فصل اول
مقدمه و بررسی منابع

دلایلی همچون عدم توافق همگان بر سر تعریف یکسان و تمایز بین منابع آلاینده انسانی و طبیعی مانع از ارائه یک تعریف مناسب برای آلودگی می باشد. برای مثال یک آتشفشان در مقایسه با چندین نیروگاه برق ممکن است مولد مقادیر زیادتری از مواد آلاینده باشد. در این حالت برخی محققین به علت اینکه آتشفشان یک پدیده طبیعی است، آن را به عنوان آلوده کننده محیط زیست در نظر نمی گیرند. لذا نظریات مختلفی در مورد تفسیر آلوده کننده و آلودگی وجود دارد.

براساس نظرمیلر (۱۹۹۱) هر گونه تغییر در ویژگی های هوا، خاک، آب و مواد غذایی که اثر نامطلوبی بر سلامت محیط زیست و فعالیت های بشر و سایر جانداران داشته باشد، آلودگی نامیده می شود. در تعریفی دیگر هر عاملی که سبب به هم زدن شرایط طبیعی محیط زیست شده و موجب تغییرات نامطلوب (آسیب یا تخریب) در آن شودآلودگی نامیده می شود[۵].

فناوری های یکی دو قرن اخیر در رشته های مختلف دانش بشری با انواع آلاینده ها، موجب آلودگی محیط زیست (آب ، هوا و خاک) و باعث تغییرات اقلیمی زمین گردیده است. از جمله آلودگی آب را می توان نام برد[۱].

با آنکه انسان به هدف خود در پاکسازی دریاچه ها و رودخانه ها نزدیک شده لیکن مسئله آلودگی سواحل دریاچه ها و رودخانه ها به مواد دارویی، نفتی و پسماندهای لجن تصفیه خانه های فاضلاب را در پیش رو دارد[۲].

آب ها با وجود کمبود آب شیرین در طبیعت با انواع حشره کش ها و سموم دفع آفات و دیگر آلاینده ها آلوده شده اند و همراه با افزایش جمعیت جهان روز به روز مسأله کمبود آب شیرین جدی تر می شود.

اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی توسعه منابع آب در گذشته از یک طرف و پیش بینی حتمی کمبود آب از سوی دیگر، از عوامل ایجاد و توسعه الگویی جدید برای مدیریت منابع آب محسوب می شود.در گسترش این الگو اصول پایدار، قوانین محیطی و مشارکت عمومی به طور همزمان منظور می شوند.

با نزدیک شدن بسیاری از جوامع به محدودیت منابع آب قابل دسترس، بازیافت و اصلاح آب تبدیل به موضوع قابل توجه ای برای نگهداری و تمدید این منابع شده است. همچنین بازیافت آب زمانی که رشد تقاضای آب در جامعه با منابع آب قابل دسترس برابری نکند، بیشتر مورد توجه قرار می گیرد.

هدف توسعه و مدیریت پایدار منابع آب، تامین صحیح نیازهای آبی نسل های حال و آینده است. این مهم با دو عامل طراحی جامع و مناسب سیستم ها یعنی بهینه سازی راندمان استفاده از آب و ایجاد تلاشی پیوسته به منظور حفاظت و تجدید زیست بوم طبیعی تحقق می یابد. رسیدن به جامعه‌ی پایدار مستلزم بسیاری از مبارزات اجتماعی و صنعتی است. تکنولوژی جدیدی که به بهبودی این امر کمک می کند، بازده اقتصادی فعالیت های بشر تلقی می شود. با پذیرش محدودیت های منابع آب، علی رغم افزایش راندمان صنایع فعلی و آتی، استفاده پایدار از منابع ضروری می باشد. تا وقتی که میزان رشد جمعیت مصرف کنندگان کاهش پیدا نکند، بهبود وضعیت صنعت به تنهایی فقط شروع نتایج منفی آن را به تاخیر می اندازد. امروزه فرآیندهای پایدار باید تغییر روش های استفاده از انرژی، منابع و اصلاح آلودگی محیط زیستِ زمینی و هوایی را نیز شامل شوند.

الگوی مدیریت منابع آب به روش های گوناگون و توسط افراد مختلف تعریف شده است.جامعه‌ی مهندسین عمران آمریکا تعریفی را برای سیستم های پایدار منابع آب به شرح زیر پیشنهاد کرده است : " سیستم های پایدار منابع آب برای پیشبرد اهداف حال و آینده ی جوامع طراحی و مدیریت شده اند به طوری که از محیط، بوم و هیدرولوژی آنها کاملا حمایت می کنند" .

تعریف سنتی توسعه‌ی منابع آب، بر بهبود طرح های ذخایر والگوهای جریان با احداث مخازن و سدها و طراحی سیستم ها برای انتقال بین حوزه ای در تامین منابع آب، تمرکز می کند. در بسیاری از موارد گسترش

منابع آب برای برآورده شدن نیاز های اساسی بشر به آب راضی کننده است، اگرچه در برخی موارد با افزایش کمبود آب در بسیاری از مناطق جهان، آب کافی برای برآوردن نیازهای اساسی بشر وجود ندارد. برای بسیاری از مناطق شهری کشورهای توسعه یافته منابع جدید آبی که سود آور باشد، وجود ندارد. تاکنون منابع منفعت ساز آب توسعه یافته اند و یا در حال توسعه اند و در بیشتر موارد آبی که تحت کنترل بوده کاملا برای مصرف اختصاص داده شده و یا حتی اضافه تر تخصیص یافته است.

بعلاوه ساختن سد ها و مخازن به دلیل اثرات بومی و اجتماعی آنها، ایمنی و هزینه تطبیق آنها با قوانین محیطی، کمتر امکان پذیر است. بنابراین در بیشتر مکان ها منابع آب آشامیدنی فقط با اختصاص مجدد آبی که معمولا توسط دیگر بخش ها از قبیل کشاورزی استفاده می شود، یا با استفاده از دیگر منابع آب از قبیل آب شور، آب باران یا پساب، می تواند فراهم شود. در مدیریت پایدار منابع آب، در مواجهه با نیازهای اساسی آب روش های مختلف مدیریت تقاضا، مثل مدیریت آب های اصلاحی و بازیافتی و مدیریت حفاظت آب استفاده می شود.

