কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে প্রতিষ্ঠিত
বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) এর কার্যকারিতাঃ

একটি গবেষণা



বাস্তবায়ন পরিবীক্ষণ ও মূল্যায়ন বিভাগ
পরিকল্পনা মন্ত্রণালয়
গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার
জুন ২০২৫

গবেষণা পর্ষদ

নাম ও পদবী	পর্ষদে অবস্থান
জনাব মোঃ কামাল উদ্দিন সচিব, আইএমইডি	প্রধান উপদেষ্টা
জনাব মোঃ দীন ইসলাম মহাপরিচালক (অতিরিক্ত সচিব)	উপদেষ্টা
জনাব মুহাম্মদ শাহাদাত হোসাইন যুগ্মসচিব (প্রশাসন) (অতিরিক্ত দায়িত্ব)	উপদেষ্টা
জনাব গুল্লাল সিংহ পরিচালক (যুগ্ম সচিব)	গবেষক
জনাব মোঃ তাওসীফ রহমান উপপরিচালক (সিনিয়র সহকারী সচিব)	তথ্য সংগ্রহ ও প্রক্রিয়াকরণ
জনাব মোঃ মশিউর রহমান খান মিথুন সহকারী পরিচালক	তথ্য সংগ্রহ ও প্রক্রিয়াকরণ

সূচিপত্র

- শব্দসংক্ষেপ 04
- শব্দকোষ 05
- নির্বাহী সারসংক্ষেপ 07
- অধ্যায় ১: ভূমিকা ও কেস স্ট্যাডির প্রেক্ষাপট 08
- অধ্যায় ২: লিটারেচার রিভিউ (Literature Review) 12
- অধ্যায় ৩: গবেষণা পদ্ধতি (Research Methodology) 15
- অধ্যায় ৪: ফলাফল ও বিশ্লেষণ (Findings and Analysis) 20
- অধ্যায় ৫: সুপারিশ (Recommendations) ও উপসংহার (Conclusion) 33
- পরিশিষ্ট 35
- রেফারেন্স 42

Abbreviation

ETP	Effluent Treatment Plant
BSFIC	Bangladesh Sugar & Food Industries Corporation
UNEP	United Nations Environment Programme
WB	World Bank
ADB	Asian Development Bank
DOE	Department of Environment
pH	Potential of Hydrogen
BOD	Biochemical Oxygen Demand
COD	Chemical Oxygen Demand
DO	Dissolve Oxygen
TDS	Total Dissolved Solids
TSS	Total Suspended Solids
WHO	World Health Organization
USEPA	United States Environmental Protection Agency
E. coli	Escherichia coli
CSR	Corporate Social Responsibility

Glossary

Effluent Treatment Plant (ETP)

ETP একটি প্রকৌশল-নির্ভর ও পরিবেশ-বান্ধব ব্যবস্থাপনা প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে শিল্প কারখানা থেকে নির্গত বর্জ্যজলকে পরিশোধন করে পরিবেশে নিষ্কাশনযোগ্য স্তরে আনা হয়।

Effluent Water

তরল বা বর্জ্যজল যা শোধন প্রক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার পর ETP বা ওয়াটার ট্রিটমেন্ট প্লান্ট থেকে নির্গত হয়। এটি সাধারণত পরিবেশে নিষ্কাশনের উপযোগী হয়ে থাকে।

Influent Water

গৃহস্থালি বা বাণিজ্যিক স্থাপনাগুলো থেকে নির্গত অপরিশোধিত তরল বর্জ্য যাতে রাসায়নিক, জৈব ও অজৈব দূষক থাকতে পারে।

প্রাথমিক শোধন (Primary Treatment)

প্রাথমিক শোধন হলো বর্জ্য জলের প্রথম পর্যায়ের শোধন প্রক্রিয়া, যেখানে বড় বড় সলিড বা কঠিন পদার্থ যেমন বালি, কাদা, তেল-চর্বি, ভাসমান কণা ইত্যাদি শারীরিক পদ্ধতিতে (জলছাঁকনি, জমাট বাঁধানো ইত্যাদি) পৃথক করা হয়। এ ধাপে মূলত মেকানিক্যাল ও ফিজিক্যাল পদ্ধতি ব্যবহার করে বর্জ্যের অমিশ্রিত কঠিন পদার্থ সরানো হয় যা পরবর্তী শোধন প্রক্রিয়ার জন্য পানিকে প্রস্তুত করে।

রাসায়নিক শোধন (Chemical Treatment)

রাসায়নিক শোধন বলতে বর্জ্য জল থেকে দূষণকারক উপাদান অপসারণের জন্য রাসায়নিক পদার্থ প্রয়োগ করে বিভিন্ন রাসায়নিক প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে জল পরিশোধনের প্রক্রিয়াকে বোঝায়। এর মধ্যে pH নিয়ন্ত্রণ, ফ্লোকুলেশন, কোঅ্যাগুলেশন, অক্সিডেশন, ডিঅক্সিডেশন ইত্যাদি ধাপ থাকতে পারে। রাসায়নিক শোধন বর্জ্য থেকে জৈব ও অজৈব দূষণ দূর করতে বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

জৈব শোধন (Biological Treatment)

জৈব শোধন হলো এক ধরনের বর্জ্য শোধন পদ্ধতি যেখানে পানিতে থাকা জৈব দূষক উপাদানসমূহকে ব্যাকটেরিয়া ও অন্যান্য ক্ষুদ্রজীবের সাহায্যে ভেঙে পরিবেশবান্ধব অবস্থায় রূপান্তর করা হয়।

Sludge Separation

Sludge Separation হলো এমন একটি যান্ত্রিক প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে বর্জ্য পানির মধ্যে থাকা ঘনীভূত কঠিন পদার্থ বা স্লাজ তরল অংশ থেকে পৃথক করা হয় যাতে পানির পরিশোধন সহজ হয়।

Equalization

Equalization হলো বর্জ্য পরিশোধনাগারের (ETP) একটি প্রাথমিক ধাপ যার মাধ্যমে বিভিন্ন সময়ে উৎপন্ন বর্জ্যজলের প্রবাহ (Flow) ও গুণমান (Quality) এক ধরনের স্থিতিশীল অবস্থায় আনা হয়। এর উদ্দেশ্য হলো পরবর্তী শোধনপ্রক্রিয়া যেন কার্যকরভাবে ও নিরবচ্ছিন্নভাবে কাজ করতে পারে।

Neutralization

Neutralization হলো এমন একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে বর্জ্যজলে বিদ্যমান অতিরিক্ত অ্যাসিড অথবা ক্ষারকে রাসায়নিক পদার্থের সাহায্যে প্রতিক্রিয়া ঘটিয়ে pH ৬.৫ থেকে ৮.৫ এর মধ্যে আনা হয় যাতে বর্জ্যজল পরিবেশে নিষ্কাশনের উপযোগী হয়।

Coagulation

Coagulation অর্থ জমাট বাঁধা বা দলা পাকানো। এটি একটি প্রক্রিয়া যেখানে বর্জ্যজলে থাকা সূক্ষ্ম, ভাসমান বা কলোয়েডীয় (colloidal) কণাগুলোকে রাসায়নিক পদার্থ (যেমন: coagulant) ব্যবহার করে বড় আকারে দলা পাকিয়ে সহজে ছাঁকনযোগ্য অবস্থায় আনা হয়।

Flocculation

Flocculation বা ঝাঁজরা/পিণ্ড গঠন প্রক্রিয়া হলো একটি ফিজিক্যাল (ভৌত) প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে Coagulation-এর ফলে তৈরি হওয়া ছোট ছোট কণাগুলোকে ধীরে ধীরে নাড়াচাড়া বা gentle stirring এর মাধ্যমে বড় আকারের পিণ্ড বা ফ্লক-এ পরিণত করা হয় যেন তারা সহজে তলানিতে বসে যায় বা ছেঁকে ফেলা যায়।

Sedimentation

Sedimentation হল একটি ভৌত প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে বর্জ্যজলের ভেতরে থাকা কঠিন ও ভারী কণাগুলো মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে ধীরে ধীরে পানির নিচে তলিয়ে পড়ে এবং পানির উপরিভাগ অপেক্ষাকৃত পরিষ্কার হয়ে যায়।

Aeration

Aeration অর্থ বায়ুপ্রবাহ বা বাতাস মিশ্রণের প্রক্রিয়া যেখানে পানির মধ্যে কৃত্রিমভাবে বাতাস (বিশেষত অক্সিজেন) প্রবেশ করানো হয়, যাতে পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) এর পরিমাণ বাড়ে এবং বিভিন্ন গ্যাস যেমন: কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড ইত্যাদি অপসারণ সম্ভব হয়।

pH

pH হলো পানির অম্ল ও ক্ষারত্বের একটি সূচক। এটির মান ৭ এর নিচে হলে তা অ্যাসিডিক এবং ৭ এর ওপরে হলে তা ক্ষারীয়।

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD নির্দেশ করে পানিতে জৈব পদার্থ ভাঙতে কতটা অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। এটি জলজ পরিবেশে প্রাণীর অস্তিত্বের জন্য গুরুত্বপূর্ণ সূচক। যে টির পরিবেশ অধিদপ্তর কর্তৃক নির্ধারিত সর্বোচ্চ গ্রহণযোগ্য মাত্রা $\leq$ ৫০ mg/L।

COD (Chemical Oxygen Demand)

COD হলো পানিতে উপস্থিত জৈব ও রাসায়নিক উপাদান ভাঙতে প্রয়োজনীয় মোট অক্সিজেনের পরিমাণ। এটি পানির দূষণের মাত্রা নির্দেশ করে। যে টির পরিবেশ অধিদপ্তর কর্তৃক নির্ধারিত সর্বোচ্চ গ্রহণযোগ্য মাত্রা $\leq$ ২৫০ mg/L।

DO (Dissolved Oxygen)

DO হলো পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ যা জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকার জন্য অপরিহার্য। যার পরিবেশ অধিদপ্তরের ন্যূনতম মান $\geq$ ৪.০ mg/L।

Total Suspended Solids (TSS)

TSS বলতে বর্জ্য পানির মধ্যে থাকা দৃশ্যমান, অদ্রবণীয়, ঘন ও ভাসমান কঠিন পদার্থের মোট পরিমাণকে বোঝায় যা পানির মধ্যে মিশে না গিয়ে স্থগিত (suspended) অবস্থায় থাকে।

Total Dissolved Solids (TDS)

TDS বলতে বর্জ্য বা পানির মধ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকা সমস্ত খনিজ, লবণ, ধূলিকণা ও অজৈব ও জৈব যৌগের মোট পরিমাণকে বুঝানো হয়।

মাড়াই মৌসুম

মাড়াই মৌসুমে বলতে বোঝানো হয় চিনিকলে আখ কাটার পর তার রস (গুড় বা চিনি তৈরির জন্য) বের করার কার্যক্রম চালানোর সময়কালকে। সাধারণত এটি আখের ফসল সংগ্রহের পর শীতকালীন মাসগুলোতে হয়। যখন আখ থেকে চিনির মূল উপাদান সংগ্রহের জন্য 'মাড়াই' বা প্রসেসিং করা হয়।

বাংলাদেশের চিনিকলে এ সময়কেই 'মাড়াই মৌসুম' বলা হয় যা প্রায় ডিসেম্বর থেকে মার্চ পর্যন্ত স্থায়ী হয়। এ সময়ে চিনিকলের ইটিপি (ETP) প্লান্টগুলো নিয়মিতভাবে চালু থাকে কারণ এ সময়ে বেশি পরিমাণ বর্জ্য উৎপন্ন হয়।

নির্বাহী সারসংক্ষেপ

বাস্তবায়ন পরিবীক্ষণ ও মূল্যায়ন বিভাগের রাজস্ব বাজেটের আওতায় সেক্টর-৫ কর্তৃক Efficiency of Effluent Treatment Plant (ETP): A study on ETP established at Carew & Company Limited শিরোনামে ২০২৪-২৫ অর্থ বছরে একটি গবেষণা কাজ সম্পন্ন করা হয়েছে। এ প্রেক্ষাপট বিবেচনায় জুলাই ২০১৮ থেকে জুন ২০২৩ মেয়াদে বাস্তবায়িত শিল্প মন্ত্রণালয় কর্তৃক বাস্তবায়িত "১৪টি চিনিকলে বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) স্থাপন" প্রকল্পের মাধ্যমে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি বিডি লিমিটেডের কারখানায় একটি বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) স্থাপন করা হয়। এ পরিশোধনাগার স্থাপনে ৭,১২,৬৮,০০০.০০/= (সাত কোটি বারো লক্ষ আটষট্টি হাজার) টাকা ব্যয় হয়। স্থাপিত ইটিপি'র মাধ্যমে দৈনিক প্রায় ২০০ কিউবিক মিটার বর্জ্যজল পরিশোধন করা হয়।

বাংলাদেশের দ্রুত শিল্পায়নের প্রেক্ষিতে পরিবেশ দূষণ একটি বড় চ্যালেঞ্জ হয়ে দাঁড়িয়েছে। বিশেষত তরল শিল্পবর্জ্য ব্যবস্থাপনায়। এ প্রেক্ষাপটে Effluent Treatment Plant (ETP) পরিবেশ রক্ষায় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখতে পারে। এ গবেষণা পত্রে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের ETP-এর কার্যকারিতা বিশ্লেষণ করা হয়েছে যা দেশের অন্যান্য শিল্পকারখানার জন্য দৃষ্টান্ত হিসেবে বিবেচিত হতে পারে।

গবেষণায় সরেজমিন পরিদর্শন, ল্যাবরেটরি থেকে প্রাপ্ত ফলাফল বিশ্লেষণ, সাক্ষাৎকার এবং প্রাসঙ্গিক নথিপত্র পর্যালোচনার মাধ্যমে তথ্য সংগ্রহ করা হয়েছে। পরিদর্শনে দেখা যায় যে, ETP টি মৌসুমভিত্তিকভাবে (চিনিকলের মাড়াই মৌসুমে) চালু থাকে এবং এতে প্রধানত প্রাথমিক ও জৈব শোধন প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়। জীবাণুমুক্তকরণ ধাপ অনুপস্থিত থাকলেও তা কার্যকারিতায় প্রভাব ফেলছে না কারণ বর্জ্যে রোগজীবাণু থাকার সম্ভাবনা কম।

ল্যাব বিশ্লেষণের প্রাপ্ত তথ্যে দেখা গেছে pH, DO, COD ও BOD_5 - এ চারটি প্যারামিটার পরীক্ষার মাধ্যমে ETP-এর কার্যকারিতা নির্ধারণ করা হয়েছে। ফলাফলে দেখা যায় ইনলেট ও আউটলেটের মাঝে উল্লেখযোগ্য মানোন্নয়ন হয়েছে এবং আউটলেট মানগুলো পরিবেশ অধিদপ্তরের নির্ধারিত সীমার মধ্যে রয়েছে। pH ৪.৮৪ থেকে ৭.০৪, DO ১.০৫ থেকে ৪.১৫ mg/L, COD ২২৭২.৫ থেকে ১৯৫.২৫ mg/L এবং BOD_5 ১৪৮০ থেকে ৪৯ mg/L G কমে এসেছে। কিছু বিচ্ছিন্ন ক্ষেত্রে সামান্য বিচ্যুতি দেখা গেলেও তা গড়পড়তা বিশ্লেষণে গুরুত্বহীন। এ ফলাফল ইঙ্গিত করে যে, ETP বর্জ্যজল পরিশোধনে কার্যকরভাবে ভূমিকা রাখছে। তবে পরীক্ষার পরিধি সীমিত এবং অন্যান্য দূষক যেমন ভারী ধাতু, প্যাথোজেন, TSS ইত্যাদি বিশ্লেষণ করা হয়নি। এছাড়া নথিপত্র বিশ্লেষণে কিছু দুর্বলতা উঠে আসে, যেমন পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে এ প্লান্ট ভিজিট করা হলেও এ সংক্রান্ত কোনো পরিদর্শন রিপোর্ট পাওয়া যায়নি। জনবল ও বাজেট ঘাটতির কারণে নিয়মিত তদারকি ও রক্ষণাবেক্ষণে ঘাটতি দেখা যায় যা ভবিষ্যতে কর্মদক্ষতায় প্রভাব ফেলতে পারে। পর্যবেক্ষণে আরও উঠে এসেছে যে, ল্যাবরেটরির যন্ত্রপাতি থাকলেও জনবল ও প্রশিক্ষণের ঘাটতির কারণে নমুনা পরীক্ষার ফ্রিকোয়েন্সি কম। স্থানীয় জনগণের মতামত থেকেও বোঝা যায় ইটিপি চালুর পর পরিবেশের দৃশ্যমান উন্নতি হয়েছে যদিও সচেতনতার ঘাটতি রয়েছে।

সামগ্রিকভাবে ETP টি মৌসুমভিত্তিক হলেও বিদ্যমান প্রযুক্তি ও কাঠামোর আলোকে এটি মোটামুটি কার্যকরভাবে বর্জ্য শোধন করছে। তবে এটি আরও দক্ষ, টেকসই ও পরিবেশবান্ধব করার জন্য অবকাঠামোগত উন্নয়ন, স্বয়ংক্রিয় যন্ত্র সংযোজন, প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত জনবল নিয়োগ এবং প্রশাসনিক সক্ষমতা বৃদ্ধি করা প্রয়োজন।

অধ্যায় ১ :
ভূমিকা ও কেস স্টাডির প্রেক্ষাপট

১.১ ভূমিকা

উন্নয়নশীল দেশ হিসেবে বাংলাদেশের অর্থনৈতিক প্রবৃদ্ধি ও শিল্পায়ন প্রক্রিয়া এক অপ্রতিরোধ্য গতিতে এগিয়ে চলছে। এ দ্রুত শিল্পায়নের ফলে যেমন অর্থনৈতিক সুযোগ তৈরি হচ্ছে তেমনি অপরিকল্পিত ও অপ্রযুক্তিনির্ভর বর্জ্য ব্যবস্থাপনার কারণে পরিবেশ দূষণের চরম ঝুঁকিও বাড়ছে। বিশেষত, শিল্প কারখানার তরল বর্জ্য (effluent) জলাধার, নদী ও ভূগর্ভস্থ পানির মানকে বিপর্যস্ত করছে যার সরাসরি প্রভাব পড়ছে জনস্বাস্থ্য, কৃষি ও জীববৈচিত্র্যের ওপর। এ প্রেক্ষাপটে বর্জ্য পরিশোধনাগার বা Effluent Treatment Plant (ETP) একটি অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ পরিবেশবান্ধব উদ্যোগ হিসেবে বিবেচিত।

ETP একটি প্রকৌশল-নির্ভর ও পরিবেশ-বান্ধব ব্যবস্থাপনা প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে শিল্প কারখানা থেকে নির্গত বর্জ্যজলকে পরিশোধন করে পরিবেশে নিষ্কাশনযোগ্য স্তরে আনা হয়। বাংলাদেশের শিল্প কারখানাগুলোর মধ্যে অনেক প্রতিষ্ঠান এখনো যথাযথভাবে ETP স্থাপন ও পরিচালনায় ব্যর্থ হলেও কিছু প্রতিষ্ঠান ইতোমধ্যে পরিবেশ রক্ষায় অগ্রণী ভূমিকা রাখছে।

১.২ গবেষণার পটভূমি

বাংলাদেশের কৃষিনির্ভর অর্থনীতিতে শিল্প খাত ক্রমাগত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে আসছে। এ শিল্পখাতের একটি গুরুত্বপূর্ণ শাখা হচ্ছে চিনি শিল্প যা একদিকে কৃষকদের জন্য একটি নির্ভরযোগ্য আয়ের উৎস অন্যদিকে দেশের খাদ্য নিরাপত্তা ও শিল্প উন্নয়নের জন্যও গুরুত্বপূর্ণ। বিশেষ করে আখ চাষ ও চিনি উৎপাদনের মধ্য দিয়ে এক বিশাল জনগোষ্ঠী প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে সম্পৃক্ত করে থাকে।

