An open-access, APC-free journal
ISSN: 2981-8184

REVIEW ARTICLE

Freshwater Resources: A Critical Factor Guiding Earth's Future

Md S. Zaman

Department of Biological Sciences, Alcorn State University,
Alcorn State, MS 39096, USA

Correspondence: zaman@alcorn.edu

Published: 6/4/2026
https://doi.org/10.5281/zenodo.20549972

Abstract

Freshwater is one of the most important natural resources on Earth and may become the most valuable resource in the future. Freshwater can be defined as water that contains less than 1,000 milligrams per liter of dissolved solids. Only about 2% of the Earth's total water is freshwater. It is essential for all land, aquatic, and marine life, including humans. Due to population growth, climate change, pollution, and the declining level of groundwater, pressure on this limited resource is increasing. As a result, the shortage of freshwater may become more severe in the future. This paper discusses the sources, importance, causes, and impacts of freshwater shortage, and possible solutions.

Keywords: Population growth, climate change, freshwater resources, freshwater shortage.

Citation: *Zaman, M. S. 2026, Freshwater Resources: A Critical Factor Guiding Earth's Future, Bangla J. Interdisciplinary Sci., 1 (1): 26-35.*

মিঠাপানি: ভবিষ্যৎ টেকসই পৃথিবীর জন্য এক গুরুত্বপূর্ণ সম্পদ

সারসংক্ষেপ

মিঠাপানি পৃথিবীর অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ প্রাকৃতিক সম্পদ, যা ভবিষ্যতে সবচেয়ে মূল্যবান সম্পদে পরিণত হতে পারে। মিঠাপানি বলতে এমন পানিকে বোঝায়, যাতে প্রতি লিটারে ১,০০০ মিলিগ্রামের কম দ্রবীভূত কঠিন পদার্থ (যা সাধারণত লবণজাতীয়) থাকে । পৃথিবীর মোট পানির মাত্র প্রায় ২% মিঠাপানি। এটি মানুষসহ সকল স্থলজ, জলজ ও সামুদ্রিক জীবনের জন্য অপরিহার্য। জনসংখ্যা বৃদ্ধি, জলবায়ু পরিবর্তন, দূষণ এবং ভূগর্ভস্থ পানির স্তর কমে যাওয়ার কারণে এই মূল্যবান সম্পদের ওপর চাপ বাড়ছে। ফলে ভবিষ্যতে মিঠাপানির সংকট আরও তীব্র হতে পারে। এই প্রবন্ধে মিঠাপানির উৎস, এর গুরুত্ব, সংকটের কারণ এবং সম্ভাব্য সমাধান নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে।

মূল শব্দগুলি: মিঠাপানি, জনসংখ্যা বৃদ্ধি, জলবায়ু পরিবর্তন, মিঠাপানির সংকট

ভূমিকা

মিঠাপানি ছাড়া জীবন কল্পনা করা যায় না। এটি একটি অতীব মূল্যবান সম্পদ। পৃথিবীর সব প্রাণী ও উদ্ভিদের বেঁচে থাকার জন্য মিঠাপানি খুবই জরুরি। মানুষের সুস্থতার জন্য নিরাপদ পানীয় পানি দরকার। কৃষিকাজ, শিল্প উৎপাদন এবং নদীপথে নৌপরিবহন সব ক্ষেত্রেই মিঠাপানি অপরিহার্য। । এসব কারণে মিঠাপানির সরবরাহ ব্যাবস্থার উপর বেশ চাপ পড়ে, বিশেষ করে যখন চাহিদা বেশি কিন্তু সরবরাহ সীমিত থাকে। বর্তমানে প্রায় ১.৬ বিলিয়ন মানুষ এমন অঞ্চলে বসবাস করে যেখানে সল্পতার কারণে মিঠাপানির চরম সংকট রয়েছে।

পৃথিবীতে মানুষের সংখ্যা দ্রুত বাড়ছে এবং সেইসাথে জলবায়ুরও পরিবর্তন হচ্ছে। এসব কারণ অনেক জায়গায় এই অপর্যাপ্ত মিঠাপানির সমস্যাকে আরও বেশি প্রকট করে তুলছে। পৃথিবীর অনেক অঞ্চলেই মিঠাপানির অভাব রয়েছে (Berger and Finkbeiner, 2010)। পাহাড়ের বরফ ও হিমবাহ গলে যাওয়া, সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বাড়া, বারবার খরা হওয়া, বনভূমিতে আগুন লাগা এবং আবহাওয়ার তীব্রতা বেড়ে যাওয়া, এসব কারণ গুলিও মিঠাপানির সরবরাহের উপর বেশ চাপ ফেলে।

প্রতি লিটার মিঠাপানিতে ১০০০ মিলিগ্রামের কম লবণ বা দ্রবীভূত কঠিন পদার্থ থাকে (USGS, 2016a)। মিঠাপানি একটি নবায়নযোগ্য সম্পদ যা জলচক্রের (water cycle) মাধ্যমে নতুনভাবে তৈরি হয়। বৃষ্টি, নদীর প্রবাহ, বাষ্পীভবন এবং ভূগর্ভস্থ পানির ব্যবহার, এসব কারণে মিঠাপানির পরিমাণ সব সময় পরিবর্তিত হয়।