اصلاح آب یا تصفیه فرآیند قابل اطمینانی است که در طی آن فاضلاب به آب قابل استفاده مجدد تبدیل می شود. بازیافت آب، استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مصارف سودمند، از قبیل آبیاری کشاورزی و خنک سازی در صنعت است. فاضلاب شهری تصفیه شده منبع قابل اطمینان و مهم نسبت به فاضلاب های رسیده از جریان های بازگشتی کشاورزی، سیلاب های بارانی، و تخلیه های صنعتی است. تصفیه ی فاضلاب متمرکز بر اساس مقررات تصفیه فاصلاب قانون فدرال آب (FCWA) در مناطق شهرنشین ایالات متحده رایج شده است و علاوه بر آن تکنولوژی جدید در تصفیه ی نامتمرکز و ماهواره ای فاضلاب نیز توسعه یافته است. دلایل و مزایای اصلاح و بازیافت آب در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.

بسیاری از جوامع به محدودیت منابع آب موجود خود، نزدیک می شوند. اصلاح و بازیافت آب یک انتخاب قابل قبول برای تمدید و حفظ منابع آب در دسترس با راهکارهای زیر است :

۱- استفاده از آب های اصلاح شده بجای آب شهری در فعالیت هایی که کیفیت بالای آب شهری را نیاز ندارند.

۲- ایجاد یک منبع که از بازیافت منابع موجود تغذیه شود و منجر به افزایش منابع آب گردد.

۳- حفظ زیست بوم آبی با کم نمودن انحراف آب های شیرین، کاهش مقدار املاح مضر و جلوگیری از ورود آلاینده های سمی به جریان رودخانه ها

۴-کاهش نیاز به ساخت تاسیسات کنترل آب از قبیل سد ها و مخازن آب

۵- تطبیق با قوانین زیست محیطی توسط راهکارهای مدیریت بهینه مصرف آب و کنترل تخلیه ی پساب های صنعتی

جدول ۱-۱: اصلاح و بازیافت آب: دلایل و مزایا [۱]

دلایل	مزایا
آب از جمله منابع محدود است و جوامع به طور فزاینده ای کمتر تمایلی به یک بار استفاده از آب دارند.	حفاظت از منابع آب شیرین
مشخص شده است که اصلاح آب به طورگسترده و مناسب، تحقق یافته است.	مدیریت عناصری که می توانند منجر به تخریب محیط زیست شوند.
کیفیت آب اصلاح شده برای مصارف غیرآشامیدنی از قبیل آبیاری، خنک سازی صنعتی و آب شستشو، مناسب است. بنابراین تهیه منبع آب تکمیلی عاملی مؤثر وکارآمد درمصرف آب می باشد.	مزایای اقتصادی با کاهش نیاز به منابع آب اضافی و ساختن زیرساختها، اصلاح آب در مکان های توسعه یافته شهری، که منابع کافی وجود ندارد وبهای آب زیاد است، قابل استفاده است.
برای رسیدن به هدف توسعه پایدار منابع آب، اطمینان از راندمان بالای مصرف آب ضروری است.	آب اصلاح شده از پساب تصفیه شده حاوی عناصر ضروری می باشدکه اگر این آب برای آبیاری زمین های کشاورزی استفاده شود، مقدار کمی کود شیمیایی برای رشد محصول را تامین می کند. بنابراین آب اصلاح شده نیاز به کود شیمیایی را برآورده می کندکه نتیجه آن حفظ منابع است.
بازیافت واصلاح آب با سازماندهی منابع و افزایش راندمان انرژی در تصفیه به مصرف کننده نهایی آب، خدمت می رساند.	
بازیافت آب با کاهش تخلیه حجم پساب تصفیه شده در آب های طبیعی به حفاظت از محیط زیست می پردازد.	

۱-۱ عوامل محرک پیاده سازی اصلاح و بازیافت آب

- دسترسی: اصلاح آب به آسانی در حومه ی محیط های شهری، که منابع کافی آب وجود ندارد و بهای آب نسبتا زیاد است، قابل استفاده است.
- استمرار: آب اصلاح شده به خصوص در سال های خشکسالی یک منبع قابل اطمینان است که در نتیجه ی تولید تقریبا دائمی فاضلاب شهری، فراهم می شود.
- تطابق: پژوهش های اقتصادی و تکنیکی فرآیندهای تصفیه ی فاضلاب موجود بوده که توانسته است آب را برای مصارف غیرآشامیدنی آماده کند و علاوه بر آن می تواند آبی با کیفیت آشامیدنی نیز تولید نماید.
- ایمنی: سیستم های بازیافت آب غیرآشامیدنی طی چهار قرن بدون مدرکی دال بر تاثیر بر سلامت عمومی درآمریکا و دیگر کشورهای توسعه یافته، بهره برداری شده اند.
- رقابت برای تقاضای منابع آب: افزایش فشار برمنابع آبی موجود به علت رشد جمعیت و افزایش نیاز بخش کشاورزی می باشد.
- جنبه اقتصادی: شناخت مدیریت های آب و فاضلاب از نقطه نظر سوددهی اقتصادی و تاثیرات زیست محیطی مصرف آب های اصلاح شده، در حال رشد است.
- منفعت عمومی: افزایش آگاهی از تاثیرات محیطی ناشی از مصرف زیاد منابع آب، و اشتیاق جامعه برای به کارگیری راهکارهای اصلاح و بازیافت آب.
- تاثیرات محیطی و اقتصادی برداشت سنتی از منابع آب: برآورد هزینه های اقتصادی و تاثیرات زیست محیطی تاسیسات آبی از قبیل بندها و آب انبارها.
- طرح های ثبت شده: رشد موفقیت آمیز تعدادی از پروژه های بازیافت واصلاح آب در سراسر جهان.
- استاندارد های دقیق آب: پیشرفت تجهیزات تصفیه ی فاضلاب برای رسیدن به کیفیت بالای آبِ پساب موجود.
- ضرورت و فرصت: عوامل محرک برای توسعه ی پروژه های اصلاح و بازیافت آب از قبیل خشکسالی، کمبود آب، جلوگیری از نفوذ به آب دریا و ممنوعیت تخلیه ی فاضلاب، امتیازهای اقتصادی، سیاسی، موقعیت های مناسب تکنیکی در اصلاح و بازیافت آب.

