्हणून काढून टाकला जातो.

सक्रिय गाळाची भूमिका: (Role of activated sludge)

अत्यंत केंद्रित सूक्ष्मजीवांनी बनलेला सक्रिय गाळ, सांडपाणी त्याच्या (२०-३०%) सक्रिय गाळाच्या स्वतःच्या प्रमाणात मिसळते. ४ ते ८ तासांनंतर एरोबिक टाक्यांमध्ये, सूक्ष्मजीव सेंद्रिय पदार्थांचे ऑक्साइड करतात जे कोलाइडल पदार्थांसह स्थिर होतात जे सक्रिय गाळ म्हणून काम करतात आणि पुनर्नवीनीकरण (recycled fresh activated sludge) केलेल्या ताज्या सक्रिय गाळावर कार्य करतात. बीओडीची पातळी खूप कमी असते.

सक्रिय गाळ प्रक्रियेचे फायदे:

१. **उच्च कार्यक्षमता:** सक्रिय गाळ प्रणाली सांडपाण्यातील सेंद्रिय पदार्थ, सस्पेंडेड घन पदार्थ आणि घटक (जसे की नायट्रोजन आणि फॉस्फोरस) काढून टाकण्यासाठी अत्यंत प्रभावी आहेत. यामुळे प्रक्रिया केल्यानंतर पाण्याची गुणवत्ता सुधारते.
२. **लवचिक डिझाइन (Flexible Design):** ही प्रणाली विविध प्रकारच्या सांडपाण्यावर प्रक्रिया करण्यासाठी अनुकूलित केली जाऊ शकते, ज्यामध्ये महानगरपालिका, औद्योगिक आणि अगदी काही प्रकारच्या धोकादायक कचऱ्याचा समावेश आहे. प्रक्रिया करायच्या सांडपाण्याच्या प्रमाणानुसार ते वाढ किंवा कमी देखील केले जाऊ शकते.
३. **किफायतशीर (Cost-Effective):** सुरुवातीची सेटअप महाग असू शकते, परंतु सक्रिय गाळ प्रक्रिया तुलनेने कमी खर्चाची असते, विशेषतः रासायनिक उपचारांसारख्या इतर उपचार पद्धतींशी तुलना केल्यास. या प्रक्रियेसाठी मोठ्या प्रमाणात रसायनांची आवश्यकता नसते आणि ऑपरेशनमध्ये प्रामुख्याने वायुवीजन आणि गाळ हाताळणीचा (aeration and sludge handling) समावेश असतो.
४. **ऊर्जा पुनर्प्राप्ती क्षमता: (Energy Recovery Potential)** काही सेटअपमध्ये, सेंद्रिय पदार्थांच्या विघटनादरम्यान सूक्ष्मजीवांनी तयार केलेला बायोगॅस कॅप्चर केला जाऊ शकतो आणि ऊर्जा उत्पादनासाठी वापरला जाऊ शकतो, ज्यामुळे एकूण ऊर्जा वापर कमी होतो.

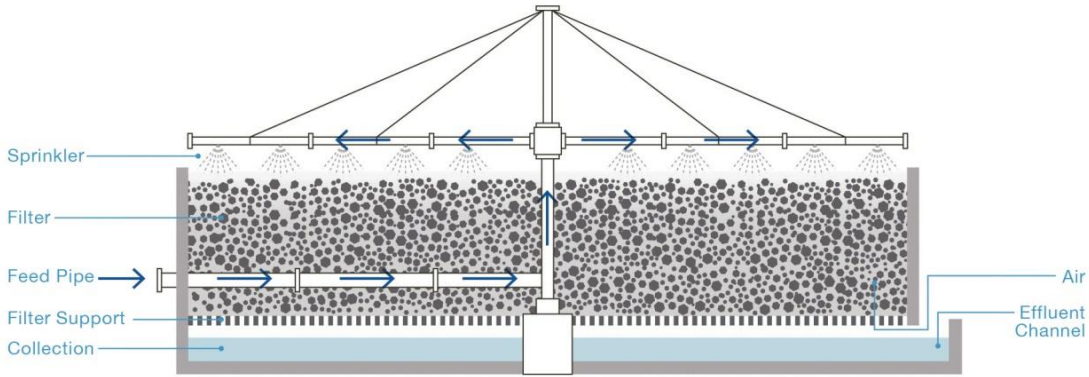
६. सांडपाण्याचा पुनर्वापर: (Wastewater Reuse) प्रक्रिया केल्यानंतर, पाणी अनेकदा पिण्यायोग्य नसलेल्या कारणांसाठी (जसे की सिंचन, औद्योगिक प्रक्रिया किंवा शीतकरण प्रणाली) पुनर्वापर करता येते, ज्यामुळे पाणी संवर्धनाला (water conservation) चालना मिळते.

७. चढउतारांशी जुळवून घेण्यायोग्य: (Adaptable to Fluctuations) सक्रिय गाळ प्रक्रिया सूक्ष्मजीव लोकसंख्या (microbial population) किंवा वायुवीजन (aeration) परिस्थिती समायोजित करून सांडपाण्याच्या ताकदी (strength) आणि प्रवाह दरांमधील (flow rates) फरक हाताळू शकते, वेगवेगळ्या ऑपरेशनल परिस्थितींसाठी लवचिकता प्रदान करते.

सक्रिय गाळ प्रक्रियांचे तोटे (Disadvantages of activated sludge treatment)

१. इन्फ्लुएंटसाठी खूप संवेदनशील.
२. आवश्यक कुशल आणि प्रशिक्षित कामगार.
३. ऑपरेशनल खर्च जास्त आहे.
४. निकाल अनिश्चित आहेत.
५. कमी खर्चात पुनर्प्राप्त करणे कठीण.

ब) ट्रिकलिंग फिल्टर (Trickling filter)



ट्रिकलिंग फिल्टर ही एक प्रकारची सांडपाणी प्रक्रिया प्रणाली आहे जी खडक किंवा प्लास्टिकसारख्या खडबडीत पदार्थांच्या थराचा वापर करते, ज्यावरून सांडपाणी वाहू दिले जाते. सांडपाणी माध्यमांवरून वाहत असताना, माध्यमाच्या पृष्ठभागावरील सूक्ष्मजीव पाण्यातील सेंद्रिय प्रदूषकांचे (organic pollutants) विघटन करतात. ही एक एरोबिक प्रक्रिया आहे, म्हणजे सूक्ष्मजीवांना कचरा विघटित करण्यासाठी ऑक्सिजनची आवश्यकता असते.

कार्य - सांडपाणी फिल्टरमध्ये प्रवेश करते. ते माध्यमाच्या पृष्ठभागावर वाहते, सामान्यतः मोठ्या टाकी किंवा युनिटमध्ये मांडलेले दगड, प्लास्टिक किंवा कृत्रिम पदार्थांचे थर. कालांतराने, माध्यमाच्या पृष्ठभागावर बॅक्टेरिया, शैवाल आणि इतर सूक्ष्मजीवांचे बायोफिल्म तयार होते.

हे सूक्ष्मजीव सांडपाण्यात असलेल्या सेंद्रिय पदार्थांवर खातात. सेंद्रिय पदार्थांच्या पचनासाठी सूक्ष्मजीवांना आवश्यक असलेला ऑक्सिजन प्रदान करण्यासाठी हवा (natural or mechanically provided) फिल्टरद्वारे फिरवली जाते. हे सांडपाण्यासारख्या सेंद्रिय प्रदूषकांचे विघटन करण्यास मदत करते. माध्यमांवरून गेल्यानंतर, प्रक्रिया केलेले पाणी फिल्टरमधून बाहेर पडते, ज्यामध्ये सेंद्रिय पदार्थ, पोषक तत्वे आणि रोगजनकांची सांद्रता कमी (lower concentrations) असते.

फिल्टरचे प्रकार:- गाळण्याच्या दरावर (rate of filtration) आणि युनिटच्या डिझाइनवर अवलंबून, फिल्टरचे वर्गीकरण केले जाते.

१. कमी दराचे ट्रिकलिंग फिल्टर: कमी दराचे ट्रिकलिंग फिल्टरची मीडिया डेप्थ १.८ ते ३.० मीटर असते. ते हाय रेट ट्रिकलिंग फिल्टरपेक्षा मोठ्या क्षेत्रफळावर आणि आकारमानावर कार्य करतात. म्हणून, सुरुवातीच्या टप्प्यावर जरी त्याची किंमत जास्त असली तरी ते ऑपरेट करणे सोपे आहे आणि उच्च कार्यक्षमता देते.

२. उच्च दराचे ट्रिकलिंग फिल्टर: या फिल्टरने पुनर्परिक्रमा पद्धत (recirculation method) प्रदान केली ज्याद्वारे सेंद्रिय पदार्थांचे क्लोजिंग (clogging) मिळते. सिंगल स्टेज आणि टू स्टेज सर्क्युलेंटिंग प्रोव्हिजन आहेत परंतु नंतरचे अधिक सामान्यतः वापरले जाते.

ट्रिकलिंग फिल्टरमधून मिळणारे सांडपाणी अत्यंत नायट्रिफाइड आणि स्थिर केले जाते. बीओडी मूळ मूल्याच्या ८० ते ९०% ने कमी केले जाते आणि २० पीपीएम पेक्षा कमी शिल्लक राहते. दुय्यम स्पष्टीकरणकर्त्यामधून (secondary clarifier) मिळणारा गाळ जाड (thick) आणि जड (heavy) असतो. ट्रिकलिंग फिल्टरचे फायदे:

- (१) फिल्टर लोडिंगचा दर जास्त असतो ज्यासाठी कमी जमीन क्षेत्रफळ आणि कमी प्रमाणात फिल्टर मीडियाची आवश्यकता असते.
- (२) ऑपरेशन सोपे आहे आणि त्यासाठी कुशल देखरेखीची आवश्यकता नाही
- (३) सांडपाणी पुरेसे नायट्रिफाइड आणि स्थिर केले जाते.
- (४) ते उबदार परिस्थितीत अधिक उपयुक्त आहे.

ट्रिकलिंग फिल्टरचे तोटे:

- (१) बांधकामाचा खर्च खूप जास्त आहे.
- (२) प्राथमिक अवसादन (sedimentation) आवश्यक आहे.
- (३) ऑपरेशनल (Operational) आणि देखभाल (Maintenance) खर्च जास्त आहे.

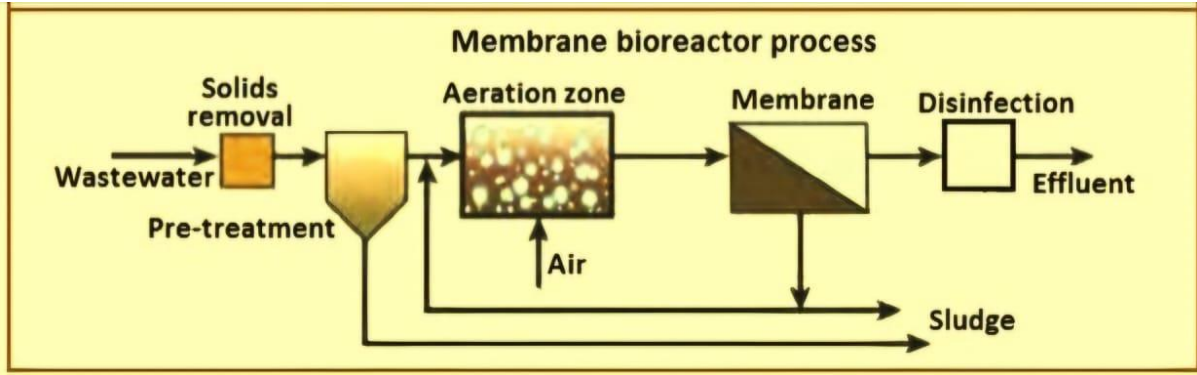
बायो फिल्टर: ही दोन-टप्प्यांची प्रक्रिया आहे जी मालिकेत दोन उच्च-दराच्या ट्रिकलिंग फिल्टर एकत्र करते. (high rate trickling filters in series) एकमेव अपवाद असा आहे की पहिल्या टप्प्यातील सांडपाणी एकाच फिल्टरमध्ये पुनर्प्रक्रिया करण्याऐवजी दुसऱ्या टप्प्यात जाते. या फिल्टरची खोली ०.९ ते १.२ मीटर पर्यंत कमी केली जाते जेणेकरून बांधकामासाठी किफायतशीर (economical) होईल.

क) बायोरिअक्टर

सांडपाणी प्रक्रिया करण्यासाठी बायोरिअक्टर ही एक अशी प्रणाली आहे जी जैविक प्रक्रियांचा (biological processes) वापर करून सांडपाण्यातील सेंद्रिय प्रदूषक (organic pollutants), पोषक तत्वे (जसे की नायट्रोजन आणि फॉस्फरस) आणि इतर दूषित पदार्थांचे विघटन (degrade) आणि काढून (remove) टाकते. ही प्रक्रिया सेंद्रिय पदार्थांचे विघटन करण्यासाठी आणि हानिकारक पदार्थांना कमी हानिकारक पदार्थांमध्ये रूपांतरित करण्यासाठी बॅक्टेरिया, बुरशी (fungi), आणि शैवाल (algae) यांसारख्या सूक्ष्मजीवांवर अवलंबून असते. महानगरपालिका आणि औद्योगिक सांडपाणी प्रक्रिया सुविधांमध्ये बायोरिअक्टर्सचा वापर सामान्यतः केला जातो.

मेम्ब्रेन बायोरिअक्टर (Membrane bioreactor)

मेम्ब्रेन बायोरिअक्टर प्रक्रिया केलेले पाणी बायोमासपासून वेगळे करण्यासाठी जैविक प्रक्रिया (like activated sludge) मेम्ब्रेन गाळणीसह (membrane filtration) एकत्र करते. सांडपाणी सक्रिय गाळ असलेल्या बायोरिअक्टर टाकीमधून वाहते. नंतर प्रक्रिया केलेले पाणी पडद्याद्वारे फिल्टर केले जाते, जे सस्पेंडेड घन पदार्थ काढून टाकते आणि एक स्पष्ट सांडपाणी प्रदान करते. (clear effluent)



फायदे:

उच्च दर्जाचे सांडपाणी तयार करते (high-quality effluent), सांडपाण्यावर खूप उच्च दर्जाचे प्रक्रिया करू शकते (including for reuse), आणि पारंपारिक प्रणालींपेक्षा कमी फूटप्रिंटची आवश्यकता असते.

मर्यादा (Limitations): मेम्ब्रेन फिल्ट्रेशन आणि देखभालीमुळे उच्च भांडवली (capital) आणि ऑपरेशनल खर्च.

बायोरिअक्टर्सचे प्रकार:

(अ) संलग्न वाढ (किंवा बायोफिल्म) बायोरिएक्टर, जिथे बायोमास वाहकांना (carriers) जोडून वाढतो.

(ब) हायब्रिड बायोरिएक्टर, जे सस्पेंडेड आणि संलग्न वाढ (attached growth) एकत्र करते.

२.२.३ तृतीयक पद्धत: (Tertiary method)

तृतीयक सांडपाणी प्रक्रिया ही सांडपाणी प्रक्रियेचा अंतिम टप्पा आहे. यामध्ये प्राथमिक किंवा दुय्यम सांडपाणी प्रक्रियाद्वारे काढून न टाकलेल्या प्रदूषकांचे पुनर्नवीनीकरण समाविष्ट आहे.

या प्रक्रियेत अनेकदा गाळण्याची प्रक्रिया, रासायनिक प्रक्रिया, प्रगत ऑक्सिडेशन प्रक्रिया आणि जैविक प्रक्रिया यांचा समावेश असतो. तृतीयक प्रक्रियेचे उद्दिष्ट पाण्यातील सस्पेंडेड घन पदार्थ, सेंद्रिय संयुगे, नायट्रोजन आणि फॉस्फरसचे प्रमाण कमी करणे आहे, ज्यामुळे ते पिकांना सिंचन (irrigating crops), भूजल पुनर्भरण (recharging groundwater) आणि इतर फायदेशीर वापरांसाठी वापरण्यास योग्य बनते.

सांडपाण्याचे तृतीयक प्रक्रियेत भौतिक आणि रासायनिक प्रक्रियांचे संयोजन असते. या प्रक्रियेत दुय्यम उपचाराने स्वच्छ न केलेले दूषित पदार्थ (stubborn contaminants) काढून टाकले जातात. या प्रक्रियेत मजबूत आणि अधिक प्रगत उपचार प्रणालींचा वापर करून सांडपाणी आणखी स्वच्छ होते.

(अ) गाळण्याची प्रक्रिया (Filtration): सस्पेंडेड घन पदार्थ वेगळे करण्यासाठी वाळू, सक्रिय कार्बन activated carbon किंवा बारीक विणलेल्या कापडापासून बनवलेले फिल्टर वापरते.

(ब) निर्जंतुकीकरण (Disinfection): हानिकारक सूक्ष्मजैविक दूषित पदार्थ (microbiological contaminants) काढून टाकते.

(क) तुरटी (Alum): फॉस्फरसचे कण काढून टाकते आणि फिल्टरद्वारे काढून टाकण्यासाठी घन पदार्थ एकत्र करते.

(ड) आयन एक्सचेंज: एक भौतिक-रासायनिक पृथक्करण तंत्र. (physical-chemical separation technique)

(इ) कार्बन शोषण (adsorption): एक पृथक्करण (separation) तंत्र.

(फ) रिव्हर्स ऑस्मोसिस: एक पडदा प्रक्रिया (membrane process)

(ग) इलेक्ट्रो डायलिसिस: एक तृतीयक उपचार प्रक्रिया. (tertiary treatment process)

१) पडदा वेगळे करणे Membrane separation

पडदा तंत्रज्ञानामध्ये परमीएबल पडद्यांच्या (permeable membranes) मदतीने दोन अंशांमधील (two fractions) पदार्थांच्या वाहतुकीसाठी अनेक वेगवेगळ्या प्रक्रियांचा समावेश होतो. पडदा तंत्रज्ञानात वापरल्या जाणाऱ्या पडद्याला दोन द्रवपदार्थ वेगळे करणारे आणि विशिष्ट घटकांना बाहेर काढणारे आणि दिलेल्या मिश्रणातून इतरांना धरून ठेवणारे निवडक अडथळे मानले जाऊ शकतात, ज्याचा अर्थ एक किंवा अधिक घटकांची सांद्रता (concentration) आहे. वाहतुकीसाठी चालणारी शक्ती (driving force) ही सामान्यतः दाब (pressure), तापमान (temperature), एकाग्रता (concentration) किंवा विद्युत क्षमता (electric potential) यासारख्या काही संभाव्यतेचा ग्रेडियंट असते. प्रेशर मुळे चालणाऱ्या प्रक्रिया मुळात चार आहेत: मायक्रोफिल्ट्रेशन (MF), अल्ट्राफिल्ट्रेशन (UF), नॅनोफिल्ट्रेशन (NF) आणि रिव्हर्स ऑस्मोसिस (RO)

अ) मायक्रोफिल्ट्रेशन:

मायक्रोफिल्ट्रेशन ही सूक्ष्मजीवांच्या आकाराचे कण जसे की बॅक्टेरिया, यीस्ट पेशी, कोलॉइड्स आणि धूराचे कण सस्पेंशन किंवा वायूंमधून काढून टाकण्यासाठी एक पृथक्करण तंत्र (separation technique) आहे. या प्रक्रियेत अंदाजे ०.१ ते १० μm आकाराच्या छिद्रांसह पडदा फिल्टर वापरला जातो, जे द्रवपदार्थात प्रवेश करण्यायोग्य असतात, परंतु कण टिकवून ठेवतात, ज्यामुळे वेगळे होतात.

