পৌরসভা পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ কাজে ডিপিএইচই'র সহায়ক ম্যানুয়াল

Manual for DPHE to Support Pourashava on O&M of Piped Water Supply System



জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর

স্থানীয় সরকার পল্লী উন্নয়ন ও সমবায় মন্ত্রণালয়

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার

২০২৬

পৌরসভা পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ কাজে ডিপিএইচই'র সহায়ক ম্যানুয়াল

Manual for DPHE to Support Pourashava on O&M of Piped Water Supply System

জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর

স্থানীয় সরকার পল্লী উন্নয়ন ও সমবায় মন্ত্রণালয়

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার

২০২৬

মুখবন্ধ

জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর (ডিপিএইচই) পানি সরবরাহ ও স্যানিটেশন সম্পর্কিত উন্নয়ন প্রকল্প বাস্তবায়নের প্রধান সরকারি সংস্থা। পানি সরবরাহ ও স্যানিটেশন প্রকল্পের পরিকল্পনা প্রণয়ন, বাস্তবায়ন, এবং পর্যবেক্ষণে সরকারকে পরামর্শমূলক সহায়তাও প্রদান করে। দেশে একটি টেকসই পানি সরবরাহ ও স্যানিটেশন ব্যবস্থা নিশ্চিতকরণের লক্ষ্যে ডিপিএইচই স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমুহকে (এলজিআই) পানি সরবরাহ ও স্যানিটেশন সুবিধাগুলির পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণে সহায়তা করার দায়িত্বও পালন করে। জনসংখ্যা বৃদ্ধির কারণে সৃষ্ট প্রতিবন্ধকতা সত্ত্বেও, সকলের জন্য পানির অধিকার নিশ্চিত করা এবং উন্নত মানের পরিষেবার চাহিদা ক্রমান্বয়ে পূরণ করাই ডিপিএইচই-এর পথনির্দেশক নীতি।

বাস্তবায়িত অসংখ্য উদ্যোগের মধ্যে ডিপিএইচই জাপান আন্তর্জাতিক সহযোগিতা সংস্থা (জাইকা)-এর সহায়তায় "পানি সরবরাহ সংক্রান্ত সামগ্রিক দক্ষতা ব্যবস্থাপনা উন্নয়ন (পিকম্যাক-ডিপিএইচই-পর্যায়-২)" শীর্ষক একটি কারিগরি সহায়তা প্রকল্প ২০২২ সালের ফেব্রুয়ারি থেকে ২০২৬ সালের জুন পর্যন্ত বাস্তবায়ন করছে। এই প্রকল্পে তিনটি প্রধান ফলাফল নির্ধারণ করা হয়েছিল, যার মধ্যে অন্যতম ছিল "পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণে (O&M) পৌরসভাকে সহায়তা করার জন্য ডিপিএইচই-এর ম্যানুয়াল" প্রস্তুত করা। ডিপিএইচই এবং জাইকার বিশেষজ্ঞ দল যৌথভাবে এই O&M সহায়ক ম্যানুয়ালটি তৈরি করেছে।

এই পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ সহায়ক ম্যানুয়ালটির প্রাথমিক উদ্দেশ্য হলো পৌরসভা (পৌরসভা এবং সিটি কর্পোরেশন) দ্বারা বাস্তবায়িত পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য যথাযথ কারিগরি সহায়তা প্রদানের লক্ষ্যে ডিপিএইচই প্রকৌশলীদের জ্ঞান ও সক্ষমতা বৃদ্ধি করা। এর মাধ্যমে আশা করা যায় যে, ডিপিএইচই প্রকৌশলীরা ভবিষ্যতে পৌরসভাগুলিকে O&M কার্যপদ্ধতির বিষয়ে অধিকতর কার্যকরভাবে নির্দেশনা প্রদান করতে পারবেন।

এই সহায়ক ম্যানুয়ালটিতে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার মূল কারিগরি দিকগুলির পাশাপাশি টেকসই পরিষেবা প্রদানের লক্ষ্যে অপরিহার্য পরিচালনগত দিকগুলিও অন্তর্ভুক্ত রয়েছে, যার মধ্যে আর্থিক ব্যবস্থাপনা, ট্যারিফ সংগ্রহ এবং রাজস্ব বর্হিভূত পানির ব্যবহার হ্রাস অন্তর্ভুক্ত। এই প্রকল্পের অধীনে, এই ম্যানুয়ালের বিষয়বস্তুর আলোকে প্রশিক্ষকদের প্রশিক্ষণ (ToT) কার্যক্রম ইতোমধ্যে সম্পন্ন হয়েছে। প্রশিক্ষিত প্রকৌশলীরা ডিপিএইচই-এর মাঠ পর্যায়ের প্রকৌশলীদের জন্য ভবিষ্যৎ প্রশিক্ষণ কর্মসূচি পরিচালনায় অগ্রগন্য ভূমিকা পালন করবে বলে আশা করা হচ্ছে। এই ম্যানুয়ালটি সংশ্লিষ্ট প্রশিক্ষণ কার্যক্রমের জন্য একটি হ্যান্ডবুক হিসেবে কাজ করার পাশাপাশি পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণে স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমুহকে (এলজিআই) সহায়তা করার ক্ষেত্রে এটি অনুসরণ করার উদ্দেশ্যে প্রণয়ন করা হয়েছে।

অধিকন্তু, এই সহায়ক ম্যানুয়ালটি একটি গতিশীল ডকুমেন্ট এবং প্রযুক্তির পরিবর্তন, সেইসাথে আইন ও প্রবিধানের সংশোধনের প্রতিফলন ঘটাতে প্রয়োজন অনুযায়ী এটি হালনাগাদ করা হবে। যদি এই ম্যানুয়ালের বিষয়বস্তু এবং বিদ্যমান অনুশীলনের মধ্যে কোন অসামঞ্জস্য চিহ্নিত করা হয়, তবে যথাযথ পদ্ধতির মাধ্যমে অবিলম্বে তার সমাধান করা হবে এবং সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা হবে।

পরিশেষে, আমি পিকম্যাক-ডিপিএইচই-২ প্রকল্প টিমকে তাদের নিবেদিত এবং সমন্বিত প্রচেষ্টার জন্য আন্তরিক ধন্যবাদ ও কৃতজ্ঞতা জানাচ্ছি।

14/5/26

মোঃ আবদুল আউয়াল
প্রধান প্রকৌশলী, ডিপিএইচই
বাংলাদেশ সরকার।

কৃতজ্ঞতা স্বীকার

বাংলাদেশ সরকার 'পানি সরবরাহ ও স্যানিটেশন খাত উন্নয়ন পরিকল্পনা (২০২৬-২০৪০)' (এসডিপি)-এর অধীনে কর্মপরিকল্পনা বাস্তবায়নের মাধ্যমে মধ্যম হতে দীর্ঘমেয়াদী প্রেক্ষাপটে পানি সরবরাহের পরিধি উন্নত করছে। জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর (ডিপিএইচই)-এর প্রাতিষ্ঠানিক সক্ষমতা শক্তিশালীকরণ, বিশেষ করে স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহকে (এলজিআই) সহায়তা প্রদান, আন্তঃসংস্থা সমূহের মধ্যে সমন্বয় বৃদ্ধি এবং উন্নয়ন কর্মসূচি বাস্তবায়নে সক্ষমতা বৃদ্ধির উপর এসডিপি গুরুত্বারোপ করে থাকে।

সে প্রেক্ষিতে পৌরসভার পাইপবাহিত পানি সরবরাহ সেবায় সহায়তাকারী ডিপিএইচই' তার সক্ষমতা বৃদ্ধির লক্ষ্যে "পৌরসভা পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ কাজে ডিপিএইচই'র সহায়ক ম্যানুয়াল" টি প্রণয়নে উৎসাহিত হয়েছে। এই ম্যানুয়ালটি জাপান সরকারের কারিগরি সহযোগিতায় "জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তরের পানি সরবরাহ সংক্রান্ত সামগ্রিক দক্ষতা ব্যবস্থাপনা উন্নয়ন প্রকল্প (ফেজ-২)" এর অধীনে প্রনয়ণ করা হয়েছে।

এই ম্যানুয়াল প্রণয়নে প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে সহায়তাকারী সকলের নাম উল্লেখ করা অত্যন্ত দুরুহ, তবুও আমি আন্তরিকভাবে তাদের সকলের প্রতি কৃতজ্ঞতা প্রকাশ করছি। জাইকা বিশেষজ্ঞ দল এবং ডিপিএইচই প্রকৌশলীদের নিবেদিত প্রচেষ্টায় এটি তৈরি করা হয়েছে এবং মাঠ পর্যায়ে ও সদর দপ্তরে প্রত্যক্ষ অংশগ্রহণে আলোচনা ও কারিগরি পর্যালোচনার মাধ্যমে চূড়ান্ত করা হয়েছে। এর বিষয়বস্তু বাংলাদেশের প্রকৃত পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) পরিস্থিতিকে প্রতিফলিত করেছে এবং এটি ডিপিএইচই-এর চাহিদার উপর ভিত্তি করে তৈরি। ম্যানুয়ালটি কারিগরি কার্যনির্বাহী গ্রুপ (TWG) দ্বারাও পর্যালোচিত ও সুপারিশকৃত হয়েছে। এই পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ সহায়ক ম্যানুয়ালটি চূড়ান্তকরণে ডিপিএইচই প্রকৌশলীদের সমন্বয়সাধন ও একত্রিত করতে সহায়তা প্রদান করার জন্য আমি ডিপিএইচই-এর প্রধান প্রকৌশলী জনাব মো: আবদুল আওয়ালের প্রতি বিশেষভাবে কৃতজ্ঞ। আমি প্রাক্তন প্রধান প্রকৌশলীবৃন্দ যথা- জনাব মো: সাইফুর রহমান, জনাব মো: সারওয়ার হোসেন, জনাব তুষার মোহন সাধু খাঁ এবং জনাব মীর আবদুস সাহিদের অবদানের কথাও স্বীকার করতে চাই।

ডিপিএইচই-এর সকল অতিরিক্ত প্রধান প্রকৌশলীবৃন্দ, তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলী এবং নির্বাহী প্রকৌশলীদের প্রতি আমার কৃতজ্ঞতা। মাঠ পরিদর্শনের সময় সহযোগিতার জন্য সংশ্লিষ্ট পৌরসভা ও সিটি কর্পোরেশনের কর্মকর্তাদের এবং তাদের সহায়তার জন্য সংশ্লিষ্ট ডিপিএইচই-এর মাঠ পর্যায়ের কর্মকর্তাদের প্রতিও আমি কৃতজ্ঞ। আমি কারিগরি কার্যনির্বাহী গ্রুপ (TWG)-এর সকল সদস্য এবং পর্যালোচকবৃন্দ, বিশেষত: ল্যাবরেটরী ইকুইপমেন্ট (Equipment) বিভাগের নির্বাহী প্রকৌশলী জনাব মনজুর মোশাররফ, নারায়ণগঞ্জ জেলার প্রাক্তন নির্বাহী প্রকৌশলী জনাব মোহাম্মদ মাহমুদ খান, এসআইআর (SIR) বিভাগের প্রাক্তন নির্বাহী প্রকৌশলী জনাব শিশির কুমার বিশ্বাস, বিএমডবিউএসএসপি (BMWSSP)-এর উপ-প্রকল্প পরিচালক জনাব মাহমুদুর রশীদ মজুমদার, ডিপিএইচই-এর প্রাক্তন নির্বাহী প্রকৌশলী জনাব খান মুহম্মদ গোলাম রব্বানী, রংপুর জেলার নির্বাহী প্রকৌশলী জনাব পঙ্কজ কুমার সাহা এবং সকল প্রশিক্ষক প্রশিক্ষণে (ToT) অংশগ্রহণকারীবৃন্দকে তাদের মূল্যবান মতামতের জন্য কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছি।

বিশেষ করে, এই ম্যানুয়ালটি প্রণয়নে কঠোর পরিশ্রমের জন্য আমি জাইকা বিশেষজ্ঞ জনাব ইউসুকে আন্দো, জনাব ইউসুকে ইয়ামাগুচি এবং জনাব হিদেআকি ফুশিমিকে আন্তরিক কৃতজ্ঞতা ও ধন্যবাদ জানাই।

প্রয়োজনের সময় মূল্যবান সহযোগীতার জন্য আমি জাইকা বিশেষজ্ঞ জনাব এস এম ইহতেশামুল হক- এর প্রতি কৃতজ্ঞ এবং বাংলা অনুবাদের কাজের জন্য তাঁকে ও সহকারী প্রকৌশলী জনাব সেলিম হোসেন ভূঞাকে ধন্যবাদ জানাই।

স্থানীয় সরকার বিভাগ, পলিসি সাপোর্ট শাখা, পরিকল্পনা কমিশন, অর্থনৈতিক সম্পর্ক বিভাগ, বাংলাদেশ প্রকৌশল ও প্রযুক্তি বিশ্ববিদ্যালয়ের সকল জেসিসি (JCC) সদস্যবৃন্দকে তাদের মূল্যবান মতামতের জন্য আমি কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছি।

আমি টিম লিডার মিস আয়া কাদোকামি এবং এই প্রকল্পের সকল জাইকা বিশেষজ্ঞসহ সংশ্লিষ্ট সকল জাইকা কর্মকর্তা এবং যারা সময়ে সময়ে জেসিসি সভায় উপস্থিত ছিলেন তাদের প্রতি আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছি। আমি আমার সহকর্মী, প্রকল্প ব্যবস্থাপক মাহবুবা মুনমুনকেও তার সহযোগিতার জন্য ধন্যবাদ জানাই।

পরিশেষে, আমি আশা করি এই পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ সহায়ক ম্যানুয়ালটি ডিপিএইচই এবং পানি সরবরাহ খাতের অন্যান্য সংস্থাগুলি কর্তৃক ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হবে এবং উন্নত সেবা প্রদানে অবদান রাখবে।

মোহাম্মদ আনোয়ার ইউসুফ
প্রকল্প পরিচালক
জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তরের পানি সরবরাহ সংক্রান্ত সামগ্রিক
ব্যবস্থাপনা দক্ষতা উন্নয়ন প্রকল্প (ফেজ-২)
জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর

সূচিপত্র

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
অধ্যায়-১	**ভূমিকা**	১-১
১.১	পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সাংগঠনিক কাঠামো	১-১
১.২	পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের সারসংক্ষেপ	১-৩
১.২.১	হিসাব বহির্ভূত পানি (UFW)/রাজস্ব বহিভূত পানি (NRW)	১-৪
১.২.২	পরিমাণগত পানির ব্যবহার	১-৫
১.২.৩	পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের চ্যালেঞ্জ সমূহ	১-৫
১.২.৪	স্কাডা সিস্টেম	১-৭
১.২.৫	পাইপবাহিত পানি সরবরাহের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের আইনি কাঠামো	১-৯
১.৩	পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ ম্যানুয়াল এর প্রয়োজনীয়তা	১-১০
১.৪	ম্যানুয়ালের ব্যবহার	১-১১
১.৫	বিষয়বস্তুর কাঠামো	১-১২
১.৬	এই সহায়ক ম্যানুয়াল দ্বারা ডিপিএইচই কিভাবে পৌরসভাকে সহায়তা প্রদান করবে	১-১২
অধ্যায়-২	**পানি সরবরাহের মৌলিক পরিকল্পনা (নক্সার মানদন্ড) এবং কার্যকর পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের কৌশল**	২-১
২.১	পৌরসভার পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিকল্পনার মূল বিবেচ্য বিষয়সমূহ	২-১
২.১.১	পৌর পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিকল্পনা ও নক্সা সংক্রান্ত বিবেচনাসমূহ	২-১
২.১.২	পৌর পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় দৈনিক পানির চাহিদা ও সরবরাহ পরিকল্পনা	২-১
২.১.৩	পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার মৌলিক অবকাঠামো ও পরিশোধন প্রক্রিয়া	২-৪
২.২	কার্যকর পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের কৌশল	২-৫
২.২.১	রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমের উদ্দেশ্য	২-৮
২.২.২	রক্ষণাবেক্ষণের প্রকার ও শ্রেণিবিন্যাশ	২-৮
২.২.৩	সিস্টেম পুনর্বাসন ও পুন:নির্মাণ	২-৮
২.২.৪	রক্ষণাবেক্ষণের পদ্ধতি নির্বাচনের মানদন্ড	২-৯
২.২.৫	রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমের ধাপসমূহ	২-১০
২.২.৬	বাস্তবায়ন পদ্ধতি	২-১০
২.২.৭	গুণগতমান নিশ্চয়তা ও নিয়ন্ত্রণ	২-১০
২.২.৮	তদারকি ও পর্যবেক্ষণ প্রক্রিয়া	২-১১
২.২.৯	জরুরী প্রতিক্রিয়া পরিকল্পনা	২-১১
২.২.১০	পানি ও শক্তি নিরীক্ষা পরিচালনা	২-১১
২.২.১১	আর্থিক ও বাজেট ব্যবস্থাপনা	২-১২
২.৩	পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ বাস্তবায়নের সীমাবদ্ধতা এবং প্রতিবন্ধকতা	২-১৩
অধ্যায়-৩	**পানি আহরণ (ইনটেক) এর সুবিধাসমূহ**	৩-১
৩.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৩-১
৩.১.১	**ইনটেকের ধরণ**	৩-১
৩.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৩-৭
৩.২.১	ইনটেক ব্যবস্থার ত্রুটি নির্ণয়	৩-৭
৩.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৩-১৭
৩.৪	পরিদর্শন	৩-১৮

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
অধ্যায়-৪	**পাম্প**	৪-১
৪.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৪-১
৪.১.১	পাম্পের শ্রেণিবিন্যাস	৪-১
৪.১.২	পাম্পিং সরঞ্জামের উপাদানসমূহ	৪-৩
৪.১.৩	পাম্পের কর্মক্ষমতা (পারফরম্যান্স) কার্ভ	৪-৫
৪.১.৪	পাম্পের বিশেষ ঘটনাবলী	৪-১১
৪.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৪-১৩
৪.২.১	পরিচালনা সম্পর্কিত দিক	৪-১৩
৪.২.২	পাম্পের ত্রুটি নির্ণয়	৪-১৩
৪.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৪-১৭
৪.৪	পরিদর্শন	৪-১৮
৪.৫	অনুশীলন	৪-২০
অধ্যায়-৫	**র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা**	৫-১
৫.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৫-১
৫.১.১	স্ট্যান্ডার্ড ফ্লো সিস্টেম ও নীতি	৫-১
৫.১.২	প্রাক-সেডিমেন্টেশন	৫-৩
৫.১.৩	রাফিং ফিল্টার	৫-৩
৫.১.৪	এ্যারেশন (আর্সেনিক ও লোহা অপসারণ)	৫-৬
৫.১.৫	ফ্লোকুলেশন	৫-৭
৫.১.৬	সেডিমেন্টেশন	৫-১০
৫.১.৭	র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার	৫-১২
৫.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৫-১৫
৫.২.১	পরিচালনা সম্পর্কিত দিক	৫-১৫
৫.২.২	ত্রুটি নির্ণয়	৫-১৫
৫.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৫-৩৪
৫.৪	পরিদর্শন	৫-৩৬
অধ্যায়-৬	**স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা**	৬-১
৬.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৬-১
৬.১.১	স্ট্যান্ডার্ড ফ্লো সিস্টেম এবং নীতি	৬-২
৬.১.২	সাধারণ সেডিমেন্টেশন	৬-২
৬.১.৩	স্লো ফিল্ট্রেশন	৬-৩
৬.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৬-৫
৬.২.১	পরিচালনা সম্পর্কিত দিক	৬-৫
৬.২.২	ত্রুটি নির্ণয়	৬-৫
৬.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৬-১০
৬.৪	পরিদর্শন	৬-১১
অধ্যায়-৭	**ক্লোরিনেশন**	৭-১
৭.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৭-১
৭.১.১	ফ্রি এবং কম্বাইন্ড ক্লোরিন	৭-১
৭.১.২	ডোজ রেট এবং ব্রেক পয়েন্ট	৭-১

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
৭.১.৩	ক্লোরিনের প্রকারভেদ এবং ডোজিং যন্ত্রপাতি	৭-৪
৭.১.৪	ডোজ পয়েন্টসমূহ	৭-৭
৭.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৭-১১
৭.২.১	পরিচালনা দিক	৭-১১
৭.২.২	ত্রুটি নির্ণয়	৭-১২
৭.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৭-১৪
৭.৪	পরিদর্শন	৭-১৫
অধ্যায়-৮	**পাইপলাইন**	৮-১
৮.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৮-১
৮.১.১	পাইপের উপকরণ এবং এদের বৈশিষ্ট্য	৮-১
৮.১.২	সহযোগী উপকরণ (ভাল্‌ভ, নন রিটার্ন ভাল্‌ভ, এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ, ওয়াটার মিটার, প্রেসার গেজ)	৮-৯
৮.১.৩	স্থাপন	৮-১৩
৮.১.৪	সার্ভিস লাইন সংযোগ	৮-১৪
৮.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৮-১৬
৮.২.১	পরিচালনা	৮-১৬
৮.২.২	ত্রুটি নির্ণয়	৮-১৭
৮.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৮-২৬
৮.৪	পরিদর্শন	৮-২৮
অধ্যায়-৯	**ট্যাংক ও জলাধার**	৯-১
৯.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	৯-১
৯.১.১	উপকরণ	৯-১
৯.১.২	ধারণক্ষমতা	৯-৩
৯.১.৩	আনুষঙ্গিক উপকরণ (পাইপ, সিঁড়ি, পানির লেভেল নির্দেশক ইত্যাদি)	৯-৩
৯.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট ও নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	৯-৫
৯.২.১	পরিচালনা দিক	৯-৫
৯.২.২	ত্রুটি নির্ণয়	৯-৫
৯.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	৯-১৭
৯.৪	পরিদর্শন	৯-১৮
অধ্যায়-১০	**পানি সরবরাহ সুবিধার জন্য বিদ্যুৎ**	১০-১
১০.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	১০-১
১০.১.১	সারসংক্ষেপ	১০-১
১০.১.২	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি	১০-২
১০.১.৩	সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম	১০-৬
১০.১.৪	ধারাবাহিক নিয়ন্ত্রণ (কন্ট্রোল প্যানেল)	১০-৭
১০.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	১০-৯
১০.২.১	ত্রুটি নির্ণয়	১০-৯
১০.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	১০-১৯
১০.৪	পরিদর্শন	১০-২০

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
অধ্যায়-১১	**নন-রেভিনিউ ওয়াটার (NRW)**	১১-১
১১.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	১১-১
১১.১.১	নন রেভিনিউ ওয়াটার	১১-১
১১.১.২	পানির ভারসাম্যতা	১১-২
১১.১.৩	বাণিজ্যিক অপচয়	১১-৩
১১.১.৪	প্রকৃত অপচয় (ভৌত অপচয়)	১১-৪
১১.১.৫	ডিএমএ (District Metering Area)	১১-৫
১১.২	নিশ্চিতকরণ বিষয় ও নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	১১-৬
১১.২.১	পরিচালনাগত দিক	১১-৬
১১.২.২	ত্রুটি নির্ণয়	১১-৭
১১.৩	স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান	১১-৮
১১.৪	পরিদর্শন	১১-৯
অধ্যায়-১২	**পানির ট্যারিফ এবং আদায়**	১২-১
১২.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	১২-১
১২.১.১	পানি ট্যারিফ ব্যবস্থা	১২-২
১২.১.২	বিলিং	১২-৮
১২.১.৩	বকেয়া পানির বিল ব্যবহারকারীদের ব্যবস্থাপনা	১২-১১
১২.১.৪	**ট্যারিফ ব্যবস্থাপনা**	১২-১১
১২.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	১২-১৪
১২.২.১	ত্রুটি নির্ণয়	১২-১৪
অধ্যায়-১৩	**আর্থিক ব্যবস্থাপনা**	১৩-১
১৩.১	মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা	১৩-১
১৩.১.১	আর্থিক বিবরণী	১৩-১
১৩.১.২	অবচয়	১৩-৬
১৩.২	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা	১৩-৭
১৩.২.১	ত্রুটি নির্ণয়	১৩-৭
১৩.৩	পরিদর্শন	১৩-১১
	পরিশিষ্ট	
পরিশিষ্ট-১	পৌরসভা পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) কর্ম পরিকল্পনা ফরমেট	পরিশিষ্ট ১-১
পরিশিষ্ট-২	পাম্প পরিদর্শনের দৈনিক লগবই	পরিশিষ্ট ২-১
পরিশিষ্ট-৩	র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের দৈনিক লগবই	পরিশিষ্ট ৩-১
পরিশিষ্ট-৪	তড়িৎ-ভৌতবিদ্যা এবং সার্কিট	পরিশিষ্ট ৪-১
পরিশিষ্ট-৫	NRW হ্রাসের অতিরিক্ত কার্যক্রম	পরিশিষ্ট ৫-১

টেবিল	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
২.১	খাবার পানির গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটারসমূহের মানদন্ড	২-৩
৩.১	ইনটেকের সমস্যা সমাধানের তালিকা	৩-১৭
৩.২	পাম্পের নলকূপের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৩-১৮
৪.১	একক প্রবাহের হার রূপান্তরের তালিকা টেবিল	৪-৫
৪.২	হেড ও প্রেসার ইউনিটের রূপান্তর	৪-৬
৪.৩	পারফরম্যান্স কার্ভ অনুযায়ী ত্রুটি নির্ণয়ের ফলাফল	৪-১৬
৪.৪	পারফরম্যান্স কার্ভ অনুযায়ী কারেন্ট ও ভোল্টেজ এর ত্রুটি নির্ণয়ের ফলাফল	৪-১৭
৪.৫	পাম্পগুলির সমস্যা সমাধান	৪-১৮
৪.৬	পাম্পের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৪-১৯
৫.১	আয়তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিনের নকশার মানদন্ড	৫-১২
৫.২	বালির সাধারণ স্পেসিফিকেশন	৫-১৪
৫.৩	প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরে কাদামাটি স্তরের গভীরতার অনুপাত এবং কার্যক্ষম অবস্থা	৫-১৯
৫.৪	ঘোলাটেভাবের লক্ষ্যমান	৫-২৯
৫.৫	সারফেস ও উইয়ার (Weir) লোডিং	৫-৩০
৫.৬	ব্যাকওয়াশ যাচাইয়ের নির্দেশক	৫-৩৪
৫.৭	র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার সমস্যা সমাধান	৫-৩৪
৫.৮	র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৫-৩৬
৬.১	সাধারণ সেডিমেন্টেশনের স্বাভাবিক স্পেসিফিকেশন	৬-২
৬.২	বালির স্বাভাবিক স্পেসিফিকেশন	৬-৪
৬.৩	সাধারণ সেডিমেন্টেশন, পুকুরের কাদামাটির গভীরতা এবং কার্যক্ষম অবস্থার অনুপাত	৬-৭
৬.৪	স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার সমস্যা সমাধান	৬-১০
৬.৫	স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৬-১১
৭.১	রাসায়নিকের ক্লোরিন খরচ (consumption)	৭-১
৭.২	ক্লোরিনের বিভিন্ন অবস্থার বৈশিষ্ট্য	৭-৪
৭.৩	ক্লোরিনেশন এর সমস্যা সমাধান	৭-১৪
৭.৪	র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার পাম্পের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৭-১৫
৮.১	প্রতিটি পাইপের বৈশিষ্ট্য	৮-৭
৮.২	বিভিন্ন পাইপের আয়ুষ্কাল	৮-১৭
৮.৩	পাইপলাইন এর সমস্যা সমাধান	৮-২৬
৮.৪	পাইপলাইনের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৮-২৮
৯.১	উপকরণ ও আয়ুষ্কাল	৯-১১
৯.২	ট্যাংকসমূহের সমস্যা সমাধান	৯-১৭
৯.৩	ট্যাংকের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম	৯-১৮
১০.১	ইনডাকশন মোটরের গঠন	১০-৩
১০.২	বিদ্যুৎ চলাচল সমস্যার ঘটনা এবং কারণ	১০-১১
১০.৩	মোটর/নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের ক্ষতির ঘটনা এবং কারণ	১০-১২
১০.৪	দৈনন্দিন/পর্যায়ক্রমিক অবস্থার জন্য পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা	১০-১২

টেবিল	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
১০.৫	পাম্প ও মোটর খারাপ এর ক্ষেত্রে প্রতিকার ব্যবস্থা সমূহ	১০-১৩
১০.৬	জেনারেটরের পরিচালনা অবস্থা নিশ্চিতকরণ	১০-১৪
১০.৭	জেনারেটর খারাপ হওয়ার নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট	১০-১৪
১০.৮	জেনারেটরের পরিচালন অবস্থার জন্য পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা	১০-১৪
১০.৯	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি সমূহের সমস্যা সমাধান	১০-১৯
১০.১০	দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক বৈদ্যুতিক উপকরণ এর পরিদর্শন তালিকা	১০-২০
১১.১	NRW-এর হার অনুযায়ী পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনার বর্ণনাকৃত পরিস্থিতি	১১-১
১১.২	ওয়াটার ব্যালান্স টেবিল	১১-২
১১.৩	NRW হ্রাসের সমস্যা সমাধান	১১-৮
১১.৪	NRW সম্পর্কিত দৈনিক, মাসিক এবং বাৎসরিক পরিদর্শনের বিষয়সমূহ ও মানদন্ড	১১-৯
১২.১	মিটার-ভিত্তিক পানির ট্যারিফ গঠন	১২-৪
১২.২	পানির ট্যারিফের উদাহরণ	১২-৫
১২.৩	মিটার-ভিত্তিক পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার সুবিধা ও অসুবিধা	১২-৬
১২.৪	নির্ধারিত হারের উদাহরণ	১২-৬
১২.৫	নির্ধারিত হার ভিত্তিক পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার সুবিধা ও অসুবিধা	১২-৭
১২.৬	পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার অর্থনৈতিক দক্ষতার বৈশিষ্ট্য	১২-৭
১২.৭	পানির ট্যারিফ রেয়াত ও ছাড়ের ক্ষেত্রসমূহ	১২-১২
১২.৮	পানি ট্যারিফ আদায়ের হার গণনার পদ্ধতি	১২-১৩
১৩.১	লাভ ও ক্ষতির বার্ষিক হিসাবের উদাহরণ	১৩-৩
১৩.২	ব্যালেন্স শীট ফরমেট এর উদাহরণ	১৩-৪
১৩.৩	নগদ লেনদেন বিবরণী (C/S)-ফরমেট এর উদাহরণ	১৩-৫
১৩.৪	সরলরেখা অবচয় হার এর উদাহরণ	১৩-৬
১৩.৫	ত্বরান্বিত অবচয় হার এর উদাহরণ	১৩-৭
১৩.৬	পানি সরবরাহের জন্য আর্থিক বিশ্লেষণের উদাহরণ	১৩-৮

চিত্র	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
১.১	পাইপড নেটওয়ার্ক এবং পাইপড ব্যতিত নেটওয়ার্ক ভিত্তিক পানি সরবরাহ ব্যবস্থা বিশিষ্ট পৌরসভার	১-২
১.২	SCADA এর প্রধান উপাদান সমূহ	১-৮
১.৩	বিয়য়বস্তুর কাঠামো	১-১৩
২.১	একটি শহরের ঘণ্টাভিত্তিক পানি চাহিদার গ্রাফ	২-৪
২.২	পরিশোধন প্রযুক্তিসহ ভূপৃষ্ঠস্থ এবং ভূগর্ভস্থ পানি সরবরাহের প্রবাহ চিত্র	২-৬
২.৩	পরিশোধন প্রযুক্তিসহ ভাল গুণগতমানের ভূগর্ভস্থ পানি সরবরাহের প্রবাহ-চিত্র	২-৭
৩-১	পানি চক্র এবং অগভীর ও গভীর নলকূপ	৩-১
৩.২	পাওয়ার ড্রিলিং	৩-২
৩.৩	ম্যানুয়াল ড্রিলিং	৩-২
৩.৪	সাধারন উৎপাদক নলকূপ	৩-২
৩.৫	একাধিক স্ক্রিনসহ ইনভার্টেড নলকূপ	৩-২
৩.৬	উৎপাদক নলকূপের জন্য সাবমার্সিবল মোটর পাম্প যন্ত্রাংশ এবং পাম্পের গঠন	৩-৩
৩.৭	ভাসমান ইনটেক পাম্প	৩-৪
৩.৮	ভাসমান ইনটেক এর গঠন	৩-৫
৩.৯	স্থির ইনটেক গঠনের ধরণ	৩-৬
৩.১০	নলকূপ নিরীক্ষণের জন্য যন্ত্রপাতি ও পরিমাপের উপকরণ সমূহ	৩-৮
৩.১১	বন্ধ ফিল্টার	৩-৯
৩.১২	ফিল্টার পরিষ্কার পদ্ধতিসমূহের ধারণা	৩-১০
৩.১৩	ফিল্টার বন্ধ ও পরিষ্কার অবস্থা	৩-১০
৩.১৪	নলকূপ পুনরুজ্জীবিতকরণ চাপ প্রয়োগ ও চাপ মুক্তকরণ পদ্ধতি	৩-১১
৩.১৫	নলকূপে তলানি জমা	৩-১২
৩.১৬	বেইলার দ্বারা বালির জমাট বাঁধা অপসারণ	৩-১৩
৩.১৭	সংকুচিত বায়ু দ্বারা বালি অপসারণ	৩-১৩
৩.১৮	নদীর ঐতিহাসিক অবস্থা এবং পানি বিহীন ইনটেকের জায়গা	৩-১৫
৩.১৯	ইনটেক কুচরিপানা দ্বারা বেষ্টিত	৩-১৫
৩.২০	পাম্প সাকশন সেট	৩-১৬
৩.২১	ইনটেকে বালি জমা	৩-১৬
৪.১	বিভিন্ন ধরনের সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প	৪-২
৪.২	সারফেস মোটর পাম্প ব্যবস্থার আদর্শ কাঠামো	৪-৩
৪.৩	নলকূপে সাবমার্সিবল মোটর পাম্প এর আদর্শ কাঠামো	৪-৪
৪.৪	প্রকৃত হেড	৪-৬
৪.৫	পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভের উদাহরণ	৪-১১
৪.৬	নেগেটিভ প্রেসারে সাকশন পাইপ	৪-১১
৪.৭	ক্ষতিগ্রস্থ ইমপেলার	৪-১১
৪.৮	ওয়াটার হ্যামার ঘটনার পাইপের ধরণ	৪-১৩
৪.৯	ওয়াটার হ্যামারের নেতিবাচক চাপের কারনে ক্ষতিগ্রস্থ নমনীয় জয়েন্ট	৪-১৩
৪.১০	যে সকল যন্ত্রসমূহ (হলুদ রং) হতে প্রয়োজনীয় তথ্য সংগ্রহ করা হয়	৪-১৪
৪.১১	পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভে বিভিন্ন পরিচালনা পয়েন্টের উদাহরণ	৪-১৬
৫.১	ভূপৃষ্ঠস্থ পানি পরিশোধনাগারের ছবি	৫-১

চিত্র	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
৫.২	নদীর ইনটেকে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা	৫-২
৫.৩	আর্সেনিক ও লোহা অপসারণে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা	৫-২
৫.৪	প্রাক সেডিমেন্টেশন পুকুর	৫-৩
৫.৫	রাফিং ফিল্টারের ধরণ	৫-৪
৫.৬	রাফিং ফিল্টার ও এর মিডিয়ার গঠন	৫-৪
৫.৭	বাংলাদেশে ব্যবহার করা হয় এমন এ্যারেশন পদ্ধতি	৫-৭
৫.৮	কোয়াগুলেন্ট	৫-৮
৫.৯	দ্রুত মেশানোর পদ্ধতি (যান্ত্রিক ও পানির প্রবাহে)	৫-৮
৫.১০	পানির প্রবাহের মাধ্যমে কোয়াগুলেন্ট ডোজিং ও মিশ্রণ পদ্ধতি	৫-৯
৫.১১	ফ্লোকুলেশন বেসিনের ধরণ	৫-৯
৫.১২	ফ্লক গঠনের অবস্থা	৫-১০
৫.১৩	ফিল্টার-আয়তাকার ধরণ	৫-১০
৫.১৪	ফিল্টার-বৃত্তাকার ধরণ	৫-১১
৫.১৫	ফিল্টার-হেলানে প্লেটযুক্ত আয়তাকার ধরণ	৫-১১
৫.১৬	ফিল্টার এর সামগ্রিক কাঠামো	৫-১৩
৫.১৭	ব্যাক ওয়াশ	৫-১৪
৫.১৮	টারবিডিটি মিটার এবং মাঠ পর্যায়ে পরিমাপ করা	৫-১৬
৫.১৯	কাদামাটির পুরুত্ব পরিমাপ করা	৫-১৯
৫.২০	প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরের কাদামাটি অপসারণ (ব্যাকহো যন্ত্র)	৫-১৯
৫.২১	ফিল্টার মিডিয়া অপসারণ ও পুনঃস্থাপন	৫-২১
৫.২২	ফিল্টার মিডিয়া ধোয়ার জন্য চালুনির ব্যবহার	৫-২১
৫.২৩	সম্পৃক্ত DO ও তাপমাত্রার সম্পর্ক এবং DO মিটার	৫-২২
৫.২৪	দৃশ্যমান ঘোলাটেভাব এ্যারেশনের আগে ও পরে	৫-২২
৫.২৫	এ্যারেশন যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করা	৫-২৩
৫.২৬	ফ্লোকুলেশন	৫-২৪
৫.২৭	১০০ NTU এবং ৫০০ NTU ঘোলাটেভাবযুক্ত পানিতে অ্যালাম ডোজ এর সম্পর্ক	৫-২৫
৫.২৮	ঘোলাটেভাব ও অ্যালাম খরচ (কেজি/দিন) এর উদাহরণ	৫-২৫
৫.২৯	জার টেস্ট	৫-২৭
৫.৩০	বাফল প্লেট ধরনের ফ্লোকুলেটরে আলোড়ন শক্তি পরিবর্তন	৫-২৮
৫.৩১	সেডিমেন্টেশন বেসিন (উপযোগী ও অনুপোযোগী)	৫-২৯
৫.৩২	কাদামাটি নিষ্কাশন	৫-৩১
৫.৩৩	কাদামাটি জমাসহ হেলানো প্লেট	৫-৩১
৫.৩৪	ফিল্টারের পরিচালনা	৫-৩২
৫.৩৫	ফিল্টারের হেড লস	৫-৩২
৬.১	স্লো ও র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্য	৬-১
৬.২	স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন এর ফ্লো চার্ট	৬-২
৬.৩	শেওলার ম্যাট তৈরি হওয়ার পরিস্থিতি	৬-৩
৬.৪	স্লো স্যান্ড ফিল্টারের গঠন	৬-৩
৬.৫	ফিল্টার পরিষ্কারকরণ	৬-৪

চিত্র	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
৬.৬	স্লো স্যান্ড ফিল্টার	৬-৮
৬.৭	ফিল্টার স্ক্র্যাপিং এর আগে এবং স্ক্র্যাপিং এর চলমান কাজ	৬-৯
৭.১	ক্লোরিন ডোজ (যোগ করা) এবং রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর সম্পর্ক	৭-২
৭.২	ডোজ এবং রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর সম্পর্ক	৭-৩
৭.৩	বাস্তব স্থাপনা	৭-৪
৭.৪	গ্যাস দ্বারা ক্লোরিন ইনজেকশন	৭-৫
৭.৫	ইনজেকশন পাম্প	৭-৭
৭.৬	ব্লিচিং পাউডারের সলিউশন ট্যাংক	৭-৭
৭.৭	ক্লোরিন ইনজেকশন পয়েন্টসমূহ	৭-৮
৭.৮	বিতরণ পাইপে রেসিডুয়াল ক্লোরিন হ্রাস পাওয়া	৭-৯
৭.৯	বিতরণ পাইপে ক্লোরিনেশন	৭-১০
৭.১০	বিতরণ পাইপে ক্লোরিন প্রয়োগ পদ্ধতি	৭-১০
৮.১	পিভিসি পাইপের সংযোগ পদ্ধতি	৮-২
৮.২	পিভিসি পাইপ	৮-২
৮.৩	এইচ ডি পি ই ইএফ (ইলেকট্রো ফিউশন) সংযোগ	৮-৩
৮.৪	এইচ ডি পি ই বিফ (বাট ফিউশন) জয়েন্টের পদ্ধতি	৮-৩
৮.৫	এইচ ডি পি ই বিফ (বাট ফিউশন) জয়েন্ট	৮-৪
৮.৬	ডাকটাইল পাইপ সংযোগ পদ্ধতি	৮-৫
৮.৭	স্ক্রু সংযোগ	৮-৫
৮.৮	ওয়েল্ডিং সংযোগ	৮-৬
৮.৯	ফ্ল্যাঞ্জ সংযোগ	৮-৬
৮.১০	ক্ষয়প্রাপ্ত অ্যাসবেস্টস পাইপ	৮-৭
৮.১১	পাইপের মেকানিক্যাল জয়েন্ট	৮-৮
৮.১২	পাইপের ফ্ল্যাঞ্জ জয়েন্ট	৮-৮
৮.১৩	প্রবাহমান পানির বিতরণ পাইপ হতে ব্লাঞ্চ স্যাডল সংযোগের পদ্ধতি	৮-৮
৮.১৪	ব্লাঞ্চ স্যাডল ও ড্রিলিং মেশিনের ছবি	৮-৯
৮.১৫	প্রতিটি ভাল্‌ভ এর গঠন ও বৈশিষ্ট্য	৮-৯
৮.১৬	নন রিটার্ণ ভাল্‌ভ এর গঠন	৮-১০
৮.১৭	ফুট ভাল্‌ভ এর গঠন ও স্থাপনের জায়গা	৮-১০
৮.১৮	এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ এর কার্যপ্রণালী	৮-১১
৮.১৯	পানির লাইনে ওয়াশআউট ভাল্‌ভ স্থাপনের পয়েন্টের উদাহরণ	৮-১১
৮.২০	ওয়াশআউট সুবিধার গঠনের উদাহরণ	৮-১১
৮.২১	মেকানিক্যাল টারবাইন মিটার এর গঠন	৮-১২
৮.২২	প্রেশার গেজের গঠন	৮-১৩
৮.২৩	ভূগর্ভস্থ (মাটিচাপা) পাইপলাইন স্থাপন	৮-১৩
৮.২৪	ভাল্‌ভ চেম্বারের ছবি	৮-১৪
৮.২৫	পাইপ জ্যাকিং পদ্ধতি	৮-১৪
৮.২৬	সাপোর্ট ছাড়া পাইপ বিম ব্রিজ	৮-১৫
৮.২৭	উন্মুক্ত পাইপলাইন	৮-১৫
৮.২৮	বিতরণ পাইপ হতে সার্ভিস লাইন সংযোগ	৮-১৫

চিত্র	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
৮.২৯	পিভিসি ক্ল্যাম্প	৮-১৬
৮.৩০	বিভিন্ন ধরনের পাইপ এর লিকেজ হওয়ার রেট এবং বৎসরের সম্পর্ক	৮-১৭
৮.৩১	পাইপের ভিতরে স্কেলিং	৮-১৮
৮.৩২	জি আই এস ম্যাপিং	৮-১৮
৮.৩৩	স্বয়ংক্রিয় তথ্য রেকর্ড করার প্রেশার গেজ	৮-১৯
৮.৩৪	আল্ট্রাসনিক ফ্লো মিটার	৮-১৯
৮.৩৫	শাখা সংযোগস্থলে পানির লিকেজ	৮-১৯
৮.৩৬	পাইপের কভারিং ক্ল্যাম্প	৮-২০
৮.৩৭	ফিটিং এর জন্য কাপলিং ছাড়া "টি" এর লিকেজ মেরামত পদ্ধতি	৮-২১
৮.৩৮	প্রধান ও ক্ষুদ্র লসের পার্থক্য	৮-২১
৮.৩৯	লিকেজ প্রতিরোধ টেপ ব্যবহার	৮-২১
৮.৪০	লিকেজ বন্ডিং এজেন্ট ব্যবহার	৮-২১
৮.৪১	পাইপের স্কেল অপসারণের পদ্ধতি	৮-২২
৮.৪২	সার্কুলেশন সিস্টেম দ্বারা রাসায়নিক ডিস্কেলিং পদ্ধতি	৮-২৩
৮.৪৩	Cured-In-Place Pipe (CIPP)	৮-২৩
৮.৪৪	জমা পানি ও আগাছাসহ ভাল্‌ভ চেম্বার	৮-২৫
৯.১	কংক্রিটের ট্যাংক	৯-১
৯.২	ইস্পাতের ট্যাংক	৯-২
৯.৩	এফ আর পি পানির ট্যাংক	৯-২
৯.৪	অন্যান্য ট্যাংক	৯-৩
৯.৫	ট্যাংক এর আনুষঙ্গিক উপাদান	৯-৪
৯.৬	পানির লেভেল পরিমাপের যন্ত্র	৯-৫
৯.৭	ট্যাংকের ভিতরে নোংরাভাব	৯-৬
৯.৮	ট্যাংকের ভিতরে পরিষ্কার করা	৯-৭
৯.৯	পানির ট্যাংকের লিকেজ	৯-৯
৯.১০	পানির ট্যাংকের লিকেজ মেরামত	৯-১০
৯.১১	রিইনফোর্স্‌ড কংক্রিটে কার্বোনাইজেশন বা লবনজনিত ক্ষয়	৯-১১
৯.১২	রিইনফোর্স্‌ড কংক্রিটে কার্বোনাইজেশন এর ঘটনা	৯-১২
৯.১৩	রিইনফোর্স্‌ড কংক্রিটে লবনজনিত ক্ষয় এর ঘটনা	৯-১২
৯.১৪	মরিচা ধরা পানির ট্যাংক (ভিতর ও বাহির)	৯-১২
৯.১৫	ক্ষয়প্রাপ্ত এফ আর পি ট্যাংক	৯-১৩
৯.১৬	সম্পূর্ণভাবে জরাজীর্ণ এবং অব্যবহারযোগ্য ট্যাংক	৯-১৩
৯.১৭	কংক্রিট ট্যাংকের মেরামত পদ্ধতি	৯-১৪
৯.১৮	স্টিল ট্যাংক মেরামত	৯-১৫
৯.১৯	এফ আর পি ট্যাংক মেরামত	৯-১৫
১০.১	সাধারণ পানি সরবরাহ সুবিধা ও বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থা	১০-১
১০.২	ইনডাকশন মোটরের গঠন	১০-২
১০.৩	ডিজেল ইঞ্জিন জেনারেটর এবং ইঞ্জিন সাইকেল	১০-৪
১০.৪	ডিজেল ইঞ্জিন এর যন্ত্রাংশ	১০-৪
১০.৫	জেনারেটরের যন্ত্রাংশ এবং রোটর ও স্ট্যাটর	১০-৪

চিত্র	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
১০.৬	৩-ফেজ ট্রান্সফরমার এর গঠন	১০-৫
১০.৭	সিঙ্গেল-লাইন ডায়াগ্রাম ও এর লিজেন্ড এর উদাহরণ	১০-৭
১০.৮	পাম্প নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের বিন্যাস (configuration)	১০-৭
১০.৯	পাম্প নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের এবং এর ভিতরের অংশ	১০-৮
১০.১০	নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের যন্ত্রাংশ	১০-৮
১০.১১	শর্ট সার্কিট ও কারেন্ট লিকেজ নিশ্চিতকরণ পদ্ধতি	১০-৯
১০.১২	যন্ত্রাংশ ও মোটরের ক্ষতি	১০-১২
১০.১৩	পানির চাহিদা কার্ভ	১০-১৬
১০.১৪	ইমপেলার ছোট করার জন্য পারফরম্যান্স কার্ভ	১০-১৭
১০.১৫	ইনভার্টার সংযোগ	১০-১৮
১০.১৬	পাম্পের প্রবাহ ও চাপের ফিডব্যাক নিয়ন্ত্রণ সার্কিট	১০-১৮
১১.১	NRW ইমেজ	১১-১
১১.২	অবৈধ সংযোগ	১১-৩
১১.৩	মিটারের ত্রুটির উদাহরণ	১১-৩
১১.৪	সঞ্চালন/বিতরণ লাইনে লিকেজ	১১-৪
১১.৫	ট্যাংক লিকেজের উদাহরণ (ওভারফ্লো ও লিকেজ)	১১-৪
১১.৬	সার্ভিস কানেক্শন লিকেজের উদাহরণ	১১-৫
১১.৭	DMA বিভাজনের উদাহরণ	১১-৬
১১.৮	NRW এর হার এবং মিটার স্থাপনের হারের সম্পর্ক (চট্টগ্রাম-ওয়াসা)	১১-৬
১১.৯	মাটির উপরের লিকেজ	১১-৭
১২.১	মিটার সহ ও মিটার ছাড়া পানির শুল্ক আদায়ের পদ্ধতি	১২-১
১২.২	পানির শুল্ক আদায়ের একটি সাধারণ ও মৌলিক প্রক্রিয়া	১২-১
১২.৩	পানির মিটার	১২-২
১২.৪	ইমপেলার টাইপ	১২-২
১২.৫	ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক টাইপ	১২-২
১২.৬	আলট্রাসনিক টাইপ	১২-৩
১২.৭	অরিফিস ও ভেনচুরি টাইপ	১২-৩
১২.৮	স্মার্ট পানির মিটার ব্যবস্থা	১২-৩
১২.৯	আই বি টি ব্যবস্থা	১২-৫
১২.১০	এনালগ পানির মিটার	১২-৯
১২.১১	স্মার্ট পানির মিটার ডিসপ্লে	১২-৯
১২.১২	বিলিং পদ্ধতি	১২-১০
১২.১৩	পানির বিল পরিশোধ না করার কারনে পানি সরবরাহ বন্ধের পদ্ধতি	১২-১১
১২.১৪	পানির ট্যারিফ পরিশোধে উদ্বুদ্ধকরণ প্রচারণা পোষ্টার	১২-১৫
১৩.১	নেতিবাচক পানি ব্যবসায়িক চক্র	১৩-১
১৩.২	আর্থিক বিবরণীর সম্পর্ক	১৩-২
১৩.৩	লাভ ও ক্ষতির ডায়াগ্রাম	১৩-৩
১৩.৪	বর্ষ-ভিত্তিক লাভ ও ক্ষতির গ্রাফের উদাহরণ	১৩-৪
১৩.৫	সরলরেখা অবচয় গ্রাফ এর উদাহরণ	১৩-৬
১৩.৬	ত্বরান্বিত অবচয় গ্রাফ এর উদাহরণ	১৩-৭

অধ্যায়-১ঃ ভূমিকা

১.১ পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সাংগঠনিক কাঠামো

বাংলাদেশে, শহরাঞ্চলে খাবার পানি সরবরাহ প্রধানত পাইপ নেটওয়ার্কের মাধ্যমে সরবরাহ করা হয়। তবে, সকল শহর এলাকায় পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা গড়ে ওঠেনি। এই সকল ক্ষেত্রে, একক পানি সরবরাহের উৎসগুলি দ্বারা পানি সরবরাহ করা হয়। বর্তমানে দেশে ৬৪টি জেলা শহর এবং ৪৯৫টি উপজেলা (উপজেলা শহর) রয়েছে, পাশাপাশি বেশ কিছু নগর উন্নয়ন কেন্দ্র (urban growth centers) রয়েছে যেখানে পৌরসভা (মিউনিসিপ্যালিটি) আছে।

দেশের চারটি প্রধান শহরে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নির্মাণ, পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণের কাজ পানি সরবরাহ ও পয়:নিষ্কাষণ কর্তৃপক্ষ (ওয়াসা) নামে পরিচিত স্বায়ত্বশাসিত সংস্থা দ্বারা সম্পন্ন করা হয়। অন্যদিকে সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভাসহ অন্যান্য সকল শহরাঞ্চলে, পানি সরবরাহ ব্যবস্থা সংশ্লিষ্ট স্থানীয় কর্তৃপক্ষ দ্বারা পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণ করা হয়। চারটি প্রধান শহর ছাড়াও, বাংলাদেশে বর্তমানে সাতটি সিটি কর্পোরেশন এবং ৩২৯টি পৌরসভা রয়েছে। এর মধ্যে সাতটি সিটি কর্পোরেশন এবং ১৫৯টি পৌরসভায় পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা বিদ্যমান, এবং ৮৮টি পৌরসভায় এই ব্যবস্থার বাস্তবায়ন কাজ চলমান।

জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর (ডিপিএইচই) উন্নয়ন প্রকল্পের মাধ্যমে শহর এলাকায় খাবার পানি সরবরাহের অবকাঠামো স্থাপনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। প্রকল্প সমাপ্তির পর, এই সকল অবকাঠামোগুলি নিয়মিত পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণের (O&M) জন্য সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভার কাছে হস্তান্তর করা হয়। যেহেতু ডিপিএইচই ওয়াসার আওতাধীন এলাকা ব্যতীত দেশের সকল এলাকায় খাবার পানি সরবরাহের অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য দায়িত্বপ্রাপ্ত জাতীয় সংস্থা, তাই এই ব্যবস্থাগুলির টেকসই পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণের জন্য ডিপিএইচই পৌরসভা এবং সিটি কর্পোরেশনগুলিকে কারিগরি সহায়তা প্রদান করে। বাস্তবে, সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভার চাহিদার ভিত্তিতে ডিপিএইচই এই সহায়তা প্রদান করে থাকে।

এই পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) ম্যানুয়ালটি, ডিপিএইচই-এর জন্য প্রস্তুত করা হয়েছে যাতে এটি সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভাগুলিকে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার O&M-এ সহায়তা প্রদান করতে পারে। এটি বাংলাদেশে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার কার্যকর পরিচালনা, রক্ষণাবেক্ষণ এবং টেকসই নিশ্চিত করার জন্য একটি কারিগরি গাইডলাইন হিসেবে কাজ করবে।

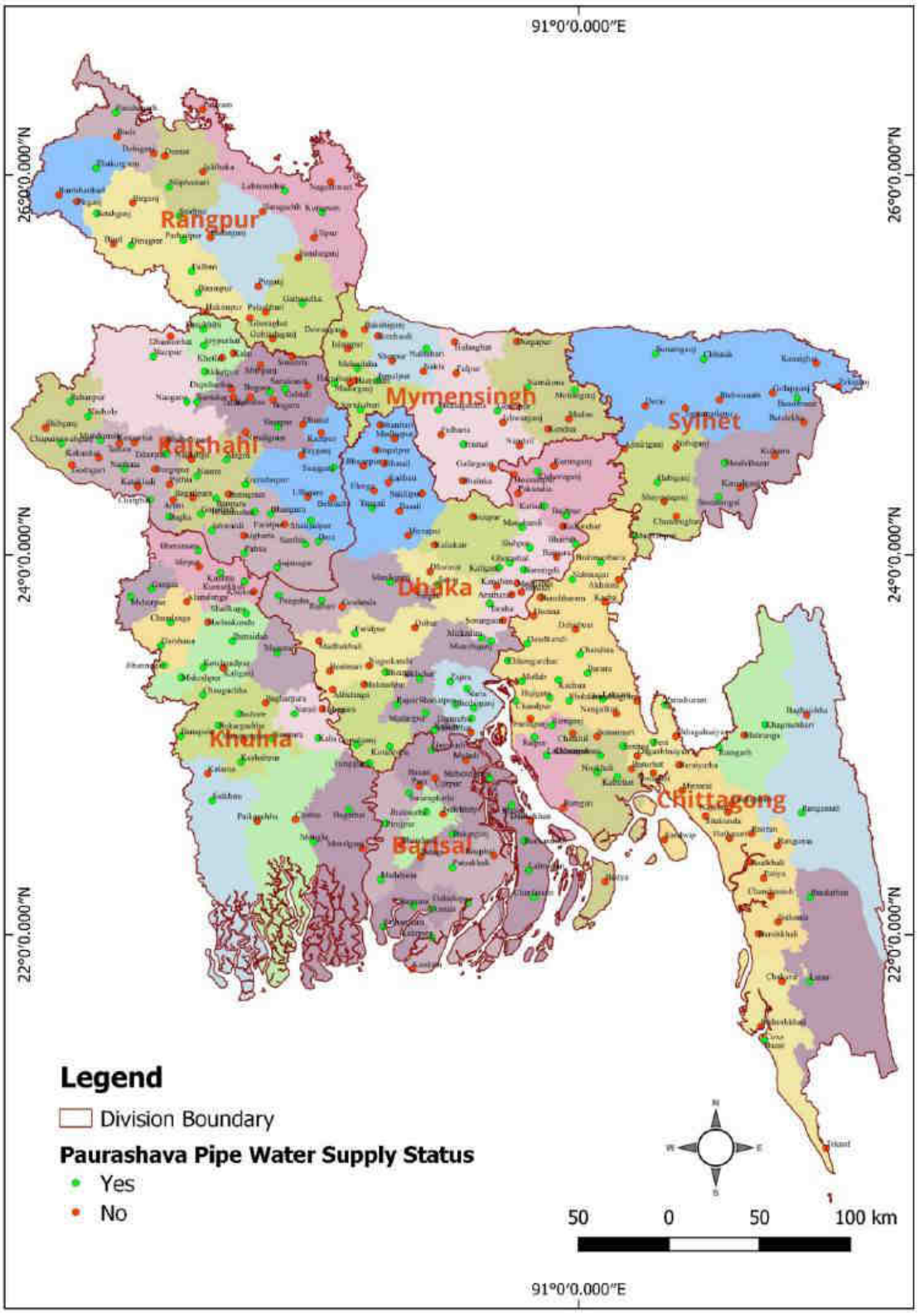
বাংলাদেশে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সাংগঠনিক কাঠামোকে তিনটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে:

ক) ওয়াসা এলাকা: *ঢাকা, চট্টগ্রাম, খুলনা এবং রাজশাহী যেখানে ওয়াসা কর্তৃক পানি সরবরাহ ব্যবস্থা স্থাপন, পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণ করা হয়।*

খ) সিটি কর্পোরেশন এলাকা: *রংপুর, বরিশাল, ময়মনসিংহ, সিলেট, কুমিল্লা, নারায়ণগঞ্জ এবং গাজীপুর যেখানে সাধারণত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা ডিপিএইচই দ্বারা প্রতিষ্ঠিত হয় এবং O&M সিটি কর্পোরেশন (সিসি) দ্বারা করা হয়। কখনও কখনও সিটি কর্পোরেশনও সিস্টেমটি স্থাপন বা সম্প্রসারণ করে থাকে।*

গ) জেলা ও উপজেলা পর্যায়ে পৌরসভা: *এরকম মোট ৩২৯টি পৌরসভা রয়েছে যার মধ্যে ২৪৭টি পৌরসভায় পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা বিদ্যমান এবং বাস্তবায়নাধীন (২০২৪ সালের হিসাব অনুযায়ী)। সাধারণত, পানি সরবরাহ ব্যবস্থা ডিপিএইচই দ্বারা প্রতিষ্ঠিত হয় এবং O&M পৌরসভা পরিচালনা করা হয়।*

২০২৪ সালের ডিসেম্বর পর্যন্ত যে সকল পৌরসভায় পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা আছে এবং পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা নাই এমন এলাকাগুলি নিম্নে মানচিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১-১: পাইপড নেটওয়ার্ক এবং পাইপড ব্যতিত নেটওয়ার্ক ভিত্তিক পানি সরবরাহ ব্যবস্থা বিশিষ্ট পৌরসভা।

১.২ পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের সারসংক্ষেপ

একটি পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার দক্ষ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের (O&M) প্রাথমিক উদ্দেশ্য হলো নিরাপদ খাবার পানি পর্যাপ্ত পরিমাণে ও গুণগতমান বজায় রেখে নিরবচ্ছিন্নভাবে সরবরাহ করা যাতে তা উপযুক্ত চাপসহ সুবিধাজনক স্থানে ও সময়মত সহজলভ্য হয় এবং একই সঙ্গে ব্যয়সাশ্রয়ী ও দীর্ঘস্থায়ী হয়। জনগণের কাছে ত্রুটিমুক্ত পরিষেবা প্রদানের জন্য একটি সুষ্ঠু-পরিচালিত O&M ব্যবস্থা অপরিহার্য।

পরিচালনা বলতে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সকল উপাদানের সময়োপযোগী এবং নিয়মিত কার্যক্রম বোঝায়, যার মধ্যে রয়েছে ইনটেক, ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্ট, যন্ত্রপাতি, ট্রান্সমিশন লাইন, সার্ভিস রিজার্ভয়ার এবং বিতরণ নেটওয়ার্ক। এটি কারিগরি কর্মীদের দ্বারা প্রতিদিন পর্যবেক্ষণ এবং ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে সুষ্ঠুভাবে সম্পাদিত হয়, যা সকল উপাদানের নিরবচ্ছিন্ন কর্মক্ষমতা নিশ্চিত করে।

রক্ষণাবেক্ষণ হলো অবকাঠামো, কারখানা, যন্ত্রপাতি এবং সরঞ্জামগুলিকে সর্বোত্তম কর্মক্ষম অবস্থায় বজায় রাখার প্রক্রিয়া। এতে ত্রুটি বা বিকল হওয়ার সম্ভাবনা এড়াতে প্রতিরোধমূলক (নিয়মিত) রক্ষণাবেক্ষণ অন্তর্ভূক্ত থাকে এবং অপ্রত্যাশিত ব্যর্থতা মোকাবেলায় সংশোধনমূলক রক্ষণাবেক্ষণ অন্তর্ভুক্ত থাকে। তবে, বড় ধরনের প্রতিস্থাপন বা ত্রুটি সংশোধন সাধারণত প্রতিরোধমূলক রক্ষণাবেক্ষণের আওতায় পড়ে না।

অনেক পৌরসভায়, পরিচালন ও রক্ষণাবেক্ষণের প্রতি অপর্যাপ্ত মনোযোগের কারণে সিস্টেমের ব্যর্থতা দেখা দিয়ে থাকে, যার ফলে অবকাঠামোর আয়ুষ্কাল হ্রাস পায় এবং অকালেই প্রতিস্থাপনের কাজ প্রয়োজন হয়ে পড়ে, যার ফলে উল্লেখযোগ্য আর্থিক ক্ষতি হয়। পানি সরবরাহ অবকাঠামোতে যথেষ্ট বিনিয়োগ সত্ত্বেও, অপর্যাপ্ত পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ প্রায়শই জনগণের কাছে কাঙ্ক্ষিত পরিষেবা পৌঁছে দিতে বাধাগ্রস্ত হয়। তাই, শহরাঞ্চলে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার কার্যকারিতা এবং দক্ষতা বজায় রাখার জন্য একটি কাঠামোগত এবং সক্রিয় পরিচালন ও রক্ষণাবেক্ষণ পদ্ধতি নিশ্চিত করা অত্যন্ত অপরিহার্য।

যে সকল মূল কারণ দুর্বল পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) এর জন্য অবদান রাখে তা নিম্নরূপভাবে চিহ্নিত করা হয়েছে:

- অর্থ, সরঞ্জাম, উপকরণের অভাব এবং পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের অপর্যাপ্ত তথ্য;
- অনুপযুক্ত সিস্টেম ডিজাইন এবং অপর্যাপ্ত কারিগরি দক্ষতা;
- একই দায়িত্ব একাধিক সংস্থা পালন করা;
- O&M-কাজের জন্য পরিচালন কর্মীর অভাব;
- অবৈধ পানির লাইন, উচ্চহারে অপচয় এবং মিটারবিহীন সংযোগ;
- কর্মীদের অপর্যাপ্ত প্রশিক্ষণ;
- ক্যারিয়ার পরিকল্পনায় রক্ষণাবেক্ষণের কাজের প্রতি কম আগ্রহ;
- কর্মক্ষমতা মূল্যায়ন এবং নিয়মিত পর্যবেক্ষণের অভাব;
- প্রতিরোধমূলক রক্ষণাবেক্ষণের উপর কম জোর দেওয়া;
- O&M-এর ম্যানুয়ালের অভাব;
- মালিকানা এবং জবাবদিহিতার অভাব;
- পৌর কর্তৃপক্ষ কর্তৃক পরিষেবা নিশ্চিত করনে অনীহা;
- রিয়েল টাইম এ মাঠপর্যায়ের তথ্যের অভাব, ইত্যাদি।

অতএব, পানি সরবরাহ স্কীমের পরিচালনা ও ব্যবস্থাপনার জন্য একটি নির্দিষ্ট সেক্টর নীতিমালা ও আইনি কাঠামো থাকা দরকার এবং সেই সাথে দায়িত্ব ও আদেশের একটি স্পষ্ট সীমারেখা নির্ধারণ করা প্রয়োজন।

বাংলাদেশে শহরাঞ্চলের পানি সরবরাহের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের সামগ্রিক পরিস্থিতি সম্পর্কে সংশোধিত সেক্টর উন্নয়ন পরিকল্পনা (SDP) ২০২৬-২০৪০ তে নিম্নোক্ত ভাবে বর্ণনা করা হয়েছে :-

[1]সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভাগুলিতে, পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পর্যায়ক্রমিক রক্ষণাবেক্ষণ (periodic maintenance) কখনও কখনও সঠিকভাবে করা হয় না। পর্যায়ক্রমিক রক্ষণাবেক্ষণের জন্য সিস্টেমের নিয়মিত পরিদর্শন, লিকেজ সনাক্তকরণ এবং দ্রুত মেরামত, পাইপলাইন ফিটিং এবং অন্যান্য যন্ত্রাংশ রক্ষণাবেক্ষণ এবং প্রতিস্থাপন, পাইপলাইন নিয়মিত ফ্লাশিং এবং উৎপাদক নলকূপগুলির পুনরুজ্জীবিতকরণ প্রয়োজন। সঠিক রক্ষণাবেক্ষণের অভাবে, ব্যবস্থাগুলি দ্রুত নষ্ট হয়ে যায়। অভিজ্ঞতা থেকে দেখা গেছে যে, উন্নয়ন কাজ শেষ হওয়ার কয়েক বছরের মধ্যে কিছু ব্যবস্থা পরিত্যক্ত হয়ে পড়ে কারণ উৎপাদক নলকূপগুলি কাজ করতে পারেনি এবং পাইপলাইনগুলি লিক করতে শুরু করে ইত্যাদি। কিছু ক্ষেত্রে, দক্ষ জনবলের অভাব এবং অন্যান্য কারণে কর্তৃপক্ষ ব্লিচিং পাউডার বা ক্লোরিন দিয়ে পানি জীবাণুমুক্ত করার দিকে মনোযোগ দেয় না। পানি সরবরাহ পরিষেবাগুলিতে গ্রাহক সেবা প্রায় অনুপস্থিত।

অনেক পৌরসভায়, দিনের মাত্র কয়েক ঘন্টা পানি সরবরাহ করা হয়, ফলে সরবরাহ না থাকাকালীন সময়ে পাইপলাইনে চাপ কম থাকে। পাইপলাইনে কম চাপের কারণে দূষিত পদার্থ লিকেজ দিয়ে পাইপে প্রবেশ করতে সুযোগ পায়। ফলস্বরূপ, পানি দূষিত হয়, যার ফলে গুণগতমান খারাপ হয় এবং স্বাস্থ্য ঝুঁকি তৈরি হয়। তবে, পৌরসভার সংশ্লিষ্ট কর্মীদের প্রশিক্ষণ প্রদানের জন্য ডিপিএইচই একটি প্রচেষ্টা চালাচ্ছে, যাতে গ্রাহকদের অভিযোগ রেকর্ড করা এবং তাতে সাড়া দেওয়ার জন্য ব্যবস্থা তৈরি করা যায়। চাহিদা ব্যবস্থাপনার (demand management) অনুপস্থিতি বর্তমান ব্যবস্থাগুলির পরিচালনার প্রধান অন্তরায়।

বেশিরভাগ পৌরসভায় পানির মিটার নেই। ফলে, পানি ব্যবহারের পরিমাণ পানির দামের উপর নির্ভর করে না বরং পানি সরবরাহের প্রাপ্যতার উপর নির্ভর করে। অনেক ক্ষেত্রে অসাবধানতার কারণে সরবরাহের সময় পানি অবাধে প্রবাহিত হতে দেওয়ার ফলে ব্যবহারকারী পর্যায়ে প্রচুর পরিমাণে পানি অপচয় হয়।

অতএব এটা স্পষ্ট যে, নিয়মিত O&M এর মাধ্যমে "হিসাব বহির্ভূত পানি" (UFW)/"রাজস্ব বহির্ভূত পানি" (NRW) নিয়ন্ত্রণ করা যাবে এবং পরিমাণগত পানির ব্যবহার (Volumetric Water Consumption) এর পদ্ধতি প্রবর্তন (নিম্নে বর্ণনা করা হয়েছে) করা হলে তা পানির অপচয় হ্রাস পাবে। এই নিয়মিত O&M পানি সরবরাহ ব্যবস্থাকে আরো টেকসই এবং রাজস্ব আয় বৃদ্ধিতে সহায়তা করবে।

১.২.১ "হিসাব বহির্ভূত পানি" (UFW)/ "রাজস্ব বহির্ভূত পানি" (NRW)

পৌরসভার পানি সরবরাহ ব্যবস্থার টেকসইয়ত্বের ক্ষেত্রে হিসাব বহির্ভূত পানি (UFW)/রাজস্ব বহির্ভূত পানি (NRW) গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। যদি প্রতিদিন প্রচুর পরিমাণে পরিশোধিত/প্রক্রিয়াজাত পানি অপচয় হয়, তাহলে সাধারণত খরচের ভারসাম্য বজায় রাখার জন্য গ্রাহকের উপর অতিরিক্ত খরচের বোঝা চাপিয়ে দেওয়া হয়। হিসাব বহির্ভূত পানি (UFW) এবং রাজস্ব বহির্ভূত পানি (NRW) উভয়ই পানি বিতরণ ব্যবস্থার মধ্যে পানির অপচয় এর সাথে সম্পর্কিত। তবে তাদের পরিধি এবং পরিভাষায় সামান্য পার্থক্য রয়েছে। UFW একটি পুরানো শব্দ, এটি উৎপাদিত বা ক্রয়কৃত পানি এবং গ্রাহকদের বিল এর পরিমাণের মধ্যে পার্থক্যকে প্রকাশ করে। এর মধ্যে ভৌত অপচয় এবং আপেক্ষিক অপচয় অন্তর্ভুক্ত। NRW একটি সমার্থক শব্দ, এটি পানির এমন হিসাব বুঝায় যা সরবরাহের পর অপচয় হয়, কিন্তু গ্রাহকদের বিলে অন্তর্ভূক্ত করা হয় না। যেমন, ভৌত অপচয় (লিকেজ) এবং আপেক্ষিক অপচয় (পানি চুরি, মিটারের ভুল) উভয়কেই অন্তর্ভুক্ত করে। তবে বিল করা হয় না এমন পানি সরবরাহ যেমন অগ্নিনির্বাপণ এবং বিনামূল্যে পানি (যেমন রাস্তার হাইড্র্যান্ট, ধর্মীয় স্থান ইত্যাদি) বিতরণের মতো বৈধ (অনুমোদিত) পানির পরিমাণ এই অপচয় থেকে বাদ দেওয়া হয়।

[1] Draft SDP-2026-2040 page 41-42

অতএব, UFW/NRW-এর দুটি অংশ রয়েছে: (ক) পাইপ থেকে লিকেজ হওয়ার কারণে ভৌত অপচয়, এবং (খ) অবৈধ সংযোগ এবং পানির মিটারের নিবন্ধন না হওয়ার কারণে প্রশাসনিক অপচয়। পানি সরবরাহ ব্যবস্থার আর্থিক অবস্থা উন্নত করতে এবং দুর্লভ পানি সম্পদ সংরক্ষণের জন্য UFW/NRW কমানোর কাজটি একটি গুরুত্বপূর্ণ পদক্ষেপ। সুপরিচালিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় UFW/NRW ১৫-২০% এর মধ্যে থাকা বাঞ্চনীয়। তবে এর সর্বোত্তম পরিমাণ পরিস্থিতির উপর নির্ভর করে, বিশেষ করে বাল্ক পানি সরবরাহের ক্ষেত্রে পরিবর্তিত হওয়া উচিত। শহরের পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নিয়মিত O&M-এর মাধ্যমে এটি অর্জন করা যেতে পারে।

বাংলাদেশে অনুমান করা হয় যে, বিতরণ ব্যবস্থায় মোট সরবরাহের ২০% থেকে ৫০% পানির অপচয় হয়। বিতরণ ব্যবস্থা এবং গৃহ সংযোগে সর্বাধিক লিকেজ ঘটে। এছাড়াও, উৎস, সঞ্চালন ব্যবস্থা, শোধনাগার এবং পরিষেবা (service) জলাধারেও অপচয় হয়, যা মোট উৎপাদনের আরও ১০% থেকে ২০% যোগ করতে পারে। পূর্বে উল্লেখ করা হয়েছে যে, বেশিরভাগ পৌরসভায় পানি সরবরাহ থেমে থেমে (সরবরাহের সময় ৬ থেকে ১৮ ঘন্টা) প্রদান করা হয়। সরবরাহ না থাকাকালীন সময়ে, যখন সিস্টেমটি চাপের মধ্যে থাকে না তখন লিকেজ পয়েন্টের মাধ্যমে বহিরাগত দূষণ সিস্টেমে প্রবেশ করতে পারে, যা স্বাস্থ্যের জন্য ঝুঁকির কারণ হতে পারে। অতএব, নিয়মিতভাবে অপচয়, লিকেজ এবং প্রতিরোধমূলক রক্ষণাবেক্ষণের জন্য একটি সুষ্ঠু পদ্ধতি (systematic approach) পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের একটি অবিচ্ছেদ্য অংশ হওয়া উচিত। এটি যথেষ্ট পরিমাণে পানি সাশ্রয় করবে, সম্ভাব্য দূষণ রোধ করবে এবং বিতরণ ব্যবস্থায় পানির চাপ বৃদ্ধি করবে। এছাড়াও, এটি রাজস্ব আয় বৃদ্ধি করে সিস্টেমগুলিকে স্বয়ংসম্পূর্ণ করে তুলবে।

UFW/NRW এর বিষয়ে বিস্তারিতভাবে ম্যানুয়ালের সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ে বর্ণনা করা হয়েছে।

১.২.২ পরিমাণগত পানির ব্যবহার (Volumetric Water Consumption)

পানির মিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত পানির সঠিক পরিমাণ নির্ধারণ করার উপর ভিত্তি করে পরিমাণগত পানির ব্যবহারের (Volumetric Water Consumption) নীতিটি তৈরি করা হয়েছে। এর অর্থ হল UFW/NRW কমাতে এবং রাজস্ব আয় বাড়াতে সঠিক পদ্ধতি হলো বিতরণ এবং সার্ভিস পাইপলাইনে পানির মিটারিং সিস্টেম চালু করা। মিটারিং সিস্টেমের দুটি সুবিধা রয়েছে: ১) এটি অপচয় কমিয়ে দেয়, এবং ২) এটি পানির আর্থিক মূল্য সংরক্ষণ করে। অন্যদিকে, খানা ভিত্তিক নির্দিষ্ট ট্যারিফ আদায় ব্যবস্থায়, ব্যবহারের জন্য পানির পরিমাণের কোনও সীমাবদ্ধতা নেই এবং পানি অব্যবহারের সময়ে পানির ট্যাপ দিয়ে অপচয় এবং লিকেজ হচ্ছে কিনা তা নিয়ে মানুষ চিন্তিত নয়।

বাংলাদেশে, অনেক বড় শহরে, গার্হস্থ্য এবং বাল্ক পানির মিটার সরবরাহ করা হয়। তবে, বছরের পর বছর ধরে দেখা গেছে যে, বেশিরভাগ স্থাপিত মিটারগুলি নিম্নমানের, অপ্রয়োজনীয় পরিচালনা এবং অপব্যবহারের কারণে অকেজো হয়ে পড়ে আছে। কখনও কখনও বাড়ির মালিকদের দ্বারা মিটারগুলি টেমপারিং করার বিষয়টি লক্ষ্য করা গেছে। কার্যকর মিটারের অভাবে, ব্যবহৃত পানির জন্য বিল প্রায়শই গড় ভিত্তিতে বা ফ্ল্যাট রেটের (খানা ভিত্তিক ট্যারিফ) ভিত্তিতে নির্ধারণ করা হয়। এই ক্ষেত্রে ইলেকট্রনিক মিটার ব্যবহার করা উচিত। পানি সরবরাহে মিটারিং সিস্টেম এর বিষয়ে ম্যানুয়ালটির সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ে বর্ণনা করা হয়েছে।

১.২.৩ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের চ্যালেঞ্জ সমূহ

১.২.৩.১ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের প্রধান চ্যালেঞ্জ সমূহ

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের ক্ষেত্রে কারিগরি সমস্যা থেকে শুরু করে আর্থিক সীমাবদ্ধতা পর্যন্ত বেশ কিছু চ্যালেঞ্জ রয়েছে। এর মধ্যে কয়েকটি হল:

১) পুরাতন অবকাঠামো, যার কার্যকর পরিচালনা নিশ্চিত করার জন্য ক্রমাগত মেরামত ও রক্ষণাবেক্ষণের প্রয়োজন হয়;

২) জটিল পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য দক্ষ কর্মীর প্রাপ্যতা নিশ্চিত না করা এবং

৩) মালিকানা, জবাবদিহিতা, দক্ষ ব্যবস্থাপনা এবং আর্থিক স্থায়িত্ব এর অভাব।

এই চ্যালেঞ্জগুলি মোকাবেলা করার জন্য একটি সমন্বিত পদ্ধতির প্রয়োজন যার মধ্যে কার্যকর পরিকল্পনা, পর্যাপ্ত বিনিয়োগ এবং কারিগরিভাবে প্রশিক্ষিত ও দক্ষ কর্মীবাহিনী অন্তর্ভুক্ত থাকে। পাশাপাশি দীর্ঘমেয়াাদী জলবায়ু-সহনীয় পানি সরবরাহ ব্যবস্থা নিশ্চিত করার জন্য টেকসই অনুশীলন গ্রহণ করা হয়।

১.২.৩.২ জলবায়ু পরিবর্তনের কারনে পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের প্রধান চ্যালেঞ্জ সমূহ

জলবায়ু পরিবর্তনের কারনে বাংলাদেশে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য চ্যালেঞ্জ তৈরি হচ্ছে। উপকূলীয় অঞ্চলে লবণাক্ততা বৃদ্ধি, বন্যা এবং খরার কারনে পানির গুণগতমান, অবকাঠামো এবং সম্পদ ব্যবস্থাপনার উপর প্রভাব ফেলছে। ফলে সহনীয় মাত্রায় এই প্রভাব অভিযোজনের (adaptation) ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হচ্ছে। এর কিছু বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ:

- জলবায়ু পরিবর্তন বৃষ্টিপাতের ধরণ এবং পানিচক্রকে পরিবর্তন করে, যার ফলে বন্যা এবং খরা উভয়ই বৃদ্ধি পায়, এতে করে ধারাবাহিক পানি সরবরাহ বজায় রাখা কঠিন হয়ে পড়ে;
- উপকূলীয় ভূমিক্ষয়, লবণাক্ততা বৃদ্ধি এবং চরম আবহাওয়ার পরিবর্তন পানির অবকাঠামোর ক্ষতি করে, যার জন্য ব্যয়বহুল মেরামত এবং উন্নয়নের প্রয়োজন হয়;
- জলবায়ু-সম্পর্কিত কারনে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পানি পরিশোধন, বিদ্যুৎ এবং মেরামত খরচসহ পরিচালন ব্যয় বৃদ্ধি করতে পারে;
- জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাবের কারণে পাইপলাইনে লবণাক্ততা, পলি জমা এবং ক্ষয় (corrosion) বৃদ্ধিতে রক্ষণাবেক্ষণের চাহিদা বাড়িয়ে তুলতে পারে।

ফলস্বরূপ, নিম্নলিখিত অভিযোজন(adaptation) এবং সহনশীল (resilience) ব্যবস্থাগুলি প্রয়োজন:

- বন্যা এবং লবণাক্ত পানির অনুপ্রবেশ সহ্য করার জন্য জলবায়ু-সহনশীল নকশা সহ পাইপলাইন, শোধনাগার এবং পাম্পিং স্টেশনগুলিকে শক্তিশালী করা;
- লবণাক্ততা এবং অন্যান্য দূষণ অপসারণের জন্য পানি পরিশোধন প্রযুক্তি ব্যবহার করে নিরাপদ খাবার পানি নিশ্চিত করা;
- বৃষ্টির পানি সংগ্রহের মতো বিকল্প পানির উৎস অনুসন্ধান করা এবং পরিশোধনের পরে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় সেগুলিকে একীভূত করা;
- জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব বিবেচনা করে পানি বরাদ্দ, মজুত এবং বিতরণ এর জন্য নিরাপদ পানি পরিকল্পনা (WSP) তৈরি এবং বাস্তবায়ন করা;
- জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব সম্পর্কে জনগণের মধ্যে সচেতনতা বৃদ্ধি এবং পানি ব্যবহার এবং সংরক্ষণে দায়িত্বশীল হতে উৎসাহিত করা;
- গ্রহনশীল অবস্থা তৈরির জন্য সবচেয়ে কার্যকর কৌশলগুলিকে অগ্রাধিকার দেওয়ার জন্য মানানসই বিনিয়োগের জন্য আর্থিক পোর্টফোলিও তৈরি করা।

অতএব, জলবায়ু পরিবর্তন বাংলাদেশের পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য একটি বড় হুমকি। ফলে, অভিযোজন ও সহনশীলতার জন্য একটি সক্রিয় এবং সমন্বিত পদ্ধতির প্রয়োজন। উপযুক্ত অভিযোজন ব্যবস্থা বাস্তবায়ন, সহনশীল অবকাঠামোতে বিনিয়োগ এবং পানি ব্যবস্থাপনার ব্যবহার শক্তিশালী করে এই পদ্ধতি বাস্তবায়ন করা যায়। যার ফলে, বাংলাদেশ পরিবর্তিত জলবায়ু পরিস্থিতির মুখোমুখি হয়ে তার পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার স্থায়িত্ব এবং নির্ভরযোগ্যতা বৃদ্ধি করবে।

বাংলাদেশে পাইপলাইনের মাধ্যমে পানি সরবরাহ প্রকল্পসমূহের জন্য পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE) হতে পরিবেশগত ছাড়পত্র গ্রহণ বাধ্যতামূলক করে থাকে। সম্ভাব্য পরিবেশগত প্রভাবের কারণে এসব প্রকল্পকে প্রায়শই রেড ক্যাটাগরি হিসেবে শ্রেণিবদ্ধ করা হয়, যার ফলে একটি পরিবেশগত প্রভাব মূল্যায়ন (Environmental Impact Assessment – EIA) অথবা প্রাথমিক পরিবেশগত পরীক্ষা (Initial Environmental Examination – IEE) সম্পাদন করা প্রয়োজন হয়। পাইপলাইনের মাধ্যমে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) প্রধানত পানি মান নিয়ন্ত্রণ, টেকসই উৎস থেকে পানি সংগ্রহ, পাইপলাইনের অখন্ডতা (integrity) বজায় রাখা এবং শব্দ ও ধুলাবালির মতো পরিবেশগত প্রভাব প্রশমনের উপর গুরুত্ব দেয়। এ প্রসঙ্গে পরিবেশ সংরক্ষণ রুল-১৯৯৭ হালনাগাদ ২০২৩ (ECR-1997 updated 2023) অনুযায়ী পরিবেশ অধিদপ্তর কর্তৃক নির্ধারিত পরিবেশগত প্রভাব সংক্রান্ত প্রটোকল অনুসরণ করা উচিত (সূত্র: DoE ওয়েবসাইট www.doe.gov.bd)।

১.২.৪ স্কাডা সিস্টেম

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের বিভিন্ন চ্যালেঞ্জ মোকাবেলা করার জন্য একটি আধুনিক উপায় হলো SCADA-কে সিস্টেমে চালু করা। বাংলাদেশে পৌরসভা পানি সরবরাহের দৃষ্টিকোণ থেকে, SCADA এখনও একটি উচ্চ পর্যায়ের প্রযুক্তি। এটি চালু করার পূর্বশর্ত হলো সিস্টেমে ২৪ ঘন্টা পানি সরবরাহ থাকা এবং সিস্টেম পরিচালনার জন্য এক দল প্রশিক্ষিত কর্মীর উপস্থিতি। এই ম্যানুয়ালের এই অংশে শুধুমাত্র একটি রেফারেন্স হিসাবে SCADA-কে বর্ণনা করা হয়েছে।

SCADA কী

সুপারভাইজারি কন্ট্রোল অ্যান্ড ডেটা অ্যাকুইজিশন (SCADA) সিস্টেম হলো একটি কম্পিউটার-ভিত্তিক শিল্প নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা যা রিয়েল-টাইমে শিল্প এর বিভিন্ন প্রসেসের পর্যবেক্ষণ এবং নিয়ন্ত্রণ করে। এটা বৃহৎ পরিসরে, ভৌগোলিকভাবে বিস্তৃত কর্মকান্ডে ব্যবহৃত হয়। SCADA রিয়েল-টাইম ডেটা সংগ্রহ এবং বিশ্লেষণ করার জন্য সফ্টওয়্যার এবং হার্ডওয়্যারকে একত্রিত করে। এটার মাধ্যমে এর ব্যবহারকারীগণ দূর থেকে বা কাছ থেকে গুরুত্বপূর্ণ অবকাঠামো এবং সরঞ্জাম নিয়ন্ত্রণ বা পরিচালনা করতে পারে।

পানি সরবরাহ শিল্পে, SCADA পানি শোধনাগার এবং বিতরণ ব্যবস্থায় পাম্প, ভাল্ভ এবং রাসায়নিক শোধনাগার নিয়ন্ত্রণের জন্য কাজ করে যাতে পানির গুণগতমান নিশ্চিত করা যায় এবং জলাধারের পানির স্তর পরিমাপ করা যায়।

SCADA সিস্টেম কীভাবে কাজ করে

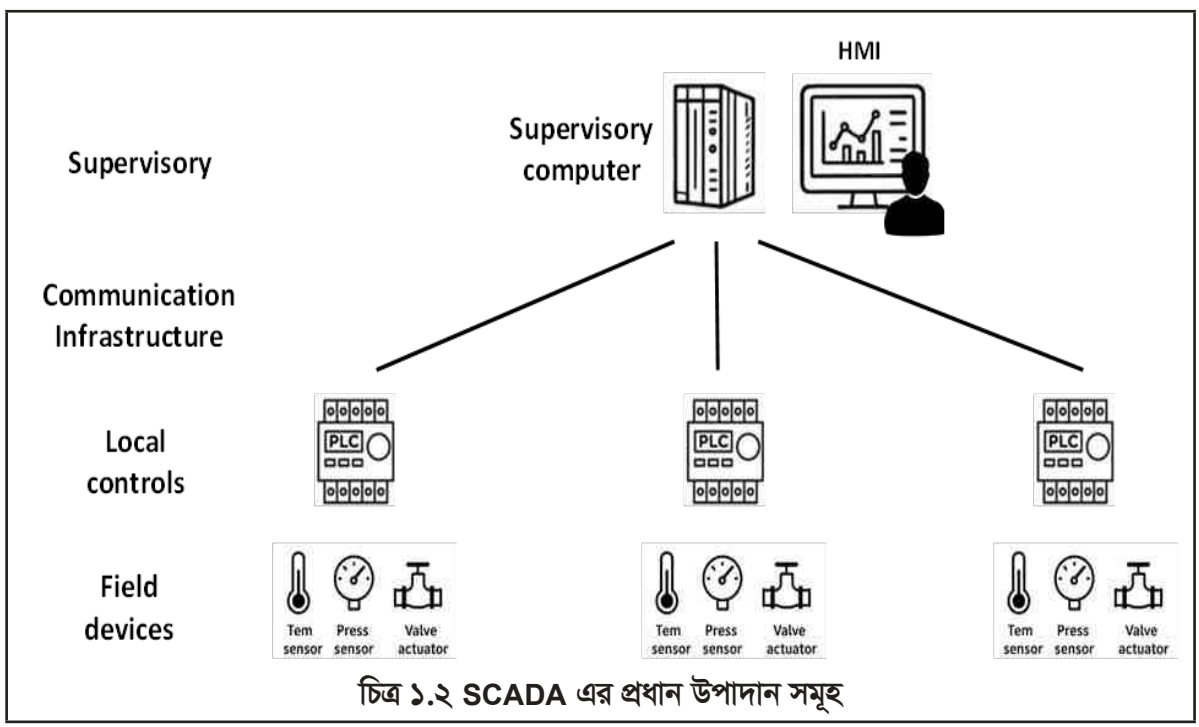
একটি SCADA সিস্টেম প্ল্যান্টের মেঝেতে থাকা ডিভাইসগুলি থেকে ডেটা সংগ্রহ করে এবং গ্রাফিক্যাল ইউজার ইন্টারফেসের মাধ্যমে অপারেটরদের কাছে তা উপস্থাপন করে। এটি প্ল্যান্ট অপারেশনের একটি উচ্চ-স্তরের, কেন্দ্রীভূত দৃশ্য প্রদান করে। সিস্টেমটি চারটি প্রধান কাজ সম্পাদন করে:

- **ডেটা সংগ্রহ:** সেন্সর এবং নিয়ন্ত্রণ রিলে শিল্পের যন্ত্রাংশ থেকে ডেটা সংগ্রহ করে, যেমন: পানি সরবরাহের হার, পানির চাপ, তাপমাত্রা, পানির গুণগতমান (পিএইচ, টার্বিডিটি ইত্যাদি), ভোল্টেজ এবং কারেন্ট;
- **নেটওয়ার্কযুক্ত ডেটা যোগাযোগ:** এটি একটি যোগাযোগ নেটওয়ার্ক যা কেন্দ্রীয় নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা এবং ফিল্ড ডিভাইসগুলির মধ্যে ডেটা প্রেরণ করে। এটি ইথারনেটের মতো তারযুক্ত সংযোগ বা রেডিও এবং সেলুলার নেটওয়ার্কের মতো তারবিহীন পদ্ধতি হতে পারে;
- **ডেটা উপস্থাপনা:** এটি ডেটা প্রক্রিয়াজাত ও ফরমেট করে। একটি হিউম্যান-মেশিন ইন্টারফেস (HMI) এর মাধ্যমে অপারেটরদের কাছে প্রদর্শনের জন্য এই ফরমেট করা হয়। এগুলি চার্ট, ডায়াগ্রাম এবং ড্যাশবোর্ডের আকারে করা হয়;
- **নিয়ন্ত্রণ:** অপারেটররা HMI ব্যবহার করে প্রসেস প্যারামিটারগুলি সঠিক করার জন্য কমান্ড পাঠাতে পারে এবং সিস্টেমটিকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে অস্বাভাবিক পরিস্থিতিতে প্রতিক্রিয়া জানাতে প্রোগ্রাম করতে পারে।

মূল উপাদান সমূহ

একটি SCADA সিস্টেম বেশ কয়েকটি সমন্বিত হার্ডওয়্যার এবং সফ্টওয়্যার উপাদানের সমন্বয়ে গঠিত:

- **ফিল্ড ডিভাইস:** এগুলি হলো যন্ত্র, সেন্সর এবং অ্যাকচুয়েটর **যা স**রাসরি ভৌত প্রক্রিয়ার সাথে যোগাযোগ করে। এগুলি তাপমাত্রা এবং পানির চাপের মতো পরিবর্তনশীল প্যারামিটারগুলি পরিমাপ ও নিয়ন্ত্রণ করে এবং ভাল্ভ খোলা ও বন্ধ করার কাজ করে;
- **প্রোগ্রামেবল লজিক কন্ট্রোলার (PLC) এবং রিমোট টার্মিনাল ইউনিট (RTU):** এগুলি মাইক্রোকম্পিউটার যা ফিল্ড ডিভাইস থেকে ডেটা সংগ্রহের জন্য লোকাল কালেক্শন পয়েন্ট হিসাবে কাজ করে। এগুলি বেসিক কন্ট্রোল লজিক কার্যকর করার জন্য এবং ডেটা কেন্দ্রীয় তত্ত্বাবধান ব্যবস্থায় ফেরত পাঠানোর জন্য প্রোগ্রাম করা হয়;
- **সুপারভাইজরি কম্পিউটার সমূহ:** এগুলি কেন্দ্রীয় নিয়ন্ত্রণ হাবে অবস্থিত, এই সার্ভারগুলি PLC এবং RTU থেকে ডেটা সংগ্রহ এবং প্রক্রিয়াজাত করে। তারা SCADA সফ্টওয়্যার চালায়, HMI পরিচালনা করে এবং নিয়ন্ত্রণ কমান্ড জারি করে;
- **হিউম্যান-মেশিন ইন্টারফেস (HMI):** এটি হলো সফ্টওয়্যার এবং হার্ডওয়্যার ইন্টারফেস যা মানব অপারেটরদের SCADA সিস্টেমের সাথে যোগাযোগ করতে দেয়। এটি একটি গ্রাফিকাল ফরমেটে প্রসেস ডেটা প্রদর্শন করে এবং অপারেটরদের প্রসেস অ্যাকশন গুলি এ্যডজাষ্ট বা ওভাররাইড করার জন্য ক্ষমতা প্রদান করে;
- **যোগাযোগ অবকাঠামো:** এটি এমন একটি নেটওয়ার্ক যা SCADA সিস্টেমের সমস্ত উপাদানকে সংযুক্ত করে, যা ডেটা প্রবাহ এবং নিয়ন্ত্রণ কমান্ডগুলিকে সক্ষম করে।



চিত্র ১.২ SCADA এর প্রধান উপাদান সমূহ

SCADA সিস্টেমের সুবিধা

SCADA সিস্টেমগুলি অনেক সুবিধা প্রদান করে, যেমন:

- স্কেলেবিলিটি
- রিয়েল-টাইম পর্যবেক্ষণ এবং নিয়ন্ত্রণ
- অটোমেশন
- দূরবর্তী অ্যাক্সেস
- খরচ এবং শক্তি হ্রাস
- নিরাপত্তা
- দক্ষতা
- ডাউনটাইম হ্রাস

SCADA নিরাপত্তা

SCADA সিস্টেমগুলি সাইবার-আক্রমণের মতো নিরাপত্তা হুমকির জন্য ঝুঁকিপূর্ণ, যার উল্লেখযোগ্য পরিণতি হতে পারে, উদাহরণস্বরূপ, শিল্প প্রক্রিয়ার উপর নিয়ন্ত্রণ হারানো, পরিষেবা ব্যাহত হওয়া এবং এমনকি সরঞ্জামের ভৌত ক্ষতি সাধন।

১.২.৫ পাইপবাহিত পানি সরবরাহের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের আইনি কাঠামো

পানি সরবরাহ ব্যবস্থা, পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ এবং পর্যবেক্ষণ ও নজরদারির সাথে সম্পর্কিত বিভিন্ন আইন, নীতি, কৌশল এবং পরিকল্পনা/নির্দেশিকা রয়েছে। প্রাসঙ্গিক আইনি নথিগুলি নিম্নরূপ:

আইন:

- বাংলাদেশ পরিবেশ সংরক্ষণ আইন ১৯৯৫, ২০২৩ সালে সংশোধিত
- স্থানীয় সরকার (সিটি কর্পোরেশন) আইন ২০০৯
- পৌরসভা আইন ২০০৯
- স্থানীয় সরকার (পৌরসভা) আইন ২০১০
- বাংলাদেশ পানি আইন ২০১৩

নীতি:

- নিরাপদ পানি ও স্যানিটেশনের জন্য জাতীয় নীতি ১৯৯৮ (সংশোধন ২০২৫) (Revised as NP-WASH 2025 and is under process of approval of the Government –Ref: PSB web site www.psb.gov.bd)
- জাতীয় পানি নীতি ১৯৯৯
- উপকূলীয় অঞ্চল নীতি ২০০৫

কৌশল:

- বাংলাদেশে পানি ও স্যানিটেশন খাতের জন্য দরিদ্র-বান্ধব কৌশল ২০২০
- পানি ও স্যানিটেশনের জন্য জাতীয় ব্যয় অংশিদারিত্ব কৌশল ২০১০
- বাংলাদেশে দুর্গম এলাকায় (শহুরে বস্তিসহ) পানি ও স্যানিটেশনের জন্য জাতীয় কৌশল ২০১১

পরিকল্পনা/নির্দেশিকা:

- সেক্টর উন্নয়ন পরিকল্পনা (২০১১-২০২৫) এবং সংশোধিত সেক্টর উন্নয়ন পরিকল্পনা (২০২৬-২০৪০)
- পৌরসভা পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনা নির্দেশিকা-২০২৩ (স্থানীয় সরকারের পানি সরবরাহ বিভাগ)

পৌরসভা পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনা নির্দেশিকা-২০২৩ ব্যতীত, পানি সরবরাহকে প্রভাবিত করে এমন অন্যান্য সকল আইন, নীতি, কৌশল এবং পরিকল্পনা PICMaC-DPHE (পর্ব-১) এর অধীনে প্রস্তুতকৃত "গ্রামীণ ও পৌরসভা পানি সরবরাহের জন্য সমন্বিত কারিগরি গাইডলাইন" এর অংশ-১ এর অধ্যায় ২-এ বর্ণিত হয়েছে। [DPHE হোম পেজ দেখুন]।

পৌরসভা পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনা নির্দেশিকা-২০২৩ (LGD)-এ উল্লেখ করা হয়েছে যে, পৌরসভাগুলি গ্রাহকদের সাথে পানি সংযোগ প্রদান, ট্যারিফ আদায় এবং বকেয়া আদায়, সংযোগ বিচ্ছিন্নকরণ ইত্যাদি আইন প্রয়োগের মাধ্যমে পানি সরবরাহ পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণ করবে। পৌরসভাগুলি গ্রাহক সন্তুষ্টির সাথে গুণগতমান এবং পরিমাণও বজায় রাখবে।

১.৩ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ ম্যানুয়াল এর প্রয়োজনীয়তা

শহরাঞ্চলে খাবার পানি পরিষেবার সঠিক ব্যবস্থাপনার জন্য কারিগরি সহায়তা প্রদানের লক্ষ্যে পৌরসভা পানি সরবরাহ ব্যবস্থার উপর একটি পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (ওএন্ডএম) ম্যানুয়াল দীর্ঘদিন ধরে জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তরের (ডিপিএইচই) জন্য প্রয়োজন ছিল। বর্তমানে, বাংলাদেশের খাবার পানি সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য উপযুক্ত ও মানসম্মত একটি কারিগরি ম্যানুয়াল নেই। এই ম্যানুয়ালটি ডিপিএইচই'র কর্মীদের এবং পৌরসভা কর্তৃপক্ষের জন্য তাদের স্থানীয় চাহিদা, সিস্টেমের আকার এবং পরিচালনা ক্ষমতা অনুসারে কাঠামোগত ওএন্ডএম প্রোগ্রাম তৈরির জন্য একটি গাইডলাইন হিসাবে কাজ করে সেই শূন্যতা পূরণ করবে।

এই ম্যানুয়ালটি শহরাঞ্চলের পানি সরবরাহ ব্যবস্থা পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য দায়িতপ্রাপ্ত ডিপিএইচই'র মাঠ পর্যায়ের কর্মীদের কারিগরি, পরিচালনাগত এবং ব্যবস্থাপনাগত দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য তৈরি করা হয়েছে। এই ম্যানুয়ালটি অনুসরণ করে, পৌরসভাসমূহ টেকসই এবং পরিবেশগত দায়িত্ববোধকে উৎসাহিত করার পাশাপাশি নিরাপদ, নির্ভরযোগ্য এবং সাশ্রয়ী মূল্যের খাবার পানির নিরবচ্ছিন্ন সরবরাহ নিশ্চিত করতে পারবে। এই ম্যানুয়ালটিতে বর্ণিত পদ্ধতিগুলি কার্যকর ওএন্ডএম-এর জন্য একটি কাঠামো প্রদান করে, তবে পৌরসভাসমূহকে তাদের বিদ্যমান ব্যবস্থার পুঙ্খানুপুঙ্খ মূল্যায়নের ভিত্তিতে তাদের নির্দিষ্ট অবকাঠামো, আর্থিক ক্ষমতা এবং পরিষেবার চাহিদার সাথে খাপ খাইয়ে নিতে হবে।

একটি সুগঠিত ওএন্ডএম কৌশলে নিম্নলিখিত মূল উপাদানগুলি অন্তর্ভুক্ত করা উচিত:

১. **নিরাপদ পানি পরিকল্পনা (WSPs)** ঝুঁকি মূল্যায়ন এবং সক্রিয় ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে পানির গুণগতমান নিশ্চিত করা; (অনুগ্রহ করে "গ্রামীণ ও পৌরসভা পানি সরবরাহের সম্বন্নিত কারিগরি গাইডলাইন" এর অংশ-৩ অধ্যায়-২ "নিরাপদ পানি পরিকল্পনা প্রণয়নে সহায়তা প্রদান" অংশটি দেখুন) (DPHE-HP)।

২. **স্ট্যান্ডার্ড অপারেটিং পদ্ধতি (SOPs)** বার্ষিক ব্যয় এবং রাজস্ব উৎস চিহ্নিত করার সময় ভূমিকা, দায়িত্ব এবং পরিচালনার সময়সূচি সংজ্ঞায়িত করা;

৩. **পরিষেবা উন্নয়ন পরিকল্পনা (SIPs)** অবকাঠামোগত উন্নয়ন এবং উন্নত পরিষেবা সরবরাহের জন্য ভবিষ্যতের বিনিয়োগের রূপরেখা তৈরি করা।

স্থানীয় অপারেটরদের নিয়মিত ওএন্ডএম কাজের নির্দেশনা দেওয়ার জন্য স্ট্যান্ডার্ড **অপারেটিং পদ্ধতি (SOPs)** অপরিহার্য, যার মধ্যে রয়েছে:

- **পানির উৎস-** ভূগর্ভস্থ পানি এবং ভূপৃষ্ঠের পানি সংগ্রহ ব্যবস্থার সঠিক ব্যবস্থাপনা;
- **পরিবহন এবং পাম্পিং-** পাম্প এবং মোটরগুলির নিয়মিত পরিচালনা, পরিদর্শন এবং রক্ষণাবেক্ষণ;
- **সংরক্ষণ এবং পরিশোধন-** জলাধার ও ফিল্টার প্রক্রিয়া পরিষ্কার এবং জীবাণুমুক্তকরণ;
- **বিতরণ ব্যবস্থা-** লিকেজ সনাক্তকরণ, পাইপলাইন রক্ষণাবেক্ষণ এবং গৃহস্থালী সংযোগ।

টেকসই কার্যক্রম পরিচালনার জন্য, পৌরসভাগুলিকে বার্ষিক বাজেট সংরক্ষণ করতে হবে যা পরিচালনা খরচ, রাজস্ব আদায় ও আর্থিক স্থায়িত্বের জন্য প্রয়োজন। আর্থিক চাপ ছাড়াই পানি সরবরাহ পরিষেবা বজায় রাখা এবং সম্প্রসারণের জন্য কার্যকর বিলিং এবং রাজস্ব ব্যবস্থাপনা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

উপরন্তু, সক্ষমতা বৃদ্ধির কর্মসূচি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, কারণ স্থানীয় অপারেটরদের প্রয়শ:ই সীমিত প্রযুক্তিগত দক্ষতা এবং অভিজ্ঞতা থাকে। তারা যাতে কার্যকরভাবে সিস্টেম পরিচালনা করতে পারে তা নিশ্চিত করার জন্য হাতে-কলমে প্রশিক্ষণ, সমস্যা সমাধানে সহায়তা এবং ক্রমাগত দক্ষতা উন্নয়নের উদ্যোগ প্রদান করা উচিত। সঠিক প্রশিক্ষণ ছাড়া, অপারেটররা নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণের বিষয়ে সমস্যায় পড়তে পারে, যার ফলে পরিষেবা ব্যাহত হতে পারে, অকালে যন্ত্রপাতি অচল হতে পারে এবং পরিচালন ব্যয় বৃদ্ধি পেতে পারে।

বিশেষ করে বিতরণ ব্যবস্থা এবং উৎসের নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণের ক্ষেত্রে, জনগণের ভূমিকা বিবেচনা করা উচিত। সম্ভাব্য দূষণ রোধ করার জন্য পানির উৎসগুলি পর্যবেক্ষণ বা নজরদারি করার জন্য ওয়ার্ড পর্যায়ে ভোক্তা ফোরাম স্থাপন করা যেতে পারে এবং যথাযথ পদক্ষেপ গ্রহণের জন্য পৌরসভাগুলিকে ভোক্তা ফোরাম হতে সময় সময় প্রতিবেদন প্রদান করা উচিত। একই সাথে, ফোরামগুলির সহায়তায় পানি সংরক্ষণ, অপচয় রোধ, পানির গুণগতমান, ব্যক্তিগত স্বাস্থ্যবিধি ইত্যাদি বিষয়ে সচেতনতামূলক কর্মসূচি তৈরি এবং বাস্তবায়ন করা উচিত। পৌরসভাগুলিতে অভিযোগ/পরামর্শ সেল স্থাপন করা উচিত যাতে গ্রাহকরা পানির লিকেজ এবং অপচয়, গ্রাহকের পক্ষ থেকে কম পানির চাপ, দূষণ/নিম্নমানের পানি ইত্যাদি বিষয়ে অভিযোগ দায়ের করতে পারে। একই সাথে, পৌরসভা কর্তৃক প্রাপ্ত সমস্ত অভিযোগের প্রতিকারের জন্য যুক্তিসঙ্গত সময়ের মধ্যে সমাধান করা উচিত।

পরিশেষে, দক্ষ ও কার্যকর ওএন্ডএম এর জন্য একটি সুনির্দিষ্ট ব্যবস্থাপনা কাঠামো, স্পষ্ট কারিগরি গাইডলাইন, আর্থিক পরিকল্পনা এবং চলমান কর্মী উন্নয়ন প্রয়োজন। এই ম্যানুয়ালটি পৌরসভাগুলিকে তাদের জনগণের জন্য নিরবচ্ছিন্ন এবং উচ্চ গুণগতমানের খাবার পানির পরিষেবা নিশ্চিত করার জন্য পদ্ধতিগত, টেকসই এবং নির্ভরযোগ্য ওএন্ডএম চর্চা প্রতিষ্ঠায় একটি রেফারেন্স ডকুমেন্ট হিসেবে কাজ করবে।

১.৪ ম্যানুয়ালের ব্যবহার

ডিপিএইচই-এর কর্মীদের পানি সরবরাহ ব্যবস্থার বিভিন্ন উপাদানের ওএন্ডএম সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা থাকা প্রয়োজন। এই ম্যানুয়ালটি সাধারণ, কোন একটি সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভার জন্য নির্দিষ্ট নয়। তবে, এই ম্যানুয়ালটি প্রতিটি পরিষেবা প্রদানকারীকে তাদের পানি সরবরাহ ব্যবস্থার প্রতিটি উপাদানের নির্দিষ্ট ওএন্ডএম কর্ম পরিকল্পনা প্রস্তুত করতে সহায়তা করবে (**অনুগ্রহপূর্বক পরিশিষ্ট-১ দেখুন**)। এই বিষয়ে, ডিপিএইচই, ম্যানয়াল অনুসরণ করে, সিটি কর্পোরেশন এবং পৌরসভার সংশ্লিষ্ট কর্মীদের কর্ম পরিকল্পনা প্রস্তুত করতে এবং পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নিয়মিত ওএন্ডএম কার্যক্রম পরিচালনা করতে প্রশিক্ষণ প্রদান করবে।

ম্যানুয়ালটি তৈরিতে কারিগরি, আর্থিক এবং সাংগঠনিক বিষয়গুলি বিবেচনা করা হয়েছে। প্রতিটি বিষয়ের উপর মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা (Outline of the Basic Theory) এবং নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points) এবং নিয়ন্ত্রণ পরিমাপ (Control Measure) বিস্তারিতভাবে বর্ণনা করা হয়েছে। স্কেচ এবং ছবির মাধ্যমে বিভিন্ন বিষয়ে ব্যাখ্যা করার উপর জোর দেওয়া হয়েছে। তবে, পানি সরবরাহ ব্যবস্থার প্রাসঙ্গিক উপাদানের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ প্রক্রিয়া বোঝার

জন্য পর্যাপ্ত ব্যাখ্যা/বর্ণনা দেওয়া হয়েছে। এই অধ্যায়ের পরে ম্যানুয়ালটিতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।

অধ্যায় ২: পানি সরবরাহ মৌলিক পরিকল্পনা (নসার মানদন্ড) এবং কার্যকর ওএন্ডএম-এর জন্য কৌশল;

অধ্যায় ৩: ইনটেক কাঠামো;

অধ্যায় ৪: পাম্প;

অধ্যায় ৫: র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা; (প্রি-সেডিমেন্টেশন/রাফিং ফিল্টার, এ্যাইরেশন, কোয়াগুলেশন, ফ্লোকুলেশন, সেডিমেন্টেশন এবং ফিল্টার)

অধ্যায় ৬: স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা;

অধ্যায় ৭: ক্লোরিনেশন;

অধ্যায় ৮: পাইপলাইন (ট্রান্সমিশন, বিতরণ এবং পরিষেবা লাইন);

অধ্যায় ৯: বিতরণ ট্যাঙ্ক;

অধ্যায় ১০: বৈদ্যুতিক-যান্ত্রিক সুবিধা;

অধ্যায় ১১: রাজস্ব বহির্ভূত পানি (NRW);

অধ্যায় ১২: পানির ট্যারিফ এবং সংগ্রহ;

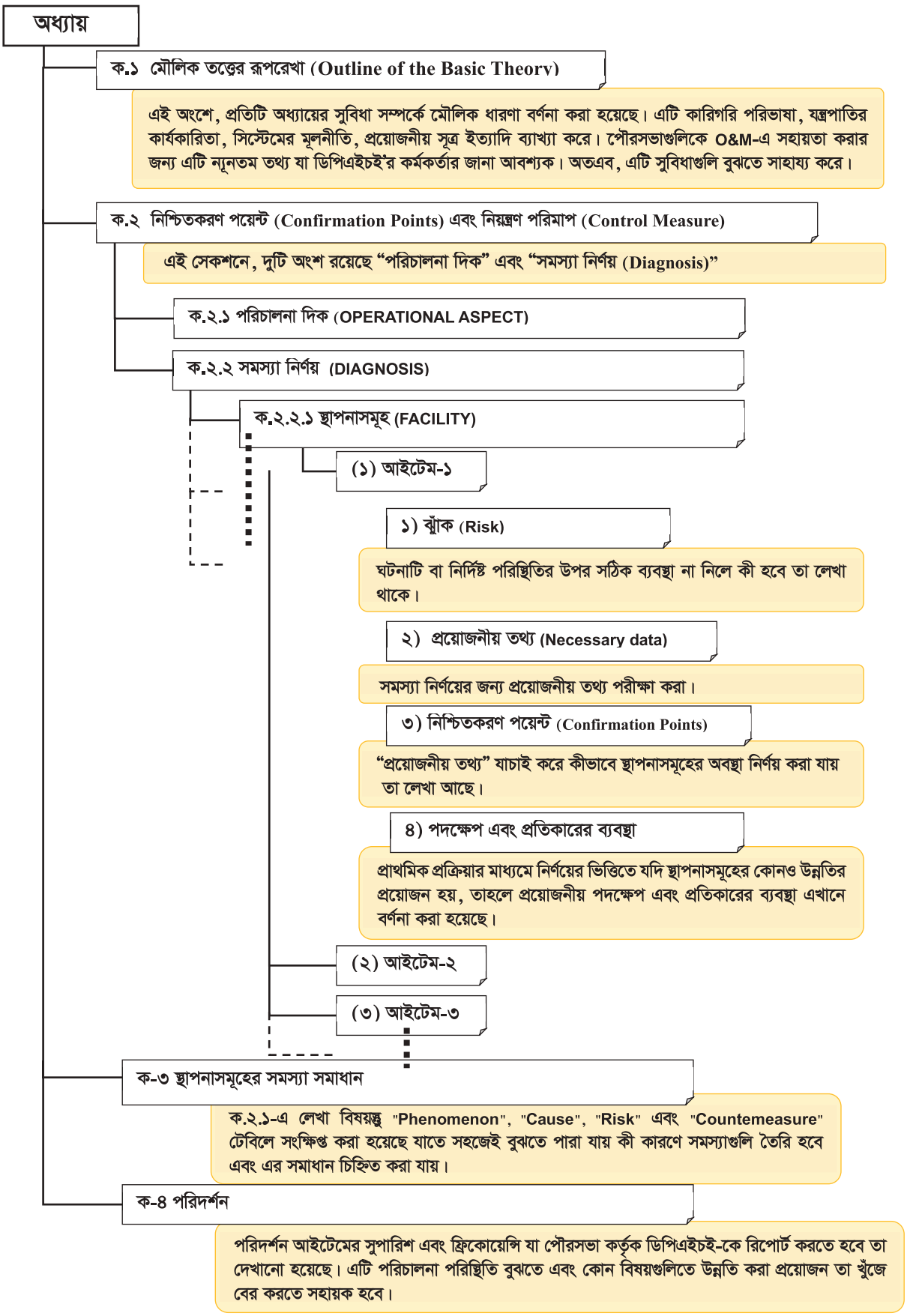
অধ্যায় ১৩: আর্থিক ব্যবস্থাপনা।

১.৫ বিষয়বস্তুর কাঠামো (The structure of contents)

এই ম্যানুয়ালের প্রতিটি অধ্যায়ে একই কাঠামোতে (পরবর্তী পৃষ্ঠায় দেখানো হয়েছে) একটি করে পানি সরবরাহ ব্যবস্থা বর্ণনা করা হয়েছে। এতে করে পাঠক সহজেই O&M এর মাধ্যমে নির্দিষ্ট প্রয়োজনীয় বিষয়বস্তুতে পৌঁছাতে পারবেন। তবে, "মৌলিক পানি সরবরাহ পরিকল্পনা" অধ্যায়ে কেবলমাত্র মৌলিক তত্ত্বগুলির রূপরেখা বর্ণনা করা হয়েছে কারণ এটি পরিকল্পনা প্রক্রিয়ার সাথে বেশী সম্পর্কিত এবং এই ম্যানুয়ালের O&M এর সাথে নয়।

১.৬ এই সহায়ক ম্যানুয়াল দ্বারা ডিপিএইচই কিভাবে পৌরসভাকে সহায়তা প্রদান করবে

পৌরসভার পানি সরবরাহের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) এর সহায়ক কার্যক্রম বাস্তবায়নের জন্য, ডিপিএইচই-কে এমন একটি সুযোগ গঠন করতে হবে যার মাধ্যমে তারা বিদ্যমান পরিস্থিতি সম্পর্কে তথ্য সংগ্রহ করতে পারে। যেমন পানি সরবরাহ স্থাপনাসমূহের কার্যকারিতা সংক্রান্ত তথ্য, নির্দিষ্ট এলাকার পানি সরবরাহ প্রাপ্ত জনসংখ্যা, পানি সরবরাহের সময়কাল, ঘটনা প্রতিবেদন, স্থাপনাসমূহের কার্যক্রম সংরক্ষণ ইত্যাদি। এই সকল তথ্য ছাড়া O&M এর পরিকল্পনা ও বাস্তবায়ন সম্ভব নয়, কারণ পৌরসভা ও ডিপিএইচই খারাপ পরিস্থিতির পূর্বাভাস বা প্রবণতা নির্ধারণ করতে পারবে না। তাই হালনাগাদ তথ্য সংগ্রহ এবং ডিপিএইচই'র মাঠ পর্যায়ের অফিস ও পৌরসভার মধ্যে পারস্পরিক যোগাযোগ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। ডিপিএইচই-কে ভাবতে হবে, তারা নিজেরাই কোন কোন কাজ শুরু করতে পারে। যোগাযোগের একটি সম্ভাব্য মাধ্যম হিসেবে বর্তমানে চালু থাকা "ওয়াটসান কমিটি" কে ব্যবহার করা যেতে পারে।



চিত্র ১-৩ বিয়য়বস্তুর কাঠামো (The structure of contents)

অধ্যায়-২ঃ পানি সরবরাহের মৌলিক পরিকল্পনা (নক্সার মানদন্ড) এবং কার্যকর পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের কৌশল

২.১ পৌরসভার পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিকল্পনার মূল বিবেচ্য বিষয়সমূহ

সাধারণভাবে কোন পৌরসভার পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা পরিকল্পনা করার সময় নিম্নলিখিত কার্যক্রমগুলি বিবেচনায় নেওয়া প্রয়োজনঃ

১। নক্সার সময়কাল অনুযায়ী ভবিষ্যৎ জনসংখ্যার হিসাব নির্ধারণ, স্থানীয় পরিস্থিতি পর্যালোচনা এবং প্রতিদিনের মোট পানির চাহিদা নির্ধারণ করা;

২। পানি সরবরাহের উৎস সনাক্তকরণ ও নক্সা সময়কাল জুড়ে (শুষ্ক মৌসুমসহ) প্রয়োজনীয় পানির পরিমাণের প্রাপ্যতা নিরূপণ করা;

৩। ভৌত, রাসায়নিক ও জৈব বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী পানির গুণগতমান মূল্যায়ন করা যাতে তা বাংলাদেশে খাবার পানির মানদন্ডের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়, প্রয়োজনে পানি পরিশোধনের প্রয়োজনীয়তা মূল্যায়ন এবং তা বাস্তবায়নযোগ্য ও টেকসই কি না তা নির্ধারণ করা;

৪। প্রয়োজনীয় অবকাঠামোর নক্সা প্রণয়ন করা, যেমন পানির ইনটেক কাঠামো, পরিশোধনাগার, ভূগর্ভস্থ ও ভূপৃষ্টস্থ পানির সংরক্ষণাগার, ট্রান্সমিশন ও বিতরণ পাইপ নেটওয়ার্ক, পাম্পিং স্টেশন এবং অগ্নিনির্বাপক হাইড্রেন্ট স্থাপন;

৫। অবকাঠামো স্থাপনার জন্য প্রয়োজনীয় জমির প্রাপ্যতা নিশ্চিত করা এবং বিভিন্ন ইউনিট পরিচালনার জন্য পর্যাপ্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ প্রাপ্তি নিশ্চিত করা;

৬। আর্থিক বিশ্লেষণ পরিচালনা করা, যার মধ্যে অবচয় (depreciation) অন্তর্ভুক্ত থাকবে, যাতে আয় ও ব্যয়ের ভারসাম্য রক্ষা করা যায়;

৭। পরিবেশগত সুরক্ষার মানদন্ড অনুসরণ নিশ্চিত করা;

৮। পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য একটি কার্যকর সাংগঠনিক কাঠামো গঠন করা।

২.১.১ পৌর পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিকল্পনা ও নক্সা সংক্রান্ত বিবেচনাসমূহ

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নক্সার সময়কাল সাধারণত ২০-৩০ বছর ধরা হয়, গড়ে ২৫ বছরকে মানদন্ড হিসেবে বিবেচনা করা হয়। সুতরাং, কোনো পৌরসভার পানি সরবরাহ ব্যবস্থা ২৫ বছর মেয়াদের জন্য পরিকল্পিত হওয়া উচিত এবং প্রতি ২০-২৫ বছরে তা পুনর্মূল্যায়ন ও পুনঃপরিকল্পনা করা প্রয়োজন।

তবে, বাংলাদেশের মতো উন্নয়নশীল দেশে জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার স্থিতিশীল বা অভিন্ন নয় এবং গ্রামীণ এলাকা থেকে শহরমুখী অভিবাসনের কোনো নির্দিষ্ট ধারা নেই। এছাড়াও, আবাসন পরিস্থিতিও অনিশ্চিত। বহুতল ভবন নির্মাণের ফলে কোনো কোনো এলাকায় আকস্মিকভাবে পানির চাহিদা বেড়ে যেতে পারে, যা পরিকল্পিত সরবরাহের ভারসাম্য নষ্ট করে। তাই অনেক সময় নক্সার মেয়াদ শেষ হওয়ার আগেই পর্যালোচনা ও পুনঃপরিকল্পনার প্রয়োজন হয়।

যদিও পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সামগ্রিক নক্সার সময়কাল ২৫ বছর ধরা হয়, তবুও প্রতিটি অবকাঠামোর কার্যক্ষম আয়ুষ্কাল আলাদা, যা তার কাঠামোগত প্রকৃতি ও রক্ষণাবেক্ষণের গুণগত মানের ওপর নির্ভর করে। উদাহরণস্বরূপ, সিভিল কনস্ট্রাকশন অংশের আয়ুষ্কাল অনেক বেশি, যদি নির্মাণের গুণগত মান বজায় থাকে। অপরদিকে, পাইপলাইন এর আয়ুষ্কাল নির্ভর করে এই কাজে ব্যবহৃত উপকরণের ধরণ ও মানের ওপর।

একটি নির্ধারিত এলাকার পানির চাহিদা নিরূপণের ক্ষেত্রে ভবিষ্যৎ জনসংখ্যার সঠিক পূর্বানুমান করা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। যেহেতু বিভিন্ন এলাকার জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার ভিন্ন, তাই সমগ্র পৌরসভার জন্য একই বৃদ্ধির হার প্রয়োগ করা উপযুক্ত নয়।

বরং ওয়ার্ডভিত্তিক বিশ্লেষণ গ্রহণ করা উচিত, যেখানে প্রতিটি ওয়ার্ডের পৃথক জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার বিশ্লেষণ করে ভবিষ্যৎ জনসংখ্যা নির্ধারণ করা হবে। এর ফলে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিকল্পনা বাস্তবসম্মত ও চাহিদাভিত্তিক হয়।

এ লক্ষ্যে, পৌরসভাকে বিভিন্ন অঞ্চল বা ওয়ার্ডে বিভক্ত করতে হবে এবং প্রতিটি অংশের জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার স্বতন্ত্রভাবে নিরূপণ করতে হবে। এই তথ্যের ভিত্তিতে ভবিষ্যৎ জনসংখ্যার প্রক্ষেপণ করা যাবে এবং সেই অনুযায়ী পানির চাহিদা নির্ধারণ করা সম্ভব হবে।

নির্দিষ্ট বছরের জন্য ভবিষ্যৎ জনসংখ্যা প্রক্ষেপণের বিভিন্ন পদ্ধতি বিদ্যমান, যা অতীতের জনসংখ্যা বৃদ্ধির ধারা, অভিবাসন প্রবণতা এবং শহর সম্প্রসারণের ওপর নির্ভর করে। পৌরসভার নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য ও উন্নয়ন প্রবণতার ভিত্তিতে উপযুক্ত পদ্ধতি নির্বাচন করা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, যাতে টেকসই ও কার্যকর পানি সরবরাহ ব্যবস্থা পরিকল্পনা করা যায়।

বাংলাদেশে পানি সরবরাহ খাতে সর্বাধিক ব্যবহৃত জনসংখ্যা প্রক্ষেপণ পদ্ধতি হলো Malthus-এর Population Projection (Geometric Growth Model), যা নিচে প্রদত্ত সূত্র অনুসারে নির্ধারিত হয়ঃ

$$P_P = P_1(1+r)^n$$

যেখানে

$\mathbf{P_P}$ = Projected Population
$\mathbf{P_1}$ = Population in the base year
r = Population Growth Rate in %
n = Time interval (in years)

বাংলাদেশে শহর এলাকার পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিকল্পনা ও নক্সা প্রণয়নে নিম্নলিখিত পানি ব্যবহারের[1] মানদন্ড ব্যবহার করা হয়। ডিপিএইচই তার পরিকল্পনা কাজে পানি ব্যবহারের এই হার বিবেচনা করে থাকে।

অঞ্চল	প্রতি ব্যক্তি প্রতিদিনের পানি ব্যবহার (লিটার)
উপজেলা পর্যায়ের পৌরসভা	১০০
জেলা পর্যায়ের পৌরসভা	১২০
সিটি কর্পোরেশন	১৮০

উপরের তথ্য চিত্রগুলি গৃহস্থালির প্রয়োজনীয় পানির চাহিদা নির্দেশ করে যেমন: খাবার পানীয়, রান্না, স্নান, থালা-বাটি ধোয়া, কাপড় ধোয়া এবং অন্যান্য গৃহস্থালি ব্যবহার। তবে, কোনো সম্প্রদায়ে পানির ব্যবহার শুধু গৃহস্থালি কাজে সীমাবদ্ধ থাকে না, অন্যান্য কাজেও পানি ব্যবহার হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে, এই সকল চাহিদা মেটাতে অতিরিক্ত পানি সরবরাহ করতে হয়। একটি কমিউনিটির বিভিন্ন খাতে পানির প্রয়োজনীয়তা নিম্নে দেখানো হলোঃ

ব্যবহারের ধরণ	ব্যবহারের সীমা (লিটার/ব্যক্তি/দিন)	গড় ব্যবহার (লিটার/ব্যক্তি/দিন)
বাণিজ্যিক ব্যবহার	১০-১৫০	৪০
শিল্প ব্যবহার	৩০-৪৫০	১২০
জনসাধারণের ব্যবহার	১০-১০০	২৫
পশুপালন ব্যবহার	১০-৩৫	২০
ক্ষতি ও অপচয়	২০-১৫০	৪০

যাহোক, বেশিরভাগ পৌরসভায় গৃহস্থালির পানি সরবরাহ পরিকল্পনা করা হয় উপরের ব্যবহারগুলির গড় মান বিবেচনা করে। তবে শিল্প প্রতিষ্ঠানে ব্যবহারের পানি এতে অন্তর্ভুক্ত নয়। বাস্তবে, যদি পর্যাপ্ত ও মানসম্পন্ন খাবার পানি সহজলভ্য হয় সেক্ষেত্রে অধিকাংশ শিল্প প্রতিষ্ঠান তাদের নিজস্ব পানি সরবরাহ ব্যবস্থা গড়ে তোলে।

[1] Water Supply & Sanitation by Ahmed & Rahman, ITN BUET-Bangladesh 2007

গৃহস্থালির ব্যবহারের জন্য সরবরাহকৃত পানি অবশ্যই বাংলাদেশের খাবার পানির মানদন্ড (BDWS) অনুসারে হতে হবে। এই মানদন্ড পরিবেশ, বন ও জলবায়ু পরিবর্তন মন্ত্রণালয়ের অধীনে নির্ধারিত ও নিয়ন্ত্রিত হয়। পরিবেশ সংরক্ষণ বিধিমালা ২০২৩এ BDWS-এর জন্য মোট ৫৫টি মানদন্ড নির্ধারণ করা হয়েছে। খাবার পানির জন্য প্রাসঙ্গিক ও গুরুত্বপূর্ণ কিছু মানদন্ড নিম্নে প্রদর্শিত হলোঃ

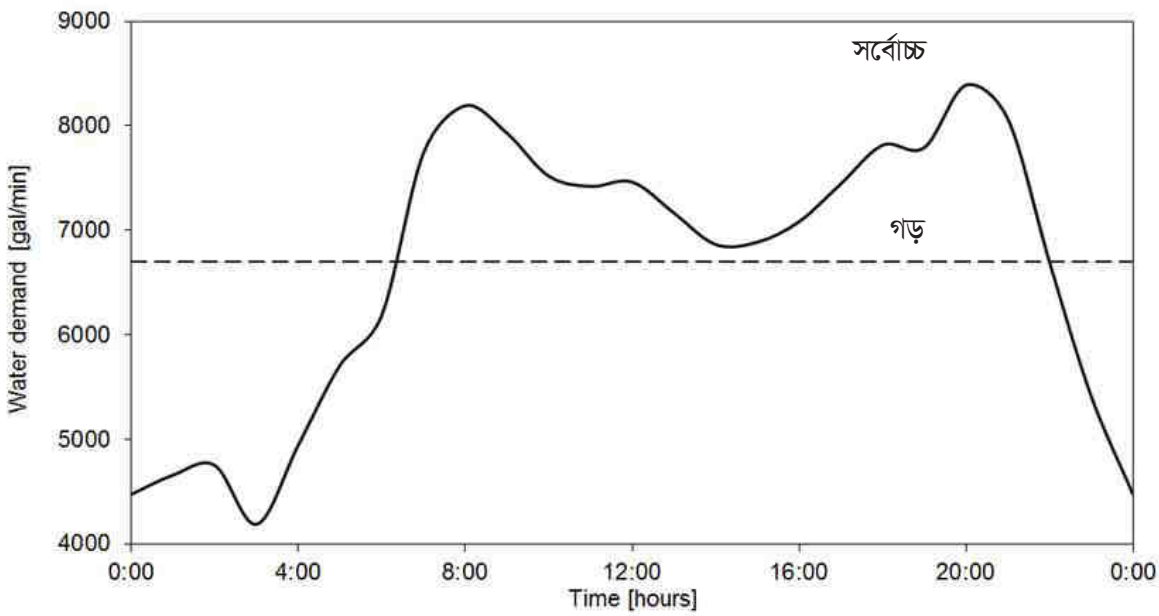
টেবিল ২.১: খাবার পানির গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটারসমূহের মানদন্ড

পানির গুণগতমনের প্যারামিটার Water Quality Parameters	একক Unit	বংলাদেশের মানদন্ড Bangladesh Standards	বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা ২০০৪ এর গাইডলাইন মাত্রা WHO 2004 Guideline Values
অ্যালুমিনিয়াম (Aluminum)	mg/l	০.২	০.২
অ্যামোনিয়া (NH_3)	mg/l	১.৫	১.৫
আর্সেনিক (Arsenic)	mg/l	০.০৫	০.০১
ব্যারিয়াম (Barium)	mg/l	০.৭০	০.০৭
ক্যাডমিয়াম (Cadmium)	mg/l	০.০০৩	০.০০৩
ক্যালসিয়াম (Calcium)	mg/l	৭৫	
ক্লোরাইড (Chloride)	mg/l	২৫০	২৫০
অবশিষ্ট ক্লোরিন (Residual Chlorine)	mg/l	০.২	
ক্রোমিয়াম (মোট) (Chromium – Total)	mg/l	০.০৫	০.০৫
ফিকাল কোলিফর্ম (Coliform – Faecal)	N/100ml	০	০
মোট কোলিফর্ম (Coliform – Total)	N/100ml	০	০
রং (Colour)	Hazen Unit	১৫	১৫
কপার (Copper)	mg/l	১.৫	১
ই. কোলাই (E. Coli)	-	0 CFU (N/100ml)	Must not be detectable in any 100ml sample
ফ্লোরাইড (Fluoride)	mg/l	১.০	১.৫
ক্ষারতা (Hardness as $CaCO_3$)	mg/l	৫০০	৫০০
লোহা (Iron)	mg/l	০.৩-১.০	০.৩
সীসা (Lead)	mg/l	০.০১	
ম্যাগনেশিয়াম (Magnesium)	mg/l	৩০-৩৫	
ম্যাঙ্গানিজ (Manganese)	mg/l	০.৪	০.৪
নাইট্রেট (NO_3)	mg/l	৪৫	৫০
নাইট্রাইট (NO_2)	mg/l	১.০	৩
গন্ধ (Odour)	-	গন্ধ বিহীন	
তেল ও চর্বি (Oil and Grease)	mg/l	০.০১	
pH	-	৬.৫-৮.৫	৬.৫-৮.৫
তেজস্ক্রিয়া পদার্থ (Total Alfa Radiation)	Bq/l	০.১	-
তেজস্ক্রিয়া পদার্থ (Total Beta Radiation)	Bq/l	১.০	-
সোডিয়াম (Sodium)	mg/l	২০০	২০০
ভাসমান কঠিন পদার্থ (Suspended Solids)	mg/l	১০	-
সালফাইড (Sulphide)	mg/l	০.০৫	-

পানির গুণগতমনের প্যারামিটার Water Quality Parameters	একক Unit	বংলাদেশের মানদন্ড Bangladesh Standards	বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা ২০০৪ এর গাইডলাইন মাত্রা WHO 2004 Guideline Values
সালফেট (Sulphate)	mg/l	২৫০	৪০০
মোট দ্রবীভূত কঠিন পদার্থ (TDS)	mg/l	১০০০	১০০০
তাপমাত্রা (Temperature)	^{0}C	২০-৩০	-
ঘোলাটে (Turbidity)	NTU	৫	৫
দস্তা (Zinc)	mg/l	৫	৫

২.১.২ পৌর পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় দৈনিক পানির চাহিদা ও সরবরাহ পরিকল্পনা

পৌর এলাকার পানি সরবরাহ ব্যবস্থায়, প্রতিদিন ভোক্তাদের মোট পানির চাহিদা ২৪ ঘণ্টা সরবরাহের ভিত্তিতে পরিকল্পনা করা হয়। বাস্তবে, দিনের বিভিন্ন সময়ে পানির চাহিদা একরকম থাকে না, এটি ব্যবহার প্রবণতার উপর নির্ভর করে পরিবর্তিত হয়। তাই পানি সরবরাহকারী সংস্থাকে প্রতিদিনের প্রতিটি ঘণ্টায় সরবরাহযোগ্য পানির পরিমাণ এমনভাবে পরিকল্পনা করতে হয়, যাতে ভোক্তারা নির্দিষ্ট সময়ে প্রয়োজনীয় পরিমাণে, পর্যাপ্ত চাপসহ এবং সর্বোপরি মানসম্পন্ন পানি পেতে পারে। পৌর এলাকার ঘণ্টাভিত্তিক পানির চাহিদার একটি আদর্শ গ্রাফ নিম্নে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ২.১: একটি শহরের ঘণ্টাভিত্তিক পানি চাহিদার গ্রাফ

উপরে প্রদর্শিত পানির চাহিদা গ্রাফটি আন্তর্জাতিক বিভিন্ন উদাহরণ থেকে প্রাপ্ত একটি সাধারণ গ্রাফের ভিত্তিতে উপস্থাপিত হয়েছে, কারণ বাংলাদেশে পরিমাপকৃত তথ্য এখনও পর্যাপ্ত নয়। ভবিষ্যতে ডিপিএইচই'র উচিত হবে গবেষণা প্রতিষ্ঠানসমূহের সঙ্গে সহযোগিতার মাধ্যমে স্থানীয় পরিস্থিতি প্রতিফলিত করে এমন একটি বাস্তব চাহিদা গ্রাফ প্রস্তুত করা। যাহোক, কোনো শহরের ঘণ্টাভিত্তিক পানির চাহিদা আবহাওয়া এবং বাসিন্দাদের জীবনযাপন অবস্থা ও পদ্ধতির ওপর নির্ভর করে পরিবর্তিত হয়।

একদিনে মোট পানি ব্যবহারের (চাহিদার) পরিমাণ হলো প্রতিটি ঘণ্টায় সরবরাহকৃত পানির যোগফল। ঘণ্টাভিত্তিক সরবরাহ সাধারণত চাহিদার সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। প্রতিদিনের গড় ঘণ্টাভিত্তিক পানির চাহিদা হলো দিনের মোট পানির

চাহিদাকে ২৪ ঘণ্টায় ভাগ করলে যা পাওয়া যায়। এটি প্রতি ঘণ্টায় প্রয়োজনীয় পানির পরিমাণ নির্দেশ করে। কোনো কোনো সময়ে সরবরাহ এই গড় চাহিদার চেয়ে বেশি হয়, আবার কোনো সময়ে কম থাকে। সর্বাধিক চাহিদা (Maximum Demand) হলো দিনের নির্দিষ্ট কিছু ঘণ্টায় সরবরাহ করতে প্রয়োজনীয় সর্বোচ্চ পানির পরিমাণ।

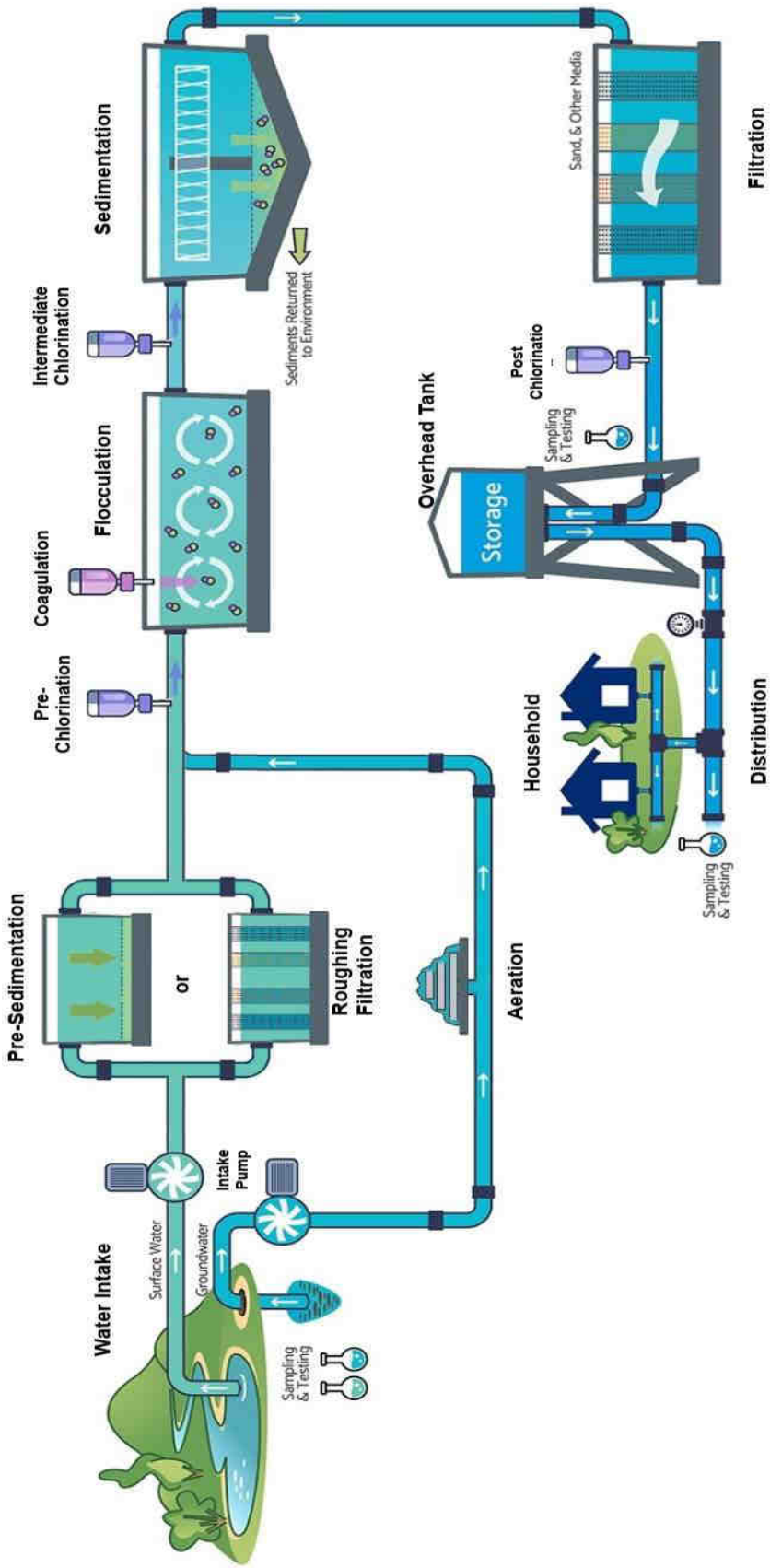
একটি আদর্শ পানি সরবরাহ ব্যবস্থায়, সরবরাহ ২৪ ঘণ্টা চলমান থাকা উচিত। তাতে ভোক্তারা তাদের প্রয়োজন অনুযায়ী পানি ব্যবহার করতে পারবে এবং নিজেদের স্থাপনায় (যেমন ভবন, বাসা) অতিরিক্ত পানি সংরক্ষণের প্রয়োজন হবে না। বাংলাদেশে অধিকাংশ পৌরসভায় সরবরাহ ব্যবস্থা সময় সময় দেওয়া হয় (intermittent), অর্থাৎ নিরবচ্ছিন্ন নয়। সাধারণত পৌরসভাগুলি দিনে ৩ থেকে ৪ বার পানি সরবরাহ করে। ফলে গড় ঘণ্টাভিত্তিক পানির চাহিদা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ হয়ে ওঠে এবং ভোক্তাদের তাদের নিজ নিজ স্থাপনায় পানির সংরক্ষণাগার রাখতে হয়, যাতে নিরবচ্ছিন্নভাবে পানি ব্যবহার করা যায়।