بازیافت آب در واقع یک منبع دیگر آب را که دائما در مناطق شهری قابل استفاده می باشد، حتی در سال های خشکسالی، برای مصارف مختلف سودمند ایجاد می کند، اگرچه از فاضلاب شهری باشد. برداشت از آب اصلاح شده در قالب منبع آب اختیاری یک پیروزی منحصر به فرد است. در آمریکا و دیگر کشورهای

توسعه یافته فاضلاب ها تحت مقررات سخت کنترل کیفیت آب برای اطمینان از اینکه بدون سم و خالی از بیماری اند تصفیه می شوند، اما خطرهای احتمالی در استفاده از هرمنبعی که وابسته به فاضلاب انسانی باشد همواره وجود دارد. باید نگرانی برای سلامتی و ایمنی در برنامه ریزی و پیاده سازی اصلاح و بازیافت آب گنجانده شود. گزارش شده است که در اثر فشار ناشی از نیازهای ضروری به آب در بسیاری از مناطق جهان پروژه های اصلاح و بازیافت آب برای توام نمودن مصرف آب با فرصت هایی که سیستم های بازیافت آب توسعه یابند، گسترش یافته اند[۱].

رشته ی زیست پالایی و به ویژه گیاه پالایی، یکی از مهمترین علل ایجاد تالاب های مصنوعی جهت اصلاح آب و توسعه ی اصول پایداری می باشد. تلاش های جوامع علمی در سراسر جهان، به طور باور نکردنی ای سبب کشف ماهیت گونه های گیاهی، باکتری ها، قارچ ها و جلبک ها شده اند و گونه های خاص آنها را جهت به کارگیری برای حذف و کاهش دامنه وسیعی از آلاینده ها را شناسایی کرده اند.

محققین در دانشگاه ایالت اهایو آمریکا موفق به توسعه ی یک راهکار جهت حذف کادمیوم از فاضلاب از طریق باکتری به نام *Zooglea ramigera* در محوطه ای مصنوعی شدند. با این راهکار، این عنصر سنگین از سیال خروجی کارخانه قبل از تخلیه به سیستم فاضلاب به طور کامل حذف شد. در دانشگاه هاوائی، محققین گزارش کردند که قارچ های *Penicilium digitatum* قادر به جذب اورانیوم از کلرید اورانیوم محلول در آب شده اند. از دیگر تحقیقات مهم در این زمینه می توان به تحقیق انجام گرفته در دانشگاه ریورساید کالیفرنیا اشاره کرد. در این راهکار ارائه شده از طریق تسریع فعالیت چندین قارچ طبیعی، موفق شدند سلنیوم آب را به گازهای بی خطر تبدیل کنند. این محققین گزارش کردند که این راهکار قادر است در کمتر از ۴ ماه، پنجاه درصد از سلنیوم را حذف کند.

بدون شک بسیاری از تلاش های صورت گرفته در این راستا، طیف گسترده ای از باکتری ها و قارچ ها را جهت به کارگیری و ترکیب با سیستم های تصفیه تالاب مهیا ساخته اند. در تحقیقاتی آزمایشگاهی با حمایت برخی از سازمان‌ها و شرکت‌ها، درصدد برآمدند که از طریق باکتری ها و قارچ‌ها، راهکاری جهت پاکسازی سفره آب زیرزمینی، زباله های آلاینده و نفت های افزوده در آب ارائه نمایند. باکتری خورنده ی متان به عنوان باکتری مورد نیاز شناسایی و کشت داده شد. این باکتری قادر است با تولید آنزیم هایی بیش از ۹۵ درصد از آلاینده هایی چون *Viny1 chloride* و دیگر سموم را به نمک تبدیل کند. استفاده از تکنیک های زیست پالایی ارزانتر از سوزاندن بوده و خاکسترهای سمی و آلاینده را تولید نمی کند. حتی ترکیبات مقاومی چون *polychlorinated biphenyls (PCBs)* از طریق برخی از باکتری ها کاهش چشمگیری پیدا کرده اند.

امروزه حتی محصولاتی نیز جهت مصارف خانگی و دیگر مصرف کنندگان با تقاضای کم، جهت پاکسازی آلاینده ها در بازار عرضه می گردند که اساس کار آنها از طریق باکتری ها می باشد.

گیاه پالایی همچنان که از نام این لغت پیدا است، استفاده از گیاهان جهت پاکسازی آلاینده ها می باشد. گروه هایی از محققین آزمایشگاه ملی بروک هاون، مهندسین ارتش زمینی مرکز تحقیقاتی دریایی آمریکا (WES) و آزمایشگاه مدیریت خطر احتمالی سازمان حفاظت از محیط زیست جهانی (U.S EPA) در چندین مکان با انجام آزمایشاتی بر کاربرد گیاه پالایی در تالاب های مصنوعی با هدف پاکسازی TNT و آلاینده های دیگر در آب های زیرزمینی پرداختند. در این تحقیقات نتیجه گرفته شد که بیشترین کارایی را علف مرداب[۱]، جلبک ساگو و گیاهان گل ستاره ای دارند.

یک فعالیت بزرگ از تحقیقات شکل گرفته شده بر روی تالاب نشان داد که تالاب های طبیعی و مصنوعی، ارتقا کیفیت آب را به طور قابل اعتمادی مهیا می کند. با اجرای صحیح طراحی و ساخت، تالاب های مصنوعی ویژگی های شبیه به تالاب های طبیعی را نشان می دهند. تالاب های مصنوعی، بوم حیات وحش و مزایای محیطی که شبیه به تالاب های طبیعی است را نیز ایجاد می کنند. تالاب های مصنوعی بر تصفیه اکسیژن خواهی زیستی (BOD)، نیتروژن، فسفر، بیماری زا ها، فلزات، موجودات زنده و دیگر مواد سمی تاثیر می گذارند.

افزایش کیفیت آب با انتقال و یا ذخیره مواد ویژه در داخل تالاب ایجاد می شود. بیشترین تماس آب اصلاح شده در داخل تالاب، بیشترین تصفیه جذبی و ذخیره سازی را به همراه خواهد داشت. که این به علت طبیعت این فرآیند است. اگر وضعیت های بهینه حفظ شود (جذب نیتروژن و BOD به طور نامحدودی اتفاق بیفتد که اصولا با فرآیند میکروبی کنترل شده و محصولات نهایی گازی تولید می شود) تالاب کیفیت آب اصلاح شده را افزایش می دهد.

برای تالاب های مصنوعی، اختصاص و انتخاب گونه های گیاهان باید بر پایه نوع تالاب ساخته شده و همچنین اهداف بوم منطقه باشد.

معمولا تالاب ها تصفیه کل جامدات معلق (TSS) را ایجاد نمی کنند. همچنین ارزیابی شوری نیز ضروری است زیرا سیال با یک حجم نمک زیاد باعث تاثیراتی بر پوشش گیاهی تالاب می شود. در موارد خاص باید پوشش گیاهی مقاوم به شوری برای تالاب اختصاص داده شود. ملاحظات طراحی نیازمند ایجاد تعادل

---

۱ - Elodea

هیدرولیکی و مؤلفه های بارگیری می باشد و این ملاحظات بایستی همراه با تاثیرات آن بر تالاب نیز باشد. همچنین تاثیرات آن بر کیفیت آب زیر زمینی نیز باید ارزیابی شود.