मायक्रोफिल्ट्रेशन ही एक प्रकारची गाळण्याची प्रक्रिया आहे जी सामान्यतः ०.१ ते १० मायक्रॉन पर्यंतच्या छिद्र आकाराच्या पडद्याचा वापर करून द्रव किंवा वायूंपासून कण, जीवाणू आणि मोठे सूक्ष्मजीव वेगळे करते. हे बहुतेकदा पाणी प्रक्रिया, अन्न आणि पेय प्रक्रिया, औषधनिर्माण आणि सांडपाणी व्यवस्थापनात वापरले जाते. मायक्रोफिल्ट्रेशनमध्ये, द्रव किंवा वायू एका पडद्यामधून वाहतो जो दूषित पदार्थांना अडथळा म्हणून काम करतो.

ज्यामुळे स्वच्छ द्रवपदार्थ छिद्रांमधून जाण्यास परवानगी देतो आणि छिद्रांमधून बसण्यासाठी खूप मोठे कण अडकवतो. अल्ट्राफिल्ट्रेशन किंवा रिव्हर्स ऑस्मोसिस सारख्या इतर गाळण्याच्या पद्धतींप्रमाणे, मायक्रोफिल्ट्रेशन विरघळलेले पदार्थ किंवा आयन काढून टाकत नाही, त्याऐवजी मोठ्या कणांवर लक्ष केंद्रित करते.

मायक्रोफिल्ट्रेशनच्या सामान्य वापरांमध्ये हे समाविष्ट आहे:

पाणी शुद्धीकरण: पाण्यातून सस्पेंडेड घन पदार्थ, शैवाल आणि बॅक्टेरिया काढून टाकणे.

बायोटेक्नॉलॉजी: पेशी किंवा सूक्ष्मजीवांना कल्चरमधून वेगळे करणे.

ब) अल्ट्राफिल्ट्रेशन (UF)

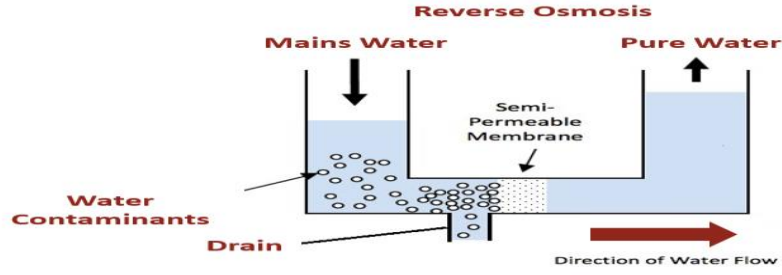
अल्ट्राफिल्ट्रेशन (UF) ही एक प्रकारची Membrane फिल्ट्रेशन प्रक्रिया आहे जिथे Membrane छिद्रांचा आकार सामान्यतः 1 ते 100 नॅनोमीटर (0.001 ते 0.1 मायक्रॉन) पर्यंत असतो.

याचा वापर कण, प्रथिनेसारखे मॅक्रोमोलेक्यूल आणि काही विषाणू द्रवपदार्थांपासून वेगळे करण्यासाठी केला जातो, ज्यामुळे क्षार, साखर आणि इतर लहान द्राव्ये यांसारखे मोठे रेणू मागे राहतात. मायक्रोफिल्ट्रेशन जे फक्त मोठे कण आणि सूक्ष्मजीव फिल्टर करते, अल्ट्राफिल्ट्रेशन लहान विरघळलेले पदार्थ देखील वेगळे करू शकते, ज्यामुळे द्राव्ये आणि कणांचे अधिक कसून पृथक्करण आवश्यक असलेल्या प्रयोगांसाठी (applications) ते प्रभावी बनते.

c) नॅनो फिल्ट्रेशन

नॅनो फिल्ट्रेशन मेम्ब्रेन (NF) जे 2-5 nm आकाराचे दूषित कण काढून टाकते हे सांडपाणी प्रक्रिया क्षेत्रात वापरले जाणारे सर्वात महत्वाचे कार्य आहे. हे मेम्ब्रेन तंत्रज्ञानातील तुलनेने अलीकडील विकास आहे आणि ते जलीय किंवा गैर-जलीय (aqueous or non-aqueous) असू शकते. NF ची वैशिष्ट्ये UF आणि RO मध्ये येतात आणि छिद्र-आकार प्रवाह (convective) आणि सोल्युशन-डिफ्यूजन यंत्रणा (solution-diffusion mechanisms) या दोन्हीद्वारे कार्य करतात. मेम्ब्रेन कार्यामध्ये मेम्ब्रेन शुल्क महत्त्वाची भूमिका बजावते. NF तंत्र विविध औद्योगिक अनुप्रयोगांमध्ये विविध प्रकारचे पाणी आणि सांडपाणी प्रक्रियांमध्ये वापरले जाते. NF चे मुख्य कार्य म्हणजे आयन (ions) आणि सेंद्रिय पदार्थ (organic substances) काढून टाकणे.

2) रिव्हर्स ओस्मोसिस (Reverse Osmosis)



सेमिपरमिमीएबल पडद्यामधून द्रावक प्रवाह थांबवण्यासाठी आवश्यक असलेला किमान दाब म्हणजे ऑस्मोटिक प्रेशर. म्हणून, जेव्हा द्रावण बाजू (ज्या बाजूला द्रावणाचे प्रमाण जास्त असते) ऑस्मोटिक प्रेशरपेक्षा जास्त दाबाखाली येते, तेव्हा द्रावण बाजूचे द्रावक कण सेमिपरमिमीएबल मेंब्रेन त्या प्रदेशात जातात जिथे द्रावणाचे प्रमाण कमी असते.

सेमिपरमिमीएबल मेंब्रेन अशा उलट द्रावक हालचालीला रिव्हर्स ऑस्मोसिस म्हणतात.

आरओ दूषित पाण्यातील अशुद्धता काढून टाकून काम करते. ते दाब प्रक्रियेद्वारे हे करते, दूषित द्रावण पडद्यातून बाहेर काढते. पाण्यावर प्रक्रिया केल्यानंतर ते उत्पादनात पुन्हा वापरले जाऊ शकते किंवा सुरक्षितपणे विल्हेवाट लावता येते. रिव्हर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया पुढे जाण्यासाठी द्रावणाच्या बाजूला लावलेला दाब ऑस्मोटिक प्रेशरपेक्षा जास्त असणे आवश्यक आहे हे लक्षात ठेवणे महत्वाचे आहे. ऑस्मोटिक प्रेशर हा एक कोलिगेटिव्ह गुणधर्म आहे, जो द्रावणाच्या एकाग्रतेवर अवलंबून असतो. पाणी शुद्धीकरणात, रिव्हर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया खूप महत्वाची आहे. आज वापरले जाणारे अनेक वॉटर प्युरिफायर्स शुद्धीकरण प्रक्रियेत रिव्हर्स ऑस्मोसिस पायऱ्यांपैकी एक म्हणून करतात.

रिव्हर्स ऑस्मोसिसमध्ये द्रावणाच्या एका बाजूला दाब (सामान्यतः ऑस्मोटिक प्रेशरपेक्षा जास्त) लागू केला जातो जिथे द्रावणांमध्ये एक सेमिपरमिमीएबल मेंब्रेन ठेवला जातो. या पडद्याचा वापर दूषित घटकांना अगदी लहान कणांपर्यंत फिल्टर करण्यासाठी केला जातो. दूषित घटकांना अनेकदा RO कॉन्सन्ट्रेट असे संबोधले जाते. RO वॉटर सिस्टीमचा वापर औषधनिर्माण, आरोग्यसेवा, अन्न आणि पेये आणि समुद्राच्या पाण्याचे डिसेलिनायझेशन (desalinization). अशा विविध उद्योगांमध्ये केला जाऊ शकतो.

उपयोगामध्ये निर्जंतुकीकरण, मूत्रपिंड डायलिसिस, सांडपाणी पुनर्प्राप्ती आणि प्रक्रिया पाणी उत्पादन यांचा समावेश आहे. सतत इलेक्ट्रो-डीआयनायझेशन (CEDDI) किंवा अल्ट्राफिल्ट्रेशन सारख्या इतर शुद्धीकरण प्रक्रियांसह RO चांगले कार्य करते.

युनिट-III SOLID WASTE MANAGEMENT

घन कचरा व्यवस्थापन

CO3 - Select appropriate disposal method for given chemical industrial solid waste.

दिलेल्या रासायनिक औद्योगिक घन कचऱ्यासाठी योग्य विल्हेवाट पद्धत निवडा.

TLO 3.1 Identify the sources of solid waste.

घन कचऱ्याचे स्रोत ओळखा.

TLO 3.2 Explain the steps of industrial solid waste management.

औद्योगिक घन कचरा व्यवस्थापनाच्या पायऱ्या स्पष्ट करा.

TLO 3.3 Select disposal method for given solid waste.

दिलेल्या घन कचऱ्यासाठी विल्हेवाट पद्धत निवडा.

TLO 3.4 Explain the health consequences of poor industrial waste disposal.

खराब औद्योगिक कचरा विल्हेवाटीचे आरोग्यावरील परिणाम स्पष्ट करा.

परिचय:

घन कचरा व्यवस्थापन (सॉलिड वेस्ट मॅनेजमेंट) या शब्दाचा अर्थ मुख्यतः घन कचऱ्याचे संग्रहण, प्रक्रिया आणि विल्हेवाट या संपूर्ण प्रक्रियेकडे होतो.

कचरा व्यवस्थापनात कचरा विविध स्रोतांकडून गोळा केला जातो आणि त्याची विल्हेवाट केली जाते. या प्रक्रियेत कचऱ्याचे संग्रहण, वाहतूक, प्रक्रिया, विश्लेषण आणि विल्हेवाट यांचा समावेश होतो. कठोर नियम आणि मार्गदर्शक तत्वांचे पालन करण्यासाठी याचे निरीक्षण करणे आवश्यक आहे.

3.1 घन कचरा निर्मिती - उद्योगातील स्रोत:

उद्योग हे घन कचऱ्याचे सर्वात मोठे स्रोत आहेत. उत्पादन क्रियादरम्यान औद्योगिक घन कचरा निर्माण होतो, जसे की उत्पादन, बांधकाम आणि खाणकाम.

3.1.1 औद्योगिक घन कचऱ्याची उदाहरणे -

बांधकाम आणि तोडफोड: (Construction site) माती, खडी, विटा, काँक्रीट आणि स्कॅप लाकूड यासारखे साहित्य

उत्पादन: (Production) अन्न कचरा, पॅकेजिंग कचरा, राख आणि धातूचे तुकडे

रासायनिक आणि विद्युत उत्पादन केंद्रे: (Chemical & Electrical refinery) रिफायनरी, प्रक्रिया सुविधा आणि रासायनिक कारखान्यांमधील कचरा

खाणकाम: (Mining) खनिज उत्खनन केंद्रांमधील कचरा

इतर: तेल, सॉल्व्हेंट्स, रसायने, पेंट अवशेष, टायर्स आणि इलेक्ट्रिकल घटक

3.1.2 औद्योगिक घन कचऱ्याचे वर्गीकरण -

सेंद्रिय किंवा अजैव: कचऱ्यातील घटकांवर आधारित

घन, अर्ध-घन किंवा द्रव: कचऱ्याच्या भौतिक स्थितीवर आधारित

धोकादायक किंवा सामान्य: कचऱ्याच्या प्रदूषण वैशिष्ट्यांवर आधारित

3.1.3 औद्योगिक कचऱ्याचे प्रकार -

औद्योगिक कचरा खालील दोन प्रकारांमध्ये विभागला जाऊ शकतो -

जैवविघटनशील कचरा: जे कचरा पदार्थ सूक्ष्मजीवांच्या क्रियेने सोप्या आणि निरुपद्रवी पदार्थांमध्ये विघटित होऊ शकतात, त्यांना जैवविघटनशील कचरा म्हणतात. कागद उद्योग, अन्न उद्योग, साखर उद्योग, लोकर उद्योग इत्यादी काही उद्योग प्रामुख्याने जैवविघटनशील औद्योगिक कचरा निर्माण करतात. या कचऱ्याचे व्यवस्थापन कमी खर्चात आणि सहजतेने केले जाऊ शकते.

नॉन-बायोडिग्रेडेबल कचरा: नॉन-बायोडिग्रेडेबल कचरा सूक्ष्मजीवांच्या क्रियेने पुढे विघटित होऊ शकत नाही. असा कचरा लँडफिलमधील विषारी पदार्थांचा मुख्य स्रोत आहे. रसायने, धातू, प्लॅस्टिक, पेंट, रबर इत्यादी नॉन-बायोडिग्रेडेबल कचऱ्याची उदाहरणे आहेत. हे पदार्थ हजारो वर्षे लँडफिल म्हणून कोणत्याही नुकसानाशिवाय राहू शकतात.

धातू आणि प्लॅस्टिकमधील विषारी पदार्थ जमिनीत शोषले जातात आणि माती आणि पाण्याचे स्रोत प्रदूषित करतात. डिटर्जेंट, फिनाँल इत्यादी उत्पादन करणारे उद्योग, कोळसा उद्योग, रंग उद्योग इत्यादी मोठ्या प्रमाणात नॉन-बायोडिग्रेडेबल औद्योगिक कचरा निर्माण करतात. या प्रकारच्या कचऱ्याचे व्यवस्थापन करणे कठीण आहे आणि ते अत्यंत विषारी असते.

3.1.4 औद्योगिक घन कचऱ्याचा परिणाम -

पाणी प्रदूषण: जेव्हा औद्योगिक कचरा पाण्याच्या मार्गात टाकला जातो, तेव्हा तो पाण्याच्या पाण्याचे स्रोत प्रदूषित करू शकतो, जलचर जीवनाला हानी पोहोचवू शकतो आणि जड धातू, रसायने आणि इतर प्रदूषकांच्या उपस्थितीमुळे संपूर्ण पर्यावरणाचा तोटा होऊ शकतो.

माती प्रदूषण: औद्योगिक घन कचऱ्याची अयोग्य विल्हेवाट केल्यास माती प्रदूषित होऊ शकते, ज्यामुळे वनस्पतींच्या वाढीवर परिणाम होऊ शकतो आणि जर प्रदूषित मातीत पिके घेतली तर अन्न सुरक्षिततेवर परिणाम होऊ शकतो.

हवा प्रदूषण: औद्योगिक कचरा जाळल्याने होणारे उत्सर्जन किंवा उघड्या कचऱ्याच्या ढिगाऱ्यातून अस्थिर संयुगे सोडल्याने हवा प्रदूषण होऊ शकते, ज्यामुळे श्वसन समस्या आणि धुके तयार होऊ शकते.

जमीन अधोगती: लँडफिलमध्ये अयोग्य विल्हेवाट केल्याने जमीन अधोगती होऊ शकते, ज्यामध्ये लीचेट (विषारी द्रव) निर्माण होऊ शकते जो योग्य प्रकारे व्यवस्थापित न केल्यास भूजल प्रदूषित करू शकतो.

जैवविविधतेचा नाश: औद्योगिक कचऱ्यामुळे निवासस्थाने प्रदूषित झाल्यामुळे वन्यजीवांच्या लोकसंख्येत घट होऊ शकते आणि पर्यावरणीय संतुलन बिघडू शकते.

मानवी आरोग्य धोके: औद्योगिक कचऱ्यातील धोकादायक पदार्थांशी थेट संपर्क किंवा श्वासोच्छ्वासाद्वारे संपर्क झाल्यास श्वसन समस्या, त्वचेचे संसर्ग आणि कर्करोगासारख्या दीर्घकालीन आजारांसह विविध आरोग्य समस्या निर्माण होऊ शकतात.

3.1.5 विशिष्ट औद्योगिक घन कचऱ्याची उदाहरणे आणि त्यांचे परिणाम -

इलेक्ट्रॉनिक कचरा (ई-कचरा): लीड आणि पारा यासारख्या विषारी धातूंचा समावेश असतो जे अयोग्य विल्हेवाट केल्यास माती आणि पाणी प्रदूषित करू शकतात.

रासायनिक कचरा: अत्यंत विषारी असू शकतो आणि योग्य प्रकारे हाताळल्यास गंभीर आरोग्य धोके निर्माण करू शकतो, ज्यामुळे भूजल आणि माती प्रदूषित होऊ शकते.

बांधकाम आणि विध्वंस कचरा: मोठ्या प्रमाणात काँक्रीट आणि धातूचा कचरा जमीन वापरावर परिणाम करू शकतो आणि योग्य प्रकारे व्यवस्थापित न केल्यास पाण्याचे मार्ग अडवू शकतो.

3.2 औद्योगिक घन कचरा व्यवस्थापनाच्या पायऱ्या - संग्रहण, वाहतूक, साठवण आणि विल्हेवाट:

पर्यावरण स्वच्छ आणि निरोगी ठेवण्यासाठी, कचरा लवकर काढून टाकला पाहिजे. कचऱ्याच्या संग्रहणाची वारंवारता मुख्यतः निर्माण होणाऱ्या कचऱ्याच्या प्रमाणावर, साठवण सुविधेच्या आकारावर, हंगामावर आणि संग्रहणासाठी उपलब्ध निधीवर अवलंबून असते.

कचऱ्याच्या संग्रहणाची वारंवारता जास्तीत जास्त ठेवली पाहिजे जेणेकरून वास आणि माश्यांच्या प्रजननाच्या समस्या सुरू होण्यापासून रोखता येईल.

कचऱ्याच्या संग्रहण वाहनांचे मार्ग शक्य तितके लहान असावेत, जेणेकरून कचऱ्याच्या संग्रहणाचा खर्च कमी होईल. कचऱ्याचे योग्य आणि सुरक्षित संग्रहण करण्यासाठी कामगारांचे प्रशिक्षण आणि उपकरणांचे देखभाल आवश्यक आहे.

3.2.1 कचरा व्यवस्थितपणे गोळा करण्यासाठी खालील गोष्टी लक्षात ठेवल्या पाहिजेत -

1. व्यक्तींना योग्य प्रशिक्षण दिले पाहिजे.
2. स्थानिक लोकांना योग्य प्रकारे शिक्षित केले पाहिजे.
3. कचरा अशा वेळी गोळा केला पाहिजे की वाहतूक परिस्थिती बिघडू नये.
4. वाणिज्यिक क्षेत्रात दररोज संग्रहण केले पाहिजे आणि निवासी क्षेत्रात आठवड्यातून दोनदा संग्रहण केले पाहिजे.
5. वापरलेली उपकरणे योग्य आच्छादनासह असावीत जेणेकरून लोडिंग आणि अनलोडिंग दरम्यान वगळता सामग्रीचे प्रदर्शन होऊ नये.
6. वाहनांना पाण्याच्या घट्ट बांधकामाचे असावे जेणेकरून गळती टाळता येईल आणि पूर्ण स्वच्छता सुलभ होईल.

3.2.2 कोरड्या कचऱ्याच्या संग्रहणावर परिणाम करणारे घटक:

1. डस्टबिनचे स्थान.
2. संग्रहण वारंवारता.
3. लोकसंख्या घनता.
4. प्रति ट्रक वापरलेल्या कामगारांची संख्या.
5. संग्रहणाची वेळ.
6. संग्रहण मार्ग.
7. संग्रहणाचा खर्च.

3.3 विल्हेवाट पद्धत निवडण्यासाठी विचारात घेतलेले घटक:

औद्योगिक घन कचऱ्यासाठी विल्हेवाट पद्धत निवडताना, विचारात घ्यावयाचे मुख्य घटक आहेत: कचऱ्याची भौतिक आणि रासायनिक वैशिष्ट्ये, प्रमाण आणि रचना, नियामक पालन, उपलब्ध विल्हेवाट तंत्रज्ञान, खर्च-प्रभावीता, पर्यावरणीय प्रभाव, भौगोलिक स्थान, पुनर्वापर किंवा पुनर्वापराची क्षमता, सार्वजनिक धारणा आणि विल्हेवाट सुविधांची प्रवेशयोग्यता; स्थानिक पर्यावरणीय नियमांचे पालन करताना.