বাংলাদেশে চিনি শিল্পের গোড়াপত্তন হয় ঔপনিবেশিক ব্রিটিশ আমলে। তবে স্বাধীনতার পর ১৯৭২ সালে জাতীয়করণ নীতির আওতায় সরকার রাষ্ট্রীয়ভাবে চিনিকলগুলো পরিচালনা করতে থাকে। এ উদ্যোগের উদ্দেশ্য ছিল কৃষকদের ন্যায্যমূল্যে আখ সরবরাহ, কৃষি উৎপাদন বৃদ্ধি, কর্মসংস্থান সৃষ্টি এবং দেশের শিল্পায়নের গতি তরান্বিত করা।

বর্তমানে দেশের বাংলাদেশ চিনি ও খাদ্য শিল্প কর্পোরেশন (BSFIC) এর অধীনে মোট ১৫টি চিনিকল পরিচালিত হচ্ছে। এ চিনিকলগুলো আখ থেকে চিনি উৎপাদনের পাশাপাশি মোলাসেস, ফার্মেন্টেড অ্যালকোহল, সার প্রভৃতি পণ্য উৎপাদনেও অবদান রাখে। এ চিনি কলগুলো চিনি ও মদ উৎপাদনের পাশাপাশি কৃষিভিত্তিক উৎপাদনের সঙ্গে ওতপ্রোতভাবে জড়িত। তবে তাদের উৎপাদন প্রক্রিয়ার একটি বড় সমস্যা হলো তরল বর্জ্য ব্যবস্থাপনা। প্রতিদিন ডিস্টিলারি ইউনিট থেকে উৎপন্ন হাজার হাজার লিটার বর্জ্যজল নদী বা আশপাশের জলাভূমিতে নিষ্কাশন করা হলে তা মারাত্মক পরিবেশ বিপর্যয় ঘটাতে পারে। এ বর্জ্যজলের ক্ষতিকর প্রভাব থেকে পরিবেশকে রক্ষা করার লক্ষ্যে শিল্প মন্ত্রণালয় কর্তৃক দেশের ১৪ টি চিনিকলে বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) স্থাপন প্রকল্প গ্রহণ করা হয়।প্রকল্পের বাস্তবায়ন মেয়াদ ছিল জুলাই ২০১৮ হতে জুন ২০২৩ পর্যন্ত। প্রকল্পটির সংশোধিত প্রাক্কলিত ব্যয় ৮১৮৪.৩৫ লক্ষ টাকা এবং প্রকৃত ব্যয় হয়েছে ৮০২৭.৩৫ লক্ষ টাকা।

প্রকল্পটির মূল উদ্দেশ্য ছিল নিম্নরূপঃ

- চিনিকল সংলগ্ন এলাকার মানুষ ও জীব বৈচিত্রের জন্য একটি স্বাস্থ্যকর পরিবেশ নিশ্চিত করা।
- জলজ ও বায়ুমন্ডলের ইকো-সিস্টেমকে Non-biodegradable ভারী কণা থেকে রক্ষা করা।
- চিনিকল সংলগ্ন এলাকার পরিবেশকে কারখানার বর্জ্যের যে কোনো প্রকার অবাঞ্ছিত দুর্গন্ধ থেকে রক্ষা করা।
- চিনিকল সংলগ্ন কৃষি জমি, জলাশয় ও সেচের পানিকে কারখানার বর্জ্যে নির্গত যে কোনো ভারী কণা বা কাঁদা জাতীয় পদার্থ থেকে রক্ষা করা।

বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) স্থাপন করা ১৪ টি চিনিকল হচ্ছে-

ক্রমিক নং	চিনি কলের নাম	অবস্থান	মন্তব্য
১.	পঞ্চগড় চিনি কল লিমিটেড	পঞ্চগড়, সদর	
২.	ঠাকুরগাঁও চিনি কল লিমিটেড	ঠাকুরগাঁও, সদর	
৩.	সেতাবগঞ্জ চিনি কল লিমিটেড	সেতাবগঞ্জ, দিনাজপুর	
৪.	শ্যামপুর চিনি কল লিমিটেড	বদরগঞ্জ, রংপুর	অসমাপ্ত
৫.	রংপুর চিনি কল লিমিটেড	মহিমাগঞ্জ, গাইবান্ধা	
৬.	জয়পুরহাট চিনি কল লিমিটেড	জয়পুরহাট, সদর	
৭.	রাজশাহী চিনি কল লিমিটেড	হরিয়ান, রাজশাহী	
৮.	নর্থ বেঙ্গল চিনি কল লিমিটেড	লালপুর, নাটোর	
৯.	পাবনা চিনি কল লিমিটেড	ঈশ্বরদী, পাবনা	অসমাপ্ত
১০.	কুষ্টিয়া চিনি কল লিমিটেড	কুষ্টিয়া, সদর	অসমাপ্ত
১১.	কেরু এ্যান্ড কোম্পানি বাংলাদেশ লিমিটেড	দর্শনা, চুয়াডাঙ্গা	
১২.	মোবারকগঞ্জ চিনি কল লিমিটেড	কালীগঞ্জ, ঝিনাইদহ	
১৩.	ফরিদপুর চিনি কল লিমিটেড	মধুখালী, ফরিদপুর	
১৪.	জিল বাংলা চিনি কল লিমিটেড	দেওয়ানগঞ্জ, জামালপুর	

প্রকল্পটির মাধ্যমে স্থাপিত বর্জ্য পরিশোধনাগারগুলোর (ইটিপি) কার্যকারিতা যাচাই করা এবং পরিশোধনাগারগুলোর স্থানীয় পরিবেশ রক্ষায় কিরূপ ভূমিকা রাখছে তা নির্ণয় করার জন্যেই এ গবেষণার উদ্যোগ গ্রহণ করা হয়েছে।

১.৩ গবেষণার উদ্দেশ্য

এ গবেষণার প্রধান উদ্দেশ্য হলো প্রকল্পটির মাধ্যমে স্থাপিত বর্জ্য পরিশোধনাগারগুলো (ইটিপি) প্রকল্পের উদ্দেশ্য পূরণে কীরূপ ভূমিকা রাখছে তা যাচাই করা। এ উদ্দেশ্য পূরণে কেস স্ট্যাডি হিসাবে প্রকল্প সংশ্লিষ্ট একটি চিনি কলকে বেছে নেওয়া হয়েছে সেটি হচ্ছে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি বাংলাদেশ লিমিটেডে।

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি বিডি লিমিটেড বাংলাদেশের অন্যতম প্রাচীন ও গুরুত্বপূর্ণ একটি শিল্প প্রতিষ্ঠান। যেটি রাষ্ট্রায়ত্ত প্রতিষ্ঠান হিসেবে সুগার মিল ও ডিস্টিলারি ইউনিট পরিচালনা করে। এটি চিনি ও মদ উৎপাদনের পাশাপাশি কৃষিভিত্তিক উৎপাদনের সঙ্গে ওতপ্রোতভাবে জড়িত। তবে তাদের উৎপাদন প্রক্রিয়ার প্রতিদিন প্রচুর পরিমাণে তরল বর্জ্য উৎপাদন হয়ে থাকে। প্রতিদিন ডিস্টিলারি ইউনিট থেকে উৎপন্ন হাজার হাজার লিটার বর্জ্যজল নদী বা আশপাশের জলাভূমিতে নিষ্কাশন করা হলে তা মারাত্মক পরিবেশ বিপর্যয় ঘটাতে পারে। এ প্রেক্ষাপট বিবেচনায় জুলাই ২০১৮ থেকে জুন ২০২৩ মেয়াদে বাস্তবায়িত প্রকল্পের মাধ্যমে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি বিডি লিমিটেডের কারখানায় একটি বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) স্থাপন করা হয়। এ পরিশোধনাগার স্থাপনে ৭,১২,৬৮,০০০.০০/- (সাত কোটি বারো লক্ষ আটষট্টি হাজার) টাকা ব্যয় হয়। যার মাধ্যমে দৈনিক প্রায় ২০০ কিউবিক মিটার বর্জ্যজল পরিশোধন করা হয়। এটি একটি আধুনিক প্রযুক্তিনির্ভর ETP যেখানে Anaerobic এবং Aerobic পদ্ধতি মিলিয়ে

বহুধাপী পরিশোধন প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়। কিন্তু প্রশ্ন হলো এ ETP-এর কার্যকারিতা কতটা? এটি কি বাংলাদেশের পরিবেশ অধিদপ্তরের মানদণ্ড অনুযায়ী কাঙ্ক্ষিত আউটলেট তৈরি করতে সক্ষম? এ প্রশ্নের উত্তর খুঁজতেই এ গবেষণা।

এ গবেষণার কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত ETP-এর কার্যকারিতা মূল্যায়ন করা হয়েছে। এর মাধ্যমে বোঝা যাবে প্রতিষ্ঠানটি কীভাবে তাদের তরল বর্জ্য পরিশোধনের মাধ্যমে পরিবেশ সংরক্ষণে অবদান রাখছে। ETP-এর প্রযুক্তিগত কাঠামো কতটা কার্যকর পরিচালনার ক্ষেত্রে কী কী চ্যালেঞ্জ রয়েছে এবং ভবিষ্যতে এ ব্যবস্থাকে আরও উন্নত করার উপায় কী হতে পারে।

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের স্থাপিত ETP-এর কার্যকারিতা নিরূপণের লক্ষ্যে নিম্নোক্ত বিষয়গুলো বিবেচনা করা হবে।

- ETP-এর প্রযুক্তিগত কার্যপ্রবাহ বিশ্লেষণ।
- ইনফ্লুয়েন্ট ও অ্যাফ্লুয়েন্ট জলের গুণগত মানের তুলনামূলক বিশ্লেষণ।
- পরিচালন কাঠামো ও ব্যবস্থাপনার কার্যকারিতা যাচাই।
- ETP পরিচালনায় যেসব চ্যালেঞ্জ রয়েছে তা চিহ্নিত করা।
- সুপারিশ প্রদান যা ভবিষ্যতে ব্যবস্থাকে উন্নত করতে সহায়ক হবে।

১.৪ গবেষণার গুরুত্ব

এ গবেষণাটি শুধু কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেড-এর ETP কার্যকারিতা মূল্যায়নের একটি প্রচেষ্টা নয় বরং এর মাধ্যমে দেশের অন্যান্য শিল্প প্রতিষ্ঠানগুলোর জন্য একটি মানদণ্ড স্থাপন করা সম্ভব। কেননা অধিকাংশ প্রতিষ্ঠান এখনো ETP স্থাপন না করায় পরিবেশ হুমকির মুখে রয়েছে। এ গবেষণার ফলাফল ও সুপারিশ বাস্তবায়িত হলে তা অন্যান্য শিল্প প্রতিষ্ঠানের জন্য দৃষ্টান্ত হয়ে উঠতে পারে।

এছাড়া, এ গবেষণায় প্রাপ্ত তথ্য ও বিশ্লেষণ শিক্ষার্থী, গবেষক, পরিবেশবিদ, নীতিনির্ধারক এবং ETP অপারেটরদের জন্য উপযোগী তথ্য সরবরাহ করবে। এটি পরিবেশ সংরক্ষণ ও টেকসই উন্নয়নের লক্ষ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ পদক্ষেপ হিসেবেও বিবেচিত হবে।

১.৫ গবেষণার পরিধি

এ গবেষণা মূলত কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের স্থাপিত ETP-এর ওপর সীমাবদ্ধ। গবেষণার সময়সীমা, স্থানিক পরিধি, প্রযুক্তিগত প্রেক্ষাপট এবং ব্যবস্থাপনার কাঠামোকে ঘিরে এটি পরিচালিত হয়েছে। গবেষণায় কেবলমাত্র তরল বর্জ্য ব্যবস্থাপনা, ETP-এর কাঠামো, কার্যপ্রবাহ, ইনফ্লুয়েন্ট ও অ্যাফ্লুয়েন্ট পানির গুণগত মান এবং অপারেশনাল কার্যকারিতাকে মূল্যায়ন করা হয়েছে। কঠিন বর্জ্য বা বায়ু দূষণের বিষয়গুলো এ গবেষণার আওতাভুক্ত নয়।

এছাড়াও গবেষণাটি স্থানিকভাবে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের প্রকল্প এলাকাকেই কেন্দ্র করে পরিচালিত হয়েছে এবং ETP-এর পারফরম্যান্স মূল্যায়নে প্রাথমিকভাবে ডিসেম্বর ২০২৪ থেকে মার্চ ২০২৫ সময়কালকে বিবেচনা করা হয়েছে। পরিশোধিত পানির নমুনা বিশ্লেষণ, তথ্য সংগ্রহ ও সাক্ষাৎকার গ্রহণ এ সময়ের মধ্যেই সম্পন্ন হয়েছে।

১.৬ গবেষণা প্রশ্নসমূহ

গবেষণাটির মূল চালিকাশক্তি ছিল কিছু গুরুত্বপূর্ণ গবেষণা প্রশ্ন, যেগুলোর উত্তর খুঁজে পাওয়াই ছিল এ গবেষণার মূল লক্ষ্য। সেগুলো হলো:

১. কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে ব্যবহৃত ETP-এর প্রযুক্তিগত কাঠামো ও কার্যপ্রবাহ কেমন?
২. ইনফ্লুয়েন্ট ও অ্যাফ্লুয়েন্ট পানির গুণগত মানে কি ধরণের পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়?
৩. বর্তমান ব্যবস্থাপনায় কী কী সীমাবদ্ধতা রয়েছে?
৪. ETP অপারেশন ও রক্ষণাবেক্ষণে ব্যবস্থাপনাগত চ্যালেঞ্জ কি কি?
৫. কি ধরণের উন্নয়নমূলক পদক্ষেপ গ্রহণের মাধ্যমে এ ETP-এর কার্যকারিতা বাড়ানো সম্ভব?

এ গবেষণাটি একটি কল্পিত অনুমান বা Hypothesis-এর ভিত্তিতে পরিচালিত হয়েছে। তা হলো: কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে প্রতিষ্ঠিত ETP একটি কার্যকর ব্যবস্থা হিসেবে কাজ করছে যা ইনফ্লুয়েন্ট বর্জ্যজলকে পরিশোধনের মাধ্যমে পরিবেশসম্মত অ্যাফ্লুয়েন্টে রূপান্তর করতে সক্ষম। এ অনুমানকে যাচাই করার জন্য গবেষণায় পর্যাপ্ত নমুনা বিশ্লেষণ, তথ্য বিশ্লেষণ, সাক্ষাৎকার এবং নীতিগত যাচাই প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়েছে।

১.৭ তাত্ত্বিক কাঠামো

প্রাইমারি তথ্য ও সেকেন্ডারি তথ্য। প্রাইমারি তথ্যের মধ্যে রয়েছে বর্জ্য পরিশোধনাগার পরিচালনা সংশ্লিষ্ট বিভিন্ন পর্যায়ের ব্যক্তিদের এবং স্থানীয় বাসিন্দাদের সরাসরি সাক্ষাৎকার। সেকেন্ডারি তথ্যের মধ্যে রয়েছে বর্জ্য পরিশোধনাগারে স্থাপিত ল্যাবরেটরির ডাটা বিশ্লেষণ।

১.৮ ব্যবহারিক গুরুত্ব

গবেষণাটির ব্যবহারিক গুরুত্ব বহুমাত্রিক। যেমন:

- নীতিনির্ধারকদের জন্য: শিল্প বর্জ্য ব্যবস্থাপনায় নীতি উন্নয়ন এবং পরিবেশ অধিদপ্তরের গাইডলাইন হালনাগাদে সহায়ক তথ্য প্রদান।
- শিল্প প্রতিষ্ঠানের জন্য: ETP পরিচালনায় দক্ষতা ও সক্ষমতা বৃদ্ধির জন্য সুপারিশ ও গাইডলাইন প্রদান।
- গবেষকদের জন্য: শিল্প বর্জ্য পরিশোধন ব্যবস্থার ক্ষেত্র বিশ্লেষণের জন্য একটি কেস স্টাডি হিসেবে গবেষণাটি কার্যকর।
- সুশীল সমাজ ও গণমাধ্যমের জন্য: পরিবেশবিষয়ক সচেতনতা বৃদ্ধিতে একটি দলিল।

১.৯ গবেষণার সীমাবদ্ধতা

গবেষণার কিছু সীমাবদ্ধতা রয়েছে যা পাঠকের বিবেচনায় রাখা জরুরি:

- গবেষণা একটি নির্দিষ্ট প্রতিষ্ঠানে সীমাবদ্ধ হওয়ায় এর ফলাফল জাতীয় বা আঞ্চলিক স্তরে সাধারণীকরণ করা ঠিক হবে না।
- নির্দিষ্ট সময়কালীন নমুনার তথ্য, মৌসুমি ভিন্নতা উপেক্ষিত।
- পরীক্ষাগারে প্রাপ্ত তথ্যের কিছু অংশ গড় নির্ভর করে প্রেজেন্টেশন করা হয়েছে।
- বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় সকল প্যারামিটারের ল্যাব পরীক্ষার ফলাফলের অপ্রতুলতা

১.১০ জাতীয় ও আন্তর্জাতিক প্রেক্ষাপট

বর্জ্য ব্যবস্থাপনা একটি বৈশ্বিক ইস্যু। উন্নত বিশ্বে যেমন কঠোর পরিবেশ আইন রয়েছে, তেমনি উন্নয়নশীল দেশগুলোতে এ খাতে প্রযুক্তি ও ব্যবস্থাপনার ঘাটতি বিদ্যমান। আন্তর্জাতিকভাবে United Nations Environment Programme (UNEP), World Bank, এবং Asian Development Bank (ADB) বর্জ্য শোধনের জন্য প্রযুক্তি হস্তান্তর, সচেতনতা এবং নীতিমালার জন্য কাজ করছে।

বাংলাদেশ সরকারও পরিবেশ সংরক্ষণের লক্ষ্যে ১৯৯৫ সালে পরিবেশ সংরক্ষণ আইন পাস করে এবং পরবর্তীতে শিল্প বর্জ্য ব্যবস্থাপনায় ETP স্থাপন বাধ্যতামূলক করে। তবে বাস্তবে অনেক প্রতিষ্ঠানই এ আইন বাস্তবায়নে গড়িমসি করে। এ অবস্থায় কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের মত একটি রাষ্ট্রায়ত্ত প্রতিষ্ঠানে জাতীয় উদ্যোগে ETP স্থাপন ও পরিচালনা হচ্ছে এটি একটি দৃষ্টান্তমূলক পদক্ষেপ। বাংলাদেশ পরিবেশ সংরক্ষণ বিধিমালা ১৯৯৭ (সংশোধিত ২০১০) অনুযায়ী বিভিন্ন শিল্প প্রতিষ্ঠানের নির্গত বর্জ্য জল নির্দিষ্ট মানদণ্ড পূরণ করতে হয়। এ গবেষণার একটি প্রধান উদ্দেশ্য হচ্ছে যে, গবেষণায় প্রাপ্ত ফলাফল জাতীয় মানদণ্ডের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ কিনা তা যাচাই করা।

১.১১ গবেষণার কাঠামো (Structure of the Study)

এ গবেষণা প্রতিবেদনটি মূলত ছয়টি অধ্যায়ে বিন্যস্ত:

- **অধ্যায় ১: ভূমিকা ও কেস স্ট্যাডির প্রেক্ষাপট**
  গবেষণার পটভূমি, উদ্দেশ্য, প্রশ্ন, সীমাবদ্ধতা ও গুরুত্ব আলোচনা করা হয়েছে।
- **অধ্যায় ২: লিটারেচার রিভিউ**
  গবেষণা সম্পৃক্ত অন্যান্য গবেষণার ফলাফল ও বাস্তব প্রেক্ষাপট আলোচনা করা হয়েছে।
- **অধ্যায় ৩: গবেষণা পদ্ধতি**
  গবেষণার ধরণ, নমুনা নির্বাচন, তথ্য সংগ্রহের পদ্ধতি, বিশ্লেষণ কৌশল ইত্যাদি আলোচনা করা হয়েছে।
- **অধ্যায় ৪: ফলাফল ও বিশ্লেষণ**
  প্রাপ্ত তথ্য, প্রাপ্ত ল্যাব টেস্ট ফলাফল, সাক্ষাৎকার ও পর্যালোচনার ভিত্তিতে বিশ্লেষণ উপস্থাপন করা হবে।
- **অধ্যায় ৫: সুপারিশ ও উপসংহার**
  গবেষণার সারসংক্ষেপ, গুরুত্বপূর্ণ ফলাফল ও ভবিষ্যতের জন্য করণীয়।
- **অধ্যায় ৬: পরিশিষ্ট ও রেফারেন্স**
  তথ্যসূত্র, সাক্ষাৎকার রূপান্তর, রেফারেন্স ও ব্যবহৃত শব্দকোষ ইত্যাদি সংযুক্ত থাকবে।

অধ্যায় ২:

লিটারেচার রিভিউ (Literature Review)

২.১ প্রাসঙ্গিকতা

লিটারেচার রিভিউ বা প্রাসঙ্গিক সাহিত্য পর্যালোচনা যেকোনো গবেষণার মৌলিক ভিত্তি। এ অধ্যায়ে পূর্বে সম্পাদিত গবেষণা, নীতিমালা, তাত্ত্বিক কাঠামো এবং বাস্তব অভিজ্ঞতার আলোকে বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP)-এর কার্যকারিতা বিষয়ে বিভিন্ন উৎস থেকে সংগৃহীত তথ্য বিশ্লেষণ করা হয়েছে। পরিবেশগত ব্যবস্থাপনা, শিল্পবর্জ্য পরিশোধন প্রযুক্তি, রাষ্ট্রীয় ও আন্তর্জাতিক নির্দেশিকা এবং বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে ETP বাস্তবায়নের চ্যালেঞ্জের বিষয়গুলো এখানে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।

২.২ বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP) এর গুরুত্ব

শিল্পায়নের দ্রুত গতির সঙ্গে সঙ্গে পরিবেশগত ভারসাম্য রক্ষার গুরুত্বও দিন দিন বাড়ছে। বাংলাদেশের মতো দেশে যেখানে কৃষি, পানিসম্পদ এবং পরিবেশ একে অপরের সঙ্গে ঘনিষ্ঠভাবে জড়িত সেখানে শিল্পবর্জ্যের যথাযথ ব্যবস্থাপনা অত্যন্ত জরুরি। শিল্পবর্জ্য সাধারণত পানি, রাসায়নিক, ভারী ধাতু, তেল ও অন্যান্য বিষাক্ত উপাদান বহন করে যা শোধন না করলে নদী-নালা, কৃষিজমি ও ভূগর্ভস্থ পানিতে মারাত্মক দূষণ ঘটায় (Hasan et al., 2020)। এ প্রেক্ষাপটে Effluent Treatment Plant (ETP) হচ্ছে একটি কেন্দ্রীয় পরিবেশবান্ধব প্রযুক্তি যা শিল্পবর্জ্যের ক্ষতিকর উপাদান শোধন করে বর্জ্যকে পরিবেশের জন্য নিরাপদ করে। ভারতের Maheswari et al. (2017) ও শ্রীলঙ্কার Fernando et al. (2015) গবেষণায় দেখিয়েছেন যে, নিয়মিত মনিটরিং, আধুনিক অটোমেশন প্রযুক্তি এবং বাস্তবভিত্তিক অপারেশনাল প্রশিক্ষণ থাকলে উন্নয়নশীল দেশের শিল্প প্রতিষ্ঠানেও সফলভাবে ETP পরিচালনা সম্ভব।

২.৩ বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP) এর ধারণাগত ভিত্তি

Effluent Treatment Plant (ETP) একটি পরিবেশবান্ধব প্রযুক্তি যার মাধ্যমে শিল্প প্রতিষ্ঠান থেকে নির্গত তরল বর্জ্য পরিশোধন করে পরিবেশে নির্গমনের উপযুক্ত করা হয়। ETP হলো এমন একটি ব্যবস্থা যেখানে বর্জ্য পানির ভেতরে থাকা জৈব, রাসায়নিক ও স্থির কণাগুলো একাধিক ধাপে ফিল্টার, রাসায়নিক শোধন, বায়োলজিক্যাল ট্রিটমেন্ট এবং সেডিমেন্টেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে দূষণমাত্রা হ্রাস করা হয় (Metcalf & Eddy, 2003)। এ প্রক্রিয়ায় মূলত Equalization, Neutralization, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Aeration, Biological Treatment, Sludge Separation ইত্যাদি ধাপ অন্তর্ভুক্ত থাকে।

২.৪ শিল্পবর্জ্য ও পরিবেশ দূষণ

শিল্পায়ন আধুনিক অর্থনৈতিক উন্নয়নের অন্যতম চালিকা শক্তি হলেও এর অপরিকল্পিত সম্প্রসারণ পরিবেশের জন্য ভয়াবহ হুমকি সৃষ্টি করছে। শিল্পপ্রতিষ্ঠান থেকে নির্গত বর্জ্য-যেমন: রাসায়নিক পদার্থ, ভারী ধাতু, তেল-চর্বি, জৈব বর্জ্য এবং অন্যান্য দূষক উপাদান সরাসরি পানি, মাটি ও বায়ুর ওপর নেতিবাচক প্রভাব ফেলে। এ বর্জ্য যথাযথভাবে শোধন না করে পরিবেশে নিঃসৃত হলে তা মানবস্বাস্থ্য, কৃষি উৎপাদন ও জীববৈচিত্র্যের ওপর মারাত্মক প্রভাব ফেলে। বিশেষত, তরল শিল্পবর্জ্য নদীনালা ও ভূগর্ভস্থ পানির স্তরে মিশে পানিদূষণের মাত্রা বাড়ায়। এতে জলজ প্রাণীর মৃত্যু, পানির রঙ, গন্ধ ও স্বাদের পরিবর্তন ঘটে এবং মানুষ পানিবাহিত রোগে আক্রান্ত হয়। ভারী ধাতু যেমন আরসেনিক, ক্রোমিয়াম, সিসা ইত্যাদি দীর্ঘমেয়াদে ক্যান্সার, স্নায়ুবিক সমস্যা ও জন্মগত ত্রুটির কারণ হতে পারে। বাংলাদেশে গার্মেন্টস, রঙ-রাসায়নিক, খাদ্য ও চিনিশিল্পের বর্জ্য দূষণের অন্যতম উৎস হিসেবে চিহ্নিত হয়েছে।

বাংলাদেশে শিল্পবর্জ্য নির্গমনের হার ক্রমাগত বাড়ছে। পরিবেশ অধিদপ্তরের (DOE, 2020) তথ্য মতে, দেশের শিল্প-উৎপাদনের

প্রায় ৬০%-এরও বেশি বর্জ্য অপরিশোধিত অবস্থায় সরাসরি জলাশয়ে ফেলা হয়। এতে পানির গুণমান মারাত্মকভাবে কমে যাচ্ছে। যার ফলে জলজ জীববৈচিত্র্য হুমকির সম্মুখীন এবং মানুষের স্বাস্থ্যঝুঁকি বাড়ছে। বিশেষ করে চিনিকল, ডিস্টিলারি ও টেক্সটাইল শিল্পে এ সমস্যাটি প্রকট।

২.৫ বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে ETP বাস্তবায়নের চিত্র

বাংলাদেশে অনেক শিল্প প্রতিষ্ঠানে ETP স্থাপন বাধ্যতামূলক হলেও বাস্তবায়নে রয়েছে নানা সীমাবদ্ধতা। Islam et al. (2015) -এর গবেষণায় দেখা গেছে, "অধিকাংশ শিল্প-কারখানায় স্থাপিত ETP গুলো সঠিকভাবে রক্ষণাবেক্ষণ করা হয় না। অনেকে কেবল কাগজে কলমে স্থাপিত দেখিয়ে কার্যত তা চালু রাখে না। এর ফলে ETP-এর প্রকৃত কার্যকারিতা প্রশ্নবিদ্ধ হয়ে পড়ে"। Ahmed & Hossain (2019) তাদের গবেষণায় উল্লেখ করেছেন, "শুধু ETP নির্মাণ করলেই চলবে না বরং তার রক্ষণাবেক্ষণ ও কার্যকর পরিচালনাও সমান গুরুত্বপূর্ণ। অনেক শিল্প-কারখানা নিয়মিতভাবে ইটিপি চালু রাখে না যা দূষণের প্রধান কারণ হয়ে দাঁড়ায়।"

২.৬ চিনিকল এবং ডিস্টিলারি শিল্পে ETP -এর প্রভাব

চিনিকলের বর্জ্যে উচ্চমাত্রায় BOD, COD, TSS, TDS এবং বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য পাওয়া যায়। Ahmed and Rahman (2000) তাদের গবেষণায় দেখিয়েছেন যে, চিনিশিল্পের তরল বর্জ্য পরিবেশের জন্য অত্যন্ত ক্ষতিকর। তারা উল্লেখ করেন, ETP-এর সফল ব্যবহারে এ বর্জ্যের পরিবেশগত প্রভাব অনেকাংশে নিয়ন্ত্রণে রাখা সম্ভব। বিশেষ করে ডিস্টিলারির বর্জ্য যেমন স্পেন্ট ওয়াশ, যার রঙ গাঢ় ও তীব্র গন্ধযুক্ত, তা বায়োডিগ্রেডেশন এবং কার্বন ফিল্টারিংয়ের মাধ্যমে পরিশোধন করা যায়।

২.৭ চিনিকল ও কেরু অ্যান্ড কোম্পানির প্রেক্ষাপট

বাংলাদেশের ১৫টি রাষ্ট্রায়ত্ত চিনিকলের মধ্যে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেড অন্যতম। এটি একমাত্র চিনিকল যেখানে বর্জ্য থেকে এলকোহল উৎপাদন করা হয়। চিনিকলে প্রতিদিন বিপুল পরিমাণ মলাসেস, পানীয় বর্জ্য, ঝাঁঝালো রাসায়নিক দ্রব্য এবং CO_2 গ্যাস তৈরি হয় যা সরাসরি পরিবেশে মিশলে জলজ প্রাণী, কৃষিজমি ও জনস্বাস্থ্যের জন্য মারাত্মক ক্ষতি ডেকে আনে (Islam & Sultana, 2018)।

Hasan et al. (2020) কেরু এন্ড কোম্পানির ETP-তে পরিচালিত একটি পরীক্ষায় উল্লেখ করেছেন, শুষ্ক মৌসুমে শোধিত বর্জ্যে BOD মান প্রায় ৪৮ mg/L থাকলেও বর্ষাকালে তা বেড়ে দাঁড়ায় ৬৫-৭০ mg/L যা পরিবেশগত মানদণ্ড অতিক্রম করে।

২.৮ আন্তর্জাতিক প্রেক্ষাপট ও মানদণ্ড

বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO), ইউএস এনভায়রনমেন্টাল প্রোটেকশন এজেন্সি (USEPA) এবং ইউরোপিয়ান ইউনিয়নের পরিবেশ মানদণ্ড অনুযায়ী ETP থেকে নির্গত পানি নির্দিষ্ট মাত্রায় BOD, COD, pH, TSS, TDS-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকতে হবে। WHO (2017) অনুসারে শিল্পবর্জ্য নির্গমনের ক্ষেত্রে BOD $\leq$ 50 mg/L, COD $\leq$ 250 mg/L, এবং pH 6.5–8.5 এর মধ্যে থাকা উচিত।

বাংলাদেশ পরিবেশ সংরক্ষণ বিধিমালা ১৯৯৭ (সংশোধিত ২০২২) অনুযায়ী, বিভিন্ন শিল্পপ্রতিষ্ঠানের নির্গত বর্জ্য জল নির্দিষ্ট মানদণ্ড পূরণ করতে হয় যা নিম্নরূপঃ-

পরামিতি (Parameter)	অনুমোদিত মান (সীমা)	মন্তব্য
pH	৬.৫ - ৮	জলের অম্লতা/ক্ষারতা নির্ধারণ করে
BOD (Biochemical Oxygen Demand)	≤ ৫০ mg/L	জলে থাকা জৈব দ্রব্যের পরিমাণ
COD (Chemical Oxygen Demand)	≤ ২৫০ mg/L	রাসায়নিক দূষণের মাত্রা
DO (Dissolve Oxygen)	≥ ৪.০ mg/L	দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ
Suspended Solids	≤ ১০০ mg/L	স্থগিত কঠিন পদার্থ
Oil and Grease	≤ ১০ mg/L	তেল ও চর্বি
Ammonia (as N)	≤ ৫ mg/L	নাইট্রোজেনের উৎস
Arsenic	≤ ০.২ mg/L	বিষাক্ত ভারী ধাতু
Chromium (Total)	≤ ০.৫ mg/L	
Lead (Pb)	≤ ০.১ mg/L	

২.৯ ETP পরিচালনার চ্যালেঞ্জ ও উন্নয়ন সম্ভাবনা

UNEP (২০১৮) তাদের প্রতিবেদনে উন্নয়নশীল দেশের জন্য কিছু মূল সমস্যার কথা তুলে ধরেছে:

- প্রশিক্ষিত জনবলের অভাব
- প্রযুক্তিগত দুর্বলতা
- তদারকির ঘাটতি
- অপারেশনাল খরচ কমাতে গিয়ে সচেতনভাবে ETP বন্ধ রাখা

UNIDO (২০১৯) সুপারিশ করেছে প্রতিটি শিল্প প্রতিষ্ঠানে "ETP Effectiveness Audit" বাধ্যতামূলক করা, যেখানে প্রতি তিন মাস অন্তর একটি স্বাধীন দল পরিদর্শন করে সূচক যাচাই করবে। ETP কার্যকরভাবে পরিচালনার জন্য প্রয়োজন দক্ষ জনবল, আধুনিক প্রযুক্তি ও নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ। Hasan et al. (2022)-এর মতে, বাংলাদেশে ETP পরিচালনায় প্রধান চ্যালেঞ্জগুলোর মধ্যে রয়েছে-বিদ্যুৎ ঘাটতি, নিয়মিত পর্যবেক্ষণের অভাব, বাজেট সংকট এবং অপারেটরদের প্রশিক্ষণের অভাব। তারা আরও উল্লেখ করেন যে, সরকারি পর্যবেক্ষণ জোরদার, বেসরকারি বিনিয়োগ এবং প্রযুক্তি হস্তান্তরের মাধ্যমে এ চ্যালেঞ্জগুলো কাটিয়ে ওঠা সম্ভব।

বিদ্যমান চ্যালেঞ্জসমূহ উত্তরণের জন্যে নিম্নোক্ত ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে-

- কারখানায় দক্ষ ETP অপারেটর ও রক্ষণাবেক্ষণ প্রকৌশলীর নিয়োগ
- সরকারি ও বেসরকারি উদ্যোগে প্রশিক্ষণ কর্মসূচি পরিচালনা করা
- সরকারী ভর্তুকি ও ট্যাক্স ছাড়ের সুবিধা দিয়ে পরিবেশবান্ধব কারখানা প্রতিষ্ঠান স্থাপনে উৎসাহ দেওয়া
- সরকারিভাবে নিয়মিত মনিটরিং এর ব্যবস্থা করা

২.১০ সারসংক্ষেপ

উপস্থাপিত গবেষণাসমূহ ও নীতিগত প্রেক্ষাপট বিশ্লেষণে প্রতীয়মান হয় যে, ETP একটি অপরিহার্য ও কার্যকর পরিবেশগত প্রযুক্তি। তবে এর সফলতা নির্ভর করে বাস্তবায়ন, তদারকি, কারিগরি দক্ষতা এবং নীতিনির্ধারকদের সদিচ্ছার ওপর। কেরু অ্যান্ড কোম্পানির মতো প্রতিষ্ঠান যদি তাদের ETP ব্যবস্থাপনার ঘাটতিগুলো চিহ্নিত করে তা উত্তরণে কার্যকর পদক্ষেপ নেয় তবে তা অন্যান্য চিনিকলের জন্যও একটি আদর্শ দৃষ্টান্ত হতে পারে।

অধ্যায় ৩:
গবেষণা পদ্ধতি (Research Methodology)

৩.১ প্রাসঙ্গিকতা

এ গবেষণার উদ্দেশ্য হলো কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে প্রতিষ্ঠিত বর্জ্য পরিশোধনাগার (Effluent Treatment Plant - ETP) এর কার্যকারিতা বিশ্লেষণ করা এবং তা কতটা পরিবেশবান্ধবভাবে কাজ করছে তা যাচাই করা। গবেষণার যথার্থতা ও নির্ভরযোগ্যতা অনেকাংশে নির্ভর করে এর অনুসৃত পদ্ধতির উপর। এ অধ্যায়ে গবেষণার নকশা, গবেষণার ধরণ, তথ্য সংগ্রহের পদ্ধতি, নমুনা নির্বাচন, তথ্য বিশ্লেষণ কৌশল, উপকরণ, সময়কাল এবং নৈতিক দিকগুলো বিস্তারিতভাবে উপস্থাপন করা হয়েছে। একটি কাঠামোবদ্ধ ও বৈজ্ঞানিক গবেষণা পদ্ধতির মাধ্যমে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত ETP-এর কার্যকারিতা সঠিকভাবে মূল্যায়ন করার চেষ্টা করা হয়েছে।

৩.২ গবেষণা এলাকা ও সময়কাল

- **গবেষণা এলাকা:** কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেড, দর্শনা, চুয়াডাঙ্গা।
- **ETP অবস্থান:** মূল কারখানার দক্ষিণ-পূর্ব প্রান্তে, যেখানে কারখানার বর্জ্য সংগ্রহ ও শোধন করা হয়।
- **গবেষণার সময়কাল:** ১৬ ফেব্রুয়ারি ২০২৫- ১৫ জুন ২০২৫ পর্যন্ত ।

৩.৩ গবেষণার ধরণ ও দৃষ্টিভঙ্গি (Research Type and Approach)

এ গবেষণাটি একটি বহুমাত্রিক (multidimensional) তথ্যভিত্তিক (informative-based) গবেষণা, যেখানে বিশ্লেষণাত্মক (analytical) ও বর্ণনামূলক (descriptive) উভয় ধরণের উপাদান রয়েছে। গবেষণার প্রধান লক্ষ্য ছিল একটি নির্দিষ্ট শিল্প প্রতিষ্ঠানে ETP-এর বাস্তব কার্যকারিতা মূল্যায়ন করা এবং সে আলোকে সুপারিশ তৈরি করা।

৩.৪ গবেষণা পদ্ধতি (Research Design)

গবেষণাটিতে একটি মিশ্র-প্রকৃতির (Mixed Method) গবেষণা পদ্ধতি অনুসরণ করেছে। এর মধ্যে রয়েছে:

- **গুণগত (Qualitative) পদ্ধতি:**
  - পর্যবেক্ষণঃ ETP এর প্রতিটি ধাপ সরেজমিনে পর্যবেক্ষণ করে তথ্য সংগ্রহ। এ পর্যবেক্ষণে ETP এর বিভিন্ন ধাপ যেমন স্ক্রিনিং, এয়ারেশন, ফ্লকুলেশন, ক্ল্যারিফিকেশন, বায়োলজিকাল ট্রিটমেন্ট ইত্যাদি প্রতিটি ধাপে বর্জ্য প্রক্রিয়াকরণের বাস্তব কার্যাবলী লিপিবদ্ধ করা হয়।
  - সাক্ষাৎকারঃ স্থানীয় জনগণ, নমুনা সংগ্রহকারী, রসায়নবিদ, ETP অপারেটর ও ব্যবস্থাপকদের সঙ্গে কাঠামোবদ্ধ ও আধা-কাঠামোবদ্ধ প্রশ্নমালার ভিত্তিতে সাক্ষাৎকার গ্রহণ।
  - নথিপত্র বিশ্লেষণঃ অপরিশোধিত ও পরিশোধিত বর্জ্যের নমুনার ল্যাব ফলাফলের ডাটা বিশ্লেষণ।
- **পরিমাণগত (Quantitative) পদ্ধতি:**
  - নমুনা বিশ্লেষণের (পানি, দূষক ইত্যাদি) তথ্য সংগ্রহ করে সূচকগত পরিমাপ (pH, DO, BOD, COD, TSS, TDS ইত্যাদি) গড় মান নির্ণয় ও পরিবেশ অধিদপ্তরের নির্ধারিত মানের সাথে তুলনা করা

- এ দুটি পদ্ধতির মাধ্যমে গবেষণাটি একটি সমন্বিত মূল্যায়ন মডেল হিসেবে কাজ করেছে যেখানে প্রযুক্তিগত, পরিবেশগত এবং ব্যবস্থাপনার প্রতিটি দিক বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

৩.৫ তথ্য সংগ্রহের কৌশল

তথ্য সংগ্রহ দুটি উৎস থেকে সম্পন্ন হয়েছে:

ক. প্রাথমিক তথ্য (Primary Data) :

- সরেজমিন পর্যবেক্ষণ
- কাঠামোবদ্ধ ও অর্ধ-কাঠামোবদ্ধ সাক্ষাৎকার

খ. গৌণ তথ্য (Secondary Data) :

- প্রতিষ্ঠানের বার্ষিক রিপোর্ট
- পরিবেশ অধিদপ্তরের রিপোর্ট
- ETP ম্যানুয়াল ও ডিজাইন ডকুমেন্ট
- ল্যাবরেটরি টেস্টের ফলাফল সংক্রান্ত তথ্য

৩.৬ নমুনা নির্বাচন পদ্ধতি (Sampling Technique)

গবেষণার তথ্য যথাযথভাবে উপস্থাপন ও বিশ্লেষণের জন্য একটি উদ্দেশ্যমূলক ও স্তরভিত্তিক নমুনা নির্বাচন পদ্ধতি (Purposive and Stratified Sampling) গ্রহণ করা হয়েছে।

ক. ব্যক্তি নির্বাচন (Stakeholder Sampling) :

গবেষণার প্রাথমিক তথ্য সংগ্রহের জন্য নিচের অংশগ্রহণকারীদের অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে:

- ব্যবস্থাপক/ সমমানের কর্মকর্তা
- রসায়নবিদ/ সমমানের কর্মকর্তা
- ETP অপারেটর/ নমুনা সংগ্রহকারী
- স্থানীয় বাসিন্দা
- স্থানীয় পরিবেশকর্মী (যদি থাকে)

খ. নমুনা বিশ্লেষণের ফলাফল সংগ্রহ (Collection of Test Result):

ETP-এর কার্যকারিতা মূল্যায়নের জন্য গত মাড়াই মৌসুমের (২০ ডিসেম্বর ২০২৪ থেকে ০৭ মার্চ ২০২৫) সময়কালে মোট ২০টি পানির নমুনা বিশ্লেষণের ডাটা সংগ্রহ করা হয়। এদের উৎস ছিল:

- Inlet (বর্জ্য আগমন অংশ)
- Final Outlet (নিষ্কাশন অংশ)

কারখানা থেকে নিম্নোক্ত ৪ টি পরীক্ষার ডাটা সরবরাহ করা হয়:

- pH
- DO
- BOD
- COD

উক্ত টেস্টগুলোর প্রাপ্ত ফলাফল বিশ্লেষণ করে গড় নির্ণয় করা হয়।

৩.৭ সাক্ষাৎকার কাঠামো ও প্রশ্নমালা

সাক্ষাৎকারের জন্য আধা-কাঠামোবদ্ধ প্রশ্নমালার মাধ্যমে তথ্য সংগ্রহ করা হয়েছে যাতে উন্মুক্ত মতামতের সুযোগ ছিল। প্রতিটি পেশাগত শ্রেণির জন্য ভিন্ন ভিন্ন প্রশ্ন নির্ধারিত ছিল।

ম্যানেজারদের জন্য:

১. বিদ্যমান ETP তে কি কি ধাপ অনুসরণ করা হয়?
২. ETP থেকে দৈনিক নির্ধারিত পরিমাণ বর্জ্য শোধন করা সম্ভব হচ্ছে কি?
৩. স্থানীয় জনগণের সঙ্গে ETP পরিচালনা বা পরিবেশগত বিষয় নিয়ে মতবিনিময় করা হয় কি?
৪. সরকারি বা পরিবেশ বিষয়ক সংস্থাগুলোর নিয়মিত তদারকি হয় কি?
৫. আপনার প্রতিষ্ঠানে ETP বর্তমানে সক্রিয়ভাবে চালু রয়েছে কি?
৬. বর্জ্যের নির্ধারিত মান অর্জিত না হওয়ায় নিয়ন্ত্রক সংস্থা কর্তৃক কোনো ব্যবস্থার সম্মুখীন হয়েছেন কি?
৭. নমুনা বিশ্লেষণের প্রাপ্ত গড় ফলাফল পরিবেশ অধিদপ্তরে পাঠানো হয় কি?
৮. ETP পরিচালনায় আপনারা কী ধরণের চ্যালেঞ্জের সম্মুখীন হন? (যেমন: বাজেট, প্রযুক্তি, মানবসম্পদ, আইনগত বাধা ইত্যাদি)
৯. ETP চালুর পর প্রতিষ্ঠানটির পরিবেশগত প্রভাব ইতিবাচকভাবে পরিবর্তিত হয়েছে বলে আপনি মনে করেন কি?
১০. বিদ্যমান ETP এর মান উন্নয়নে আপনার মতামত দিন।

রসায়নবিদদের জন্য :

১. সাধারণত কোন কোন ধরণের বর্জ্য তৈরি হয়?
২. ETP-তে কোন কোন রাসায়নিক পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় বলে আপনি জানেন?
৩. আপনি কি মনে করেন কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ETP-তে রাসায়নিক শোধন পদ্ধতি সঠিকভাবে অনুসরণ করা হয়?
৪. বর্জ্যের গুণগত বিশ্লেষণের জন্য কোন কোন প্যারামিটারগুলো টেস্ট করা হয়? (বহুনির্বাচনী-একাধিক নির্বাচন করুন)
৫. আপনার দৃষ্টিকোন থেকে ETP সিস্টেমটি দূষণ নিয়ন্ত্রণে কেমন কার্যকর?
৬. কোন ধাপে বেশি দূষণ নিয়ন্ত্রণ হয়?
৭. ETP-এর রাসায়নিক কার্যকারিতা বাড়াতে নিচের কোন সুপারিশগুলো আপনি সমর্থন করেন?
৮. আপনার মতে, পরিশোধিত পানি পরিবেশে নিষ্কাশনের জন্য যথাযথ মান পূরণ করে কি?

ETP অপারেটরদের/নমুনা সংগ্রহকারীদের জন্য:

১. আপনি কি প্রতিদিন নিয়মিতভাবে ETP পরিচালনার দায়িত্ব পালন করেন?
২. ETP চালানোর আগে আপনি কি কোনো প্রশিক্ষণ পেয়েছেন?
৩. ETP-তে প্রতিদিন নির্ধারিত সময় অনুযায়ী কার্যক্রম পরিচালিত হয় কি?
৪. সময়মতো যন্ত্রপাতি মেরামত করা হয় কি?
৫. নিয়মিতভাবে মেশিন ও রাসায়নিক মজুদ পর্যবেক্ষণ করা হয় কি?
৬. ETP পরিচালনায় কোন কোন সমস্যার সম্মুখীন হন আপনি?
৭. আপনার মতে বর্তমানে ETP যথাযথভাবে কাজ করছে কি?

স্থানীয় বাসিন্দাদের জন্য:

১. আপনি কত বছর ধরে এ এলাকায় বসবাস করছেন?
২. আপনি কী জানেন, কেরু অ্যান্ড কোম্পানি একটি বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP) পরিচালনা করে?
৩. কেরু অ্যান্ড কোম্পানির বর্জ্যের কারণে আপনি কি কখনও দুর্গন্ধ বা বায়ু দূষণের শিকার হয়েছেন?
৪. আপনি কি মনে করেন ETP চালু হওয়ার পর থেকে পরিবেশগত পরিস্থিতি উন্নত হয়েছে?

স্থানীয় পরিবেশ কর্মীদের জন্য (যদি থাকে):

১. আপনি কি মনে করেন কেরু অ্যান্ড কোম্পানির বর্জ্য ব্যবস্থাপনা পদ্ধতি পরিবেশবান্ধব?
২. কোম্পানির সঙ্গে স্থানীয় জনগণ ও পরিবেশ সংস্থাগুলোর কার্যকর যোগাযোগ রয়েছে বলে আপনি মনে করেন?
৩. আপনার মতে কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ETP পরিচালনায় কোন কোন সমস্যা বা চ্যালেঞ্জ রয়েছে? প্রযুক্তিগত, অর্থনৈতিক, প্রশাসনিক বা জনসম্পৃক্ততা বিষয় উল্লেখ করুন।

৪. আপনি কি মনে করেন ETP চালু হওয়ার পর থেকে পরিবেশগত পরিস্থিতি উন্নত হয়েছে?

সাক্ষাৎকার গ্রহণের ধরণ:

- প্রত্যেকে সঙ্গে ২০-৪৫ মিনিটের ইন-ডেপথ সাক্ষাৎকার
- অংশগ্রহণকারীদের অনুমতি নেওয়া হয়েছে

৩.৮ ল্যাব বিশ্লেষণের বিস্তারিত ও যন্ত্রপাতি (Lab Testing Details and Apparatus)

কারখানার নিজস্ব ল্যাব ব্যবহার করে নমুনাগুলো বিশ্লেষণ করা হয়। বিশ্লেষণে নিচের সূচকসমূহ বিবেচনা করা হয়:

মূল সূচকসমূহ:

- pH: পানির অম্লতা বা ক্ষারত্ব যাচাই
- BOD (Biochemical Oxygen Demand): জৈব পদার্থে অক্সিজেনের প্রয়োজনীয় পরিমাণ
- COD (Chemical Oxygen Demand): রাসায়নিক দ্রব্যে অক্সিজেনের প্রয়োজনীয় পরিমাণ
- DO (Dissolved Oxygen): পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন

ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি:

- মাল্টি প্যারামিটার
- COD Reactor
- Spectrophotometer
- BOD Incubator

ল্যাবের পরীক্ষণ ধাপসমূহ:

১. নমুনা সংগ্রহ: স্যানিটাইজড বোতলে সংরক্ষণ করে ৪ ঘন্টার মধ্যে বিশ্লেষণ অথবা রেফ্রিজারেটরে সংরক্ষণ করে সুবিধামত সময়ে বিশ্লেষণ করা।

২. প্রসেসিং: নির্ধারিত যন্ত্রের সাহায্যে নমুনা বিশ্লেষণ।

৩. রিপোর্টিং: প্রতিটি ফলাফল রিপোর্ট আকারে সংরক্ষণ করা হয়।

৩.৯ তথ্য বিশ্লেষণের কৌশল (Data Analysis Techniques)

গবেষণার সুনির্দিষ্ট ফলাফলে উপনীত হওয়ার জন্য গবেষণাটি দ্বৈত বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার করেছে-গুণগত এবং পরিমাণগত উভয় পন্থায়।

৩.৯.১ গুণগত বিশ্লেষণ (Qualitative Analysis) :

সাক্ষাৎকার, পর্যবেক্ষণ ও নথিপত্রের মাধ্যমে সংগৃহীত তথ্যকে বিষয়ভিত্তিক (Thematic Analysis) পদ্ধতিতে বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

৩.৯.২ পরিমাণগত বিশ্লেষণ (Quantitative Analysis)

নমুনা থেকে প্রাপ্ত ল্যাব তথ্যকে বর্ণনামূলক পরিসংখ্যান (Descriptive Statistics) এবং তুলনামূলক বিশ্লেষণ (Comparative Analysis) এর মাধ্যমে গড় মান উপস্থাপন করা হয়েছে।

প্রতিটি সূচক যেমন BOD, COD, DO, pH Gi Mo, সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান বিশ্লেষণ করা হয় এবং প্রাক-পরিশোধিত ও পরিশোধিত পানির তুলনামূলক বিশ্লেষণ উপস্থাপন করা হয়েছে।

৩.১০ নৈতিক দিক ও অনুমতি গ্রহণ (Ethical Considerations and Permissions)

এ গবেষণায় নৈতিক মানদণ্ডের প্রতি সর্বোচ্চ গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে। গবেষণার সব ধাপে অংশগ্রহণকারীদের সম্মতি ও গোপণীয়তা রক্ষা নিশ্চিত করা হয়েছে।

মূল নৈতিক ব্যবস্থাসমূহ:

১. তথ্য সংগ্রহে সম্মতি: সাক্ষাৎকার নেওয়ার পূর্বে মৌখিক সম্মতি গ্রহণ।

২. গোপণীয়তা রক্ষা: অংশগ্রহণকারীর নাম ও পরিচয় গোপণ রাখা হয়েছে।

৩. তথ্য সংরক্ষণ: গবেষণার উদ্দেশ্যে সমস্ত রেকর্ড সুরক্ষিতভাবে সংরক্ষণ করা হয়েছে।

৪. সঠিক তথ্য উপস্থাপন: কোনো রকম তথ্য বিকৃতি বা পক্ষপাতমূলক উপস্থাপন করা হয় নি। এ গবেষণার তথ্যগুলো যাচাইযোগ্য উৎস থেকে সংগৃহীত এবং গবেষণা পদ্ধতিতে পুঙ্খানুপুঙ্খতা বজায় রাখা হয়েছে যাতে করে ফলাফল নির্ভরযোগ্য হয়।

অনুমতির দিক:

- কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেড কর্তৃপক্ষের লিখিত/মৌখিক অনুমতি।

৩.১১ সীমাবদ্ধতা (Limitations)

যে কোনো গবেষণার মতো এ গবেষণারও কিছু সীমাবদ্ধতা রয়েছে যা ফলাফল বিশ্লেষণে বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে।

- গবেষণার সময়কাল সীমিত হওয়ায় দীর্ঘমেয়াদী তথ্য সংগ্রহ সম্ভব হয় নি।
- শুধুমাত্র একটি কারখানার ETP-এর কার্যকারিতা নিয়ে গবেষণা করার ফলে তুলনামূলক বিশ্লেষণ সম্ভব হয় নি।

অধ্যায় ৪:

ফলাফল ও বিশ্লেষণ (Findings and Analysis)

৪.১ প্রাথমিক আলোচনাঃ

বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP) কোনো শিল্প প্রতিষ্ঠানের পরিবেশবান্ধব কার্যক্রমের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ অংশ। কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেড দেশের অন্যতম প্রাচীন চিনি ও স্পিরিট উৎপাদনকারী রাষ্ট্রায়ত্ত প্রতিষ্ঠান যার উৎপাদন কার্যক্রম থেকে দৈনিক বিপুল পরিমাণ তরল বর্জ্য উৎপন্ন হয়। পরিবেশ অধিদপ্তরের নীতিমালা অনুসারে এ ধরণের বর্জ্য সরাসরি পরিবেশে নিষ্কাশন না করে সে গুলোকে ETP-এর মাধ্যমে পরিশোধন করে পরিবেশের ক্ষতি রোধ করা হয়। এ অধ্যায়ে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে প্রতিষ্ঠিত বর্জ্য পরিশোধনাগারের কার্যকারিতা বিশ্লেষণের জন্য সংগৃহীত প্রাথমিক ও গৌণ তথ্য, ল্যাব বিশ্লেষণের তথ্য, সাক্ষাৎকার ও মাঠ পর্যবেক্ষণের তথ্য উপস্থাপন করা হয়েছে। ETP কার্যক্রমের বাস্তব চিত্র তুলে ধরার মাধ্যমে গবেষণার উদ্দেশ্য পূরণে সহায়ক ফলাফল ও বিশ্লেষণ এখানে উপস্থাপন করা হলো।

৪.২ প্রাথমিক তথ্য বিশ্লেষণ ও গুণগত মান যাচাই ঃ

প্রাথমিক তথ্য হিসেবে সরেজমিন পরিদর্শন সংক্রান্ত তথ্য ও প্রতিষ্ঠানটির ম্যানেজার, রসায়নবিদ ও অপারেটরদের, যারা সরাসরি ইটিপির নকশা, পরিচালনা ও পর্যবেক্ষণের সঙ্গে যুক্ত তাদের নিকট থেকে কাঠামোবদ্ধ প্রশ্নমালার উত্তর সংগ্রহ করা হয়। উভয় ধরণের প্রাথমিক তথ্য বিশ্লেষণের মাধ্যমে ইটিপি প্লান্টের গুণগত মান বিশ্লেষণের চেষ্টা করা হয়।

৪.২.১ সরেজমিন পরিদর্শন সংক্রান্ত তথ্য বিশ্লেষণ

সরেজমিন পরিদর্শনের উদ্দেশ্য ছিল কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ইটিপি (Effluent Treatment Plant) বাস্তবে কিভাবে কাজ করছে তা পর্যবেক্ষণ করা এবং বিভিন্ন ধাপে ব্যবহৃত প্রক্রিয়া, যন্ত্রপাতি ও ব্যবস্থাপনাগত দিকগুলো সরাসরি দেখা ও বিশ্লেষণ করা। পরিদর্শনকালে দেখা গেছে, ইটিপিটি মৌসুমভিত্তিকভাবে (বিশেষত আখ মাড়াই মৌসুমে) চালু থাকে এবং বর্জ্য শোধনের জন্য একাধিক ধাপে বিভক্ত একটি সঠিক প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়।

পরিদর্শনের স্থান: কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেড, দর্শনা, চুয়াডাঙ্গা

পরিদর্শনের তারিখ: ২২-২৫ মে, ২০২৫ খ্রি.