مزایای یک سیستم تصفیه ی تالاب شامل موارد زیر است:

- بهبود کیفیت آب از طریق استفاده از سیستم های طبیعی
- حفظ آب های دریافتی در پایاب حوضه
- افزایش، تجدید و ایجاد تالاب جدید
- ایجاد بوم برای حیات وحش
- عملیات کم و کاهش هزینه ها
- یک هزینه توسعه معقول
- حفاظت از "پوشش سبز[۱]"
- کاهش اوج جریان ها[۲]
- اجرای مؤلفه ای از یک فرآیند تصفیه: در مناطقی با سطح ایستابی بالا و یا خاک هایی با نفوذ پذیری کم می تواند استفاده شود.
- ایجاد محیط تفریحی

محدودیت های سیستم های تصفیه ی تالاب شامل موارد زیر است:

- محدودیت زمین و نیازهای آن
- محدودیت کاربرد آن در برنامه ریزی های شهری
- پتانسیل برای کوتاه کردن دوره، که منجر به عملکرد بسیار پایین خواهد شد.
- پتانسیل ایجاد مزاحمت پوشش گیاهی و جلبک ها
- ایزوله کردن محیط برای حفاظت از دوره ی آبی تالاب

۱- Green space

۲ - Attenuate peak flows

تعدادی از شهرهای دنیا برای ایجاد بوم حیات وحش، سیستم های تالاب و تصفیه ای خود را توسعه داده اند. به عنوان مثال، یکی از اهداف پروژه تالاب آرکاتا کالیفرنیا، افزایش مزایای استفاده از آب های پایاب سطحی بود. یک سیستم تالاب انتخاب و اجرا می شود به دلیل :

۱. حفاظت از نشت مواد مغذی به مناطق خنثی (بافر)
۲. ایجاد مزایای زیبایی و محیطی
۳. ایجاد تصفیه ای با مؤثرترین هزینه از طریق استفاده از سیستم های طبیعی

همچنین سیستم تالاب آرکاتا برای حفاظت از بوم حیات وحش منطقه نیز طراحی شده بود. سیستم تالاب آرکاتا، شامل سه باطلاق ۴ هکتاری است که علاوه بر جذب بیش از ۲۰۰ گونه پرنده، بستری برای تخم گذاری ماهی ها به خصوص قزل آلا مهیا ساخته است.

به علت ایجاد حجم پساب ۲۰ mgd (۸۷۷ L/s) از کارخانه ای در ارلاندو فلوریدا ، در سال ۱۹۸۱ یک سیستم تالاب برای کنترل این جریان اضافی تاسیس شد. از این سال تا کنون آب اصلاح شده ی این کارخانه به وسیله ی پمپاژ به ۲۰ کیلومتری تاسیسات انتقال یافته و به تالابی به مساحت ۴۸۰ هکتار ریخته می شود. این تالاب شامل سه منطقه گیاهی مهم است. اولین منطقه تقریبا ۱۶۶ هکتار و عمده گیاهان آن لویی و بولراش است که نقش اصلی آن حذف مواد مغذی از پساب ورودی است. منطقه دوم تقریبا ۱۵۴ هکتار و شامل بیش از ۶۰ گونه گیاهان علفی زیرآبی و روآبی[۱] است که نقش آن ایجاد بوم حیات وحش و حذف مواد مغذی است. منطقه سوم تقریبا ۱۶۲ هکتار و شامل باتلاقی جنگلی شامل واریته ای از سه گونه است که ایجاد بوم حیات وحش و حذف مواد مغذی از جمله نقش های این منطقه است. تفاوت گونه های گیاهی در این سه منطقه، به دلیل وجود مواد مغذی متفاوت است که بسته به غلظت آن عنصر و نوع آن این گونه انتخاب شده است. پس از این سه منطقه آب اصلاح شده توسط تالاب مصنوعی وارد تالاب طبیعی به مساحت ۲۴۰ هکتار می شود[۱].

---

۱ - Submergent and emergent herbaceous

۱-۲ تالاب

به طور کلی تالاب به زمین هایی اطلاق می شود که بیشتر اوقات یا در همه طول سال مرطوب بوده و در آب قرار دارند. در همه تالاب‌ها یک اصل کلی حکمفرما است که به علت مرطوب بودن خاک به مدت زیاد تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در خواص خاک اتفاق می افتد به طوری که گیاهانی که در زمین های مرطوب نمی توانند رشد کنند از بین می روند. آب فراوان اهمیت زیادی در تشکیل و ازدیاد گیاهان و میکروارگانیسم های خاک دارد.

به همین دلیل تالاب ها نسبت به اکوسیستم های دیگر دارای فعالیت بیولوژیکی بیشتری هستند و می توانند پارامتر های آلوده کننده آب را توسط مکانیسم های مختلف حذف کنند.

تالاب ها به طور معمول جهت تصفیه فاضلاب کشاورزی، صنعتی، شهری و شیرابه ناشی از دفع زباله و آب های جاری حاصل از توفان و باران به کار می روند.

معمولاً برای تصفیه فاضلاب های شهری و آب های جاری غیرمتمرکز استفاده از تالاب‌ها به عنوان سیستم های کم هزینه با سرمایه گذاری کم، که از تکنولوژی و انرژی طبیعی استفاده می کنند، مناسب است[۱۱].

معمولاً در مکان هایی که زمین در دسترس است، سیستم های طبیعی تصفیه اغلب اقتصادی ترین و کاربردی ترین انتخاب است. سیستم های طبیعی نسبتاً ارزان و نصب آنها آسان است و به علت استفاده از نیروهای طبیعی (نور خورشید، باد و...) برای بهره برداری و تعمیرات به نیروی کمی نیاز دارند.