২.১.৩ পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার মৌলিক অবকাঠামো ও পরিশোধন প্রক্রিয়া

একটি পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার কাঠামো নির্ভর করে ব্যবহৃত পানির ধরণ এবং সেই পানির গুণগতমানের ওপর। যদি পানি পরিশোধনের প্রয়োজন হয়, তাহলে পানিকে প্রথমে পরিশোধন করে পরে ভোক্তাদের কাছে সরবরাহ করার জন্য সিস্টেমে বেশ কিছু অতিরিক্ত কাঠামো সংযোজন করা অপরিহার্য হয়ে ওঠে। তবে, কিছু মৌলিক কাঠামো রয়েছে যা কোনো পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় এড়ানো যায় না। এই মৌলিক কাঠামোগুলি ছাড়া পানি ভোক্তাদের নিকট সরবরাহ করা সম্ভব নয়। এর মধ্যে প্রধান হলোঃ-

১. ভূগর্ভস্থ বা ভূপৃষ্ঠস্থ উৎস থেকে পানি গ্রহণ কাঠামো (intake);
২. পাম্পিং ব্যবস্থা;
৩. পানি সংরক্ষণ (প্রয়োজনীয় হেড তৈরি করার জন্য);
৪. বিতরণ ব্যবস্থা (distribution); এবং
৫. গৃহসংযোগ (house connection)।

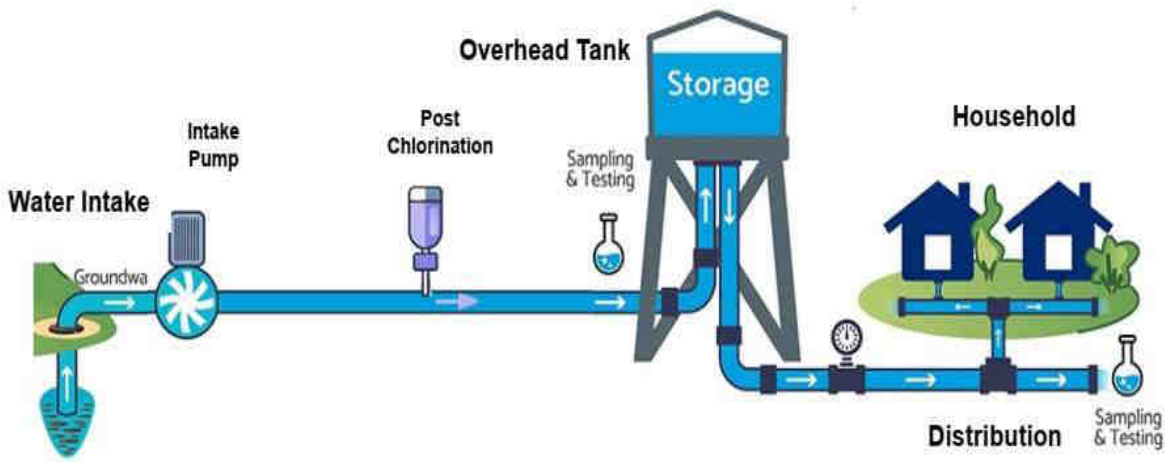
কিন্তু পানি নিরাপদভাবে পানযোগ্য করার জন্য এই মৌলিক কাঠামোর সঙ্গে কিছু অতিরিক্ত স্থাপনা যুক্ত করা অত্যন্ত জরুরি হয়ে পড়ে। এসব স্থাপনা পানিকে বিশুদ্ধ করে তা পানের উপযোগী করে তোলে। পরবর্তী পৃষ্ঠায় পানি পরিশোধন প্রক্রিয়াসহ সাধারণ কাঠামোর একটি চিত্র প্রদান করা হয়েছে, যা একটি পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার প্রয়োজনীয় মৌলিক উপাদানগুলি বোঝার উদ্দেশ্যে প্রস্তুত করা হয়েছে। এই চিত্রটি পিকম্যাক-ডিপিএইচই (ফেজ-২) কর্তৃক ২০২৫ সালে প্রস্তুত করা হয়েছে, যেখানে খাবার পানির পরিশোধন প্রক্রিয়ার প্রবাহ চিত্র দেখানো হয়েছে। উক্ত চিত্রে ভূগর্ভস্থ ও ভূপৃষ্ঠস্থ উভয় উৎসের পানি এবং তাদের পরিশোধন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। ভূপৃষ্ঠস্থ উৎস থেকে পানি সংগ্রহের ক্ষেত্রে, প্রথমে পানিকে প্রি-সেডিমেন্টেশন অথবা রাফিং-ফিল্টার এর মাধ্যমে প্রক্রিয়াজাত করতে হয়। এরপর ক্রমান্বয়ে প্রি-ক্লোরিনেশন, কোয়াগুলেশন, ফ্লোকুলেশন, মাঝ পর্যায় ক্লোরিনেশন, সেডিমেন্টেশন, ফিল্ট্রেশন, পোষ্ট-ক্লোরিনেশন, সংরক্ষণ এবং বিতরণ প্রক্রিয়ার ধাপগুলি সম্পন্ন করতে হয়।



চিত্র ২.২ পরিশোধন প্রযুক্তিসহ ভূপৃষ্ঠস্থ এবং ভূগর্ভস্থ পানি সরবরাহের প্রবাহ চিত্র

ভূগর্ভস্থ পানিকে যদি পানি সরবরাহের উৎস হিসেবে ব্যবহার করা হয়, তবে প্রথমেই পানিকে এ্যেরেশন (aeration) প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বাতাসের সংস্পর্শে এনে অক্সিডাইজ করতে হয়, যাতে দ্রবণীয় লোহা (soluble iron) কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এরপর পর্যায়ক্রমে প্রি-ক্লোরিনেশন, কোয়াগুলেশন, ফ্লোকুলেশন, মাঝ পর্যায় ক্লোরিনেশন, সেডিমেন্টেশন, ফিল্ট্রেশন, পোষ্ট-ক্লোরিনেশন, সংরক্ষণ এবং বিতরণ প্রক্রিয়ার ধাপগুলি সম্পন্ন করতে হয়। এখানে প্রাথমিক এবং মাঝ পর্যায় ক্লোরিনেশন এর প্রয়োজনীয়তা পানির গুণগতমানের উপর নির্ভর করে, তবে পোষ্ট ক্লোরিনেশন সর্বদাই প্রয়োজন, যাতে ভোক্তা পর্যায়ে সরবরাহকৃত পানিতে নির্ধারিত মাত্রায় অবশিষ্ট ক্লোরিন (residual chlorine) বজায় থাকে।

বাংলাদেশের অনেক অঞ্চলে, পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ভূগর্ভস্থ পানির গুণগতমান এতটাই উপযুক্ত থাকে যে, কোনো প্রকার পরিশোধন ছাড়াই সরাসরি সরবরাহ করা যায়। যদি পানির মান বাংলাদেশের খাবার পানির গুণগত মানদন্ডের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়, তবে সেটি নিরাপদ (safe to drink) হিসেবে বিবেচিত হয়। এই ধরনের পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায়, যেখানে শুধুমাত্র পোষ্ট-ক্লোরিনেশন ছাড়া অন্য কোন পানি পরিশোধনের প্রয়োজন নেই। এই রকম মৌলিক কাঠামো বোঝার জন্য নিচে একটি সাধারণ প্রবাহ চিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র ২-৩: পরিশোধন প্রযুক্তিসহ ভাল গুণগতমানের ভূগর্ভস্থ পানি সরবরাহের প্রবাহ-চিত্র

বাংলাদেশে ছোট পৌরসভাগুলির জন্য পাইপবাহিত পানি সরবরাহ স্কিমে উচ্চ জলাধার (elevated water reservoir) নির্মাণ একটি ব্যয়বহুল কাঠামো হিসেবে বিবেচিত হয়। এই ক্ষেত্রে সাধারণত পানি সরাসরি বিতরণ ব্যবস্থায় পাম্পের মাধ্যমে সরবরাহ করা হয়। এ উদ্দেশ্যে, পাম্পের প্রয়োজনীয় হেড (head) এমনভাবে নির্ধারণ করতে হয় যাতে পানি ভোক্তার গৃহসংযোগের (house connection) মাধ্যমে তাদের প্রাঙ্গণে পৌঁছাতে পারে। তবে, এই পদ্ধতিতে পানির বিতরণ নেটওয়ার্কে একই চাপ (constant pressure) বজায় রাখা কঠিন হয়ে পড়ে।

এই সিস্টেমের বিভিন্ন পানি সরবরাহ কাঠামো ম্যানুয়ালের সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ে বিস্তারিতভাবে চিত্রসহ বর্ণনা করা হয়েছে।

২.২ কার্যকর পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের কৌশল (Strategies for Effective O&M)

কার্যকর পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) নিশ্চিত করার জন্য কিছু ন্যুনতম কৌশল (strategies) অনুসরণ করা প্রয়োজন, যার মধ্যে অন্তর্ভুক্তঃ

(১) পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য একটি পূর্ণাঙ্গ পরিকল্পনা প্রস্তুত করা;

(২) পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য প্রয়োজনীয় জনবল থাকা;

(৩) পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জনবলের জন্য দক্ষতা বৃদ্ধির কর্মসূচি পরিচালনা করা;

(৪) রক্ষণাবেক্ষণ নিশ্চিত করার জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রাংশ ও সরঞ্জাম (tools)এর প্রাপ্যতা বজায় রাখা;

(৫) পুরো সিস্টেমের GIS-based map প্রস্তুত রাখা;

(৬) পানির হিসাব ও লিকেজ নিয়ন্ত্রণ পরিকল্পনা প্রস্তুত করা;

(৭) সিস্টেম সংক্রান্ত তথ্য যেমন যন্ত্রপাতির ব্যবহারের ইতিহাস, ব্যয়, আয়ুষ্কাল ইত্যাদি এর MIS রেকর্ড সংরক্ষণ করা;

(৮) বিদ্যুৎ শক্তি সাশ্রয়ের লক্ষ্যে বিদ্যুৎ হিসাব কর্ম পরিকল্পনা (Energy Audit Action Plan) প্রণয়ন করা; এবং

(৯) একটি শক্তিশালী ও স্বচ্ছ আর্থিক ব্যবস্থাপনা সিস্টেম প্রতিষ্ঠা করা।

২.২.১ রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমের উদ্দেশ্য (Objectives of Maintenance Activities)

অধ্যায়-১ এর সেকশন-১.২ এ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) এর সামগ্রিক উদ্দেশ্য বর্ণনা করা হয়েছে।

এই অধ্যায়ে বিশেষভাবে রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমের নির্দিষ্ট উদ্দেশ্যসমূহ নিম্নরূপ ভাবে উল্লেখ করা হলোঃ

- অবকাঠামোকে যতদূর সম্ভব পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনা;
- অবকাঠামোর আরও অবনতি (deterioration) প্রতিরোধ করা;
- অবকাঠামোর স্থায়িত্বতা (sustainability) বৃদ্ধি করা;
- অবকাঠামোর আকস্মিক ব্যর্থতা (sudden failure) রোধ করা;
- অবকাঠামোর পরিচালন ব্যয় হ্রাস করা।

২.২.২ রক্ষণাবেক্ষণের প্রকার ও শ্রেণিবিন্যাশ (Types and Classification of Maintenance)

রক্ষণাবেক্ষণ একটি চলমান প্রক্রিয়া, যা কোনো সময়েই সম্পূর্ণভাবে বন্ধ থাকে না। সাধারণভাবে রক্ষণাবেক্ষণ চারটি ভাগে বিভক্তঃ

- নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ (Routine Maintenance)
- নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে রক্ষণাবেক্ষণ (Periodic Maintenance)
- জরুরী রক্ষণবেক্ষণ (Emergency Maintenance)
- সংশোধনমূলক রক্ষণাবেক্ষণ (Corrective Maintenance)

নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ (Routine Maintenance)

অবকাঠামোর বিভিন্ন অংশকে কার্যক্ষম অবস্থায় রাখার জন্য যে ন্যুনতম নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন হয়, তাকে নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ বলা হয়। এটি প্রতিদিনের কাজের অংশ এবং সারা বছর ধরে চলতে থাকে। বাস্তবে, নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ নির্ভর করে অবকাঠামোর অবচয় (depreciation)-এর ওপর।

নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ এর প্রধান বৈশিষ্ট্যসমূহঃ

- যা এখনই করা প্রয়োজন, তা অবিলম্বে সম্পন্ন করা;
- যা করা সম্ভব, তা বিলম্ব না করে সম্পাদন করা;
- সময়মতো মেরামত ও রক্ষণাবেক্ষণ করা এবং যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জাম পরিষ্কার রাখা।

এসব কার্যক্রম পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সুরক্ষা নিশ্চিত করে এবং আর্থিক ক্ষয়ক্ষতি কমায়।

নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে রক্ষণাবেক্ষণ (Periodic Maintenance)

নির্দিষ্ট সময় পর পর সম্পাদিত রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমকে নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে রক্ষণাবেক্ষণ (Periodic Maintenance) বলা হয়। এর কয়েকটি উদাহরণঃ

- মোটর, স্লুইস ভাল্ভ (sluice valve) ইত্যাদি পরিষ্কার করে রং করা;
- উৎপাদক নলকূপের পাম্প এর মোটর, ক্যাবল ও সংযোগ মেরামত বা প্রতিস্থাপন করা;
- পাম্পের ইম্পেলার অস্বাভাবিকভাবে ক্ষয়প্রাপ্ত হলে তা পরিবর্তন করা।

জরুরী রক্ষণাবেক্ষণ (Emergency Maintenance)

যে রক্ষণাবেক্ষণ কাজ পূর্বানুমান করা যায় নাই কিন্তু জরুরি ভিত্তিতে সম্পাদন করতে হয়, তাকে জরুরী রক্ষণবেক্ষণ বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ- মোটরের কয়েল পুড়ে গেলে তা মেরামত করা, বা সাবমারসিবল পাম্প টিউবওয়েলের মধ্যে পড়ে গেলে তা পুনরুদ্ধার ও সঠিকভাবে পুনঃস্থাপন করা ইত্যাদি।

সংশোধনমূলক রক্ষণাবেক্ষণ (Corrective Maintenance)

যখন অবকাঠামো অপর্যাপ্ত বা ভুল তথ্যের ভিত্তিতে নকশা প্রণয়ন করা হয়, তখন সংশোধনমূলক রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন হয়। উদাহরণস্বরূপ, যদি কোনো পানি সরবরাহ ব্যবস্থা পূর্ববর্তী কয়েক বছরের জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার বিবেচনা না করেই নক্সা প্রণয়ন করা হয়, তবে নক্সাকৃত ধারণক্ষমতা বাস্তব চাহিদার তুলনায় বেশি বা কম হতে পারে। চাহিদা কম অনুমান করা হলে সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক হয়ে পড়ে। অনেক সময় এটি উন্নয়নমূলক কাজের (development work) পর্যায়ে পরে, কারণ এই ধরনের সংশোধনের জন্য উল্লেখযোগ্য ব্যয়ের প্রয়োজন হয়, যা সাধারণ রক্ষণাবেক্ষণ বাজেট থেকে বহন করা কঠিন।

২.২.৩ সিস্টেম পুনর্বাসন ও পুনঃনির্মাণ (System Rehabilitation & Reconstruction)

রক্ষণাবেক্ষণের পাশাপাশি, নির্দিষ্ট সময় এর ব্যবধানে সিস্টেমের পুনর্বাসন এবং পুনঃনির্মাণ এর প্রয়োজন হয়, যাতে সিস্টেমটি কার্যকর অবস্থা বজায় থাকে।

নিম্নলিখিত রক্ষণাবেক্ষণ কাজগুলিকে সিস্টেম পুনর্বাসন হিসেবে গণ্য করা হয়ঃ

- অবকাঠামোর ক্ষতিগ্রস্থ অংশ পুনর্বাসন করা;
- বিদ্যমান অবকাঠামোর সাথে অতিরিক্ত ইউনিট সংযোজন, যেমন পূর্বে নির্মিত না থাকলে সার্ফেস ওয়াটার ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্টের সঙ্গে ক্লোরিনেশন ইউনিট সংযোজন করা;
- অবকাঠামোর প্রায় ক্ষয়প্রাপ্ত অংশের এমন রক্ষণাবেক্ষণ, যার মাধ্যমে কাঙ্ক্ষিত কার্যক্ষমতা পুনরুদ্ধার করা যায়।

অন্যদিকে, যখন কোনো অবকাঠামোর রক্ষণাবেক্ষণ ও পুনর্বাসন অর্থনৈতিকভাবে অযৌক্তিক হয়ে পড়ে এবং নতুন অবকাঠামো দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তখন সেটিকে পুনঃনির্মাণ হিসেবে বিবেচিত হয়।

২.২.৪ রক্ষণাবেক্ষণের পদ্ধতি নির্বাচনের মানদন্ড (Criteria for Selecting Maintenance Method)

যে কোন পানি সরবরাহ ব্যবস্থার রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম দীর্ঘমেয়াদে টেকসই হওয়া আবশ্যক। অন্যথায়, মেরামতের কাজ দীর্ঘস্থায়ী হবে না এবং একই ত্রুটির পুনরাবৃত্তি ঘটবে, যা অদক্ষতা ও অপচয় হিসেবে বিবেচিত হয়। অতএব, রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম শুরু করার আগে ত্রুটির প্রকৃত কারণ চিহ্নিত করা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। যখন ত্রুটির কারণগুলি নিয়ন্ত্রণে আনা যায়, তখন রক্ষণাবেক্ষণ টেকসই হয়। যে কোন রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম বাস্তবায়নের জন্য নিম্নলিখিত দিকগুলি বিবেচনা করতে হবেঃ

- সম্ভাব্য ত্রুটিগুলির একটি তালিকা প্রস্তুত করা;
- ত্রুটির সম্ভাব্য কারণসমূহ নির্ধারণ করা;
- সঠিক রক্ষণাবেক্ষণ পদ্ধতি নির্বাচন করা।

ত্রুটির সঠিক কারণ নির্ধারণ করা কঠিন হলেও এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। তথ্যের অভাব সঠিক কারণ সনাক্তকরণে বাধা সৃষ্টি করতে পারে। কোনো একটি নির্দিষ্ট ত্রুটির একাধিক কারণ থাকতে পারে, যা সম্মিলিতভাবে সমস্যার সৃষ্টি করে। এই ক্ষেত্রে এমন রক্ষণাবেক্ষণ পদ্ধতি বেছে নিতে হবে যা সকল কারণকে একযোগে সমাধান করে, যাতে কাজটি দীর্ঘস্থায়ী হয়। একই ধরনের অবকাঠামোর পূর্ববর্তী রক্ষণাবেক্ষনের অভিজ্ঞতা (maintenance experience) সাধারণত ত্রুটির কারণ সনাক্তকরণ ও উপযুক্ত রক্ষণাবেক্ষণ পদ্ধতি নির্বাচন করতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

২.২.৫ রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমের ধাপসমূহ (Stages of Maintenance Activities)

যেকোনো রক্ষণাবেক্ষণ কাজ সঠিকভাবে সম্পাদনের জন্য বিভিন্ন ধাপে কিছু প্রাথমিক কার্যক্রম সম্পন্ন করা প্রয়োজন। প্রতিটি ধাপ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, কারণ এগুলি পরবর্তী রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম সফলভাবে বাস্তবায়নে সহায়ক ভূমিকা পালন করে। বিভিন্ন ধাপগুলি নিম্নরূপঃ

- তালিকা প্রস্তুতি ও হালনাগাদ করা;
- অগ্রাধিকারের ক্রম নির্ধারণ করা;
- স্কিমের পরিকল্পনা ও আনুমানিক ব্যয় নির্ধারণ করা;
- স্কিমের অনুমোদন ও বাজেট বরাদ্দ করা;
- দরপত্র আহবান, মূল্যায়ন ও ঠিকাদার নির্বাচন করা;
- রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম বাস্তবায়ন করা;
- গুণগতমান নিয়ন্ত্রণ করা;
- রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম তদারকি ও পর্যবেক্ষণ করা;
- কাজের পরিমাপ (measurement), বিল প্রস্তুত এবং অর্থ পরিশোধ করা; এবং
- হিসাবরক্ষণ ও নিরীক্ষার কাজ করা।

২.২.৬ বাস্তবায়ন পদ্ধতি (Implementation Approaches)

রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম বাস্তবায়নের বিভিন্ন পদ্ধতি রয়েছে। সেগুলি হলোঃ

- ঠিকাদার নিয়োগের মাধ্যমে;
- বিভাগীয় কারিগরি স্টাফের মাধ্যমে; এবং
- বেসরকারি কারিগরি জনবল আউটসোর্সিং এর মাধ্যমে।

দৈনন্দিন কম কারিগরি মেরামতের ক্ষেত্রে দ্রুত পদক্ষেপ নিতে বিভাগীয় কারিগরি স্টাফ/ আউটসোর্সিং কারিগরি জনবলদের সম্পৃক্ত করে মেরামত কাজ করা যেতে পারে যাতে অবকাঠামোর বড় ক্ষতি এড়ানো যায়।

অন্যদিকে, জটিল ও প্রযুক্তিগত দক্ষতানির্ভর মেরামতের জন্য অভিজ্ঞ ঠিকাদারকে রক্ষণাবেক্ষণ কাজে সম্পৃক্ত করা প্রয়োজন। এই ক্ষেত্রে Public Procurement Rule (PPR) বা এর হালনাগাদ বিধি অনুসরণ করতে হবে।

২.২.৭ গুণগতমান নিশ্চয়তা ও নিয়ন্ত্রণ (Quality Assurance and Control)

রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম বাস্তবায়নের সময় ব্যবহৃত উপকরণের গুণগতমান নিশ্চয়তা ও নিয়ন্ত্রণ একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। উপকরণের মান নিশ্চিত করতে প্রয়োজনে পরীক্ষাগারে পরীক্ষা করা হতে পারে। ঠিকাদারের দায়িত্ব হবে পরীক্ষার খরচ বহন করা, যা বিল অফ কোয়ানটিটি (Bill of Quantity-BOQ) এর মধ্যে অন্তর্ভুক্ত থাকবে। বিভাগীয় কাজের ক্ষেত্রে, মালামালের মান নিয়ন্ত্রণ তা ক্রয়ের সময় সম্পন্ন করতে হবে। এছাড়াও, যথাযথ রক্ষণাবেক্ষণ পদ্ধতি অনুসরণ করতে হবে। উচ্চমানের মালামাল ও সঠিক পদ্ধতি ব্যবহার করে সম্পাদিত রক্ষণাবেক্ষণের কাজ একটি টেকসই ফলাফল প্রদান করে।

২.২.৮ তদারকি ও পর্যবেক্ষণ প্রক্রিয়া (Supervision and Monitoring Mechanism)

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার রক্ষণাবেক্ষণ কাজ সাধারণত পৌরসভার পানি সরবরাহ বিভাগের কারিগরি কর্মীরা মাঠ পর্যায়ে সম্পাদন করে। কারিগরি কর্মীদের দায়িত্বসমূহ নিম্নরূপঃ

- কাজের মান বজায় রাখার জন্য নির্ধারিত স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী সঠিক মানের নির্মাণ/রক্ষণাবেক্ষণ মালামাল ব্যবহার নিশ্চিত করা।
- মান নিয়ন্ত্রণের জন্য যথাযথ রক্ষণাবেক্ষণ পদ্ধতি ব্যবহার করা। মেরামতের স্থায়িত্ব মূলত সঠিক পদ্ধতি ব্যবহারের ওপর নির্ভর করে।

মেরামত কাজের কারিগরি দিক সাধারণত নতুন কাজের তুলনায় বেশি জটিল। অতএব, মেরামত কাজের জন্য দক্ষ পানির কলের মিস্ত্রি এর সম্পৃক্ততা নিশ্চিত করে অবিচ্ছিন্ন তদারকি ও পর্যবেক্ষণ প্রয়োজন।

২.২.৯ জরুরী প্রতিক্রিয়া পরিকল্পনা (Emergency Response Planning)

পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা এবং রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রমে জরুরি প্রতিক্রিয়া পরিকল্পনা (Emergency Response Planning) বলতে এমন প্রস্তুতি ও ব্যবস্থা গ্রহণ বোঝায়, যার মাধ্যমে পানি সরবরাহে বিঘ্ন সৃষ্টি করতে পারে বা পানির গুণগতমানের অবনতি ঘটাতে পারে এমন পরিস্থিতিতে দ্রুত ও কার্যকরভাবে সাড়া দেওয়া যায়।

এই পরিকল্পনার মূল উদ্দেশ্য হলো সম্ভাব্য দুর্বলতা চিহ্নিত করা, প্রতিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় কার্যপ্রণালী (procedures) ও নির্দেশিকা (protocols) তৈরি করা, এবং প্রয়োজনীয় অংশীদারদের সঙ্গে সমন্বিত অংশীদারিত্ব গঠন করা যাতে যেকোনো জরুরি পরিস্থিতিতে দ্রুত পদক্ষেপ নেওয়া যায়।

জরুরি অবস্থার কিছু সাধারণ উদাহরণ হলো:

- প্রাকৃতিক দুর্যোগ যেমন বন্যা, ভূমিকম্প, ঘূর্ণিঝড় ইত্যাদি;
- সিস্টেম ব্যর্থতা যেমন পাম্প বা পাইপলাইন ভেঙে পড়া;
- পানির দূষণ বা জীবাণু সংক্রমণ হয়ে পড়া;
- এবং ডিজিটাল নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় cyber-attack বা তথ্য হ্যাকিং।

জরুরী প্রতিক্রিয়া পরিকল্পনার প্রধান দিকসমূহ (Key Aspects of Emergency Response Planning):

- **দুর্বলতা মূল্যায়ন (Vulnerability Assessment):** সিস্টেমের সম্ভাব্য ঝুঁকি ও দুর্বলতা চিহ্নিত করা, যেমন অবকাঠামোর ক্ষতি, দূষণ, বা সেবা বিঘ্নিত হওয়া ইত্যাদি;
- **কার্যপ্রনালী ও নির্দেশিকা (Procedures and Protocols):** জরুরী অবস্থায় কার্যকরভাবে সাড়া দেওয়ার জন্য স্পষ্ট নির্দেশনা তৈরি করতে হবে।এর মধ্যে অন্তর্ভুক্ত হবে যোগাযোগ মাধ্যম স্থাপন, সম্পদ বরাদ্দের ধাপ নির্ধারণ এবং পুনরুদ্ধার কার্যক্রম;
- **অংশীদারিত্ব ও সমন্বয় (Partnerships and Collaboration):** জরুরী পরিস্থিতিতে কার্যকর সমন্বয়ের জন্য অন্যান্য সংস্থা যেমন, জরুরী ব্যবস্থাপনা এজেন্সি, জনস্বাস্থ্য কর্তৃপক্ষ, এবং অন্যান্য সেবা প্রদানকারী সংস্থার সঙ্গে সমন্বিত অংশীদারিত্ব গড়ে তোলা;
- **প্রশিক্ষণ ও মহড়া (Training and Drill):** জরুরী পরিস্থিতিতে (রিয়েল টাইম সিচিউয়েশন) কর্মীদের প্রস্তুতি নিশ্চিত করার জন্য নিয়মিত প্রশিক্ষণ ও বাস্তব মহড়ার আয়োজন করা;
- **সম্পদ পরিকল্পনা (Resource Planning):** জরুরি প্রতিক্রিয়া মেকাবেলায় সহায়তা প্রদানের জন্য প্রয়োজনীয় মানবসম্পদ, যন্ত্রপাতি, এবং মালামাল আগে থেকেই নির্ধারণ ও বরাদ্দ প্রদান করা।

২.২.১০ পানি ও শক্তি নিরীক্ষা পরিচালনা (Conducting Water and Energy Audit)

উৎপাদিত ও বিতরণকৃত পানির একটি উল্লেখযোগ্য অংশ অপচয় হয়, যা সেবা প্রদানকারীর আয় কমিয়ে দেয়।এই অপচয় এর কিছু অংশ ভৌত লিকেজ (physical leakage) এবং কিছু রাজস্ব ক্ষতি (revenue loss)। তাই, পানির নিরীক্ষা সম্পাদনের মাধ্যমে মোট পানি উৎপাদন, ব্যবহারের হিসাব এবং অপচয়ের সঠিক পরিমাণ নির্ধারণ করা প্রয়োজন। পানির নিরীক্ষার ফলাফল ভৌত ও রাজস্ব অপচয় উভয়ই হ্রাস করার জন্য অগ্রাধিকারমূলক পদক্ষেপ নির্ধারণে সহায়তা করে।

অন্যদিকে, শক্তি (Power) খরচ মোট O&M খরচের ৩০% থেকে ৫০% পর্যন্ত হতে পারে।অতএব, শক্তির দক্ষ ব্যবহার এবং অপচয় হ্রাস সেবা প্রদানকারীর কার্যকারিতা বৃদ্ধিতে দীর্ঘমেয়াদে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এটি একটি সুশৃঙ্খল শক্তি নিরীক্ষার মাধ্যমে অর্জন করা সম্ভব, যা শক্তি সাশ্রয় এবং বিদ্যুৎ খরচ কমানোর সম্ভাব্য উপায়গুলি চিহ্নিত করতে সহায়তা করে।

২.২.১১ আর্থিক ও বাজেট ব্যবস্থাপনা (Financial and Budgetary Management)

একটি পানি সরবরাহ ব্যবস্থা আর্থিকভাবে টেকসই রাখতে হলে একটি শক্তিশালী এবং কার্যকর আর্থিক ব্যবস্থাপনা কাঠামো প্রতিষ্ঠা করা অপরিহার্য। ব্যয় নিয়ন্ত্রণ এবং আয় বৃদ্ধির মাধ্যমে এই লক্ষ্য অর্জন করা সম্ভব। একটি বাস্তবসম্মত হিসেবের উপর ভিত্তি করে বার্ষিক আয় ব্যয়ের বাজেট প্রস্তুত করার মাধ্যমে পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ এর ব্যয় নিয়ন্ত্রণ করা যেতে পারে। O&M এর ব্যয়ের পরিমাণ শহরভেদে পরিবর্তিত হয়। এর প্রধান নির্ধারক হলো, প্রতিষ্ঠানের প্রশাসনিক ব্যয়, এবং পাম্পিং স্কিমের জন্য বিদ্যুৎ খরচ। যেসব স্থানে গ্র্যাভিটি সরবরাহ ব্যবস্থা চালু রয়েছে, সেখানে সাধারণত বিদ্যুৎ খরচ তুলনামূলকভাবে কম বা প্রায় নেই।

অতএব, একটি দক্ষ আর্থিক ব্যবস্থাপনা পদ্ধতি (financial management system) প্রবর্তনের মাধ্যমে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার O&M ব্যয় নিয়ন্ত্রণ, আর্থিক স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি, এবং দীর্ঘমেয়াদি টেকসইতা নিশ্চিত করা সম্ভব।

২.৩ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ বাস্তবায়নের সীমাবদ্ধতা এবং প্রতিবন্ধকতা Limitations and Constraints in O&M Implementation

বাংলাদেশের পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ বাস্তবায়নের ক্ষেত্রে বেশ কিছু সীমাবদ্ধতা ও প্রতিবন্ধকতা রয়েছে, যেগুলি নিম্নরূপঃ

- **আর্থিক সীমাবদ্ধতা (Financial Constraints):** কিছু ব্যতিক্রম ছাড়া অধিকাংশ পৌরসভা তার নিজস্ব বাজেটের আওতায় সম্পূর্ণভাবে পরিচালনা করতে পারে না। মোট আয় ও ব্যয়ের মধ্যে ঘাটতি বিদ্যমান থাকে। এই ঘাটতি পূরণের জন্য সরকার থেকে অনুদান প্রদান করা হয়। ফলে, অগ্রাধিকারের ভিত্তিতে প্রতিষ্ঠানের সংস্থাপন বেতনভাতা, সাধারণ বিদ্যুৎ বিল এবং প্রশাসনিক ব্যয় পরিশোধের কারণে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ খরচ প্রদানের জন্য পর্যাপ্ত বাজেট বরাদ্দ রাখা সম্ভব হয় না।

- **ট্যারিফ নীতি ও রাজস্ব সংগ্রহে চ্যালেঞ্জ (Tariff Policy and Revenue Collection Challenges):** বেশিরভাগ পৌরসভায় পাইপবাহিত পানি সরবরাহের ক্ষেত্রে বর্তমানে খানা ভিত্তিক এবং পাইপের ব্যাসের মাপ অনুযায়ী পানির ট্যারিফ ব্যবস্থা পরিচালিত হয়, কারণ মিটারযুক্ত সংযোগ এখনো উন্নয়ন পর্যায়ে রয়েছে। ফলে, পানির প্রকৃত চাহিদার চেয়ে পানির ব্যবহার বেশি হয়, যা পানি উৎপাদন খরচ বাড়িয়ে দেয়। পৌরসভাগুলি আইন ও স্থানীয় রাজনৈতিক পরিস্থিতির কারণে সহজেই পানির পরিচালন ব্যয় ট্যারিফের সঙ্গে সমন্বয় করতে পারে না। একইসাথে, ট্যারিফ সংগ্রহের হার ৮০%এর বেশি বাড়ানোটাও কঠিন। স্থানীয় প্রভাব ও রাজনৈতিক চাপের কারণে অনেক সময় কর্তৃপক্ষ পানির লাইন বিচ্ছিন্ন করতে বা বকেয়া আদায়ে পদক্ষেপ নিতে নিরুৎসাহিত হয়।

- **দক্ষ জনবল ঘাটতি (Shortage of Skilled Personnel):** একটি পৌরসভার পানি সরবরাহ ব্যবস্থার সঠিক পরিচালনার ও রক্ষণাবেক্ষনের জন্য পর্যাপ্ত ও দক্ষ জনবল প্রয়োজন। এই জনবল উৎপাদন নলকূপ, ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্ট, পানির রিজারভয়ার, সঞ্চালন এবং বিতরণ নেটওয়ার্ক এর পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ কাজ করে এবং নিরাপদ পানি পরিকল্পনা (WSP) বাস্তবায়ন করে। একটি সমৃদ্ধ ও কার্যকর পানি সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য আর্থিক ব্যবস্থাপনাতেও দক্ষ জনবল অপরিহার্য। তবে বাস্তবে পৌরসভার অনুমোদিত সাংগঠনিক তালিকা অনুযায়ী বরাদ্দকৃত জনবল যথেষ্ট নয়। ফলে, প্রায় সব পৌরসভাই দক্ষ জনবলের ঘাটতিতে ভুগছে, যা সেবা প্রদান ও রক্ষণাবেক্ষণের ধারাবাহিকতা ব্যহত করে।

অধ্যায়-৩ঃ পানি আহরণ (ইনটেক) এর সুবিধাসমূহ

৩.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

ইনটেককে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা যায়, একটি ভূগর্ভস্থ পানি আহরণের জন্য এবং অপরটি ভূপৃষ্ঠস্থ পানি (সারফেস ওয়াটার) আহরণের জন্য। এদের নকশা এবং মূল বিবেচ্য বিষয়গুলি ভিন্ন হয়ে থাকে। প্রতিটির বৈশিষ্ট্য নিম্নে বর্ণনা করা হলো।

৩.১.১ ইনটেকের ধরণ

পৌরসভার পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পানি আহরণ করা হয় ভূগর্ভস্থ পানি থেকে, অথবা নদী, হ্রদ ও অন্যান্য বড় জলাশয়ের মতো ভূপৃষ্ঠস্থ পানি থেকে। বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে দুই ধরনের ইনটেক ব্যবহৃত হয়ঃ

১) ভূগর্ভস্থ পানির ইনটেক, যাকে উৎপাদক নলকূপ বলা হয়, এবং

২) ভূপৃষ্ঠস্থ পনির ইনটেক, যা দুই ধরনের, স্থির (Fixed Type) এবং ভাসমান (Floating Type)।

৩.১.১.১ ভূগর্ভস্থ পানির ইনটেক

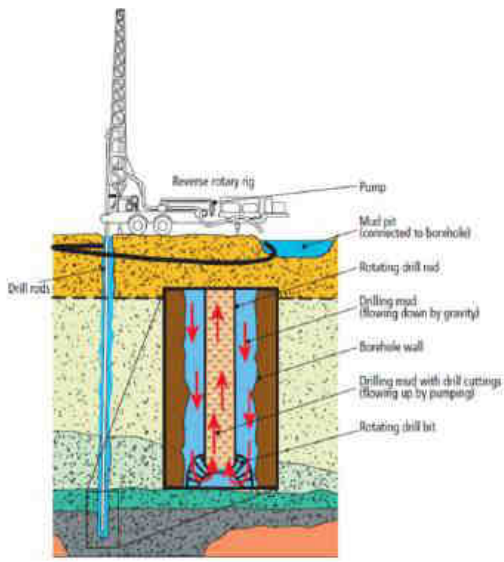
ভূগর্ভস্থ পানি আহরণ বলতে ভূ-পৃষ্ঠের নিচে অবস্থিত একুইফার (aquifer) থেকে পানি গ্রহণের প্রক্রিয়াকে বোঝায়। এটি অনেকটাই নির্ভর করে একুইফারটি আবদ্ধ (confined) না খোলা (unconfined) তার উপর।

অগভীর উৎপাদক নলকূপ সাধারণত খোলা একুইফার থেকে পানি উত্তোলন করে, তবে কিছু ক্ষেত্রে এটি আবদ্ধ একুইফার থেকেও পানি নিতে পারে। অপরদিকে, গভীর উৎপাদক নলকূপ মূলত আবদ্ধ একুইফার থেকে পানি উত্তোলনের জন্য ডিজাইন করা হয়, তবে এটি বৃহত্তর গভীরতায় খোলা একুইফার থেকেও পানি আহরণ করতে পারে। চিত্র ৩.১-এ পানি চক্র (Water Cycle) এবং একুইফারের ধারণা উপস্থাপন করা হয়েছে।



চিত্র ৩.১ পানি চক্র এবং অগভীর ও গভীর নলকূপ

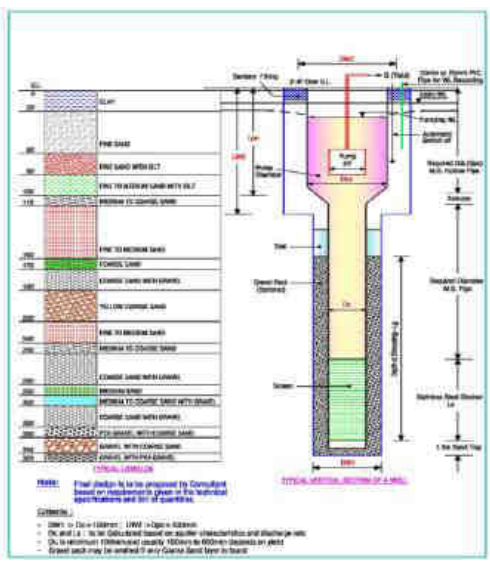
উৎপাদক নলকূপ: পৌরসভাগুলিতে পাইপলাইনের মাধ্যমে পানি সরবরাহের জন্য অপরিশোধিত ভূগর্ভস্থ পানি উত্তোলনের উদ্দেশ্যে উৎপাদক নলকূপ স্থাপন করা হয়। যদি ভূগর্ভস্থ পানি বাংলাদেশের পানযোগ্য পানির গুণগতমান পূরণ করে, তাহলে এটি উপযুক্ত ক্লোরিনেশনসহ সরাসরি বিতরণ ব্যবস্থায় সরবরাহ করা হয়। কিন্তু যখন অপরিশোধিত ভূগর্ভস্থ পানিকে পরিশোধনের প্রয়োজন হয়, তখন এটি একটি ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্টে প্রক্রিয়াজাতকরণ করা হয় এবং বিভিন্ন ধাপের মাধ্যমে ব্যবহার উপযোগী করে গ্রাহকদের সরবরাহ করা হয়। একটি উৎপাদক নলকূপ সাধারণত পাওয়ার ড্রিলিং মেশিন ব্যবহার করে খনন করা হয়। তবে পাওয়ার ড্রিলিং মেশিন পাওয়া না গেলে বা খননস্থলে পাওয়ার ড্রিলিং মেশিন প্রবেশ করতে না পারলে, তখন হাতে চালিত ড্রিলিং যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয়। একটি উৎপাদক নলকূপ সাধারণত যে সকল অংশ নিয়ে গঠিত হয় তা হলো- বেইল প্লাগ, স্যান্ড ট্র্যাপ, স্ট্রেইনার, ব্লাইন্ড পাইপ (নিম্নের কেসিং) এবং হাউজিং পাইপ (উপরের কেসিং)। সাধারণত পানি উত্তোলনের জন্য প্রয়োজনীয় ক্ষমতা সম্পন্ন একটি সাবমার্সিবল পাম্প হাউজিং পাইপের (উপরের কেসিং) মধ্যে স্থাপন করা হয়। বাংলাদেশে, যেখানে উৎপাদক নলকূপের গভীরতা অপেক্ষাকৃত কম এবং একুইফার লেয়ার সীমিত, সেখানে ইনভার্টেড উৎপাদক নলকূপ স্থাপন করা হয়। খনন পদ্ধতি এবং ভূগর্ভস্থ পানির ইনটেক (উৎপাদক নলকূপ)-এর একটি সাধারণ ডায়াগ্রাম নিম্নের চিত্র ও অংকনের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়েছে।



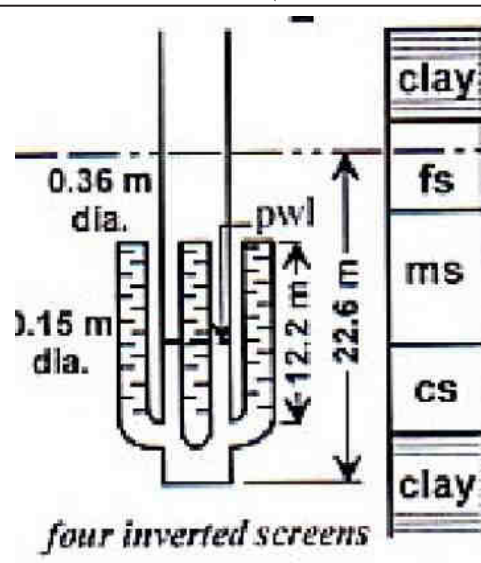
চিত্র ৩.২ পাওয়ার ড্রিলিং



চিত্র ৩.৩ ম্যানুয়াল ড্রিলিং



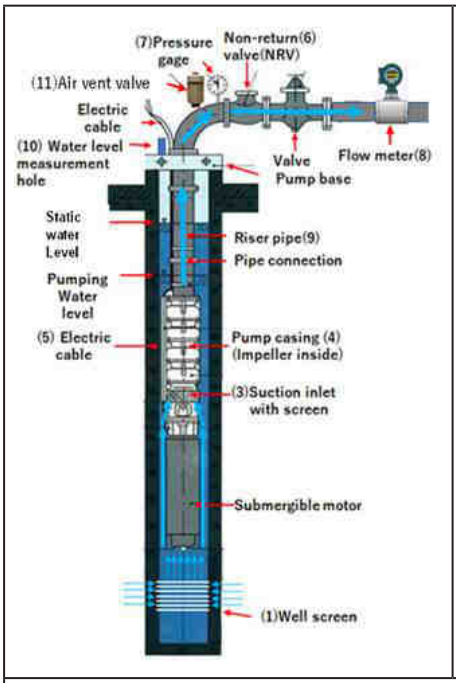
চিত্র ৩.৪ সাধারন উৎপাদক নলকূপ



চিত্র ৩.৫ একাধিক স্ক্রিনসহ ইনভার্টেড নলকূপ

পাম্প ও মোটরের গঠন

উৎপাদক নলকূপের জন্য সাবমার্সিবল পাম্প ও মোটরের গঠন চিত্র ৩.৬-এ দেখানো হয়েছে।





চিত্র ৩.৬ উৎপাদক নলকূপের জন্য সাবমার্সিবল মোটর পাম্প যন্ত্রাংশ এবং পাম্পের গঠন

৩.১.১.২ ভূপৃষ্ঠস্থ পানির ইনটেক

নদী, হ্রদ এবং অন্যান্য বড় জলাশয় থেকে ভূপৃষ্ঠস্থ পানি হলো পৌরসভার পাইপবাহিত পানি সরবরাহের আরেকটি উৎস, যা ভূগর্ভস্থ পানির পাশাপাশি ব্যবহৃত হয়। বাংলাদেশের নদীগুলিতে বর্ষা ও শুষ্ক মৌসুমে পানির স্তরের মধ্যে বড় পার্থক্য থাকে, তাই পাম্প ব্যবস্থা এমনভাবে স্থাপন করতে হয় যাতে নদীর পরিস্থিতি অনুযায়ী পানি আহরণ করা যায়। ভূপৃষ্ঠস্থ পানির ইনটেক প্রধানত দুই ধরনের হয়ে থাকেঃ-

১) ভাসমান ইনটেক (Floating Intake)

২) স্থির ইনটেক (Fixed Intake)

(১) ভাসমান ইনটেক

১) পানি আহরণ অবকাঠামোর ধরণ

ভাসমান ইনটেক এ সাধারণত সারফেস (সেন্ট্রিফিউগাল) পাম্প অথবা সাবমার্সিবল পাম্প ব্যবহার করা হয়। **চিত্র ৩.৭** এর ① ও ②-তে দেখানো হয়েছে যে, সারফেস পাম্পটি পন্টুনের উপর স্থাপন করা হয়েছে, আর ③ ও ④-তে সাবমার্সিবল মোটর পাম্পটি পন্টুনের নিচে স্থাপন করা হয়েছে। পন্টুন হলো একটি ভাসমান স্ট্রাকচার যা স্টিল ফ্রেম ও বডি দিয়ে তৈরি এবং নদী বা জলাশয়ের তীরে নোঙর করা থাকে। পানির স্তর ওঠা-নামার সঙ্গে সঙ্গে পন্টুনও উপর-নিচে উঠা নামা করে। তবে পাম্পের ফুট ভালভের গভীরতায় যথেষ্ট মার্জিন রাখা হয় যেন সেটি নদীর বা জলাশয়ের তলদেশে না লাগে।



① ভূপৃষ্ঠস্থ পাম্প সহ ইনটেক পন্টুন



② পন্টুনের উপর পাম্প



③ সাবমার্সিবল পাম্প সহ ইনটেক পন্টুন



④ পাম্পগুলি ভাল্‌ভ এর নিচে স্থাপিত

চিত্র ৩.৭ ভাসমান ইনটেক পাম্প

২) অবকাঠামোগত গঠন

চিত্র ৩.৮-এ একটি সাধারণ ভাসমান ইনটেক স্ট্রাকচারের উদাহরণ দেওয়া হয়েছে। এর প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি হল:

① অপরিশোধিত পানি একটি ফ্লেক্সিবল পাইপের মাধ্যমে পানি শোধনাগারে সরবরাহ করা হয়;

② পন্টুনটি ফ্লোট এর সহায়তায় সাপোর্ট পায়;

③ সাকশন প্রেসার ধরে রাখার জন্য ব্যবস্থা রয়েছে;

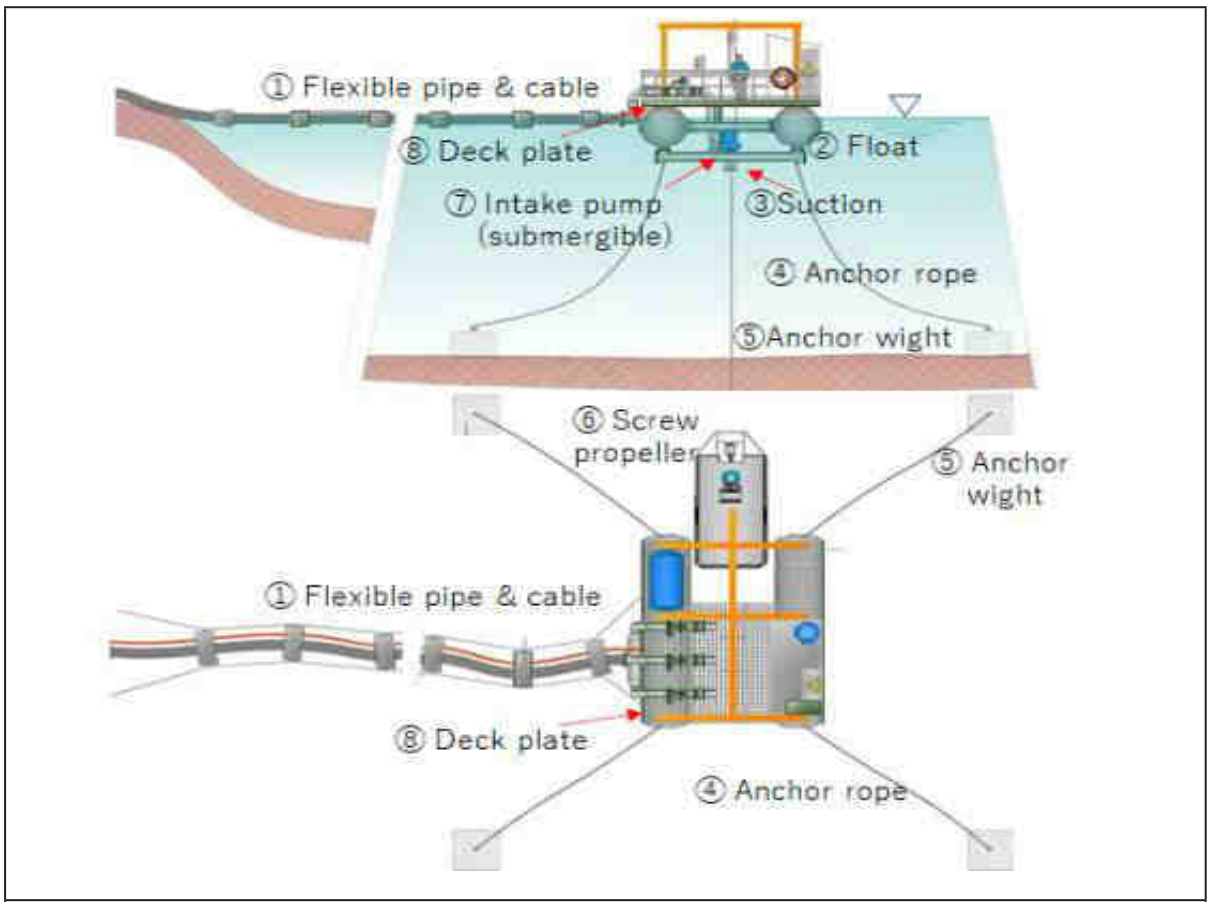
④ পন্টুন ভেসে যাওয়ার ঝুঁকি রোধে রশি দ্বারা সংযুক্ত থাকে;

⑤ নোঙরের ওজন (Anchor Weight);

⑥ প্রপেলারসহ স্ক্রু, পন্টুন যাতে করে সে নিজে চলতে পারে (বাংলাদেশে বেশিরভাগ ইনটেক স্ক্রু ছাড়াই);

⑦ ইনটেক পাম্প (সারফেস বা সাবমার্সিবল), যার সাকশন নিচের দিকে থাকে;

⑧ উপরিভাগে একটি ডেক পাটাতন স্থাপন করা হয়।

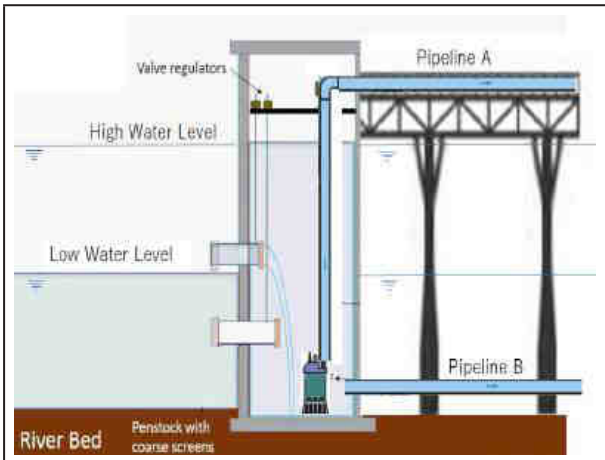


চিত্র ৩.৮ ভাসমান ইনটেক এর গঠন

(২) স্থির ইনটেক (Fixed Intakes)

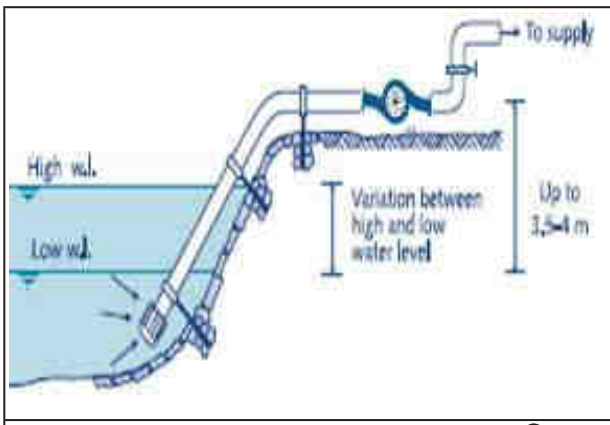
১) পানি আহরণ অবকাঠামোর ধরণ

অনেক ক্ষেত্রে বাঁধ বা উইয়ার (weirs) তৈরি করে পানির স্থির ইনটেক নির্মাণ করা হয়, তবে বাংলাদেশের বেশিরভাগ ক্ষেত্রে এগুলি ছাড়াই নদী থেকে সরাসরি পানি আহরণ করা হয়। পানির স্তরের পরিবর্তনের সঙ্গে সামঞ্জস্য রাখতে পাম্পের অবস্থান পরিবর্তন করা হয়। **চিত্র ৩.৯**-এ বাংলাদেশে প্রচলিত স্থির ইনটেক ব্যবস্থার ধরণ দেখানো হয়েছে।



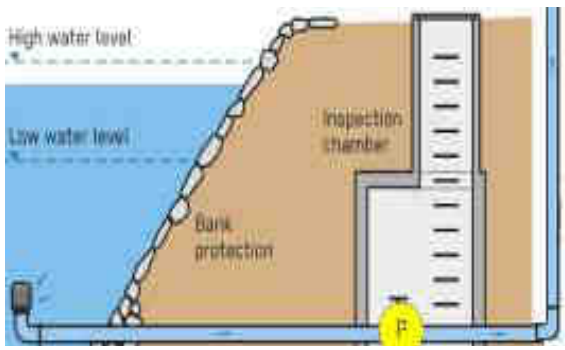


① টাওয়ার টাইপের ইনটেক

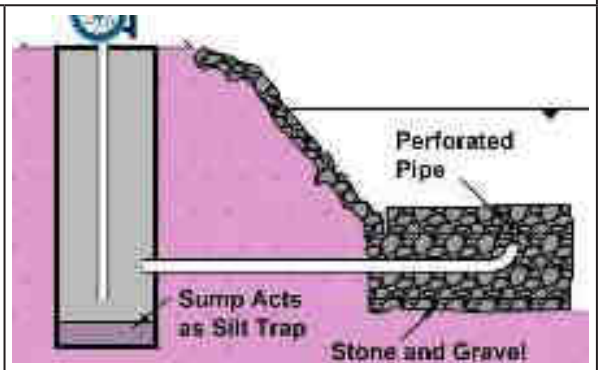




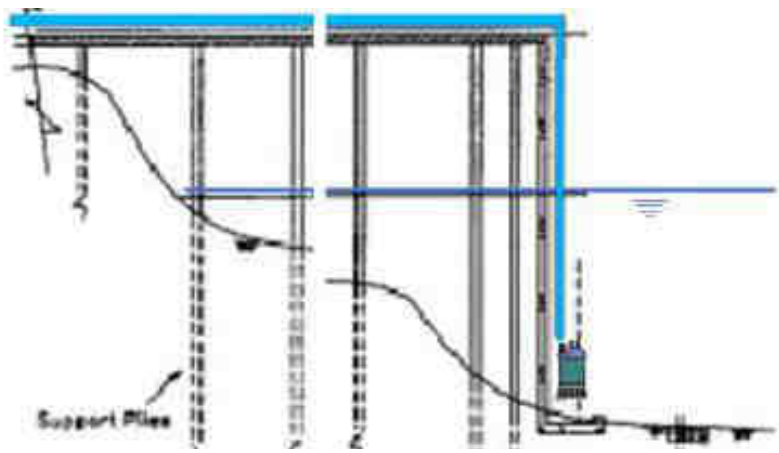
② নদীর তলদেশ ইনটেক



③ পাম্প চেম্বারসহ নদীর তলদেশ ইনটেক



④ সাম্প ওয়েল ইনটেক





⑤ স্থির জেটি ইনটেক (শক্ত ফ্রেমের ধরণ)

চিত্র ৩.৯: স্থির ইনটেক গঠনের ধরণ

২) অবকাঠামোর গঠন

চিত্র ৩.৯ অনুসারে নিচের পাঁচ ধরনের ইনটেক ব্যবস্থার বিবরণ দেওয়া হলো:

① টাওয়ার টাইপ ইনটেক:

চিত্র ৩.৯ ① হলো টাওয়ার টাইপের ইনটেক যা বিশ্বব্যাপী সাধারণ হলেও বাংলাদেশে খুব কম ব্যবহৃত হয়। টাওয়ার ইনটেক দুই ধরনের: (ক) পাম্প টাওয়ারের ভিতরে স্থাপন করা (Pipeline A) এবং (খ) টাওয়ারের নিচ দিয়ে পাইপ প্রবেশ করানো এবং নদীতীরে পাম্প বসানো (Pipeline B)

② নদীর তলদেশ ইনটেক:

চিত্র ৩.৯ ② এ দেখানো হয়েছে। এটি স্থাপন খরচ সাশ্রয়ী, তবে এর সাকশন লিফট ক্ষমতা মাত্র ৩.৫ - ৪.০ মিটার। বাংলাদেশের পদ্মা নদীতে এই ধরনের ইনটেক ব্যবহৃত হয়, যেখানে নদীর পানির স্তর বা চ্যানেলের পরিবর্তন অনুযায়ী পাম্পের অবস্থান বদলানো হয় যাতে করে পানি উত্তোলনের উচ্চতা পাম্পের ধারণ ক্ষমতার মধ্যে থাকে।

③ পাম্প চেম্বারসহ নদীর তলদেশ ইনটেক:

চিত্র ৩.৯ ③ এ দেখানো হয়েছে। এতে সাকশন লিফটের প্রয়োজন নেই এবং ② এর মত পাম্প সরানোরও দরকার হয় না, তবে একটি পাম্প চেম্বার স্থাপন করতে হয়। এই ইনটেক নারায়ণগঞ্জে পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় দেখা যায়।

④ সাম্প ওয়েল ইনটেক:

চিত্র ৩.৯ ④ এ দেখানো হয়েছে। এটিতে ② এর মত সাকশন লিফট বিবেচনা করতে হয় এবং ৪ মিটার এর বেশি নিচ থেকে পানি উত্তোলন সম্ভব হয় না। এই ধরনের ইনটেক পদ্মা নদীতে রাজশাহী পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত হচ্ছে।

⑤ স্থির জেটি ইনটেক (শক্ত ফ্রেমের ধরণ):

চিত্র ৩.৯ ⑤ এ দেখানো হয়েছে। এটিতে ① এর মত একটি ফ্রেমওয়ার্ক কাঠামোসহ স্থির পিলার দ্বারা স্থাপন করা হয়। তবে এর নির্মাণ কাজ ইনটেক টাওয়ারের চেয়ে সহজ। এটি মৌলভীবাজার পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত হয়।

৩.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৩.২.১ ইনটেক ব্যবস্থার ত্রুটি নির্ণয় (Diagnoses)

ইনটেক সুবিধার ধরণ অনুযায়ী এর বিভিন্ন নিরীক্ষণ ব্যবস্থা রয়েছে। এই ম্যানুয়ালে নিরীক্ষণ পদ্ধতিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে। একটি "ভূগর্ভস্থ পানির ইনটেক" এবং অপরটি "ভূপৃষ্ঠস্থ পানির ইনটেক" এর জন্য।

৩.২.১.১ ভূগর্ভস্থ পানির ইনটেক

পরিচালন পর্যবেক্ষণ:

উৎপাদক নলকূপ নিয়মিত চালানো উচিত। বিদ্যমান তথ্য অনুযায়ী মাসিক বা দ্বিমাসিক ভিত্তিতে নলকূপের একক উৎপাদন ক্ষমতা (Specific Capacity) পরিমাপ করা উচিত এবং তা নির্মাণকালে প্রাপ্ত মূল ক্ষমতার সঙ্গে তুলনা করা উচিত। যদি উৎপাদন ক্ষমতা ১০ থেকে ১৫% কম পাওয়া যায়, তাহলে এর কারণ নির্ধারণ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা নিতে হবে। উৎপাদন ক্ষমতা ২৫% কম হওয়ার আগেই পুনরুজ্জীবিত্রকরণ পদ্ধতি শুরু করতে হবে। নলকূপের কার্যক্ষম মূল্যায়ন করার জন্য নিম্নের চেকলিস্ট ব্যবহার করা যায়।

ক) দৈনিক বা সাপ্তাহিক ভিত্তিতে স্ট্যাটিক ওয়াটার লেভেল মাপা;

খ) দৈনিক বা সাপ্তাহিক ভিত্তিতে ২ ঘণ্টা টানা পাম্পিংয়ের পরে ডাইনামিক ওয়াটার লেভেল মাপা;

গ) মাসিক বা দ্বিমাসিক পর পর নিদিষ্ট সময় পর্যন্ত টানা পাম্পিংয়ের পরে নলকূপের উৎপাদন ক্ষমতা পরিমাপ, স্ট্যাটিক ও পাম্পিং ওয়াটার লেভেল মাপা;

ঘ) নলকূপের একক উৎপাদন হার (Specific Capacity) নিরুপণ করা এবং তা মূল উৎপাদন হারের সাথে তুলনা করা;

ঙ) নির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত টানা পাম্পিংয়ের পরে পানির স্যাম্পলে বালুর উপস্থিতি পরীক্ষা করা।

নলকূপের পাম্পিং হার কমার কারনে নলকূপের পানি আহরণের ক্ষমতা কমে যেতে পারে। যে দুটি কারনে নলকূপের পাম্পিং হার কমে যায় তা হলো ১-ফিল্টরের ওপেনিং বন্ধ হওয়া এবং ২-বালু প্রবাহিত হয়ে তা জমাট বেঁধে নলকূপকে বন্ধ করে ফেলা। এর ফলে পাম্পের ক্ষতি হয় এবং যদি কোনও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা না নেওয়া হয় সেক্ষেত্রে নলকূপটি সম্পূর্ণভাবে অচল হয়ে পড়ে।

(১) ফিল্টরের ওপেনিং বন্ধ হওয়া

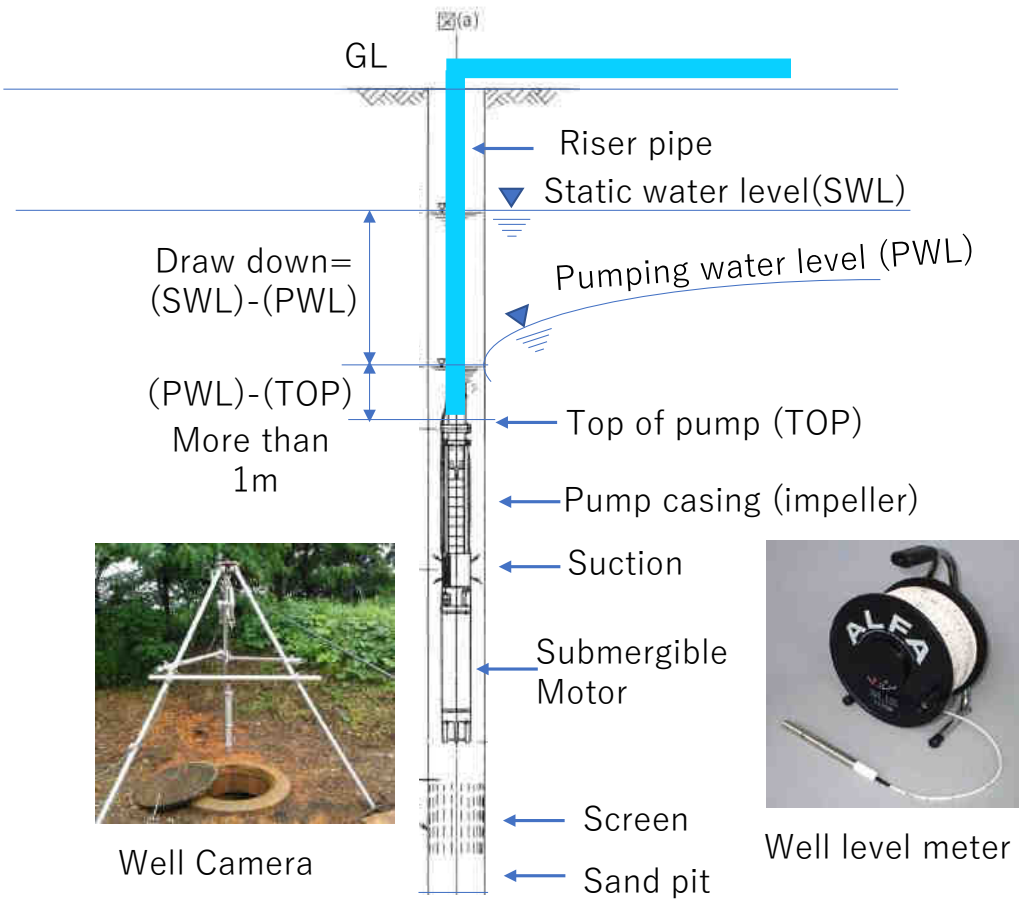
১) ঝুঁকি

ফিল্টারের ওপেনিং বন্ধ হলে পাম্পিং রেট কমে যায়, ফলে পানির চাহিদা পূরণ হয় না। পক্ষান্তরে ড্রডাউন বাড়ার কারনে পাম্পিং ওয়াটার লেভেলও বৃদ্ধি পায় এবং এতে পাম্প অকার্যকর হওয়ার ঝুঁকিও বেড়ে যায়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

নলকূপ নির্মাণ ও বর্তমান উভয় সময়ের নিম্নোক্ত তথ্যসমূহ প্রয়োজন।

- পাম্পিং রেট;
- স্ট্যাটিক ওয়াটার লেভেল (ওয়েল লেভেল মিটার দ্বারা);
- ডাইনামিক ওয়াটার লেভেল (ওয়েল লেভেল মিটার দ্বারা);
- ফিল্টারের ভিজ্যুয়াল কন্ডিশন (যদি ওয়েল ক্যামেরা থাকে)।



চিত্র ৩.১০: নলকূপ নিরীক্ষণের জন্য যন্ত্রপাতি ও পরিমাপের উপকরণসমূহ

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

- পাম্পিং রেট

যদি বর্ধিত পাম্প হেডের কারনেও পাম্পিং রেট নির্মাণের সময়ের তুলনায় কম হয়, তাহলে এটি নলকূপের ফিল্টার বন্ধ থাকার লক্ষণ হতে পারে।

- "পাম্পিং ওয়াটার লেভেল - স্ট্যাটিক ওয়াটার লেভেল" [(PWL) - (SWL)] হিসাব করে ড্রডাউন বের করতে হবে।

যদি নলকূপের ফিল্টার বন্ধ হয়ে যায়, তাহলে বর্তমান পানির লেভেল কমার হার নলকূপ নির্মাণের সময়ে পানির লেভেল কমার হারের চেয়ে বেশি হবে এবং বর্ধিত পাম্প হেডের জন্য পাম্পিং রেট কমে যাবে। **যদি বর্তমান ড্রডাউন নির্মাণের সময় এর ড্রডাউনের দ্বিগুণের বেশি হয়, তাহলে ফিল্টার বন্ধ (clogging) হতে পারে এবং প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন।**

- পাম্পিং ওয়াটার লেভেল এবং পাম্পের উপরের দূরত্ব মাপতে হবে। ([(PWL) - (TOP)] চিত্র ৩.১০)

মূলত:, পাম্পটি ফিল্টারের উপরে অবস্থিত হওয়া উচিত এবং পাম্প থেকে বায়ু শোষণের সম্ভাবনা বিবেচনা করে (PWL) - (TOP) কমপক্ষে ১ মিটার বা তার বেশি হওয়া উচিত। নির্মাণের শুরুতে, (PWL) - (TOP) একটি মার্জিন বিবেচনা করে নির্ধারণ করা উচিত। তবে সময়ের সাথে সাথে পানিস্তরের হ্রাস বৃদ্ধি পায় এবং **যদি (PWL) - (TOP) ১ মিটারের কম হয়, তাহলে পাম্পের ক্ষতির জন্য প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন। এই ক্ষেত্রে রিজেনারেশন কাজ না হওয়া পর্যন্ত পাম্পের সাথে অতিরিক্ত কলাম পাইপ যোগ করা উচিত।**

- ক্যামেরা দ্বারা নলকূপের ফিল্টারের (স্ক্রিনের) অবস্থা দেখা:

ফিল্টারের ক্লগিং পরীক্ষা করা দরকার। ফিল্টার বন্ধ থাকা পরিস্থিতির নমুনা চিত্র ৩.১১ এ দেখানো হয়েছে। এই অবস্থায়, পাম্পিং হার কম হতে পারে। ফলে প্রয়োজনীয় পদক্ষেপ নেওয়ার প্রয়োজন।



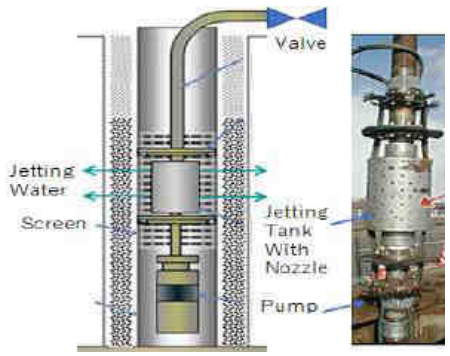
চিত্র ৩.১১: বন্ধ ফিল্টার

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকার ব্যবস্থা

ফিল্টার পরিষ্কার করা সবচেয়ে কার্যকর পদ্ধতি। কারণ পূর্বের পদ্ধতিতে ফিল্টার ক্লগিং বিষয়টি নিশ্চিত করেছে। ফিল্টার এর ব্লকেজ দূর করার জন্য নিম্নের ক্লিনিং পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

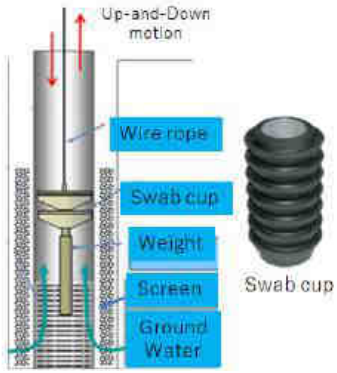
① উচ্চ-চাপযুক্ত পানি দ্বারা পরিষ্কার করা

নীচের চিত্রে দেখানো হয়েছে, একটি সাবমার্সিবল পাম্প যার মধ্যে একটি জেটিং ট্যাঙ্ক ও নজল রয়েছে, এটি নলকূপের মধ্যে ঢোকানো হয় এবং ফিল্টারটি পরিষ্কার করার জন্য ফিল্টারের ভিতরে পানির জেট প্রয়োগ করা হয়।



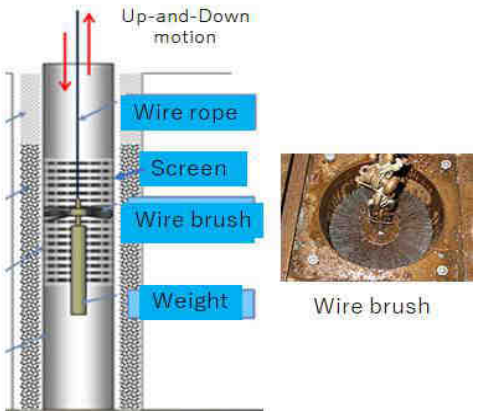
② সার্জিং পদ্ধতি

সোয়াব কাপগুলি তারের দড়ি দিয়ে সংযুক্ত থাকে এবং ফিল্টারের ভিতরে এবং বাইরের পানি পরিষ্কার করার জন্য এটাকে উপরে এবং নীচে উঠা-নামা করানো হয়।



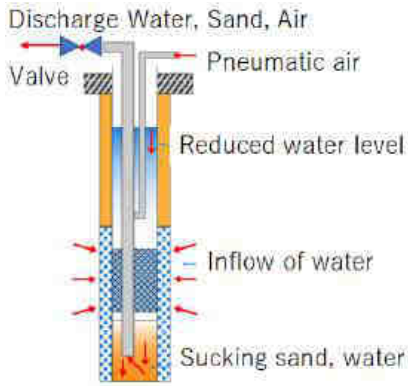
③ ব্রাশ দ্বারা পরিষ্কার করা

ব্রাশগুলি একটি তারের দড়ির সাথে সংযুক্ত থাকে, যা ফিল্টারের ভিতরে অবস্থান করে এবং জমাট ময়লা পরিষ্কারের জন্য এটাকে উপরে এবং নীচে উঠা-নামা করানো হয়।



④ সংকুচিত বায়ু দ্বারা পরিষ্কার করা

নীচের চিত্রে দেখানো হয়েছে যে, পানি এবং বালি উপরে আনার জন্য সংকুচিত বায়ু পাইপের মাধ্যমে ইনজেক্ট করা হয়। এছাড়াও, ভাল্‌ভটি বন্ধ করে সংকুচিত বায়ু পাইপের মাধ্যমে ইনজেক্ট করে বালি পরিষ্কার করা হয়।



চিত্র ৩.১২: ফিল্টার পরিষ্কার পদ্ধতিসমূহের ধারণা

চিত্র ৩.১৩ তে ফিল্টার পরিষ্কারের আগে ও পরের অবস্থা দেখানো হয়েছে।



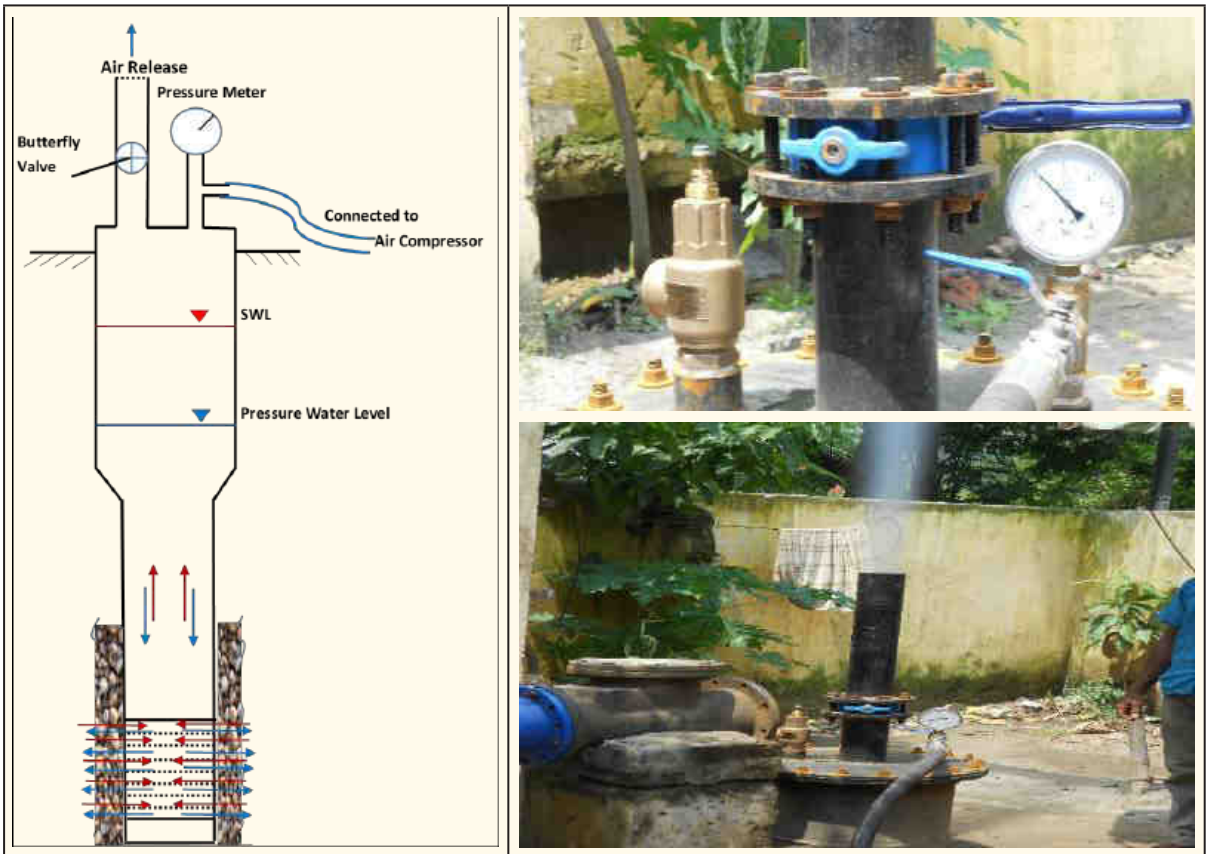
পরিষ্কারের আগে



পরিষ্কারের পরে

চিত্র ৩.১৩ ফিল্টার বন্ধ ও পরিষ্কার অবস্থা

উপরে বর্ণিত পদ্ধতিগুলি যান্ত্রিকভাবে নলকূপ পরিষ্কার করার অন্তর্ভুক্ত। যান্ত্রিক পদ্ধতি অনেক সময় নলকূপ রক্ষণাবেক্ষণে সন্তোষজনক ফলাফল দেয় না। এ ক্ষেত্রে রাসায়নিক পদ্ধতিগুলি ব্যবহার করা হয়। এই কাজে বিভিন্ন রাসায়নিক যেমন: অ্যাসিড, পলিফসফেট, ব্লিচিং পাউডার, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর (ডিপিএইচই) ১৯৮৯ সাল থেকে পৌরসভা পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নলকূপের ফিল্টার খুব সফলভাবে পরিষ্কার করে আসছে। ডিপিএইচই-তে নলকূপের ফিল্টার পরিষ্কারের ধারণাটি সাধারণভাবে "উৎপাদক নলকূপের পুনরুজ্জীবিতকরণ (Regeneration)" নামে পরিচিত। ডিপিএইচই এই কাজে সবচেয়ে বেশি যে পদ্ধতিটি ব্যবহার করে, তা হলো ব্লিচিং পাউডার এবং বাণিজ্যিকভাবে পরিচিত ক্যালগন (Sodium hexametaphosphate) নামক ডিসপারসিং এজেন্ট পানিতে গুলিয়ে তা নলকূপের ফিল্টারে প্রবেশ করিয়ে চাপ প্রয়োগ ও চাপমুক্তকরণ (Pressurizing and De-pressurizing) পদ্ধতি। ডিপিএইচই'র ভূগর্ভস্থ পানি বিভাগ (GWD) এই পদ্ধতিটি ডিপিএইচই-তে নলকূপ পুনরুজ্জীবিতকরণ (Regeneration) কাজের সূচনা লগ্ন থেকেই ব্যবহার করে আসছে। এটি ফিল্টার ও গ্রাভেল প্যাকে লোহার ব্যাকটেরিয়া দ্বারা সৃষ্ট ব্লকেজ দূর করতে অত্যন্ত কার্যকর। এই পদ্ধতিটির বিস্তারিত বিবরণ ও প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির ব্যবহার নিম্নে উল্লেখ করা হয়েছে।



চিত্র ৩.১৪ নলকূপ পুনরুজ্জীবিতকরণ চাপ প্রয়োগ ও চাপ মুক্তকরণ পদ্ধতি

পুনরুজ্জীবিতকরণ কাজ শুরুর আগে প্রথমে নলকূপের একক উৎপাদন ক্ষমতা (specific capacity) পরিমাপ করে দেখা হয়। তারপর পাম্পটি খুলে ফেলা হয়। এরপর নিচের ধাপগুলি অনুসরণ করা হয়:

১. নলকূপের গভীরতা পরিমাপ করা হয়। যদি নলকূপে বালি জমা পাওয়া যায়, তা অবশ্যই তুলে আনতে হবে;

২. চাহিদামত রাসায়নিক দ্রবণের পরিমাণ হিসাব করে মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয়;

৩. ট্রেইমি পাইপের মাধ্যমে ফিল্টারের উপরে সেই রাসায়নিক দ্রবণ ঢেলে ১ দিন রেখে দেওয়া হয়;

৪. এরপর একই পরিমাণের বিশুদ্ধ পানি নলকূপে উপর থেকে ঢালা হয়;

৫. চাপ প্রয়োগ ও চাপমুক্তকরণ এর জন্য ৩-৪ দিনব্যাপী কাজের জন্য যন্ত্রপাতি স্থাপন করা হয়। চাপের পরিমাণ, চাপ বাড়ানোর গতি, কতক্ষণ চাপ ধরে রেখে ছাড়া হবে এবং চাপ প্রতি ঘন্টায় কতবার দেওয়া ও ছাড়া হবে এবং একই পদ্ধতি ২য় ও ৩য় (প্রয়োজনে ৪র্থ) দিনে কীভাবে করা হবে তার সময়সূচি একজন অপারেটর তার অভিজ্ঞতা থেকে নির্ধারণ করে;

৬. এরপর এই যন্ত্রপাতি সরিয়ে আবার পাম্প বসানো হয় এবং নলকূপ পুনরায় ডেভেলপ করে একক উৎপাদন ক্ষমতা পরিমাপ করা হয়। এটি নলকূপটির উন্নতি হয়েছে কি না তা নিশ্চিত করে।

যদি নির্ধারিত মান অনুযায়ী উন্নতি অর্জিত না হয়, তাহলে এই পদ্ধতিটি আবারও একবার পুনরাবৃত্তি করা যায়।

(২) বালির জমাট বাঁধা

১) ঝুঁকি

নলকূপের নিচে (স্যান্ড ট্রাপে) বালি জমে গেলে তা ধীরে ধীরে ফিল্টার এলাকায় পৌঁছায় এবং ফিল্টারের ওপেন এরিয়া কমিয়ে দেয়। এর ফলে বালি পাম্পের মধ্যে চলে গিয়ে পাম্প ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

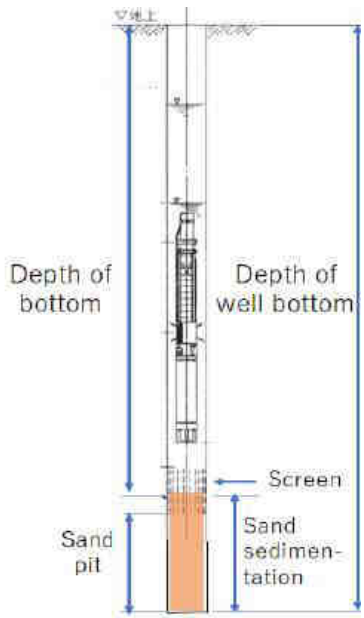
২) প্রয়োজনীয় তথ্য

- নলকূপের নিচের গভীরতা (চিত্র ৩.১৫ অনুযায়ী, দড়ি দিয়ে পরিমাপ করে)
- ফিল্টারের অবস্থান
- উত্তোলিত পানিতে বালির পরিমাণ (চোখে দেখে বা যন্ত্র দ্বারা পরিমাপ করে)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

নিম্নের কারণ সমূহের জন্য পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা নিতে হবে:

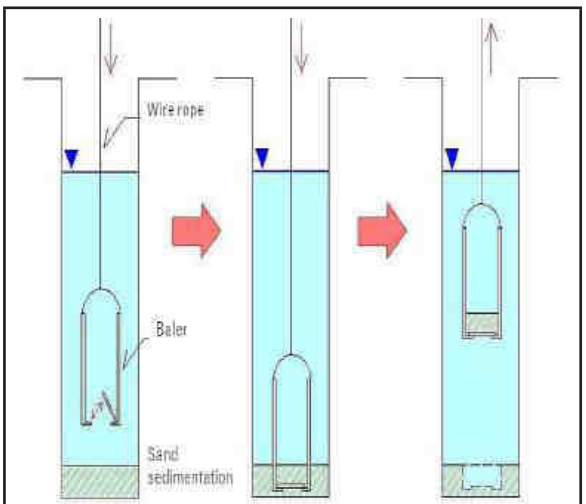
- নলকূপের নিচের গভীরতা:
  বালি ফিল্টারের নিচ পর্যন্ত জমেছে।
- উত্তোলিত পানিতে বালির পরিমাণ:
  - ✓ যন্ত্রে বালির পরিমাণ $\geq$ ৫০ মি.গ্রা./লিটার, অথবা
  - ✓ খালি চোখে বালি দেখা যাচ্ছে।.



চিত্র ৩.১৫: নলকূপে তলানি জমা

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকার ব্যবস্থা

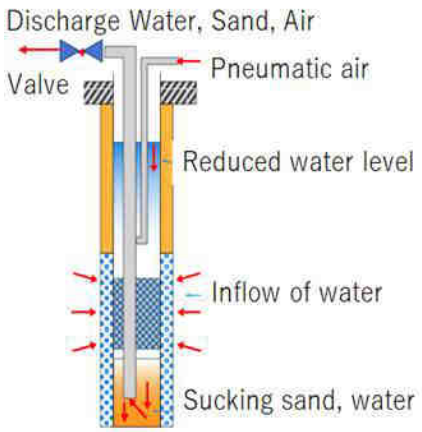
চিত্র ৩.১৬ অনুযায়ী বেইলার (bailer) ব্যবহার করে বালি উঠাতে হবে। অগভীর নলকূপের জন্য এই ব্যবস্থা ব্যবহারযোগ্য। গভীরতর/গভীর নলকুপের জন্য চিত্র ৩.১৭ তে দেখানো সংকুচিত বায়ু পদ্ধতি ব্যবহারযোগ্য।



চিত্র ৩.১৬: বেইলার দ্বারা বালির জমাট বাঁধা অপসারণ

সংকুচিত বায়ু দ্বারা পরিষ্কার করা

নীচের চিত্রে দেখানো হয়েছে যে, পানি এবং বালি উপরে আনার জন্য সংকুচিত বায়ু পাইপের মাধ্যমে ইনজেক্ট করা হয়। এছাড়াও, ভাল্‌ভটি বন্ধ করে সংকুচিত বায়ু পাইপের মাধ্যমে ইনজেক্ট করে বালি পরিষ্কার করা হয়।



চিত্র ৩.১৭: সংকুচিত বায়ু দ্বারা বালি অপসারণ

৩.২.১.২ ভূপৃষ্ঠস্থ পানির ইনটেক

পরিচালন পর্যবেক্ষণ:

বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে, একটি পানি সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য ভূপৃষ্ঠস্থ পানি আহরণের পরিচালন পর্যবেক্ষণের মধ্যে সাধারণত কিছু মূখ্য প্যারামিটার নিয়মিত পর্যবেক্ষণ ও রেকর্ড করা অন্তর্ভুক্ত থাকে। যেমন: পানির স্তর, প্রবাহ চ্যানেলের পরিবর্তন, ঘোলাটে অবস্থা (turbidity) - অন্তত চোখে দেখে ভালো/খারাপ/অত্যন্ত খারাপ হিসেবে চিহ্নিত করা এবং ইনটেক পয়েন্টে ভাসমান বস্তুর জমা ইত্যাদি। এই সকল কারণগুলি পানির গুণগতমান ও পরিশোধন প্রক্রিয়ায় প্রভাব ফেলতে পারে ও পানির প্রাপ্যতার বাধা সৃষ্টি করতে পারে।

এছাড়াও, সম্ভাব্য দূষণ উৎস শনাক্ত করে পানির আঁধারকে সংরক্ষণের জন্য প্রয়োজনীয় প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা নেওয়া অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। ইনটেক পাম্প পরিচালনা এবং ভাসমান পন্টুন টাইপের ইনটেক স্ট্রাকচারের স্থায়িত্ব নিশ্চিত করতে প্রতিদিন পর্যবেক্ষণ করা জরুরি, যাতে হঠাৎ কোনো ঝুঁকি না ঘটে। বন্যা ও ঘূর্ণিঝড় পূর্বাভাসের সময়, সম্ভাব্য ক্ষতি নির্ধারণ করে এবং আগাম সুরক্ষা ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে, যাতে শোধনাগারে পানির সরবরাহ ব্যাহত না হয়।

(১) শুকনো মৌসুমে পানি আহরণে সমস্যা

১) ঝুঁকি

বাংলাদেশে নদীগুলি পলিমাটির অঞ্চলে অবস্থিত এবং এখানে বর্ষা ও শুষ্ক মৌসুমে পানির প্রবাহে বিশাল পার্থক্য দেখা যায়। শুষ্ক মৌসুমে অনেক ক্ষেত্রে নদীর প্রবাহ ইনটেক স্থানের বাইরে চলে যায়, ফলে পূর্বে নির্মিত ইনটেক দিয়ে পানি আহরণ সম্ভব হয় না। তখন বিকল্প ব্যবস্থা নিতে হয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

- ইনটেকের ধরণ (ভাসমান বা স্থির ইনটেক)
- শুষ্ক মৌসুমে নদীর ঐতিহাসিক (পূর্বের) ও বর্তমান অবস্থা

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

- স্থির ধরনের ইনটেক এর ক্ষেত্রে, নদী প্রবাহের অবস্থান যদি নির্মাণের কিছু বছর পর পরিবর্তিত হয়, তাহলে ইনটেক চলমান রাখা অসম্ভব হয়ে পরে। তাই ইনটেকের নতুন অবস্থান নির্ধারণ করতে হবে। এই সকল ক্ষেত্রে ইনটেকের দীর্ঘস্থায়ী পরিচালনার জন্য নদীর একটি স্থিতিশীল জায়গা নির্ধারণের দিকে মনোযোগ দেওয়া উচিত।
- ভাসমান ইনটেক এর ক্ষেত্রে, পরিস্থিতি অনুসারে ভিন্ন ভিন্ন ব্যবস্থা নিতে হয়:

কেস-১: নদীর প্রবাহ মৌসুমি (seasonal) ভিত্তিতে পরিবর্তিত হলে, পন্টুন সেই প্রবাহমান জায়গায় সরিয়ে নেওয়া যায় এবং ডেলিভারি পাইপ বুস্টার পাম্পের মাধ্যমে সম্প্রসারিত করা যায়। বর্ষাকালে আবার পন্টুন আগের স্থানে ফিরিয়ে আনা যায়। এরূপ ক্ষেত্রে প্রতি বছর এ ধরনের পরিস্থিতি মোকাবিলার জন্য ওয়াটার ওয়ার্কস এর আনুসঙ্গিক পরিকল্পনা (contingency planning) থাকা উচিত।

কেস-২: প্রবাহ মৌসুমি হলেও পরিবর্তিত প্রবাহমান জায়গায় পন্টুন স্থিরভাবে নোঙর করা ঝুঁকিপূর্ণ। যেমন, হঠাৎ বন্যায় নদীর প্রবাহ বেড়ে যাওয়া অথবা ঝড় সৃষ্টি হওয়ার কারনে পন্টুন ভেসে যেতে পারে। এক্ষেত্রে পন্টুন আগের জায়গায় স্থির অবস্থানে থাকে এবং ইনটেক পাম্প প্রবাহমান স্থানে সরিয়ে নিয়ে বুষ্টার পাম্পসহ পাইপ সম্প্রসারিত করা হয়। আবার, বর্ষাকালে সম্প্রসারিত পাইপ খুলে পন্টুনের সংগে পুনঃসংযুক্ত করা হয়। একইভাবে, প্রতি বছর এ ধরনের পরিস্থিতি মোকাবেলার জন্য ওয়াটার ওয়ার্কস এর আনুসঙ্গিক পরিকল্পনা (contingency planning) থাকা উচিত।

কেস-৩: যে সকল নদী অপেক্ষাকৃত স্থির কিন্তু পানির স্তরে মৌসুমি ওঠানামা বেশি, সেখানে ইনটেক পাইপ বর্ষার সময়ে উপরে উঠানো এবং শুষ্ক মৌসুমে নিচের দিকে নামাতে হয়, ফলে পাম্প ভাল ক্ষমতায় চালানো যায়। এই সমস্যা নিরসণে একাধিক পাম্প ভিন্ন ভিন্ন গভীরতায় স্থাপন করে প্রয়োজন অনুযায়ী পরিচালনা করা যায়।

আঁকা-বাঁকা (মিয়ান্ডারিং) নদীতে পাড় ভাঙ্গার কারনে কখনও কখনও ভাসমান অথবা স্থির ইনটেকের অবস্থানের পরিবর্তন প্রয়োজন হয়।

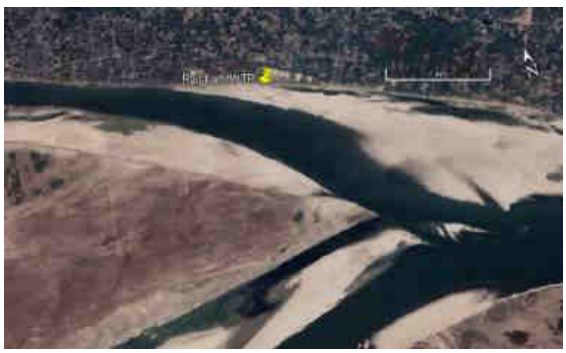
যে সকল বিষয়ে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন:

- ডেলিভারি পাইপ সম্প্রসারণের ফলে পাম্প হেড ও প্রবাহ হার যথেষ্ট কিনা তা যাচাই করা প্রয়োজন যাতে করে ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্টে প্রয়োজনীয় পরিমাণ নদীর পানি সরবরাহ নিশ্চিত করা যায়। যদি পাম্প হেডের পরিবর্তনের ফলে প্রবাহ কমে যায় সেক্ষেত্রে, একটি বুষ্টার পাম্প সংযুক্ত করা প্রয়োজন।
- বিদ্যুৎ লাইন দীর্ঘ হলে ভোল্টেজ ড্রপ হবে, সেই ক্ষেত্রে পাম্প চালানোর জন্য প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ নিশ্চিত করতে হবে।
- চিত্র ৩.১৮-এ রাজশাহীর নদীর ইনটেকের ঐতিহাসিক অবস্থা দেখা যায়। সাধারণত: নকশা পরিকল্পনার সময় নদীর প্রকৃতি বিবেচনায় নিয়ে পানির ইনটেক পয়েন্ট নির্ধারণ করা হয়, কিন্তু রাজশাহীর ক্ষেত্রে নকশা প্রণয়নে এই বিবেচনা করা হয়নি, ফলে পানি আহরণ সম্ভব হয় না।





বর্ষা মৌসুমে রাজশাহীর ইনটেকের অবস্থা





শুষ্ক মৌসুমে ইনটেকের অবস্থা (পন্টুনটি লাল চিহ্নিত এলাকায় সরাতে হবে)

চিত্র ৩.১৮: নদীর ঐতিহাসিক অবস্থা এবং পানি বিহীন ইনটেকের জায়গা

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকার ব্যবস্থা

ভাসমান পন্টুনের ক্ষেত্রে পাইপ লম্বা করে দূরবর্তীস্থানে (অফশোরে) নিতে হবে। তবে স্থির ইনটেকের জন্য পুনঃস্থাপনের মত প্রতিকার ব্যবস্থা নেওয়া অত্যন্ত জটিল কাজ।

(২) কচুরিপানার কারনে পাম্প ব্লক হওয়া

১) ঝুঁকি

বিশেষ করে বর্ষাকালে, কচুরিপানা প্রবাহিত হয়। এমনও হতে পারে যে পাম্প এটি চুষে নেয় এবং পাম্পে আটকে যায়, যার ফলে ত্রুটি দেখা দেয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

ইনটেক সুবিধায় কচুরিপানা আছে কী না তা দেখা

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

পানি আহরণের সময় কচুরিপানার অবস্থা নিশ্চিতকরণ। সাধারণভাবে, যদি পানি আহরণের সময় চিত্র ৩.১৯-এর মতো কচুরিপানা দ্বারা ইনটেক বেষ্টিত থাকে, তাহলে উপরে উল্লিখিত ঝুঁকিগুলি প্রতিরোধ করার জন্য পদক্ষেপ নিতে হবে।



চিত্র ৩.১৯: ইনটেক কচুরিপানা দ্বারা বেষ্টিত

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকার ব্যবস্থা

চিত্র ৩.২০ অনুযায়ী পাম্পের সাকশন এর দিকে নেট বা অনুরূপ বেষ্টনী স্থাপন করতে হবে।



চিত্র ৩.২০: পাম্প সাকশন সেট

(৩) বালি জমা (প্রধানত: স্থায়ী ইনটেকের জন্য)

১) ঝুঁকি

বালি জমার ফলে পাম্পের সাকশন বাধাপ্রাপ্ত হয়, এর ফলে আহরণযোগ্য পানির পরিমাণ হ্রাস পায়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

- বালি জমার পুরুত্ব (চিত্র ৩.২১)
- উত্তোলিত পানিতে বালির পরিমাণ (খালি চোখে বা **যন্ত্র দ্বারা** পরিমাপকৃত)

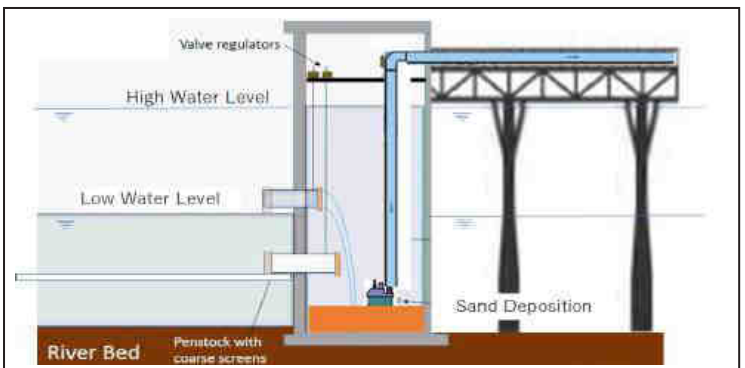
৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

নিম্নের কারণ সমূহের জন্য পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা নিতে হবে:

- পাম্পের নিচের গভীরতা:
  বালি ফিল্টারের নিচ পর্যন্ত জমেছে।
- উত্তোলিত পানিতে বালির পরিমাণ:
  - ✓ যন্ত্রে বালির পরিমাণ ≥ ৫০ মি.গ্রা./লিটার, অথবা
  - ✓ খালি চোখে বালি দেখা যাচ্ছে

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকার ব্যবস্থা

জমাকৃত বালি অপসারণ করতে হবে। মানুষের দ্বারা এটা করানো যায়। বালি অপসারণের সময় ইনটেক বন্ধ রাখতে হবে।



চিত্র ৩.২১: ইনটেকে বালি জমা

৩.৩ স্থাপনাসমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৩.১: ইনটেকের সমস্যা সমাধানের তালিকা

	ঘটনা	কারণ	ঝুঁকি	পদক্ষেপ
ভূগর্ভস্থপানির ইনটেক	নলকূপের উৎপাদন হার কমে গেছে	ফিল্টার বন্ধ হওয়া	পানি উৎপাদন কম হওয়া	ফিল্টার পরিষ্কার করা
		নলকূপের তলদেশে বালি জমা		বালি অপসারণ করা
		পানির স্থিতিতল বেড়ে যাওয়া		আশেপাশের এলাকার অতিমাত্রায় পানি উঠানো বন্ধ করা (প্রয়োজনে স্টেকহোল্ডার সভার মাধ্যমে একমত হওয়া)
	নলকূপে বালি উঠে	ফিল্টার বন্ধ হওয়া	পাম্পের ইম্পেলার ক্ষতি হওয়া	ফিল্টার পরিষ্কার করা
		অতিমাত্রায় পাম্পিং করা		পাম্পিং রেট সঠিক মাত্রায় রাখা
		ফিল্টারের ক্ষতি হওয়া		ফিল্টার মেরামত করা
ভূপৃষ্ঠস্থপানির ইনটেক	নদীর চ্যানেলের অবস্থান পরিবর্তনের কারনে নদীর পানি আহরণে অসুবিধা	ইনটেক পয়েন্ট ভুল জায়গায় আছে	ইনটেক নাই, পানি সরবরাহ নাই	ইনটেকের অবস্থান পরিবর্তন করা
	কচুরিপানা দ্বারা ইনটেক বন্ধ	কচুরিপানা ভেসে আসে	ইনটেক ছোট হয়ে যায়, পাম্পের ক্ষতি হয়	জালি বা নেট বসানো, কচুরিপানা অপসারণ করা
	নদীর পানি হতে বালি পাম্প করে	ইনটেকের জায়গায় বালি জমেছে	পাম্পের ক্ষতি হয়	বালি অপসারণ করা

৩.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৩.২ তে ইনটেকের আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং এর ফ্রিকোয়েন্সি দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৩.২ পাম্পের নলকূপের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম		দৈনিক	মাসিক	বার্ষিক	মানদন্ড
নলকূপ - ভূগর্ভস্থপানি	১.পানির স্থিতি তল	○	○ দৈনিক তথ্যর গড়	○ মাসিক তথ্যের গড়	পাম্প স্থাপনের সময়ের লেভেল যেন ১ মিটারের বেশী বৃদ্ধি না পায়
	২.পাম্পিং অবস্থায় পানির তল				লেভেল যেন পাম্প এর উপর হতে ১ মিটারের বেশী থাকে
	৩.পাম্পিং এর হার				রেট যেন মূল পাম্পিং রেটের ১০% এর বেশী কম না হয়
	৪.বালি উঠা				ভাসমান পদার্থ এর পরিমাণ যেন ৫০ মি.গ্রা. /লিটার এর বেশী না হয়
	৫. নলকূপের ভিতরে ক্যামেরা দ্বারা চেক করা	যখন পাম্পিং রেট কমে যাবে তখন চেক করা			ফিল্টার বন্ধ যেন উল্লেখযোগ্য না হয়
	৬.বালি জমা	যখন বালি উঠে তখন চেক করা			বালি যেন ফিল্টার পর্যন্ত না জমে
নদী	৭. নদীর পানির লেভেল	○	○ দৈনিক ডাটার গড়	○ মাসিক ডাটার গড়	ইনটেক পয়েন্টে যেন পানি পাওয়া যায়
	৮. কচুরিপানা ভেসে যাওয়া				ইনটেক পয়েন্টে যেন কচুরিপানা না থাকে
	৯.পাম্পিং এর হার				রেট যেন মূল পাম্পিং রেটের ১০% এর বেশী কম না হয়
	১০.বালি উঠা				ভাসমান পদার্থ এর পরিমাণ যেন ৫০ মি.গ্রা. /লিটার এর বেশী না হয় বা খালি চোখে বালি দেখা নিশ্চিত না করে
	১১.বালি জমা	যখন বালি উঠে তখন চেক করা			সাকশন মুখে যেন বালি না জমে

অধ্যায়-৪ঃ পাম্প

৪.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

এই অধ্যায়ে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত পাম্পগুলির কার্যপদ্ধতি, প্রকারভেদ ও কর্মক্ষমতার বৈশিষ্ট্যসমূহ তুলে ধরা হয়েছে। এছাড়াও পৌরসভার পাম্পিং সুবিধাগুলির কার্যকর ও টেকসই ব্যবস্থাপনার জন্য পাম্পের পরিচালনা, ত্রুটি নির্ণয় ও রক্ষণাবেক্ষণ সংক্রান্ত দিকনির্দেশনা প্রদান করা হয়েছে।

৪.১.১ পাম্পের শ্রেণিবিন্যাস

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পাম্প একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্র, যা এক স্থান থেকে অন্য স্থানে পানি পরিবহণে সাহায্য করে। যেমন: উৎপাদক নলকূপ, ভূপৃষ্ঠস্থ পানি আহরণ স্থল (Surface water intake), বিতরণ জলাধার, রাসায়নিক ট্যাংক ইত্যাদি থেকে পানি পরিশোধনাগার, সঞ্চালন ও বিতরণ পাইপলাইন, উচ্চ পানির ট্যাংক বা অন্য কোনো রিজার্ভারে সরবরাহ করে। বাংলাদেশের পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় সাধারণত দুই ধরনের পাম্প ব্যবহৃত হয়, যথা:

১) সারফেস পাম্প/সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প

২) সাবমার্সিবল পাম্প

সারফেস পাম্প মাটির উপরে স্থাপন করা হয়, যেখানে পাম্প ও মোটর উভয়ই স্থলভাগে (Ground) থাকে। অপরপক্ষে, সাবমার্সিবল পাম্প পানির নিচে স্থাপন করা হয়, যেখানে পাম্প ও মোটর উভয়ই পানির মধ্যে থাকে। সাবমার্সিবল পাম্প সাধারণত উৎপাদক নলকূপ থেকে পানি উত্তোলনের জন্য ব্যবহৃত হয়, কখনও কখনও ভূপৃষ্ঠস্থ পানি আহরণের ক্ষেত্রেও এই পাম্প ব্যবহৃত হয়। পাম্পের তারতম্যের বিবেচনায় শ্রেণীবিন্যাস করা যায়, যেমন:-

- শক্তির উৎস অনুযায়ী (বিদ্যুৎ, ডিজেল ইঞ্জিন),
- শ্যাফ্টের অবস্থান অনুযায়ী (ভার্টিক্যাল বা হরাইজন্টাল),
- স্থাপনার ধরণ অনুযায়ী (সাবমার্সিবল বা সারফেস-মাউন্টেড),
- সেবার ধরণ অনুযায়ী (পরিষ্কার পানি বা বর্জ্য পানি)।

তবে এই ম্যানুয়ালে পাম্পের শ্রেণিবিন্যাস মূলত তাদের পরিচালন প্রক্রিয়া (Operating Mechanism) অনুযায়ী করা হয়েছে, যা নিম্নে ও চিত্র ৪-১ এ ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

১) সিঙ্গেল-স্টেজ ইমপেলার সারফেস মোটর পাম্প

এই পাম্পে কেবলমাত্র একটি ইমপেলার স্থাপন করা থাকে এবং এটি মাটির উপরে স্থাপন করা হয়।এটি প্রধানত নদী থেকে পানি আহরণ, বুস্টার পাম্প হিসেবে সঞ্চালন পাইপলাইনে এবং পানি পরিশোধনগারে ব্যবহৃত হয়।

২) মাল্টি-স্টেজ ইমপেলার সারফেস মোটর পাম্প

এটি সিঙ্গেল-স্টেজ ইমপেলার সারফেস মোটর পাম্পের মতোই কাজ করে, তবে এতে দুই বা ততোধিক ইমপেলার থাকে, যা একটি শ্যাফ্ট দ্বারা ঘোরানো হয়। বেশি উচ্চতা বা চাপের প্রয়োজন হলে এই ধরনের পাম্প ব্যবহার করা হয়। বাংলাদেশে এটি তেমন জনপ্রিয় নয়।

৩) মাল্টি-স্টেজ ইমপেলার সাবমার্সিবল মোটর পাম্প

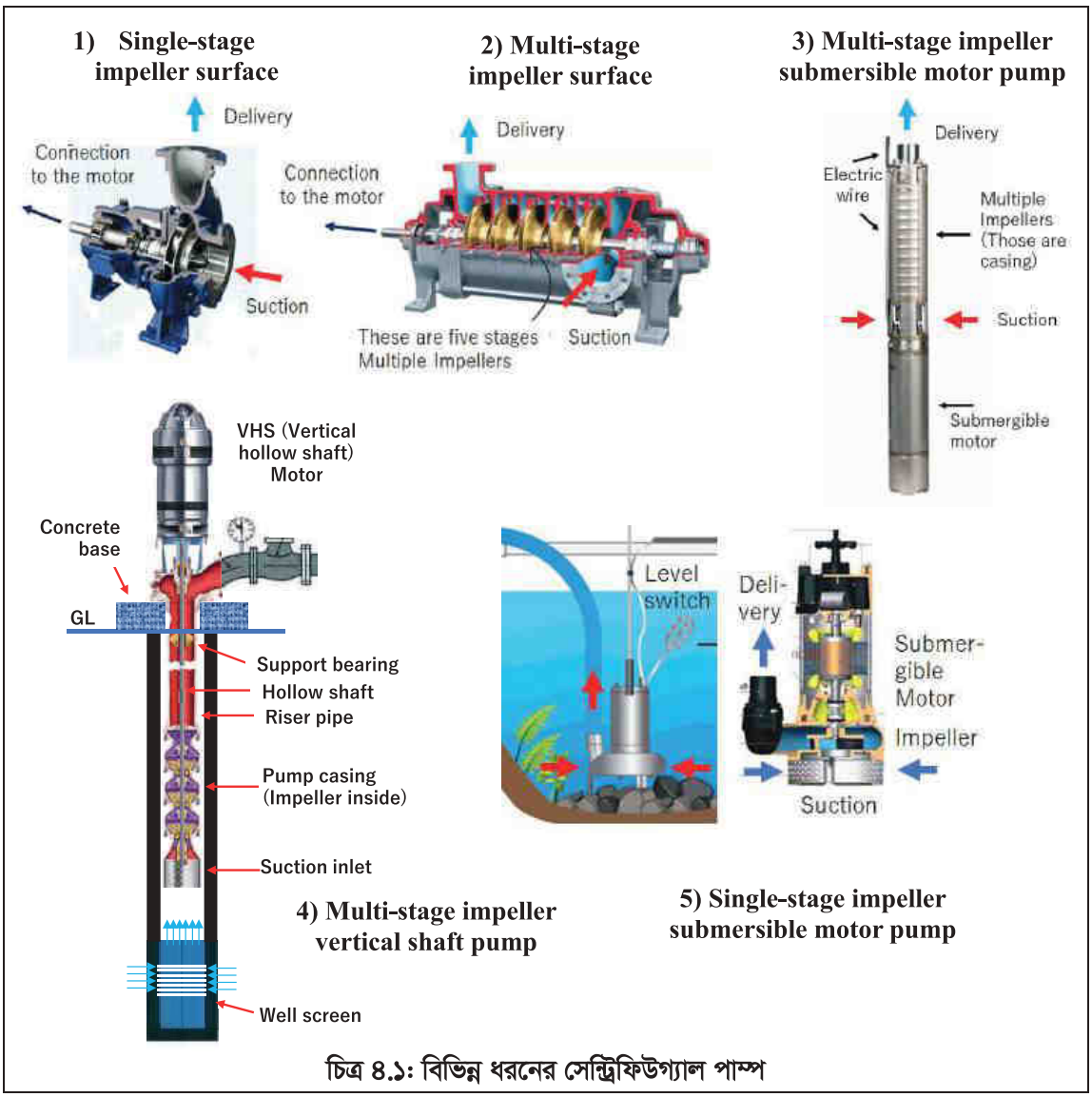
এটি মাল্টি-স্টেজ ইমপেলার সারফেস মোটর পাম্পের মতো একই প্রক্রিয়ায় কাজ করে, তবে এটি পানির নিচে গভীর নলকূপে স্থাপন করা হয় এবং আকারে গোলাকার হয়। এতে যত বেশি ইমপেলার থাকে, পাম্পটি তত বেশি ক্ষমতাসম্পন্ন হয়।

৪) মাল্টি-স্টেজ ইমপেলার ভার্টিক্যাল পাম্প

এই পাম্পে মোটরটি মাটির উপরে স্থাপন করা হয় এবং রাইজার পাইপের মধ্যে দিয়ে একটি শ্যাফ্টের মাধ্যমে পাম্পের ইমপেলারটি ঘোরানো হয়। যেহেতু মোটর পানির সংস্পর্শে থাকে না, তাই ইনসুলেশন নষ্ট হওয়ার ঝুঁকি নেই। তবে শ্যাফ্টকে সাপোর্ট দিতে ও কম্পন দমন করতে ব্যবস্থা নিতে হয়। বর্তমানে, মোটরের ইনসুলেশন প্রযুক্তি উন্নত হওয়ায় গভীর নলকূপে প্রধানত সাবমার্সিবল পাম্প ব্যবহৃত হচ্ছে।

৫) সিঙ্গেল-স্টেজ ইমপেলার সাবমার্সিবল মোটর পাম্প

উপরের (৩) ও (৪) নম্বর পাম্পের তুলনায় এই পাম্পের ব্যাস বড় হওয়ায় এটি নলকূপে ব্যবহার উপযুক্ত নয়। সাধারণত এটি ট্যাংক বা খননকৃত পাতকূপে স্থাপন করা হয়।



চিত্র ৪.১: বিভিন্ন ধরনের সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প

৪.১.২ পাম্পিং সরঞ্জামের উপাদানসমূহ

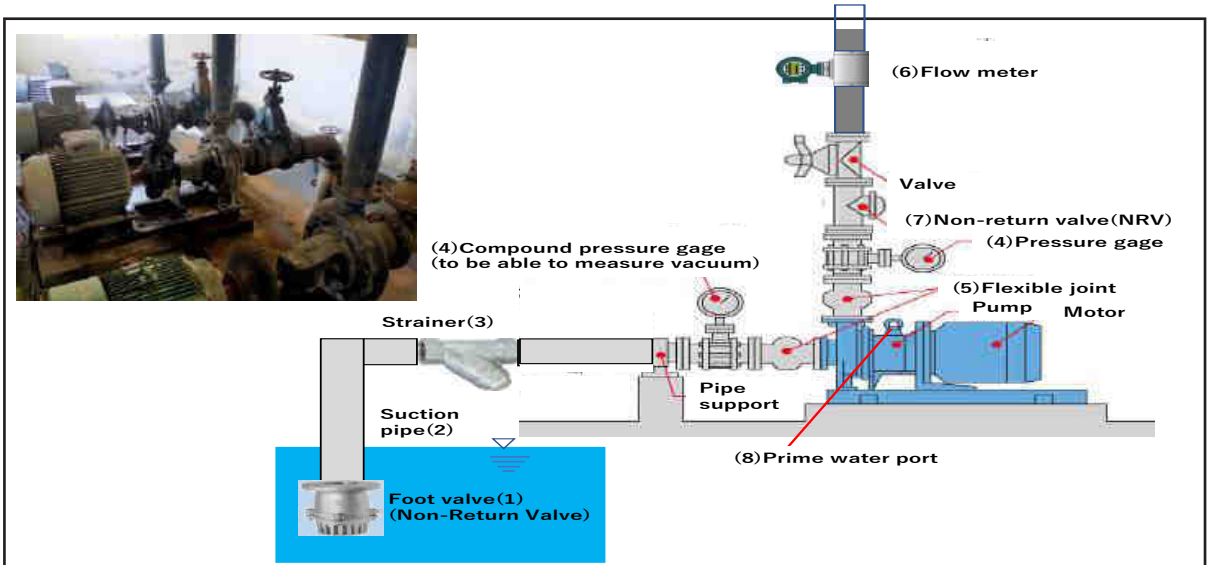
এই অংশে পাম্প এবং এর সম্পর্কিত সরঞ্জামগুলির একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হয়েছে। যেহেতু পাম্পিং সরঞ্জামের উপাদানসমূহ পাম্পের কার্যপদ্ধতির তুলনায় এর ইনস্টলেশনের অবস্থান (installation location) দ্বারা বেশি নির্ধারিত হয়, তাই ইনস্টলেশনের দৃষ্টিকোণ থেকে এখানে ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

৪.১.২.১ সারফেস মোটর পাম্প

সারফেস মোটর পাম্পের একটি আদর্শ কাঠামো চিত্র ৪-২-এ দেখানো হয়েছে। নিম্নে সারফেস মোটর পাম্পের উপাদানসমূহের প্রধান কার্যপদ্ধতি ও তাদের ভূমিকা ব্যাখ্যা করা হলো:

- পানি একটি ফুট ভাল্‌ভ (১) এর মাধ্যমে প্রবেশ করে এবং সাকশন পাইপ (২) দিয়ে উপরের দিকে প্রবাহিত হয়। স্ট্রেইনার (৩) অবাঞ্ছিত পদার্থ বা ময়লা ফিল্টারের মাধ্যমে আলাদা করে ফেলে; অথবা
- পাম্পের সাকশন এবং ডেলিভারি উভয় পাশে চাপমাপক যন্ত্র (Pressure gauge) (৪) স্থাপন করা হয়, যাতে উভয় পাশেরই হেড (Head) পরিমাপ করা যায়;
- পাম্পের কম্পন যাতে পাইপলাইনে না যায়, সে জন্য ফ্লেক্সিবল জয়েন্ট (৫) সাকশন ও ডেলিভারি উভয় পাশে স্থাপন করা হয়;
- ফ্লো মিটার (৬) পানি প্রবাহের হার পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয় এবং এটি নন-রিটার্ন ভাল্‌ভ (NRV) (৭) এর সঙ্গে সংযুক্ত থাকে। ফ্লো মিটারটি স্থাপন করার সময় এটি এলবো, চেক ভাল্‌ভ বা অন্য ভাল্‌ভ থেকে পাইপের ব্যাসের ৫-১০ গুণ দূরত্বে বসানো উচিত, কারণ পানির ঘূর্ণায়মান প্রবাহে (turbulence) পানি প্রবাহের মাপে ত্রুটি ঘটাতে পারে;
- পাম্প চালু করার আগে সাকশন পাইপ-এ পানি ভর্তি করতে হয়। এজন্য প্রাইমিং পোর্ট (৮) দিয়ে প্রাইমিং পানি ঢালা হয়।

বাংলাদেশে সারফেস মোটর পাম্প স্থাপনার একটি উদাহরণ চিত্র ৪.২-এ দেখানো হয়েছে। তত্ত্ব অনুয়ায়ী প্রতিটি স্থাপনায় চাপ মাপার যন্ত্র (Pressure gauge) এবং ফ্লো মিটার থাকা উচিত, কিন্তু বাস্তবে অনেক ক্ষেত্রে এগুলি ভাঙ্গা বা পাওয়া যায় না।



চিত্র ৪.২: সারফেস মোটর পাম্প ব্যবস্থার আদর্শ কাঠামো

৪.১.২.২ সাবমার্সিবল মোটর পাম্প

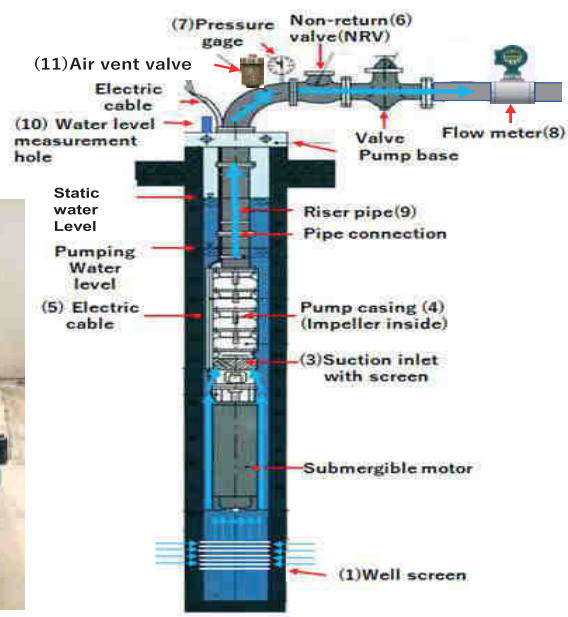
সাবমার্সিবল মোটর পাম্প ব্যবস্থার একটি আদর্শ কাঠামো চিত্র ৪.৩-এ দেখানো হয়েছে। নিম্নে সাবমার্সিবল মোটর পাম্পের উপাদানসমূহের প্রধান কার্যপদ্ধতি ও তাদের ভূমিকা ব্যাখ্যা করা হলো:

- ভূগর্ভস্থ পানি একটি নলকূপের স্ক্রিন (১) দিয়ে প্রবেশ করে এবং পাম্পের সাকশন অংশে (৩) প্রবেশ করে। এই স্ক্রিনটি অবাঞ্ছিত পদার্থ প্রবেশে বাধা দেয়। এরপর পানি রাইজার পাইপ (৯) এর মাধ্যমে উপরে উঠে যায়;
- পাম্পের অভ্যন্তরে ইমপেলার (৪) পাম্প কেসিং-এর (Pump casing) মধ্যে থাকে, এবং বৈদ্যুতিক কেবল (৫) মোটরের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে;
- NRV (৬) ফ্লো মিটারের (৮) আগে স্থাপন করা হয়, যাতে ফ্লো মিটার ও সিস্টেম উভয়ই সুরক্ষিত থাকে;
- চাপ মাপার যন্ত্র (Pressure gauge) (৭) ডেলিভারির দিকে স্থাপন করা হয়, যাতে হেড (Head) পরিমাপ করা যায়;
- ভূগর্ভস্থ পানির স্তর (Groundwater level) মাপার জন্য ওয়াটার লেভেল মিটারটি পানির লেভেল মাপার ছিদ্র (১০) দিয়ে নলকূপে প্রবেশ করানো হয়;
- কিছু ক্ষেত্রে ② চিত্র ৪-৪ অনুযায়ী, সাকশন পাইপে একটি ভাল্‌ভ স্থাপন করা প্রয়োজন।

বাংলাদেশে সাবমার্সিবল পাম্প স্থাপনের একটি আদর্শ কাঠামো চিত্র ৪.৩-এ দেখানো হয়েছে। বাস্তবে সারফেস মোটর পাম্পের মতোই সাবমার্সিবল পাম্পে প্রেসার মিটার ও ফ্লো মিটার অনেক ক্ষেত্রেই স্থাপন করা থাকে না বা অকেজো থাকে।

সাবমার্সিবল পাম্পের পরিচালনা ও ভূগর্ভস্থ পানির স্তর (Groundwater table) পর্যবেক্ষণের জন্য ভূগর্ভস্থ পানির লেভেল নিয়মিত পরিমাপ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। যদিও নলকূপে পানির স্তর সহজে মাপার ব্যবস্থা থাকে, তবুও পাম্প হাউস অপারেটর বা পানি সুপারভাইজাররা প্রায়শই এটি নিয়মিত পরিমাপ করতে অনীহা প্রকাশ করেন। এর ফলে, পানির স্তর সম্পর্কে ধারাবাহিক তথ্য পাওয়া যায় না।





চিত্র ৪.৩: নলকূপে সাবমার্সিবল মোটর পাম্প এর আদর্শ কাঠামো

৪.১.৩ পাম্পের কর্মক্ষমতা (পারফরম্যান্স) কার্ভ

প্রতিটি পাম্পের নিজস্ব একটি পারফরম্যান্স কার্ভ (Performance Curve) থাকে, যা পাম্পের নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভরশীল। এই কার্ভের মাধ্যমে পাম্প পরিচালনার জন্য পাম্পের প্রবাহের হার (Flow Rate), মোট হেড (Total Head), প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ (Input Power) এবং দক্ষতা (Efficiency)-এর পারস্পরিক সম্পর্ক বোঝানো হয়। নিম্নে এই প্রধান প্যারামিটারগুলির সংজ্ঞা দেওয়া হলো।

৪.১.৩.১ মৌলিক কারিগরি বিষয়সমূহ

➢ **প্রবাহের হার**

নির্দিষ্ট সময়ে পাম্প থেকে সরবরাহকৃত পানির পরিমাণকে প্রবাহের হার বলা হয়। এটি সাধারণত লিটার প্রতি সেকেন্ড (L/S), ঘনমিটার প্রতি ঘন্টা (m^3/h) বা গ্যালন প্রতি মিনিট (GPM) এককে প্রকাশ করা হয়। পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পাম্পের প্রবাহের হার নির্ধারিত হয় নলকূপের ধারণক্ষমতা এবং সেবা এলাকার পানির চাহিদা অনুযায়ী। একক প্রবাহের হার রূপান্তরের তালিকা টেবিল ৪.১-এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৪.১ একক প্রবাহের হার রূপান্তরের তালিকা টেবিল

	Flow rate unit conversion						
	MGD Million gallon per day	GPM Gallon per minite	LPS Litter per second	L/min	m3/min	m3/hr	m3/day
MGD	1	694.4	43.82	2629	2.629	157.7	3786
GPM	0.001440	1	0.06310	3.786	0.003786	0.2272	5.452
LPS	0.02282	15.85	1	60.00	0.06000	3.600	86.40
L/min	0.0003804	0.2641	0.01667	1	0.001	0.060	1.440
m3/hr	0.3804	264.1	16.67	1000	1	60.0	1440
m3/min	0.006340	4.402	0.2778	16.67	0.01667	1	24.00
m3/day	0.0002641	0.1834	0.011574	0.6944	0.0006944	0.04167	1
Ex	71GPM=(71x0.06310)4.48LPS=(71X0.2272)16.13m3/hr, 1200m3/day=(1200x0.0002641)0.3169MGD						

যখন এক ইউনিট থেকে অন্য ইউনিটে প্রবাহ হার রূপান্তর করতে হবে, টেবিল ৪.১-এ সেই ইউনিটের ১ এর মান নিন এবং নির্বাচিত ইউনিটে অনুভূমিকভাবে বাম বা ডানে সরান। উদাহরণস্বরূপ, যদি L/m কে m3/day তে রূপান্তর করা হয়, তাহলে L/min কলামে ১ নিন এবং m3/day কলামে ডানে সরান। তারপর ১ L/min হল ১.৪৪০ m3/day ইত্যাদি।

➢ **মোট হেড (Total Head)**

পাম্পের মোট হেড হলো সেই সর্বোচ্চ উচ্চতা, যে উচ্চতায় পাম্প পানিকে তুলতে পারে।এটি দুটি অংশের যোগফল দ্বারা নির্ধারিত হয়:

- প্রকৃত উচ্চতা (Actual Head)
- ঘর্ষণজনিত ক্ষতি বা পাইপের ফিটিংজনিত ক্ষতি (Head Loss)

সূত্র:

মোট হেড (Total Head) মিটার = প্রকৃত উচ্চতা (Actual Head) মিটার + ঘর্ষণজনিত ক্ষতি বাপাইপের ফিটিংজনিত ক্ষতি (Head Loss) মিটার

উদাহরণ স্বরূপ, যদি কোনো পাম্প ১০ মিটার পর্যন্ত পানি তুলতে পারে এবং ঘর্ষণজনিত ক্ষতি যদি ধরা না হয়, তবে পাম্পের মোট হেড হবে ১০ মিটার।

হেডকে চাপে (Pressure) রূপান্তর করা যায়। নিচের সূত্র মতে:
Pressure (Pa) = Head (m) × 9.81 m/s² × 1,000 kg/m³

অর্থাৎ,

১ মিটার হেড = ৯,৮১০ প্যাচকেল(Pa) = ০.০০৯৮১ মেগা প্যাচকেল (MPa)

১০ মিটার হেড = ৯৮,১০০ প্যাচকেল = ৯.৮১ কিলো প্যাচকেল = ০.০৯৮১ মেগা প্যাচকেল

ব্যবহারিক প্রয়োগে পাম্পে প্রেসার গেজ স্থাপন করে চাপ (প্রেসার) মাপা হয়।

বাংলাদেশে সাধারণত চাপ মাপা হয় psi, kgf/cm², বা bar এককে।

১ bar = ১০.১৯ মিটার পানির কলাম = ১৪.৫ psi = ১০০,০০০ Pa = ০.১ MPa

হেড ও চাপের একক রূপান্তর টেবিল ৪.২-এ দেখানো হয়েছে।

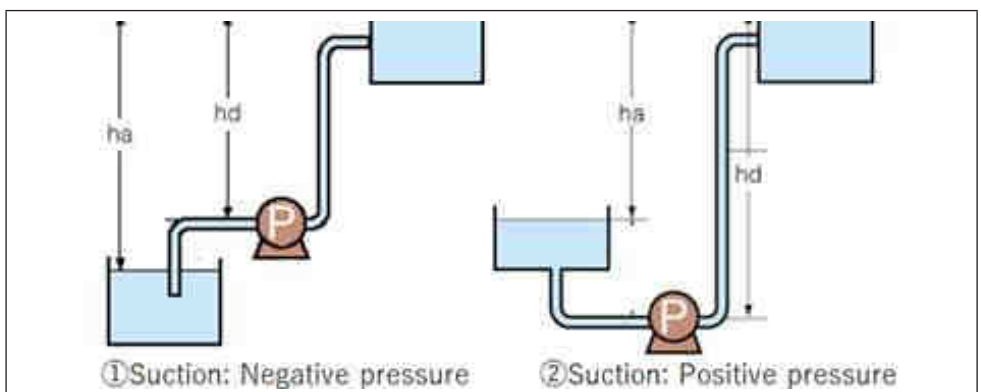
টেবিল ৪.২: হেড ও প্রেসার ইউনিটের রূপান্তর

	MPa Mega Pascal	KPa Kilo Pascal	bar	kgf/cm2	m	ft	mmHg	psi lbf/in2
MPa	1	1000	10.00	10.20	102.0	334.9	7501	145.04
KPa	0.001	1	0.010	0.01020	0.1020	0.3349	7.501	0.1450
bar	0.1000	100.0	1	1.020	10.20	33.49	750.1	14.50
kgf/cm2	0.09807	98.07	0.9807	1	10.00	32.84	735.6	14.22
m	0.009806	9.80636	0.09806	0.099997	1	3.284	73.55	1.422
ft	0.002986	2.98611	0.02986	0.03045	0.3045	1	22.40	0.4331
mmHg	0.0001333	0.133322	0.001333	0.001360	0.01360	0.04465	1	0.01934
psi	0.006895	6.895	0.06895	0.07031	0.7031	2.309	51.72	1
Ex	54m (54x0.09806)5.295bar (54X0.009806)0.5295MPa, 13psi (13x0.7031)9.130m							
Simplified memorization 1bar≒1kgf/cm²≒10m=100kPa=0.1MPa								

যখন হেড ও প্রেসারকে এক ইউনিট থেকে অন্য ইউনিটে রূপান্তর করতে হবে, টেবিল ৪.২-এ সেই ইউনিটের ১ এর মান নিন এবং নির্বাচিত ইউনিটে অনুভূমিকভাবে বাম বা ডানে সরান। উদাহরণস্বরূপ, যদি bar কে psi তে রূপান্তর করা হয়, তাহলে ba কলামে ১ নিন এবং psi কলামে ডানে সরান। তারপর ১ ba হল ১৪.৫ psi ইত্যাদি।

ক) প্রকৃত হেড (Actual Head, ha)

প্রকৃত হেড (ha) হল পাম্পের সাকশন সাইডে পানির স্তর এবং ডিসচার্জ পয়েন্টে পানির স্তরের মধ্যে খাড়া (ভার্টিকেল) দূরত্ব। চিত্র ৪.৪-এ দেখানো হয়েছে যে, পাম্পটি পানির উৎসের উপরে বা নীচে স্থাপনের উপর নির্ভর করে এটি ধনাত্মক (পজেটিভ) বা ঋণাত্মক (নেগেটিভ) হতে পারে।



চিত্র ৪.৪: প্রকৃত হেড (ha)

খ) হেড লস (Head Loss)

পাইপলাইনের ভেতর ঘর্ষণ বা বাঁক, ভাল্‌ভ, ফিটিং ইত্যাদির কারণে পানির চাপের হ্রাসকেই হেড লস বলা হয়। হেড লস হিসেব করতে বিভিন্ন সূত্র ব্যবহার করা হয় যেমন, Darcy-Weisbach Equation and Manning Equation. তবে পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় এটি সাধারণত Hazen-Williams Equation দ্বারা নির্ণয় করা হয়:

$$hf = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$$

যেখানে:

hf = হেড লস (মিটার)

D = পাইপের অভ্যন্তরীণ ব্যাস (মিটার)

Q = প্রবাহের হার (m^3/s)

L = পাইপের দৈর্ঘ্য (মিটার)

C = Hazen-Williams coefficient (যা পাইপের উপাদান ও অবস্থার উপর নির্ভরশীল)।

সোজা পাইপের ঘর্ষণজনিত হেড লস ছাড়াও ফিটিং, ভাল্‌ভ ও বাঁকের কারণে অতিরিক্ত হেড লস হয়ে থাকে, যা সমতুল্য পাইপ দৈর্ঘ্য (Equivalent Length) বা মাইনর লস কোফিসিয়েন্ট **দ্বারা** গণনা করা হয়। এটি সঠিক ডিজাইনের জন্য মোট হেড লসের সংগে যোগ করা হয়।

ফিটিং এবং ভালভের কারণে হেড লস নিম্নোক্ত ভাবে অনুমান করা যেতে পারে:

সমতুল্য দৈর্ঘ্য পদ্ধতি: প্রতিটি ফিটিং এর ঘর্ষণ লস এর সমতুল্য সোজা পাইপের দৈর্ঘ্য যোগ করে। উদাহরণস্বরূপ, একটি ৯০° এলবো এর জন্য ১ - ২ মিটার সোজা পাইপের সমতুল্য বিবেচনা করা যেতে পারে (ব্যাসের উপর নির্ভর করে)। এবং মাইনর লস সূত্র অনুযায়ী।

সূত্র:

$$hf = K (v^2 / 2g)$$

যেখানে:

hf = হেড লস (মিটার)

K = লস কোফিসিয়েন্ট (যেমন ভাল্‌ভ, মিটার বা ফিটিং প্রকারভেদে পরিবর্তিত হয়)

v = পানি প্রবাহের বেগ (m/s)

g = মহাকর্ষণ ত্বরণ (৯.৮১ m/s^2)

গ) ইনপুট পাওয়ার (Input Power)

এটি পাম্পের মোটরে সরবরাহকৃত বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাণ কে বোঝায়।
তিন ফেজ মোটরের ক্ষেত্রে ইনপুট পাওয়ার হিসাব করা হয় নিম্নোক্তভাবে:

$$Pi = \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos\theta$$

যেখানে:

Pi = ইনপুট পাওয়ার (ওয়াট)

E = লাইন ভোল্টেজ (V)

I = লাইন কারেন্ট (A)

cosθ = পাওয়ার ফ্যাক্টর (সাধারণত ০.৮)

এই সূত্রটি পাম্প পরিচালনার সময় বিদ্যুৎ খরচ এবং **দক্ষতা** অনুমান করতে সাহায্য করে।

ঘ) আউটপুট পাওয়ার (Output Power)

এটি পাম্প দ্বারা সরবরাহকৃত হাইড্রোলিক শক্তিকে বোঝায়। নিম্নলিখিত সূত্রে এটি নির্ণয় করা হয়।

$$Po=\rho \cdot g \cdot Q \cdot ht$$

যেখানে:

Po = আউটপুট পাওয়ার (ওয়াট)

ρ = পানির ঘনত্ব (১০০০ কেজি/ঘনমিটার)

g = মহাকর্ষণ ত্বরণ (৯.৮১ m/s^2)

Q = প্রবাহের হার (m^3/s)

ht = মোট হেড (মিটার)

ঙ) দক্ষতা (Efficiency)

পাম্পের দক্ষতা (η) হল আউটপুট পাওয়ার ও ইনপুট পাওয়ার-এর অনুপাত। এটা নিম্নোক্তভাবে নির্ণয় করা হয়:

$$\eta=Po/Pi$$

যেখানে:

η = দক্ষতা

Po = আউটপুট পাওয়ার (W)

Pi = ইনপুট পাওয়ার (W)

বাংলাদেশে, পাম্প এর বৈশিষ্ট্য নির্ধারনের জন্য, ডিপিএইচই এবং পৌরসভা প্রয়োজনীয় পানির পরিমাণ (Q),পাম্প দ্বারা ব্যবহৃত মোট হেড (H) এবং পাম্পের প্রয়োজনীয় অশ্বশক্তি (HP) সম্পর্কে খুব ভাল্‌ভাবে পরিচিত। HP নিম্নরূপে গণনা করা হয় (পরবর্তী পৃষ্ঠায় দেখুন):

পাম্পের হর্সপাওয়ার হিসেব করা

পানির হর্সপাওয়ার (WHP) হল পাম্পিংয়ের জন্য প্রয়োজনীয় তাত্ত্বিক (থিয়োরিটিক্যাল) শক্তি। এটিকে এভাবে প্রকাশ করা হয়:-

WHP = TDH (ft) x Q (gal/m) x Sp.Gr / 3960
যেখানে:
TDH= মোট গতিশীল হেড (ft)
Q = প্রবাহ (gal/min)
Sp.Gr= নির্দিষ্ট মাধ্যাকর্ষণ শক্তিতে পানির জন্য ১ ধরা হয়
উদাহরণস্বরূপ TDH = ২০ m = ৬৫.৬ ft,
Q = ১ m3/m = ২৬৪.১৭ US gal/m
WHP = (৬৫.৬ x ২৬৪.১৭ x ১)/ ৩৯৬০
= ৪.৩৮

অথবা, যদি আপনি SI (আন্তর্জাতিক একক ব্যবস্থা) একক প্রয়োগ করেন,

WHP = TDH (m) x Q (m3/min) x Sp.Gr /4.56
যেখানে:
TDH= মোট গতিশীল হেড (m)
Q = প্রবাহ (m3/min)
Sp.Gr= নির্দিষ্ট মাধ্যাকর্ষণ শক্তিতে পানির জন্য ১ ধরা হয়

উদাহরণ: TDH = ২০ মিটার, Q = ৬০ m3/h = ১ m^3/min
WHP = (২০ x ১ x ১)/ ৪.৫৬ = ৪.৩৮

পাম্প শ্যাফটে প্রয়োজনীয় শক্তি হল শ্যাফট হর্স পাওয়ার। এটিকে এভাবে প্রকাশ করা হয়

শ্যাফট হর্স পাওয়ার = WHP / η পাম্প

ব্রেক হর্স পাওয়ার (BHP) হল ইঞ্জিন বা বৈদ্যুতিক মোটর দ্বারা পাম্প চালানোর জন্য সরবরাহ করা প্রকৃত হর্সপাওয়ার।

মনোব্লক এবং অন্যান্য সরাসরি-চালিত পাম্পের ক্ষেত্রে, ব্রেক হর্সপাওয়ার শ্যাফট হর্স পাওয়ারের সমান, (ধরা যাক ড্রাইভ দক্ষতা ১০০ শতাংশ)। বেল্ট বা অন্যান্য পরোক্ষ ড্রাইভের ক্ষেত্রে,

BHP = WHP/ η পাম্প
= ৪.৩৮/০.৭০ (সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্পের জন্য ৭০% পাম্প দক্ষতা বিবেচনা করে)
= ৬.২৬ HP
মোটর ইনপুট হর্সপাওয়ার (ইনপুট HP)
= BHP/η মোটর
= ৬.২৬ / ০.৯০ (৯০% মোটর দক্ষতার সাধারণ মান বিবেচনা করে)
=৬.৯৬ HP
চূড়ান্ত মোটর আকার নির্বাচন
সাধারণত, নিকটতম স্ট্যান্ডার্ড এর মোটর আকার নির্বাচন করতে হবে যা একটি ৭.৫ HP এর মোটর হবে।

DPHE-তে, কখনও কখনও BoQ-তে উল্লিখিত সাবমার্সিবল পাম্পের সম্মিলিত দক্ষতা কমপক্ষে ৬৫% নির্ধারণ করা হয়। সেক্ষেত্রে, হিসেবটি নিম্নরূপ করা যেতে পারে:

ইনপুট HP = WHP/ η (মিলিত দক্ষতা)
= ৪.৩৮/০.৬৫
=৬.৭৪ HP

নিকটতম স্ট্যান্ডার্ড মোটর আকার ৭.৫ HP নির্বাচন করা যেতে পারে।

৪.১.৩.২ পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভ পরিমাপের পদ্ধতি

পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভের মাধ্যমে, পাম্পের পরিচালন দক্ষতা নির্ধারণ করা হয়। কার্ভের একটি উদাহরণ চিত্র ৪.৫ এ দেখানো হয়েছে, এবং কার্ভের প্রতিটি উপাদানের সংজ্ঞা নিম্নরূপ ভাবে ব্যাখ্যা করা হয়েছে। কার্ভটি কিভাবে ব্যাখ্যা করতে হয় এবং সঠিক ক্ষমতাসহ পাম্প কিভাবে নির্বাচন করা হয়, তার অনুশীলন পরবর্তী অংশে দেওয়া হয়েছে।