৪.২.১.১ ETP-এর অবস্থান ও কাঠামো:

ETP ইউনিটটি মূল কারখানার দক্ষিণ-পূর্ব কোণে অবস্থিত যাতে কারখানা থেকে নির্গত তরল বর্জ্য পাইপ লাইনের মাধ্যমে সরবরাহ করা হয়। স্থাপনাটি খোলা জায়গায় নির্মিত এবং চারপাশে ঘেরাও করা রয়েছে। পানি প্রবাহের দিক এবং ETP ইউনিটের বিন্যাস পরিকল্পিতভাবে করা হয়েছে যাতে পর্যায়ক্রমে বর্জ্য শোধন হয়।

ETP-তে ব্যবহৃত শোধন প্রক্রিয়া (Treatment Process):

কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ইটিপিতে নিম্নোক্ত পর্যায়ক্রমিক ধাপে বর্জ্য পরিশোধন করা হয়:

ক. প্রাথমিক শোধন (Primary Treatment):

প্রথম ধাপে কারখানার বিভিন্ন ইউনিট থেকে আসা তরল বর্জ্য পাইপলাইনের মাধ্যমে ইটিপিতে প্রবেশ করে। বর্জ্য প্রবাহিত হয় ইনফ্লুয়েন্ট চ্যানেল দিয়ে যেখানে একটি স্ক্রিনিং চেম্বার স্থাপন করা আছে। এখানে বড় আকারের কঠিন বস্তু যেমন গাছের পাতা,

কাঁচ, পলিথিন ইত্যাদি আটকানো হয়। এরপর এটি প্রবেশ করে গ্রিট চেম্বারে, যেখানে ভারী বস্তুকণা ও বালিমিশ্রিত পদার্থ নিচে বসে যায়।

প্রাথমিক ধাপে বড় সাইজের দূষক জাতিয় পদার্থকে আলাদা করার জন্য ৩ ধরণের ফিল্টার ব্যবহার করা।

খ. রাসায়নিক শোধন (Chemical Treatment):

এরপর বর্জ্য Equalization Tank-এ জমা হয় যেখানে pH ও প্রবাহ হার সমানীকরণ করা হয়। এর পরপরই শুরু হয় রাসায়নিক প্রক্রিয়া যার মধ্যে Coagulation (জমাট বাঁধানো), Flocculation (ফ্লক গঠন) এবং pH Neutralization প্রক্রিয়া গুরুত্বপূর্ণ। এখানে Coagulant (যেমন Alum) ও pH নিয়ন্ত্রণের জন্য Lime/Acid প্রয়োগ করা হয়। বর্জ্যের অম্লতা বা ক্ষারত্ব নিয়ন্ত্রণের জন্য অ্যাসিড বা কস্টিক সোডা ব্যবহার করে pH ৬.৫-৭.৫ এর মধ্যে আনা হয়। ফলে পানির ভেতরের ময়লা কণাগুলো ফ্লক আকারে একত্রিত হয়ে ভারী হয় এবং পরবর্তী ধাপে তা অপসারণ করা সহজ হয়।

গ. জৈব শোধন (Biological Treatment):

রাসায়নিক শোধনের পরে বর্জ্য প্রবাহিত হয় Aeration Tank-এ যেখানে প্রাকৃতিকভাবে বায়ুচলাচলের মাধ্যমে অক্সিজেন সরবরাহ করে জীবাণুদের সক্রিয় করা হয়। এ জীবাণুগুলো পানির মধ্যে থাকা জৈব পদার্থ ভেঙে পরিবেশবান্ধব উপাদানে পরিণত করে। অপারেটরের ভাষ্যমতে এ ধাপ দূষণ নিয়ন্ত্রণে সবচেয়ে কার্যকর।

ঘ. কঠিন বর্জ্য অপসারণ ও সেডিমেন্টেশন (Sludge Separation):

জৈব শোধনের পরে বর্জ্য প্রবেশ করে Secondary Clarifier-এ যেখানে ভারী কণাগুলো তলানী হিসেবে নিচে জমে যায়। জমাট কৃত বর্জ্যকে Sludge Tank-এ নেওয়া হয় এবং পরে শুকিয়ে মাঠে নিষ্কাশন করা হয়।

ঙ. পরিশোধিত পানি নিষ্কাশন:

শোধিত পানি একটি চূড়ান্ত পুকুরে জমা রাখা হয় এবং পরে তা নির্ধারিত মান থাকলে পরিবেশে নিষ্কাশন করা হয়।

প্লান্টের কিছু গুরুত্বপূর্ণ ধাপের ছবিঃ



চিত্র-১ Raw water from Lamilar clarifier



চিত্র-২ Aeration Equalization Tank



চিত্র-৩ Aeration Equalization Tank

পরিদর্শনকালে দেখা গেছে, ইটিপিটি মৌসুমভিত্তিক (বিশেষত আখ মাড়াই মৌসুমে) চালু থাকে এবং বর্জ্য শোধনের জন্য একাধিক ধাপে বিভক্ত একটি প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়। এ প্রক্রিয়ায় জীবাণুমুক্তকরণ কোনো ধাপ অনুসরণ করা হয় না। এ কারখানার কার্যক্রমের মাধ্যমে বর্জ্যজলে ক্ষতিকর জীবাণুর সৃষ্টি হওয়ার কোনো সম্ভাবনা নেই তাই জীবাণুমুক্তকরণ ধাপের অনুপস্থিতি কোনো গুরুত্ব বহন করে না। মৌসুমভিত্তিক এ প্ল্যান্টের কারিগরি সক্ষমতা থাকলেও জনবলের ঘাটতি রয়েছে;। ফলে কার্যক্রমে দক্ষতার কিছু ঘাটতি রয়েছে। তবে অপারেটর ও রসায়নবিদদের মতে বর্তমানে ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলো বর্জ্য শোধনে কার্যকরভাবে কাজ করছে। সরেজমিন পরিদর্শনে প্রতীয়মান হয় যে, প্রযুক্তির আধুনিকীকরণ ও প্রশিক্ষিত জনবল নিয়োগের মাধ্যমে প্লান্টটি আরো কার্যকর করা সম্ভব।

৪.২.১.২ ল্যাবরেটরির প্রযুক্তিগত কাঠামো

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের ইটিপি ল্যাবরেটরিটি ঘুরে দেখা হয় যেখানে ইটিপিতে ব্যবহৃত ও নিষ্কাশিত পানির গুণগত মান পরীক্ষা করা হয়। ল্যাবরেটরিটি মূলত ছোট পরিসরের হলেও সেখানে কিছু প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ বিদ্যমান রয়েছে যেমন pH মিটার, BOD ইনকিউবেটর, COD রিঅ্যাক্টর এবং সাধারণ টেস্টিং কিটস। রসায়নবিদগণ জানান, নিয়মিতভাবে pH, DO Ges COD পরীক্ষা করা হয়। মাঝে মাঝে BOD পরীক্ষা করা হয়।

ল্যাবরেটরির কিছু গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্রের ছবিঃ



চিত্র-৪ Oven with digital controller





চিত্র-৫ Multimeter and others apparatus



চিত্র-৬ Chemicals and Consumables

পর্যবেক্ষণে দেখা যায় ল্যাবরেটরির অবকাঠামোতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি রয়েছে। তবে বর্জ্যজলের পরীক্ষার ফ্রিকোয়েন্সি খুবই সীমিত। সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হলো পরীক্ষাগারে কর্মরত জনবল সীমিত এবং অধিকাংশই দীর্ঘমেয়াদি প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত নয়। সামগ্রিকভাবে দেখা যায়, যদিও প্রতিষ্ঠানটি দূষণ নিয়ন্ত্রণে পরীক্ষাগার পরিচালনার চেষ্টা করছে কিন্তু ল্যাবরেটরির পরিকাঠামো, যন্ত্রপাতির মান, পরীক্ষার পরিধি এবং জনবল দক্ষতার দিক থেকে এটি এখনও অনেকাংশে সীমাবদ্ধ। আধুনিক ও স্বয়ংক্রিয় সরঞ্জামের সংযোজন, পরীক্ষার ফ্রিকোয়েন্সি বৃদ্ধি, ফলাফল সংরক্ষণের ডিজিটাল ব্যবস্থা এবং প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত রসায়নবিদ নিয়োগের মাধ্যমে ল্যাবরেটরির কার্যকারিতা অনেকাংশে বাড়ানো সম্ভব।

৪.২.২ প্রশ্নমালার উত্তর সংগ্রহের মাধ্যমে প্রাপ্ত তথ্য বিশ্লেষণ

এ গবেষণায় কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত বর্জ্য পরিশোধনাগার (Effluent Treatment Plant–ETP)-এর কার্যকারিতা, ব্যবস্থাপনা, পরিবেশগত প্রভাব এবং সম্ভাব্য উন্নয়ন ক্ষেত্রসমূহ মূল্যায়নের লক্ষ্যে বিভিন্ন স্তরের অংশীজনদের (stakeholders) মতামত ও অভিজ্ঞতা সংগ্রহ করা হয়েছে। গবেষণার বিশ্বাসযোগ্যতা ও বাস্তবতাভিত্তিক বিশ্লেষণ নিশ্চিত করার জন্য যারা ইটিপির দৈনন্দিন কার্যক্রম, প্রশাসনিক সিদ্ধান্ত এবং পরিবেশ সংক্রান্ত দিকগুলো ঘনিষ্ঠভাবে পরিচালনা ও পর্যবেক্ষণ করেন তাদের অভিজ্ঞতা ও মতামতকে গবেষণায় একটি গুরুত্বপূর্ণ তথ্যসূত্র হিসেবে বিবেচনা করা হয়েছে। প্রতিষ্ঠানটির ম্যানেজার, রসায়নবিদ ও অপারেটরদের, যারা সরাসরি ইটিপির নকশা, পরিচালনা ও পর্যবেক্ষণের সঙ্গে যুক্ত, তাদের নিকট থেকে কাঠামোবদ্ধ প্রশ্নমালার মাধ্যমে তথ্য নেওয়া হয়েছে। পাশাপাশি ইটিপি কার্যক্রমের কারণে সরাসরি প্রভাবিত স্থানীয় জনগণের মতামতও সংগ্রহ করা হয়েছে যাদের দৃষ্টিভঙ্গি পরিবেশগত প্রভাব মূল্যায়নের ক্ষেত্রে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

প্রশ্নমালার মাধ্যমে ইটিপির পরিচালনা পদ্ধতি, সরকারি তদারকি, স্থানীয় জনগণের অংশগ্রহণ, চ্যালেঞ্জ ও সীমাবদ্ধতা, পরিবেশগত প্রভাব এবং উন্নয়ন সংক্রান্ত মতামত সংগ্রহ করা হয়। ম্যানেজারদের প্রতিক্রিয়া, প্রতিষ্ঠানিক কাঠামো, প্রশাসনিক দিক, নীতিমালা ও পরিচালন ব্যয় সম্পর্কিত ধারণা পাওয়া যায় রসায়নবিদদের মতামতে শোধন প্রক্রিয়ার বৈজ্ঞানিক মান, রাসায়নিক বিশ্লেষণ ও পানির গুণগত মান সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায় অপারেটরদের অভিজ্ঞতা প্রযুক্তিগত জটিলতা, দৈনন্দিন রক্ষণাবেক্ষণ ও মানবসম্পদ সংক্রান্ত বাস্তবতা তুলে ধরে আর স্থানীয় জনগণের প্রতিক্রিয়া পরিবেশগত সুরক্ষা, জনস্বাস্থ্য এবং সামাজিক প্রভাবের বাস্তব প্রতিফলন বহন করে।

নিচে সংগৃহীত প্রশ্নোত্তরের আলোকে একটি সমন্বিত বিশ্লেষণ উপস্থাপন করা হলো যা ইটিপির বর্তমান অবস্থা, সীমাবদ্ধতা এবং উন্নয়নের সম্ভাব্য পথ নির্ধারণে সহায়ক হবে।

৪.২.২.১ ম্যানেজারদের প্রশ্নোত্তরের আলোকে প্রাপ্ত তথ্য বিশ্লেষণ

ম্যানেজারদের দেয়া তথ্যের বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত ইটিপি (Effluent Treatment Plant) বর্তমানে মূলত প্রাথমিক শোধন (Primary Treatment) ও জৈব শোধন (Biological Treatment) ধাপে কার্যক্রম পরিচালনা করে যা কারখানা থেকে নির্গত তরল বর্জ্য প্রাথমিকভাবে বিশুদ্ধ করার একটি মৌলিক ও পরিবেশবান্ধব ব্যবস্থা। তবে অনেক গুরুত্বপূর্ণ ধাপ যেমন Tertiary Treatment, রাসায়নিক শোধনের সীমাবদ্ধতা ও জীবাণুমুক্তকরণ ধাপ না থাকায় বর্জ্য শোধনের সর্বোচ্চ মান অর্জনে বাধা গ্রস্ত হতে পারে। ইটিপি থেকে দৈনিক নির্ধারিত পরিমাণ বর্জ্য সফলভাবে শোধন করা সম্ভব হচ্ছে এবং স্থানীয় জনগণের সঙ্গে পরিবেশ সংক্রান্ত বিষয়ে নিয়মিত মতবিনিময়ও অনুষ্ঠিত হয় বলে ম্যানেজারগণ মতামত দেন যা অংশগ্রহণমূলক ও দায়িত্বশীল ব্যবস্থাপনার প্রতিফলন বলে প্রতীয়মান হয়। পাশাপাশি পরিবেশ অধিদপ্তরের নিয়মিত তদারকী থাকলেও একটি বড় ঘাটতি হিসেবে উঠে এসেছে যে শোধিত বর্জ্যের নমুনা বিশ্লেষণের গড় ফলাফল সংস্থাটিতে পাঠানো হয় না। ম্যানেজাররা জানিয়েছেন, ইটিপি কারখানার উৎপাদন মৌসুম তথা মাড়াই মৌসুমেই কেবলমাত্র চালু থাকে। বছরের অন্যান্য সময় এটি বন্ধ থাকে। ইতিবাচক দিক হলো এ পর্যন্ত বর্জ্যের নির্ধারিত মান অর্জিত না হওয়ায় কোনো নিয়ন্ত্রক সংস্থা কর্তৃক শাস্তিমূলক ব্যবস্থার মুখে পড়তে হয় নি অর্থাৎ ইটিপির কার্যকারিতা এখন পর্যন্ত গ্রহণযোগ্য পর্যায়ে রয়েছে বলে মনে করা যায়। তবে পরিচালনার ক্ষেত্রে মূল চ্যালেঞ্জ হিসেবে উঠে এসেছে জনবল সংকট ও বাজেট ঘাটতি। ইটিপি পরিচালনার জন্য আলাদা প্রশিক্ষণ প্রাপ্ত জনবল নেই এবং বাৎসরিক বাজেট নির্ধারণ না থাকায় দীর্ঘমেয়াদি কার্যকারিতার প্রশ্নে প্রতিষ্ঠানটি ঝুঁকিতে রয়েছে। সবাই মতামত দেন যে, ইটিপি চালুর পর থেকে কারখানার পরিবেশগত প্রভাব ইতিবাচকভাবে পরিবর্তিত হয়েছে যেমন পানি দূষণ হ্রাস, স্থানীয় বাসিন্দাদের অভিযোগ কমে যাওয়া এবং একটি পরিচ্ছন্ন কর্মপরিবেশ সৃষ্টি হয়েছে। বিদ্যমান ইটিপির মানোন্নয়নের জন্য ম্যানেজারগণ কিছু গুরুত্বপূর্ণ সুপারিশ দিয়েছেন যার মধ্যে রয়েছে দ্রুত জনবল নিয়োগ, নিয়মিত প্রশিক্ষণের আয়োজন, আধুনিক যন্ত্রপাতির সংযোজন এবং একটি কার্যকর তদারকি ব্যবস্থার প্রবর্তন। সার্বিকভাবে এ প্রতিক্রিয়াগুলো ইঙ্গিত করে যে, ইটিপি ব্যবস্থাটি কিছু ইতিবাচক অর্জন করলেও এর টেকসই ও সর্বোচ্চ দক্ষতা নিশ্চিত করতে হলে প্রশাসনিক, কারিগরি ও অর্থনৈতিক দিক থেকে সঠিক পরিকল্পনা ও অধিকতর উন্নয়নের প্রয়োজনীয়তা রয়েছে।

৪.২.২.২ রসায়নবিদদের প্রশ্নোত্তরের আলোকে প্রাপ্ত তথ্য বিশ্লেষণ

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের ইটিপি (Effluent Treatment Plant) সম্পর্কিত রসায়নবিদদের মতামতের ভিত্তিতে পাওয়া তথ্য বিশ্লেষণে বোঝা যায় যে, কারখানায় সৃষ্ট বর্জ্যের মধ্যে জৈব বর্জ্যই প্রধান, যদিও অন্যান্য বর্জ্যও সীমিত পরিমাণে উৎপন্ন হতে পারে বলে তারা উত্তর দেন। শোধন প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত রাসায়নিক পদ্ধতিগুলোর মধ্যে Coagulation (জমাট বাঁধানো), Flocculation (ফ্লক গঠন) এবং pH Neutralization প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হচ্ছে বলে সবাই একমত হয়েছেন। তবে দুঃখজনকভাবে সকল রসায়নবিদ মতামত দিয়েছেন যে, কারখানায় রাসায়নিক শোধন পদ্ধতি সঠিকভাবে অনুসরণ করা হচ্ছে না। একারণে দূষণ নিয়ন্ত্রণে দীর্ঘমেয়াদে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি করতে পারে। বর্জ্যের গুণগত বিশ্লেষণের জন্য প্রধানত pH, BOD (Biochemical Oxygen Demand) এবং COD (Chemical Oxygen Demand) নির্ণয় করা হয় যা শোধনের কার্যকারিতা মূল্যায়নের মৌলিক সূচক হলেও অন্যান্য গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটার যেমন (TSS) Total Suspended Solids বা Heavy Metals নিয়মিতভাবে বিশ্লেষণে অন্তর্ভুক্ত না হওয়ায় একটি পরিপূর্ণ চিত্র পাওয়া কঠিন। তবুও রসায়নবিদগণ একমত হয়েছেন যে বর্তমান ইটিপি ব্যবস্থা দূষণ নিয়ন্ত্রণে খুব ভালো মাত্রায় কার্যকর যা ইঙ্গিত করে যে বিদ্যমান সীমাবদ্ধতা থাকা সত্ত্বেও ইটিপির শোধন প্রক্রিয়া একটি গ্রহণযোগ্য পর্যায়ে রয়েছে। দূষণ নিয়ন্ত্রণের ক্ষেত্রে তারা মনে করেন সব ধাপই সমানভাবে গুরুত্বপূর্ণ যা বহুমাত্রিক শোধন প্রক্রিয়ার প্রয়োজনীয়তাকে তুলে ধরে। ভবিষ্যতে ইটিপির রাসায়নিক কার্যকারিতা আরও উন্নত করতে তারা উন্নত প্রযুক্তির ব্যবহার এবং প্রশিক্ষিত জনবল নিয়োগের ওপর জোর দিয়েছেন যা পরিচালন দক্ষতা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখবে।

সবশেষে রসায়নবিদদের মতে পরিশোধিত পানি পরিবেশে নিষ্কাশনের জন্য যথাযথ মান পূরণ করে যা একটি ইতিবাচক দিক নির্দেশ করে। রসায়নবিদদের প্রতিক্রিয়া থেকে স্পষ্ট যে, প্রযুক্তিগত ও মানবসম্পদ উন্নয়ন ছাড়া দীর্ঘমেয়াদে টেকসই পরিবেশ ব্যবস্থাপনা নিশ্চিত করা সম্ভব নয়। সার্বিকভাবে রসায়নবিদদের মতামতের মাধ্যমে স্পষ্ট হয় যে ইটিপি ব্যবস্থায় মৌলিক রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলো ব্যবহৃত হলেও কার্যকারিতা আরও বাড়াতে কাঠামোগত ও কারিগরি হস্তক্ষেপ অপরিহার্য।

৪.২.২.৩ ETP অপারেটরের প্রশ্নোত্তরের আলোকে প্রাপ্ত তথ্য বিশ্লেষণ

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে দায়িত্বপ্রাপ্ত একমাত্র ETP অপারেটরের সঙ্গে কথা বলে জানা গেছে তিনি প্রতিদিন নিয়মিতভাবে ইটিপি পরিচালনার কাজ করেন এবং এ দায়িত্ব নেওয়ার আগে প্রশিক্ষণও নিয়েছেন। তার মতে ইটিপি প্রতিদিন নির্দিষ্ট সময় মেনে চালানো হয় এবং যন্ত্রপাতিতে কোনো সমস্যা দেখা দিলে তা সময়মতো ঠিকও করা হয়। পাশাপাশি প্রতিদিন মেশিন এবং ব্যবহৃত রাসায়নিকের মজুদও ঠিকভাবে দেখা হয়। তিনি বলেন ইটিপি পরিচালনার ক্ষেত্রে কোনো সমস্যা পরিলক্ষিত হয় নি। রাসায়নিকের অভাব, যন্ত্রের ত্রুটি, এমনকি বিদ্যুৎ বা লোকবল নিয়েও তেমন সমস্যা নেই। তাঁর মতে ইটিপি এখন ভালোভাবেই কাজ করছে।