একজন মানুষের মৌলিক চাহিদা মেটাতে প্রতিদিন প্রায় ৫০ লিটার মিঠাপানির প্রয়োজন পড়ে (Gleick, 1996)। কিন্তু, বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থার তথ্য অনুযায়ী, অনেক মানুষ এখনো নিরাপদ পানির সেই সুবিধা থেকে বঞ্চিত (WHO, 2023)। বিশ্বব্যাংকের মতে, ভবিষ্যতে মিঠাপানির সংকট আরও বাড়বে। ২০১৬ সালে বিশ্বব্যাংক অনুমান করেছিল যে ২০২৫ সালের মধ্যে পৃথিবীর জনসংখ্যা বেড়ে প্রায় ৮.২ বিলিয়নে পৌঁছাতে পারে (WBG, 2016)। বিশ্বব্যাংকের এই অনুমান সঠিক ছিল, বর্তমান পৃথিবীর জনসংখ্যা প্রায় ৮.৩ বিলিয়ন।

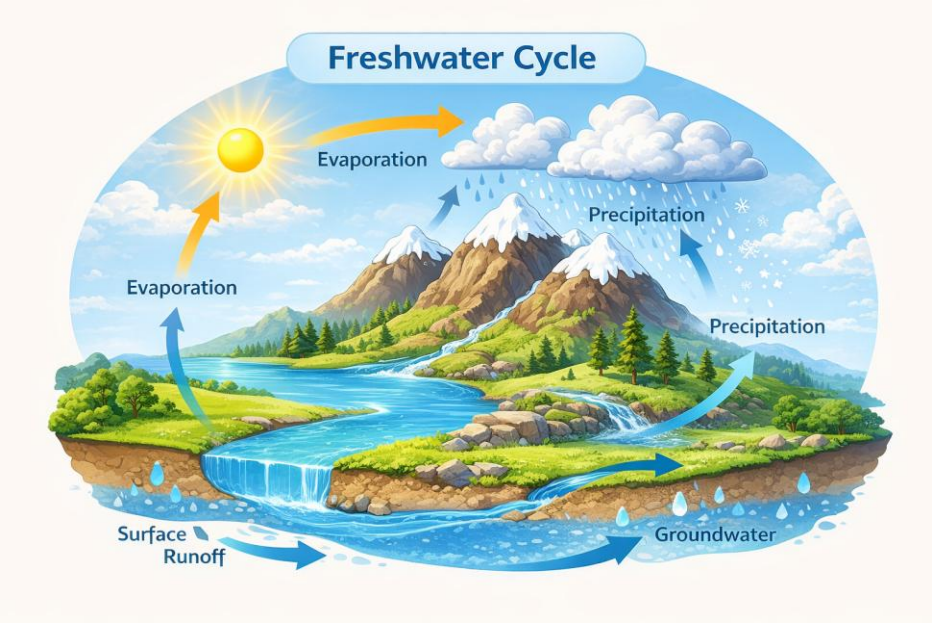
জনসংখ্যা বৃদ্ধি এবং ভূগর্ভস্থ পানির অতিরিক্ত ব্যবহারের কারণে ভবিষ্যতে মিঠাপানির প্রাপ্যতা আরও অনিশ্চিত হয়ে উঠছে। তাই এই সম্পদকে সঠিকভাবে ব্যবহার ও সংরক্ষণ করা খুবই জরুরি।

মিঠাপানির চক্র

পৃথিবীতে মোট পানির মধ্যে খুব সামান্য অংশই ব্যবহারযোগ্য মিঠাপানি। এর বড় অংশ জমাট বরফ বা ভূগর্ভস্থ পানির আকারে রয়েছে। নদী, হ্রদ বা জলাভূমির যে পানি আমরা সহজে ব্যবহার করতে পারি, তা মোট মিঠাপানির অতি ক্ষুদ্র একটি অংশ।

পৃথিবীর মোট পানির পরিমাণ প্রায় ১,৩৮৫,৯২০,৪৫৭ ঘন কিলোমিটার। এর মধ্যে প্রায় ৩৫,০২৯,৪০০ ঘন কিলোমিটার মিঠাপানি, বাকি সবই লবণাক্ত পানি। হ্রদ ও জলাভূমিতে মিঠাপানির পরিমাণ প্রায় ১২০,৫৩৭ ঘন কিলোমিটার এবং নদীতে আছে প্রায় ২,১২২ ঘন কিলোমিটার (৫০৯ ঘনমাইল পানি) (USGS, 2019)।

আরেকটি হিসাব অনুযায়ী, পৃথিবীর মোট পানির প্রায় ৯৭.৪% লবণাক্ত এবং মাত্র ২.৬% মিঠাপানি। এই ২.৬% মিঠাপানির মধ্যে প্রায় ৬৮.৭% বরফ বা তুষার আকারে জমাট বাঁধা (এই জমাট বরফের প্রায় ৮০% রয়েছে এন্টার্কটিকায়), ৩০.১% ভূগর্ভস্থ পানি, ১.২% ভূপৃষ্ঠস্থ পানি (নদী, হ্রদ, জলাভূমি ইত্যাদি) এবং মাত্র ০.০৪% পানি বায়ুমণ্ডলে থাকে (USGS, 2018)।



চিত্র ১। চিত্রটি পৃথিবীর মিঠাপানির চক্রের একটি সহজ উপস্থাপন। যদিও মিঠাপানি পৃথিবীর মোট পানির মাত্র ২%, তবুও এটি সকল স্থলজ, মিঠাপানির এবং সামুদ্রিক জীবনের অস্তিত্বের জন্য অপরিহার্য।