1. विचारात घ्यावयाचे मुख्य घटक -
2. कचऱ्याची वैशिष्ट्ये -

- a. विषारीपणा: कचऱ्यात उपस्थित असलेल्या धोकादायक पदार्थांची पातळी.
- b. रासायनिक रचना: कचरा सेंद्रिय, अजैव, आम्लयुक्त, अल्कधर्मी इत्यादी आहे का.
- c. भौतिक गुणधर्म: आकार, घनता, आर्द्रता सामग्री आणि ज्वलनशीलता.
- d. प्रमाण: निर्माण होणाऱ्या कचऱ्याचे प्रमाण.

2. पर्यावरणीय प्रभाव -

- a. भूजल प्रदूषणाची शक्यता
- b. ज्वलनासारख्या विल्हेवाट पद्धतींमधून हवेतील उत्सर्जन
- c. स्थानिक पर्यावरणीय प्रणालींवर परिणाम

3. नियामक पालन -

- a. कचरा विल्हेवाटीवर नियंत्रण ठेवणारे स्थानिक आणि राष्ट्रीय पर्यावरणीय नियम
- b. विशिष्ट विल्हेवाट पद्धतींसाठी परवानगी आवश्यकता

4. आर्थिक घटक -

- a. कचरा संग्रहण आणि वाहतुकीचा खर्च
- b. विल्हेवाट सुविधांचा भांडवली आणि कार्यरत खर्च
- c. पुनर्वापर किंवा कचरा-ते-ऊर्जा प्रकल्पांमधून संभाव्य उत्पन्न

5. विल्हेवाट पर्याय -

- a. लँडफिलिंग: नॉन-हॅझर्डस कचऱ्यासाठी योग्य, परंतु लीचेट निर्मितीबद्दल चिंता
- b. ज्वलन: प्रमाण कमी करण्यासाठी प्रभावी, परंतु कठोर उत्सर्जन नियंत्रण आवश्यक
- c. पुनर्वापर: नवीन उत्पादने तयार करण्यासाठी साहित्याचा पुनर्वापर
- d. कंपोस्टिंग: सेंद्रिय कचऱ्यासाठी, पोषक द्रव्ययुक्त माती सुधारक तयार करणे
- e. कचरा-ते-ऊर्जा: कचऱ्याच्या ज्वलनातून ऊर्जा निर्माण करणे

6. साइट-विशिष्ट विचार

- a. लँडफिलसाठी जमीन उपलब्धता
- b. लोकसंख्या केंद्रांच्या जवळीक
- c. भूगर्भीय परिस्थिती (भूजल स्तर, मातीचा प्रकार)
- d. हवामान आणि हवामानाचे नमुने

3.4 विल्हेवाट पद्धती: औद्योगिक घन कचरा सामान्यतः खुल्या ज्वलन, समुद्रात विल्हेवाट, स्वच्छ लँडफिलिंग (नियुक्त क्षेत्रात पुरणे), ज्वलन (प्रमाण कमी करण्यासाठी उच्च तापमानात जाळणे), पुनर्वापर (नवीन उत्पादने तयार करण्यासाठी साहित्याचा पुनर्वापर) आणि कंपोस्टिंग (सेंद्रिय कचऱ्याचे खतात रूपांतर) यासारख्या पद्धतींद्वारे विल्हेवाट केला जातो, जे कचऱ्याच्या प्रकार आणि धोकादायक स्वरूपावर अवलंबून असते, तर प्रदूषण धोके कमी करण्यासाठी कठोर पर्यावरणीय नियमांचे पालन करताना.

3.5 खराब औद्योगिक कचरा विल्हेवाटीचे आरोग्यावरील परिणाम: खराब औद्योगिक कचरा विल्हेवाट केल्यामुळे श्वसन समस्या, त्वचेचे रोग, कर्करोग, प्रजनन समस्या आणि संसर्गजन्य रोग यासह विविध गंभीर आरोग्य परिणाम होऊ शकतात, प्रामुख्याने कचऱ्यातील विषारी रसायनांमुळे हवा, पाणी आणि माती प्रदूषित होण्यामुळे, ज्यामुळे कचरा हाताळणारे कामगार आणि जवळच्या समुदायांवर श्वासोच्छ्वास, गिळणे आणि त्वचेच्या संपर्काद्वारे परिणाम होतो; मुलांसारख्या संवेदनशील लोकसंख्येला विशेष धोका असतो.

1. अयोग्य औद्योगिक कचरा विल्हेवाटीचे मुख्य आरोग्य परिणाम:
2. श्वसन समस्या: औद्योगिक कचऱ्यातील हवेत तरंगणारे कण श्वासोच्छ्वासाद्वारे घेतल्यास अस्थमा, ब्रॉन्कायटिस आणि चिडचिड यासारख्या श्वसन समस्या निर्माण करू शकतात, विशेषतः जड धातू किंवा अस्थिर सेंद्रिय संयुगे यासारख्या विषारी पदार्थांच्या उपस्थितीत.
3. कर्करोग: अँस्बेस्टॉस, बेझिन आणि डायऑक्सीन यासारख्या काही औद्योगिक रसायनांच्या संपर्कात आल्यास कर्करोगाचा धोका वाढू शकतो.
4. त्वचेचे रोग: धोकादायक कचऱ्याशी थेट संपर्क झाल्यास त्वचेचे चिडचिड, जळजळ आणि त्वचारोग होऊ शकतात.
5. पाचन समस्या: प्रदूषित पाणी किंवा अन्न गिळल्यास मळमळ, उलट्या, अतिसार आणि पोटदुखी यासारख्या पाचन समस्या होऊ शकतात.
6. प्रजनन आरोग्य समस्या: औद्योगिक कचऱ्यातील काही रसायनांच्या संपर्कात आल्यास हार्मोन संतुलन बिघडू शकते आणि वंध्यत्व, जन्मदोष आणि गर्भपात यासारख्या प्रजनन समस्या निर्माण होऊ शकतात.
7. मज्जासंस्थेवर परिणाम: काही औद्योगिक रसायने मज्जासंस्थेवर परिणाम करू शकतात, ज्यामुळे डोकेदुखी, चक्कर येणे, स्मरणशक्तीच्या समस्या आणि मुलांमध्ये विकासातील विलंब होऊ शकतो.
8. संपर्क मार्ग:
9. श्वासोच्छ्वास: उघड्या डंप, धूळ प्लम किंवा अयोग्य प्रकारे व्यवस्थापित लँडफिलमधून हवेत तरंगणारे प्रदूषक श्वासोच्छ्वासाद्वारे घेणे.
10. गिळणे: प्रदूषित पाणी किंवा प्रदूषित मातीत वाढवलेले अन्न गिळणे.
11. त्वचेचा संपर्क: धोकादायक कचरा साहिल्याशी थेट त्वचेचा संपर्क.
12. आरोग्य परिणामांवर परिणाम करणारे घटक:
13. कचऱ्याचा प्रकार: औद्योगिक कचऱ्यातील विशिष्ट रसायने संभाव्य आरोग्य धोके महत्त्वपूर्ण प्रमाणात ठरवतात.
14. विल्हेवाट पद्धत: उघड्या डंपिंग किंवा अपुर्या नियंत्रणासारख्या अयोग्य विल्हेवाट पद्धती संपर्काचा धोका वाढवतात.
15. कचरा साइटच्या जवळीक: खराब प्रकारे व्यवस्थापित औद्योगिक कचरा साइट्सजवळ राहणाऱ्या लोकांना जास्त धोका असतो.

Unit – IV: HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT

धोकादायक कचरा व्यवस्थापन

CO- Apply relevant treatment method for managing given hazardous waste

मेथड्स फॉर प्रेव्हेंशन ऑफ हझार्डस वेस्ट डिसपोजल

TLO 4.1 Identify the sources of hazardous waste.

सोर्सस ऑफ हझार्डस वेस्ट

TLO 4.2 Explain collection and storage process of hazardous waste.

स्टोरेज अँड कलेक्शन ऑफ हझार्डस वेस्ट

TLO 4.3 Select relevant treatment method for given hazardous waste.

सिलेक्ट ट्रीटमेंट मेथड फॉर हझार्डस वेस्ट

TLO 4.4 Explain the factors responsible for hazardous waste prevention and minimization.

फॅक्टर फॉर मिनिमाइजेशन अँड प्रेव्हेंशन ऑफ हझार्डस वेस्ट

TLO 4.5 Explain the health consequences of poor industrial hazardous waste disposal

पुअर वेस्ट हझार्डस डिसपोजल व हेल्थ

4.1 परिचय (Introduction)

कचरा (Waste) म्हणजे निरुपयोगी, टाकून दिलेले आणि अवांछित (Unwanted) पदार्थ आता पुरेसे मूल्य मानले जात नाहीत आणि प्रक्रिया करणाऱ्यांद्वारे फेकून दिले जातात. घन किंवा अर्धघन (Solids or semisolids) स्वरूपात असलेल्या कचऱ्याला "घन कचरा" (Solid waste) म्हणतात. घन कचरा म्हणजे सर्व कचरा जो मानव आणि प्राण्यांपासून निर्माण होतो.

घन कचरा व्यवस्थापन (Solid waste management) हे महानगरपालिका प्राधिकरणाद्वारे शहराबाहेर दररोज कचरा गोळा करून आणि विल्हेवाट लावून केले जाते आणि कचऱ्यावर प्रक्रिया केली जाते. भारत सरकारने "महानगरपालिका घन (Municipal solid) (हाताळणी आणि व्यवस्थापन) नियम 2000" लागू केले, जे प्रत्येक महानगरपालिका आणि महानगरपालिकेसाठी अनिवार्य आहेत.

4.1.1 धोकादायक कचरा-स्रोत आणि प्रकार (Hazardous Waste-Sources and Types)

एक घनकचरा हा एक घातक कचरा (Hazardous) आहे जर तो विशेषतः ज्ञात धोकादायक कचरा म्हणून सूचीबद्ध असेल किंवा घातक कचऱ्याची वैशिष्ट्ये (Characteristics) पूर्ण करतो. सूचीबद्ध कचरा सामान्य उत्पादन (Manufacturing) आणि औद्योगिक (Industrial) प्रक्रिया, विशिष्ट उद्योगांमधील कचरा आहेत आणि टाकलेल्या व्यावसायिक उत्पादनांमधून (Discarded commercial products) तयार केले जाऊ शकतात.

वैशिष्ट्यपूर्ण कचरा (Characteristics waste) हे कचरा आहेत जे खालीलपैकी एक

किंवा अधिक वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्मांचे प्रदर्शन करतात: प्रज्वलन, संक्षिप्तता, प्रतिक्रिया किंवा विषाक्तता (Ignitability, corrosivity, reactivity or toxicity).

रासायनिक क्रिया (Chemical activity) किंवा ज्वलनशील स्फोटक विषारी (Flammable explosive toxic) किंवा संक्षारक गुणधर्मांमुळे (Corrosive properties) होणारा कचरा मानवी आरोग्यासाठी किंवा पर्यावरणासाठी (Environment) धोकादायक ठरू शकतो. धोकादायक कचरा (Hazardous waste) हा औद्योगिक उत्पादन आणि घरांमधून टाकून दिलेला कचरा, व्यावसायिक आस्थापने (Commercial establishments) आणि संस्थांमधून (Institutions) टाकून दिला जातो जो मानवी आरोग्यासाठी आणि पर्यावरणासाठी अवास्तव धोका निर्माण करतो, यासाठी व्यापक शब्द म्हणून वापरला जातो. धोकादायक कचरा घन, द्रव किंवा वायू आणि अर्ध-द्रव पदार्थ (Solid, liquid or gases and semi-liquids) असू शकतो जसे की खाणकामातील (Mining sludge) गाळ आणि ड्रिलिंग चिखल. यामध्ये वापरलेले मोटर तेल (Motor oil) आणि पारा, कृषी कीटकनाशके आणि एस्बेस्टोस आणि पीसीबीएस (PCBs) सारख्या औद्योगिक साहित्याचा समावेश आहे.

धोकादायक कचरा (Hazardous waste) या शब्दामध्ये बहुतेकदा औद्योगिक, घरगुती, व्यावसायिक आणि आरोग्य सेवा (Industrial, domestic, commercial, and health care) उपक्रमांच्या उप-उत्पादनांचा समावेश होतो. विविध औद्योगिक तंत्रज्ञान, उत्पादने आणि पद्धतींचा जलद विकास आणि सुधारणा धोकादायक कचरा निर्मिती वाढवू शकते. बहुतेक धोकादायक कचरा वापरासाठी किंवा पुढील औद्योगिक वापरासाठी उत्पादनांच्या निर्मितीमध्ये तयार केला जातो.

4.1.2 धोकादायक कचरा-स्रोत (Hazardous Waste-Sources)

धोकादायक कचरा (Hazardous waste) स्रोतांमध्ये उद्योग, संस्थात्मक आस्थापने, संशोधन प्रयोगशाळा, खाणकाम स्थळे, खनिज प्रक्रिया स्थळे, कृषी सुविधा आणि नैसर्गिक वातावरण (Industry, institutional establishments, research laboratories, mining sites, mineral processing sites, agricultural facilities and the natural environment) यांचा समावेश होतो.

वरील व्याख्येनुसार द्रव, वायू किंवा घन कचरा (Liquid, gases or solid) सोडणारे सर्व स्रोत धोकादायक कचरा स्रोत म्हणून गणले जाऊ शकतात. पर्यावरणातील प्रमुख धोकादायक कचरा स्रोत आणि त्यांचे प्रदूषण मार्ग खाली सूचीबद्ध आहेत.

1. शेती जमीन आणि कृषी उद्योग (Agricultural land and agro-industry): शेती जमीन आणि कृषी उद्योगातील (Agricultural land) धोकादायक कचरा (Hazardous waste) लोकांना कीटकनाशके (Pesticide), खते (Fertilizer) आणि घातक पशुवैद्यकीय उत्पादनांच्या (Hazardous veterinary product wastes) कचऱ्याच्या संपर्कात आणू शकतो. शेती या कचऱ्याचा एक प्रमुख स्रोत आहे आणि शेती रसायने (Agrochemical) साठवणुकीत असताना वातावरणात (Environment) जाऊ शकतात किंवा वापरल्यानंतर नुकसान करू शकतात.

2. घरगुती (Domestic): घरांमध्ये बॅटरी आणि ड्राय सेल्स, फर्निचर पॉलिश, लाकूड संरक्षक, डाग काढून टाकणारे, रंग पातळ करणारे, उंदीर मारणारे विष, तणनाशके आणि कीटकनाशके, डास प्रतिबंधक, रंग, जंतुनाशके आणि इंधन (म्हणजेच केरोसीन) (Batteries and dry cells, furniture polishes, wood preservatives, stain removers, paint thinners, rat poisons, herbicides and pesticides, mosquito repellents, paints, disinfectants, and fuels) आणि इतर ऑटोमोटिव्ह (Automotive) उत्पादने यासारखे विविध धोकादायक पदार्थ साठवले जातात. साठवणूक, वापर आणि विल्हेवाट लावताना हे विविध धोके देऊ शकतात.

3. खाणी आणि खनिज प्रक्रिया स्थळे (Mines and mineral processing sites): खाण (Mining) आणि खनिज (Minerals) प्रक्रिया स्थळे अडिटिव्हज (Additives), उत्पादने आणि कचऱ्यामध्ये उपस्थित असलेल्या धोकादायक उत्पादनांना हाताळतात.

4. आरोग्य सेवा सुविधा (Health care facilities): आरोग्य सेवा सुविधा पॅथॉलॉजिकल कचरा (Pathological waste), मानवी रक्त (Human blood) आणि दूषित सुया (Contaminated needles) यांचे स्रोत आहेत. या कचऱ्याच्या विशिष्ट स्रोतांमध्ये दंतवैद्य (Dental), पशुवैद्यकीय दवाखाने (Veterinary clinics), घरगुती आरोग्य सेवा (Home health care), रक्तपेढी (Blood bank), रुग्णालये, दवाखाने आणि वैद्यकीय प्रयोगशाळा (Medical labs) यांचा समावेश आहे.

5. व्यावसायिक कचरा (Commercial wastes): व्यावसायिक कचरा स्रोतांमध्ये पेट्रोल स्टेशन (Petrol station), ड्राय क्लीनर (Dry cleaner) आणि ऑटोमोबाईल दुरुस्ती दुकाने (Auto shops) (कार्यशाळा) यांचा समावेश आहे. या स्रोतांद्वारे निर्माण होणाऱ्या धोकादायक कचऱ्याचे प्रकार प्रदान केलेल्या सेवांवर अवलंबून असतात.

6. संस्थात्मक धोकादायक कचरा स्रोत (Institutional hazardous waste sources): संस्थात्मक धोकादायक कचऱ्याचे स्रोत प्रामुख्याने संशोधन प्रयोगशाळा (Research laboratories), संशोधन केंद्रे (Research center) आणि लष्करी प्रतिष्ठाने (Military installations) आहेत. • लष्करी आस्थापने (Military establishments) अशा क्रियाकलाप देखील करतात ज्यामुळे घरगुती (Households), व्यावसायिक (Commercial) आणि औद्योगिक (Industrial) स्वरूपाचे इतर प्रकारचे धोकादायक कचरा निर्माण होतात.

7. औद्योगिक धोकादायक कचरा स्रोत (Industrial hazardous waste sources): धोकादायक कचरा अनेक औद्योगिक उपक्रमांद्वारे तयार केला जातो. उदाहरणार्थ, पेट्रोलियम इंधन (Petroleum fuel industry) उद्योगातील धोकादायक कचऱ्यामध्ये रिफायनरी उत्पादने (Refinery product) (इंधन आणि टार), कचऱ्याच्या प्रवाहात फिनॉल (Phenol) आणि सायनाइड (Cyanide) सारख्या अशुद्धता आणि साठवण टाक्यांमधून बाहेर पडणारा गाळ (Sludge) यांचा समावेश आहे.

8. घनकचऱ्याची विल्हेवाट लावण्याची ठिकाणे (Solid waste disposal sites): ही प्रामुख्याने महानगरपालिकेच्या घनकचऱ्याची (Municipal solid waste) विल्हेवाट लावण्याची ठिकाणे आहेत,

परंतु इतर कचऱ्यापासून योग्यरित्या वेगळे न केलेले धोकादायक कचरा देखील या ठिकाणी आहेत.

9. दूषित ठिकाणे (Contaminated sites): ही अशी ठिकाणे आहेत जी घातक पदार्थांचा वापर किंवा निर्मिती करणाऱ्या क्रियाकलापांमुळे किंवा अपघाती गळतीमुळे (Accidental spills) घातक कचऱ्याने दूषित होतात. धोकादायक पदार्थांचा वापर किंवा निर्मिती करणाऱ्या उद्योगांच्या पूर्वीच्या जागा या गटात येतात.

10. बांधकाम साहित्य एस्बेस्टोस (Asbestos), तांबे (Copper) किंवा इतर साहित्य असलेल्या पदार्थांपासून बनवलेले छप्पर (Roofs) आणि पाईप्स घातक कचऱ्याचे स्रोत असू शकतात.

4.1.3 धोकादायक कचऱ्याचे प्रकार (Hazardous Waste Types):

जर एखादा कचरा कलम 261 (Section 261) मधील संहिता नियमन (Federal regulations) (CFR) च्या शीर्षक 40 (Title 40) मध्ये आढळलेल्या चार यादीपैकी (F, K, P आणि U यादी) एका यादीत विशेषतः सूचीबद्ध असेल तर तो धोकादायक कचरा असल्याचे निश्चित केले जाते.