➢ **ইফিসিয়েন্সি কার্ভ (E–Q Curve, সবুজ রেখা - চিত্র ৪.৫)**

ইফিসিয়েন্সি কার্ভটি পাম্পের প্রবাহের হার (Flow Rate) ও দক্ষতার (Efficiency) মধ্যে সম্পর্ক দেখায়। ইফিসিয়েন্সি কার্ভটি সাধারণত y-অক্ষে দক্ষতা (Efficiency) এবং x-অক্ষে প্রবাহের হার (Flow Rate) দিয়ে প্লট করা হয়। একটি পাম্পের দক্ষতা, পাম্পের প্রবাহ হারের উপর নির্ভর করে এবং এটি (দক্ষতা) যখন সর্বোচ্চ মাত্রায় পৌঁছায় তখন এই মাত্রাকে সর্বোত্তম দক্ষতা পয়েন্ট (Best Efficiency Point - BEP) বলে। সর্বোচ্চ দক্ষতা সর্বোত্তম দক্ষতা পয়েন্টেই (BEP) ঘটে। বেশিরভাগ ক্ষেত্রে পাম্পের সর্বোচ্চ দক্ষতা ৮৫% এর নিচে থাকে এবং এর সাধারণ পরিচালনা সময়ে এর দক্ষতা সীমা ৬০-৮০% এর মধ্যে কাজ করে। যদি দক্ষতা ৬০% এর কম হয়, তাহলে এটি পাম্পের অবনতির ইঙ্গিত করতে পারে। এই ক্ষেত্রে, চিত্র ৪.৫ অনুযায়ী প্রস্তাবিত প্রবাহ হারের সীমা ৬০০-১,৩০০ m^3/day মধ্যে থাকবে যদি দক্ষতা ৬০% এর উপরে থাকে।

চিত্র ৪-৫-এ দেখা যায় যে, ১,০০০ m^3/day প্রবাহে পাম্পটি সর্বোত্তম দক্ষতা (BEP ঘটে) দিয়ে কাজ করে। এই পর্যায়ে তখন এর দক্ষতা ৭৬% (পয়েন্ট-এ)।

➢ **পাওয়ার কার্ভ ((P-Q Curve, লাল রেখা - চিত্র ৪.৫)**

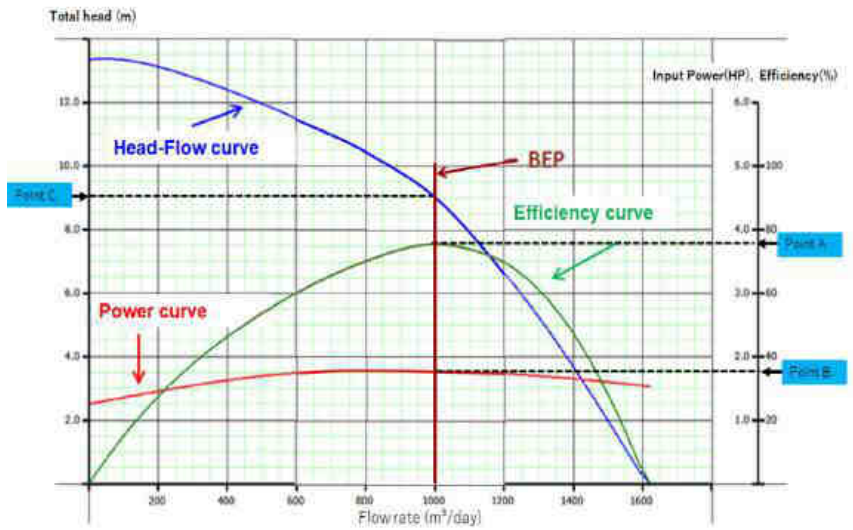
পাওয়ার কার্ভটি পাম্পের প্রবাহের হার (Flow Rate) ও ইনপুট পাওয়ার (Input Power) ব্যবহারের মধ্যে সম্পর্ক দেখায়। পাওয়ার কার্ভটি সাধারণত y-অক্ষে ইনপুট পাওয়ার (Input Power) এবং x-অক্ষে প্রবাহের হার (Flow Rate) দিয়ে প্লট করা হয়। চিত্র ৪-৫-এ দেখা যায় যে, পাম্পটি BEP এর অবস্থানে ১.৮ HP = ১.৩৫ kw (পয়েন্ট-বি) শক্তি ব্যবহার করে।

➢ **হেড-ফ্লো কার্ভ (H-Q curve, নীল রেখা - চিত্র ৪.৫)**

হেড-ফ্লো কার্ভটি (H-Q curve) পাম্পের প্রবাহের হার (Flow Rate) ও হেড (Pump Head) এর মধ্যে সম্পর্ক দেখায়। হেড-ফ্লো কার্ভটি সাধারণত y-অক্ষে হেড (Pump Head) এবং x-অক্ষে প্রবাহের হার (Flow Rate) দিয়ে প্লট করা হয়।

এই কার্ভটিতে দেখা যায় যে, প্রবাহ হার বৃদ্ধির সাথে সাথে পানির ঘর্ষণ এবং টার্বুলেন্স এর কারনে পাম্পের হেড কমে যায়। পাম্প চালনার ক্ষেত্রে, দক্ষতা এবং শক্তির কার্ভ ছাড়া এটি পাম্পের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ কার্ভ। পাম্পের পরিচালন অবস্থা এই কার্ভের দ্বারা হেড ও প্রবাহ হারের তুলনা করা হয়। যদি পাম্পটি খারাপ হতে থাকে, তাহলে হেড এবং প্রবাহের হার এই কার্ভের চেয়ে কম হবে। যখন প্রবাহ হার কমে যায়, তখন পাম্পের পরিচালনার সময় বৃদ্ধি পায়, যার অর্থ বিদ্যুৎ খরচ বৃদ্ধি পায়।

চিত্র ৪.৫-এর উদাহরণে দেখা যায় যে, পাম্পটি সর্বোত্তম দক্ষতা (BEP) অবস্থানে এর প্রবাহ ১,০০০ m^3/day এবং হেড ৯.০ মিটার (পয়েন্ট-সি)। সাধারণভাবে BEP প্রবাহের ৭০-১২০% সীমার মধ্যে পাম্প চালানো সুপারিশ করা হয়। ফলে, এই ক্ষেত্রে প্রস্তাবিত প্রবাহের পরিসর হবে ৭০০ - ১,২০০ m^3/day (১০০০ × ৭০% = ৭০০ ও ১০০০ × ১২০%=১২০০)



BEP: Best Efficiency Point

চিত্র ৪.৫: পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভের উদাহরণ

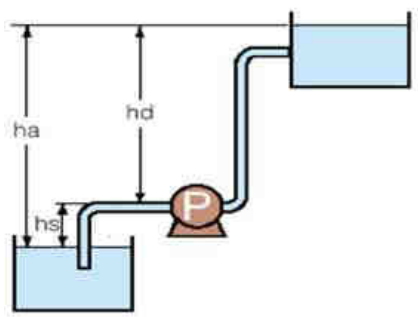
৪.১.৪ পাম্পের বিশেষ ঘটনাবলী (PUMP SPECIFIC PHENOMENON)

৪.১.৪.১ ক্যাভিটেশন

ক্যাভিটেশন হলো এমন একটি প্রক্রিয়া, যেখানে পাম্পের অভ্যন্তরে চাপ হঠাৎ কমে গিয়ে তা পানির বাষ্পিয়চাপের (vapor pressure) নিচে নেমে আসে এবং এর ফলে ক্ষুদ্র বাষ্প-বুদবুদ সৃষ্টি হয়। এই বুদবুদগুলি পরবর্তীতে পাম্পের ভেতরে দ্রুত শকওয়েভ, কম্পন ও টান লাগা সৃষ্টি করে, যা ইমপেলার ও পাম্প কেসিংয়ের ক্ষতি ঘটায়। যখন ক্যাভিটেশন সৃষ্টি হয় তখন পাম্পে অস্বাভাবিক শব্দ (যেমন ধাতব ঘর্ষণ ধ্বনি) তৈরি হয় এবং ইমপেলারের ক্ষতি সাধন করে। সাধারণত, সাকশন হেড ৫-৬ মিটার বা তার বেশি হলে ক্যাভিটেশন ঘটার ঝুঁকি থাকে (চিত্র ৪.৬ এ সাকশন পানির লেভেল ও পাম্পের উচ্চতার পার্থক্য *hs*)।

নদীর ইনটেক হতে পানি উত্তোলনের ক্ষেত্রে ক্যাভিটেশন হলে ইমপেলার ঘর্ষণজনিত তাপে চিত্র ৪.৭ এর মতন ক্ষতিগ্রস্থ হতে পারে।

ক্যাভিটেশন পরিহার করার জন্য সাকশন হেড (hs) সর্বোচ্চ ৫ মিটারের মধ্যে রাখতে হবে। এছাড়া, পাম্প স্থাপনের অবস্থান নিচে নামাতে হবে, যাতে সাকশন হেড কমানো যায়।



চিত্র ৪.৬: নেগেটিভ প্রেসারে সাকশন পাইপ



চিত্র ৪.৭: ক্ষতিগ্রস্থ ইমপেলার

৪.১.৪.২ ওয়াটার হ্যামার

ওয়াটার হ্যামার বা পানিঘাত হলো এমন একটি চাপ তরঙ্গ (Pressure Surge), যা তখন সৃষ্টি হয় যখন চলমান পানি হঠাৎ থেমে যায় বা প্রবাহের বেগ পরিবর্তিত হয়। যখন কোনো পাম্প হঠাৎ বন্ধ হয়ে যায়, তখন প্রবাহমান পানির জড়তার (Inertia) কারণে পাইপের ভেতরে নেতিবাচক চাপ (Negative Pressure) সৃষ্টি হয়। এই অবস্থায় পাইপের ভেতরের পানি কিছু অংশে বাষ্পে পরিণত হয়ে আলাদা হয়ে যায়, এবং পরে পানির ব্লকগুলি প্রচন্ড শক্তিতে পরস্পরের সঙ্গে ধাক্কা খায়। এর ফলেই ওয়াটার হ্যামার প্রভাব দেখা দেয় এবং তা পাইপ ও সংযোগস্থলকে (Joint) ক্ষতিগ্রস্থ করতে পারে।

চিত্র ৪.৮ এ তিন ধরনের পানির সংযোগ দেখানো হয়েছে, যথা:-

① মসৃণভাবে উপরে ওঠা পাইপলাইন (Smoothly rising pipe);

② পাম্প আউটলেটের সঙ্গেই উর্ধ্বমুখী পাইপলাইন (Pipes rising immediately after pump outlet):

③ উচ্চ চূড়া অতিক্রম করে নিম্নমুখী পাইপলাইন (Pipe reaching the head peak above the target head then decrease)

① নং পানির সংযোগের ক্ষেত্রে, পাইপের আউটলেট উপরের দিকে মুখ করে থাকে। এতে পানির জড়তা (Inertia) মাধ্যাকর্ষণ বলের বিপরীতমুখী হওয়ায় ওয়াটার হ্যামার হওয়ার সম্ভাবনা খুবই কম।

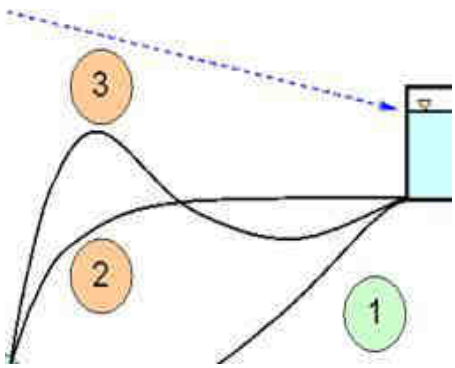
② নং পানির সংযোগের ক্ষেত্রে, এখানে পাইপের কিছু অংশ অনুভূমিক (horizontally installed) ভাবে থাকে। ফলে ওয়াটার হ্যামার হওয়ার সম্ভাবনা ① অপেক্ষা বেশি।

③ নং পানির সংযোগের ক্ষেত্রে, পাইপ চূড়া অতিক্রম করে নিচের দিকে নামে। এখানে মাধ্যাকর্ষণ ও পানির প্রবাহ একই দিকে কাজ করে, ফলে ওয়াটার হ্যামার হওয়ার সম্ভাবনা সবচেয়ে বেশি।

ফলে ওয়াটার হ্যামার ঝুঁকি সাধারণত ক্রম অনুযায়ী ③ > ② > ①। চিত্র ৪.৯-এ পাইপে ওয়াটার হ্যামারের কারণে সৃষ্ট ক্ষতির উদাহরণ দেখানো হয়েছে।

প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা:

- ওয়াটার হ্যামার প্রতিরোধ করতে পাইপের সংযোগ সম্ভব হলে প্রকার ① হিসেবে ডিজাইন করতে হবে।
- যদি প্রকার ③ অপরিহার্য হয়, তবে নিম্নলিখিত প্রতিরোধ ব্যবস্থা নেওয়া প্রয়োজন:-
  - পাম্প বন্ধ করার আগে ডেলিভারি ভাল্‌ভ ধীরে ধীরে বন্ধ করতে হবে;
  - পাম্প বন্ধ করার প্রক্রিয়াটি ধীর গতিতে সম্পন্ন করতে হবে;
  - পাইপের চূড়ার (Head Peak) কাছাকাছি এয়ার ভাল্‌ভ (Air Valve) স্থাপন করতে হবে;
  - প্রয়োজনে পাম্পে ফ্লাইহুইল (Flywheel) ব্যবহার করে জড়তা নিয়ন্ত্রণ করতে হবে।



চিত্র ৪.৮ ওয়াটার হ্যামার ঘটনার পাইপের ধরণ



চিত্র ৪.৯ ওয়াটার হ্যামারের নেতিবাচক চাপের কারনে ক্ষতিগ্রস্থ নমনীয় জয়েন্ট

৪.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৪.২.১ পরিচালনা সম্পর্কিত দিক

পাম্প পরিচালনার সময় নিম্নলিখিত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়গুলি অবশ্যই অনুসরণ করতে হবে:-

ক) শুষ্কভাবে পাম্প চালানো (Dry Running) একেবারেই এড়িয়ে চলতে হবে। অর্থাৎ, পানিশূন্য অবস্থায় পাম্প চালানো যাবে না;

খ) সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প (Centrifugal Pump) চালু করার আগে অবশ্যই প্রাইমিং সম্পন্ন করতে হবে (সাকশন লাইনে পানি ভর্তি করতে হবে);

গ) পাম্প চালু করার আগে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পরীক্ষা করতে হবে:-

- তিন ফেজ বিদ্যুৎ সংযোগ আছে কি না নিশ্চিত করতে হবে;
- ভোল্টেজের মান ৩৭০ ভোল্ট থেকে ৪৩০ ভোল্ট-এর মধ্যে থাকতে হবে;
- ফেজ-টু-ফেজ ভোল্টেজ পার্থক্য ± ১০ ভোল্ট-এর বেশি হওয়া চলবে না;
- ভোল্টেজ নির্ধারিত পরিমানের ± ১০%-এর মধ্যে থাকতে হবে, এবং কারেন্ট (Current) নির্ধারিত পরিমাপের মানের নিচে থাকতে হবে;

ঘ) পাম্পকে অবশ্যই তার হেড-ডিসচার্জ বৈশিষ্ট্যের (Head–Discharge Characteristics) সুপারিশকৃত সীমার মধ্যে পরিচালনা করতে হবে;

ঙ) পাম্প চলাকালীন সময় মোটর সেটের ভোল্টেজ নির্ধারিত মানের ±১০% এর মধ্যে থাকতে হবে, এবং কারেন্ট অবশ্যই নির্ধারিত কারেন্টের নিচে থাকতে হবে;

চ) পানি সরবরাহ প্রকল্পে ব্যবহৃত পাম্পগুলির নির্দিষ্ট গতি (Specific Speed) সাধারণত কম বা মধ্যম মাত্রার হয়। তাই, পাম্পকে প্রথমবার চালু করার সময় ডেলিভারি ভাল্‌ভ বন্ধ রেখে চালু করতে হবে, এবং পাম্প পূর্ণ গতিতে পৌঁছানোর পরে ভাল্‌ভটি ধীরে ধীরে খুলতে হবে;

ছ) পাম্প বন্ধ করার সময় ডেলিভারি ভাল্‌ভ ধীরে ধীরে বন্ধ করতে হবে, তারপর মোটর বন্ধ করতে হবে;

জ) যদি অস্বাভাবিক কম্পন বা শব্দ লক্ষ্য করা যায়, তবে সঙ্গে সঙ্গে পাম্প বন্ধ করতে হবে;

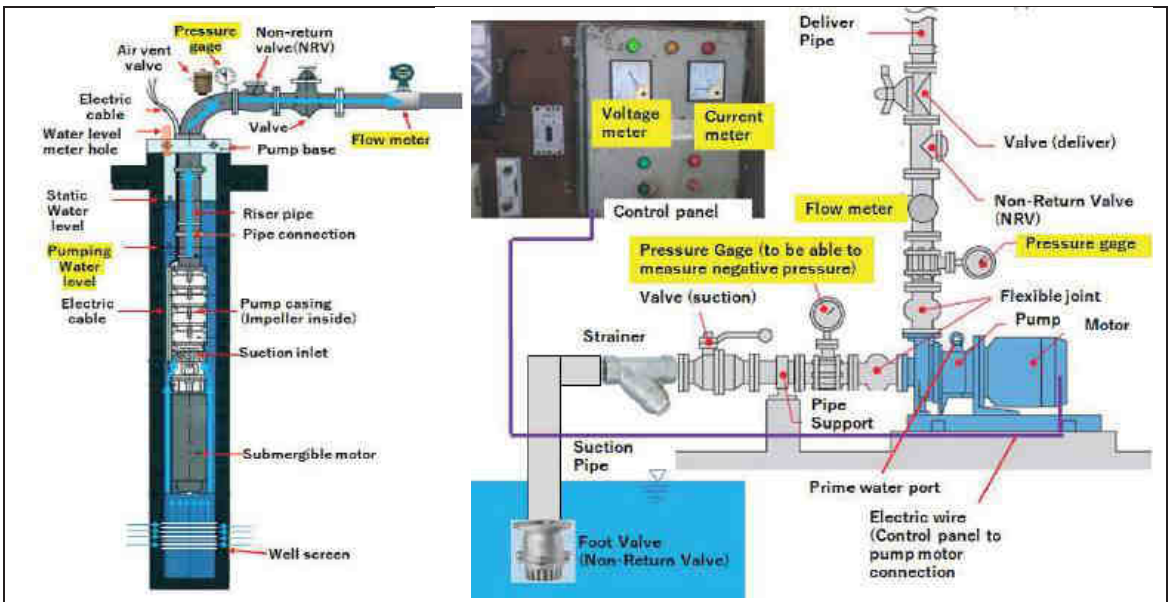
ঝ) সিস্টেমে যদি হঠাৎ চাপের (Pressure) বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে, সঙ্গে সঙ্গে পাম্প বন্ধ করতে হবে;

ঞ) মোটরের কারেন্টে (Current) হঠাৎ পরিবর্তন (বৃদ্ধি বা হ্রাস) দেখা দিলে পাম্প তৎক্ষণাৎ বন্ধ করতে হবে।

৪.২.২ পাম্পের ত্রুটি নির্ণয় (Diagnosis)

পাম্পের ত্রুটি নির্ণয় মূলত: এর পরিচালনা দক্ষতা (Operational Efficiency) যাচাইয়ের মাধ্যমে সম্পন্ন করা হয়। এর পাশাপাশি ভোল্টেজ ও কারেন্ট পর্যবেক্ষণ করে পাম্পের অবস্থা ভালো বা খারাপ তা নির্ধারণ করা হয়। পাম্পের ত্রুটি নির্ণয়ের জন্য প্রয়োজনীয় তথ্য পাম্প সিস্টেমে স্থাপিত গেজ ও মিটার থেকে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র ৪.১০ দেখুন)।

এছাড়া কম্পন, গন্ধ, ও শব্দ (যা টেবিল ৪.৫-এ তালিকাভুক্ত) পর্যবেক্ষণ করে পাম্পের অস্বাভাবিকতা চিহ্নিত করা হয়।



চিত্র ৪.১০: যে সকল যন্ত্রসমূহ (হলুদ রং) হতে প্রয়োজনীয় তথ্য সংগ্রহ করা হয়

(১) প্রবাহের হার ও চাপ (Flow Rate & Pressure) সাকশন ও ডেলিভারি দিকে

১) ঝুঁকি (Risk):

যদি পরিমাপকৃত প্রবাহের হার ও চাপ অস্বাভাবিক হয়, তবে এটি পাম্পের ক্ষতির ইঙ্গিত দিয়ে থাকে, এবং এ অবস্থায় পাম্প অব্যাহতভাবে চালালে বিদ্যুৎ এর অপচয় (Energy Waste) হবে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- ফ্লো মিটারে প্রবাহের হার
- প্রেসার গেজে চাপ এর পরিমাণ
  - সারফেস পাম্পের ক্ষেত্রে: সাকশন ও ডেলিভারি উভয় দিকে
  - সাবমার্সিবল পাম্পের ক্ষেত্রে: কেবল ডেলিভারির দিকে
- নলকূপের জন্য পানির তল পরিমাপ যন্ত্র (Water Level Meter) দ্বারা পরিমাপকৃত পানির স্তর
- পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভ (সঠিক মডেল অনুযায়ী)

পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভ পেতে পাম্পের সঠিক মডেল প্রয়োজন।

রেফারেন্স:

*আন্তর্জাতিক মান অনুযায়ী পাম্প টেস্টের প্রক্রিয়ার জন্য ISO 9906:2012 দেখা যেতে পারে,

For “Rotodynamic Pumps- Hydraulic performance acceptance tests-Grade 1,2 and 3”, “Performance test of Centrifugal Pump (Experiment no. 5)” and “P study and Performance test of a Submersible Pump(Experiment no. 6) the following link can be accessed.

media-file-148-gxatHZXhdTnWXp2PjCICJBlU2cwHADOb6NqawlpK.pdf

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Point):

পাম্পের বর্তমান কার্যকারিতা নিরীক্ষা করার জন্য পাম্পের বর্তমান প্রবাহের হার ও বর্তমান মোট হেডের পরিমাণ পারফরম্যান্স কার্ভে আঁকতে হবে

ক) প্রবাহের হার নির্ধারণ:

ফ্লো মিটারের রিডিং অনুযায়ী নির্ধারণ করতে হবে।

খ) মোট হেড নির্ধারণ:

আগে বর্ণিত ৪.১.৩.১ অংশ অনুযায়ী মোট হেড উচ্চতার একক (মিটার) ও চাপের একক (MPa) উভয়েই রূপান্তর করা যায়।

- সারফেস পাম্পের ক্ষেত্রে: সাকশন ও ডেলিভারি সাইডে চাপের যোগফলই মোট হেড।
- সাবমার্সিবল পাম্পের ক্ষেত্রে: ডেলিভারি সাইডে চাপের সঙ্গে পাম্পিং ওয়াটার লেভেল (প্রায় ভূমিস্তর থেকে) যোগ করে মোট হেড নির্ণয় করা হয়।

একক রূপান্তরের ক্ষেত্রে সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে (এই অধ্যায়ের শেষে অনুশীলন-২ দেখুন)।

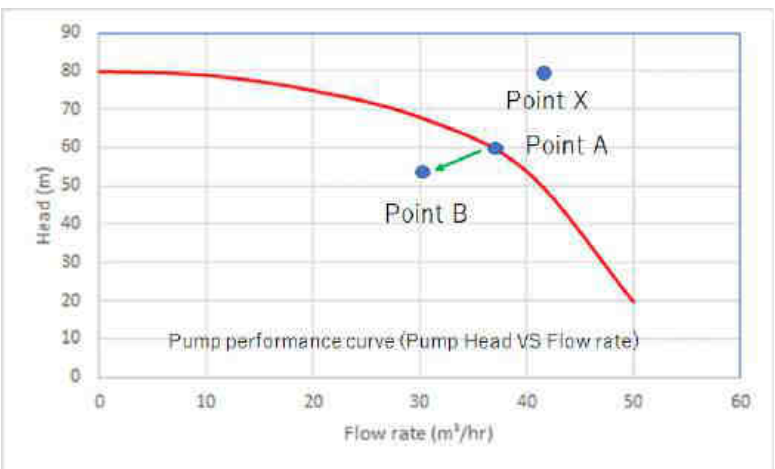
গ) পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভে পয়েন্ট নির্ধারণ:

নির্ধারিত প্রবাহ ও মোট হেড অনুযায়ী পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভে পয়েন্ট (Plot Point) চিহ্নিত করতে হবে।

যদি এই পয়েন্ট মূল H–Q কার্ভের নিচে নেমে যায়, তবে তা পাম্পের দক্ষতা হ্রাস বা ক্ষয়ের ইঙ্গিত দেয়। সামান্য পার্থক্য থাকলে পাম্প চালানো যেতে পারে, তবে গুরুতর পতন ঘটলে পাম্প পরিবর্তনের কথা বিবেচনা করতে হবে, কারণ এতে পাম্প চালনার সময় দীর্ঘ হয় ও বিদ্যুৎ খরচ বেড়ে যায়। গুরুতর খারাপ অবস্থায় পাম্প নির্ধারিত হেডে পানি তুলতে সক্ষম হবে না। ফলে, প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে পাম্পের অবস্থা নিরুপন করে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures):

প্রবাহ হার ও মোট হেড অনুযায়ী পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভে ভিন্ন ভিন্ন পয়েন্টের উপর ভিত্তি করে পাম্পের বিভিন্ন অবস্থা ও করণীয় পদক্ষেপ চিত্র ৪.১১ ও টেবিল ৪.৩-এ প্রদর্শিত হয়েছে।



চিত্র ৪.১১: পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভে বিভিন্ন পরিচালনা পয়েন্টের উদাহরণ

টেবিল ৪.৩ পারফরম্যান্স কার্ভ অনুযায়ী ত্রুটি নির্ণয়ের ফলাফল

উদাহরণ	অবস্থা	প্রয়োজনীয় পদক্ষেপ
প্রবাহ হার অনুযায়ী হেড ডিজাইন কার্ভের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ (পয়েন্ট-এ)	পাম্পের অবস্থা সম্পূর্ণ নতুন পাম্পের মত	কোন পদক্ষেপ প্রয়োজন নেই
প্রবাহ হার অনুযায়ী হেড ডিজাইন কার্ভের নিচে আছে (পয়েন্ট-বি)	পাম্পের প্রবাহ হার ৩৭ m^3/hr থেকে ৩০ m^3/hr এবং হেড ৬০মিটার থেকে ৫৩মিটারে কমেছে	বর্তমান পরিস্থিতিতে বিদ্যুৎ খরচ এবং পানি সরবরাহের হিসাব করা প্রয়োজন। এটি যদি পানি পরিষেবা প্রদানকারীর জন্য গ্রহণযোগ্য সীমার বাইরে থাকে, সেক্ষেতে ফলাফলের উপর নির্ভর করে, পাম্প প্রতিস্থাপন করা প্রয়োজন
প্রবাহ হার অনুযায়ী হেড ডিজাইন কার্ভের উপরে আছে (পয়েন্ট-এক্স)	তাত্ত্বিক ভাবে এটা অসম্ভব। প্রবাহ হার ও হেড পরিমাপে বা হিসাবে ভুল থাকতে পারে	তথ্য ও হিসেব পদ্ধতি যাচাই করতে হবে

(২) বৈদ্যুতিক কারেন্ট ও ভোল্টেজ

১) ঝুঁকি (Risk):

যদি পরিমাপকৃত কারেন্ট ও ভোল্টেজ নির্ধারিত সীমার বাইরে থাকে, তবে পাম্পে সম্ভবত ত্রুটি আছে এবং এই অবস্থায় পাম্প চালিয়ে গেলে বিদ্যুতের অপচয় হবে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- কারেন্ট মিটারে পরিমাপকৃত বৈদ্যুতিক প্রবাহ (Current)
- ভোল্ট মিটারে পরিমাপকৃত ভোল্টেজ (Voltage)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

পাম্পের বৈদ্যুতিক কারেন্ট ও ভোল্টেজ চেক করার জন্য পূর্বের পরিচালনা তথ্য ও নিয়ম অনুযায়ী নিম্নোক্ত বিষয়গুলি পরীক্ষা করা প্রয়োজন।

ক) বৈদ্যুতিক কারেন্ট নিশ্চিত করা

যদি পরিমাপকৃত কারেন্টের পরিমাণ স্বাভাবিক বা রেটেড কারেন্টের পরিমাণের থেকে অনেক বেশি বা কম হয়, তবে ইমপেলার, শ্যাফ্ট বা অযাচিত পদার্থের উপস্থিতি-জনিত সমস্যা থাকতে পারে।

তিনটি ফেজে কারেন্টের পরিমাণ প্রায় সমান থাকা উচিত। যদি কোনো ফেজে বড় পার্থক্য থাকে, তবে মোটরের ওয়্যারিং সিস্টেমে সমস্যা থাকতে পারে, যেমন সংযোগ ছিন্ন, ঢিলা কানেকশন, রিলেতে ত্রুটি, মোটরের তার ছেঁড়া ইত্যাদি।

খ) বৈদ্যুতিক ভোল্টেজ নিশ্চিত করা

মোটরের ভোল্টেজ অবশ্যই রেটেড পরিমাণের ±১০% সীমার মধ্যে থাকতে হবে। অবশ্য, এটা নির্ভর করে বিদ্যুৎ সরবরাহের উপর। তিন ফেজের মধ্যে ভোল্টেজের ভারসাম্য (Voltage Balance) বজায় থাকতে হবে।

গ) স্টার-টু-ডেল্টা অপারেশন যাচাই

পাম্প চালুর সময় কন্ট্রোল প্যানেলের ম্যাগনেটিক রিলে পরিবর্তন করে নিশ্চিত করতে হবে যে পাম্প স্টার (Star) মোড থেকে ডেল্টা (Delta) মোডে সঠিকভাবে স্যুইচ করেছে।

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures):

বৈদ্যুতিক কারেন্ট ও ভোল্টেজের অবস্থা অনুযায়ী প্রয়োজনীয় পদক্ষেপের সারসংক্ষেপ টেবিল ৪.৪-এ উপস্থাপন করা হয়েছে।

টেবিল ৪.৪ পারফরম্যান্স কার্ভ অনুযায়ী কারেন্ট ও ভোল্টেজ এর ত্রুটি নির্ণয়ের ফলাফল

উদাহরণ	অবস্থা	প্রয়োজনীয় পদক্ষেপ
মোটর কারেন্ট স্বাভাবিকের তুলনায় বেশি	- মোটর ওভার লোডিং অবস্থায় আছে; - ইমপেলারে অযাচিক পদার্থ আটকে আছে; - পাম্পের শ্যাফ্ট ক্ষতিগ্রস্থ হয়েছে;	- পাম্প খুলে পরিষ্কার করা; - শ্যাফ্ট এক্সিস ঠিক করা।
মোটর কারেন্ট স্বাভাবিকের তুলনায় কম	- পাইপলাইনে ময়লা জমেছে; - ইমপেলার ক্ষয় হয়েছে;	- পাম্প খুলে পরিষ্কার করা; - ইমপেলার পরিবর্তন করা।
এক বা একাধিক ফেজে কারেন্ট কম বা বেশি	- তারের সংযোগে ত্রুটি; - সংযোগ ঢিলা থাকা; - রিলের সংগে সংযোগ ভালো নয়; - মোটরের ভিতরে সংযোগ বিচ্ছিন্ন;	- ওয়্যারিং পুনরায় ঠিক করা; - রিলে পরিবর্তন করা; - মোটর পরিবর্তন করা।
ভোল্টেজ কম বা বেশি	- বিদ্যুৎ কোম্পানী বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, তারা এখন নিয়ন্ত্রনের বাইরে;	- ভোল্টেজ এর তারতম্য যদি ১০% এর বেশী হয়, সেক্ষেত্রে অপারেটরকে পাম্প বন্ধ করতে হবে।
ফেজের মধ্যে ভোল্টেজ এর তারতম্য	একটি ফেজে অন্য ফেজ হতে কারেন্ট বেশী আছে;	পাওয়ার বন্ধ করা।

৪.৩ স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৪.৫ হলো পাম্পগুলির সমস্যা সমাধানের একটি তালিকা। সাইটে সনাক্ত হওয়া ঘটনা অনুসারে, কারণগুলি চিহ্নিত করা হবে এবং যথাযথ ব্যবস্থা নেওয়া হবে। পাম্পের O&M কর্মকান্ডের জন্য, স্থাপনার অস্বাভাবিকতা বা এর ত্রুটি খুঁজে বের করার জন্য পাম্পের প্রবাহ হার, চাপ, বৈদ্যুতিক কারেন্ট এবং বৈদ্যুতিক ভোল্টেজ পরীক্ষা করা গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। নীচে পাম্পের আরও বিস্তারিত ত্রুটি নির্ণয়ের বিষয়ে বর্ণনা করা হয়েছে। কম্পন, অদ্ভুত গন্ধ এবং অস্বাভাবিক শব্দ–এমন সহজ ত্রুটি নির্ণয় পদ্ধতিগুলিই কেবল টেবিলে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।

টেবিল ৪.৫: পাম্পগুলির সমস্যা সমাধান

লক্ষণ[৩] (Phenomenon)[১]			কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
প্রবাহ হার		বেশী	-পাইপে লিকেজ	বিদ্যুৎ এবং পানির অপচয়ের কারণে চলমান ব্যয় বৃদ্ধি হবে	লিকেজ মেরামত করা
		কম	-পাইপ বন্ধ হওয়া; -ইমপেলার ক্ষয়ে যাওয়া; -পাম্পে বাতাস ঢুকে যাওয়া।	-পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধির কারনে পাম্পের ক্ষতি হওয়া; -বিদ্যুৎ অপচয়ের কারনে বিদ্যুৎ ব্যয় বৃদ্ধি পাওয়া।	-বন্ধ পাইপ পরিষ্কার করা[২] -ইমপেলার পরিবর্তন করা; -পাম্পে বাতাস প্রবেশ বন্ধ করা[২]।
প্রেসার	সাকশন সাইডে	বেশী	পানির লেভেল বেশী	কোন ঝুঁকি নেই	কোন ব্যবস্থা নিতে হবে না
		কম	-সাকশন পাইপ বা ফুটভাল্‌ভ বন্ধ হওয়া; -পানির লেভেল কমে যাওয়া	-ক্যাভিটেশন হতে পারে; -ইমপেলারের ক্ষতি হতে পারে।	-সাকশন পাইপ বা ফুটভাল্‌ভ এর বন্ধ মেরামত করা[২]; -পাম্প নিচে নামাতে হবে।
	ডেলিভারি সাইডে	বেশী	-ডেলিভারি বন্ধ হওয়া;	-পানির তাপ বৃদ্ধির কারনে পাম্পের ক্ষতি হওয়া;	-বন্ধ পাইপ পরিষ্কার করা[২]
		কম	-ইমপেলার ক্ষয়ে যাওয়া; -পাম্পে বাতাস ঢুকে যাওয়া	-বিদ্যুৎ অপচয়ের কারনে বিদ্যুৎ ব্যয় বৃদ্ধি পাওয়া।	-ইমপেলার পরিবর্তন করা; -পাম্পে বাতাস ঢুকা বন্ধ করা[৩]।
বৈদ্যুতিক কারেন্ট		বেশী	-ইমপেলার বন্ধ হওয়া; -পাম্পে শ্যাফ্‌ট ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া।	-ওভারলোডিং এর কারনে ইমপেলার, স্যাফ্‌ট ও মোটর ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া।	-অবাঞ্চিত পদার্থ পরিষ্কার করা -স্যাফ্‌ট পরিবর্তন করা;
		কম	-পাইপলাইন বন্ধ হওয়া; -ইমপেলার ক্ষয়ে যাওয়া;	-পানির তাপ বৃদ্ধির কারনে পাম্পের ক্ষতি হওয়া; -বিদ্যুৎ এর অপচয় হওয়া।	-বন্ধ পাইপ পরিষ্কার করা[২] -ইমপেলার পরিবর্তন করা;
বৈদ্যুতিক ভোল্টেজ		বেশী	-এটা বিদ্যুৎ সরবরাহ কর্তৃপক্ষের কারনে হয়।	বেশীর কারনে তাপ বৃদ্ধি পায় ও মোটর ক্ষতিগ্রস্থ হয়।	কারেন্ট বেশী ±১০% এর বেশী-কম হলে পাম্প বন্ধ করা।
		কম		কমের কারনে বেশী কারেন্ট আসে ও মোটর জ্বলে যায়।	
কম্পন			-পাম্প এবং মোটর এর এক্সিস ভুলভাবে সংযুক্ত হওয়া; -পাম্প শ্যাফ্‌ট ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া।	-ইমপেলার ও মোটর ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা।	-এক্সিস মেরামত করা; -শ্যাফ্‌ট পরিবর্তন করা।
অদ্ভুত গন্ধ			-মোটর জ্বলে যাওয়া	-মোটর ক্ষতির সম্ভাবনা।	-পাম্প বন্ধ করা।
অস্বাভাবিক শব্দ			-পাম্পে অযাচিত পদার্থ আসা; -ক্যাভিটেশন হওয়া।	-ইমপেলার ক্ষতির সম্ভাবনা।	-পাম্পের অযাচিত পদার্থ পরিষ্কার করা; -পাম্প নিচে নামাতে হবে।
পাম্প হতে লিকেজ			-রাবার সীল ক্ষতি হওয়া।	-বিদ্যুৎ ও পানির অপচয়ের কারনে পরিচালনা ব্যয় বৃদ্ধির সম্ভাবনা।	-রাবার সীল বদলাতে হবে।
বালি উঠা			-নলকূপের ফিল্টার ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া।	-পাম্পের ইমপেলার ক্ষয় হওয়ার সম্ভাবনা পাম্পের ইমপেলার গরম হওয়ার সম্ভাবনা	-নলকূপের পূনর্বাসন কাজ করা।
মন্তব্য			১) **কম বা বেশী:** দৈনিক পরিচালনা রেকর্ড এর পরিমাপকৃত মাপ যা নির্ধারিত বা স্বাভাবিক মাপের সাথে তুলনা করা হয়-কম বা বেশী হিসেবে ২) সম্ভাব্য বন্ধ হওয়ার জায়গাগুলি হলো- ফুটভাল্‌ভ, ফিল্টার, এলবো, ভাল্‌ভ, নন-রিটার্ণ ভাল্‌ভ, ওয়াটার মিটার। ৩) পাম্পের সাকশন সাইড হতে বাতাস মিশ্রিত হয়।		

৪.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৪.৬ পাম্পের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং ফ্রিকোয়েন্সি দেখায়। এছাড়া, পরিশিষ্ট-২ এ পাম্প পরিদর্শনের দৈনিক, সাপ্তাহিক, মাসিক ও বার্ষিক লগবুকের উদাহরণ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৪.৬ পাম্পের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম	দৈনিক	মাসিক	বার্ষিক	মানদন্ড
১) প্রবাহের হার	○	○ দৈনিক তথ্যের গড়	○ মাসিক তথ্যের গড়	পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভের সাথে কোনও উল্লেখযোগ্য পার্থক্য থাকা উচিত নয়।
২) প্রেসার (চাপ)				
৩) ইনটেকে পানির লেভেল				ভূগর্ভস্থ পানির কোনও ব্যাপক পরিবর্তন হবে না।
৪) কারেন্ট				বৈদ্যুতিক কারেন্টের পরিমাণ মোটরের নির্ধারিত বৈদ্যুতিক কারেন্টের মানের চেয়ে কম বা সমান হবে। ফেজ কারেন্টও প্রায় একই হওয়া উচিত।
৫) ভোল্টেজ				ভোল্টেজ ৩৮০V±১০% এর মধ্যে থাকবে এবং ফেজগুলির মধ্যে কোনও ভোল্টেজ ভারসাম্যহীনতা থাকবে না।
৬) শব্দ	○ শুনে নিশ্চিত করা			পাম্প চলার শব্দ ক্রমাগত একই রকম ও মসৃণ হওয়া উচিত। কোনও অস্বাভাবিক শব্দ থাকবে না।
৭) কম্পন	○ শুনে ও দেখে নিশ্চিত করা			দৈনন্দিন পাম্প চলার যে কম্পন তাতে কোনও উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন হবে না।
৮) লিকেজ	○ দেখে নিশ্চিত করা			যান্ত্রিক সিলের ক্ষেত্রে, পানির লিকেজ খুব কম বা একেবারেই থাকা উচিত নয়।
৯) এক্সিয়াল স্যাফ্ট সমান রেখায় স্থাপন করা				কাপলিং রাবারের কোনও ক্ষয় হবে না।
১০) ইনসুলেশন	-	○ মেগা টেষ্টারের মাধ্যমে নিশ্চিত করা		আদর্শ মানের মধ্যে থাকবে।
১১) যন্ত্রপাতির সঠিকতা[১]	-	○		কোনও বিচ্যুতি বা ক্ষতি থাকবে না।
১০) কন্ট্রোল প্যানেল	-	○		কোনও পোড়া দাগ থাকবে না।
মন্তব্য	পরিমাপ যন্ত্রের নির্ভুলতা পরীক্ষা করার পদ্ধতি নিম্নরূপ: ① চাপ পরিমাপক: অন্য একটি চাপ পরিমাপক প্রতিস্থাপন করুন এবং এর মান তুলনা করুন (একটি নতুন চাপ পরিমাপক প্রতিস্থাপন করার সুপারিশ করা হয়) ② ফ্লো মিটার: ওভারহেড ট্যাঙ্কের প্রবাহের আয়তন পরিমাপ করুন এবং এটি পূর্ণ করতে সময় ও পানির ফ্লো হার গণনার মাধ্যমে এর মান তুলনা করুন (সময় X ফ্লো হার)। ③ ভোল্টেজ এবং কারেন্ট: বৈদ্যুতিক মাল্টি-টেস্টার দ্বারা পরিমাপ করুন এবং এর মান তুলনা করুন।			

৪.৫ অনুশীলন

অনুশীলন-১ পাম্প নির্বাচন করা

প্রশ্ন-১: কিভাবে পাম্প নির্বাচন করতে হবে?

ধাপ ১: প্রয়োজনীয় প্রবাহ হার নির্ধারণ (Required Flow Rate)

প্রতিদিন কত পরিমাণ পানি প্রয়োজন এবং পাম্প কত সময় ধরে চলবে তার ভিত্তিতে এটি নির্ধারণ করা হয়।
উদাহরণ: যদি পানির চাহিদা = ১০০ ঘ:মি:/দিন হয় এবং পাম্প ১০ ঘণ্টা চলে,
তাহলে প্রবাহ হার = ১০০ ÷ ১০ = ১০ ঘ:মি:/ঘণ্টা

ধাপ ২: মোট হেড (Total Head) গণনা

মোট হেড = প্রকৃত হেড (Actual Head) + হেড লস
প্রকৃত হেড:
পানির উৎস এবং গন্তব্যস্থলের পানির স্তরের মধ্যে উল্লম্ব উচ্চতার পার্থক্য (পরবর্তী পৃষ্ঠার চিত্রে [H+PWL])।
হেড লস: এটি Hazen–Williams সূত্র ব্যবহার করে গণনা করা হয়:

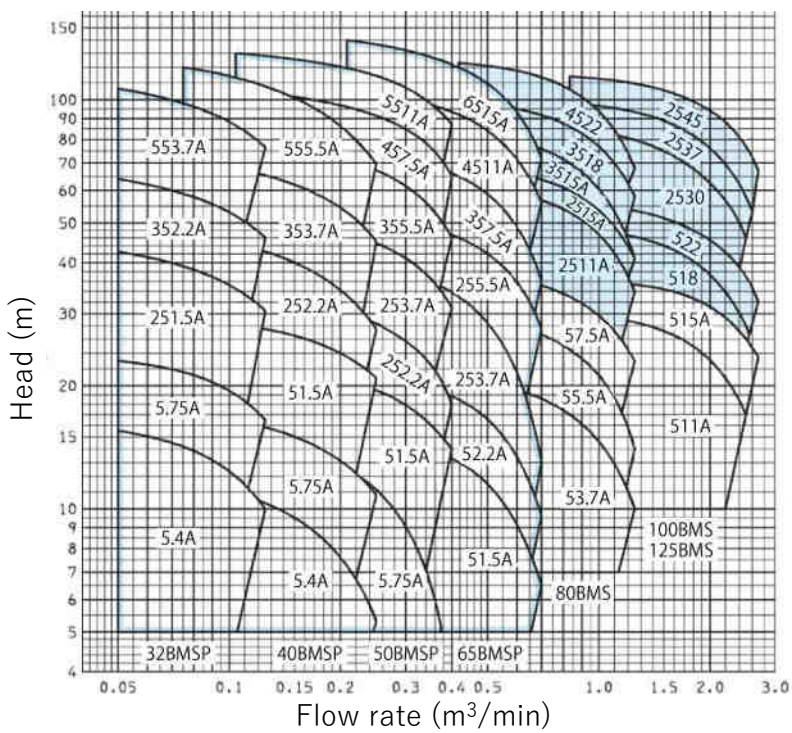
$$hf = 0.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$$

যেখানে:

L = পাইপের দৈর্ঘ্য (মিটার) (নিচের চিত্রে H+L+R)
Q = প্রবাহ হার (ঘ:মি:/সেকেন্ড)
D = পাইপের ব্যাস (মিটার)
C = Hazen–Williams Coefficient (সাধারণত স্টিল পাইপের জন্য ১২০)

ধাপ ৩: পারফরম্যান্স কার্ভ (Performance Curve)

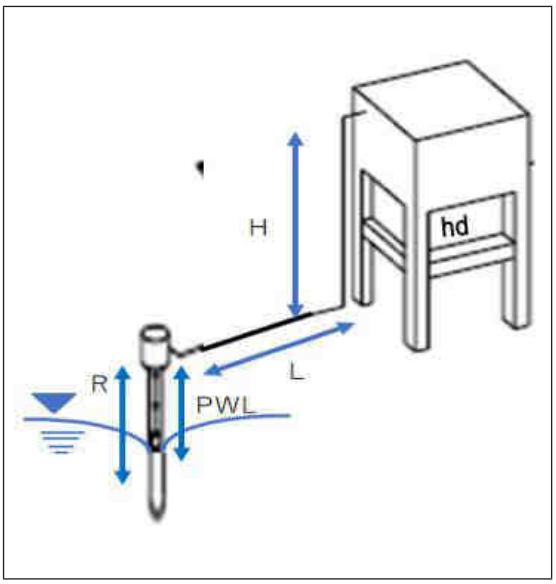
পাম্পের সক্ষমতা মূল্যায়ন করা হয় পারফরম্যান্স কার্ভ এর ভিত্তিতে। তাই পারফরম্যান্স কার্ভ বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় বিভিন্ন প্যারামিটার নির্ধারণ করতে হয়। এর মধ্যে বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ হলো প্রবাহ হার (Flow Rate) এবং মোট হেড (Total Head) এর পারস্পরিক সম্পর্ক। পারফরম্যান্স কার্ভের একটি উদাহরণ চিত্র ৪-১৪ এ দেখানো হয়েছে।

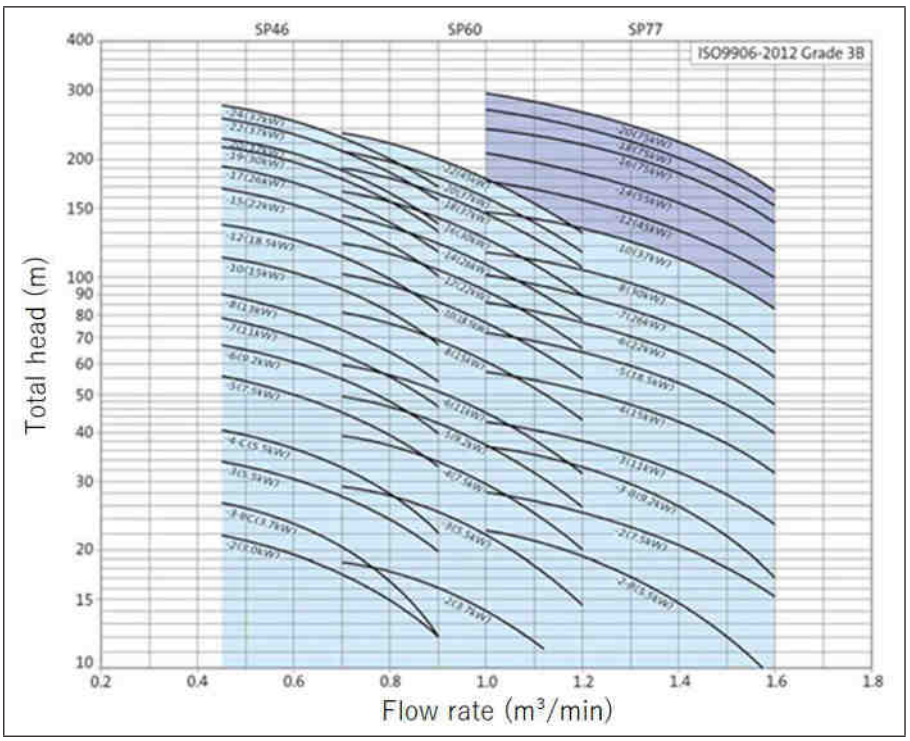


চিত্র ৪-১৪ পারফরম্যান্স কার্ভের একটি উদাহরণ

প্রশ্ন-২: নিম্নলিখিত শর্ত অনুযায়ী একটি পাম্পের ক্ষমতা নির্বাচন করুন

১. ভূমি স্তর থেকে উঁচু ট্যাংকের পাইপ প্রবেশমুখ পর্যন্ত উচ্চতা (H) = ২৫ মিটার
২. ভূমি স্তর থেকে ডাইনামিক (পাম্পিং) ওয়াটার লেভেল (PWL) = ১৮ মিটার
৩. রাইজার পাইপের দৈর্ঘ্য (R) = ২৮ মিটার
৪. ভূমির উপর পাইপের দৈর্ঘ্য (L) = ৫০ মিটার
৫. প্রয়োজনীয় পাম্পিং হার (Q) = ৪০ ঘ:মি:/ঘণ্টা
৬. কূপের উপরের অংশ এবং ট্যাংকের নিচের অংশের লেভেল পার্থক্য (hd) = ৫ মিটার
৭. পাইপের ধরন = স্টিল গ্যাস পাইপ (SGP)
৮. Hazen-Williams Coefficient C = ১২০
৯. পাইপের ভিতরে পানির বেগ (v) = ১.৫ মিটার/সেকেন্ড
১০. পাম্প নির্বাচনের জন্য ব্যবহৃত পারফরম্যান্স কার্ভ পরবর্তী চিত্রে দেখানো হয়েছে।





পাম্প নির্বাচন করার জন্য কী কী তথ্য প্রয়োজন?

সঠিকভাবে পাম্প নির্বাচন করার জন্য নিম্নলিখিত তথ্য প্রয়োজনঃ

১. প্রবাহ হার (Flow Rate, Q): এটি নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে প্রয়োজনীয় পানির পরিমাণ। সাধারণত এটি ঘ:মি:/ঘন্টা অথবা লিটার/সেকেন্ড এককে প্রকাশ করা হয়।
২. মোট হেড (Total Head, H_t): এতে পানিকে যত উচ্চতায় তুলতে হবে এবং পাইপলাইনে ঘর্ষণের কারণে যে ক্ষতি হয় তা অন্তর্ভুক্ত থাকে। সূত্র: Total Head = Actual Head + Head Loss
৩. পাইপের ব্যাস (Pipe Diameter, D): প্রবাহের গতি এবং হেড লস নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়।
৪. প্রবাহ হার এবং সুপারিশকৃত বেগের ভিত্তিতে পাইপের ব্যাস নির্ধারণ করা হয়।

৫. পাইপের দৈর্ঘ্য ও বিন্যাস (Pipe Length and Layout): পাইপলাইনের মোট দৈর্ঘ্য (উল্লম্ব ও অনুভূমিক) ঘর্ষণজনিত ক্ষতিকে প্রভাবিত করে।
৬. পাইপের উপাদান (Pipe Material): এটি ঘর্ষণ সহগ বা C-value কে প্রভাবিত করে। উদাহরণস্বরূপ, স্টিল পাইপের জন্য সাধারণত C = ১২০ ধরা হয়।
৭. পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভ (Pump Performance Curve): এটি গণনা করা প্রবাহ হার ও মোট হেডের সাথে সামঞ্জস্য রেখে উপযুক্ত পাম্প মডেল নির্বাচন করতে ব্যবহৃত হয়। সাধারণত পাম্পকে তার সর্বোচ্চ দক্ষতার বিন্দু (Best Efficiency Point – BEP) এর কাছাকাছি নির্বাচন করা উত্তম।

প্রশ্ন-২-১: প্রদত্ত শর্ত ব্যবহার করে পাম্পের ক্ষমতা নির্বাচন

প্রদত্ত শর্তাবলী

- প্রয়োজনীয় প্রবাহ হার (Q) = ৪০ ঘ:মি:/ঘন্ট = ৪০/৬০ ঘ:মি:/মিনিট = ০.৬৬৭ ঘ:মি:/মিনিট = ০.৬৬৭/৬০ ঘ:মি:/সেকেন্ড = ০.০১১১ ঘ:মি:/সেকেন্ড
- ভূমি থেকে PWL = ১৮ মিটার
- রাইজার পাইপের দৈর্ঘ্য = ২৮ মিটার
- ভূমির উপর পাইপের দৈর্ঘ্য (L) = ৫০ মিটার
- ভূমি থেকে ট্যাংকের উচ্চতা (H) = ২৫ মিটার
- ভূমি স্তরের পার্থক্য (hd) = ৫ মিটার
- পাইপের উপাদান = স্টিল গ্যাস পাইপ (C = ১২০)
- পাইপের মধ্যে পানির বেগ (V) = ১.৫ মিটার/সেকেন্ড

ধাপে ধাপে গণনা করা

ধাপ ১: পাইপের ব্যাস (D) নির্ণয়

আমরা জানি,

$Q = A \times V$

যেখানে Q = প্রবাহ হার (ঘ:মি:/সেকেন্ড), A = পাইপের ক্ষেত্রফল (বর্গ মিটার), V = পাইপের ভিতরে পানির বেগ (মিটার/সেকেন্ড)

তাহলে $A = Q / V = ০.০১১১/১.৫ = ০.০০৭৪১$ বর্গ মিটার

আবার $A = (\pi \times D^2)/4$, যেখানে D = পাইপের ব্যাস (মিটার)

তাহলে $D = \sqrt{(4A / \pi)} = \sqrt{(4 \times 0.00741 / 3.14)} \approx 0.097$ m

অতএব ব্যবহারযোগ্য পাইপের ব্যাস ≈ ১০০ mm (০.১ m) অর্থাৎ ৪ ইঞ্চি পাইপ।

ধাপ ২: প্রকৃত হেড নির্ণয় (Actual Head, ha)

আমরা জানি, Total Head = Actual Head (ha) + Head Loss (hf)

এখানে Actual head (ha) = H + PWL + hd

= ২৫ + ১৮ + ৫

= ৪৮ মিটার

ধাপ ৩: হেড লস (Head Loss, hf) গণনা

পাইপে পানির প্রবাহের ফলে ঘর্ষণের কারণে যে শক্তি ক্ষয় হয় তাকে হেড লস বলা হয়।

এটি Hazen–Williams সূত্র ব্যবহার করে নির্ণয় করা হয়।

$hf = 10.666 \times (L \times Q^{1.85}) / (C^{1.85} \times D^{4.87})$;

যেখানে

L = মোট পাইপ দৈর্ঘ্য (মিটার), Q = প্রবাহ হার (ঘ:মি:/সেকেন্ড), C = Hazen–Williams সহগ

D = পাইপের ব্যাস (মিটার)

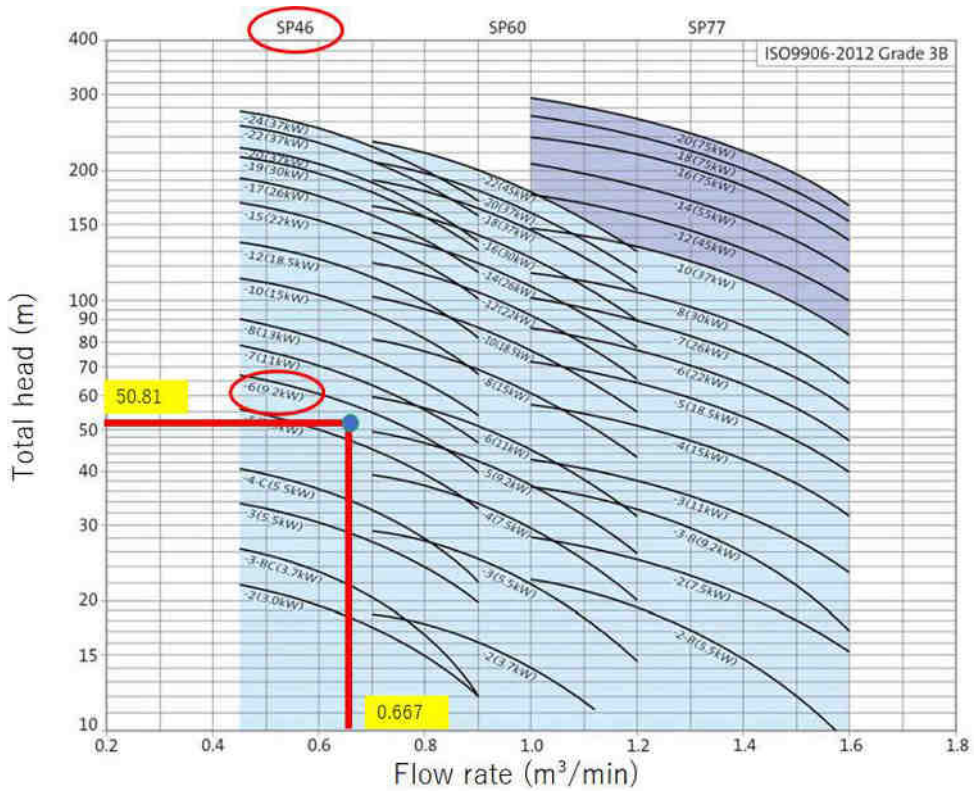
মোট পাইপ দৈর্ঘ্য: L = R + L + H = ২৮ + ৫০ + ২৫ = ১০৩ মিটার
প্রদত্ত মানগুলিঃ Q = ০.০১১১ ঘ:মি:/সেকেন্ড, D = ০.১ মিটার, C = ১২০ সুতরাং: hf ≈ ২.৮১ মিটার
[hf = 10.666 x (103 x 0.0111$^{1.85}$) / (120$^{1.85}$ x 0.1$^{4.87}$) = 0.265880/0.0947295 = 2.806728 m
hf ≈ 2.81 m]

ধাপ ৪: মোট হেড (Total Head, ht)
Total Head (ht) = ha + hf = ৪৮ + ২.৮১ = ৫০.৮১ মিটার

পাম্প নির্বাচন

পাম্প পারফরম্যান্স চার্ট অনুযায়ীঃ
Flow Rate = ০.৬৬৭ ঘ:মি:/মিনিট
Total Head = ৫০.৮১ মিটার
এই অবস্থার জন্য উপযুক্ত পাম্প মডেল হলো: SP৪৬-৬ যার ক্ষমতা প্রায় ৯.২ kW।

চূড়ান্ত সারসংক্ষেপ

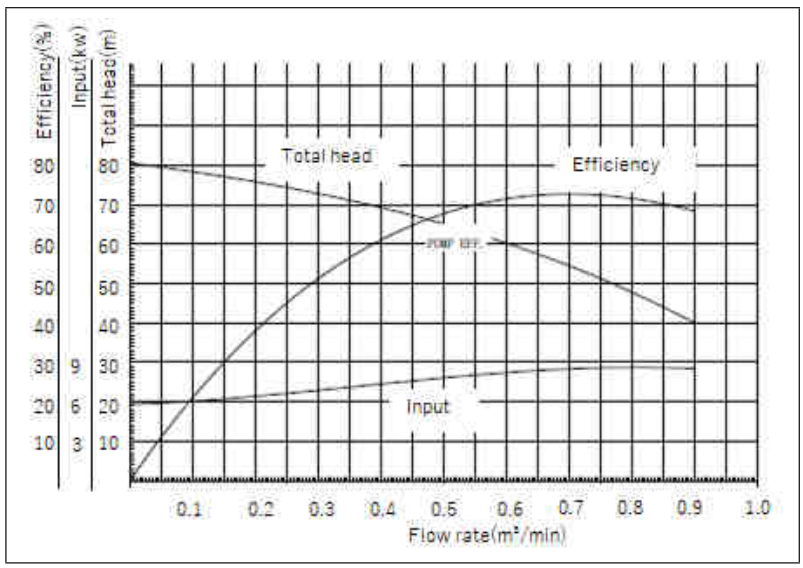


প্যারামিটার	মান
প্রবাহ হার (Q)	৪০ ঘ:মি:/ঘন্টা (০.৬৬৭ ঘ:মি:/মিনিট)
মোট হেড (H_t)	৫০.৮১ মিটার
পাইপ ব্যাস (D)	১০০ মিলিমিটার
নির্বাচিত পাম্প	SP৪৬-৬ (৯.২ kW)

অনুশীলন-২: পাম্পের কার্যক্ষমতা ও বিদ্যুৎ ব্যয় নিশ্চিতকরণ

অনুশীলন-১ এ বর্ণিত একই অবস্থায় পাম্প ও পাইপলাইন স্থাপন করা হয়েছে। অপারেশন ফলাফল নিচে দেওয়া হলো। পাম্পের কার্যক্ষমতা পরীক্ষা করুন এবং মাসিক ও বার্ষিক বিদ্যুৎ ব্যয় গণনা করুন।

① ফ্লোমিটার দ্বারা প্রবাহ হার: ১ ঘ:মি: পানি প্রবাহিত হয়েছে ১ মিনিট ২৪ সেকেন্ডে
② প্রেসার গেজ দ্বারা চাপ নির্ণয়: ০.২৯৫ MPa
③ ডাইনামিক পানি লেভেল (PWL): GL-১৯ মিটার
④ রাইজার পাইপের দৈর্ঘ্য ২৮ মিটার, ব্যাস ১০০ মিমি = ০.১ মিটার
⑤ Hazen-Williams সহগ C = ১২০
⑥ বৈদ্যুতিক প্রবাহ: ১৬ A, ভোল্টেজ: ৩৮০ V
⑦ দৈনিক গড় পানির ব্যবহার Qa = ৫২০ ঘ:মি:/দিন
⑧ বিদ্যুতের একক মূল্য: ৯.৭১ টাকা/kWh
⑨ প্রদত্ত পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভ নিম্নরূপ।



ধাপে ধাপে বিশ্লেষণ করা

ধাপ ১: পরিমাপকৃত প্রবাহ হার নির্ণয়

দেওয়া আছে,
ফ্লোমিটার অনুযায়ী প্রবাহ হারে Q = ১ ঘ:মি: পানি প্রবাহিত হয়েছে ১ মিনিট ২৪ সেকেন্ডে
অর্থাৎ, Q = ১ ঘ:মি:/ ৮৪ সেকেন্ড = ০.০১১৯ ঘ:মি:/সেকেন্ড = ০.৭১৪ ঘ:মি:/মিনিট = ৪২.৮৬ ঘ:মি:/ঘন্টা

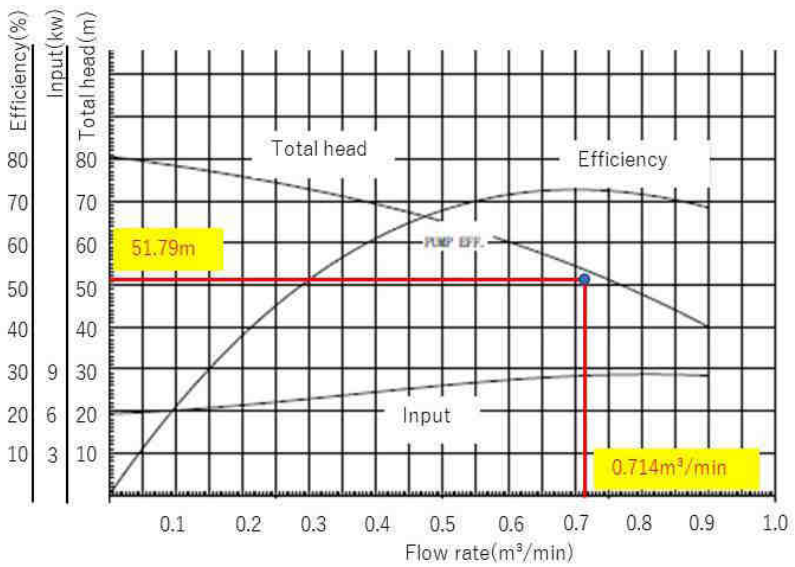
ধাপ ২: মোট হেড নির্ণয়

আমরা জানি যে মোট হেড = প্রকৃত হেড + হেড লস
এখন, প্রকৃত হেড = প্রেসার গেজ থেকে প্রাপ্ত প্রেসার হেড + পাম্পিং পানি লেভেল
প্রেসারকে পানির উচ্চতায় (water column) রূপান্তর করে প্রেসার হেড নির্ণয় করা যায়।
প্রদত্ত চাপ = ০.২৯৫ MPa
[মনে রাখতে হবে: চাপ (Pressure) হলো একক ক্ষেত্রফলে প্রয়োগকৃত বল। ১ Pascal = ১ Newton প্রতি বর্গমিটার। অথবা SI unit এ আমরা বলতে পারি ১কেজি/মিটার/সেকেন্ড^2]
= ০.২৯৫ × ১০^৬ Pascal
= ২৯৫০০০ kg/(m•sec^2)

আমরা জানি, প্রেসার $p = \rho \times h \times g$
যেখানে, ρ = পানির ঘনত্ব = ১০০০ kg/m³ , h = পানির উচ্চতা (মিটার), g = অভিকর্ষজ ত্বরণ = ৯.৮১ m/sec²
অতএব,
$h = p / (\rho \times g) = ২৯৫০০০ / (১০০০ \times ৯.৮১) = ৩০.০৮$ মিটার
অতএব প্রেসার গেজ থেকে প্রাপ্ত প্রেসার হেড ≈ ৩০.০৮ মিটার
এখন,
প্রকৃত হেড = প্রেসার হেড + পাম্পিং পানি লেভেল
সাকশন লিফট (PWL) = ১৯ মিটার
সুতরাং,
প্রকৃত হেড = ৩০.০৮ + ১৯ = ৪৯.০৮ মিটার

ধাপ ৩: হেড লস নির্ণয়
হেড লস Hazen-Williams সূত্র দ্বারা নির্ণয় করা যায়।
$hf = ১০.৬৬৬ \times (L \times Q^{1.85}) / (C^{1.85} \times D^{4.87})$
এখানে, L = R + L + H
যেখানে, R = রাইজার পাইপের দৈর্ঘ্য, L = ভূমির উপর পাইপের দৈর্ঘ্য, H = মাটির স্তর থেকে উঁচু ট্যাংকের পাইপ পর্যন্ত উচ্চতা। অতএব L = (২৮ + ৫০ + ২৫) = ১০৩ মিটার
Q = ০.০১১৯ ঘ:মি:/সেকেন্ড, D = ০.১ মিটার, C = ১২০ (অনুশীলন-১ থেকে)
hf ≈ ২.৭১ মিটার
অতএব, মোট হেড = প্রকৃত হেড + হেড লস = ৪৯.০৮ + ২.৭১ = ৫১.৭৯ মিটার

ধাপ ৪: পারফরম্যান্স কার্ভ হতে পাম্পের অপারেটিং পয়েন্ট নির্ধারণ
উপরের প্রবাহ হার (০.৭১৪ ঘ:মি:/মিনিট) এবং মোট হেড (৫১.৭৯ মিটার) পারফরম্যান্স কার্ভে অঙ্কন করা হয়েছে। যদি পাম্প ভালো অবস্থায় থাকে তবে অপারেটিং পয়েন্ট কার্ভের উপর থাকবে।
এই ক্ষেত্রে পাম্পের কার্যক্ষমতা কার্ভের নিচে অবস্থান করছে। তবে প্রবাহ হার বিবেচনা করলে উল্লেখযোগ্য অবনতি হয়নি। কারণ বর্তমান প্রবাহ হার ০.৭১৪ ঘ:মি:/মিনিট, আর BEP-এ ছিল ০.৭০০ ঘ:মি:/মিনিট (মাত্র ২% পার্থক্য)।



ধাপ ৫: Water Horsepower (WHP) নির্ণয়
$WHP = (১০০০ \times ৯.৮১ \times ০.০১১৯ \times ৫১.৭৯) / ১০০০ \approx ৬.০৩$ kW

ধাপ ৬: বৈদ্যুতিক ইনপুট শক্তি

$Pi = \sqrt{৩} \times E \times I \times \cos\theta$

যেখানে, E = ভোল্টেজ, I = কারেন্ট, $\cos\theta$ = পাওয়ার ফ্যাক্টর (সাধারণত ০.৮)। অতএব

$Pi = \sqrt{৩} \times ৩৮০ \times ১৬ \times ০.৮ \approx ৮.৪২$ kW

ধাপ ৭: পাম্প দক্ষতা (Efficiency)

Efficiency = WHP / Input Power

= ৬.০৩ / ৮.৪২ ≈ ৭১.৬%

ধাপ ৮: দৈনিক অপারেশন সময়

সময় = ৫২০ / ৪২.৮৬ ≈ ১২.১৩ ঘন্টা/দিন

ধাপ ৯: দৈনিক বিদ্যুৎ ব্যবহার

Energy = ৮.৪২ × ১২.১৩ ≈ ১০২.১ kWh/দিন

ধাপ ১০: বিদ্যুৎ ব্যয়

মাসিক ব্যয় = ১০২.১ × ৩০ × ৯.৭১ ≈ ২৯,৭৪৮ টাকা

বার্ষিক ব্যয় = ১০২.১ × ৩৬৫ × ৯.৭১ ≈ ৩৬২,৫৮০ টাকা

সারসংক্ষেপ টেবিল (Summary Table)

বিষয়	মান
পরিমাপকৃত প্রবাহ হার	৪২.৮৬ ঘ:মি:/ঘন্টা
মোট হেড	৫১.৭৯ মিটার
Water Horsepower (WHP)	৬.০৩ kW
ইনপুট পাওয়ার	৮.৪২ kW
পাম্প দক্ষতা	৭১.৬%
দৈনিক বিদ্যুৎ ব্যবহার	১০২.১ kWh
মাসিক ব্যয়	২৯,৭৪৮ টাকা
বার্ষিক ব্যয়	৩৬২,৫৮০ টাকা

অনুশীলন-৩: ৫ বছর পর পাম্পের কার্যক্ষমতা ও বিদ্যুৎ ব্যয়ের নিশ্চিতকরণ

অনুশীলন-২ এর শর্তে সিস্টেমটি ৫ বছর পরিচালিত হয়েছে। বর্তমান অপারেটিং অবস্থা নিচে দেওয়া হলো। পাম্পের অবস্থা যাচাই করুন এবং মাসিক ও বার্ষিক অপারেশন ব্যয় নির্ণয় করুন।

① ফ্লোমিটার দ্বারা প্রবাহ হার: ১ ঘ:মি: পানি প্রবাহিত হয়েছে ১ মিনিট ৪৫ সেকেন্ডে

② প্রেসার গেজ দ্বারা চাপ নির্ণয়: ০.২৮৫ MPa

③ ডাইনামিক পানি লেভেল (PWL): GL-২২ মিটার

④ রাইজার পাইপের দৈর্ঘ্য ২৮ মিটার, ব্যাস ১০০ মিমি = ০.১ মিটার

⑤ বৈদ্যুতিক প্রবাহ: ১৭ A, ভোল্টেজ: ৩৮০ V

⑥ প্রদত্ত পাম্প পারফরম্যান্স কার্ভ অনুশীলন-১ অনুযায়ী

⑦ দৈনিক গড় পানির ব্যবহার Qa = ৫৪০ ঘ:মি:/দিন

⑧ বিদ্যুতের একক মূল্য: ৯.৭১ টাকা/kWh

ধাপে ধাপে বিশ্লেষণ করা

ধাপ ১: প্রবাহ হার নির্ণয়

১ ঘ:মি: পানি ১০৫ সেকেন্ডে প্রবাহিত হয়।

Q = ১ / ১০৫ = ০.০০৯৫২ ঘ:মি:/সেকেন্ড = ০.৫৭১ ঘ:মি:/মিনিট = ৩৪.২৯ ঘ:মি:/ঘন্টা

ধাপ ২: প্রকৃত হেড নির্ণয়

মোট উচ্চতা হলো সাক্শন লিফ্ট ও প্রেশার হেড এর যোগফল

চাপ = ০.২৮৫ MPa = ২৮৫০০০ Pa

Pressure Head = ২৮৫০০০ / (১০০০ × ৯.৮১) = ২৯.০৬ মিটার

PWL = ২২ মিটার

Actual Head = ২৯.০৬ + ২২ = ৫১.০৬ মিটার

ধাপ ৩: হেড লস নির্ণয় (hf)

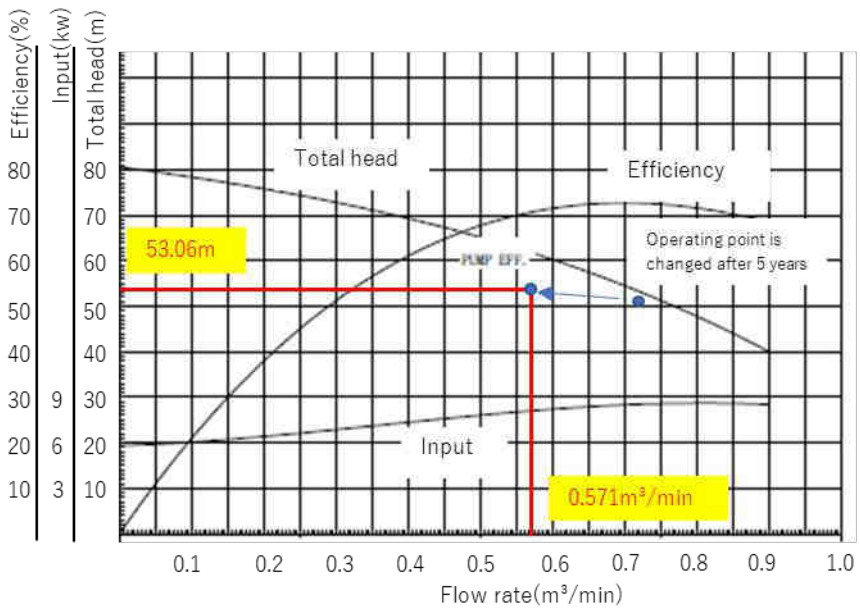
হেড লস হলো পাইপের মধ্য দিয়ে পানি চলাচলে সৃষ্ট ঘর্ষণ জনিত লস যা Hazen-Williams সূত্র দ্বারা নির্ণয় করা হয়।

hf = 10.666 × (L × Q^1.85) / (C^1.85 × D^4.87)

যেখানে, L = ১০৩ মিটার, Q = ০.০০৯৫২ ঘ:মি:/সেকেন্ড, C = ১২০, = ০.১ মিটার। ফলে hf ≈ ২.০০ মিটার

ধাপ ৪: মোট হেড নির্ণয়

Total Head = Actual Head + Head Loss = ৫১.০৬ + ২.০০ = ৫৩.০৬ মিটার



উপরের প্রবাহ হার (০.৫৭১ ঘ:মি:/মিনিট) এবং মোট হেড (৫৩.০৬ মিটার) পারফরম্যান্স কার্ভে অঙ্কন করা হয়েছে। পারফরম্যান্স কার্ভে দেখা যায় মোট হেডে উল্লেখযোগ্য কোন পরিবর্তিত হয় নাই, কিন্তু প্রবাহ হার ০.৭১৪ থেকে ০.৫৭১ ঘ:মি:/মিনিটে নেমে এসেছে। অর্থাৎ প্রায় ২০% হ্রাস পেয়েছে। এটি পাম্প বা সিস্টেমে কিছু অবনতির (deterioration) ইঙ্গিত দেয়।

ধাপ ৫: Water Horsepower (WHP) নির্ণয়

WHP = (ρ × g × Q × H) / 1000

ρ = 1000 kg/m³, g = 9.81 m/s²

WHP = (1000 × 9.81 × 0.00952 × 53.06) / 1000 ≈ 4.95 kW

ধাপ ৬: ইনপুট শক্তি (Pi) নির্ণয়
Pi = √3 × Voltage × Current × Power Factor
= 1.732 × 380 × 17 × 0.8 ≈ 8.96 kW

ধাপ ৭: পাম্প দক্ষতা (η) নির্ণয়
η = WHP / Pi = 4.95 / 8.96 ≈ 55.2%

ধাপ ৮: দৈনিক অপারেশন সময়
সময় = ৫৪০ / ৩৪.২৯ ≈ ১৫.৭৫ ঘন্টা/দিন

ধাপ ৯: দৈনিক বিদ্যুৎ ব্যবহার
Energy = ৮.৯৬ × ১৫.৭৫ ≈ ১৪১.১২ kWh/দিন

ধাপ ১০: বিদ্যুৎ ব্যয়
মাসিক ব্যয় = ১৪১.১২ × ৩০ × ৯.৭১ ≈ ৪১,১৪৮ টাকা
বার্ষিক ব্যয় = ১৪১.১২ × ৩৬৫ × ৯.৭১ ≈ ৫০০,০৭৩ টাকা

সারসংক্ষেপ টেবিল (Summary Table)

বিষয়	মান
পরিমাপকৃত প্রবাহ হার (Q)	৩৪.২৯ ঘ:মি:/ঘন্টা
প্রকৃত হেড (ha)	৫১.০৬ মিটার
হেড লস (hf)	২.০০ মিটার
মোট হেড (ht)	৫৩.০৬ মিটার
Water Horsepower (WHP)	৪.৯৫ kW
ইনপুট পাওয়ার (Pi)	৮.৯৬ kW
পাম্প দক্ষতা (η)	৫৫.২%
দৈনিক বিদ্যুৎ ব্যবহার	১৪১.১২ kWh
মাসিক ব্যয়	৪১,১৪৮ টাকা
বার্ষিক ব্যয়	৫০০,০৭৩ টাকা

পাম্প কেস স্টাডি

১) অতিরিক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন পাম্পের রেট্রোফিটিং

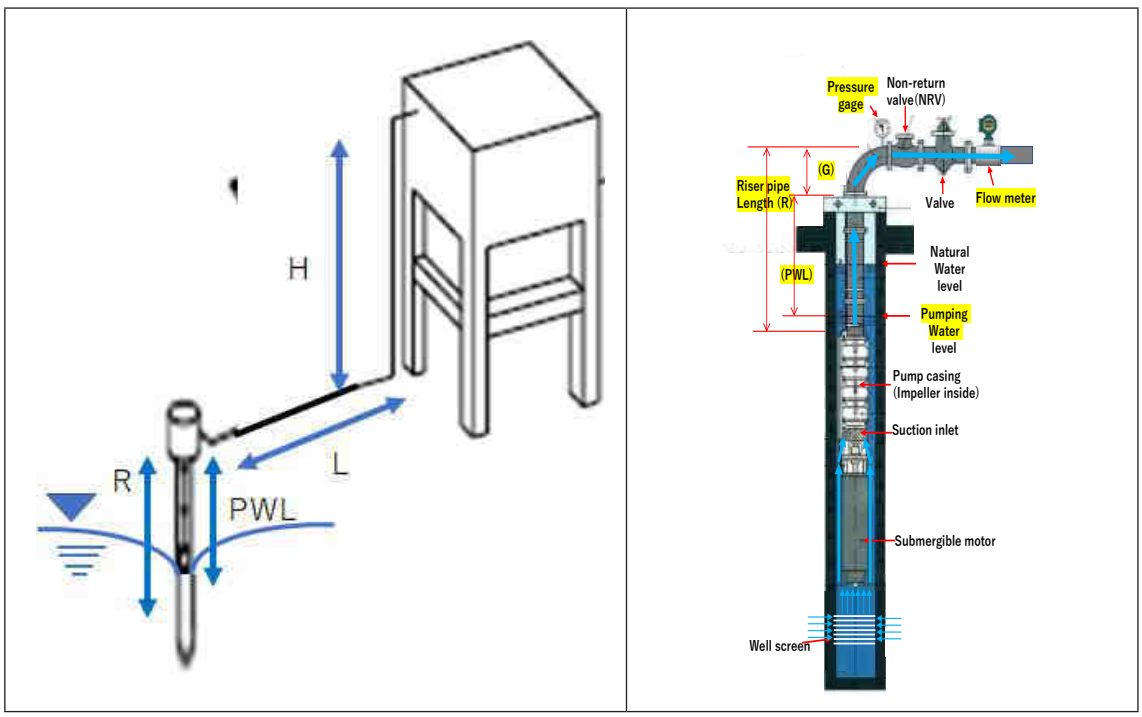
কখনও কখনও অতিরিক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন পাম্প স্থাপন করা হয়, যার ফলে বিদ্যুৎ খরচ অপ্রয়োজনীয়ভাবে বেশি হয়। এই অংশে এমন পরিস্থিতি কিভাবে তদন্ত করতে হয় এবং কিভাবে পাম্পে পরিবর্তন আনতে হয় তা বর্ণনা করা হয়েছে।

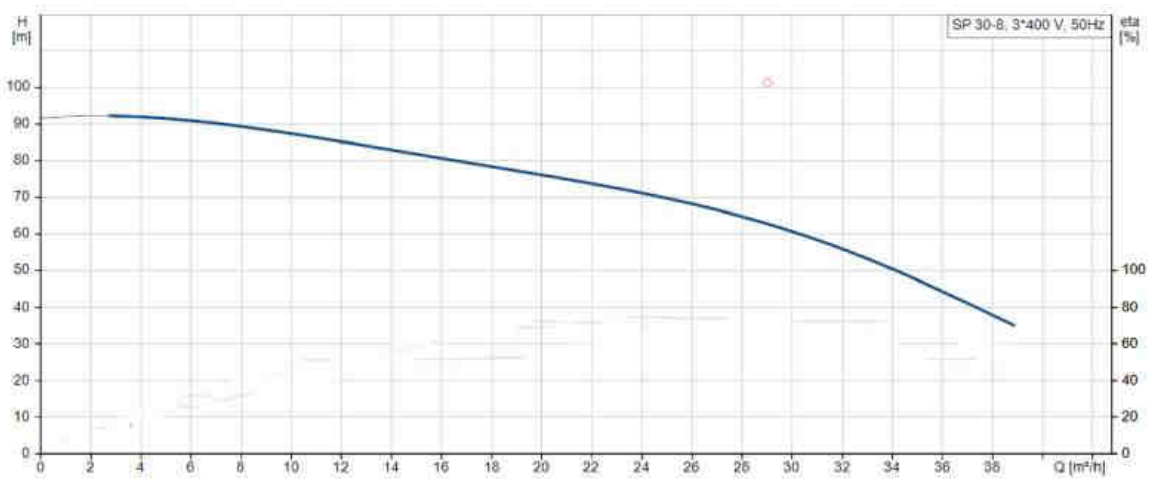
(১) অতিরিক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন পাম্প স্থাপিত হয়েছে কিনা তা যাচাই করার পদ্ধতি

স্থাপনার প্রবাহ হার এবং মোট হেড পরিমাপ করে তা নক্শা অনুযায়ী নির্ধারিত প্রবাহ হার ও মোট হেডের সাথে তুলনা করা হয়। এর মাধ্যমে বোঝা যায় পাম্পটি অতিরিক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন কিনা।

উদাহরণ: নলকূপ (Well pump) পাম্পের ক্ষেত্রে:
নিম্নলিখিত শর্তে পাম্পটি অতিরিক্ত কিনা তা যাচাই করুন।

- মাটির স্তর থেকে উঁচু ট্যাংকের পাইপ প্রবেশমুখ পযন্ত উচ্চতা (H) = ২৫ মিটার;
- মাটির স্তর থেকে পাম্পিং পানির লেভেল (PWL) = ২৩.৫ মিটার;
- রাইজার পাইপের দৈর্ঘ্য (R) = ৩০ মিটার, ব্যাস = ৬৫ মি:মি:, ভূমির উপর পাইপের দৈর্ঘ্য (L)= ৫০ মিটার;
- পরিমাপকৃত প্রবাহ হার = ২৪ ঘ:মি:/ঘন্টা;
- প্রেসার গেজের স্থাপন উচ্চতা (GL থেকে) = ০.৩ মিটার;
- প্রেসার গেজের রিডিং = ০.৩৫ MPa;
- স্থাপিত পাম্প: SP ৩০-৮ stage (পারফরম্যান্স কার্ভ প্রদত্ত);
- Hazen–Williams সূত্র ব্যবহার করা হয়েছে, C = ১২০, এখানে ক্ষুদ্র (minor) হেড লস উপেক্ষা করা হয়েছে।





স্থাপিত পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভ

১) অপারেটিং অবস্থার মোট হেড

অপারেটিং অবস্থায় পাম্পের মোট হেড নিম্নরূপ গণনা করা হয়:

মোট হেড (মিটার) = পাম্পিং পানির লেভেল থেকে প্রেসার গেজ পর্যন্ত পাইপের দৈর্ঘ্য [(G) + (P)] + প্রেসার গেজের রিডিং (মিটারে রূপান্তরিত) + রাইজার পাইপের হেড লস (মিটার)

(ক) পাম্পিং পানির লেভেল থেকে প্রেসার গেজ পর্যন্ত পাইপের দৈর্ঘ্য [(G) + (P)]= ২৩.৫ + ০.৩ = ২৩.৮ মিটার

(খ) প্রেসার গেজের রিডিং (মিটারে রূপান্তর) = ০.৪০ × ১০২ = ৪০.৮ মিটার (১ MPa = ১০২ মিটার)

(গ) রাইজার পাইপ অংশের হেড লস : $hfr = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$

$= ১০.৬৬৬ \times ১২০^{-১.৮৫} \times ০.০৬৫^{-৪.৮৭} \times ০.০০৬৬৭^{১.৮৫} \times (৩০ + ০.৩) \approx ২.৬$ মিটার

(Q =২৪ ঘ:মি:/ঘন্টা = ০.০০৬৬৭ ঘ:মি:/সেকেন্ড)

(ঘ) মোট হেড (Hta) = ২৩.৮ + ৪০.৮ + ২.৬ = ৬৭.২ মিটার

২) প্রকৃত পাইপলাইনের মোট হেড

মোট হেড = প্রকৃত হেড + সম্পূর্ণ লাইনের হেড লস

(ক) প্রকৃত হেড = PWL + H = ২৩.৫ + ২৫=৪৮.৫ মিটার

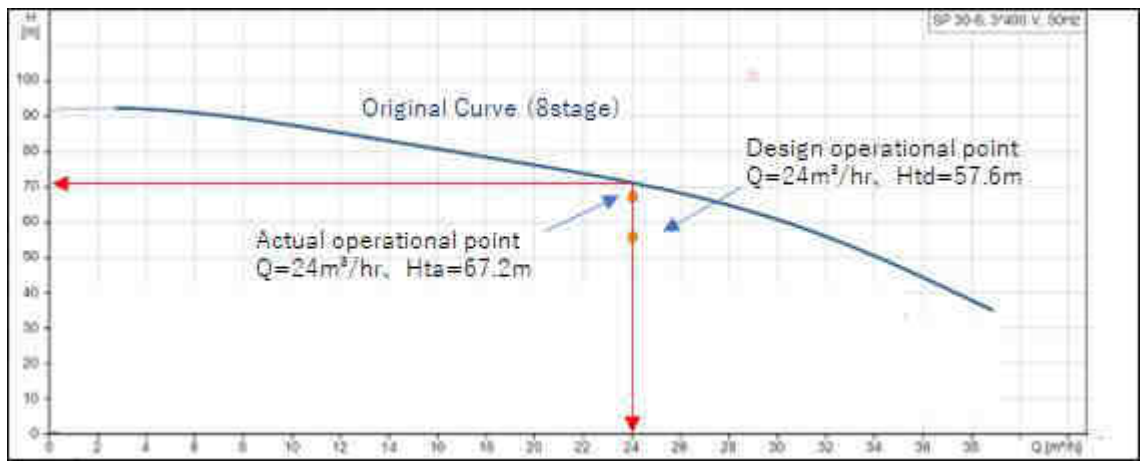
(খ) হেড লস $hf=10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L = 10.666x120^{-1.85}x0.065^{-4.87}x0.00667^{1.85}x(30+50+25)$=৯.১ মিটার
(Q=24m3/hr=0.00667m^3/s)

(গ) মোট হেড (Htd) = ৪৮.৫+৯.১=৫৭.৬ মিটার

৩) পাম্পের মূল্যায়ন

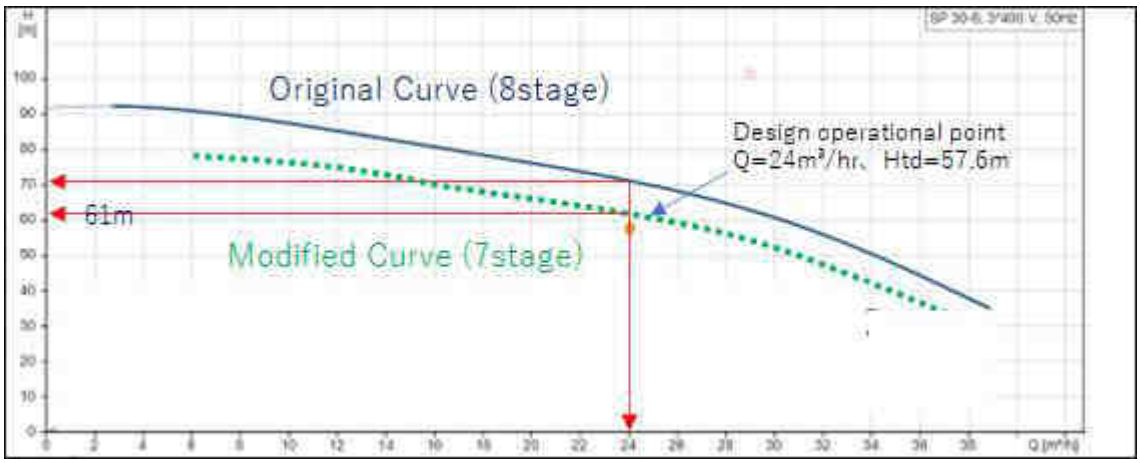
পারফরম্যান্স কার্ভে প্রকৃত অপারেটিং পয়েন্ট এবং নকশা অনুযায়ী অপারেটিং পয়েন্ট দেখানো হয়েছে।

যখন Q = ২৪ ঘ:মি:/ঘন্টা তখন পারফরম্যান্স কার্ভ অনুযায়ী মোট হেড = ৭০.২ মিটার। কিন্তু প্রকৃত অপারেশনে মোট হেড = ৬৭.২ মিটার। এটি বর্তমান পাম্পের তুলনায় প্রায় ৫% কম, যা এখনো বার্ধক্যের (aging) পর্যায়ে পৌঁছায়নি। তবে নক্শা অনুযায়ী অপারেটিং পয়েন্ট এবং বাস্তব অপারেটিং পয়েন্ট তুলনা করলে দেখা যায় যে প্রকৃত অপারেটিং হেড = ৬৭.২ মিটার এবং ডিজাইন অনুযায়ী মোট হেড = ৫৭.৬ মিটার। অর্থাৎ প্রায় ১০ মিটার অতিরিক্ত হেড রয়েছে, যা অপ্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ খরচের কারণ।



৪) করণীয় (Countermeasure)

যেহেতু পাম্পটির হেড বেশি, তাই ইম্পেলার স্টেজের সংখ্যা কমানো উচিত। ৭-স্টেজ পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভ নিম্নে দেখানো হয়েছে। দেখা যায় যে ২৪ ঘ:মি:/ঘন্টা প্রবাহে হেড ≈ ৬১ মিটার যা ডিজাইন হেড ৫৭.৩ মিটার এর চেয়েও বেশি।অতএব স্টেজ সংখ্যা ৮ থেকে ৭ এ কমালেও কোনো সমস্যা হবে না।



৭-স্টেজ করার দুটি পদ্ধতি আছে। পদ্ধতি-১: শুধু ইম্পেলার অপসারণ করা ও পদ্ধতি-২: ইম্পেলারসহ কেসিং অপসারণ করা। পদ্ধতি-১ সহজ, তবে কেসিংয়ের মধ্য দিয়ে পানি প্রবাহিত হওয়ায় কিছু শক্তি ক্ষতি হয়। পদ্ধতি-২ এ শ্যাফ্ট কেটে ছোট করতে হয়, যা সময়সাপেক্ষ। তবে এতে শক্তি ক্ষতি হয় না। বায়ের ছবি দেখুন।



৫) সম্ভাব্য বিদ্যুৎ সাশ্রয়

পাম্পের মোট আউটপুট = ৭.৫ kW,

এখন ৮ স্টেজ থেকে ৭ স্টেজ করলে তাত্ত্বিকভাবে আউটপুট হবে

= (৭ / ৮) × ১০০ = ৮৭.৫%

অর্থাৎ এতে আউটপুট কমবে ৭.৫ kW ⟶ ৬.৫ kW

তবে দক্ষতার কিছু অবনতি বিবেচনায় নিয়ে মোট প্রায় ১০% বিদ্যুৎ সাশ্রয় আশা করা যায়।

২) পাম্পের অবনতি (Pump Deterioration)

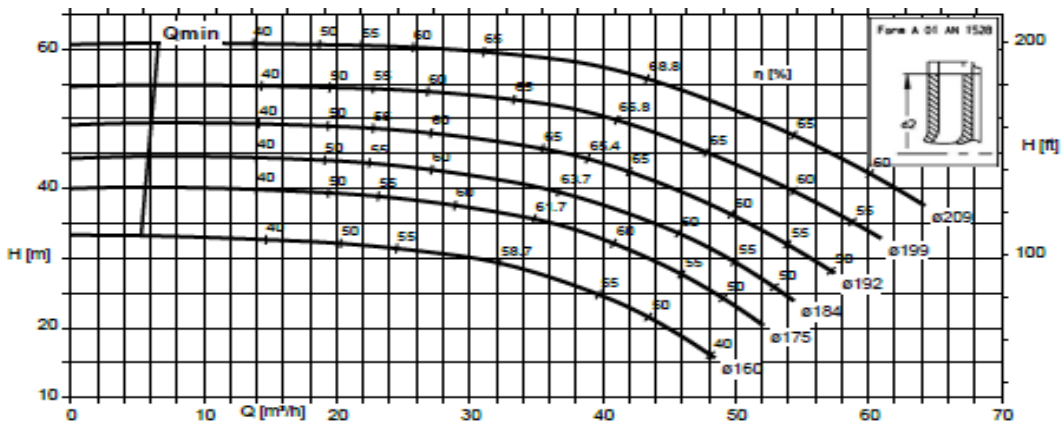
কখনও কখনও ক্ষয়প্রাপ্ত বা অবনত পাম্প ব্যবহৃত হয়, যার ফলে বিদ্যুৎ খরচ অপ্রয়োজনীয়ভাবে বৃদ্ধি পায়। এই অংশে এমন পরিস্থিতি কীভাবে শনাক্ত করতে হয় এবং কীভাবে পাম্প সংশোধন করা যায় তা বর্ণনা করা হয়েছে।

(২) পাম্পের অবনতি হয়েছে কিনা তা যাচাই করার পদ্ধতি

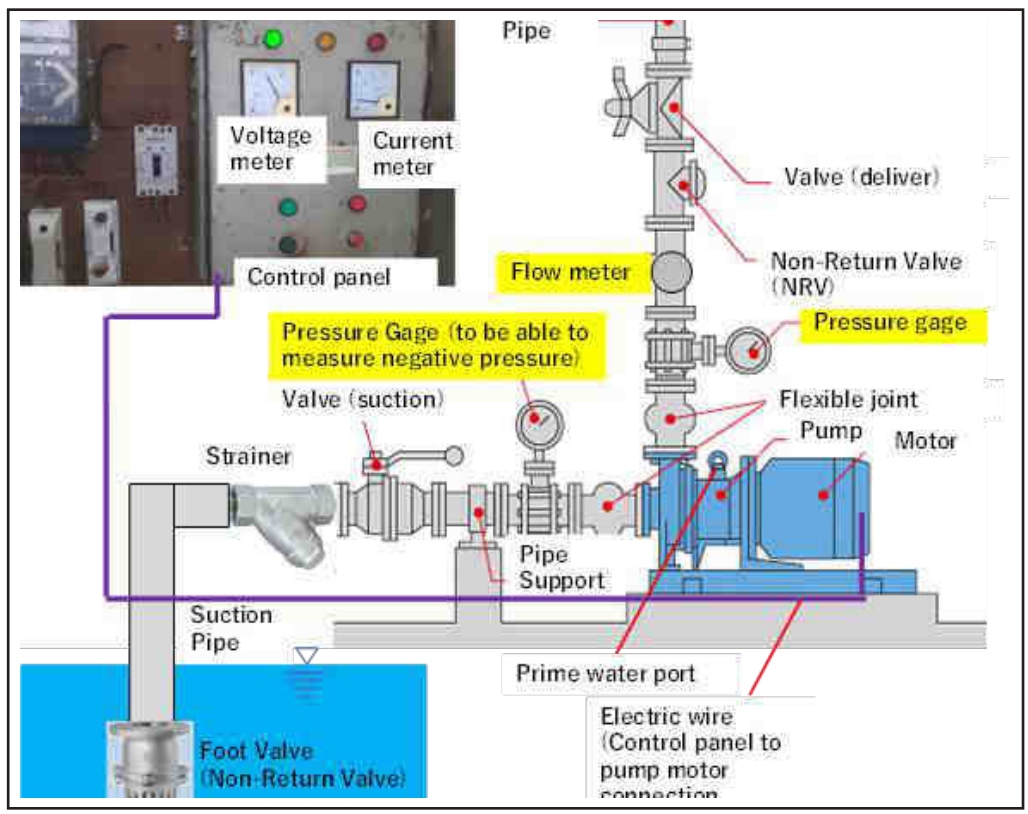
পাম্পের অবনতি হয়েছে কিনা তা যাচাই করার জন্য স্থাপনার প্রবাহ হার এবং মোট হেড পরিমাপ করে তা নক্শা অনুযায়ী প্রবাহ হার ও মোট হেডের সাথে তুলনা করা হয়। একটি উদাহরণ নিম্নে দেখানো হলো।

সারফেস পাম্প (Land pump) এর ক্ষেত্রে: নিম্নলিখিত শর্তে পাম্পের অবনতি হয়েছে কিনা পরীক্ষা করুন।

- পরিমাপকৃত প্রবাহ হার = ৪০ ঘ:মি:/ঘন্টা;
- ডেলিভারি পাশে প্রেসার গেজ রিডিং = ০.৩১ MPa, সাকশন পাশে প্রেসার গেজ রিডিং = -০.০২ MPa;
- স্থাপিত পাম্প: KSB Etanorm ৬৫-৪০-২০০ (φ১৯৯), পারফরম্যান্স কার্ভ নিম্নে দেওয়া হলো।

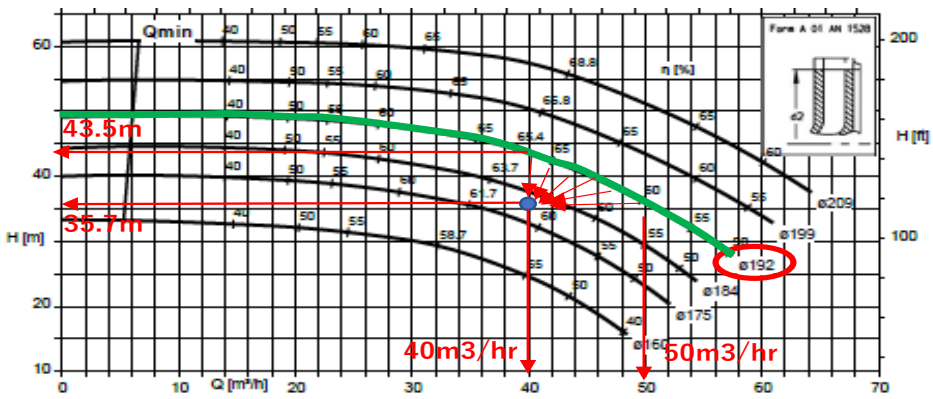


পাম্পের অবনতি যাচাই করতে কেবল নিম্নের তথ্যগুলিই প্রয়োজন:
ক) প্রবাহ হার, খ) সাকশন ও ডেলিভারি চাপ এবং পাম্পের পারফরম্যান্স কার্ভ।



১) অপারেটিং অবস্থার মোট হেড
মোট হেড = প্রেসার গেজের রিডিং (ডেলিভারি চাপ - সাকশন চাপ)
= ০.৩৩ - (-০.০২) = ০.৩৫ MPa = ৩৫.৭ মিটার (১ MPa = ১০২ মিটার)

২) পাম্পের মূল্যায়ন
বর্তমান অপারেটিং অবস্থার প্লট: H = ৩৫.৭ মিটার, Q = ৪০ ঘ:মি:/ঘন্টা নিম্নে দেখানো হয়েছে।
পারফরম্যান্স কার্ভ অনুযায়ী: Q = ৪০ ঘ:মি:/ঘন্টা হলে হেড হওয়া উচিত ≈ ৪৩.৫ মিটার।
অথবা H=৩৫.৭ মিটার হলে প্রবাহ হওয়া উচিত ≈ ৫০ ঘ:মি:/ঘন্টা। অতএব বর্তমান অপারেটিং পয়েন্ট পারফরম্যান্স কার্ভের নিচে অবস্থান করছে, যা স্পষ্টভাবে পাম্পের অবনতির নির্দেশ করে।



৩) করণীয় (Countermeasure)

পাম্পের ক্ষমতা হ্রাসের প্রধান কারণ সাধারণত: ক) ইম্পেলারের ক্ষয় ও ২)ইম্পেলারের উপর ময়লা বা অবাঞ্চিত বস্তু জমা হওয়া। ইম্পেলারের ক্ষয় জনিত কারনের উদাহরণ নিম্নের চিত্রে দেখানো হয়েছে।



পাম্প খুলে পরীক্ষা করে যদি এ ধরনের সমস্যা পাওয়া যায়, তাহলে ইম্পেলার পরিবর্তন করতে হবে।
এই কাজটি পাম্প সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের মাধ্যমে সম্পন্ন করা উচিত।

অধ্যায়-৫ঃ র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা

৫.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

৫.১.১ স্ট্যান্ডার্ড ফ্লো সিস্টেম ও নীতি

র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন (RSF) পদ্ধতি হলো পানির ট্রিটমেন্ট প্রক্রিয়ার একটি ইউনিট যেটি মূলত ফিল্টার বেডে ভাসমান কণার গুচ্ছ (যেগুলিতে ব্যাকটেরিয়াও থাকতে পারে) অপসারণ করে। পানি প্রাক-সেডিমেন্টেশন, প্রাক-ক্লোরিনেশন, কোয়াগুলেশন, ফ্লোকুলেশন ও সেডিমেন্টেশনের মাধ্যমে প্রক্রিয়াজাত করার পরে পরিশোধনের জন্য র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টারে পাঠানো হয়। ফিলট্রেশনের পরে পোস্ট-ক্লোরিনেশন ও সংরক্ষণ করা হয় এবং পরে পাইপিং নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ভোক্তাদের কাছে সরবরাহ করা হয়। উল্লিখিত প্রক্রিয়াসমূহের সঙ্গে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন মিলিয়েই খাবার পানির ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্ট গঠন করা হয়। বাংলাদেশ সহ বিশ্বের বিভিন্ন দেশে পানি পরিশোধন পদ্ধতির এই র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন, পানি বিশুদ্ধকরণ ব্যবস্থায় প্রয়োগ করা হয়। বাংলাদেশে এই পদ্ধতিগুলি (১) নদীর পানি উৎস থেকে ভাসমান কঠিন পদার্থ অপসারণের জন্য, বা (২) ভূগর্ভস্থ পানির উৎস থেকে আর্সেনিক (As) ও লোহা (Fe) অপসারণের জন্য ব্যবহার করা যেতে পারে।

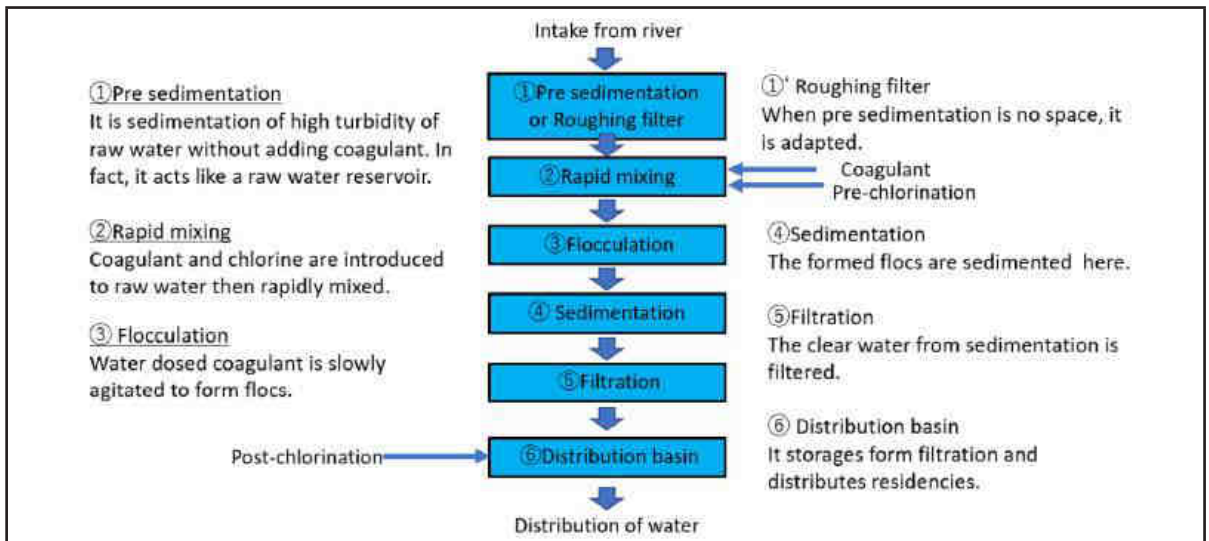
৫.১.১.১ নদীর ইনটেক

সাধারণত, বাংলাদেশের নদীগুলির পানি অত্যন্ত ঘোলাটে হয়। ফলে, প্রাক-পরিশোধন হিসেবে পানির ঘোলাটেভাব কমাতে ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্টগুলিতে প্রাক-সেডিমেন্টেশন এর জন্য পুকুর ব্যবহার করা হয়। তবে প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরে কোনো কোয়াগুলেন্ট প্রয়োগ না করার ফলে এটিতে অপরিশোধিত পানির তলানী ফেলার কাজটি সর্বদা কার্যকর নাও হতে পারে। কিছু ক্ষেত্রে, প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুর কখনও কখনও পানির ঘোলাটেভাব কমাতে কোন অবদানও রাখে না।

নদীর ইনটেকের জন্য র‍্যাপিড ফিলট্রেশন পদ্ধতিতে পানি পরিশোধন প্রক্রিয়া চিত্র ৫.২-এ দেখানো হয়েছে। অপরিশোধিত পানি প্রথমে প্রাক-সেডিমেন্টেশন ট্যাংকে (১) যায়, এরপর কোয়াগুলেন্ট ও ক্লোরিন যোগ করে দ্রুত মিশানো হয়, (২) ক্লোরিন যোগ করার প্রধান উদ্দেশ্য হলো সেডিমেন্টেশন বেসিনে শেওলা গঠনে বাধা দেওয়া। ফ্লোকুলেশন বেসিনে ধীরে ধীরে নেড়েচেড়ে জমাটবাঁধা ফ্লক গঠিত হয়, (৩) ফ্লকগুলি সেডিমেন্টেশন বেসিনে তলানীর মাধ্যমে পরিশোধিত পানি থেকে অপসারণ করা হয়, (৪) উপরের স্তরের পানি তারপর ফিল্টার করা হয়, (৫) বিতরণের জন্য সংরক্ষণ করা হয় এবং (৬) পরিশোধিত পানি বিতরণ করার আগে জীবাণুমুক্ত করণের উদ্দেশ্যে ক্লোরিন যোগ করা হয়।



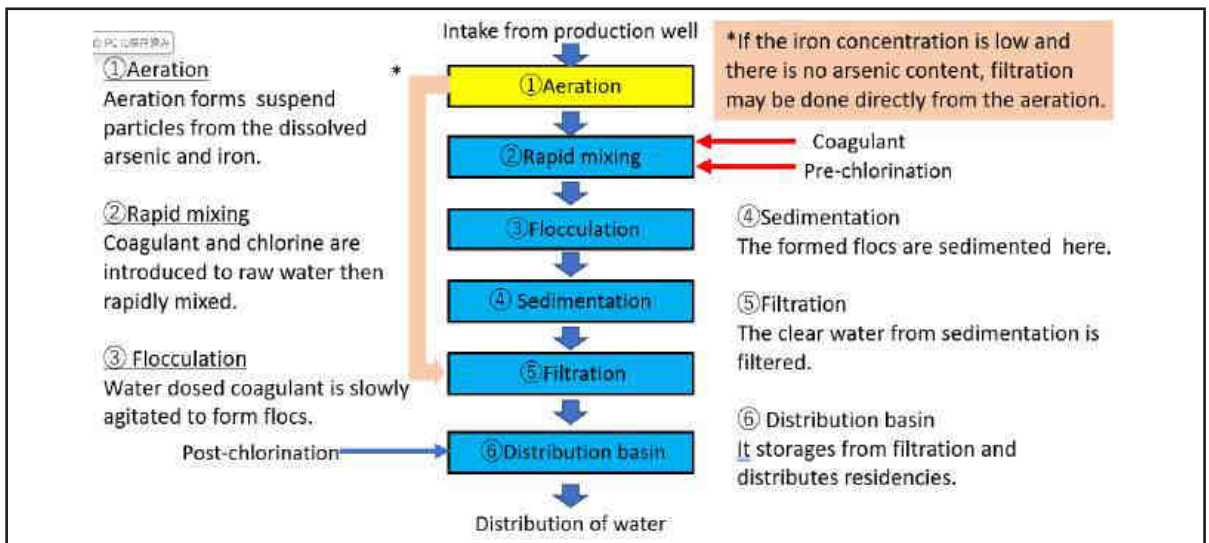
চিত্র ৫.১: ভূপৃষ্ঠস্থ পানি পরিশোধনাগারের ছবি



চিত্র ৫.২: নদীর ইনটেকে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা

৫.১.১.২ উৎপাদক নলকূপ ইনটেক (পানির আর্সেনিক ও লোহা অপসারণ)

আর্সেনিক ও লোহা ভূগর্ভস্থ পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং সরাসরি ভৌত কোন পদ্ধতিতে এগুলি পানি থেকে অপসারণ করা কঠিন। তবে অক্সিডেশন (এ্যারেশন/বায়ুচলাচল) পদ্ধতিতে এগুলি পানি থেকে ভাসমান ও অদ্রবীভূত অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এরপর এগুলিকে কোয়াগুলেশন, সেডিমেন্টেশন ও ফিলট্রেশনের মাধ্যমে অপসারণ করা যায়। আয়রন ও আর্সেনিক অপসারণের জন্য র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির পানি পরিশোধন প্রক্রিয়া চিত্র ৫-৩ এ দেখানো হয়েছে। আর্সেনিক ও লোহা ট্রিটমেন্ট প্রক্রিয়া সাধারণত নদী ইনটেকের ক্ষেত্রে বর্ণিত প্রক্রিয়ার সঙ্গে প্রায় একই রকম, কেবল এখানে প্রাক-সেডিমেন্টেশনের পুকুর প্রয়োজন হয় না; তবে এ্যারেশন আবশ্যক (১)।



চিত্র ৫.৩: আর্সেনিক ও লোহা অপসারণে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা

বাংলাদেশে আর্সেনিক-দূষিত ভূগর্ভস্থ পানির অধিকাংশতেই লোহার উপস্থিতি আছে। যেহেতু আর্সেনিক/লোহা সম্বলিত পানির ট্রিটমেন্টের মেকানিজম হলো আর্সেনিক ও লোহার কো-সেডিমেন্টেশন, তাই যদি নলকূপের পানিতে লোহা না থাকে তবে কো-সেডিমেন্টেশন ঘটবে না এবং আর্সেনিক অপসারণ করা সম্ভব হবে না।

৫.১.২ প্রাক-সেডিমেন্টেশন



চিত্র ৫.৪: প্রাক সেডিমেন্টেশন পুকুর

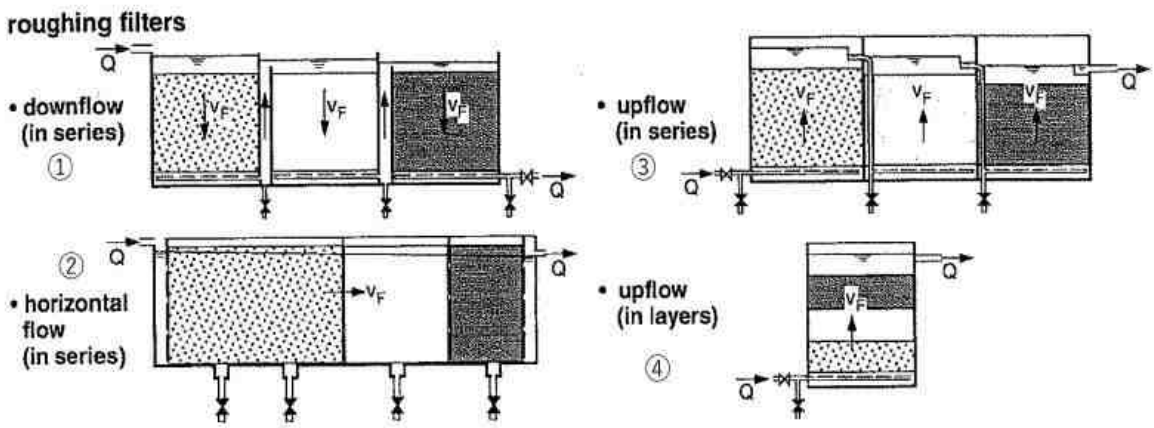
প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরের কাঠামো হলো সাধারণ নিয়মে খননকৃত একটি পুকুর (চিত্র ৫.৪)। প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরে অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব কমানো হয়। এখানে কোন কোয়াগুলেন্ট না দিয়ে পানিকে স্থির অবস্থায় রেখে মাধ্যাকর্ষণ শক্তিতে ভাসমান পদার্থের তলানী ফেলা হয়। বিশেষ করে বর্ষাকালে এটি পানির অতিরিক্ত ঘোলাটেভাব কমাতে যেন অধিক কার্যকর হয় সেটাই প্রত্যাশা থাকে। তবে ৫.১.১-এ বর্ণনা অনুসারে, কোয়াগুলেন্ট যোগ না করলে সেডিমেন্ট অপসারণের কার্যকারিতা সীমিত হতে পারে। এছাড়া, রিটেনশন সময় এর কার্যকারিতাকে প্রভাবিত করে। রিটেনশন সময় যত কম হবে, সেডিমেন্টেশন তত কম কার্যকর হবে।

৫.১.৩ রাফিং ফিল্টার

রাফিং ফিল্টারগুলি ভূপৃষ্ঠস্থ পানির ইনটেকে অথবা স্লো/র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন সিস্টেমের প্রাথমিক ধাপে স্থাপন করা হয় যখন অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব বেশি থাকে। এতে, র‍্যাপিড ফিল্ট্রেশনে আসা ঘোলাটেভাবের লোড কমানো যায়। রাফিং ফিল্টার প্রচলিত প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরের পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়, কারণ পুকুরগুলির জন্য বৃহৎ জমির প্রয়োজন হয়।

রাফিং ফিল্টারকে নিম্নোক্তভাবে শ্রেণীবিন্যাশ করা যায়:-

(১) নিম্নমুখী প্রবাহের ধরণ, (২) অনুভূমিক প্রবাহের ধরণ, (৩) উর্ধমুখী প্রবাহের ধরণ, এবং (৪) স্তরসহ উর্ধমুখী প্রবাহের ধরণ। বাংলাদেশে সাধারণত অনুভূমিক প্রবাহের ধরণ (২) ব্যবহৃত হয় (চিত্র-৫.৫)।

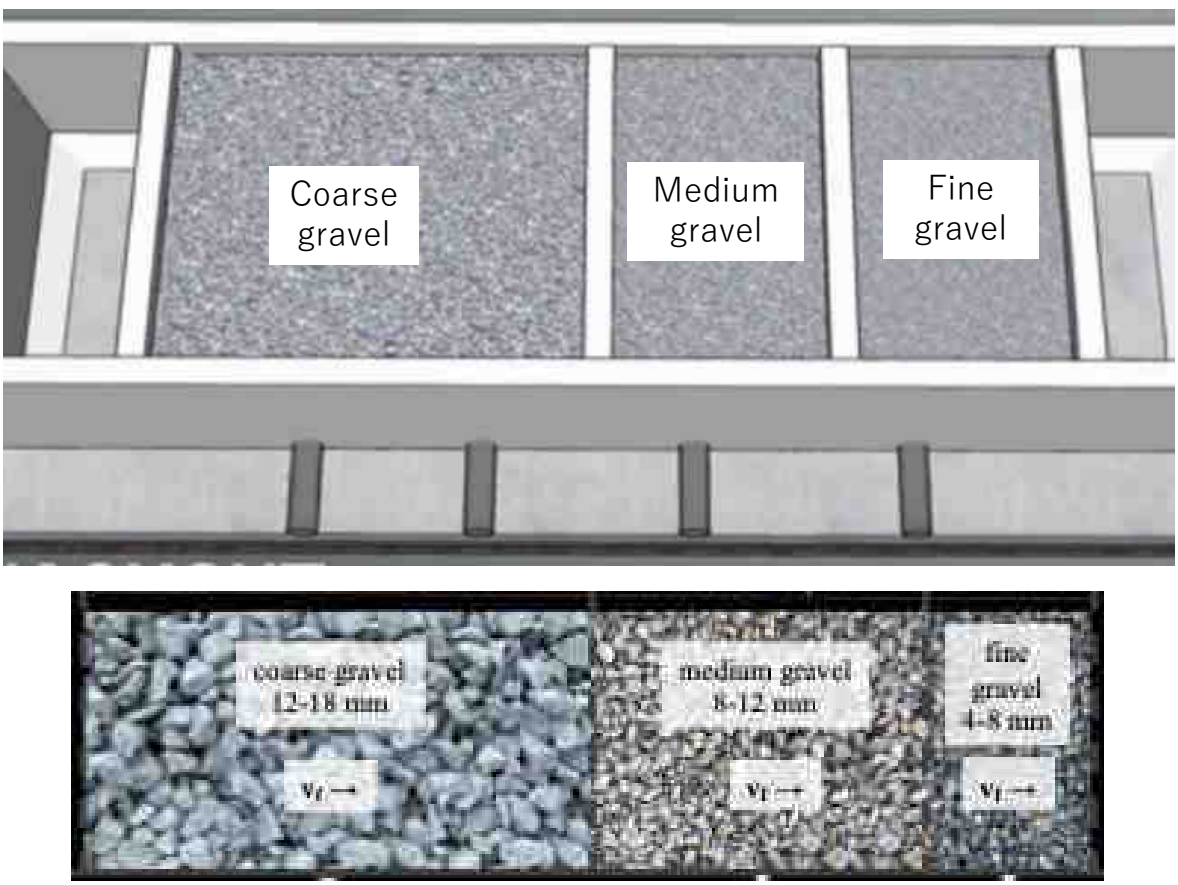


চিত্র ৫.৫ রাফিং ফিল্টারের ধরণ

ফিল্টার মিডিয়াগুলি যে ক্রম অনুসারে করা হয় তা হলো:-

মোটা নুড়ি পাথর ⇨ মধ্যম নুড়ি পাথর ⇨ ছোট নুড়ি পাথর

প্রতিটি স্তরের পুরুত্ব (প্রস্থ) ধীরে ধীরে কমতে থাকে। চিত্র ৫.৬ এ ফিল্টার মিডিয়ার কাঠামো ও কণার আকার দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৫.৬ রাফিং ফিল্টার ও এর মিডিয়ার গঠন

৫.১.৩.১ নকশার মানদন্ড

- **রাফিং ফিল্টারের আকৃতি (Configuration):**
  - এক ট্যাংকে তিনটি পৃথক স্তর থাকবে।
  - একটি হরাইজন্টাল ট্যাংকে তিনটি আলাদা চেম্বার থাকবে, (এটি সাধারণত গ্রহণযোগ্য)

- **অনুভূমিক (হরাইজন্টাল) ট্যাংক অনুপাত:**

মোট দৈর্ঘ্য ৬-১২ মিটার, তিনটি চেম্বারে বিভক্ত করা হয় ৩:২:১ অনুপাতে (মোটা থেকে চিকন নুড়ি পাথরের মিডিয়া), প্রতিটি ট্যাংকের উচ্চতা সাধারণত ১-১.৫ মিটার।

- **ফিলট্রেশন মিডিয়া:**
  - **ইনফ্লোতে বড় আকার:** সাধারণত ১২-২৫ মিমি এবং ৮-১২ মিমি।
  - **আউটফ্লোতে ছোট আকার:** সাধারণত ৪-৮ মিমি।
  - **মালামাল এর অপশন:** গ্রাভেল, পোড়া মাটির ইট, প্লাস্টিক, পোড়া কয়লা, নারিকেলের ফাইবার।
  - **ইউনিফরমিটি:** প্রতিটি চেম্বার/স্তরের মিডিয়া (গ্রাভেল) তুলনামূলকভাবে একরকম হওয়া উচিত।
  - শুকিয়ে **যাওয়া এড়ানো:** ফিল্টার মিডিয়া শুষ্ক হলে ফিল্টারিং দক্ষতা কমে যায় কারণ মিডিয়ায় থাকা ব্যাকটেরিয়াল আস্তর ক্ষতিগ্রস্থ হয়। এছাড়া মিডিয়া শুষ্ক হলে পানির উপর জমে থাকা কাদামাটির অপসারণও কঠিন হয়ে পড়ে।

- **পানি প্রবাহ:**

কার্যকর সেডিমেন্টেশনের জন্য কম এবং স্থিতিশীল পানির গতিবেগ গুরুত্বপূর্ণ, কারণ প্রবাহের অস্থিরতা (turbulence) ফিল্ট্রেশন এর দক্ষতা কমিয়ে দেয়। সাধারণভাবে, প্রবাহের হার যত কম থাকে, ফিল্ট্রেশন তত কার্যকর হয়।

  - পানি প্রবাহের হার: ০.৩-১.৫ মিটার/ঘণ্টা। সাধারণত ০.৩-০.৬ মিটার/ঘণ্টা গ্রহণযোগ্য।
  - উদ্ধমুখী প্রবাহের ধরনের রাফিং ফিল্টার সাধারণত অনুভূমিক প্রবাহের ধরনের রাফিং ফিল্টারের চাইতে ভালো কাজ করে, তবে উদ্ধমুখী প্রবাহের ধরনে ব্যাকওয়াশের জন্য বেশি পানি লাগে, ফলে বেশি পানি নষ্ট হয়।

- **অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব:**

রাফিং ফিল্টার ৫০০ NTU পর্যন্ত ঘোলাটে পানির ক্ষেত্রে কার্যকরভাবে (প্রায় ৯০% পর্যন্ত ঘোলাটেভাব অপসারণ) কাজ করতে পারে। তবে উচ্চ ঘনত্বের আঠালো বস্তু ও স্থিতিশীল ভাসমানবস্তু অপসারনে এটি উপযুক্ত নয়।

৫.১.৩.২ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ কাজ

রাফিং ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ তুলনামূলকভাবে সহজ। এটিতে মূলত মিডিয়াতে জমে থাকা কাদামাটি অপসারণের দিকে খেয়াল দেওয়া হয়।

- **নিয়মিত পরিষ্কার:**

এর প্রধান কাজ হলো হাইড্রলিক ক্লিনিং, অর্থাৎ ফিল্টারের পানি নিষ্কাষনের মাধ্যমে দ্রুত খালি করে আটকে থাকা কাদামাটি ধুয়ে বের করা। এই পরিষ্কার কাজ ঘনঘন, আদর্শগত ভাবে কয়েক সপ্তাহ অন্তর অন্তর করা ভালো, যাতে অতিরিক্ত কাদামাটি জমতে না পারে। এটি আপ/ডাউন ফ্লো টাইপের ফিল্টারের জন্য প্রয়োগযোগ্য, তবে অনুভূমিক প্রবাহের ধরনের ফিল্টারে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় না।

- **ম্যানুয়াল ক্লিনিং:**

অপরিশোধিত পানির গুণগতমান অনুযায়ী প্রতি ১-৫ বছরে একবার ম্যানুয়াল ক্লিনিং করা প্রয়োজন। এতে শ্রমশক্তি ব্যবহার করে ফিল্টার ম্যাটেরিয়াল চেম্বার থেকে উপরে তোলা হয়, আলাদা করে ধোঁয়া হয় এবং পুনরায় আবার চেম্বারে স্থাপন করা হয়। উপরে উল্লিখিত পদ্ধতি অনুযায়ী, চেম্বার থেকে বের করে ফিল্টার মিডিয়া তৎক্ষণাৎ ধুঁয়ে ফেলাই ভালো যাতে তা শুকিয়ে না যায়। এই সময়-সাপেক্ষ রক্ষণাবেক্ষণের সময়ে ক্রমাগত পানি প্রবাহ নিশ্চিত করতে অন্তত দুইটি ফিল্টার থাকা প্রয়োজন।

- **অন্যান্য:**

নিয়মিত পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণে এর মধ্যে অবকাঠামোর ধাতব অংশে (যেমন ভাল্‌ভ, রড, পাইপ) এন্টি-করোজিভ এজেন্ট প্রয়োগ করা এবং বিভিন্ন ভাল্‌ভ লুব্রিকেট করা অন্তর্ভুক্ত।

৫.১.৪ এ্যারেশন (আর্সেনিক ও লোহা অপসারণ)

৫.১.৪.১ এ্যারেশনের প্রয়োজনীয়তা

সাধারণত ভূগর্ভস্থ পানিতে আর্সেনিক ও লোহা যথাক্রমে As^{3+} এবং Fe^{2+} আয়ন আকারে থাকে। এগুলি আয়নিত ফর্মে পানিতে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে বলে সরাসরি অপসারণ করা খুবই কঠিন। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে যদি এগুলির আকার পরিবর্তন করে পানির মধ্যে ভাসমান (suspended) অবস্থায় আনা যায়, তাহলে কোয়াগুলেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সেগুলি সহজেই অপসারণ করা যায়। এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি ঘটানোর জন্য বায়ুচলাচল (Aeration) অত্যন্ত কার্যকর। লোহাযুক্ত পানিতে বায়ুচলাচল করলে লোহা Fe^{2+} থেকে Fe^{3+} এ অক্সিডাইজড হয় এবং Fe^{3+} পানিতে $Fe(OH)_3$ আকারে ভাসমান অবস্থায় থাকে। একইভাবে আর্সেনিক As^{3+} থেকে As^{5+} এ রূপান্তরিত হয় এবং As^{5+}, $Fe(OH)_3$ এর সাথে যুক্ত হয়ে পানিতে ভাসমান কণার আকারে থাকে। পরে এই ভাসমান কণাগুলিকে কোয়াগুলেশন, সেডিমেন্টেশন এবং ফিল্ট্রেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে অপসারণ করা হয়। এই ক্ষেত্রে পানিতে পর্যাপ্ত পরিমাণ লোহা থাকা জরুরি।

৫.১.৪.২ এ্যারেশন পদ্ধতি

(১) ক্যাসকেড টাইপ:

পানি ধাপে ধাপে নিচে পড়ে এ্যারেশন হয়। যন্ত্রপাতি সহজ এবং পরিচালনাও সহজ, তবে বড় আকারের প্ল্যান্টে বেশি জায়গা লাগে।

(২) ঢালু এ্যাপ্রোন (Inclined Apron) ও রিফেল প্লেট টাইপ:

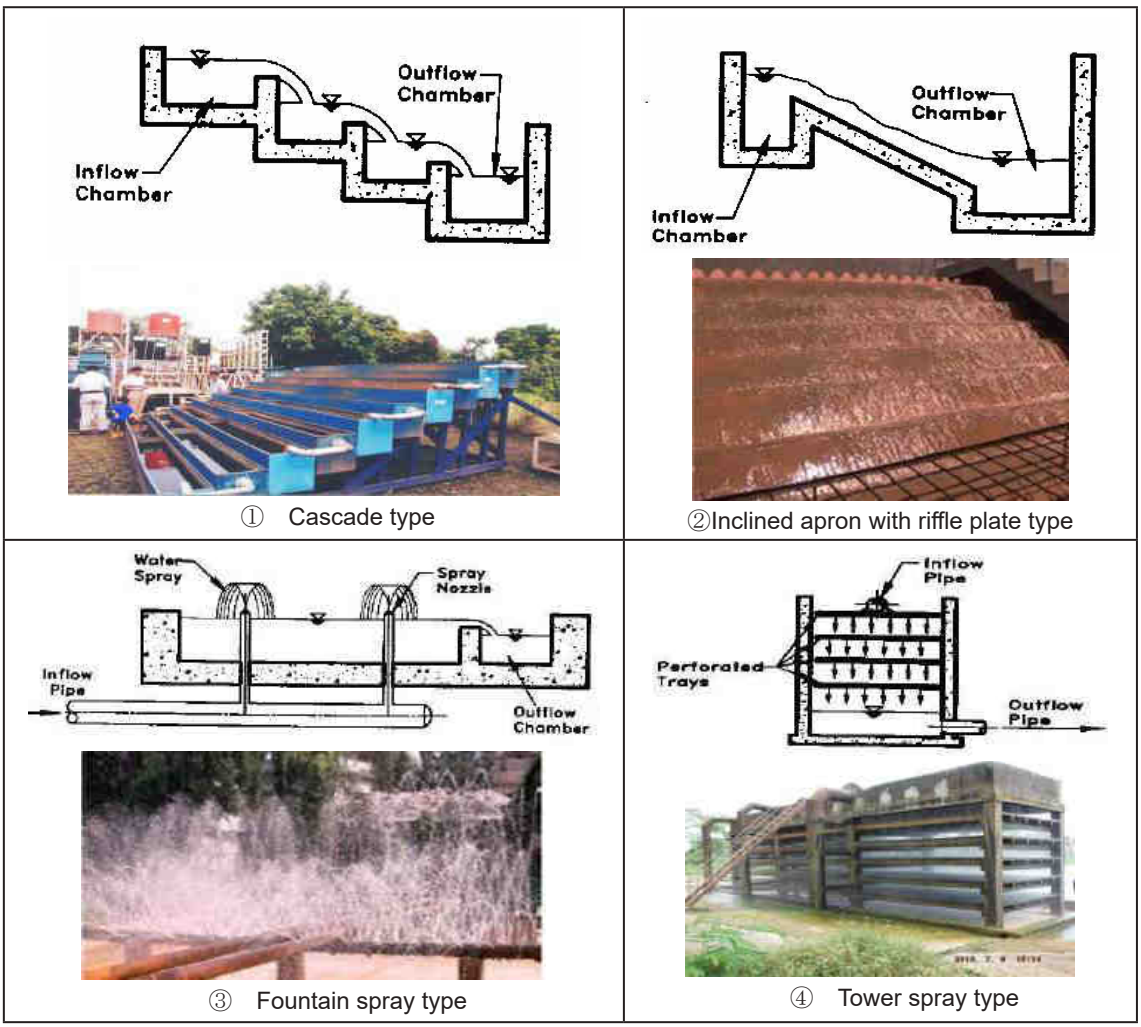
পানি ঢালু তলে স্থাপন করা রিফেল প্লেটের উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে এ্যারেশন হয়। লোহা ও আর্সেনিক অপসারণে কার্যকর, তবে রিয়েল প্লেট বন্ধ ও ক্ষয় হওয়ার সমস্যা দেখা দিতে পারে।

(৩) ফাউন্টেন স্প্রে টাইপ:

পানি ফোয়ারার মতো বাতাসে ছিটিয়ে এ্যারেশন করানো হয়। এটি কার্যকর ও দেখতে আকর্ষণীয়, কিন্তু বাতাসের প্রভাবের কারণে পানির অপচয়ের সম্ভাবনা থাকে যা একটি অসুবিধা।

(৪) টাওয়ার স্প্রে টাইপ:

টাওয়ারের ভিতরে পানি ক্ষুদ্র ফোঁটার মতো ছড়িয়ে উপর থেকে নিচে পড়ে এ্যারেশন হয়। উচ্চ দক্ষতা এবং কম জায়গায় স্থাপনযোগ্য, তবে ব্যয়বহুল এবং রক্ষণাবেক্ষণ জটিল।



① Cascade type

②Inclined apron with riffle plate type

③ Fountain spray type

④ Tower spray type

চিত্র ৫.৭: বাংলাদেশে ব্যবহার করা হয় এমন এ্যারেশন পদ্ধতি

৫.১.৫ ফ্লোকুলেশন

সাধারণ পানিতে ভাসমান কণাগুলি নেগেটিভ চার্জযুক্ত থাকে এবং কণাগুলির মধ্যে বৈদ্যুতিক বিকর্ষণ বল থাকার কারণে সেগুলি পানিতে ঘোলা (turbidity) আকারে স্থির থাকে। পানিতে পজিটিভ চার্জযুক্ত কোয়াগুলেন্ট যোগ করলে তা নেগেটিভ চার্জযুক্ত ভাসমান কণাগুলিকে আকর্ষণ করে এবং ধীরে ধীরে মিশে বড় দানাদার ফ্লক তৈরি করে। যখন কোয়াগুলেন্টের ডোজ কম হয় তখন পজেটিভ চার্জযুক্ত কণার সংখ্যা কম থাকে, ফলে কোয়াগুলেশন ভালোভাবে হয় না। আবার ডোজ বেশি হলে অতিরিক্ত পজেটিভ চার্জযুক্ত কণার সংখ্যা বিকর্ষণ তৈরি করে, এতেও কোয়াগুলেশন প্রক্রিয়া ব্যাহত হয়। ফলে, কোয়াগুলেশন পদ্ধতি চার্জযুক্ত কণা ও পানিতে উপস্থিত H^+ এবং OH^- আয়ন চার্জ দ্বারা দারুনভাবে প্রভাবিত হয়। পানির pH এই আয়ন চার্জের ঘনত্বের (concentration) উপর নির্ধারণ করা হয়। সুতরাং, ফ্লোকুলেশন পদ্ধতির জন্য pH অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। প্রতিটি কোয়াগুলেন্টের জন্য এর নির্ধারিত pH রেঞ্জ থাকে। কোয়াগুলেন্টের ডোজ এবং pH এর সমন্বয় Jar Test করে নির্ধারণ করতে হয়।

কোয়াগুলেন্ট পদার্থগুলিকে দ্রুত পানিতে ছড়িয়ে পড়তে হয়, অন্যথায় উপরের বর্ণিত প্রতিক্রিয়াটি মূলত শুধু ডোজিং পয়েন্টগুলিতে ঘটে, যার ফলে কেবল স্থানীয় প্রভাব তৈরি হয়। দ্রুত মিশ্রণের জন্য, যান্ত্রিক মিক্সার বা হাইড্রলিক মুভমেন্ট ব্যবহার করা হয়। কোয়াগুলেন্ট পদার্থগুলিকে দ্রুত মিশ্রিত করার পরে, কণাগুলির মধ্যে বন্ধন সৃষ্টির সুযোগ বাড়িয়ে বড় বড় ফ্লক তৈরি করা হয়। এই কাজ ধীর গতিতে নাড়াচাড়া করে করা হয়। যদি নাড়াচাড়া খুব দ্রুত করা হয়, তবে এটি কণাগুলিকে একে অপরের সংস্পর্শে আশা সহজতর করবে তবে সহজেই ফ্লকগুলিকে ভেঙে ফেলতে পারে।

৫.১.৫.১ কোয়াগুলেন্টের প্রকারভেদ

পানি পরিশোধনে বিভিন্ন ধরনের কোয়াগুলেন্ট ব্যবহৃত হয়। তবে পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় সবচেয়ে সাধারণভাবে ব্যবহৃত কোয়াগুলেন্ট হলো Aluminum Sulfate (Alum) এবং Poly Aluminium Chloride (PAC)। Alum তুলনামূলকভাবে সস্তা এবং বাংলাদেশের পৌরসভা পর্যায়ে সাধারণত এটি ব্যবহৃত হয়। তবে কার্যকর কোয়াগুলেশনের জন্য এর pH এর সীমা খুব কম। অন্যদিকে, PAC তুলনামূলকভাবে ব্যয়বহুল এবং বাংলাদেশে সাধারণত ব্যবহৃত হয় না, তবে এটি বিস্তৃত pH পরিসরে কার্যকরভাবে কাজ করে (চিত্র ৫.৮)।



Aluminum sulfate (Alum)



Poly aluminium Chloride (PAC)

Property

1.Alum

- Chiemical formula: $Al_2(SO_4)_3$
- Color : Solid:white,
  Liquid : Colorless or transparent
- pH 3.4-3.8

2.PAC

- Chiemical formula:
  $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]m$
- Color : Solid:yellow orange
  Liquid : yellow orange
- pH3.5-4.0

চিত্র ৫.৮: কোয়াগুলেন্ট

Alum এবং PAC উভয়ই অ্যাসিডিক প্রকৃতির হওয়ায় এগুলি পানিতে প্রয়োগ করলে পানির pH মান কমে যায়। এই flocculant গুলি সর্বাধিক কার্যকরভাবে কাজ করে neutral (pH ৭) এর কাছাকাছি অবস্থায়।

সেক্ষেত্রে pH adjustment এর জন্য alkaline caustic soda (NaOH: Sodium hydroxide) ইনজেক্ট করা যেতে পারে, যা flocculation aid হিসেবে কাজ করে।

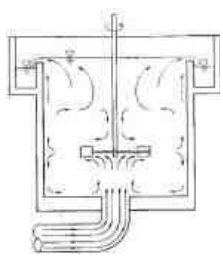
৫.১.৫.২ কোয়াগুলেন্ট মেশানোর পদ্ধতি (ফ্ল্যাশ মিক্সার)

কোয়াগুলেন্ট মেশানোর পদ্ধতি সাধারণত দুই প্রকারের হয়: (১) যান্ত্রিক মিক্সার ব্যবহার করে ঘূর্ণায়মান প্রবাহে (radial flow) মিশ্রণ, এবং পানির প্রবাহের সাথে মিশ্রণ। এর মধ্যে সবচেয়ে কার্যকর পদ্ধতি হলো হাইড্রলিক জাম্প (চিত্র ৫.৯)।

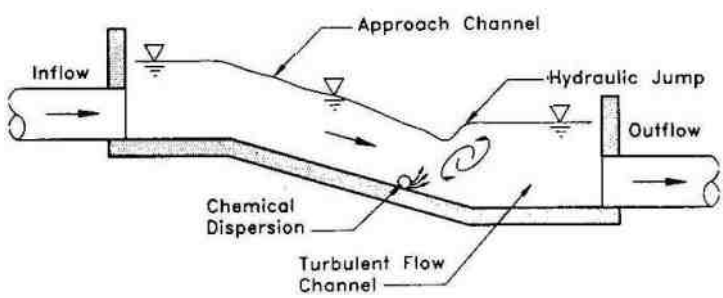
বাংলাদেশে সাধারণত পানির প্রবাহের সাথে মিশ্রণ পদ্ধতিই ব্যবহৃত হয়, যেমন :-

- পড়ন্ত পানির মাধ্যমে মিশ্রণ, অথবা
- পাইপের আউটলেট থেকে পানির প্রবাহের মধ্যে কোয়াগুলেন্ট ডোজিং করা।

এই ধরনের মেশানোর পদ্ধতি চিত্র ৫.১০-এ দেখানো হয়েছে।



(১) যান্ত্রিক মিক্সার ব্যবহার করে ঘূর্ণয়মান প্রবাহে (radial flow) মিশ্রণ



(২) হাইড্রলিক জাম্প ব্যবহার করে দ্রুত মেশানোর পদ্ধতি

চিত্র ৫.৯: দ্রুত মেশানোর পদ্ধতি (বায়ে: যান্ত্রিক, ডানে: পানির প্রবাহে)



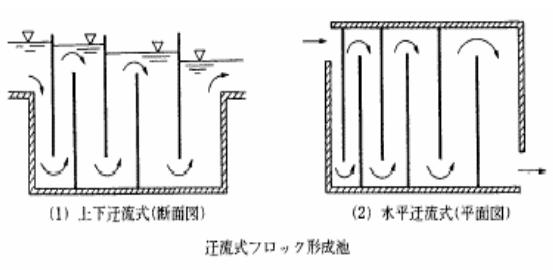
চিত্র ৫.১০: পানির প্রবাহের মাধ্যমে কোয়াগুলেন্ট ডোজিং ও মিশ্রণ পদ্ধতি