United States Geological Survey (USGS)-এর তথ্য অনুযায়ী, ভূপৃষ্ঠস্থ তরল পানির প্রায় ২০% এশিয়ার বৈকাল হ্রদে এবং প্রায় ২০% উত্তর আমেরিকার গ্রেট লেকসে রয়েছে। আর মোট মিঠাপানির মাত্র ০.৪৯% নদীগুলোতে থাকে (USGS, 2018)। এই পানি সবসময় একই অবস্থায় থাকে না। বৃষ্টি, নদী-প্রবাহ, বাষ্পীভবন, ও ভূগর্ভে প্রবেশের মাধ্যমে পানির পরিমাণ পরিবর্তিত হয়। এই প্রক্রিয়াকেই বলা হয় পানিচক্র।

এই পানিচক্র খুবই গুরুত্বপূর্ণ, কারণ এটি না থাকলে পৃথিবীতে পানি পুনর্বণ্টন হতো না এবং জীবজগতও টিকে থাকতে পারত না। এই পানিচক্র সামুদ্রিক জীবনের টিকে থাকার ক্ষেত্রেও গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। সমুদ্র থেকে বাষ্পীভূত হওয়া পানিকে পুনরায় পূরণ করার জন্য যদি মিঠাপানি না থাকত, তবে সমুদ্রের পানি অতিরিক্ত লবণাক্ত হয়ে যেত এবং তা সামুদ্রিক জীবনের জন্য অনুপযোগী হয়ে পড়ত।

পৃথিবীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি এবং জলবায়ু ও পানিসম্পদের উপর তার প্রভাব

জলবায়ু পরিবর্তনের ধারণাটি বর্তমানে একটি অত্যন্ত বিতর্কিত ও রাজনৈতিক বিষয় হয়ে উঠেছে। এই প্রসঙ্গে বিতর্কে না গিয়ে, তাপমাত্রা বাড়লে এর সম্ভাব্য পরিণতি কী হতে পারে তা সহজভাবে বলা হলো।

কৃষি ও খাদ্য উৎপাদন পুরোপুরি পানি ও আবহাওয়ার ওপর নির্ভরশীল। তাই জলবায়ু ও পানির মধ্যে ভারসাম্য নষ্ট হলে খাদ্য উৎপাদন কমে যেতে পারে। পৃথিবীর তাপমাত্রা বাড়লে পানির বাষ্পীভবন বাড়বে এবং খরাও বেড়ে যাবে। আবার কোথাও অতিরিক্ত বৃষ্টিপাত বন্যার সৃষ্টি করবে। এতে পানিচক্রের স্বাভাবিক প্রক্রিয়া বাধাগ্রস্ত হবে এবং কৃষি উৎপাদনে নেতিবাচক প্রভাব পড়বে। পৃথিবীর অনেক স্থানেই সাম্প্রতিক বছরগুলোতে তীব্র খরা দেখা গেছে।

মিঠাপানির একটি বড় উৎস হলো পাহাড়ের তুষার ও হিমবাহ গলন। পৃথিবীর মোট মিঠাপানির ৬৮.৭% পাহাড় থেকে আসে (USGS, 2018)। শীতকালে পাহাড়ে জমে থাকা বরফ ও তুষার, গ্রীষ্মে ধীরে ধীরে গলে পানি সরবরাহ করে। পাহাড়ের তুষার ও বরফ গলে যে পানি সরবরাহ করে, তা অনেক অঞ্চলের পানির প্রধান উৎস। তাপমাত্রা বাড়লে পাহাড়ে বরফ কমে যাবে এবং তুষারপাতও কম হবে। ফলে দীর্ঘমেয়াদে পানির ঘাটতি তৈরি হতে পারে। একই সঙ্গে বাষ্পীভবন এবং বৃষ্টিপাতও কিছুটা বাড়তে পারে (GRACE, 2016)।

গবেষণায় দেখা গেছে, ২০শ শতাব্দীতে বৃষ্টিপাত প্রায় ৫ থেকে ১০ শতাংশ বেড়েছে এবং এই প্রবণতা অব্যাহত থাকবে বলে ধারণা করা হচ্ছে (Scholl et al., 2025)। এছাড়া বৃষ্টির ধরণও পরিবর্তিত হচ্ছে। হঠাৎ ভারী বৃষ্টি হলে পর্যাপ্ত পানি মাটির ভেতরে ঢুকে ভূগর্ভে জমা হতে পারে না, বরং দ্রুত নদীতে তা চলে যায়। ফলে ভূগর্ভস্থ পানির শূন্যস্থান পুনরায় পূরণ করতে পারে না। এর ফলে যেসব অঞ্চল তুষারগলিত পানির ওপর নির্ভরশীল, সেখানে ভূগর্ভস্থ পানির ঘাটতি দেখা দিতে পারে।

পানিসম্পদের উপর জনসংখ্যা বৃদ্ধি ও দূষণের নেতিবাচক প্রভাব

মিঠাপানির সঠিক ব্যবহার ও সংরক্ষণ মানুষ এবং পরিবেশের জন্য খুবই গুরুত্বপূর্ণ। পরিষ্কার পানীয় পানি আমাদের স্বাস্থ্যের জন্য অপরিহার্য। একইভাবে কৃষি, কারখানা ও অন্যান্য কাজও মিঠাপানির ওপর নির্ভরশীল। কিন্তু যখন পানির চাহিদা বেশি হয় আর সরবরাহ কম থাকে, তখন এই পানি ব্যবস্থার ওপর চাপ পড়ে। বিশেষ করে যেসব জায়গায় মানুষের সংখ্যা দ্রুত বাড়ছে, সেখানে সমস্যা আরও প্রকট আকার ধারণ করে।