به طور کلی مزایای استفاده از سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب نسبت به سیستم های متداول تصفیه عبارتنداز:

۱- کاهش هزینه سرمایه گذاری اولیه جهت تاسیسات مکانیکی و ساختمانی

۲- کاهش هزینه تعمیر و نگهداری

۳- کاهش هزینه راهبری و عملیاتی

۴- توسعه محیط زیست گیاهی و جانوری

۵- عدم نیاز به نیروی انسانی ماهر

سیستم های تصفیه طبیعی پساب به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. تصفیه به کمک زمین
۲. تصفیه به کمک گیاهان آبزی

تالاب های طبیعی ومصنوعی در دسته دوم قرار می گیرند. در تالاب های طبیعی بشر دخالتی در ساخت آنها نداشته و عملاً به عنوان منبع پذیرنده عمل می کند و کنترل خاصی وجود ندارد. در تالاب های مصنوعی انسان شرایطی را برای رشد گیاهان فراهم می آورد و گیاهان ریشه در خاک داشته و کنترل بهتری بر شرایطی از قبیل زمان ماند، نوع گیاه و نوع بستر دارد. این سیستم به دو نوع سطحی و زیرسطحی تقسیم می شود که در نوع سطحی سطح جریان سیال روی بستر خاک است و در نوع زیرسطحی سطح سیال زیر بستر خاک است.

محتویات نیزارهای مصنوعی در چهار بخش اصلی ذکر می شود که عبارتند از:

الف - بسترهایی با توان متفاوت در نگهداری آب

ب - گیاهان سازش یافته با بسترهای غیرهوازی

ج - ستونی از آب که وارد بستر می شود.

د- میکروب های هوازی و بی هوازی

در این دسته بندی بسترها وظایفی را برعهده دارند که شامل:

الف - جلوگیری از خروج آب

ب - به وجود آوردن محیط چسبنده برای میکروب ها

ج - به وجود آوردن شرایط رشد ریشه

د - مرطوب نگه داشتن ریشه گیاهان

هـ- ایجاد محلی برای عبور فاضلاب و ایجاد تماس بین فاضلاب، ریشه گیاهان و بیوفیلم تشکیل شده

وظایف گیاهان داخل بستر نیز به صورت زیر است.

الف - تهیه اکسیژن برای میکروب ها

ب - افزایش هدایت هیدرولیکی بستر

ج - جذب آب و مواد مغذی و معدنی

د - ایجاد محیط مناسب برای تشکیل بیوفیلم

وظایف میکروب ها نیز استفاده از مواد آلی، مغذی و معدنی است تا فاضلاب تصفیه شود.

با توجه به این مطالب می توان دریافت مکانیسم تصفیه در سیستم نیزارهای مصنوعی، ترکیبی از مکانیسم های فیزیکی، شیمیایی بیولوژیکی است.

۱ -۳ انواع تالاب مصنوعی

تالاب های مصنوعی براساس نوع جریان ورودی به انواع زیر تقسیم می شوند:

- تالاب مصنوعی با جریان عمودی[۱] که جریان فاضلاب از بالا وارد بستر می شود و به صورت زهکشی از زیر خارج می گردد ویا جریان از زیر وارد بستر می شود و به صورت سرریز از بالا خارج می شود. عمق این نوع تالاب معمولا یک متر یا بیشتر انتخاب می گردد.

-تالاب مصنوعی با جریان افقی[۲] که به دو صورت ساخته می شوند، نوع اول، تالاب مصنوعی با جریان سطحی[۳] هستند که آب روی سطح زمین جریان دارد و گیاهان ریشه در خاک اند و قسمتی از ساقه آنها در آب غوطه ور است، به عبارت دیگر سطح آب آزاد است.نوع دوم، تالاب مصنوعی با جریان زیر سطحی[٤] هستند که آب زیر سطح در محل نفوذ ریشه جریان دارد، به عبارت دیگر سطح آب آزاد نیست و آب در زیر لایه سطح، داخل شن حرکت می کند.

تالاب های مصنوعی با جریان سطحی برای جریان های زیاد استفاده می شود که در این موارد جریان زیر سطحی کاربرد چندانی ندارد، سیستم های جریان سطحی معمولا دارای آب راکد و نمایان هستند که محل های طبیعی برای نگهداری حیات وحش به وجود می آورند ومشکلاتی مثل وجود حشرات، بو و احتمال تماس مستقیم با انسان را به وجود می آورند. به این دلایل و افزایش بازدهی تصفیه فاضلاب استفاده از سیستم های زیر سطحی برای جریان های کوچکتر فاضلاب توصیه می شود[۱۱].

۱ -٤ تالاب های مصنوعی به عنوان طرحی پایدار

در کمتر از پنجاه سال، به دلیل توسعه شهرنشینی و صنایع، سیستم های جمع آوری فاضلاب و تاسیسات تصفیه فاضلاب نیز توسعه یافته است. بیشتر توجهات فعلی به ایجاد راهکارهای سودمند جهت دستیابی به تصفیه ای نامتمرکز بر روی فاضلاب در همان محل تولید می باشد. این راهکارها در مواقعی که بر روی پساب ها و هرزآب ها به کاربرده می شوند ارزش بیشتری خواهند داشت و هم خط با فلسفه ی توسعه پایدار قرار خواهند گرفت. در بسیاری از وضعیت ها، یک سیستم نامتمرکز تصفیه فاضلاب، به ویژه از طریق تالاب های

---

۱ -Up flow constructed wetland

۲ Horizontal flow constructed wetland

۳ Free water surface wetland(FWS)

۴ Subsurface flow wetland(SSF)

مصنوعی، نه تنها قادر به ایجاد بهره وری مؤثر در اقتصاد و انرژی بوده بلکه قادر به ایجاد فضای سبز و زیست بوم نیز می باشد.

لغت توسعه پایدار به وسیله ی بسیاری از اندیشمندان تعریف شده است و در این راستا تعاریف بسیار زیادی از این لغت موجود است. یکی از این تعاریف به وسیله ی سازمان خدمات پارک ملی[۱] می باشد که عبارت است از : "پایداری یک فعالیت وابسته به برنامه ریزی، طراحی و توسعه ی آن به وسیله برخورداری از نیازهای موجود بدون مصالحه ی توانایی نسل های آینده در برخورداری از نیازهایشان می باشد. هدف پایداری کمینه سازی تاثیرات دراز مدت و کوتاه مدت محیطی در اثر فعالیت های توسعه ای از طریق حفاظت منابع، بازچرخانی، کمینه سازی فاضلاب و بهره برداری مؤثر از انرژی می باشد"[۱].

۱ -۵ تاریخچه

تالاب ها نقش مهمی را در تاریخ بشر بازی کرده اند. مراحل عمده تکامل آنها احتمالا در آب های ساحلی غنی از مواد مغذی صورت گرفت.

برخی از فرهنگ های ماقبل تاریخ، مانند کسانی که درحاشیه دریاچه در دوره بعد از یخبندان و سواحل اروپا زندگی می کردند و آن هایی که از جوامع ساحلی هند در شمال امریکا، بودند به تالاب برای مواد غذایی و مواد لازم برای ساخت سرپناه و لباس وابسته بودند[۷۰].