৫.১.৫.৩ ফ্লোকুলেশন পদ্ধতি ও এর অবকাঠামো

ফ্ল্যাশ মিক্সার থেকে কোয়াগুলেন্ট মিশ্রিত পানি ফ্লোকুলেশন বেসিনে প্রবেশ করে, যেখানে পানিকে ধীরে ধীরে নাড়া দেওয়া হয় যাতে ফ্লক তৈরি হয়। প্রথমে পানিকে তুলনামূলকভাবে জোরে নাড়া দেওয়া হয়, যাতে ভাসমান কণাগুলি দ্রুত একে অপরের সংস্পর্শে আসে এবং ছোট ছোট ফ্লক গঠিত হয়। এরপর ধীরে ধীরে নাড়ার গতি কমানো হয়, যাতে গঠিত ফ্লকগুলি ভেঙে না যায় কিন্তু ফ্লোকুলেশন প্রক্রিয়া বজায় থাকে।

ফ্লোকুলেশন বেসিন সাধারণত দুই প্রকার হতে পারে: (১) প্রবাহের ধরণ ও (২) প্যাডেলের ধরণ (চিত্র ৫.১১)।

প্রবাহের ধরণ-এ পানির প্রবাহপথে খাড়া (vertical) বা আড়াআড়ি (horizontal) প্লেট স্থাপন করা হয়। পানি এই আঁকাবাঁকা পথ দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় নাড়া খেয়ে ফ্লক তৈরি হয়। প্যাডেল ধরণ-এ ব্লেডযুক্ত প্যাডেল ধীরে ধীরে ঘুরে পানিকে নাড়া দেয় এবং ফ্লক তৈরি করে। বাংলাদেশে সাধারণত horizontal baffle plate type বেশি ব্যবহৃত হয়।

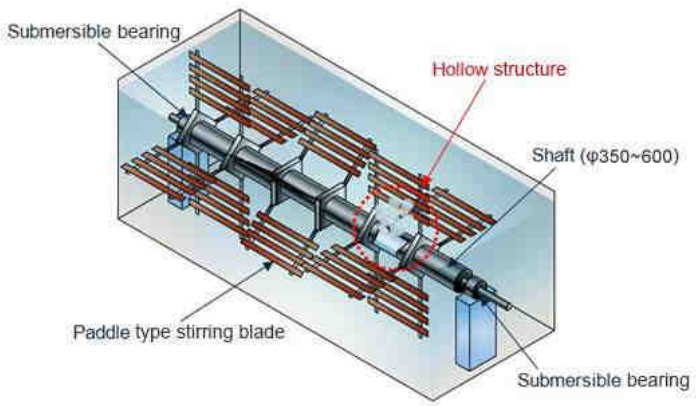


খাড়া বাফেল প্লেট পদ্ধতি



আড়াআড়ি বাফেল প্লেট পদ্ধতি





প্যাডেল টাইপ দ্বারা নাড়া দেওয়ার পদ্ধতি

চিত্র ৫.১১: ফ্লোকুলেশন বেসিনের ধরণ

ফ্লক গঠন এর অবস্থা চিত্র ৫.১২-এ দেখানো হয়েছে। এখানে: (১) নির্দেশ করে ফ্লোকুলেশন সফল হয় নাই, (২) নির্দেশ করে আংশিক ফ্লোকুলেশন সফল হয় নাই, এবং (৩) ও (৪) নির্দেশ করে ভাল ফ্লোকুলেশন। এই পর্যবেক্ষণ সাধারণত জার টেস্ট এর মাধ্যমে নির্ধারণ করা হয়।



চিত্র ৫.১২: ফ্লক গঠনের অবস্থা

৫.১.৫ ফ্লোকুলেশন

ফ্লোকুলেশন বেসিন থেকে ফ্লক যুক্ত পানি সেডিমেন্টেশন বেসিনে প্রবেশ করে। যেখানে ফ্লকগুলি থিতিয়ে (settle) পড়ে এবং উপরিভাগের পরিষ্কার পানি র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টারে প্রবাহিত হয়। সেডিমেন্টেশন বেসিন এর কার্যকারিতা বজায় রাখতে, জমা কাদামাটি (sludge) নিয়মিত অপসারণ করা প্রয়োজন। যদি কাদামাটি পরিষ্কার করা না হয়, তবে এটি পরবর্তী পরিশোধন পদ্ধতিতে চলে যেতে পারে। সাধারণভাবে, সেডিমেন্টেশন বেসিনে ৫০% থেকে ৯০% পর্যন্ত ভাসমান কণা অপসারিত হয়।

৫.১.৬.১ সেডিমেন্টেশন বেসিনের ধরণ

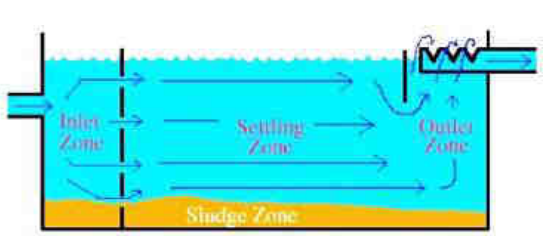
সেডিমেন্টেশন বেসিন সাধারণত দুটি আকারে বিভক্ত: ১) আয়তাকার, ও ২) বৃত্তাকার (চিত্র ৫.১৪ ও ৫.১৫)। বাংলাদেশে পৌরসভা পাইপবাহিত পানি সরবরাহে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই আয়তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিন ব্যবহৃত হয়।

➢ **আয়তাকার আকার**

কখনো কখনো ফ্লক থিতানোর সুবিধার জন্য এতে কাত করা প্লেট স্থাপন করা হয় (চিত্র ৫.১৫)। বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই যান্ত্রিক স্ক্র্যাপার ব্যবহার করা হয় না; বরং নিচের দিক দিয়ে পাইপের মাধ্যমে জমে থাকা কাদামাটি নির্গত করা হয়।

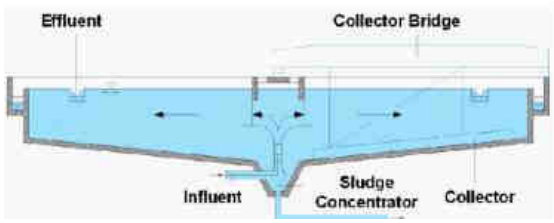
➢ **বৃত্তাকার আকার**

বৃত্তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিনের সুবিধা হলো, এখানে পানি ঘূর্ণায়মান প্রবাহে বাহিরের দিকে যেতে যেতে এর প্রবাহের গতিবেগ কমে যায়, ফলে থিতানোর যায়গা অনেক বেড়ে যায়। তবে এর গঠন ও পাইপিং ব্যবস্থা আয়তাকার আকারের চেয়ে তুলনামূলকভাবে জটিল। এছাড়া ভবিষ্যতে এর আকার বৃদ্ধি করা কঠিন হওয়ায় অধিকাংশ ক্ষেত্রে আয়তাকার বেসিন ব্যবহার করা হয়।



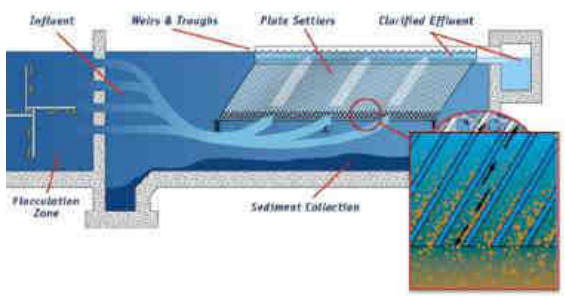


চিত্র ৫.১৩: আয়তাকার ধরণ





চিত্র ৫.১৪: বৃত্তাকার ধরণ





চিত্র ৫.১৫: হেলানো প্লেটযুক্ত আয়তাকার ধরণ

৫.১.৬.২ আয়তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিনের নকশা ও ধারণক্ষমতা

বাংলাদেশে বর্তমানে পৌরসভা পানি সরবরাহে শুধুমাত্র আয়তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিন ব্যবহৃত হচ্ছে। তাই এখানে আয়তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিন-এর নকশা ও ধারণক্ষমতা সম্পর্কে বর্ণনা করা হলো।

(১) সার্ফেস লোডিং (Vs)

সার্ফেস লোডিং (Vs) হলো পানি প্রবাহের হার (Q) কে সেডিমেন্টেশন বেসিনের আয়তন (A) দ্বারা ভাগ করলে যা পাওয়া যায়। এটিকে overflow rate-ও বলা হয়। একটি আদর্শ সেডিমেন্টেশন বেসিনে, যদি কোন কণার পড়ন্ত গতিবেগ (Vo) সার্ফেস লোডিং (Vs) এর চেয়ে বেশি হয়, তাহলে সেই কণাটি সম্পূর্ণরূপে (১০০%) বসে যাবে। এজন্য এটি সেডিমেন্টেশন বেসিনের একটি গুরুত্বপূর্ণ নকশার সূচক।

সূত্র:

$$Vs=Q/A$$

যেখানে,

Vs: সার্ফেস লোডিং ($m^3/day/m^2$)

Q: পানি প্রবাহের হার (m^3/day)

A : সেডিমেন্টেশন বেসিনের আয়তন(m^2)

Vo>Vs : অপসারনের হার ১০০%

Vo<Vs : অপসারনের হার Vo/Vs এর আনুপাতিক

Vo : কণার পড়ন্ত গতিবেগ

সুতরাং, সেডিমেন্টেশনের কার্যকারিতা বৃদ্ধি করতে হলে নিচের বিষয়গুলি বিবেচনা করা উচিতঃ

① প্রবাহের হার (Q) কমানো;

② সেডিমেন্টেশন বেসিনের আয়তন (A) বৃদ্ধি করা;

③ কণার পড়ন্ত গতিবেগ (Vo) বৃদ্ধি করা – অর্থাৎ কোয়াগুলেন্ট ব্যবহার করে বড় ফ্লক তৈরি করা।

(২) Weir loading (Ws)

Weir loading (Ws) হলো প্রবাহের হার (Q) কে weir length (L) দ্বারা ভাগ করলে যা পাওয়া যায়। যখন weir loading বৃদ্ধি পায়, তখন পানি বাহির হওয়ার গতিবেগ ও বৃদ্ধি পায়, ফলে উপরের দিকে প্রবাহের কারণে কিছু কাদামাটি (sludge) নির্গত হতে পারে।

সূত্র:

Ws: Q/L

যেখানে,

Ws = Weir loading (m^3/day/m)

Q = Inflow rate (m^3/day)

L = Weir length (m)

(৩) অন্যান্য

সেডিমেন্টেশন বেসিনের দৈর্ঘ্য এর প্রস্থের ৩-৮ গুণ। কার্যকর গভীরতা ৩ থেকে ৫ মিটার হওয়া উচিৎ এবং কাদামাটির জমার উচ্চতা ৩০ সেন্টিমিটার বা কিছু বেশি হওয়া উচিৎ। নকশার মানদন্ড এর সারাংশ টেবিল ৫.১ এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৫.১: আয়তাকার সেডিমেন্টেশন বেসিনের নকশার মানদন্ড

বিষয়	আদর্শ মান	কাত প্লেট সহ
Surface loading (Vs)$m^3/d/m^2$	৪০-৭০	৬০-১৮০
Weir loading (Ws)$m^3/d/m$	১৪০-৩২০	< ৩০০
দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের অনুপাত	৩-৮	৩-৮
কার্যকর গভীরতা মিটার	৩-৫	৩-৫

Source: Ministry of Health, Laboure and Welfare Japan, (2012)

৫.১.৭ র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার

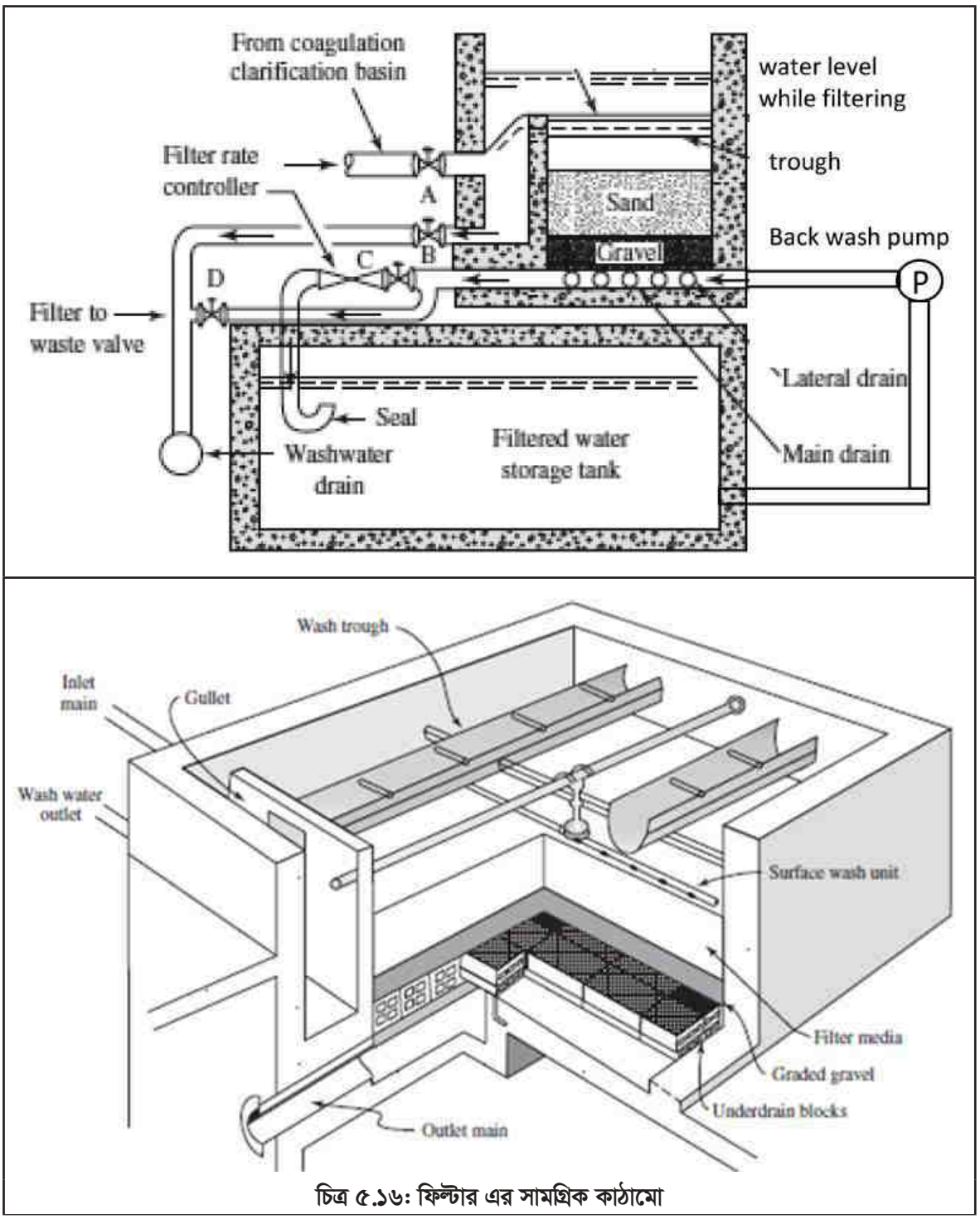
সেডিমেন্টেশন ট্যাংক থেকে প্রাপ্ত উপরিভাগের পরিষ্কার পানি (supernatant water) ফিল্ট্রেশন ট্যাংকে প্রবেশ করে। এখানে পানি ফিল্টার মিডিয়ার মাধ্যমে ছেঁকে পরিশোধিত হয়। ফিল্টারিং প্রক্রিয়ার পর পানিতে ক্লোরিনেশন ডোজিং করা হয়, এরপর পানি সরবরাহ লাইনের মাধ্যমে ভোক্তাদের নিকট সরবরাহ করা হয়।

পানি পরিশোধনের জন্য বিভিন্ন ধরনের ফিল্ট্রেশন পদ্ধতি আছে, যেমন:- প্রেশার ট্যাংক, আপ-ফ্লো এবং মাল্টি-লেয়ার ফিল্ট্রেশন পদ্ধতি, ইত্যাদি। তবে বাংলাদেশের অধিকাংশ ফিল্ট্রেশন পদ্ধতি হলো Down-flow, single-layer filtration।

৫.১.৭.১ ফিল্টারের গঠন

ফিল্টার এর সামগ্রিক কাঠামো চিত্র ৫.১৬-এ দেখানো হয়েছে। একটি র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার সাধারণত নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত:

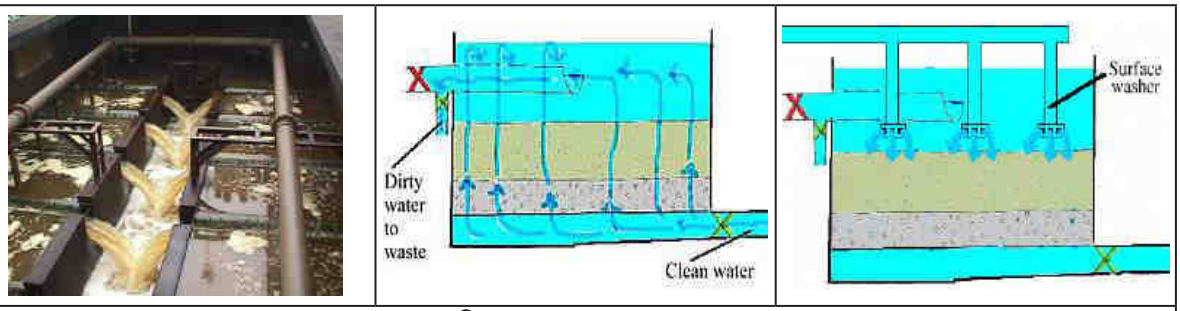
স্যান্ড লেয়ার- পানির ভাসমান কণা অপসারণের জন্য ব্যবহৃত হয়, **সাপোর্ট লেয়ার (গ্রাভেল)-** বালির স্তরকে ধরে রাখে, Lateral এবং main drain- ফিল্টার হওয়া পরিষ্কার পানি সংগ্রহ করে, Piping এবং valves- পানির প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে, Backwash pump- বালির স্তর পরিষ্কারের জন্য পানি পুনঃপ্রবাহ (backwash) সরবরাহ করে, ইত্যাদি।



চিত্র ৫.১৬: ফিল্টার এর সামগ্রিক কাঠামো

৫.১.৭.২ ব্যাকওয়াশ পদ্ধতি

যখন ফিল্টারিং প্রক্রিয়া চলতে থাকে, তখন ধীরে ধীরে স্যান্ড লেয়ার উপরে ভাসমান কণাগুলি জমে গিয়ে এটি বন্ধ হয়ে যায়। এই অবস্থায় বন্ধ ফিল্টারের কার্যকারিতা বাড়াতে নির্দিষ্ট বিরতিতে ব্যাক ওয়াশ করা হয়। এ সময় পাম্প দ্বারা পানি সাপোর্ট লেয়ার থেকে উল্টোদিকে (upward flow) চাপ দিয়ে পাঠানো হয়, যাতে জমে থাকা ময়লা ও ফ্লক অপসারিত হয়। ব্যাক ওয়াশ পানি উপরের ট্রাফ (trough) দিয়ে সংগ্রহ করে নিষ্কাশন করা হয়।



চিত্র ৫.১৭: ব্যাক ওয়াশ

তবে অনেক সময় স্যান্ড লেয়ার এর উপরিভাগে যে ভাসমান কণাগুলি জমে থাকে, তা শুধুমাত্র ব্যাক ওয়াশ দ্বারা সম্পূর্ণ পরিষ্কার যায় না। এই ক্ষেত্রে surface washing (চিত্র ৫.১৭, ডান দিক) বা air cleaning পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। বাংলাদেশে সাধারণত surface washing method-ই সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়।

৫.১.৭.৩ ফিল্টারের নকশা মানদন্ড

(১) ফিল্ট্রেশনের গতিবেগ

ফিল্ট্রেশনের গতিবেগ (Vf) হলো প্রবাহের হার (Q) কে ফিল্টারের আয়তন (A) দ্বারা ভাগ করলে যা পাওয়া যায়। এটি ফিল্টারের একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ নকশার সূচক। সাধারণভাবে, ফিল্ট্রেশন গতিবেগ ১২০-১৫০ মিটার/দিন হয়।

(২) ফিল্টার মিডিয়া (বালি)

সিলিকা বালি সাধারণত ফিল্টার মিডিয়া হিসেবে ব্যবহৃত হয়।বালির সাধারণ স্পেসিফিকেশন টেবিল ৫.২-এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৫.২: বালির সাধারণ স্পেসিফিকেশন

বিষয়	মানদন্ড
ইফেক্টিভ সাইজ মিলিমিটার	০.৪৫-০.৭০
ইউনিফর্ম কোফিসিয়েন্ট	১.৭ এর কম
স্পেসিফিক গ্র্যাভিটি	২.৫ এর বেশী
বালির লেয়ারের পূরুত্ব মিলিমিটার	৬০০-৭০০

(৩) অন্যান্য

সর্বাধিক ফিল্টার এর আয়তন: ১৫০ বর্গ মিটার। ব্যাক ওয়াশ প্রবাহ রেট ০.৬-০.৯ ঘনমিটার/মিনিট/বর্গমিটার এবং সার্ফেস ওয়াশ প্রবাহ রেট ০.১৫-০.২০ ঘনমিটার/মিনিট/বর্গমিটার।

৫.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৫.২.১ পরিচালনা সম্পর্কিত দিক

র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার একটি পানি পরিশোধনাগারের অন্যতম প্রধান ইউনিট। যদি অন্যান্য অবকাঠামো যেমন প্রাক-সেডিমেন্টেশন, কোয়াগুলেশন, ফ্লোকুলেশন, সেডিমেন্টেশন ইউনিটগুলি সঠিকভাবে কাজ না করে, তাহলে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার-ও মানসম্পন্ন পানি দিতে পারবে না। একইভাবে, র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার ইউনিটটিকেও নিয়মিত সঠিকভাবে চলতে হবে। অতএব, প্রতিদিন প্রতিটি ইউনিটের পরিচালন অবস্থা পর্যবেক্ষণ করা প্রয়োজন। নিম্নে গুরুত্বপূর্ণ যাচাইয়ের বিষয়গুলি দেওয়া হলো:

(১) শোধনাগারের পুরো এলাকা এবং এর সাথে জলাধার (ভূগর্ভস্থ পানি এবং ভূপৃষ্ঠস্থ পানি) সংরক্ষিত এলাকা হিসেবে চিহ্নিত করতে হবে;

(২) প্রাথমিক সেডিমেন্টেশন ট্যাঙ্ক (পুকুর) পরিদর্শন এবং পরীক্ষা করতে হবে যাতে কোনও মৃত প্রাণী/পাখি এবং অন্যান্য ময়লাবস্তু পানিকে দূষিত না করে;

(৩) ভূপৃষ্ঠের পানির ক্ষেত্রে জার টেষ্ট করতে হবে যাতে নিশ্চিত হওয়া যায় যে কোয়াগুলেন্ট সঠিক মাত্রায় আছে;

(৪) ফ্লোকুলেশন বেসিনে প্রত্যাশিতভাবে সব জায়গায় ভাল ফ্লক তৈরি হচ্ছে কিনা দেখতে হবে;

(৫) সেডিমেন্টেশন পদ্ধতির এবং ফ্লকগুলি ঠিক মত নিচে বসছে কিনা তা চোখে দেখে পর্যবেক্ষণ করতে হবে;

(৬) ফিল্টার বেডের পানির লেভেল বৃদ্ধি পর্যবেক্ষণ করে ফিল্টারের হেড লস পরীক্ষা করতে হবে;

(৭) র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টারের ফিলট্রেশনের পূর্বে ও পরের পানির ঘোলাটেভাব মাপতে হবে;

(৮) পরিশোধিত পানিতে ক্লোরিনেশন এর পরিমাণ পরীক্ষা করতে হবে।

৫.২.২ ত্রুটি নির্ণয় (Diagnosis)

৫.২.২.১ প্রাক-সেডিমেন্টেশনের ত্রুটি নির্ণয়

র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থায় পানির গুণগতমান নিয়ন্ত্রণের জন্য অন্তত নিম্নলিখিত যন্ত্রপাতি থাকা প্রয়োজন:
একটি টার্বিডিটি মিটার, একটি কোলরিমিটার, একটি রেসিডুয়াল ক্লোরিন মিটার এবং একটি pH মিটার।

প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরের কাজ হলো উচ্চ মাত্রার ঘোলাটেভাব বিশিষ্ট অপরিশোধিত পানি থেকে কোয়াগুলেন্ট যোগ না করেই পানির ঘোলাটেভাব কমানো, যাতে পরিশোধনাগারের পরবর্তী ইউনিটে পানি প্রবেশের আগে কিছুটা পরিশোধন ঘটে। যেহেতু কোয়াগুলেন্ট ছাড়া পানির ঘোলাটেভাব অনেকাংশে কমানো কঠিন, তাই প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরের প্রভাব সাধারণত সহায়ক (supplementary) হিসেবে কাজ করে। তবে বর্ষা মৌসুমে যখন অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব অস্বাভাবিকভাবে বৃদ্ধি পায়, তখন এটি কার্যকরভাবে কাজ করে।

(১) পানির গুণগতমান নিয়ন্ত্রণ (ঘোলাটেভাব)

পানির মান পানির গুণগতমানের প্যারামিটারগুলি পরিমাপ করে করা যায়।বাংলাদেশের খাবার পানির মানদন্ডে মোট ৫৫টি প্যারামিটার নির্ধারিত আছে এবং সরবরাহকৃত পানিকে সেই মানদন্ড পূরণ করতে হয়। তবে বাস্তব অবস্থায় সব প্যারামিটার পরীক্ষা করা সম্ভব নয়। সাধারণভাবে মনে করা হয়, পানির উৎস বা পরিশোধন প্রক্রিয়ায় বড় ধরনের দূষণ না ঘটলে অধিকাংশ প্যারামিটার স্বাভাবিকভাবে সন্তোষজনক থাকে। তাই বাস্তব ও কার্যকর পর্যবেক্ষণের জন্য সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ও ব্যবহারযোগ্য প্যারামিটারগুলি নিশ্চিত করাই যথাযথ। সেই ভিত্তিতে এই ম্যানুয়াল ঘোলাটেভাব নিয়ন্ত্রণে গুরুত্ব দিয়েছে।

১) ঝুঁকি (Risk):

প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুর থেকে বেশি ঘোলাটেভাব পরবর্তী পরিশোধন ধাপ (সেডিমেন্টেশন ও ফিল্ট্রেশন)-এর কার্যকারিতাকে জটিল করে তোলে। বর্ষা মৌসুমে ঘোলাটেভাব অনেক বেড়ে গিয়ে ১০০০ NTU-এরও বেশি হতে পারে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- আউটলেট এ ঘোলাটেভাব (পোর্টেবল মিটারের মাধ্যমে পরিমাপযোগ্য)
- প্রবাহ হার (রিটেনশন সময়)

পানির গুণগতমান মাপার সময় যদি দেখা যায় ডেটা মিটারের পরিমাপ সীমার বাইরে চলে যাচ্ছে, তবে নমুনা (sample) কে ডিস্টিল্ড পানি দিয়ে পাতলা (dilute) করতে হবে যাতে তা পরিমাপ সীমার মধ্যে আসে।

একটি পোর্টেবল মিটারের নমুনা চিত্র ৫.১৮-এ দেখানো হয়েছে।





চিত্র ৫.১৮ টারবিডিটি মিটার এবং মাঠ পর্যায়ে পরিমাপ করা

টিপস্: স্বচ্ছতা মিটার

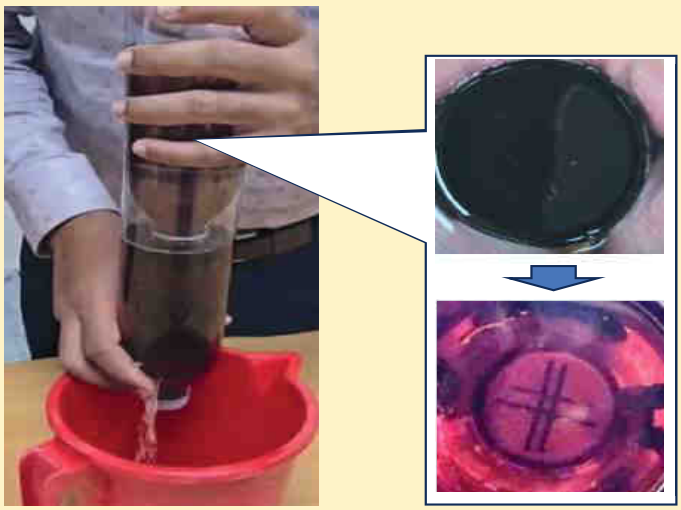
এই ম্যানুয়ালে ঘোলাটেভাব (Turbidity)-কে একটি সূচক হিসেবে ব্যবহার করে স্থাপনার অবস্থা নির্ণয়ের পদ্ধতি উপস্থাপন করা হয়েছে। তবে যন্ত্রপাতির অভাবে যদি ঘোলাটেভাবের তথ্য সংগ্রহ করা কঠিন হয়, তাহলে বিকল্প হিসেবে আংশিকভাবে "স্বচ্ছতা (Transparency)" সূচক ব্যবহার করা যেতে পারে। স্বচ্ছতা পানির আলোকগত পরিষ্কারত্ব বা দৃশ্যমানতার মাত্রা নির্দেশ করে। নিচে দেখানো পদ্ধতি অনুসরণ করে স্বচ্ছতা পরিমাপের জন্য একটি সহজ সরঞ্জাম তৈরি করা যেতে পারে।

কয়েকটি প্লাস্টিকের বোতল সংগ্রহ করে সেগুলোর নিচের অংশ কেটে ফেলতে হবে। এরপর বোতলগুলোকে উল্টো করে একটির সাথে আরেকটি সংযুক্ত করতে হবে এবং টেপ দিয়ে শক্তভাবে আটকাতে হবে। সবচেয়ে নিচের বোতলের তলায় প্রায় ১/৩ ইঞ্চি ব্যাসের একটি ছোট ছিদ্র করতে হবে। বোতলের ঢাকনার নিচের দিকে দুটি রেখা আঁকতে হবে, যাতে রেখা দুটি একে অপরকে অতিক্রম করে ক্রস চিহ্ন তৈরি করে।





এরপর বোতলের ভিতরে নমুনা পানি ঢালতে হবে। তারপর উপর থেকে তাকিয়ে আঙুল দিয়ে ছিদ্রটি খুলে ও বন্ধ করে ধীরে ধীরে পানি বের করতে হবে। যখন নিচের ক্রস চিহ্নটি পরিষ্কারভাবে দেখা যাবে, তখন ছিদ্রটি বন্ধ করে পানির স্তরের উচ্চতা মাপতে হবে।





(ডিপিএইচই PICMaC ইউটিউব চ্যানেল দেখুন:
https://www.youtube.com/@dphepicmac123)

নোট:

এই পদ্ধতিটি কেবল একটি বিকল্প সূচক হিসেবে ব্যবহৃত হয় এবং এটিকে সরাসরি টার্বিডিটির মানে রূপান্তর করা যায় না। তবে স্বচ্ছতার মাত্রা পরিমাপের মাধ্যমে, উদাহরণস্বরূপ, রাফিং ফিল্টার বা সেডিমেন্টেশন বেসিন সঠিকভাবে কাজ করছে কিনা তা ইনলেট ও আউটলেটের স্বচ্ছতার তুলনা করে যাচাই করা সম্ভব।

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

যখন প্রাক-সেডিমেন্টেশন বেসিনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব ১০০ NTU-এর বেশি হয়, তখন পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে।

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures):

- বর্ষা মৌসুমের আগে পুকুরে জমে থাকা কাদামাটি (sludge) অপসারণ করতে হবে;
- সেডিমেন্টেশন ত্বরান্বিত করতে কোয়াগুলেন্ট ডোজ করতে হবে;
- আউটলেটে ঘোলাটেভাব ১০০ NTU ছাড়িয়ে গেলে ফ্লোকুলেন্ট প্রয়োগ সহ অতিরিক্ত ব্যবস্থা নিতে হবে, যেমন ফ্লোকুলেন্ট প্রয়োগ করা;
- ইনটেক প্রবাহ হার কমাতে হবে, অর্থাৎ রিটেনশন সময় বৃদ্ধি করতে হবে।

(২) কাদামাটি জমা (Deposit of Sludge)

১) ঝুঁকি (Risk):

প্রাক-সেডিমেন্টেশন বেসিনে কাদামাটি জমে গেলে বেসিনের কার্যকর আয়তন কমে যায়। ফলে পানির রিটেনশন সময় হ্রাস পায় এবং সেডিমেন্টেশন দক্ষতা কমে যায়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- কাদামাটি জমার অবস্থা

কাদামাটি জমে সেডিমেন্টেশনের কার্যকারিতা কমায়। প্রাক-সেডিমেন্টেশন বেসিনে কাদামাটি জমে গেলে বেসিনের কার্যকর আয়তন কমে যায়। ফলে পানির রিটেনশন সময় হ্রাস পায় এবং সেডিমেন্টেশন দক্ষতা কমে যায়।

কাদামাটির অবস্থা যাচাই করতে নিম্নলিখিত জরিপ করা হয় (চিত্র ৫.১৯):

① পরিমাপ নেওয়ার পয়েন্ট নির্ধারণ করা:

প্রতি ৪,০০০ বর্গমিটার এলাকার জন্য ন্যূনতম ৬টি পয়েন্টে কাদামাটি পরিমাপ করতে হবে, সর্বাধিক ২৪টি পর্যন্ত। যদি পুকুর ৪,৫০০ বর্গমিটার এলাকার কম হয়, তবে কমপক্ষে ৮টি পয়েন্টে পরিমাপ করতে হবে। উদাহরণ চিত্র ৫.১৯ (বাম পাশে) দেখানো হয়েছে।

② পানির গভীরতা পরিমাপ করা:

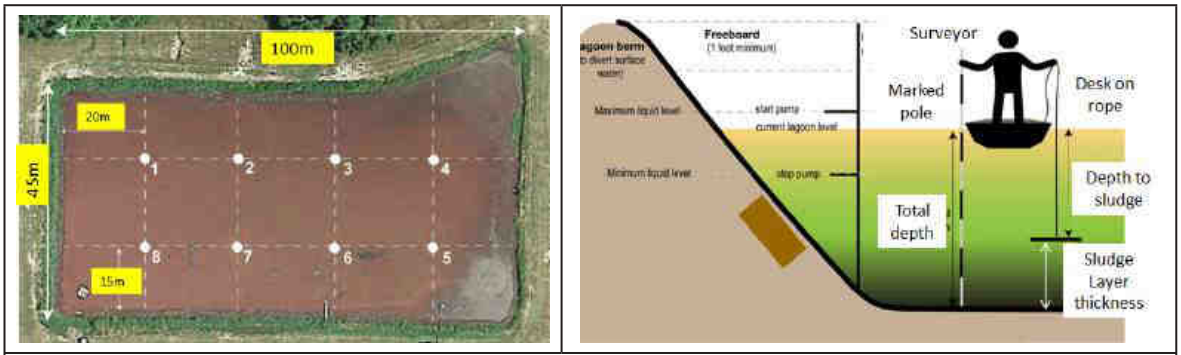
জরিপকারী নৌকায় উঠে নির্ধারিত পয়েন্টে যাবে। দাগ দেওয়া দন্ডটি (marked pole) পানিতে ডুবিয়ে মোট পানির গভীরতা (কাদামাটি সহ) পরিমাপ করতে হবে।

③ কাদামাটির গভীরতা পরিমাপ করা:

একইভাবে রশিতে বাঁধা একটি চাকতি পানিতে, পরিমাপের পয়েন্টে নামাতে হবে। চাকতিটি কাদামাটির উপর স্থির হলে রশির দৈর্ঘ্য মেপে কাদামাটির গভীরতা নির্ধারণ করতে হবে।

④ কাদামাটির স্তরের পুরুত্ব নির্ধারণ করা:

মোট পানির গভীরতা থেকে কাদামাটির গভীরতা বাদ দিলে কাদামাটির পুরুত্ব পাওয়া যাবে।



চিত্র ৫.১৯: কাদামাটির পুরুত্ব পরিমাপ করা

এই জরিপ সাধারণত শুষ্ক মৌসুমের শেষে করা হয়, যাতে বর্ষাকালে সম্ভাব্য কাদামাটি জমার প্রস্তুতি নেয়া যায়।

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

কাদামাটি জমার গভীরতা ও কার্যক্ষম অবস্থার নিশ্চিতকরণ টেবিল ৫.৩ অনুসারে করতে হবে।

টেবিল ৫.৩: প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরে কাদামাটি স্তরের গভীরতার অনুপাত এবং কার্যক্ষম অবস্থা

গভীরতার অনুপাত[১] (%)	কার্যক্ষম অবস্থা
১০	কাদামাটি অপসারণ প্রয়োজন নেই
৩০	কাদামাটি অপসারণের কাজ শুরু করতে হবে
৫০	কাদামাটি অপসারণ করা হয়েছে
৭০	পুকুরটি কাজ করছে না

১) প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরে কাদামাটির পুরুত্ব ও মোট গভীরতার অনুপাত

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

জমে থাকা কাদামাটি অপসারণ করতে হবে। বাংলাদেশে অধিকাংশ প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুর লাইনার ছাড়া খনন করা হয়, ফলে এগুলি পরিষ্কার করা কঠিন। এই ক্ষেত্রে কাদামাটি অপসারণের কাজের জন্য, প্রথমে পুকুরের পানি নিষ্কাশন করা হয়, তারপর ব্যাকহো বা শ্রমশক্তির সাহায্যে কাদামাটি অপসারণ করা হয় (চিত্র ৫.২০)। সাধারণত, প্রতি ১-২ বছর অন্তর অন্তর কাদামাটি অপসারণ করা হয়।



চিত্র ৫.২০: প্রাক-সেডিমেনস্টেশন পুকুরের কাদামাটি অপসারণ (ব্যাকহো যন্ত্র)

৫.২.২.২ রাফিং ফিল্টার

রাফিং ফিল্টারের কাজ হলো উচ্চ মাত্রার ঘোলাটেভাব বিশিষ্ট অপরিশোধিত পানি থেকে কোয়াগুলেন্ট যোগ না করেই পানির ঘোলাটেভাব কমানো, যাতে পরিশোধনাগারের পরবর্তী ইউনিটে পানি প্রবেশের আগে কিছুটা পরিশোধন ঘটে। যেহেতু কোয়াগুলেন্ট ছাড়া পানির ঘোলাটেভাব অনেকাংশে কমানো কঠিন, তাই রাফিং ফিল্টারের কার্যকারিতা সাধারণত সহায়ক (supplementary) হিসেবে কাজ করে। তবে বর্ষা মৌসুমে যখন অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব অস্বাভাবিকভাবে বৃদ্ধি পায়, তখন এটি কার্যকরভাবে কাজ করে। বাংলাদেশে ভূপৃষ্ঠস্থ পানি পরিশোধনাগারে প্রচলিত প্রাক-সেডিমেন্টেশন পুকুরের পরিবর্তে রাফিং ফিল্টার ব্যবহার করা হয়, যাতে পানিতে পলিমাটির লোড হ্রাস পায়। এর পরে পানি কোয়াগুলেশন, ফ্লোকুলেশন ও সেডিমেন্টেশন প্রক্রিয়ার মধ্য দিয়ে র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার ইউনিটে প্রবেশ করে।

১) ঝুঁকি (Risk):

ফিল্টার মিডিয়া বন্ধ হয়ে গেলে পানির প্রবাহ হার কমে যায় এবং আউটলেটে উচ্চ ঘোলাটেভাব দেখা দেয়, ফলে পানির উৎপাদন হ্রাস পায় এবং পরবর্তী পরিশোধন প্রক্রিয়াগুলি (sedimentation and filtration) চালনা করা কঠিন হয়ে পড়ে। অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব ফিল্টার মিডিয়া দ্রুত বন্ধ করে দেয়। বর্ষা মৌসুমে অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব অনেক সময় ১০০০ NTU ছাড়িয়ে যায়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- ইনলেট ও আউটলেট এ ঘোলাটেভাব (পোর্টেবল মিটারের মাধ্যমে পরিমাপযোগ্য)
- প্রবাহ হার (ফিল্ট্রেশন হার)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

- আউটলেটে ঘোলাটেভাব ১০০ NTU বা এর বেশি হলে বুঝতে হবে ফিল্ট্রেশনের মান খারাপ হয়েছে;
- যদি ইনলেটে ঘোলাটেভাব ৩০ NTU এর বেশি হয় এবং ফিল্ট্রেশন দক্ষতা< ০.৭ হয়, তবে এটি ফিল্ট্রেশন দক্ষতা হ্রাসের লক্ষণ।
  [ফিল্ট্রেশন দক্ষতা = (InletTurbidity−OutletTurbidity)/InletTurbidity]
- ফিল্ট্রেশন বেগ বা প্রবাহ হার প্রাথমিক অবস্থার তুলনায় কমে গেলে তা ফিল্টার মিডিয়া বন্ধ হওয়ার সংকেত দেয়।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

- **কাদামাটি অপসারণ:**

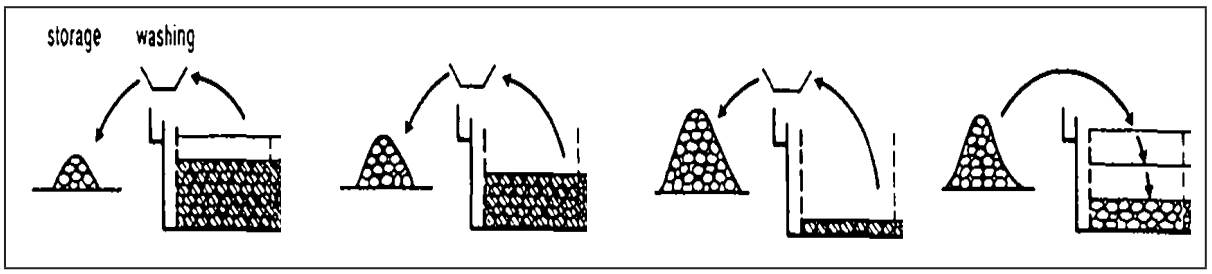
সমান্তরাল প্রবাহ টাইপের রাফিং ফিল্টারের বন্ধ (ক্লগিং) নির্ণয় করা কঠিন, তাই এটা নিয়মিত (periodic) পরিষ্কার করতে হবে।

ফিল্টার মিডিয়া পরিষ্কারকরণ: সমান্তরাল প্রবাহ টাইপের রাফিং ফিল্টারের বন্ধ (ক্লগিং) হাত দ্বারা পরিষ্কার এর জন্য উপযুক্ত। এই প্রক্রিয়া মূলত তিন ধাপে সম্পন্ন হয়: ① খনন (excavation), ② ধোয়া (washing), এবং

③ পুনঃস্থাপন (re-installation)।

পরিষ্কারের ধাপ:

- প্রথমে বেলচা ব্যবহার করে ফিল্টার মিডিয়া চেম্বার থেকে তুলে ফেলতে হবে (চিত্র ৫.২১);
- এরপর চালুনি ব্যবহার করে পানি দিয়ে ফিল্টার মিডিয়া ধুতে হবে (চিত্র ৫.২২);
- পরিষ্কার করা ফিল্টার মিডিয়া আবার রাফিং ফিল্টারে স্থাপন করতে হবে।



চিত্র ৫.২১: ফিল্টার মিডিয়া অপসারণ ও পুনঃস্থাপন



চিত্র ৫.২২: ফিল্টার মিডিয়া ধোয়ার জন্য চালুনির ব্যবহার

- **প্রবাহ হার নিয়ন্ত্রণ:**
  - যদি আউটলেটে NTU বেশি হয়, তাহলে সন্দেহ করা হয় যে ফিল্ট্রেশন গতিবেগ অতিরিক্ত। সে ক্ষেত্রে প্রবাহ হার কমিয়ে ০.৩-১.৫ মিটার/ঘণ্টা সীমার মধ্যে রাখতে হবে। বেগ যত কম, ফিল্টারের কার্যকারিতা তত বেশি।
  - অন্যদিকে, যদি অপরিশোধিত পানির গুণগতমানে উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন না ঘটে ও রাফিং ফিল্টারের ফিল্ট্রেশন বেগ বৃদ্ধি পায়, তাহলে ফিল্টার মিডিয়ার অবস্থা খারাপ হতে পারে। এই ক্ষেত্রে মিডিয়ার নমুনা সংগ্রহ করে এর আকার ও পৃষ্ঠের অবস্থা যাচাই করতে হবে। যদি মিডিয়া ক্ষতিগ্রস্থ হয়, এবং বাজেট অনুমোদন দেয়, তবে মিডিয়া পরিবর্তন করতে হবে।
  - ফিল্টার মিডিয়ায় ক্লগিং হলে ফিল্ট্রেশন বেগ হ্রাস পায় এবং উৎপাদন কমে যায়। এই পরিস্থিতিতে জমা কাদামাটি অপসারণ করতে ফিল্টার মিডিয়া পরিষ্কার করা অপরিহার্য; অন্যথায় ইনলেট থেকে পানি উপচে পড়তে পারে। যদি সময়মতো রাফিং ফিল্টার পরিষ্কার করা সম্ভব না হয়, তাহলে ইনফ্লো যতটা সম্ভব কমাতে হবে। তবে মনে রাখতে হবে যে এতে পানির উৎপাদন হ্রাস পাবে।

৫.২.২.৩ এ্যারেশন

১) ঝুঁকি (Risk):

এ্যারেশনের উদ্দেশ্য হলো বায়ু দ্বারা অক্সিডাইজেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে আর্সেনিক ও লোহাকে অদ্রবণীয় অবস্থায় রূপান্তর করা। যদি এ্যারেশন পর্যাপ্ত না হয়, তবে দ্রবীভূত লোহা ও আর্সেনিক ভাসমান কণায় (suspended particles) রূপান্তরিত হবে না, ফলে তাদের অপসারণ সম্ভব হবে না।

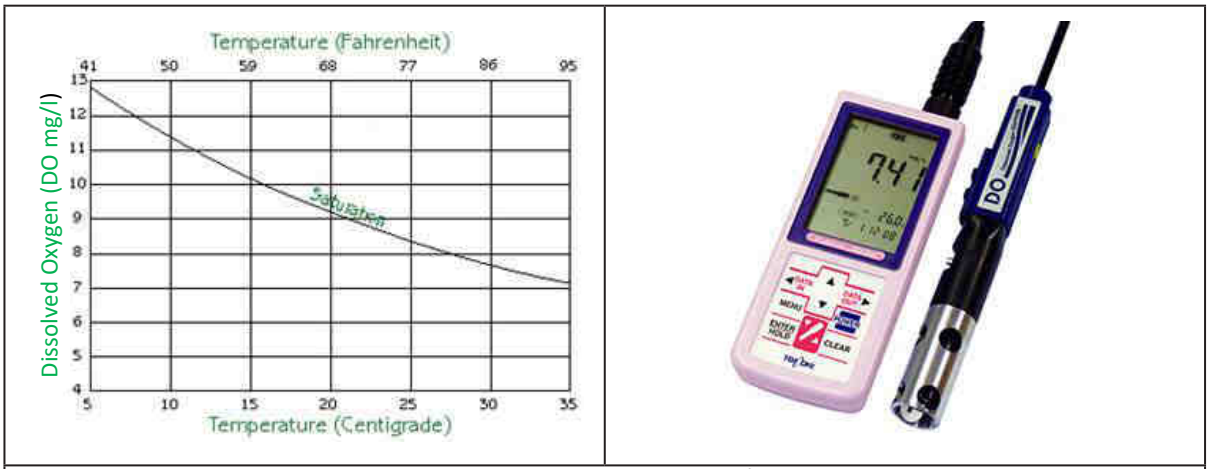
২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO)- mg/L
- দৃশ্যমান ঘোলাটেভাব

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

➢ ৪.০ মিলিগ্রাম/লিটার < DO

- যেহেতু ভূগর্ভস্থ পানি সাধারণত বায়ুর সংস্পর্শে আসে না, তাই DO সাধারণত শূন্য হয়। এ্যারেশনের মাধ্যমে DO বৃদ্ধি পায় এবং এ্যারেশনের পর DO পরিমাপ করতে হবে। DO-এর সম্পৃক্ত মান (saturated concentration) তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল (চিত্র ৫.২৩-এ দেখানো হয়েছে)। তবে, দীর্ঘ সময় এ্যারেশন করলেও সাধারণত DO সম্পৃক্ত মানে পৌঁছায় না, কারণ পানিতে যত বেশি দ্রবীভূত আয়ন থাকে, অক্সিজেন তত কম দ্রবীভূত হতে পারে। সাধারণভাবে, এ্যারেশনের মাধ্যমে সম্পৃক্ত DO-এর ৭০-৮০% অর্জিত হয়।



চিত্র ৫.২৩: সম্পৃক্ত DO ও তাপমাত্রার সম্পর্ক এবং DO মিটার

➢ দৃশ্যমান ঘোলাটেভাব

এ্যারেশনের পর যদি পানি ঘোলা হয়ে যায়, তাহলে এর অর্থ হচ্ছে পানিতে লোহা ও আর্সেনিক কণা ভাসমান অবস্থায় আছে (চিত্র ৫.২৪)। সাধারণভাবে ভূগর্ভস্থ পানিতে ভাসমান কঠিন পদার্থ থাকে না, এবং বায়ু অক্সিডাইজেশনের ফলে পানির ঘোলাটেভাবের পরিবর্তন দৃষ্টিগোচর হয়। অন্যদিকে, যদি এ্যারেশন যথেষ্ট না হয়, তবে ঘোলাটেভাব হবে না। এ ক্ষেত্রে DO পরীক্ষা করতে হবে এবং তা ৪.০ মিলিগ্রাম/লিটার এর উপরে থাকতে হবে। যদি DO ৪.০ মিলিগ্রাম/লিটার এর নিচে থাকে, তাহলে ধারণা করা যায় যে হয় এ্যারেশন অপর্যাপ্ত, অথবা লোহা ঘনত্ব এত কম যে দৃশ্যমান অক্সিডাইজেশন ঘটছে না।



চিত্র ৫.২৪: দৃশ্যমান ঘোলাটেভাব এ্যারেশনের আগে (বায়ে) ও পরে (ডানে)

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

যদি এ্যারেশন অপর্যাপ্ত বলে সন্দেহ হয়, তবে নিম্নলিখিত ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে:

① এ্যারেশন যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করতে হবে (চিত্র ৫.২৫);

② স্প্রে নোজলগুলি পরিষ্কার করতে হবে যাতে এ্যারেশনের প্রভাব যথাযথভাবে কাজ করে।



চিত্র ৫.২৫: এ্যারেশন যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করা

৫.২.২.৪ ফ্লোকুলেশন

(১) ডোজ রেট

১) ঝুঁকি (Risk):

কোয়াগুলেন্টের অনুপযুক্ত ডোজ রেটের কারণে সঠিক ফ্লক তৈরি হয় না, ফলস্বরূপ সেডিমেন্টেশনের কার্যকারিতা কমে যায় এবং সেডিমেন্টেশন ট্যাঙ্ক থেকে নির্গত পানিতে উচ্চ ঘোলাটেভাব দেখা দেয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

পানি উৎস অনুযায়ী ফ্লোকুলেশন বেসিনে নিম্নলিখিত তথ্যসমূহ প্রয়োজন হয়:

- ফ্লক গঠনের অবস্থা
- ডোজ রেট এবং ঘোলাটেভাব (মিলিগ্রাম/লিটার)
- অ্যালাম খরচ (কেজি/দিন)
- পিএইচ (pH)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

➢ ফ্লক গঠনের অবস্থা

ফ্লোকুলেশন ইউনিটের আউটলেটে ফ্লক গঠনের অবস্থা যাচাই করতে হবে। সাধারণত ফ্লোকুলেশন পরিস্থিতি তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়: ① সম্পূর্ণ ফ্লক গঠনে ব্যর্থতা (চিত্র ৫.২৬, ডানে), ② আংশিক ফ্লক গঠনে ব্যর্থতা (চিত্র ৫.২৬, মাঝখানে), ③ ভালো ফ্লক গঠন (চিত্র ৫.২৬, বাম পাশে)। (দ্রষ্টব্য "৫.১.৫")।

যদি একটানা এক সপ্তাহ বা তার বেশি সময় ধরে ফ্লোকুলেশন ব্যর্থতা বা আংশিক ব্যর্থতা দেখা যায়, যদিও জার টেস্ট (Jar Test) পরিচালনা করা হয়েছে এবং সেই ফলাফল অনুযায়ী প্ল্যান্ট চালানো হচ্ছে, তাহলে অনুমান করা যায় যে দৈনিক ডোজিং কার্যক্রম সঠিকভাবে সম্পাদিত হচ্ছে না।



চিত্র ৫.২৬ ফ্লোকুলেশন

➢ ডোজ রেট এবং ঘোলাটেভাব

সাধারণভাবে, স্বাভাবিক প্ল্যান্ট চালনায় অ্যালামের ডোজ রেট ২০-৬০ মিলিগ্রাম/লিটার এর মধ্যে থাকে। তবে, ডোজ রেট যদি:-

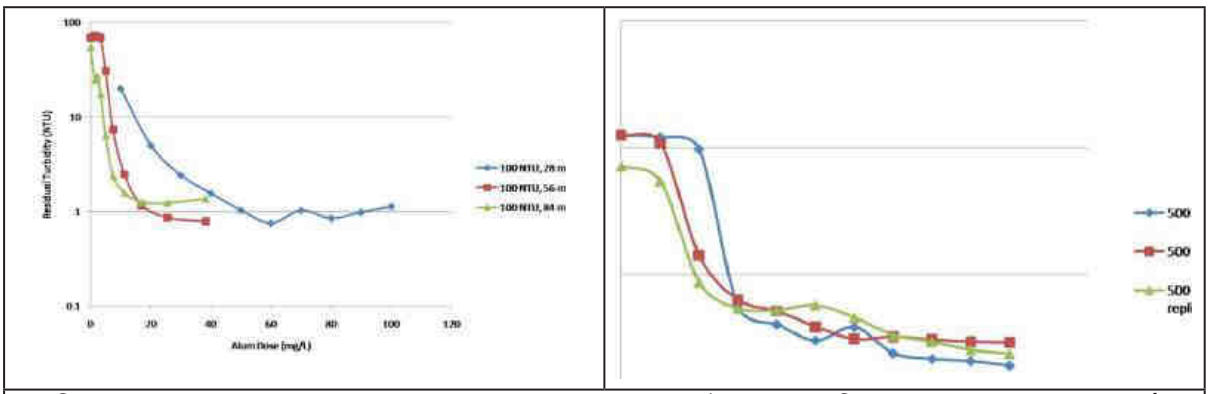
- ২০ মিলিগ্রাম/লিটার এর নিচে থাকে:

ফ্লোকুলেশন বেসিনের ইনলেটে ঘোলাটেভাব পরীক্ষা করতে হবে। যদি ইনলেটে ঘোলাটেভাব ২০ NTU এর নিচে হয়, তবে বড় কোনো সমস্যা নেই। কিন্তু যদি ইনলেটে ঘোলাটেভাব ২০ NTU এর উপরে হয়, তাহলে ফ্লোকুলেশন প্রক্রিয়ায় সমস্যা থাকতে পারে এবং নিচের করণীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

- ৬০ মিলিগ্রাম/লিটার এর উপরে থাকে:

ফ্লোকুলেশন বেসিনের ইনলেটে ঘোলাটেভাব পরীক্ষা করতে হবে। যদি ইনলেটে ঘোলাটেভাব ৫০০ NTU-এর উপরে হয়, তাহলে ডোজ রেট গ্রহণযোগ্য হতে পারে, তবে ফ্লক গঠন পর্যবেক্ষণ করে রেকর্ড রাখতে হবে। কিন্তু যদি ইনলেটে ঘোলাটেভাব ৫০০ NTU এর নিচে হয়, তবে এটি ওভারডোজ হতে পারে ফলে নিচের পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

একটি গবেষণা (Cornell University – Agua Clara Project, 2010) দেখিয়েছে যে ১০০ NTU এবং ৫০০ NTU ঘোলাটেভাবযুক্ত পানিতে অ্যালাম ডোজ রেটের পরিবর্তন অনুযায়ী অবশিষ্ট ঘোলাটেভাব (residual turbidity) কীভাবে পরিবর্তিত হয় (চিত্র ৫.২৭)। ফলাফল থেকে বোঝা যায়, কোয়াগুলেন্টের কার্যকারিতা ডোজ রেট ও ঘোলাটেভাবের উপর নির্ভর করে, এবং যখন পরিশোধনাগার এ ডোজ রেট উল্লিখিত স্বাভাবিক সীমার চেয়ে বেশি বা কম হয়, তবে জার টেস্টের মাধ্যমে অপ্টিমাল ডোজ রেট নিশ্চিত করতে হবে।



চিত্র ৫.২৭: ১০০ NTU (ডানে) এবং ৫০০ NTU (বামে) ঘোলাটেভাবযুক্ত পানিতে অ্যালাম ডোজ এর সম্পর্ক

➢ অ্যালাম খরচ

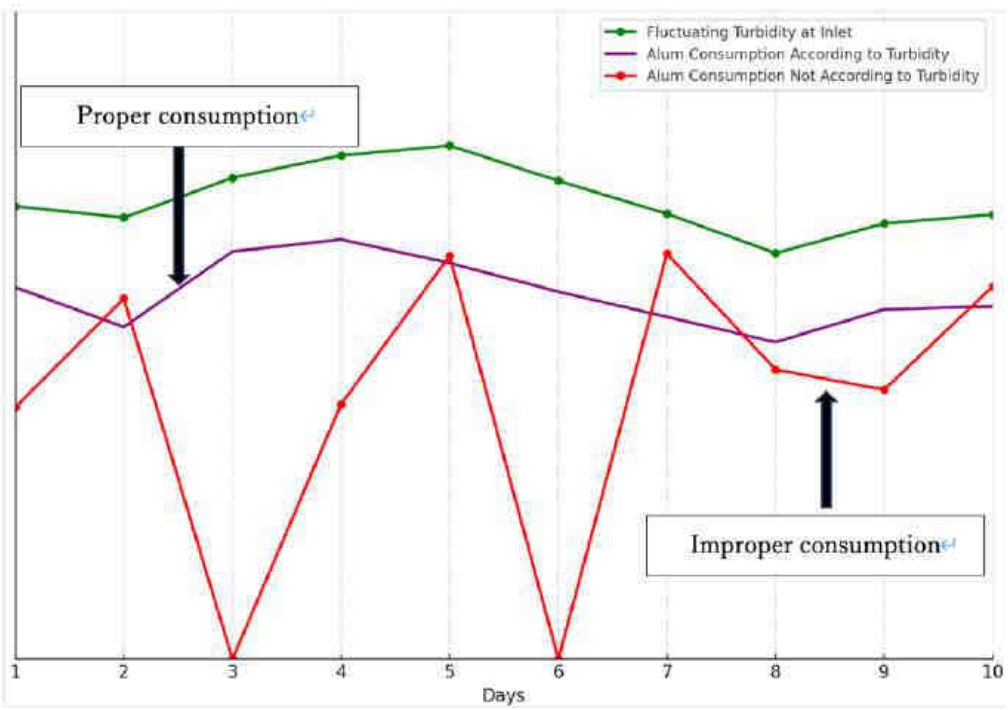
- দৈনিক খরচ:

যদি প্রতিদিন অ্যালাম খরচের রেকর্ড না থাকে, তাহলে এটি ক্রয়, অর্থনৈতিক অবস্থা, সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনা, ডোজিং সিস্টেম বা জনবলের সমস্যার ইঙ্গিত দিতে পারে।

- ঘোলাটেভাবের পরিবর্তনের সাথে সম্পর্ক:

যদি ফ্লোকুলেশন বেসিনের ইনলেটে ঘোলাটেভাবে উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন না ঘটে, অথচ অ্যালাম খরচ প্রতিদিন -৫০% থেকে +১০০% পর্যন্ত পরিবর্তিত হয় এবং এই পরিবর্তন অন্তত ৫ দিন ধরে অব্যাহত থাকে, তাহলে বোঝা যায় ডোজিং রেট যথাযথভাবে নিয়ন্ত্রিত হচ্ছে না। এ ক্ষেত্রে নিচের প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

অন্যদিকে, যদি ফ্লোকুলেশন বেসিনের ইনলেটে ঘোলাটেভাব প্রতিদিন পরিবর্তিত হয় এবং সেই অনুযায়ী অ্যালাম খরচও পরিবর্তিত হয়, তাহলে ধারণা করা যায় যে অ্যালাম সঠিক অনুপাতে ব্যবহার করা হচ্ছে (চিত্র ৫.২৮)।



চিত্র ৫.২৮: ঘোলাটেভাব ও অ্যালাম খরচ (কেজি/দিন) এর উদাহরণ

➢ পিএইচ (pH)

ফ্লোকুলেশন বেসিনের আউটলেটে পিএইচ প্রায় ৭.০ বজায় রাখতে হবে।

যদিও বাংলাদেশে খাবার পানির মানদন্ড অনুযায়ী পিএইচ ৬.৫-৮.৫ হওয়া প্রয়োজন এবং অ্যালাম ৮.৫ পিএইচ পর্যন্ত কার্যকর থাকে, তথাপি ফ্লোকুলেশনের কার্যকারিতার জন্য পানির পিএইচ ৬.৫-৭.৫ এর মধ্যে রাখার পরামর্শ দেওয়া হয়।

র‍্যাপিড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থায় পিএইচ সাধারণত নিচের দিকে (৬.৫-এর নিচে) চলে যাওয়ার সম্ভাবনা বেশি থাকে, উপরের দিকে (>৭.৫) এর চাইতে।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

➢ যদি দীর্ঘস্থায়ী ফ্লক গঠনে ব্যর্থতা দেখা যায়:

- জার টেস্ট (চিত্র ৫.২৯) পরিচালনা করে অপ্টিমাল ডোজ রেট নির্ধারণ করতে হবে এবং সেটি শোধনাগারের অপরিশোধিত পানিতে প্রয়োগ করতে হবে;
- যদি জার টেস্ট প্রতিদিন একবার করা হয়, তবে তা দিনে ৩ বার করার পরামর্শ দেওয়া হয়;
- যদি জার টেস্টের ফল অনুযায়ী ডোজ রেট সমন্বয় করেও ফ্লক গঠন দুর্বল থাকে, তবে মেজারিং সিলিন্ডার ও স্টপওয়াচ ব্যবহার করে অ্যালাম প্রবাহ হার ক্যালিব্রেট করতে হবে এবং ডোজিং যন্ত্রের ফ্লো রেট সমন্বয় করতে হবে। এছাড়া অ্যালাম দ্রবীভূতকরণ প্রক্রিয়া পুনঃমূল্যায়ন করে যাচাই করে দেখতে হবে যে অ্যালাম সঠিক মাত্রায় দ্রবীভূত হচ্ছে;
- অপারেটর সঠিকভাবে জার টেস্ট করতে পারছে কিনা তা রেকর্ড পর্যালোচনার মাধ্যমে যাচাই করতে হবে। প্রয়োজনে অপারেটরকে সহজ প্রশিক্ষণ দেওয়া যেতে পারে যদি জার টেস্ট না করা হয়।

➢ যদি ডোজ রেট বা অ্যালাম খরচ অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব পরিবর্তনের তুলনায় অস্বাভাবিকভাবে বেশি বা কম হয়:

- জার টেস্ট পরিচালনা করে নিশ্চিত হতে হবে ডোজ রেট অপ্টিমাইজড কিনা। যদি অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব এর তারতম্য থাকে সেক্ষেত্রে জার টেষ্টের সংখ্যা বাড়াতে হবে;
- মেজারিং সিলিন্ডার ও স্টপওয়াচ ব্যবহার করে ডোজিং পয়েন্টে অ্যালাম প্রবাহ হার ক্যালিব্রেট করতে হবে;
- ডোজিং পাইপগুলি পরিষ্কার করতে হবে যদি ডোজিং পয়েন্টে প্রকৃত প্রবাহ হার যন্ত্রে নির্ধারিত মানের সাথে না মেলে;
- অ্যালাম স্টোরেজ সঠিকভাবে ব্যবস্থাপনা হচ্ছে কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে (স্টক চেকলিস্ট ব্যবহার করা সহায়ক)। যদি ঘোলাটেভাব বা জার টেস্টের ফল অনুযায়ী অ্যালাম খরচ অস্বাভাবিকভাবে বেশি হয়, তাহলে স্টক ম্যানেজমেন্টে ভুল গণনা বা অপব্যবহার হতে পারে। এ ক্ষেত্রে স্টক রেকর্ড পুনঃপরীক্ষা ও অভ্যন্তরীণ তদারকি করার পরামর্শ দেওয়া হয়। ডিপিএইচই প্রয়োজনে কারিগরি সহায়তা দিতে পারে।

  যদি অ্যালাম ক্রয়ে আর্থিক বা সরবরাহজনিত সমস্যা থাকে, এবং পর্যাপ্ত অ্যালাম মজুদ রাখা কঠিন, সেক্ষেত্রে যতক্ষণ না ক্রয় সমস্যা সমাধান হয়, সে পর্যন্ত পানি প্রবাহ হার কমিয়ে এমন পর্যায়ে আনতে হবে যেখানে অ্যালাম ব্যবহার টেকসইভাবে বজায় রাখা যায়।

  যদি অ্যালাম সম্পূর্ণ শেষ হয়ে যায় এবং কোনো স্টক না থাকে, তবে ফিল্ট্রেশন বেসিনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব পরীক্ষা করতে হবে তা ১০ NTU এর নিচে আছে কিনা। তবে যদি তা ১০ NTU-এর উপরে হয়, তাহলে পরিশোধনাগার চালানো বন্ধ করতে হবে বা ব্যবহারকারীদের জানাতে হবে যে এটি জরুরি অবস্থা, এবং পানি শুধুমাত্র অন্যান্য কাজে (যেমন কাপড় ধোয়া, গোসল ইত্যাদি) ব্যবহারের জন্য উপযোগী।

- যদি পানির পিএইচ ৬.৫-এর নিচে থাকে, ফ্লোকুলেশনের আগে কস্টিক সোডা যোগ করতে হবে। প্রয়োজনীয় কস্টিক সোডার পরিমাণ নির্ধারণে অ্যালকালিনিটি পরীক্ষা সহায়ক হবে। পিএইচ ৮.৫-এর উপরে যাওয়া খুবই বিরল, কিন্তু যদি সেটা হয়, তাহলে কস্টিক সোডার অতিরিক্ত ডোজ আছে কিনা তা পর্যালোচনা করতে হবে এবং প্রয়োজনে অ্যালাম ডোজ রেট বৃদ্ধি করতে হবে।



চিত্র ৫.২৯: জার টেস্ট

(২) আলোড়ন শক্তি (Agitation Strength)

১) ঝুঁকি (Risk):

যদি আলোড়ন শক্তি (agitation strength) বা সময় পর্যাপ্ত না হয়, তবে জার টেস্টের মাধ্যমে সর্বোত্তম ডোজ রেট নির্ধারণ করা হলেও বাস্তব পরিচালনায় ফ্লক সঠিকভাবে তৈরি হয় না।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- ফ্লোকুলেশন বেসিনে ফ্লক গঠনের অবস্থা
- প্রবাহ হার (রিটেনশন সময়)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

- ফ্লোকুলেশন ইউনিটের আউটলেটে ফ্লক গঠনের অবস্থা যাচাই করতে হবে। ফ্লোকুলেশন অবস্থাকে সাধারণভাবে তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়: ① ফ্লক গঠনে ব্যর্থতা, ② আংশিক ফ্লক গঠনে ব্যর্থতা, ③ ভালো ফ্লক গঠন (দ্রষ্টব্য "৫.১.৫")। **যদি একটানা এক সপ্তাহ বা তার বেশি সময় ধরে ফ্লক গঠনে ব্যর্থতা বা আংশিক ব্যর্থতা দেখা যায়, যদিও জার টেস্ট পরিচালনা করা হয়েছে এবং ডোজ রেট ফলাফলের ভিত্তিতে সমন্বয় করা হয়েছে, তাহলে ধারণা করা যায় যে আলোড়ন শক্তি বা সময় পর্যাপ্ত নয়।** এ ক্ষেত্রে নিচের প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।
- অপারেশনের প্রবাহ হার প্রতিদিন রেকর্ড করা থাকলে, **ব্যর্থ ফ্লোকুলেশন চলাকালীন সময়ের প্রবাহ হার ও স্বাভাবিক সময়ের প্রবাহ হার তুলনা করতে হবে। যদি দেখা যায় প্রবাহ হারে পরিবর্তন ঘটেছে, তবে তা ফ্লোকুলেশন প্রক্রিয়ার ওপর প্রভাব ফেলতে পারে** এবং সে অনুযায়ী প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা নিতে হবে। অন্যথায়, যদি প্রবাহ হার অপরিবর্তিত থাকে, তবে ফ্লোকুলেশনের সমস্যাটি প্রবাহ হার এর সংগে সম্পর্কযুক্ত নয়।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

সঠিক ফ্লোকুলেশনের জন্য যথেষ্ট আলোড়ন শক্তি ও সময় অপরিহার্য।

- প্যাডেল টাইপ এর ক্ষেত্রে:

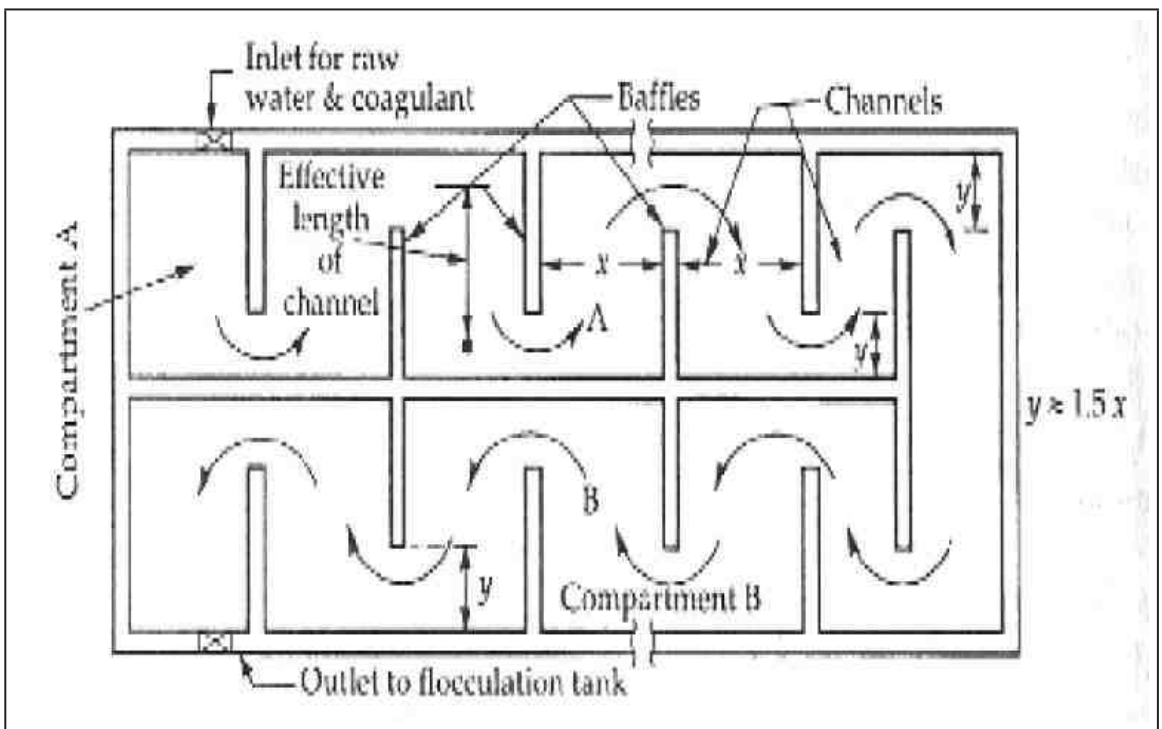
  আলোড়ন শক্তি, মোটরের গতি পরিবর্তনের মাধ্যমে সহজেই নিয়ন্ত্রণ করা যায়। অত্যধিক বা অল্প শক্তি উভয় অবস্থাতেই ফ্লক গঠন ব্যর্থ হতে পারে, তাই মোটরের গতি ধীরে ও দ্রুত উভয়ভাবে চালনা করে এমন একটি ভারসাম্য অবস্থা নির্ধারণ করতে হবে যেখানে বড় ও জমাট ফ্লক তৈরি হয়। তবে, সাধারণভাবে, বেশি শক্তিশালী আলোড়ন ফ্লক গঠনে ভাল কার্যকর হয়, তাই প্রথমে আলোড়ন বৃদ্ধি করার পরামর্শ দেওয়া হয়।

- বাফল প্লেট টাইপ এর ক্ষেত্রে:

  এই ক্ষেত্রে প্লেটের অবস্থান পরিবর্তন করতে হয় (চিত্র ৫.৩০ অনুযায়ী x এবং y পরিবর্তন করে। এর জন্য অস্থায়ীভাবে চালানো বন্ধ করে বেসিন পরিষ্কার করতে হবে। পানি নিষ্কাশন করে ভেতরের অংশ, বিশেষ করে তলানির কাদামাটি অপসারণ করতে হবে)।

- যদি প্রবাহ হার ফ্লোকুলেশনের অবনতির কারণ হয়ে থাকে:

  প্রবাহ হার কমিয়ে এমন পর্যায়ে আনতে হবে যাতে ফ্লোকুলেশন সফল হয়। যদি কোনো কারণে প্রবাহ হার কমানো সম্ভব না হয়, তবে ফিল্ট্রেশন বেসিনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব পরীক্ষা করে দেখতে হবে যে এটা ১০ NTU-এর নিচে আছে কিনা। তবে যদি তা ১০ NTU-এর উপরে হয়, তাহলে পরিশোধনাগার চালানো বন্ধ করতে হবে বা ব্যবহারকারীদের জানাতে হবে যে এটি জরুরি অবস্থা, এবং পানি শুধুমাত্র অন্যান্য কাজে (যেমন কাপড় ধোয়া, গোসল ইত্যাদি) ব্যবহারের জন্য উপযোগী।



চিত্র ৫.৩০ বাফল প্লেট ধরনের ফ্লোকুলেটরে আলোড়ন শক্তি পরিবর্তন

৫.২.২.৫ সেডিমেন্টেশন

(১) পানির গুণাগুণ (ঘোলাটেভাব)

সেডিমেন্টেশন বেসিনের পরিচালনার অবস্থা চিত্র ৫.৩১ এ দেখানো হয়েছে। কাঙ্খিত পরিচালনার অবস্থা চিত্র ৫.৩১ এর বাম দিকে দেখানো হয়েছে, যেখানে সেডিমেন্টেশন আউটলেটে ঘোলাটেভাব ২ NTU এর কম থাকে।



চিত্র ৫.৩১: সেডিমেন্টেশন বেসিন (বামে: উপযোগী, ডানে: অনুপোযোগী)

১) ঝুঁকি (Risk):

সেডিমেন্টেশন বেসিনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব ও রং বেশি হলে, তা এর পরবর্তী ধাপ, ফিল্ট্রেশন ইউনিটে অতিরিক্ত লোড সৃষ্টি করে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

পানির উৎস অনুযায়ী সেডিমেন্টেশন বেসিনে নিম্নলিখিত তথ্য সংগ্রহ করা প্রয়োজনঃ

- ঘোলাটেভাব
- সারফেস লোডিং ($m^3/d/m^2$ বা m/d)
- ওভারফ্লো উইয়ার লোডিং (Overflow Weir Loading)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

➢ ঘোলাটেভাব:

সেডিমেন্টেশন বেসিনের আউটলেটের জন্য ঘোলাটেভাবের লক্ষ্যমান টেবিল ৫.৪-এ দেখানো হয়েছে। ন্যূনতমভাবে, ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর নিচে রাখতে হবে।

টেবিল ৫.৪: ঘোলাটেভাবের লক্ষ্যমান

আউটলেটের ঘোলাটেভাব	অবস্থা
২<	লক্ষ্য মান
৫	আদর্শ মান
১০	নূনতম গ্রহণযোগ্য মান

➢ সারফেস লোডিং ও উইয়ার লোডিং:

সাধারণ ও কাতকরা প্লেটযুক্ত সেডিমেন্টেশন বেসিনের সারফেস ও উইয়ার লোডিং টেবিল ৫.৫-এ দেখানো হয়েছে। যদি আউটলেটে ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর বেশি হয়, তবে সারফেস ও উইয়ার লোডিং ডিজাইন সীমা অতিক্রম করেছে কি না তা যাচাই করতে হবে।

টেবিল ৫.৫: সারফেস ও উইয়ার (Weir) লোডিং

বিষয়	সাধারণ	কাতকরা প্লেটযুক্ত
সারফেস লোডিং (Vs)$m^3/d/m^2$	৪০-৭০	৬০-৮০
উইয়ার (Weir) লোডিং (Ws)$m^3/d/m$	১৪০-৩২০	< ৩০০

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

➢ যদি আউটলেটে ঘোলাটেভাব বেশি হয় (১০ NTU এনটিইউ-এর নিচে না থাকে, বা পূর্বের দৈনিক তথ্যের চেয়ে বেশি হয়) এবং

① ফ্লক তৈরি না হয়;

তবে সমস্যাটি ফ্লোকুলেশন এর হতে পারে। "৫.২.৪ ফ্লোকুলেশন" অংশটি দেখুন।

② ফ্লক ভালোভাবে তৈরি হয়;

সেক্ষেত্রে প্রবাহ হার কমাতে হবে।

➢ যদি সারফেস/উইয়ার লোডিং টেবিল ৫.৬-এ বর্ণিত মান অতিক্রম করে, তবে প্রবাহ হার কমিয়ে ডিজাইন সীমার মধ্যে আনতে হবে।

(২) কাদামাটি জমা

১) ঝুঁকি (Risk):

সেডিমেন্টেশন বেসিনে যদি অতিরিক্ত কাদামাটি জমে যায়, তবে শর্ট সার্কিট বা ডেনসিটি কারেন্ট তৈরি হয়, যা কাদামাটিকে ঘুরিয়ে উপরে তুলে দেয়। এর ফলে অতিরিক্ত ও অপ্রত্যাশিত লোড স্যান্ড ফিল্টারে চলে আসে।

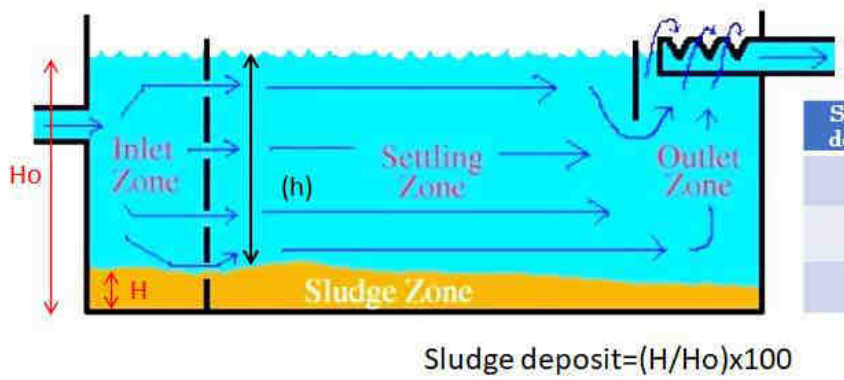
২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

➢ সেডিমেন্টেশন বেসিনে কাদামাটি-পানির ইন্টারফেস।

যদি পানি পরিষ্কার থাকে এবং চিত্র ৫.৩২-এ দেখানো কাদামাটি-পানির ইন্টারফেস (h) দৃশ্যমান হয়, তাহলে কয়েকটি স্থানে মাপ নিয়ে আনুমানিকভাবে মোট কাদামাটি জমার হার নির্ধারণ করতে হবে। যদি ঘোলাটেভাব বেশি হয় এবং ইন্টারফেস উপর থেকে দৃশ্যমান না হয়, তবে একটি কাদামাটি-পানির ইন্টারফেস মিটার ব্যবহার করে এর পরিমাপ করতে হবে।

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

সেডিমেন্টেশন বেসিনে জমা হওয়া কাদামাটি নিষ্কাশনের আনুমানিক নির্দেশনা চিত্র ৫.৩২-এ দেখানো হয়েছে।



Sludge deposit	Discharge
10%	No need removal of sludge
30%	To start removal of sludge
50%	Need for removal of sludge

Sludge deposit=(H/Ho)x100

চিত্র ৫.৩২: কাদামাটি নিষ্কাশন

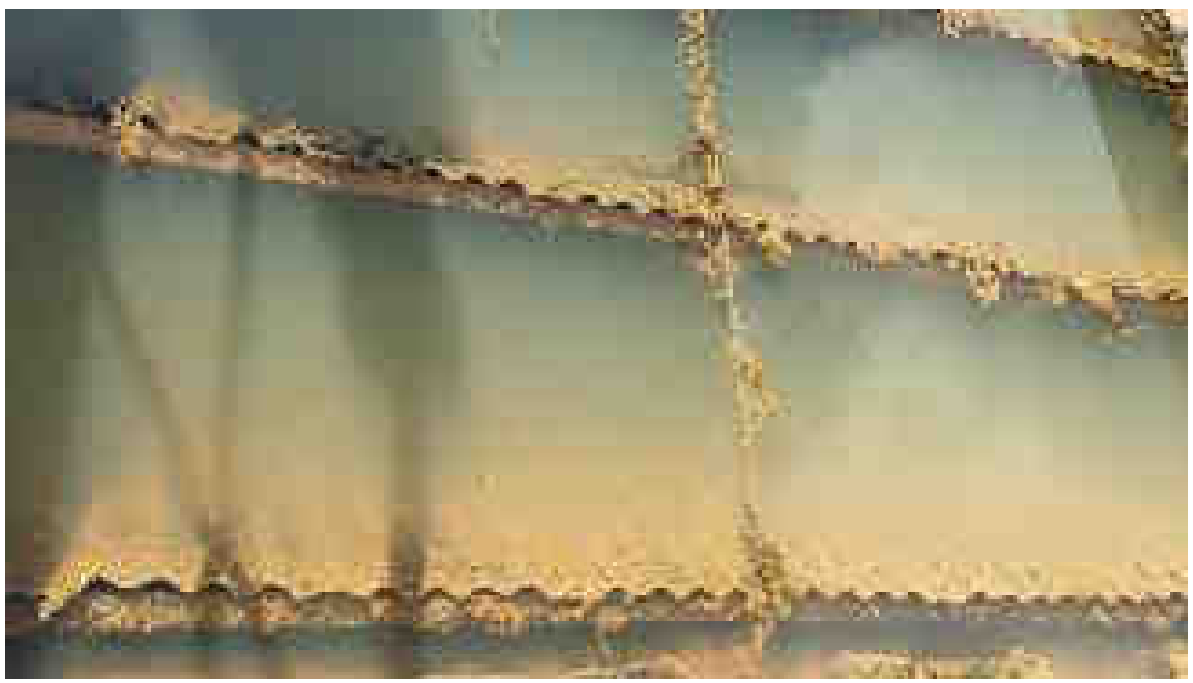
৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

➢ জমা কাদামাটি নিষ্কাশন

কাদামাটি যত কম থাকে, সেডিমেন্টেশন বেসিন তত বেশি কার্যকরভাবে কাজ করে এবং সেডিমেন্টেশন এর পরে পরিষ্কার পানি পাওয়া যায়। কিছু কাদামাটি জমার পর তা নিষ্কাশন করা উচিৎ। কাদামাটি জমার হার ৩০% পৌঁছালে নিষ্কাশনের পরিকল্পনা শুরু করা উচিত, এবং ৫০%-জমা হওয়ার আগেই কাদামাটি অপসারণ সম্পন্ন করা উচিত। সাধারনত নিয়মিত কাদামাটি নিষ্কাশন করার পরামর্শ দেওয়া হয়।

➢ কাত করা প্লেট পরিষ্কার

যদি কাত করা প্লেট (চিত্র ৫.১৩ ও ৫.১৫) এ কাদামাটি জমে যায়, তাহলে সেডিমেন্টেশনের কার্যকারিতা কমে যায়। তাই এই প্লেটগুলিও নিয়মিত পরিষ্কার করতে হবে (চিত্র ৫.৩৩)। এক্ষেত্রেও সাধারনত নিয়মিত পরিষ্কার করার পরামর্শ দেওয়া হয়।



চিত্র ৫.৩৩: কাদামাটি জমা সহ হেলানো প্লেট

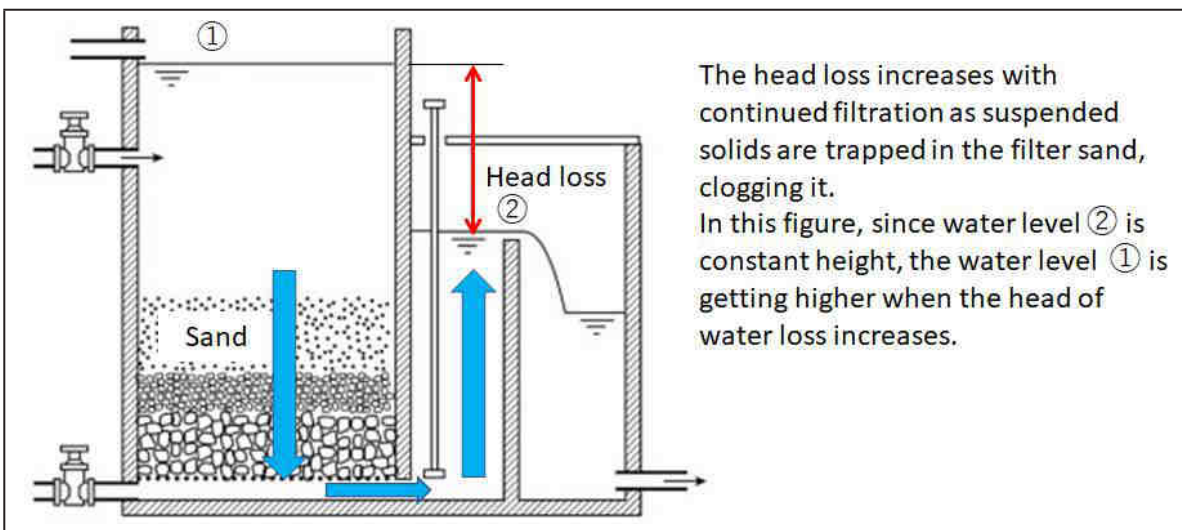
৫.২.২.৬ র‍্যাপিড ফিল্ট্রেশন

(১) পানির গুণাগুণ (ঘোলাটেভাব, pH, রং)

ফিল্টারের পরিচালনা চিত্র ৫.৩৪-এ দেখানো হয়েছে। ফিল্টার চলতে থাকলে সময়ের সাথে সাথে ফিল্টারের বালি বন্ধ হতে থাকে। এতে ইনলেটে প্রবাহের গতিবেগ ফিল্ট্রেশনের গতিবেগের চেয়ে বেশি হতে থাকে। ফলে পানির লেভেল বাড়তে থাকে। সাধারণভাবে, যখন হেড লস ১-২ মিটার হয় (চিত্র ৫.৩৫), তখন র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার ব্যাকওয়াশ করতে হয়।



চিত্র ৫.৩৪: ফিল্টারের পরিচালনা



চিত্র ৫.৩৫: ফিল্টারের হেড লস

১) ঝুঁকি (Risk):

ফিল্ট্রেশন হলো ভৌত পরিশোধনের চূড়ান্ত ধাপ যেখানে পানির গুণাগুণ ক্লোরিন এবং জীবাণুজনিত উপাদান ব্যতীত প্রায় সকল খাবার পানির গুণগত মানদন্ডে (Drinking Water Quality Standard) পৌঁছাতে হয়। বাংলাদেশে মোট ৫৫টি প্যারামিটারের মানদন্ড নির্ধারিত আছে। তবে প্রতিদিন সবগুলি প্যারামিটার পরিমাপ করা বাস্তবসম্মত নয়, তাই সাধারণত নদীর পানির ক্ষেত্রে ঘোলাটেভাব, রং, এবং pH এবং টিউবওয়েল পানির ক্ষেত্রে ঘোলাটেভাব, রং, pH, আর্সেনিক ও আয়রন পর্যবেক্ষণ করা হয়।

যখন পানিতে ভাসমান পদার্থ থাকে, সেটা জীবাণু ও অন্যান্য পদার্থকে আড়াল করে রাখে। ফলে কার্যতঃ, পানির ঘোলাটেভাব পরিমাপই সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- ফ্লো রেট
- ঘোলাটেভাব (সম্ভব হলে pH, রং, আর্সেনিক ও আয়রন [টিউবওয়েলের ক্ষেত্রে])

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

- ফিল্ট্রেশন গতিবেগ ১৫০ মিটার/দিন-এর নিচে রাখতে হবে।
- ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর কম (লক্ষ্যমাত্রা ২ NTU এর নিচে)।
- প্রতি ত্রৈমাসিকে একবার প্রয়োজনীয় খাবার পানির প্যারামিটারগুলি পরীক্ষা করে নিশ্চিত করতে হবে যে তা মানদন্ড পূরণ করে।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

- যদি ফিল্ট্রেশন গতিবেগ ১৫০ মিটার/দিন এর বেশি হয়, তাহলে তা উপযুক্ত সীমার বাইরে এবং পানির গুণগতমান খারাপ হতে পারে; সেক্ষেত্রে গতিবেগ ১৫০ মিটার/দিন এর চেয়ে কমিয়ে আনতে হবে।
- যদি ফিল্টার পরবর্তী ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর বেশি হয়, তাহলে ফিল্ট্রেশন গতিবেগ কমিয়ে পর্যবেক্ষণ করতে হবে ঘোলাটেভাব হ্রাস পায় কিনা।
- র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার মূলত ঘোলাটেভাব অপসারণ করে। যদি অন্যান্য উপাদান মানদন্ড পূরণ না করে, তবে কারণ শনাক্ত করে সেই অনুযায়ী ব্যবস্থা নিতে হবে (দ্রষ্টব্য: "৫.২.২.৩" ও "৫.২.২.৪")।

উচ্চ ঘোলাটেভাব এর অন্যান্য কারণ হতে পারে বালির গুণগতমানের অবনতি বা বালির পুরুত্ব কমে যাওয়া। প্রয়োজনে নতুন বালি যোগ বা প্রতিস্থাপন করতে হবে।

(২) ব্যাকওয়াশ

১) ঝুঁকি (Risk):

যথাযথ ব্যাকওয়াশ না হলে ফিল্টারকৃত পানি গুণগতমানের পাওয়া যাবে না, ফিল্টার আটকে যাওয়ায় উৎপাদন ক্ষমতা কমে যায়। অপরদিকে, অতিরিক্ত সময় ব্যাকওয়াশ করলে পরিষ্কার পানির অপচয় হয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- ব্যাকওয়াশ পানির ঘোলাটেভাব
- হেড লস
- ব্যাকওয়াশ ফ্লো রেট
- সারফেস ওয়াশ ফ্লো রেট
- ব্যাকওয়াশ সময়কাল
- ব্যাকওয়াশের ফ্রিকোয়েন্সি
- ফিল্টার পৃষ্ঠে ব্যাকওয়াশ প্রবাহের সমতা (Uniformity)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

ব্যাকওয়াশ যাচাইয়ের নির্দেশক টেবিল ৫.৬-এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৫.৬: ব্যাকওয়াশ যাচাইয়ের নির্দেশক

বিষয়	মাত্রা
ব্যাকওয়াশ পানির ঘোলাটেভাব	খালিচোখে দেখা (যদি ব্যাকওয়াশ শুরুর ২-৩ মিনিটের মধ্যে ঘোলাটেভাব বৃদ্ধি না পায় অথবা ব্যাকওয়াশ চলাকালে ঘোলাটেভাব না কমে এতে ধরে নেওয়া হয় এটা অস্বাভাবিক)।
ব্যাকওয়াশ শুরুর জন্য হেড লস	২ মিটারের বেশি
ব্যাকওয়াশ ফ্লো রেট	০.৬-০.৯ ঘ:মি:/মিনিট/বর্গ মিটার
সারফেস ওয়াশ ফ্লো রেট	০.১৫-০.২০ ঘ:মি:/মিনিট/বর্গ মিটার
ব্যাকওয়াশ সময়কাল	৪-৬ মিনিট
ব্যাকওয়াশের ফ্রিকোয়েন্সি	প্রতি ১-৩ দিন পর পর
ফিল্টার পৃষ্ঠে ব্যাকওয়াশ প্রবাহের সমতা (Uniformity)	ফিল্টার পৃষ্ঠে সমান, কোন জমাট দেখা যাবে না।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

যদি টেবিল ৫.৬-এর মানের বাইরে থাকে, তবে তা সমন্বয় করতে হবে। যখন ব্যাকওয়াশ ও সারফেস ফ্লো রেট সম্পর্কযুক্ত হয় না, তখন পাইপলাইন ও পাম্প পরীক্ষা করতে হবে। যদি ব্যাকওয়াশ প্রবাহ ফিল্টার পৃষ্ঠে সমানভাবে না হয়, তাহলে স্ট্রেইনার (Strainer) পরীক্ষা করতে হবে।

৫.৩ স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৫.৭ হলো র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন এর সমস্যা সমাধানের একটি তালিকা। সাইটে সনাক্ত হওয়া ঘটনা অনুসারে, কারণগুলি চিহ্নিত করা হবে এবং যথাযথ ব্যবস্থা নেওয়া হবে।

টেবিল ৫.৭: র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার সমস্যা সমাধান

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
প্রাক-সেডিমেন্টেশন/ রাফিং ফিল্টারের আউটলেটে উচ্চ ঘোলাটে পানির মাত্রা (পূর্ববর্তী তথ্যের তুলনায় অনেক বেশি / ১০০ NTU-এর উপরে)	পানির রিটেনশন সময় কম	পরবর্তী প্রক্রিয়া (ফ্লোকুলেশন, সেডিমেন্টেশন, ফিল্ট্রেশন) ডিজাইন ক্ষমতার অতিরিক্ত লোডে চলে যাবে	জমে থাকা কাদামাটি অপসারণ করতে হবে
	শর্ট সার্কিট ফ্লো সংঘটিত হওয়া		
	অপরিশোধিত পানির ঘোলাটেভাব বেশি		কোয়াগুলেন্টের মাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা
	রাফিং ফিল্টারের জমাট বাঁধা		কাদামাটি অপসারণ, প্রবাহ হার নিয়ন্ত্রণ করা
এ্যারেশন ব্যর্থতা	দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) এর ঘাটতি	লোহা (Fe) ও আর্সেনিক (As) অপসারণ হবে না	এ্যারেশন যন্ত্রাংশ পরিষ্কার করা, স্প্রে নোজল পরিষ্কার করা
	পানিতে ভাসমান কণার অনুপস্থিতি		

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
ফ্লোকুলেশন ব্যর্থতা (ফ্লক বসে না)	কোয়াগুলেন্টের অপ্রতুল ডোজ	সেডিমেন্টেশন অপর্যাপ্ত, ফলে ফ্লকগুলি অপসারিত হবে না	জার টেস্ট করে সঠিক ডোজ নির্ধারণ করা
	কোয়াাগুলেন্টের অতিরিক্ত ব্যবহার		
	অপরিশোধিত পানির pH পরিবর্তন		
	জৈব পদার্থের (Organic matter) বৃদ্ধি		
	পানির উচ্চ ঘোলাটেভাব		
	নিম্ন তাপমাত্রা		
	অপ্রতুল বা অতিরিক্ত নাড়াচাড়া শক্তি		নাড়াচাড়ার তীব্রতা পরিবর্তন করা
	কোয়াগুলেন্টের অনুপযুক্ত ব্যবহার		সঠিক ডোজ নিয়ন্ত্রণ করা
সেডিমেন্টেশন বেসিন থেকে উচ্চ ঘোলাটে পানি নির্গমন	শর্ট সার্কিট ফ্লো ঘটছে	ফিল্টার প্রক্রিয়ায় অতিরিক্ত লোড, ফলে ফিল্টার ক্লগিং হবে	ব্যাফেল প্লেট স্থাপন করা, জমে থাকা কাদামাটি অপসারণ করা
	ঘনত্ব প্রবাহ (Density flow) সংঘটিত		
	ইনক্লাইন প্লেটে কাদামাটি জমা		ইনক্লাইনড প্লেট পরিষ্কার করা
	উইয়ার (Weir) লোড বেশি		প্রবাহ হার কমানো
	উচ্চ সারফেস লোডিং		প্রবাহ হার কমানো, উইয়ার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করা
	উইয়ার থেকে নির্গত পানির অসম বণ্টন		উইয়ার পরিষ্কার, উচ্চতা সমন্বয় করা
	অতিরিক্ত কাদামাটি জমা		কাদামাটি অপসারণ করা
ফিল্টার পরবর্তী পানিতে উচ্চ ঘোলাটে (১০ NTU-এর বেশি)	বালু স্তরের পুরুত্বের অসমতা	প্রক্রিয়াজাত পানি পানযোগ্য মান পূরণ নাও করতে পারে	ব্যাকওয়াশ প্রবাহ সমন্বয় সংশোধন করা
	অনুপযুক্ত ব্যাকওয়াশ		ব্যাকওয়াশ সময় ও প্রবাহ হার সমন্বয় করা
	দীর্ঘ সময় ফিল্টার চালানো		ফিল্ট্রেশন সময় সংক্ষিপ্ত করা
	ফিল্টার ধারণ ক্ষমতার অতিরিক্ত প্রবাহ		প্রবাহ হার কমানো
	ফিল্টার বালুর মান নষ্ট হওয়া		ফিল্টারে নতুন বালু যোগ বা পরিবর্তন করা
	বালু স্তরের পুরুত্ব হ্রাস		
ফিল্টার বারবার বন্ধ হয়ে যাওয়া (Blockage)	শেওলা বৃদ্ধি	ঘন ঘন ব্যাকওয়াশের প্রয়োজন, ফলে পানি অপচয় ও খরচ বৃদ্ধি পাবে	শেওলা অপসারণ করা, ক্লোরিন প্রয়োগ করা
	ফিল্টার প্রবাহ গতি ডিজাইন মানের চেয়ে বেশি		প্রবাহ হার কমানো
	ফিল্টার এর বালুর মান নষ্ট হওয়া		ফিল্টারে নতুন বালু যোগ বা পরিবর্তন করা

৫.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৫.৮ র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং ফ্রিকোয়েন্সি দেখায়।

টেবিল ৫.৮ র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম	দৈনিক	মাসিক[১]*	বার্ষিক[২]*	মানদন্ড
প্রতিটি সুবিধা				
প্রবাহের হার	○	○	○ সঠিকতা যাচাই করা	প্রতিটি সুবিধার জন্য আগমন এবং বহির্গমন এর প্রবাহ পরিমাপ করা
সাধারন সেডিমেন্টেশন				
প্রবেশপথ এবং নির্গমনপথে ঘোলাটেভাব	○	○	○	যখন ইনফ্লোতে ঘোলাটেভাব ১০০ NTU অতিক্রম করে তা নোট করতে হবে। এবং আউটলেটে তা ১০০ NTU এর কম রাখতে হবে
প্রাণী ও পাখির অনুপ্রবেশ	○	○	○	যদি এরা ঘন ঘন আসে, তাহলে বেড়া স্থাপন করা
কাদামাটি জমা	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	প্রয়োজনে জমে থাকা কাদামাটি অপসারণ করা (দেখুন ১.২.২ প্রাক সেডিমেন্টেশন ত্রুটি নির্ণয়)
এ্যারেশন				
আউটলেট ঘোলাটেভাব	○	○	○	কোন ঘোলাটেভাব না থাকলে অপর্যাপ্ত এ্যারেশন বোঝায়
আউটলেট DO ও তাপমাত্রা		○	○	DO ৪-৫ মিলিগ্রাম/লিটার এর কম হলে অপর্যাপ্ত এরিয়েশন বোঝায়
কাদামাটি জমা	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	পরিষ্কার করা প্রয়োজন
ফ্লোকুলেশন				
কোয়াগুলেন্ট ডোজ রেট	○	○	○	ডোজিং পয়েন্টে মাপার সিলিন্ডার ও স্টপওয়াচ দ্বারা ডোজের ক্যালিব্রেশন করা, ডোজ পূর্ববর্তী মানের ½ এর কম বা ২ গুণের বেশি কোয়াগুলেন্ট খরচ না হয়
ফ্লোকুলেশন অবস্থার পর্যবেক্ষণ	○	○	○	ফ্লোকুলেশন আউটলেট থেকে বীকারে পানি নিয়ে ফ্লক গঠনের অবস্থা দেখা
সেডিমেন্টেশন				
আউটলেট ঘোলাটেভাব	○	○	○	টেবিল ৫-৪ দেখুন
শেওলা বৃদ্ধি	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	প্রয়োজনে শেওলা পরিষ্কার করা
কাদামাটি জমা	○	○	○	কাদামাটি ৩০% এর বেশি হলে অপসারণ কর

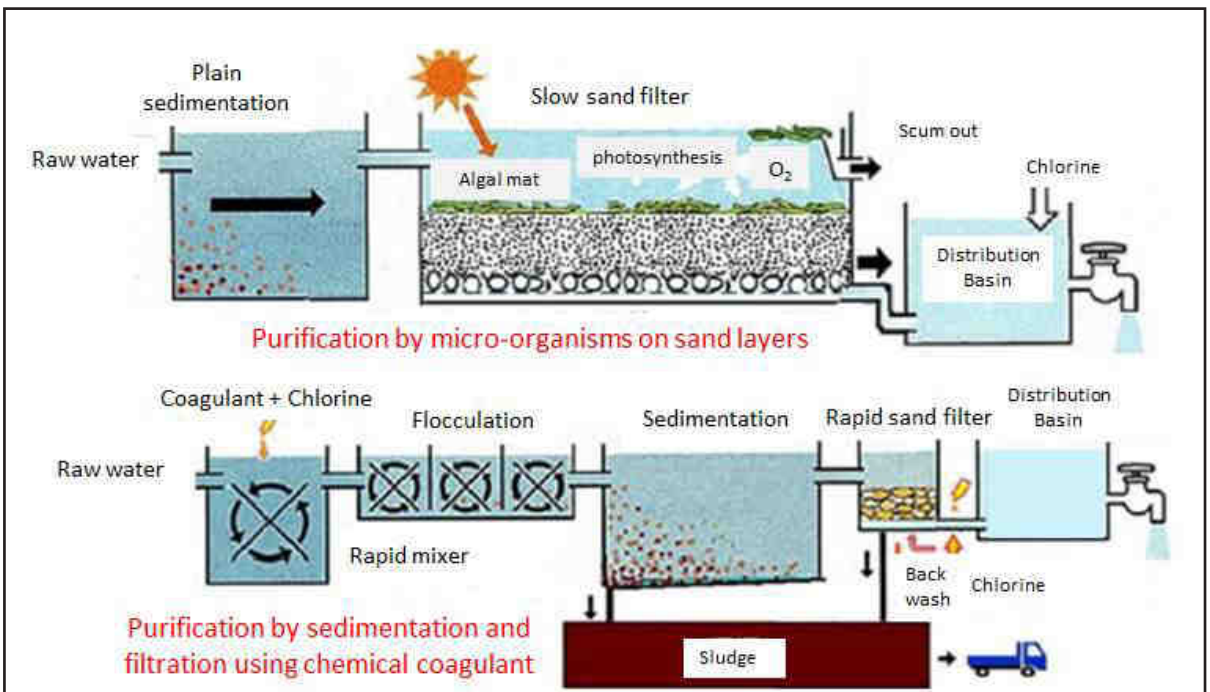
আইটেম	দৈনিক	মাসিক[১*]	বার্ষিক[২*]	মানদন্ড
ফিল্ট্রেশন				
নির্গমনপথে ঘোলাটেভাব	○	○	○	বাংলাদেশের মান হল ১০ NTU। তবে, লক্ষ্যমাত্রা ১-এর কম হওয়া উচিৎ
নির্গমনপথে আর্সেনিক ও লোহা (ভূগর্ভস্থ উৎসে)	○	○	○	মান বাংলাদেশ মানদন্ডের নিচে রাখতে হবে
অন্যান্য পানীয়ের মানদন্ড		○	○	এই মানগুলি বাংলাদেশী খাবার পানির মানদন্ড অতিক্রম করবে না
হেড লস	○	○	○	হেড লস ২ মিটার ছাড়ালে ব্যাকওয়াশ করতে হবে
বালু স্তরের পুরুত্ব		○	○	টেবিল ৫-২ এর নির্ধারিত স্পেসিফিকেশনের সাথে তুলনা করা
বালুর অবস্থা			○	
ব্যাকওয়াশ ও সারফেস ওয়াশ প্রবাহ হার	○	○	○	টেবিল ৫-৭-এর অপারেটিং শর্তের সাথে তুলনা করা
মন্তব্য	*১: দৈনিক তথ্যের গড় *২: মাসিক তথ্যের গড় *৩: র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের দৈনিক ও মাসিক লগবুকের উদাহরণ পরিশিষ্ট-৩ এ দেখানো হয়েছে।			

অধ্যায়-৬ঃ স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা

৬.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

স্লো ফিল্ট্রেশন পদ্ধতিতে একটি সাধারণ সেডিমেন্টেশন ট্যাংক ও একটি স্লো ফিল্টার থাকে। এখানে ক্লোরিন ইনজেকশন বা উচ্চ-হারের প্লেটসহ বিশেষ যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয় না। এর বৈশিষ্ট্য হলো, ফিল্টারের বালুর উপরের স্তরে জন্মানো অণুজীব (microorganisms) পানির ঘোলাটেভাব, অ্যামোনিয়া, লোহা, ম্যাঙ্গানিজ, জৈব পদার্থ, দুর্গন্ধ ইত্যাদি অপসারণ করে পানি পরিশোধন করে। এটা বলা হয় যে, স্লো স্যান্ড ফিল্টার দ্বারা প্রক্রিয়াজাত পানি, র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টারের তুলনায় পানযোগ্যতার দিক থেকে ভালো মান সম্পন্ন হয়, কারণ এখানে অণুজীব প্রাকৃতিকভাবে পানির উপাদানসমূহের ভারসাম্য রক্ষা করে।

অন্যদিকে, স্লো ফিল্ট্রেশনের ফিল্ট্রেশন রেট ৪-৫ মিটার/দিন, যা র‍্যাপিড ফিল্টারের রেট (১২০-১৫০ মিটার/দিন) এর প্রায় ১/৩০ অংশ। ফলে একই প্রবাহমাত্রার পানি পরিশোধন করতে স্লো ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থায় প্রায় ৩০ গুণ বেশি এলাকা প্রয়োজন। র‍্যাপিড এবং স্লো ফিল্ট্রেশনের পার্থক্য চিত্র ৬.১-এ দেখানো হয়েছে। বাংলাদেশের পৌরসভার পাইপবাহিত পানির সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য স্লো স্যান্ড ফিল্টার জনপ্রিয় নয়, তবে ছোট আকারের পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় এটি বিবেচনা করা যেতে পারে। উল্লেখ্য যে, অনেক স্লো স্যান্ড ফিল্টার বহু বছর আগে নির্মিত হলেও এখনো কার্যকর রয়েছে।



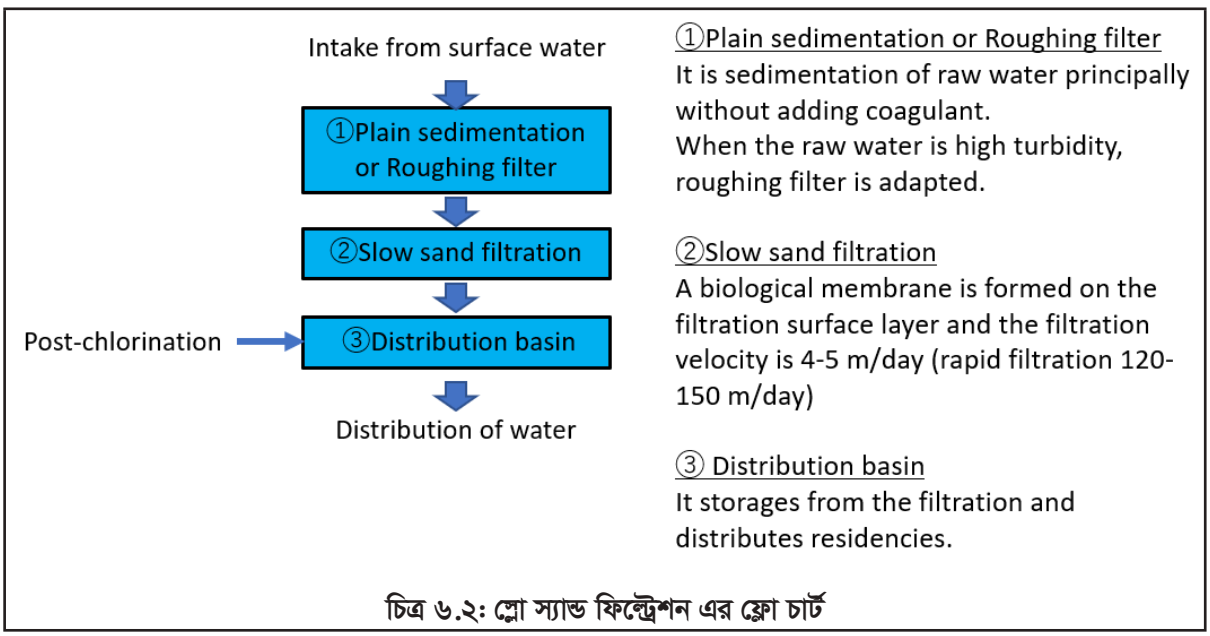
চিত্র ৬.১: স্লো ও র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্য

স্লো ফিল্ট্রেশন মূলত জৈবিক (biological) পরিশোধন পদ্ধতি এবং **পানির গুণগত মানে বড় ধরনের পরিবর্তন হলে এটি কার্যকরভাবে কাজ করতে পারে না**। এছাড়াও, **পানিতে যদি ভারী ধাতু বা অণুজীবের জন্য ক্ষতিকর পদার্থ থাকে, তবে এটি অণুজীবকে নিষ্ক্রিয় করে দেয়, ফলে স্লো স্যান্ড ফিল্টার কার্যকারিতা হারায়**। বাংলাদেশে এটি মূলত স্বল্প পরিবর্তনশীল পানির উৎস যেমন লেক বা রিজার্ভারে পানি পরিশোধনে ব্যবহৃত হয়।

৬.১.১ স্ট্যান্ডার্ড ফ্লো সিস্টেম এবং নীতি

স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের ফ্লো চার্ট চিত্র ৬.২ এ দেখানো হয়েছে। ভূপৃষ্ঠস্থ পানির উৎস থেকে নেওয়া অপরিশোধিত পানি কোন প্রকার কোয়াগুলেন্ট যোগ না করে সাধারণ সেডিমেন্টেশন ট্যাংকে তলানী ফেলা হয়। এর উদ্দেশ্য হল **স্লো স্যান্ড ফিল্টারে প্রবেশকালে পানি যেন ১০ NTU এর কম ঘোলাটেভাব অবস্থায় থাকে**। সাধারণ সেডিমেন্টেশন প্রক্রিয়ায় ২০-১০০ NTU ঘোলাটেভাব যুক্ত পানি পরিশোধিত হতে পারে। যদি ঘোলাটেভাব ১০০ NTU এর বেশি হয়, তবে সেডিমেন্টেশন ট্যাংকে কোয়াগুলেন্ট যোগ করা হয়। অন্যদিকে, যেহেতু স্লো স্যান্ড ফিল্টার জৈবিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কাজ করে, তাই এখানে প্রি-ক্লোরিনেশন করা হয় না। এছাড়া, **অপরিশোধিত পানির গুণগত মান যদি বেশি পরিবর্তনশীল হয় বা এতে ক্ষতিকর উপাদান থাকে সেক্ষেত্রে স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের পদ্ধতি উপযোগী নয়**।

সাধারণ সেডিমেন্টেশন ট্যাংকের উপচেপড়া পানিকে (supernatant water) **৪-৫ মিটার/দিন হারে স্যান্ড ফিল্টার দিয়ে ফিল্টার করা হয়** এবং তা বিতরণ জলাধারে সংরক্ষণ করা হয়। শেষে সেখানে ক্লোরিন যোগ করা হয় জীবাণুমুক্ত করার জন্য।



চিত্র ৬.২: স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন এর ফ্লো চার্ট

৬.১.২ সাধারণ সেডিমেন্টেশন

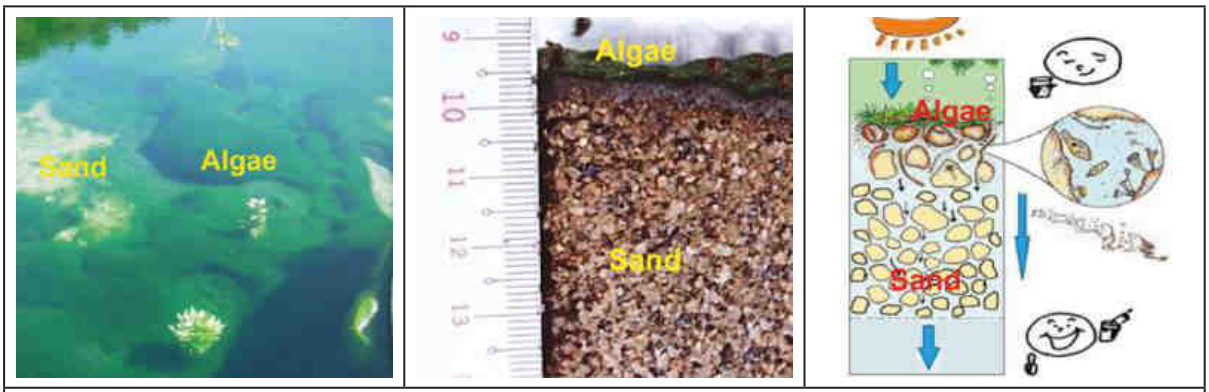
সাধারণ সেডিমেন্টেশনের আউটলেটের পানিতে ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর কম থাকতে হবে। স্বাভাবিক স্পেসিফিকেশন টেবিল ৬.১ এ দেখানো হয়েছে। পানিতে ঘোলাটেভাব বেশি হলে কোয়াগুলেন্ট ব্যবহার করা হয়।

টেবিল ৬.১: সাধারণ সেডিমেন্টেশনের স্বাভাবিক স্পেসিফিকেশন

বিষয়	মানদন্ড
সার্ফেস লোপিং	১৫-৩০মিটার/দিন
সমান্তরাল গড় গতিবেগ	০.৩মিটার/মিনিট এর নিচে
রিটেনশন সময়	৮ ঘন্টা
ফিল্টারের কার্যকর পুরুত্ব	২ মিটার

৬.১.৩ স্লো ফিল্ট্রেশন

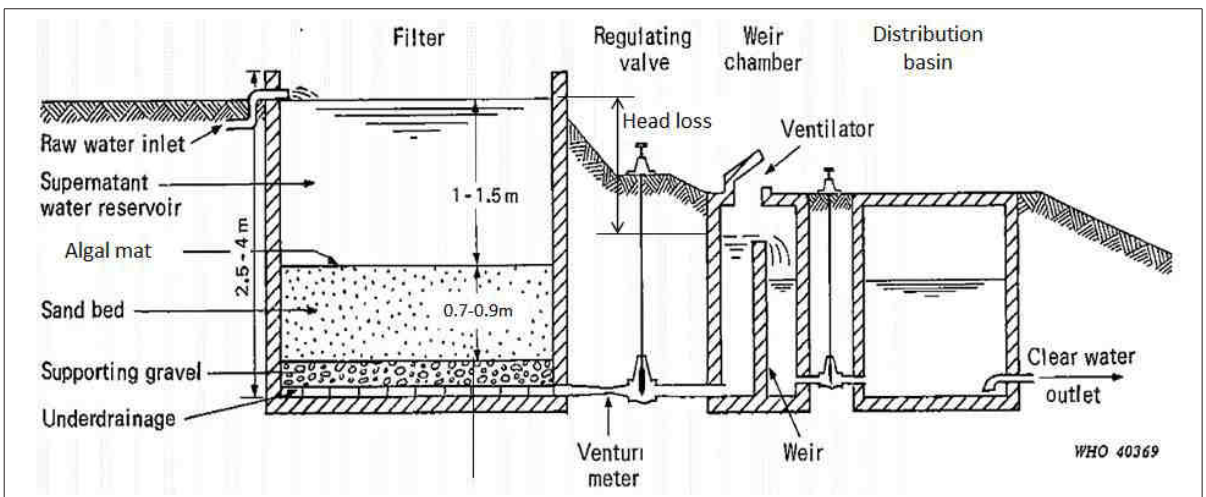
স্লো ফিল্ট্রেশন পদ্ধতি একটি জৈবিক পরিশোধন পদ্ধতি। ঘোলাটেভাব, অ্যামোনিয়া, ম্যাঙ্গানিজ, জৈব পদার্থ, দুর্গন্ধ ইত্যাদি বালুর ওপর তৈরি হওয়া শেওলার (algal) ম্যাট বা বায়োলজিক্যাল লেয়ার এর অণুজীব দ্বারা অপসারিত হয় (চিত্র ৬.৩)।



চিত্র ৬.৩: শেওলার ম্যাট তৈরি হওয়ার পরিস্থিতি

৬.১.৩.১ ফিল্টারের কাঠামো

ফিল্টারের গঠন চিত্র ৬.৪ এ দেখানো হয়েছে। ফিল্টারটি বালু স্তর (sand bed), সাপোর্ট স্তর (gravel), এবং নিচে ড্রেনেজ সিস্টেম নিয়ে গঠিত। পানি দেওয়ার কারনে শৈবাল ম্যাট তৈরি হয়। পরিশোধিত পানি নিচে ড্রেনেজ সিস্টেম দিয়ে বিতরণ ট্যাংকে জমা হয়।



চিত্র ৬.৪: স্লো স্যান্ড ফিল্টারের গঠন

৬.১.৩.২ ফিল্টারের নক্সার মানদন্ড

(১) ফিল্ট্রেশনের গতিবেগ

ফিল্ট্রেশনের গতিবেগ (Vf) হলো প্রবাহ হার (Q) কে ফিল্টার এলাকা (A) দ্বারা ভাগ করার ফলাফল। এটি ফিল্টারের একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ সূচক। গতিবেগ সাধারণত ৪-৫ মিটার/দিন ধরা হয়।

$$Vf\ (m/day) = Q(m^3/hr)\ /A\ (m^2)x24$$

(২) ফিল্টার মিডিয়া (বালি)

ফিল্টারে সাধারণত সিলিকা বালি ব্যবহৃত হয়। বালির সাধারণ **স্পেসিফিকেশন** টেবিল ৬.২ এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৬.২ বালির সাধারণ স্পেসিফিকেশন

বিষয়	মানদন্ড
ইফেক্টিভ সাইজ	০.৩০-০.৪৫ মি:মি:
ইউনিফর্ম কোফিসিয়েন্ট	২.০ এর কম
স্পেসিফিক গ্র্যাভিটি	২.৫ এর বেশী
বালির লেয়ারের পূরুত্ব	৭০০-৯০০ মি:মি;
গ্রাভেল লেয়ারের পূরুত্ব	৪০০-৬০০ মি:মি:

বিষয়টি যাচাইয়ের জন্য CAWST ম্যানুয়াল রেফারেন্স দেওয়া হয়েছে।

Biosand Filter Construction Manual: https://washresources.cawst.org/en/resources/b6be2637/biosand-filter-construction-manual

৬.১.৩.৩ ফিল্টার পরিষ্কারকরণ (Scrape)

ফিল্টারের মধ্যে দিয়ে অনবরত পানি চলাচলের কারনে সময়ের সাথে শেওলার স্তর ঘন হয়ে ফিল্টার বন্ধ হয়ে যায়। ফলে হেড লস বৃদ্ধি পায়। তাই নির্দিষ্ট সময় পর পর উপরের বালির স্তর অপসারণ করা প্রয়োজন (চিত্র ৬.৫)।







① শেওলার ম্যাট অপসারনের পূর্বে

② স্ক্র্যাপিংয়ের সময়, বালির স্তরের উপর হতে ১-২ সেন্টিমিটার বালি অপসারণ করা হয়।

③ স্ক্র্যাপিংয়ের পর উত্তোলিত বালি অপসারণ করে নতুন বালি দেওয়া হয়।

সাধারণত ০.৫-২.০ মাস অন্তর স্ক্র্যাপিং করা হয়।

চিত্র ৬.৫: ফিল্টার পরিষ্কারকরণ

৬.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৬.২.১ পরিচালনা সম্পর্কিত দিক

স্লো স্যান্ড ফিল্টারের ফিল্টার এলাকা অনেক বড় হয় এবং এটি সাধারণত খোলা আকাশে নিচে থাকে। বাংলাদেশের মতো উচ্চ জনসংখ্যার ঘনত্বের দেশে বিড়াল, কুকুর এবং পাখির মতো অনিয়ন্ত্রিত প্রাণীও প্রচুর পরিমাণে রয়েছে যারা ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্টের আশেপাশে ঘুরে বেড়ায় এবং উড়ে বেড়ায়। অতএব, এ ক্ষেত্রে দূষণের সম্ভাব্য ঝুঁকি রয়েছে। এটি এড়াতে, পরিচালনার ক্ষেত্রে কিছু ধরনের প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন:

(১) শোধনাগারের পুরো এলাকা এবং এর সাথে জলাধার (ভূগর্ভস্থ পানি এবং ভূপৃষ্ঠস্থ পানি) সংরক্ষিত এলাকা হিসেবে চিহ্নিত করতে হবে;

(২) প্রাথমিক সেডিমেন্টেশন ট্যাঙ্ক (ভূগর্ভস্থ পানির উৎসের ক্ষেত্রে) পরিদর্শন এবং পরীক্ষা করতে হবে যাতে কোনও মৃত প্রাণী/পাখি এবং অন্যান্য ময়লাবস্তু পানিকে দূষিত না করে;

(৩) একইভাবে, ফিল্টার বেড পরিদর্শন এবং পরীক্ষা করতে হবে যাতে কোনও মৃত প্রাণী/পাখি এবং অন্যান্য ময়লাবস্তু পানিকে দূষিত না করে। বরং এটি সুরক্ষিত রাখতে হবে;

(৪) ফিল্টারের ফিলট্রেশন হার এবং জমাকৃত পদার্থের গভীরতা খালি চোখে পরীক্ষা করতে হবে;

(৫) ফিল্টার বেডের পানির লেভেল বৃদ্ধি পর্যবেক্ষণ করে ফিল্টারের হেড লস পরীক্ষা করতে হবে;

(৬) ফিল্টার বেড স্ক্র্যাপিং কাজ প্রয়োজন না হওয়া পর্যন্ত ফিল্টার বেডে পানি থাকতে হবে;

(৭) স্লো স্যান্ড ফিল্টারের ফিলট্রেশনের পূর্বে ও পরের পানির ঘোলাটে ভাব মাপতে হবে;

(৮) পরিশোধিত পানিতে ক্লোরিনেশন এর পরিমাণ পরীক্ষা করতে হবে।

৬.২.২ ত্রুটি নির্ণয় (Diagnosis)

৬.২.২.১ সাধারণ সেডিমেন্টেশনের ত্রুটি নির্ণয়

সাধারণ সেডিমেন্টেশনের কাজ হল স্লো স্যান্ড ফিল্টারে অপরিশোধিত পানি প্রবাহের আগে পানির ঘোলাটেভাব কমানো। এটি সাধারণত কোয়াগুলেন্ট যোগ না করেই করা হয়, যদি না ঘোলাটেভাব কমানো কঠিন হয়।

৬.২.২.২ পানির গুণগত মান (ঘোলাটেভাব)

১) ঝুঁকি (Risk)

স্লো স্যান্ড ফিলট্রেশন ব্যবস্থার পরিশোধন দক্ষতা নির্ধারণের ক্ষেত্রে পানির ঘোলাটেভাব একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। প্রতিটি ব্যবস্থার একটি নির্দিষ্ট পরিশোধন ক্ষমতা থাকে এবং যদি ঘোলাটেভাব এই সীমা অতিক্রম করে, তাহলে ফিল্টারটি আটকে যাবে, যার ফলে ফিলট্রেশন গতি উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস পাবে। অধিকন্তু, অতিরিক্ত ঘোলাটেভাব পরিশোধিত পানির গুণগতমানকে ক্ষতিগ্রস্থ করে, যার ফলে সর্বোত্তম পরিশোধন মান বজায় রাখা কঠিন হয়ে পড়ে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

অপরিশোধিত পানি এবং সাধারণ সেডিমেন্টেশনের পরে পানির ঘোলাটেভাব তথ্য।

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Point)

সাধারণ সেডিমেন্টেশনের পরে পানির ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর কম থাকতে হবে। যদি ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর বেশী হয় তবে নিম্নোক্ত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures):

- জমা কাদামাটি অপসারণ করা। (পরবর্তী পৃষ্ঠা "(২) কাদামাটি জমা" দেখুন)
- সেডিমেন্টেশন বৃদ্ধির জন্য সাধারণ সেডিমেন্টেশনে কোয়াগুলেন্ট ব্যবহার করা। (ডোজের হার ২০-৪০ মিলিগ্রাম/লিটার)

কোয়াগুলেন্ট ডোজিং সুবিধা নেই এমন স্থানে কোয়াগুলেন্ট ডোজিং পদ্ধতি

ডোজিং সুবিধা ছাড়াই ডোজিং করার জন্য নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি প্রয়োগ করা যেতে পারে। তবে, এটি লক্ষ্য করা উচিত যে এগুলি অস্থায়ী পদ্ধতি, এবং সঠিক ডোজিং হার এই পদ্ধতিতে খুব কমই পরিমাপ করা যেতে পারে।

(১) পানির স্রোতে কোয়াগুলেন্ট কাপড়ের ব্যাগে ভিজানোর পদ্ধতি

শক্ত কোয়াগুলেন্ট এর কাপড়ের ব্যাগটি পানি প্রবাহের অংশে ভিজিয়ে রাখা হয় এবং পানি প্রবাহের সাথে সাথে কোয়াগুলেন্ট দ্রবীভূত হয়ে পানির সংগে মিশে যায়।



(২) একটি অস্থায়ী ট্যাঙ্ক স্থাপন করা এবং মাধ্যাকর্ষণ বল দ্বারা ডোজিং করা

প্রাক-সেডিমেন্টেশন বেসিনের প্রবেশপথে একটি অস্থায়ী ট্যাঙ্ক স্থাপন করা হয়। কোয়াগুলেন্ট দ্রবীভূত হয় এবং মাধ্যাকর্ষণ বল দ্বারা ডোজিং করা হয়।



৬.২.২.৩ কাদামাটি জমা

১) ঝুঁকি (Risk)

সাধারণ সেডিমেন্টেশন ট্যাংকে কাদামাটি জমা হওয়ার সাথে সাথে রিটেনশন সময় হ্রাস পায় এবং সাধারণ সেডিমেন্টেশন ট্যাংকে এর নির্গমনস্থলে পানির ঘোলাটেভাব বৃদ্ধি পায়|

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- সাধারণ সেডিমেন্টেশন ট্যাংকে কাদামাটি জমা হওয়ার তথ্য
  এই তথ্য চাক্ষুষ পরীক্ষা বা নৌকা চালিয়ে কাদার গভীরতা পরিমাপের মাধ্যমে সংগ্রহ করা হয়।
  (জরিপ পরিচালনা করার জন্য ৫.২.২ প্রাক-সেডিমেন্টেশন এর ত্রুটি নির্ণয় দেখুন)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Point)

জরিপটি মূলত বর্ষাকালের শেষে করা হয়। কাদামাটি জমার গভীরতা এবং কার্যক্ষম অবস্থা টেবিল ৬.৩ এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৬.৩: সাধারণ সেডিমেন্টেশন পুকুরের কাদামাটির গভীরতা এবং কার্যক্ষম অবস্থার অনুপাত

গভীরতার অনুপাত (%)*	কার্যক্ষম অবস্থা
১০	কাদামাটি অপসারণ প্রয়োজন নেই
৩০	কাদামাটি অপসারনের কাজ শুরু করতে হবে
৫০	কাদামাটি অপসারণ করা উচিৎ
৭০	পুকুরটি কাজ করছে না

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures)

- কাদামাটি অপসারণ করতে হবে।

কাদামাটির গভীরতার অনুপাত ৩০% এর বেশি হলেই কাদা অপসারণের পরিকল্পনা শুরু করার পরামর্শ দেওয়া হয় এবং পুকুরের গভীরতার অনুপাত ৫০% এ পৌঁছানোর আগেই কাদা অপসারণ করা উচিত। উল্লেখ্য যে, ৭০% এ পৌঁছালে সাধারণ-সেডিমেন্টেশন পুকুরটি অকার্যকর হয়ে যাবে।

কাদামাটি অপসারণের কাজের জন্য, প্রথমে পুকুরের পানি নিষ্কাশন করা হয়, তারপর ব্যাকহো বা মানবশক্তির সাহায্যে কাদামাটি অপসারণ করা হয়। সাধারণত, প্রতি ১-২ বছর অন্তর অন্তর, যখন অপরিশোধিত পানির গুণগতমান তুলনামূলকভাবে ভালো থাকে, তখন কাদামাটি অপসারণ করা হয়। কাদামাটি অপসারণের সময়, অপরিশোধিত পানি সরাসরি বাইপাসের মাধ্যমে স্লো স্যান্ড ফিল্টারে প্রবেশ করাতে হয় অথবা সাময়িক ভাবে পরিশোধনাগারের পরিচালনা বন্ধ রাখতে হবে।

৬.২.২.৪ স্লো ফিল্ট্রেশন

চিত্র ৬.৬-এ স্লো স্যান্ড ফিল্টার দেখানো হয়েছে। স্লো স্যান্ড ফিল্টার সময়ের সাথে সাথে ক্রমাগত কাজ করার ফলে বালির ফিল্টারটি বন্ধ হতে থাকে এবং এর ফিলট্রেশন গতিবেগ হ্রাস পায়। এর ফলে খাবার পানি সরবরাহে উৎপাদন পরিমাণ কমে যায়। একই সময়ে, ফিলট্রেশন ট্যাঙ্কে পানির স্তর বৃদ্ধি পায়। সাধারণত, যখন হেড লস ১ মিটার এর মত হয়, তখন স্লো স্যান্ড ফিল্টারের বেড স্ক্র্যাপিং করে পরিষ্কার করতে হয়।



চিত্র ৬.৬ স্লো স্যান্ড ফিল্টার

(১) পানির গুণগত মান (ঘোলাটেভাব)

পানির গুণগতমান নিয়ন্ত্রণের বিষয়গুলি খাবার পানির মানদন্ডের উপর ভিত্তি করে তৈরি করা হয়। এর মধ্যে, ঘোলাটেভাব, রং এবং pH বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় যা মাঠ পর্যায়ে পরিমাপ করা যেতে পারে। তাই এই ম্যানুয়ালটি এই ৩টি বিষয়ের উপর আলোকপাত করছে। তবে, যেহেতু স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থা পানি সম্পদের গুণগতমানের ব্যাপক পরিবর্তনের ঝুঁকিতে থাকে, তাই জৈব দূষণ, লবণাক্তকরণ, আর্সেনিক, আয়রন বা ক্লোরাইড দূষণের মতো অন্যান্য বিষয়গুলি যতটা সম্ভব পরীক্ষা করার পরামর্শ দেওয়া হচ্ছে (পরীক্ষার জন্য DPHE ল্যাবরেটরী বেছে নেওয়া যায়)।

১) ঝুঁকি (Risk)

স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থায় ফিল্ট্রেশন হলো প্রধান পরিশোধন প্রক্রিয়া, যেখানে পরিশোধিত পানি অবশ্যই খাবার পানির গুণতমানের মানদন্ড পূরণ করতে হবে। বাংলাদেশে খাবার পানির মানদন্ডের জন্য ৫৫ টি প্যারামিটার রয়েছে। তবে, যেহেতু সমস্ত প্যারামিটার পরিমাপ এবং নিয়ন্ত্রণ করা কার্যত কঠিন, সে কারনে বাস্তবে, দৈনিক পানির গুণগতমান নিয়ন্ত্রণের প্যারামিটারটি হলো ঘোলাটেভাব। কারণ ঘোলাটেভাব পরীক্ষা করা সহজ এবং অন্যান্য অনেক প্যারামিটার ঘোলাটেভাবের সাথে সম্পর্কিত। ***যদি ঘোলাটেভাব পানির মানদন্ড মানের উপরে থাকে, তাহলে এর অর্থ হলো অন্যান্য পানির গুণগতমানের প্যারামিটারগুলিও তাদের মানদন্ড অতিক্রম করতে পারে***। অন্যদিকে, যখন ঘোলাটেভাব অপসারণ করা হয়, তখন অন্যান্য প্যারামিটারগুলিও কমবেশি উন্নত হয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- ফিল্ট্রেশনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব (যদি সম্ভব হয় pH, রং) এর তথ্য
- প্রবাহ হার (ফিল্ট্রেশনের গতিবেগ, যদি ফিল্ট্রেশনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর উপরে থাকে) এর তথ্য
- (অতিরিক্ত) অন্যান্য পানির গুণগতমান যেমন জৈব দূষণ, লবণাক্তকরণ, আর্সেনিক, আয়রন বা ক্লোরাইড এর তথ্য

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Point)

- ঘোলাটেভাব < ১০ NTU
- ফিল্ট্রেশন গতিবেগ < ৫ মিটার/দিন

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures)

- যদি ফিল্ট্রেশনের আউটলেটে ঘোলাটেভাব ১০ NTU এর বেশি হয় সেক্ষেত্রে:-
  - (i) ফিল্ট্রেশন গতিবেগ কমিয়ে দিতে হবে অথবা
  - (ii) ফিল্টারটির বেড স্ক্র্যাপিং করতে হবে।
- উপরের পদক্ষেপের পরেও যদি ঘোলাটেভাব না কমে, তাহলে বালির অবস্থা খারাপ হতে পারে। এই ক্ষেত্রে, বালি প্রতিস্থাপন বা নতুন বালি যোগ করা উচিত।

(২) ফিল্টার স্ক্র্যাপিং

১) ঝুঁকি (Risk)

সঠিক ফিল্টার স্ক্র্যাপিং ছাড়া, ফিল্টারটি বন্ধ হয়ে যাবে এবং এটি শেওলার ম্যাটের মাইক্রো-ব্যাকটেরিয়ার পরিবেশকে প্রভাবিত করবে। ফলস্বরূপ, পানির গুণগতমান খারাপ হবে। একই সাথে, ফিল্টার বন্ধ হওয়ার কারনে পানির উৎপাদন হ্রাস পাবে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- হেড লস তথ্য
- ঘোলাটেভাব তথ্য

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Point)

নিম্নোক্ত অবস্থায়, ফিল্ট্রেশন বন্ধ করে স্ক্র্যাপিং করতে হবে (চিত্র ৬.৭)



চিত্র ৬.৭: ফিল্টার স্ক্র্যাপিং এর আগে (বায়ে), এবং স্ক্র্যাপিং এর চলমান কাজ (ডানে)

- হেড লস > ১ মিটার
- ঘোলাটেভাব > 10 NTU

৪) প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action Countermeasures)

- স্ক্র্যাপিং: প্রতিবারে ফিল্টারের পৃষ্ঠের স্তর থেকে ১-২ সেন্টিমিটার শেওলা এবং বালি স্ক্র্যাপিং করা। স্ক্র্যাপিং দ্বারা ৪০ সে:মি: বালি অপসারনের পর, নতুন বালি যোগ করা হয়। সেকারনে **স্ক্র্যাপিংয়ের আগে এবং পরে বালির স্তর পরীক্ষা করা খুবই গুরুত্বপূর্ণ**।
- ১০ বছর ধরে ব্যবহারের পরে বালির ফিল্টার মিডিয়ার অবস্থা পরীক্ষা করার পরামর্শ দেওয়া হয়। ছাকনি পরীক্ষার মাধ্যমে অবস্থা পরীক্ষা করা হয় এবং ফিল্ট্রেশন মিডিয়ার অবস্থা নিশ্চিত করা হয় (টেবিল ৬.২ বালির স্পেসিফিকেশন দেখুন)। যদি কার্যকর ফিল্টার মিডিয়ার আকার সুরক্ষিত না থাকে, তাহলে ফিল্টার মিডিয়া পরিবর্তন করা হয়।

৬.৩ স্থাপনাসমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৬.৪ হলো স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন এর সমস্যা সমাধানের একটি তালিকা। সাইটে সনাক্তকৃত ঘটনা অনুসারে, কারণগুলি চিহ্নিত করা হবে এবং যথাযথ ব্যবস্থা নেওয়া হবে। স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন এর O&M কর্মকান্ডের জন্য, প্রতিটি স্থাপনার আউটলেটের ঘোলাটেভাব মূলত পরীক্ষা করার পরামর্শ দেওয়া হচ্ছে। স্লো ফিল্ট্রেশন পদ্ধতিতে, প্রাক-ক্লোরিনেশন প্রয়োগ করা হয় না, কেবল পোস্ট-ক্লোরিনেশন ব্যবহার করা হয়। ক্লোরিনেশন অধ্যায়ে এর বিশদ বর্ণনা করা হয়েছে।

টেবিল ৬.৪: স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার সমস্যা সমাধান

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
ঘোলাটেভাব সাধারণ সেডিমেন্টেশনে যা থাকা উচিৎ তার থেকে বেশী আছে।	রিটেনশন সময় কম হয়েছে।	ফিল্ট্রেশনে ডিজাইন ক্ষমতার বেশী লোড পড়বে এবং পানি ভালো পরিশোধন হবে না।	জমা কাদামাটি অপসারণ করা।
	শর্ট সার্কিট প্রবাহ সৃষ্টি হয়েছে।		
	অপরিশোধিত পানিতে ঘোলাটেভাব বেশী।		ফ্লো রেট কমিয়ে রিটেনশন সময় বৃদ্ধি করা, কোয়াগুলেন্ট ডোজিং করা।
ফিল্ট্রেশনের পরে ঘোলাটেভাব যা থাকা উচিৎ তার থেকে বেশী আছে	স্ক্র্যাপিং ছাড়া দীর্ঘ দিন ফিল্ট্রেশন পরিচালনা করা।	পরিশোধিত পানি খাবার পানির মানদন্ড অনুযায়ী গুণগতমান পরিপূরণ করতে নাও পারে।	স্ক্র্যাপিং এর ফ্রিকোয়েন্সি বৃদ্ধি করা।
	সাধারণ পরিচালনা অবস্থার ফিল্ট্রেশন গতিবেগ যা থাকা উচিৎ তার চেয়ে বেশী থাকা।		ফ্লো রেট কমিয়ে দেওয়া।
	ফিল্টারের বালি খারাপ হয়ে যাওয়া।		ছাকনি পরীক্ষা সম্পাদন করা। প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে বালি যুক্ত বা পরিবর্তন করা।
	বালির লেয়ারের পূরুত্ব কমে যাওয়া।		
ফিল্ট্রেশন এ সহজ বাধা/বন্ধ সৃষ্টি	ইনলেটের পানিতে ঘোলাটেভাব বেশী।	স্ক্র্যাপিং এর ফ্রিকোয়েন্সি বৃদ্ধি করবে (এতে পরিচালনা ব্যয় বৃদ্ধি পাবে)।	ঘোলাটেভাব কমানো (সাধারণ সেডিমেন্টেশনে কোয়াগুলেন্ট ডোজিং করা।
	সাধারণ পরিচালনা অবস্থার ফিল্ট্রেশন গতিবেগ যা থাকা উচিৎ তার চেয়ে বেশী থাকা।		ফ্লো রেট কমিয়ে দেওয়া।
	ফিল্টারের বালি খারাপ হয়ে যাওয়া।		ফিল্টার মিডিয়াতে বালি যুক্ত বা পরিবর্তন করা।

৬.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৬.৫ স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং ফ্রিকোয়েন্সি দেখায়।

টেবিল ৬.৫ স্লো স্যান্ড ফিল্ট্রেশন পদ্ধতির দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম	দৈনিক[১]	মাসিক[২]	বার্ষিক[৩]	মানদন্ড
প্রতিটি সুবিধা				
প্রবাহের হার	○	○	○ সঠিকতা যাচাই করা	প্রতিটি সুবিধার জন্য আগমন এবং বহির্গমন এর প্রবাহ পরিমাপ করা
সাধারন সেডিমেন্টেশন				
প্রবেশপথ এবং নির্গমনপথে ঘোলাটেভাব	○	○	○	যদি আউটলেটে ঘোলাটেভাব ৩০ NTU-এর বেশি হয় এর কারণ ইনলেট বেশি ঘোলাটেভাব থাকে, তাহলে এটি এক ধরণের প্রতিক্রিয়া প্রদান করে (সমস্যা সমাধান দেখুন)
প্রাণী ও পাখির অনুপ্রবেশ	○	○	○	যদি এরা ঘন ঘন আসে, তাহলে বেড়া স্থাপন করা
কাদামাটি জমা	○ খালি চোখে দেখে	○ খালি চোখে দেখে	○ পুরা দস্তুর জরিপ করা	প্রয়োজনে জমে থাকা কাদামাটি অপসারণ করা
ফিল্ট্রেশন				
নির্গমনপথে ঘোলাটেভাব	○	○	○	বাংলাদেশের মান হল ১০ NTU। তবে, লক্ষ্যমাত্রা ১-এর কম হওয়া উচিৎ
অন্যান্য পানীয়ের মানদন্ড		○	○	এই মানগুলি বাংলাদেশী খাবার পানির মানদন্ড অতিক্রম করবে না
হেড লস	○	○	○	হেড লস অপারেশন ১ মিটারের কম
বালির ফিল্টারের পুরুত্ব		○	○	জমে থাকা স্ক্র্যাপড-বালি ৪০ সেন্টিমিটার গভীরতায় পৌঁছালে, বালি পুনরায় পরিবর্তন অথবা পূরণ করা হয়। ১০ বছরেরও বেশি সময় ধরে চলার পরে, ছাকনি পরীক্ষার মাধ্যমে বালির মান পরীক্ষা করা হয়। যদি ফলাফল খারাপ পরিস্থিতি দেখায়, তাহলে বালি প্রতিস্থাপন করা হয়
বালির অবস্থা			○	
মন্তব্য	১* প্রতি ঘন্টার রেকর্ডের গড় ২* প্রতি দিনের রেকর্ডের গড় ৩* প্রতি মাসের রেকর্ডের গড় ৪* র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের দৈনিক ও মাসিক লগবুকের উদাহরণ পরিশিষ্ট-৩ এ দেখানো হয়েছে।			

অধ্যায়-৭ঃ ক্লোরিনেশন

৭.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ক্লোরিনেশন-এর প্রধান উদ্দেশ্য হলো পানিকে জীবাণুমুক্ত করা। তবে জীবাণু-মুক্তকরণের পাশাপাশি ক্লোরিনেশন এর আরও কিছু উদ্দেশ্য রয়েছে, যেমনঃ (১) পানির অস্বাভাবিক গন্ধ ও স্বাদ দূরীকরণ করা, (২) শেওলা (Algae) বৃদ্ধি প্রতিরোধ করা, (৩) অ্যামোনিয়ার অক্সিডেশন দ্বারা অপসারণ করা, (৪) জৈব পদার্থের (Organic matters) অক্সিডেশন করা, (৫) আয়রন ও ম্যাঙ্গানিজ এর অক্সিডেশন করা।

উপরিউক্ত ব্যবহারসমূহ ক্লোরিন এর শক্তিশালী অক্সিডাইজিং বিক্রিয়ার সুবিধা গ্রহণ করে। তাত্ত্বিকভাবে অক্সিডেশন প্রক্রিয়ায় অন্যান্য পদ্ধতি যেমন, ওজোন (Ozone) এর সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া বা ইলেক্ট্রোড ব্যবহার করে ইলেকট্রো-কেমিক্যাল বিক্রিয়ার মাধ্যমে অক্সিডেশন সম্ভব হলেও, বাস্তবে পানি পরিশোধন প্রক্রিয়ায় ক্লোরিন ব্যবহৃত হয় এর সহজ ব্যবস্থাপনা, অর্থনৈতিক সুবিধা ও স্থায়ী কার্যকারিতার কারণে।

৭.১.১ ফ্রি এবং কম্বাইন্ড ক্লোরিন

যখন ক্লোরিন পানিতে মিশ্রিত হয়, তখন এটি পানির মধ্যে উপস্থিত বিভিন্ন পদার্থের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। বিক্রিয়ার পর যে ক্লোরিন পানিতে অবশিষ্ট থাকে, তাকে রেসিডুয়াল ক্লোরিন (Residual Chlorine) বলা হয়। রেসিডুয়াল ক্লোরিন সাধারণত দুই ধরনের হতে পারে যথা- কম্বাইন্ড ক্লোরিন ও ফ্রি ক্লোরিন।

- কম্বাইন্ড ক্লোরিন: এটি পানিতে উপস্থিত অ্যামাইনো বা অ্যামোনিয়া এর সাথে যৌগ গঠন করে থাকে।
- ফ্রি ক্লোরিন: এটি পানিতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বা হাইপোক্লোরাইট আয়ন আকারে বিদ্যমান থাকে।

ফ্রি ক্লোরিন এর জীবাণুনাশক ক্ষমতা কম্বাইন্ড ক্লোরিন এর তুলনায় বহু গুণ (প্রায় কয়েক ডজন গুণ) বেশি।

৭.১.২ ডোজ রেট এবং ব্রেক পয়েন্ট

পানিতে উপস্থিত বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানের সঙ্গে ক্লোরিন এর বিক্রিয়ার ফলে যে পরিমাণ ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়, তাকে ক্লোরিন খরচ (consumption) বলা হয়। পানিতে রাসায়নিক এর ক্লোরিন খরচ টেবিল ৭.১ এ দেখানো হয়েছে। এর মধ্যে অ্যামোনিয়া হলো একটি সাধারন ক্লোরিন খরচকারী রাসায়নিক। ১.০ মিলিগ্রাম/লিটার অ্যামোনিয়াকে বিক্রিয়া করতে ৭.৬ মিলিগ্রাম/লিটার ক্লোরিন খরচ হয়।

টেবিল ৭.১ রাসায়নিকের ক্লোরিন খরচ (consumption)

রাসায়নিক	প্রতি ১.০ মি: গ্রা:/লি এ ক্লোরিন খরচ (consumption)
অ্যামোনিয়া (NH_4)	৭.৬
হাইড্রেজেন সালফাইড (H_2S)	৮.৫
আয়রন (Fe^{2+})	০.৬
ম্যাঙ্গানিজ (Mn^{2+})	১.৩
নাইট্রাইড আয়ন (NO^{2-})	১.৫

ক্লোরিন ডোজ রেটের গণনা করার উদাহরণ:

একটি নলকূপের পানিতে নিচের উপাদানগুলি বিদ্যমান:-

অ্যামোনিয়া ০.১০ মি.গ্রা./লিটার, আয়রন ০.২০ মি.গ্রা./লিটার, ম্যাঙ্গানিজ ০.১৫ মি.গ্রা./লিটার। ধরা হলো, রেসিডুয়াল ক্লোরিন ০.৩ মি.গ্রা./লিটার রাখতে হবে। তাহলে প্রয়োজনীয় ক্লোরিন ডোজ হবে কত হবে?