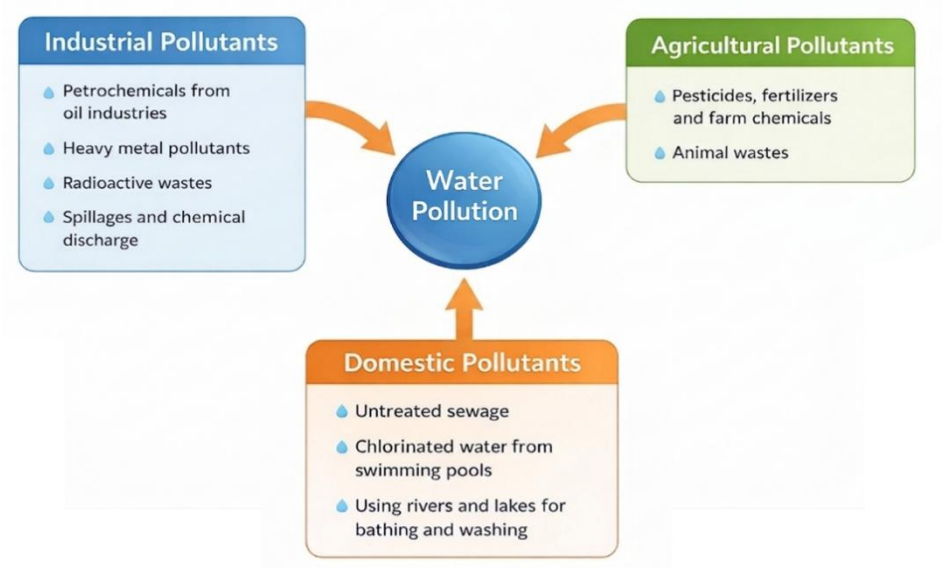
গত কয়েকশ বছরে পৃথিবীর জনসংখ্যা অনেক বেড়েছে। ধারণা করা হয়, পৃথিবী সর্বোচ্চ ৯ থেকে ১০ বিলিয়ন মানুষকে ভালোভাবে টিকিয়ে রাখতে পারে (Wolchover, 2011)। কিন্তু সমস্যা হলো আমরা আমাদের প্রাকৃতিক সম্পদকে এমন ভাবে অপব্যবহার করছি, যা সহজে আবার ফিরে আসে না। যেমন, পৃথিবীর ভূগর্ভস্থ জলাধারগুলো বৃষ্টির মাধ্যমে পুনরায় পূরণ হওয়ার তুলনায় প্রায় ৩.৫ গুণ দ্রুত হারে ভূগর্ভস্থ

পানিকে ব্যবহার করা হচ্ছে (Gleeson, et al., 2012)। ফলে ভূগর্ভস্থ পানিকে প্রতিস্থাপিত করা যাচ্ছে না এবং ভূগর্ভস্থ পানি দ্রুত শেষ হয়ে আসছে।

বেশিরভাগ গবেষণায় শুধু নদী-নালা বা ভূপৃষ্ঠের পানিকে প্রাধান্য দেওয়া হয়েছে (E.C., 2021, GEF, 2026)। কিন্তু ভূগর্ভস্থ পানি নিয়ে গবেষণাও খুবই গুরুত্বপূর্ণ, কারণ মিঠাপানির বড় একটা অংশ সেখানেই জমা থাকে। তাই এই পানি সঠিক ভাবে ব্যবহার ও সংরক্ষণ করা খুব জরুরি (Rodell et. al., 2009)।

জনসংখ্যা বাড়ার সাথে সাথে পানির দূষণও বাড়ছে (Peluso, 2022)। বেশিরভাগ পানিদূষণই মানুষের সৃষ্ট। দূষণের উৎসের ভিত্তিতে পানিদূষণকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায়, "পয়েন্ট সোর্স দূষণ", যেখানে দূষণ একটি নির্দিষ্ট উৎস থেকে আসে, এবং "নন-পয়েন্ট সোর্স দূষণ", যেখানে একাধিক উৎসের সম্মিলিত প্রভাবে দূষণ সৃষ্টি হয়। পানির প্রধান দূষণের উৎস হলো শিল্প, কৃষি এবং গৃহস্থালি কাজ। কারখানার বর্জ্য ক্ষতিকর ধাতু (যেমন সীসা, ক্যাডমিয়াম, পারদ, আর্সেনিক) ও তেজস্ক্রিয় উপাদানও বর্জ্যে মিশে থাকে। কৃষিজমি থেকে প্রবাহিত কীটনাশক ও পুষ্টি উপাদান (যেমন নাইট্রেট, ফসফেট), পেট্রোকেমিক্যাল, তেজস্ক্রিয় পদার্থ (যেমন ট্রিটিয়াম, আয়োডিন, রেডন, সিজিয়াম, ইউরেনিয়াম), শিল্প ও গৃহস্থালি থেকে আসা অজৈব রাসায়নিক (যেমন অ্যাসিড, লবণ, পরিষ্কারক দ্রব্য) পানিতে মিশে যায়। এমনকি বিদ্যুৎকেন্দ্র থেকে নদী বা হ্রদে ফেলে দেওয়া গরম পানি জলজীবনকে ক্ষতিগ্রস্ত করে। বিভিন্ন উৎস থেকে আসা এই দূষিত পানি শুধু মানুষের স্বাস্থ্যের জন্যই ক্ষতিকর নয়, মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীর জন্যও খুব বিপজ্জনক। ফলে পুরো পরিবেশের ওপর এর নেতিবাচক প্রভাব পড়ে।

বর্তমান পৃথিবীর জনসংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পানির চাহিদাও বাড়ছে। একই সঙ্গে কৃষি, শিল্প ও নগরায়ণের কারণে পানির ব্যবহার বহুগুণে বৃদ্ধি পেয়েছে, সেইসাথে বৃদ্ধি পেয়েছে মিঠাপানির দূষণ।