F-यादी (विशिष्ट नसलेले स्रोत कचरा) (F-List (Non-Specific Source Wastes))

याला "F" कचरा म्हणतात कारण त्यांचे EPA कचरा ओळख (Waste identification) कोड F अक्षराने सुरू होतात, हे सामान्य कचरा (Generic waste) आहेत, जे सामान्यतः उत्पादन (Manufacturing) आणि औद्योगिक प्रक्रियांद्वारे (Industrial process) तयार केले जातात. • या यादीतील उदाहरणांमध्ये इलेक्ट्रोप्लेटिंग (Electroplating) प्रक्रियेतून डीग्रीझिंग (Degreasing) आणि सांडपाणी प्रक्रिया (Wastewater treatment) गाळात वापरले जाणारे खर्च केलेले हॅलोजेनेटेड सॉल्व्हेंट्स (Halogenated solvents) तसेच डायऑक्सिन कचरा (Dioxin waste) यांचा समावेश आहे, ज्यापैकी बहुतेक "तीव्र धोकादायक" (Acutely hazardous) कचरा आहेत कारण ते मानवी आरोग्यासाठी आणि पर्यावरणासाठी धोकादायक आहेत. बेझिन, मिथिलीन क्लोराईड, ट्रायक्लोरोइथिलीन, कार्बन टेट्राक्लोराईड (Benzene, methylene chloride, trichloroethylene, carbon tetrachloride) हे F यादीमध्ये सूचीबद्ध केलेले काही सॉल्व्हेंट्स (Solvents) आहेत.

K-लिस्ट (स्रोत-विशिष्ट कचरा) (K-List (Source-Specific Wastes))

K-लिस्ट अंतर्गत सूचीबद्ध केलेले कचरा कीटकनाशक उत्पादन (Pesticide manufacturing), पेट्रोलियम शुद्धीकरण (Petroleum refining), स्फोटक उत्पादन (Explosive manufacturing), लोखंड (Iron) आणि पोलाद उत्पादन (Steel production), दुय्यम शिसे प्रक्रिया (Lead processing) आणि शाई तयार (Ink formulation) करणे यासारख्या १३ विशिष्ट उद्योगांमधून तयार केले जातात. लक्षात ठेवा, या उद्योगांमधील सर्व कचरा K-लिस्ट मध्ये येत नाही. या उद्योगांमधील सांडपाणी आणि गाळ यासारखे प्रक्रिया आणि उत्पादन प्रक्रिया कचरा बहुतेकदा के सूची बनवतात.

व्यावसायिक रासायनिक उत्पादने: "P" आणि "U" यादी (Commercial chemical products: "P" and "U" List)

हे "P" आणि "U" कोडने दर्शविले जाते आणि त्यात विशिष्ट व्यावसायिक रासायनिक उत्पादने (Commercial chemical products) किंवा रासायनिक मध्यस्थी (Chemical intermediates) तयार करणारे घटक समाविष्ट आहेत. व्यावसायिक शुद्ध दर्जाचे रसायने (Pure chemicals) किंवा सक्रिय घटक (Active ingredients) म्हणून कोणत्याही रसायनांसह कोणतेही सूत्र P आणि U यादीमध्ये सूचीबद्ध आहेत.

रासायनिक नियंत्रित केलेल्या प्रमाणानुसार P यादी U यादीपेक्षा वेगळी आहे. तीव्र विषारी कचरा (Acute toxic waste) ज्यांचे संचय किंवा कचरा निर्मिती दरमहा 1 किलोपेक्षा जास्त आहे त्यांना U यादीमध्ये वर्गीकृत केले जाते ज्यांच्या कचरा निर्मिती दरमहा 25 किलोग्रॅम आहे. या यादीमध्ये क्लोरोफॉर्म (Chloroform) आणि क्रियोसोट (Creosot) सारखी रसायने, सल्फ्यूरिक आणि हायड्रोक्लोरिक सारखी आम्ल (Sulphuric and Hydrochloric acid) आणि DDT सारखी कीटकनाशके इत्यादींचा समावेश आहे.

M-सूचीमध्ये टाकून दिलेले उत्पादने किंवा पारा (Mercury) असलेले कचरा समाविष्ट आहे. M-सूचीमध्ये सूचीबद्ध केलेल्या कचऱ्याची काही उदाहरणे म्हणजे पारा स्वित्चेस, फ्लोरोसेंट दिवे आणि पारा असलेले नवीन पदार्थ (Mercury switches, fluorescent lamps, and mercury-containing novelties).

4.2. धोकादायक कचरा व्यवस्थापनाचे टप्पे (Steps of Hazardous Waste Management)

4.2.1. निर्मिती (Generation)

एका समुदायात (Community) धोकादायक कचरा (Hazardous waste) मर्यादित प्रमाणात निर्माण होतो आणि समुदायात आणि विविध उद्योगांमध्ये (Industries) निर्माण होणाऱ्या धोकादायक कचऱ्याच्या प्रमाणाबद्दल फारच कमी माहिती उपलब्ध आहे. उद्योगाबाहेर धोकादायक कचरा निर्मिती अनियमित (Irregular) आणि प्रमाणाने खूपच कमी असते,

ज्यामुळे कचरा निर्मितीचा निकष अर्थहीन होतो. या मर्यादांवर मात करण्याचा एकमेव व्यावहारिक मार्ग म्हणजे समुदायातील प्रत्येक संभाव्य स्रोतावर तपशीलवार यादी (Detailed inventory) आणि मापन अभ्यास (Measurement studies) करणे. समुदाय यादी विकसित करण्याच्या पहिल्या टप्प्यात, धोकादायक कचऱ्याचे संभाव्य स्रोत (Potential sources) ओळखले पाहिजेत. समुदायातील कोणत्याही स्रोतावर धोकादायक कचऱ्याचे एकूण वार्षिक प्रमाण ऑनसाईट (Onsite visit) भेटी दरम्यान पूर्ण केलेल्या डेटा यादीद्वारे स्थापित केले पाहिजे.

तक्ता 4.1. सामान्य धोकादायक कचरा: समुदाय स्रोत (Common Hazardous Wastes: Community Source)

कचरा वर्ग (Waste Category)	स्रोत (Sources)
किरणोत्सर्गी पदार्थ, Radioactive substances	जैववैद्यकीय संशोधन सुविधा, महाविद्यालये आणि विद्यापीठ प्रयोगशाळा, कार्यालये, रुग्णालये, अणुऊर्जा प्रकल्प इ., (Biomedical research facilities, colleges and university laboratories, offices, hospitals, nuclear power plants, etc.)
विषारी रसायने , Toxic chemicals	कृषी रसायन कंपन्या, बॅटरी दुकाने, कार वॉश, रासायनिक दुकाने, महाविद्यालय आणि विद्यापीठ प्रयोगशाळा, बांधकाम कंपन्या, विद्युत उपयुक्तता, रुग्णालये आणि दवाखाने, औद्योगिक शीतकरण टॉवर, वृत्तपत्र आणि छायाचित्रण उपाय, अणुऊर्जा प्रकल्प, कीटक नियंत्रण संस्था, छायाचित्रण प्रक्रिया सुविधा, प्लेटिंग दुकाने, सेवा केंद्रे इ. (Agricultural chemical companies, battery shops, car washes, chemical shops, college and university laboratories, construction companies, electric utilities, hospitals and clinics, industrial cooling towers, newspaper and photographic solutions, nuclear power plants, pest control agencies, photographic processing facilities, plating shops, service stations, etc.)
जैविक कचरा , Biological wastes	बायोमेडिकल संशोधन सुविधा, औषध कंपन्या, रुग्णालये, वैद्यकीय दवाखाने इ. (Biomedical research facilities, drug companies, hospitals, medical clinics, etc.)
ज्वलनशील कचरा , Flammable wastes	ड्राय क्लीनर, पेट्रोलियम पुनर्प्राप्ती संयंत्रे,

	पेट्रोलियम शुद्धीकरण आणि प्रक्रिया सुविधा, सेवा केंद्रे, टँकर ट्रक स्वच्छता केंद्रे इ. (Dry cleaners, petroleum reclamation plants, petroleum refining and processing facilities, service stations, tanker truck cleaning stations, etc.)
स्फोटके , Explosives	बांधकाम कंपन्या, ड्राय क्लीनर, दारूगोळा उत्पादन सुविधा इ. (Construction companies, dry cleaners, ammunition production facilities, etc.)

धोकादायक कचरा निर्माण करणारे पाच प्रकार आहेत:

- (1) प्राथमिक जनरेटर (Primary generator),
- (2) वाहतूक करणारा (Transporter),
- (3) कचरा साठवणूक (Waste storage),
- (4) प्रक्रिया आणि (Treatment)
- (5) विल्हेवाट सुविधा (Disposal facility).

सर्व उत्पादक आणि कचरा प्राप्तकर्त्यांनी विद्यमान कायदा आणि कचरा नियमांनुसार कचरा व्यवस्थापित करण्यासाठी काही मानक ऑपरेटिव्ह प्रक्रिया (Standard operative procedures) (SOP) पाळल्या पाहिजेत. कचरा ट्रॅकिंगच्या उद्देशाने मूलभूत डेटा/रेकॉर्डकीपिंग (Basic data and recordkeeping), अहवाल देणे (Reporting), प्रकट करणे, SOP चे प्रोटोकॉल आणि आपत्कालीन परिस्थितीत आकस्मिक नियोजन (Waste protocol) हे खूप आवश्यक आहे.

सूचीबद्ध स्त्रोतांव्यतिरिक्त, कंटेनरमध्ये टाकलेल्या धोकादायक कचऱ्याचे सांडणे (Spillage) देखील एक महत्वाचा स्रोत मानला पाहिजे. सांडण्यात सहभागी असलेल्या धोकादायक कचऱ्याचे प्रमाण (Quantity) सहसा माहित नसते. सांडण्याचे परिणाम बहुतेकदा आश्चर्यकारक असतात आणि समुदायाला दृश्यमान (Visible to community) असतात. सांडण्याच्या घटनेचा अंदाज लावता येत नसल्यामुळे, मानवी आरोग्य (Human health) आणि पर्यावरणाला (Environment) होणारा संभाव्य धोका नियमितपणे निर्माण होणाऱ्या धोकादायक कचऱ्यापेक्षा जास्त असतो.

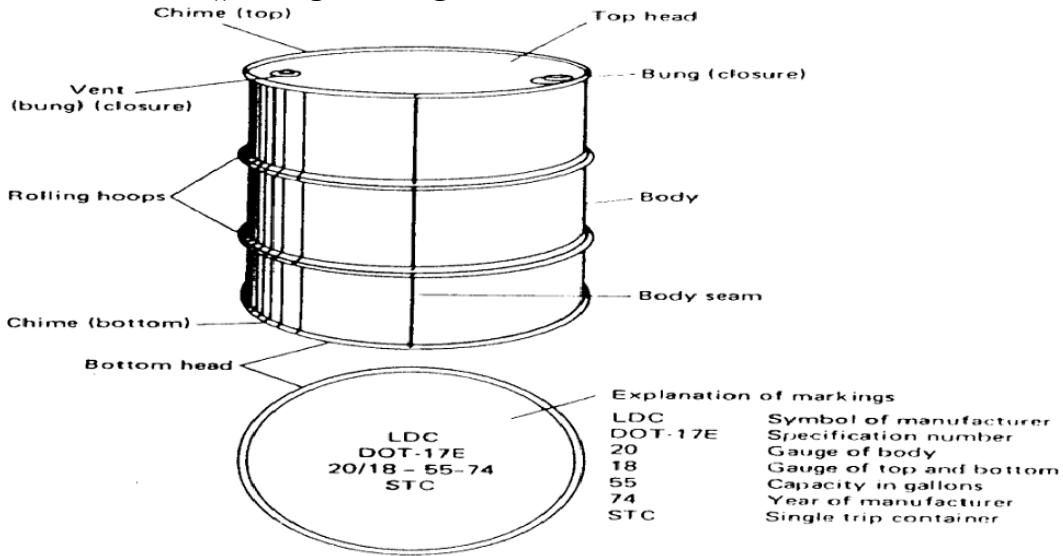
4.2.2. साठवणूक आणि संकलन (Storage and collection):

साइटवरील साठवणूक पद्धती धोकादायक पदार्थांच्या प्रकार (Types) आणि प्रमाणांवर (Amounts) अवलंबून असतात. सहसा, जेव्हा मोठ्या प्रमाणात निर्माण होते, तेव्हा विशेष सुविधा वापरल्या जातात ज्यांची क्षमता अनेक दिवसांपासून साचलेला कचरा साठवण्याची असते.

जेव्हा फक्त थोड्या प्रमाणात कचरा निर्माण होतो, तेव्हा कचरा कंटेनरमध्ये (Containerized) ठेवता येतो आणि मर्यादित प्रमाणात साठवता येतो.

उदाहरणार्थ, कंटेनरमधील धातूचे क्षय रोखण्यासाठी संक्षारक आम्ल (Corrosive acids) किंवा कॉस्टिक द्रावण (Caustic solution) फायबर ग्लास (Fibre glass) किंवा काचेच्या रेषांच्या कंटेनर (Glass lined) मध्ये साठवले जातात. त्याच कंटेनर किंवा ठिकाणी विसंगत कचरा (Incompatible waste) साठवू नये म्हणून देखील खूप काळजी घेतली पाहिजे. घातक कचरा साठवण्यासाठी वापरले जाणारे सामान्य ड्रम कंटेनर:

• लाईट-गेज बंद हेड ड्रम (Light-Gauge Closed Head Drum)



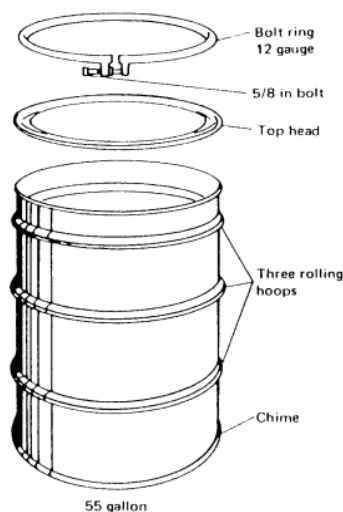
आकृती 4.1 लाईट-गेज बंद हेड ड्रम (Light-Gauge Closed Head Drum)

लाईट-गेज ओपन हेड ड्रम (Light-Gauge Open Head Drum)

कचरा जनरेटर (Waste generator), किंवा एक विशेष हॉलर (Hauler), सामान्यतः घातक कचरा प्रक्रिया किंवा विल्हेवाटीच्या ठिकाणी पोहोचवण्यासाठी गोळा करतो. संकलन वाहनांचे लोडिंग खालीलपैकी कोणत्याही प्रकारे पूर्ण केले जाते:

- मोठ्या क्षमतेच्या टाक्यांमध्ये साठवलेला कचरा एकतर काढून टाकला जातो किंवा संकलन वाहनांमध्ये (Collection vehicle) पंप केला जातो
- सीलबंद ड्रम किंवा सीलबंद कंटेनर (Sealed drum) मध्ये साठवलेला कचरा हाताने किंवा यांत्रिक उपकरणांनी फ्लॅटबेड ट्रकवर (Flatbed truck) लोड केला जातो.

साठवलेले कंटेनर प्रक्रिया आणि विल्हेवाट सुविधेत नेले जातात. अपघात आणि संभाव्य जीवितहानी टाळण्यासाठी, धोकादायक कचरा गोळा करताना दोन संग्राहक नियुक्त केले पाहिजेत. संकलनासाठी वापरलेली उपकरणे कचऱ्याच्या वैशिष्ट्यांनुसार बदलतात.



आकृती 4.2 लाईट-गेज ओपन हेड ड्रम (Light-Gauge Open Head Drum)

4.2.3. संकलन (Collection)

संकलनाच्या घटकांमध्ये केवळ घनकचरा (Solid waste) आणि पुनर्वापरयोग्य (Recyclable) साहित्य गोळा करणेच नाही तर संकलनानंतर या साहित्याची वाहतूक, संकलन वाहन रिकामे केले जाते त्या ठिकाणी करणे देखील समाविष्ट आहे.

तक्ता 4.2 धोकादायक कचरा गोळा करण्यासाठी उपकरणे (Equipment for Collection of Hazardous Waste)

कचरा वर्ग , Waste category	संकलन उपकरणे आणि अॅक्सेसरीज , Collection equipment and accessories
किरणोत्सर्गी पदार्थ, Radioactive substances	कचऱ्याच्या वैशिष्ट्यांनुसार विविध प्रकारचे ट्रक आणि रेल्वे उपकरणे (Trucks and railroad); सुरक्षिततेचा धोका दर्शविण्यासाठी विशेष चिन्हांकन; काँक्रीटने झाकलेले शिसे असलेले कंटेनर (Lead containers) हाताळण्यासाठी जड भार उचलणारी उपकरणे.
विषारी रसायने , Toxic chemicals	ड्रममध्ये साठवलेल्या कचऱ्यासाठी फ्लॅटबेड ट्रक; मोठ्या प्रमाणात कचऱ्यासाठी ट्रॅक्टर-ट्रेलर टँक ट्रक संयोजन (Tractor-trailer tank truck); रेल्वे टँक कार; काच, फायबर ग्लास किंवा रबर (Rubber) यांसारखे विशेष आतील अस्तर.
जैविक कचरा , Biological wastes	कचरा आणि संग्राहक यांच्यातील संपर्क रोखण्यासाठी काही विशेष खबरदारी असलेले मानक पॅकर्सचे (Standard packers) संकलन ट्रक; ड्रममध्ये

	साठवलेल्या कचऱ्यासाठी फ्लॅटबेड ट्रक
ज्वलनशील कचरा , Flammable wastes	विषारी रसायनांप्रमाणेच (Toxic chemicals), वाहनांवर विशेष रंग आणि सुरक्षा इशारा छापलेला.
स्फोटके , Explosives	विषारी रसायनांप्रमाणेच, वाहतुकीच्या मार्गावर काही निर्बंध आहेत, विशेषतः निवासी क्षेत्रांमधून (Residential area).

4.2.4. हस्तांतरण आणि वाहतूक (Transfer and transport):

हस्तांतरण आणि वाहतूक म्हणजे कचरा एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी हस्तांतरित करण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या सुविधा (Facilities). लहान संकलन वाहने मोठ्या वाहनांमध्ये हस्तांतरित केली जातात जी कचरा विल्हेवाट लावण्याच्या (Disposal sites) ठिकाणी लांब अंतरावर नेण्यासाठी वापरली जातात.

धोकादायक नसलेल्या घनकचऱ्यासाठी (Non-hazardous waste) चर्चा केल्याप्रमाणे, लहान वाहनांचे भार मोठ्या वाहनांमध्ये हस्तांतरित केल्याने मिळणारे आर्थिक फायदे धोकादायक कचऱ्यालाही तितकेच लागू होतात. तथापि, धोकादायक कचरा हस्तांतरण केंद्राच्या सुविधा घनकचरा हस्तांतरण केंद्रापेक्षा खूप वेगळ्या आहेत. सामान्यतः, धोकादायक कचरा कॉम्पॅक्ट (Noncompacted) केला जात नाही (म्हणजेच, यांत्रिक आकारमान कमी करणे) किंवा असंख्य समुदाय रहिवाशांकडून (Community residents) वितरित केला जात नाही.

त्याऐवजी, द्रव धोकादायक कचरा सामान्यतः संकलन वाहनांमधून पंप केला जातो आणि प्रक्रिया आणि विल्हेवाट सुविधांमध्ये वाहतूक करण्यासाठी संकलन कंटेनरमधून गाळ किंवा घन पदार्थ काढून न टाकता पुन्हा लोड केले जातात. धोकादायक कचरा (Hazardous waste) हस्तांतरण सुविधा शोधणे असामान्य आहे, जिथे कचरा फक्त मोठ्या वाहतूक वाहनांमध्ये हस्तांतरित केला जातो. काही प्रक्रिया आणि साठवण सुविधा बहुतेकदा हस्तांतरण केंद्रावर सामग्री हाताळणी क्रमाचा भाग असतात. उदाहरणार्थ, संक्षारक कचरा तटस्थ (Neutralization of corrosive waste) केल्याने वाहतूक वाहनांवर कमी किमतीच्या होल्टिंग टँकचा वापर होऊ शकतो.

धोकादायक कचरा वाहतूक करणाऱ्याच्या जबाबदाऱ्या (Responsibilities Of The Hazardous Waste Transporter)

1. वाहतुकीसाठी वापरले जाणारे वाहन मोटार वाहन कायदा, 1988 (Motor Vehicle Act, 1988) आणि त्याअंतर्गत बनवलेल्या नियमांनुसार असेल. धोकादायक कचरा वाहतूक करण्यासाठी त्याला एसपीसीबी/पीसीसीकडून (SPCB/PCC) आवश्यक परवानगी घेणे आवश्यक आहे.