(১) পানিতে ০.১০ মি.গ্রা./লিটার অ্যামোনিয়া আছে:

টেবিল ৭.১ অনুযায়ী ১.০ মি.গ্রা./লিটার অ্যামোনিয়ার জন্য ক্লোরিন প্রয়োজন ৭.৬ মি.গ্রা./লিটার।
সুতরাং, ক্লোরিন খরচ = ৭.৬ × ০.১০ = ০.৭৬ মি.গ্রা./লিটার।

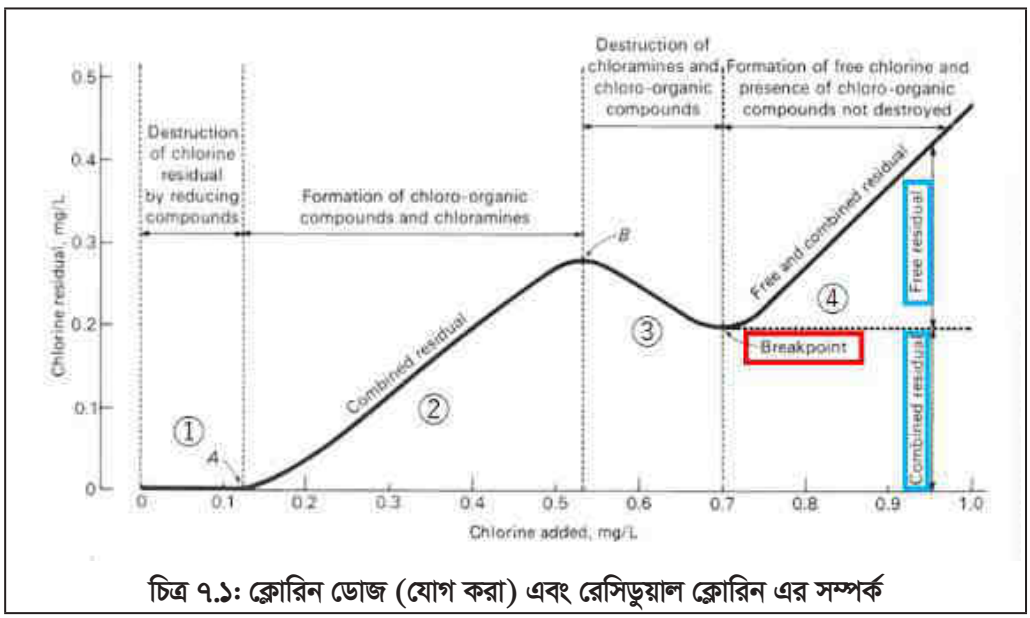
(২) পানিতে ০.২০ মি.গ্রা./লিটার আয়রন আছে:

১.০ মি.গ্রা./লিটার আয়রনের জন্য ক্লোরিন প্রয়োজন ০.৬ মি.গ্রা./লিটার।
সুতরাং, ক্লোরিন খরচ = ০.৬ × ০.২০ = ০.১২ মি.গ্রা./লিটার

(৩) পানিতে ০.১৫ মি.গ্রা./লিটার ম্যাঙ্গানিজ আছে:

১.০ মি.গ্রা./লিটার ম্যাঙ্গানিজের জন্য ক্লোরিন প্রয়োজন ১.৩ মি.গ্রা./লিটার।
সুতরাং, ক্লোরিন খরচ = ১.৩ × ০.১৫ = ০.১৯৫ মি.গ্রা./লিটার

(৪) উপরোক্ত (১) থেকে (৩) পর্যন্ত মোট খরচের সাথে প্রয়োজন রেসিডুয়াল ক্লোরিন ০.৩ মি.গ্রা./লিটার যোগ করলে হয়
= ০.৭৬ + ০.১২ + ০.১৯৫ + ০.৩ = ১.৩৭৫ মি.গ্রা./লিটার
অতএব, মোট ক্লোরিন ডোজ রেট হবে ১.৩৭৫ মি.গ্রা./লিটার।



চিত্র ৭.১: ক্লোরিন ডোজ (যোগ করা) এবং রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর সম্পর্ক

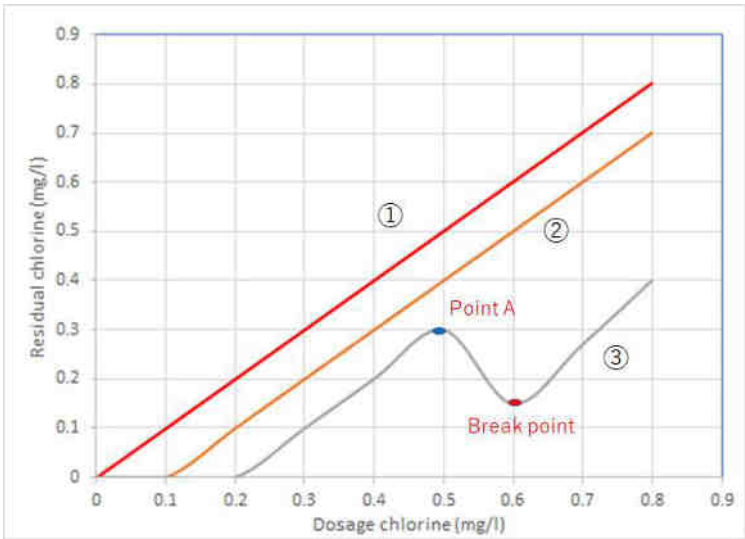
যখন অ্যামোনিয়াযুক্ত অপরিশোধিত পানিতে ধীরে ধীরে ক্লোরিন যোগ করা হয়, তখন রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর যে পরিবর্তন ঘটে তা চিত্র ৭.১ অনুসারে হয়:

① প্রথম দিকে ক্লোরিন যোগ করা হলেও, এটি পানির অক্সিডেন্ট এর সাথে বিক্রিয়ায় লিপ্ত হয়ে যায়, ফলে রেসিডুয়াল ক্লোরিন বৃদ্ধি পায় না (পয়েন্ট এ পর্যন্ত)।

② ক্লোরিন যোগ করা অব্যাহত রাখলে ক্লোরিন ও অ্যামোনিয়া বিক্রিয়ায় অংশ নিয়ে মনোক্লোরঅ্যামিন (Monochloramine) ও ডাইক্লোরঅ্যামিন (Dichloramine) তৈরি করে, ফলে কম্বাইন্ড রেসিডুয়াল ক্লোরিন বাড়তে থাকে (পয়েন্ট এ থেকে বি পর্যন্ত)।

③ এর পর অতিরিক্ত ক্লোরিন যোগ করলে ট্রাইক্লোরঅ্যামিন (Trichloramine) তৈরি হয়, যা জীবাণুনাশক নয়; তখন রেসিডুয়াল ক্লোরিন হ্রাস পায়, কারণ কম্বাইন্ড ক্লোরিন ভেঙে যায়।

④ এরপর পুনরায় রেসিডুয়াল ক্লোরিন বাড়তে শুরু করে। এই ডোজ পয়েন্টটিকে বলা হয় ব্রেক পয়েন্ট (Break Point)। (পয়েন্ট এ থেকে ব্রেক পয়েন্টের পর যোগ করা ক্লোরিনের পরিমাণের সঙ্গে ফ্রি ক্লোরিন এর ঘনত্ব আনুপাতিক হারে বৃদ্ধি পায়, আর কম্বাইন্ড ক্লোরিন স্থির থাকে।



চিত্র ৭.২: ডোজ এবং রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর সম্পর্ক

চিত্র ৭.২ এ ক্লোরিন যোগ (ডোজ) ও রেসিডুয়াল ক্লোরিনের সম্পর্ক দেখানো হয়েছে। চিত্রের তিনটি রেখা যখন ক্লোরিন যোগ করা হয় তখন পানির অবস্থার পার্থক্য নিম্নভাবে ব্যাখ্যা করে:-

① পানিতে আয়রন, জৈব পদার্থ বা অন্য কোনো রিডিউসিং পদার্থ না থাকলে, রেসিডুয়াল ক্লোরিন সরাসরি ডোজের আনুপাতিক হয়।

② পানিতে অ্যামোনিয়া ব্যতীত অন্যান্য ক্লোরিন খরচকারী পদার্থ থাকলে, সেগুলি অক্সিডাইজড হওয়ার (প্রায় ০.১ মি.গ্রা./লিটার ডোজ পয়েন্টে) পর থেকে রেসিডুয়াল ক্লোরিন সরলরেখায় বৃদ্ধি পায়।

③ পানিতে অ্যামোনিয়া ও অন্যান্য ক্লোরিন খরচকারী পদার্থ উভয়ই থাকলে, কার্যকর ক্লোরিনেশন নিশ্চিত করতে ব্রেক পয়েন্ট এর চেয়ে বেশি পরিমাণ ক্লোরিন যোগ করা প্রয়োজন হয়।

রেসিডুয়াল ক্লোরিন ঘনত্ব এর লক্ষ্যমাত্রা

উপরোক্ত বিশ্লেষণের ভিত্তিতে সুপারিশ করা হয় যে, **ফ্রি রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর ঘনত্ব পানি পরিশোধন ও বিতরণ ব্যবস্থার প্রতিটি ধাপে ০.২ মি.গ্রা./লিটার বজায় রাখা উচিত**। গুরুত্বপূর্ণ নিয়ন্ত্রণ জায়গাগুলি হলো, বিতরণ ট্যাংকের আউটলেট, এবং ভোক্তার ট্যাপ কল (Faucet)।

তবে, রেসিডুয়াল ক্লোরিনের ঘনত্ব শুধুমাত্র পানির গুণগতমান ও নিরাপত্তা রক্ষার নির্দেশক নয়, এটি পানির তীব্র গন্ধেরও সৃষ্টি করে।। তাই **কলের পানিতে এটি ১.০ মি.গ্রা./লিটার এর নিচে রাখা আবশ্যক**। (বিস্তারিত নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা অংশে ব্যাখ্যা করা হয়েছে।)

৭.১.৩ ক্লোরিনের প্রকারভেদ এবং ডোজিং যন্ত্রপাতি

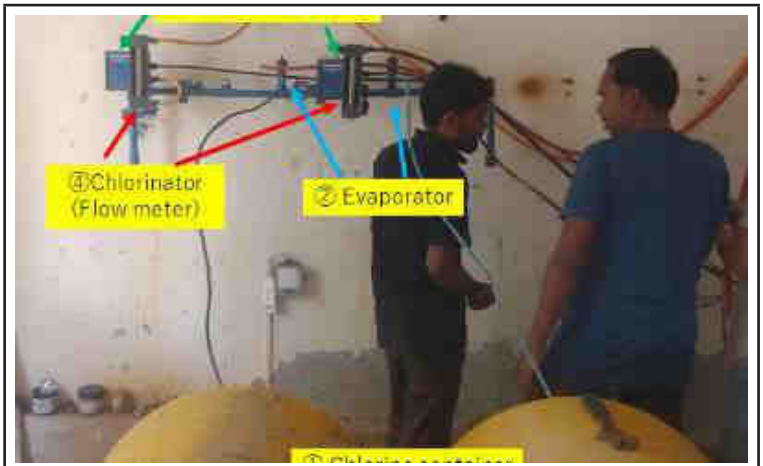
ক্লোরিন একটি বিষাক্ত পদার্থ, তাই এটি অত্যন্ত সতর্কতার সঙ্গে ব্যবহার করা আবশ্যক। জীবাণু-মুক্তকরণের জন্য ব্যবহৃত ক্লোরিন সাধারণত তিন অবস্থায় পাওয়া যায় যথা:- গ্যাস, তরল, এবং গুঁড়া অবস্থায়। প্রত্যেক প্রকারের বৈশিষ্ট্য নিচের টেবিলে (টেবিল ৭.২) দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৭.২ ক্লোরিনের বিভিন্ন অবস্থার বৈশিষ্ট্য

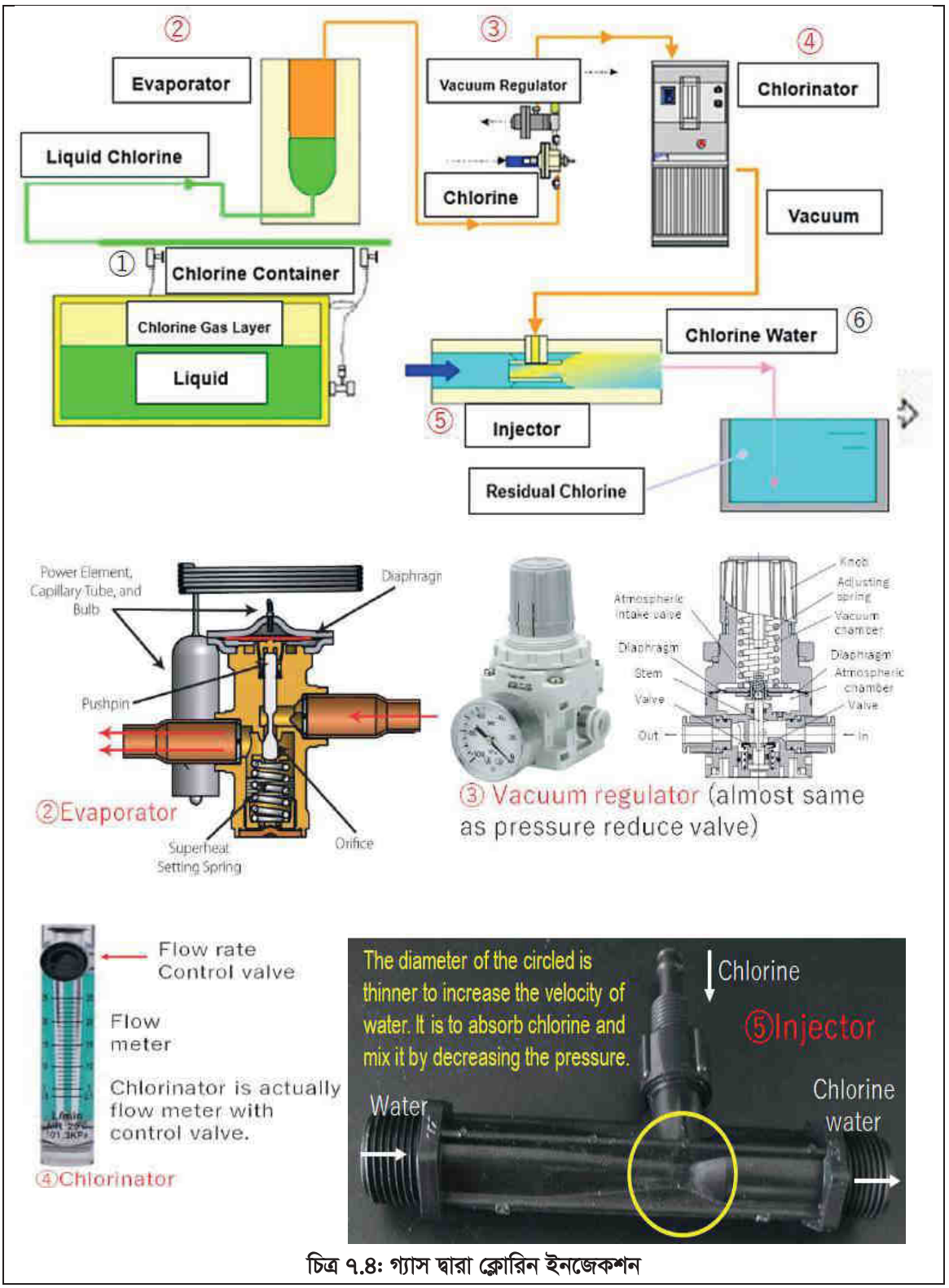
আকার	বৈশিষ্ট্য	
গ্যাস	এটি ২০°C তাপমাত্রায় ০.৫৭৮ MPa প্রেসারে সিলিন্ডারে ১০০% Cl_2 গ্যাসে সংরক্ষণ করা হয়। আসলে, সিলিন্ডারে এটি তরল ক্লোরিন হিসেবে থাকে। যখন এটি বায়ুমন্ডলীয় চাপে নির্গত হয়, তখন এটি হলুদ গ্যাসে পরিণত হয়, যা একটি অত্যন্ত বিপজ্জনক বিষাক্ত গ্যাস।	
তরল	সাধারণত সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaClO) নামে পরিচিত, এটি ৬-১২% কার্যকর ক্লোরিন হার এবং উচ্চ pH (>৮) সহ দ্রবণ অবস্থায় পাওয়া যায়। এটি কেবল অত্যন্ত বিষাক্তই নয়, ধাতুর জন্য অত্যন্ত ক্ষয়কারীও। দীর্ঘ সময় ধরে সংরক্ষণ করা হলে, কার্যকর ক্লোরিন হারের পরিমাণ হ্রাস পায়।	
পাউডার	পাউডার আকারে অনেক ধরণের ক্লোরিন পাওয়া যায়, তবে সাধারণত ব্লিচিং পাউডার [ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট $Ca(ClO)_2$] ব্যবহার করা হয়। কার্যকর ক্লোরিনের পরিমাণের হার ৭০-৮০%। pH নিরপেক্ষ। দীর্ঘ সময় ধরে সংরক্ষণ করা হলে, কার্যকর ক্লোরিনের পরিমাণ হ্রাস পায়।	

৭.১.৩.১ গ্যাস

ক্লোরিন গ্যাস সাধারণত বড় ধরনের পানি পরিশোধনাগারে (যেমন WASA এর প্ল্যান্টে) ব্যবহৃত হয়। গ্যাস অবস্থার ক্লোরিন প্রয়োগের পদ্ধতি চিত্র ৭.৩ এবং চিত্র ৭.৪ এ দেখানো হয়েছে। ক্লোরিন গ্যাস ব্যবস্থা তরল বা গুঁড়া ক্লোরিনের তুলনায় বেশি জটিল। এর ধাপসমূহ হলোঃ ① ক্লোরিন কন্টেইনার থেকে গ্যাস নির্গত হয়; ② ইভাপোরেটর এর মাধ্যমে এটি বাষ্পে রূপান্তরিত হয়; ③ ভ্যাকুয়াম রেগুলেটরের মাধ্যমে চাপ নিয়ন্ত্রণ করা হয়; ④ ক্লোরিনেটর দ্বারা ক্লোরিন প্রবাহের হার নিয়ন্ত্রণ করা হয়; ⑤, ⑥ পাইপলাইনের ইনজেক্টর এর মাধ্যমে ক্লোরিন পানিতে মিশ্রিত হয় এবং ক্লোরিন ওয়াটার তৈরি হয়।



চিত্র ৭.৩: বাস্তব স্থাপনা



চিত্র ৭.৪: গ্যাস দ্বারা ক্লোরিন ইনজেকশন

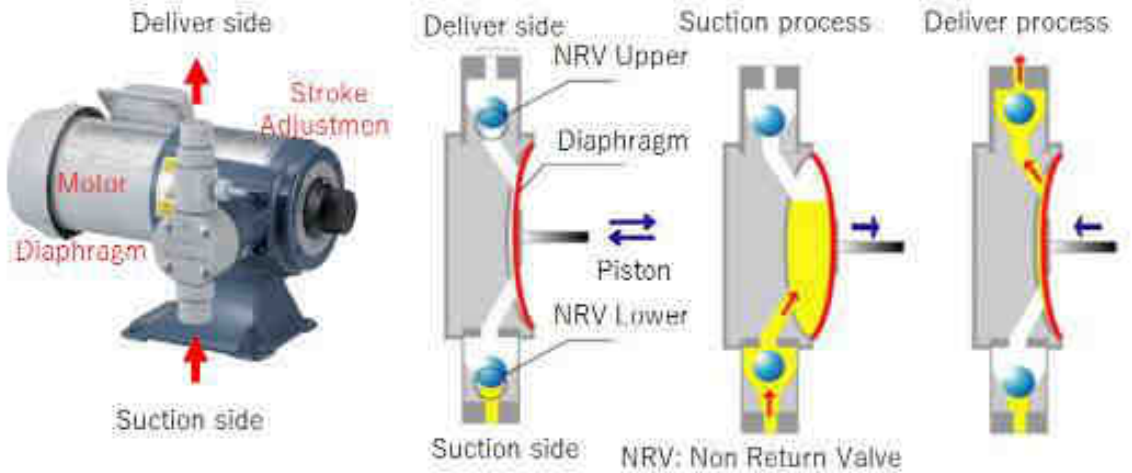
ঝুঁকি ও বিপদের সতর্কতা:

ক্লোরিন গ্যাস অত্যন্ত বিষাক্ত হওয়ায় এর ব্যবস্থাপনা কঠোরভাবে নিয়ন্ত্রিত হওয়া আবশ্যক। সামান্য লিকেজও গুরুতর দুর্ঘটনার কারণ হতে পারে।

- **প্রধান ঝুঁকি ও বিপদসমূহ:**
  - তীব্র বিষক্রিয়া (Acute poisoning): ক্লোরিন গ্যাস শ্বাস-প্রশ্বাসের মাধ্যমে প্রবেশ করলে শ্বাসযন্ত্রের মারাত্মক ক্ষতি হতে পারে এবং উচ্চ ঘনত্বে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটতে পারে। এছাড়াও এটি ত্বক ও চোখে মারাত্মক জ্বালা ও রাসায়নিক দগ্ধতা (Chemical burns) সৃষ্টি করে।
  - যন্ত্রপাতির ক্ষয় (Equipment corrosion): ক্লোরিন গ্যাস পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরি করে, যা ধাতব পাইপ ক্ষয় করে লিকেজ সৃষ্টি করতে পারে।
  - আগুন ও বিস্ফোরণ (Fire and Explosion): ক্লোরিন গ্যাস নিজে দাহ্য নয়, তবে এটি কিছু দাহ্য পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিস্ফোরণ ঘটাতে পারে।
  - সংরক্ষণ ও পরিবহন (Storage and Transport): উচ্চচাপ সম্পন্ন গ্যাস সিলিন্ডারের ক্ষতি বা ভাল্‌ভ ত্রুটির কারণে লিকেজের ঝুঁকি থাকে।
- **সতর্কতামূলক ব্যবস্থা:**
  - **নির্দিষ্ট সংরক্ষণ এলাকা:** ক্লোরিন সিলিন্ডার সবসময় বায়ু চলাচলযুক্ত, তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত স্থানে রাখতে হবে এবং পতন রোধে (পড়ে না যায়) ব্যবস্থা নিতে হবে।
  - **লিক ডিটেকশন ও অ্যালার্ম:** গ্যাস লিক শনাক্তকারী (Gas Leak Detector) এবং অ্যালার্ম সংযুক্ত ইমার্জেন্সি শাট অফ ভাল্‌ভ স্থাপন করতে হবে।
  - **সাকশন সিস্টেম:** দুর্ঘটনাক্রমে ক্লোরিন গ্যাস ছড়িয়ে পড়লে তা বাইরের দিকে নির্গমন করার জন্য সাকশন যন্ত্র স্থাপন করতে হবে। তবে, নির্গমনের সময় আশেপাশের বাসিন্দাদের দ্রুত সরিয়ে নেওয়া জরুরি।
  - **মরিচা ধরা প্রতিরোধী উপকরণ:** ক্লোরিন প্রতিরোধী মালামাল দ্বারা তৈরি যন্ত্রপাতি ও পাইপলাইন ব্যবহার করতে হবে।
  - **ব্যক্তিগত সুরক্ষা সরঞ্জাম (PPE):** পূর্ণমুখো মাস্ক, সুরক্ষা পোশাক, গ্লোভস ও সেফটি গ্লাস সবসময় প্রস্তুত রাখতে হবে।
  - **জরুরি পরিকল্পনা ও মহড়া:** ক্লোরিন গ্যাস লিকেজের ক্ষেত্রে তাৎক্ষণিকভাবে সরিয়ে নেওয়া, অবহিতকরণ ও প্রতিক্রিয়ার পদ্ধতি স্পষ্টভাবে নির্ধারণ করতে হবে এবং সেগুলির নিয়মিত মহড়া (Drill) চালাতে হবে।
  - **শিক্ষা ও প্রশিক্ষণ:** কর্মীদের অবশ্যই ক্লোরিন গ্যাসের ঝুঁকি, নিরাপদ ব্যবহারের পদ্ধতি এবং জরুরি পরিস্থিতিতে প্রতিক্রিয়ার বিষয়ে প্রশিক্ষিত হতে হবে।

৭.১.৩.২ তরল

বাংলাদেশে তরল ক্লোরিন খুব বেশি ব্যবহৃত হয় না। তরল ক্লোরিন প্রয়োগ করতে ইনজেকশন পাম্প ব্যবহার করা হয়, যা সাধারণত নন-মেটালিক (Non-metallic) উপকরণ দিয়ে তৈরি, কারণ তরল ক্লোরিন ধাতুকে ক্ষয় করে (চিত্র ৭.৫)। সাধারণত ডায়াফ্রাম পাম্প ক্লোরিন ডোজিং এর জন্য ব্যবহৃত হয়, কারণ ডায়াফ্রাম পাম্প নির্ভুল নিয়ন্ত্রণ, স্থিতিশীলতা এবং রাসায়নিকের সহনশীলতার জন্য উপযোগী। এই পাম্পের ভেতরে একটি ডায়াফ্রাম থাকে, যার স্ট্রোকের পুনরাবৃত্তির সংখ্যা পরিবর্তন করে প্রবাহের হার নিয়ন্ত্রণ করা যায়।



চিত্র ৭.৫: ইনজেকশন পাম্প

৭.১.৩.৩ গুঁড়া/পাউডার

ছোট আকারের পানি পরিশোধনাগারে সাধারণত ব্লিচিং পাউডার ব্যবহৃত হয়। এই পাউডারকে প্রথমে সলিউশন ট্যাংকে পানির সাথে মিশিয়ে দ্রবণ তৈরি করা হয় (চিত্র ৭.৬), পরে এটি ইনজেকশন পাম্প (চিত্র ৭.৫) এর মাধ্যমে পানিতে প্রয়োগ করা হয়।



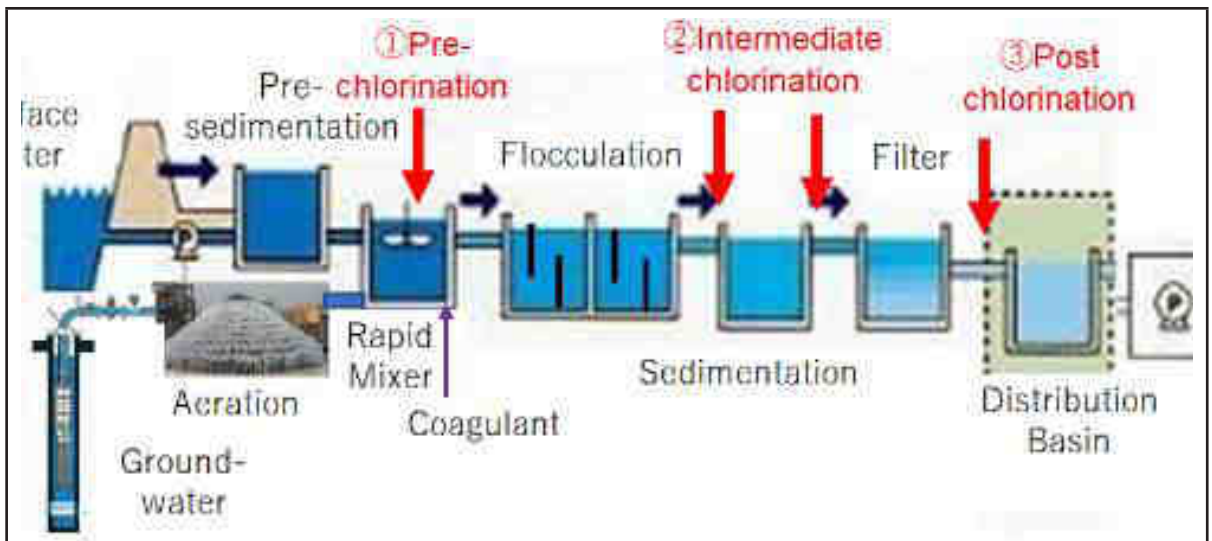
চিত্র ৭.৬: ব্লিচিং পাউডারের সলিউশন ট্যাংক

৭.১.৪ ডোজ পয়েন্টসমূহ

যেসব পানি পরিশোধনাগারে র‍্যাপিড ফিল্ট্রেশন সিস্টেম ব্যবহৃত হয় যা ভূপৃষ্ঠস্থ পানিতে ভাসমান কঠিন পদার্থ অপসারণ এবং ভূগর্ভস্থ পানিতে আর্সেনিক ও আয়রন অপসারণের জন্য ব্যবহৃত হয়, সেসব প্ল্যান্টে সাধারণত ক্লোরিন প্রয়োগের তিনটি পয়েন্ট থাকে যথা:- ① **প্রি-ক্লোরিনেশন:** পরিশোধনের আগে প্রয়োগ করা হয়। ② **ইন্টারমিডিয়েট ক্লোরিনেশন:** সেডিমেন্টেশন বা ফিল্ট্রেশনের আগে প্রয়োগ করা হয়। ③ **পোস্ট-ক্লোরিনেশন:** ফিল্ট্রেশনের পরে প্রয়োগ করা হয় (চিত্র ৭.৭ এ দেখানো হয়েছে।)

স্লো ফিল্ট্রেশন সিস্টেম এর পানি পরিশোধনাগারের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র স্লো ফিল্ট্রেশন এর পর পোস্ট-ক্লোরিনেশন হিসেবে ক্লোরিন প্রয়োগ করা হয়।

নলকূপ থেকে ভূগর্ভস্থ পানির সরাসরি বিতরণ ব্যবস্থায়, ক্লোরিন প্রয়োগ করা হয় নলকূপ থেকে পাম্প করার পর এবং বিতরণের আগে, ফলে এটিও পোস্ট-ক্লোরিনেশন হিসেবে বিবেচিত হয়।



চিত্র ৭.৭ ক্লোরিন ইনজেকশন পয়েন্টসমূহ

৭.১.৪.১ প্রি-ক্লোরিনেশন (র‍্যাপিড ফিল্ট্রেশন)

প্রি-ক্লোরিনেশন এর মূল উদ্দেশ্য হলো সেডিমেন্টেশন ও ফিল্ট্রেশনে শেওলা (Algae) গঠনের প্রতিরোধ করা। এছাড়াও এটি ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রন এর অক্সিডেশনে সহায়ক ভূমিকা রাখে (যদিও এটি এ্যরেশনের সহায়ক পদ্ধতি হিসেবে বিবেচিত হয়), এবং অ্যামোনিয়া, অস্বাভাবিক স্বাদ ও গন্ধ এবং জৈব পদার্থ অপসারণে সহায়তা করে। সাধারণভাবে প্রি-ক্লোরিনেশন এর ডোজ রেট পোস্ট-ক্লোরিনেশনের তুলনায় বেশি হয়। **তবে, উভয় ক্ষেত্রেই রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর কাঙ্খিত ঘনত্ব ০.২ মি.গ্রা./লিটার রাখা উচিত,** কারণ ক্লোরিন প্রয়োগের পর দ্রুতই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং এটি ব্যবহৃত হয়ে যায় (সেকশন ৭.১.১ এ বর্ণিত হয়েছে)।

তবে, যদি প্রি-ক্লোরিন আয়রন ও আর্সেনিক সমৃদ্ধ অপরিশোধিত পানিতে এ্যরেশনের আগেই যোগ করা হয়, সেক্ষেত্রে, ক্লোরিন, আয়রন-অক্সিডেশনের বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়ে যায়, যদিও মূল অক্সিডেশন যন্ত্র হিসেবে এরিয়েশন কাজ করার কথা। এই কারণে, ক্লোরিন প্রয়োগ অবশ্যই এ্যরেশনের পরবর্তী ধাপে করতে হবে।

৭.১.৪.২ ইন্টারমিডিয়েট ক্লোরিনেশন (র‍্যাপিড ফিল্ট্রেশন)

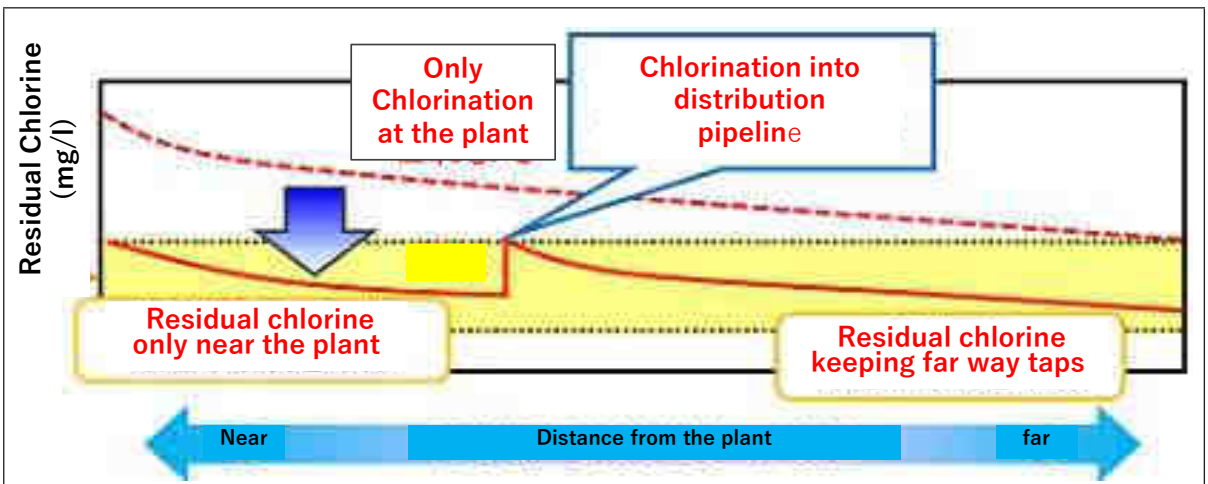
ইন্টারমিডিয়েট ক্লোরিনেশনের উদ্দেশ্য হলো পানি পরিশোধন প্রক্রিয়ার মধ্যবর্তী ধাপে উপস্থিত কাঙ্খিত রাসায়নিক পদার্থগুলিকে অক্সিডাইজ করা। এই কাঙ্খিত রাসায়নিক পদার্থগুলির মধ্যে প্রধানত আয়রন, আর্সেনিক এবং ম্যাঙ্গানিজ অন্তর্ভুক্ত। ক্লোরিন, আয়রন ও আর্সেনিককে অক্সিডাইজ করে, আর ম্যাঙ্গানিজ এর ক্ষেত্রে এটি সেকেন্ডারি অক্সিডেশন এর কাজ করে, যা ম্যাঙ্গানিজ স্যান্ড ফিল্টার এর অটোক্যাটালাইটিক বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে।

৭.১.৪.৩ পোস্ট-ক্লোরিনেশন

পোস্ট-ক্লোরিনেশন এর উদ্দেশ্য হলো পানি পরিশোধন প্রক্রিয়ার শেষে চূড়ান্তভাবে পানির মান নিশ্চিত করা। এই ধাপে প্রয়োগ করা ক্লোরিন পানিতে অবশিষ্ট থেকে বিতরণ নেটওয়ার্ক এর মাধ্যমে ব্যবহারকারীর কল (Faucet) পর্যন্ত উপস্থিত থাকে, যাকে রেসিডুয়াল ক্লোরিন বলা হয়। **পোস্ট-ক্লোরিন ডোজিং এমনভাবে নির্ধারণ করতে হবে যাতে ব্যবহারকারীর কল পর্যন্ত রেসিডুয়াল ক্লোরিন এর ঘনত্ব ০.২-১.০ মি.গ্রা./লিটার এর মধ্যে থাকে।** বাংলাদেশের খাবার পানির মানদন্ড অনুযায়ী রেসিডুয়াল ক্লোরিনের মানদন্ড ০.২ মি.গ্রা./লিটার। তবে, অতিরিক্ত রেসিডুয়াল ক্লোরিন পানিতে অপ্রীতিকর ক্লোরিন গন্ধ সৃষ্টি করতে পারে এবং কখনও কখনও স্বাস্থ্যের উপর বিরূপ প্রভাব ফেলতে পারে। অতএব, বাংলাদেশের মানদন্ড অনুসারে রেসিডুয়াল ক্লোরিন ০.২ মি.গ্রা./লিটার বজায় রাখতে হবে এবং কার্যক্রম চলাকালীন এটিকে ০.২-১.০ মি.গ্রা./লিটার সীমার মধ্যে নিয়ন্ত্রণ করতে হবে। এখানে উল্লেখযোগ্য যে, রেসিডুয়াল ক্লোরিন বিতরণ পাইপ ও ওভারহেড ট্যাংকে উপস্থিত আয়রন, জৈব পদার্থ, এবং অন্যান্য অক্সিডাইজড পদার্থ দ্বারা ব্যবহৃত হয়ে যায়, এবং সময়ের সাথে সাথে এটি স্বাভাবিকভাবে ডিকম্পোজ হয়। অতএব, ব্যবহারকারীর কলের পানিতে ক্লোরিন ঘনত্ব নিয়মিত পরীক্ষা করা অত্যাবশ্যক।

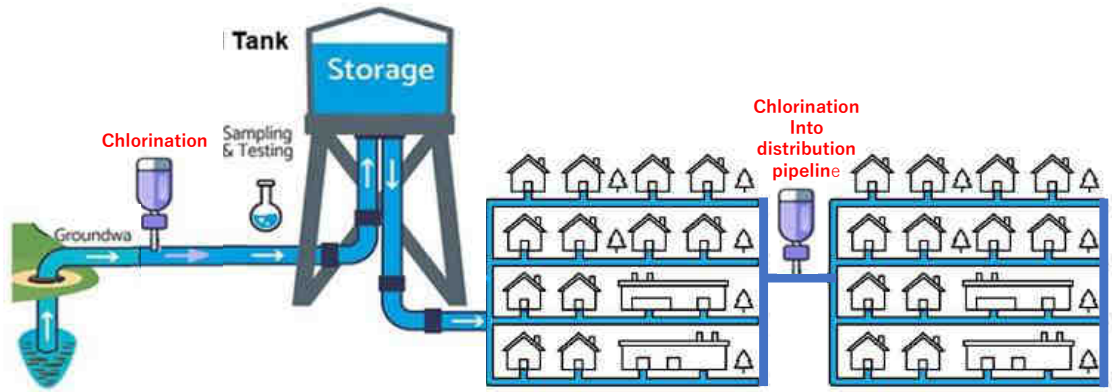
৭.১.৪.৪ বিতরণ পাইপলাইনে ক্লোরিনেশন

যদিও পানি পরিশোধনাগরে ক্লোরিন প্রয়োগ করা হয়, পাইপলাইনের মধ্যে ক্লোরিন ব্যবহার হয়ে যাওয়ায় রেসিডুয়াল ক্লোরিনের পরিমাণ কমে যায় (চিত্র ৭.৮, ডট লাইনের রেখা গ্রাফ), এবং শেষ কলে পানির মানদন্ড ০.২ মিগ্রা/লিটার বজায় রাখা নাও হতে পারে। এমন ক্ষেত্রে, প্ল্যান্টে প্রয়োগ করা ক্লোরিনের পরিমাণ বৃদ্ধি করার পদ্ধতি রয়েছে, তবে প্ল্যান্টের কাছাকাছি ক্লোরিনের ঘনত্ব অনেক বেশি হয়ে যায়, যার ফলে ক্লোরিনের গন্ধের সমস্যা দেখা দিতে পারে।



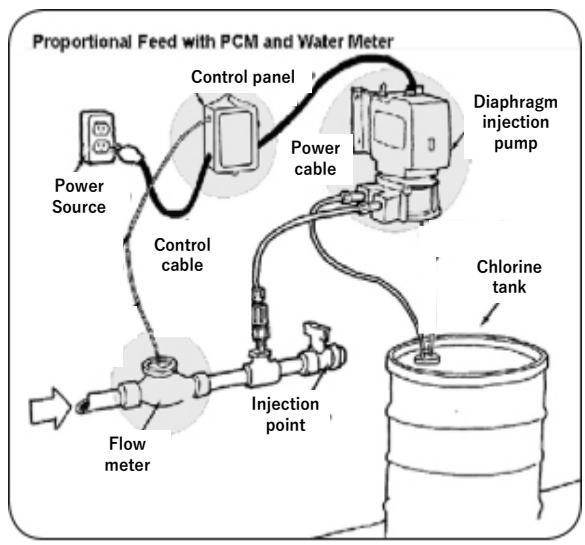
চিত্র ৭.৮: বিতরণ পাইপে রেসিডুয়াল ক্লোরিন হ্রাস পাওয়া

এই পরিস্থিতিতে, বিতরণ পাইপলাইনের মাঝখানে ক্লোরিন প্রয়োগ করে রেসিডুয়াল ক্লোরিন বাড়ানোর একটি পদ্ধতি আছে (চিত্র ৭.৮ রেখা গ্রাফ এবং চিত্র ৭.৯)। প্রতিটি বিন্দুতে রেসিডুয়াল ক্লোরিন পরিমাপ করে সর্বোত্তম প্রয়োগ পয়েন্ট নির্ধারণ করা হয়। সাম্প্রতিক বছরগুলিতে, পানি বিতরণ নেটওয়ার্ক বিশ্লেষণে রেসিডুয়াল ক্লোরিনের আচরণ সিমুউলেট করতে সক্ষম প্রোগ্রামগুলি ব্যবহার করা হচ্ছে।

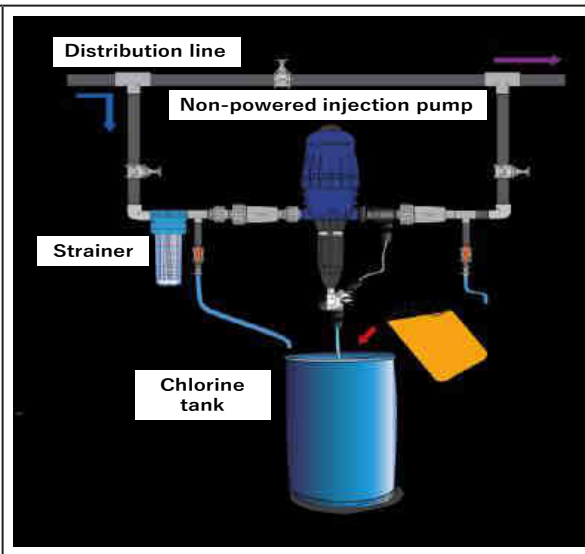


চিত্র ৭.৯: বিতরণ পাইপে ক্লোরিনেশন

বিতরণ পাইপে ক্লোরিনেশনের দুইটি প্রয়োগ পদ্ধতি আছে: ১) বিতরণ পাইপলাইনের মাঝখানে একটি রিলে ট্যাংক স্থাপন, এবং ২) সরাসরি পাইপে প্রয়োগ করা। বাংলাদেশে রিলে ট্যাংক স্থাপন বিরল, তাই পদ্ধতি (২) বেশি ব্যবহৃত হয়। ক্লোরিন প্রয়োগের জন্য ডায়াফ্রাম পাম্প অথবা নন-পাওয়ারড পাম্প ব্যবহার করা হয় (চিত্র ৭.১০ দেখুন)।



ক্লোরিন প্রয়োগের জন্য ডায়াফ্রাম পাম্প ব্যবহার



ক্লোরিন প্রয়োগের জন্য নন-পাওয়ারড পাম্প ব্যবহার

চিত্র ৭.১০: বিতরণ পাইপে ক্লোরিন প্রয়োগ পদ্ধতি

৭.১.৪.৫ পরিমাপ

উপরোক্তভাবে, পানির মধ্যে ক্লোরিনের ঘনত্ব পরীক্ষা করা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। মাঠ পর্যায়ে পরিমাপ করার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি লক্ষ্য রাখতে হবে:

১) ক্লোরিনের পরিমাপ যত দ্রুত সম্ভব করা উচিত, আদর্শভাবে নমুনা সংগ্রহের ৩০ মিনিটের মধ্যে। এটি ক্লোরিনের বাষ্পীভবন ও স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিমাপ কমে যাওয়ার ঝুঁকি হ্রাস করতে সাহায্য করে;

২) যদি নমুনা সংগ্রহের স্থান থেকে পরিমাপের স্থানে (ল্যাবরেটরি) পরিবহন অপরিহার্য হয়, তাহলে নমুনা একটি বায়ু-সিলযুক্ত পাত্রে সংরক্ষণ করতে হবে;

৩) তাৎক্ষণিক পরিমাপের প্রয়োজনীয়তার কারণে, ল্যাবরেটরিতে পরীক্ষা করার পরিবর্তে, মাঠে টেস্ট কিট ব্যবহার করা হয়। টেস্ট কিটগুলি ভালো অবস্থায় রক্ষণাবেক্ষণ করতে হবে। DPD (diethyl-p-p-phenylenediamine) পদ্ধতি সবচেয়ে সাধারণ এবং ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত পদ্ধতি। এটি রেসিডুয়াল ক্লোরিনের সাথে DPD reagent এর প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে কাজ করে, যার ফলে পানির রং হালকা লাল-বেগুনি হয়ে যায়। কিট রক্ষণাবেক্ষণ সহজ, ক্যালিব্রেশন এর প্রয়োজন নেই, এবং DPD reagent দামে সস্তা।

ইলেকট্রোড টাইপ কিটও ক্লোরিন পরীক্ষার জন্য ব্যবহার করা যেতে পারে, তবে এটি ইলেকট্রোডের ক্যালিব্রেশন ও রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন।



DPD test kit (Lovibond 151600)



Electrode type (DKK TOA RC-31P)

৭.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৭.২.১ পরিচালনা দিক

যেখানে খাবার পানির কলে ১.০ মিগ্রা/লিটার-এর বেশি ক্লোরিন ব্যবহার করা সুপারিশযোগ্য নয়, যেখানে বাংলাদেশে খাবার পানির মানদন্ড অনুযায়ী এর পরিমাণ ০.২ মিগ্রা/লিটার। ফলে, বিতরণ ব্যবস্থায় কিছু অতিরিক্ত ক্লোরিন থাকা উচিত যাতে তা জৈব পদার্থ দ্বারা ব্যবহার হয়। সুতরাং, পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালন কার্যক্রম চলাকালীন কিছু নিয়মিত পর্যবেক্ষণ অনুসরণ করা উচিত:

১) যেকোনো ধরণের দুর্ঘটনা এড়াতে প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা;

২) পর্যাপ্ত পরিমাণ ক্লোরিন মজুত রাখা, হঠাৎ ক্লোরিনের মজুত না থাকলে পরিশোধন প্রক্রিয়া সাময়িকভাবে বন্ধ করা;

৩) বিভিন্ন প্রয়োগ পয়েন্টে প্রয়োজন অনুযায়ী ক্লোরিন ডোজিং পরিমাপ করা;

৪) যে সকল পয়েন্টে অতিমাত্রায় ক্লোরিন খরচ হয় সে সকল পয়েন্টে রেসিডুয়াল ক্লোরিন পরিমাপ করা যাতে তা সীমা অতিক্রম না করে;

৫) প্রয়োজনে, বিতরণ লাইনের মধ্যবর্তী পয়েন্টে ক্লোরিন প্রয়োগ এর ব্যবস্থা করা।

৭.২.২ ত্রুটি নির্ণয়

৭.২.২.১ প্রি এবং ইন্টারমিডিয়েট ক্লোরিনেশন

১) ঝুঁকি

যখন শেওলার সৃষ্টি হয়, সেডিমেন্টেশন ট্যাংকের কার্যকারিতা হ্রাস পায় এবং ফিল্ট্রেশন বালি বন্ধ হয়ে যায়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

- সেডিমেন্টেশন বেসিনের ইনলেটে রেসিডুয়াল ক্লোরিন
- সেডিমেন্টেশন ও ফিল্ট্রেশন বেসিনে শেওলার উপস্থিতি ও ঘটনার রেকর্ড
- সেডিমেন্টেশন ও ফিল্ট্রেশন বেসিনে শেওলা পরিষ্কারের রেকর্ড

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

- সেডিমেন্টেশন বেসিনের ইনলেটে রেসিডুয়াল ক্লোরিন > ০.২ mg/L
- শেওলার উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি
- সেডিমেন্টেশন ও ফিল্ট্রেশন বেসিন পরিষ্কার করা হয়েছে কিনা

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা

- প্রি এবং/অথবা ইনটারমিডিয়েট ক্লোরিন প্রয়েগের হার বৃদ্ধি করা যাতে সেডিমেন্টেশন বেসিনের ইনলেটে রেসিডুয়াল ক্লোরিন > ০.২ mg/L
- শেওলা পরিষ্কার করা

৭.২.২.২ পোস্ট ক্লোরিনেশন

১) ঝুঁকি

যদি পোস্ট ক্লোরিনেশন পর্যাপ্ত না হয় এবং খাবার পানির মানদন্ড অনুসরণ না করে, তবে পরিশোধিত পানিতে ব্যবহারকারীর কলে জীবাণু যেমন কোলিফর্ম (টোটাল কলিফর্ম ও ফিকাল কলিফর্ম) অবশিষ্ট থাকতে পারে এবং এটি পানির মাধ্যমে রোগের কারণ হতে পারে। অপর দিকে, অতিরিক্ত পোস্ট ক্লোরিন দেওয়া হলে, পানি ব্যবহারকারীর ট্যাপ কলে ক্লোরিনের অপ্রিয় গন্ধ থাকবে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

পানি ব্যবহারকারীর কলে রেসিডুয়াল ক্লোরিন (যদি পানি ব্যবহারকারীর কলে পানির নমুনা পাওয়া না যায়, সেক্ষেত্রে বিতরণ ট্যাংক এর আউটলেট ব্যবহার করা যেতে পারে)

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

- রেসিডুয়াল ক্লোরিন ০.২-১.০ mg/L এর মধ্যে, যেখানে ০.২ mg/L হলো বাংলাদেশে খাবার পানির ন্যূনতম মান।

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা

- পানি ব্যবহারকারীর কলে (ট্যাপে) ক্লোরিনের পরিমাণ অনুযায়ী ক্লোরিন প্রয়োগ হার নিয়ন্ত্রণ করা (মনে রাখতে হবে, সরবরাহ প্রক্রিয়ায় রেসিডুয়াল ক্লোরিন ব্যবহার করা যেতে পারে);
- পানি ব্যবহারকারীর কলে কিছু দিন পর পর পানির গুণগতমান মনিটরিং করা, ক্লোরিনেশন পর্যাপ্ত কিনা দেখার জন্য;

- যদি বিতরণ পাইপ ও ট্যাংক পুরানো হয় এবং পানির দাগে বা আয়রন দ্বারা দূষিত হয়, তবে তারা ক্লোরিন ব্যবহার করে। সেক্ষেত্রে পরিষ্কার করা প্রয়োজন;
- ক্লোরিন প্রয়োগের যন্ত্রটি বিকল হতে পারে। এ ক্ষেত্রে, সরঞ্জাম সমন্বয় বা মেরামত করা হয়।

৭.২.২.৩ ডোজিং সরঞ্জাম

(১) ইনজেকশন পাম্প

১) ঝুঁকি

যদি এটি বিকল হয়, তবে ক্লোরিন প্রয়োগ সম্ভব নয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

- ক্লোরিন ডোজিং পয়েন্টে ক্লোরিন দ্রবন এর প্রবাহের হার
- পাম্প ব্যবহার করার সংশ্লিষ্ট প্রবাহের হার

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

- ক্লোরিন ডোজিং পয়েন্টে ক্লোরিন দ্রবন এর প্রবাহের হার সংশ্লিষ্ট প্রবাহের হার (নির্দিষ্ট তথ্য) অনুযায়ী কি না;

সাধারণত ডোজিং পয়েন্টে ফ্লো মিটার থাকে না, তাই একটি পরিমাপক সিলিন্ডার ও স্টপ ওয়াচ দিয়ে প্রবাহের হার পরিমাপ করা হয়। প্রবাহের হার নিশ্চিত হওয়ার পরে, পাম্প এর স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী কেলিব্রেশন করা হয়।

(যদি ডোজিং করার যন্ত্রে সমস্যা থাকে, প্রবাহ হার স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী হবে না। ফলে, নিম্নোক্ত পদক্ষেপ ও প্রতিকারের ব্যবস্থা নিতে হবে।)

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা

- ডোজিং পাইপের বন্ধ দূর করা;
- পাম্পে ডায়াফার্ম এর ক্ষতি পরীক্ষা করা, ক্ষতিগ্রস্থ হলে ডায়াফার্ম পরিবর্তন করা;
- পাম্পে পিষ্টন শ্যাফ্ট এর ক্ষতি পরীক্ষা করা, ক্ষতিগ্রস্থ হলে পিষ্টন শ্যাফ্ট পরিবর্তন করা।

(২) গ্যাস ইনজেকশন সরঞ্জাম

১) ঝুঁকি

যদি এটি বিকল হয়, তবে ক্লোরিন প্রয়োগ সম্ভব নয়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য

- ক্লোরিন গ্যাস ডোজিং পয়েন্টে ক্লোরিন এর প্রবাহের হার
- সংশ্লিষ্ট প্রবাহের হার

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

- ক্লোরিন গ্যাস ডোজিং পয়েন্টে প্রয়োগের হার সংশ্লিষ্ট প্রবাহের হার (নির্দিষ্ট তথ্য) অনুযায়ী কি না।

পরিমাপকৃত প্রবাহের হার সংশ্লিষ্ট প্রবাহের হার (নির্দিষ্ট তথ্য) অনুযায়ী কি না। সাধারণত গ্যাস পাইপে একটি ফ্লো মিটার সংযুক্ত থাকে এবং এটি দ্বারা প্রবাহের হার পরিমাপ করা হয়। অতপর, ক্লোরিনেটর অনুযায়ী এটা কেলিব্রেট করা হয়।

(যদি ডোজিং করার যন্ত্রে সমস্যা থাকে, তবে প্রবাহ হার স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী হবে না।)

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা

- ডোজিং পাইপ খুলে ময়লা পরিষ্কার করা (ক্লোরিন গ্যাস ব্যবস্থা এর পাইপ পাতলা এবং ময়লা দ্বারা বন্ধ হয়)

৭.৩ স্থাপনাসমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৭.৩ হলো ক্লোরিনেশন এর সমস্যা সমাধানের একটি তালিকা। ক্লোরিনেশন এর O&M কর্মকান্ডের জন্য প্রধানত রেসিডুয়াল ক্লোরিন পরীক্ষা করা।

টেবিল ৭.৩ ক্লোরিনেশন এর সমস্যা সমাধান

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
ক্লোরিন প্রয়োগের পরিমাণ			
শেওলা সৃষ্টি	ক্লোরিন প্রয়োগ কম দেওয়া হয়েছে	সেডিমেন্টেশন এর কার্যকারিতা হ্রাস ও ফিল্টার এর বালি ব্লক হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা আছে	শেওলা পরিষ্কার করতে হবে এবং প্রি অথবা ইন্টারমিডিয়েট পয়েন্টে ক্লোরিন প্রয়োগের হার বাড়াতে হবে
পানি ব্যবহারকারীর ট্যাপ কলে রেসিডুয়াল ক্লোরিন কম (০.২মগ্রা:/লি এর কম পাওয়া)	পানিতে ক্লোরিন গ্রহণকারী পদার্থের বৃদ্ধি, ক্লোরিন প্রয়োগে ঘাটতি, সরবরাহ পাইপের দূষণ, ইনজেকশন পাম্প খারাপ হয়ে যাওয়া	জীবাণুনাশক প্রভাব দূর্বল হওয়ার সম্ভাবনা আছে	ক্লোরিন প্রয়োগের হার বাড়াতে হবে। সরবরাহ পাইপ পরিষ্কার বা পরিবর্তন ও পাম্প মেরামত করতে হবে
অদ্ভুত স্বাদ ও গন্ধ (শুধু প্রাক-সেডিমেন্টেশন এর ক্ষেত্রে)	অপরিশোধিত পানিতে জৈবিক পদার্থ, আয়রন, ম্যাঙ্গানিজ, ইত্যাদি থাকতে পারে	পানি ব্যবহারকারীদের গন্ধে অসন্তুষ্ট হওয়া এবং পানির নিরাপত্তা নিয়ে উদ্বিগ্ন হওয়ার সম্ভাবনা আছে	কারণ সনাক্ত করতে হবে; ক্লোরিন প্রয়োগের হার বৃদ্ধি করে স্বাদ ও গন্ধ দূর করতে হবে; স্বাদ বা গন্ধের কারণ সরাতে হবে
পানি ব্যবহারকারীর কলে ক্লোরিনের গন্ধ	ক্লোরিন বেশি দেওয়া হয়েছে	পানি ব্যবহারকারীদের গন্ধে অসন্তুষ্ট হওয়া এবং পানির নিরাপত্তা নিয়ে উদ্বিগ্ন হওয়ার সম্ভাবনা আছে। ক্লোরিনের পরিমাণ খুব বেশি হলে স্বাস্থের সমস্যা হতে পারে	পোস্ট-ক্লোরিনেশন প্রয়োগের হার নিয়ন্ত্রণ করতে হবে; ডোজিং পয়েন্টে ডোজ এবং পানি ব্যবহারকারীদের কলে রেসিডুয়াল ক্লোরিন পরিমাপ করে সমন্বয় করতে হবে; পাম্প বা সরঞ্জাম মেরামত করতে হবে
ক্লোরিন প্রয়োগের (ইনজেকশন) সরঞ্জামের ব্যর্থতা			
ইনজেকশন পাম্প খারাপ	পাইপ বন্ধ হয়েছে, ডায়াফ্রাম ক্ষতিগ্রস্থ হয়েছে, পিস্টন শ্যাফ্ট ক্ষতিগ্রস্থ হয়েছে	ক্লোরিন প্রয়োগ কম হওয়ার সম্ভাবনা আছে	পাম্প মেরামত করতে হবে
ক্লোরিন গ্যাস ইনজেকশন সরঞ্জাম খারাপ	সরঞ্জাম বন্ধ হয়েছে		সরঞ্জাম মেরামত করতে হবে

৭.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৭.৪ র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং ফ্রিকোয়েন্সি দেখায়।

টেবিল ৭.৪ র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশন ব্যবস্থার পাম্পের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম	দৈনিক	মাসিক	বার্ষিক	মানদন্ড
প্রি-ক্লোরিন প্রয়োগের হার	○	○ নির্ভূলতা পরীক্ষা	○ নির্ভূলতা পরীক্ষা	পরিমিত পরিমাণ প্রয়োগ করতে হবে
পোস্ট-ক্লোরিন প্রয়োগের হার	○	○ নির্ভূলতা পরীক্ষা	○ নির্ভূলতা পরীক্ষা	পরিমিত পরিমাণ প্রয়োগ করতে হবে
সেডিমেন্টেশনের আগে রেসিডুয়াল ক্লোরিনের পরিমাণ	○	○	○	০.২০ মিঃগ্রাঃ এর বেশি
পরিশোধিত পানির রিজারভয়ের এ রেসিডুয়াল ক্লোরিনের পরিমাণ	○	○	○	০.২০ মিঃগ্রাঃ এর বেশি
পানি ব্যবহারকারীদের কলে রেসিডুয়াল ক্লোরিনের পরিমাণ	○*	○	○	০.২০ - ১.০ মিঃ গ্রাঃ এর মধ্যে
মন্তব্য	* আদর্শভাবে, যত বেশি সম্ভব এবং যতবার সম্ভব ট্যাপ কল পরিদর্শন করা বাঞ্ছনীয়, তডেব কলের নির্দিষ্টকরণ এবং পরিদর্শন ফ্রিকোয়েন্সি সম্ভাব্যতার উপর ভিত্তি করে নির্ধারণ করা উচিত (জনবল, পানি পরীক্ষার সরঞ্জাম এবং যাতায়াতের যোগ্য)।			

অধ্যায়-৮ঃ পাইপলাইন

৮.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

এই অধ্যায়ে পাইপের উপকরণ, সংযোগ পদ্ধতি এবং স্থাপনা কৌশল সংক্রান্ত মৌলিক ধারণা ব্যাখ্যা করা হয়েছে। এখানে পাইপলাইন স্থাপনে উন্মুক্ত কর্তন (Open-cut) এবং পরিখাবিহীন (Trenchless) উভয় প্রকার পদ্ধতি আলোচনা করা হয়েছে।

এছাড়াও, সিস্টেমে পানির প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ এবং স্থিতিশীল কার্যক্রম বজায় রাখার জন্য ব্যবহৃত প্রধান সহায়ক উপকরণ যেমন ভাল্‌ভ, নন-রিটার্ন ভাল্‌ভ, এয়ার ভেন্ট, এবং ওয়াটার মিটার ইত্যাদি বিষয়ে বর্ণনা করা হয়েছে। এদের প্রত্যেকটি পানি সরবরাহ ব্যবস্থার কার্যকরী ও নিরাপদ পরিচালনায় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

৮.১.১ পাইপের উপকরণ এবং এদের বৈশিষ্ট্য

পাইপ তৈরির জন্য বিভিন্ন ধরনের উপকরণ ব্যবহার করা হয়। বাংলাদেশের পানির সরবরাহ ব্যবস্থায় সাধারণত নিম্নোক্ত পাঁচটি প্রধান উপকরণ ব্যবহৃত হয়ঃ

১) পলি-ভিনাইল ক্লোরাইড (PVC);

২) হাই-ডেনসিটি পলি-ইথিলিন (HDPE);

৩) ডাকটাইল আয়রন (DI);

৪) গ্যালভানাইজড আয়রন (GI);

৫) অ্যাসবেস্টস সিমেন্ট (AC), (যা বর্তমানে স্বাস্থ্যের ঝুঁকির কারণে নতুন স্থাপনায় ব্যবহৃত হয় না)।

এর বাইরে কিছু বিশেষ ক্ষেত্রে লেড, কপার, স্টেইনলেস স্টিল, কংক্রিট এবং সিরামিক ইত্যাদি উপকরণ ব্যবহৃত হতে পারে, তবে এগুলি পৌরসভা বা পৌরসভার পানির সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য সাধারণত মানদন্ড নয়। এই অধ্যায়ে উপরোক্ত পাঁচটি প্রধান উপকরণের সংক্ষিপ্ত পর্যালোচনা প্রদান করা হয়েছে, যেগুলি পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পাইপ হিসেবে বর্তমানে বাংলাদেশে ব্যবহৃত হচ্ছে বা অতীতে ব্যবহৃত হয়েছে।

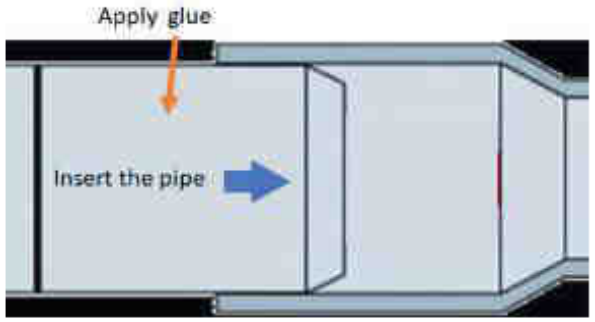
৮.১.১.১ পিভিসি (PVC)

পিভিসি (Polyvinyl Chloride) হলো একটি কৃত্রিম পলিমার যা ক্লোরোইথিলিন এর পলিমারাইজেশন প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়। এর মূল কাঁচামাল হলো পেট্রোলিয়াম এবং লবণ। স্টিল পাইপ এর তুলনায় পিভিসি অনেক হালকা, রাসায়নিকভাবে অধিক প্রতিরোধী এবং স্থাপন করা সহজ। তবে এর কিছু সীমাবদ্ধতা রয়েছে, যেমনঃ

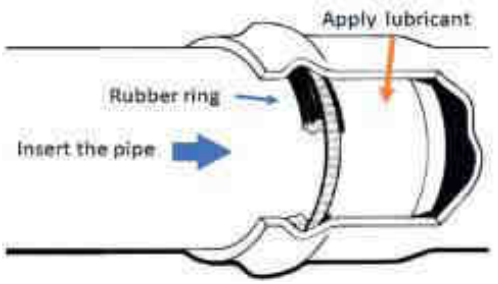
১) কম আঘাত সহনশীলতা, ২) উচ্চ তাপমাত্রায় দুর্বল কর্মক্ষমতা, ও ৩) অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা সহজে ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া।

পিভিসি পাইপের সাধারণ সংযোগ (Jointing) পদ্ধতিসমূহ নিম্নরূপঃ

- TS Joint (Tapered Solvent Joint): এই পদ্ধতিতে পাইপের সরু প্রান্তটি সকেটে প্রবেশ করিয়ে সলভেন্ট সিমেন্ট দিয়ে বন্ধন তৈরি করা হয়।
- RR Joint (Rubber Ring Joint): এই পদ্ধতিতে সকেটের মধ্যে একটি রাবার রিং প্রবেশ করিয়ে নমনীয় সংযোগ (Flexible connection) তৈরি করা হয়, যা পানিরোধী সিল নিশ্চিত করে।



(a) TS connection/Joint



(b) RR connection/Joint

চিত্র ৮.১: পিভিসি পাইপের সংযোগ পদ্ধতি

এছাড়াও কিছু মেকানিক্যাল জয়েন্ট পাওয়া যায়, তবে এগুলির ব্যবহার তুলনামূলকভাবে সীমিত। বাংলাদেশে সাধারণত পানি সরবরাহ পাইপ-এ RR Joint বেশি ব্যবহৃত হয়। চিত্র ৮.১ (এ) এবং চিত্র ৮.১ (বি)-তে পিভিসি পাইপের আকৃতি এবং নির্মাণ অবস্থা দেখানো হয়েছে।

Scan the QR code to watch an installation video of RR connection.



PVC pipe & fittings



Under installation of PVC pipe



Installation of PVC pipe



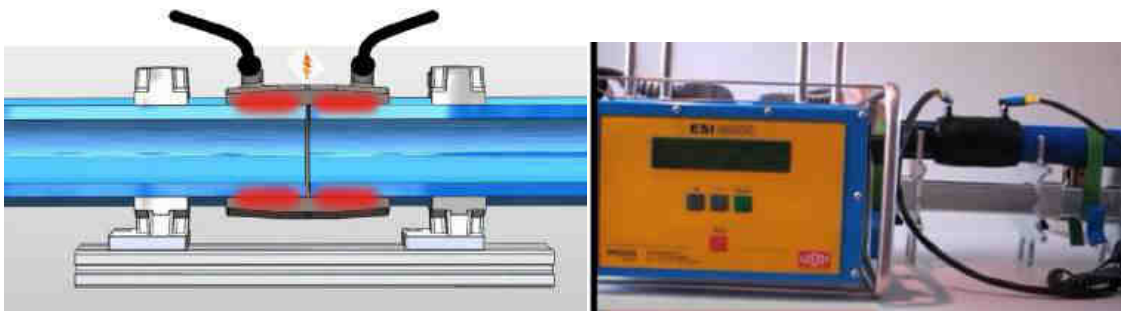
Φ750 PVC pipe

চিত্র ৮.২: পিভিসি পাইপ

৮.১.১.২ এইচ ডি পি ই (HDPE)

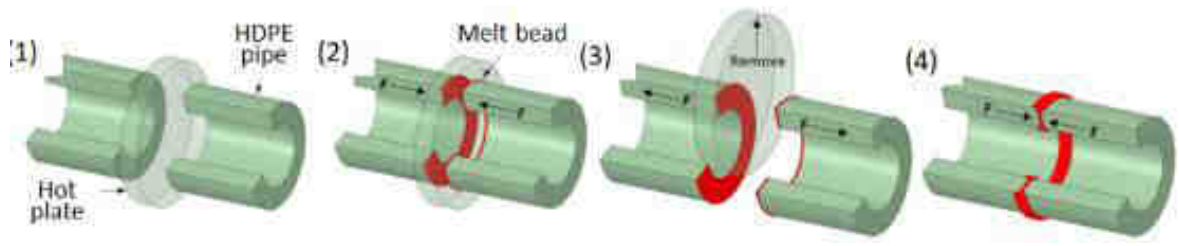
এইচ ডি পি ই (High Density Poly-Ethylene) হলো এমন একটি উপকরণ যা ন্যাফথা নামক পেট্রোলিয়ামজাত পদার্থের থার্মাল ক্র্যাকিং প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রাপ্ত ইথিলিন গ্যাসকে পলিমারাইজেশন করে তৈরি করা হয়। এইচ-ডি-পি-ই পাইপ পি-ভি-সি এর তুলনায় হালকা, কারণ এটি মূলত কার্বন (C) এবং হাইড্রোজেন (H) উপাদানে গঠিত। এর বৈশিষ্ট্য পি-ভি-সি এর সাথে অনেকটা মিল রয়েছে। এইচ-ডি-পি-ই পাইপের অধিকাংশ সংযোগ ফিউশন বন্ডিং পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়, যদিও কিছু ক্ষেত্রে মেকানিক্যাল বন্ডিং ব্যবহৃত হয়।

(১) EF (Electro-Fusion) Joint: এই পদ্ধতিতে সকেট বা ফিটিং এর ভেতরে একটি ইলেকট্রিক হিটার স্থাপন করা থাকে। বাইরের দিক থেকে বিদ্যুৎ প্রয়োগ করলে হিটারটি গরম হয় এবং পাইপ ও সকেট একসাথে গলে যায়। হিটারটি ফিটিং এর ভিতরে থাকে বিধায় এই ধরনের ফিটিং তুলনামূলকভাবে ব্যয়বহুল। তবে স্থাপন প্রক্রিয়া সহজ ও নির্ভরযোগ্য।



চিত্র ৮.৩: এইচ ডি পি ই ইএফ (ইলেকট্রো ফিউশন) সংযোগ

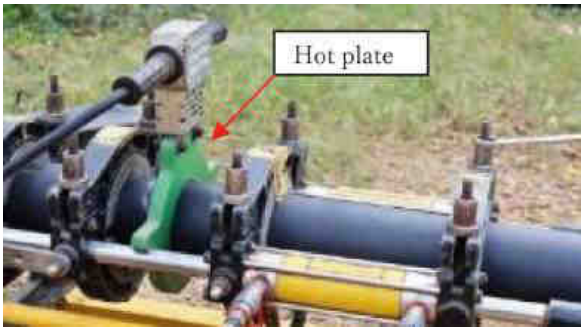
(২) BF (Butt-Fusion) Joint: এই পদ্ধতিতে পাইপের উভয় প্রান্তকে গরম প্লেট ব্যবহার করে গরম করা হয় এবং তারপর চাপ দিয়ে যুক্ত করা হয়। এই পদ্ধতিতে আলাদা ফিটিং প্রয়োজন হয় না, ফলে খরচ তুলনামূলকভাবে কম। তবে পাইপের ভেতরে একটি ফ্ল্যাঞ্জ তৈরি হয়, যার ফলে চাপের ক্ষতি কিছুটা বৃদ্ধি পায়।



চিত্র ৮.৪: এইচ ডি পি ই বিফ (বাট ফিউশন) জয়েন্টের পদ্ধতি



Before pipe connction



Heating the pipes



Connecting the pipe



Bad example of the connection

চিত্র ৮.৫: এইচ ডি পি ই বিফ (বাট ফিউশন) জয়েন্ট

Scan the QR code to watch an installation video of RR connection.

৮.১.১.৩ ডাকটাইল

ডাকটাইল কাস্ট আয়রন, সংক্ষেপে (Ductile Iron (DI) নামে পরিচিত, একটি বিশেষ ধরনের লোহা যা গলিত লোহা-এর মধ্যে magnesium (Mg), cerium (Ce) এবং অন্যান্য rare earth elements (RE) যোগ করার মাধ্যমে প্রস্তুত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় লোহার অভ্যন্তরে গোলাকার গ্রাফাইট গঠন হয়, যা উপাদানের শক্তি এবং নমনীয়তা (ductility) উভয়ই উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি করে।

স্টিল পাইপ -এর তুলনায় ডাকটাইল কাস্ট আয়রন পাইপ বেশি ক্ষয় প্রতিরোধী, টেকসই এবং আঘাত সহনশীল। তবে এর কিছু সীমাবদ্ধতা রয়েছে, এটি পি-ভি-সি, এইচ-ডি-পি-ই, বা স্টিল পাইপ-এর তুলনায় ভারী এবং ব্যয়বহুল। এর ওজন বেশি হওয়ায় স্থাপন কাজও তুলনামূলকভাবে কঠিন হয়।

ডাকটাইল আয়রন পাইপ সাধারণত ওয়েল্ডিং দ্বারা সংযুক্ত করা হয় না। এর পরিবর্তে বিভিন্ন সংযোগ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়, যার মধ্যে পুশ-অন জয়েন্ট বাংলাদেশে সবচেয়ে সাধারণভাবে ব্যবহৃত।

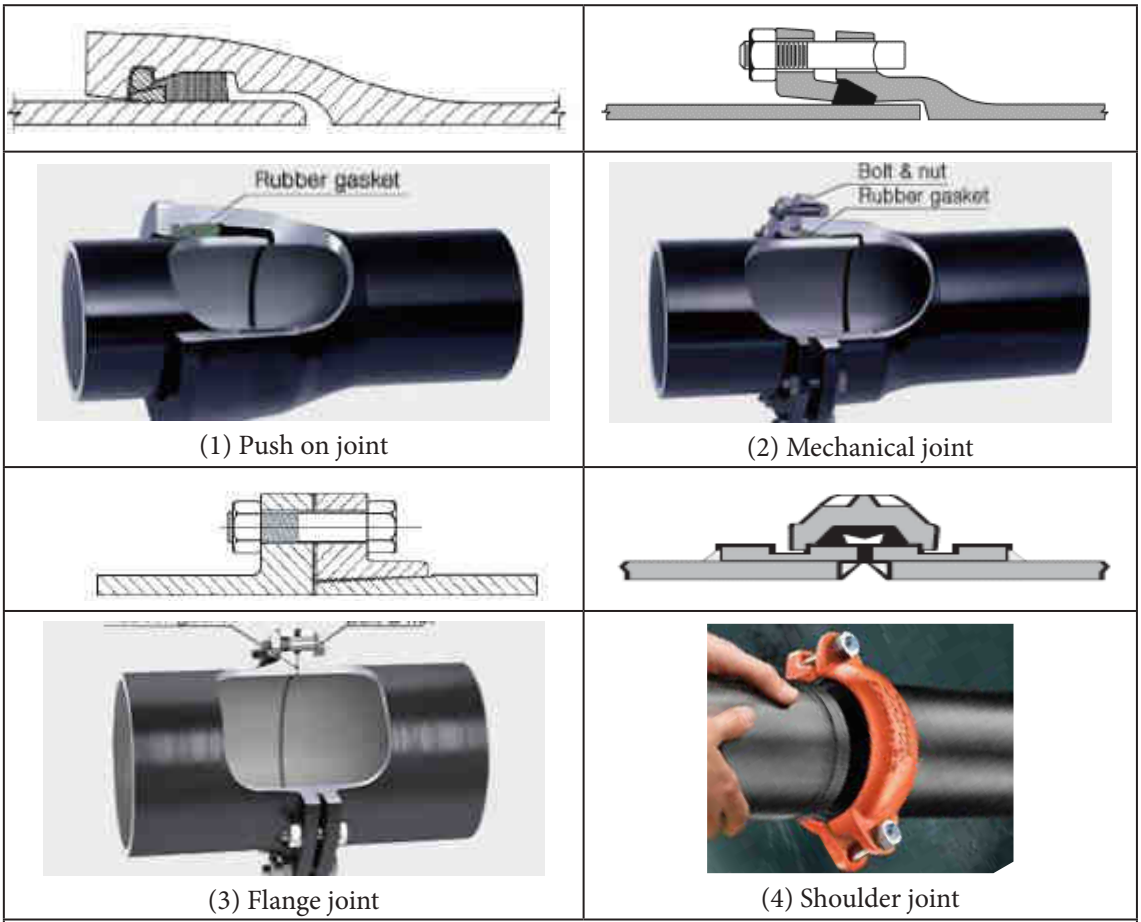
সাধারণ সংযোগ পদ্ধতি:

(১) পুশ-অন জয়েন্ট: পাইপে গ্যাসকেট লাগিয়ে লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করে অন্য পাইপ প্রবেশ করানো হয়, যাতে পানিরোধী সংযোগ তৈরি হয়;

(২) মেকানিক্যাল জয়েন্ট: একটি গ্যাসকেট ব্যবহৃত করে বোল্ট ও নাট দ্বারা টাইট করে সংযুক্ত করা হয়;

(৩) ফ্ল্যাঞ্জ জয়েন্ট: পাইপের উভয় প্রান্তে ফ্ল্যাঞ্জ বসিয়ে বোল্ট দ্বারা একে অপরের সাথে সংযুক্ত করা হয়;

(৪) শোল্ডার জয়েন্ট: দুটি পাইপকে যুক্ত করে একটি ক্ল্যাম্পিং স্লিভ (clamping sleeve) দিয়ে ঘিরে শক্তভাবে বোল্ট দ্বারা আটকানো হয়। এই পদ্ধতি সাধারণত লিক মেরামত কাজে ব্যবহৃত হয়।



(1) Push on joint

(2) Mechanical joint

(3) Flange joint

(4) Shoulder joint

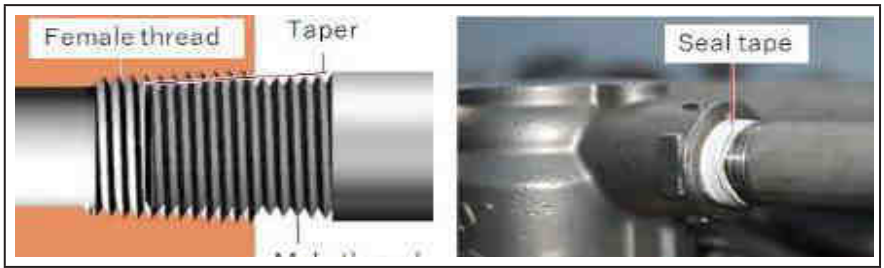
চিত্র ৮.৬: ডাকটাইল পাইপ সংযোগ পদ্ধতি

৮.১.১.৪ গ্যালভানাইজড আয়রন (GI)

জি আই পাইপ ঐতিহ্যগতভাবে পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় বহুল ব্যবহৃত একটি পাইপ উপকরণ। এই পাইপের উপরে জিংক-এর একটি প্রলেপ দেওয়া থাকে, যা পাইপকে ক্ষয় থেকে সুরক্ষা প্রদান করে। তবে ক্ষয় প্রবণ মাটি (corrosive soil) -এর নিচে জি আই পাইপের টেকসই ক্ষমতা সীমিত, ফলে এটি বর্তমানে ভূগর্ভস্থ বা মাটির নিচের পাইপলাইন (buried pipeline) হিসেবে ব্যবহারের জন্য উপযুক্ত নয়। জি আই পাইপ সাধারণত যে সকল ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় তা হলো ১) ওয়াটার পাইপ ব্রিজ, ২) খোলা বা দৃশ্যমান অংশে, এবং ৩) অভ্যন্তরীণ পাইপ সংযোগ।

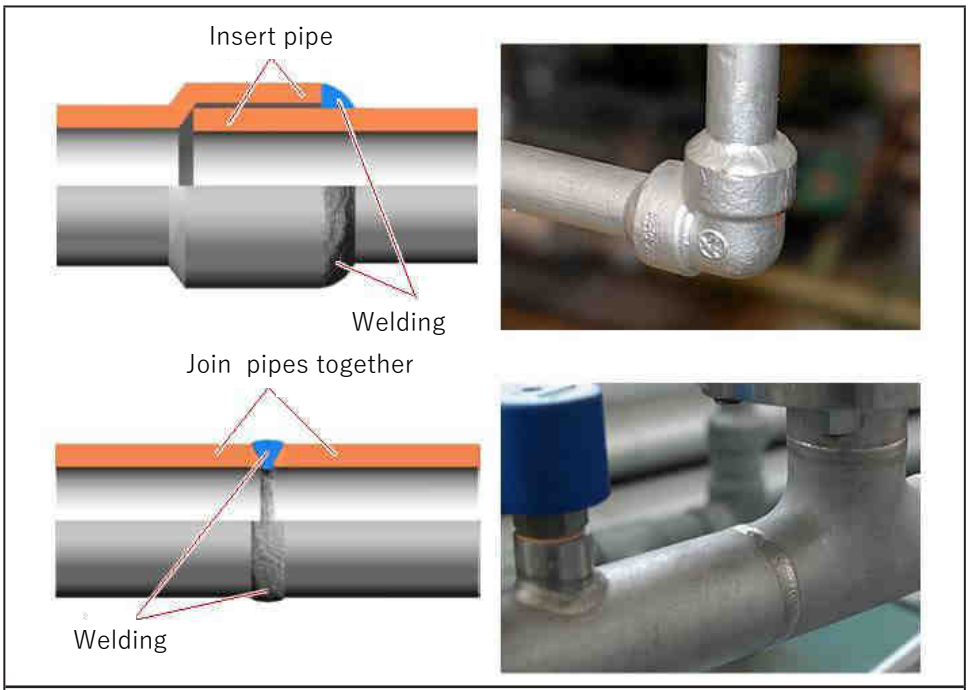
সাধারণ সংযোগ পদ্ধতি:

স্ক্রু সংযোগ: এই পদ্ধতিতে পাইপের প্রান্তে মেইল থ্রেড কাটা হয় এবং সেটি ফিমেইল থ্রেডযুক্ত ফিটিং-এর সাথে থ্রেড টেপ ব্যবহার করে সংযুক্ত করা হয়।

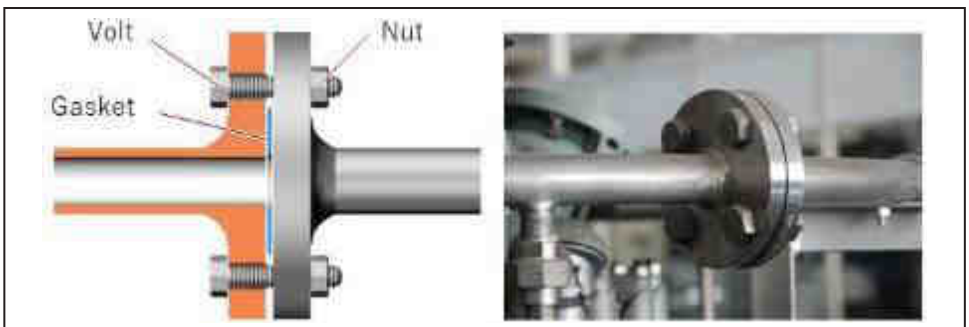


চিত্র ৮.৭: স্ক্রু সংযোগ

কিছু ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং এবং ফ্ল্যাঞ্জ সংযোগ পদ্ধতিও ব্যবহৃত হতে পারে, তবে ছোট ব্যাসের পাইপের ক্ষেত্রে স্ক্রু সংযোগ সবচেয়ে সাধারণ ও প্রচলিত পদ্ধতি।



চিত্র ৮.৮: ওয়েল্ডিং সংযোগ



চিত্র ৮.৯: ফ্ল্যাঞ্জ সংযোগ

৮.১.১.৫ অ্যাসবেস্টস সিমেন্ট পাইপ (AC)

অ্যাসবেস্টস সিমেন্ট (AC) পাইপ বর্তমানে অধিকাংশ দেশে নিষিদ্ধ, কারণ এটি গুরুতর স্বাস্থ্যঝুঁকি সৃষ্টি করে।

অ্যাসবেস্টস ফাইবার শ্বাসের মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করলে তা ফুসফুস-এ জমা হয় এবং দীর্ঘমেয়াদে ফুসফুসের ক্যান্সার ও অন্যান্য শ্বাসযন্ত্রের রোগ-এর ঝুঁকি উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি করে।

বাংলাদেশে বর্তমানে নতুন পানি সরবরাহ প্রকল্পে অ্যাসবেস্টস সিমেন্ট (AC) পাইপ ব্যবহার করা হয় না। তবে অতীতে এই পাইপ ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়েছে, ফলে এখনো অনেক পুরোনো অ্যাসবেস্টস সিমেন্ট (AC) পাইপ লাইন কার্যকর অবস্থায় রয়েছে। জনস্বাস্থ্য সুরক্ষা ও দীর্ঘমেয়াদি ঝুঁকি কমানোর জন্য, যেখানেই সম্ভব, বিদ্যমান অ্যাসবেস্টস পাইপ-গুলিকে অগ্রাধিকারের ভিত্তিতে পরিবর্তন করা উচিত।

স্বাস্থ্যঝুঁকি ছাড়াও, AC পাইপ যান্ত্রিকভাবে ভঙ্গুর এবং আঘাত লাগলে সহজেই ফাটল ও লিকেজ দেখা দেয়।

এই কারণে অ্যাসবেস্টস সিমেন্ট (AC) পাইপ এখন আর পানি সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য উপযুক্ত নয়।



চিত্র ৮.১০: ক্ষয়প্রাপ্ত অ্যাসবেস্টস পাইপ

৮.১.১.৬ সারসংক্ষেপ

টেবিল ৮.১ এ প্রতিটি পাইপের উপকরণের বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে দেখানো হয়েছে।

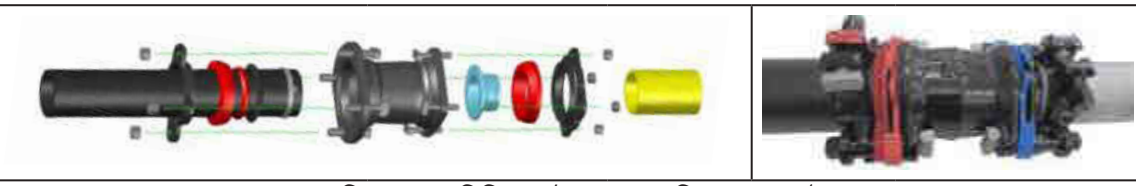
টেবিল ৮.১ এ প্রতিটি পাইপের বৈশিষ্ট্য

পাইপের উপকরন	সুবিধা	অসুবিধা
পি ভি সি	➢ হালকা ওজন ➢ স্থাপন করা সহজ ➢ ঘর্ষণজনিত ক্ষয় কম ➢ ক্ষয়-প্রতিরোধী	➢ আঘাতজনিত ক্ষতির জন্য ঝুঁকিপূর্ণ ➢ তাপ এবং অতিবেগুনী রশ্মির প্রতি সংবেদনশীল ➢ নেগেটিভ চাপে দুর্বল
এইচ ডি পি ই	➢ হালকা ওজন ➢ স্থাপন করা সহজ ➢ নমনীয় (সহজে বাঁকা হয়) ➢ ঘর্ষণজনিত ক্ষয় কম ➢ ক্ষয়-প্রতিরোধী	➢ আঘাতজনিত ঝুঁকিপূর্ণ ➢ তাপ এবং অতিবেগুনী রশ্মির প্রতি সংবেদনশীল ➢ সংযোগের জন্য বিশেষ ধরনের সরঞ্জাম প্রয়োজন ➢ নেগেটিভ চাপে দুর্বল
ডাকটাইল	➢ আঘাতের জন্য শক্তিশালী ➢ তাপ এবং অতিবেগুনী রশ্মির প্রতি শক্তিশালী ➢ ক্ষয়-প্রতিরোধী ➢ উচ্চ স্থায়িত্ব	➢ খুব ভারী ➢ ব্যয়বহুল ➢ স্থাপন কাজ কঠিন
গ্যালভানাইজড স্টিল	➢ আঘাতের জন্য শক্তিশালী ➢ তাপ এবং অতিবেগুনী রশ্মির প্রতি শক্তিশালী ➢ স্থাপন করা সহজ	➢ ভারী ➢ ক্ষয়ের জন্য দুর্বল
অ্যাসবেস্টস	➢ এটি সস্তা ছিল	➢ ব্যবহারের জন্য নিষিদ্ধ ➢ ভঙ্গুর এবং ফাটল প্রবণ

৮.১.১.৭ বিভিন্ন প্রকার পাইপ সংযোগ

বিভিন্ন প্রকার পাইপ সংযোগ সাধারণত মেকানিক্যাল জয়েন্ট অথবা ফ্ল্যাঞ্জ জয়েন্ট পদ্ধতিতে সম্পন্ন করা হয়।

এই দুটি সংযোগের ধরণ চিত্র ৮.১১ এবং চিত্র ৮.১২-তে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৮.১১: বিভিন্ন পাইপের মেকানিক্যাল জয়েন্ট



চিত্র ৮.১২: প্রতিটি পাইপের ফ্ল্যাঞ্জ জয়েন্ট

৮.১.১.৮ ব্লাঞ্চ স্যাডল (Blanch Saddle)

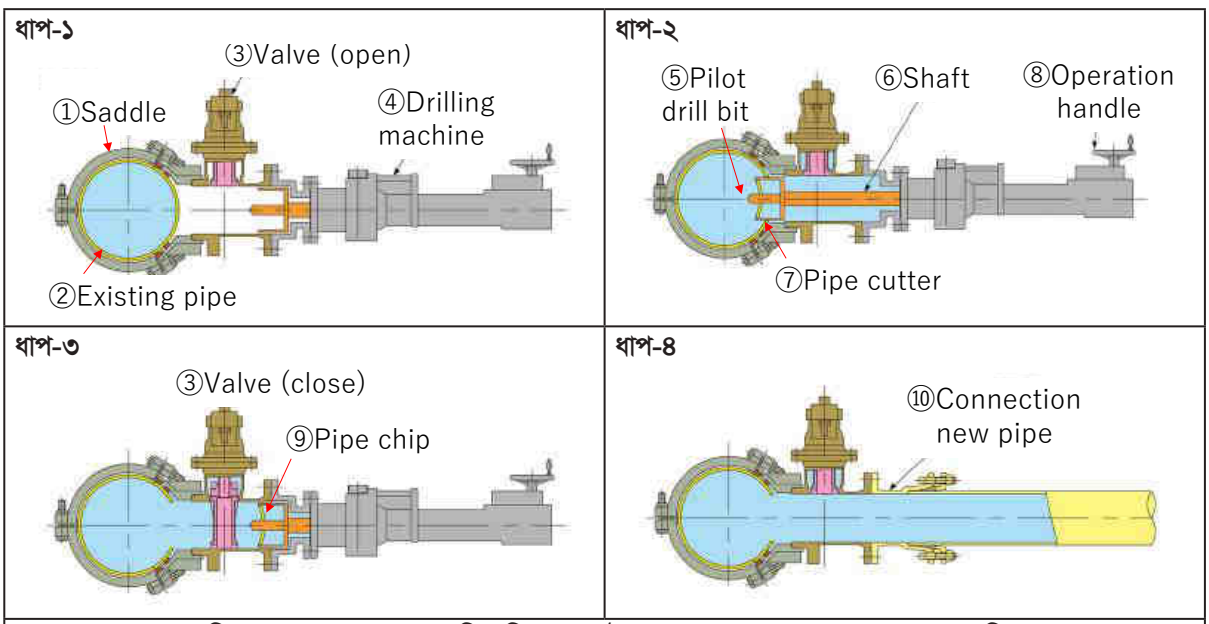
ব্লাঞ্চ স্যাডল হলো এমন একটি ফিটিং, যা ব্যবহার করা হয় প্রবাহমান পানির বিতরণ পাইপ লাইন থেকে শাখা লাইনের মাধ্যমে বাড়ির সংযোগ নেওয়ার জন্য। [যখন প্রধান পাইপটি HDPE বা PVC দিয়ে তৈরি হয়, তখন পাইপে সরাসরি থ্রেড কাটা সম্ভব হয় না। এই ক্ষেত্রে ব্লাঞ্চ স্যাডল ব্যবহার করে পাইপে শাখা সংযোগ নেওয়া হয়।] এই পদ্ধতিটি চিত্র ৮.১৩ তে দেখানো হয়েছে।

ধাপ-১: বিদ্যমান পাইপ ②-এ ভাল্‌ভ ③-সহ স্যাডল ① এবং ড্রিল মেশিন ④ স্থাপন করুন।

ধাপ-২: অপারেশন হ্যান্ডেল ⑧ ঘুরালে শ্যাফট ⑥ বের হয়ে আসবে, এবং এর অগ্রভাগে থাকা ড্রিল বিট ⑤ ও পাইপ কাটার ⑦ দ্বারা বিদ্যমান পাইপ ②-এ ছিদ্র তৈরি হবে।

ধাপ-৩: অপারেশন হ্যান্ডেল ⑧ বিপরীত দিকে ঘুরিয়ে ড্রিল বিট ⑥ ও পাইপ কাটার ⑦-কে পাইপ চিপ ⑨-সহ বের করুন। এরপর ভাল্‌ভ ③ বন্ধ করুন।

ধাপ-৪: ড্রিল মেশিন ④ অপসারণ করে নতুন পাইপ ⑩ স্থাপন করুন।



চিত্র ৮.১৩: প্রবাহমান পানির বিতরণ পাইপ হতে ব্লাঞ্চ স্যাডল সংযোগের পদ্ধতি

চিত্র ৮.১৪ এ ব্লাঞ্চ স্যাডল ও ছিদ্র করার যন্ত্র দেখানো হয়েছে।



Saddle branch



Drilling machine

চিত্র ৮.১৪: ব্লাঞ্চ স্যাডল ও ড্রিলিং মেশিনের ছবি

৮.১.২ সহযোগী উপকরণ (ভাল্‌ভ, নন রিটার্ন ভাল্‌ভ, এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ, ওয়াটার মিটার, প্রেসার গেজ)

৮.১.২.১ ভাল্‌ভ

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় প্রধানত ব্যবহৃত ভাল্‌ভসমূহ চিত্র ৮.১৫-এ দেখানো হয়েছে। বল ভাল্‌ভ এবং স্লুইস ভাল্‌ভ (Sluice Valve) দ্বারা প্রবাহের হার নিয়ন্ত্রণ করা যায় না; এগুলি সম্পূর্ণ খোলা বা সম্পূর্ণ বন্ধ অবস্থায় পরিচালনা করা উচিত। মাঝামাঝি অবস্থায় পরিচালনা করলে প্রবাহ ঘূর্ণয়মান (Turbulent) ও অস্থিতিশীল হয়। বাটারফ্লাই ভাল্‌ভ এবং গ্লোভ ভাল্‌ভ (Glove Valve) দ্বারা প্রবাহের হার নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব, তবে কম প্রবাহ হারে সেগুলি অস্থিতিশীল হয়ে পড়ে। বাংলাদেশে বিতরণ নেটওয়ার্কে সাধারণত স্লুইস ভাল্‌ভ ও বাটারফ্লাই ভাল্‌ভ সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়, এবং বল ভাল্‌ভ ব্যবহার করা হয় গৃহস্থালী সংযোগে। গ্লোভ ভাল্‌ভ সাধারণত ব্যবহৃত হয় যেখানে থ্রোটলিং (Throttling) প্রয়োজন হয়, যদিও এতে হেড লস বেশি হয়।

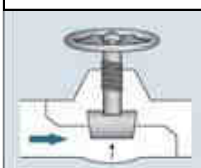
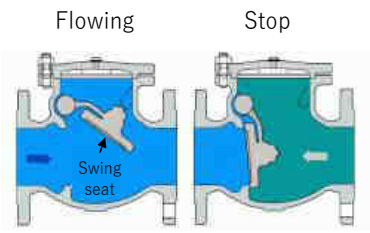
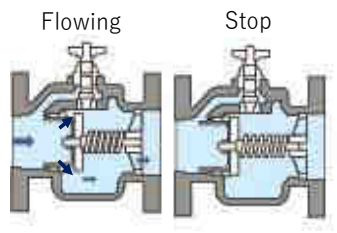
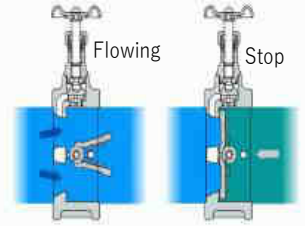
Items	Grove valve	Ball valve	Gate valve	Butterfly valve
				
				
Flow rate adjustment	possible	not possible	not possible	possible
Head loss	big	very small	small	small
Space	very big	big	big	small
Range of temperature	wide	narrow	wide	very narrow
Range of pressure	wide	narrow	wide	very narrow

Fig 1-14 Structure and prperty of each valve

চিত্র ৮.১৫: প্রতিটি ভাল্‌ভ এর গঠন ও বৈশিষ্ট্য

৮.১.২.২ নন রিটার্ণ ভাল্‌ভ

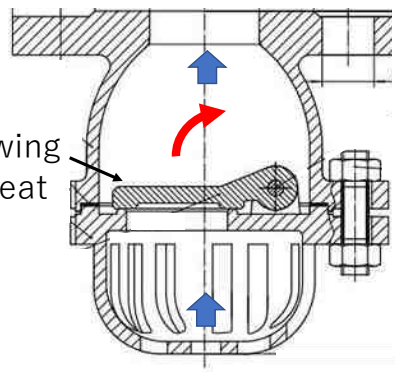
নন রিটার্ণ ভাল্‌ভ (NRV) পাইপলাইনে বিপরীত দিকের প্রবাহ (Backflow) প্রতিরোধের জন্য স্থাপন করা হয়। এর গঠন চিত্র ৮.১৬-এ দেখানো হয়েছে। এর তিনটি ধরণ আছে যথা:-১) সুইং টাইপ, ২) স্প্রিং টাইপ ও ৩). ওয়েফার টাইপ (Wafer Type)| সুইং টাইপ কেবল অনুভূমিক (Horizontal) বা নিচ থেকে উপরের দিকে (Down-to-Up) দিকেই স্থাপন করা যায়। অন্যদিকে স্প্রিং টাইপ উল্লম্ব (Vertical) ও অনুভূমিক- উভয় দিকেই কাজ করে, তবে এতে চাপ পতন (Pressure Drop) তুলনামূলক বেশি হয়। ওয়েফার টাইপ যেকোনো দিকেই কার্যকর, এবং এর বৈশিষ্ট্য হলো এটি হালকা-পাতলা ও কমপ্যাক্ট (Compact), ফলে এটি সংকীর্ণ স্থানে স্থাপনের জন্য উপযোগী। বাংলাদেশে পৌরসভা পর্যায়ের পাম্পিং সিস্টেমে সাধারণত সুইং টাইপ নন রিটার্ণ ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়, আর ছোট বা উল্লম্ব পাইপলাইনে, যেখানে ব্যাকফ্লো নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, সেখানে স্প্রিং টাইপ ভাল্‌ভ ব্যবহার করা হয়।

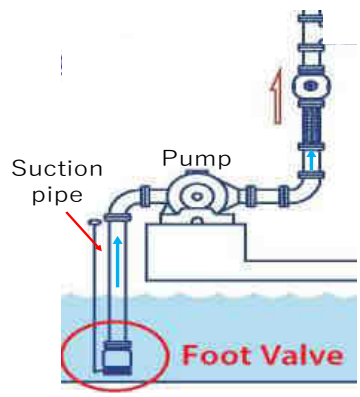
 Swing type	 Spring type	 Wafer type"
Advantage: Less friction loss, Simple structure and easy to maintain	**Advantage:** Effective to prevent from water hammer	**Advantage:** Easy to install in tight spaces
Disadvantage: Valve body can be heavy or large	**Disadvantage:** High friction loss, costly	**Disadvantage:** Not suitable with skewed flow, durability is relatively lower

চিত্র ৮.১৬: নন রিটার্ণ ভাল্‌ভ এর গঠন

ফুট ভাল্‌ভ এর কার্যকারিতা নন রিটার্ণ ভাল্‌ভের মতনই। এই ভাল্‌ভ স্থাপন করা হয় যখন পাম্প সাকশন লিফট এর আওতায় থাকে। এর কাজ হলো পাম্প চালু হওয়ার সময় সাকশন পাইপে পানি ভর্তি করে রাখা যাতে পাম্প মসৃণভাবে চালু হয়। (যদি সাকশন পাইপে পানি না থাকে, তবে পাম্প চালু থাকলেও পানি টানবে না)।







চিত্র ৮.১৭: ফুট ভাল্‌ভ এর গঠন ও স্থাপনের জায়গা

৮.১.২.৩ এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ

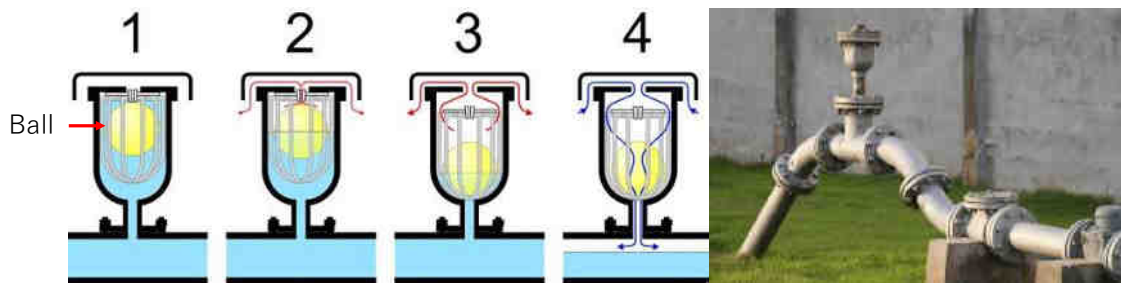
এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ এর কাজ হলো পাইপলাইনের অভ্যন্তরে জমে থাকা বাতাস নিষ্কাশন করা এবং নেগেটিভ প্রেসার হলে বাতাসকে ভিতরে প্রবেশ করতে দেওয়া। এর কার্যপ্রণালী চিত্র ৮.১৮-এ দেখানো হয়েছে। সাধারণত পাইপলাইনের উঁচু (Convex) স্থানে এটি স্থাপন করা হয় (চিত্র ৮.১৮-এ প্রদর্শিত)।

১) পাইপলাইনে বাতাস না থাকলে বল উপরের দিকে অবস্থান করে এবং পাইপ বন্ধ থাকে;

২) অল্প পরিমাণ বাতাস জমলে বল কিছুটা নিচে নেমে বাতাস বের হতে দেয়;

৩) বেশি পরিমাণ বাতাস জমলে বল আরও নিচে নেমে বিপুল পরিমাণ বাতাস নিষ্কাশন করে;

৪) পাইপের ভিতরে নেগেটিভ প্রেসার হলে বল নিচে নেমে গিয়ে বাইরের বাতাস ভিতরে প্রবেশ করতে দেয়।

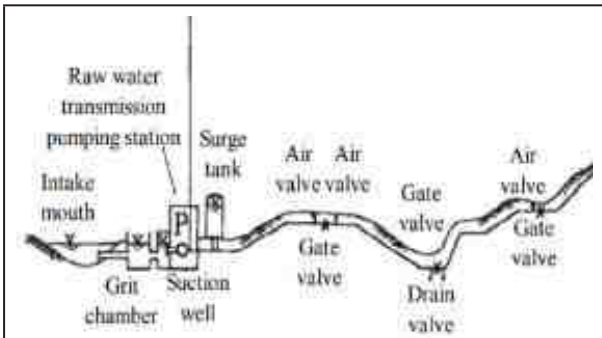


চিত্র ৮.১৮: এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ এর কার্যপ্রণালী

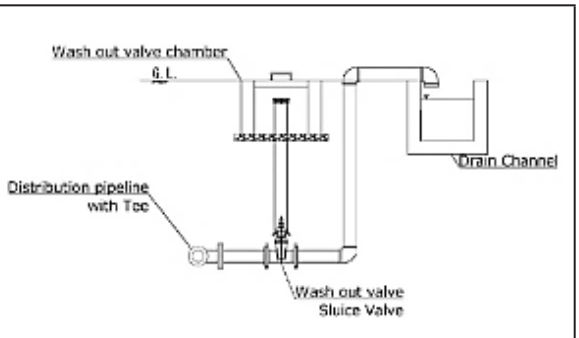
৮.১.২.৪ ওয়াশআউট ভাল্‌ভ

ওয়াশআউট ভাল্‌ভ, যাকে ড্রেইন ভাল্‌ভও বলা হয়- এটি এমন একটি স্থাপনা যা পাইপলাইনের নিচু প্রান্তে (চিত্র ৮.১৯-এ দেখানো হয়েছে) স্থাপন করা হয়, পাইপের ভিতরে জমে থাকা পলি (Sediment) ও কাদামাটি (Sludge) নিষ্কাশনের জন্য। এটি একটি স্লুইস ভাল্‌ভ দ্বারা গঠিত, যা পানি নিষ্কাশনের জন্য ব্যবহৃত হয় এবং এটি একটি সংযুক্ত পাইপের মাধ্যমে ড্রেনেজ চ্যানেলে পানি বের করে দেয়। এই কাজটি সাধারণত বৎসরে একবার করা হয়।

কার্যকর পাইপ পরিষ্কারের জন্য একবারে বেশি পরিমাণ পানি নিষ্কাশন করতে হয়; তাই ওয়াশআউট ভাল্‌ভ সাধারণত এমন স্থানে স্থাপন করা হয় যেখানে নিরাপদে পানি ছাড়ার ব্যবস্থা আছে, যেমন কোনো নালা বা বড় ড্রেনেজ গর্তে।



চিত্র ৮.১৯: পানির লাইনে ওয়াশআউট ভাল্‌ভ স্থাপনের পয়েন্টের উদাহরণ



চিত্র ৮.২০: ওয়াশআউট সুবিধার গঠনের উদাহরণ

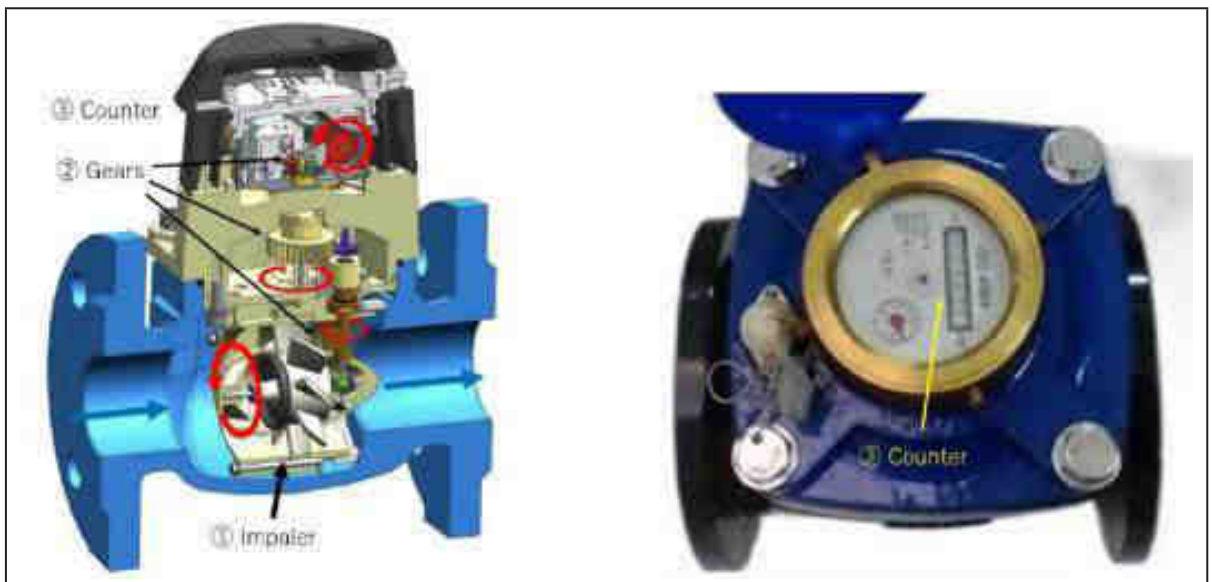
৮.১.২.৫ ওয়াটার মিটার

প্রবাহ পরিমাপ যন্ত্রের মধ্যে ভেনচুরি (Venturi), অরিফিস (Orifice), ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক (Electromagnetic), এবং আল্ট্রাসনিক (Ultrasonic) টাইপ মিটার অন্তর্ভূক্ত। বাংলাদেশের পৌর পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ১৫০ মিমি-র বেশি ব্যাসের পাইপেও সাধারণত মেকানিক্যাল ফ্লো মিটার ব্যবহৃত হয়। গৃহস্থালী সংযোগে সচরাচর মেকানিক্যাল টারবাইন মিটার ব্যবহৃত হয়, আর উচ্চ প্রবাহ (High-Flow) বাল্ক লাইনে ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক মিটার ব্যবহৃত হয়।

মেকানিক্যাল মিটার দুটি ভাগে বিভক্ত: ১) ভলিউমেট্রিক মিটার (Volumetric Meter) উচ্চ নির্ভুলতা সম্পন্ন কিন্তু তুলনামূলকভাবে ভঙ্গুর। ২) টারবাইন মিটার (Turbine Meter) বেশি শক্তসমর্থ এবং ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত।

চিত্র ৮.২১-এ দেখানো অনুযায়ী, পানির প্রবাহে একটি ইম্পেলর (Impeller) প্রবাহের হারের অনুপাত অনুযায়ী ঘোরে। এই ঘূর্ণন গিয়ারের মাধ্যমে ফ্লো কাউন্টারে (প্রবাহ গণনাকারী) পাঠানো হয়। তবে কম প্রবাহ হারে মিটারের নির্ভুলতা হ্রাস পায়।

ওয়াটার মিটারের আরও বিস্তারিত কার্যপ্রণালী ১২.১.১.১ ধারায় উল্লেখ করা হয়েছে।



চিত্র ৮.২১: মেকানিক্যাল টারবাইন মিটার এর গঠন

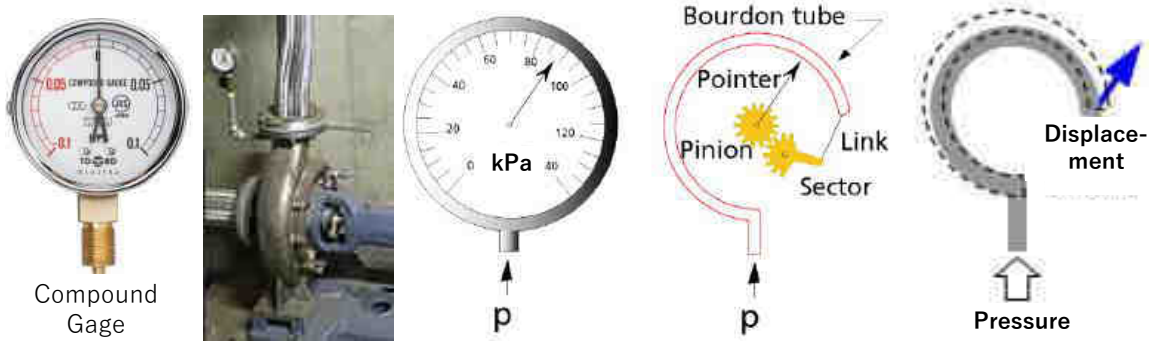
সঠিক চাহিদা নিরূপণ এবং নন-রেভিনিউ ওয়াটার (NRW) নিয়ন্ত্রণে, উৎপাদন ও বিতরণ লাইনের প্রধান পয়েন্টে বাল্ক মিটার স্থাপন করা প্রয়োজন। মিটারের বিভিন্ন বিষয় সম্পর্কে বর্ণনা রয়েছে ম্যানুয়ালের ১২.১.১ অংশে।

মিটারের যথার্থতা বজায় রাখতে ক্যালিব্রেশন, সিল করা ও নিয়মিত পরিদর্শন অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, এ বিষয়ে বিস্তারিত পরিশিষ্ট-৫ এ দেওয়া আছে।

৮.১.২.৬ প্রেশার গেজ

ডায়াফ্রাম (Diaphragm), বেলোস (Bellows), এবং ডিফারেনশিয়াল প্রেশার গেজসহ বিভিন্ন ধরনের প্রেশার গেজ রয়েছে, তবে বাংলাদেশে সর্বাধিক ব্যবহৃত হয় বর্ডন টাইপ (Bourdon Type) প্রেশার গেজ। এর গঠন চিত্র ৮.২২-এ দেখানো হয়েছে। চাপ প্রয়োগ হলে বর্ডন টিউব বিকৃত হয় এবং সেক্টর ও পিনিয়নের মাধ্যমে একটি নির্দেশক সূচকে (Pointer) চাপ এর মান প্রদর্শন করে। এই গেজ সাধারণত পাম্পের সাকশন ও ডিসচার্জ লাইনে স্থাপন করা হয় পাম্পের কর্মক্ষমতা যাচাই করার জন্য। সাকশন লাইনের গেজটি অবশ্যই কম্পাউন্ড গেজ (Compound Gauge) হতে হবে, যা পজিটিভ ও নেগেটিভ উভয় চাপ মাপতে সক্ষম। বিতরণ পাইপ নেটওয়ার্কে পানির চাপের অবস্থা পর্যবেক্ষণের জন্যও প্রেশার গেজ

ব্যবহৃত হয়। পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পাম্প স্টেশন, উচ্চ জলাধার এবং বিতরণ মেইনের গুরুত্বপূর্ণ স্থানে প্রেশার গেজ স্থাপন করতে হয়, যাতে চাপের পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করে পাইপ ফেটে যাওয়া বা নেগেটিভ প্রেসার জোন প্রতিরোধ করা যায়।



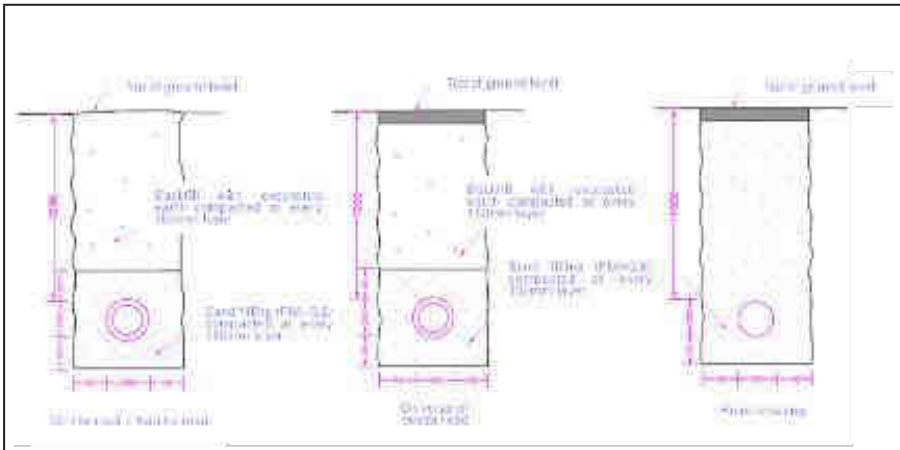
চিত্র ৮.২২: প্রেশার গেজের গঠন

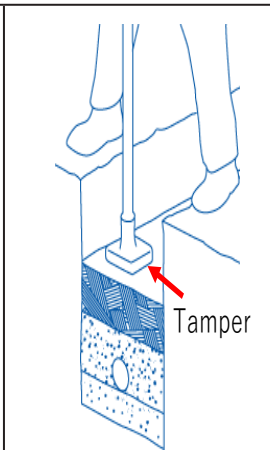
৮.১.৩ স্থাপন (Installation)

৮.১.৩.১ উন্মুক্ত খনন পদ্ধতিতে ভূগর্ভস্থ (মাটিচাপা) পাইপলাইন স্থাপন

সকল পাইপলাইন চিত্র ৮.২৩-এ প্রদর্শিত পরিখা খনন ও স্তর বিন্যাস মানদন্ড অনুসরণ করে স্থাপন করতে হবে। পাইপের উপর থেকে কমপক্ষে ১০০০ মিমি ব্যাকফিল থাকতে হবে। বালুর বেডিং (FM = 0.8) পাইপের নিচে ১৫০ মিমি এবং পাইপের উপরেও ১৫০ মিমি দিতে হবে, যা পাইপটিকে সম্পূর্ণভাবে আবৃত করে স্তর আকারে কম্প্যাক্ট করতে হবে। উপরের ব্যাকফিলিং খননকৃত মাটি দিয়ে ১৫০ মিমি করে স্তরে স্তরে কম্প্যাক্ট করে দিতে হবে। উপরিভাগের লোডের উপর নির্ভর করে খননকৃত মাটি দ্বারা ব্যাকফিল কমপক্ষে ৮৫০ মিমি পর্যন্ত হবে।

এই নিয়মগুলি মেনে কাজ করলে ভবিষ্যতে মাটি ডেবে যাওয়া, আঘাত জনিত কারনে পাইপের ক্ষতি প্রতিরোধ এবং দীর্ঘমেয়াদী কার্যকারিতা নিশ্চিত করবে। রাস্তা পারাপার বা ভারী লোডযুক্ত এলাকায় সুরক্ষা ব্যবস্থার জন্য আচ্ছাদন বা কেসিং পাইপ ব্যবহারের পরামর্শ দেওয়া হয়।





চিত্র ৮.২৩: ভূগর্ভস্থ (মাটিচাপা) পাইপলাইন স্থাপন

৮.১.৩.২ ভূগর্ভস্থ (মাটির নিচে) ভাল্‌ভ

মাটির নিচে পাইপলাইনের সাথে সংযুক্ত ভাল্‌ভটি একটি ভাল্‌ভ চেম্বার-এ স্থাপন করতে হবে। ভাল্‌ভ চেম্বার হলো একটি কাঠামো যা মাটির নিচে স্থাপিত ভাল্‌ভকে আবদ্ধ রাখে এবং যেকোন ক্ষতি ও ক্ষয় থেকে সুরক্ষা দেয়।

সাধারণত কংক্রিট দ্বারা নির্মিত এসব চেম্বার উপরিভাগে কংক্রিট বা ধাতব ঢাকনা দিয়ে ঢাকা থাকে যেন বৃষ্টির পানি বা ময়লা ভিতরে প্রবেশ করতে না পারে। চেম্বার এমনভাবে নির্মাণ করতে হবে যাতে ভাল্‌ভের রক্ষণাবেক্ষণ, স্থাপন ও অপসারণের জন্য যথেষ্ট কাজের জায়গা থাকে।

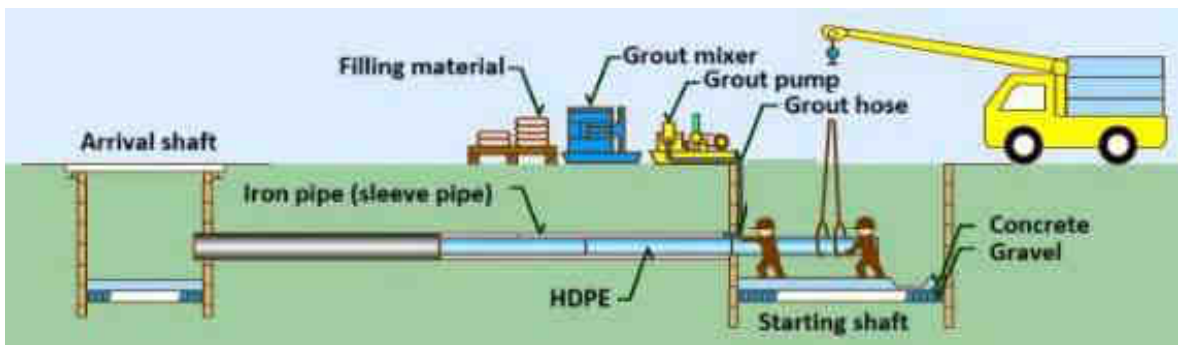


চিত্র ৮.২৪: ভাল্‌ভ চেম্বারের ছবি

৮.১.৩.৩ পরিখাবিহীন পদ্ধতিতে পাইপ বসানো

প্রধান পরিখাবিহীন পদ্ধতিগুলির একটি হলো পাইপ জ্যাকিং পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে মাটির উপরে বড় ধরনের খনন ছাড়াই মাটির নিচে নির্মিত চালু করা শ্যাফট থেকে জ্যাকিং মেশিন (বা টানেলিং মেশিন) দ্বারা মাটি অপসারণ করা হয়। এর উদাহরণ চিত্র ৮.২৫ এ দেখানো হয়েছে। এরপর পাইপ হাইড্রোলিক বা অন্যান্য উপায়ে মেশিনের পেছন দিক থেকে ঠেলে সামনে অগ্রসর করা হয়।এটি নদী, রেলপথ, প্রধান সড়ক বা বাণিজ্যিক এলাকায় ব্যবহৃত হয় যেখানে ওপেন-কাট খনন সম্ভব নয়। এর প্রধান সুবিধা হলো মাটির উপরের যানবাহন ও শহুরে কার্যক্রমে ন্যূনতম বিঘ্ন সৃষ্টি হওয়া।

বাংলাদেশে বিদ্যমান মাটির নিচের সুবিধাগুলি, যেমন পাওয়ার কেবল, ড্রেনেজ কালভার্ট, স্যুয়ার লাইন, প্রায়শই যথ যথভাবে এস-বিল্ট ড্রইং লিপিবদ্ধ থাকে না, যার ফলে হরিজন্টাল ড্রিলিং-এ এগুলি ক্ষতিগ্রস্থ হওয়ার ঝুঁকি বেশি। তাই ট্রেঞ্চলেস কাজ অবশ্যই দক্ষ ও অভিজ্ঞ কারিগরি জ্ঞান সম্পন্ন জনবল দ্বারা সম্পন্ন করতে হবে। যদিও বাংলাদেশে এমন কাজ এখনও সীমিত, ভবিষ্যতে বিশেষত শহুরে এলাকায় এর ব্যাপক ব্যবহার প্রত্যাশা করা যায়।



চিত্র ৮.২৫: পাইপ জ্যাকিং পদ্ধতি

৮.১.৩.৪ উন্মুক্ত পাইপলাইন

যেসব স্থানে মাটির নিচে পাইপ স্থাপন সম্ভব নয়, যেমন খাল, ড্রেন বা ছোট নদী অতিক্রমের ক্ষেত্রে, সেখানে উন্মুক্ত পাইপলাইন ব্যবহার করা হয়। এর উদাহরণ চিত্র ৮.২৬ ও চিত্র ৮.২৭ এ দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে ইস্পাত পাইপ (Steel Pipe) বেশি ব্যবহৃত হয়, কারণ এগুলি অধিক শক্তিশালী ও দৃঢ়। পাইপ ঝুলে যাওয়া (sagging) বা সংযোগে চাপ (joint stress) রোধে হ্যাঙ্গার, স্যাডল বা অ্যাঙ্কর ব্লক ব্যবহার করে নির্দিষ্ট দূরত্বে পাইপকে সাপোর্ট দিতে হবে। পরিবেশগত অবক্ষয় প্রতিরোধে অ্যান্টি-কোরোসিভ রং দ্বারা প্রলেপ দেওয়া আবশ্যক। তাছাড়া তাপ-প্রসারণজনিত পরিবর্তন মোকাবেলায় লম্বা উন্মুক্ত সেকশনে এক্সপ্যানশন জয়েন্ট বা ফ্লেক্সিবল কাপলিং বিবেচনা করতে হবে।



চিত্র ৮.২৬: সাপোর্ট ছাড়া পাইপ বিম ব্রিজ

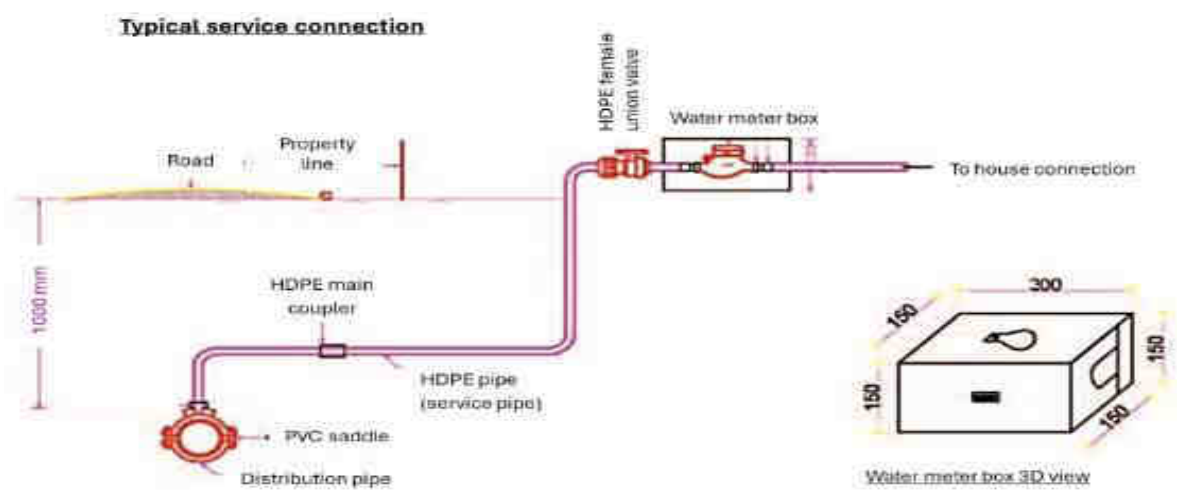


ব্রিজ পিয়ারের উপর বিতরণ পাইপ

চিত্র ৮.২৭: উন্মুক্ত পাইপলাইন

৮.১.৪ সার্ভিস লাইন সংযোগ

বিতরণ লাইন থেকে ভোক্তাকে পানি সরবরাহের জন্য বাড়ির সীমানার নিকটে সুবিধাজনক জায়গায় ১৫ মিমি থেকে ২৫ মিমি ব্যাসের একটি পৃথক পাইপ স্থাপন করা হয়। এই পাইপে একটি ফ্লোমিটার বসানো হয়, যা ভোক্তা কত পানি পাচ্ছেন তা রেকর্ড করে। ডিপিএইচই হতে পাইপবাহিত পানি সরবরাহ ব্যবস্থা হস্তান্তরের পর পৌরসভা সার্ভিস লাইন সংযোগ স্থাপন করে।



চিত্র ৮.২৮: বিতরণ পাইপ হতে সার্ভিস লাইন সংযোগ

একটি ভুল পদ্ধতি হলো গরম করে মূল পাইপে ছিদ্র তৈরি করে সংযোগ নেওয়া। আবার অনেকসময় নিম্নমানের উপকরণ, যেমন স্যাডেল ফিটিং-এর রাবার গ্যাসকেটের পরিবর্তে স্পঞ্জ ব্যবহার করা হয়, যা ওয়াটার-টাইট সিল নিশ্চিত করতে ব্যর্থ হয়।

বাড়ির সংযোগ লাইনে অবশ্যই পিভিসি পাইপ ব্যবহার করতে হবে। মাইল্ড স্টিল (MS) দিয়ে তৈরি ক্ল্যাম্প কোনোভাবেই ব্যবহার করা যাবে না, কারণ পানির চাপের কারণে এগুলি বিকৃত হয়ে পানি লিকেজ সৃষ্টি করে। সঠিক রাবার গ্যাসকেটসহ মানসম্মত ক্ল্যাম্প ব্যবহার করতেই হবে।



চিত্র ৮.২৯: পিভিসি ক্ল্যাম্প

৮.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৮.২.১ পরিচালনা

একটি পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পাইপলাইন প্রধানত তিন ভাগে বিভক্ত, ১) ট্রান্সমিশন মেইন, ২) ডিস্ট্রিবিউশন নেটওয়ার্ক, ও ৩) সার্ভিস লাইন। এর পাশাপাশি, সার্ভিস লাইন থেকে ভোক্তার বাড়ি পর্যন্ত একটি ছোট পাইপলাইন থাকে, যাকে হাউস কানেকশন বলা হয়। হাউস কানেকশন পর্যন্ত পাইপলাইনের পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের দায়িত্ব পৌরসভা -এর অধীনে থাকে। পরিচালনার দিক থেকে তিনটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় নিশ্চিত করতে হবে।

ক) সর্বনিম্ন পানির চাপ সার্ভিস লাইনের দূরবর্তী প্রান্তে ১০ মিটার বজায় রাখতে হবে। অতএব, সিস্টেম পরিচালনার সময় নিয়মিতভাবে এটি পরীক্ষা করতে হবে।

খ) ২৪/৭ সরবরাহ ব্যবস্থা চালু রাখা : পাইপলাইন ব্যবস্থায় সার্বক্ষণিক পানি সরবরাহ নিশ্চিত করতে হবে। তবে বাস্তবে অধিকাংশ পৌরসভা উৎপাদন ঘাটতির কারণে আন্তঃবিচ্ছিন্ন সরবরাহ পরিচালনা করে। ২৪/৭ সরবরাহ অর্জনের জন্য সংরক্ষণ সুবিধা বৃদ্ধি, লিকেজ নিয়ন্ত্রণ ও চাহিদা ব্যবস্থাপনা প্রয়োজন।

গ) লিকেজ নিয়ন্ত্রণ : সবচেয়ে বেশি লিকেজ ঘটে সার্ভিস লাইনে, এরপর ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে, এবং সবচেয়ে কম ট্রান্সমিশন লাইনে কারণ ট্রান্সমিশন লাইন তুলনামূলকভাবে দৃঢ়ভাবে নির্মাণ করা হয়। যদিও লিকেজ একটি সাধারণ সমস্যা, এর ঘনত্ব ও পুনরাবৃত্তি কমাতে হবে নিয়মিত পর্যবেক্ষণ ও মেরামতের মাধ্যমে।

বাংলাদেশে মাটির উপরের প্রবাহ প্রায়ই লিকেজের প্রথম দৃশ্যমান লক্ষণ। নিয়মিত মাঠপর্যবেক্ষণ দ্বারা এই লিক দ্রুত শনাক্ত করা যায় এবং সময়মতো প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা নেওয়া সম্ভব হয়। তবে অধিকাংশ পৌরসভায় পর্যাপ্ত জনবল না থাকায় নিয়মিত পর্যবেক্ষণ সম্ভব হয় না। তাই জনসচেতনতা বৃদ্ধি ও লিকেজ বিষয়ে তাৎক্ষণিক অভিযোগ প্রদানে উৎসাহিত করা প্রয়োজন যাতে নাগরিকরা লিকেজ হলে দ্রুত পৌরসভাকে জানাতে পারেন।

অপরদিকে, মাটির নিচে লিকেজ শনাক্ত করা খুবই কঠিন। তবে, বিভিন্ন স্থানে পাইপলাইনের পানির চাপ পর্যবেক্ষণ করলে সম্ভাব্য লিকের এলাকা শনাক্ত করা যায়। এছাড়া District Metered Area (DMA) গঠন এবং বাল্ক ও জোনাল মিটার স্থাপন, অপচয়কৃত (unaccounted-for) পানির পরিমাণ নির্ধারণ এবং লিক-প্রবণ এলাকাগুলি সনাক্ত করতে সহায়ক ভূমিকা পালন করে।

DMA সম্পর্কিত বিস্তারিত আলোচনা অধ্যায় ১১.১.৫ এ করা হয়েছে।

৮.২.২ ত্রুটি নির্ণয়

(১) অবনতি ও আয়ুষ্কাল (Deterioration and Life Span)

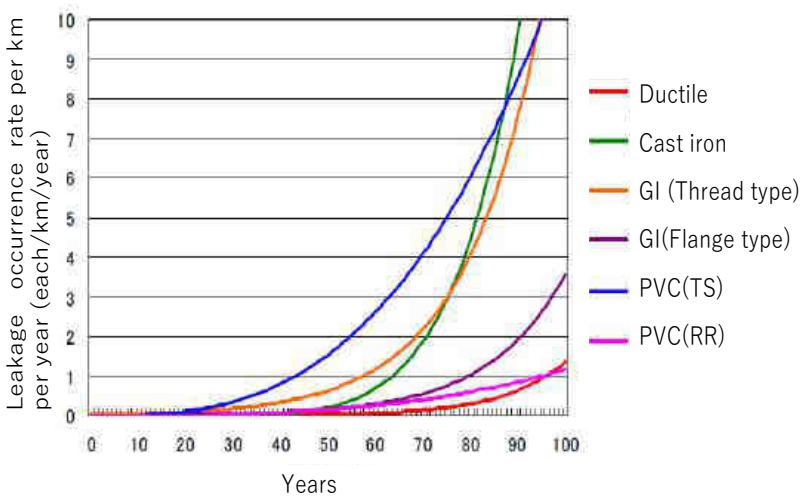
১) ঝুঁকি (Risk):

পাইপ যত পুরনো হয়, লিকেজের সম্ভাবনা এবং পানির অপচয় (NRW)–এর হার তত বেশি হয়। টেবিল ৮.২ এ পাইপের উপকরণ অনুযায়ী স্বাভাবিক আয়ুষ্কাল দেখানো হয়েছে (জাপানের তথ্য অনুসারে)। এর মধ্যে ডাকটাইল আয়রন পাইপের আয়ুষ্কাল তুলনামূলকভাবে বেশি। তবে পাইপের স্থায়িত্ব নির্ভর করে, উৎপাদনের মান, স্থাপনার পরিবেশ, রক্ষণাবেক্ষণ অবস্থা এবং উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠানের মানদন্ডের ভিত্তিতে।

টেবিল ৮.২: বিভিন্ন পাইপের আয়ুষ্কাল

পাইপের ধরণ	আয়ুষ্কাল (বছর)
এইচ ডি পি ই	৪০-৬০
পিভিসি	৪০-৬০
ডাকটাইল	৬০-৮০
জি আই	৪০-৭০
অ্যাসবেস্টস	২৫-৪০

চিত্র ৮.৩০ এ বিভিন্ন পাইপ উপকরণের ক্ষেত্রে লিকেজ ঘটার হার (বছরে প্রতি কিলোমিটারে) এবং বছরের সম্পর্ক দেখানো হয়েছে (জাপানের তথ্য অনুসারে)। চিত্র অনুযায়ী, নির্দিষ্ট সময়ের পরে লিকেজের হার দ্রুত বৃদ্ধি পায়।