بول (۱۹۹۴) در مرور کلی خود در مورد تاریخ اولیه بوم شناسی تالاب اشاره کرد که اوایل سومری ها نام گیاهان و حیواناتی که مرداب رودخانه دجله و فرات را اشغال کردند، می دانستند و آن نام ها را به عنوان مدرکی به لوح های گلی حک کرده بودند[۶۱]. بابلی ها، که بعد از سومری ها در بین النهرین زندگی کردند، نه تنها گونه های گیاهی تالاب را نامگذاری کردند بلکه بسترهای نی شهری ایجاد کردند و نی ها را برای فرش مورد استفاده قرار دادند، همچنین برای تقویت دیوارهای آجری رسی از حصیر درشت و از حصیر ریز به عنوان اساسی برای سدهای ساخته شده از مواد لایروبی شده از رودخانه ها(پارچه فیلتر اصلی) استفاده کردند. درک آب شناسی منطقه برای موفقیت فرهنگ بین النهرین و مصر مهم بود. این دانش باعث گسترش شرکت های کشاورزی شد[۱۸].

تجربه های اولیه کشاورزی و باغبانی که منجر به کشت گونه های گیاهی تالاب شد بخش عمده ای از اساس علم تالاب است.

۱- National park service

کشت برنج در چین از ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد، منشا گرفت. در حالی که قدیمی ترین شالیزارها به حدود ۸۰۰ سال قبل از میلاد می رسد[۷۸]. سال ۱۳۰۰ قبل از میلاد بستر نی شهری در بابل تاسیس شد. مدارک و شواهدی نیز برای معرفی پاپیروس به ایتالیا وجود دارد، هر چند یک باره کشت متوقف شد و به تدریج از بین رفت[۸۸].

ارزش یک تالاب از اهمیت آن برای جامعه مشخص می شود. عملکرد تالاب با درجات مختلف برای جامعه با ارزش است، اما هیچ رابطه کلی و دقیق بین عملکرد تالاب و ارزش تالاب برای جامعه وجود ندارد وتعیین ارزش به طور عینی می تواند مشکل باشد. یک ارزش گذاری تالاب می تواند به طور مستقیم و یا نسبی با استفاده های دیگردر محل سنجیده شود. بنابراین، محل تالاب، ارزش تالاب برای جامعه را تحت تاثیر قرار می دهد[۶۷].

تالاب ها یک محیط انتقالی هستند. از لحاظ فضایی، بین خشکی و آب آزاد در سواحل، در اطراف دریاچه های داخلی و رودخانه ها واقع شده اند، و یا به عنوان باتلاقی سراسر چشم انداز را می پوشانند. در زمینه زیست محیطی، تالاب ها متوسط بین زیست بوم های خشکی زی و آبزی هستند. از لحاظ زمانی، بسیاری از تالاب ها یا خشک شده اند ویا به سمت خشکی می روند که در نتیجه ی افت سطح آب، رسوب و توالی گیاه و یا زیر آب رفتن، با بالا آمدن سطح آب در ارتباط با نسبت افزایش سطح دریا ویا تغییرات آب و هوایی می باشد.

تالاب ها اغلب به صورت بخشی از یک زنجیره بزرگ از نوع جامعه شکل می گیرند و در نتیجه تنظیم مرز آن ها مشکل است. در نتیجه، تعاریف کمی به طور مناسب تالاب را تعریف کرده اند[۱۲۲].

از آنجایی که تالاب ها نه به عنوان یک زیست بوم خاکی کامل ونه به عنوان یک زیست بوم آبی کامل در نظر گرفته می شوند، تحقیقات زیادی که به زیست بوم تالاب میل داشته باشد صورت نگرفت. با این حال از دهه ۱۹۵۰ یک رشد بزرگ در این علم و یک تغییر اساسی در نگرش به تالاب وجود داشته است[۱۳۳].

تالاب به عنوان یک منبع ارائه بسیاری از فوائد به رسمیت شناخته شد، از جمله تامین و کنترل آب (تغذیه آبهای زیرزمینی وآبخوان، آب آشامیدنی، آبیاری، کنترل سیلاب، کیفیت آب و تصفیه خانه فاضلاب)، معدن(ذغال سنگ، ماسه ، شن)، استفاده گیاهان (گیاهان خام، زمین چرا، الوار، تولید کاغذ، بام، کشاورزی، باغبانی، کود، علوفه) حیات وحش (به عنوان مثال ایجاد محیطی برای پرندگان، حفاظت از گیاهان و جانوران)، ماهی ها و بی مهرگان (میگو، خرچنگ، حلزون، صدف)، سیستم های یکپارچه و آبزیان (به عنوان

مثال پرورش ماهی همراه با تولید برنج)، کنترل فرسایش، استخرهای تنوع ژنی، انرژی (برق آبی، انرژی خورشیدی، پمپ گرما، گاز، سوخت مایع و جامد)، تفریح و آبادانی [۶۹].

تالاب ها را به راحتی نمی توان تعریف کرد زیرا آنها طیف قابل توجهی ازشرایط هیدرولوژیک را دارند، چرا که در امتداد یک شیب در حاشیه های مرتفع و سیستم آب های عمیق قرار دارند و تنوع زیاد در اندازه، مکان و تأثیرات بشر از جمله دیگر دلایل هستند.

تعاریف تالاب، پس از آن، اغلب شامل سه جزء اصلی است[۷۵] :

۱.تالاب ها به خاطر حضور آب متمایز هستند ، چه در سطح یا در درون منطقه ریشه.

۲. تالاب ها اغلب دارای شرایط منحصر به فرد خاک (خاک وابسته به هیدروژن) هستند که متمایز از نواحی مرتفع مجاور می باشند.

۳. تالاب پوشش گیاهی سازگار به شرایط مرطوب[۱] را حمایت می کند و برعکس، با عدم حضور پوشش گیاهی حساس به شرایط اشباع مشخص می شود.

با این حال ، میچ و گاسلینک (۲۰۰۰) اشاره کردند که با وجود این که مفاهیم آب کم عمق یا شرایط اشباع، خاک منحصر به فرد تالاب و پوشش گیاهی سازگار به شرایط مرطوب نسبتا ساده هستند، ترکیب این سه عامل برای به دست آوردن یک تعریف دقیق مشکل است، به دلیل تعدادی از ویژگی ها که تالاب ها را از دیگر زیست بوم ها متمایز می سازد ودر عین حال تعریف آنها را مشکل تر می سازد[۱۲۷].