2. धोकादायक कचरा वाहतूक करण्यासाठी वाहतूकदाराकडे प्रमाणपत्राच्या आवश्यक प्रती (कचरा उत्पादक आणि सुविधेच्या ऑपरेटरद्वारे कचरा वाहतूक करण्यासाठी संबंधित एसपीसीबी/पीसीसीकडून प्राप्त वैध परवानगी) (Valid authorization obtained from the concerned SPCB/PCC) असणे आवश्यक आहे.

3. धोकादायक कचरा वाहतूक करताना वाहतूकदाराकडे वैध "नियंत्रणाखाली प्रदूषण प्रमाणपत्र" (पीयूसीसी) (Pollution under Control Certificate)" (PUCC)) असणे आवश्यक आहे आणि ते योग्यरित्या प्रदर्शित केले पाहिजे.
4. वाहन शक्यतो निळ्या रंगात (Blue colour) रंगवले पाहिजे आणि संपूर्ण शरीरावर मध्यभागी 15 ते 30 सेमी रुंदीची पांढरी पट्टी असावी. हे सहज ओळखण्यास सुलभ करण्यासाठी आहे.
5. कचऱ्याची सुरक्षित हाताळणी आणि वाहतूक करण्यासाठी आवश्यक असलेली यांत्रिक हाताळणी उपकरणे (Mechanical handling equipments) वाहनात बसवली पाहिजेत.
6. वाहनाच्या सर्व बाजूंनी "धोकादायक कचरा" (Hazardous waste) हे शब्द हिंदी आणि इंग्रजी भाषेत प्रदर्शित केले जातील.
7. ट्रक धोकादायक कचऱ्याच्या वाहतुकीसाठी समर्पित असतील आणि त्यांचा वापर इतर कोणत्याही कारणासाठी केला जाणार नाही.
8. प्रत्येक वाहनात प्रथमोपचार किट (First aid kit), गळती नियंत्रण उपकरणे (Spill control equipment) आणि अग्निशामक यंत्र (Fire extinguisher) असावे.
9. धोकादायक कचऱ्याच्या वाहतुकीदरम्यान कोणतीही घटना टाळण्यासाठी धोकादायक कचरा वाहतूक वाहन मोटार वाहन कायदानुसार निर्दिष्ट केलेल्या वेगानेच चालवावे.
10. चालकाची शैक्षणिक पात्रता किमान १० वी उत्तीर्ण असणे आवश्यक आहे. वाहतूक वाहनाच्या चालकाकडे राज्य रस्ते वाहतूक प्राधिकरणाकडून जड वाहनांचा वैध ड्रायव्हिंग लायसन्स (Driving licence of heavy vehicle) असणे आवश्यक आहे आणि त्याला रसायने वाहतूक (Transporting of chemicals) करण्याचा अनुभव असणे आवश्यक आहे.
11. धोकादायक कचऱ्याच्या वाहतुकीमध्ये समाविष्ट असलेल्या आपत्कालीन परिस्थिती आणि सुरक्षिततेच्या पैलू हाताळण्यासाठी चालकांना योग्यरित्या प्रशिक्षित केले पाहिजे.
12. बंद कंटेनरमध्ये नेहमीच कचरा वाहतूक करणे.
13. दूषित झाल्यास स्वच्छता.
14. वाहनांची स्वच्छता SPCB/PCC ने अधिकृत केलेल्या नियुक्त ठिकाणी केली पाहिजे.

4.2.5. प्रक्रिया आणि विल्हेवाट (Processing and disposal)

धोकादायक कचरा व्यवस्थापनासाठी (Hazardous waste management) अनेक पर्याय उपलब्ध आहेत. सर्वात इष्ट म्हणजे कचऱ्याचे प्रमाण त्याच्या स्रोतावर कमी (Reduce) करणे किंवा इतर उत्पादक वापरासाठी त्याचे पुनर्वापर (Recycle) करणे. तरीही, कमी करणे आणि पुनर्वापर करणे हे इष्ट पर्याय असले तरी, धोकादायक कचरा विल्हेवाटीच्या समस्येवर त्यांना अंतिम उपाय मानले जात नाही. काही प्रमाणात धोकादायक कचरा प्रक्रिया आणि साठवणूक किंवा विल्हेवाट लावण्याची आवश्यकता नेहमीच राहिल.

उपयुक्त साहित्य पुनर्प्राप्त (Recover) करण्यासाठी आणि कचरा विल्हेवाटीसाठी (Disposal) तयार करण्यासाठी धोकादायक कचऱ्याची प्रक्रिया (Processing) केली जाते.

प्रक्रिया साइटवर किंवा साइटच्या बाहेर केली जाऊ शकते. प्रक्रिया साइटच्या निवडीवर परिणाम करणारे घटक म्हणजे कचऱ्याची वैशिष्ट्ये, कचऱ्याचे प्रमाण, उपलब्ध साइटवर प्रक्रिया प्रक्रियेचे तांत्रिक, आर्थिक आणि पर्यावरणीय (Technical, economical and environmental) पैलू आणि जवळच्या ऑफ-साइट प्रक्रिया सुविधेची उपलब्धता (उदा., वाहतूक अंतर, शुल्क आणि वगळणे, Haul distance, fees, and exclusions). धोकादायक कचऱ्याचे उपचार भौतिक, रासायनिक, थर्मल किंवा जैविक मार्गांनी (Physical, chemical, thermal or biological means) केले जाऊ शकतात.

4.2.6. पृष्ठभागावरील साठवणूक आणि जमिनीची विल्हेवाट (Surface storage and land disposal)

जाळून टाकणे (Incineration) किंवा इतर रासायनिक प्रक्रियांद्वारे (Chemical processes) नष्ट न होणारे धोकादायक कचरा योग्यरित्या विल्हेवाट लावणे आवश्यक आहे. अशा बहुतेक कचऱ्यासाठी, जमिनीवर विल्हेवाट लावणे हे अंतिम गंतव्यस्थान (Ultimate destination) आहे, जरी ते एक आकर्षक पद्धत नाही, कारण त्यात अंतर्निहित पर्यावरणीय धोके (Inherent environmental risks) समाविष्ट आहेत. जमिनीवर विल्हेवाट लावण्याच्या दोन मूलभूत पद्धती म्हणजे लँडफिलिंग (Landfilling) आणि भूमिगत इंजेक्शन (Underground injection). जमिनीवर विल्हेवाट लावण्यापूर्वी, पृष्ठभागावरील साठवणूक किंवा नियंत्रण प्रणाली बहुतेकदा तात्पुरती पद्धत म्हणून वापरली जातात.

साइटवरील तात्पुरत्या कचरा साठवणुकीच्या सुविधांमध्ये खुले कचरा ढीग (Open end piles) आणि तलाव किंवा सरोवर (Pond or lagoons) यांचा समावेश आहे. नवीन कचऱ्याचे ढीग एका अभेद्य तळावर काळजीपूर्वक बांधले पाहिजेत आणि लँडफिलसाठी असलेल्या नियामक आवश्यकतांचे पालन केले पाहिजे.

ढीग वाऱ्याच्या पसरण्यापासून किंवा धूपापासून (Wind dispersion or erosion) संरक्षित असले पाहिजेत. जर लीचेट (Leachate) तयार झाला तर देखरेख आणि नियंत्रण प्रणाली प्रदान केल्या पाहिजेत.

नवीन कचऱ्याच्या ढिगाऱ्यात फक्त नॉन-कंटेनराइज्ड घन (Non-contaminated solid), नॉन-फ्लोइंग कचरा (Non flowing) सामग्री साठवली जाऊ शकते आणि ढिगाऱ्याचा आकार अव्यवस्थापित झाल्यावर सामग्री लँडफिल (Landfill) केली पाहिजे.

त्यांच्या स्वरूपाची पर्वा न करता (म्हणजेच, घन, द्रव किंवा वायू), बहुतेक धोकादायक कचरा पृष्ठभागाजवळ किंवा खोलवर गाडून टाकला जातो.

जरी, महानगरपालिकेच्या घनकचरा (Municipal solid waste) आणि मर्यादित प्रमाणात धोकादायक कचऱ्याची विल्हेवाट लावण्यासाठी नियंत्रित लँडफिल (Controlled landfill) पद्धती पुरेशा सिद्ध झाल्या आहेत, परंतु खालील कारणांमुळे मोठ्या प्रमाणात धोकादायक कचऱ्याची विल्हेवाट लावण्यासाठी त्या पुरेशा योग्य नाहीत:

- भूजलात विषारी द्रव कचऱ्याचे (Toxic liquid) संभाव्य झिरपण;
- घन पदार्थांचे विघटन (Dissolution of solid) आणि त्यानंतर भूजलात लीचिंग आणि झिरपण (Leaching and percolation);
- घन कचऱ्यापासून आम्ल लीचेटद्वारे (Acid leachate) घन धोकादायक कचऱ्याचे विघटन, त्यानंतर भूजलात लीचिंग आणि झिरपण;
- लँडफिलमध्ये अनिष्ट प्रतिक्रियांची शक्यता ज्यामुळे स्फोटक किंवा विषारी वायूंचा (Explosive and toxic gases) विकास होऊ शकतो;
- वातावरणात विषारी किंवा स्फोटक वाष्प (Explosive and toxic vapours) सोडण्यास कारणीभूत असलेल्या धोकादायक कचऱ्याचे अस्थिरीकरण;
- धोकादायक कचऱ्यासह कंटेनरचे गंज (Corrosion of containers).

धोकादायक द्रव (Hazardous liquid) कचऱ्यासाठी तात्पुरत्या साठवणुकीचा एक सामान्य प्रकार म्हणजे उघडा खड्डा किंवा होल्डिंग पॉन्ड (Holding pond), ज्याला सरोवर म्हणतात.

नवीन सरोवर भूजलाचे संरक्षण करण्यासाठी अभेद्य चिकणमाती (Impervious soil) माती आणि लवचिक पडदा लाइनरने (Flexible membrane liner) रेषा केलेले असणे आवश्यक आहे. लीचेट (Leachate) कलेक्शन सिस्टीम लाइनर्स दरम्यान स्थापित करणे आवश्यक आहे आणि भूजल निरीक्षण विहिरी (Groundwater monitoring wells) आवश्यक आहेत.

काही अवसादन (Sedimentation), वाष्पशील सेंद्रिय पदार्थांचे बाष्पीभवन (Evaporation of organic volatile) आणि शक्यतो काही पृष्ठभागावरील वायुवीजन (Surface aeration) वगळता, उघड्या सरोवर (Open lagoons) कचऱ्यावर कोणतीही प्रक्रिया करत नाहीत. जमा झालेला गाळ वेळोवेळी काढून टाकला पाहिजे आणि धोकादायक कचरा म्हणून पुढील हाताळणीच्या अधीन राहणे आवश्यक आहे.

सार्वजनिक पाणीपुरवठ्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या जलचरांच्या (Aquifers) वर अनेक जुने, अनलाईन केलेले कचऱ्याचे ढिगारे आणि तलाव आहेत, त्यामुळे सार्वजनिक आरोग्य आणि पर्यावरणाच्या गुणवत्तेसाठी महत्त्वपूर्ण धोका निर्माण होतो. या जुन्या साइट्सपैकी मोठ्या संख्येने जगभरातील साफसफाई किंवा उपायांसाठी ओळखल्या गेल्या आहेत आणि शेड्यूल केल्या आहेत.

4.3 विल्हेवाट लावण्यासाठी उपचार पद्धती (Treatment Methods for disposal)

आम्ही घातक कचरा व्यवस्थापनाच्या (Hazardous waste management) विविध घटकांवर चर्चा केली जसे की निर्मिती (Generation), साठवण आणि वाहतूक (Storage and transport), हस्तांतरण आणि वाहतूक (Transfer and transport), प्रक्रिया आणि विल्हेवाट (Processing and disposal). प्रक्रिया प्रामुख्याने उपयुक्त उत्पादने पुनर्प्राप्त करण्यासाठी आणि विल्हेवाटीसाठी कचरा तयार करण्यासाठी केली जाते.

परंतु विल्हेवाट लावण्याआधी, कचऱ्याच्या प्रकारानुसार, घातक कचऱ्यावर योग्य उपचार आवश्यक असतात. घातक कचरा प्रक्रियेचे विविध पर्याय भौतिक, रासायनिक, थर्मल आणि जैविक (Physical, chemical, thermal and biological treatments) उपचारांतर्गत वर्गीकृत केले जाऊ शकतात.

4.3.1. भौतिक व रासायनिक उपचार (Physical and Chemical Treatment)

भौतिक आणि रासायनिक उपचार (Physical and chemical treatments) हे अत्यंत घातक कचरा उपचार ऑपरेशन्सचा एक आवश्यक भाग आहेत आणि उपचारांमध्ये पुढील गोष्टींचा समावेश आहे (फ्रीमन, 1988):

गाळणे आणि पृथक्करण (Filtration and separation)

गाळणे ही सच्छिद्र माध्यम (Porous medium) वापरून द्रवापासून घन कण (Solid to liquid) वेगळे करण्याची एक पद्धत आहे. गाळण्यामध्ये (Filtration) प्रेरक शक्ती म्हणजे गुरुत्वाकर्षण, केंद्रापसारक बल, व्हॅक्यूम किंवा वातावरणाच्या दाबापेक्षा जास्त दाबामुळे होणारा दाब ग्रेडियंट (Pressure gradient, caused by gravity, centrifugal force, vacuum, or pressure greater than atmospheric pressure). धोकादायक कचऱ्याच्या प्रक्रियेसाठी गाळण्याचा वापर खालील श्रेणींमध्ये मोडतो:

स्पष्टीकरण (Clarification), ज्यामध्ये 100 ppm (प्रति दशलक्ष भाग) पेक्षा कमी एकाग्रता असलेले निलंबित घन कण जलीय प्रवाहातून (Aqueous solution) काढून टाकले जातात. हे सहसा खोली गाळणे (Depth flow) आणि क्रॉस-फ्लो (Cross flow) गाळण्याद्वारे साध्य केले जाते आणि प्राथमिक उद्दिष्ट एक स्पष्ट जलीय सांडपाणी तयार करणे असते, जे एकतर थेट सोडले जाऊ शकते किंवा पुढे प्रक्रिया केली जाऊ शकते. निलंबित घन पदार्थ (Suspended solids) एका नकार प्रवाहात केंद्रित केले जातात.

वजनाने सामान्यतः 1% ते 30% घन पदार्थाच्या स्लरीचे निर्जलीकरण (Dewatering of slurry). येथे, विल्हेवाट लावण्यासाठी किंवा पुढील प्रक्रिया करण्यासाठी घन पदार्थांना टप्प्यात किंवा घन स्वरूपात केंद्रित करणे हे उद्दिष्ट आहे. हे सहसा केक गाळण्याद्वारे साध्य केले जाते. उदाहरणार्थ, गाळण्याची प्रक्रिया चुना किंवा चुनखडी वापरून मजबूत आम्लाचे निष्क्रियीकरण (Acid neutralization) करण्यासाठी किंवा कार्बोनेट किंवा सल्फाइड (Carbonates or sulphides) म्हणून विरघळलेल्या जड धातूंचे अवक्षेपण करण्यासाठी वापरली जाऊ शकते आणि त्यानंतर परिणामी अवक्षेपित घन पदार्थ स्लरी (Precipitated slurry) म्हणून स्थिर होतात आणि घट्ट होतात. केक गाळणीद्वारे (Cake filtration) स्लरीचे निर्जलीकरण केले जाऊ शकते आणि स्थिरीकरणाच्या टप्प्यातील सांडपाणी डिस्चार्ज करण्यापूर्वी खोली गाळणी (Depth filtration) द्वारे फिल्टर केले जाऊ शकते.

रासायनिक अवक्षेपण (Chemical Precipitation)

ही अशी प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये विरघळणारे पदार्थ (Soluble particles) रासायनिक अभिक्रियेद्वारे किंवा द्रावणाच्या रचनेत (Concentration) बदल करून अघुलनशील स्वरूपात रूपांतरित केले जाते जेणेकरून त्यातील पदार्थाची विद्राव्यता (Solubility) कमी होईल. स्थिरीकरण आणि/किंवा गाळण्यामुळे (Settling and/or filtration) अवक्षेपित घन पदार्थ काढून टाकता येतात. धोकादायक कचऱ्याच्या प्रक्रियेत, जलीय कचऱ्यापासून विषारी धातू काढून टाकण्यासाठी त्यांना अघुलनशील स्वरूपात रूपांतरित करण्याची प्रक्रिया विस्तृतपणे लागू होते.

यामध्ये आर्सेनिक, बेरियम, कॅडमियम, क्रोमियम, तांबे, शिसे, पारा, निकेल, सेलेनियम, चांदी, थॅलियम आणि जस्त (Arsenic, barium, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, silver, thallium and zinc) असलेले कचरा समाविष्ट आहे. धातू असलेल्या कचऱ्याचे स्रोत मेटल प्लेटिंग आणि पॉलिशिंग, अजैविक रंगद्रव्य, खाणकाम आणि इलेक्ट्रॉनिक उद्योग (Metal plating and polishing, inorganic pigment, mining and the electronic industries) आहेत. धातू असलेले धोकादायक कचरा अनियंत्रित धोकादायक कचरा साइट्स, उदा. लीचेट किंवा दूषित भूजल स्वच्छ (Leachate or contaminated ground water) केल्याने देखील तयार होतात.

रासायनिक ऑक्सिडेशन आणि रिडक्शन (रेडॉक्स) (Chemical oxidation and reduction (redox))

या अभिक्रियांमध्ये, एका अभिक्रियाकाची ऑक्सिडेशन (Oxidation) स्थिती वाढते, तर दुसऱ्या अभिक्रियाकाची ऑक्सिडेशन स्थिती कमी होते. जेव्हा आयन, अणू किंवा रेणूमधून (Ion, atom, or molecule) इलेक्ट्रॉन (Electron) काढले जातात तेव्हा पदार्थाचे ऑक्सिडीकरण (Oxidised) होते आणि जेव्हा इलेक्ट्रॉन पदार्थात जोडले जातात तेव्हा ते कमी होते.

अशा अभिक्रियांचा वापर धातू-वाहक कचरा, सल्फाइड, सायनाइड आणि क्रोमियमच्या उपचारात आणि फिनाँल, कीटकनाशके आणि सल्फरयुक्त संयुगे (Metal-bearing wastes, sulphides, cyanides and chromium and in the treatment of many organic wastes such as phenols, pesticides and sulphur containing compounds) यासारख्या अनेक सेंद्रिय कचऱ्याच्या उपचारात केला जातो. या उपचार प्रक्रियेत रासायनिक अभिक्रियांचा समावेश असल्याने, दोन्ही अभिक्रियाक सामान्यतः द्रावणात असतात. तथापि, काही प्रकरणांमध्ये, द्रावण थोड्या प्रमाणात विरघळणाऱ्या घन किंवा वायूशी प्रतिक्रिया देते.

ऑक्सिडायझिंग एजंट असलेली अनेक रसायने आहेत; परंतु त्यापैकी तुलनेने कमी कचरा प्रक्रिया करण्यासाठी वापरली जातात. सामान्यतः वापरल्या जाणाऱ्या ऑक्सिडायझिंग एजंट्सपैकी काही सोडियम हायपोक्लोराइट, हायड्रोजन पेरोक्साइड, कॅल्शियम हायपोक्लोराइट, पोटॅशियम परमँगनेट आणि ओझोन (Sodium hypochlorite, hydrogen peroxide, calcium hypochlorite, potassium permanganate and ozone) आहेत. हेक्सावॅलेंट क्रोमियम, पारा, ऑर्गेनोमेटॅलिक संयुगे आणि चिलेटेड धातू (Hexavalent chromium, mercury, organometallic compounds and chelated metals) असलेल्या कचऱ्यावर प्रक्रिया करण्यासाठी रिड्यूसिंग एजंट्सचा (Reducing agent) वापर केला जातो. कमी करणारे घटक म्हणून वापरल्या जाणाऱ्या काही संयुगे म्हणजे सल्फर डायऑक्साइड, सोडियम बोरोहायड्राइड (Sulphur dioxide, sodium borohydride), इत्यादी.