তবে যেহেতু শুধুমাত্র একজন অপারেটর থেকেই এসব তথ্য পাওয়া গেছে তাই পুরো ব্যবস্থার চিত্র বোঝা কিছুটা কঠিন। তাছাড়া অন্যান্য দায়িত্বশীলদের (যেমন ম্যানেজার ও রসায়নবিদ) মতামত থেকে জানা গেছে যে, লোকবলের কিছু ঘাটতি আছে তাই এ অপারেটরের অভিজ্ঞতা ভালো হলেও বাস্তবে কিছু চ্যালেঞ্জ থেকেই যাচ্ছে। তার পরও তার বক্তব্য থেকে বোঝা যায় যে, ইটিপির দৈনন্দিন কাজগুলো সঠিকভাবে হচ্ছে যা প্রতিষ্ঠানের পরিবেশ সচেতনতা এবং নিয়মিত কার্যক্রমের একটা ভালো দিক তুলে ধরে।

৪.২.২.৪ স্থানীয় বাসিন্দাদের প্রশ্নোত্তরের আলোকে প্রাপ্ত তথ্য বিশ্লেষণ

কেরু অ্যান্ড কোম্পানির আশপাশে বসবাসকারী স্থানীয় তিনজন মানুষের সঙ্গে কথা বলে জানা গেছে যে, এদের মধ্যে একজন এখানে ৬-১০ বছর এবং বাকি দুজন ২০ বছরেরও বেশি সময় ধরে বসবাস করছেন। তাদের মধ্যে একজন জানিয়েছেন যে তিনি প্রতিষ্ঠানটির বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP) সম্পর্কে জানেন, আর বাকি দুজন বলেছেন তারা কিছুটা জানেন অর্থাৎ তারা এ বিষয়ে পুরোপুরি নিশ্চিত নন তবে এ বিষয়ে কিছুটা ধারণা আছে।

বর্জ্যজনিত পরিবেশ দূষণ সম্পর্কে জানতে চাওয়া হলে দুজন স্পষ্টভাবে বলেন যে, তারা কখনো দুর্গন্ধ বা বায়ু দূষণের শিকার হন নি। তবে একজন উল্লেখ করেন, বৃষ্টির সময় মাঝে মাঝে দুর্গন্ধ ছড়ায়। এটি থেকে বোঝা যায়, সাধারণত পরিবেশে খুব বেশি বিরূপ প্রভাব না থাকলেও, কিছু পরিস্থিতিতে (যেমন বর্ষাকালে) কিছুটা সমস্যা অনুভব করা যায়।

পরিবেশগত প্রভাব বিষয়ে তাদের মূল্যায়নে এক জন মনে করেন যে ETP চালু হওয়ার পর উল্লেখযোগ্য উন্নতি হয়েছে। আর বাকি দুজন বলেছেন যে কিছুটা উন্নতি হয়েছে। এ থেকে ধারণা করা যায় যে, ETP চালুর ফলে স্থানীয় পর্যায়ে পরিবেশ কিছুটা হলেও ইতিবাচকভাবে পরিবর্তিত হয়েছে এবং মানুষ তা উপলব্ধি করতে পারছে।

সার্বিকভাবে স্থানীয় জনগণের উত্তরগুলো থেকে বোঝা যায় যে তারা ইটিপির কার্যক্রম সম্পর্কে সীমিতভাবে জানলেও এর পরিবেশগত প্রভাব সম্পর্কে মোটামুটি ইতিবাচক ধারণা রাখেন। ভবিষ্যতে স্থানীয় জনগণের সঙ্গে আরও ঘনিষ্ঠ যোগাযোগ, সচেতনতা বৃদ্ধি এবং তাদের মতামতকে গুরুত্ব দেওয়া গেলে ETP ব্যবস্থাপনা আরও কার্যকর এবং অংশগ্রহণমূলক হতে পারে।

৪.২.২.৫ স্থানীয় পরিবেশ কর্মীদের প্রশ্নোত্তরের আলোকে প্রাপ্ত তথ্য বিশ্লেষণ

এ গবেষণায় কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের আশেপাশে কোনো স্থানীয় পরিবেশ কর্মী পাওয়া যায় নি।

৪.৩ প্রাথমিক তথ্য বিশ্লেষণের সারসংক্ষেপ

সরেজমিন পরিদর্শন ও সংশ্লিষ্ট পক্ষগুলোর (ম্যানেজার, রসায়নবিদ, অপারেটর এবং স্থানীয় জনগণ) সঙ্গে মতবিনিময়ের ভিত্তিতে দেখা যায় যে, কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত ইটিপি কার্যকরভাবে পরিচালনার একটি চেষ্টা বিদ্যমান থাকলেও বাস্তবতায় কিছু সীমাবদ্ধতাও রয়েছে। ইটিপির মধ্যে মূলত প্রাথমিক ও জৈব শোধনের ধাপ রয়েছে যেখানে Coagulation, Flocculation Ges pH Neutralization এর মতো রাসায়নিক প্রক্রিয়া ব্যবহার করা হয়। প্রতিদিন নির্ধারিত সময় অনুযায়ী ইটিপি পরিচালিত হলেও এটি কেবলমাত্র মাড়াই মৌসুমে সক্রিয় থাকে।

পরীক্ষাগারে pH, BOD ও COD পরীক্ষার ব্যবস্থাও রয়েছে তবে পরীক্ষাগারের পরিকাঠামো ও প্রযুক্তিগত সক্ষমতা আরো বৃদ্ধি করা প্রয়োজন। ম্যানেজার ও রসায়নবিদদের মতে ইটিপি পরিচালনায় জনবল সংকট ও পর্যাপ্ত বাজেট বরাদ্দের অভাব একটি বড় চ্যালেঞ্জ। যদিও দূষণ নিয়ন্ত্রণে ব্যবস্থাটি মোটামুটি কার্যকর বলে মনে করা হচ্ছে তবে রাসায়নিক শোধনের প্রতিটি ধাপ সঠিকভাবে অনুসরণ না করার বিষয়টি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

অন্যদিকে স্থানীয় জনগণের অধিকাংশই ইটিপি সম্পর্কে পুরোপুরি ধারণা রাখে না তবে কেউ কেউ উল্লেখ করেছেন যে, বৃষ্টির সময় দুর্গন্ধের মতো সমস্যা দেখা দেয়। তবুও অধিকাংশের মত হলো ইটিপি চালুর পর পরিবেশগত পরিস্থিতি কিছুটা উন্নত হয়েছে।

সবশেষে বলা যায় প্রতিষ্ঠানটি বর্জ্য ব্যবস্থাপনায় ইতিবাচক ভূমিকা রাখছে তবে কারিগরি উন্নয়ন, প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত জনবল, পরীক্ষাগারের আধুনিকীকরণ এবং জনসচেতনতা বৃদ্ধি ছাড়া দীর্ঘমেয়াদে কার্যকর ও টেকসই ইটিপি পরিচালনা নিশ্চিত করা কঠিন হবে।

৪.৪ সেকেন্ডারি তথ্য বিশ্লেষণ ও পরিমাণগত মান যাচাইঃ

এ গবেষণায় গৌণ তথ্য হিসেবে ল্যাব থেকে প্রাপ্ত নমুনা পরীক্ষার ফলাফল ব্যবহার করা হয়েছে। Carew & Company Ltd.-এর ইটিপি সংশ্লিষ্ট ল্যাব হতে বিভিন্ন তারিখের ইনলেট (পরিশোধনের আগে) ও আউটলেট (পরিশোধনের পরে) নমুনা পরীক্ষার ফলাফল সংগ্রহ করা হয়। উল্লেখ্য যে, ইটিপি (Effluent Treatment Plant) শুধুমাত্র মৌসুম সময়ে (২০ ডিসেম্বর ২০২৪ থেকে ০৭ মার্চ ২০২৫) নির্ধারিত নিয়ম অনুযায়ী চলমান ছিল। উক্ত সময়ের মধ্যে ১০ দিন ইনলেট (পরিশোধনের আগে) ও আউটলেট (পরিশোধনের পরে) নমুনা সংগ্রহ করে ল্যাবে পরীক্ষা করা হয়। এ গবেষণা সঠিকভাবে সম্পন্নের লক্ষ্যে উক্ত পরীক্ষার ফলাফল সগ্রহ করা হয়। প্রাপ্ত ফলাফলসমূহ বিশ্লেষণ করে বাংলাদেশ পরিবেশ সংরক্ষণ বিধিমালা ১৯৯৭ (সংশোধিত ২০১০) অনুযায়ী নির্ধারিত রেফারেন্স মানের সাথে তুলনা করা হয়েছে। ল্যাবরেটরি থেকে প্রাপ্ত তথ্যে দেখা যায় যে, Carew & Company Ltd.-এর ইটিপিতে শুধুমাত্র ইনলেট (পরিশোধনের আগে) ও আউটলেট (পরিশোধনের পরে) নমুনা পরীক্ষা করা হয়। অন্য কোনো ধাপের নমুনা পরীক্ষা করা হয় না। এছাড়া দেখা যায় যে, শুধুমাত্র pH, DO, COD Ges BOD_5 পরীক্ষা করা হয়। শুধুমাত্র pH, DO (Dissolved Oxygen), COD (Chemical Oxygen Demand) Ges BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand) পরীক্ষার মাধ্যমে বর্জ্যজলের বিশ্লেষণ সীমিত ও অসম্পূর্ণ হয়। এ পরীক্ষাগুলো মূলত জৈব দূষণ ও অক্সিজেনের উপস্থিতি মূল্যায়নে সহায়ক হলেও ভারী ধাতু (যেমন সীসা, পারদ), প্যাথোজেনিক জীবাণু (যেমন E.coli), তেল-চর্বি, Total Suspended Solids (TSS), Nutrients (যেমন নাইট্রোজেন ও ফসফরাস) বা বিষাক্ত রাসায়নিক যৌগের উপস্থিতি নির্ণয়ে ব্যর্থ হয়। এছাড়া BOD_5 পরীক্ষায় ফলাফল পেতে পাঁচ দিন সময় লাগে যা তাৎক্ষণিক দূষণ পরিস্থিতি নির্ণয়ে বাধা সৃষ্টি করে।

এ চারটি পরীক্ষার উপর নির্ভর করলে ETP-এর কার্যকারিতা মূল্যায়ন করা একটি সীমাবদ্ধতা হিসেবে কাজ করে। তবে এ গবেষণার প্রাথমিক তথ্য থেকে প্রাপ্ত ফলাফলে দেখা যায় যে, এ কারখানাটির উৎপাদিত বর্জ্যের সিংহভাগই জৈব বর্জ্য। যেখানে ভারী ধাতু (যেমন সীসা, পারদ), প্যাথোজেনিক জীবাণু (যেমন E.coli), তেল-চর্বি, Total Suspended Solids (TSS), Nutrients (যেমন নাইট্রোজেন ও ফসফরাস) বা বিষাক্ত রাসায়নিক যৌগের উপস্থিতি থাকার সম্ভাবনা নেই বললেই চলে। তাই এ নির্দিষ্ট ক্ষেত্রে অর্থাৎ কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ইটিপির কার্যকারিতা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে উপরোক্ত চারটি পরীক্ষাই যতেষ্ট বলে প্রতীয়মান হয়। প্ল্যান্টটিতে শুধুমাত্র ইনলেট ও আউটলেট বর্জ্যের বিশ্লেষণ করা হয় বিধায় প্ল্যান্টেব্যবহৃত প্রতিটি ধাপের আলাদাভাবে কার্যকারিতা নির্ণয় সম্ভব নয়। তবে প্লান্টের সামগ্রিক কার্যকারিতা নির্ণয়ে ইনলেট ও আউটলেট বর্জ্যের বিশ্লেষণের ফলাফলই যথেষ্ট।

প্ল্যান্টের ল্যাবরেটরি থেকে নমুনা বিশ্লেষণের প্রাপ্ত ফলাফলঃ

তারিখ	প্যারামিটার	ইনলেট মান	আউটলেট মান	DoE রেফারেন্স মান	মন্তব্য
২৮.১২.২০২৪	pH	৪.৬	৬.৯	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	১.১ mg/L	৪.১ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
	COD	২১৮০ mg/L	১৯৩ mg/L	≤ ২৫০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
২৯.১২.২০২৪	pH	৪.৮০	৭.০০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	১.৩০ mg/L	৪.৩০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
০৫.০১.২০২৫	pH	৪.৮০	৭.১০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	০.৯০ mg/L	৪.১০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
	COD	২২৪০ mg/L	২০৫ mg/L	≤ ২৫০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
০৭.০১.২০২৫	pH	৪.৭০	৭.০০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে

	DO	১.২০ mg/L	৪.২০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
২৫.০১.২০২৫	pH	৪.৯০	৭.১০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	১.৩০ mg/L	৩.৯০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	সামান্য কম
২৭.০১.২০২৫	pH	৪.৮০	৬.৯০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	০.৫০ mg/L	৪.১০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
	COD	২৩৪০ mg/L	১৯৮ mg/L	≤ ২৫০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
	BOD_5	১৪৮০ mg/L	৪৯ mg/L	≤ ৫০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
০৭.০২.২০২৫	pH	৪.৮০	৭.১০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	১.২০ mg/L	৪.৪০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
০৯.০২.২০২৫	pH	৫.০০	৭.২০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	০.৯০ mg/L	৩.৯০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	মান সামান্য কম
০৪.০৩.২০২৫	pH	৫.১০	৭.১০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	০.৯০ mg/L	৪.০০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
০৬.০৩.২০২৫	pH	৪.৯০	৭.০০	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
	DO	১.২০ mg/L	৪.৫০ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
	COD	২৩৩০ mg/L	১৮৫ mg/L	≤ ২৫০ mg/L	গ্রহণযোগ্য

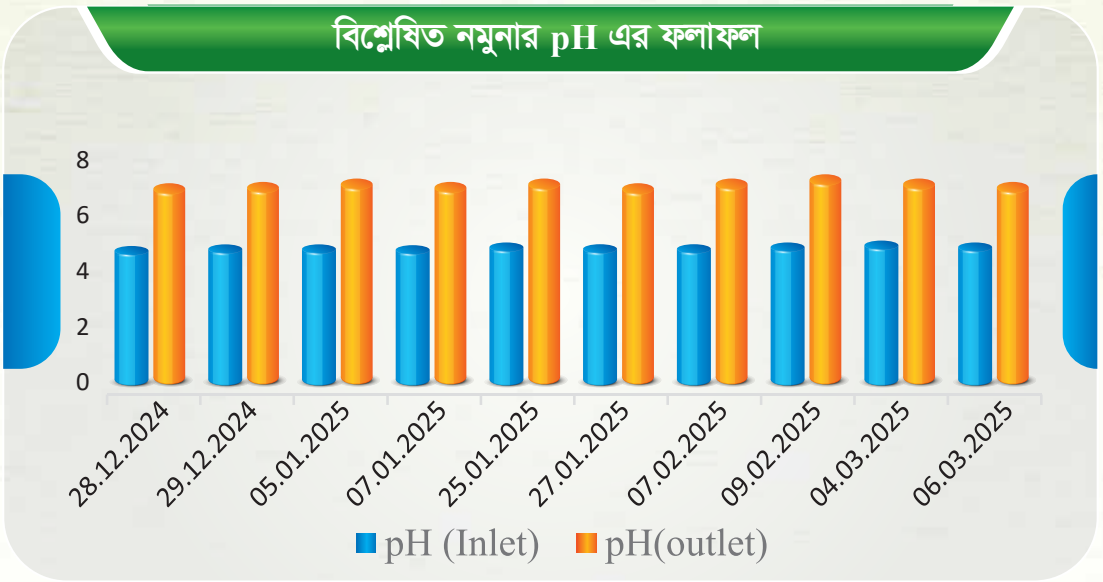
ইনলেট ও আউটলেটের গড় মানঃ

প্যারামিটার	ইনলেট গড় মান	আউটলেট গড় মান	DoE রেফারেন্স মান	মন্তব্য
pH	৪.৮৪	৭.০৪	৬.৫ - ৮.৫	মানদণ্ডের মধ্যে
DO (দ্রবীভূত অক্সিজেন)	১.০৫ mg/L	৪.১৫ mg/L	≥ ৪.০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
COD (রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা)	২২৭২.৫ mg/L	১৯৫.২৫ mg/L	≤ ২৫০ mg/L	গ্রহণযোগ্য
BOD_5 (জৈব অক্সিজেন চাহিদা)	১৪৮০ mg/L	৪৯ mg/L	≤ ৫০ mg/L	মানদণ্ডের মধ্যে

৪.৪.১ pH বিশ্লেষণ (Acidity/Alkalinity)

pH হলো পানির অম্ল ও ক্ষারত্বের একটি সূচক। এটির মান ৭ এর নিচে হলে তা অ্যাসিডিক এবং ৭ এর ওপরে হলে তা ক্ষারীয়। গবেষণার ফলাফলে দেখা যায় যে, ইনলেট পানির গড় pH ছিল ৪.৮৪ যা অত্যন্ত অ্যাসিডিক এবং পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর। এ ধরণের অ্যাসিডিক বর্জ্য জলাশয়ে পড়লে তা জীববৈচিত্র্যের ওপর বিরূপ প্রভাব ফেলতে পারে।

ইটিপি দ্বারা পরিশোধনের পরে আউটলেট pH গড়ে ৭.০৪ পাওয়া গেছে যা বাংলাদেশ পরিবেশ অধিদপ্তরের নির্ধারিত ৬.৫ থেকে ৮.৫ সীমার মধ্যে অবস্থিত। প্রতিটি পরীক্ষিত তারিখে আউটলেট pH মান মানদণ্ডের মধ্যে ছিল যা নির্দেশ করে যে ইটিপি সঠিকভাবে নিউট্রালাইজেশন (Neutralization) কার্য সম্পাদন করছে। pH মানের এ স্থিতিশীলতা ইটিপি-এর রিঅ্যাকশন চেম্বারের কার্যকারিতার একটি উল্লেখযোগ্য দিক।

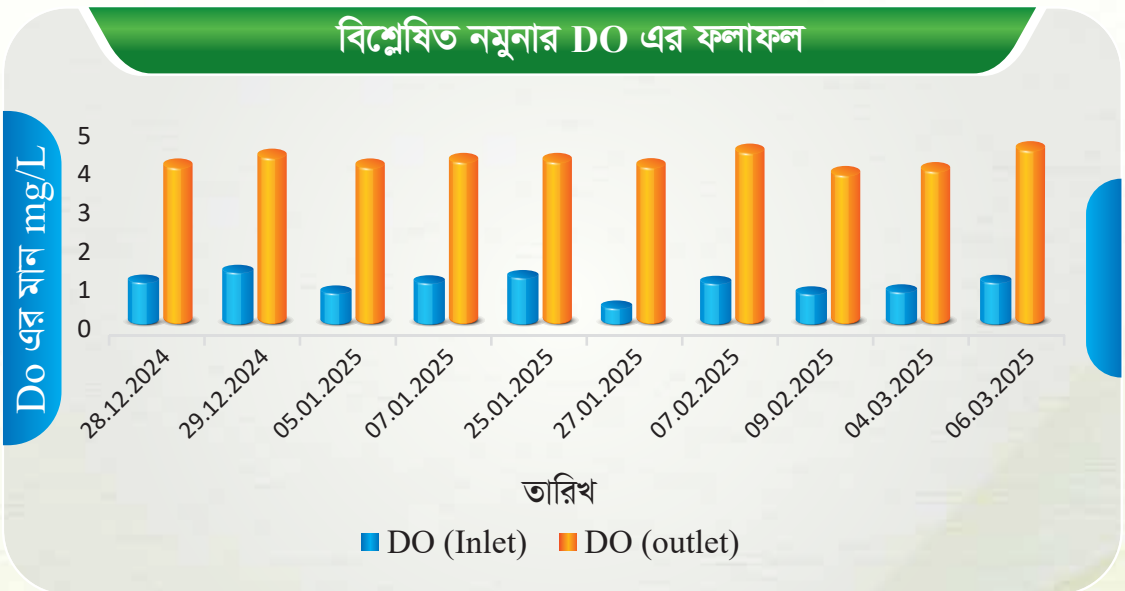


চিত্র-৭ ইনলেট ও আউটলেটের pH এর মানের তুলনা

৪.৪.২ DO (Dissolved Oxygen) বিশ্লেষণ

DO হলো পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ যা জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকার জন্য অপরিহার্য। পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, ইনলেট পানির গড় DO মাত্র ১.০৫ mg/L যা অত্যন্ত কম এবং এটি ইঙ্গিত করে যে পানি প্রবলভাবে দূষিত ও অক্সিজেনশূন্য ছিল। এর ফলে পানিতে কোনো মাছ বা প্রাণী বসবাস করতে পারত না।