۱ -۵- ۱ تالاب های طبیعی ومصنوعی برای تصفیه پساب

تالاب های طبیعی با تنوع شدید در کارکرد اجزاء مشخص می شوند و این عملا غیر ممکن است که پاسخ به کاربرد فاضلاب و نتایج انتقال از یک ناحیه جغرافیایی به دیگری راپیش بینی کرد. اگر چه بهبود قابل توجهی در کیفیت فاضلاب به طور کلی به عنوان یک نتیجه از جریان از خلال تالاب های طبیعی مشاهده می شود، اما میزان توانایی تصفیه آنها تا حد زیادی ناشناخته است[۲۲]. در حالی که بسیاری از سیستم های تالاب طبیعی برای تصفیه فاضلاب طراحی نشده اند، اما مطالعه آنها منجر به درک بیشتری از پتانسیل زیست بوم تالاب طبیعی برای جذب آلاینده ها و طراحی سیستم های تصفیه آب طبیعی جدید می شود. تنها در طی چند دهه گذشته بوده است که استفاده از تالاب ها برای گردهمایی های تصفیه فاضلاب برنامه ریزی شد و موضوع کیفیت آب به طور جدی مورد مطالعه و اجرا به شیوه ای کنترل شده قرار گرفت. نقش عملکرد

---

۱ -Hydrophytes

تالاب ها در بهبود کیفیت آب استدلال قانع کننده ای برای حفظ تالاب های طبیعی و ساخت سیستم های تالاب برای تصفیه فاضلاب بوده است.

تالاب های مصنوعی می توانند با درجه کنترل بسیار زیادی ساخته شوند، در نتیجه استقرار امکانات تصفیه تجربی با یک ترکیب به خوبی تعریف شده از بستر، نوع پوشش گیاهی و الگوی جریان را امکان پذیر می سازد. علاوه بر این، تالاب مصنوعی مزایای بیشتری نسبت به تالاب های طبیعی فراهم می کند که عبارتند از انتخاب سایت، انعطاف پذیری در اندازه و از همه مهمتر کنترل طول مسیر هیدرولیکی و زمان ماند. مواد آلاینده در این سیستم ها از طریق ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی از جمله رسوب، بارش، جذب ذرات خاک، جذب توسط بافت بوته وتبدیلات میکروبی حذف می شوند[۲۲].

تالاب های طبیعی قرن ها برای تصفیه فاضلاب استفاده شده اند. در بسیاری از موارد، با وجود استدلالی که پشت این کاربرد وجود داشت، به سادگی به عنوان یک دریافت کننده مناسب که نزدیک تر از نزدیک ترین رودخانه یا آبراه بود به کار گرفته شد[۱۲۹].

جریان های غیر قابل کنترل فاضلاب در بسیاری از موارد باعث تخریب برگشت ناپذیر بسیاری از مناطق تالاب شده است. تالاب ها برای یک مدت طولانی به عنوان مرداب در نظر گرفته شده اند و بنابر این تاثیر فاضلاب در تالاب های مختلف به درستی ارزیابی نشده است.

کوپر و بون (۱۹۸۷) ، برای مثال، اشاره کردند که تالاب طبیعی برای تصفیه فاضلاب در ایالات متحده برای بیش از یک قرن به کار برده شده است .

در سال ۱۸۷۷، گزارش شد که ۶ متر مکعب فاضلاب روزانه هر مترمربع از زمین را به کار می برد که منجر به ایجاد یک مرداب بد بو می شود که تولید پساب با آلودگی بالا می کند. با ایجاد مناسب زهکشی زیر زمینی، در عمق حدود ۱/۸ متر، تصفیه موثر روزانه حدود ۵۰ لیتر از فاضلاب در هر متر مربع از زمین بدون انسداد خاک فراهم شد[۱۰۷].

تالاب های طبیعی هنوز هم برای تصفیه فاضلاب تحت شرایط کنترل شده استفاده می شوند[۵۷]. اما استفاده از تالاب مصنوعی در سراسر جهان از دهه ۱۹۸۰محبوب تر و موثر تر شده است[۹۳].

انسان به یک رابطه همزیستی میان گیاهان سبز و میکروارگانیسم ها برای بقاء بر روی زمین وابسته است. گیاهان فتوسنتز کننده تولید اکسیژن می کنند و غلظت جوی خود را با تبدیل انرژی تابشی به انرژی شیمیایی مفید تنظیم می کنند. در این روند، دی اکسید کربن و دیگر مواد شیمیایی گازی تولید شده توسط انسان، حیوانات ومیکروارگانیسم ها در طول فرایند سوخت وسازشان استفاده می شود و غلظت اتمسفر آنها تعدیل

می شود.گیاهان در رابطه با میکروارگانیسم ها، برای انسان مواد غذایی تولید می کنند و همچنین پسماند آنها را بازیافت می کنند.

این واقعیت اساسی برای یک مدت طولانی شناخته شده است و امری مسلم است. آنچه برای یک مدت طولانی است که شناخته نشده پتانسیل گیاهان در رابطه با میکروارگانیسم ها برای اصلاح عدم تعادل محیط زیست ناشی از توسعه صنعتی و سوء استفاده از محیط زیست می باشد.

سیستم های تصفیه تالاب مصنوعی سیستم های مهندسی هستندکه برای استفاده از فرایندهای طبیعی شامل پوشش گیاهی تالاب، خاک و مجموعه های میکروبی برای کمک به تصفیه فاضلاب طراحی و ساخته شده اند. آنها برای استفاده از بسیاری از فرآیندهای مشابه که در تالاب های طبیعی رخ می دهد طراحی شده اند، اما انجام این کار در داخل یک محیط با کنترل بیشتر صورت می گیرد. تالاب مصنوعی ازمحیط زیست زمینی که برای ایجاد خاک با زهکشی ضعیف اصلاح شده است و گیاهان و جانوران تالاب برای هدف اصلی تصفیه آلاینده و یا آلودگی ناشی از فاضلاب تشکیل شده است. تالاب های ساخته شده اساسا سیستم های تصفیه پساب هستند و به این عنوان طراحی و اجرا می شوند، هر چند بسیاری از سیستم ها ارزش های دیگر را فراهم می کنند.

والورتون (۱۹۸۷) اشاره کرد که مبنای علمی برای تصفیه فاضلاب در یک سیستم آوندی گیاه آبزی، رشد مشارکتی گیاهان و میکروارگانیسم ها است. یک بخش اصلی فرایند تصفیه برای تخریب مواد آلی به میکروارگانیسم ها یی که روی و در اطراف سیستم ریشه گیاه زندگی می کنند نسبت داده شده است .