सर्वसाधारणपणे, रासायनिक उपचारांचा खर्च रासायनिक खर्चावर खूप अवलंबून असतो. हे ऑक्सिडेशन आणि कमी करण्याचे उपचार कचऱ्यामध्ये कमी एकाग्रतेसाठी (म्हणजे 1% पेक्षा कमी) अधिक योग्य असतात.

घनीकरण आणि स्थिरीकरण (Solidification and stabilization)

धोकादायक कचरा व्यवस्थापनात, घनीकरण आणि स्थिरीकरण (S/S) हा शब्द सामान्यतः प्रदूषकांची गतिशीलता (Mobility) कमी करण्यासाठी तंत्रज्ञानाचा वापर करण्यासाठी वापरला जातो, ज्यामुळे सध्याच्या जमिनीच्या विल्हेवाटीच्या आवश्यकतांनुसार कचरा स्वीकार्य होतो. घनीकरण आणि स्थिरीकरण ही कचरा हाताळणी आणि भौतिक वैशिष्ट्ये सुधारण्यासाठी, प्रदूषक ज्या पृष्ठभागावरून हस्तांतरित करू शकतात किंवा गळती करू शकतात त्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमी (Decrease surface area) करण्यासाठी, विद्राव्यता (Solubility) मर्यादित करण्यासाठी किंवा धोकादायक घटकाचे विषारी पदार्थ काढून टाकण्यासाठी डिझाइन केलेली प्रक्रिया आहे. हे तंत्रज्ञान समजून घेण्यासाठी, खालील संज्ञा समजून घेणे महत्वाचे आहे:

घनीकरण (Solidification): हे अशा प्रक्रियेचा संदर्भ देते ज्यामध्ये घन पदार्थ तयार करण्यासाठी कचऱ्यामध्ये पदार्थ जोडले जातात. त्यात विषारी दूषित पदार्थ (Toxic contaminant) आणि मिश्रित पदार्थ यांच्यात रासायनिक बंधन (Chemical bonding) असू शकते किंवा नसू शकते.

स्थिरीकरण (Stabilization)

हे अशा प्रक्रियेला सूचित करते ज्याद्वारे कचरा अधिक रासायनिकदृष्ट्या (Chemically) स्थिर स्वरूपात रूपांतरित केला जातो. घनीकरण (Solidification) एकत्र करून, स्थिरीकरण म्हणजे विषारी घटकाचे नवीन, गैर-विषारी (Non-toxic) संयुग किंवा पदार्थात रूपांतर करण्यासाठी रासायनिक अभिक्रिये (Chemical reaction) चा वापर.

रासायनिक स्थिरीकरण (Chemical Fixation)

याचा अर्थ विषारी दूषित घटकांचे (Toxic contaminants) नवीन गैर-विषारी संयुगात रूपांतर होणे असा होतो. या शब्दाचा गैरवापर अशा प्रक्रियांचे वर्णन करण्यासाठी केला गेला आहे ज्यामध्ये दूषित घटकाचे बाईंडरशी रासायनिक बंधन (Chemical bonding) नसते.

एन्कॅप्सुलेशन (Encapsulation)

ही एक प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये विषारी कण (Toxic particles) किंवा कचऱ्याचे संपूर्ण आवरण किंवा आवरण नवीन पदार्थाने (उदा. एस/एस अॅडिटीव्ह किंवा बाइंडर) (S/S additive or binder) एकत्रित केले जाते. वैयक्तिक कणांचे एन्कॅप्सुलेशन सूक्ष्म-एन्कॅप्सुलेशन (Micro-encapsulation) म्हणून ओळखले जाते, तर कचरा कण किंवा सूक्ष्म-एन्कॅप्सुलेटेड पदार्थांचे एकत्रित करणे मॅक्रो-एन्कॅप्सुलेशन (Macro-encapsulation) म्हणून ओळखले जाते.

एस/एस पद्धतीमध्ये, काही कचरा भरणे आणि बंधनकारक एजंट्समध्ये मिसळून (Filling and binding agents) डिस्चार्ज करण्यायोग्य उत्पादन मिळवता येते. ही सोपी प्रक्रिया फक्त लॅंडफिलिंगसाठी योग्य रासायनिक गुणधर्म असलेल्या कचऱ्यासाठी वापरली जाऊ शकते. भौतिक गुणधर्म असलेल्या कचऱ्याच्या बाबतीत, ते केवळ भौतिक गुणधर्म बदलते, परंतु लॅंडफिलिंगसाठी अयोग्य आहे. तथापि, या तंत्रज्ञानाचा सर्वात महत्वाचा वापर म्हणजे धातू असलेल्या कचऱ्याचे घनीकरण. एस/एस तंत्रज्ञान हे संभाव्यतः एक महत्त्वाचे पर्यायी तंत्रज्ञान असू शकते ज्याचा मुख्य उपयोग कचऱ्यावर प्रक्रिया करून त्यांना जमिनीच्या विल्हेवाटीसाठी स्वीकार्य बनवणे आहे.

कमी पारगम्यता, कमी दूषित पदार्थांचे गळती दर (Lower permeability, lower contaminant leaching rate) आणि अशाच प्रकारच्या वैशिष्ट्यांमुळे स्थिरीकरणानंतर (After stabilization) जमिनीच्या विल्हेवाटीसाठी धोकादायक कचरा स्वीकार्य होऊ शकतो.

बाष्पीभवन (Evaporation)

बाष्पीभवन म्हणजे द्रावण (Liquid) किंवा स्लरीमधून (Slurry) द्रवाचे बाष्पात रूपांतर करणे. सर्व बाष्पीभवन प्रणालींना अस्थिर द्रावणाचे बाष्पीकरण करण्यासाठी गरम माध्यमापासून प्रक्रिया द्रवपदार्थात पुरेशी उष्णता (Heat) हस्तांतरित करणे आवश्यक असते. बाष्पीभवनाचा वापर धोकादायक कचऱ्याच्या प्रक्रियेत केला जातो आणि प्रक्रिया उपकरणे बरीच लवचिक असतात आणि विविध स्वरूपात कचरा हाताळू शकतात - जलीय, स्लरी, गाळ आणि टार (Aqueous, slurries, sludges and tars). अंतिम प्रक्रियेसाठी सामग्रीचे प्रमाण कमी करण्यासाठी बाष्पीभवन सामान्यतः पूर्व-उपचार पद्धती म्हणून वापरले जाते.

हे अशा प्रकरणांमध्ये देखील वापरले जाते जिथे इतर कोणतीही उपचार पद्धत व्यावहारिक आढळली नाही, जसे की नंतरच्या जाळण्यासाठी ट्रायनिट्रोटोल्न (TNT) च्या एकाग्रतेमध्ये.

ओझोनेशन (Ozonation)

ओझोन (Ozone) हा एक तुलनेने अस्थिर (Unstable) वायू आहे ज्यामध्ये प्रत्येक रेणूमध्ये तीन ऑक्सिजन अणू (O_3) असतात आणि तो ज्ञात असलेल्या सर्वात मजबूत ऑक्सिडायझिंग घटकां (Oxidizing agent) पैकी एक आहे. क्लोरीन, हायड्रोजन पेरोक्साइड आणि पोटॅशियम परमँगनेट (Chlorine, hydrogen peroxide and potassium permanganate) सारख्या पारंपारिक ऑक्सिडंट्सऐवजी तो वापरला जाऊ शकतो. ओझोन आणि अतिनील किरणे (UV radiations) औद्योगिक सेंद्रिय कचरा विषमुक्त करण्यासाठी वापरली जातात, ज्यामध्ये सुगंधी आणि अॅलिफॅटिक पॉलीक्लोरिनेटेड संयुगे, केटोन्स आणि अल्कोहोल (Aromatic and aliphatic polychlorinated compounds, ketones and alcohols) असतात.

4.3.2. औष्णिक प्रक्रिया (Thermal Treatment)

घातक कचऱ्याच्या बाबतीत वापरल्या जाणाऱ्या दोन मुख्य थर्मल उपचारां (Thermal treatment) मध्ये हे समाविष्ट आहे:

(i) जाळणे (Incineration): जाळणे हे अंतिम विल्हेवाट लावण्यापूर्वी धोकादायक कचऱ्याचे पूर्व-प्रक्रिया (Pre-treatment) म्हणून किंवा ऊर्जा पुनर्प्राप्त करून कचऱ्याचे मूल्यांकन (Volarising waste) करण्याचे साधन म्हणून मानले जाऊ शकते. त्यात मिश्र घनकचरा (Mixed solid waste) जाळणे किंवा इंधन म्हणून कचरा प्रवाहातील निवडक भाग जाळणे दोन्ही समाविष्ट आहेत. धोकादायक कचऱ्यावर प्रक्रिया करण्याची संकल्पना महानगरपालिकेच्या घनकचऱ्या (Municipal solid waste) सारखीच आहे.

(ii) पायरोलिसिस (Pyrolysis): याला ऑक्सिजनच्या अनुपस्थितीत गरम केल्याने होणारे रासायनिक विघटन (Chemical decomposition) किंवा बदल असे म्हटले जाते. ही एक थर्मल प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये घन आणि द्रव कार्बनयुक्त (Solid and liquid carbonaceous) पदार्थांचे वायू घटकांमध्ये आणि स्थिर कार्बन आणि राख असलेल्या घन अवशेषांमध्ये रूपांतर होते. धोकादायक कचरा प्रक्रियेत पायरोलिसिसचा वापर केल्याने विल्हेवाट लावण्यासाठी दोन-चरण प्रक्रिया होते. पहिल्या टप्प्यात, कचरा गरम केला जातो ज्यामुळे अस्थिर घटक (उदा. ज्वलनशील वायू, पाण्याची वाफ इ.) (Combustible gases, water vapour) अस्थिर चार आणि राखेपासून वेगळे केले जातात. दुसऱ्या टप्प्यात, सर्व घातक घटकांना जाळून टाकण्याची खात्री करण्यासाठी अस्थिर घटक योग्य परिस्थितीत जाळले जातात.

अधिक स्पष्टपणे सांगायचे तर, पायरोलिसिस (Pyrolysis) धोकादायक कचरा प्रक्रियेसाठी लागू होते, कारण ते ज्वलन प्रक्रियेचे (Combustion) अचूक नियंत्रण प्रदान करते. पायरोलिसिस उपचाराचा पहिला टप्पा एंडोथर्मिक (Endothermic) आहे आणि सामान्यतः 425 ते 760 सेल्सिअस तापमानात केला जातो. हीटिंग चेंबरला पायरोलिसर (Pyrolyser) म्हणतात.

या कमी तापमानात धोकादायक सेंद्रिय संयुगे वाष्पीकरण (Hazardous organic compound) केले जाऊ शकतात.

ज्यामुळे स्वच्छ अवशेष राहतात. दुसऱ्या टप्प्यात, 99% पेक्षा जास्त विनाश कार्यक्षमता प्राप्त करण्यासाठी वाष्पशील पदार्थ फ्यूम इन्सिनेरेटर (Fume incinerator) मध्ये जाळले जातात.

प्रक्रियेला दोन अतिशय नियंत्रित चरणांमध्ये विभाजित केल्याने अचूक तापमान नियंत्रण शक्य होते आणि सोपी उपकरणे तयार करणे शक्य होते. पायरोलिसिस प्रक्रिया घन पदार्थ, गाळ आणि द्रव कचऱ्यावर (Solids, sludges and liquid wastes) लागू केली जाऊ शकते. खालील वैशिष्ट्यांसह कचरा विशेषतः पायरोलिसिससाठी अनुकूल असतात:

गाळाचे पदार्थ (Sludge material) जे खूप चिकट (Viscous), खूप अपघर्षक (Abrasive) किंवा इन्सिनेरेटरमध्ये अणुबॉम्बीकरण करण्यासाठी खूप भिन्न असतात. प्लास्टिकसारखे कचरा, जे थर्मल प्रक्रियेदरम्यान आंशिक किंवा पूर्ण टप्प्यात बदलतात. उच्च-राख द्रव (High ash liquid) आणि गाळ यासारखे उच्च-अवशेष पदार्थ, हलके, सहजपणे आत प्रवेश करणारे घन पदार्थ ज्यांना सामान्यतः मोठ्या प्रमाणात स्टॅक गॅस साफसफाई (Stack gas clean up) ची आवश्यकता असते. क्षार आणि धातू (Salts and metals) असलेले पदार्थ, जे सामान्य इन्सिनेशन (Incineration) तापमानात वितळतात आणि अस्थिर होतात. सोडियम क्लोराईड (NaCl), जस्त (Zn) आणि शिसे (Pb) सारखे पदार्थ, जाळल्यावर उष्णता-विनिमयकर्त्याच्या पृष्ठभागावर रेफ्रेक्ट्री स्पॅलिंग आणि फाउलिंग (Spalling and fouling) होऊ शकतात.

4.3.3 जैविक उपचार (Biological Treatment)

घातक पदार्थ सजीवांसाठी विषारी (Toxic) असतात या वस्तुस्थितीच्या आधारावर, काही लोक असा गृहीत धरतात की धोकादायक कचऱ्यावर जैविक उपचार (Biological treatment) करणे शक्य नाही.

ही धारणा असमर्थनीय आहे आणि खरं तर, काढून टाकण्याची कार्यक्षमता आणि खर्चाच्या बाबतीत धोकादायक कचऱ्याच्या पूर्ण क्षमतेचा फायदा घेण्यासाठी आपण आक्रमकपणे जैविक उपचारांचा शोध घेतला पाहिजे. या पार्श्वभूमीवर, आता आपण धोकादायक कचऱ्याच्या जैविक उपचारासाठी वापरल्या जाणाऱ्या काही तंत्रांची यादी करूया:

(i) जमीन प्रक्रिया (Land Treatment): ही एक कचरा प्रक्रिया (Waste treatment) आणि विल्हेवाट प्रक्रिया (Disposal process) आहे, जिथे कचरा पृष्ठभागावरील माती (Surface soil) मध्ये मिसळला जातो किंवा त्यात समाविष्ट केला जातो आणि योग्य व्यवस्थापनाद्वारे तो खराब होतो, रूपांतरित होतो किंवा स्थिर होतो. सामान्यतः वापरल्या जाणाऱ्या इतर संज्ञांमध्ये जमीन लागवड, जमीन शेती, जमीन वापर आणि गाळ पसरवणे (Land cultivation, land farming, land application and sludge spreading) यांचा समावेश होतो.

इतर जमीन विल्हेवाट पर्यायांच्या तुलनेत (उदा., लँडफिल आणि पृष्ठभागावरील जप्ती), जमीन प्रक्रिया कमी दीर्घकालीन देखरेख, देखभाल आणि संभाव्य साफसफाईची जबाबदारी देते आणि म्हणूनच, अंतिम विल्हेवाट (Final disposal) पद्धत म्हणून याकडे लक्षणीय लक्ष वेधले गेले

ही एक गतिमान, व्यवस्थापन-केंद्रित प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये कचरा, साइट, माती, हवामान आणि जैविक क्रियाकलाप (Waste, site, soil, climate and biological activity) यांचा समावेश आहे ज्यामुळे कचरा घटकांचे खराब आणि स्थिरीकरण होते.

जमीन प्रक्रियामध्ये, धोकादायक कचरा घटकांच्या स्थलांतराशी संबंधित पर्यावरणीय समस्या (Environmental problems) कमी करण्यासाठी सेंद्रिय अंश वाजवी दराने जैविकरित्या विघटित होणे आवश्यक आहे.

या प्रणालीच्या कार्यात सहभागी असलेले विविध घटक खालीलप्रमाणे आहेत:

कचऱ्याची वैशिष्ट्ये (Waste characteristics): जैवविघटनशील कचरा (Biodegradable waste) जमिनीवर प्रक्रिया करण्यासाठी योग्य आहे. किरणोत्सर्गी कचरा, अत्यंत अस्थिर, प्रतिक्रियाशील, ज्वलनशील द्रव आणि जड धातू, आम्ल आणि क्षार, सायनाइड आणि अमोनिया (Radioactive wastes, highly volatile, reactive, flammable liquids and inorganic wastes such as heavy metals, acids and bases, cyanides and ammonia) यांसारखे अजैविक कचरा जमिनीवर प्रक्रिया करण्यासाठी विचारात घेतले जात नाही.

सेंद्रिय संयुगाची जमिनीवर प्रक्रिया करण्याची क्षमता बहुतेकदा समान प्रकारच्या संयुगांसाठी अंदाजे नमुन्यानुसार असते. रासायनिक रचना, आण्विक वजन, पाण्यातील विद्राव्यता आणि बाष्प दाब (Chemical structure, molecular weight, water solubility and vapour pressure) ही काही वैशिष्ट्ये आहेत जी जैवविघटनाची सोय निश्चित करतात.

मातीची वैशिष्ट्ये (Soil characteristics)

वापरलेल्या कचऱ्याचे जैविक विघटन (Biodegradation) आणि गळतीचा दर (Leaching of waste), सूक्ष्मजीवांना पोषक आणि विषारी पदार्थांची उपलब्धता (Nutrients and toxicants requirement) आणि घातक कचऱ्याच्या घटकांचे भवितव्य हे प्रामुख्याने वापराच्या दराने तसेच मातीच्या रासायनिक आणि भौतिक वैशिष्ट्यांद्वारे (Soil's chemical and physical characteristics) किंवा अभिक्रियेद्वारे निश्चित केले जाते. जमिनीच्या प्रक्रियांवर परिणाम करणारे मुख्य मातीचे गुणधर्म म्हणजे pH, क्षारता, वायुवीजन, ओलावा धारण क्षमता, मातीचे तापमान इ (pH, salinity, aeration, moisture holding capacity, soil temperature). काही वैशिष्ट्ये मातीतील सुधारणा (उदा. पोषक (Nutrients), चुना (Lime) इ.), मशागत करून किंवा कचरा वापराच्या वेळी भारनियमन दर, वारंवारता इत्यादींचे समायोजन करून सुधारता येतात.

सूक्ष्मजीव (Microorganisms): मातीमध्ये सामान्यतः मोठ्या प्रमाणात विविध सूक्ष्मजीव (Diverse microorganisms) असतात, ज्यामध्ये अनेक गट असतात जे प्रामुख्याने चांगल्या निचऱ्याच्या मातीत एरोबिक (Aerobic) असतात. कचऱ्याने सुधारित मातीमध्ये उपस्थित असलेल्या सूक्ष्मजीवांचे प्रकार आणि लोकसंख्या मातीतील ओलावा सामग्री, उपलब्ध ऑक्सिजन, पोषक रचना आणि इतर वैशिष्ट्यांवर (Soil moisture content, available oxygen, nutrient composition and other characteristics) अवलंबून असते.

पृष्ठभागावरील मातीमध्ये उपस्थित असलेल्या सूक्ष्मजीवांचे प्रमुख गट म्हणजे बॅक्टेरिया, अॅक्टिनोमायसीट्स, बुरशी, शैवाल आणि प्रोटोझोआ (Bacteria, actinomycetes, fungi, algae and protozoa). या गटांव्यतिरिक्त, इतर सूक्ष्म आणि स्थूल प्राणी (Micro and macro fauna), जसे की नेमाटोड्स आणि कीटक (Insect) देखील अनेकदा उपस्थित असतात.

कचरा विघटन (Waste degradation): वनस्पतींच्या वाढी (Plant growth) साठी अनुकूल परिस्थिती मातीतील सूक्ष्मजीवांच्या (Soil microorganisms) क्रियाकलापांसाठी देखील अनुकूल असते. कचरा विघटनावर परिणाम करणारे घटक जे (जमीन प्रक्रिया सुविधेच्या डिझाइन आणि ऑपरेशनमध्ये समायोजित केले जाऊ शकतात) म्हणजे मातीचा pH (जवळपास 7), मातीतील ओलावा सामग्री (Soil moisture content) (सामान्यतः 30 ते 90% दरम्यान), मातीचे तापमान (Soil temperature) (क्रियाकलाप 10 सेल्सिअसपेक्षा कमी होतो) आणि पोषक तत्वे (Nutrients).