চিত্র ২। উপরের চিত্রটি মিঠাপানির দূষণের প্রধান উৎসগুলোকে উপস্থাপন করছে।

ভূগর্ভস্থ পানির টেকসই ব্যবহার ও প্রতিস্থাপন

ভূগর্ভস্থ পানি বর্তমানে বিশ্বের মোট জনসংখ্যার প্রায় ৫০ শতাংশ মানুষের পানীয় জলের চাহিদা পূরণ করে। তা ছাড়া ভূগর্ভস্থ পানি কৃষিকাজ, শিল্প এবং দৈনন্দিন জীবনযাত্রার জন্যও অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। যেসব দেশে নদী বা পৃষ্ঠস্থ পানির সংকট রয়েছে, সেখানে ভূগর্ভস্থ পানির উপর নির্ভরতা আরও বেশি। তাই এই মূল্যবান সম্পদের সঠিক ও টেকসই ব্যবহার নিশ্চিত করা আমাদের জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ চ্যালেঞ্জ।

বিশেষত পানি সংকটের সম্মুখীন মরু অঞ্চলের দেশগুলোতে টেকসই ভূগর্ভস্থ পানি-ব্যবস্থাপনা অত্যন্ত জরুরি। অতিরিক্ত পানি উত্তোলনের ফলে ভূগর্ভস্থ পানির স্তর দ্রুত কমে যেতে পারে, যা ভবিষ্যতে মারাত্মক পানিসংকট সৃষ্টি করতে পারে। এজন্য ভূগর্ভস্থ পানির প্রতিস্থাপন (recharge) হার সম্পর্কে বিজ্ঞানী বা বিশেষজ্ঞদের গভীর ধারণা থাকা বিশেষ প্রয়োজন, যাতে পানির ব্যবহার কখনোই পুনরায় পূরণ হওয়ার পরিমাণকে অতিক্রম না করে। এভাবে পরিকল্পিত ব্যবহার নিশ্চিত করা গেলে ভূগর্ভস্থ পানির সর্বোচ্চ টেকসইতা বজায় রাখা সম্ভব হবে।

মৌসুমি বৃষ্টিপাত ও ঋতুভিত্তিক পরিবর্তনের কারণে পানির সংকট

পানি সংকটের একটি প্রধান কারণ হলো পানির মৌসুমি প্রাপ্যতা ও অপ্রাপ্যতা, যা মূলত মৌসুমি বৃষ্টিপাতের ধরণ এবং বায়ুমণ্ডলীয় বা আবহাওয়াগত পরিবর্তনের ওপর নির্ভরশীল। বিশেষ করে যেসব অঞ্চলে বৃষ্টিপাত নির্দিষ্ট ঋতুর ওপর নির্ভরশীল, সেখানে বছরের কিছু সময়ে প্রচুর পানি থাকলেও অন্য সময়ে পানির তীব্র অভাব দেখা দেয়।

বাংলাদেশের মতো মৌসুমি বৃষ্টিনির্ভর দেশে বর্ষাকালে প্রচুর বৃষ্টিপাত হয়, যার ফলে নদী, খাল-বিল ও জলাধার পানিতে পরিপূর্ণ হয়ে ওঠে। কিন্তু শুষ্ক মৌসুমে বৃষ্টিপাত উল্লেখযোগ্যভাবে কমে যায়, ফলে পানির উৎসগুলো শুকিয়ে যেতে শুরু করে। এই ঋতুভিত্তিক বৈচিত্র্যের কারণে কৃষিকাজ, দৈনন্দিন ব্যবহার এবং পানীয় জলের সরবরাহে সমস্যা সৃষ্টি হয়। বিশেষত কৃষিনির্ভর গ্রামীণ জনগোষ্ঠী পান-যোগ্য নিরাপদ পানি ও চাষের পানির অভাবে ভুগান্তিতে পড়ে। এই বৈপরীত্যের প্রধান কারণ হলো বৃষ্টির পানি যথাযথভাবে সংরক্ষণ না করা এবং পানিসম্পদের কার্যকর ব্যবস্থাপনার অভাব। তাই এই সংকট মোকাবিলায় দীর্ঘমেয়াদি ও টেকসই কিছু প্রকল্প গ্রহণ করা অত্যন্ত জরুরি।

বাংলাদেশ একটি ব-দ্বীপ যার সৃষ্টি হয়েছে হাজার হাজার বছর ধরে হিমালয় পর্বতমালা থেকে গঙ্গা, ব্রহ্মপুত্র ও মেঘনা নদীর বহন করা বিপুল পরিমান পলিমাটি দিয়ে। কিন্তু বাংলাদেশ এই আন্তর্জাতিক নদীগুলির প্রাপ্য পানির ন্যায্য হিস্যা থেকে বহুকাল ধরে বঞ্চিত। তাই প্রথমত, আন্তর্জাতিক নদীর সুষ্ঠ পানি-বন্টন নীতিমালার ভিত্তিতে বাংলাদেশকে তার প্রধান নদীগুলির পানির প্রাপ্যতা ও সরবরাহ নিশ্চিত করতে হবে।

দ্বিতীয়ত, বড় আকারের জলাধার, বাঁধ ও রিজার্ভার নির্মাণ করা প্রয়োজন, যাতে বর্ষার অতিরিক্ত পানি সংরক্ষণ করে শুষ্ক মৌসুমে ব্যবহার করা যায়। একই সঙ্গে খাল, পুকুর, বিল ও জলাভূমি পুনঃখননের মাধ্যমে প্রাকৃতিক পানি ধারণক্ষমতা বাড়ানো যেতে পারে। এতে ভূগর্ভস্থ পানির ওপর নির্ভরতা কমবে এবং কৃষিকাজে সেচের জন্য পর্যাপ্ত পানি পাওয়া যাবে। পাশাপাশি নদী সংযোগ প্রকল্প এবং সেচব্যবস্থার আধুনিকীকরণ করলে পানির সুষম বণ্টন করা যাবে।