চিত্র ৮.৩০: বিভিন্ন ধরনের পাইপ এর লিকেজ হওয়ার রেট এবং বৎসরের সম্পর্ক

*পাইপের আয়ুষ্কাল কেবলমাত্র উপকরণের (material) উপর নির্ভর করে না,বরং এটি পণ্যের গুণগত মানের উপরও নির্ভরশীল। যেহেতু টেবিল ৮.২ এবং চিত্র ৮.৩০ এ প্রদত্ত তথ্যগুলি জাপানের পণ্যসমূহের মান অনুযায়ী, তাই বাংলাদেশের ক্ষেত্রে যদি পাইপের মান নির্ধারিত মানের নিচে থাকে, তবে এর আয়ুষ্কাল তুলনামূলকভাবে কম হতে পারে।

পাইপলাইনের অবনতি শুধু ভৌত ক্ষতির (physical damage) কারণে নয়, বরং কার্যক্ষমতার অবনতিও এর অন্তর্ভুক্ত। সময়ের সাথে সাথে পাইপের ভেতরে স্কেল বা স্তর (scale build-up) জমে যায়, যা পাইপের পানি প্রবাহের ক্ষমতা

উল্লেখযোগ্যভাবে কমিয়ে দেয়। এর একটি উদাহরণ চিত্র ৮.৩১এ দেখানো হয়েছে। এই অবনতি নির্ভর করে পানির মান এবং পাইপের উপকরণ (pipe material)–এর উপর। বিশেষ করে ৩০ বছরের বেশি পুরনো লোহার পাইপ এ মরিচা ও স্কেলিং মারাত্মকভাবে দেখা যায়, যার ফলে পানির প্রবাহ ও গুণগতমান উভয়ই ক্ষতিগ্রস্ত হয়। এমন পুরাতন পাইপলাইন (aged pipeline) অবিলম্বে প্রতিস্থাপনের জন্য অগ্রাধিকার দেওয়া উচিত।

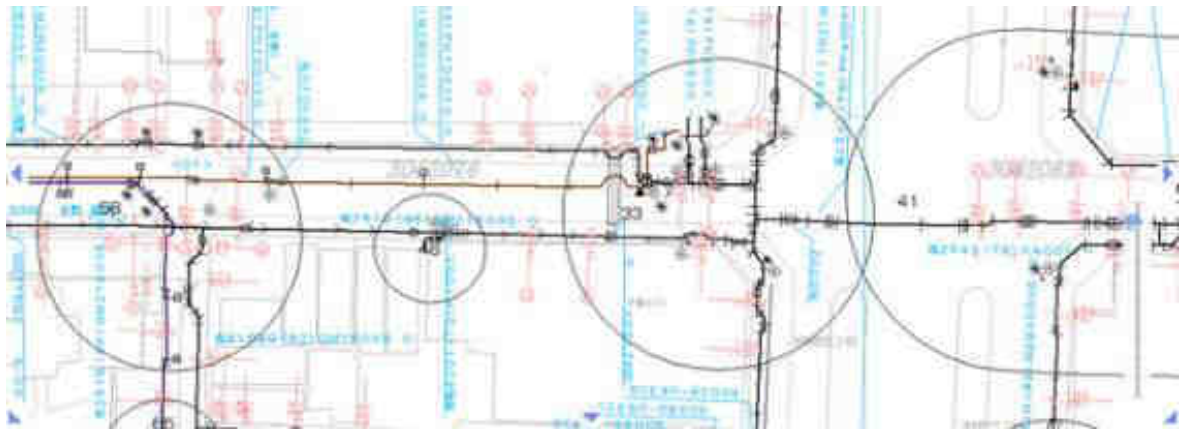


চিত্র ৮.৩১: পাইপের ভিতরে স্কেলিং

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

(ক) ম্যাপে পাইপের ড্রইং, ব্যাস, নির্মাণ সাল, উপকরণ ও লিকেজ রেকর্ড।

চিত্র ৮.৩২ এ দেখানো হয়েছে যে, পানি বিতরণ পাইপলাইন এর ড্রইং এ পাইপের ব্যাস, নির্মাণের বছর, উপকরণের ধরন এবং লিকেজের স্থান নির্দেশ করা থাকে। যদি বিদ্যমান পাইপলাইনের ড্রইং না থাকে, তবে মাটির উপরে দৃশ্যমান ভাল্‌ভ ও ফায়ার হাইড্রেন্ট এবং ওয়াটার মিটার, ইত্যাদি এর অবস্থান ব্যবহার করে নতুন পাইপ ড্রয়িং তৈরি করতে হবে। সম্প্রতি এই কাজগুলি জিআইএস (GIS) প্রযুক্তি ব্যবহার করে সম্পন্ন করা হচ্ছে। বাংলাদেশে, বিশেষত পৌরসভা পর্যায়ে এই ড্রইংগুলি সচরাচর পাওয়া যায় না। যখন কোনো পৌরসভা কোনো ঠিকাদারের কাছ থেকে স্থাপিত পাইপলাইন গ্রহণ করে, তখন নির্মিত নক্সা (as-built drawing) সহ প্রয়োজনীয় তথ্য হস্তান্তর নথিতে অন্তর্ভুক্ত করতে হবে, এবং পরবর্তীতে রক্ষণাবেক্ষণের জন্য তা ব্যবহার করতে হবে।



চিত্র ৮.৩২: জি আই এস ম্যাপিং

যদি মাঠ পর্যবেক্ষণে বা নাগরিকদের রিপোর্টের মাধ্যমে কোনো লিকেজ পাওয়া যায়, তবে অবশ্যই লিকেজের অবস্থান, কারণ, মেরামত পদ্ধতি, পাইপের বিবরণ এবং আশেপাশের অবস্থা রেকর্ড করতে হবে। এই তথ্য ভবিষ্যতে লিক-প্রবণ অঞ্চল সনাক্তকরণ এবং নবায়ন পরিকল্পনা (renewal planning) প্রস্তুতিতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখবে।

(খ) পানির প্রবাহমাত্রা ও চাপ।

পাইপ নেটওয়ার্কের নির্দিষ্ট একটি স্থানে সময়ের সাথে সাথে পানির প্রবাহমাত্রা এবং চাপের পরিবর্তন মাপলে লিকেজ বা পাইপের বয়স (aging) সম্পর্কে নিশ্চিত করা সম্ভব। এর জন্য ব্যবহৃত প্রেশার গেজ এর সক্ষমতা থাকতে হবে ২৪ ঘণ্টা পর্যন্ত নিজস্বভাবে তথ্য রেকর্ড করার (চিত্র ৮.৩৩) এবং ফ্লোমিটার হিসেবে আল্ট্রাসনিক ফ্লোমিটার ব্যবহার করা উচিত, যা সহজেই স্থাপনযোগ্য (চিত্র ৮.৩৪)। প্রবাহ মাপার স্থানগুলি হলো: পাম্পিং স্টেশন ও DMA (District Metered Area)-এর ইনলেট ও আউটলেট। আর পানির চাপ মাপার স্থানগুলি হলো: পাম্পের ডেলিভারি দিক এবং DMA–এর ভেতরে (এই পরিমাপের বিস্তারিত বর্ণনা দেওয়া আছে "NRW (Non-Revenue Water" অধ্যায়ে)।



চিত্র ৮.৩৩: স্বয়ংক্রিয়ভাবে তথ্য রেকর্ড করার প্রেশার গেজ



চিত্র ৮.৩৪: আল্ট্রাসনিক ফ্লো মিটাi

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points)

(ক) ম্যাপে পাইপের ড্রইং, ব্যাস, নির্মাণ সাল, উপকরণ ও লিকেজ রেকর্ড

যদি কোনো বিতরণ এলাকায় লিকেজ হার ২ বা তার বেশি হয়, অথবা পাইপলাইন স্থাপনের পর ৪০ বছরের বেশি সময় পেরিয়ে যায়, তবে ঐ পাইপলাইন প্রতিস্থাপন করা প্রয়োজন।

এই নিশ্চিতকরণ পয়েন্টটি সঠিক পাইপ ড্রয়িংয়ের উপর নির্ভরশীল, যা প্রয়োজনীয় তথ্য অংশে বর্ণিত হয়েছে। যদি কোনো ড্রয়িং না থাকে, তবে তা নতুন করে তৈরি করতে হবে, যা সহজ নয়। এই ক্ষেত্রে উন্মুক্ত ভাল্‌ভ, ফায়ার হাইড্রেন্ট, ওয়াটার মিটার ইত্যাদির অবস্থান থেকে পাইপলাইনের পথ অনুমান করা হয়। অথবা প্রয়োজনে রাস্তার নিচে অনুসন্ধানমূলক খনন করতে হয়।

(খ) পানির প্রবাহমাত্রা ও চাপ

যদি স্বাভাবিক পরিচালন অবস্থায় উল্লেখযোগ্য পানির চাপ হ্রাস বা প্রবাহ বৃদ্ধি দেখা যায়, তবে তা লিকেজের ইঙ্গিত বহন করে। অন্যদিকে, প্রবাহমাত্রা হ্রাস হলে তা পাইপের মধ্যে বাধা (blockage) বা পাইপের উজানের লিকেজ (upstream leakage) নির্দেশ করতে পারে।

বেশিরভাগ লিকেজ পাইপের সংযোগস্থলে ঘটে, যেমনটি চিত্র ৮.৩৫ এ দেখানো হয়েছে। তাই লিকেজ শনাক্তকরণের সময় জয়েন্ট এলাকায় বিশেষ গুরুত্ব দেওয়া উচিত। বিশেষত, ৯০% মাটির নিচের লিকেজ সার্ভিস পাইপে ঘটে, বিশেষ করে শাখা সংযোগস্থলে। অন্যদিকে, পাইপে বাধা (blockage) থাকলে বাধার আগে চাপ বৃদ্ধি পায় এবং বাধার পরে চাপ হ্রাস পায়।



চিত্র ৮.৩৫: শাখা সংযোগস্থলে পানির লিকেজ

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

(ক) লিকেজ মেরামত

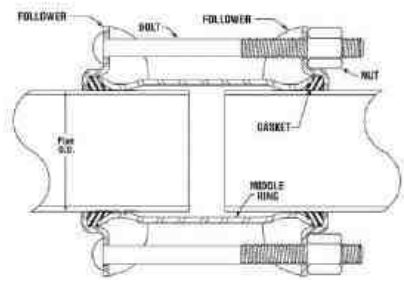
উপরের নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট যেমন দেখা গেছে, যদি চাপ হঠাৎ কমে যায় বা প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পায় তবে তা পাইপলাইনে লিকেজ ঘটার ইঙ্গিত দেয়। পুরনো পাইপলাইন প্রতিস্থাপন করা প্রয়োজন হলেও, সব লিকেজের জন্য পাইপ পরিবর্তন অপরিহার্য নয়। লিকেজ মেরামতের জন্য পাইপলাইন পুরোপুরি প্রতিস্থাপন না করে, লিকেজ স্থানে পাইপের চারপাশে ক্ল্যাম্প বসিয়ে অস্থায়ী বা স্থায়ী মেরামত করা যায়, যেমনটি চিত্র ৮.৩৬ এ দেখানো হয়েছে।





স্লিপ টাইপ কাপলিং





ড্রেসার টাইপ কাপলিং





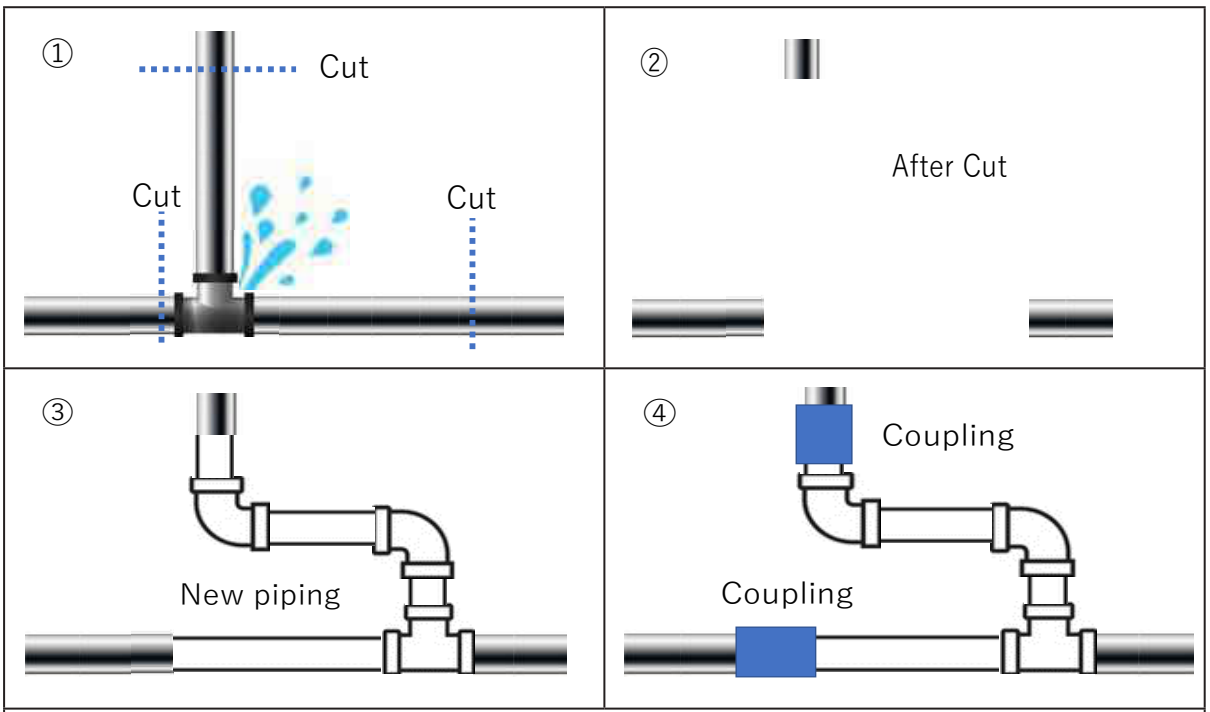
টি ও এলবো ফিটিং এর লিকেজ কাপলিং

চিত্র ৮.৩৬: পাইপের কভারিং ক্ল্যাম্প

চিত্র ৮.৩৬ এ প্রদর্শিত ফিটিং এর কাপলিং সমূহ জয়েন্টে লিকেজ মেরামতের জন্য অত্যন্ত কার্যকর সরঞ্জাম। তবে এগুলি বিশেষ ধরনের কাপলিং হওয়ায় প্রায়ই বাজারে সহজে পাওয়া যায় না। এই ক্ষেত্রে বিকল্প মেরামত পদ্ধতি চিত্র ৮.৩৭ এ দেখানো হয়েছে, যেখানে দুটি সাধারণ কাপলিং ব্যবহার করে লিকেজ বন্ধ করা হয়।

পানি সরবরাহ লাইনে পাইপ প্রতিস্থাপন বা নতুন সংযোগ কাজের পর পানির চাপ পরীক্ষা করা আবশ্যক, যাতে নিশ্চিত করা যায় যে জয়েন্ট বা নতুন অংশে কোনো লিকেজ বা কাঠামোগত দুর্বলতা নেই। পরীক্ষার প্রক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

পাইপটি পানিতে পূর্ণ করা হয়, সব বায়ু অপসারণ করা হয়, তারপর নির্ধারিত পরীক্ষা চাপ প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট সময় ধরে রাখা হয়। যদি চাপ স্থিতিশীল থাকে এবং কোনো পতন না ঘটে, তবে এটি সিস্টেমের বিশুদ্ধতা (system integrity) প্রমাণ করে এবং পানি সরবরাহ নিরাপদ কিনা তা নিশ্চিত করে।



চিত্র ৮.৩৭: ফিটিং এর জন্য কাপলিং ছাড়া টি এর লিকেজ মেরামত পদ্ধতি

চিত্র ৮.৩৮ এ প্রধান ও ক্ষুদ্র ক্ষতি দেখানো হয়েছে। যদি পানির চাপ কম থাকে বা ক্ষতি ছোট হয়, তবে লিকেজ প্রতিরোধ টেপ এবং বন্ডিং এজেন্ট ব্যবহার করা যায়, যেমনটি চিত্র ৮.৩৯ ও ৮.৪০ এ দেখানো হয়েছে। তবে যদি এই মেরামতের পরও লিকেজ পুনরায় ঘটে, তাহলে সংশ্লিষ্ট পাইপটি প্রতিস্থাপন করা প্রয়োজন।



প্রধান ক্ষতি (Major damage)



ক্ষুদ্র ক্ষতি (Minor damage)

চিত্র ৮.৩৮: প্রধান ও ক্ষুদ্র লসের পার্থক্য



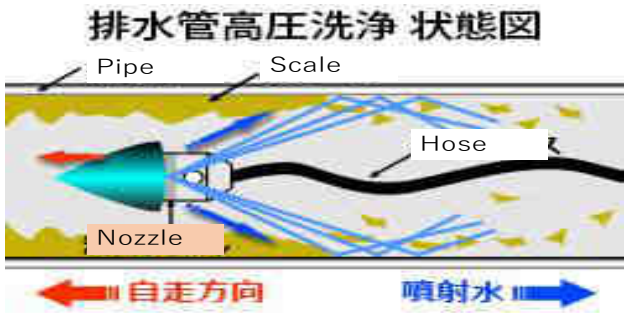
চিত্র ৮.৩৯: লিকেজ প্রতিরোধ টেপ ব্যবহার



চিত্র ৮.৪০: লিকেজ বন্ডিং এজেন্ট ব্যবহার

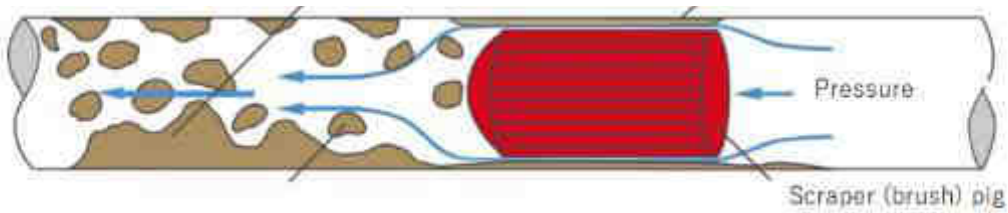
(খ) পাইপের ভেতরের স্কেল অপসারণ (Removal of Scales for Blockage)

পাইপের ভেতরের স্কেল বা স্তর অপসারণের জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি রয়েছে। সবচেয়ে প্রচলিত পদ্ধতি হলো, উচ্চচাপের পানি ব্যবহার করে নজল ও এসক্র্যাপার পিগ পাইপের ভেতর দিয়ে প্রবাহিত করা, যাতে ভেতরের স্তরগুলি আলগা হয়ে যায়। এই পদ্ধতিটি চিত্র ৮.৪১এ দেখানো হয়েছে। বাংলাদেশের পৌর পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পিগিং (pigging) খুবই কম ব্যবহৃত হয়, কারণ এই কাজের জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির অভাব রয়েছে। তবে পুরাতন ডাকটাইল বা জিআই পাইপলাইন এর ক্ষেত্রে এটি ব্যবহার করা হলে ক্ষমতা পুনরুদ্ধারে অত্যন্ত কার্যকর ও সাশ্রয়ী হতে পারে।





উচ্চচাপের পানি ব্যবহার করে স্কেল অপসারণ









স্ক্র্যাপার পিগ দ্বারা স্কেল বা স্তর অপসারণ এবং পিগের ধরণ

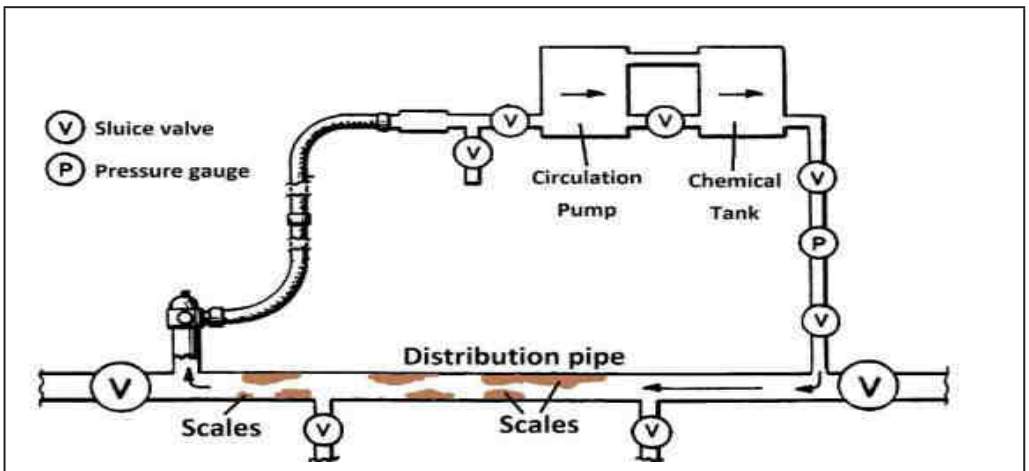




পূর্বে পরে

চিত্র ৮.৪১: পাইপের স্কেল অপসারণের পদ্ধতি

যখন খনিজভিত্তিক স্কেল যেমন ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম জমে থাকে, তখন রাসায়নিক ডিস্কেলিং পদ্ধতি বেশি কার্যকর। এটির জন্য চিত্র ৮.৪২ এ দেখানো সার্কুলেশন সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। সাধারণত সাইট্রিক অ্যাসিড রাসায়নিক দ্রবণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়, তবে স্কেলের উপাদান অনুযায়ী রাসায়নিকের ধরণ পরিবর্তিত হতে পারে। পরিষ্কারের পর অবশ্যই অপসারিত স্কেল ও রাসায়নিক দ্রবণ সম্পূর্ণরূপে পরিষ্কার করতে হবে। এই রাসায়নিক পদার্থগুলির সম্ভাব্য স্বাস্থ্যঝুঁকি থাকায়, এগুলি পরিচালনা কেবলমাত্র প্রশিক্ষিত ও পেশাদার ঠিকাদারদের দ্বারা করতে হবে।



চিত্র ৮.৪২: সার্কুলেশন সিস্টেম দ্বারা রাসায়নিক ডিস্কেলিং পদ্ধতি

(গ) খনন ছাড়া পাইপ মেরামত (Pipe Repairing Without Excavation)

যেসব স্থানে উন্মুক্ত খনন করা সম্ভব নয়, সেখানে Cured-In-Place Pipe (CIPP) পদ্ধতি অত্যন্ত কার্যকর। CIPP একটি ট্রেঞ্চলেস পাইপ মেরামত প্রযুক্তি যেটা চলমান পাইপলাইনের মেরামত কাজে ব্যবহৃত হয়। এখানে বিদ্যমান পাইপের ভেতরে রেজিনযুক্ত পলিয়েস্টার লাইনার (polyester liner with resin) প্রবেশ করিয়ে তাপ প্রয়োগে সেটিকে শক্ত করে নতুন পাইপ তৈরি করা হয়। এই পদ্ধতিতে মেরামতের জন্য পাইপ খনন করতে হয় না, ফলে শব্দদূষণ, যানবাহন ব্যাঘাত ও নির্মাণ সময় উল্লেখযোগ্যভাবে কমে যায়। তাপ-প্রয়োগে তৈরি নতুন পাইপটি একটানা ও জয়েন্টবিহীন হয়, যা ফাটল, লিকেজ এবং গাছের শিকড়ের অনুপ্রবেশ এর বিরুদ্ধে প্রতিরোধী। বাংলাদেশে ট্রেঞ্চলেস পাইপলাইন স্থাপনা প্রযুক্তিটি এখনো নতুন ও সীমিত কিছু শহরে ব্যবহৃত হয়েছে, ফলে, O&M পর্যায়ে এ ধরনের মেরামত প্রযুক্তি এখনো প্রয়োগের অভিজ্ঞতা হয় নাই।



চিত্র ৮.৪৩: Cured-In-Place Pipe (CIPP)

(২) ভাল্‌ভ এর কার্যক্ষমতা (Valve Functionality)

১) ঝুঁকি (Risk)

যখন লিকেজ মেরামত বা ভাল্‌ভ প্রতিস্থাপন প্রয়োজন হয়, তখন স্লুইস ভাল্‌ভ ব্যবহার করে অস্থায়ীভাবে পানি সরবরাহ বন্ধ করতে হয়। এছাড়াও পাইপলাইনে জমে থাকা অযাচিত পদার্থ (foreign matter) অপসারণের জন্য

নিয়মিতভাবে ওয়াশআউট ভাল্‌ভ খুলে ড্রেনেজ পরিচালনা করতে হয়।

এই দুটি ভাল্‌ভ, স্লুইস ভাল্‌ভ ও ওয়াশআউট ভাল্‌ভ, পাইপলাইনের কার্যকারিতা বজায় রাখতে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

যদি এই ভাল্‌ভগুলি কাজ না করে, তাহলে নিরাপদ পানি সরবরাহ নিশ্চিত করা অসম্ভব হয়ে পড়ে। তাই এগুলির নিয়মিত কার্যক্ষমতা পরীক্ষা করা অপরিহার্য।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- লিকেজের দৃশ্যমান অবস্থা
- অস্বাভাবিক শব্দ
- পানি লিকেজ
- বোল্ট ও নাটের দৃঢ়তা (আটকানো অবস্থা)
- ভাল্‌ভ খোলা ও বন্ধ করার অবস্থা
- ভাল্‌ভ চেম্বারের অবস্থা

৩) নিশ্চিতকরণ বিন্দু (Confirmation Points)

- দৃশ্যমান অবস্থা:
  - যদি ভাল্‌ভে মরিচা, ক্ষয় বা বিবর্ণতা দেখা যায়, তবে তা ভাল্‌ভ এর কার্যক্ষমতা নষ্ট করতে পারে। নিশ্চিত করতে হবে যে বাহ্যিক অবনতি গুরুতর নয়।
- অস্বাভাবিক শব্দ:
  - স্লুইস ভাল্‌ভ খারাপ হলে অস্বাভাবিক শব্দ হতে পারে। যেমন ভাল্‌ভের বডি অবনতি বা আবর্জনা জমা হলে শব্দ হতে পারে। নিশ্চিত করতে হবে যে কোন অস্বাভাবিক শব্দ নেই।
- পানি লিকেজ:
  - প্যাকিং বা সিলিং উপকরণের ক্ষয়, ভাল্‌ভ সিট বা ডিস্কের ক্ষয় বা মরিচা, আবর্জনা বা পলি জমা, অথবা ঢিলা বোল্ট ও নাটের কারণে লিকেজ হতে পারে। এর ফলে NRW বৃদ্ধি পায়। নিশ্চিত করতে হবে যে কোনো পানি লিকেজ নেই।
- বোল্ট ও নাটের দৃঢ়তা:
  - অনেক কারনেই বোল্ট ও নাট ঢিলা হতে পারে যেমন: পুন:পুন: কম্পন, গ্যাসকেট বা প্যাকিং উপকরণের অবনতি, অথবা ক্ষয়জনিত কারণে নাট-বোল্ট ঢিলা হতে পারে। সকল বোল্ট ও নাট সঠিকভাবে আঁটকানো আছে কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে, যাতে ভাল্‌ভ যথাস্থানে দৃঢ়ভাবে স্থির থাকে।
- খোলা ও বন্ধ করার অবস্থা:
  - ভাল্‌ভটি সহজে ও পূর্ণভাবে খোলা ও বন্ধ করা যায় কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে।
- ভাল্‌ভ চেম্বারের অবস্থা:
  - ভাল্‌ভ চেম্বারের ভেতরে বৃষ্টির পানি জমা, মাটি, অযাচিত পদার্থ বা আগাছা থাকলে তা ক্ষয় ও অবনতি ত্বরান্বিত করে, এতে ভাল্‌ভ এর কার্যকারিতা বাধাগ্রস্ত হয় এবং ত্রুটি শনাক্তে বিলম্ব ঘটায়। নিশ্চিত করতে হবে যে ভাল্‌ভ চেম্বারটি ঢাকনাযুক্ত এবং এর অভ্যন্তরে কোনো অযাচিত পদার্থ নেই।



চিত্র ৮.৪৪: জমা পানি ও আগাছা সহ ভাল্‌ভ চেম্বার

- যদি মেরামতের পর লিকেজ অব্যাহত থাকে তবে ভাল্‌ভ পরিবর্তনের ব্যবস্থা নিতে হবে।

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

- পরিষ্কারকরণ
  - ভাল্‌ভ:
    - যদি মরিচা, ক্ষয় বা বিবর্ণতা দেখা যায়, তবে পৃষ্ঠ পরিষ্কার করে ক্ষয়রোধী (অ্যান্টি-করোশন) রং এর প্রলেপ প্রয়োগ করতে হবে।
    - যদি বাহ্যিক ক্ষতি গুরুতর হয়, তবে ভাল্‌ভটি প্রতিস্থাপন করতে হবে।
  - ভাল্‌ভ চেম্বার:
    - যদি ভেতরে মাটি, বৃষ্টির পানি বা আবর্জনা (soil, rainwater, debris) পাওয়া যায়, তবে সব অবাঞ্ছিত পদার্থ অপসারণ করতে হবে।
    - যদি ঢাকনা ক্ষতি গ্রস্থ হয় বা না থাকে, তবে তা মেরামত বা প্রতিস্থাপন করতে হবে।
- পলি অপসারণ ও ওয়াশআউট:
  - যদি বন্ধ হয়ে বা আবর্জনা জমে শব্দ সৃষ্টি হয়, তবে ফ্লাশিং করে পলি অপসারণ করতে হবে।
    - যদি পলি জমার কারণে ভাল্‌ভ এর চলাচল ভারী বা অসম্পূর্ণ হয়, তবে ওয়াশআউট ভাল্‌ভ খুলে বা হাতে ভিতরের যন্ত্রাংশ পরিষ্কারকরণ করতে হবে।
- বোল্ট/নাট টাইট করা ও যন্ত্রাংশ প্রতিস্থাপন:
  - যদি বোল্ট বা নাট ঢিলা হয়, তবে টর্ক রেঞ্চ ব্যবহার করে নির্ধারিত টর্ক অনুযায়ী পুনরায় আঁটকাতে হবে।
  - যদি বোল্ট/নাট ক্ষয়প্রাপ্ত বা থ্রেড নষ্ট হয়, তবে প্রতিস্থাপন করতে হবে।
  - যদি প্যাকিং বা গ্যাসকেট নষ্ট হয়ে যায়, তবে নতুন সিলিং উপকরণ বদলাতে হবে।
- লিকেজ
  - যদি ক্ষয়প্রাপ্ত বা ক্ষতিগ্রস্থ অংশের কারণে লিকেজ ঘটে, যেমন প্যাকিং, সিলিং, ডিস্ক ইত্যাদি, তবে ঐ উপকরণগুলি প্রতিস্থাপন করতে হবে।
  - যদি রক্ষণাবেক্ষণের পরও লিকেজ বজায় থাকে, তবে সম্পূর্ণ ভাল্‌ভ প্রতিস্থাপন বিবেচনা করতে হবে।

৮.৩ স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৮.৩ এ পাইপলাইনের বিভিন্ন সমস্যা, কারণ, ঝুঁকি ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা উপস্থাপিত হয়েছে। পানি বিতরণ পাইপলাইনে সবচেয়ে সাধারণ সমস্যা হলো পাইপ পুরাতন হওয়ার কারনে বা দুর্ঘটনাজনিত লিকেজ হওয়া। তবে পাইপলাইনের এলাকা ব্যাপক হওয়ায় সব মাটির নিচে পাইপ একে একে পরীক্ষা করা বাস্তবসম্মত নয়। ফলে অধিকাংশ রক্ষণাবেক্ষণ কাজ প্রতিক্রিয়াশীলভাবে (reactive measure) সম্পন্ন করা হয়।

মাঠ পর্যায়ে পর্যবেক্ষিত অবস্থার উপর ভিত্তি করে সম্ভাব্য কারণ নির্ণয় ও প্রয়োজনীয় পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে।

টেবিল ৮.৩ পাইপলাইন এর সমস্যা সমাধান

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
বিতরণ পাইপে চাপ কম	পাম্পের কর্মক্ষমতা হ্রাস পাওয়া	পানি সরবরাহের পরিমাণ ও গুণগতমান কমে যাওয়ার সম্ভাবনা	পাম্প মেরামত করা
	পাইপে লিকেজ হওয়া		পাইপ মেরামত বা প্রতিস্থাপন করা
	অযাচিত পদার্থে ব্লকেজ হওয়া		পাইপ এর ভিতর পরিষ্কার করা
	ভাল্‌ভ ভুলভাবে পরিচালনা করা		ভাল্‌ভ খোলার পরিমাণ পরীক্ষা ও সমন্বয় করা
	পাইপে বায়ু প্রবেশ করা		বায়ু নির্গমন করা
	অতিরিক্ত পানি ব্যবহার করা		অতিরিক্ত পানি ব্যবহার এর কারণ যাচাই ও নিয়ন্ত্রণ
পাইপের অবনতি	পাইপ পুরাতন হওয়া	লিকেজ রেট বৃদ্ধি পাবে	পাইপ পুনর্বাসন করা ও পাইপ পরিবর্তন করা
পানি লিকেজ	পাইপ বা এর অন্যান্য অংশ পুরাতন হওয়া	NRW বৃদ্ধি, পানি মানের অবনতি হওয়া	পাইপ পুনর্বাসন বা পরিবর্তন করা, লিকেজের তথ্য রেকর্ড করা (স্থান, লিকেজের কারণ, মেরামতের পদ্ধতি, পাইপ ও আশেপাশের তথ্য)
পানির রং পরিবর্তন (লালচে রং)	পাইপ বা আনুষঙ্গিক অংশে মরিচা ধরা	পানি ব্যবহারকারীদের স্বাস্থ্যঝুঁকির সম্ভাবনা	পাইপ পরিবর্তন করা বা পাইপ পরিষ্কার করা
বিরতিপূর্ণ সরবরাহে অস্বাভাবিক শব্দ	এয়ার লক হওয়া	প্রবাহ অনিয়মিত ও স্থবিরতা, পাম্প ভাল না চলা ও অপরিমিত পানি সরবরাহের সম্ভাবনা	এয়ার ভাল্‌ভ এর কার্যকারিতা পরীক্ষা করা এবং প্রয়োজনে তা মেরামত বা পরিবর্তন করা, পাইপের ঢাল পরীক্ষা করে তা ঠিক করা

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
নন-রিটার্ন ভাল্‌ভ ভাঙ্গা	এই যন্ত্রপাতিগুলির অবনতি নিম্নলিখিত কারণে ঘটে: - ত্রুটিপূর্ণ পণ্য স্থাপন করা - কোনও ধরণের বাহ্যিক ক্ষতি হওয়া - বহিরাগত পদার্থ দ্বারা আটকে থাকা	ওয়াটার হ্যামার এর জন্য পাম্প, পাইপ, ভাল্‌ভ এর ক্ষতির সম্ভাবনা	যন্ত্রাংশ পরিবর্তন বা মেরামত করা
এয়ার ভেন্ট ভাল্‌ভ ভাঙ্গা		পানি সরবরাহ কমে যাবে	পাইপ বা ভাল্‌ভ এ জমা ময়লা ওয়াশআউটের মাধ্যমে অপসারণ করা
পানি মিটার ভাঙা		প্রবাহের হার অনুসারে সুবিধা এবং পানি সরবরাহের অবস্থা নির্ধারণ করতে অক্ষমতা বৃদ্ধি পাওয়া	
প্রেসার গেজ ভাঙা		পানির চাপের হার অনুসারে সুবিধা এবং পানি সরবরাহের অবস্থা নির্ধারণ করতে অক্ষমতা বৃদ্ধি পাওয়া	
স্লুইস ভাল্‌ভ ভাঙা		প্রবাহ এর ভারসাম্য নষ্ট ও পাইপলাইন রক্ষণাবেক্ষণ এ বিঘ্ন হওয়া	
ভাল্‌ভ এর অস্বাভাবিক শব্দ		ভাল্‌ভ এর অবনতি হওয়া	
বোল্ট/নাট ঢিলা		লিকেজ রেট বৃদ্ধির সম্ভাবনা	
ভাল্‌ভ খুলতে/বন্ধে অসুবিধা		পাইপলাইন রক্ষণাবেক্ষণ এ বিঘ্ন হওয়ার সম্ভাবনা	
ভাল্‌ভ চেম্বারে পানি/আবর্জনা জমা	ঢাকনা না থাকা কভার বা কনক্রিট চেম্বার ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া	ভাল্‌ভ এর ক্ষয় এর সম্ভাবনা	ভাল্‌ভ চেম্বারে পানি/আবর্জনা জমা অপসারণ করতে হবে কভার বা কংক্রিট চেম্বার ক্ষয়প্রাপ্ত হলে তা মেরামত করা

৮.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৮.৪ এ পাইপলাইনের আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং ফ্রিকোয়েন্সি দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৮.৪ পাইপলাইনের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম	দৈনিক	মাসিক	বার্ষিক	মানদন্ড
১. পাম্পিং স্টেশনে প্রবাহমাত্রা	○	○ মাসিক গড়, সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন	○ বার্ষিক গড়, সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন	পূর্ববর্তী ডেটার তুলনায় উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন হলে যাচাই করতে হবে
২. পাম্পিং স্টেশনে চাপ				
৩. বিতরণ পাইপলাইনে প্রবাহমাত্রা	-	○ একই স্থানে মাসে একবার পরিমাপ		
৪. বিতরণ পাইপলাইনে চাপ				
৫. বিতরণ পাইপলাইনে লিকেজ	○ ব্যবহারকারীদের নিকট হতে প্রাপ্ত রিপোর্টও গ্রহণযোগ্য	○ উপরের মাপের সময় নিশ্চিত করা	-	লিকেজ তথ্য রেকর্ড করা হয়েছে কিনা তা নিশ্চিত করা
৬. পানির গুণগতমান পরীক্ষার জন্য নমুনা সংগ্রহ	-	○ প্রতি তিন মাসে একবার	-	পরীক্ষার ফল পানযোগ্য মানদন্ড পূরণ করে
৭. পাইপলাইন পরিষ্কারকরণ	-	○ প্রতি ছয় মাসে একবার	-	ওয়াশআউট সম্পন্ন করা ও রেকর্ড নিশ্চিত করা
৮. পাইপলাইনের সূর্যালোকে আসা	-	○	-	মাটির নিচের পাইপ উন্মুক্ত নয় তা নিশ্চিত করা

* উপরোক্ত বিষয়গুলি ছাড়াও, সমগ্র পানি বিতরণ নেটওয়ার্কের জন্য সঠিক পাইপ মানচিত্র প্রস্তুত এবং রক্ষণাবেক্ষণ করা উচিত।

অধ্যায়-৯ঃ ট্যাংক ও জলাধার

৯.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

জলাধার ও ট্যাংকের প্রধান কাজ হলো দৈনিক পানির চাহিদা এবং বিশেষভাবে সর্বোচ্চ চাহিদার সময় পানির প্রয়োজন মেটানো। এর পাশাপাশি জলাধার পানিকে উচ্চতর স্তরে তুলে ধরে পাইপলাইনে প্রয়োজনীয় চাপ বজায় রাখে।

৯.১.১ উপকরণ

৯.১.১.১ রিইনফোর্সড কংক্রিট

রিইনফোর্সড কংক্রিট হলো এমন একটি কাঠামো যেখানে কংক্রিটের ভেতরে লোহার রড বসানো হয়, যাতে টানজনিত (টেনশন) চাপ প্রতিরোধ করা যায়। কংক্রিট চাপ (কম্প্রেশন) বহনে শক্তিশালী হলেও টান সহ্য করতে দুর্বল, তাই লোহার রড এটির টান শক্তি প্রদান করে। তবে, পুরো কাঠামোর শক্তি মূলত নির্মাণ মানের ওপর নির্ভর করে।

সাধারণভাবে, আর.সি. মিশ্রণের অনুপাতকে সিমেন্ট ঃ বালু ঃ খোয়া = ১ঃ২ঃ৪ হিসেবে গণ্য করা হয়। তবে বাংলাদেশে সাধারণত ১ঃ১.৫ঃ৩ অনুপাত ব্যবহার করা হয়। এটি ডিজাইনের প্রচলিত মান, কাঠামোর ধরণ, প্রয়োজনীয় শক্তি ইত্যাদির ওপর ভিত্তি করে পরিবর্তিত হতে পারে।

রিইনফোর্সড কংক্রিট ট্যাংক এর স্থায়িত্ব ও ব্যয়সাশ্রয়ী হওয়ার কারণে বাংলাদেশে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। এগুলি গোলাকার, আয়তাকার, ভূ-উপরিস্থ বা উচ্চস্থাপন- যেকোনো ধরনের হতে পারে। নির্মাণের সময় পানিরোধী ব্যবস্থা ও রডের সঠিক প্লেসমেন্ট এর উপর নজর দেওয়া গুরুত্বপূর্ণ। অন্যথায়, লিকেজ সমস্যা দেখা দিতে পারে যা পৌর এলাকায় এটি সাধারণত দৃশ্য।



চিত্র ৯.১: কংক্রিটের ট্যাংক

৯.১.১.২ ইস্পাত



চিত্র ৯.২: ইস্পাতের ট্যাংক

ইস্পাত এর ট্যাংক স্টিল প্লেট বা প্যানেল দিয়ে তৈরি হয় এবং উপরে স্থাপনের ক্ষেত্রে স্টিল ফ্রেম ব্যবহৃত হয়। যখন ট্যাংক দ্রুত স্থাপন করার প্রয়োজন হয়, তখন এ ধরনের ট্যাংক উপযোগী। মরিচা প্রতিরোধের জন্য যথাযথ প্রলেপ বা গ্যালভানাইজিং অপরিহার্য, বিশেষত বাংলাদেশের আর্দ্র আবহাওয়ায় এর আয়ুষ্কাল বৃদ্ধির জন্য। এগুলি গোলাকার, আয়তাকার, উচ্চস্থাপন বা ভূ-উপরিস্থ বিভিন্ন আকারে নির্মিত হতে পারে। বর্তমানে পৌরসভাগুলিতে ইস্পাত এর ট্যাংক ব্যবহৃত হচ্ছে না।

৯.১.১.৩ এফ.আর.পি. (ফাইবার রিইনফোর্সড প্লাস্টিক)

ফাইবার-রিইনফোর্সড প্লাস্টিক (FRP) হল একটি যৌগিক উপাদান যা ফাইবার দিয়ে শক্তিশালী একটি পলিমার ম্যাট্রিক্স গঠিত। ফাইবারটি বিভিন্ন উপাদান দ্বারা তৈরি হয় যেমন: গ্ল্যাস, কার্বন, অ্যারামিড বা ব্যাসল্ট এবং এরা যৌগিক উপাদানকে শক্তি ও দৃঢ়তা প্রদান করে। এফ.আর.পি উচ্চ শক্তি, কম ওজন, ক্ষয়প্রতিরোধ এবং দীর্ঘ স্থায়িত্ব এর একটি যৌগিক হিসেবে পরিচিত। এটি গাড়ি, বিমান, নির্মাণ, সামুদ্রিক শিল্পসহ বিভিন্ন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় এফ.আর.পি এর দুটি ধরন আছে যথা: ১) প্যানেল টাইপ ও ২) মোল্ডেড টাইপ। উচ্চস্থাপন ট্যাংকে এফ.আর.পি'র শুধু ট্যাংক অংশ ব্যবহৃত হলেও, কাঠামোর ফ্রেম সাধারণত রিইনফোর্সড কংক্রিট বা ইস্পাত দিয়ে তৈরি হয়। এগুলি চিত্র ৯.৩ এ দেখানো হয়েছে।



Panel type	Moulded type

চিত্র ৯.৩: এফ আর পি পানির ট্যাংক

এফ.আর.পি. ট্যাংক কংক্রিট বা ইস্পাত ট্যাংকের তুলনায় বেশ কিছু সুবিধা প্রদান করে: যদিও প্রাথমিক উপকরণ ব্যয় বেশি, তবু এগুলি হালকা হওয়ায় স্থাপন সহজ ও স্বাশ্রয়ী। এছাড়া, এফ আর পি ট্যাংকে কংক্রিটের মতো ফাটল বা ইস্পাতের মতো মরিচা ধরে না এবং রক্ষণাবেক্ষণ খরচ কম। এফ আর পি দীর্ঘস্থায়ী হওয়ায় এর সার্বিক জীবনচক্র ব্যয় কমে যায়, যা দীর্ঘমেয়াদের একটি সাশ্রয়ী অপশন হিসেবে এর গ্রহণযোগ্যতা করে তোলে।

৯.১.১.৪ অন্যান্য

এগুলি মূলত রাবার ও প্লাস্টিক দিয়ে তৈরি। এ ধরনের ট্যাংক সাধারণত ছোট ক্ষমতার ট্যাংকে ব্যবহৃত হয়। এগুলি চিত্র ৯.৪ এ শুধু ট্যাংকের অংশ দেখানো হয়েছে।




Plastic tank

চিত্র ৯.৪: অন্যান্য ট্যাংক

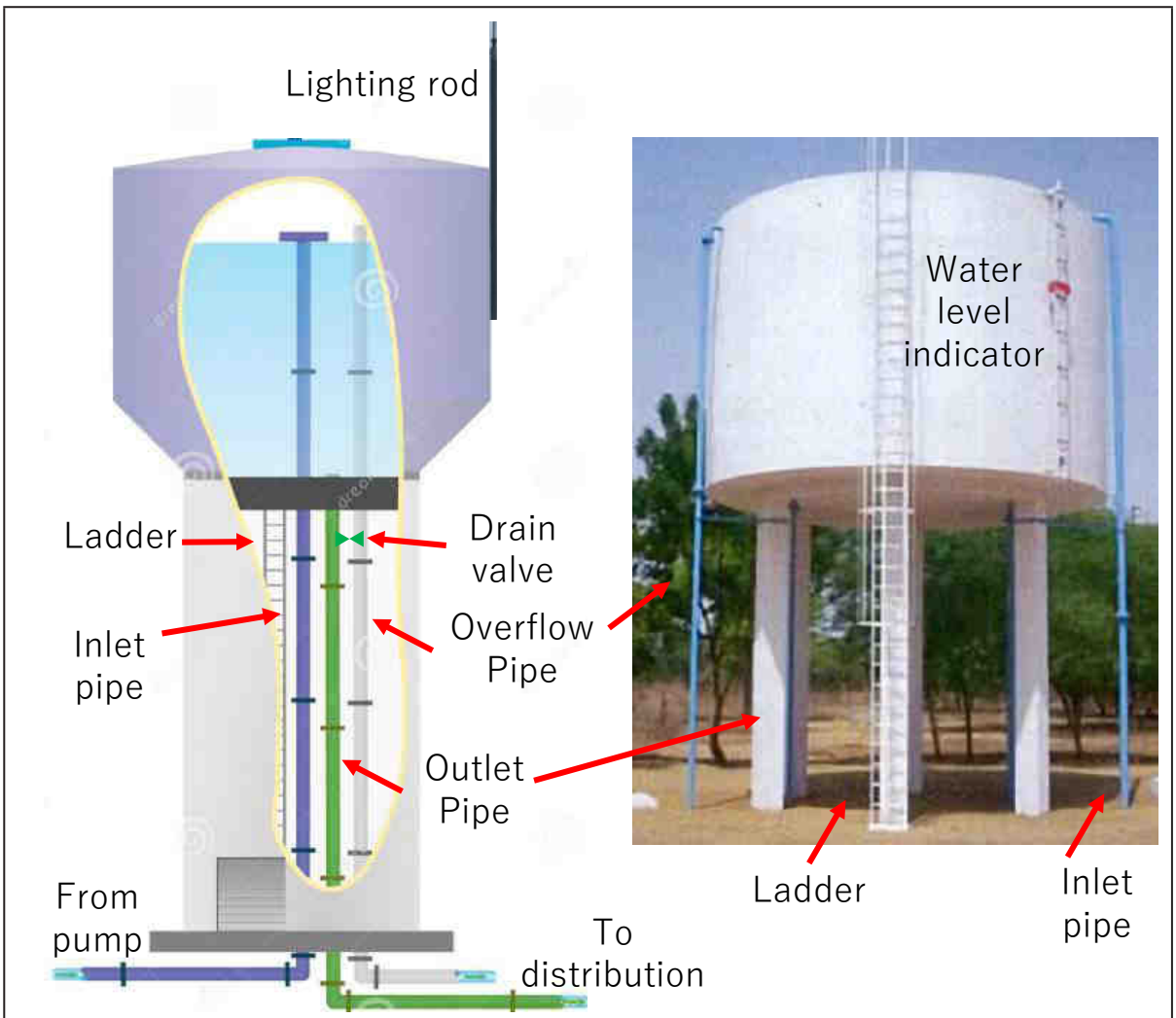
৯.১.২ ধারণক্ষমতা

ট্যাংকের ধারণক্ষমতা যত বেশি, সেটি তত বেশি নিরাপদ। বিতরণ ট্যাংকের ক্ষমতা সাধারণত সর্বোচ্চ দৈনিক ঘণ্টা চাহিদার ৮-১২ ঘণ্টার সমপরিমাণ ধরা হয়। উচ্চস্থাপন ট্যাংকের ক্ষমতা সাধারণত ১-৩ ঘণ্টার চাহিদার সমান রাখা হয়। বাংলাদেশে প্রচলিত ওভারহেড ট্যাংক (OHT) এর ধারণক্ষমতা পানির চাহিদার ভিত্তিতে নির্ধারিত হয়। তবে অধিকাংশ পৌরসভায় ডিপিএইচই নির্মিত ওভারহেড ট্যাংকের সাধারণ ধারণক্ষমতা ৬৮০ ঘনমিটার।

৯.১.৩ আনুষঙ্গিক উপকরণ (পাইপ, সিঁড়ি, পানির লেভেল নির্দেশক ইত্যাদি)

ট্যাংকে সাধারণত পাইপ স্থাপন করা হয় যথা: ১) পাম্প থেকে পানি প্রবেশের জন্য, ২) বিতরণ লাইনে পানি সরবরাহের জন্য, ও ৩) ট্যাংক পূর্ণ হলে অতিরিক্ত পানি বের করার জন্য। ২ ও ৩ নং পাইপ ভাল্‌ভ এর মাধ্যমে নিয়ন্ত্রিত হয়, যাতে ট্যাংক খালি করতে পানির বাধ্যতামূলকভাবে নির্গত করা যায়।

পরিদর্শনের সুবিধার্থে ট্যাংকে সিঁড়ি স্থাপন করা হয়। ট্যাংকের উচ্চতা বেশি হওয়ায় সাধারণত বজ্র প্রতিরোধকও স্থাপন করা হয় (চিত্র ৯.৫)।



চিত্র ৯.৫ : ট্যাংক এর আনুষঙ্গিক উপাদান

পানির লেভেল নির্দেশক

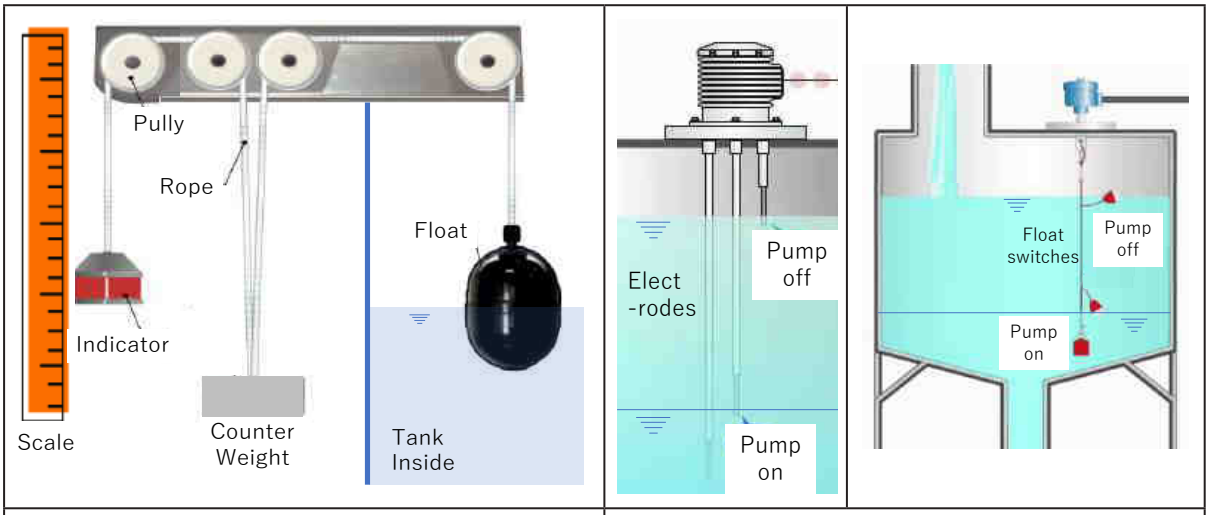
ট্যাংকের পানির পরিমাণ জানার জন্য পানির লেভেল নির্দেশক স্থাপন করা হয়। পানির লেভেল পরিমাপের বিভিন্ন পদ্ধতি রয়েছে, ১) পানির চাপ থেকে লেভেল নির্ণয় করা, ২) আল্ট্রাসোনিক ব্যবহার করে পানির পৃষ্ঠ নির্ণয় করা, ও ৩) সরাসরি পানির লেভেল দেখা। সাধারনত পানির লেভেল নির্দেশক হিসেবে যে পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় বা চিত্র ৯.৬ এ দেখানো হয়েছে। চিত্রের বাদিকে একটি ফ্লোট, দড়ি, চাকা (পুলি) ও ভার ব্যবহৃত পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে পানির লেভেল কমলে নির্দেশকও নিচে নেমে যায়। তবে, স্বয়ংক্রিয় পানির লেভেল সেন্সর ব্যবহারে ট্যাংক ব্যবস্থাপনা আরও কার্যকর হয়।

লেভেল সুইচ

পাম্প চালুবন্ধ নিয়ন্ত্রণের জন্য ট্যাংকে লেভেল সুইচ স্থাপন করা হয়। চিত্র ৯.৬ এর মধ্যে দেখানো ইলেকট্রোড ভিত্তিক এবং বা-দিকে ফ্লোট ভিত্তিক লেভেল সুইচ ব্যবহৃত দেখানো হয়েছে।

অতিপ্রবাহ (ওভারফ্লো)

অতিপ্রবাহের কারণে পানি অপচয় হয় এবং ব্যয় বৃদ্ধি পায়। দীর্ঘ সময় অতিপ্রবাহ চলমান থাকলে কাঠামোগত ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে, যা ব্যয়বহুল মেরামতের কারণ হতে পারে।



Water level indicator	Water level switch

চিত্র ৯.৬ : পানির লেভেল পরিমাপের যন্ত্র

৯.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট ও নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

৯.২.১ পরিচালনা দিক

বিতরণ ট্যাংক সাধারণত বৃহৎ ধারণক্ষমতার হয় এবং এটি পাম্পিং স্টেশন দ্বারা চালিত হয়। একাধিক পাম্প সমান্তরালভাবে সংযুক্ত থাকে এবং ঘণ্টাভিত্তিক পানির চাহিদা অনুযায়ী প্রয়োজনীয় সংখ্যক পাম্প চালানো হয়। উচ্চস্থাপন ট্যাংক সাধারণত দিনের সর্বোচ্চ চাহিদা সামঞ্জস্য করার জন্য পরিচালিত হয়। সুতরাং, ট্যাংক ও জলাধারের পরিচালনাগত বিষয়ে পাম্প, ভাল্‌ভ ও অন্যান্য উপাদানের কার্যক্রমও অন্তর্ভুক্ত থাকে।

পরিচালনায় নিম্নোক্ত বিষয়গুলি নিশ্চিত করতে হবে:

১) ট্যাংকের পানির লেভেল পর্যবেক্ষণ করা;

২) পাম্প ও ভাল্‌ভ সঠিকভাবে কাজ করছে কিনা তা পরীক্ষা করা;

৩) ট্যাংকের সব বায়ু নিষ্কাশন খোলা রয়েছে কিনা এবং ছোট প্রাণীর প্রবেশ রোধ করার ব্যবস্থা ঠিক আছে;

৪) রক্ষণাবেক্ষণের জন্য থাকা সকল ম্যানহোল তালাবদ্ধ অবস্থায় রাখা।

৯.২.২ ত্রুটি নির্ণয়

(১) নোংরাভাব

১) ঝুঁকি (Risk):

ট্যাংকের অভ্যন্তরীণ দূষণের কারণে পানির গুণগতমান নষ্ট হতে পারে, বিশেষভাবে ঘোলাটেভাব, কোলিফর্ম ব্যাকটেরিয়া এবং জৈব পদার্থ বৃদ্ধির মাধ্যমে। কখনো কখনো ট্যাংকের ভেতরে মৃত প্রাণী, পাখির বাসা বা ইঁদুরের বাসা পর্যন্ত পাওয়া যায়, যার প্রতি দৃষ্টি রাখতে হবে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary data):

- ট্যাংকের প্রবেশমুখের পানির গুণগতমানের তথ্য*
- ট্যাংকের নির্গমনমুখের পানির গুণগতমানের তথ্য*
- ট্যাংকের ভেতরের দৃশ্যমান পরিদর্শনের ফলাফল

* ঘোলাটেভাব, কোলিফর্ম ব্যাকটেরিয়া এবং জৈব পদার্থ (COD/BOD)

৩) নিশ্চিতকরণ (Confirmation Points):

- পানির গুণগতমানের ক্ষেত্রে, যদি নির্গমনমুখের মান প্রবেশমুখের মানের চেয়ে বেশি হয়, তবে ট্যাংকের অভ্যন্তরীণ দূষণের সম্ভাবনা রয়েছে। তাৎক্ষণিক ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।
- ট্যাংকের ভেতরের দূষণ চোখে দেখে নিশ্চিত করতে হবে। পরিদর্শনের সময় ও ফ্রিকোয়েন্সি নিম্নরূপ:
  - ট্যাংকের পানি নিষ্কাশন করে ভেতরটি দৃশ্যমানভাবে পর্যবেক্ষণ (প্রতি মাসে একবার);
  - ঘোলাটেভাব পরীক্ষা প্রবেশমুখ ও নির্গমনমুখে প্রতিদিন, কোলিফর্ম ও জৈব পদার্থ পরীক্ষা প্রতি সপ্তাহে একবার;

যদিও পানির গুণগতমানে কোনো অবনতি দেখা না যায়, তবুও ট্যাংকের ভেতরে দূষণ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ট্যাংক নিয়মিত পরীক্ষা করা জরুরি এবং প্রতিটি পরিদর্শনের তথ্য নথিভুক্ত করতে হবে এবং যদি দূষণ নিশ্চিত হয়, যেমনটি নীচের ছবিতে দেখানো হয়েছে, তাহলে পদক্ষেপ/প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে। চিত্র ৯.৭ তে অভ্যন্তরীণ ট্যাঙ্ক দূষণের উদাহরণ দেখানো হয়েছে।



জমা ভাসমান বস্তু



ট্যাংকে মরা ইদুরের দেহ

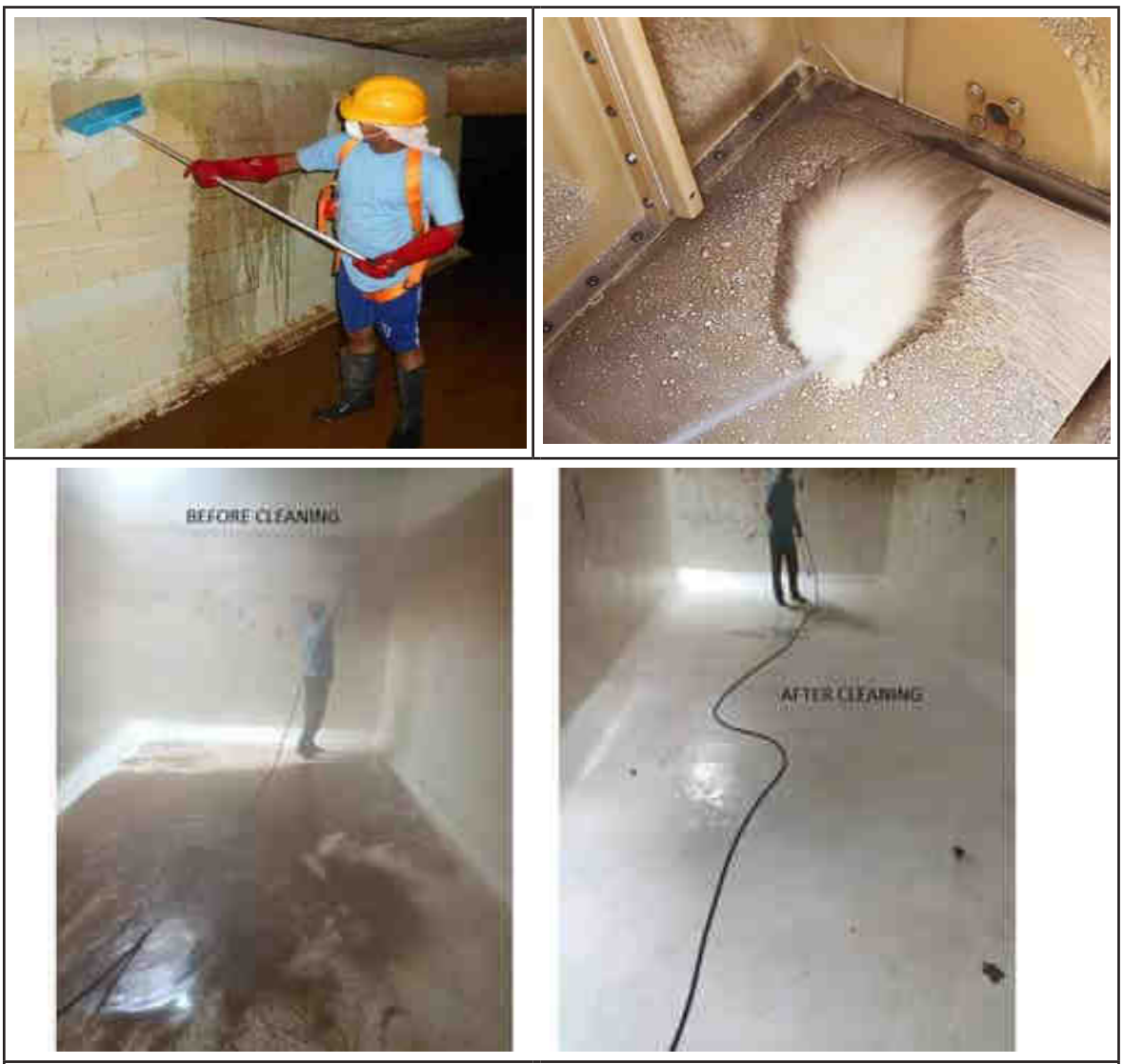


ট্যাংকের ভিতরে পাইপে মরিচা



গভীর জমা ভাসমান বস্তু

চিত্র ৯.৭ : ট্যাংকের ভিতরে নোংরাভাব



চিত্র ৯.৮ : ট্যাংকের ভিতরে পরিষ্কার করা

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

চিত্র ৯.৮ এ দেখানো অনুযায়ী ট্যাংক পরিষ্কারের জন্য ডেক ব্রাশ এবং জেট পাম্প ব্যবহার করে সম্পূর্ণভাবে পরিষ্কার করতে হবে। পরিষ্কার শেষ হলে জীবাণুমুক্তকরণ (disinfection) কাজ কার্যকরভাবে সম্পন্ন করতে হবে। পরিষ্কারের সময়, পরিষ্কারকাজে উৎপন্ন নোংরা পানি যেন বিতরণ পাইপলাইনে প্রবেশ না করে সে বিষয়ে সতর্কতা নিতে হবে। এই পরিষ্কার কাজ সম্ভব হলে রাতে সম্পাদন করতে হবে অথবা লিফট পাম্প বা গভীর নলকূপ এর পাম্প ব্যবহার করে পানি সরাসরি বিতরণ পাইপে সরবরাহ করতে হবে যাতে ট্যাংক পরিষ্কারের সময় পানি সরবরাহ বন্ধ রাখার প্রভাব সর্বনিম্ন হয়।

ট্যাংক পরিষ্কারের নির্দিষ্ট প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিচের নির্দেশনাগুলি অনুসরণ করতে হবে।

ওভারহেড রিজার্ভয়ার বছরে অন্তত একবার সম্পূর্ণভাবে পরীক্ষা ও পরিষ্কার করতে হবে। নিচে পরিদর্শন ও পরিষ্কারের ধাপগুলি বর্ণনা করা হলো:

ওভারহেড ট্যাংক পরিষ্কার করা

বার্ষিক ওভারহেড ট্যাংক পরিষ্কার করার নির্দেশাবলী	যে বিষয়ে নজর দিতে হবে
১. উৎপাদক নলকূপের পাম্প, হাই-লিফট পাম্প এবং ব্লিচিং পাউডার ডোজিং বন্ধ করতে হবে।	- তত্ত্বাবধায়কের সরাসরি তত্ত্বাবধানে কাজ করতে হবে। - গ্রাহকদের পূর্বেই অবহিত করতে হবে, যাতে তারা পরিষ্কারকরণ কাজ চলার সময়ে ব্যবহারের জন্য যথেষ্ট পরিমান পানি মজুদ করে রাখতে পারেন।
২. উচ্চ জলাধার হতে পানি সর্বনিম্ন লেভেলে না পৌঁছানো পর্যন্ত বিতরণ ব্যবস্থায় সরবরাহ করতে হবে।	
৩. নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে উচ্চ জলাধার পরিষ্কার ও পরিদর্শন করতে হবে।	
- উচ্চ জলাধারের পানি নিষ্কাশন করুন। - উচ্চ জলাধারের ভিতরের কংক্রিট ভেঙ্গে গিয়েছে কিনা পরীক্ষা করুন। যদি কোন ভাঙা থাকে তবে তা অতিসত্ত্বর মেরামত করুন। - জলাধারের সিলিং, দেয়াল এবং তলদেশ সম্পূর্ণভাবে পরিষ্কার করুন এবং ময়লা ও তলানি অপসারণ করুন। - উচ্চ জলাধার সম্পূর্ণভাবে নিষ্কাশন করুন। - উচ্চ জলাধারের সিলিং, দেয়াল এবং তলদেশ পরিষ্কার পানি দ্বারা ধুয়ে পুনরায় নিষ্কাশন করুন। - উচ্চ জলাধার সম্পূর্ণ ভর্তি করুন। - জীবাণুমুক্ত করার জন্য ক্লোরিন পাউডারের দ্রবণ (১৫০ পিপিএম) প্রস্তুত করুন। - প্রস্তুতকৃত ক্লোরিন পাউডারের দ্রবণ উপরের ম্যানহোলের মাধ্যমে জলাধারে প্রয়োগ করুন। - জীবাণুনাশক মাধ্যমের কমপক্ষে ২৪ ঘণ্টা জলাধারের মধ্যে অবস্থান করতে হবে। - এর পর আরো একবার জলাধার নিষ্কাশন এবং পরিপূর্ণ করুন। - উচ্চ জলাধার আবার স্বাভাবিক পরিচালনায় ফিরিয়ে আনুন।	- ড্রেন ভাল্‌ভ খুলুন। - ম্যানহোলের মধ্য দিয়ে মই এর মাধ্যমে জলাধারে প্রবেশ করা যেতে পারে। - পরিষ্কার করার জন্য ব্রাশ এবং পানির হোস ব্যবহার করুন। - যদি সমস্ত ময়লা অপসারণ না হয় তবে এটি এবং পরবর্তী পদক্ষেপ আবার করুন। - উৎপাদকের নলকূপকের সুইচ "অন" করুন এবং শোধনাগার চালু করার পর হাই লিফট পাম্প চালু করুন। - উচ্চ জলাধার তলানি মুক্ত করা পর্যন্ত ৫০০ ঘনমিটার আয়তনের জলাধারের জন্য প্রায় ৭২ কিলোগ্রাম ক্লোরিন পাউডার প্রয়োজন। ১ ঘন মিটার পানির মধ্যে তা দ্রবীভূত করুন। ক্লোরিন পাউডারের দ্রবণ ব্যবহারের সময় নিরাপদ কালো চশমা, হাত মোজা এবং রাবারের অ্যাপ্রন পরিধান করুন। - গ্রাহকগণ এই সময়ের মধ্যে যাতে জলাধার হতে পানি গ্রহণ না করেন তা নিশ্চিততা বিধান করুন। - অত্যধিক ক্লোরিনযুক্ত পানি যাতে কৃষিক্ষেত্রে বা মাছের পুকুরে নিষ্কাশিত না হয় তার জন্য সতর্কতা অবলম্বন করুন; কারণ এতে শস্যের বা মাছের ক্ষতি হতে পারে। - উৎপাদক নলকূপ এবং শোধনাগার পরিচালনা পুনরায় আরম্ভ করুন।

Cited from *"9.9 Cleaning of Overhead Reservoirs, Operation and Maintenance Manual for Urban Water Supply, UGIIP-III, 2020."*

(২) লিকেজ

১) ঝুঁকি (Risk):

ট্যাংকের লিকেজের ফলে শুধু পানির অপচয়ই নয়, পানি উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ, রাসায়নিক, শ্রম -সবকিছুরই অপচয় হয়। পাশাপাশি লিকেজের মাধ্যমে পানি প্রবাহিত হয়ে ট্যাংকের কাঠামোগত ক্ষয় সৃষ্টি করে, ফলে এর স্থায়িত্ব কমে যায়।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- ট্যাংকের বাহ্যিক অবস্থা
- নির্মাণ সামগ্রী

৩) নিশ্চিতকরণ (Confirmation Points):

- **ট্যাংকের বাহ্যিক অবস্থা**

উচ্চস্থাপন ও ভূউপরিস্থ ট্যাংকের লিকেজ সাধারণত বাহির থেকে সহজে দেখা যায়, দেয়ালের গায়ে ভেজা দাগ বা বিবর্ণ অংশ থাকলে তা লিকেজের লক্ষণ। ভূগর্ভস্থ ট্যাংকের ক্ষেত্রে, নীচের দিক থেকে লিকেজ বোঝা কঠিন কারণ পানি মাটির মধ্যে শোষিত হয়। লিকেজের উদাহরণ চিত্র ৯.৯ দেখানো হয়েছে।

কিছু ক্ষেত্রে অবকাঠামো হস্তান্তরের সময় কংক্রিট নির্মাণ জয়েন্টে পানির লিকেজ দেখা যেতে পারে। তবে সময়ের সাথে সাথে পানি ও কংক্রিটের উপাদানের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বোনেট জমা হয়ে ফাঁকগুলি বন্ধ করে দিতে পারে, যার কারণে লিকেজ স্বাভাবিকভাবে বন্ধও হয়ে যেতে পারে। তবুও, লিকেজ দেখা মাত্রই দ্রুত মেরামতের জন্য সুপারিশ করা হয়।



চিত্র ৯.৯ : পানির ট্যাংকের লিকেজ

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারের ব্যবস্থা (Action and countermeasures)

- **মেরামত**

সাধারণভাবে, লিকেজ বা ক্ষয়প্রাপ্ত স্থানে পুটিং বা সিল্যান্ট ভর্তি বা এর প্রলেপ দেওয়া হয়। এর পরে, পানিরোধী প্রলেপ রং বা পানিরোধী শিট ব্যবহার করে লিকের স্থান ঢেকে দেওয়া হয় যাতে লিকেজ আর না ঘটে (চিত্র ৯.১০)। বাংলাদেশে সাধারণত আঠালো সিমেন্ট সবচেয়ে বেশি ব্যবহার করা হয়।



কংক্রিটের দেয়ালে আঠালো সিমেন্ট দ্বারা ঢেকে দেওয়া হচ্ছে



পানিরোধী কাগজ (সিল) ব্যবহার করা হচ্ছে



পানিরোধী প্রলেপ রং ব্যবহার করা হচ্ছে



পানিরোধী সিট ব্যবহার করা হচ্ছে

চিত্র ৯.১০ : পানির ট্যাংকের লিকেজ মেরামত

- **পুন:নির্মাণ**

যেসব পানির ট্যাংক ভুলমাত্রার কংক্রিট মিশ্রণ দিয়ে নির্মিত হয়েছে, সেগুলি মূলত ভেঙে পুন:নির্মাণ করা উচিত। তবে ব্যতিক্রম হিসেবে, যদি কাঠামোগত শক্তি গ্রহণযোগ্য হয় (যেমনঃ ছোট আকারের ভূগর্ভস্থ ট্যাংক), তাহলে চিত্র ৯.১০ অনুযায়ী মেরামতের ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে।

মেরামতকালীন সময়ে পানি সরবরাহ সরাসরি পাম্পিং অথবা অন্যান্য উৎস থেকে সাময়িকভাবে চালাতে হবে।

(৩) ক্ষয় ও আয়ুষ্কাল (Deterioration, Life expectancy)

১) ঝুঁকি (Risk):

ট্যাংকের ক্ষয়প্রাপ্তি এর কাঠামোগত শক্তি কমিয়ে দেয়, ফলে লিকেজ বা ধসে পড়ার ঝুঁকি তৈরি হয়। সাধারণ পানির ট্যাংকের আয়ুষ্কাল টেবিল ৯.১ এ দেখানো হয়েছে। তবে প্রকৃত আয়ুষ্কাল এর নির্মাণমান, আবহাওয়া, পানির গুণগতমান ও রক্ষণাবেক্ষণের উপর নির্ভর করে।

টেবিল ৯.১: উপকরণ ও আয়ুষ্কাল

উপকরণ	আয়ুষ্কাল (বছর)
রিইনফোর্সড কংক্রিট	৩০-৫০
স্টিল	১৫-২৫
এফ আর পি	২০-৩০

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary data):

- নির্মাণের সাল
- ট্যাংকের ভিতরে ও বাইরে দৃশ্যমান অবস্থা

৩) নিশ্চিতকরণ (Confirmation points):

- ট্যাংকের নির্মাণ সাল উপরের টেবিলে উল্লেখিত আয়ুষ্কালের মধ্যে আছে কি না তা পরীক্ষা করা।
- ট্যাংকের ভিতর ও বাইরে অবস্থা উপকরণভেদে নিম্নরূপ ভাবে যাচাই করতে হবে (চিত্র ৯.১১, চিত্র ৯.১৪ এবং চিত্র ৯.১৫ অনুসারে)।

- **কংক্রিট (Carbonization/Neutralization, Salt Damage)**

নিচের ছবিতে ট্যাংকের কাঠামোতে ক্ষয়প্রাপ্তির লক্ষণ দেখানো হয়েছে। এসব ক্ষয় নিম্নোক্ত উপসর্গে চিহ্নিত হয়। এই সকল লক্ষণ দেখে ক্ষয়প্রাপ্তি নির্ধারণ করা সম্ভব। যদিও কখন মেরামত করতে হবে তার সুস্পষ্ট মানদন্ড নির্ধারণ করা কঠিন, তবে ফাটল বা আংশিক ভেঙে পড়া দেখা মাত্রই দ্রুত মেরামত করা উচিত।



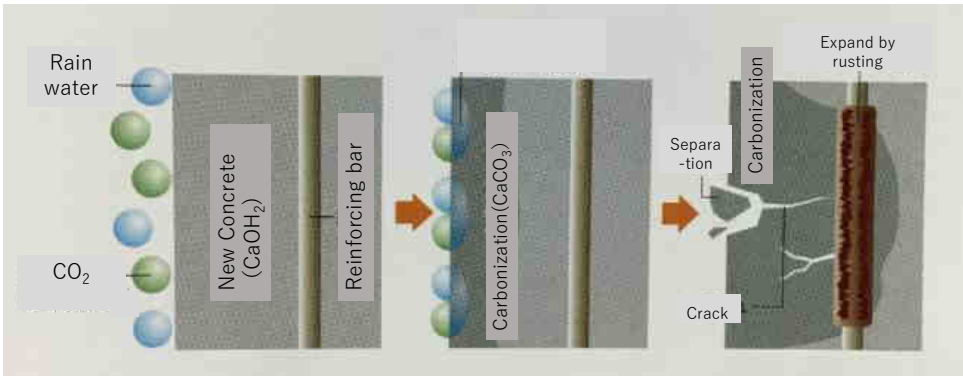
কংক্রিটের ভিতরে রিইনফোর্স্ড বারে মরিচা



উন্মুক্ত রিইনফোর্স্ড বারে মরিচা

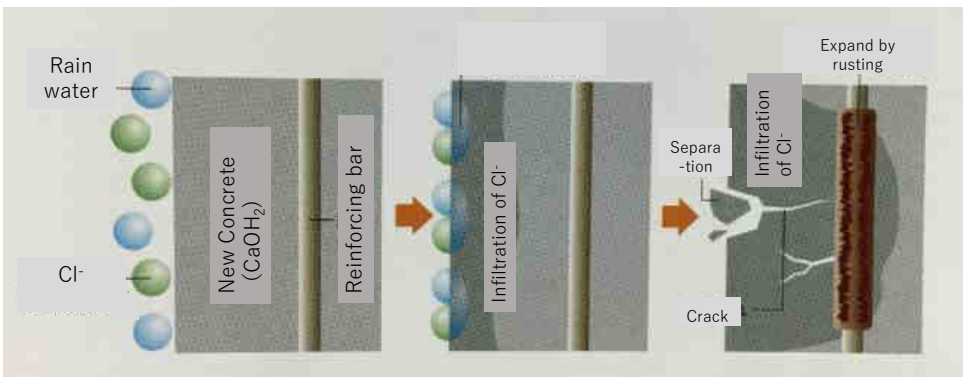
চিত্র ৯.১১ : রিইনফোর্স্ড কংক্রিটে কার্বোনাইজেশন বা লবনজনিত ক্ষয়

কার্বনাইজেশন (Neutralization) প্রক্রিয়ায় কংক্রিটের মধ্যে থাকা স্ল্যাকড লাইম (ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড $CaOH_2$) বায়ুর CO_2–এর সাথে বিক্রিয়া করে কম pH যুক্ত ক্যালসিয়াম কার্বোনেটে ($CaCO_3$) পরিণত হয়। মূলত স্ল্যাকড লাইম কংক্রিটের মূল উপাদান যার pH বেশি থাকে। উচ্চ pH অবস্থায় রডে মরিচা ধরে না, কিন্তু কার্বনাইজেশনের ফলে pH কমে গেলে রডে জং ধরে এবং প্রসারিত হয়ে কংক্রিট খসে পড়ে, রড বেরিয়ে আসে এবং কাঠামোগত শক্তি কমে যায় (চিত্র ৯.১২)।



চিত্র ৯.১২ : রিইনফোর্স্‌ড কংক্রিটে কার্বোনাইজেশন এর ঘটনা

এ ধরনের আরেকটি ঘটনা হলো লবণজনিত ক্ষতি। কংক্রিটের পৃষ্ঠে লেগে থাকা লবণ ধীরে ধীরে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) আকারে কংক্রিটের ভেতরে প্রবেশ করে এবং রডে এর অবস্থান পর্যন্ত পৌঁছে যায়। ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট মাত্রার বেশি হলে রড ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। কার্বনাইজেশনের ক্ষেত্রে যেমন ঘটে, তেমনি রডে জং ধরে এবং প্রসারিত হয়, যার ফলে কংক্রিট খসে পড়ে, রড উন্মুক্ত হয়ে যায় এবং এর শক্তি হ্রাস পায় (চিত্র ৯.১৩)।



চিত্র ৯.১৩ : রিইনফোর্স্‌ড কংক্রিটে লবনজনিত ক্ষয় এর ঘটনা

- **স্টিল ট্যাংক**

স্টিল ট্যাংকের ভিতর ও বাইরে নিয়মিত মরিচা পরীক্ষা করা উচিত (চিত্র ৯.১৪)। সময়ের সাথে কিছু মরিচা হওয়া স্বাভাবিক, কিন্তু দৃশ্যমান মরিচা বেশি হলে দ্রুত ব্যবস্থা নেওয়া প্রয়োজন যেমনটি নিম্নোক্ত ছবিতে দেখানো হয়েছে।





চিত্র ৯.১৪ : মরিচা ধরা পানির ট্যাংক (ভিতর ও বাহির)

- **এফ আর পি**

FRP ট্যাঙ্কের অবনতির লক্ষণ হল গ্লাস ফাইবার এর রং বা এক্সপোজারের পরিবর্তন (চিত্র ৯.১৫) যা অতিবেগুনী রশ্মির অধীনে পচন এর সময়কালে পরিলক্ষিত হয়। প্যানেল ট্যাঙ্কের ক্ষেত্রে, প্যানেলের মধ্যে ঢোকানো গ্যাসকেটগুলি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং বোল্ট ও নাটগুলিতে মরিচা পড়ে।





অতিবেগুনী রশ্মির দ্বারা ক্ষয়প্রাপ্ত - রং পরিবর্তন ও ফাইবার খুলে আশা | ট্যাংকের বোল্ট ও নাটে মরিচা ধরা

চিত্র ৯.১৫ : ক্ষয়প্রাপ্ত এফ আর পি ট্যাংক

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারের ব্যবস্থা (Action and countermeasures):

এখানে দুটি পদ্ধতি আছে: **পুনঃনির্মাণ (Rebuild) ও পুনর্বাসন (Rehabilitation)**।

ট্যাংকের বিভিন্ন মাত্রার ক্ষয়-ক্ষতির জন্য কোন প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত সেটা নির্ধারণ করা কঠিন। তবে সাধারণভাবে বলা যায়, যদি ট্যাংকের ক্ষয় এমন পর্যায়ে পৌঁছে যায় যেখানে এর গঠন দুর্বল হয়ে পড়েছে বা এটি আর সঠিকভাবে কাজ করছে না, তাহলে ট্যাংকটি পুনরায় নির্মাণ করা প্রয়োজন। অন্যদিকে, যদি ক্ষয়-ক্ষতির মাত্রা তুলনামূলকভাবে কম হয়, তাহলে পুনর্বাসন (rehabilitation) একটি উপযুক্ত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা হতে পারে।

➢ **পুনঃনির্মাণ (Rebuild)**

চিত্র ৯-১৬ অনুসারে যদি ট্যাংক সম্পূর্ণ জীর্ণ হয়ে যায়, পুনঃনির্মাণ করা আবশ্যক। যেকোন উপকরণের ট্যাংকের সাধারণ আয়ু যদিও ২০-৩০ বছর, তবে সঠিক ব্যবহার ও রক্ষণাবেক্ষণে এটি ৫০ বছরেরও বেশি স্থায়ী হতে পারে।

অন্যদিকে, স্টিল ট্যাংকের ক্ষেত্রে, যদি মরিচার কারনে ট্যাংকের কাঠামোগত শক্তি নষ্ট হয় (উপকরণকে দূর্বল করা), সেক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট ক্ষতিগ্রস্থ অংশ মেরামত বা প্রতিস্থাপন করতে হবে।




চিত্র ৯-১৬ : সম্পূর্ণভাবে অব্যবহারযোগ্য ট্যাংক

➢ **পুনর্বাসন (Rehabilitation)**

ট্যাংকের উপকরনের উপর নির্ভর করে নিম্নোক্তভাবে পুনর্বাসন কাজ করা হয়:

- **কংক্রিট ট্যাংক**

কার্বনাইজেশন বা লবণ জনিত ক্ষয়ের ক্ষেত্রে চিত্র ৯-১৭ অনুযায়ী মেরামত করার পদ্ধতি:

(১) ক্ষতিগ্রস্থ কংক্রিট চিপিং করে অপসারণ করা;

(২) উন্মুক্ত রড থেকে মরিচা ব্রাশ বা অনুরূপ যন্ত্র দিয়ে পরিষ্কার করা;

(৩) রডে মরিচারোধী প্রলেপ লাগানো;

(৪) অতিউন্নত মানের কংক্রিট দিয়ে ঢেকে দেওয়া;

(৫) পানিরোধী রং এর প্রলেপ দেওয়া।



চিত্র ৯-১৭: কংক্রিট ট্যাংকের মেরামত পদ্ধতি

- **স্টিল ট্যাংক**

যখন স্টিল ট্যাংকে মরিচা ধরা দেখা দেয় তখন চিত্র ৯.১৮ অনুযায়ী মরিচা পরিষ্কার করতে হবে এবং অ্যান্টি-করোশন প্রলেপ দিতে হবে।




মরিচা অপসারণ ও উচ্চ চাপের পাম্প দ্বারা পরিষ্কার করণ




মরিচা ও পানি প্রতিরোধ রং দ্বারা প্রলেপ প্রদান

চিত্র ৯-১৮: স্টিল ট্যাংক মেরামত

- **এফ আর পি**

এফ আর পি প্যানেলের ট্যাংক মেরামত চিত্র ৯.১৯ এ দেখানো হয়েছে। উপরিভাগের ২টি ছবি অনুযায়ী মরিচা ধরা বোল্ট-নাট পরিবর্তন করে প্লাস্টিক বোল্ট-নাট লাগাতে হবে। নিচের ২টি ছবি অনুযায়ী প্যানেলের মধ্যকার গ্যাসকেট নষ্ট হলে এই জায়গাগুলি সিল করতে হবে।



মরিচা পড়া বোল্ট ও নাট



প্রতিস্থাপিত বোল্ট ও নাট



গ্যাসকেট নষ্ট হওয়া



টেপ দ্বারা জোড়া বন্ধ করা

চিত্র ৯-১৯ : এফ আর পি ট্যাংক মেরামত

(৪) ওভারফ্লো প্রতিরোধ ও ড্রেনেজ সিস্টেম পরিদর্শন

১) ঝুঁকি (Risk):

যদি ওভারফ্লো ঘটে, তাহলে পানির অপচয় হয়, যার ফলে ব্যয় বৃদ্ধি পায়। এছাড়াও, অতিরিক্ত পানি চুয়ে ভবন ও যন্ত্রপাতির ভেতরে ঢুকে ক্ষয় (corrosion) ও নষ্ট হওয়ার ঝুঁকি বাড়ায়, যা পরে মেরামতের প্রয়োজন হতে পারে। আবার, নিষ্কাশন ব্যবস্থা দুর্বল হলে পানির লেভেল নিয়ন্ত্রণ করা কঠিন হয়ে যায়, যার ফলে পানি সরবরাহ ব্যবস্থার স্বাভাবিক কার্যক্রম ব্যাহত হয়।

এই ঝুঁকিগুলি প্রতিরোধ করার জন্য নিয়মিত পরিদর্শন ও যন্ত্রপাতির সঠিক রক্ষণাবেক্ষণ অত্যন্ত জরুরী।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary data):

- পানি লেভেল ব্যবস্থাপনার ডেটা (সেন্সর রিডিং, ইলেক্ট্রোড, ফ্লোট সুইচের অবস্থা);
- সরঞ্জামের রক্ষণাবেক্ষণ ও পূর্ববর্তী মেরামতের রেকর্ড;

৩) নিশ্চিতকরণ (Confirmation points):

- বল-ট্যাপ ও পানি-লেভেল সেন্সর সঠিকভাবে কাজ করছে এবং অস্বাভাবিক পানি বৃদ্ধি প্রতিরোধ করছে;
- ড্রেনেজ পাইপে অযাচিত বস্তু বা ময়লা জমে নেই এবং নিষ্কাশন কার্যক্ষমতা ঠিক আছে;

৪) পদক্ষেপ এবং প্রতিকারের ব্যবস্থা (Action and countermeasure):

- **নিয়মিত পরিদর্শন:** সেন্সর, ইলেক্ট্রোড ও ড্রেনেজ পাইপ পরিষ্কার ও পরীক্ষা করা;
- **ড্রেনেজ রক্ষণাবেক্ষণ:** ব্লকেজ দূর করতে সঠিকভাবে পরিষ্কার করা;
- **সরঞ্জাম উন্নতিকরণ:** কার্যকারিতা অক্ষুণ্য রাখার জন্য পুরাতন ভাল্‌ভ, সেন্সর প্রতিস্থাপন করা;
- **জরুরী সাড়া দেওয়ার পরিকল্পনা:** ওভারফ্লো হলে দ্রুত পদক্ষেপের ব্যবস্থা করা;
- **ড্রেনেজ পথের উন্নয়ন:** অতিরিক্ত পানির ঝুঁকি এড়াতে পানি যেন সঠিক পথে বের হতে পারে তা নিশ্চিত করা।

৯.৩ স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ৯.২-এ ট্যাংক ও রিজার্ভয়ার-এর সমস্যা সমাধান উপস্থাপন করা হয়েছে। সাইটে পর্যবেক্ষিত ঘটনাগুলির ভিত্তিতে ত্রুটির কারণ নির্ণয় করতে হবে এবং প্রয়োজনীয় পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে।

টেবিল ৯.২ ট্যাংকসমূহের সমস্যা সমাধান

লক্ষণ (Phenomenon)	কারণ (Causes)	ঝুঁকি (Risk)	ব্যবস্থা (Actions)
পানির ট্যাংকে নোংড়া অবস্থা	দীর্ঘ সময় পরিষ্কার না করা	সরবরাহকৃত পানির গুণগত মানের অবনতি	ট্যাংক পরিষ্কার করা[১]
	এয়ার ভেন্ট থেকে দূষণ প্রবেশ করা		এয়ার ভেন্টের অবস্থা পরীক্ষা করা এবং প্রয়োজন হলে SS মেশ পরিবর্তন করা
পানির ট্যাংকের লিকেজ	ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া / অবনতি খারাপ নির্মাণ	পানির অপচয় বৃদ্ধি এবং উৎপাদন খরচ বৃদ্ধি নন-রেভিনিউ ওয়াটার বৃদ্ধি	লিকেজ মেরামত করা
স্বাভাবিকের চেয়ে পানি ভরতে বেশি সময় লাগা	ড্রেন বা সাপ্লাই পাইপের স্লুইস ভাল্‌ভ আংশিক খোলা থাকা		ভাল্‌ভগুলি সম্পূর্ণভাবে পরীক্ষা করা[৮]
	ট্রান্সমিশন পাইপে লিকেজ হওয়া		লিকেজ মেরামত করা
পানির ট্যাংকের দুর্বল কাঠামো[২]	ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া / অবনতি	ট্যাংকের ধসে পড়া পানির লিকেজ হওয়া	ট্যাংক পুন:নির্মাণ করা ট্যাংক মেরামত করা
স্টিল ট্যাংকে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ মরিচা ধরা			মরিচা অপসারণ করে পরিষ্কার করা এবং অ্যান্টি-কোরোশন পেইন্ট প্রয়োগ করা
লাইটনিং রড ও সংযোগ ক্যাবলের পুরোনো ও নষ্ট হয়ে যাওয়া	সময়ের সাথে সাথে অবনতি হওয়া	বজ্রপাত হলে: ট্যাংকের সুবিধাসমূহের ক্ষতি বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হওয়ার ঝুঁকি	বজ্রপাত প্রতিরোধক যন্ত্রপাতি মাসিকভাবে পরীক্ষা করা এবং প্রয়োজন হলে মেরামত করা
পানির লেভেল অনুযায়ী স্বয়ংক্রিয় পাম্পের ভুলভাবে কাজ করা[৩]	লেভেল সেন্সর বা লেভেল সুইচের ত্রুটি	পানির অপচয় বৃদ্ধি এবং উৎপাদন খরচ বৃদ্ধি নন-রেভিনিউ ওয়াটার বৃদ্ধি	সেন্সর (ইলেক্ট্রোড), ফ্লোট সুইচ পরিবর্তন বা মেরামত করা
ওভারফ্লো হওয়া পানি			
পানির লেভেল নির্দেশক ভাঙ্গা	পুলি, ফ্লোট বা নির্দেশকের আটকে যাওয়া	অজানা পরিমাণ পানি, যার ফলে পানি বিতরণের ঘাটতি শনাক্তকরণ ও ব্যবস্থা নিতে বিলম্ব হয় এবং যেখানে পানির প্রয়োজনীয়তা বেশি সে এলাকায় সঠিকভাবে পানি বিতরণ ব্যাহত হয়	ইন্ডিকেটর পরিবর্তন বা মেরামত করা

মন্তব্য:

১) পরিষ্কার করার প্রক্রিয়ার জন্য ৯.২.২ অনুচ্ছেদটি দেখুন।

২) রিইনফোর্সিং বার বেরিয়ে আসা, ট্যাংকের হেলে যাওয়া, ট্যাংকের দেয়ালে বড় ফাটল বা গর্ত সৃষ্টি হওয়া। মরিচার কারণে প্লেটের পুরুত্ব কমে যাওয়া।

৩) এটি ঘটলে, ট্যাংকের পানির লেভেল নির্ধারিত অপারেশন লাইনের উপরে থাকলেও পাম্প চালু হবে না। বিপরীতে, ট্যাংক পূর্ণ হলেও পাম্প বন্ধ হবে না।

৯.৪ পরিদর্শন

টেবিল ৯.৩ এ ট্যাংকের আদর্শ পরিদর্শন আইটেম এবং ফ্রিকোয়েন্সি দেখানো হয়েছে।

টেবিল ৯.৩ ট্যাংকের দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন আইটেম

আইটেম	দৈনিক	মাসিক	বার্ষিক	মানদন্ড
১. ট্যাঙ্কের ভেতরে	-	○ তিন মাসে ১ বার, চোখে দেখে	-	পাশের দেয়ালে ঝুলন্ত কঠিন পদার্থ, ময়লা জমে নেই।
২. বাইরের লিকেজ	-		-	কোনও লিকেজ নেই
৩. ট্যাঙ্কের পানির লেভেল	○ প্রতি ঘন্টায় পরীক্ষা করা	○ মাসিক গড়, সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন	○ বার্ষিক গড়, সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন	উপচে পড়ছে বা পড়ছে না খালি আছে বা খালি নেই
৪. পাম্প পরিচালনা				ট্যাঙ্কে পানি পাম্প করা হচ্ছে।
৫. পানির গুণাবলী (১) (ঘোলাটেভাব, অবশিষ্ট ক্লোরিন)	○			পরীক্ষার ফলাফল মানদন্ড মোতাবেক আছে
৬. পানির গুণাবলী (২) (কলিফর্ম, জৈব পদার্থ)	-	○ মাসে ১ বার	○ মাসিক ডাটার গড়	

অধ্যায়-১০ঃ পানি সরবরাহ সুবিধার জন্য বিদ্যুৎ

১০.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

এই অংশে পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত বিদ্যুৎ ও বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির মৌলিক ধারণা ব্যাখ্যা করা হয়েছে। কীভাবে বিদ্যুৎ সরবরাহ, নিয়ন্ত্রণ এবং সুরক্ষিত রাখা হয়, তা ব্যাখ্যা করা হয়েছে। পাশাপাশি পৌরসভার পানি সরবরাহ ব্যবস্থার বৈদ্যুতিক সুবিধাগুলি নিরাপদ, দক্ষ ও নির্ভরযোগ্যভাবে পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য প্রয়োজনীয় মৌলিক জ্ঞান প্রদান করা হয়েছে।

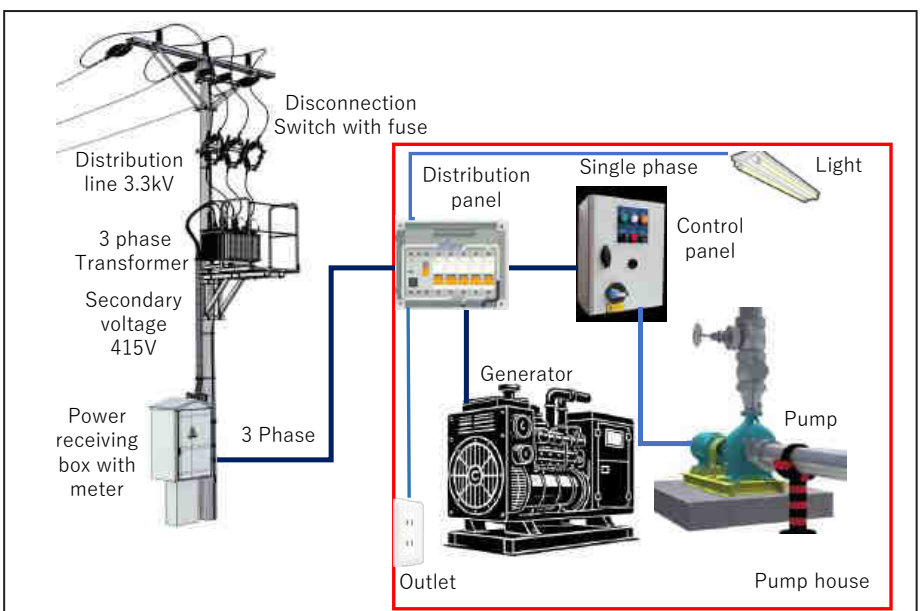
১০.১.১ সারসংক্ষেপ

পানি সরবরাহ সুবিধায় পাম্প, পানি পরিশোধন যন্ত্রপাতি ইত্যাদির মতো বহু ধরনের বৈদ্যুতিক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। বৈদ্যুতিক ব্যবস্থার কোনো ত্রুটি হলে পানি সরবরাহ ও এর বিতরণ ব্যাহত হয় এবং সুবিধাগুলির রক্ষণাবেক্ষণ ও ব্যবস্থাপনা ব্যয়ও বৃদ্ধি পায়। সঠিকভাবে পানি সরবরাহ ব্যবস্থা পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণের জন্য, ডিপিএইচই'র প্রকৌশলীদের বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থা ও এর নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থার উপর যথাযথ জ্ঞান অর্জন করা প্রয়োজন, যাতে তারা পৌরসভার প্রকৌশলীদের সঠিক নির্দেশনা দিতে পারেন।

বিদ্যুৎ একটি অদৃশ্য বিষয় এবং বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হলে মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে, তাই এটি অত্যন্ত সতর্কতার সাথে পরিচালনা করতে হয়।

এই অধ্যায়ের চিত্র ১০.১ এ সাধারণ বিদ্যুৎ সরবরাহ ও নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থার একটি মৌলিক ধারনা প্রদান করা হয়েছে। সেই সাথে পাম্প ও জেনারেটর, যেগুলি প্রধান বৈদ্যুতিক যন্ত্র, সেগুলির পরিচালনা ও ব্যবস্থাপনার পদ্ধতি ব্যাখ্যা করা হয়েছে। এখানে ধরে নেওয়া হয়েছে যে বৈদ্যুতিক যন্ত্রসমূহ বাণিজ্যিক বিদ্যুৎ উৎস থেকে চালিত হয়েছে এবং ব্যাকআপ হিসেবে জেনারেটর স্থাপন করা হয়েছে।

বাংলাদেশে, ৩ ফেজের ৩.৩ কেভি বাণিজ্যিক বিদ্যুৎ সরবরাহ হতে স্টেপ-ডাউন করে ৩ ফেজের ৪১৫ ভোল্টে রূপান্তর করা হয়, যা নলকূপের সাবমার্সিবল পাম্প চালাতে ব্যবহৃত হয়। কন্ট্রোল প্যানেলের ভিতরে আলাদা করে নিয়ন্ত্রণ সার্কিট, আলো, সরঞ্জাম ইত্যাদির ব্যবহার করার জন্য ২২০ ভোল্ট এক-ফেজ এর বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়।



চিত্র ১০.১: সাধারণ পানি সরবরাহ সুবিধা ও বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থা

অন্যদিকে, জ্বালানির উৎস হিসেবে সৌর প্যানেল ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদন সাম্প্রতিক বছরগুলিতে বাংলাদেশে ক্রমবর্ধমানভাবে গ্রহণ করা হচ্ছে। তবে নিম্নোক্ত কারণগুলির কারণে সিটি কর্পোরেশন বা পৌরসভার মাঝারি থেকে বৃহৎ আকারের পানি সরবরাহ স্থাপনায় এটি গ্রহণ করা এখনও চ্যালেঞ্জিং ঃ

ক) বিদ্যুৎ উৎপাদন স্বভাবগতভাবে অস্থিতিশীল, কারণ এটি সূর্যালোকের তীব্রতার উপর নির্ভরশীল। ফলে মেঘলা বা বৃষ্টির সময় এবং রাতের বেলায় বিদ্যুৎ উৎপাদন নিশ্চিত করা যায় না।

খ) প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ চাহিদা পূরণের জন্য পর্যাপ্ত ক্ষমতার প্যানেল স্থাপন করতে বড় আকারের স্থাপনা এলাকার প্রয়োজন হয়।

গ) সৌর প্যানেল সরাসরি প্রবাহ (DC) বিদ্যুৎ উৎপাদন করে, যা বিকল্প প্রবাহ (AC) এ রূপান্তরের জন্য ইনভার্টার ও সংশ্লিষ্ট যন্ত্রপাতি স্থাপন করতে হয়। এর ফলে সিস্টেমের জটিলতা, ব্যয় এবং রক্ষণাবেক্ষণের প্রয়োজনীয়তা বৃদ্ধি পায়।

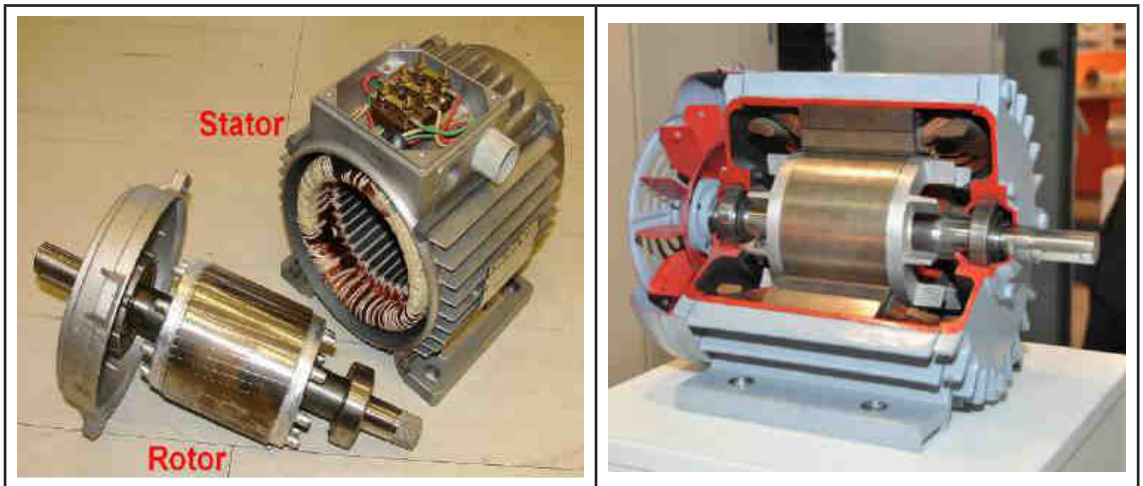
অতএব, এই ম্যানুয়ালটিতে কেবলমাত্র বাণিজ্যিক বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থাকেই গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে।

১০.১.২ বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি

১০.১.২.১ মোটর

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় মোটরগুলি সাধারণত এসি (AC) বিদ্যুৎ দ্বারা চালিত। এগুলি তিনভাবে শ্রেণিবদ্ধ করা হয়:

১) কমিউটেটর টাইপ মোটর, ২) সিংক্রোনাস টাইপ মোটর ও ৩) ইনডাকশন টাইপ মোটর। এর মধ্যে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ হলো ইনডাকশন টাইপ মোটর, বিশেষ করে ৩-ফেজ ইনডাকশন মোটর। তিনটি ফেজের বিদ্যুৎ মিলিত হয়ে চৌম্বকীয় ঘূর্ণন সঞ্চার করে এবং সেই শক্তি ব্যবহার করে মোটরের অভ্যন্তরের অংশ ঘোরানো হয়, যা পাম্প, এজিটেটর ইত্যাদি চালাতে ব্যবহৃত হয়। এটি সহজ গঠন ও উচ্চ নির্ভরযোগ্যতার জন্য পরিচিত। এই মোটরের গঠন চিত্র ১০.২ এ দেখানো হয়েছে।

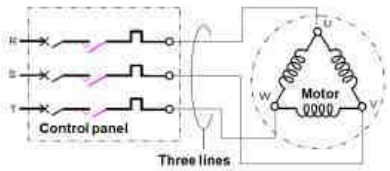
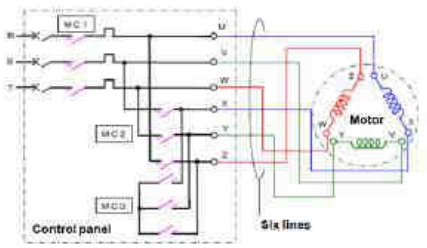
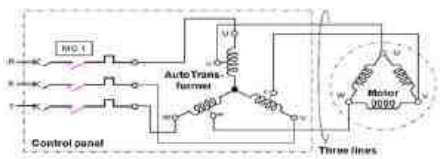
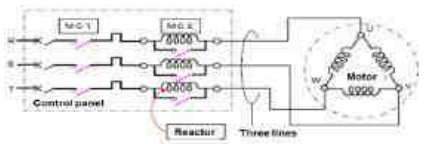
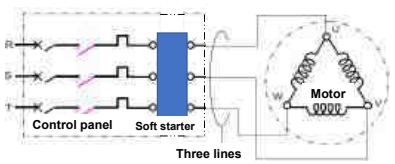
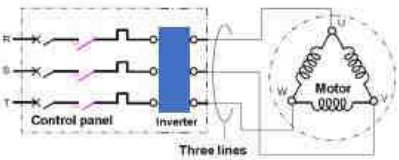


চিত্র ১০.২: ইনডাকশন মোটরের গঠন

৩-ফেজ মোটর চালু করার পদ্ধতি

পাম্প চালু করার সময় মোটরকে দ্রুত ঘুরাতে ত্বরান্বিত (acceleration) করতে হয়, যার জন্য অনেক বেশি শক্তি এবং কারেন্ট প্রয়োজন হয়। এর ফলে মোটা তার ও বেশি ক্ষমতার সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করতে হয়। কিন্তু **শুধুমাত্র** স্টার্টিং সময়ের জন্য প্রয়োজনীয় উচ্চ কারেন্টের ওপর ভিত্তি করে তার ও ব্রেকার নির্বাচন করলে খরচ অনেক বেশি হয়। ফলে, বিশেষ পদ্ধতি ব্যবহার করে এই স্টার্টিং কারেন্ট কমানো হয়। এই পদ্ধতিগুলি টেবিল ১০.১ এ তালিকাভুক্ত করা হয়েছে।

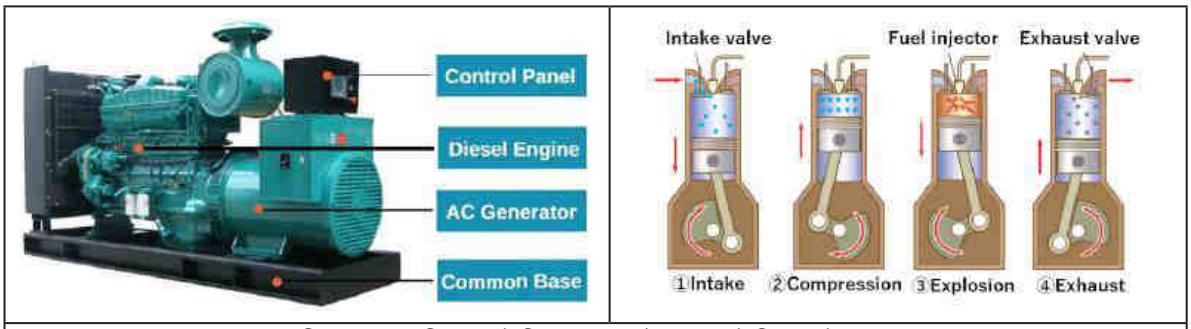
টেবিল ১০.১: ইনডাকশন মোটরের গঠন

পদ্ধতি (খরচ) [প্রযোজ্য ক্ষমতা]	সার্কিট	বৈশিষ্ট্য
① ডাইরেক্ট-অন-লাইন (খুব কম খরচ) [৩.৭ কিলোওয়াটের কম]		এটি সবচেয়ে সহজ চালু করার পদ্ধতি, তবে চালুর সময় খুব বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয়। তাই শুধুমাত্র ছোট ক্ষমতার মোটরের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।
② স্টার-ডেল্টা (কম খরচ) [৫.৫-৩৭ কিলোওয়াট]		পৌরসভাগুলিতে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত পদ্ধতি। মোটর থেকে কন্ট্রোল প্যানেল পর্যন্ত ৬টি তার প্রয়োজন হয়, ফলে তারের দৈর্ঘ্য বেশি হলে এটি অসুবিধা সৃষ্টি করে।
③ অটো-ট্রান্সফরমার পদ্ধতি (উচ্চ খরচ) [৭৫-৩০০ কিলোওয়াট]		এই পদ্ধতিতে মোটরকে অটো-ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে চালু করা হয়। ট্রান্সফরমার স্থাপনের কারণে কন্ট্রোল প্যানেল বড় হয়ে যায়।
④ রিঅ্যাক্টর পদ্ধতি (মধ্যম-উচ্চ খরচ) [৪০-১৫০ কিলোওয়াট]		রিঅ্যাক্টরের মাধ্যমে মোটর চালু করা হয়। উপরের তিনটি পদ্ধতির তুলনায় এটি কম ক্ষমতার এবং কম ব্যয়বহুল।
⑤ সফ্‌ট স্টার্ট (মধ্যম খরচ) [৭.৫ কিলোওয়াটের বেশি]		এই পদ্ধতিতে ভোল্টেজ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করা হয়। উপরের (২)-(৪) তে দেখানো ধাপ পরিবর্তন ছাড়াই মসৃণ ভাবে চলে।
⑥ ইনভার্টার (উচ্চ খরচ) [যেকোনো ক্ষমতা]		এই পদ্ধতিতে ফ্রিকোয়েন্সি ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি করে মোটরের গতি বাড়ানো হয়। স্বাভাবিক চলার সময়েও মোটরের ঘূর্ণন-গতির নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব।

১০.১.২.২ জেনারেটর

বিদ্যুৎ বিভ্রাটের সময় ব্যাকআপ বিদ্যুৎ সরবরাহকারী হিসেবে যে যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাকে জেনারেটর (চিত্র ১০.৩) বলা হয়। জেনারেটরের প্রধান দুটি অংশ হলো: ১) বিদ্যুৎ উৎপাদন অংশ, এবং ২) ইঞ্জিন অংশ। বিদ্যুৎ উৎপাদন অংশের কাঠামো মূলত একটি মোটরের মতো, তবে এর কাজের ধারা মোটরের বিপরীত। মোটরে বিদ্যুৎ ব্যবহার করে রোটর ঘোরানো হয়, কিন্তু জেনারেটরের ইঞ্জিন অংশ রোটরকে ঘোরায়, এবং রোটরের এই ঘূর্ণনের ফলে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়, যার ফলে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়।

চিত্র ১০.৩ এর ডান পাশের ছবিতে দেখানো প্রক্রিয়ার মাধ্যমে রোটর চক্রাকারে ঘোরে এবং বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়।

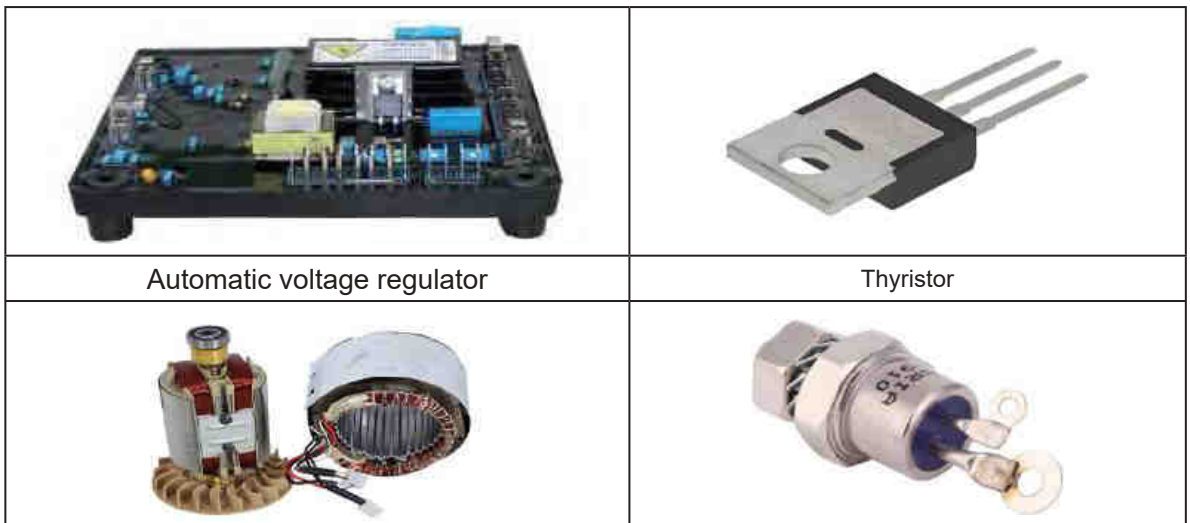


চিত্র ১০.৩: ডিজেল ইঞ্জিন জেনারেটর এবং ইঞ্জিন সাইকেল



Fuel injection pump	Alternator	Air filter	Fuel filter

চিত্র ১০.৪: ডিজেল ইঞ্জিন এর যন্ত্রাংশ



Automatic voltage regulator	Thyristor
Rotor and stator	Silicon rectifier

চিত্র ১০.৫: জেনারেটরের যন্ত্রাংশ এবং রোটর ও স্ট্যাটর

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় মূলত পাম্প চালানোর জন্য জেনারেটর ব্যবহৃত হয়। এই ক্ষেত্রে পাম্প চালুর সময় যে পরিমান লোড প্রয়োজন হয়, তার ওপর ভিত্তি করেই জেনারেটরের ক্ষমতা (kW) নির্ধারিত হয়। স্টার-ডেল্টা স্টার্ট এর ক্ষেত্রে, পাম্প চালুর সময় পাম্পের রেটেড ক্ষমতার প্রায় ২.২ থেকে ৩.০ গুণ বেশি কারেন্ট প্রয়োজন হয়।

উদাহরণ: যদি পাম্পের ক্ষমতা হয় ১০ কিলোওয়াট, তবে স্টার-ডেল্টা স্টার্ট এর জন্য প্রয়োজনীয় জেনারেটরের ক্ষমতা হবে প্রায় ৩০ kVA।

একাধিক পাম্প চালুর ক্ষেত্রে: যদি দুইটি পাম্প চালানোর পরিকল্পনা থাকে, তাহলে: ১নং পাম্পটি প্রথমে চালু অবস্থায় স্থিতিশীল (steady state) হতে দিতে হবে। এরপর ২নং পাম্পটি চালু করতে হবে, যাতে স্টার্টিং কারেন্টের ধাক্কা একসাথে না পড়ে।

এই অবস্থায় জেনারেটর ক্ষমতার হিসাব হবে = {(১নং পাম্পের আউটপুট * ১.২৫) + (২নং পাম্পের আউটপুট * ২.২ থেকে ৩.০)}। অর্থাৎ, মোট প্রয়োজনীয় জেনারেটর ক্ষমতা:≈ পাম্প আউটপুটের ৩.৪৫ থেকে ৪.২৫ গুণ।

প্যারালাল জেনারেটর অপারেশন: একাধিক জেনারেটর একসাথে চালানো খুব কম দেখা যায়, কারণ সেক্ষেত্রে প্রতিটি জেনারেটরের ফ্রিকোয়েন্সি সমন্বয় (synchronization) অত্যন্ত জটিল।

জেনারেটর মেরামত: জেনারেটরের ত্রুটি নির্ণয় এবং মেরামত করতে উচ্চ পর্যায়ের যান্ত্রিক দক্ষতা প্রয়োজন। তাই জেনারেটরে সমস্যা দেখা দিলে পৌরসভার কর্মীরা নিজেরা মেরামত করবে না। এই কাজে বিশেষজ্ঞ প্রকৌশলী ডাকা আবশ্যক, কারণ এটি পৌরসভার নিয়মিত কাজের আওতাভুক্ত নয়।

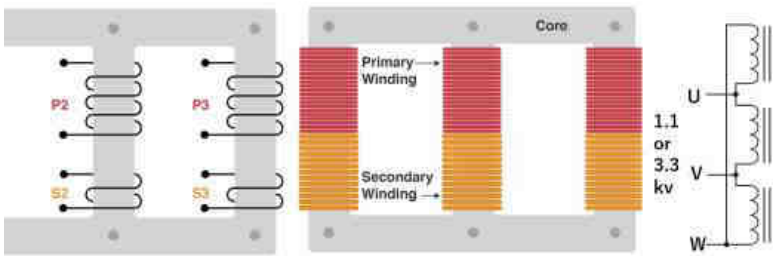
১০.১.২.৩ ট্রান্সফরমার

ট্রান্সফরমার এমন একটি যন্ত্র যা বিদ্যুৎ সরবরাহকারী কোম্পানি থেকে প্রাপ্ত উচ্চ ভোল্টেজের বিদ্যুৎকে কম ভোল্টেজে রূপান্তর করে, যা পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহার উপযোগী। (বাংলাদেশে সাধারণত: ১১ কেভি কে ৪৪০ ভোল্ট এ নামাতে ট্রান্সফরমার ব্যবহৃত হয়)। বাংলাদেশ পাওয়ার ডেভেলপমেন্ট বোর্ড (BPDB) মূলত বিদ্যুৎ সরবরাহ নিয়ন্ত্রণ করে। তবে অন্যান্য কোম্পানি ও সংস্থাও বিদ্যুৎ উৎপাদন ও বিতরণ করে থাকে যা সরাসরি পৌরসভার নিয়ন্ত্রণাধীন নয়।

তিন-ফেজ ট্রান্সফরমারের গঠন চিত্র ১০.৬ এ দেখানো হয়েছে। এর গঠন অত্যন্ত সরল যা একটি তামার/অ্যালুমিনিয়ামের কয়েল ও লোহার কোর দ্বারা গঠিত।

ট্রান্সফরমারের আনুমানিক ক্ষমতা নির্ধারণ:
ট্রান্সফরমারের ক্ষমতা (kVA) নিম্নরূপে নির্ধারণ করা হয়:

মোটরের ক্ষমতা	ট্রান্সফরমারের ন্যূনতম ক্ষমতা
১০ kW বা কম	১.৮ × মোটরের আউটপুট (kW)
১০ - ৩০ kW	১.৫ × মোটরের আউটপুট (kW)
৩০ kW বা বেশি	১.৩ × মোটরের আউটপুট (kW)



চিত্র ১০.৬: ৩-ফেজ ট্রান্সফরমার এর গঠন

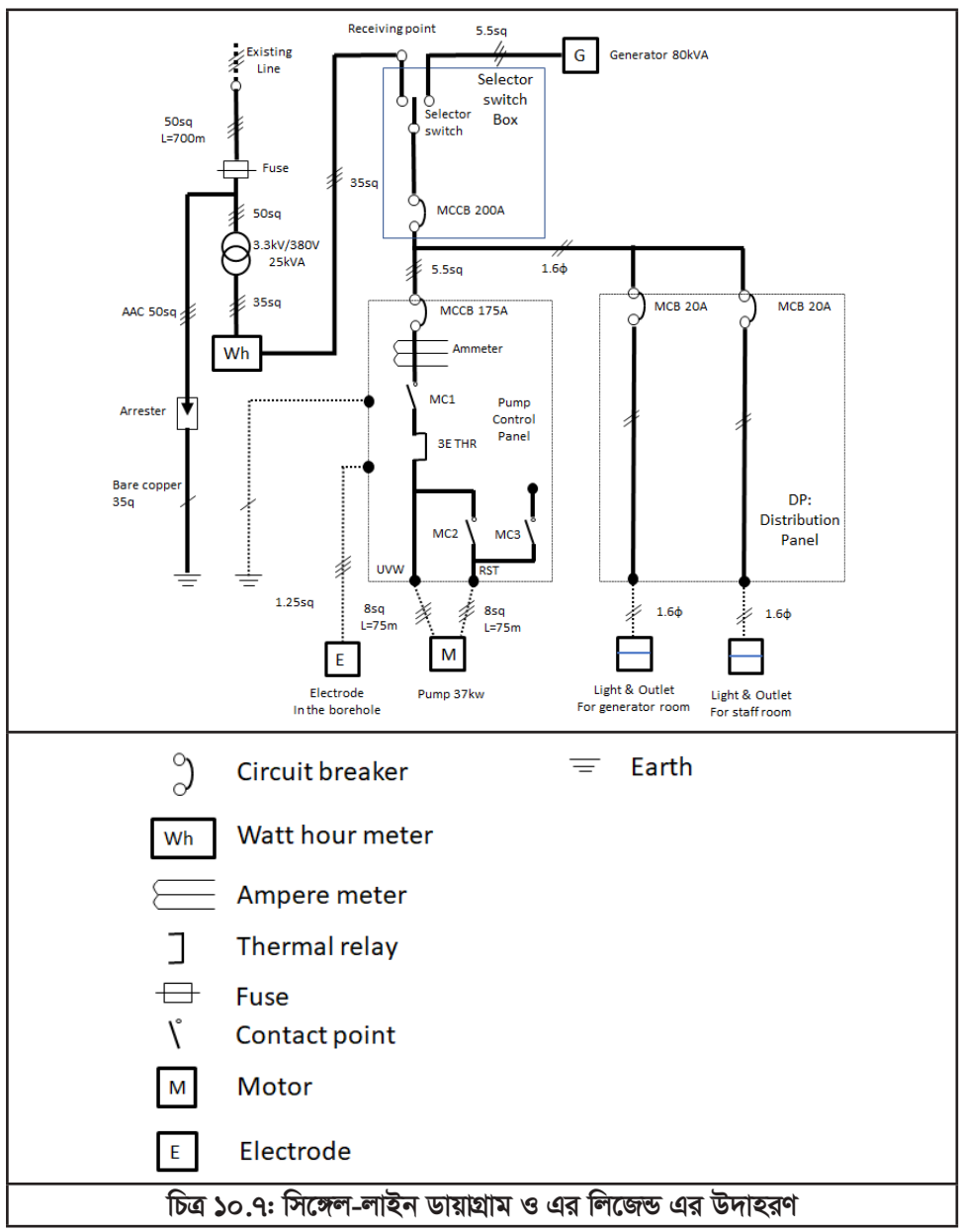
তিন-ফেজ ট্রান্সফরমারের ক্ষমতা (kVA) নির্ণয়:

তিন-ফেজ ট্রান্সফরমারের ক্ষমতা নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা নির্ণয় করা যায়:-

তিন-ফেজ ট্রান্সফরমারের ক্ষমতা (kVA) =√৩ × রেটেড ভোল্টেজ × রেটেড কারেন্ট (সেকেন্ডারি সাইড)/১০০০

১০.১.৩ সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম

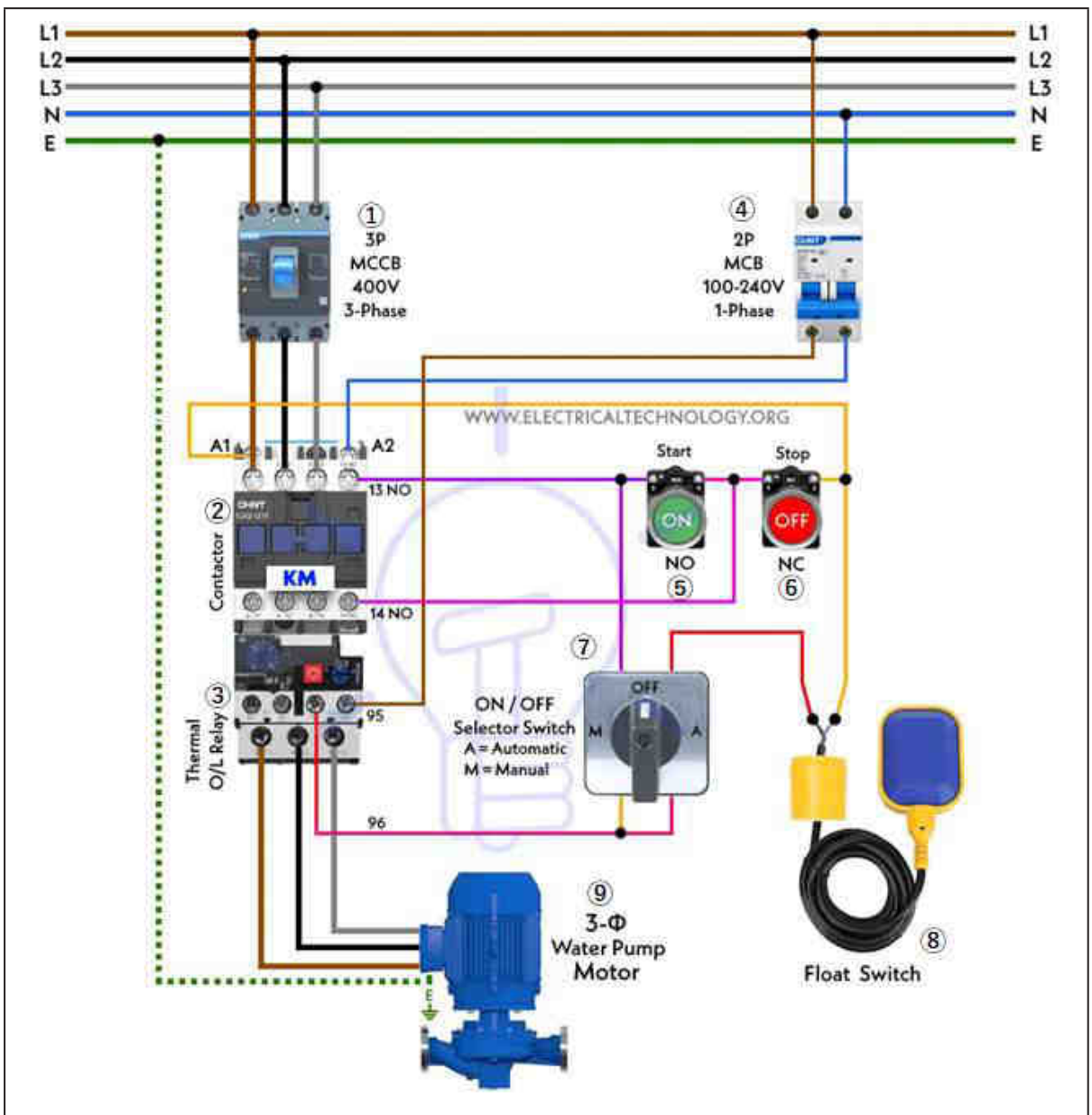
সিঙ্গেল-লাইন ডায়াগ্রাম (SLD বা One-line Diagram নামেও পরিচিত) হলো একটি বৈদ্যুতিক ব্যবস্থার সরলীকৃত উপস্থাপন। এই ডায়াগ্রামে বিভিন্ন নোড বা সংযোগ-যেমন ব্রেকার, ট্রান্সফরমার, বিদ্যুৎ লাইন, মোটর ইত্যাদি বিষয়গুলি চিহ্ন ও রেখার মাধ্যমে দেখানো হয়। প্রয়োজনে বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্য যেমন ভোল্টেজ, কারেন্ট, ক্ষমতা ইত্যাদিও দেখানো থাকে। চিত্র ১০.৭ এ একটি সিঙ্গেল-লাইন ডায়াগ্রামের উদাহরণ দেখানো হয়েছে। প্রতিটি পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় এই ধরনের ডায়াগ্রাম থাকা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, কারণ এর দ্বারা পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় বিদ্যুৎ আসছে কিনা বা যাচ্ছে কিনা তা সহজে বোঝা যায়। যন্ত্রপাতির কার্যকারিতা সমস্যাগ্রস্থ হলো কিনা এবং বৈদ্যুতিক লাইনে ত্রুটি আছে কিনা বা লাইন সক্রিয় আছে কিনা তা দ্রুত যাচাই করা যায়।



চিত্র ১০.৭: সিঙ্গেল-লাইন ডায়াগ্রাম ও এর লিজেন্ড এর উদাহরণ

১০.১.৪ ধারাবাহিক নিয়ন্ত্রণ (কন্ট্রোল প্যানেল)

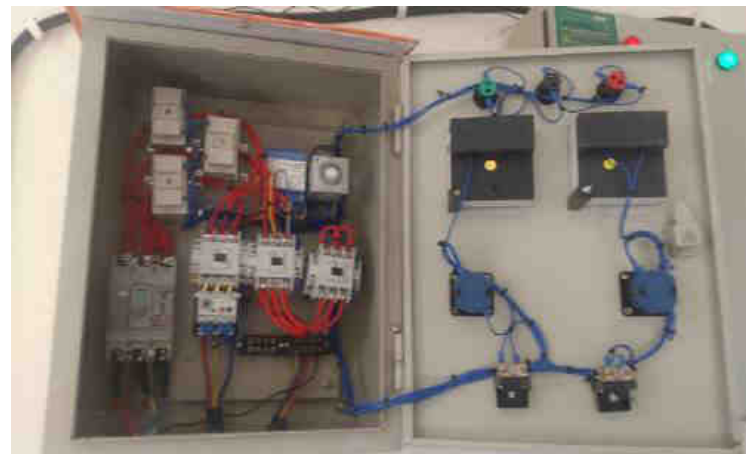
পাম্প নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের অতি সাধারণ একটি বিন্যাস চিত্র ১০.৮ এ দেখানো হয়েছে। প্রথমে ① MCCB এবং ④ MCB চালু করতে হবে। ⑦ সিলেক্টর সুইচকে M (ম্যানুয়াল) অবস্থায় রেখে ⑤ বোতাম চাপলে ② কন্টাক্টর (ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক রিলে) সক্রিয় হয় এবং পাম্প চালু হয়। ⑥ বোতাম চাপলে পাম্প বন্ধ হয়। যদি ⑦ সুইচ A (অটোমেটিক) অবস্থায় থাকে, তবে ⑧ ফ্লোট সুইচের মাধ্যমে ট্যাংকের পানির স্তর অনুযায়ী পাম্প স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালু ও বন্ধ হবে। থার্মাল রিলে ③ হলো একটি সুরক্ষা যন্ত্র, যা পাম্পে অতিরিক্ত লোড পড়লে সৃষ্ট অতিরিক্ত কারেন্ট শনাক্ত করে এবং রিলে ② কে ক্রিয়াশীল করে পাম্প বন্ধ করে দেয়। এছাড়া, কোথাও বিদ্যুৎ লিকেজ হলে ① MCCB ট্রিপ করে সার্কিট বিচ্ছিন্ন করে দেয়।



চিত্র ১০.৮: পাম্প নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের বিন্যাস (configuration)

একটি পাম্প কন্ট্রোল প্যানেল এবং তার অভ্যন্তরীণ বিন্যাসের উদাহরণ চিত্র ১০.৯ এ দেখানো হয়েছে।



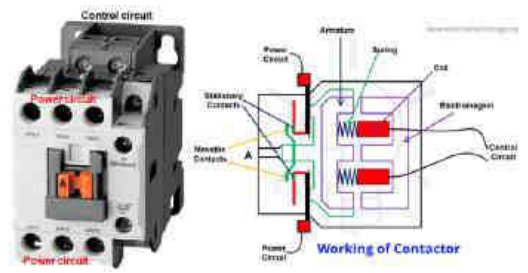


চিত্র ১০.৯: পাম্প নিয়ন্ত্রণ প্যানেল এবং এর ভিতরের অংশ

নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের বিভিন্ন যন্ত্রাংশ চিত্র ১০.১০ এ দেখানো হয়েছে



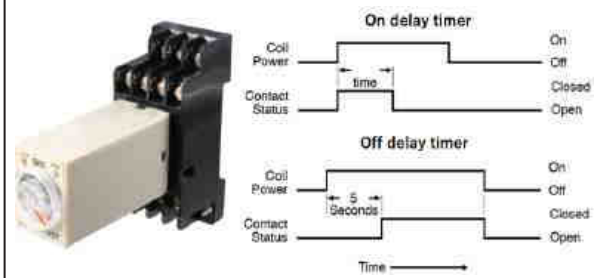
Circuit breaker with leakage current detection



Electromagnetic contactor



Auxiliary relay



Timer



Thermal relay



3E (Under voltage/ over voltage/ phase failure/ phase reverse/ dry run protection) relay

চিত্র ১০.১০: নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের যন্ত্রাংশ

নিম্নোক্ত যন্ত্রাংশগুলি বৈদ্যুতিক দুর্ঘটনার কারণে পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় ক্ষতি বা ত্রুটি হওয়া থেকে রক্ষা করার জন্য ব্যবহৃত হয়ঃ

- লিকেজ কারেন্ট শনাক্তকারী সার্কিট ব্রেকার (চিত্র ১০.১০ এর বাম দিকে ওপরে)

  এর কাজ হলো লিকেজ শনাক্ত করে সার্কিট বিচ্ছিন্ন করা।

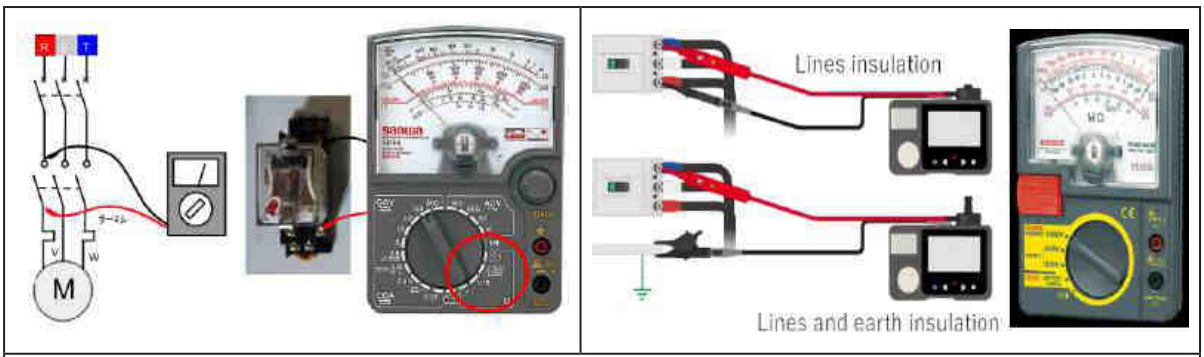
- থার্মাল রিলে (চিত্র ১০.১০ এর বাম দিকে নিচে)

  এর কাজ হলো বিদ্যুৎ প্রবাহের প্রতিরোধের ফলে সৃষ্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধি ও পরিবেশের তাপমাত্রা পরিবর্তন শনাক্ত করা। ফলে নির্দিষ্ট সীমার বেশি তাপমাত্রা হলে এটি বৈদ্যুতিক সংযোগ (কন্ট্যাক্ট) খুলে বা বন্ধ করে সুরক্ষা প্রদান করে।

শর্ট সার্কিট ও কারেন্ট লিকেজ পরীক্ষা করার পদ্ধতি

টেস্টারের রেজিস্ট্যান্স রেঞ্জ ব্যবহার করে, শর্ট সার্কিট সন্দেহজনক স্থানে প্রোব লাগিয়ে ধারাবাহিকতা (কন্টিনিউটি) আছে কিনা তা পরীক্ষা করতে হবে (চিত্র ১০.১১ বামে দেখানো হয়েছে)।

লাইনগুলির মধ্যে ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে, লাইন টু লাইন টার্মিনালের মধ্যে রেজিস্ট্যান্স মাপতে হবে। আর মাটির (গ্রাউন্ড) সাথে ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের জন্য তার এবং কোনো গ্রাউন্ডেড ধাতব অংশের মধ্যে রেজিস্ট্যান্স মাপতে হবে (চিত্র ১০.১১ ডানে দেখানো হয়েছে)।



চিত্র ১০.১১: শর্ট সার্কিট ও কারেন্ট লিকেজ নিশ্চিতকরণ পদ্ধতি

বিদ্যুতের বিষয়ে আরো জানার জন্য পরিশিষ্ট-৪ "ইলেক্ট্রো-ফিজিক্যাল এন্ড কারেন্ট" দেখুন

১০.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

১০.২.১ ত্রুটি নির্ণয়

(১) মোটর এবং কন্ট্রোল প্যানেল

পানি সরবরাহ সুবিধাগুলির মধ্যে সর্বাধিক বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয় পাম্পে। তাই নিচের বিষয়গুলিতে মূলত পাম্প সংক্রান্ত বিষয়ের ওপর গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে।

১) ঝুঁকি (Risk):

মোটর বিকল হওয়া বা কন্ট্রোল প্যানেলের ত্রুটি পাম্পকে অকার্যকর করে দিতে পারে। এর ফলে পানি সরবরাহের ওপর মারাত্মক বিরূপ প্রভাব পড়তে পারে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- **দৈনন্দিন পাম্প পরিচালনা সংক্রান্ত পরীক্ষা**
  - কারেন্ট (কন্ট্রোল প্যানেল থেকে সংগ্রহযোগ্য)
  - পাম্পের ভোল্টেজ (কন্ট্রোল প্যানেল থেকে সংগ্রহযোগ্য)
  - শব্দ ও কম্পন

- **মাসিক পাম্প পরিচালনা সংক্রান্ত পরীক্ষা**
  - ইনসুলেশন ১ (গ্রাউন্ড টু লাইন রেজিস্ট্যান্স)
  - ইনসুলেশন ২ (লাইন টু লাইন রেজিস্ট্যান্স)

- **পাম্প বিকলের ক্ষেত্রে পরীক্ষা (পাম্প কাজ না করলে)**

ত্রুটি বৈদ্যুতিক কারণে কিনা তা নির্ধারণের জন্য নিম্নোক্ত বিষয়গুলি পরীক্ষা করা হয় ঃ

- সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহ আছে কি না
- মোটর/কন্ট্রোলের অংশ নষ্ট হয়েছে কি না

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points)

- দৈনন্দিন/পর্যায়ক্রমিক অবস্থা
  - কারেন্ট (কন্ট্রোল প্যানেল থেকে সংগ্রহযোগ্য)

    (i) **রেটেড মানের বেশি (ওভার কারেন্ট):**

    ইমপেলার আটকে যাওয়া, পাম্পের অতিরিক্ত ঘর্ষণ ইত্যাদি অতিরিক্ত লোডের লক্ষণ।

    (ii) **রেটেড মানের কম (আন্ডার-কারেন্ট):**

    সাকশন সংক্রান্ত সমস্যা, যেমন বাতাস ঢুকে যাওয়া বা ইমপেলার ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া।

  - ভোল্টেজ (কন্ট্রোল প্যানেল থেকে সংগ্রহযোগ্য)

    (i) **রেটেড মানের বেশি (ওভার ভোল্টেজ):**

    ৩-ফেজে ৪৪০ ভোল্টের বেশি বা সিঙ্গেল ফেজে ২৫০ ভোল্টের বেশি ভোল্টেজ পাম্পের কার্যকারিতা কমিয়ে দেয়। কখনও কখনও বিদ্যুৎ সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের সমস্যা থেকেও এটা হতে পারে।

    (ii) **রেটেড মানের কম (আন্ডার ভোল্টেজ):**

    ৩-ফেজে ৩৮০ ভোল্টের নিচে বা সিঙ্গেল ফেজে ২০০ ভোল্টের নিচে ভোল্টেজ পাম্পের দক্ষতা কমিয়ে দেয় এবং ওভার কারেন্ট ঘটাতে পারে। কখনও কখনও বিদ্যুৎ সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের সমস্যা থেকেও এটা হতে পারে।

    (iii) **তিন ফেজের মধ্যে ±১০% এর বেশি পার্থক্য (আন-ব্যালান্সড ভোল্টেজ):**

    ট্রান্সফরমার বা লাইন/কেবল এর মোটরের সংযোগে সমস্যা থাকতে পারে।

  - রেজিস্ট্যান্স (টেস্টার দ্বারা মাপা)

    (i) **< ১ মেগাঅহম (আন্ডার-রেজিস্ট্যান্স):**

    অপর্যাপ্ত ইনসুলেশন।

➢ শব্দ ও কম্পন

(i) **অস্বাভাবিক শব্দ বা স্বাভাবিকের তুলনায় বেশি কম্পন:**

সাকশন সমস্যা, মোটরের **ত্রুটি** বা ক্যাভিটেশন হওয়ার **সম্ভা**বনা। কখনও ঢিলা নাট বো**ল্টু** বা নেগেটিভ-সাকশনের কারণেও হতে পারে।

- পাম্প বিকল হলে

➢ সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহ হওয়া

সার্কিট বিষয়ে সমস্যাগুলি টেবিল ১০.২ এ দেখানো বিষয় অনুযায়ী পরীক্ষা করা হয়, কারণ ওভারকারেন্ট, লিকেজ, শর্ট সার্কিট ইত্যাদি হতে পারে। প্রাপ্ত কারণ অনুযায়ী প্রতিকার ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়।