एन्झाइमॅटिक सिस्टीम (Enzymatic systems)

एन्झाइम्स (Enzymes) ही निसर्गात सर्वत्र आढळणारी जटिल प्रथिने (Complex proteins) आहेत. अमीनो आम्लांपासून (Amino acids) बनलेली ही प्रथिने पेप्टाइड बंधां (Peptide bond) द्वारे एकमेकांशी जोडलेली असतात. घातक कचरा रसायनांचे विषारी नसलेल्या उत्पादनांमध्ये रूपांतर करण्यास सक्षम एन्झाइम्स हे मास कल्चरमध्ये वाढलेल्या सूक्ष्मजीवांपासून मिळवता येतात.

सूक्ष्मजीवांपासून मिळवलेले असे कच्चे एन्झाइम अर्क कीटकनाशकांचे कमी विषारी आणि सतत उत्पादनांमध्ये रूपांतर करतात हे दर्शविले गेले आहे. डिटॉक्सिफायिंग एन्झाइम्स (Detoxify enzymes) ची प्रतिक्रिया केवळ पेशीय स्थिती (Intracellular) पुरती मर्यादित नाही तर अनेक द्रव कचरा प्रवाहांवर स्थिर एन्झाइम अर्कांच्या (Enzyme extracts) वापराद्वारे सिद्ध झाली आहे. ओलावा, तापमान, वायुवीजन, मातीची रचना, सेंद्रिय पदार्थांचे प्रमाण, हंगामी फरक आणि मातीतील पोषक (Moisture, temperature, aeration, soil structure, organic matter content, seasonal variation and the availability of soil nutrients) तत्वांची उपलब्धता हे घटक एन्झाइम्सच्या उपस्थिती आणि विपुलतेवर प्रभाव पाडतात.

कंपोस्टिंग (Composting)

सेंद्रिय धोकादायक कचऱ्याचे कंपोस्टिंग (Composting organic hazardous waste) करण्याचे मुख्य घटक सर्व सेंद्रिय पदार्थांच्या कंपोस्टिंगमधील तत्वांसारखेच आहेत, जरी मध्यम बदलांसह. धोकादायक कचऱ्याचे सूक्ष्मजीवशास्त्र (Microbiology) इनोकुलम (Inoculum) च्या वापरातील कंपोस्टिंगपेक्षा वेगळे आहे. प्रतिक्रिया अशी आहे की विशिष्ट प्रकारचे धोकादायक कचऱ्याचे रेणू केवळ एक किंवा खूप कमी सूक्ष्मजीव प्रजाती (Microbial species) द्वारे खराब होऊ शकतात, जे निसर्गात मोठ्या प्रमाणात वितरित किंवा मुबलक नसू शकतात. धोकादायक कचऱ्याचे कंपोस्टिंग करताना महत्वाचे घटक सर्व जैविक अभिक्रियांना (Biological reactions) नियंत्रित करतात.

मुख्य भौतिक मापदंड (Principle physical parameter) म्हणजे कंपोस्ट करायच्या सामग्रीच्या कणांचा आकार आणि परिमाण आणि ऑपरेशनमध्ये स्वारस्य असलेले पर्यावरणीय घटक म्हणजे तापमान, पीएच, उपलब्ध ऑक्सिजन, ओलावा आणि पोषक तत्वांची उपलब्धता (Temperature, pH, available oxygen, moisture, and nutrient). आपण अभ्यास केल्याप्रमाणे, कंपोस्ट तंत्रज्ञान दोन व्यापक वर्गांमध्ये विभागले जाऊ शकते.

विंड्रो (ओपन ब्लॉक) आणि इन-व्हॅसेल (बंद) (Windrow (open pile) and in-vessel (enclosed)), आणि पहिले पुढे वळलेले आणि जबरदस्तीने वायुवीजन (स्थिर ब्लॉक) मध्ये विभागले जाऊ शकते. कंपोस्टिंग, कोणत्याही प्रकारे, धोकादायक कचऱ्याच्या समस्येवर रामबाण उपाय आहे. धोकादायक कचरा कंपोस्टिंगच्या भविष्यातील गरजांचा विचार करताना, कचरा प्रक्रिया करण्याच्या भौतिक, रासायनिक आणि औष्णिक पद्धतींमध्ये (Physical, chemical and thermal) अंतर्निहित असलेल्या फायद्यांच्या आणि तोट्यांच्या तुलनेत कंपोस्टिंगमध्ये अंतर्निहित फायदे आणि तोटे यावर लक्ष दिले पाहिजे.

एरोबिक आणि अॅनारोबिक उपचार (Aerobic and anaerobic treatment)

सांडपाणी (Wastewater), लीचेट (Leachate) आणि मातीमध्ये (Soil) कमी ते जास्त प्रमाणात घातक पदार्थ असतात. या कचऱ्यामध्ये उच्च सेंद्रिय घटक (High Organic content) (उदा., एकूण 40000 मिलीग्राम/लि. पर्यंत एकूण सेंद्रिय कार्बन, Organic carbon), कमी आणि उच्च pH (2 ते 12), क्षार (Salt) पातळी वाढणे (कधीकधी, 5% पेक्षा जास्त), आणि जड धातू (Heavy metal) आणि घातक सेंद्रिय पदार्थांची (Hazardous organic waste) उपस्थिती असते. घातक कचऱ्यावर एरोबिक किंवा अॅनारोबिक उपचार पद्धती वापरून प्रक्रिया केली जाऊ शकते.

एरोबिक (Aerobic) उपचारांमध्ये, योग्य परिस्थितीत, सूक्ष्मजीव (Microorganism) वाढतात. त्यांना कार्बन (Carbon) आणि ऊर्जा (Energy) स्रोताची आवश्यकता असते, जे अनेक घातक कचरा पूर्ण करतात, नायट्रोजन (Nitrogen), फॉस्फोरस (Phosphorous) आणि ट्रेस धातू (Trace Metal) सारखे पोषक घटक आणि ऑक्सिजनचा (Oxygen) स्रोत. काही जीव ऑक्सिजनचा पर्याय म्हणून ऑक्सिडाइज्ड अजैविक संयुगे (Oxidised inorganic compounds) (उदा. नायट्रेट) वापरू शकतात. सर्व आवश्यक पोषक घटक आणि पदार्थ पुरेशा प्रमाणात पुरवले जातील याची काळजी घेतली पाहिजे. आवश्यकतेनुसार तापमान (Temperature) आणि pH नियंत्रित केले पाहिजे आणि जीवांसाठी विषारी पदार्थ (Toxic metal) (उदा., जड धातू) काढून टाकले पाहिजेत.

अॅनारोबिक उपचार ही एक क्रमिक जैविकदृष्ट्या विनाशकारी (Biologically destroying) प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये हायड्रोकार्बन्स (Hydrocarbon) मुक्त ऑक्सिजनच्या अनुपस्थितीत, जटिल ते साध्या रेणूंमध्ये (Molecules) आणि शेवटी कार्बन डायऑक्साइड (Carbon dioxide) आणि मिथेन (Methane) मध्ये रूपांतरित होतात.

ही प्रक्रिया एन्झाइम कॅटॅलिसिस (Enzyme catalysis) द्वारे मध्यस्थी केली जाते आणि विशिष्ट पर्यावरणीय परिस्थितींमध्ये लोकसंख्येचे संतुलन राखण्यावर अवलंबून असते. धोकादायक कचरा प्रवाहांमध्ये बहुतेकदा हायड्रोकार्बन्स (Hydrocarbons) असतात ज्यामुळे रासायनिक ऑक्सिजन मागणी (COD) चे प्रमाण जास्त होते. कचऱ्याच्या स्वरूपावर (Nature of waste) अवलंबून, सेंद्रिय घटक (Organic constituents) एकाच प्रक्रिया प्रवाहातून किंवा प्रवाहांच्या मिश्रणातून मिळवले जाऊ शकतात.

कचऱ्याची उपचारक्षमता हायड्रोकार्बन सामग्रीच्या अॅनारोबिक जैविक क्षय (Anaerobic biological degradation) होण्याची संवेदनशीलता आणि जैविकदृष्ट्या अस्थिर आणि विषारी सेंद्रिय आणि अजैविक (Toxic organic and inorganic) रसायनांच्या हानिकारक प्रभावांना प्रतिकार करण्याच्या जीवांच्या क्षमतेवर अवलंबून असते. सेंद्रिय रेणूंच्या (Organic molecule) यशस्वी आणि संपूर्ण खनिजीकरणासाठी जीवांच्या विविध गटांमधील चयापचय परस्परसंवाद आवश्यक आहेत. अणुभट्टीमध्ये कार्यक्षम ऑपरेटिंग परिस्थिती राखण्यासाठी प्रभावशाली गुणवत्ता, अणुभट्टीची जैविक क्रियाकलाप (Biological activity of reactor) आणि अणुभट्टी वातावरणाची गुणवत्ता यासारख्या विविध पॅरामीटर्सचे निरीक्षण केले जाते.

4.4 प्रदूषण प्रतिबंध आणि कचरा कमी करणे (Pollution prevention and waste minimization)

प्रदूषण प्रतिबंध (Pollution prevention) म्हणजे अशा पदार्थांचा, प्रक्रियांचा किंवा पद्धतींचा वापर ज्यामुळे स्त्रोतावर प्रदूषक (Pollutant) किंवा कचरा (Waste) निर्माण कमी होतो किंवा नष्ट होतो. यामध्ये धोकादायक (Hazardous) आणि धोकादायक नसलेले (Non-hazardous) पदार्थ, ऊर्जा (Energy), पाणी (Water) किंवा इतर संसाधनांचा वापर कमी करणाऱ्या तसेच संवर्धन किंवा अधिक कार्यक्षम वापराद्वारे नैसर्गिक संसाधनांचे (Natural resources) संरक्षण करणाऱ्या पद्धतींचा समावेश आहे. प्रदूषण प्रतिबंध म्हणजे उत्पादन स्थळांवर निर्माण होणाऱ्या सर्व कचऱ्याची जास्तीत जास्त शक्य घट. यामध्ये स्त्रोत कपात (Source reduction), ऊर्जा कार्यक्षमता (Energy efficiency), इनपुट सामग्रीचा पुनर्वापर (Reuse of input material) आणि पाण्याचा वापर कमी करून संसाधनांचा विवेकपूर्ण वापर समाविष्ट आहे.

कचरा कमी करणे म्हणजे प्रक्रिया, साठवणूक आणि विल्हेवाट लावण्यापूर्वी निर्माण होणाऱ्या धोकादायक कचऱ्याची शक्य तितकी कमी करणे. हे कोणत्याही स्त्रोत कपात किंवा पुनर्वापर क्रियाकलाप म्हणून परिभाषित केले आहे ज्यामुळे धोकादायक कचऱ्याचे एकूण प्रमाण किंवा धोकादायक कचऱ्याची विषाक्तता किंवा दोन्ही कमी होते. कचरा कमी करण्यासाठी विचारात घेतलेल्या पद्धतींमध्ये पुनर्वापर (Recycling), स्रोत वेगळे करणे (Source separation), उत्पादन प्रतिस्थापन (Product substitution), उत्पादन प्रक्रियेत बदल (Manufacturing process) आणि कमी विषारी कच्च्या मालाचा (Less toxic raw material) वापर यांचा समावेश आहे.

प्रदूषण प्रतिबंध आणि कचरा कमी करणे आपल्याला पर्यावरणीयदृष्ट्या जबाबदार राहण्याची संधी प्रदान करते (<http://www.ehs.umaryland.edu/waste/pollutio.htm>). प्रदूषण प्रतिबंधामुळे कचरा त्याच्या स्रोतावरच कमी होतो, तर कचरा कमी करणे (Waste minimization), ज्यामध्ये पुनर्वापर (Reuse) आणि इतर पद्धतींचा समावेश आहे, कचऱ्याचे प्रमाण कमी करते. पुढे, आपण प्रदूषण प्रतिबंध (Pollution prevention) आणि कचरा कमी (Waste minimization) करण्यात योगदान देणाऱ्या काही घटकांवर विचार करू.

4.4.1. व्यवस्थापन समर्थन आणि कर्मचाऱ्यांचा सहभाग (Management support and employee participation)

सर्व कर्मचाऱ्यांच्या समर्पणासाठी कचरा कमी करण्यासाठी आणि प्रदूषण रोखण्यासाठी व्यवस्थापनाची (धोरण, संप्रेषण आणि संसाधनांद्वारे) (Policy, communications and resources) स्पष्ट वचनबद्धता आवश्यक आहे. हे घडण्यासाठी, एक औपचारिक धोरणात्मक विधान तयार (Formal policy statement) करणे आणि स्वीकारणे आवश्यक आहे. या विधानाचा उद्देश पर्यावरणाचे रक्षण (Environment protection) करण्यासाठी, कचरा कमीत कमी करणे किंवा काढून टाकणे आणि प्रयोगशाळा, विभाग आणि उद्योगांद्वारे साहित्याचा पुनर्वापर किंवा पुनर्वापर करण्याबद्दलची वचनबद्धता आणि वृत्ती प्रतिबिंबित करणे आहे.

पर्यावरणीय धोरण विकसित करण्यासाठी सर्जनशील, प्रगतीशील आणि जबाबदार नेतृत्व (Responsible leadership) काम करेल. तथापि, नियोजनाची फळे साकार करण्यासाठी एकूण कर्मचारी कर्मचाऱ्यांना सहभागी करून घेणे आवश्यक आहे.

4.4.2. प्रशिक्षण, कचरा ऑडिट (Training, Waste audits)

कोणत्याही उपक्रमाप्रमाणे, व्यवस्थापनाने कर्मचाऱ्यांना प्रशिक्षण देणे (Train employee) महत्वाचे आहे जेणेकरून त्यांना त्यांच्याकडून काय अपेक्षित आहे आणि त्यांना काम करण्याच्या पद्धतीत बदल करण्यास का सांगितले जात आहे याची समज असेल.

कर्मचाऱ्यांना औपचारिक आणि कामाच्या ठिकाणी प्रशिक्षण दिले पाहिजे जेणेकरून घन (Solid) आणि धोकादायक कचरा (Hazardous waste) निर्मिती कमी करणाऱ्या ऑपरेटिंग पद्धतींबद्दल जागरूकता वाढेल. प्रशिक्षण कार्यक्रमात उद्योगांच्या अनुपालन आवश्यकतांचा समावेश असावा, ज्या कचरा व्यवस्थापन धोरणांमध्ये, व्यावसायिक आरोग्य (Occupational health) आणि सुरक्षिततेच्या आवश्यकतां (Safety requirement) मध्ये आढळू शकतात. याव्यतिरिक्त, कचरा कमी करणे आणि प्रदूषण प्रतिबंध यावर प्रशिक्षण आवश्यक आहे.

कचरा ऑडिट (Waste audit): विभागीय स्तरावर कचरा ऑडिटचा एक कार्यक्रम संभाव्य कचरा कमी करण्याचे क्षेत्र ओळखण्यासाठी डिझाइन केलेल्या उद्योगांचे पद्धतशीर आणि नियतकालिक सर्वेक्षण प्रदान करेल.

ऑडिट कार्यक्रमात धोकादायक कचरा आणि त्यांच्या स्रोतांची ओळख (Hazardous waste and its source), करावयाच्या विविध कचरा कमी करण्याच्या कृतींचे प्राधान्यक्रम, कचरा कमी करणे आणि प्रदूषण प्रतिबंध करण्यासाठी काही तांत्रिक, आर्थिक आणि पर्यावरणीयदृष्ट्या शक्य असलेल्या पद्धतींचे मूल्यांकन, कचरा कमी करणे आणि प्रदूषण प्रतिबंध (Technically, economically and ecologically) पर्यायांची आर्थिक तुलना विकसित करणे आणि त्यांच्या निकालांचे मूल्यांकन यांचा समावेश आहे.

4.4.3 चांगल्या ऑपरेटिंग पद्धती (Good operating practices)

या पद्धतींमध्ये उद्योग, संशोधन किंवा अध्यापन (Industry, research or teaching activities) क्रियाकलापांच्या प्रक्रियात्मक किंवा संघटनात्मक पैलूंचा समावेश आहे आणि काही क्षेत्रांमध्ये, निर्माण होणाऱ्या कचऱ्याचे प्रमाण कमी करण्यासाठी ऑपरेटिंग पद्धतींमध्ये बदल करणे समाविष्ट आहे.

या पद्धतींमध्ये, कमीत कमी, सामग्री हाताळणी सुधारणा, वेळापत्रक सुधारणा, गळती आणि गळती प्रतिबंध, प्रतिबंधात्मक देखभाल, सुधारात्मक देखभाल, सामग्री/कचरा ट्रॅकिंग किंवा इन्व्हेंटरी नियंत्रण आणि कचरा प्रवाह वेगळे करणे, विषारीपणा, दूषित घटकांचा प्रकार आणि भौतिक स्थितीनुसार समाविष्ट असेल

(Minimum, material handling improvements, scheduling improvements, spill and leak prevention, preventive maintenance, corrective maintenance, material/waste tracking or inventory control and waste stream segregation, according to the toxicity, type of contaminant and physical state).

4.4.4. साहित्य प्रतिस्थापन पद्धती (Material substitution practices)

या पद्धतीचा उद्देश पर्यायी साहित्य (Substitute materials) शोधणे आहे, जे सध्या वापरल्या जाणाऱ्यांपेक्षा कमी धोकादायक आहेत आणि ज्यामुळे कमी प्रमाणात कचरा निर्माण होतो आणि/किंवा कमी विषारीपणा (Less toxicity) येतो.

4.4.5. तांत्रिक सुधारणा पद्धती (Technological modification practices)

कचरा निर्मिती कमी करण्यासाठी प्रक्रिया आणि उपकरणांमध्ये बदल (Equipment modifications) करण्याकडे या पद्धती केंद्रित असावीत. यामध्ये कमी खर्चात काही दिवसांत अंमलात आणता येणारे बदल करण्यापासून ते मोठ्या भांडवली खर्चासह प्रक्रिया उपकरणे बदलण्यापर्यंतचा समावेश असू शकतो.

4.4.6. पुनर्वापराचे पर्याय (Recycling options)

या पर्यायांना वापर/पुनर्वापर (Use/Reuse) आणि संसाधन पुनर्प्राप्ती तंत्र (Resource recovery technique) म्हणून ओळखले जाते. वापर आणि पुनर्वापर (Use and reuse) पद्धतींमध्ये कचरा सामग्री मूळ प्रक्रियेत किंवा इनपुट सामग्रीच्या पर्याय म्हणून दुसऱ्या प्रक्रियेत परत करणे समाविष्ट आहे. पुनर्प्राप्ती पद्धती (Reclamation practices) कचरा दुसऱ्या कंपनीला देतात.

4.4.7 अतिरिक्त रासायनिक कचरा विनिमय पर्याय (Surplus chemical waste exchange options)

नियोक्ते/कर्मचाऱ्यांनी आंतर-विभागीय रसायन (Chemical exchange) देवाणघेवाण राबवली पाहिजे आणि त्यांना प्रोत्साहन दिले पाहिजे. भौतिक देवाणघेवाण (Material exchange) केवळ कचरा कमी करत नाही तर पैशाची बचत (Save money) देखील करते - हे दोन्ही आर्थिक संकटाच्या काळात महत्वाचे विचार आहेत. याव्यतिरिक्त, प्रत्येक विभाग किंवा विभागाचे ऑडिट करून, रासायनिक खरेदी (Chemical purchase) आणि वापराचा ज्ञानाचा आधार विकसित केला जाऊ शकतो, ज्यामुळे प्रत्येक विभाग रसायनांच्या खरेदीवर नियंत्रणे विकसित आणि अंमलात आणू शकतो, आंतर-विभागीय रसायन सामायिकरण/स्वॅपिंग कार्यक्रम (Chemical sharing and swapping) स्थापित करू शकतो आणि अत्यधिक खरेदी (Excessive purchase) आणि वापर दूर करू शकतो.