তবে, পরিশোধনের পরে আউটলেট DO গড় বৃদ্ধি পেয়ে ৪.১৫ mg/L-এ পৌঁছেছে যা পরিবেশ অধিদপ্তরের ন্যূনতম মান ≥ ৪.০ mg/L পূরণ করে। বেশিরভাগ তারিখে DO মান ৪.১ থেকে ৪.৫ mg/L এর মধ্যে ছিল যা অ্যারেশন ট্যাঙ্কের কার্যকর ব্যবস্থাপনার একটি ইঙ্গিত। যদিও ২৫.০১.২০২৫ এবং ০৯.০২.২০২৫ তারিখে আউটলেট DO মান যথাক্রমে ৩.৯০ mg/L পাওয়া গেছে।

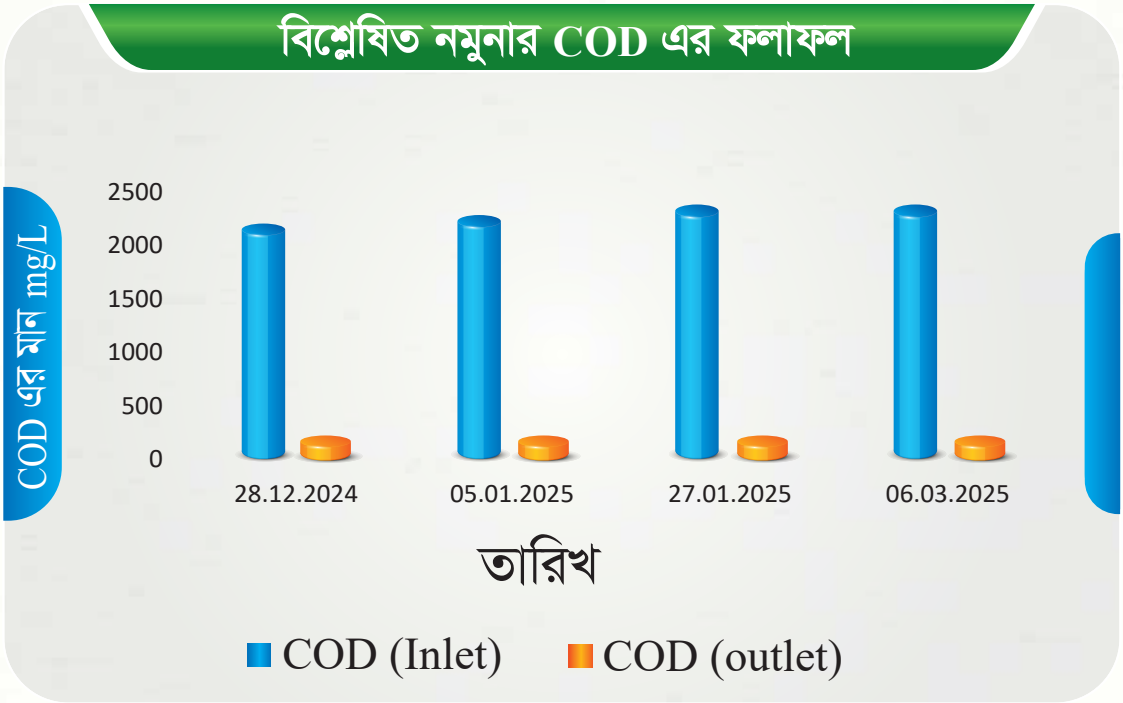


চিত্র-৮ ইনলেট ও আউটলেটের DO এর মানের তুলনা

৪.৪.৩ COD (Chemical Oxygen Demand) বিশ্লেষণ

COD হলো পানিতে উপস্থিত জৈব ও রাসায়নিক উপাদান ভাঙতে প্রয়োজনীয় মোট অক্সিজেনের পরিমাণ। এটি পানির দূষণের মাত্রা নির্দেশ করে। ফলাফলে দেখা যায় যে, ইনলেট পানির গড় COD ছিল ২,২৭২.৫ mg/L যা পরিবেশ অধিদপ্তরের সর্বোচ্চ গ্রহণযোগ্য মাত্রা (≤ ২৫০ mg/L) এর তুলনায় প্রায় ৯ গুণ বেশি।

তবে আউটলেট পানির COD গড় মাত্র ১৯৫.২৫ mg/L যা রেফারেন্স মানের মধ্যে এবং একাধিক তারিখে ১৮৫-২০৫ mg/L এর মধ্যে রয়েছে। এ বিশ্লেষণ ইঙ্গিত করে যে, ইটিপি প্রায় ৯১.৪% COD দূর করতে সক্ষম যা অত্যন্ত সন্তোষজনক এবং এর ফিজিকো-কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট পর্যায়ের দক্ষতাকে প্রকাশ করে।

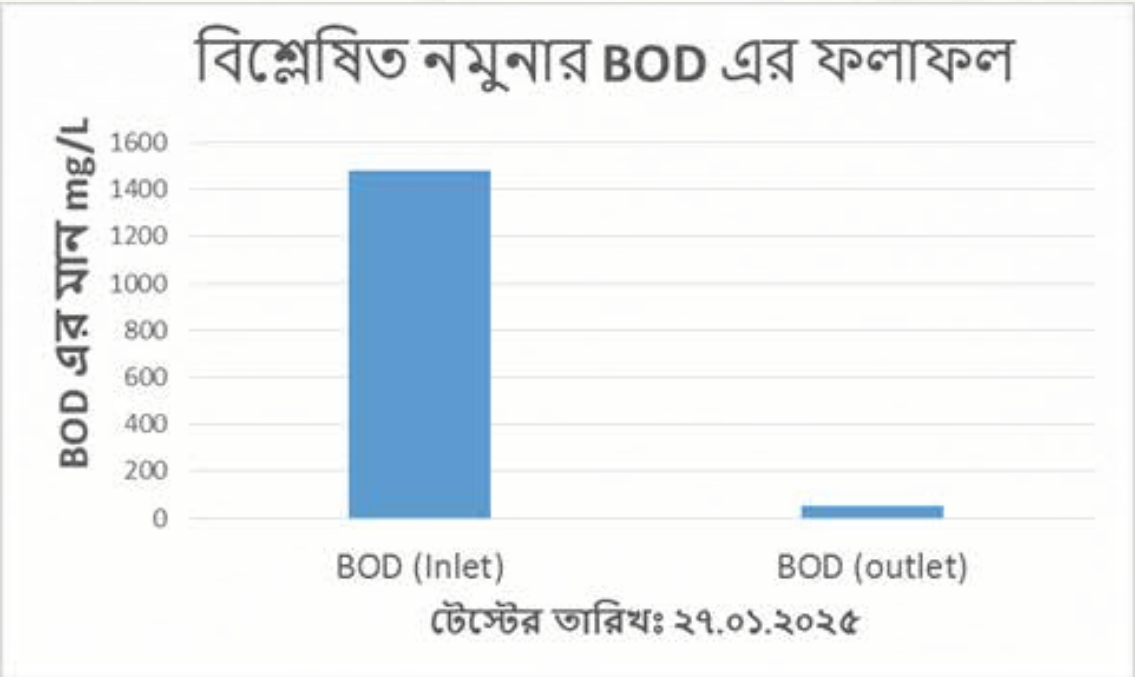


চিত্র-৯ ইনলেট ও আউটলেটের COD এর মানের তুলনা

৪.৪.৪ BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand) বিশ্লেষণ

BOD_5 নির্দেশ করে পানিতে জৈব পদার্থ ভাঙতে কতটা অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। এটি জলজ পরিবেশে প্রাণীর অস্তিত্বের জন্য গুরুত্বপূর্ণ সূচক। গবেষণায় শুধুমাত্র ২৭.০১.২০২৫ তারিখে BOD_5 বিশ্লেষণ করা হয়েছে এবং সেখানে ইনলেট পানির BOD_5 ছিল ১৪৮০ mg/L যা মারাত্মক দূষণের ইঙ্গিত দেয়।

আউটলেট পানির BOD_5 মাত্র ৪৯ mg/L পাওয়া গেছে যা ≤ ৫০ mg/L রেফারেন্স মানের মধ্যে রয়েছে। অর্থাৎ BOD_5 রিমুভাল দক্ষতা প্রায় ৯৬.৬% যা ইটিপি-এর বায়োলজিক্যাল ট্রিটমেন্ট ইউনিট অত্যন্ত কার্যকরভাবে কাজ করছে তা প্রমাণ করে।



৪.৪.৫ নথিপত্র বিশ্লেষণ

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত ইটিপির কার্যকারিতা নিরূপণে সংগৃহীত নথিপত্রসমূহ বিশ্লেষণের মাধ্যমে বেশ কিছু গুরুত্বপূর্ণ ফলাফল উঠে এসেছে। প্রতিষ্ঠানটির অভ্যন্তরীণ নথি ও প্রতিবেদন পর্যালোচনায় দেখা যায় ইটিপিটি প্রতিদিন নির্ধারিত পরিমাণ তরল বর্জ্য শোধনে সক্ষম। পরিদর্শনকালে জানা যায় যে, পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে এ প্লান্ট ভিজিট করেছে তবে এ সংক্রান্ত কোনো পরিদর্শন রিপোর্ট পাওয়া যায় নি। এছাড়া জানা যায় যে, প্রতিষ্ঠানটি এখন পর্যন্ত পরিবেশ অধিদপ্তরের ছাড়পত্র পায় নি। পরিবেশ অধিদপ্তরের ছাড়পত্র বা লাইলেন্সিং এর বিষয়টি প্রক্রিয়াধীন আছে মর্মে জানা যায়।

এছাড়া, ইটিপি পরিচালনা বিষয়ক লগবই ও মেইনটেনেন্স রিপোর্ট বিশ্লেষণে দেখা যায় নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণের অভাব, প্রশিক্ষিত জনবলের ঘাটতি এবং ইটিপি পরিচালনার জন্য প্রয়োজনীয় বাজেট বরাদ্দের সীমাবদ্ধতা রয়েছে। ল্যাবের লগবই থেকে প্রাপ্ত ইনলেট ও আউটলেট পানির গুণগত বিশ্লেষণের ফলাফলে pH, DO, COD Ges BOD_5 মানদণ্ড অনুযায়ী সন্তোষজনক অবস্থায় দেখা যায় । কিছু বিচ্ছিন্ন ক্ষেত্রে সামান্য বিচ্যুতি দেখা গেলেও তা গড়পড়তা বিশ্লেষণে গুরুত্বহীন। সার্বিকভাবে নথিপত্র বিশ্লেষণ থেকে প্রাপ্ত ফলাফল ইঙ্গিত দেয় যে, কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ইটিপি আংশিকভাবে কার্যকর হলেও সেটিকে সম্পূর্ণ কার্যকর করতে হলে আরও পরিকল্পিত ও কার্যকর ব্যবস্থাপনার প্রয়োজন রয়েছে। ইটিপির কার্যকারিতা উন্নত করার জন্য কারিগরি উন্নয়ন, নিয়মিত মনিটরিং এবং মানবসম্পদ উন্নয়ন অপরিহার্য বলে প্রতীয়মান হয়।

৪.৫ সেকেন্ডারি তথ্য বিশ্লেষণের সারসংক্ষেপ

কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ইটিপি থেকে সংগৃহীত pH, DO, COD Ges BOD_5 এর পরীক্ষার ফলাফল বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, শোধন প্রক্রিয়ার পরে আউটলেট পানির গুণগত মান বাংলাদেশ পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE) নির্ধারিত মানদণ্ডের মধ্যে রয়েছে। ইনলেট পানির গড় pH ছিল ৪.৮৪ যা অ্যাসিডিক হলেও শোধনের পর তা বেড়ে দাঁড়িয়েছে ৭.০৪ যা গ্রহণযোগ্য সীমা ৬.৫ থেকে ৮.৫ এর মধ্যে। দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) এর গড় পরিমাণ শোধনের আগে ছিল মাত্র ১.০৫ mg/L যা শোধনের পরে ৪.১৫ mg/L-এ পৌঁছায় এবং এটি DoE-এর ন্যূনতম ৪.০ mg/L মান পূরণ করে। COD Ges BOD_5 এর ক্ষেত্রেও একই রকম উন্নতি লক্ষ্য করা গেছে। COD ইনলেট স্তরে গড়ে ২২৭২.৫ mg/L থাকলেও আউটলেটে কমে দাঁড়িয়েছে ১৯৫.২৫ mg/L, এবং BOD_5 ১৪৮০ mg/L থেকে নেমে এসেছে ৪৯ mg/L যা উভয় ক্ষেত্রেই যথাক্রমে $\leq$ ২৫০ mg/L ও $\leq$ ৫০ mg/L সীমার মধ্যে রয়েছে। এ সব ফলাফল ইঙ্গিত দেয় যে, ইটিপি তার বর্জ্য শোধন প্রক্রিয়ায় কার্যকরভাবে পরিবেশগত মানদণ্ড রক্ষা করতে সক্ষম

হয়েছে। এছাড়া নথিপত্র বিশ্লেষণে জানা যায় যে, পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে এ প্লান্ট ভিজিট করেছে, তবে এ সংক্রান্ত কোনো পরিদর্শন রিপোর্ট পাওয়া যায় নি। এছাড়া জানা যায় যে, প্রতিষ্ঠানটি এখন পর্যন্ত পরিবেশ অধিদপ্তরের ছাড়পত্র পায় নি। পরিবেশ অধিদপ্তরের ছাড়পত্র বা লাইলেন্সিং এর বিষয়টি প্রক্রিয়াধীন মর্মে জানা যায়।

৪.৬ সার্বিক ফলাফল ও কার্যকারিতা মূল্যায়ন

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের ইটিপি প্লান্টের কার্যকারিতা নির্ণয়ের জন্য প্রাথমিক তথ্য (যেমন: সরেজমিন পরিদর্শন, দায়িত্ব প্রাপ্ত ম্যানেজার, রসায়নবিদ, অপারেটর এবং স্থানীয় জনগণের সঙ্গে সাক্ষাৎকার) ও গৌণ তথ্য (যেমন: ল্যাবরেটরি বিশ্লেষণের তথ্য এবং পরিবেশ অধিদপ্তরের মানদণ্ড) পর্যালোচনা করা হয়েছে। প্রাথমিকভাবে দেখা গেছে, ইটিপি প্লান্টটি মূলত মৌসুমভিত্তিকভাবে (চিনিকলের মাড়াই মৌসুমে) চালু থাকে এবং এতে প্রাথমিক ও জৈব শোধন প্রক্রিয়া কার্যকরভাবে অনুসরণ করা হয়। যদিও রাসায়নিক শোধন পদ্ধতির পুরোপুরি প্রয়োগ নিয়ে সংশয় রয়েছে তবুও প্রাপ্ত ইনলেট ও আউটলেট পানির গুণগত বিশ্লেষণের ফলাফলে pH, DO, COD Ges BOD_5 মানদণ্ড অনুযায়ী সন্তোষজনক অবস্থানে রয়েছে। কিছু বিচ্ছিন্ন ক্ষেত্রে সামান্য বিচ্যুতি দেখা গেলেও তা গড়পড়তা বিশ্লেষণে গুরুত্বহীন। pH ৪.৮৪ থেকে ৭.০৪, DO ১.০৫ থেকে ৪.১৫ mg/L, COD ২২৭২.৫ থেকে ১৯৫.২৫ mg/L এবং BOD_5 ১৪৮০ থেকে ৪৯ mg/L এ কমে এসেছে যা ইটিপির কার্যকারিতা প্রমাণ করে।
এ ছাড়া নথিপত্র বিশ্লেষণে কিছু দুর্বলতা উঠে আসে যেমন পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে এ প্লান্ট ভিজিট করা হলেও এ সংক্রান্ত কোনো পরিদর্শন রিপোর্ট পাওয়া যায় নি। পরিদর্শনে দেখা যায় লগবুক যথাযথভাবে মেইনটেইন করা হয় না। এ ছাড়া জনবল ও বাজেট ঘাটতির কারণে নিয়মিত তদারকি ও রক্ষণাবেক্ষণে ঘাটতি দেখা যায় যা ভবিষ্যতে কর্মদক্ষতায় প্রভাব ফেলতে পারে। স্থানীয় জনগণের মতামত থেকেও বোঝা যায় ইটিপি চালুর পর পরিবেশের দৃশ্যমান উন্নতি হয়েছে যদিও সচেতনতার ঘাটতি রয়েছে। সব মিলিয়ে বলা যায় ইটিপি প্লান্টটি মৌসুমভিত্তিক হলেও বিদ্যমান কাঠামো ও প্রযুক্তির আলোকে এটি মোটামুটি কার্যকরভাবে বর্জ্য শোধন করতে সক্ষম তবে টেকসই ও নিরবচ্ছিন্ন কার্যকারিতার জন্য অবকাঠামোগত উন্নয়ন ও প্রশাসনিক সহায়তা (যেমন লোকবল নিয়োগ, প্রশিক্ষণের ব্যবস্থা) জরুরি।

এটি স্পষ্ট যে, ইটিপি নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ ও কার্যকর প্রক্রিয়ার মাধ্যমে শিল্পবর্জ্য পরিশোধনে সক্ষম এবং এটি স্থানীয় পরিবেশ রক্ষায় গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখছে। গবেষণায় প্রাপ্ত তথ্য ইটিপি-এর প্রযুক্তিগত ও পরিবেশগত কার্যকারিতার একটি শক্তিশালী প্রমাণ হিসেবে বিবেচিত হতে পারে।

অধ্যায় ৫:
সুপারিশ (Recommendations) ও উপসংহার (Conclusion)

৫.১ সুপারিশঃ

কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের ETP-এর কার্যকারিতা বিশ্লেষণ করে দেখা গেছে যে, এটি বর্তমান প্রযুক্তিগত কাঠামোর আলোকে শিল্পবর্জ্য পরিশোধনে উল্লেখযোগ্য সফলতা অর্জন করেছে। সংস্থাটির ETP ইনফ্লুয়েন্ট ও অ্যাফ্লুয়েন্টের মধ্যে দৃশ্যমান মান পরিবর্তন ঘটিয়েছে যা পরিবেশগত স্বাস্থ্য সুরক্ষায় গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করছে। অধিকাংশ সময়েই ETP থেকে নির্গত পরিশোধিত বর্জ্য জলে DOE-এর নির্ধারিত মান অনুসরণ নিশ্চিত হয়েছে।