তৃতীয়ত, বৃষ্টির পানি সংরক্ষণ বা "রেইনওয়াটার হারভেস্টিং" প্রকল্প চালু করা। শহর ও গ্রামে বাড়ি, স্কুল, কারখানা এবং সরকারি ভবনে বৃষ্টির পানি সংগ্রহের ব্যবস্থা গড়ে তুললে তা গৃহস্থালি ও কৃষিকাজে ব্যবহার করা সম্ভব হবে।

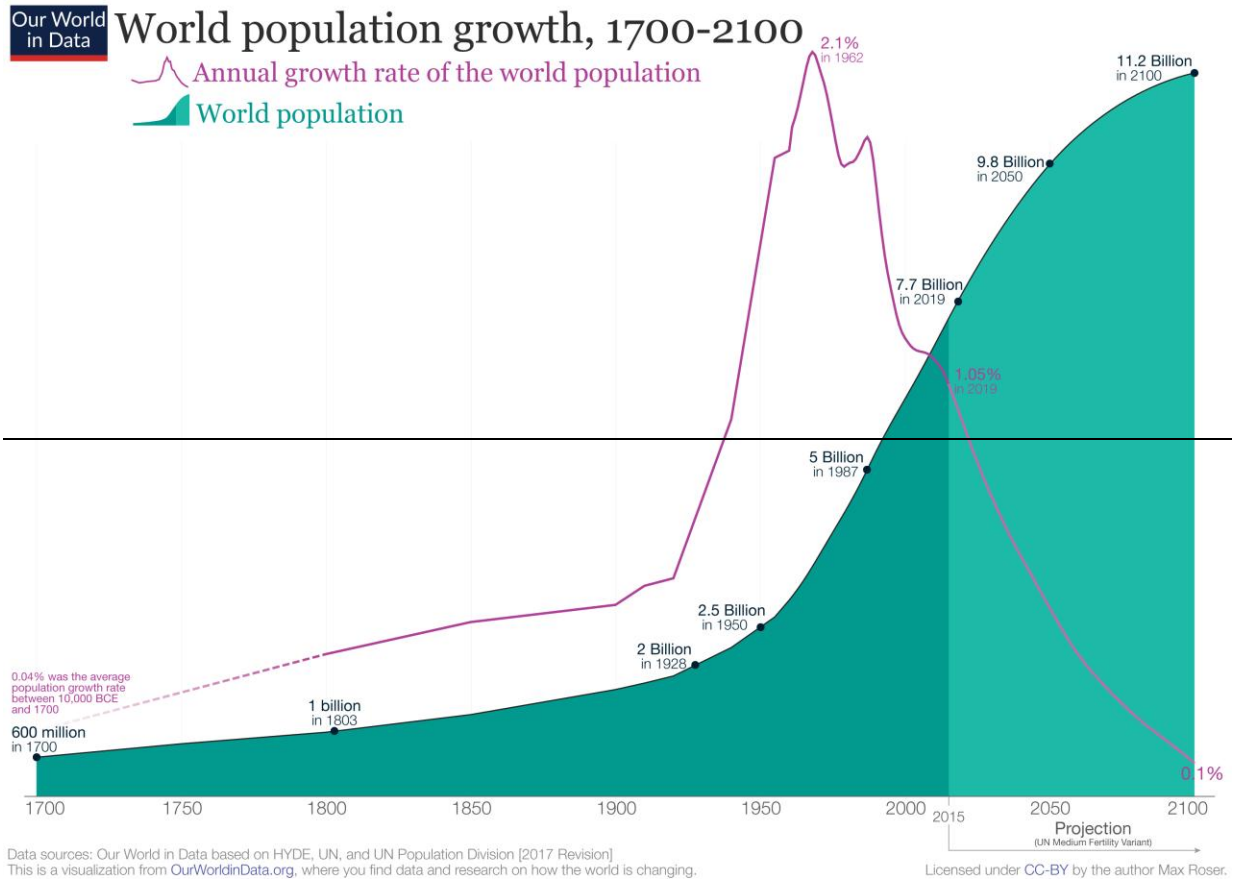
সবশেষে, পানির অপচয় রোধে জনসচেতনতা বৃদ্ধি এবং কার্যকর পানি ব্যবস্থাপনা নীতি প্রণয়ন অত্যন্ত প্রয়োজন। সরকার, স্থানীয় জনগণ ও পরিবেশবিদদের সমন্বিত উদ্যোগের মাধ্যমে বর্ষার অতিরিক্ত পানিকে সম্পদে রূপান্তর করা যেতে পারে এবং শুষ্ক মৌসুমের ভয়াবহ পানিসংকট অনেকাংশে দূর করা সম্ভব।

এছাড়া, জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাবে বৃষ্টিপাতের ধরনে অস্বাভাবিকতা দেখা যাচ্ছে। কখনও অতিরিক্ত বৃষ্টি ও বন্যা, আবার কখনও দীর্ঘ সময় খরা পরিস্থিতি পানির স্বাভাবিক প্রাপ্যতাকে ব্যাহত করছে, যা পানির সংকটকে আরও তীব্র করে তুলছে। তাই এই সমস্যা মোকাবিলায় বৃষ্টির পানি সংরক্ষণ, কার্যকর পানি ব্যবস্থাপনা এবং পরিবেশবান্ধব পরিকল্পনা গ্রহণ অত্যন্ত জরুরি।