संशोधन प्रोटोकॉलची (Research protocol) देखील वरीलप्रमाणेच तपासणी आणि सुधारणा केली पाहिजे. पद्धती आणि कार्यपद्धतींमध्ये बदल केल्याने धोकादायक नसलेला किंवा कमी धोकादायक कचरा निर्माण होईल की विषारीपणा (Toxicity) किंवा आकारमानात घट (Volume reduction) होईल हे निश्चित करण्यासाठी सुविधा ऑपरेशन्सची तपासणी करणे आवश्यक आहे.

या संदर्भात विचारात घ्यायच्या वैशिष्ट्यांमध्ये विषारी नसलेल्या पदार्थांना विषारी पदार्थांनी बदलणे, पाण्यावर आधारित रासायनिक अंतिम उत्पादनांचे ऊर्ध्वपातन किंवा बाष्पीभवन (Distillation and evaporation), सामान्य सॉल्व्हेंट्सचे पुनर्प्राप्ती आणि पुनर्वापर (Reclamation and reuse of common solvent), धोकादायक नसलेल्या अंतिम उत्पादनांची निर्मिती करण्यासाठी व्यवसाय करण्याचा एक मानक भाग म्हणून नॉन-क्रोमेट क्लीनर (Non chromate cleaner) चा वापर यांचा समावेश आहे.

निर्मितीच्या ठिकाणी कचरा हाताळण्यासाठी आणि साठवण्यासाठी मार्गदर्शक तत्वांची अंमलबजावणी करून आणि त्यांचे पालन करून, धोकादायक कचरा विल्हेवाटीशी संबंधित खर्च देखील कमी केला जाईल.

4.5 औद्योगिक घातक कचरा विल्हेवाटीच्या खराब व्यवस्थापनाचे आरोग्यावर होणारे परिणाम (Health Consequences of Poor Industrial hazardous Waste Disposal)

धोकादायक कचरा (व्यवस्थापन आणि हाताळणी) (Management and handling) नियम 1989 मध्ये अधिसूचित करण्यात आले असले तरी, प्रत्यक्षात अंमलबजावणीत बरेच काही अपेक्षित राहिले आहे. योग्य पायाभूत सुविधांचा (Proper infrastructure) अभाव आणि कठोर अंमलबजावणी (Strict enforcement) यंत्रणेचा अभाव यामुळे धोकादायक कचरा (Hazardous waste) अजूनही एक गंभीर समस्या आहे. सध्याच्या कायद्यातील नवीन उदयोन्मुख कचरा आणि त्रुटींनी देखील यात योगदान दिले आहे. चांगल्या पर्यावरणीय परिस्थितीत धोकादायक कचरा व्यवस्थापित न होणे, अयोग्य डंपिंग (Improper dumping) आणि योग्य प्रक्रिया आणि विल्हेवाट सुविधांचा (Disposal facilities) अभाव अशा समस्या अजूनही आहेत.

4.5.1 कर्करोगजन्य आणि इतर (Carcinogenic and others)

धोकादायक रसायनांच्या संपर्कात येणाऱ्या लोकसंख्येचे (Populations) आरोग्यावर होणारे परिणाम धोकादायक रसायनांच्या संपर्कात येणाऱ्या लोकसंख्येवर अनेक प्राथमिक आरोग्यावर होणारे परिणाम होऊ शकतात.

हे आरोग्यावर होणारे परिणाम आहेत:

- कार्सिनोजेनेसिस (Carcinogenesis) (म्हणजे कर्करोग निर्माण करणे).
- अनुवांशिक दोष (Genetic effect), ज्यामध्ये उत्परिवर्तन (Mutagenesis) (म्हणजे एका पिढीपासून दुसऱ्या पिढीत संक्रमित होणाऱ्या जनुकांमध्ये बदल घडवून आणणे किंवा अनुवांशिक नुकसान घडवून आणणे).
- टेराटोजेनेसिससह (Teratogenesis) पुनरुत्पादक विकृती (म्हणजेच आईवरील विषारी प्रभावांशी संबंधित नसलेल्या विकसनशील गर्भाला होणारे नुकसान).
- रोगप्रतिकारक जैविक होमिओस्टॅसिसमध्ये (Homeostasis) बदल.
- मध्यवर्ती मज्जासंस्था (Central Nervous system) (CNS विकार). ! जन्मजात विसंगती (Congenital anomalies).

आरोग्यावर प्रतिकूल परिणाम होण्याची घटना (Adverse health effect) ही धोकादायक रसायन (Hazardous chemical) शरीरात कसे प्रवेश करते यावर अवलंबून असते. काही धोकादायक रसायने त्वचेतून (Skin) वेगाने शोषली जातात, तर काही अजिबात नसतात. रसायनाची विषाक्तता (Toxicity of chemicals) शरीरावर होणारा परिणाम देखील ठरवते.

अशी अनेक धोकादायक रसायने आहेत जी खूप कमी प्रमाणात विषारी असतात, तर काही प्रतिक्रिया होण्यापूर्वी मोठ्या प्रमाणात संपर्कात येऊ शकतात. सरासरी मानवामध्ये 300 पर्यंत मानवनिर्मित रसायने (Manmade chemicals) आढळली आहेत.

मानवी शरीरात धोकादायक रसायने असल्याने गर्भ, मुले, किशोरवयीन मुले, प्रौढ आणि वृद्धांवर (Fetuses, children, adolescents, adults and elderly) प्रतिकूल प्रतिक्रिया होतात परंतु प्रत्येकाची प्रतिक्रिया वेगवेगळी असू शकते. प्रौढांपेक्षा गर्भ आणि लहान मूल प्रतिकूल प्रतिक्रियांना अधिक संवेदनशील असते कारण त्यांचे विकसनशील अवयव (Developing organs) कायमचे खराब होऊ शकतात. सर्व वयोगटातील लोकांमध्ये काही संभाव्य आरोग्य स्थितींमध्ये हे समाविष्ट आहे:

वर्तनातील असामान्यता, Behavior abnormalities

कर्करोग (Cancer)

शारीरिक बिघाड (उदा., मूत्रपिंड निकामी होणे, पुनरुत्पादक बिघाड) Physiological

malfunctions (e.g., kidney failure, reproductive impairment)

अनुवांशिक उत्परिवर्तन, Genetic mutations

शारीरिक विकृती, Physical deformations

जन्मजात दोष, Birth defects

घातक कचऱ्याची योग्य प्रकारे विल्हेवाट न लावल्याने, हेच कचरा उलटे फिरण्याची शक्यता असते आणि तुमच्यावर किंवा तुमच्या कुटुंबावर दहा पटीने परिणाम करू शकते.

Unit – V: POLLUTION CONTROL ACT

प्रदूषण नियंत्रण कायदे

CO5 - Apply pollution control act to control pollution in chemical industry

पोल्यूशन कंट्रोल ऍक्ट रासायनिक इंडस्ट्रीमध्ये लागू करणे

TLO 5.1 Explain role of central and state pollution control board.

सेंट्रल अँड स्टेट गव्हर्नमेन्ट रोल फॉर कंट्रोलिंग पोल्युशन

TLO 5.2 Describe the needs of air pollution control act

नीड ऑफ एअर पोल्युशन कंट्रोल ऍक्ट

.TLO 5.3 Apply water pollution control act in given industry.

वॉटर पोल्युशन कंट्रोल ऍक्ट इन केमिकल इंडस्ट्री

TLO 5.4 Explain salient features of hazardous waste management rule 2016

सलियन्ट फीचर्स ऑफ हझार्डस वेस्ट मॅनेजमेन्ट रूल २०१६

5.1 Structure and role of CPCB & SPCB

5.1.1 Central Pollution Control Board:

सेंट्रल पोल्युशन कंट्रोल बोर्ड [Central Pollution Control Board (CPCB)] ही भारताची संविधानिक संस्था (Statutory organization) असून ही वातावरण, जंगल व हवामान बदल (Ministry of Environment, Forest and Climate Change) या मंत्रालयाच्या मार्गदर्शनाखाली काम करते. सदर संस्था ही १९७४ या वर्षी पाणी कायदा १९७४ (पोल्युशन प्रतिबंध व नियंत्रण) या अंतर्गत स्थापन करण्यात आली. सेंट्रल पोल्युशन कंट्रोल बोर्डकडे हवा कायदा १९८१ (पोल्युशन प्रतिबंध व नियंत्रण) (Air (Prevention and Control of Pollution Act), 1981 याची सुद्धा जबाबदारी सोपवलेली आहे. हवामान (संरक्षण) कायदा १९८६ (Environment (Protection) Act, 1986) अंतर्गत हवामान व जंगल मंत्रालयाला Ministry of Environment and Forests) (तांत्रिक सेवा देण्याचे काम सेंट्रल पोल्युशन कंट्रोल बोर्ड करते

स्टेट पोल्युशन कंट्रोल बोर्डाला तांत्रिक साहाय्य, सल्ला देण्याचे काम सेंट्रल पोल्युशन कंट्रोल बोर्ड करते. CPCB ही प्रदूषण नियंत्रणासाठी देशातील सर्वोच्च संस्था आहे. CPCB अध्यक्षाची निवड भारत सरकार निवड समिती करते

CPCB has its head office in New Delhi, with nine regional directorates and 1 project office.

The board conducts environmental assessments and research. It is responsible for maintaining national standards under a variety of environmental laws, in consultation with regional directorates, tribal, and local governments. It has responsibilities to conduct monitoring of water and air quality, and maintains monitoring data.

The agency also works with industries and all levels of government in a wide variety of voluntary pollution prevention programs and energy conservation efforts. It advises the central government to prevent and control water and air pollution. It also advises the Governments of Union Territories on industrial and other sources of water and air pollution. CPCB along with its counterparts the State Pollution Control Boards (SPCBs) are responsible for implementation of legislation relating to prevention and control of environmental pollution.

5.1.2 Functions of CPCB

Functions of CPCB comes under both national level and as State Boards for the Union Territories. CPCB, under the Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974, and the Air (Prevention and Control of Pollution) Act, 1981, aims to promote cleanliness of streams and wells in different areas of the States by prevention, control and abatement of water pollution, and to improve the quality of air and to prevent, control or abate air pollution in the country.

Air quality/ pollution: CPCB runs nationwide programs of ambient air quality monitoring known as National Air Quality Monitoring Programme (NAMP).. Under N.A.M.P., four air pollutants viz., Sulphur Dioxide (SO₂), Oxides of Nitrogen as NO₂, Suspended Particulate Matter (SPM).

Respirable Suspended Particulate Matter (RSPM/ PM₁₀) have been identified for regular monitoring at all the locations.

The monitoring of meteorological parameters such as wind speed and wind direction, relative humidity (RH) and temperature were also integrated with the monitoring of air quality. This information on Air Quality at ITO is updated every week.

Water quality/ pollution: Fresh water is a finite resource essential for use in agriculture, industry, propagation of wildlife & fisheries and for human existence. India is a riverine country. It has 14 major rivers, 44 medium rivers and 55 minor rivers besides numerous lakes, ponds and wells which are used as primary source of drinking water even without treatment.

Most of the rivers being fed by monsoon rains, which is limited to only three months of the year, run dry throughout the rest of the year often carrying wastewater discharges from industries or cities or towns endangering the quality of our scarce water resources. CPCB in collaboration with concerned SPCBs/PCCs established a nationwide network of water quality monitoring, which has running 1019 stations in 27 States and 6 Union Territories. The monitoring process is done on quarterly basis in surface waters and on half yearly basis in case of ground water. It covers 200 Rivers, 60 Lakes, 5 Tanks, 3 Ponds, 3 Creeks, 13 Canals, 17 Drains and 321 Wells. Among the 1019 stations, 592 are on rivers, 65 on lakes, 17 on drains, 13 on canals, 5 on tanks, 3 on creeks, 3 on ponds and 321 are groundwater stations. The inland water quality monitoring network is operating under a three-tier program i.e. Global Environment Monitoring System (GEMS), Monitoring of Indian National Aquatic Resources System (MINARS) and Yamuna Action Plan (YAP).

Urban area programs (EcoCity Program) : CPCB programs for urban areas, also known as EcoCity Program comes under X Plan to improve environment through implementation of identified environmental improvement projects in the selected towns and cities. Pilot studies conducted for urban areas by the Centre for Spatial Environmental Planning created at the CPCB under the World Bank funded Environmental Management Capacity Building Project and supported by the GTZ-CPCB Project under the Indo-German Bilateral Program.

According to these studies CPCB develop a comprehensive urban improvement system employing practical, innovative and non-conventional solutions. Under the X Plan, a budget provision of Rs. 15 crore has been made for the period 2002–03 to 2006-07 for the Ecocity projects.

Municipal Solid Waste rules : Every municipal authority comes under the Municipal Solid Wastes (Management & Handling) Rules, 2000 (MSW rules, 2000) and responsible for collection, segregation, storage, transportation, processing and disposal of municipal solid. CPCB collects necessary information from municipal authorities and provide them technical assistance.

Noise Pollution/ Rules : According to S.O. 123(E) by MoEF, various sources like industrial activity, construction activity, generator sets, loud speakers, public address systems, music systems, vehicular horns and other mechanical devices have deleterious effects on human health. CPCB has the responsibility to regulate and control noise producing and generating sources with the objective of maintaining the ambient air quality standards.

Environmental Data Statistics: CPCB manages environmental data statistic in which air quality data and water quality data comes through. In the case of air quality data, it measures the level of SO₂, NO₂, RSPM and SPM. CPCB measure and maintains water quality data as well. Quality level of river and ponds are the major fields which comes under the water quality data criteria.

5.1.3 State Pollution Control Board

The Maharashtra Pollution Control Board established 7 September 1970 implements a range of environmental legislation in the state of Maharashtra, India. The MPCB functions under the administrative control of Environment Department of the Government of Maharashtra.

5.1.4 Functions of MPCB

- 1 To plan comprehensive program for the prevention, control or abatement of pollution and secure executions thereof,
- 2 To collect and disseminate information relating to pollution and the prevention, control or abatement thereof,

3 To inspect sewage or trade effluent treatment and disposal facilities, and air pollution control systems and to review plans, specification or any other data relating to the treatment plants, disposal systems and air pollution control systems in connection with the consent granted,

4 Supporting and encouraging the developments in the fields of pollution control, waste recycle reuse, eco-friendly practices etc.

5 To educate and guide the entrepreneurs in improving environment by suggesting appropriate pollution control technologies and techniques

6 Creation of public awareness about the clean and healthy environment and attending the public complaints regarding pollution.

5.2 Air pollution Control act 1981 Need & objectives

5.3 Air Quality Act 2004 (Act 39 of 2004) Need & objectives

5.4 Water pollution control act 1974 (Act No 6 of 1974)

5.5 The water prevention and control of pollution Amendment bill 2024

5.6 Salient features of Hazardous waste management rule 2016

Highlights include: सॉलिड वेस्ट मॅनेजमेन्ट रूल २०१६ मध्ये आमलात आणले गेले. त्यामधील महत्वाचे मुद्दे खालीलप्रमाणे आहे.

Waste segregation at source is mandatory. कचरा वर्गीकरण आहे त्याच ठिकाणी करणे अनिवार्य आहे. Households are required to separate waste into three streams घरगुती कचरा तीन पद्धतीमध्ये वेगळे करणे आवश्यक आहे - Organic or biodegradable waste,(सेंद्रीय व बायोडिग्रेडेबल) dry waste सुका वेस्ट (such as plastic, paper, metal, and wood), and domestic hazardous waste घरगुती धोकादायक वेस्ट (diapers, napkins, mosquito repellents, cleaning agents).

Further, bulk waste generators such as hotels and hospitals are expected to treat organic waste either onsite or by collaborating with the urban local body. जास्त प्रमाणात वेस्ट करणारे जसे हॉटेल्स व दवाखाने यांनी सेंद्रीय वेस्ट आहे तिथे ट्रीटमेंट करणे किंवा अर्बन लोकल बॉडीसोबत करार करून ट्रीटमेंट करणे आवश्यक आहे

Municipalities and urban local bodies have been directed to include informal waste pickers and rag pickers into their waste management process महानगरपालिका व अर्बन लोकल बॉडी यांनी अनौपचारिक कचरा वेचणारे व चिंधी वेचणारे याना सुद्धा वेस्ट मॅनेजमेंट प्रोसेस मध्ये समावेश करणे आवश्यक आहे.

This is the first time that national policy has acknowledged and included the informal sector into the waste management process. राष्ट्रीय धोरणामध्ये हे प्रथमच झाले असून अनौपचारिक क्षेत्र यांना वेस्ट मॅनेजमेंट प्रोसेस मध्ये समावेश करणे आवश्यक आहे.

India has over 1.5 million subsistence informal waste pickers and including them into the formal waste management system represents an opportunity for urban local bodies to streamline their operations, while provide the waste pickers with better income opportunities.

Manufacturers of fast-moving consumer goods FMCG that use non-biodegradable packaging are required to put in place a system to collect the packaging waste generated due to their production.

Urban local bodies have been given a provision to charge bulk generators a user fee to collect and process their waste. Additionally, spot fines may be levied on people burning garbage or discarding it in public places.

No non-recyclable waste having a calorific value of 1,500 Kcal/kg or more is permitted in landfills. जे पुनर्वापर करण्यायोग्य नाही असे वेस्ट ज्याची कॅलोरीफिक मूल्य १५०० Kcal /Kg किंवा जास्त आहे ते landfilling करण्यासाठी परवानगी देऊ नये. These wastes should either be utilized for generating energy or for preparing refuse derived fuel. It may also be used for co-processing in cement or thermal power plants. असे वेस्ट ऊर्जा करण्यासाठी उपयोगात आणतात. असे वेस्ट सिमेंट व थर्मल पॉवर कंपनीमध्ये सह प्रक्रिये मध्ये वापरतात.

References

Sr. No	Author	Title	Publishers
1	C.S.Rao	Environmental Pollution Control Engineering	New Age International Publishers Revised Edition ISBN 10 : 81-224-1835 - X
2	M. N. Rao H. V. N. Rao	Air Pollution	Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi 26 th Reprint ISBN: 0-07-451871-8
3	Howard S. Peavy Donald R. Rowe George Tchobanoglous	Environmental Engineering	McGraw Hill Education (India) Edition 2013 Indian Edition 15 th Reprint ISBN -10: 93-5134-026-3
4	S. S. Dara	A Textbook of Environmental Chemistry and Pollution Control	S. Chand & Company Ltd, New Delhi Reprint 2006 ISBN : 81-219-0883-3

Web and other references:

1. <https://www.eolss.net/>(Encyclopedia of Life Support System).
2. <https://www.eolss.net/sample-chapters/c09/E4-14-04-02.pdf>
3. <https://www3.epa.gov/ttnchie1/mkb/documents>
4. <https://www.epa.nsw.gov.au/your-environment/air/local-government-air-quality-toolkit/module-3-air-pollution-control-techniques>
5. <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Air> pollution control devices

<https://www.intechopen.com/chapters/48239>

6. Walling E, Vaneeckhaute C. 2020. Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability.
- 7 J. Environ. Manage. 276, 111211. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111211
Hassan, Gurudutt. (2015). Development in Environmental Regulation in
- 8 Waste water treatment for pollution control and reuse McGraw Hill Education
(India) Private Limited, ISBN: 9780070620995.
- 9 Waste water treatment by M.N.Rao & A.K.Datta. Environmental Pollution Control and Engineering New Age International Publication, New Delhi, 2015. ISBN: 81-224-1835
- 10 <https://archive.nptel.ac.in> physico-chemical processes for waste water treatment.
- 11 https://en.wikipedia.org/wiki/Central_Pollution_Control_Board
- 12 https://en.wikipedia.org/wiki/Maharashtra_Pollution_Control_Board
- 13 https://en.wikipedia.org/wiki/Waste_management_in_India