তবে এর মধ্যে কিছু প্রযুক্তিগত দুর্বলতা যেমন অপ্রতুল প্রশিক্ষিত জনবল এবং পর্যাপ্ত মনিটরিংয়ের অভাব লক্ষ্য করা গেছে। এসব সীমাবদ্ধতার পাশাপাশি কিছু গুরুত্বপূর্ণ সম্ভাবনার দিকও চিহ্নিত হয়েছে যেমন বায়োগ্যাস উৎপাদনের সুযোগ, বর্জ্যজল পুনর্ব্যবহার, ইত্যাদি। এ গবেষণার আলোকে কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডের ইটিপি প্লান্টের কার্যকারিতা আরও উন্নত ও টেকসই করার লক্ষ্যে নিম্নোক্ত সুপারিশগুলো প্রদান করা হলো:

ক. নিয়মিত কার্যক্রম চালু রাখা : ইটিপি প্লান্টটি শুধুমাত্র মাড়াই মৌসুমে নয় সারা বছর কার্যকর রাখার উদ্যোগ নিতে হবে যাতে পরিবেশ দূষণ প্রতিরোধে ধারাবাহিকতা বজায় থাকে।

খ. প্রযুক্তিগত আধুনিকায়ন : বিদ্যমান ব্যবস্থায় কিছু ধাপের সংযোজন করা প্রয়োজন বিশেষত তৃতীয়িক শোধন পদ্ধতি এবং পরিশোধিত পানি পুনর্ব্যবহারের উপযোগী প্রযুক্তি বা বর্জ্য থেকে বায়োগ্যাস তৈরির ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে।

গ. প্রশিক্ষিত জনবল নিয়োগ ও প্রশিক্ষণ : ETP পরিচালনায় নিয়োজিত কর্মীদের নিয়মিত প্রশিক্ষণ প্রদান এবং পর্যাপ্ত ও দক্ষ জনবল নিয়োগের ব্যবস্থা করা উচিত।

ঘ. পরীক্ষাগার সক্ষমতা বৃদ্ধি : ইটিপি ল্যাবরেটরিতে শুধু pH, DO, COD ও BOD_5 নয়, বরং TSS, TDS, Heavy Metals, Oil & Grease ইত্যাদি বিশ্লেষণের জন্য পরীক্ষাগারের সক্ষমতা বৃদ্ধি করা যেতে পারে। এছাড়া নমুনা পরীক্ষার ফ্রিকোয়েন্সি বৃদ্ধি করা অতি জরুরি।

ঙ. তৃতীয় পক্ষের তদারকি ও মূল্যায়ন : একটি নিরপেক্ষ তৃতীয় পক্ষের মাধ্যমে নিয়মিত পরিবেশগত তদারকি ও কার্যকারিতা মূল্যায়ন নিশ্চিত করতে হবে। অন্তত প্রতি ছয় মাস অন্তর একবার থার্ড পার্টি অডিটিং চালু করা যেতে পারে।

চ. নথিপত্র সংরক্ষণে কার্যকরি ব্যবস্থা গ্রহণ : কার্যক্রমের ধারাবাহিকতা, নির্ভুলতা ও স্বচ্ছতা বজায় রাখতে নথিপত্র সংরক্ষণ একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে ইটিপি সংক্রান্ত নথিপত্র যথাযথভাবে সংরক্ষণ না হওয়ার কারণে অনেক ক্ষেত্রে তথ্য সংগ্রহে জটিলতা দেখা যায়। তাই নথিপত্র সংরক্ষণের জন্য কিছু কার্যকর ব্যবস্থা গ্রহণ অপরিহার্য।

ছ. স্থানীয় জনগণকে সম্পৃক্ত করা ও সচেতনতা বৃদ্ধি : স্থানীয় জনগণের মাঝে ইটিপির কার্যক্রম, পরিবেশগত প্রভাব ও সহযোগিতার বিষয়ে সচেতনতা বৃদ্ধির কর্মসূচি চালু করা দরকার।

জ. আর্থিক ও প্রশাসনিক সহায়তা : সরকারি ও কর্পোরেট পর্যায়ে বাজেট বরাদ্দ, মনিটরিং এবং নীতিগত সহায়তা বৃদ্ধি করতে হবে যাতে ইটিপির কার্যক্রম দীর্ঘমেয়াদে টেকসই হয়।

ঝ. নীতি ও সামাজিক দায়বদ্ধতা : ETP কার্যক্রমে CSR (Corporate Social Responsibility) অন্তর্ভুক্ত করা: স্থানীয় জনগণের স্বাস্থ্য, পরিবেশ ও জীববৈচিত্র রক্ষায় CSR কর্মসূচির মাধ্যমে আরও দৃশ্যমান অবদান রাখা সম্ভব।

এ সুপারিশগুলো বাস্তবায়ন করা হলে কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ইটিপি প্লান্ট আরও কার্যকর, পরিবেশবান্ধব ও দৃষ্টান্তমূলক হয়ে উঠতে পারে।

৫.২ উপসংহার (Conclusion)

এ গবেষণায় প্রাপ্ত তথ্য ও বিশ্লেষণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, কেরু অ্যান্ড কোম্পানি লিমিটেডে স্থাপিত ETP একটি কার্যকর বর্জ্য ব্যবস্থাপনা পদ্ধতি হিসেবে প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। পরিবেশ অধিদপ্তরের মানদণ্ড অনুযায়ী পরিশোধিত বর্জ্য নিরাপদভাবে নিষ্কাশনের উপযোগী যা ভবিষ্যতে আরও উন্নত, দক্ষ এবং টেকসই পদ্ধতিতে রূপান্তরিত করার বিশাল সম্ভাবনা রয়েছে। গবেষণায় প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে সুপারিশগুলো বাস্তবায়ন করা গেলে এটি শুধু একটি সফল শিল্প ইটিপি হিসেবেই নয় বরং দেশের অন্যান্য শিল্প প্রতিষ্ঠানগুলোর জন্যও একটি রোল মডেল হতে পারে।

এ গবেষণাটি শিল্পপ্রতিষ্ঠানে ETP কার্যকারিতা মূল্যায়নের একটি বাস্তবভিত্তিক উদাহরণ। ভবিষ্যতে অন্যান্য শিল্প প্রতিষ্ঠানের জন্য এটি নীতিনির্ধারণ, প্রযুক্তি উন্নয়ন ও পরিবেশ সুরক্ষায় কার্যকর অবদান রাখতে পারে।

পরিশিষ্ট

১। ম্যানেজারদের জন্য প্রশ্ন

অংশগ্রহণকারীর নাম ঃ.....

পদের নাম ঃ.....

এ প্রতিষ্ঠানের সাথে কাজের সময়কাল ঃ.....

১. বিদ্যমান ETP তে কী কী ধাপ অনুসরণ করা হয়? (বহুনির্বাচনী - একাধিক নির্বাচন করুন)

- ☐ প্রাথমিক শোধন (Primary Treatment)
- ☐ মাধ্যমিক শোধন (Secondary Treatment)
- ☐ তৃতীয়িক শোধন (Tertiary Treatment)
- ☐ রাসায়নিক শোধন (Chemical Treatment)
- ☐ জৈব শোধন (Biological Treatment)
- ☐ কাদা/পলিথিন অপসারণ (Sludge Removal)
- ☐ জীবাণুমুক্তকরণ (Disinfection)

২. ETP থেকে দৈনিক নির্ধারিত পরিমাণ বর্জ্য শোধন করা সম্ভব হচ্ছে কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

৩. স্থানীয় জনগণের সঙ্গে ETP পরিচালনা বা পরিবেশগত বিষয় নিয়ে মতবিনিময় করা হয় কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

৪. সরকারি বা পরিবেশ বিষয়ক সংস্থাগুলোর নিয়মিত তদারকি হয় কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

হ্যাঁ হলে সংস্থার নাম লেখুনঃ

৫. আপনার প্রতিষ্ঠানে ETP বর্তমানে সক্রিয়ভাবে চালু রয়েছে কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

না হলে বিস্তারিত লেখুনঃ

৬. বর্জ্যের নির্ধারিত মান অর্জিত না হওয়ায় নিয়ন্ত্রক সংস্থা কর্তৃক কোনো ব্যবস্থার সন্মুখীন হয়েছেন কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

হ্যাঁ হলে বিস্তারিত লেখুনঃ

৭. নমুনা বিশ্লেষণের প্রাপ্ত গড় ফলাফল পরিবেশ অধিদপ্তরে পাঠানো হয় কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

৮. ETP পরিচালনায় আপনারা কী ধরণের চ্যালেঞ্জের সম্মুখীন হন? (যেমন: বাজেট, প্রযুক্তি, মানবসম্পদ, আইনগত বাধা ইত্যাদি)

☐ মূল সমস্যাগুলো উল্লেখ করুন।

৯. ETP চালুর পর প্রতিষ্ঠানটির পরিবেশগত প্রভাব ইতিবাচকভাবে পরিবর্তিত হয়েছে বলে আপনি মনে করেন কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

১০. বিদ্যমান ETP এর মান উন্নয়নে আপনার মতামত দিন।

বি.দ্র.: আপনার প্রদানকৃত তথ্য শুধুমাত্র গবেষণার উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হবে এবং গোপনীয়তা রক্ষা করা হবে।

২। রসায়নবিদদের জন্য প্রশ্ন

অংশগ্রহণকারীর নাম ঃ.....

পদের নাম ঃ.....

এ প্রতিষ্ঠানের সাথে কাজের সময়কাল ঃ.....

১. সাধারনত কোন কোন ধরনের বর্জ্য তৈরি হয়? (বহুনির্বাচনী-একাধিক নির্বাচন করুন)

- ☐ জৈব বর্জ্য
- ☐ মিশ্র বর্জ্য
- ☐ রাসায়নিক বর্জ্য
- ☐ অন্যান্য

২. ETP-তে কোন কোন রাসায়নিক পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় বলে আপনি জানেন? (বহুনির্বাচনী-একাধিক নির্বাচন করুন)

- ☐ Coagulation (জমাট বাঁধানো)
- ☐ Flocculation (ফ্লক গঠন)
- ☐ pH Neutralization
- ☐ Chlorination (জীবাণুমুক্তকরণ)
- ☐ Activated Carbon ব্যবহার
- ☐ নিশ্চিত নই

৩. আপনি কি মনে করেন কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ETP-তে রাসায়নিক শোধন পদ্ধতি সঠিকভাবে অনুসরণ করা হয়?

- ☐ হ্যাঁ
- ☐ না

৪. বর্জ্যের গুণগত বিশ্লেষণের জন্য কোন কোন প্যারামিটারগুলো টেস্ট করা হয়? (বহুনির্বাচনী-একাধিক নির্বাচন করুন)

- ☐ pH
- ☐ BOD (Biochemical Oxygen Demand)
- ☐ COD (Chemical Oxygen Demand)
- ☐ TSS (Total Suspended Solids)
- ☐ Heavy Metals
- ☐ অন্যান্য

৫. আপনার দৃষ্টিকোন থেকে ETP সিস্টেমটি দূষণ নিয়ন্ত্রণে কেমন কার্যকর?

- ☐ খুব ভালো
- ☐ কোনরকম কার্যকর
- ☐ মোটামুটি ভালো
- ☐ কার্যকর নয়

৬. কোন ধাপে বেশি দূষণ নিয়ন্ত্রণ হয়? (একটি নির্বাচন করুন)

- ☐ প্রাথমিক শোধন
- ☐ মাধ্যমিক শোধন
- ☐ তৃতীয়িক শোধন
- ☐ সব ধাপে সমান গুরুত্বপূর্ণ
- ☐ মন্তব্য নেই

৭. ETP-এর রাসায়নিক কার্যকারিতা বাড়াতে নিচের কোন সুপারিশগুলো আপনি সমর্থন করেন? ((বহুনির্বাচনী-একাধিক নির্বাচন করুন)

- ☐ উন্নত প্রযুক্তির ব্যবহার
- ☐ পরীক্ষাগারের সক্ষমতা বৃদ্ধি
- ☐ প্রশিক্ষিত জনবল নিয়োগ
- ☐ পরিবেশবান্ধব রাসায়নিক ব্যবহার
- ☐ তৃতীয় পক্ষের নিয়মিত মনিটরিং
- ☐ মন্তব্য নেই

৮. আপনার মতে, পরিশোধিত পানি পরিবেশে নিষ্কাশনের জন্য যথাযথ মান পূরণ করে কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না ☐ মন্তব্য নেই

বি.দ্র. : আপনার প্রদানকৃত তথ্য শুধুমাত্র গবেষণার উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হবে এবং গোপনীয়তা সংরক্ষণ করা হবে।

৩। ETP অপারেটরদের জন্য প্রশ্ন

অংশগ্রহণকারীর নাম ঃ.....

পদের নাম ঃ.....

এ প্রতিষ্ঠানের সাথে কাজের সময়কাল ঃ.....

১। আপনি কি প্রতিদিন নিয়মিতভাবে ETP পরিচালনার দায়িত্ব পালন করেন?

☐ হ্যাঁ ☐ না

২। ETP চালানোর আগে আপনি কি কোনো প্রশিক্ষণ পেয়েছেন?

☐ হ্যাঁ ☐ না

৩। ETP-তে প্রতিদিন নির্ধারিত সময় অনুযায়ী কার্যক্রম পরিচালিত হয় কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না ☐ কিছুটা সময়

৪। সময়মতো যন্ত্রপাতি মেরামত করা হয় কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না

৫। নিয়মিতভাবে মেশিন ও রাসায়নিক মজুদ পর্যবেক্ষণ করা হয় কি?

☐ হ্যাঁ ☐ না ☐ মাঝে মাঝে

৬। ETP পরিচালনায় কোন কোন সমস্যার সম্মুখীন হন আপনি? (বহুনির্বাচনী-একাধিক নির্বাচন করুন)

☐ রাসায়নিকের অভাব
☐ যন্ত্রপাতির ত্রুটি
☐ বিদ্যুৎ ঘাটতি
☐ প্রশিক্ষণের ঘাটতি
☐ মানবসম্পদের ঘাটতি
☐ সমস্যা নেই

৭। আপনার মতে, বর্তমানে ETP যথাযথভাবে কাজ করছে?

☐ হ্যাঁ ☐ না ☐ আংশিক

বি.দ্র.: আপনার প্রদানকৃত তথ্য শুধুমাত্র গবেষণার উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হবে এবং গোপনীয়তা সংরক্ষণ করা হবে।

৪। স্থানীয় জনগণের জন্য প্রশ

অংশগ্রহণকারীর নাম ও ঠিকানা ঃ.....

৫. আপনি কত বছর ধরে এ এলাকায় বসবাস করছেন?

- ☐ ১-৫ বছর
- ☐ ৬-১০ বছর
- ☐ ১১-২০ বছর
- ☐ ২০ বছরের বেশ

৬. আপনি কী জানেন, কেরু অ্যান্ড কোম্পানি একটি বর্জ্য পরিশোধনাগার (ETP) পরিচালনা করে?

- ☐ হ্যাঁ
- ☐ না
- ☐ কিছুটা জানি

৭. কেরু অ্যান্ড কোম্পানির বর্জ্যের কারণে আপনি কি কখনও দুর্গন্ধ বা বায়ু দূষণের শিকার হয়েছেন?

- ☐ হ্যাঁ
- ☐ না

যদি "হ্যাঁ" হয়, তবে সেটা কেমন ছিল? (অনুগ্রহ করে বর্ণনা করুন) :

৮. আপনি কি মনে করেন ETP চালু হওয়ার পর থেকে পরিবেশগত পরিস্থিতি উন্নত হয়েছে?

- ☐ হ্যাঁ, উল্লেখযোগ্যভাবে উন্নত হয়েছে
- ☐ কিছুটা উন্নত হয়েছে
- ☐ কোনো পরিবর্তন হয়নি
- ☐ অবনতি হয়েছে
- ☐ মন্তব্য নেই

বি.দ্র.: আপনার প্রদানকৃত তথ্য শুধুমাত্র গবেষণার উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হবে এবং গোপনীয়তা সংরক্ষণ করা হবে।

৫। স্থানীয় পরিবেশ কর্মীর জন্য প্রশ্ন

অংশগ্রহণকারীর নাম ও ঠিকানা ঃ.....

১। আপনি কি মনে করেন, কেরু অ্যান্ড কোম্পানির বর্জ্য ব্যবস্থাপনা পদ্ধতি পরিবেশবান্ধব?

☐ হ্যাঁ ☐ না

২. কোম্পানির সঙ্গে স্থানীয় জনগণ ও পরিবেশ সংস্থাগুলোর কার্যকর যোগাযোগ রয়েছে বলে আপনি মনে করেন?

☐ হ্যাঁ ☐ না

৩. আপনার মতে কেরু অ্যান্ড কোম্পানির ETP পরিচালনায় কোন কোন সমস্যা বা চ্যালেঞ্জ রয়েছে?

▶ প্রযুক্তিগত, অর্থনৈতিক, প্রশাসনিক বা জনসম্পৃক্ততা বিষয় উল্লেখ করুন।

.....

৪. আপনি কি মনে করেন ETP চালু হওয়ার পর থেকে পরিবেশগত পরিস্থিতি উন্নত হয়েছে?

☐ হ্যাঁ, উল্লেখযোগ্যভাবে উন্নত হয়েছে
☐ কিছুটা উন্নত হয়েছে
☐ কোনো পরিবর্তন হয়নি
☐ অবনতি হয়েছে
☐ মন্তব্য নেই

বি.দ্র.: আপনার প্রদানকৃত তথ্য শুধুমাত্র গবেষণার উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হবে এবং গোপনীয়তা সংরক্ষণ করা হবে।

রেফারেন্স

1. Ahmed, K. & Hossain, S. (2019). Assessment of ETP Performance in Bangladeshi Industries. Journal of Environmental Research, 18(2), 45-54.
2. Ahmed, M. F. & Rahman, M. M. (2000). Water supply and sanitation: Rural and low-income urban communities. Dhaka: ITN-Bangladesh, Center for Water Supply and Waste Management, BUET.
3. Department of Environment (DoE), Bangladesh. (2022). Environmental Conservation Rules, 1997 (Amended). Ministry of Environment, Forest and Climate Change, Government of the People's Republic of Bangladesh.
4. Department of Environment, BD (2020). Annual Environmental Report.
5. Hasan, M. N., Islam, S., & Abedin, M. Z. (2022). Performance Evaluation of Textile Effluent Treatment Plant: Bangladesh Perspective. International Journal of Engineering Materials and Manufacture, 7(1), 25–34.
6. Hasan, M. et al. (2020). Wastewater Treatment in Sugar Industries: A Case Study on Carew & Co. Bangladesh Journal of Industrial Research, 31(1), 22-34.
7. Maheswari, R. et al. (2017). Performance Evaluation of Sugar Mill ETPs in India. Indian Journal of Environmental Science, 45(1), 67-72.
8. Fernando, A. et al. (2015). ETP Efficiency Analysis in Sri Lankan Distilleries. South Asian Journal of Water Management, 7(3), 101-113.
9. Metcalf & Eddy (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.
10. Islam, M. N. et al. (2015). Status of ETP in Industrial Areas of Dhaka. Journal of Environmental Science and Natural Resources, 8(1), 57–63.
11. Islam, M. & Sultana, R. (2018). Environmental Impact of Molasses-based Effluent in Sugar Mills. Journal of Chemical and Environmental Engineering, 11(4), 55–63.
12. Hasan, M. et al. (2020). Wastewater Treatment in Sugar Industries: A Case Study on Carew & Co. Bangladesh Journal of Industrial Research, 31(1), 22-34.
13. UNEP (2018). Wastewater Management Guidelines for Developing Countries. United Nations Environment Programme.
14. UNIDO (2019). Industrial Wastewater Audit Framework. United Nations Industrial Development Organization.
15. WHO (2017). Guidelines for the Safe Use of Wastewater.