পানিদূষণ প্রতিরোধ

দূষণের উৎসগুলো দেখলে মনে হয়, পানি দূষণ কমাতে আমাদের কিছু সাধারণ ও সচেতন কাজই অনেক সাহায্য করতে পারে, কিন্তু বাস্তবে তা বেশ কঠিন। মানুষের সংখ্যা দ্রুত বাড়ছে এবং সেই সাথে বাড়ছে শিল্প ও কৃষিকাজ। এ কারণে জলাশয়ের দূষণ কমানো এখন বেশ কঠিন হয়ে পড়েছে। তবুও নতুন ও উন্নত প্রযুক্তি ব্যবহার করা, গৃহস্থালি ও কারখানার বর্জ্য কমানো, অপ্রয়োজনীয় ভোগ কমানো এবং পুনর্ব্যবহার বাড়ানো–এসব করলে দূষণ অনেকটাই নিয়ন্ত্রণে আনা সম্ভব।

পৃথিবীর জনসংখ্যা বৃদ্ধির বার্ষিক হার ক্রমশ কমার প্রবণতা দেখছি আমরা। ১৯৬২ সালে এটি ছিল প্রায় ২.১%, এখন তা প্রায় অর্ধেক হয়েছে (Ortiz-Ospina and Roser, 2016)। তাই শিক্ষা ও জন্মনিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে ভবিষ্যতে জনসংখ্যা নিয়ন্ত্রণে রাখা সম্ভব বলে আশা করা যায়। যদি তা না হয়, তাহলে ভবিষ্যতে বড় ধরনের সমস্যা ও অস্থিরতা দেখা দিতে পারে। মতান্তরে, কিছু গবেষকের মতে, ২১০০ সালের মধ্যে পৃথিবীতে মানুষের সংখ্যা এত বেড়ে যেতে পারে যে পৃথিবীর ধারণক্ষমতার সীমা ছাড়িয়ে যাবে (Oriz-Ospina and Roser, 2016) (চিত্র ৩)।



চিত্র ৩। উপরের চার্টটি বিশ্ব-জনসংখ্যা বৃদ্ধির একটি দীর্ঘমেয়াদি (১৭০০-২১০০) চিত্র। (উৎস: www.OurWorldinData.org/data/population-growth-vital-statistics/world-population-growth; Attribution: Max Roger via Wikimedia Commons, 2019)।

পানিদূষণে আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হলো বনভূমি ধ্বংস। কৃষি ও অন্যান্য কাজে জমির চাহিদা বৃদ্ধির কারণে অনেক বন কেটে ফেলা হচ্ছে। এতে পানির স্বাভাবিক চক্র ব্যাহত হচ্ছে। বৃষ্টি, বাষ্পীভবন, ভূগর্ভে পানি প্রতিস্থাপন, এসব প্রক্রিয়া ঠিকভাবে কাজ করতে পারছে না। ফলে বৃষ্টির পানি দ্রুত নদীতে চলে যাচ্ছে (Ma et al., 2024) এবং ভূগর্ভস্থ পানির স্তর ও কমে যাচ্ছে । তাই পৃথিবীর স্বাভাবিক পানিচক্র ঠিক রাখতে হলে অপরিকল্পিতভাবে বন কাটা বন্ধ করা খুবই জরুরি।

মিঠাপানির সংকট মোকাবিলায় সহজ কিন্তু গুরুত্বপূর্ণ কিছু পদক্ষেপ নেওয়া যেতে পারে। যেমন: (১) পানির অপচয় কমানো, (২) বর্জ্য ব্যবস্থাপনা উন্নত করা, (৩) দূষণ নিয়ন্ত্রণ করা, (৪) পানি পুনর্ব্যবহার করা, (৫) আধুনিক প্রযুক্তি ব্যবহার করে পানি সংরক্ষণ করা। এছাড়া শিক্ষা ও সচেতনতা বাড়ানো খুবই জরুরি, যাতে মানুষ পানি ব্যবহারে আরও দায়িত্বশীল হয়। সমুদ্রের লবণাক্ত পানি থেকে মিঠাপানি তৈরি করার প্রযুক্তি আছে, তবে এটি অত্যন্ত ব্যয়বহুল। ভবিষ্যতে মিঠাপানির সংকট বাড়লে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা যেতে পারে।

উপসংহার

পৃথিবীর উপরিভাগের প্রায় ৭১% পানিতে আবৃত, কিন্তু এর মধ্যে ৯৭% - এর বেশি সমুদ্রের লবণাক্ত পানি (USGS, 2016b)। এর মোট পরিমাণ প্রায় ৩২৬ মিলিয়ন ট্রিলিয়ন গ্যালন যা আমরা সরাসরি পান করতে পারি না (Gerbis, 2010)। পৃথিবীর মোট পানির পরিমাণ অনেক হলেও ব্যবহারযোগ্য মিঠাপানির পরিমাণ খুবই স্বল্প। সমুদ্রের পানি পরিষ্কার করে পানযোগ্য করা যায়, কিন্তু এই প্রক্রিয়া অত্যন্ত ব্যয়বহুল (WEF, 2024)। এক ঘনমিটার মিঠাপানি তৈরি করতে ২ ডলারেরও বেশি খরচ হতে পারে। তবুও, ভবিষ্যতে পানির বড় সংকট হলে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা ছাড়া অন্য কোনো উপায় নাও থাকতে পারে।