টেবিল ১০.২: বিদ্যুৎ চলাচল সমস্যার ঘটনা এবং কারণ

পরীক্ষার বিষয়	কারণ
থার্মাল রিলে সক্রিয় করা হয়েছে ব্রেকার ট্রিপ করেছে	ওভার কারেন্ট
ইনসুলেশন উপকরণ ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া	শর্ট সার্কিট লিকেজ কারেন্ট
সার্কিট ভিজে যাওয়া	
প্রধান/কন্ট্রোল পাওয়ার ব্রেকার ট্রিপ করেছে	
৩E রিলে সক্রিয় করা হয়েছে	ফেজ অনুপস্থিত, ফেজ উল্টে যাওয়া, আন্ডার ভোল্টেজ

➢ মোটর/নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের যন্ত্রাংশগুলির ক্ষতি

টেবিল ১০.৩-এর নিম্নলিখিত ঘটনাসমূহ মোটর বা নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের যন্ত্রাংশগুলির ক্ষতির সাথে সম্পর্কিত সম্ভাব্য কারণ হিসেবে নিশ্চিত করা হয়েছে।

টেবিল ১০.৩: মোটর/নিয়ন্ত্রণ প্যানেলের ক্ষতির ঘটনা এবং কারণ

ঘটনা	কারণ
ফিউজ পুড়ে যাওয়া (যদি থাকে) মোটর পুড়ে যাওয়া	ওভার কারেন্ট
ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক সুইচ পুড়ে যাওয়া অক্জিলিয়ারি রিলে বা টাইমার পুড়ে যাওয়া	ওভার কারেন্ট লুজ কানেক্শন



Thermal relay activation



Trip of main breaker





Burnout of electromagnetic switch or Relay



Burnout of motor

চিত্র ১০.১২: যন্ত্রাংশ ও মোটরের ক্ষতি

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

- দৈনন্দিন/পর্যায়ক্রমিক অবস্থা

উপরের "নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট"-এ শনাক্ত করা, কারণ অনুযায়ী টেবিল ১০.৪ এ প্রদত্ত পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে।

টেবিল ১০.৪ : দৈনন্দিন/পর্যায়ক্রমিক অবস্থার জন্য পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা

কারণ	পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা
ওভার কারেন্ট	লোড কমাতে পাম্প পরিষ্কার করে clogging অপসারণ করতে হবে
আন্ডার কারেন্ট	পাইপের বাতাস অপসারণ করতে হবে। পাম্পের ইম্পেলার নষ্ট হলে তা পরিবর্তন করতে হবে।
ওভার ভোল্টেজ	ইনসুলেশন নিশ্চিত করতে হবে। বিদ্যুৎ সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানকে ট্রান্সফরমার পরীক্ষা করতে বলতে হবে।
আন্ডার ভোল্টেজ	লোড কমাতে ও বিদ্যুৎ সংযোগের জন্য পাম্প পরিষ্কার করে clogging অপসারণ করতে হবে এবং বিদ্যুৎ সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানকে ট্রান্সফরমার পরীক্ষা করতে বলতে হবে।
ফেজগুলির মধ্যে ভোল্টেজ অমিল	লাইন সংযোগ ঠিক আছে কিনা এবং লাইন/কেবলে ক্ষতি আছে কিনা নিশ্চিত করতে হবে।
কম রেজিস্ট্যান্স	ইনসুলেশন উপকরণ পরিবর্তন করতে হবে। ইনসুলেশন উপকরণ ভালোভাবে পরিষ্কার করতে হবে।
অস্বাভাবিক শব্দ ও কম্পন	Clogging অপসারণ করতে হবে, ঢিলা নাট-বল্টু টাইট করতে হবে। যদি সমস্যার সমাধান না হয় তবে পাম্প ওভারহল বা প্রতিস্থাপন করতে হবে।

- পাম্প খারাপ হওয়া

চালু না হওয়া পাম্প মোটরের কারণসমূহ টেবিল ১০.৫ এ দেখানো হলো।

টেবিল ১০.৫ : পাম্প ও মোটর খারাপ এর ক্ষেত্রে প্রতিকার ব্যবস্থা সমূহ

কারণ	পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা
ওভার কারেন্ট	সাকশন পাম্প ও মোটরের অতিরিক্ত লোডের কারণ অপসারণ করতে হবে। ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক সুইচ, অক্সিলিয়ারি রিলে, টাইমার বা মোটর পুড়ে গেলে তা প্রতিস্থাপন করতে হবে। সার্কিট থেকে পানি সরাতে হবে এবং ভেজা অবস্থা এড়াতে হবে।
শর্ট সার্কিট	সার্কিট থেকে পানি সরাতে হবে। কন্ট্রোল প্যানেল পরিষ্কার করতে হবে।
কারেন্ট লিকেজ	সার্কিট থেকে পানি সরাতে হবে। পুরনো উপকরণ প্রতিস্থাপন করতে হবে।
ফেজ অনুপস্থিত	পরিস্থিতি স্বাভাবিক হওয়া পর্যন্ত অপেক্ষা করতে হবে অথবা জেনারেটর চালু করতে হবে।
ফেজ উল্টানো	
আন্ডার ভোল্টেজ	

(২) জেনারেটর

জেনারেটর মূলত বিদ্যুৎ বিভ্রাটের সময় পাম্প চালনার জন্য ব্যবহার করা হয়। ডিজেল ইঞ্জিন সংক্রান্ত মেরামত করতে উচ্চ পর্যায়ের যান্ত্রিক দক্ষতা প্রয়োজন। তাই ডিজেল ইঞ্জিনে সমস্যা দেখা দিলে এই কাজে বিশেষজ্ঞ প্রকৌশলী ডাকা আবশ্যক, কারণ এটি পৌরসভার নিয়মিত কাজের আওতাভুক্ত নয়।

১) ঝুঁকি (Risk):

জেনারেটর বিকল হলে বিদ্যুৎ বিভ্রাটের সময় পাম্প চালানো অসম্ভব হয়ে পড়বে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- **অপারেশনাল কন্ডিশন (দৈনন্দিন রক্ষণাবেক্ষণে পরীক্ষা করতে হবে):**
  - ব্যাটারি
  - ফুয়েল ফিল্টার
  - এয়ার ফিল্টার
  - লুব্রিকেন্ট ফিল্টার
  - শব্দ ও কম্পন (জেনারেটর চালু অবস্থায়)
  - লুব্রিকেন্ট ইনজেকশন রেকর্ড
  - ইঞ্জিন পাওয়ার (কারেন্ট ও ভোল্টেজ)
  - রোটেশন অবস্থা
  - বিদ্যুৎ দক্ষতা

- **জেনারেটরের ত্রুটি পরীক্ষা (জেনারেটর ভাল্‌ভাবে না চললে):**

নিম্নোক্ত বিষয়গুলি ত্রুটির সূচক:

  - কম্পন
  - ভোল্টেজ
  - তাপমাত্রা (রেডিয়েটরের থার্মোমিটার থেকে দেখা)
  - ইঞ্জিন পাওয়ার (কারেন্ট এবং ভোল্টেজ)
  - স্টেটর উইনিং

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points)

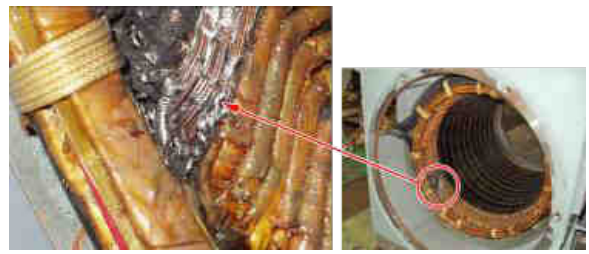
- **পরিচালনা অবস্থা (Operational condition)**

টেবিল ১০.৬ : জেনারেটরের পরিচালনা অবস্থা নিশ্চিতকরণ

আইটেম	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট
ব্যাটারি	ভোল্টেজ রেটেড মানের সমান হতে হবে। তরলের পরিমাণ রেটেড লেভেলে থাকতে হবে।
ফুয়েল ফিল্টার, এয়ার ফিল্টার, লুব্রিকেন্ট ফিল্টার	ফিল্টার বন্ধ (clogged) হয়েছে কিনা পরীক্ষা করতে হবে। বছরে অন্তত একবার চেক করা সুপারিশ করা হয়।
শব্দ ও কম্পন	অস্বাভাবিক শব্দ (খুব বেশি/কম পিচ, আঘাতের শব্দ ইত্যাদি) থাকা যাবে না।
লুব্রিকেন্ট ইনজেকশন রেকর্ড	বছরে অন্তত একবার লুব্রিকেন্ট পাল্টাতে হবে।
ইঞ্জিন পাওয়ার	কারেন্ট ও ভোল্টেজে কোনো উল্লেখযোগ্য হ্রাস থাকা যাবে না (সর্বোচ্চ -১০% এর মধ্যে থাকতে হবে)।
রোটেশন অবস্থা	রোটেশন অনিয়মিত হলে ত্রুটির লক্ষণ।
বিদ্যুৎ দক্ষতা	"১০.২.১(৩) বিদ্যুৎ ব্যবহারের সংরক্ষণ" অংশটি অনুসরণ করতে হবে।

- **জেনারেটর খারাপ হওয়া**

টেবিল ১০.৭ : জেনারেটর খারাপ হওয়ার নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট

আইটেম	নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট
ভোল্টেজ	ওভার/আন্ডার ভোল্টেজ/ভোল্টেজ না থাকা/ ভোল্টেজের অস্থিরতা / ফেজের ভোল্টেজের অমিল-এগুলি জেনারেটর ব্যর্থতার লক্ষণ। এসকল কারনে স্টেটর ওয়াইন্ডিং পুড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। 
কম্পন	অস্বাভাবিক কম্পন-(অর্থাৎ স্বাভাবিকের তুলনায় বেশি কম্পন, অথবা অস্বাভাবিক শব্দসহ ত্রুটির ইঙ্গিত)।
তাপমাত্রা	স্বাভাবিক অপারেশন ও রেটেড তাপমাত্রার উপরে অতিরিক্ত তাপ সৃষ্টি।
ইঞ্জিন পাওয়ার	রেটেড মানের তুলনায় কারেন্ট এবং/অথবা ভোল্টেজ কম পাওয়া।

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

- **পরিচালনা অবস্থা (Operational condition)**

টেবিল ১০.৮ : জেনারেটরের পরিচালন অবস্থার জন্য পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা

আইটেম	পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা
ব্যাটারির ভোল্টেজ কম	ব্যাটারির তরল পূরণ করুন। ব্যাটারি পরিবর্তন করুন।
ফুয়েল ফিল্টার, এয়ার ফিল্টার এবং লুব্রিকেন্ট ফিল্টারের ক্লগিং	ফিল্টার পরিষ্কার করুন। প্রতি বছর অন্তত একবার পরিষ্কার করা সুপারিশ করা হয়।
অস্বাভাবিক শব্দ ও কম্পন	লুব্রিকেন্ট ফিল্টার পরিষ্কার করুন। লুব্রিকেন্ট পুনরায় পূরণ করুন।
লুব্রিকেন্ট ইনজেকশন কম থাকা	লুব্রিকেন্ট পুনরায় পূরণ করুন। প্রতি বছর অন্তত একবার পূরণের সুপারিশ করা হয়।
কম ইঞ্জিন পাওয়ার	এয়ার ফিল্টারের ক্লগিং পরিষ্কার করুন। ফুয়েল পূরণ করুন।
অস্থিতিশীল ঘূর্ণন	এয়ার ফিল্টারের ক্লগিং পরিষ্কার করুন। ফুয়েল সরবরাহ করুন।

- **জেনারেটর খারাপ হওয়া**

যখন জেনারেটরে কোনো ত্রুটি দেখা দেয়, উপরের প্রতিকারগুলি চেষ্টা করা উচিত। এছাড়া "Troubleshooting" (টেবিল ১০.৯) অনুযায়ী প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে।

তবে, যদি এসব সত্ত্বেও ত্রুটি দূর না হয়, সেক্ষেত্রে মেরামত করতে উচ্চ পর্যায়ের যান্ত্রিক দক্ষতা প্রয়োজন। এই কাজে বিশেষজ্ঞ প্রকৌশলী ডাকা আবশ্যক, কারণ এটি পৌরসভার নিয়মিত কাজের আওতাভুক্ত নয়।

(৩) বিদ্যুৎ খরচ সংরক্ষণ

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় সবচেয়ে বেশি বিদ্যুৎ ব্যয় হয় পাম্প চালানোর জন্য। ইনটেক ও ট্রান্সমিশন পাম্প সাধারণত একটি নির্দিষ্ট হেড ও ফ্লো রেটে কাজ করে। কিন্তু যদি পাম্পের ক্ষমতা প্রয়োজনের তুলনায় বেশি হয়, তাহলে প্রতিনিয়ত অতিরিক্ত শক্তি অপচয় হয়। সুতরাং অপ্রয়োজনীয় শক্তির অপচয় সাশ্রয়ের জন্য নিম্নলিখিত পদক্ষেপ বিবেচনা করা যেতে পারে:

- ইমপেলারের আকার ছোট করা।
- ইনভার্টার স্থাপন করে অপ্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ খরচ কমানো।
- সরাসরি পানি সরবরাহ লাইনে ক্ষেত্রে পাম্পে প্রবাহ ও চাপ পরিবর্তিত হয়, তাই ইনভার্টার ব্যবহার করে রোটেশন স্পিড নিয়ন্ত্রণ করা হলে বিদ্যুৎ সাশ্রয় করা যায়।

১) ঝুঁকি (Risk):

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার O&M ব্যয়ের একটি বড় অংশ খরচ হয় বিদ্যুতের জন্য। তাই এই খরচ কমিয়ে আনা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

- প্রবাহের হার
  - ✓ পানির চাহিদা বা পানির উৎসের সক্ষমতা থেকে নির্ধারিত।
- সাকশন ও ডেলিভারি উভয় দিকের চাপ
- মোট হেড
  - ✓ সাকশন ও ডেলিভারি সাইডের পানির স্তরের পার্থক্য, পাইপলাইনের অবস্থা এবং প্রবাহ থেকে হিসাব করা হয় (হিসাব পদ্ধতি "পাম্প" অধ্যায়ে দেওয়া আছে)।
- পাম্পিং ওয়াটার লেভেল (নলকূপ পাম্পের ক্ষেত্রে)
- বৈদ্যুতিক কারেন্ট, ভোল্টেজ এবং kWh
- পাম্প পারফরমেন্স কার্ভ
- রাত্রিকালীন পানির চাহিদা
- পাইপের অবস্থা

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points)

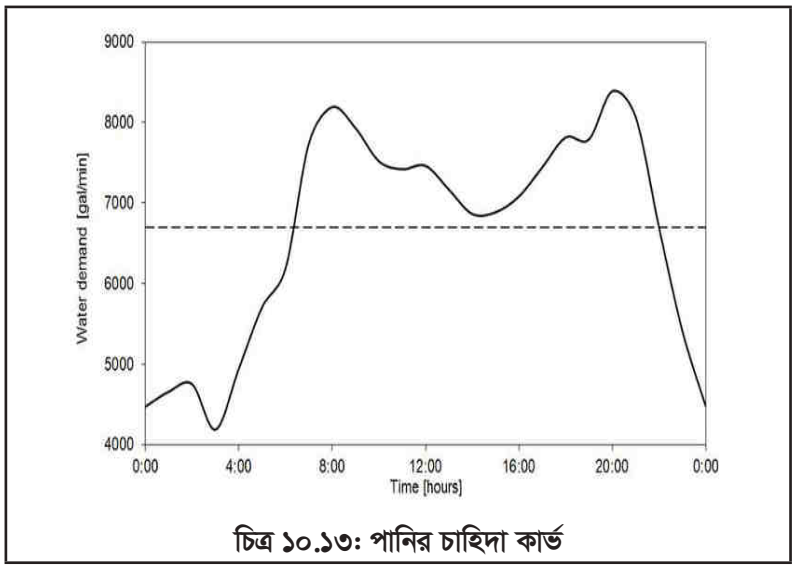
- **ইনটেক ও ট্রান্সমিশন পাম্প**

এ সকল পাম্প নির্দিষ্ট ফ্লো রেট এবং নির্দিষ্ট হেডে চলমান থাকে। পাম্পের ক্ষমতা প্রয়োজনের তুলনায় বেশি কি না তা যাচাই করতে নিচের পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়:

১. পরিমাপকৃত মান ব্যবহার করে পাম্প এর দক্ষতা হিসাব করা (পদ্ধতি "পাম্প" অধ্যায়ে বর্ণিত)।
২. ফ্লো ও প্রেসারের (হেড) পরিমাপকৃত মান এবং ক্যালকুলেশন করে পাওয়া মানের তুলনা করা
৩. যদি পরিমাপকৃত মান বেশি হয় অথবা পাম্প এর দক্ষতা ৬০% এর নিচে থাকে, তবে অতিরিক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন পাম্প ব্যবহারের সম্ভাবনা থাকে।

- **সরাসরি পানি বিতরণ পাম্প**

সরাসরি পানি বিতরণ পাম্পগুলি সবসময় একই পরিমাণ বিদ্যুৎ খরচে করে। কিন্তু চিত্র ১০.১৩-এ দেখানো হয়েছে যে দিনের বিভিন্ন সময়ে পানির চাহিদা পরিবর্তিত হয়। এজন্য পাম্প এমনভাবে নির্বাচন করতে হয় যাতে তার ক্ষমতা দিনের সর্বোচ্চ পানির চাহিদা পূরণ করতে পারে, এবং রাতে যখন চাহিদা কম থাকে তখন ভাল্‌ভ খুলে-বন্ধ করে পাম্পের কার্যক্রম সামঞ্জস্য করতে হয়। তবে, যেহেতু পাম্পের ক্ষমতা চাহিদার তুলনায় বেশি, তাই পাম্প কম দক্ষতায় চলে এবং অপ্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ খরচ হয়।



চিত্র ১০.১৩: পানির চাহিদা কার্ভ

যদি একটি ইনভার্টার স্থাপন করা হয় এবং পাম্পের গতি অনুযায়ী প্রবাহ হার সমন্বয় করা হয়, তবে কম চাহিদার সময়েও পাম্পকে উচ্চ দক্ষতায় চালানো যায় এবং এতে বিদ্যুৎ খরচ উল্লেখযোগ্যভাবে কমে।

নিম্নলিখিত কারনে সরাসরি পানি বিতরণ পাম্পিং সিস্টেমে ইনভার্টার স্থাপন কার্যকর হয়:

- রাতে পানি সরবরাহ ও চাহিদার মধ্যে বড় পার্থক্য থাকলে
- পাইপলাইনের অবস্থান অনুযায়ী লিকেজ কম হলে
- প্রবাহ হার পাম্পের সংখ্যা দিয়ে নিয়ন্ত্রিত না হলে
- এলাকার ভূমির উচ্চতার পার্থক্য কম থাকলে

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

- **ইমপেলার ছোট করা**

ইমপেলারের আকার এমন পরিমাণে কমানো যায় যাতে প্রয়োজনীয় হেড বজায় থাকে। ইমপেলার ছোট করার প্রভাব-চিত্র ১০.১৪ (একটি পারফরম্যান্স কার্ভের উদাহরণ) দিয়ে নিম্নরূপভাবে ব্যাখ্যা করা হলো:

যদি ইমপেলারের আকার ৯.২৫ ইঞ্চি থেকে ৮.০০ ইঞ্চিতে কমানো হয়, তবে প্রবাহ হার একই থাকে অর্থাৎ ৭৫০ gpm, কিন্তু এতে হেড কমে যায় ৩২০ ফুট থেকে ২২০ ফুট। এবং আউটপুট পাওয়ার কমে হয় ৭৫ hp থেকে ৫০ hp, যার ফলে বিদ্যুৎ খরচ উল্লেখযোগ্যভাবে কমে যায়।

Present situation

Impeller diameter 9.25"=235mm

Flow rate 750gpm=47.32 lps

Head(Pressure) 320ft=97.5m

Power 75hp=56kw

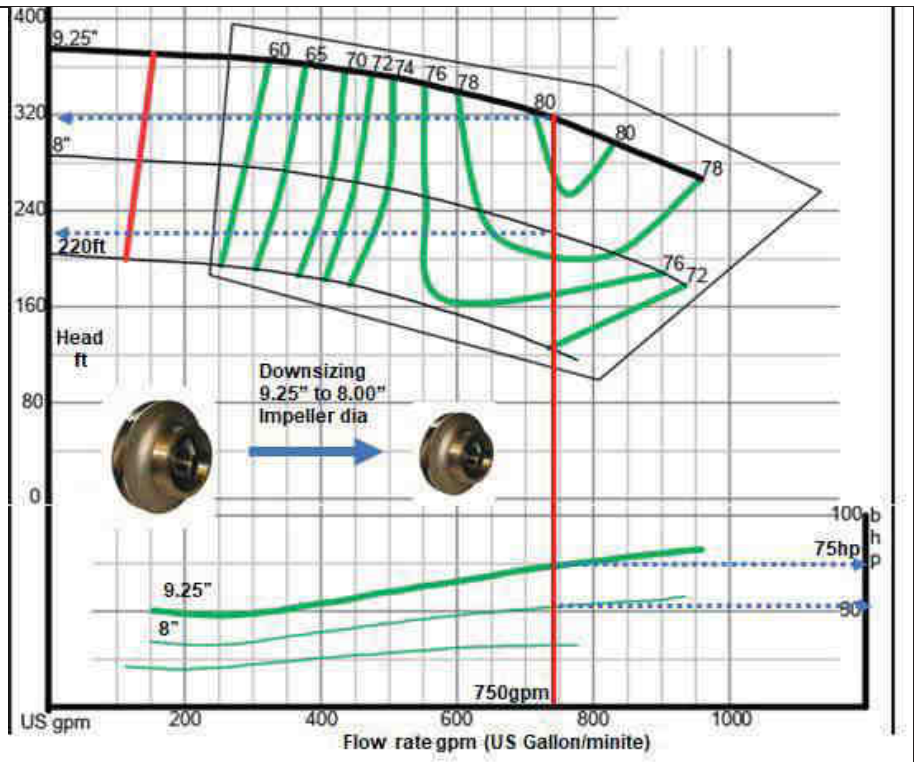
After downsizing

Impeller diameter 8.00"=203mm

Flow rate 750gpm=47.32 lps

Head(Pressure) 220ft=67.0m

Power 50hp=37.5kw



চিত্র ১০.১৩: ইমপেলার ছোট করার জন্য পারফরম্যান্স কার্ভ

- **ইনভার্টার স্থাপন**

ইনভার্টার স্থাপন করলে পাম্পের গতি প্রবাহ এবং চাপ অনুযায়ী নিয়ন্ত্রণ করা যায় এবং এর ফলে পাম্পের বিদ্যুৎ সাশ্রয় করা সম্ভব হয়। এর সারসংক্ষেপ নিচে দেওয়া হলো।

১. মোটরের ঘূর্ণনগতি (n) ও ফ্রিকোয়েন্সি (fr) — **$n \propto fr$**
এর অর্থ হলো, ইনভার্টারের মাধ্যমে সরবরাহকৃত AC কারেন্টের ফ্রিকোয়েন্সি (fr) যত বাড়বে বা কমবে, মোটরের ঘূর্ণনগতি (n) ঠিক ততই সমানুপাতিকভাবে বাড়বে বা কমবে।

২. পাম্প হেড (H) ও ঘূর্ণনগতি (n) — **$H \propto n$**
এর অর্থ হলো, পাম্পের হেড (H)—অর্থাৎ পাম্প যে উচ্চতায় পানি তুলতে পারে— ঘূর্ণনগতির (n) সাথে তা সরাসরি সমানুপাতিক। গতি দ্বিগুণ হলে হেডও দ্বিগুণ হবে।

৩. পাম্পের প্রবাহ হার (Q) ও ঘূর্ণনগতি (n) — **$Q \propto n^2$**
প্রবাহ হার (Q) ঘূর্ণনগতির বর্গের (n^2) সাথে সমানুপাতিক।
অতএব, গতি ২ গুণ করলে প্রবাহ হার ৪ গুণ হবে।

৪. বিদ্যুৎ খরচ (P) ও ঘূর্ণনগতি (n) — **$P \propto n^3$**
বিদ্যুৎ খরচ (P) ঘূর্ণনগতির ঘনের (n^3) সঙ্গে সমানুপাতিক। অতএব, গতি ২ গুণ করলে বিদ্যুৎ খরচ ৮ গুণ বৃদ্ধি পাবে। এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। ফলে গতি সামান্য কমালেও বিদ্যুৎ খরচ বেশি মাত্রায় কমে যায়।

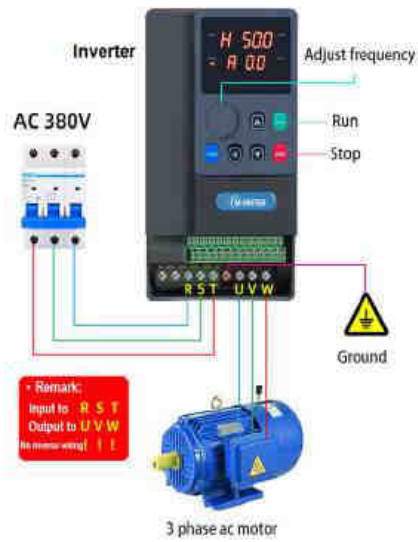
উদাহরণ:
গতি ২০% কমানো হলে (অর্থাৎ গতি = মূল গতির ৮০%) — বিদ্যুৎ খরচ হবে:
০.৮৩ = ০.৫১২, অর্থাৎ মাত্র ৫১.২% (প্রায় অর্ধেক) বিদ্যুৎ লাগে।

ইনভার্টারের ফ্রিকোয়েন্সি সমন্বয়ের মাধ্যমে পাম্পের আউটপুট নিয়ন্ত্রণ করা যায়। চাহিদা কম হলে পাম্পের ঘূর্ণনগতির হ্রাস করা হয় (অর্থাৎ ফ্রিকোয়েন্সি কমানো হয়) এবং এর ফলে প্রবাহ হারও আনুপাতিকভাবে কমে যায়। এতে বিদ্যুৎ খরচ হ্রাস পায় এবং বিদ্যুৎ সাশ্রয় হয়।

সিস্টেমটির বাস্তব প্রয়োগের সম্ভাব্যতা সিমুলেশন গণনার মাধ্যমে পরীক্ষা করা হয়।

ইনভার্টার ও পাম্প মোটরের মধ্যকার সংযোগ চিত্র ১০.১৫-এ দেখানো হয়েছে। সাধারণত ইনভার্টারে ওভারলোড সুরক্ষা, লিকেজ কারেন্ট শনাক্তকরণ এবং ফেজ-লস শনাক্তকরণসহ বিভিন্ন সুরক্ষা ব্যবস্থা সংযুক্ত থাকে। ফলে অতিরিক্ত সুরক্ষা যন্ত্র সাধারণত প্রয়োজন হয় না।

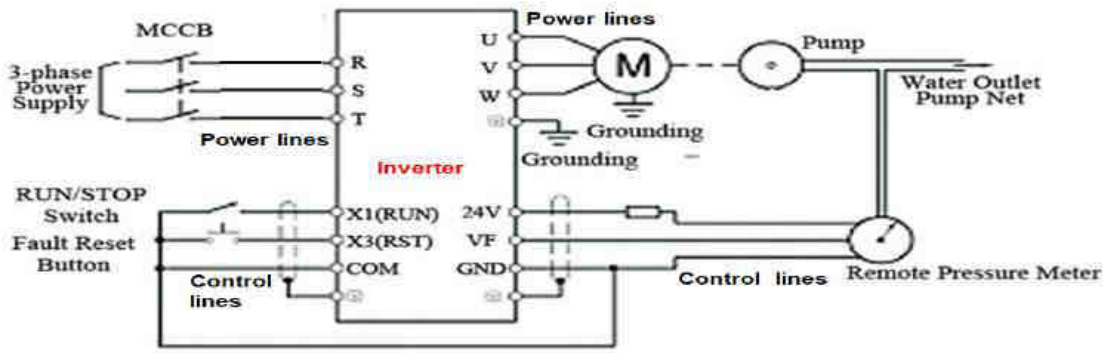
এছাড়া, মোটরটি ধীরে ধীরে তার ঘূর্ণনগতি বৃদ্ধি করে চালু হওয়ায় অতিরিক্ত কারেন্ট (ওভারকারেন্ট) সৃষ্টি হয় না। এর ফলে স্টার-ডেল্টা স্টার্টার বা অটো-ট্রান্সফরমারের মতো মোটর চালু করার যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় না এবং ওয়্যারিং ব্যবস্থা সহজ হয়।



চিত্র ১০.১৫ : ইনভার্টার সংযোগ

বাস্তবে, পাইপিং সিস্টেমে স্থাপিত একটি রিমোট প্রেসার গেজ নিয়ন্ত্রণ লাইনের মাধ্যমে ইনভার্টারের সাথে সংযুক্ত থাকে, যেমনটি চিত্র ১০.১৬-এ দেখানো হয়েছে। এর মাধ্যমে ফিডব্যাক নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতিতে প্রবাহ হার ও চাপ প্রয়োজন অনুযায়ী সমন্বয় করা যায়।

- পাইপের চাপ কমলে ⟶ পাম্পের ঘূর্ণনগতি বৃদ্ধি করা হয় (ফ্রিকোয়েন্সি বৃদ্ধি)
- পাইপের চাপ বাড়লে ⟶ পাম্পের ঘূর্ণনগতি হ্রাস করা হয় (ফ্রিকোয়েন্সি হ্রাস)



চিত্র ১০.১৬: পাম্পের প্রবাহ ও চাপের ফিডব্যাক নিয়ন্ত্রণ সার্কিট

১০.৩ স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ১০.৯-এ বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি সমূহের সমস্যা সমাধান উপস্থাপন করা হয়েছে।

টেবিল ১০.৯ বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি সমূহের সমস্যা সমাধান

	ঘটনা	কারণ	ঝুঁকি	করনীয়
কন্ট্রোল প্যানেল	অতিরিক্ত কারেন্ট	মোটর আটকে যাওয়া, অতিরিক্ত লোড	বৈদ্যুতিক সিস্টেম ব্যর্থতা	অতিরিক্ত লোডের কারণ দূর করা (বিশেষ করে পাম্পের সাকশনের দিকে)
	শর্ট সার্কিট	পানিতে ভিজে যাওয়া		বৈদ্যুতিক লাইন সহ সার্কিট থেকে পানি অপসারণ (বিদ্যুৎ বন্ধ রেখে)
	লিকেজ কারেন্ট	আবর্জনা বা ধূলার আস্তরণ		কন্ট্রোল প্যানেল পরিষ্কার করা
	ফেজ অনুপস্থিত	পাওয়ার কোম্পানির সমস্যা		অপেক্ষা করা বা জেনারেটর চালু করা
	বিপরীত ফেজ			
	ভোল্টেজ কম			
	ঢিলা সংযোগ	কম্পন		সংযোগ শক্ত করে টাইট করা
জেনারেটর	ইঞ্জিন স্টার্ট না হওয়া	ব্যাটারির সমস্যা, ফুয়েল এবং এর পাম্প সমস্যা, স্টার্টিং অল্টারনেটর বিকল	বিদ্যুৎ বিভ্রাটের সময় পানি সরবরাহ বন্ধ হয়ে যাবে	সংশ্লিষ্ট যন্ত্র মেরামত বা প্রতিস্থাপন করা। না হলে বিশেষজ্ঞ ডাকা
	অস্থির ঘূর্ণন	জ্বালানি সরবরাহ কম, গভর্নর নষ্ট, ফুয়েল ভাল্‌ভ সমস্যা		
	পর্যাপ্ত শক্তি না পাওয়া	জ্বালানি কম সরবরাহ, গভর্নর ত্রুটি, পর্যাপ্ত বায়ু প্রবেশ না করা		
	অতিমাত্রায় গরম হওয়া	কুলিং সিস্টেম ত্রুটি, লুব্রিকেন্ট সমস্যা, পরিবেশে উচ্চ তাপমাত্রা		
	স্ট্যাটরের ওয়াইন্ডিং পুড়ে যাওয়া	ভোল্টেজ অসমতা		
পাম্পের অতিরিক্ত ক্ষমতা		ভুল পাম্প নির্বাচন	অতিরিক্ত বিদ্যুৎ খরচ	ইম্পেলার ছোট করা, ইনভার্টার ইনস্টলেশন করা

১০.৪ পরিদর্শন

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার প্রধান বৈদ্যুতিক উপকরণগুলি হলো মোটর, জেনারেটর ও কন্ট্রোল প্যানেল। মোটর ও জেনারেটরের ইনসুলেশনের অবস্থা ও সার্ভিসিং নিয়মিত পরীক্ষা করা প্রয়োজন। টেবিল ১০.১০ এ দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক পরিদর্শন তালিকা দেখানো হলো।

টেবিল ১০.১০: দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক বৈদ্যুতিক উপকরণ এর পরিদর্শন তালিকা

	বিষয়	দৈনিক	মাসিক	বার্ষিক	মানদন্ড
মোটর	১। কারেন্ট	○ (প্রতি ঘন্টায়)	○ দৈনিক ডাটার সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ গড় মান	○ মাসিক ডাটার সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ গড় মান	কারেন্ট এর পরিমান মোটরের রেটেড কারেন্টের সমান বা কম হতে হবে।
	২। ভোল্টেজ				৪১৫V ±১০% এর মধ্যে; ফেজগুলির মধ্যে ভোল্টেজের কোনো অসামঞ্জস্য থাকবে না।
	৩। কম্পন				দৈনিক অপারেশনের তুলনায় উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন নয়
	৪। শব্দ				
	৫। তাপমাত্রা				
	৬। ইনসুলেশন	-	○		স্বাভাবিক সীমার মধ্যে
কন্ট্রোল প্যানেল	৭। লিকেজ সার্কিট ব্রেকার চালু করা	-	○		এগুলিতে অ্যাক্টিভেশন টেস্ট বাটন থাকে
	৮। থার্মাল রিলে চালু করা	-			
	৯। ইনসুলেশন	-			উপচে পড়া বা খালি নয়
জেনারেটর	১০। কারেন্ট	○ পরিচালনার সময়	○ দৈনিক ডাটার সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ গড় মান	○ মাসিক ডাটার সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ গড় মান	কারেন্ট এর পরিমান মোটরের রেটেড কারেন্টের সমান বা কম হতে হবে।
	১১। ভোল্টেজ				৩৮০V ±১০% এর মধ্যে; ফেজগুলির মধ্যে ভোল্টেজের কোনো অসামঞ্জস্য থাকবে না।
	১২। কম্পন				দৈনিক অপারেশনের তুলনায় উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন নয়
	১৩। শব্দ				
	১৪। তাপমাত্রা				
	১৫। ইনসুলেশন	-	○		স্বাভাবিক সীমার মধ্যে
	১৬। ফিল্টার	-	○		ম্যানুয়ালে নির্দেশিত পরিবর্তনের সময় অনুযায়ী

অধ্যায়-১১ঃ নন-রেভিনিউ ওয়াটার (NRW)

১১.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপকথা

এই অধ্যায়ে Non-Revenue Water (NRW) এর ধারণাটি উপস্থাপন করা হয়েছে, NRW এর ধরণ, গণনার পদ্ধতি এবং পানি সরবরাহ ব্যবস্থার দক্ষতা বৃদ্ধিতে এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা করা হয়েছে। NRWএর মৌলিক তত্ত্বগুলির সম্যক ধারণা থাকলে পানির অপচয় এর উৎস শনাক্ত করা এবং কার্যকর প্রতিকার পরিকল্পনা করা সহজ হয়, যা পৌরসভার পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনায় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

১১.১.১ NRW (NON-REVENUE WATER) কী?

NRW (Non-Revenue Water) হচ্ছে সেই পানির পরিমাণ যা বিতরণ ব্যবস্থায় (ট্যাংক ও পাইপলাইনে) সরবরাহ করা হয় কিন্তু যার জন্য বিল আদায় করা যায় না। অন্যদিকে, যেই পানি বিলিং সিস্টেমে যুক্ত হয় অর্থাৎ যে পরিমান পানির বিল তৈরি হয় তাকে বলা হয় RW (Revenue Water)|

SIV (System Input Volume) অর্থাৎ বিতরণ ব্যবস্থায় (ট্যাংক + পাইপলাইন) সরবরাহ করা মোট পানি প্রবাহ। সেই সাথে RW (Revenue Water) পরিমাপযোগ্য কারণ এটি মিটারের মাধ্যমে সংগৃহীত হয়। ফলে NRW পাওয়া যায় SIV থেকে RW বাদ দিলে।

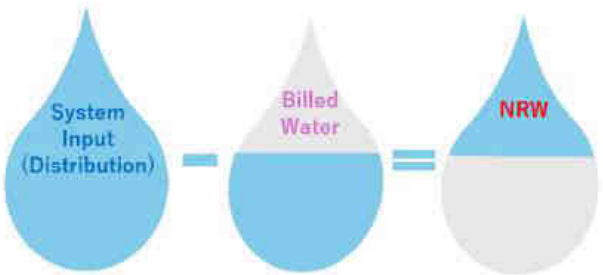
গাণিতিক সম্পর্ক:

➤ **NRW (m^3) = SIV – RW**

এর ভিত্তিতে NRW এর হার (NRW Rate) গণনা করা হয়ঃ

➤ **NRW Rate (%) = (SIV – RW) / SIV**

NRW হার খাবার পানি সরবরাহকারী দপ্তরের জন্য অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ Key Performance Indicator (KPI), কারণ এটি সরাসরি পানি বিতরণের খরচ-দক্ষতাকে নির্দেশ করে। NRW যত কম হবে, পানি বিতরণ দক্ষতা তত বেশি হবে।



চিত্র ১১.১: NRW ইমেজ

JICA এর NRW বিষয়ক প্রতিবেদন এর প্রেক্ষিতে NRW-এর হার অনুযায়ী পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনা পরিস্থিতির সারসংক্ষেপ নিচের টেবিলে দেওয়া হলো।

টেবিল ১১.১: NRW-এর হার অনুযায়ী পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনার বর্ণনাকৃত পরিস্থিতি

লেভেল		NRW-এর হার	পরিস্থিতির সারসংক্ষেপ
১.	জরুরি ব্যবস্থা গ্রহনের পর্যায়	৪০% এর বেশি	• NRW হ্রাসে কোনো পদক্ষেপ নেওয়া হয়নি। • সমস্যা শনাক্ত করা ও প্রাতিষ্ঠানিক অঙ্গীকার প্রয়োজন।
২.	প্রারম্ভিক পদক্ষেপ গ্রহনের পর্যায়	৩০% - ৪০%	• তুলনামূলকভাবে কম খরচের ও সহজ কারিগরি পদক্ষেপ নেওয়া, যেমন মাটির উপরের লিকেজ ও বাণিজ্যিক ক্ষতি নিয়ন্ত্রণ করা যায়।
৩.	পূর্ণমাত্রা প্রতিকার ব্যবস্থা গ্রহনের পর্যায়	২০% - ৩০%	• মাটির নিচের লিকেজ শনাক্তকরণ ও এলাকা ভিত্তিক ম্যাপিংয়ের মতো নির্ভুল পদক্ষেপ নেওয়া যায়।
৪.	উন্নত প্রতিকার ব্যবস্থা গ্রহনের পর্যায়	২০%-এর কম	• NRW কমানোর চূড়ান্ত পর্যায়। • মৌলিক NRW প্রতিকারসমূহ বাস্তবায়িত। • পাইপলাইন শক্তিশালীকরণ, DMA সৃষ্টি, মাটির নিচের লিক নির্ণয় ইত্যাদি কার্যকর করা।

১১.১.২ পানির ভারসাম্যতা

NRW কোন কোন অংশ নিয়ে গঠিত তা বোঝা অত্যন্ত জরুরি। এতে NRW এর হার কমানোর জন্য কোন্ কোন্ পদক্ষেপ নিতে হবে তা নির্ধারণ করা সহজ হয়। IWA (International Water Association) পানি বিতরণ ব্যবস্থার একটি Water Balance Table প্রণয়ন করেছে, যা নিচে টেবিল ১১.২ এ দেওয়া হয়েছে। পূর্বে বর্ণনা করা হয়েছে যে SIV = RW + NRW। এক্ষনে NRW কে আবার তিন ভাগে বিভক্ত করা হয়, যথাঃ

১. পানির যুক্তিযুক্ত খরচ যার বিল করা হয় না (Unbilled Authorized Consumption), যেমন ফায়ার হাইড্রেন্ট।

২. পানি খরচ হয় যার বিল পাওয়া সম্ভব হয় না {Apparent Loss (Commercial Loss)}, যেমন পানির অবৈধ সংযোগ, মিটারে সঠিক রিডিং না আসা ইত্যাদি।

৩. সিস্টেমের লিকেজ যার বিল করা সম্ভব হয় না {(Real Loss (Physical Loss)}, যেমন পাইপ লাইনে লিকেজ।

এদের মধ্যে Apparent Loss ও Real Loss, NRW-এর সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ, কারণ এগুলি সরাসরি রাজস্ব আয়ে ক্ষতি ঘটায়। অপরদিকে NRW এ ১নং শ্রেণীর প্রভাব কম। ফলে এখানে ২নং ও ৩নং শ্রেণীর অপচয় বিষয়ে আলোচনা করা হয়েছে।

➤ **Apparent Loss (বাণিজ্যিক অপচয়)**। এই অপচয় দুটি উৎস থেকে হয়ঃ
ক) Unauthorized Consumption — চুরি, অবৈধ সংযোগ।
খ) Metering Inaccuracies — মিটার ত্রুটি, ভুল রিডিং।

➤ **Real Loss (বাস্তব / ভৌত অপচয়)**। এই অপচয় লিকেজের মাধ্যমে হয়।
মোট পাইপলাইন লিকেজের ৯০% সৃষ্টি হয় টেবিল ১১.২ এ দেখানো ৯ নং এর সার্ভিস কানেক্শন অংশটি হতে।

টেবিল ১১.২ ওয়াটার ব্যালান্স টেবিল

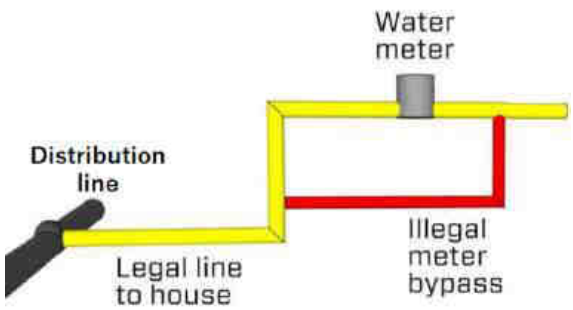
<table>
<tr><td rowspan="9">সিস্টেমে পানি সরবরাহ এর পরিমান (SIV)</td><td rowspan="2">পানির বৈধ ব্যবহার (খরচ)</td><td>বৈধ পানি ব্যবহার এর বিল</td><td>① মিটারে পানি ব্যবহারের বিল</td><td rowspan="2">রাজস্ব পানি (RW)</td></tr>
<tr><td></td><td>② মিটার ছাড়া পানি ব্যবহারের বিল</td></tr>
<tr><td rowspan="2">পানির অপচয়</td><td rowspan="2">(১) বৈধ পানির ব্যবহার এর না করা বিল</td><td>③ মিটারে পানি ব্যবহারের না করা বিল</td><td rowspan="7">রাজস্ব বহির্ভূত পানি (NRW)</td></tr>
<tr><td>④ মিটার ছাড়া পানি ব্যবহারের না করা বিল</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(২) আপেক্ষিক অপচয় (বাণিজ্যিক অপচয়)</td><td>⑤ অবৈধ ব্যবহার (খরচ)</td></tr>
<tr><td>⑥ মিটারে ত্রুটি</td></tr>
<tr><td rowspan="3">(৩) প্রকৃত অপচয় (ভৌত অপচয়)</td><td>⑦ সঞ্চালন ও বিতরণ পাইপলাইনে লিকেR</td></tr>
<tr><td>⑧ পানির স্টোরেজ ট্যাংকে লিকেজ এবং ওভারফ্লো</td></tr>
<tr><td>⑨ সার্ভিস কানেক্শন (মিটার পর্যন্ত) পাইপে লিকেজ</td></tr>
<tr><td colspan="5">টীকা:
① মিটারের মাপ অনুযায়ী আদায়কৃত পানি
② স্থির রেটে নির্ধারিত বিল
③ পানির গুণগত মান খারাপ হলে কমিয়ে দেওয়া পরিমাণ, অগ্নিনির্বাপণ এর মিটারের পানি
④ পাইপ ফ্লাশিং বা অমিটারকৃত অগ্নিনির্বাপণ পানি
⑤ চুরি/অবৈধ সংযোগ
⑥ মিটার ত্রুটি, ভুল রিডিং
⑦ - ⑨ বিভিন্ন ধরনের লিকেজ</td></tr>
</table>

তবে, অনেক পৌরসভায়, ফ্লো মিটারগুলি সঠিক SIV পাওয়ার জন্য যথেষ্ট কার্যকর নয়। RW এর ক্ষেত্রে, ② এর অনেক ক্ষেত্রেই পানি ব্যবহারের পরিমাণ পরিমাপ করা হয় না। এই পরিস্থিতিতে, NRW এর হার গণনা করা অনেক কঠিন হয়ে পড়ে।

১১.১.৩ বাণিজ্যিক অপচয় (APPARENT LOSS)

১১.১.৩.১ অবৈধ পানি ব্যবহার

অবৈধ পানি ব্যবহারের প্রধান কারণ হলো অবৈধ সংযোগের মাধ্যমে পানি চুরি। চিত্র ১১.২ এ অবৈধ সংযোগের উদাহরণ দেখানো হয়েছে। এগুলি সাধারণত বাইপাস লাইন ব্যবহার করে করা হয়, যেখানে পানি প্রবাহ মিটার ব্যবহার না করেই সংযোগ নেওয়া হয়। ছবিতে প্রদর্শিত এই ধরনের জটিল পাইপসংযোগ সাধারণত অবৈধ সংযোগের ইঙ্গিত দেয়।





চিত্র ১১.২: অবৈধ সংযোগ

১১.১.৩.২ মিটারজনিত ত্রুটি

এই বিষয়ে দু'ধরনের ত্রুটি দেখা যায় (i) মিটারের নিজস্ব ভুল, এবং (ii) মিটার ভুলভাবে রিডিং নেওয়া। এই ধরনের ত্রুটি পানির হিসাবকে প্রকৃত ব্যবহারের চেয়ে বেশি বা কম দেখাতে পারে। এই ত্রুটি দূর করার উপায় দুইটি। প্রথমত মিটারের সঠিকতা নিয়মিত পরীক্ষা করা এবং অপরটি গ্যাজেট-ভিত্তিক/ডিজিটাল মিটার রিডিং ব্যবস্থার প্রবর্তন করা (চিত্র ১১.৩ এ দেখানো হয়েছে)। এই বিষয়ে পরবর্তীতে আলোচনা করা হয়েছে।



পুরাতন পানির মিটার - কম সঠিক



অস্পষ্ট পানির মিটার

চিত্র ১১.৩: মিটারের ত্রুটির উদাহরণ

১১.১.৪ প্রকৃত অপচয় (ভৌত অপচয়)

১১.১.৪.১ সঞ্চালন এবং/অথবা বিতরণ পাইপলাইনের লিকেজ

যদিও এই ধরনের লিকেজ সংখ্যায় কম, তবে সঞ্চালন (ট্রান্সমিশন) বা বিতরণ (ডিস্ট্রিবিউশন) পাইপলাইনে লিকেজ হলে একক ঘটনায়ই বিশাল পরিমাণ পানি অপচয় হতে পারে। চিত্র ১১.৪ এ এমন কিছু লিকেজ পরিস্থিতি দেখানো হয়েছে। সাধারণ পাইপের ফাটল, সংযোগস্থলের বিচ্ছিন্ন হওয়া এবং দীর্ঘমেয়াদি বয়সজনিত দুর্বলতা থাকার কারনে এই ধরনের লিকেজ হয়ে থাকে।



বড় দূর্ঘটনা



পিন হোলের কারনে লিকেজ



ব্যান্ড ব্যবহার করে লিকেজ মেরামত

চিত্র ১১.৪: সঞ্চালন / বিতরণ লাইনে লিকেজ

১১.১.৪.২ পানির স্টোরেজ ট্যাংকে লিকেজ এবং ওভারফ্লো

ট্যাংক থেকে দুইভাবে পানি অপচয় হতে পারে: প্রথমত লিকেজ এবং অপরটি ওভারফ্লোর কারনে। আয়ুজনিত ক্ষয় বা খারাপ নির্মাণের কারণে লিকেজ হয়ে থাকে এবং ওভারফ্লো হয় যখন পাম্প পানির স্তর অনুযায়ী বন্ধ হয় না। সাধারনতঃ লেভেল সুইচ বিকল হওয়া এবং পাম্প ভুলভাবে পরিচালনা করার (চিত্র ১১.৫) জন্য পাম্প সময়মত বন্ধ হয় না ফলে ওভারফ্লো হয়।







চিত্র ১১.৫: ট্যাংক লিকেজের উদাহরণ (ওভারফ্লো-বায়ে ও মধ্যের ছবি, লিকেজ-ডানের ছবি)

১১.১.৪.৩ সার্ভিস কানেকশন লিকেজ

সার্ভিস পাইপ হলো সরবরাহ (ডিস্ট্রিবিউশন) পাইপ থেকে ভোক্তার মিটার পর্যন্ত পাইপ। সরবরাহ (ডিস্ট্রিবিউশন) সিস্টেমের মোট লিকেজের ৯০% এর বেশি এই অংশ থেকেই হয়। বিশেষভাবে, সরবরাহ পাইপ লাইনের সংযোগস্থলেই লিকেজ সবচেয়ে বেশি দেখা যায় (চিত্র ১১.৬)।





চিত্র ১১.৬: সার্ভিস কানেক্শন লিকেজের উদাহরণ

১১.১.৫ ডিএমএ (District Metering Area)

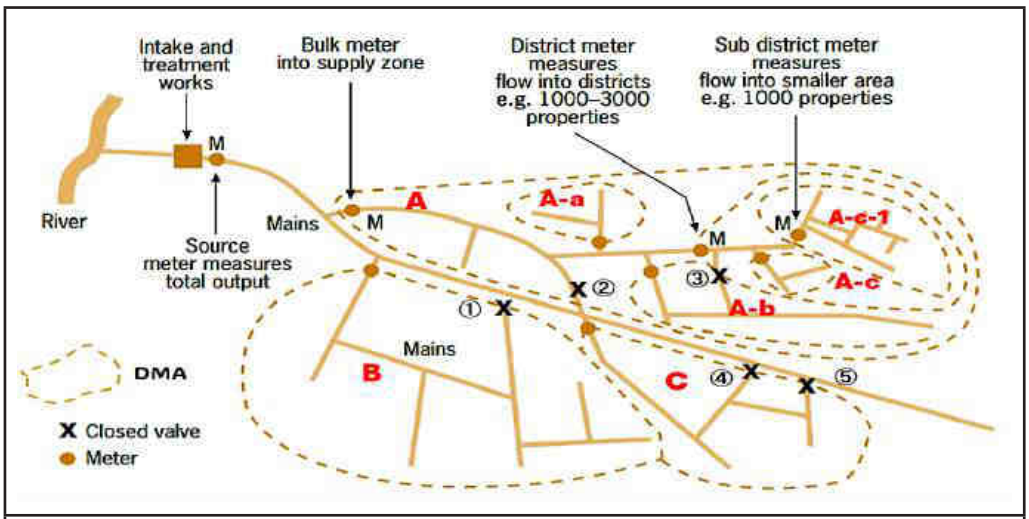
DMA (District Metering Area) হলো একটি নির্দিষ্ট প্রযুক্তি, যা পানি বিতরণ ব্যবস্থায় লিকেজের অবস্থান (ভাল্ভ ও মিটার) শনাক্ত সহজ করার জন্য স্থাপন করা হয়।

চিত্র ১১.৭ এ DMA বিভাজনের একটি উদাহরণ দেখানো হয়েছে। প্রতিটি ডিএমএ একটি বাল্ক মিটারের বাইরে স্থাপন করা হয় যাতে এর মধ্যে বিতরণ করা পানি পরিমাপ করা যায়।

DMA ভিত্তিক লিকেজ শনাক্তকরণঃ

- DMA-A–তে পানি দুই দিক থেকে প্রবেশ করতে পারে, বাল্ক মিটার ও ② নম্বর ভাল্ভ পয়েন্ট দিয়ে)। যখন ভাল্ভ ② বন্ধ করা হয়, তখন পানি কেবল বাল্ক মিটার এর দিক থেকেই DMA-A তে প্রবেশ করবে।
- রাতের বেলায় যখন পানির ব্যবহার সর্বনিম্ন বা শূন্য বলে ধরে নেওয়া হয়, তখন ফ্লো মিটার ব্যবহার করে DMA-A-তে লিকেজ প্রবাহের হার অনুমান করা যেতে পারে। এই সময়কালে, বেশিরভাগ বা সমস্ত রেকর্ডকৃত প্রবাহই লিকেজ বলে ধরে নেওয়া যায়।
- এরপর ③ নম্বর ভাল্ভ বন্ধ করলে DMA-A এর আরও ছোট অংশ DMA-A-b আলাদা হয়ে যায়। রাতের বেলায় DMA-A-b-এর এই একক প্রবেশ বিন্দুতে প্রবাহ হার পরিমাপ করে, DMA-A-b-তে সন্দেহজনক লিকেজ প্রবাহ হার পাওয়া যায়। সুতরাং, এই ছোট এলাকায় রাতে রিডিং নিলে আরও নিখুঁতভাবে লিকেজ এলাকাটি নির্ধারণ করা যায়।
- তবে, এই পদ্ধতি ২৪ ঘণ্টা সক্রিয় এলাকা (শহর, বাণিজ্য এলাকা) তে ব্যবহার করা যায় না।

বাংলাদেশে এখনো DMA অনুযায়ী ভাল্ভ ও ফ্লোমিটার স্থাপন পদ্ধতি চালু হয়নি; তবে ভবিষ্যতে কার্যকর লিকেজ শনাক্তকরণ ও NRW কমানোর জন্য DMA স্থাপন অপরিহার্য।

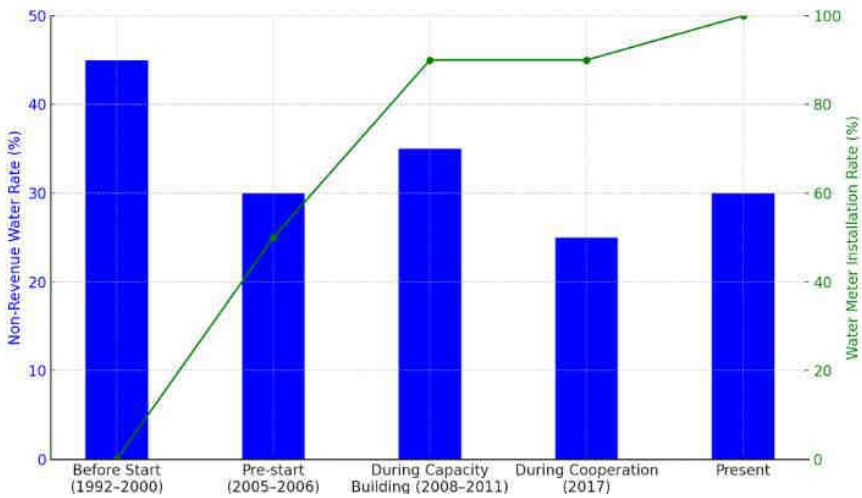


চিত্র ১১.৭: DMA বিভাজনের উদাহরণ

১১.২ নিশ্চিতকরণ বিষয় ও নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

১১.২.১ পরিচালনাগত দিক

NRW হ্রাস একটি দীর্ঘমেয়াদি ও বহু-মাত্রিক কাজ, যেখানে কাজের অগ্রগতি মন্থর ও থেমে থেমে হয় ফলে ফলাফল আসতে সময় লাগে। এছাড়া, এর অনেক কাজই পানি পরিসেবা প্রদানকারীদের অব্যাহতভাবে ও আগাম পরিকল্পনা করে বাস্তবায়ন করতে হয়। সাধারণ NRW প্রতিকারসমূহ নিচে দেওয়া হলো। তবে DPHE এর জন্য জরুরি দায়িত্ব হলো, টেবিল ১১.১ অনুযায়ী পৌরসভাগুলিকে কোন পদক্ষেপ আগে নেওয়া উচিত তা নির্ধারণে পরামর্শ দেওয়া। চিত্র ১১.৮-এ দেখানো হয়েছে যে, পরিস্থিতির সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হল পৌরসভাগুলিকে মিটার এবং মিটার রিডিং স্থাপনের জন্য অনুরোধ করা যাতে NRW পরিমাপ করা যায়। NRW কমানোর এটিই প্রথম পদক্ষেপ। মিটার স্থপিনের মাধ্যমে NRW হ্রাসের প্রভাব বিশেষ করে প্রাথমিক পর্যায়ে দেখা যায়, যেমন চিত্র ১১.৮-এ দেখা গেছে। DPHE কেবল মিটার স্থাপন এবং মিটার রিডিং-এর উপর জোর দেবে না বরং NRW হার গণনা এবং পৌরসভা কর্তৃক পানির ভারসাম্য টেবিল তৈরির পাশাপাশি পর্যবেক্ষণকেও গুরুত্বারোপ করবে বলে আশা করা হচ্ছে।



চিত্র ১১.৮: NRW এর হার এবং মিটার স্থাপনের হারের সম্পর্ক (চট্টগ্রাম-ওয়াসা) [1]

[1] Cited from the Report of the project design survey on the technical assistance project by JICA to C-WASA, 2023,

উপরোক্ত বিষয়ের উপর ভিত্তি করে, এই O&M সাপোর্ট ম্যানুয়ালটি পাইপ লিকেজকে কেন্দ্র করে তৈরি করা হয়েছে। কারণ এটি NRW-এর একটি বড় অংশ দখল করে। NRW হ্রাসের অন্যান্য বিষয়গুলি সমস্যা সমাধান বিভাগ (trouble shooting section) এবং পরিশিষ্টে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।

১১.২.২ ত্রুটি নির্ণয়

(১) পাইপ লিকেজ

১) ঝুঁকি (Risk)

- অন্যান্য NRW উপাদানের তুলনায় রাজস্ব ক্ষতির পরিমাণ অত্যন্ত বেশি।
- ভোক্তাদের মাঝে পানীয় জলের ঘাটতি সৃষ্টি হয়।
- খাবার পানি এবং এর উৎপাদন ব্যয়ের অপচয় ঘটে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary data)

- মাটির উপরের লিকেজের পরিমাণ ও অবস্থান

৩) নিশ্চিতকরণ বিষয়

- চিত্র ১১.৯ এ দেখানো ভূ-পৃষ্ঠে দৃশ্যমান লিকেজই সবচেয়ে সাধারণ, যা বিপুল পরিমাণ পানি অপচয় ঘটায়।
- "DMA" অংশে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী, DMA এর ভিতরে রাতে প্রবাহ পরিমাপ করে লিকেজের পরিমাণ নির্ণয় ও অবস্থান সংকুচিত করা যায়। এই DMA পদ্ধতি ভূ-গর্ভস্থ লিকেজ শনাক্ত করতেও কার্যকর, যা পৃষ্ঠে দেখা যায় না।
- ব্যাবহারকারীদের রিপোর্ট থেকেও মাটির উপরের লিকেজ শনাক্ত করা যায়।





চিত্র ১১.৯: মাটির উপরের লিকেজ

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

- লিকেজ শনাক্ত হওয়ার পর পাইপ মেরামত করতে হবে। এই মেরামতের বিস্তরিত পদ্ধতি "পাইপলাইন" অধ্যায়ে বর্ণিত আছে (৮.২.২ এ পাইপ মেরামত এর ছবি দেখুন)।

১১.৩ স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান

টেবিল ১১.৩-এ NRW এর স্থাপনা সমূহের সমস্যা সমাধান উপস্থাপন করা হয়েছে।

টেবিল ১০.৩ NRW হ্রাসের সমস্যা সমাধান

ঘটনা	কারণ	ঝুঁকি	প্রতিকার
বৈধ পানির ব্যবহারের না করা বিল	অগ্নি নির্বাপণ পানি	➢ পানি উৎপাদনের অপচয় ➢ পানি ব্যবস্থাপনায় চাপ সৃষ্টি ➢ পানির বিল থেকে আয় কমে যাওয়া ➢ কম/বেশি বিলিং এর ফলে পৌরসভার পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনার উপর ভোক্তার আস্থা নষ্ট হতে পারে	➢ অগ্নি নির্বাপণ নিশ্চিত করা ➢ ফায়ার-হাইড্রেন্ট সিস্টেমে লিকেজ আছে কি না পরীক্ষা করা
	ভাসমান বস্তুসহ পানি সরবরাহের কারনে অপসারণকৃত পরিমাণ*		➢ ভাসমান বস্তু, রং বা গন্ধবিহীন পানি সরবরাহ করা ➢ প্ল্যান্ট অপারেশন পর্যালোচনা করা এবং গ্রাহকদের সাথে আলোচনা করে কারণ শনাক্ত করা
	পাইপ ধুয়ে ফেলা		➢ পাইপলাইন ধুয়ে পাইপের ভিতর পরিষ্কার রাখা
আপেক্ষিক (Apparent) অপচয়	পানি চুরি		➢ বাড়ি-বাড়ি গিয়ে অবৈধ সংযোগ পরীক্ষা করা ➢ জরিমানা আরোপ করা ➢ জনসচেতনতা বৃদ্ধি করা
	পানির মিটারে ত্রুটি		➢ মিটারের ত্রুটি পরীক্ষা করা ➢ প্রয়োজন হলে পানির মিটার পরিবর্তন করা
	মিটার রিডিং এ ত্রুটি		➢ মিটারের রিডিং পুনঃনিশ্চিতকরণ করা ➢ ডিজিটাল/gadget রিডিং সিস্টেম ব্যবহার করা
প্রকৃত অপচয়	পাইপ লিকেজ		➢ চোখে দেখে মাটির উপরের লিকেজের অবস্থান শনাক্ত করা বা DMA পদ্ধতিতে এর অবস্থান শনাক্ত করা ➢ পাইপ মেরামত/প্রতিস্থাপন করা
	ট্যাংক লিকেজ		➢ ট্যাঙ্ক মেরামত করা
	ট্যাংক ওভারফ্লো		➢ পাম্প অপারেশন নিশ্চিত করা ➢ ট্যাংক এর লেভেল কন্ট্রোল সিস্টেম মেরামত করা

* সাধারণভাবে, গ্রাহক যদি গুণাগুন সম্পন্ন পানি না পায়, যা পানযোগ্য মানদন্ড উত্তীর্ণ নয়, তবে বিল পরিশোধে ছাড় দেওয়া হয়।

১১.৪ পরিদর্শন

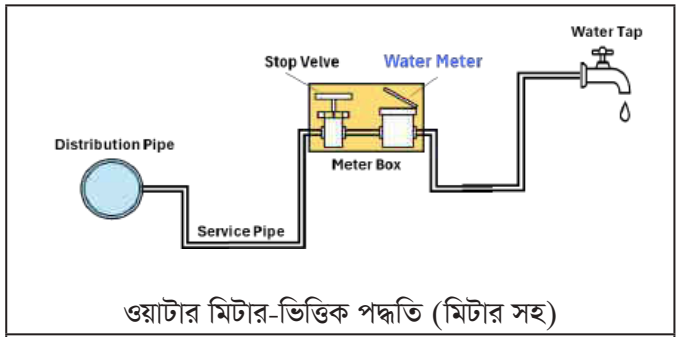
১১.৪: NRW সম্পর্কিত দৈনিক, মাসিক এবং বাৎসরিক পরিদর্শনের বিষয়সমূহ ও মানদন্ড

বিষয়	দৈনিক	মাসিক	বাৎসরিক	মানদন্ড
১। পানির মিটার রিডিং	—	○	○	পূর্বের তুলনায় ±৫০% এর বেশি/কম পার্থক্য হলে পুনরায় পরীক্ষা করা
২। পানির মিটারের সঠিকতা	—	—	○ ৫ বছরে একবার	৫% এর বেশি ত্রুটি থাকলে মিটার পরিবর্তন করা
৩। পাম্পিং স্টেশনে প্রবাহের হার	○	○ দৈনিক ডাটার গড় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ গণনা করা	○ মাসিক গড় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ গণনা করা	পূর্বের তুলনায় বড় পরিবর্তন দেখা গেলে পাইপ লিকেজ/ ব্লকেজ বা ইনটেক ব্যবস্থা পরিচালনা অস্থিতিশীল আছে
৪। পাম্পিং স্টেশনে চাপের পরিমাণ				
৫। বিতরণ পাইপলাইনে প্রবাহের হার	—	○ একই পয়েন্টে প্রতি মাসে পরিমাপ করা		
৬। বিতরণ পাইপলাইনে চাপের পরিমাণ				
৭। বিতরণ পাইপলাইনে লিকেজ	○ এলাকাবাসির রিপোর্টও গ্রহনযোগ্য	○ উপরের ৫ ও ৬ নং এ পরিমাপের সময় নিশ্চিত করা		ভূ-উপরিস্থ লিকেজ দৃশ্যমান কিনা পর্যবেক্ষণ করা। লিকেজ হলে পাইপলাইন নক্শায় চিহ্নিত করতে হবে
৮। বাহিরের (ট্যাংক, মাটির উপরে) লিকেজ	○	○	○	দৃশ্যমান লিকেজ আছে কি না নিশ্চিত করা
৯। ট্যাংক এ পানির লেভেল (পৌরসভার সবিধা)	○ প্রতি ঘন্টায় চেক করা	○ দৈনিক ডাটার গড় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ গণনা করা	○ মাসিক গড় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ গণনা করা	ওভারফ্লো বা সম্পূর্ণ খালি কিনা পরীক্ষা করা

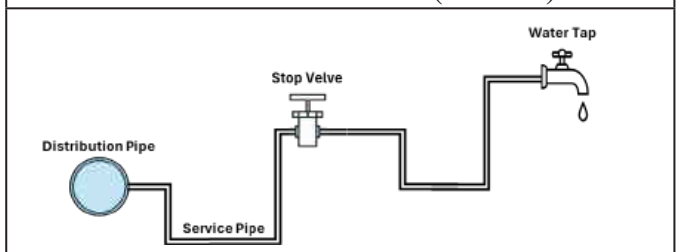
অধ্যায়-১২ঃ পানির ট্যারিফ এবং আদায়

১২.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

প্রতিটি পৌরসভায়, পৌর পানি সরবরাহ (PWSS) স্থানীয় জনগণের জন্য পানি সরবরাহ সুবিধার পরিচালনা ও ব্যবস্থাপনার দায়িত্ব পালন করে এবং সাধারণত পানি শুল্ক (water tariff) সংগ্রহের দায়িত্বও তাদের উপরই থাকে যদি না এ কাজ তৃতীয় কোনও সংস্থাকে আউটসোর্স করা হয়।



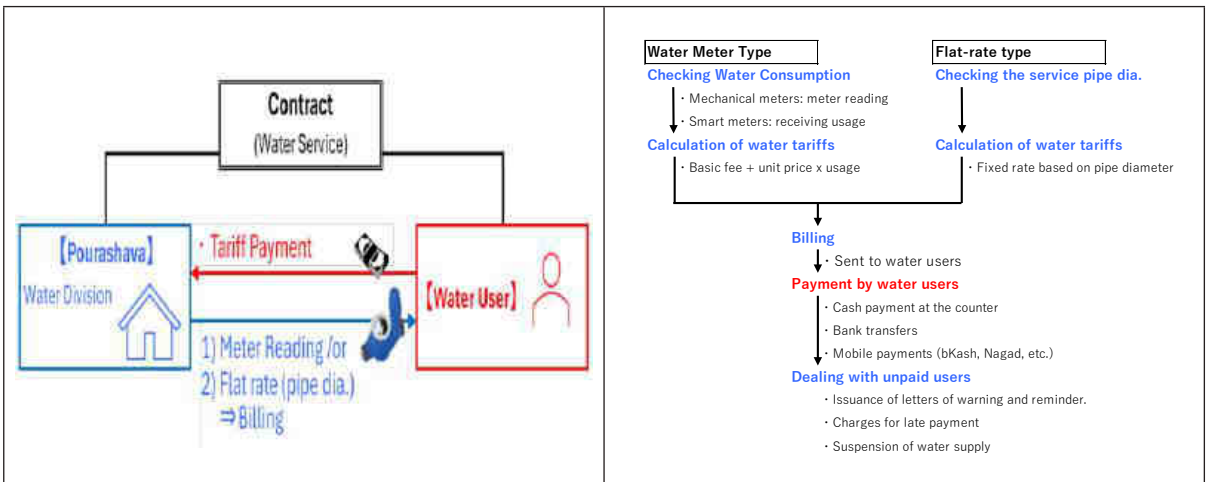
ওয়াটার মিটার-ভিত্তিক পদ্ধতি (মিটার সহ)



একক হার পদ্ধতি (মিটার ছাড়া))

চিত্র ১২.১: মিটার সহ ও মিটার ছাড়া পানির শুল্ক আদায়ের পদ্ধতি

চিত্র ১২.১ এ দেখানো হয়েছে যে পানি সরবরাহ চুক্তির ভিত্তিতে মূলত দুই ধরনের পানি শুল্ক সংগ্রহ পদ্ধতি বিদ্যমান: **১) ওয়াটার মিটার-ভিত্তিক পদ্ধতি** যা ব্যবহারকৃত পানির পরিমাণ মিটারের মাধ্যমে পরিমাপ করা হয় এবং যথাযথ বিল সংগ্রহ করা হয়। এবং **২) একক হার পদ্ধতি** - এটি সার্ভিস পাইপের ব্যাস অনুযায়ী নির্ধারিত একক হারের (flat rate) উপর ভিত্তি করে শুল্ক নির্ধারণ করে। এ ছাড়া আরও কিছু পদ্ধতি রয়েছে, যেমন: পরিবার ভিত্তিক একক হার পদ্ধতি এবং একক হার ও পানির মিটার এর সংমিশ্রণ পদ্ধতি। তবে এগুলি খুবই সীমিত পরিসরে ব্যবহৃত হয়। তাই এই ম্যানুয়ালে মূলত দুটি পদ্ধতির উপর (ওয়াটার মিটার ও একক হার পদ্ধতি) গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে। ২০২৪ সাল পর্যন্ত, বাংলাদেশে অনেক পৌরসভায় ওয়াটার মিটার স্থাপনের অভাবে ফ্ল্যাট রেট পদ্ধতিটি বেশি প্রচলিত। চিত্র ১২.২ এ পানি শুল্ক আদায়ের একটি সাধারণ ও মৌলিক প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১২.২ পানির শুল্ক আদায়ের একটি সাধারণ ও মৌলিক প্রক্রিয়া

১২.১.১ পানি ট্যারিফ ব্যবস্থা

১২.১.১.১ পানির মিটার ভিত্তিক পদ্ধতি

(১) প্রচলিত পানি মিটার

সার্ভিস পাইপের ব্যাস, আকার, এবং প্রকৃত পানি ব্যবহারের পরিমাণ অনুসারে পানির মূল্য নির্ধারণ করা হয়। বর্তমানে কিছু পৌরসভা যেমন জগন্নাথপুর, কুমিল্লা ইত্যাদিতে পানির মিটার স্থাপন করা হয়েছে। তবে অধিকাংশ পৌরসভায় গৃহস্থালি সংযোগে পানির মিটার স্থাপন এখনও সীমিত। মূলত অধিক পানি ব্যবহারকারী বাণিজ্যিক সংযোগগুলিতেই মিটার স্থাপন করা হয়েছে। পানির মিটার স্থাপন ও মিটার-ভিত্তিক পানি শুল্ক সংগ্রহ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, কারণ এটি লিকেজ ও অপচয় (NRW) কমায় এবং পানি ব্যবস্থাপনা দক্ষ করে ব্যয় হ্রাস করে ও আয় বৃদ্ধি করে।

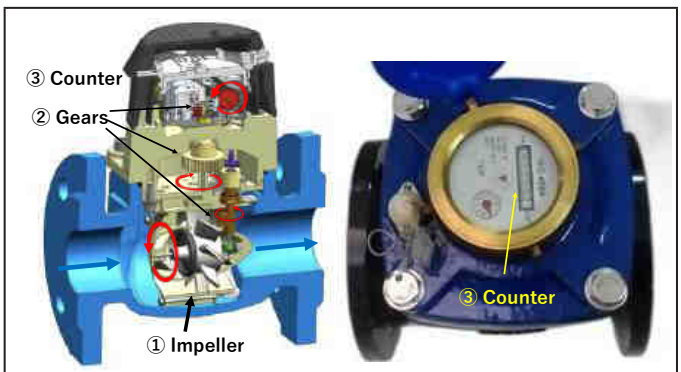
চিত্র ১২.৩ এ প্রধান পানি মিটারের ধরণ দেখানো হয়েছে:

শ্রেণি	ইমপেলার টাইপ	ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক টাইপ	আল্ট্রাসনিক টাইপ	ওরিফিস এবং ভেনচুরি টাইপ
নির্ভুলতা (Accuracy)	মাঝারি	উচ্চ	নিম্ন থেকে মাঝারি	নিম্ন
খরচ	ছোট আকার: কম বড় আকার: বেশি	বেশি	বেশি	কিম

চিত্র ১২.৩ পানির মিটার

- **ইমপেলার টাইপ পানির মিটার**

এটি সঞ্চিত প্রবাহমাত্রা প্রদর্শন করে, কারণ প্রবাহের গতি, ইমপেলারের ঘূর্ণনের সাথে সমানুপাতিক। গিয়ারের সমন্বয়ে গঠিত তুলনামূলকভাবে জটিল কাঠামো হওয়ায়, কোনো সমস্যা হলে মেরামত বা ক্যালিব্রেশন করা কঠিন। এটি পৌরসভায় এটি বাল্ক মিটার এবং গৃহস্থালি পানির মিটার হিসেবে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

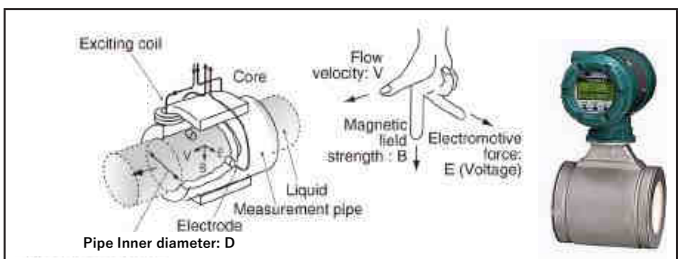


চিত্র ১২.৪: ইমপেলার টাইপ

- **ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক পানির মিটার**

পাইপে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করা হয় এবং Faraday এর Law অনুযায়ী, প্রবাহের গতি, উৎপন্ন ভোল্টেজ (E) এর সমানুপাতিক।এই ভোল্টেজ পরিমাপ করে প্রবাহের হার নির্ণয় করা হয়। এই পদ্ধতিটিতে চাপ হ্রাস পায় না এবং এর নির্ভুলতা (accuracy) খুবই ভাল। তবে এর জন্য পাওয়ার সাপ্লাই দরকার এবং ব্যয়বহুল।

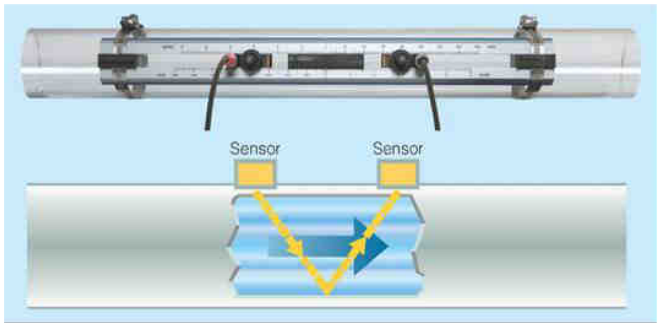
বর্তমানে ব্যাটারি-চালিত ১০-বছর লাইফটাইম এর মিটার তৈরি করা হয়েছে, এবং ভবিষ্যতে পৌরসভায় এটি ব্যাপক ব্যবহৃত হবে বলে আশা করা যায়।



চিত্র ১২.৫: ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক টাইপ

- **আল্ট্রাসোনিক পানির মিটার**

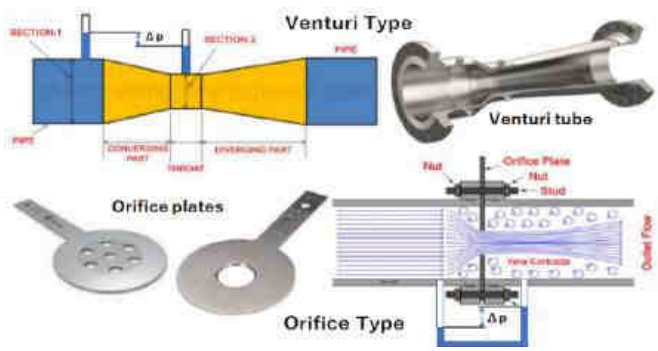
এটি পাইপের ভেতর প্রেরিত আল্ট্রাসাউন্ড তরঙ্গের আগমন সময়ের পার্থক্য পরিমাপ করে প্রবাহের গতি নির্ণয় করে। এর সুবিধা হলো যে এটি পাইপের বাইরে বসানো যায়। যেখানে পাইপ উন্মুক্ত থাকে, সেখানে খুব সহজে ব্যবহার করা যায়। প্রতিটি পৌরসভার কমপক্ষে ১টি আল্ট্রাসোনিক মিটার থাকা উচিত।



চিত্র ১২.৬: আলট্রাসনিক টাইপ

- **অরিফিস ও ভেনচুরি টাইপ পানির মিটার**

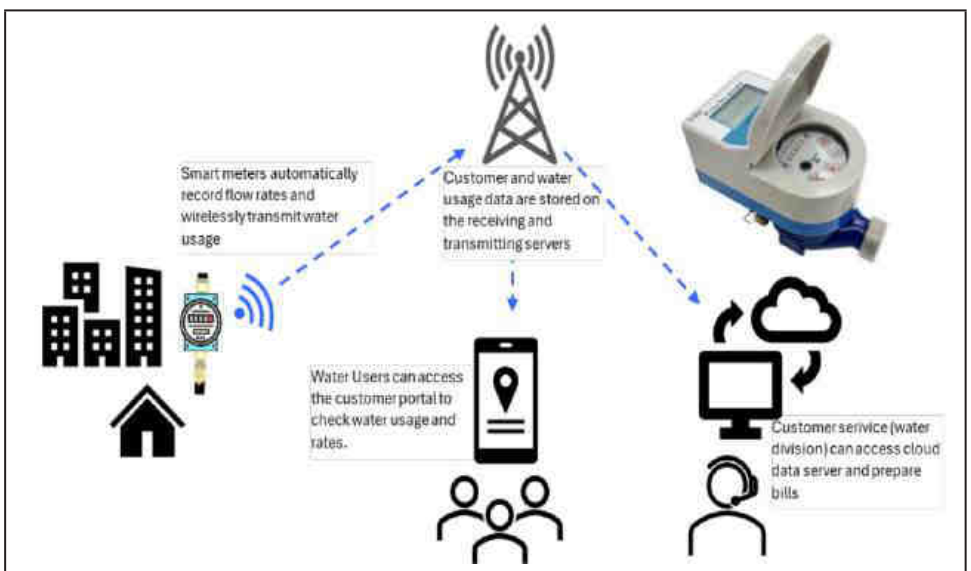
এগুলি ডিফারেন্সিয়াল প্রেসার (**Δp**) পরিমাপ করে এবং Bernoulli এর theorem ব্যবহার করে প্রবাহের হার নির্ণয় করে। এর জন্য বিদ্যুৎ লাগে না, কম খরচ, এটি সহজ কাঠামোতে তৈরি এবং এর ত্রুটি (failure) তুলনামূলক কম। তবে **Δp** এর মান পরিবর্তনশীল হওয়ায় আউটফ্লো কো-এফিশিয়েন্ট সঠিকভাবে নির্ণয় করা কঠিন এবং এর নির্ভুলতা (accuracy) অপেক্ষাকৃত কম।



চিত্র ১২.৭: অরিফিস ও ভেনচুরি টাইপ

(২) স্মার্ট পানির মিটার

স্মার্ট পানির মিটার এমনভাবে নকশা করা হয়েছে যাতে এটি মিটার রিডিং স্বয়ংক্রিয়ভাবে গ্রাহক কেন্দ্র (পানি ও স্যানিটেশন শাখা) তে একটি ট্রান্সমিশন সার্ভারের মাধ্যমে প্রেরণ করতে পারে (চিত্র ১২.৮ এ দেখানো হয়েছে)। তবে বর্তমানে পৌরসভা পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় স্মার্ট মিটার ব্যবহৃত হচ্ছে না।



চিত্র ১২.৮: স্মার্ট পানির মিটার ব্যবস্থা

মিটার ডিসপ্লে থেকে সাইটে নিম্নলিখিত তথ্য পড়া যায়:

- **মোট পানির ব্যবহার**
  মূল ডিসপ্লেতে মিটার দিয়ে প্রবাহিত মোট পানির পরিমাণকে দেখায়।
- **পানির লিকেজ**
  সাধারণত কোনো লিকেজ হলে মিটার একটি সতর্কবার্তার আইকন দেখায়।
- **বর্তমান প্রবাহের হার**
  মিটারে লিটার/মিনিট বা অনুরূপ এককে তাৎক্ষণিক প্রবাহ হার দেখাতে পারে। সব পানি বন্ধ থাকলে যদি প্রবাহ হার প্রদর্শিত হয় তবে লিকেজ আছে বলে ধারণা করা যায়।
- **সতর্ক সংকেতসমূহ**
  মিটারে লো-ব্যাটারি, মেকানিক্যাল ত্রুটি, ইলেকট্রনিক ত্রুটি ইত্যাদি দেখাতে পারে।
- **ফার্মওয়্যার ও সিস্টেম তথ্য**
  ডিসপ্লেতে ফার্মওয়্যার সংস্করণ দেখা যায়। স্মার্ট মিটার রেডিও সিগনাল ব্যবহার করে তথ্য প্রেরণ করে।

১২.১.১.২ প্রাথমিক হার এবং মিটার-ভিত্তিক হার

পানির মূল্য সরবরাহ পাইপের ব্যাসের আকার এবং প্রকৃত পানির ব্যবহার অনুযায়ী নির্ধারিত হয়, যার একটি মৌলিক হার (Basic Rate) এবং অপরটি মিটারভিত্তিক হার (Metered Rate)। মৌলিক হার সাধারণত পানির মিটার স্থাপন ও রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় হিসাব করা হয়, আর মিটারভিত্তিক হার এর ক্ষেত্রে পানির ব্যবহারের পরিমাণ অনুযায়ী এর পরিচালন ব্যয় হিসাব করা হয়। বাংলাদেশে পানি সরবরাহ সেবার ক্ষেত্রে মিটারের ব্যয় মালিক নিজেই বহন করেন; ফলে মিটারের জন্য কোনো পৃথক মৌলিক হার আরোপ বা আদায় করা হয় না।

টেবিল ১২.১: মিটার-ভিত্তিক পানির ট্যারিফ গঠন

প্রকার		সংজ্ঞা	ব্যয়
পানির ট্যারিফের মোট পরিমাণ	মৌলিক হার (নির্ধারিত)	পানি ব্যবহারের পরিমাণ ব্যতিরেকে পানি ব্যবহারকারীদের সার্ভিস পাইপের ব্যাস অনুযায়ী ট্যারিফ চার্জ।	পানির মিটার স্থাপন, ট্যারিফ সংগ্রহ ও রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয়।
	মিটারভিত্তিক হার (হিসাব অনুযায়ী)	পানি ব্যবহারের পরিমাণ অনুযায়ী পানি ব্যবহারকারীদের ট্যারিফ চার্জ।	পরিচালন ব্যয়: যেমন বিদ্যুৎ, রাসায়নিক ইত্যাদি

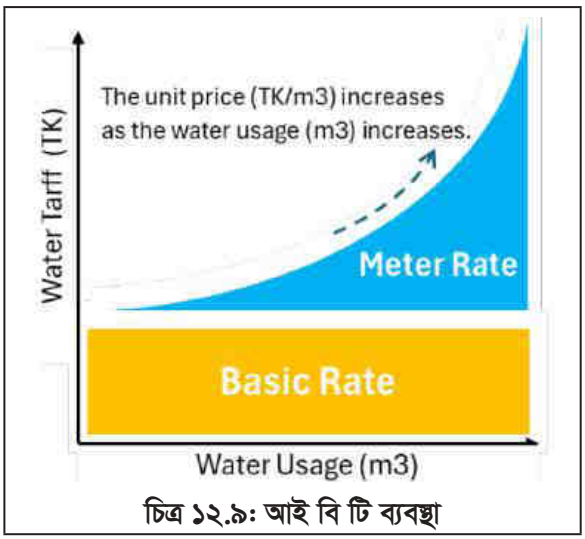
টেবিল ১২.২ এ বাসাবাড়ি ও বাণিজ্যিক সংযোগের নির্ধারিত হারের উদাহরণ দেখানো আছে। এটি কেবল একটি উদাহরণ যদি এই ধরনের ট্যারিফ সিস্টেম চালু করা হয়।

টেবিল ১২.২: পানির ট্যারিফের উদাহরণ

Rate Classification / Type, User, Pipe Dia.			Basic Rate	Water Meter Rate (TK)	
				Water Use (m3)	Price (TK/m3)
Private water supply	Residents	1/2" (13mm)	300	1～20	12
		3/4" (20mm)	600	21～40	16
		1" (25mm)	2,000	41～	24
		1.5" (40mm)	8,000	1～50	24
		2" (50mm)	12,000	51～100	30
		3" (75mm)	30,000	100～	36
	Commercial	1/2" (13mm)	400	1～20	16
		3/4" (20mm)	1,000	21～40	20
		1" (25mm)	3,000	41～	30
		1.5" (40mm)	12,000	1～50	36
		2" (50mm)	18,000	51～100	40
		3" (75mm)	40,000	100～	48

১২.১.১.৪ ক্রমবর্ধমান থোক ট্যারিফ (Increasing Block Tariff - IBT)

বাংলাদেশের কিছু পৌরসভায় নিম্ন-আয়ের ও ঝুঁকিপূর্ণ পরিবারের জন্য ট্যারিফ পরিশোধ সহজতর করার লক্ষ্যে ক্রমবর্ধমান থোক ট্যারিফ (Increasing Block Tariff - IBT) পদ্ধতি প্রবর্তন করা হয়েছে।



চিত্র ১২.৯: আই বি টি ব্যবস্থা

চিত্র ১২.৯-এ প্রদর্শিত অনুযায়ী, IBT হলো এমন একটি মূল্য নির্ধারণ কাঠামো যেখানে নির্দিষ্ট পরিমাণ ব্যবহার পর্যন্ত পণ্যের উপর নিম্ন প্রারম্ভিক হার প্রযোজ্য হয় এবং অতিরিক্ত ব্যবহারের ক্ষেত্রে ক্রমান্বয়ে উচ্চতর হার আরোপ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, টেবিল ১২.২ অনুসারে ২০ মিমি ব্যাসের পানির সার্ভিস পাইপ সংযুক্ত গ্রাহকদের ক্ষেত্রে পানির ব্যবহার ২০ ঘনমিটার বা তার কম হলে ইউনিট মূল্য ১২ টাকা/ঘ:মি: নির্ধারিত থাকে; তবে পানির ব্যবহার ২১ ঘ:মি: থেকে ৪০ ঘ:মি হলে ইউনিট মূল্য বৃদ্ধি পেয়ে ১৬ টাকা/ঘি:মি: হয়। IBT-এর উদ্দেশ্য হলো উচ্চতর ইউনিট মূল্যের মাধ্যমে অতিরিক্ত পানি ব্যবহার নিরুৎসাহিত করা। একই সাথে, স্বল্পমাত্রার ব্যবহারে নিম্ন চার্জ প্রযোজ্য হওয়ায় এটি নিম্ন-আয়ের পরিবারসমূহকে পানির মিটার স্থাপনে উৎসাহিত করার একটি কার্যকর পদ্ধতি। সীমিত পানিসম্পদ এবং সরবরাহ-চাহিদা ব্যবস্থাপনা জটিল হলে পানি সংরক্ষণের দৃষ্টিকোণ থেকেও এটি একটি কার্যকর ব্যবস্থা। তবে উল্লেখ্য যে, সমৃদ্ধ (উচ্চ-আয়ের) পরিবারের ক্ষেত্রে নির্ধারিত হার হতে মিটারভিত্তিক হারে সহজে রূপান্তরের ক্ষেত্রে IBT কখনও কখনও প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি করতে পারে।

১২.১.১.৪ সুবিধা ও অসুবিধা

টেবিল ১২.৩ এ মিটার-ভিত্তিক পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার সুবিধা ও অসুবিধা দেখানো হয়েছে।

টেবিল ১২.৩ মিটার-ভিত্তিক পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার সুবিধা ও অসুবিধা

সুবিধা সমূহ	অসুবিধা সমূহ
ন্যায়সঙ্গত ট্যারিফ: ব্যবহার অনুযায়ী বিল, কম ব্যবহারকারীরা উপকৃত হয়। **পানি সাশ্রয় উৎসাহিত করে:** সংরক্ষণ ও দক্ষ ব্যবহারকে উৎসাহিত করে। **O&M ব্যয় সংকুলান করে:** বেশি ব্যবহার করলে বেশি রাজস্ব আয় হয়। **লিকেজ শনাক্তকরণ:** পানির অপচয় রোধের জন্য অস্বাভাবিক ব্যবহার দ্রুত বোঝা যায়। **NRW নির্ণয় করে:** উৎপাদিত ও বিক্রিত পানির পার্থক্য সহজে জানা যায় ফলে পানির অপচয় পর্যবেক্ষণ করা সহজ হয়। **পানি চুরি শনাক্ত করা:** বেআইনি পানি ব্যবহার কার্যকরভাবে সনাক্ত হরা যায়। **ব্যবস্থাপনার উন্নতি করে:** তথ্য বিশ্লেষণ কার্যকর পরিচালনাকে সহায়তা করে।	**প্রাথমিক ব্যয় বেশি:** মিটার ক্রয় ও স্থাপন ব্যয় যুক্ত হয়। **রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয়:** নিয়মিত সার্ভিস ও যন্ত্রাংশ পরিবর্তন করা প্রয়োজন। **প্রযুক্তিগত সমস্যা:** সঠিকতা (Accuracy) ও স্থায়ীত্ব এর সমস্যা হতে পারে। **গ্রাহকের আর্থিক চাপ:** ব্যবহারভিত্তিক ট্যারিফে বিল কখনও বেশি হতে পারে। **তথ্য ব্যবস্থাপনা ব্যয়:** দক্ষ জনবল ও সিস্টেম দরকার। **মিটার রিডার প্রয়োজন (বেশি জনবল):** প্রতি মাসে প্রতিটি বাড়িতে গিয়ে মিটার রিডিং নিতে হয়।

১২.১.১.৫ নির্ধারিত হার ভিত্তিক পানি মূল্য ব্যবস্থা

(১) ট্যারিফ নির্ধারণ

নির্ধারিত হার সাধারণত সরবরাহ পাইপের ব্যাস এবং পানি ব্যবহারকারীর ধরণ (ব্যক্তিক, বাণিজ্যিক বা শিল্প ব্যবহারকারী ইত্যাদি) অনুযায়ী নির্ধারণ করা হয়। সাধারণভাবে ছোট ব্যাসের পাইপ ব্যবহারকারীদের জন্য (গৃহস্থালি) নিম্ন মাসিক নির্ধারিত হার এবং বাণিজ্যিক ও শিল্প ব্যবহারকারীদের জন্য উচ্চ নির্ধারিত হার ধার্য করা হয়।

প্রতিমাসে পানির ব্যবহার যাই হোক না কেন, সব ব্যবহারকারীকে একই পরিমাণ বিল পরিশোধ করতে হয়।

বাসিন্দা ও বাণিজ্যিক ব্যবহারকারীর জন্য নির্ধারিত হারের উদাহরণ টেবিল ১২.৪ এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ১২.৪: নির্ধারিত হারের উদাহরণ

Ctegory / Type and Pipe Dia.		Flat rate (TK/month)	
		Residents	Commercial
Private water supply	1/2" (13mm)	200	350
	3/4" (20mm)	350	700
	1" (25mm)	1,000	2,000
	1.5" (40mm)	4,000	8,000
	2" (50mm)	6,000	12,000
	3" (75mm)	15,000	30,000

(২) সুবিধা ও অসুবিধা

টেবিল ১২.৫: নির্ধারিত হার ভিত্তিক পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার সুবিধা ও অসুবিধা

সুবিধা সমূহ	অসুবিধা সমূহ
রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কম: মিটার প্রয়োজন না হওয়ায় যন্ত্রপাতি ও রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কমে। **গ্রাহকের জন্য স্থিতিশীল ব্যয়:** মাসিক নির্ধারিত বিল হওয়ায় বাজেট পরিকল্পনা সহজ হয়; অনিয়মিত আয়ের পরিবারে জন্য আদর্শ ও উপযোগী। **বিল আদায়ে সুবিধা:** হিসাব সহজ, সংগ্রহের প্রক্রিয়া সরল হওয়ায় প্রশাসনিক দক্ষতা বৃদ্ধি পায়। **মানবসম্পদ বৃদ্ধি (সহজ ব্যবস্থাপনা)**।	**পানির অপচয়:** নির্ধারিত হার থাকায় অতিরিক্ত পানি ব্যবহারের প্রবণতা বাড়ে, বিশেষ করে পানি সংকটপূর্ণ এলাকায়। **ন্যায়বিচারের অভাব:** কম ও বেশি ব্যবহারকারী একই পরিমাণ বিল দিলে অসমতা সৃষ্টি হয়। **রাজস্ব বৃদ্ধি সীমিত:** ব্যবহার বাড়লেও আয় বাড়ে না; ফলে উনয়ন ও রক্ষণাবেক্ষণে তহবিলে ঘাটতি দেখা দেয়। **লিকেজ শনাক্তকরণ কঠিন:** মিটার না থাকায় লিকেজ নির্ণয় করা কঠিন।

১২.১.১.৬ অর্থনৈতিক দক্ষতা

পানির ট্যারিফ ব্যবস্থা নির্ধারণের জন্য অর্থনৈতিক দক্ষতা একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। নির্ধারিত হার এবং মিটার ভিত্তিক পানির ট্যারিফ উভয়েরই ক্ষেত্রে অর্থনৈতিক কার্যকারিতা পৃথক, এবং তা টেবিল ১২.৬ এ দেখানো হয়েছে। বাংলাদেশের পৌরসভাগুলিতে পানির ট্যারিফ ব্যবহার পরিচালনার অবস্থা ও ব্যয়ের পার্থক্যের কারনে অঞ্চলভেদে ভিন্ন ভিন্ন হয়।

টেবিল ১২.৬ পানির ট্যারিফ ব্যবস্থার অর্থনৈতিক দক্ষতার বৈশিষ্ট্য

ট্যারিফ ব্যবস্থা	বিষয়	অর্থনৈতিক বৈশিষ্ট্য
ক) নির্ধারিত হার ব্যবস্থা	পানির ট্যারিফ নির্ধারিত, পানি ব্যবহরের পরিমানের উপর নয়।	ব্যবহারকারীদের পানির ব্যবহার সাশ্রয় করার জন্য কোনও উৎসাহ নেই।
খ) পানির মিটার ব্যবস্থা	পানি ব্যবহারের পরিমাণের ভিত্তিতে পানির বিল প্রদান।	
১) পানির পরিমাণের জন্য একই ট্যারিফ হার	পানি ব্যবহারের পরিমাণের ভিত্তিতে সরলিকৃত পানির বিল প্রদান।	ব্যবহারকারীদের পানি ব্যবহারের গুরুত্বপূর্ণ ব্যয় সম্পর্কে স্পষ্ট সংকেত প্রদান করা হয়।
২) ক্রমবর্ধমান থোক ট্যারিফ (Increasing Block Tariff)	পানি ব্যবহারের পরিমাণের বৃদ্ধির সাথে সাথে পানির একক দর বৃদ্ধি পাওয়া।	পানি ব্যবহার বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সাথে একক মূল্য বৃদ্ধি পায়, ফলে ব্যবহারকারীরা পানি সাশ্রয়ে উৎসাহিত হন।
৩) ক্রমহ্রাসকৃত থোক ট্যারিফ (Decreasing Block Tariff)	পানি ব্যবহারের পরিমাণের বৃদ্ধির সাথে সাথে পানির একক দর হ্রাস পাওয়া।	পানি সাশ্রয়ের প্রণোদনা কার্যকর হয় না।

১২.১.২ বিলিং

১২.১.২.১ পানির ট্যারিফ হিসাব করা

উপরের বর্ণনা অনুযায়ী, নির্ধারিত হার ভিত্তিক ট্যারিফে কোনো হিসাব করার প্রয়োজন হয় না, তাই এই অংশে শুধুমাত্র মিটারভিত্তিক পানি বিল হিসাবের প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

(i) মিটার রিডিং

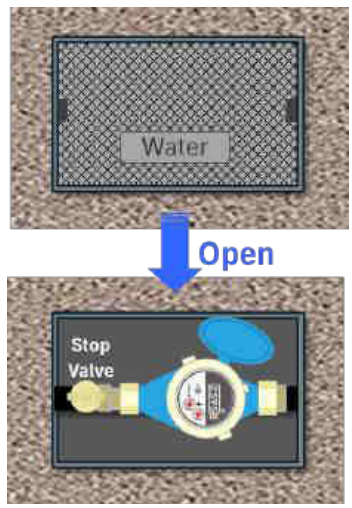
মাসিক পানি বিল প্রস্তুত করার জন্য ট্যারিফ সংগ্রাহক (মিটার রিডার)কে পানি ব্যবহারকারীর মিটার রিডিং নিতে হয়, যাতে প্রকৃত পানি ব্যবহারের পরিমাণ নিশ্চিত করা যায়।

মিটারে স্ট্যান্ডার্ড এনালগ ডায়াল বা ডিজিটাল ডিসপ্লে থাকলে, পানি ব্যবহারের হিসাব করা সহজ। ডিসপ্লেতে প্রদর্শিত বর্তমান রিডিং থেকে পূর্বের মাসের রিডিং বাদ দিলেই মাসিক পানি ব্যবহারের পরিমাণ পাওয়া যায়।

নিচে পানির মিটার রিডিং নেওয়ার ধাপগুলি ব্যাখ্যা করা হলো:

ধাপ-১: মিটারের অবস্থান শনাক্ত করা

বেশিরভাগ ক্ষেত্রে পানি মিটার বাড়ির সামনে রাস্তার কিনারায় বা ফুটপাতের পাশে থাকে। সাধারণত এটি ঢাকনাসহ মিটার বক্সের ভিতরে রাখা হয়, ঢাকনায় সাধারণত "পানির মিটার" লেখা থাকে যাতে সহজে মিটারটিকে সনাক্ত করা যায় যখন এটি মাটির নিচে থাকে। অ্যাপার্টমেন্ট/কনডোমিনিয়ামে এগুলি সাধারণত বেজমেন্টের ইউটিলিটি রুমে অথবা ভবনের বাইরের দেওয়ালে থাকে।



মিটারটি বাড়ির পাইপলাইনকে মূল বিতরণ পাইপের সাথে যুক্ত করে, এবং মূল পাইপের পাশে সাধারণত একটি স্টপ-ভাল্ভ থাকে, যা জরুরি মেরামত বা মিটার পরিবর্তনের সময় পানির প্রবাহ বন্ধ করতে ব্যবহৃত হয়।

যদি কোনো ভবনে পানির বিল ভাড়ার সংগে বা হাউজিং অ্যাসোসিয়েশন চার্জের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত থাকে, তবে পুরো ভবনের পানির ব্যবহার একটি মাত্র মিটার থেকে পড়া হয়।

ধাপ-২: সঠিকভাবে রিডিং নেওয়া

Analogue Meter Type (Impeller/Mechanical Type)

পানির মিটারটি পানি ব্যবহারের পরিমাণ অনুযায়ী ডায়ালের সংখ্যা ঘোরে এবং মোট পানির ব্যবহার যোগ করে। প্রতি মাসে পানির মিটারটি পড়া হয় এবং এই রিডিং হতে গত মাসের রিডিং বিয়োগ করে পানি ব্যবহারের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। নিম্নে একটি উদাহরণ দেওয়া হলো:

গত মাসের রিডিং: ১০০.১ ঘ:মি:, এই মাসের রিডিং: ১১৬.১ ঘ:মি:, ⇒ পানি ব্যবহার = ১৬.০ ঘ:মি:/মাস

মিটার কীভাবে পড়তে হয় তার ব্যাখ্যা চিত্র ১২.১০ এ দেখানো হলো:

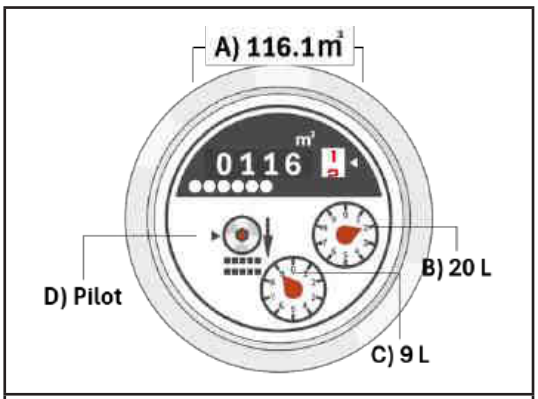
এ) মিটারের উপরের কালো ব্যাকগ্রাউন্ডে সাদা সংখ্যাগুলি বাম দিক থেকে ডান দিকে পড়তে হবে। চিত্র ১২.১০ এর উদাহরণে এই রিডিং: ১১৬ ঘ:মি:। লাল সংখ্যাগুলি (সাদা ব্যাকগ্রাউন্ডে) ১০০ লিটার = ০.১ ঘ:মি: নির্দেশ করে। উদাহরণে এই মান: ০.১ ঘ:মি: (কারণ এটি ১ ও ২ এর মধ্যে দেখা যাচ্ছে)। সুতরাং রিডিংটি হবে ১১৬.১ ঘ:মি:

বি) চিত্র ১২.১০ এ ১০ লিটারের স্কেল দেখায়। উদাহরণ: ২০ লি: = ০.০২ ঘ:মি:

সি) চিত্র ১২.১০ এ ১ লিটারের স্কেল দেখায়। উদাহরণ: ৯ লি: = ০.০০৯ ঘ:মি:

এখন এ) হতে সি) পর্যন্ত রিডিং হলো: ⇒ মোট রিডিং: ১১৬.১ + ০.০২ + ০.০০৯ = ১১৬.১২৯ ঘ:মি:

ডি) **পাইলট** স্কেল পানি প্রবাহ থাকলে ঘোরে। যদি সব ট্যাপ বন্ধ থাকা অবস্থায় এটি ঘোরে তবে বুঝতে হবে যে মিটার ও ট্যাপের মাঝে কোথাও লিকেজ আছে।

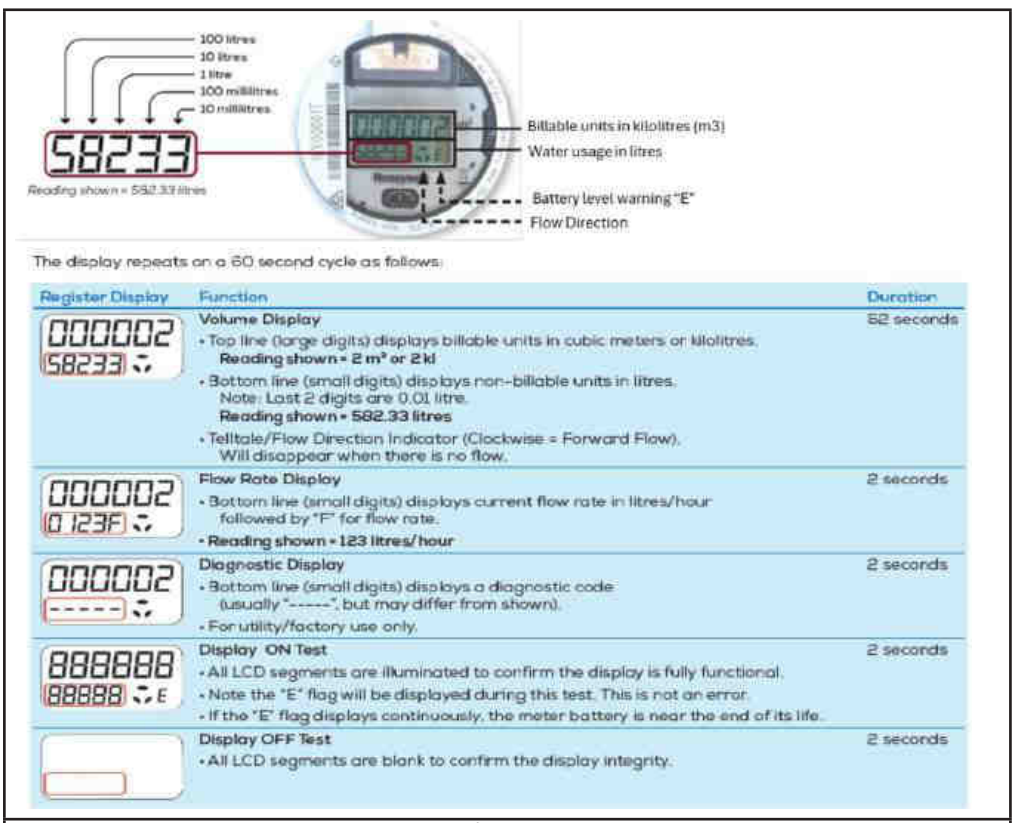


চিত্র ১২.১০: এনালগ পানির মিটার

Smart Meter Type

স্মার্ট মিটারের ক্ষেত্রে:

- পানি ব্যবহারকারী সরাসরি মোবাইল অ্যাপে পানির মোট ব্যবহার ও বিল দেখতে পারেন।
- ডিজিটাল ডিসপ্লে থেকে ম্যানুয়ালি রিডিংও নেওয়া যায়। সাধারণত ডিসপ্লের উপরের লাইন: ঘ:মি: এ পানির ব্যবহার ও নিচের লাইন: লিটার এ পানির ব্যবহার দেখায়। উদাহরণ হিসেবে Honeywell International Inc[1]. এর V200HT মডেলের একটি স্মার্ট পানির মিটার কী ভাবে রিডিং ও এর ফাংশন বাটন পরিচালনা করা হয় তা নিম্নে দেখানো হলো।



চিত্র ১২.১১: স্মার্ট পানির মিটার ডিসপেø

(ii) ট্যারিফ হিসাবকরণ

উপরের মিটার রিডিং-এর ভিত্তিতে, প্রতিটি পানি ব্যবহারকারীর মাসিক পানির বিল গণনা করা হয়। এটি করা হয়, মাসিক পানি ব্যবহারের পরিমাণ × পানি ট্যারিফের ইউনিট রেট + বেসিক রেট (যদি প্রযোজ্য হয়)।

যদি কোনো পানির মিটার সঠিকভাবে কাজ না করে, তবে পানির বিল গণনা করা হয় গত তিন মাসের গড় পানি ব্যবহারের ওপর ভিত্তি করে।

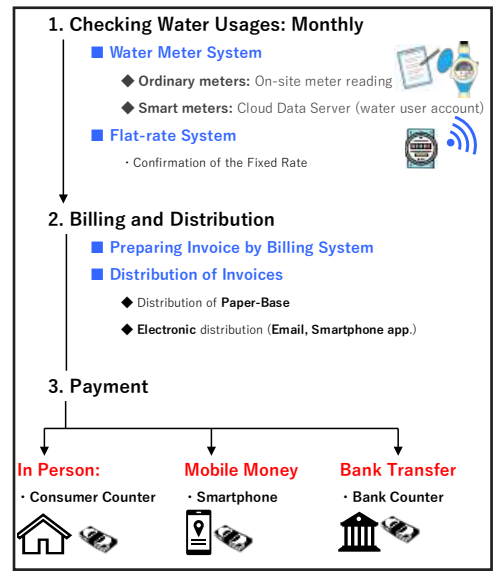
এই প্রক্রিয়ায় প্রচুর সংখ্যক এবং উল্লেখযোগ্য পরিমাণ গণনার কাজ জড়িত থাকে, তাই ত্রুটি কমাতে ও সময় সাশ্রয় করতে এই হিসাব-নিকাশের জন্য সফটওয়্যার ব্যবহার করা প্রয়োজন।

১২.১.২.২ বিল প্রস্তুতকরণ ও বিতরণ

বাংলাদেশে পানির বিল ইস্যুর পদ্ধতি অঞ্চলভেদে ভিন্ন হয়। প্রধান পদ্ধতিগুলি নিম্নরূপ:

(১) কাগজভিত্তিক বিলিং:

বেশিরভাগ পৌরসভায় গ্রাহকদের বাড়ি বা অফিসে কাগজের বিল সরবরাহ করা হয়। এই বিলগুলিতে থাকে নির্ধারিত হার ব্যবস্থার ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট মাসিক চার্জ হিসেবে বিল ও মিটার-ভিত্তিক ব্যবস্থার ক্ষেত্রে পানির ব্যবহারের পরিমাণ অনুযায়ী চার্জ হিসেবে বিল। সাধারণত গ্রাহকরা বিল পরিশোধ করেন পৌরসভার পানি অফিসে অথবা স্থানীয় ব্যাংকে উপস্থিত হয়ে।



(২) ডিজিটাল বিলিং ও পেমেন্ট:

ঢাকা, চট্টগ্রামসহ নগর এলাকায় কিছু সেবা প্রদানকারী কর্তৃক ডিজিটাল বিলিং পদ্ধতি চালু করা হয়েছে। এতে গ্রাহকরা ডিজিটাল বিল দেখতে পারেন। বিকাশ, রকেট ইত্যাদি মোবাইল ব্যাংকিং প্ল্যাটফর্মে পেমেন্ট করতে পারেন। পেমেন্ট সম্পন্ন হলে তারা ডিজিটাল রসিদ পান, যা প্রক্রিয়াটিকে নিরাপদ ও সহজ করে।

(৩) স্মার্ট মিটার ও অনলাইন প্ল্যাটফর্ম:

কিছু এলাকায় স্মার্ট মিটার স্থাপন করা হয়েছে, যা রিয়েল-টাইমে পানি ব্যবহারের তথ্য পাঠায়। ব্যবহারকারীরা মোবাইল অ্যাপের মাধ্যমে নিজেদের পানি ব্যবহার দেখতে পারেন, বিল ট্র্যাক করতে পারেন ও অনলাইনে পেমেন্ট করতে পারেন। এই পদ্ধতি এখনো পরীক্ষাধীন, তবে নগর এলাকায় ধীরে ধীরে সম্প্রসারিত হওয়ার সুযোগ সৃষ্টি হচ্ছে।

(৪) হাইব্রিড সিস্টেম:

যেসব এলাকায় ইন্টারনেট সংযোগ সীমিত, সেখানে কাগজ-ভিত্তিক এবং ডিজিটাল বিলিং দুটো পদ্ধতিই ব্যবহার করা হয়। নগর এলাকাগুলিতে দ্রুত ডিজিটাল ব্যবস্থা চালু হচ্ছে এবং গ্রামের পৌরসভাগুলি এখনো ম্যানুয়াল পদ্ধতির ওপর নির্ভরশীল হয়ে আছে।

বাংলাদেশে ডিজিটাল বিলিং ও পেমেন্ট সিস্টেম চালুর ফলে গ্রাহকের জন্য বিল পরিশোধ সহজ হয়েছে ও পানি সেবা প্রতিষ্ঠানের জন্য রাজস্ব আদায় আরও কার্যকর হয়েছে। তবে বাস্তবায়ন এখনো অসম অবস্থায় আছে যেমন প্রযুক্তিগত সুবিধার কারনে শহরগুলি এগিয়ে থাকলেও অনেক গ্রামীণ এলাকা এখনো পিছিয়ে আছে।

১২.১.৩ বকেয়া পানির বিল ব্যবহারকারীদের ব্যবস্থাপনা

"পৌরসভা পানি সরবরাহ নির্দেশিকা ২০২৩" অনুযায়ী পানির বিল বকেয়া থাকা ব্যবহারকারীদের বিরুদ্ধে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়:

- **নোটিশ ও তাগিদ পত্র প্রদান:**

যদি নির্ধারিত সময়ে বিল পরিশোধ করা না হয়, তবে পৌরসভা ধারাবাহিক নোটিশ প্রদান করে: (১) ১ম নোটিশ: ১ মাসের সময়সীমা দিয়ে, (২) ২য় নোটিশ: অতিরিক্ত ১ মাস সময়সীমা (মোট ২ মাস বকেয়া) দিয়ে এবং (৩) চূড়ান্ত নোটিশ: ৩ মাস বকেয়া হলে ১৫ দিনের শেষ সতর্কতা দিয়ে।



চিত্র ১২.১৩: পানির বিল অপরিশোধের কারনে পানি সরবরাহ বন্ধের পদ্ধতি

- **সেবা সীমাবদ্ধকরণ:**

দীর্ঘমেয়াদি বকেয়ার ক্ষেত্রে প্রতিটি পানি বিভাগের নীতিমালা অনুযায়ী পানি সরবরাহ হ্রাস করা হতে পারে অথবা সম্পূর্ণভাবে বন্ধ করে দেওয়া হতে পারে।

- **বিলম্ব বিল পরিশোধের জন্য জরিমানা:**

নির্ধারিত সময়ের মধ্যে বিল পরিশোধ না করলে ৫% জরিমানা আরোপ করা হবে।

১২.১.৪ ট্যারিফ ব্যবস্থাপনা

(১) পানির ট্যারিফ নির্ধারণ

"পৌরসভা পানি সরবরাহ নির্দেশিকা ২০২৩" অনুসারে ট্যারিফ নির্ধারণে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি গুরুত্বপূর্ণ। তবে ট্যারিফ নির্ধারণ করা উচিত অন্তত মোট পরিচালন ব্যয়, সিস্টেমের অবচয় মূল্য এবং একটি উল্লেখযোগ্য সময়ের মুদ্রাস্ফীতি বিবেচনা করে।

- ব্যয়/মোট ব্যয় আহরণ (প্রাথমিক ব্যয়সহ পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় বিবেচনা)
- গ্রাহকের প্রোফাইল (বাসাবাড়ি, বাণিজ্যিক, নিম্ন-আয় ইত্যাদি)
- ট্যারিফ পদ্ধতি (মিটারভিত্তিক বা নির্ধারিত হার)
- ভোক্তার অর্থনৈতিক সক্ষমতা
- স্বচ্ছতা ও জবাবদিহিতা
- পৌরসভা কাউন্সিল ও কমিটির অনুমোদনসহ ২ বছর অন্তর বা প্রয়োজন হলে সংশোধন করা

অতিরিক্তভাবে নিম্নোক্ত বিষয়গুলিও মূল্যায়নে বিবেচনা করা যুক্তিযুক্ত ও কার্যকর:

- পানি সরবরাহ ও চাহিদা ব্যবস্থাপনা
- জনস্বাস্থ্য ও জীবনযাত্রার মান বিবেচনায় পানির মূল্য কম রাখা
- মূল্যস্ফীতি সামঞ্জস্য
- শিল্প/বাণিজ্যিক খাতে ভিন্ন ট্যারিফ (আবাসিক ও সরকারী সেক্টর হতে শিল্পের শ্রেণীর ভিত্তিতে শিল্পের জন্য উচ্চ একক হার)
- ভোক্তার বিল পরিশোধে আগ্রহ (মূল্য বৃদ্ধিতে বিল পরিশোধে আগ্রহ কমে ফলে রাজস্ব আয় কমে যায়)
- পানি সরবরাহ ব্যবস্থার বিভিন্ন উপাদানের অবচয় ব্যয়

(২) পানি ট্যারিফ রেয়াত ও ছাড়

কিছু পৌরসভা নির্দিষ্ট ক্ষেত্রে ট্যারিফ রেয়াত/ছাড় প্রদান করে। সাধারণত যে সকল ক্ষেত্রে ট্যারিফ রেয়াত/ছাড় প্রদান করা হয় তা টেবিল ১২.৭-এ দেখানো হলো:

টেবিল ১২.৭: পানির ট্যারিফ রেয়াত ও ছাড়ের ক্ষেত্রসমূহ

নং	লক্ষ্যভুক্ত পানি ব্যবহারকারী	বিবরণ
১	**নিম্ন-আয় পরিবার:**	যেসব পরিবারের পারিবারিক আয় নির্দিষ্ট মানদন্ডের নিচে, তারা অব্যাহতির জন্য যোগ্য বিবেচিত হবে। নির্দিষ্ট আয়ের মান অঞ্চল ও পৌরসভাভেদে ভিন্ন হতে পারে; তবে সাধারণভাবে দারিদ্র্যসীমার নিচে অবস্থানকারী পরিবারসমূহ এই সুবিধার আওতায় অন্তর্ভুক্ত হওয়ার যোগ্য।
২	**প্রবীণ ও প্রতিবন্ধী:**	যে সকল পরিবারে বয়োজ্যেষ্ঠ ব্যক্তি (সাধারণত ৬০ বছর বা তদূর্ধ্ব) অথ বা প্রতিবন্ধী ব্যক্তি রয়েছেন, তারা বিশেষ অব্যাহতির জন্য যোগ্য হতে পারেন। এ ক্ষেত্রে প্রতিবন্ধিতার মাত্রা এবং বয়োজ্যেষ্ঠ ব্যক্তির আর্থিক অবস্থাকে বিবেচনায় নেওয়া হয়।
৩	**জরুরি পরিস্থিতি:**	প্রাকৃতিক দুর্যোগ বা অন্যান্য জরুরি পরিস্থিতির কারণে যেসকল পরিবারের আয় হ্রাস পেয়েছে, তাদের জন্য সাময়িকভাবে ফি মওকুফ বা হ্রাসের ব্যবস্থা করা যেতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, বন্যা, ঘূর্ণিঝড় বা অন্যান্য দুর্যোগজনিত ক্ষয়ক্ষতির ক্ষেত্রে এ ধরনের সুবিধা প্রযোজ্য হতে পারে।
৪	**অন্যান্য ঝুঁকিপূর্ণ গোষ্ঠী:**	এছাড়াও এতিম, বিধবা অথবা অন্যান্য সামাজিকভাবে ঝুঁকিপূর্ণ গোষ্ঠীর সদস্যদের জন্য হ্রাসকৃত হারে সুবিধা প্রযোজ্য হতে পারে।

(৩) সংগ্রহের হার

পানির ট্যারিফ সংগ্রহের হার, পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নিশ্চিত রাজস্ব এবং টেকসইয়ত্ব এর একটি গুরুত্বপূর্ণ সূচক। পানির ট্যারিফ সংগ্রহের হার গণনা নিম্নোক্ত সূত্র ও পদ্ধতি অনুসারে করা হয়।

ক) পানির ট্যারিফ সংগ্রহের হার গণনার সাধারণ সূত্র:

সংগ্রহের হার (%) = {সংগৃহীত প্রকৃত ট্যারিফ*(টাকা)/বিলকৃত ট্যারিফ**(টাকা)} × ১০০

***প্রকৃত ট্যারিফ:**

নির্দিষ্ট একটি সময়সীমার (সাধারণত এক মাস বা এক বছর) মধ্যে পানি ব্যবহারের জন্য আদায়কৃত ট্যারিফের প্রকৃত সংগৃহীত পরিমাণ।

****বিলকৃত ট্যারিফ:**

উপরোক্ত একই সময়সীমার মধ্যে ইস্যুকৃত বিলের মোট পরিমাণ (পানি ব্যবহারকারীদের কাছ থেকে অর্থ আদায় হয়েছে কিনা তা ব্যাতিরেকে)।

খ) পানির ট্যারিফ গণনার পদ্ধতি:

পানি ট্যারিফ আদায়ের হার গণনার সাধারণ পদ্ধতি টেবিল ১২.৮-এ দেখানো হয়েছে।

টেবিল ১২.৮: পানি ট্যারিফ আদায়ের হার গণনার পদ্ধতি

বিলকৃত ট্যারিফ:	• **ট্যারিফ কাঠামো অনুযায়ী বিলের মোট পরিমাণের সারসংক্ষেপ প্রস্তুত করতে হবে।** ➢ **মিটারভিত্তিক পদ্ধতি** নির্দিষ্ট সময়সীমার জন্য মিটার রিডিং অনুযায়ী পানি ব্যবহারের পরিমাণ নিরূপণ করে সেই অনুযায়ী বিলের পরিমাণ লিপিবদ্ধ করতে হবে। ➢ **নির্ধারিত হার পদ্ধতি** সরবরাহ পাইপের ব্যাস এবং/অথবা গ্রাহকের প্রোফাইল অনুযায়ী নির্ধারিত থোক হার প্রযোজ্য হবে।
প্রকৃত ট্যারিফ:	• বিল প্রস্তুতের পর প্রতিটি পরিবার বা প্রতিষ্ঠানের কাছ থেকে প্রাপ্ত অর্থপ্রদান গণনা করতে হবে। • কাউন্টার পেমেন্ট, মোবাইল ব্যাংকিং, ব্যাংক ট্রান্সফার ইত্যাদি অর্থপ্রদানের ধরন অনুযায়ী সংগৃহীত পানির ট্যারিফ এর পরিমাণ লিপিবদ্ধ করতে হবে। • মোট "প্রকৃত সংগৃহীত পানির ট্যারিফ" হিসাব করতে হবে।

■ সংগ্রহের হারকে প্রভাবিতকারী কারণসমূহ

- **বিল পরিশোধে বিলম্ব:**

অনেক এলাকায় বিল পরিশোধে বিলম্ব একটি সাধারণ ঘটনা, যা প্রায়ই সংগ্রহের হার হ্রাসের কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

- **অপরিশোধিত বিল:**

নিম্ন-আয়ের পানি ব্যবহারকারীদের মধ্যে অপরিশোধিত বিলের হার তুলনামূলকভাবে বেশি দেখা যায়, যা সরাসরি সংগ্রহের হারের উপর প্রভাব ফেলে।

- **পানি মিটারের আওতা:**

পৌরসভা ও গ্রামীণ এলাকায় প্রায়ই পর্যাপ্ত পানি মিটার স্থাপিত থাকে না, ফলে পানি ব্যবহারের সঠিক পরিমাণ নিরূপণ করা কঠিন হয় এবং এতে সংগহের কার্যক্রমের দক্ষতা হ্রাস পায়।

- **বিল পরিশোধের পদ্ধতির ভিন্নতা:**

মোবাইল ব্যাংকিং প্রভৃতি বিভিন্ন বিল পরিশোধের পদ্ধতি চালু থাকলে বিল পরিশোধ সহজ হয় এবং এর ফলে সংগ্রহের হার উন্নত হয়।

■ সংগ্রহের হার উন্নয়নের কৌশলসমূহ

পানির ট্যারিফ সংগ্রহের হার উন্নত করার জন্য নিম্নোক্ত কৌশলসমূহ উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করা যায়:

- **ডিজিটাল বিল পরিশোধের ব্যবস্থার প্রসার:**

মোবাইল মানি ও অনলাইন পেমেন্ট ব্যবস্থার সম্প্রসারণ ও উন্নয়নের মাধ্যমে বিল পরিশোধের প্রক্রিয়া সহজতর করা এবং সংগ্রহের হার বৃদ্ধি করা সম্ভব।

- **বিলম্ব ফি ও জরিমানা আরোপ:**

পানি বিল পরিশোধে বিলম্ব বা অপরিশোধিত অবস্থার ক্ষেত্রে বিলম্ব ফি ও জরিমানা আরোপের মাধ্যমে ব্যবহারকারীদের সময়মতো বিল পরিশোধে উৎসাহিত করা।

- **বকেয়া আদায় কার্যক্রম জোরদারকরণ:**

অপরিশোধিত পানি ব্যবহারকারীদের নিকট নোটিশ ও তাগিদপত্র জোরদার করার মাধ্যমে বকেয়া আদায় বৃদ্ধি করা এবং সংগ্রহের হার উন্নত করা।

- **জনসংযোগ কার্যক্রম পরিচালনা:**

পানির ট্যারিফ পরিশোধে উৎসাহিত করার লক্ষ্যে জনসচেতনতামূলক কার্যক্রম পরিচালনা (পানি বিষয়ক শিক্ষা, গণমাধ্যম ও সামাজিক যোগাযোগ মাধ্যম ব্যবহার ইত্যাদি)।

১২.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

১২.২.১ ত্রুটি নির্ণয়

(১) পানির ট্যারিফ সংশোধন

১) ঝুঁকি (Risk):

যদি ট্যারিফ হার বেশি নির্ধারণ করা হয়, তবে সংগ্রহের হার হ্রাস পেতে পারে এবং মোট রাজস্বও কমে যেতে পারে। অপরদিকে, ট্যারিফ হার কম হলে সংগ্রহের হার বৃদ্ধি পেতে পারে, তবে সামগ্রিক রাজস্ব সন্তোষজনক নাও হতে পারে। সুতরাং গ্রাহকদের আয়স্তর এবং পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনার আর্থিক সক্ষমতা বিবেচনায় রেখে সর্বোত্তম ট্যারিফ নির্ধারণ করা উচিত। এ প্রেক্ষিতে গ্রাহকভিত্তিক ট্যারিফ নির্ধারণের বিষয়টি গুরুত্বসহকারে বিবেচনা করা প্রয়োজন। পানি সরবরাহ ব্যবস্থার স্থায়িত্ব মূল্যায়নের জন্য ধাপভিত্তিক (ইনক্রিমেন্টাল) ট্যারিফ কাঠামো এবং বিলিং কাভারেজের পরিধি স্পষ্টভাবে উপস্থাপন করা আবশ্যক।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

- গ্রাহকদের আর্থিক সক্ষমতা
- পৌরসভার পানি খাতের আর্থিক অবস্থা (দেখুন অধ্যায় "আর্থিক ব্যবস্থাপনা")

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

- বিশ্ব ব্যাংক গ্রাহকদের জন্য সর্বাধিক সক্ষমতা অনুযায়ী পরিবারের আয়ের ৫% পর্যন্ত পানি বিল প্রদানের মানদন্ড নির্ধারণ করে। যদি পানির ট্যারিফ বেশি নির্ধারণ করা হয়, তবে ধনী পরিবার হলেও গ্রাহকদের বিল পরিশোধের ইচ্ছা কমে যেতে পারে। তাই ট্যারিফ নির্ধারণের ক্ষেত্রে অত্যধিক উচ্চহার নির্ধারণ থেকে সতর্ক থাকা প্রয়োজন। এ প্রেক্ষিতে সাধারণ বাজার পরিস্থিতিও মনোযোগ সহকারে পর্যবেক্ষণ করা উচিত, কারণ সাধারণ মূল্যমাত্রা এবং জীবনযাত্রার খরচ বৃদ্ধির সময় পানির ট্যারিফ বৃদ্ধির প্রতি নেতিবাচক প্রতিক্রিয়া বাড়তে পারে।
- পানি খাতের আয় অবশ্যই তার ব্যয়ের চেয়ে বেশি হতে হবে।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

- পানির ট্যারিফ সংশোধনের জন্য সংশ্লিষ্ট কমিটি[১] বা কর্তৃপক্ষের অনুমোদন আবশ্যক। প্রয়োজনে, আবাসিকদের জীবনযাত্রা ও আয়ের উপর জরিপ গ্রহণ করা হবে। যদি ট্যারিফ অল্প লাভজনক হয়, তবে সহায়তার জন্য ভর্তুকি প্রদানের বিষয়টি বিবেচনা করা উচিত।
- পৌরসভা পানি সরবরাহ নির্দেশিকা ২০২৩ অনুযায়ী, পানি মূল্য প্রতি দুই বছর অন্তর বা প্রয়োজনে সংশোধন করতে হবে।

(২) সংগ্রহের হার

১) ঝুঁকি (Risk):

যখন পানির ট্যারিফ সংগ্রহের হার হ্রাস পায়, তখন এটি পানি সরবরাহ ব্যবস্থাপনার উপর উল্লেখযোগ্য নেতিবাচক প্রভাব ফেলে।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data)

পানির ট্যারিফ সংগ্রহের হার

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points)

ট্যারিফ সংগ্রহের হার সাধারণত কমপক্ষে ৯০% হওয়া উচিত। তবে, বাংলাদেশে এই হার কিছুটা কম (৭০%)।

(৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures)

- বিল পরিশোধের জন্য প্রচার অভিযান, জরিমানা কার্যক্রম জোরদারকরণ এবং সংগ্রহের হার বৃদ্ধি করার জন্য অন্যান্য উদ্যোগ গ্রহণ করা। এই ধরনের পোস্টারগুলি চিত্র ১২.১৪-এ দেখানো হয়েছে।
- অপরিশোধিত পানি ব্যবহারকারীদের জন্য বিলম্ব ফি ও জরিমানা ঘোষণার মাধ্যমে সময়মতো বিল পরিশোধের প্রতি উৎসাহ প্রদান করা যায়।
- অপরিশোধিত পানি ব্যবহারকারীদের নোটিশ ও তাগিদ প্রদান জোরদার করার মাধ্যমে সংগ্রহের হার উন্নত করা যায়।
- বিদ্যমান বিল পরিশোধের পদ্ধতির তুলনায় সহজ, সুবিধাজনক এবং পরিচালনায় কম জটিল পদ্ধতি, যেমন ইলেকট্রনিক পেমেন্ট (ডি-ক্যাশ) প্রবর্তন এবং বিল পরিশোধের পদ্ধতির বৈচিত্র, ট্যারিফ সংগ্রহের হার বৃদ্ধিতে সহায়ক হবে।

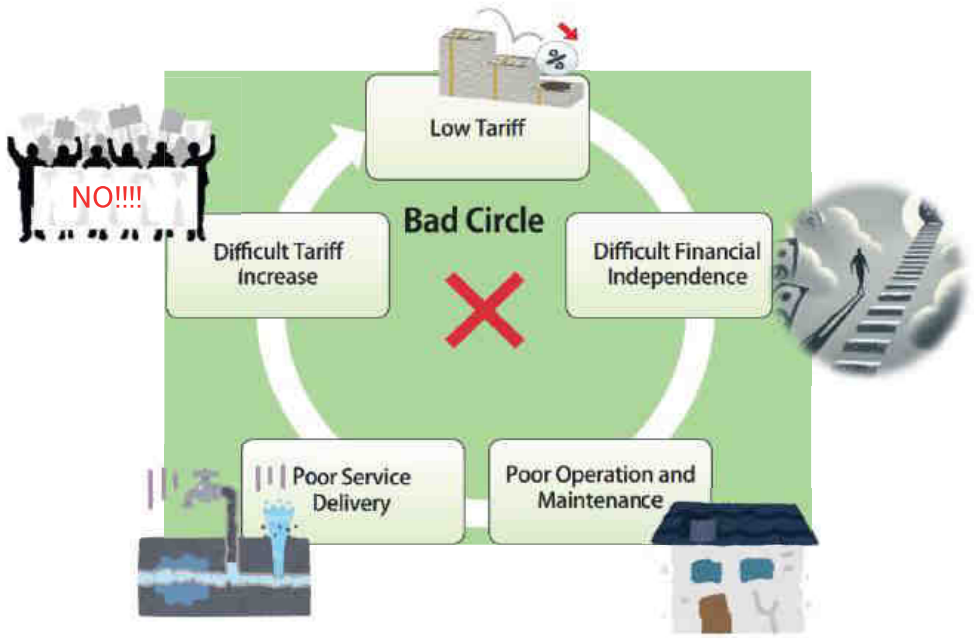


চিত্র ১২.১৪: পানির ট্যারিফ পরিশোধে উদ্বুদ্ধকরণ প্রচারণা পোস্টার

অধ্যায়-১৩ঃ আর্থিক ব্যবস্থাপনা

১৩.১ মৌলিক তত্ত্বের রূপরেখা

এই অধ্যায়ে একটি পানি সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের মৌলিক আর্থিক ব্যবস্থাপনা সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। বাংলাদেশে অধিকাংশ পৌরসভা নিরাপদ খাবার পানি সরবরাহ ব্যবস্থার পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) সংক্রান্ত জটিলতা এবং আর্থিক সংকটে ভুগছে। উদাহরণস্বরূপ, পানি সরবরাহ অবকাঠামোর সংস্কার বা নতুন স্থাপনার জন্য প্রয়োজনীয় বিনিয়োগের অভাব প্রায়ই পরিলক্ষিত হয়। পানি সরবরাহ ব্যবস্থার প্রধান আয়ের উৎস হলো পানির ট্যারিফ, যা পানি সেবার খরচ নির্বাহে ব্যয় হওয়ার কথা। তবে সীমিত আয় যথাযথভাবে বাস্তবায়ন ও আদায়ে ব্যর্থ হলে সেবার মানের অবনতি ঘটে। এর ফলে ব্যবহারকারীদের মধ্যে অসন্তোষ সৃষ্টি হয় এবং তারা ট্যারিফ পরিশোধে অনাগ্রহী হয়ে পড়ে। পরিণতিতে ট্যারিফ আদায় হ্রাস পায় এবং আর্থিক পরিস্থিতি আরও জটিল হয়ে ওঠে। ফলে একটি নেতিবাচক পানি ব্যবসায়িক চক্রের সৃষ্টি হয়, যা চিত্র ১৩.১-এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১৩.১: নেতিবাচক পানি ব্যবসায়িক চক্র (Source: Facts about YDC)

সেকারনে পৌরসভার আর্থিক পরিস্থিতি নিরুপণের জন্য হিসাবরক্ষণ বিষয়ে জ্ঞান অত্যন্ত জরুরী।

১৩.১.১ আর্থিক বিবরণী

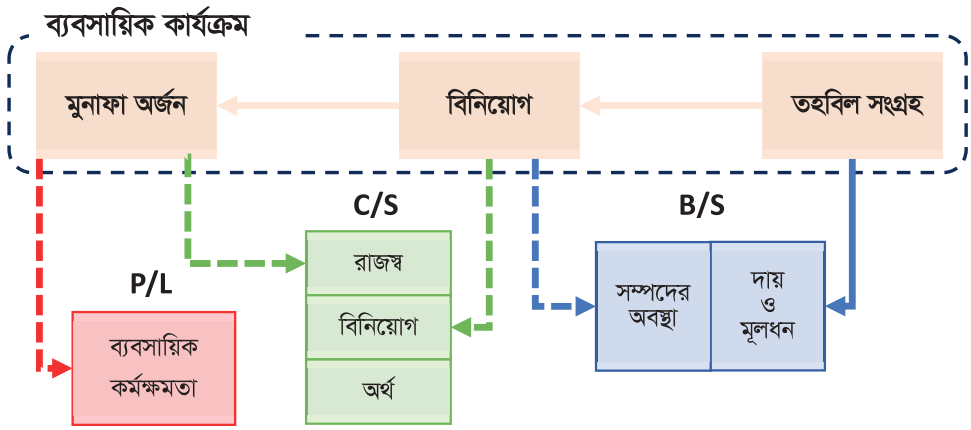
ব্যবসায়িক কার্যক্রম পরিচালনার ক্ষেত্রে তিনটি মৌলিক কার্যক্রম বিদ্যমান, যথা, তহবিল সংগ্রহ করা, বিনিয়োগ করা এবং মুনাফা অর্জন করা। এই কার্যক্রমসমূহের ভিত্তিতে আর্থিক বিবরণী প্রস্তুত করা হয়। আর্থিক বিবরণীতে এমন তথ্য প্রদান করা হয় যাতে ব্যবসার প্রকৃতি বোঝা যায়, প্রতিষ্ঠানের অভ্যন্তরীণ কার্যক্রম সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায় এবং এটি ভবিষ্যৎ আর্থিক পরিস্থিতির পূর্বাভাস নিরূপণেও সহায়তা করে। ব্যবস্থাপনার উন্নতির জন্য আর্থিক সূচকগুলি নিয়মিত পর্যবেক্ষণ করা এবং আয় ও ব্যয়ের দীর্ঘমেয়াদি পরিকল্পনা প্রণয়ন করা প্রয়োজন। আর্থিক বিবরণীতে উপস্থাপিত পরিসংখ্যানের মাধ্যমে ব্যবসার স্থিতিশীলতা ও টেকসইতা বৃদ্ধির সম্ভাব্য ক্ষেত্রসমূহ চিহ্নিত করা সম্ভব হয়। এছাড়াও, বিনিয়োগকারী, সম্ভাব্য দাতা, সরকারসহ অন্যান্য অংশীজনদের নিকট প্রতিষ্ঠানের আর্থিক অবস্থা উপস্থাপন ও ব্যাখ্যা করার ক্ষেত্রেও আর্থিক বিবরণী অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

নিম্নে তিনটি প্রধান হিসাব বিবরণী উল্লেখ করা হলো এবং এগুলি ব্যবসায়িক কার্যক্রমের কোন পর্যায়ে প্রস্তুত করা হয় তা চিত্র ১৩.২-এ দেখানো হয়েছে।

(১) লাভ ও ক্ষতি হিসাব (Profit and Loss Statement – P/L)

(২) ব্যালেন্স শীট (Balance Sheet – B/S), এবং

(৩) নগদ লেনদেন বিবরণী (Cash Flow Statement – C/S)



চিত্র ১৩.৩: লাভ ও ক্ষতির ডায়াগ্রাম

উল্লিখিত বিবরণীগুলি পৌরসভা কর্তৃক বার্ষিক ভিত্তিতে প্রস্তুত করা হবে। নিচে যে আর্থিক বিবরণীগুলি উপস্থাপন করা হয়েছে, সেগুলি বিস্তারিত আইটেম ও নগদ বহির (Cashbook)-এর তথ্য সমন্বয়ের মাধ্যমে প্রস্তুত করতে হবে।

পৌরসভার দৈনন্দিন ক্ষুদ্র আর্থিক তথ্য ব্যবস্থাপনার জন্য প্রণীত হ্যান্ডবুকসমূহ হলো:-

- Handbook On Pourashava Accounting and Reporting (LGD-JICA)
https://www.jica.go.jp/Resource/project/english/bangladesh/003/materials/c8h0vm0000fgmnrz-att/materials_05_en.pdf

- Handbook on Pourashava Budget formulation, execution, and monitoring (LGD-JICA)
https://www.jica.go.jp/Resource/project/english/bangladesh/003/materials/c8h0vm0000fgmnrz-att/materials_06_en.pdf

১৩.১.১.১ লাভ ও ক্ষতি হিসাব (P/L)

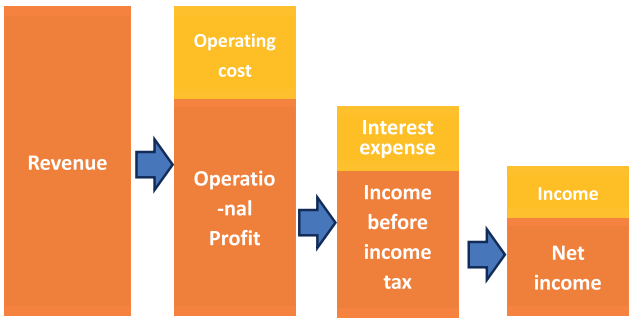
লাভ ও ক্ষতি হিসাব (P/L) নির্দিষ্ট একটি সময়কালে প্রতিষ্ঠানের লাভ বা ক্ষতির অবস্থা প্রদর্শন করে। এটি আয় বিবরণী (Income Statement) নামেও পরিচিত। এর মাধ্যমে প্রতিষ্ঠানের ব্যয় দক্ষতা ও সামগ্রিক ব্যবসায়িক কার্যকারিতা মূল্যায়ন করা যায়।

রাজস্ব আয় (Revenue) পণ্য ও সেবা বিক্রয়ের মাধ্যমে অর্জিত হয়। পানি খাতে এর অর্থ হলো আদায়কৃত পানির ট্যারিফ।

আয় থেকে পরিচালন ব্যয় (যেমন: বিদ্যুৎ বিল, রাসায়নিক ব্যয়, মেরামত ব্যয়, বেতন-ভাতা এবং অবকাঠামোর অবচয়) বাদ দিলে যে পরিমাণ থাকে তাকে **পরিচালন মুনাফা (Operational Profit)** বলা হয়। পরিচালন মুনাফা ব্যবসার লাভজনকতা ও পরিচালন দক্ষতা মূল্যায়নের একটি গুরুত্বপূর্ণ সূচক, যা আয়ের অনুপাতে নিরূপণ করা হয়।

মূল পানি সেবার বাইরে অনুদান, ব্যাংক আমানত বা বিনিয়োগ ব্যবস্থাপনা থেকে অর্জিত সুদ ইত্যাদি অন্যান্য আয় থাকতে পারে। একইভাবে, ঋণ গ্রহণের ফলে সুদ ব্যয়ও হতে পারে। এসব অন্যান্য আয় ও সংশ্লিষ্ট ব্যয়ও লাভ ও ক্ষতি হিসাবে অন্তর্ভুক্ত হয়। পরিচালন মুনাফার সঙ্গে অন্যান্য আয় যোগ করে এবং সুদ ব্যয় বাদ দিয়ে **কর-পূর্ব আয় (Income Before**

Income Tax) নিরূপণ করা হয়। পরবর্তীতে কর-পূর্ব আয় থেকে আয়কর বাদ দিলে নিট **মুনাফা (Net Profit)** নির্ধারিত হয়। উপরোক্ত সকল উপাত্ত একটি টেবিলে উপস্থাপন করা হয়। এটি নির্দিষ্ট সময় অন্তর প্রস্তুত করতে হবে, অন্তত প্রতিটি আর্থিক বছর শেষে। উদাহরণস্বরূপ, টেবিল ১৩-১ অনুযায়ী নির্দিষ্ট সময় ভিত্তিক ব্যবসায়িক কার্যকারিতা মূল্যায়ন করা যায় এবং চিত্র ১৩.৪-এর ন্যায় তা গ্রাফের মাধ্যমে এর প্রবণতা উপস্থাপন করা সম্ভব।

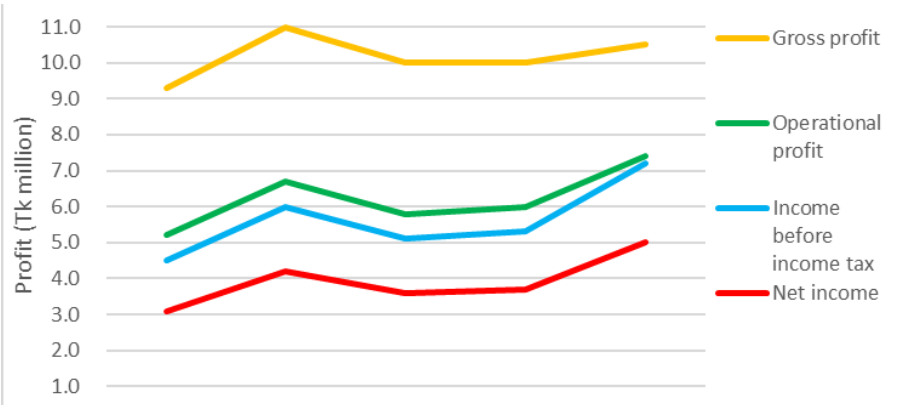


চিত্র ১৩.৩: লাভ ও ক্ষতির ডায়াগ্রাম

টেবিল ১৩.১: লাভ ও ক্ষতির বার্ষিক হিসাবের উদাহরণ

টাকা: মিলিয়ন

বিবরণ	২০১০	২০১১	২০১২	২০১৩	২০১৪
পানি বিক্রয় থেকে আয়	৮.০	১১.০	১০.০	৯.০	৯.০
অন্যান্য	১.৩	০.০	০.০	১.০	১.৫
মোট আয় (Revenue)	**৯.৩**	**১১.০**	**১০.০**	**১০.০**	**১০.৫**
পরিচালন ব্যয় (Operating Expenses)					
রাসায়নিক ব্যয়	০.২	০.২	০.২	০.২	০.২
বিভাগীয় প্রশাসনিক ব্যয়	০.২	০.২	০.২	০.২	০.২
বিদ্যুৎ ব্যয়	১.৫	১.৬	১.৪	১.৩	১.৫
রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয়	০.১	০.১	০.১	০.১	০.১
বেতন ও মজুরি	২.০	২.১	২.২	২.১	১.০
বেতন ও মজুরি	০.১	০.১	০.১	০.১	০.১
পরিচালন মুনাফা (Operational Profit)	**৫.২**	**৬.৭**	**৫.৮**	**৬.০**	**৭.৪**
অন্যান্য আয় ও ব্যয়					
অন্যান্য আয়					
অনুদান	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
সুদ আয়	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
সুদ ব্যয়	০.৭	০.৭	০.৭	০.৭	০.৭
কর-পূর্ব আয় (Income Before Income Tax)	**৪.৫**	**৬.০**	**৫.১**	**৫.৩**	**৭.২**
আয়কর ব্যয় (Income tax expenses)	১.৪	১.৮	১.৫	১.৬	২.২
নীট মুনাফা (Net Income)	**৩.১**	**৪.২**	**৩.৬**	**৩.৭**	**৫.০**



চিত্র ১৩.৪: বার্ষিক ভিত্তিক লাভ ও ক্ষতির গ্রাফের উদাহরণ

১৩.১.১.২ ব্যালেন্স শীট (Balance Sheet – B/S)

ব্যালেন্স শীট (B/S) হলো একটি নির্দিষ্ট সময়ে প্রস্তুতকৃত বিবরণী, যেখানে প্রতিষ্ঠানের "কী আছে" (সম্পদ) এবং "কী পরিশোধ করতে হবে" (দায়) তা তালিকাভুক্ত করা হয়। ব্যালেন্স শীট (B/S) প্রস্তুতের মূল উদ্দেশ্য হলো প্রতিষ্ঠানের আর্থিক অবস্থান সুস্পষ্টভাবে উপস্থাপন করা। ব্যালেন্স শীট (B/S) সাধারণত নিম্নোক্ত তিনটি অংশ নিয়ে গঠিত:

(i) সম্পদ (Asset)

(ii) দায় (Liabilities) এবং

(iii) শেয়ারহোল্ডারদের মূলধন/মালিকানা স্বত্ব (Stockholder's Equity)

টেবিল ১৩.২-এ দেখানো অনুযায়ী, ব্যালেন্স শীট (B/S) এর বাম পাশে সম্পদ এবং ডান পাশে দায় ও মালিকানা স্বত্ব উপস্থাপন করা হয়। বাম পাশ নির্দেশ করে প্রতিষ্ঠান কত পরিমাণ এবং কোন খাতে বিনিয়োগ করেছে; আর ডান পাশ নির্দেশ করে প্রতিষ্ঠান কীভাবে এবং কত পরিমাণ তহবিল সংগ্রহ করেছে। ব্যালেন্স শীট (B/S) এর একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো মোট সম্পদের পরিমাণ সর্বদা মোট দায় ও মালিকানা স্বত্বের সমান (ভারসাম্যপূর্ণ) থাকে। অর্থাৎ: ***মোট সম্পদ = মোট দায় ও মালিকানা স্বত্ব***

টেবিল ১৩.২: ব্যালেন্স শীট ফরমেট এর উদাহরণ

সম্পদ (Asset)	দায় ও মালিকানা স্বত্ব (Liabilities)
চলতি সম্পদ নগদ মজুদ (Inventories) মোট চলতি সম্পদ	চলতি দায় দেনাদার স্বল্প-মেয়াদি ঋণ মোট চলতি দায়
দীর্ঘ-মেয়াদি সম্পদ ভূমি, ভবন ও যন্ত্রপাতি অমূর্ত সম্পদ (Intangible asset) অন্যান্য দীর্ঘ-মেয়াদি সম্পদ মোট দীর্ঘ-মেয়াদি সম্পদ	দীর্ঘ-মেয়াদি দায় পরিশোধযোগ্য বন্ড দীর্ঘ-মেয়াদি ঋণ লিজ দায় মোট দীর্ঘ-মেয়াদি দায়
	শেয়ারহোল্ডারদের মূলধন
	সাধারণ শেয়ার সঞ্চিত আয় মোট মালিকানা স্বত্ব
মোট সম্পদ	**মোট দায় ও মালিকানা স্বত্ব**

(i) সম্পদ (Assets)

সংগৃহীত তহবিল কোনো প্রতিষ্ঠানে নগদ অর্থ হিসেবে বিদ্যমান থাকে এবং এর একটি অংশ বিনিয়োগের মাধ্যমে যন্ত্রপাতি, পণ্য ইত্যাদিতে রূপান্তরিত হয়। এগুলিকে "সম্পদ (Assets)" বলা হয়। সম্পদ সাধারণত দুই প্রকার- "চলতি সম্পদ (Current Assets)" এবং "অচল/দীর্ঘমেয়াদি সম্পদ (Non-current Assets)"। **চলতি সম্পদ হলো** নগদ অর্থ বা মজুদ পণ্য, যা স্বল্প সময়ের মধ্যে (সাধারণত এক বছরের মধ্যে) নগদে রূপান্তর করা যায়। **অচল বা দীর্ঘমেয়াদি সম্পদ হলো** এমন সম্পদ যা স্বল্প সময়ে নগদায়ন করা যায় না; যেমন- ভূমি, ভবন, স্থাপনা, সফটওয়্যার, মোটরযান ইত্যাদি। তবে **দীর্ঘস্থায়ী সম্পদ, যেমন ভবন ও যন্ত্রপাতি, সময়ের সাথে সাথে মূল্যহ্রাস (অবচয়) হয়। এই অবচয়ের পরিমাণ দাম কমার সময়ে প্রস্তুতকৃত ব্যালেন্স শীটে (B/S) প্রতিফলিত হয়।** অবচয় সংক্রান্ত বিস্তারিত আলোচনা **১৩.১.২** অনুচ্ছেদে উপস্থাপন করা হয়েছে।

(ii) দায় (Liabilities)

যদি কোনো প্রতিষ্ঠান কারও নিকট থেকে ঋণ গ্রহণ করে, তবে সেই অর্থ "দায় (Liabilities)" হিসেবে লিপিবদ্ধ হয়। দায় সাধারণত দুই প্রকার-(১) চলতি দায় (Current Liabilities) যা স্বল্পমেয়াদে পরিশোধ করতে হয়। (২) দীর্ঘমেয়াদি দায় (Non-current Liabilities) যা দীর্ঘমেয়াদে পরিশোধযোগ্য।

(iii) শেয়ারহোল্ডারদের মূলধন/মালিকানা স্বত্ব (Shareholders' Equity)

যখন একটি প্রতিষ্ঠান কার্যক্রম শুরু করে, সেসময় শেয়ারহোল্ডার বা দাতাগণের কাছ থেকে মূলধন সংগ্রহ করে তা ব্যবসায় বিনিয়োগ করে। এটি সাধারণ শেয়ার (Common Stock) হিসেবে লিপিবদ্ধ হয়। যদি পূর্ববর্তী অর্থবছরে প্রতিষ্ঠানটি লাভ অর্জন করে, তবে নিট মুনাফার অর্থ পরবর্তী বছরে "সঞ্চিত আয় (Retained Earnings)" হিসেবে লিপিবদ্ধ করা হয়। এই সকল তহবিলকে সম্মিলিতভাবে "শেয়ারহোল্ডারদের মূলধন" বা "মালিকানা স্বত্ব" বলা হয়।

১৩.১.১.৩ নগদ লেনদেন বিবরণী (Cash Flow Statement – C/S)

নগদ লেনদের বিবরণী (C/S) প্রতি অর্থবছরে প্রতিষ্ঠানে কত পরিমাণ অর্থ প্রবেশ (cash inflow) এবং বহির্গমন (cash outflow) হয়েছে তা প্রদর্শন করে। এটি সাধারণত তিনটি প্রধান অংশে বিভক্ত: (১) বিক্রয় নগদ লেনদেন (Sales Cash Flow)- এটি পানির ট্যারিফ আদায় পরিচালন ব্যয়কে অতিক্রম করেছে কি না তা নির্দেশ করে, (২) বিনিয়োগ নগদ লেনদেন (Investment Cash Flow)- এটি ভবিষ্যৎ ব্যবসার ধারাবাহিকতা ও সম্প্রসারণের জন্য বিনিয়োগের অবস্থা প্রদর্শন করে এবং (৩) আর্থিক নগদ লেনদেন (Financial Cash Flow)- এটি ভর্তুকি গ্রহণ, ঋণ পরিশোধ ইত্যাদির অবস্থা নির্দেশ করে; অর্থাৎ বহিঃতহবিলের উপর নির্ভরতার মাত্রা প্রকাশ করে।

টেবিল ১৩.৩ : নগদ লেনদেন বিবরণী (C/S)-ফরমেট এর উদাহরণ

বিক্রয় নগদ লেনদেন (Sales Cash Flows)	পরিমান (টাকা মিলিয়ন)
সেবা হতে রাজস্ব আয়	১১.০
পরিচালনা ব্যয় (জনবল, রক্ষণাবেক্ষণ ইত্যাদি)	৪.৩
(১) নীট বিক্রয় নগদ লেনদেন	৬.৭
বিনিয়োগ নগদ লেনদেন (Investment Cash Flows)	
নতুন যন্ত্রপাতি ক্রয় (পাইপ, মিটার ইত্যাদি)	(৩.৩)
(২) নীট বিনিয়োগ নগদ লেনদেন	(৩.৩)
আর্থিক নগদ লেনদেন (Financial Cash Flows)	
অবকাঠামোর জন্য সরকারি ভর্তুকি	৫.৮
ঋণ পরিশোধ	(৬.৯)
(৩) নীট আর্থিক নগদ লেনদেন	(১.১)
নীট নগদ বৃদ্ধি (Net Increase in Cash)	**২.৩**
বৎসরের শুরুতে নগদ (Cash at Beginning of Period)	৫.৪
বৎসরের শেষে নগদ Cash at End of Period	**৭.৭**

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার নগদ লেনদেন বিবরণী (C/S) লাভ-ক্ষতি হিসাব (P/L) এবং ব্যালেন্স শীট (B/S)-এর মতো নয়। এটি প্রতিষ্ঠানের নগদ অবস্থার স্পষ্ট চিত্র দেয়, যা P/L বা B/S থেকে সরাসরি দেখা যায় না, এবং এটি নগদ ঘাটতির ঝুঁকি এড়াতে আর্থিক দিকনির্দেশনা প্রদান করে। তবে, এই হ্যান্ডবুকের উদ্দেশ্য হলো মৌলিক স্তরের জ্ঞান এবং B/S ও P/L থেকে প্রাপ্ত মূল আর্থিক তথ্য উপস্থাপন করা। তাই C/S উদাহরণ প্রদান করা হয়েছে, কিন্তু গভীর আর্থিক বিশ্লেষণ বা বিস্তারিত ব্যাখ্যা এতে অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি।

১৩.১.২ অবচয় (Depreciation)

যখন কোনো পানির পাইপ স্থাপন করা হয়, তখন সেই পাইপের সাথে সম্পর্কিত একটি সম্পদ "হিসাবের নিয়ম (account rule)" অনুযায়ী অর্জিত হয়। তবে পানির পাইপ চিরকাল সম্পদের মূল্য বজায় রাখে না; সময় এবং ব্যবহারের সাথে সাথে এর মান হ্রাস পায়। এজন্য, খরচটি শুধুমাত্র পাইপ স্থাপনের অর্থ ব্যয় হওয়া বছরে গণনা না করে, বরং পাইপের ব্যবহারযোগ্য আয়ুষ্কাল ধরে খরচটি "অবচয় (Depreciation)" হিসেবে বৎসর ভিত্তিক বিতরণ করা হয়।

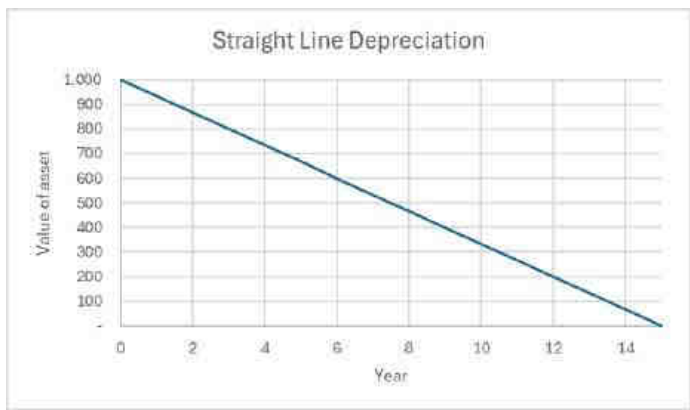
অবচয়কে হিসাবের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত করার মাধ্যমে অর্জিত যন্ত্রপাতি বা সুবিধার ব্যবহারযোগ্য জীবনকাল বিবেচনা করে প্রকৃত লাভ বা ক্ষতির মূল্যায়ন সম্ভব হয়। **এটি কোনো প্রকৃত নগদ লেনদেন নির্দেশ করে না।**

লাভ-ক্ষতি হিসাব (P/L)-এ, অবচয়কে পরিচালন ব্যয়ের অংশ হিসেবে অন্তর্ভুক্ত করতে হয়। যেহেতু স্থায়ী সম্পদের (Fixed Assets) মূল্য সময়ের সাথে হ্রাস পায়, তাই ব্যালেন্স শীটে (B/S) এটি প্রতিফলিত করতে হবে; অর্থাৎ, দীর্ঘমেয়াদি সম্পদ থেকে অবচয় (Depreciation) বাদ দিয়ে মূল্য প্রদর্শন করতে হবে।

অবচয় হিসাবের জন্য সাধারণত দুটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়:

- **সরলরেখা পদ্ধতি (Straight Line Depreciation)**

সম্পদের প্রত্যাশিত আয়ুষ্কাল ধরে প্রতি বছরে সমান পরিমাণ অবচয় গণনা করা হয়, যা সম্পদের অবশিষ্ট মূল্য (Residual Value) বাদ দিয়ে নির্ধারিত হয়। অবচয়ের হার (Depreciation Rate) সম্পদের ধরন অনুযায়ী দেশের কর্তৃপক্ষ দ্বারা নির্ধারিত হয়।



চিত্র ১৩.৫: সরলরেখা অবচয় গ্রাফ এর উদাহরণ

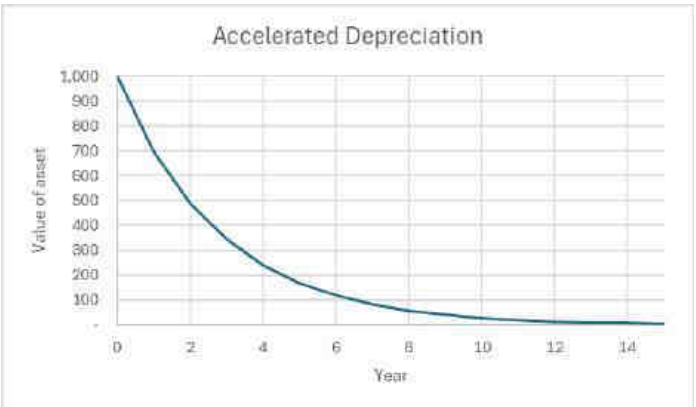
সম্পদের ধরণ	হার (%)
বিল্ডিং	১০
আসবাব ও ফিটিংস্	১০
স্থাপনা ও মেশিনারী	২০
মোটর গাড়ি	২০
কম্পিউটার ও কম্পিউটারের যন্ত্রাংশ	৩০

টেবিল ১৩.৪: সরলরেখা অবচয় হার এর উদাহরণ

সরলরেখা পদ্ধতিতে, সম্পদের প্রত্যাশিত আয়ুষ্কালের জন্য প্রতি বছর সমান পরিমাণ অবচয় ধার্য হয়। চিত্র ১৩.৫-এ এই পদ্ধতির গ্রাফিক উপস্থাপন দেখানো হয়েছে, যেখানে সম্পদের শুরুর মূল্য থেকে অবচয় হ্রাসের ধারাবাহিকতা নির্দিষ্ট সময়ে প্রদর্শিত হয়েছে।

- **ত্বরান্বিত অবচয় (Accelerated Depreciation)**

কিছু সম্পদ আয়ুষ্কালের শুরুতেই দ্রুত মূল্যহ্রাস পায়। এই ধরনের সম্পদের জন্য, আরম্ভের কয়েক বছরে বেশি পরিমাণ অবচয় ধার্য করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, চিত্র ১৩.৬-এ দেখানো হয়েছে, যে সম্পদের অবশিষ্ট মূল্যের ৩০% প্রতি বছর অবচয় হিসেবে ধার্য হতে পারে। এটি স্থির অবচয় পদ্ধতির তুলনায় প্রাথমিক বছরগুলিতে বৃহত্তর খরচ প্রতিফলিত করে, যা কর সুবিধা বা প্রকৃত লাভ-ক্ষতির হিসাবের জন্য প্রযোজ্য হতে পারে।



চিত্র ১৩.৬: ত্বরান্বিত অবচয় গ্রাফ এর উদাহরণ

বৎসর	হার (%)
১ম বৎসর	৫০
২য় বৎসর	৩০
৩য় বৎসর	২০
-	-
-	-
-	-

টেবিল ১৩.৫: ত্বরান্বিত অবচয় হার এর উদাহরণ

১৩.২ নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট এবং নিয়ন্ত্রণমূলক ব্যবস্থা

১৩.২.১ ত্রুটি নির্ণয়

(১) আর্থিক বিশ্লেষণ

আর্থিক বিবরণীসমূহে উপস্থাপিত তথ্য, যেমন P/L (লাভ-ক্ষতি হিসাব) এবং B/S (ব্যালেন্স শিট), প্রতিষ্ঠানের আর্থিক বিশ্লেষণের জন্য ব্যবহৃত হয়। অতএব, পৌরসভার মতো ব্যবসায়িক প্রতিষ্ঠানসমূহের ক্ষেত্রে ন্যূনতমভাবে হলেও P/L এবং B/S সংরক্ষণ ও প্রস্তুত করা আবশ্যক।

জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তর (DPHE) প্রয়োজনীয়তার ভিত্তিতে (যদিও বাধ্যতামূলক নয়) পৌরসভাগুলির আর্থিক অবস্থা বিশ্লেষণ করবে বলে প্রত্যাশা করা হয়।

টেবিল ১৩.৬-এ পানি সরবরাহ ব্যবহার ক্ষেত্রে আর্থিক বিশ্লেষণের প্রধান সূচকসমূহ উদাহরণসহ উপস্থাপন করা হয়েছে, যেখানে বিভিন্ন পরিস্থিতি, কারণ, ঝুঁকি এবং প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে। ভিন্ন ভিন্ন দৃষ্টিকোণ থেকে বিভিন্ন কারণ ও প্রতিকার থাকতে পারে। এর বিস্তারিত ব্যাখ্যা পরবর্তী অংশে প্রদান করা হয়েছে।

টেবিল ১৩.৬: পানি সরবরাহের জন্য আর্থিক বিশ্লেষণের উদাহরণ

পরিস্থিতি	কারণ	ঝুঁকি	করণীয়
পরিচালন কার্যসম্পাদন অনুপাত ১০০%-এর নিচে	পরিচালন ক্ষতি সংঘটিত হয়েছে	মুনাফা হ্রাস ও সঞ্চয়ের ঘাটতি সৃষ্টি	ট্যারিফ সংশোধন বিবেচনা করা[১]
			বকেয়া ট্যারিফ আদায় জোরদার করা
			মিটারভিত্তিক বিলিং পদ্ধতি প্রবর্তন করা
			পানি সরবরাহ ব্যবস্থা অনুকূল করা
সম্পদের উপর রিটার্ণ কম (প্রায় ১%-এর নিচে)	সম্পদের কার্যকর ব্যবহার হচ্ছে না	সেবার মান হ্রাস এবং রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় সংস্থানে জটিলতা বৃদ্ধি	ট্যারিফ সংশোধন বিবেচনা করা
			অতিরিক্ত পরিচালন ব্যয় হ্রাস করা
স্থায়ী সম্পদের অবচয় হার	স্থাপনার অবনতি	উৎপাদন ক্ষমতা হ্রাস	স্থাপনার রক্ষণাবেক্ষণ পরিকল্পনা প্রণয়ন করা
বেতন ব্যয় ও পরিচালন মুনাফার অনুপাত বেশি	জনবলের নিম্ন উৎপাদনশীলতা	মুনাফা হ্রাস ও সঞ্চয়ের ঘাটতি সৃষ্টি	কাজের দক্ষতা উন্নয়ন করা
			উপযুক্ত জনবল নিশ্চিতকরণ করা
			বেতন পুনর্বিবেচনা করা
ট্যারিফ আদায় হার ১০০%-এর নিচে এবং/অথবা অত্যন্ত কম	ট্যারিফ বহির্ভূত আয়ের উপর নির্ভরশীলতা	মুনাফা হ্রাস ও সঞ্চয়ের ঘাটতি সৃষ্টি	যথাযথ রাজস্ব নিশ্চিত করতে ট্যারিফ পর্যালোচনা করা
মন্তব্য: ১ - ট্যারিফ সংশোধন সংক্রান্ত বিষয়ে ১২.১.৪ "ট্যারিফ ব্যবস্থাপনা" অনুচ্ছেদ দেখুন।			

১) ঝুঁকি (Risk):

বাংলাদেশের অনেক পৌরসভা আর্থিক তথ্যভিত্তিক নথি প্রস্তুত করে থাকে, তবে সেগুলি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কেবল আয়-ব্যয় বিবরণীর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। তবে কোনো ব্যবসা লাভজনক হচ্ছে কিনা তা জানা টেকসই আর্থিক ব্যবস্থাপনার জন্য যথেষ্ট নয়। যথাযথ আর্থিক বিবরণীর অভাবজনিত প্রধান ঝুঁকিসমূহ হলো-১) তহবিলের ঘাটতির কারণে কার্যক্রম বন্ধ হয়ে যাওয়া বা পরিশোধে বিলম্ব হওয়া; ২) পরিকল্পনাবিহীন যন্ত্রপাতি প্রতিস্থাপন ব্যয়ের কারণে পুরোনো স্থাপনার সমস্যার সমাধানে বিলম্ব হওয়া; এবং উপযুক্ত ট্যারিফ নির্ধারণে অক্ষমতার কারণে রাজস্ব ঘাটতির সম্ভাবনা।

২) প্রয়োজনীয় তথ্য (Necessary Data):

নিম্নোক্ত সূচকসমূহ সাধারণত আর্থিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়ঃ

(i) পরিচালন কার্যসম্পাদন অনুপাত (%)

এটি লাভজনকতা মূল্যায়নের জন্য ব্যবহৃত হয়। পরিচালন ব্যয় কতখানি পরিচালন আয়ের মাধ্যমে মেটানো হয়েছে এটি দ্বারা তা বোঝা যায়।

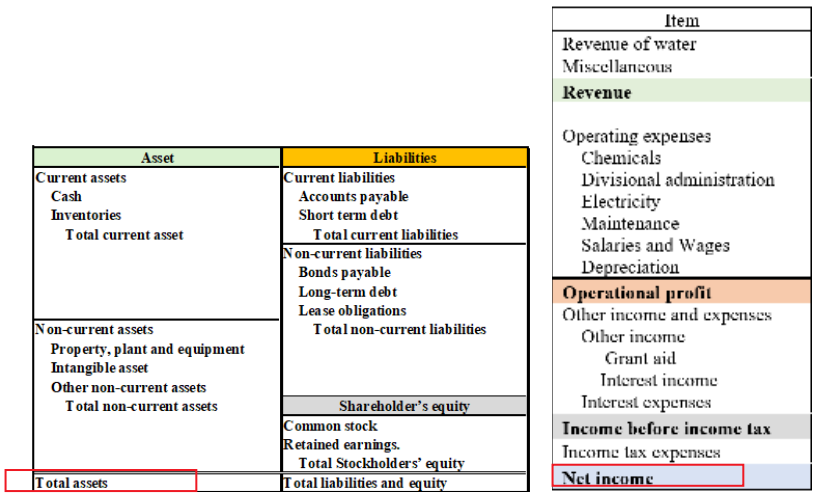
পরিচালন কার্যসম্পাদন অনুপাত (%)
= রাজস্ব ÷ পরিচালন ব্যয় × ১০০
উক্ত মানসমূহ লাভ-ক্ষতি হিসাব (P/L) থেকে পাওয়া যায়।

(ii) সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA) (%)

এটি মোট সম্পদের মাধ্যমে কত পরিমাণ মুনাফা অর্জিত হয়েছে তা নির্দেশক একটি সূচক; এটি নিট মুনাফা ও মোট সম্পদের অনুপাত, যা প্রতিষ্ঠানের লাভজনকতা ও মূলধন দক্ষতা মূল্যায়নে ব্যবহৃত হয়।

সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA) (%)
= নিট আয় ÷ মোট সম্পদ × ১০০
উক্ত মানসমূহ ব্যালেন্স শীট (B/S) ও লাভ-ক্ষতি হিসাব (P/L) থেকে পাওয়া যায়।

Item
Revenue of water
Miscellaneous
Revenue
Operating expenses
Chemicals
Divisional administration
Electricity
Maintenance
Salaries and Wages
Depreciation
Operational profit
Other income and expenses
Other income
Grant aid
Interest income
Interest expenses
Income before income tax
Income tax expenses
Net income



Asset	
Current assets	
Cash	
Inventories	
Total current asset	
Non-current assets	
Property, plant and equipment	
Intangible asset	
Other non-current assets	
Total non-current assets	
Total assets	

Liabilities
Current liabilities
Accounts payable
Short term debt
Total current liabilities
Non-current liabilities
Bonds payable
Long-term debt
Lease obligations
Total non-current liabilities
Shareholder's equity
Common stock
Retained earnings.
Total Stockholders' equity
Total liabilities and equity

Item
Revenue of water
Miscellaneous
Revenue
Operating expenses
Chemicals
Divisional administration
Electricity
Maintenance
Salaries and Wages
Depreciation
Operational profit
Other income and expenses
Other income
Grant aid
Interest income
Interest expenses
Income before income tax
Income tax expenses
Net income

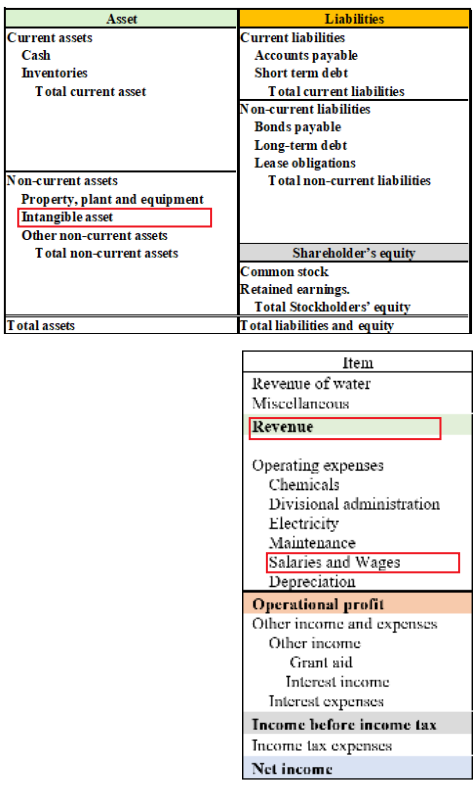
(iii) স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার (%)

এই অনুপাতের মাধ্যমে অবচয়ের অগ্রগতি এবং সম্পদের ব্যবহৃত সময়কাল সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়।

স্থায়ী সম্পদের অবচয় হার (%)

= স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় ÷ স্থায়ী সম্পদের মূল্য × ১০০

উক্ত মান ব্যালেন্স শীট (B/S) থেকে পাওয়া যায়।



Asset	
Current assets	
Cash	
Inventories	
Total current asset	
Non-current assets	
Property, plant and equipment	
Intangible asset	
Other non-current assets	
Total non-current assets	
Total assets	

Liabilities
Current liabilities
Accounts payable
Short term debt
Total current liabilities
Non-current liabilities
Bonds payable
Long-term debt
Lease obligations
Total non-current liabilities
Shareholder's equity
Common stock
Retained earnings.
Total Stockholders' equity
Total liabilities and equity

(iv) বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত (%)

কর্মচারীদের বেতন ব্যয়ের ক্ষেত্রে মূল বিষয় হলো কর্মীর সংখ্যা ও পদায়ন যথাযথ কিনা তা নিরূপণ করা।

বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত (%)

= বেতন ও মজুরি ÷ রাজস্ব × ১০০

উক্ত মান লাভ-ক্ষতি হিসাব (P/L) থেকে পাওয়া যায়।

Item
Revenue of water
Miscellaneous
Revenue
Operating expenses
Chemicals
Divisional administration
Electricity
Maintenance
Salaries and Wages
Depreciation
Operational profit
Other income and expenses
Other income
Grant aid
Interest income
Interest expenses
Income before income tax
Income tax expenses
Net income

৩) নিশ্চিতকরণ পয়েন্ট (Confirmation Points):

(i) পরিচালন কার্যসম্পাদন অনুপাত

- অনুপাত যত বেশি হবে, পরিচালন কার্যসম্পাদন তত ভালো হবে।
- মান ১০০%-এর নিচে হলে পরিচালন ক্ষতি সংঘটিত হয়েছে বলে বোঝায়।

(ii) সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA)

- নিম্ন ROA নির্দেশ করে যে সম্পদের কার্যকর ব্যবহার হচ্ছে না।
- সাধারণ ধারণা অনুযায়ী ROA ১%-এর নিচে হলে তা কম হিসেবে বিবেচিত হয় এবং ০.১%-এর নিচে হলে তা গুরুতর পরিস্থিতি হিসেবে গণ্য হয়, যার উন্নয়ন প্রয়োজন।

(iii) স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত (Accumulated) অবচয় হার

- এই অনুপাত বৃদ্ধি পেলে মূলধনী ব্যয় হ্রাসের ইঙ্গিত দেয়।
- একই সঙ্গে এটি স্থাপনার অবনতি নির্দেশ করে, যা মেরামত ব্যয় বৃদ্ধির প্রয়োজনীয়তা এবং উৎপাদন ক্ষমতা হ্রাসের সংকেত দেয়।
- সাধারণত, সঞ্চিত অবচয় যদি প্রকৃত ক্রয়মূল্যের প্রায় ৮০%-এ পৌঁছে যায়, তবে হালনাগাদ পরিকল্পনা প্রণয়ন করা উচিত।

(iv) বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত

- যে স্থাপনা যত বেশি জনসংখ্যাকে সেবা প্রদান করে, তার উৎপাদনশীলতা তত বেশি এবং এই অনুপাত তত কম হয়।
- পৌরসভায় কর্মীদের সুষ্ঠুভাবে নিয়োগ করা সহজ নয়, এবং বেতন প্রায় স্থির একটি ব্যয়। সুতরাং, এই অনুপাত দ্বারা বোঝা যায়- কর্মীরা সর্বোত্তমভাবে কাজ করে মুনাফা সৃষ্টি করতে সক্ষম হচ্ছেন কিনা এবং উন্নত কর্মসম্পাদনের জন্য প্রশিক্ষণের প্রয়োজন আছে কিনা, অথবা পানির অপচয় (নন-রেভিনিউ ওয়াটার) এর কারণে সম্ভাব্য মুনাফা হারিয়ে যাচ্ছে কিনা।
- অন্যান্য পৌরসভার সাথে তুলনা করে ব্যবস্থাপনা উন্নয়নের ক্ষেত্র নির্ধারণে এই অনুপাত ব্যবহার করা যেতে পারে।

৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা (Action and Countermeasures):

(i) যখন পরিচালন কার্যসম্পাদন অনুপাত কম (< ১০০%)

- **পানির ট্যারিফ সংশোধন:** যদি বর্তমান ট্যারিফ প্রয়োজনীয় রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় প্রতিফলিত না করলে উপযুক্ত ট্যারিফ নির্ধারণ বিবেচনা করতে হবে। ব্যয় কাঠামো বিশ্লেষণ করে দরিদ্র শ্রেণির বিষয় বিবেচনায় ট্যারিফ কাঠামো প্রণয়ন করা উচিত।
- **বকেয়া ট্যারিফ আদায় জোরদার করা:** রাজস্ব অপচয় রোধে বকেয়া আদায় নিশ্চিত করতে হবে। এক্ষেত্রে নমনীয় কিস্তি পদ্ধতি প্রবর্তন কার্যকর হতে পারে।
- **মিটারভিত্তিক বিলিং ব্যবস্থা চালু করা:** ব্যবহৃত পানির পরিমাণ অনুযায়ী বিল নির্ধারণের মাধ্যমে আদায় হার বৃদ্ধি করা।
- **স্থাপনার দক্ষ পরিচালনা:** পানি শোধনাগার বা পানির উৎসের ইনটেকের কার্যকর পরিচালনা এবং বিতরণ ব্যবস্থার কার্যক্রম অনুকূল করে ক্ষয়ক্ষতি হ্রাস করা (যেমন- বিদ্যুৎ ব্যবহার, রাসায়নিক খরচ, বিক্রয় ও প্রশাসনিক ব্যয় ইত্যাদি)। এতে প্রাথমিক বিনিয়োগ প্রয়োজন হলেও পুরোনো স্থাপনা আধুনিক ও দক্ষ প্রযুক্তিতে প্রতিস্থাপন করলে দীর্ঘমেয়াদে রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কমবে। বিদ্যুৎ সাশ্রয়ের জন্য "বিদ্যুৎ" অধ্যায় দেখুন।
- **নন-রেভিনিউ ওয়াটার (NRW) হ্রাস:** যেহেতু পানি উৎপাদন ব্যয় উৎপাদনের পরিমাণের সাথে সম্পর্কিত এবং যেহেতু পানির মুনাফা নির্ভর করে সরবরাহ ও ট্যারিফ আদায়ের উপর, তাই পরিচালনা ব্যয় সাশ্রয়ে NRW হ্রাস করা অপরিহার্য। আর এর প্রাথমিক পদক্ষেপ হলো গ্রাহক পর্যায়ে মিটার স্থাপন ও মূল পাইপলাইনের লিকেজ কমানো। এবিষয়ে বিস্তারিত জানতে এই নির্দেশিকার "NRW" অধ্যায় দেখুন।

(ii) যখন সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA) কম (< ০.১%)

- **মুনাফা বৃদ্ধি করা:** উন্নত পানি সরবরাহ সেবা প্রদান এবং/অথবা উচ্চ দক্ষতার মাধ্যমে অতিরিক্ত ব্যয় (যেমন বিদ্যুৎ ব্যয়) হ্রাস করে উপযুক্ত ট্যারিফ নির্ধারণ করা।
- **কর্মদক্ষতা বৃদ্ধি করা:** কাজের দক্ষতা বাড়িয়ে কর্মীসংখ্যা যৌক্তিক করা।

(iii) যখন স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার বেশি (> ৮০%)

- স্থাপনার অবনতি বিবেচনায় ভবিষ্যৎ হালনাগাদ ও মেরামতের সম্ভাব্য প্রয়োজন নিরূপণ করে বিনিয়োগ পরিকল্পনা প্রণয়নে তা রেফারেন্স হিসেবে ব্যবহার করা।

(iv) যখন বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত বেশি (> ১৫%)

- **কর্মদক্ষতা উন্নয়ন করা:** কাজের ধরণ ও দায়িত্ব বণ্টন পর্যালোচনা করে অপচয় ও ডুপ্লিকেশন দূর করা। বিশেষজ্ঞের মাধ্যমে জটিল কাজ সম্পাদন এবং নিয়মিত কাজ সরলীকরণ বা আউটসোর্সিং করা যেতে পারে। ডিজিটাল রূপান্তর (DX) বিষয়টি কার্যকর হতে পারে।
- **উপযুক্ত জনবল নিশ্চিতকরণ:** প্রয়োজনীয় ন্যূনতম জনবল কাঠামো বজায় রেখে জনবল বণ্টন অনুকূল করা। মানবসম্পদ উন্নয়নে প্রশিক্ষণ প্রদান দীর্ঘমেয়াদে কার্যকর হতে পারে।
- **মুনাফা ও ক্ষতির তুলনামূলক মূল্যায়ন করা:** জনবল নিয়োগে যদি নমনীয় (flexible) না থাকে তবে বেতন ব্যয় সাধারণত স্থির হয়। এ ক্ষেত্রে ব্যয়ের চেয়ে কম মুনাফায়ও হতে পারে। পর্যাপ্ত মুনাফার প্রধান প্রতিবন্ধকতা হলো বিতরণ ব্যবস্থায় পানির অপচয় এবং ট্যারিফ আদায়ে ঘাটতি। ট্যারিফ আদায় বৃদ্ধি সরাসরি জনবলের কর্মদক্ষতার সাথে সম্পর্কিত।

১৩.৩ পরিদর্শন

ডিপিএইচই প্রতি বছর অন্তত একবার আর্থিক বিবরণী বা সংশ্লিষ্ট রেকর্ডের অস্তিত্ব নিশ্চিত করবে।

নিম্নে পানি সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের জন্য কিছু সাধারণ আর্থিক সূচক উল্লেখ করা হলো। তবে এগুলি B/S এবং P/L থেকে নির্ণয় করা যায় না; এর জন্য অতিরিক্ত তথ্যেরও প্রয়োজন হয়।

- **পানি উৎপাদন এর একক মূল্য (টাকা/ঘ:মি:)**

পানি উৎপাদনের দক্ষতা নির্দেশক একটি সূচক। এটি খাবার পানি সরবরাহ উৎপাদনে ব্যয়ের অনুপাত মূল্যায়ন করে।

- যদি এই একক মূল্য বৃদ্ধি পায়, তবে লাভজনকতা নিশ্চিত করার জন্য ট্যারিফ বৃদ্ধি প্রয়োজন হতে পারে।
- অন্যদিকে, একক মূল্য হ্রাস পেলে পরিচালন দক্ষতা উন্নত হয়েছে বলে ধারণা করা যেতে পারে; তবে অতিরিক্ত ব্যয় সাশ্রয়ের ফলে গুণগত মান ও স্থায়িত্বে নেতিবাচক প্রভাব পড়ছে কিনা তা যাচাই করা উচিত

পানি উৎপাদন একক মূল্য (টাকা/ঘ:মি:) = পরিচালন ব্যয় (টাকা) ÷ মোট বার্ষিক রাজস্বযোগ্য পানির পরিমাণ (ঘ:মি:)

উপাত্ত P/L এবং পানি মিটার রেকর্ড থেকে সংগ্রহ করা যায়।

- **পানি বিক্রয় এর একক মূল্য (টাকা/ঘ:মি:)**

পৌরসভার লাভজনকতা এবং ট্যারিফ নীতির যথাযথতা মূল্যায়নের একটি সূচক।

- পানি বিক্রয় একক মূল্য ও পানি উৎপাদন একক মূল্যের তুলনার মাধ্যমে প্রতিষ্ঠানটি তার ব্যয় পূরণ করতে পারছে কিনা (লাভজনকতা) তা যাচাই করা যায়।
- যদি পানি বিক্রয় একক মূল্য পানি উৎপাদন একক মূল্যের চেয়ে কম হয়, তবে পৌরসভার আর্থিক স্থায়িত্ব ঝুঁকির মুখে পড়তে পারে।
- পানি বিক্রয় ও উৎপাদন একক মূল্যের তুলনা লাভজনকতা ও আর্থিক স্থায়িত্ব মূল্যায়নে সহায়তা করে; পাশাপাশি বিক্রয় মূল্যকে আঞ্চলিক অবস্থা ও অন্যান্য পৌরসভার সঙ্গে তুলনা করলে ট্যারিফের যথার্থতা নির্ধারণ এবং পরিচালন উন্নয়নে সহায়তা করে।

পানি বিক্রয় একক মূল্য (টাকা/ঘ:মি:) = পানি থেকে প্রাপ্ত রাজস্ব (টাকা) স্ট মোট বার্ষিক রাজস্বযোগ্য পানির পরিমাণ (ঘ:মি:)

উপাত্ত P/L এবং পানি মিটার রেকর্ড থেকে সংগ্রহ করা যায়।

- **ট্যারিফ আদায়ের হার (%)**

পানি ব্যবহারকারীদের নিকট থেকে বিল আদায়ের অনুপাত নির্দেশক একটি সূচক। এটি পানি সরবরাহ ব্যবসার আর্থিক সবল অবস্থা ও পরিচালন দক্ষতা মূল্যায়নে ব্যবহৃত হয়। যদি ট্যারিফ আদায়ের হার ১০০% এর কম হয়, তবে তা নির্দেশ করে যে পানি সরবরাহ ব্যয় পানি ট্যারিফ ব্যতীত অন্য উৎসের রাজস্ব দ্বারা পূরণ করা হচ্ছে। এ ক্ষেত্রে পৌরসভাকে মৌলিক ট্যারিফ বৃদ্ধি বা জীবনমানভিত্তিক বহুস্তর (multi-tiered) ট্যারিফ ব্যবস্থা প্রবর্তনের মতো পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হতে পারে।

- উচ্চ ট্যারিফ আদায়ের হার (≧ ৯০%) নির্দেশ করে যে উন্নতির কিছু সুযোগ থাকলেও পৌরসভার রাজস্ব প্রবাহ তুলনামূলকভাবে স্থিতিশীল এবং পরিচালন ব্যয় বহনে সক্ষম।
- অন্যদিকে, নিম্ন ট্যারিফ আদায়ের হার (≦ ৮০%) বিল আদায় প্রক্রিয়া বা ব্যবস্থাপনায় সমস্যার ইঙ্গিত দিতে পারে; আবার এটি বাসিন্দাদের অর্থ পরিশোধে অক্ষমতা বা ট্যারিফ নিয়ে অসন্তুষ্টির প্রতিফলনও হতে পারে। এ ক্ষেত্রে ট্যারিফ নীতি ও সেবার মান পুনর্বিবেচনা করা প্রয়োজন হতে পারে।
- ট্যারিফ আদায়ের হার (%) = পানি বিক্রয় একক মূল্য স্ট পানি উৎপাদন একক মূল্য × 100

আর্থিক বিশ্লেষণের কেস স্টাডি

ধাপ-১: সূচক গণনা করা

নিম্নে পানি সরবরাহ ব্যবসার গত পাঁচ বছরের ব্যালান্স শীট ও আয়-ব্যয় বিবরণীর তথ্য প্রদান করা হলো।

লাভ ও ক্ষতি লক্ষ টাকা

খাতসমূহ	২০২০	২০২১	২০২২	২০২৩	২০২৪
রাজস্ব	২,২০০	২,১০০	২,০০০	১,৯৫০	১,৯২০
পরিচালনা ব্যয়	১,২৫০	১,৩০০	১,৩৩০	১,৪৬০	১,৫১০
স্থাপনা ব্যবস্থাপনা ব্যয়	৯০০	৯৩০	৯৩০	৯৮০	১০০০
কর্মচারীদের বেতন-ভাতা	২৫০	২৬০	২৮০	৩৫০	৩৭০
অবচয়	১০০	১১০	১২০	১৩০	১৪০
পরিচালনা মুনাফা	৯৫০	৮০০	৬৭০	৪৯০	৪১০
আয়কর পূর্ববর্তী আয়	৩৫০	২০০	৭০	-১১০	-১৯০
নিট মুনাফা	৩১৫	১৮০	৬৩	-৯৯	-১৭১

ব্যালেন্স শীট লক্ষ টাকা

খাতসমূহ	২০২০	২০২১	২০২২	২০২৩	২০২৪
চলতি সম্পদ	৫০০	৫৫০	৬০০	৬৫০	৭০০
স্থায়ী সম্পদ	৩,০০০	২,৮৯০	২,৭৭০	২,৬৪০	২,৫০০
স্থাপনা	২,২০০	২,০৯০	১,৯৭০	১,৮৪০	১,৭০০
ভূমি লিজ অধিকার	৫০০	৫০০	৫০০	৫০০	৫০০
অন্যান্য স্থায়ী সম্পদ	৩০০	৩০০	৩০০	৩০০	৩০০
চলতি দায়	৮০০	৮৫০	৯০০	৯৫০	১,০০০
দীর্ঘমেয়াদি দায়	১,২০০	১,২৫০	১,৪০০	১,৫৫০	১,৭০০
শেয়ারহোল্ডারদের মূলধন	১,৫০০	১,৩৪০	১,০৭০	৭৯০	৫০০

চারটি আর্থিক সূচক যথা- **"পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত (Operating performance ratio)", "সম্পদের উপর রিটার্ণ (Return on assets -ROA)", " স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার (Depreciation rate of fixed assets)"**, এবং **"বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত (Salary expense to revenue ratio)",** এর মান গণনা করে সংশ্লিষ্ট শূন্যস্থান পূরণ করুন। এখানে ২০১৯ সাল পর্যন্ত স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয়ের পরিমাণ ৩০০ লক্ষ টাকা হিসেবে গণ্য করা হয়েছে।

সূচক	২০২০	২০২১	২০২২	২০২৩	২০২৪
পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত					
সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA)					
স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার					
বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত					

সঠিক উত্তর পরবর্তী পৃষ্ঠায় প্রদান করা হয়েছে।

সূচক গণনার উত্তর:

সূচক	২০২০	২০২১	২০২২	২০২৩	২০২৪
পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত	১৭৬.০	১৬১.৫	১৫০.৪	১৩৩.৬	১২৭.২
সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA)	৯.০০	৫.২৩	১.৮৬	-২.৯২	-৫.৩৪৪৩
স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার	১৫.৩৮	১৯.৬২	২৪.২৩	২৯.২৩	৩৪.৬২
বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত	১১.৪	১২.৪	১৪.০	১৭.৯	১৯.৩

গণনা প্রক্রিয়া:

পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত :

- পরিচালন কার্যকারিতা অনুপাত = (রাজস্ব ÷ পরিচালন ব্যয়) × ১০০
- রাজস্ব: ২০২০, ২০২১, ২০২২, ২০২৩ ও ২০২৪ সালে যথাক্রমে ২২০০, ২১০০, ২০০০, ১৯৫০ ও ১৯২০ (লাভ ও ক্ষতি হিসাব থেকে)।
- পরিচালন ব্যয়: ২০২০, ২০২১, ২০২২, ২০২৩ ও ২০২৪ সালে যথাক্রমে ১২৫০, ১৩০০, ১৩৩০, ১৪৬০ ও ১৫১০ (লাভ ও ক্ষতি হিসাব থেকে)।

অতএব:-

২০২০ সালে পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত: (২২০০ ÷ ১২৫০) × ১০০ = ১৭৬.০
২০২১ সালে: " (২১০০ ÷ ১৩০০) × ১০০ = ১৬১.৫
২০২২ সালে: " (২০০০ ÷ ১৩৩০) × ১০০ = ১৫০.৪
২০২৩ সালে: " (১৯৫০ ÷ ১৪৬০) × ১০০ = ১৩৩.৬
২০২৪ সালে: " (১৯২০ ÷ ১৫১০) × ১০০ = ১২৭.২

সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA):

- ROA = (নিট মুনাফা ÷ মোট সম্পদ) × ১০০
- নিট মুনাফা: ২০২০, ২০২১, ২০২২, ২০২৩ ও ২০২৪ সালে যথাক্রমে ৩১৫, ১৮০, ৬৩, -৯৯ ও -১৭১ (লাভ-ক্ষতি হিসাব থেকে)।
- মোট সম্পদ = চলতি সম্পদ + স্থায়ী সম্পদ। ২০২০: (৫০০+৩০০০) = ৩৫০০, ২০২১: (৫৫০+২৮৯০) = ৩৪৪০, ২০২২: (৬০০+২৭৭০) = ৩৩৭০, ২০২৩: (৬৫০+২৬৪০) = ৩২৯০, ২০২৪: (৭০০+২৫০০) = ৩২০০ (ব্যালান্স শীট থেকে)

অতএব:-

২০২০ সালে: সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA) (৩১৫ ÷ ৩৫০০) × ১০০ = ৯.০০
২০২১ সালে: " (১৮০ ÷ ৩৪৪০) × ১০০ = ৫.২৩
২০২২ সালে: " (৬৩ ÷ ৩৩৭০) × ১০০ = ১.৮৬
২০২৩ সালে: " (-৯৯ ÷ ৩৩৯০) × ১০০ = -২.৯২
২০২৪ সালে: " (-১৭১ ÷ ৩২০০) × ১০০ = -৫.৩৪

স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার :

- স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার = (স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় ÷ স্থায়ী সম্পদের মূল অর্জিত মূল্য) × ১০০
- সঞ্চিত অবচয়: স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় ধরা হয়েছে যে, ২০১৯ সাল পর্যন্ত ৩০০।

সুতরাং সঞ্চিত অবচয় হবে:- ২০২০: (৩০০+১০০), ২০২১: (৩০০+১০০+১১০),
২০২২: (৩০০+১০০+১১০+১২০), ২০২৩: (৩০০+১০০+১১০+১২০+১৩০) ও
২০২৪: (৩০০+১০০+১১০+১২০+১৩০+১৪০) (লাভ ও ক্ষতি হিসাব থেকে অবচয় ব্যয় অনুযায়ী)

- অর্জনের সময় স্থায়ী সম্পদের মূল্য: ব্যালান্স শীট অনুযায়ী কেবল দেখা যায় যে **"স্থাপনা "** এর মূল্য প্রতিবছর পরিবর্তিত হয়েছে; **" ভূমি লিজ অধিকার"** ও **" অন্যান্য স্থায়ী সম্পদ"** এর মূল্য অপরিবর্তিত রয়েছে। অর্থাৎ অবচয় কেবল **"স্থাপনা "**এর উপর প্রযোজ্য যখন স্থায়ী সম্পদের মূল্য হিসেব করা হয়। সে অনুযায়ী **"স্থাপনা"** এর মূল্য ২০২০ সালে =২২০০ (ব্যালেন্স শীট অনুযায়ী)। অপরদিকে উপরের হিসেব অনুযায়ী ২০২০ সালে সঞ্চিত অবচয় = (৩০০+১০০) = ৪০০। অর্থাৎ ২০২০ সালে **"স্থাপনা"** এর মূল্য কমেছে (৩০০+১০০)। অতএব, অর্জনের সময় স্থায়ী সম্পদের মূল্য = ২২০০ + ৪০০ = ২৬০০।

অতএব স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার:-
২০২০ সালে: {(৩০০+১০০) ÷ ২৬০০} × ১০০ = ১৫.৩৮%
২০২১ সালে: {(৩০০+১০০+১১০) ÷ ২৬০০} × ১০০ = ১৯.৬২%
২০২২ সালে: {(৩০০+১০০+১১০+১২০) ÷ ২৬০০} × ১০০ = ২৪.২৩%
২০২৩ সালে: {(৩০০+১০০+১১০+১২০+১৩০) ÷ ২৬০০} × ১০০ = ২৯.২৩%
২০২৪ সালে: {(৩০০+১০০+১১০+১২০+১৩০+১৪০) ÷ ২৬০০} × ১০০ = ৩৪.৬২%

বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত:

- বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত (%) = (বেতন ও মজুরি ÷ রাজস্ব) × ১০০
- বেতন ও মজুরি: ২০২০, ২০২১, ২০২২, ২০২৩ ও ২০২৪ সালে যথাক্রমে ২৫০, ২৬০, ২৮০, ৩৫০ ও ৩৭০ (লাভ ও ক্ষতি টেবিলের কর্মচারীদের বেতন-ভাতা থেকে)।
- রাজস্ব: ২২০০, ২১০০, ২০০০, ১৯৫০ ও ১৯২০ (লাভ-ক্ষতি হিসাব থেকে)।

অতএব বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত:

২০২০ সালে: (২৫০ ÷ ২২০০) × ১০০ = ১১.৪%

২০২১ সালে: (২৬০ ÷ ২১০০) × ১০০ = ১২.৪%

২০২২ সালে: (২৮০ ÷ ২০০০) × ১০০ = ১৪.০%

২০২৩ সালে: (৩৫০ ÷ ১৯৫০) × ১০০ = ১৭.৯%

২০২৪ সালে: (৩৭০ ÷ ১৯২০) × ১০০ = ১৯.৩%

ধাপ-২: সূচক বিশ্লেষণ করা

ধাপ-১ এর ফলাফলের ভিত্তিতে, সময়ভিত্তিক প্রবণতা এবং ১৩.২.১ এর ৩) নিশ্চিতকরণ বিষয়ে নির্ধারিত সূচকসমূহের মূল্যায়ন মানদন্ড অনুসারে ব্যবসায়িক পরিস্থিতি বিশ্লেষণ করুন।

উদাহরণস্বরূপ, সময়ের সাথে সাথে সংশ্লিষ্ট সূচক কীভাবে পরিবর্তিত হয়েছে এবং সম্ভাব্য প্রভাবকারী কারণসমূহ কী হতে পারে তা ব্যাখ্যা করুন। অতিরিক্তভাবে, ১৩.২.১ এর ৪) পদক্ষেপ ও প্রতিকার ব্যবস্থা অনুসরণ করে উপযুক্ত প্রতিকার ব্যবস্থার প্রস্তাব উপস্থাপন করুন।

পরবর্তী পৃষ্ঠায় একটি নমুনা বিশ্লেষণ প্রদান করা হয়েছে।

সূচক	বিশ্লেষণ
পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত	বিশ্লেষণের ফলাফল:
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা:
সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA)	বিশ্লেষণের ফলাফল:
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা:
স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার	বিশ্লেষণের ফলাফল:
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা:
বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত	বিশ্লেষণের ফলাফল:
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা:

সূচক বিশ্লেষণের নমুনা:

সূচক	বিশ্লেষণের ফলাফল
পরিচালনা কার্যকারিতা অনুপাত	**বিশ্লেষণের ফলাফল:** - সামগ্রিকভাবে, সূচকটির মান প্রতি বছর ধারাবাহিকভাবে হ্রাস পাচ্ছে। এটি প্রতি বছর লাভজনকতার অবনতি নির্দেশ করে। বিশেষত ২০২৩ সাল থেকে সূচকটির মান আর্থিকভাবে নিরাপদ সীমার নিচে নেমে গেছে। - ২০২০ থেকে ২০২২ সাল পর্যন্ত সূচকটির মান ১৫০%এর উপরে ছিল, যা আর্থিকভাবে সুস্থ অবস্থাকে নির্দেশ করে। - যদি পরিচালনা আয় অনুপাত হ্রাস পায়, তবে এর প্রধান কারণ হতে পারে আয়ের পরিমাণ হ্রাস পাওয়া অথবা অবকাঠামোর পুরোনো হয়ে যাওয়ার কারণে রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় বৃদ্ধি পাওয়া।
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা: - লাভজনকতা উন্নয়নের জন্য ট্যারিফ কাঠামোর সমন্বয় এবং ব্যয় হ্রাসমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন (যেমন: রাসায়নিক ব্যবহারের পর্যালোচনা, পানির সরবরাহের পরিমাণ বৃদ্ধি করার লক্ষ্যে লিকেজ প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ ইত্যাদি)।
সম্পদের উপর রিটার্ণ (ROA)	**বিশ্লেষণের ফলাফল:** - সামগ্রিকভাবে, সূচকটির মান প্রতি বছর ধারাবাহিকভাবে হ্রাস পাচ্ছে। এটি সম্পদ ব্যবহারের দক্ষতার বার্ষিক অবনতি নির্দেশ করে। - ২০২৩ সাল থেকে কার্যক্রম ঘাটতিতে পরিণত হয়েছে, যা প্রতিষ্ঠানের টেকসই পরিচালনার ক্ষেত্রে চ্যালেঞ্জ সৃষ্টি করছে। - সম্পদ ব্যবহারের দক্ষতা হ্রাস পাওয়া সংস্কার বা পুনর্বাসনের প্রয়োজনীয়তার ইঙ্গিত দিতে পারে। অবকাঠামো নবায়নে বিলম্ব হলে আর্থিক চাপ আরও বৃদ্ধি পেতে পারে।
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা: - লাভজনকতা বৃদ্ধির লক্ষ্যে পানি সরবরাহের ট্যারিফ কাঠামো যথাযথভাবে যুগোপোযোগী করা। - আদায়ের হার বৃদ্ধি করার লক্ষ্যে উদ্যোগ গ্রহণ এবং বকেয়া বিল আদায়ে কঠোর ব্যবস্থা জোরদার করা। - দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য অবকাঠামোর সংস্কার ও নবায়ন (যেমন: পাম্প প্রতিস্থাপন, পাইপলাইন সংস্কার) করা। পাশাপাশি অপ্রয়োজনীয় সম্পদ বিক্রয়ের মাধ্যমে সম্পদের চাপ হ্রাস করাও একটি সম্ভাব্য বিকল্প হতে পারে।
স্থায়ী সম্পদের সঞ্চিত অবচয় হার	**বিশ্লেষণের ফলাফল:** - গত পাঁচ বছরে সঞ্চিত অবচয় হার প্রায় ২০% বৃদ্ধি পেয়েছে। এই হার ৮০% অতিক্রম করলে অবকাঠামো নবায়ন পরিকল্পনা গ্রহণ করা প্রয়োজন হয়। বর্তমান বৃদ্ধির প্রবণতার ভিত্তিতে ধারণা করা যায় যে ২০৩৪ সালের মধ্যে নবায়ন সংক্রান্ত মূল্যায়ন প্রয়োজন হবে।
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা: - এটি তুলনামূলকভাবে নতুন অবকাঠামো হিসেবে বিবেচিত হওয়ায় এবং সঞ্চিত অবচয় হার এখনো ৮০% এর নিচে থাকায় এই পর্যায়ে নবায়নের প্রয়োজন নেই।

সূচক	বিশ্লেষণের ফলাফল
বেতন ব্যয় ও রাজস্ব অনুপাত	**বিশ্লেষণের ফলাফল:** - সামগ্রিকভাবে, সূচকটির মান প্রতি বছর বৃদ্ধি পাচ্ছে। এটি মানবসম্পদ সংক্রান্ত ব্যয়ের দক্ষতার বার্ষিক অবনতি নির্দেশ করে। - ২০২০ থেকে ২০২২ সাল পর্যন্ত সূচকটির মান ১০-১৫% সীমার মধ্যে ছিল, যা আর্থিক স্থিতিশীলতার ইঙ্গিত দেয়। - ২০২৩ সালে এটি ১৭.৯%এ উন্নীত হয় এবং ২০২৪ সালে আরও বৃদ্ধি পেয়ে ১৯.৩%এ পৌঁছায়, যা জনবল ব্যয়ের ক্রমবর্ধমান চাপকে প্রতিফলিত করে। - বেতন ব্যয়ের বৃদ্ধির হার আয় হ্রাসের তুলনায় বেশি হওয়ায় আর্থিক চাপ সৃষ্টি হচ্ছে।
	প্রতিকার ব্যবস্থার ধারণা: - কার্যক্রমের দক্ষতা বৃদ্ধি, ডিজিটাল ট্রান্সফরমেশন (DX) এর কার্যকর ব্যবহার এবং উপযুক্ত জনবল কাঠামো পুনর্বিবেচনার মাধ্যমে ব্যয় নিয়ন্ত্রণ ও দক্ষতা উন্নয়নের উদ্যোগ গ্রহণ করা।

পরিশিষ্ট ১: পৌরসভা পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) কর্ম পরিকল্পনা ফরমেট

রেফারেন্স: গ্রামীণ ও পৌরসভা পানি সরবরাহ সমন্বিত কারিগরি গাইডলাইন (ডিপিএইচই, ২০২১) পার্ট-২, অধ্যায়-৩ পৃষ্ঠা-৩৬ O&M ফরম।

পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) কর্ম পরিকল্পনা

১) পরিচালন কার্যক্রম

উৎসের ধরণ	কর্মকান্ড	সময়কাল	দায়িত্বপ্রাপ্ত ব্যক্তি
পিডাব্লিউএসএস PWSS	পাম্পিং সিস্টেম চালু এবং বন্ধ করা	দৈনিক	পানি ব্যবহারকারী দল (পাম্প অপারেটর, তত্ত্বাবধায়ক, কারিগরি সহায়ক)
	পানি বিশ্লেষণের মাধ্যমে রাসায়নিক ডোজের পরিমাণ নির্ধারণ করা		
	রাসায়নিক ডোজ প্রয়োগ করা (কোয়াগুল্যান্ট ও ক্লোরিন)		
	পানির গুণগতমান পরীক্ষা করা (ঘোলাটেভাব, অবশিষ্ট ক্লোরিন ইত্যাদি)		
	ব্যাক ওয়াশিং		
	লগ বই রাখা		
	রাসায়নিক প্রস্তুত করা	মাঝেমধ্যে	
	পানির মিটার পড়া		

২) রক্ষণাবেক্ষণ কার্যক্রম ও যন্ত্রপাতি

পৌরসভা থেকে অনুরোধ প্রাপ্তির ভিত্তিতে, DPHE পৌরসভাগুলির বাস্তবায়িত পরিচালনা ও রক্ষণাবেক্ষণ (O&M) কার্যক্রমে সহায়তা প্রদান করবে।

উৎসের ধরণ	পরিচালনা		খুচরা যন্ত্রাংশ (খরচযোগ্য)	সরঞ্জাম
	কার্যক্রম	সময়কাল		
PWSS (স্লো স্যান্ড ফিল্টার ব্যবস্থা)	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির কার্যকারিতা পরীক্ষা (পাম্প, জেনারেটর ইত্যাদি)	দৈনিক	–	–
	ইনটেক পরিষ্কার	মাসিক	ভাল্‌ভ ইত্যাদি	স্প্যানার ইত্যাদি
	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে তেল/ গ্রিজ প্রয়োগ		তেল, গ্রিজ	লুব্রিকেটর
	ইনলেট পরীক্ষা	বছরে দুইবার	–	ঝাড়ু, ব্রাশ, বালতি
	পুকুর পরিষ্কার	প্রয়োজন অনুযায়ী		
	PVC ফিল্টার পরিষ্কার		–	
	চেম্বার পরিষ্কার			
	ফিল্টার পরিষ্কার			

উৎসের ধরণ	পরিচালনা		খুচরা যন্ত্রাংশ (খরচযোগ্য)	সরঞ্জাম
	কার্যক্রম	সময়কাল		
	ট্যাংক পরিষ্কার		–	ঝাড়ু, ব্রাশ, বালতি
	ড্রেন পরিষ্কার		–	
	পাইপ মেরামত (ইনটেক, ড্রেন ওভারফ্লো)		কাপসিল ইত্যাদি	হাতড়ি, করাত, প্লায়ার্স, স্ক্রু-ড্রাইভার, স্প্যানার, কোদাল ইত্যাদি
	ট্যাপ মেরামত		ফসেট	
	বেড়া মেরামত		বাঁশ, তার ইত্যাদি	
	প্ল্যাটফর্ম (এপ্রন) মেরামত		সিমেন্ট, বালি, পাথর, ইত্যাদি	
	পাম্প মেরামত (ইনটেক, ক্লোরিন)		-	রেঞ্চ, স্ক্রু-ড্রাইভার, প্লায়ার্স ইত্যাদি
	চেম্বার/ট্যাংক মেরামত		সিমেন্ট, বালি, পাথর ইত্যাদি	
	ফিল্টার মিডিয়া প্রতিস্থাপন		বালি, পাথর	বালতি, কোদাল ইত্যাদি
	পাম্প প্রতিস্থাপন		-	রেঞ্চ, স্ক্রু-ড্রাইভার, প্লায়ার্স ইত্যাদি
	ইনটেক পাইপ প্রতিস্থাপন		হোস পাইপ, বাঁশ	কোদাল ইত্যাদি
	ফ্লোট মেরামত		প্লাস্টিক ফ্লোট	–
	PVC ফিল্টার প্রতিস্থাপন		PVC ফিল্টার (স্ট্রেইনার, ক্যাপ ইত্যাদি)	–
PWSS (র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্টার ব্যবস্থা)	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির কার্যকারিতা পরীক্ষা (পাম্প, জেনারেটর ইত্যাদি)	দৈনিক	–	–
	স্কাম অপসারণ			জাল
	ইনটেক পরিষ্কার	মাসিক	ভাল্‌ভ ইত্যাদি	স্প্যানার ইত্যাদি
	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে তেল/ গ্রিজ প্রয়োগ		তেল, গ্রিজ	লুব্রিকেটর
	ইনলেট পরীক্ষা	বছরে দুইবার	–	ঝাড়ু, ব্রাশ, বালতি
	সেডিমেন্টেশন ট্যাংক থেকে কাদা অপসারণ	প্রয়োজন অনুযায়ী	–	এক্সকাভেটর, হোস ইত্যাদি
	ফিল্টার ব্যাকওয়াশ		–	এয়ার ব্লোয়ার
	PVC ফিল্টার পরিষ্কার		–	ঝাড়ু, ব্রাশ, বালতি
	ট্যাংক পরিষ্কার		–	
	ড্রেন পরিষ্কার		–	

উৎসের ধরণ	পরিচালনা		খুচরা যন্ত্রাংশ (খরচযোগ্য)	সরঞ্জাম
	কার্যক্রম	সময়কাল		
	পাইপ মেরামত (ইনটেক, ড্রেন ওভারফ্লো)		কাপসিল ইত্যাদি	হাতুড়ি, করাত, প্লায়ার্স, স্ক্রু-ড্রাইভার, স্প্যানার, কোদাল ইত্যাদি
	ট্যাপ মেরামত		ফসেট	
	বেড়া মেরামত		বাঁশ, তার ইত্যাদি	
	প্ল্যাটফর্ম (এপ্রোন) মেরামত		সিমেন্ট, বালি, পাথর ইত্যাদি	
	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি মেরামত		-	রেঞ্চ, স্ক্রু-ড্রাইভার, প্লায়ার্স ইত্যাদি
	ট্যাংক মেরামত		সিমেন্ট, বালি, পাথর ইত্যাদি	
	ফিল্টার মিডিয়া প্রতিস্থাপন		বালি, পাথর	বালতি, কোদাল ইত্যাদি
	বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি প্রতিস্থাপন		-	রেঞ্চ, স্ক্রু-ড্রাইভার, প্লায়ার্স ইত্যাদি
	পাইপ প্রতিস্থাপন		হোস পাইপ, বাঁশ	কোদাল ইত্যাদি
	ফ্লোট মেরামত		প্লাস্টিক ফ্লোট	–
	PVC ফিল্টার প্রতিস্থাপন		PVC ফিল্টার (স্ট্রেইনার, ক্যাপ ইত্যাদি)	–

৩) খুচরা যন্ত্রাংশ সরবরাহ ধারাবাহিকতা

প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম ও খুচরা যন্ত্রাং	সরবরাহকারী	যোগাযোগ নম্বর

৪) আর্থিক ব্যবস্থাপনা

কার্যক্রম	কার্যক্রমের সময়কাল	দায়িত্বপ্রাপ্ত ব্যক্তি
পানি ট্যারিফ সংগ্রহ (আয়)	(O&M আর্থিক পরিকল্পনা দেখুন)	উপকারভোগী: _____
ব্যয় ব্যবস্থাপনা	–	
হিসাব বই সংরক্ষণ	–	
প্রতিবেদন প্রস্তুতকরণ	–	

৫) কমিউনিটি সম্পৃক্ততা ও পরিবেশগত বিষয়াবলি

শ্রেণী	বিষয়বস্তু	দায়িত্বপ্রাপ্ত ব্যক্তি	সময়কাল
কমিউনিটি সম্পৃক্ততা	স্বাস্থ্যবিধি শিক্ষা	উপকারভোগী, ইমাম, স্কুল শিক্ষক, কমিউনিটি নেতা ইত্যাদি	
পরিবেশগত বিষয়াবলি	পরিষ্কার-পরিচ্ছন্নতা (বর্জ্য ব্যবস্থাপনা)		
	গবাদিপশু পালন		
সংরক্ষিত তথ্য/ডাটা প্রকাশ	আর্থিক (আয় ও ব্যয়), সম্পাদিত O&M কার্যক্রম, সংগৃহীত তথ্য, ইত্যাদি	উপকারভোগী	
সভা	ভবিষ্যৎ O&M কার্যক্রমের জন্য সিদ্ধান্ত গ্রহণ, তথ্য আদান-প্রদান		

৬) পর্যবেক্ষণ

শ্রেণী		বিষয়বস্তু	দায়িত্বপ্রাপ্ত ব্যক্তি	সময়কাল
WSP থেকে			উপকারভোগী	
			উপকারভোগী	
			উপকারভোগী	
– খাবার পানির পর্যবেক্ষণ		DPHE সহায়তা (তথ্য আদান-প্রদান: অপশন কার্যকারিতা, পানির পরিবর্তন, সমস্যার উদ্ভব ইত্যাদি)	উপকারভোগী	উপকারভোগী
পানি গুণগত মান নজরদারি				প্রতি ৫ বছরে একবার

৭) সুশাসন

শ্রেণী	বিষয়বস্তু	দায়িত্বপ্রাপ্ত ব্যক্তি	সময়কাল
নথি সংরক্ষণ	আর্থিক (আয় ও ব্যয়), সম্পাদিত O&M কার্যক্রম, সংগৃহীত তথ্য ইত্যাদি	উপকারভোগী	প্রতি _____
সংরক্ষিত তথ্য/ডাটা প্রকাশ			বছরে _____ বার
উপকারভোগীদের মধ্যে সভা			বছরে _____ বার
ব্যবহারকারীদের সাথে সভা	ভবিষ্যৎ O&M কার্যক্রমের জন্য সিদ্ধান্ত গ্রহণ, তথ্য আদান-প্রদান ইত্যাদি		বছরে _____ বার

চাঁপাইনবাবগঞ্জে নিরাপদ পানি পরিকল্পনার মাধ্যমে চিহ্নিত ঝুঁকির ভিত্তিতে গৃহীত কার্মপরিকল্পনার উদাহরণ, যা বাংলাদেশের ওয়াটার সেফটি ফ্রেমওয়ার্ক (WSF) (LGD, ২০১১), পরিশিষ্ট ৬ থেকে উদ্ধৃত।

9. Improvement Action Plan

Action		Description	Frequency	Responsible Party	Records
1	Review critical source areas in recharge zone	Review critical source areas as minimum safe distances for latrines, animal pens and waste dumps for each well source. This is currently set at 10 m but may need to be revised in some areas due to local conditions.	DPHE Hydrogeologist and Pourashava Superintendent		
2	Marking contaminated tubewells through an improvement program	Once contamination is identified a tubewell should be reliably marked so that it is very clear that the well should not be used for drinking water supply purposes	Pourashava Executive Engineer		
3	Develop asset maintenance and calibration supporting program	Monitoring equipment and important systems need to be maintained, cleaned and calibrated at programmed intervals to reduce the risk of asset failure. This schedule should cover assets such as those that follow: • Pumps • Wellheads • Chlorinators • Tanks • Pipes and valves • Tapstands • Monitoring equipment	Pourashava Executive Engineer		
4	Chlorinate water from all production wells	Over time, chlorinators should be introduced to all production wells	Pourashava Executive Engineer		
5	1. Maximise duration and extent of pressurised system through an improvement program	The more extensively and consistently positive hydraulic pressure can be maintained in the piped system, the lower the risk of backflow events of all kinds. Means for achieving this include those that follow. • Increasing pump hours • Increasing the period during which the overhead tank is pressurising the system • Creating distinct zones of similar pressure using non-return valves and shut valves	Pourashava Executive Engineer		
6	Improve sanitary protection and water conservation through improved distribution system asset management	Provide increased protection of distribution system by: • mproving jointing and sealing practices when making connections, replacements and extensions • Filling sluice valve boxes with sand/gravel and/or improve drainage from sluice valve boxes to improve • Develop legal obligation on consumers to repair any defective service lines	Pourashava Executive Engineer		

পরিশিষ্ট ২: পাম্প পরিদর্শনের লগবই

পাম্প পরিদর্শনের দৈনিক লগবই

Date _____ Name of pumping station _____

Time	Flow rate		Pressure		Water	Voltage			Current			Electricity	Sound, Vibration, Leakage, Alignment of shaft	Name
	Reading	Deferece	Suction	Delivery	Level	U-V	U-W	V-W	U	V	W			
hrs	m3	m3/hr	MPa	MPa	m	V	V	V	A	A	A	kwh	(Abnormalities or not)	
0														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														

Check the following before operating the pump. Within 3 minutes after starting up the pump, the following checks should be made

Daily water prodiction _____ m3/day (1) Electricity is supplied. ☐ (1) The pump has switched from star to delta operation. ☐

Operation time ____ hrs (2) The suction pipe is filled with water ☐ (2) The flow rate, pressure, voltage, and current are at normal values. ☐

Natural Water level ___ m (in case of negative suction pipe). (3) here any abnormal noise, odor, or loud vibration. ☐

পাম্প পরিদর্শনের সাপ্তাহিক লগবই

Day	Date	Pumping Operation Time			Total Pumping Hrs/Day	Flow Meter		Pressure Gauge Reading	Voltage (Average)		Current	Electricity			Measurement at Every Saturday			Sign P/O	Remarks	Remarks & Sign of visiting officer
		From	To	Total Hrs per Shift		Reading, m^3	Avg. water abs., m^3/hr		Before, v	Running, v	A	Meter Reading From	Meter Reading To	Consumption /day kWh	SWL before pump operation	PWL after 1hr operation	PWL before closing pump			
Saturday																				
Sunday																				
Monday																				
Tuesday																				
Wednesday																				
Thursday																				
Friday																				

পাম্প পরিদর্শনের মাসিক লগবই

Date _____ Name of pumping station _____

Date	Flow rate			Pressure (Daily average)		Water level (average)		Voltage (Average)			Current Average)			Electri-city	Sound, Vibration, Leakage, Alignment of shaft	Name
	Reading	Deference	Operation	Suction	Delivery	Natural	Pumping	U-V	U-W	V-W	U	V	W	kwh	(Abnormalities or not)	
	m3	m3/day	hr	MPa	MPa	m	m	V	V	V	A	A	A			
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
Monthly operation hour			hr	Monthly water production			m3									

Measurement by supervisor Date

	Flow rate			Pressure (Daily average)		Water level (average)		Voltage (Average)			Current Average)			Electri-city	Sound, Vibration, Leakage, Alignment of shaft	Name
	Bigining	End	Flow rate	Suction	Delivery	Total head	Natural	Pumping	U-V	U-W	V-W	U	V	W	kwh	(Abnormalities or not)	
	m3	m3	m3/hr	MPa	MPa	m	m	m	V	V	V	A	A	A			
(1)																	
(2)																	

(1) Measured by existing instrument Insulation Resistance (Pump motor MΩ) (Control panel MΩ)
(2) Measured by other instrument

পাম্প পরিদর্শনের বার্ষিক লগবই

Date _____ Name of pumping station _____

Month	Flow rate		Pressure (Monthly average)			Water level		Voltage (Average)			Current Average)				Electri-city	Sound, Vibration, Leakage, Alignment of shaft	Name
	Production	Daily average	Suction	Delivery	Total head	Natural (End of month)	Pmping (Average)	U-V	U-W	V-W	U	V	W				
	m3	m3/day	MPa	MPa	m	m	m	V	V	V	A	A	A		kwh	(Abnormalities or not)	
Jan																	
Feb																	
Mar																	
Apr																	
May																	
Jun																	
Jul																	
Aug																	
Sep																	
Oct																	
Nov																	
Dec																	

Yearly operation hour hr Yearly water production m3

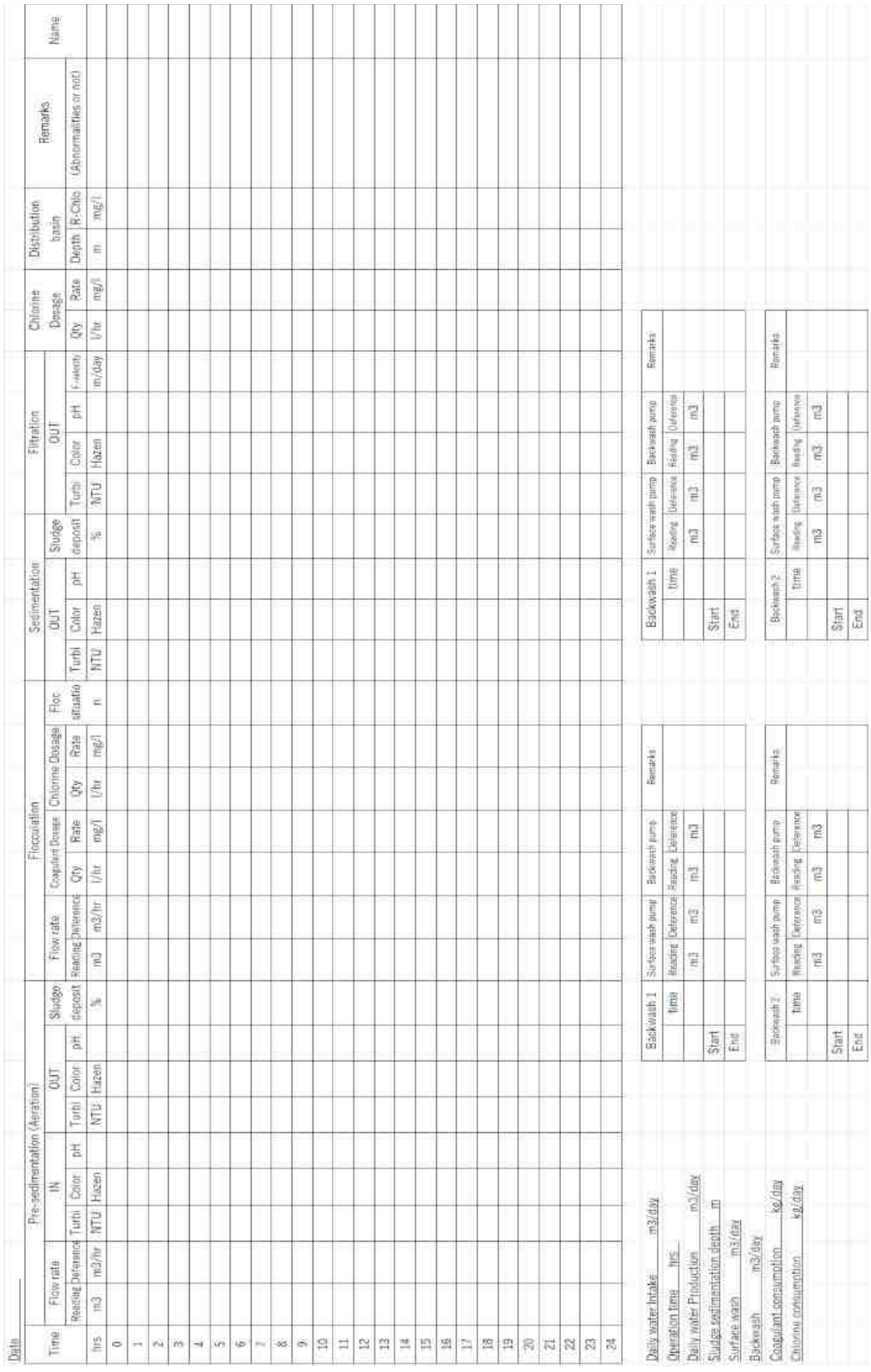
Measurement by supervisor Date

Month		Flow rate		Pressure			Water level (average)		Voltage (Average)			Current Average)				Electri-city	Insulation		Remarks	Name
		Bigining	End	Suction	Delivery	Total head	Natural	Pmping	U-V	U-W	V-W	U	V	W			Pump	C-Panel		
		m3	m3	MPa	MPa	m	m	m	V	V	V	A	A	A		kwh	MΩ	MΩ		
Jan	(1)																			
	(2)																			
Feb	(1)																			
	(2)																			
Mar	(1)																			
	(2)																			
Apr	(1)																			
	(2)																			
May	(1)																			
	(2)																			
Jun	(1)																			
	(2)																			
Jul	(1)																			
	(2)																			
Aug	(1)																			
	(2)																			
Sep	(1)																			
	(2)																			
Oct	(1)																			
	(2)																			
Nov	(1)																			
	(2)																			
Dec	(1)																			
	(2)																			

(1) Measured by existing instrument
(2) Measured by other instrument

পরিশিষ্ট ৩: র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের লগবই

র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের দৈনিক লগবই



Date: _____

Time	Pre-sedimentation (Aeration)						Flocculation							Sedimentation					Filtration						Chlorine Dosage			Distribution basin			Remarks	Name
	Flow rate		IN			OUT		Sludge	Flow rate			Coagulant Dosage			Chlorine Dosage		Floc situation	OUT			Sludge	OUT										
	Reading	Deference	Turbi	Color	pH	Turbi	Color	pH	deposit	Reading	Deference	Qty	Rate		Qty	Rate		Turbi	Color	pH	deposit	Turbi	Color	pH	Frequency	Qty	Rate	Depth	R-Chlo	(Abnormalities or not)	
hrs	m3	m3/hr	NTU	Hazen		NTU	Hazen		%	m3	m3/hr	l/hr	mg/l		l/hr	mg/l	n	NTU	Hazen		%	NTU	Hazen		m/day	l/hr	mg/l	m	mg/l		
0																															
1																															
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14																															
15																															
16																															
17																															
18																															
19																															
20																															
21																															
22																															
23																															
24																															

Daily water Intake ____ m3/day
Operation time ____ hrs
Daily water Production ____ m3/day
Sludge sedimentation depth ____ m
Surface wash ____ m3/day
Backwash ____ m3/day
Coagulant consumption ____ kg/day
Chlorine consumption ____ kg/day

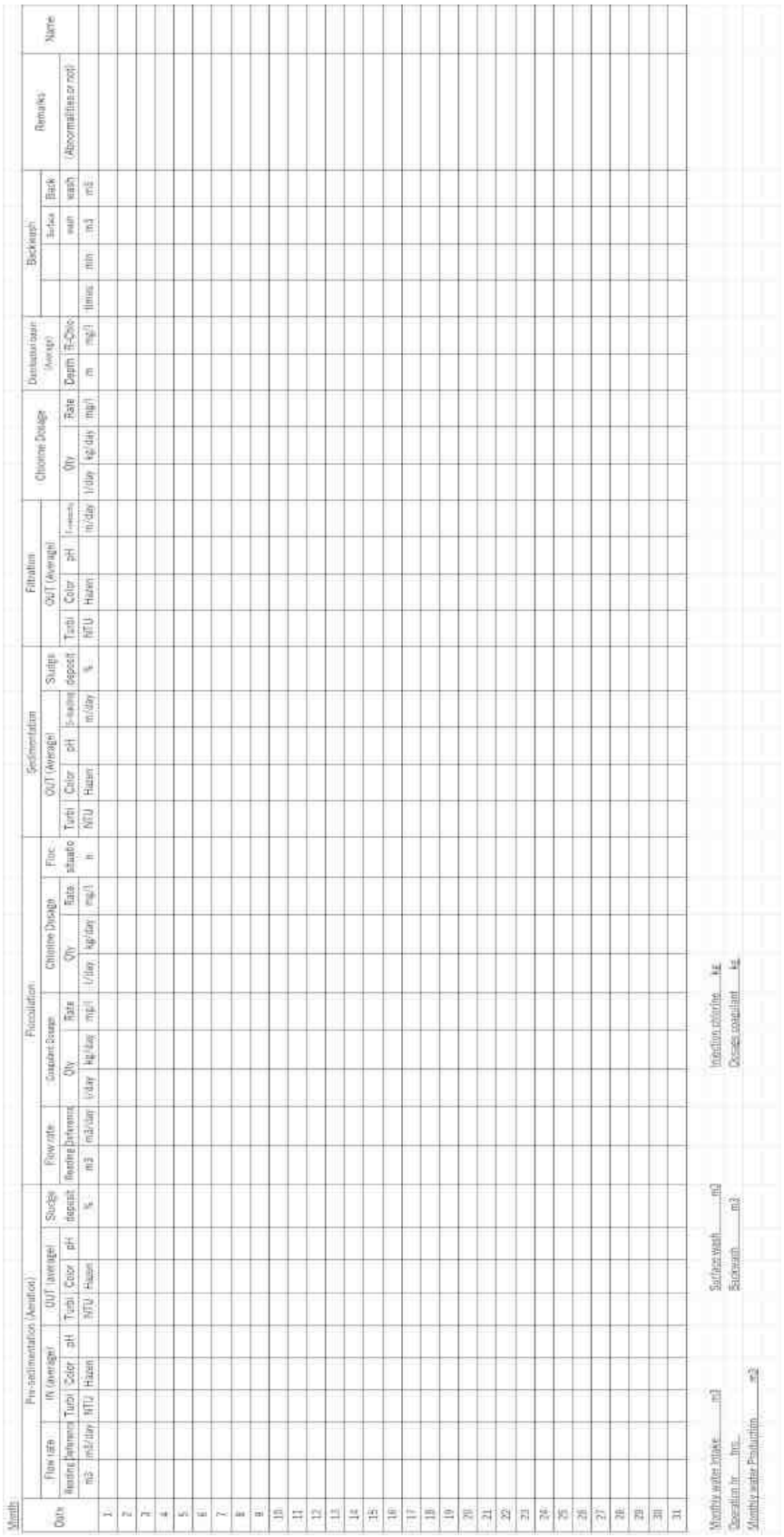
Backwash 1	Surface wash pump		Backwash pump		Remarks
	time	Reading	Deference	Reading	Deference	
		m3	m3	m3	m3	
Start						
End						

Backwash 2	Surface wash pump		Backwash pump		Remarks
	time	Reading	Deference	Reading	Deference	
		m3	m3	m3	m3	
Start						
End						

Backwash 1	Surface wash pump		Backwash pump		Remarks
	time	Reading	Deference	Reading	Deference	
		m3	m3	m3	m3	
Start						
End						

Backwash 2	Surface wash pump		Backwash pump		Remarks
	time	Reading	Deference	Reading	Deference	
		m3	m3	m3	m3	
Start						
End						

র‍্যাপিড স্যান্ড ফিল্ট্রেশনের মাসিক লগবই



Month

Date	Pre-sedimentation (Aonifloc)							Flocculation								Sedimentation							Filtration								Chlorine Dosage				Backwash				Remarks	Name
	Flow rate		IN (Average)			OUT (average)			Coagulant Dosage				Chlorine Dosage			Floc. situation	OUT (Average)				Sludge deposit		OUT (Average)					Chlorine Dosage				Backwash							
	Reading	Reference	Turbi	Color	pH	Turbi	Color	pH	Sludge deposit	Flow rate		Qty		Rate			Turbi	Color	pH	S-water	Sludge deposit	Turbi	Color	pH	Treatmts	Qty		Rate	Depth	Re-Chlo			Surface wash	Back wash	Remarks (Abnormalities or not)	Name
	m3	m3/day	NTU	Hazen		NTU	Hazen		%	m3	m3/day	kg/day	l/day	mg/l	mg/l		NTU	Hazen		m/day	%	NTU	Hazen		m/day	l/day	kg/day	mg/l	m	mg/l	Times	min	m3	m3		
1.																																					
2.																																					
3.																																					
4.																																					
5.																																					
6.																																					
7.																																					
8.																																					
9.																																					
10.																																					
11.																																					
12.																																					
13.																																					
14.																																					
15.																																					
16.																																					
17.																																					
18.																																					
19.																																					
20.																																					
21.																																					
22.																																					
23.																																					
24.																																					
25.																																					
26.																																					
27.																																					
28.																																					
29.																																					
30.																																					
31.																																					

Monthly water Intake ____ m3 | Surface wash ____ m3 | Injection chlorine ____ kg
Operation hr ____ hrs | Backwash ____ m3 | Doses coagulant ____ kg
Monthly water Production ____ m3

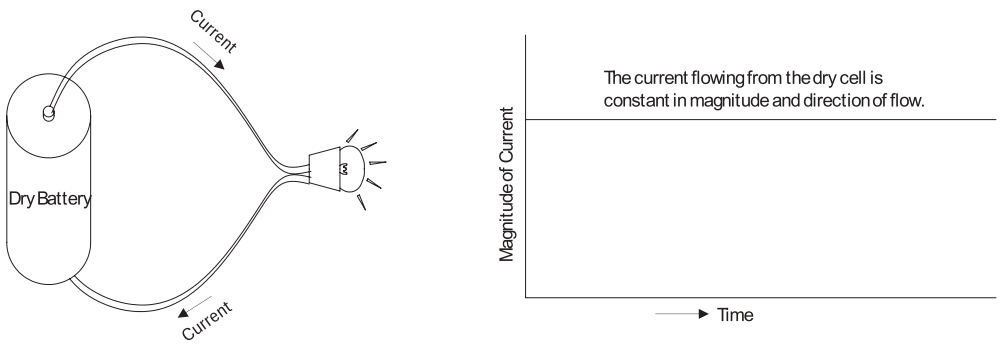
পরিশিষ্ট ৪: তড়িৎ-ভৌতবিদ্যা এবং সার্কিট

৪.১ ওহমের সূত্র

৪.১.১ সরাসরি প্রবাহ (DC) এবং পরিবর্তী প্রবাহ (AC)

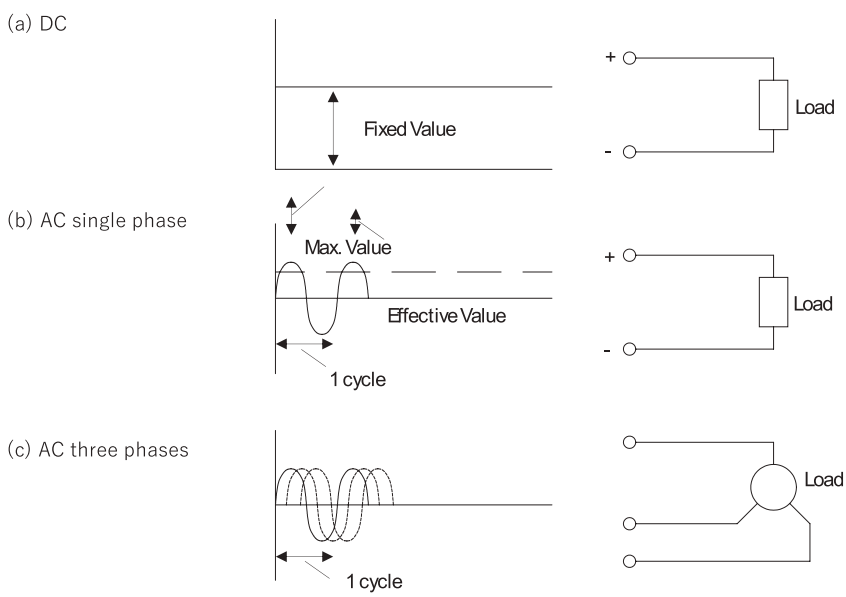
(১) AC এবং DC

বিদ্যুৎ প্রবাহের দুই ধরনের রূপ আছে: DC (ডাইরেক্ট কারেন্ট) এবং AC (অল্টারনেটিং কারেন্ট)। DC প্রবাহ সবসময় একটি নির্দিষ্ট দিক এবং নির্দিষ্ট মানে প্রবাহিত হয়, যেমনটি চিত্র ৪-১-এ দেখানো হয়েছে। অল্প কিছু পানি সরবরাহ স্থাপনায় DC প্রবাহ ব্যবহার করা হয় এবং সেগুলি প্রধানত এক-ফেজ বা তিন-ফেজ AC প্রবাহ দিয়ে পরিচালিত হয়।



চিত্র প ৪-১: ডাইরেক্ট কারেন্ট (DC)

চিত্র ৪-২-এ দেখানো হয়েছে যে, AC দুই প্রকারে বিভক্ত: এক-ফেজ (single-phase) এবং তিন-ফেজ (three-phase)। এক-ফেজ AC তুলনামূলকভাবে কম ক্ষমতার যন্ত্রপাতি যেমন আলোকসজ্জা ও গৃহস্থালী বৈদ্যুতিক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়, আর তিন-ফেজ AC উচ্চ ক্ষমতার যন্ত্রপাতি যেমন শিল্প কারখানার মেশিনে ব্যবহৃত হয়। পানি সরবরাহ ব্যবস্থার অধিকাংশ যন্ত্রপাতি, যেমন পাম্প, তিন-ফেজ বিদ্যুৎ দ্বারা পরিচালিত হয়।



চিত্র প ৪-২: DC, এক-ফেজ AC এবং তিন-ফেজ AC এর ধারণাগত চিত্র

(২) বৈদ্যুতিক তারের রোধ (Resistance)

রোধ হলো এমন একটি ধর্ম যা বৈদ্যুৎতিক প্রবাহের চলাচলকে বাধা দেয়। পরিবাহক (তার) যত দীর্ঘ হয়, ততই বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়া কঠিন হয়। অন্যদিকে, পরিবাহকের ক্রস-সেকশনাল ক্ষেত্রফল (মোটা তার) যত বেশি হয়, বিদ্যুৎ ততই সহজে প্রবাহিত হতে পারে।

$$A = \frac{\Pi d^2}{4} \ [mm^2]$$

$A[mm^2]$: Wire area

$d[mm^2]$: Wire diameter

পরিবাহক (তার)-এর ক্ষেত্রে, যার ক্রস-সেকশনাল ক্ষেত্রফল ১ বর্গ-মিমি এবং দৈর্ঘ্য ১ মিটার, সেই তারের রোধকে ঐ উপাদানের বিশিষ্ট রোধ (resistivity, ρ) বলা হয়। এই মানটি সম্পূর্ণভাবে উপাদানের উপর নির্ভর করে নির্ধারিত হয়। এর একক হলো Ω-বর্গ-মিমি/মিটার (Ω-mm²/m)।

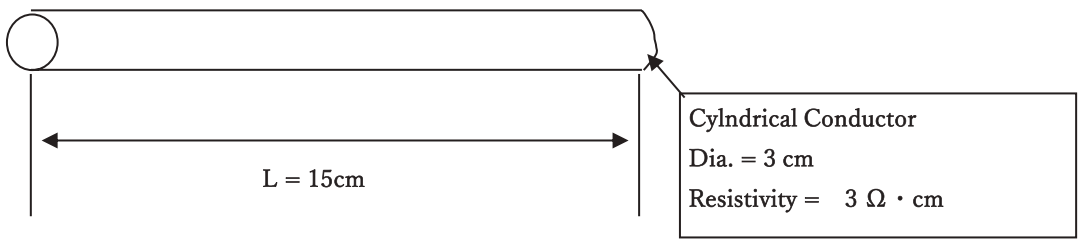
অনুশীলন-১: রোধ (Resistance) পরিবাহকের বিশিষ্ট রোধ (resistivity) এবং দৈর্ঘ্যের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক। এবং এটি পরিবাহকের ক্রস-সেকশনাল ক্ষেত্রফলের সাথে ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional) ।

অর্থাৎ,

রোধ (R) = বিশিষ্ট রোধ (ρ) × দৈর্ঘ্য (L) ÷ ক্রস-সেকশনাল ক্ষেত্রফল (S)

R = ρ x L / S = resistivity (Ω · cm) x length (cm) / cross-sectional area (cm2)

নিচের চিত্রে প্রদত্ত পরিবাহকের রোধ (resistance) (Ω) নির্ণয় করুন।



where: ρ=5 Ω · cm

L=15 cm

Diameter of the cylindrical conductor= 3 cm

Use π=3.14

R=_____Ω

Answer: R= 11Ω

(৩) ওহমের সূত্র (Ohm's low)

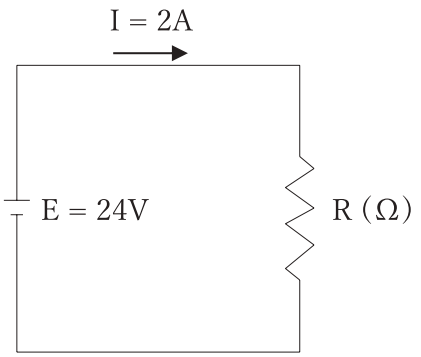
একটি DC সার্কিটে প্রবাহ (I, একক: অ্যাম্পিয়ার), ভোল্টেজ (V, একক: ভোল্ট) এবং রোধ (R, একক: ওহম)-এর মধ্যে নিম্নলিখিত সম্পর্ক থাকে:

$V[V] = I[A] \times R[\Omega]$

এটিকে ওহমের সূত্র বলা হয়। এই সূত্র ব্যবহার করে, রোধগুলি সিরিজ (series) এবং সমান্তরাল (parallel) সংযোগে থাকলে সমতুল্য (composite) রোধ, প্রবাহ, ভোল্টেজ ইত্যাদি নির্ণয় করা যায়। নিচে ওহমের সূত্র সম্পর্কিত কিছু অনুশীলনী দেওয়া হলো।

অনুশীলন-২: নিম্নের চিত্রে দেখানো সার্কিটে রোধ (Resistance) এর মান নির্ণয় করুন।

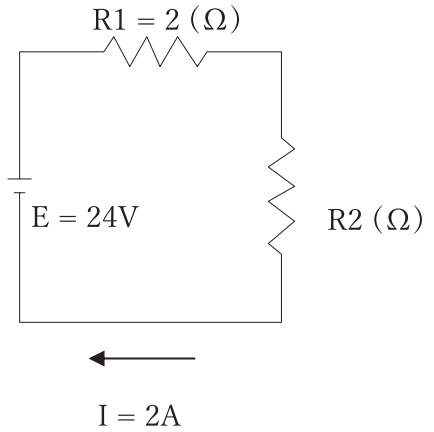
R= _____ Ω



Answer: R = 12Ω

অনুশীলন-৩: নিম্নের চিত্রে দেখানো সার্কিটে রোধ ২ (Resistance 2) এর মান নির্ণয় করুন।

R2= _____ Ω



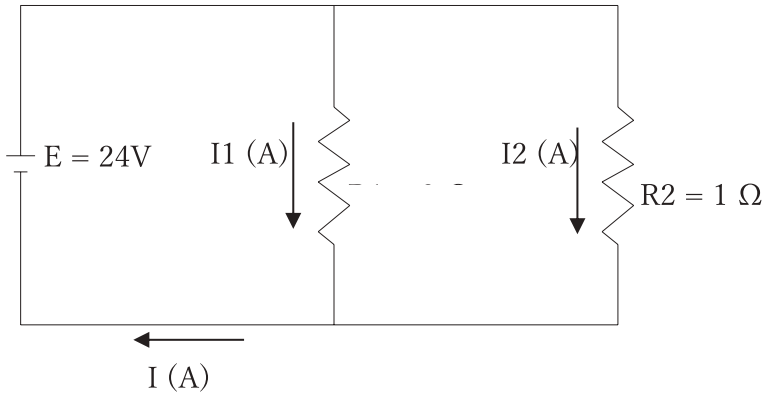
Answer: R2 = 10Ω

অনুশীলন-৪: নিম্নের চিত্রে দেখানো সার্কিটে প্রবাহ ১, প্রবাহ ২ ও প্রবাহ এর মান নির্ণয় করুন।

I1= _____ A

I2= _____ A

I= _____ A



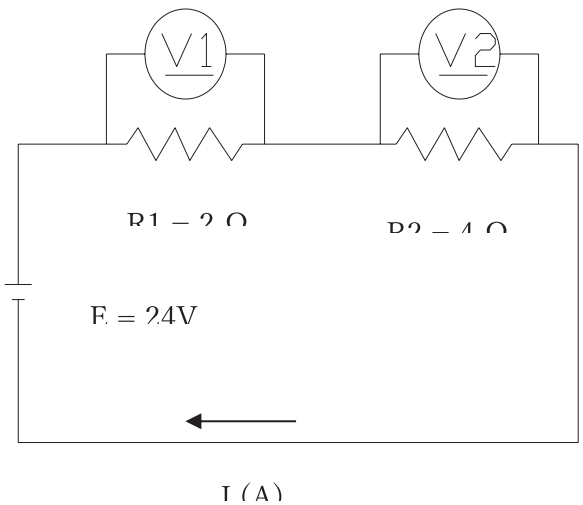
Answer:
I1 = 8A
I2 =24A
I =32A

অনুশীলন-৫: নিম্নের চিত্রে দেখানো সার্কিটে প্রবাহ ১, ভোল্টেজ ১ ও ভোল্টেজ ২ এর মান নির্ণয় করুন।

I1= _____ A

V1= _____ V

V2= _____ V



Answer:
I1 = 4A
V1 =8V
V2 =16V

৪.১.২ বৈদ্যুতিক সার্কিটের গণনা

(১) ডাইরেক্ট কারেন্ট (DC) ও অল্টারনেটিং কারেন্ট (AC) এর শক্তি (Power) গণনা

বিদ্যুতে, বৈদ্যুতিক প্রবাহ অনেক ধরনের কাজ সম্পাদন করে যেমন বাতি জ্বালানো, বৈদ্যুতিক মোটর চালানো ইত্যাদি। বৈদ্যুতিক প্রবাহের কাজের পরিমাণ ওয়াট (Watt) এককে প্রকাশ করা হয়, যা বৈদ্যুতিক শক্তির একক।

উদাহরণস্বরূপ, একটি ২০০V এবং ১kW (প্রায় ১.৩ হর্সপাওয়ার, ১ Hp = ০.৭৫ kW) বৈদ্যুতিক মোটর বলতে বোঝায় যে মোটরের রেটেড ভোল্টেজ ২০০V এ মোটরের অক্ষ থেকে উৎপন্ন যান্ত্রিক শক্তি ও ঘূর্ণনের পরিমাণ হবে ১kW।

বিদ্যুৎ দ্বারা প্রতি একক সময়ে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে বৈদ্যুতিক শক্তি বলা হয় এবং এটি নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা হয়:

ক) ডাইরেক্ট কারেন্ট (DC) সার্কিটের শক্তি

$P=EI=I^2R$

অর্থাৎ,

শক্তি (Power) = ভোল্টেজ × প্রবাহ

বৈদ্যুতিক শক্তি: P [W (ওয়াট)]

ভোল্টেজ: E [V (ভোল্ট)]

বৈদ্যুতিক প্রবাহ: I [A (অ্যাম্পিয়ার)]

নিচের ৬) এবং ৭) নম্বর অনুশীলনীর উত্তর দাও:

অনুশীলন-৬: ডাইরেক্ট কারেন্ট সার্কিটের শক্তি নির্ণয় করুন:

where: E= 24 V

I= 2 A

P= _____W

Answer: P = 48 W

অনুশীলন-৭: ডাইরেক্ট কারেন্ট সার্কিটের শক্তি নির্ণয় করুন:

where: I= 4 A

R= 1 Ω

P= _____W

Answer: P = 16 W

খ) অল্টারনেটিং কারেন্ট (AC) সার্কিটের শক্তি (Power)

অল্টারনেটিং কারেন্টের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য হলো ফ্রিকোয়েন্সি, যা ডাইরেক্ট কারেন্টে নেই। অন্যভাবে বলা যায়, AC সার্কিটে সাধারণত রোধ (resistance), কয়েল এবং ক্যাপাসিটার এর কারণে কিছু বিরোধী প্রভাব থাকে। বিদ্যুৎ কয়েলের তুলনায় ক্যাপাসিটরের মধ্য দিয়ে সহজে প্রবাহিত হয়।

এই কারণে ভোল্টেজ এবং প্রবাহের মধ্যে একটি ফেজ পার্থক্য (phase difference) সৃষ্টি হয়। এই পার্থক্যকে θ (থিটা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। θ কোণকে পাওয়ার ফ্যাক্টরের কোণ (angle of power factor) বলা হয় এবং Cosθ কে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলা হয়।

ক) একক ফেজ AC এর বৈদ্যুতিক শক্তি

$P=V \times I \times \cos\theta$

রেটেড ভোল্টেজ: V [ভোল্ট]

প্রবাহ (কারেন্ট): I [অ্যাম্পিয়ার]

ফেজ পার্থক্য: θ

পাওয়ার ফ্যাক্টর: $\cos\theta$ (মোটরের ক্ষেত্রে সাধারণত ০.৭ - ০.৮)

নিম্নের অনুশীলন ৮ এর উত্তর দিন:

অনুশীলন-৮: একক ফেজ অল্টারনেটিং কারেন্টের শক্তি নির্ণয় করুন:

where: Rated Voltage V = 220 V
Fixed Current A = 10 A
Power Factor $\cos\theta$= 0.8

P= _____W
= _____kW

Answer:
P = 1760 W
= 1.76 kW

Answer the exercise 9) below:

গ) তিন-ফেজ AC এর বৈদ্যুতিক শক্তি

$P=\sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta$

এই সমীকরণগুলি নির্দেশ করে যে, ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকলে বৈদ্যুতিক প্রবাহ (current)বৃদ্ধির সংগে সংগে বৈদ্যুতিক শক্তিও বৃদ্ধি পায় এবং এটি বেশি কাজ সম্পন্ন করে।

নিম্নের অনুশীলন ৯ এর উত্তর দিন:

অনুশীলন-৯: তিন ফেজ অল্টারনেটিং কারেন্টের শক্তি নির্ণয় করুন:

where: $\sqrt{3}$ = 1.732
Rated Voltage V = 220 V
Fixed Current A = 10 A
Power Factor $\cos\theta$ = 0.8

P= _____W
= _____kW

Answer:
P= 3048 W
= 3.05 kW

(২) ভোল্টেজ ড্রপ (voltage drop) গণনা

মোটরসহ অন্যান্য বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে ইনপুট ভোল্টেজের একটি নির্দিষ্ট গ্রহণযোগ্য সীমা থাকে (যেমন ±১০%), যা যন্ত্রের ধরন অনুযায়ী নির্ধারিত হয়। অতিরিক্ত কম বা বেশি ভোল্টেজ হলে কার্যক্ষমতা কমে যায় এবং যন্ত্র পুড়ে যাওয়ার ঝুঁকি থাকে। বিদ্যুৎ যখন উৎস থেকে তারের মাধ্যমে যন্ত্রে পৌঁছায়, তখন তারের রোধের কারণে ভোল্টেজ কমে যায় (voltage drop)। তাই তারের ধরন, পুরুত্ব (thickness) এবং দৈর্ঘ্য অনুযায়ী ভোল্টেজ ড্রপ গণনা করে কী ধরনের তার ব্যবহার করতে হবে তা নির্ধারণ করা প্রয়োজন, যাতে ভোল্টেজ গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে থাকে। নিম্নে এক-ফেজ AC, ৩-ফেজ ৩-তার এবং ৩-ফেজ ৪-তার ব্যবস্থার জন্য ভোল্টেজ ড্রপের সূত্র দেওয়া হলো:

পদ্ধতি	ভোল্টেজ ড্রপ (V)	তারের ক্ষেত্রফল (mm^2)
এক-ফেজ ২-তার	e = (35.6 x L x I) / (1000 x A)	A = (35.6 x L x I) / (1000 x e)
৩-ফেজ ৩-তার	e = (30.8 x L x I) / (1000 x A)	A = (30.8 x L x I) / (1000 x e)
৩-ফেজ ৪-তার (এক ফেজ ও নিউট্রালের মধ্যে)	e = (17.8 x L x I) / (1000 x A)	A = (17.8 x L x I) / (1000 x e)

নিম্নের ১০, ১১ এবং ১২ নম্বর অনুশীলনীর উত্তর দিন:

অনুশীলন-১০: একক ফেজ ২ তারের পদ্ধতিতে ভোল্টেজ ড্রপ গণনা করুন।

where: E= 220 V
I= 4 A
L= 300 m
A= 5.5 mm2

Voltage Drop = _____V (_____%)

Answer: Voltage Drop = 8V (4 %)

অনুশীলন-১১: তিন ফেজ ৩ তারের পদ্ধতিতে তারের নুনতম ক্ষেত্রফল নির্ণয় করুন।

where: E= 415 V
I= 20 A
L= 500 m
Maximum Allowable Voltage Drop e= 5 %
Minimum Section Area of Cable A= 14.8 mm2
Select the available section area of Cable
from 8mm2, 14mm2, 22mm2, 38mm2. _____ mm2

Answer: Suitable cable: 22mm2

অনুশীলন-১২: তিন ফেজ ৪ তারের পদ্ধতিতে তারের নুনতম ক্ষেত্রফল নির্ণয় করুন।

where: E=220 V
I=15 A
L=500 m
Maximum Allowable Voltage Drop e= 5%
Minimum Section Area of Cable A=12.1 mm2

Select the available section area of Cable
from 8mm2, 14mm2, 22mm2, 38mm2.
_____ mm2

Answer: Suitable cable: 14mm2

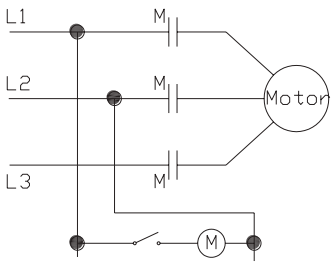
(৩) ৩-ফেজ ভোল্টেজ এবং নিয়ন্ত্রণ

পানি সরবরাহ ব্যবস্থায় পাম্প মোটর এবং অন্যান্য যন্ত্রপাতি পরিচালনায় সাধারণত ৩-ফেজ ৩৮০ V বিদ্যুৎ ব্যবহার করা হয়। অন্যদিকে, নিয়ন্ত্রণ সার্কিট, আলো, অফিস যন্ত্রপাতি এবং ছোট ক্ষমতার যন্ত্রগুলি ৩-ফেজ বিদ্যুৎ থেকে নেওয়া একক-ফেজ ২২০ V দ্বারা পরিচালিত হয়। ৩-ফেজ ৪-তার ব্যবস্থায় নিউট্রাল এবং যে কোনো ফেজের মধ্যে ভোল্টেজ ২২০ V থাকে, তাই এটি একক-ফেজ ২২০ V হিসেবে ব্যবহার করা হয়। কিছু ক্ষেত্রে এটি প্রায় ২০০ V একক-ফেজ হিসেবেও ব্যবহৃত হয়।

নিম্নের ১৩ এবং ১৪ নম্বর অনুশীলনীর উত্তর দিন:

অনুশীলন-১৩: তিন ফেজ ৩ তারের পদ্ধতিতে নিম্নের ভোল্টেজ গুলো কত কত ?

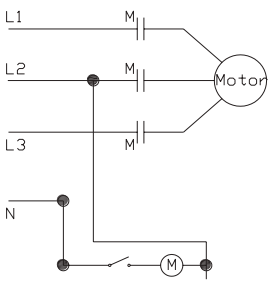
L1-L2 _____V
L1-L3 _____V
L2-L3 _____V



Answer:
L1-L2 380V
L1-L3 380V
L2-L3 380V

অনুশীলন-১৪: ৩৮০ V তিন ফেজ ৪ তারের পদ্ধতিতে নিম্নের ভোল্টেজ গুলো কত কত ?

L1-L2 _____ V
L1-L3 _____ V
L2-L3 _____ V
N-L1 _____ V
N-L2 _____ V
N-L3 _____ V



Answer:
L1-L2 380V
L1-L3 380V
L2-L3 380V
N-L1 220V
N-L2 220V
N-L3 220V

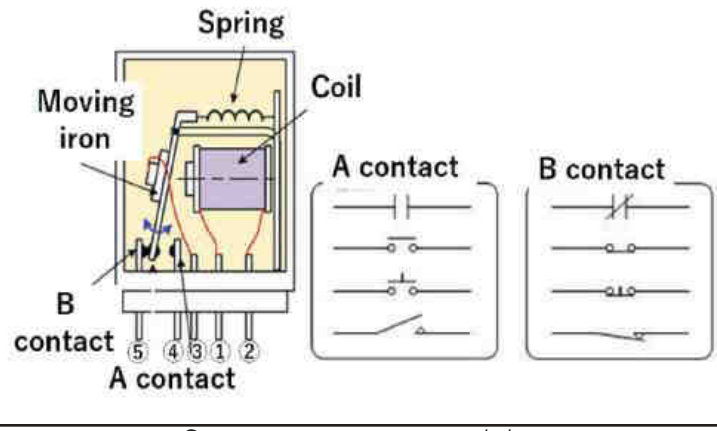
৪.২ সার্কিট

৪.২.১ A কন্টাক্ট, B কন্টাক্ট

রিলে-এর গঠন চিত্র প৪-৩ এ দেখানো হয়েছে। যখন (১) এবং (২)-এ বিদ্যুৎ প্রয়োগ করা হয়, তখন কয়েলটি ইলেক্ট্রোম্যাগনেট হয়ে যায়, চলমান লৌহাংশ (moving iron) A কন্টাক্টের দিকে সরে যায় এবং (৩) ও (৪) শর্ট সার্কিট হয়ে যায়।

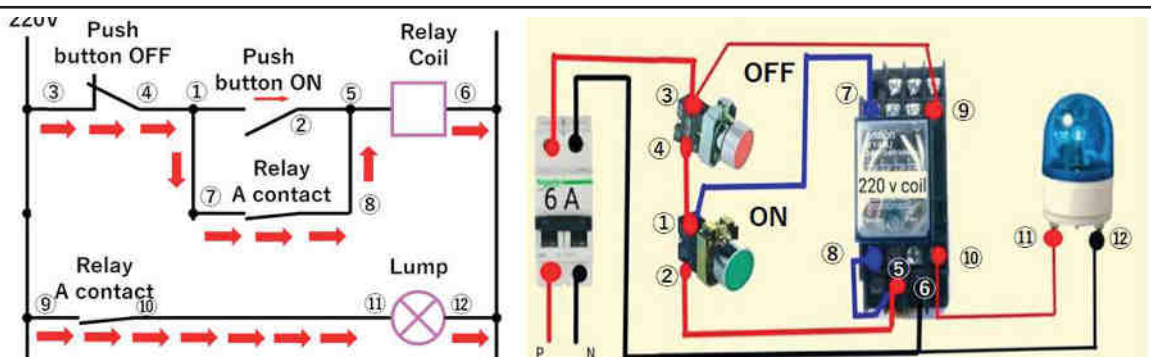
যখন ①-② তে বিদ্যুৎ সরবরাহ থাকে না, তখন কয়েলটি B কন্টাক্ট অবস্থায় থাকে এবং ③ ও ⑤ শর্ট সার্কিট হয়ে যায়।

৪.২.২ সেল্ফ-হোল্ডিং সার্কিট



চিত্র প ৪-৩: এ A এবং B কন্টাক্ট

সেল্ফ-হোল্ডিং সার্কিট চিত্র প ৪-৪ এ দেখানো হয়েছে। বাম ও ডান পাশের চিত্রের সংখ্যাগুলি একই সংযোগস্থল নির্দেশ করে। এখানে উদাহরণ হিসেবে একটি ল্যাম্প দেখানো হয়েছে, তবে বাস্তবে এই ল্যাম্পের পরিবর্তে পাম্প মোটর ব্যবহৃত হয়। সেল্ফ-হোল্ডিং সার্কিট বিদ্যুৎ বিভ্রাটের পর পুনরায় বিদ্যুৎ এলে পাম্পকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালু হওয়া থেকে বিরত রাখে।



চিত্র প ৪-৪: সেল্ফ-হোল্ডিং সার্কিট

৪.৩ পাম্প পরিচালনার সিকোয়েন্স সার্কিট নিয়ন্ত্রণ

পানি সরবরাহ ব্যবস্থার জন্য সিকোয়েন্স সার্কিট এবং বাস্তব সংযোগ চিত্র প৪-৫ এ দেখানো হয়েছে। এটি একটি ডাইরেক্ট স্টার্ট পদ্ধতি এবং এখানে থার্মাল রিলে দেখানো হয়নি।

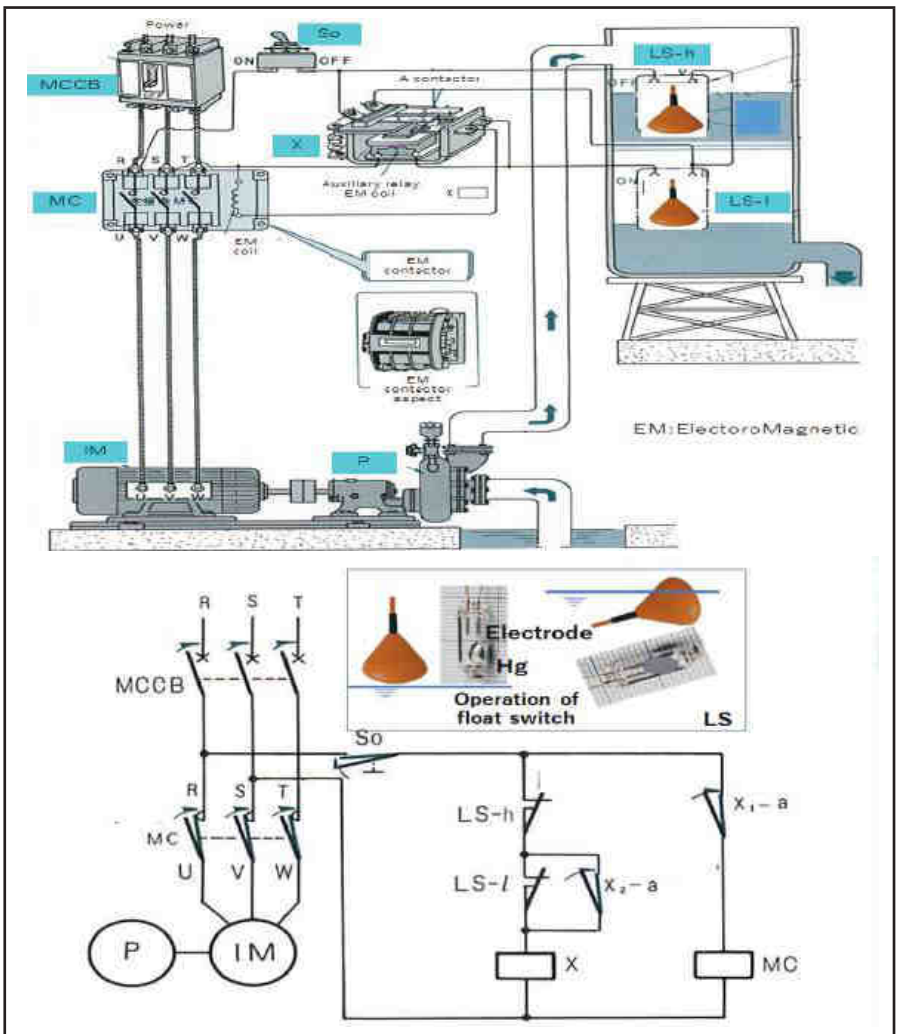
এটি একটি পানি স্তর নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি যেখানে ফ্লোট সিস্টেম ব্যবহার করা হয়। ফ্লোটের ভিতরে একটি ইলেক্ট্রোড এবং পারদ (Hg) থাকে। যখন এটি নিচের দিকে থাকে (অর্থাৎ পানি নেই), তখন পারদ ও ইলেক্ট্রোড একে অপরের সাথে সংযুক্ত হয় না এবং শর্ট সার্কিট হয় না।

যখন ফ্লোটটি পানির কারণে উপরে ওঠে (ঝুঁকে যায়), তখন পারদ ও ইলেক্ট্রোড একে অপরকে স্পর্শ করে এবং শর্ট সার্কিট হয়।

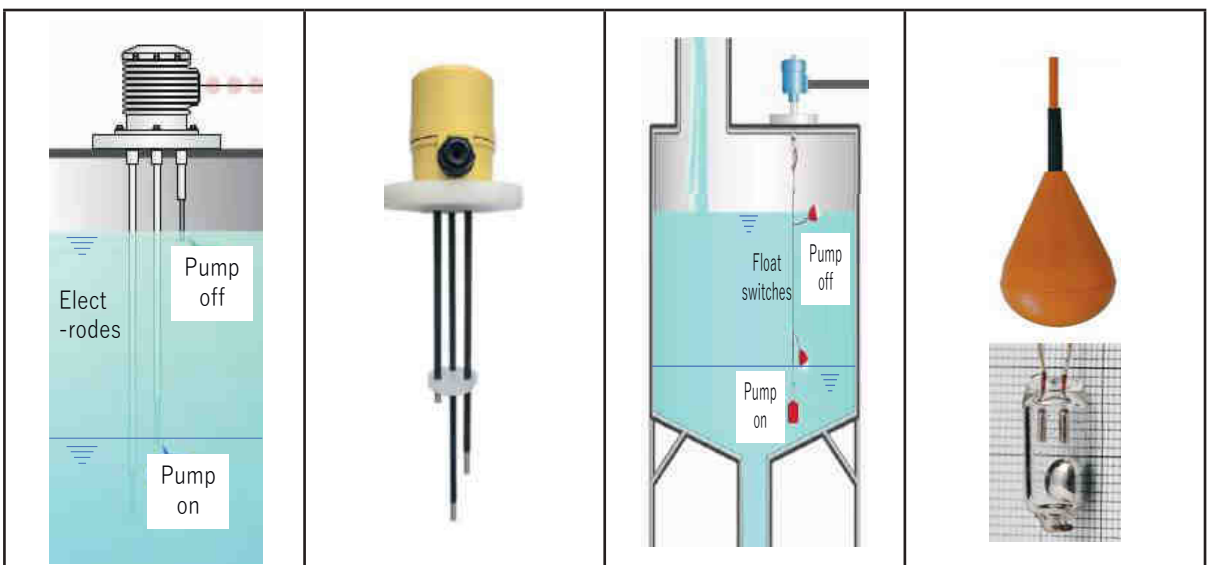
পানির স্তর পূর্ণ হলে পাম্প বন্ধ হয় এবং পানির স্তর কমে গেলে পাম্প চালু হয়।

বাস্তবে, চিত্র প৪-৫ অনুযায়ী একটি স্টার-ডেল্টা স্টার্ট পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

পাম্পের কাজ হলো পানি পরিবহন করা। কিছু পাম্প পানি স্তরের উপর ভিত্তি করে লেভেল কন্ট্রোল ডিভাইস দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। লেভেল কন্ট্রোল ডিভাইস চিত্র প৪-৬ এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র প ৪-৫: পানি পরিচালনার জন্য সিকোয়েন্স সার্কিট এবং বাস্তব সংযোগ এর উদাহর



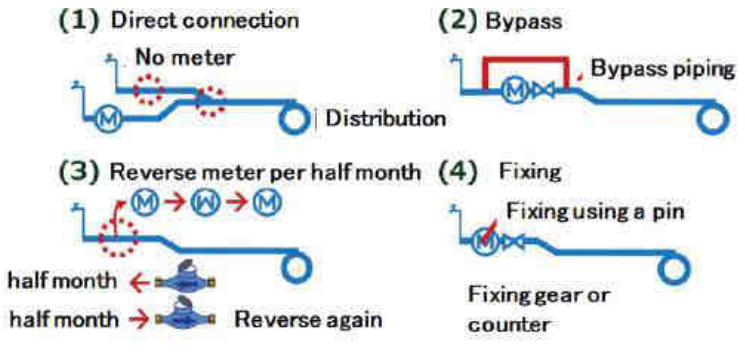
ফ্লোটবিহীন টাইপ (ইলেক্ট্রোড) | ফ্লোট টাইপ (মার্কারি সুইচ)

চিত্র প ৪-৫: লেভেল কন্ট্রোল ডিভাইস

পরিশিষ্ট ৫: NRW হ্রাসের অতিরিক্ত কার্যক্রম

৫.১ অবৈধ পানি ব্যবহার

অবৈধ সংযোগের পদ্ধতিগুলি চিত্র প৫-১ এ দেখানো হয়েছে।



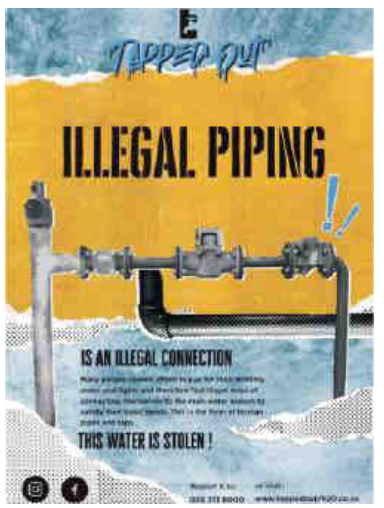
চিত্র প ৫-১: অবৈধ সংযোগের পদ্ধতিসমূহ

বাড়ির কল খুলে পানি মিটার পরীক্ষা করুন। যদি মিটার না চলে, তবে অবৈধ সংযোগের সন্দেহ করা হয়। পাইপলাইন পরীক্ষা করে অবৈধ সংযোগ খুঁজে বের করতে হবে।

এটি একটি অপরাধমূলক কাজ এবং কঠোর শাস্তির আওতায় আনতে হবে। প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা হিসেবে জনগণকে সচেতন করতে প্রচারণা চালাতে হবে যে অবৈধ সংযোগ ধরা পড়লে গ্রেপ্তারসহ শাস্তি দেওয়া হবে।





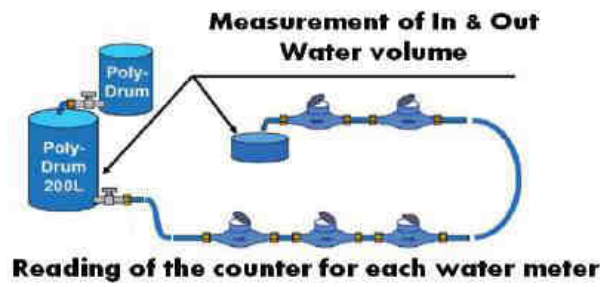


চিত্র প ৫-২: অবৈধ সংযোগ এবং প্রতিরোধমূলক প্রচারণা পোস্টার

৫.২ মিটারের ত্রুটি ১ [পানির মিটারের ত্রুটি]

সবচেয়ে সহজ পদ্ধতি হলো সাইটে (প্রতিটি বাড়িতে) একটি মাপার বালতি ব্যবহার করে নির্গত পানির পরিমাণ এবং মিটারের রিডিং তুলনা করা। যদি অনেক পানির মিটার থাকে, তাহলে চিত্র প৫-৩ অনুযায়ী কিছু মিটার খুলে নিয়ে যন্ত্রের মাধ্যমে একত্রে ত্রুটি পরীক্ষা করা যায়।

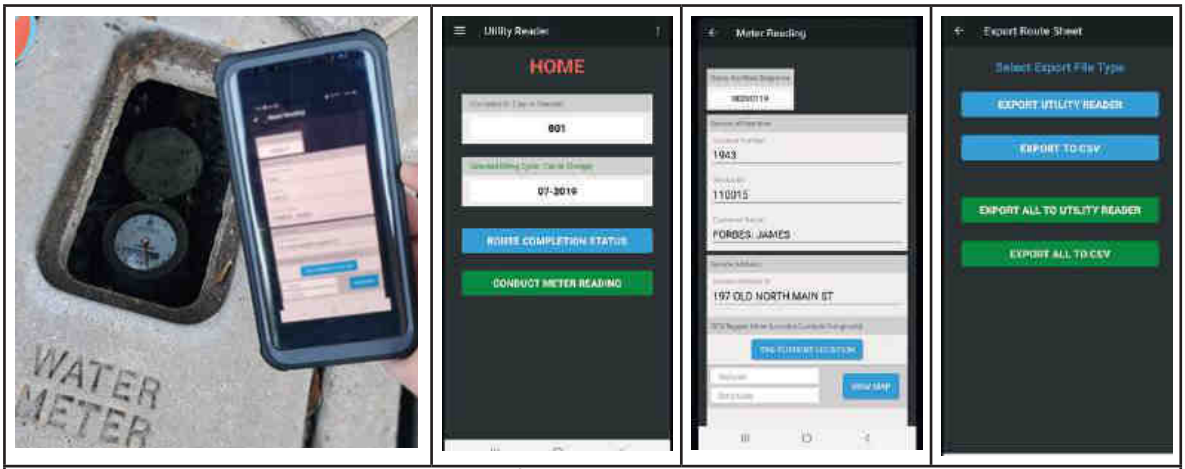




চিত্র প ৫-৩: যান্ত্রিক ত্রুটি পরীক্ষV

৫.৩ মিটারের ত্রুটি ২ [পানির মিটারের রিডিং ত্রুটি]

গ্রাহকের পানি ব্যবহারের পরিমাণ সঠিকভাবে পড়া হয়েছে কিনা তা যাচাই করা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। বর্তমান মাসের ব্যবহার পূর্ববর্তী মাসগুলির সাথে তুলনা করতে হবে। যদি বড় ধরনের পার্থক্য দেখা যায় (যেমন দ্বিগুণ বেশি বা অর্ধেক কম), তবে রিডিং এ ত্রুটি থাকতে পারে। পানি ব্যবহার বেশি দেখালে গ্রাহক অতিরিক্ত বিলের অভিযোগ করতে পারে। এ ক্ষেত্রে পুনরায় সাইটে মিটার পরীক্ষা করা উচিত। বর্তমানে স্মার্টফোন ব্যবহার করে মিটার রিডিং নেওয়া হচ্ছে যা চিত্র প৫-৪ এ দেখানো হয়েছে। এই সকল স্মার্টফোন ডাটা সার্ভারের সাথে সংযুক্ত থাকে এবং ভুল রিডিং হলে তাৎক্ষণিক সতর্কবার্তা দেয়।



চিত্র প ৫-৪: স্মার্টফোন ব্যবহার করে মিটার রিডিং

৫.৪ দৃশ্যমান ক্ষতি নির্ণয় (Apparent Loss Diagnoses)

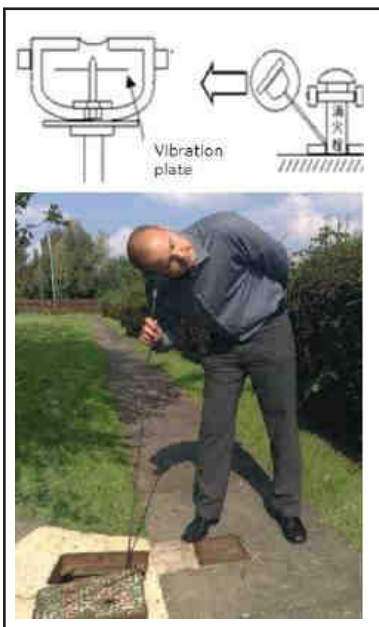
৫.৪.১ প্রকৃত ক্ষতি (Real Loss)

৫.৪.১.১ ভূগর্ভস্থ লিকেজ

ভূগর্ভস্থ লিকেজ খুঁজে বের করা কঠিন হলেও নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি ব্যবহার করা যায়।

- **অ্যাকোস্টিক রড**

চিত্র প৫-৫ এ দেখানো পদ্ধতিতে একটি রডের মাথা ভাল্‌ভ বা হাইড্রেন্টে লাগিয়ে একজন ব্যক্তি পানির লিকেজের শব্দ শুনতে পায়। এটি সহজ ও সস্তা হলেও দক্ষতা প্রয়োজন হয়, কারণ এর সাথে অন্য শব্দও শোনা যায়। এই পদ্ধতিতে সঠিক অবস্থান নির্ধারণ করা যায় না।



চিত্র প ৫-৫: অ্যাকোস্টিক রড

- **ইলেকট্রনিক সাউন্ড ডিটেক্টর**

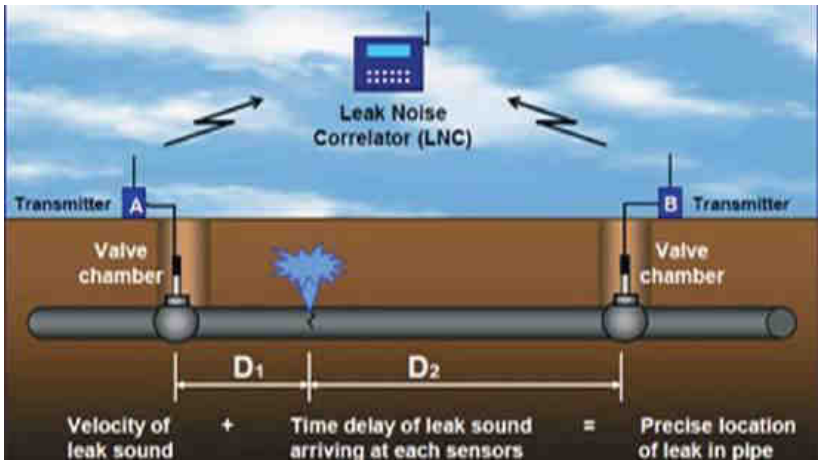
চিত্র প৫-৬ এ দেখানো পদ্ধতিতে এটি শব্দ বৃদ্ধি করে। মাটির উপর সেন্সর বসিয়ে লিকেজ শনাক্ত করা হয়। এটির জন্য দক্ষতা প্রয়োজন হয়, কারণ এর সাথে অন্য শব্দও শোনা যায়। এই পদ্ধতিতে সঠিক অবস্থান নির্ধারণ করা যায় না।



চিত্র প ৫-৬: ইলেকট্রনিক সাউন্ড ডিটেক্টর

- **কোরিলেশন টাইপ লিকেজ ডিটেক্টর**

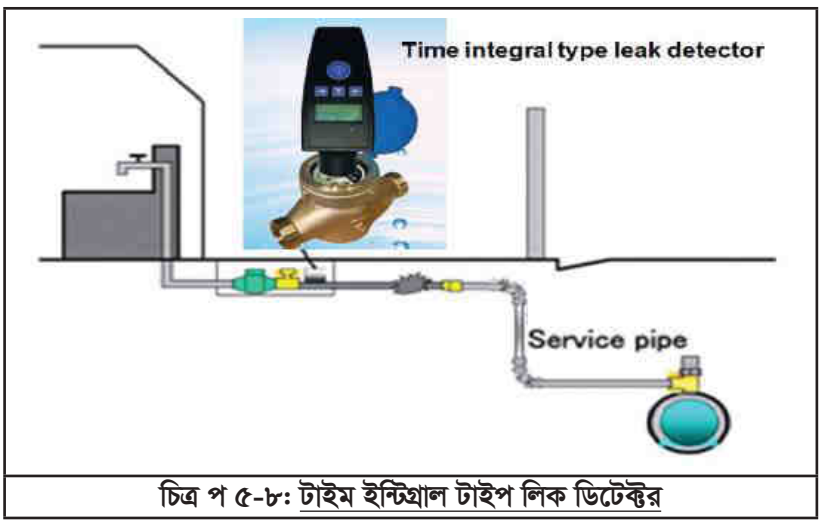
চিত্র প৫-৭ এ দেখানো অনুযায়ী, ভাল্‌ভগুলির স্থানে সেন্সর স্থাপন করা হয় যাতে পাইপলাইনের মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়া লিকেজের শব্দ শনাক্ত করা যায়। প্রতিটি সেন্সরে লিক পয়েন্ট থেকে পৌঁছানো শব্দের সময়ের পার্থক্যের ভিত্তিতে কম্পিউটার লিকের অবস্থান (D১ বা D২) নির্ণয় করে এবং তা মূল ইউনিটের ডিসপ্লে (LNC)-তে প্রদর্শন করে।



চিত্র প ৫-৭: কোরিলেশন টাইপ লিকেজ ডিটেক্টর

- **টাইম ইন্টিগ্রাল টাইপ লিক ডিটেক্টর**

এই পদ্ধতিতে লিকেজের ধারাবাহিক শব্দের বৈশিষ্ট্যের ভিত্তিতে লিক নির্ণয় করা হয়। পানির মিটারের ভিতরে পানির পাইপের উন্মুক্ত অংশে (চিত্র প৫-৮) একটি সেন্সর স্থাপন করা হয় এবং পাইপের মাধ্যমে প্রেরিত শব্দ নির্দিষ্ট সময়ের জন্য (১ থেকে ৫ সেকেন্ড) পরিমাপ করা হয়, যাতে লিক আছে কি না তা নির্ধারণ করা যায়। এই পদ্ধতি শব্দদূষণের দ্বারা প্রভাবিত হয় না এবং এতে বিশেষ দক্ষতার প্রয়োজনও হয় না। তবে, লিকের সঠিক অবস্থান নির্ধারণ করা যায় না।



চিত্র প ৫-৮: টাইম ইন্টিগ্রাল টাইপ লিক ডিটেক্টর

- **ট্রেসার গ্যাস পদ্ধতি লিক ডিটেক্টর**

ট্রেসার গ্যাস (হিলিয়াম, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি) ফায়ার হাইড্রেন্ট, এয়ার ভাল্ভ ইত্যাদির মাধ্যমে পানি বিতরণ পাইপে প্রবেশ করানো হয়, এবং এই গ্যাসগুলি (চিত্র প৫-৯ এ লাল কণিকা হিসেবে দেখানো) মাটির উপর থেকে শনাক্ত করে লিকের অবস্থান নির্ধারণ করা হয়।



চিত্র প ৫-৮: ট্রেসার গ্যাস পদ্ধতি লিক ডিটেক্টর

- লিকেজ শনাক্ত করার পর পাইপ মেরামত করতে হবে। এই ম্যানুয়ালের অধ্যায়-৮ পাইপলাইন দেখুন। (সেকশন ৮.২.২(১) ৪ মেরামতকৃত পাইপের ছবি)।

৫.৪.১.২ সংরক্ষণ ট্যাংকে লিকেজ ও উপচে পড়া পানি

লিকেজের উদাহরণ ও মেরামত পদ্ধতির বিষয়ে এই ম্যানুয়ালের "অধ্যায়-৯: ট্যাংক ও রিজার্ভয়ার" দেখুন (সেকশন ৯.২.২(২)।

Prepared under the

Project for Improvement of Comprehensive Management Capacity of DPHE on Water Supply (Phase-2)