এ নিয়ে কোনো সন্দেহ নেই যে মিঠাপানি একটি খুবই মূল্যবান প্রাকৃতিক সম্পদ। জলবায়ু পরিবর্তন, দূষণ এবং অতিরিক্ত জনসংখ্যার কারণে ভবিষ্যতে এটি আরও গুরুত্বপূর্ণ হয়ে উঠবে। ১৭৯৮ সালে থমাস ম্যালথাস (Thomas Malthus) তাঁর *Essay on the Principle of Population* গ্রন্থে বলেছিলেন যে মানুষের সংখ্যা জ্যামিতিক হারে দ্রুত বাড়ে, কিন্তু খাদ্য উৎপাদন বাড়ে গাণিতিক হারে (Raven and Johnson, 2002)। অর্থাৎ, মানুষের সংখ্যা যত দ্রুত বাড়ে, খাদ্য উৎপাদন তত দ্রুত বাড়ে না। পরে এই ধারণা থেকেই ডারউইন ও ওয়ালেস যৌথভাবে বিবর্তন তত্ত্ব প্রস্তাব করেন, যেখানে বলা হয় প্রকৃতি নিজেই তার জনসংখ্যা নিয়ন্ত্রণ করে (Raven and Johnson, 2002)।

মিঠাপানির প্রাপ্যতা শুধু আমাদের দৈনন্দিন জীবনই নয়, পৃথিবীর সব জীবের টিকে থাকা এবং ভবিষ্যৎ বিকাশের ওপরও অপরিমেয় প্রভাব ফেলে। অতএব, আমরা এখনই সচেতন না হলে অদূর ভবিষ্যতে পানি নিয়ে বড় ধরনের সংকট তৈরি হতে পারে। মিঠাপানি শুধু একটি প্রাকৃতিক সম্পদ নয়, এটি আমাদের জীবনের ভিত্তি। তাই এর সঠিক ব্যবহার, সংরক্ষণ এবং ব্যবস্থাপনা নিশ্চিত করা আমাদের সবার দায়িত্ব।

আগামী পৃথিবীতে মিঠাপানি সবচেয়ে মূল্যবান সম্পদে পরিণত হতে যাচ্ছে। আজকের পৃথিবীতে খনিজ জ্বালানি নিয়ে যে যুদ্ধ-বিগ্রহ চলছে, আগামীর পৃথিবীতে সে যুদ্ধ হতে পারে মিঠাপানি নিয়ে।

তথ্যসূত্র

Berger, M., & Finkbeiner, M. (2010). Water foot printing: How to address water use in life cycle assessment? *Sustainability, 2*, 119–994.

European Commission. (2021). Global Surface Water Explorer. https://global-surface-water.appspot.com/

Gerbis, N. (2010). Why can't we convert salt water into drinking water? http://adventure.howstuffworks.com/survival/wilderness/convert-salt-water.htm

Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F. P., & van Beek, L. P. H. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature, 488*, 197–200.

Gleick, P. H. (1996). Water resources. In *Encyclopedia of climate and weather* (Vol. 2, pp. 817–823). Oxford University Press.

Global Environment Facility. (2026). Global International Waters Assessment. https://www.thegef.org/projects-operations/projects/584

GRACE Communications Foundation. (2016). The impact of climate change on water resources. http://www.gracelinks.org/2380/the-impact-of-climate-change-on-water-resources

Ma, S., Zhou, S., Yu, B., & Song, J. (2024). Deforestation-induced runoff changes dominated by forest-climate feedback. Sci Adv. doi: 10.1126/sciadv.adp3964.

Ortiz-Ospina, E., & Roser, M. (2016). World population growth. https://ourworldindata.org/world-population-growth

Peluso, C. (2022). How is Population Growth Responsible for the Growing Problem of Water Scarcity. Population Media Center. https://www.populationmedia.org/the-latest/population-growth-and-water-scarcity

Raven, P. H., & Johnson, G. B. (2010). *Biology* (9th ed.). McGraw-Hill.

Rodell, M., Velicogna, I., & Famiglietti, J. S. (2009). Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. *Nature, 460*, 999–1002.

Scholl, M.A., McCabe, G.J., Olson, C.G., & Powlen, K. (2025). Climate Change and Future Water Availability in the United States. United States Geological Survey. https://doi.org/10.3133/pp1894E

U.S. Geological Survey. (2016a). The water cycle: Freshwater shortage. http://water.usgs.gov/edu/watercyclefreshstorage.html

U.S. Geological Survey. (2016b). http://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html

U.S. Geological Survey. (2018). Where is Earth's Water. https://www.usgs.gov/water-science-school/science/where-earths-water

U.S. Geological Survey. (2019). How Much Water is There on Earth, (2019). U.S. Geological Survey. https://www.usgs.gov/water-science-school/science/how-much-water-there-earth

Wikimedia Commons. (2019). World Population Growth. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Population_Growth_1700-2100.png; https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

World Bank Group. (2016). Water and climate change. http://water.worldbank.org/topics/water-resources-management/water-and-climate-change

World Economic Forum. (2024). Desalination: What is it and how it help tacle water scarcity? https://www.weforum.org/stories/2024/04/desalination-drinking-water-water-scarcity/

World Health Organization. (2023). Drinking water. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

Wolchover, N. (2011). How many people can Earth support? http://www.livescience.com/16493-people-planet-earth-support.html

Disclaimer: *All articles published in BJIS remain the intellectual property of their respective authors. Accordingly, all data, information, and opinions expressed within are solely the responsibility of the authors or contributors. BJIS, along with its editors and editorial board, assumes no liability for any harm to persons or property arising from the use or application of the published content. Any claims related to such damage should be directed to the individual authors or contributors.*