هنگامی که میکروارگانیسم ها بر روی ریشه های گیاه آبزی استقرار یافتند، آنها یک ارتباط همزیستی را در اغلب موارد با گیاهان عالی تشکیل می دهند. این رابطه به طور معمول یک اثر هم افزایی و در نتیجه افزایش میزان تخریب و حذف ترکیبات آلی از فاضلاب در اطراف سیستم ریشه را ایجاد می کند. همچنین، میکروارگانیسم ها می توانند برخی یا تمام متابولیت های آزاد شده از طریق ریشه های گیاه را به عنوان یک منبع غذایی استفاده کنند .

اولین آزمایش با هدف امکان سنجی تصفیه فاضلاب به وسیله گیاهان تالابی توسط سایدل در آلمان در سال ۱۹۵۲ درموسسه ماکس پلانک در آلمان انجام شد.

از سال ۱۹۵۵ ، سایدل آزمایش های متعدد در مورد استفاده از گیاهان تالاب، به ویژه نی[۱]، برای تصفیه انواع مختلفی از فاضلاب انجام داد[۱۰۳و۱۷]. اگر چه آزمایشات سایدل به شدت مورد انتقاد قرار گرفته بودند [۳۳]، بسیاری از محققان ایده های او را دنبال کردند. دلیل عمده برای انتقادها این بود که تحقیقات و محاسبات عمدتا تنها در استفاده از گیاهان برای حذف مواد مغذی بوسیله برداشتن با جذب گیاه بود و این نیاز به رژیم برداشت به طور منظم داشت(که در بسیاری از موارد آسان نیست) و سطح زیادی برای رشدگیاهان آبزی مورد نیاز بود.

ویسینگ (۱۹۹۵) اشاره کرد که سایدل با استفاده ازتصفیه فاضلاب توسط لجن فعال در طول دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ در یک مقیاس بزرگ در شهرهای آلمان، مشکل ناشی از نصب لجن فاضلاب آلوده را از گیاهان تصفیه متمرکز تشخیص داد. او به تلاش خود برای رشد هولوفیت ها و هیدروفیت ها در فاضلاب و لجن از منابع مختلف ادامه داد، او سعی در بهبود عملکرد امکانات تصفیه فاضلاب غیر متمرکز که سپتیک تانک ها و یا سیستم های حوضچه با اثر پاکسازی کم بود،کرد. او ماکروفیت ها را درخاکریزهای کم عمق مانند خندق کاشت و طبق های مصنوعی و خندق هایی که در آنها ماکروفیت ها رشد می کردند را ایجاد کرد. سایدل نام این سیستم اولیه را "سیستم گیاه آب "قرار داد.

با این حال، در آن زمان نظرات روی تصفیه فاضلاب در میان کارشناسان، به روشهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (باکتریایی) محدود می شد و استفاده کنترل شده از ماکروفیت ها برای تصفیه آب در نظر گرفته نمی شد. به علاوه، اعتقاد بر این بود که ماکروفیت ها الزاما به خوبی در آب آلوده رشد نمی کنند و توانایی ماکروفیت ها در از بین بردن مواد سمی در آب به خوبی مشخص نشده بود[۱۷]. درک تصور سایدل در مورد کاربرد ماکروفیت ها برای تصفیه فاضلاب برای مهندسین فاضلاب که همه گیاهان قابل مشاهده رابه مدت بیش از ۵۰ سال از سایت تصفیه ریشه کن کرده بودند مشکل بود [۴۳] و در نتیجه ، هیچ جای تعجب نیست که اولین تالاب مصنوعی در مقیاس کامل خارج از آلمان ساخته شد.

---

۱ Schoenoplectus

به رغم بسیاری از تعصبات در میان مهندسان عمران در مورد مزاحمت بو، جذب مگس ها و عملکرد ضعیف در دوره سرد، در سواحل دریاچه ایسل[۱] در فلوولند[۲] در هلند اولین تالاب مصنوعی با سطح آزاد آب (FWS CW) در سال ۱۹۶۷ ساخته شد[۱۲۰].

در سال ۱۹۶۸، تالاب مصنوعی با سطح آزاد آب در مجارستان به منظور حفظ کیفیت آب دریاچه بالتون و برای تصفیه فاضلاب شهر ایجاد شد[۱۲۳]. با این حال، تالاب مصنوعی با سطح آزاد آب، به میزان قابل توجهی در سراسر اروپا به اندازه امریکای شمالی گسترش نیافت در عوض تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی در اروپا بیشتر مورد توجه قرار گرفت که در طول دهه ۱۹۸۰ تالاب مصنوعی با جریان افقی و در دهه ۱۹۹۰ نیز با جریان عمودی و ترکیب آنها مورد توجه قرار گرفت[۱۲۳].

در آمریکای شمالی، فناوری تالاب با سطح آزاد آب، با مهندسی زیست محیطی تالاب های طبیعی برای تصفیه فاضلاب آغاز شد.

بین سالهای ۱۹۶۷ و ۱۹۷۲، هاوارد ادام از دانشگاه کارولینای شمالی چپل هیل، مطالعه ای در مورد استفاده از لاگون های ساحلی برای بازیافت و استفاده مجدد از فاضلاب های شهری را آغاز کرد[۸۱]. در سال ۱۹۷۲، ادام که به دانشگاه فلوریدا در گینسویل[۳] نقل مکان کرده بود، با کاترین ایول مطالعه اثر تالاب های طبیعی سرو برای بازیافت فاضلاب شهری را آغاز کرد[۸۲]. حدودادر همان زمان، محققان در دانشگاه میشیگان در آن آربور[۴] پروژه دریاچه هوتون[۵] را شروع کردند، در ابتدادر مطالعه ای عمیق استفاده از تالاب های مهندسی را برای تصفیه فاضلاب در منطقه آب و هوایی سرد بررسی کردند[۵۷]. از آن زمان تالاب با سطح آزاد آب در امریکای شمالی برای انواع مختلف فاضلاب شامل فاضلاب شهری و صنعتی و کشاورزی استفاده شد.

تکنولوژی زیر سطحی در امریکای شمالی، اوایل دهه ۱۹۷۰شروع شد. در سال های اخیر به استفاده از این سیستم بیشتر توجه شده است و تخمین زده می شود که حدود ۸۰۰۰ تالاب زیر سطحی در حال حاضر وجود دارد. با این حال، اطلاعات در مورد این سیستم هادر مقایسه باتالاب مصنوعی با جربان آزادآب،کاملا پراکنده است.

---

۱ IJssel Lake

۲ - Flevoland

۳-Gainesville

۴ Ann Arbor

۵ Houghton Lake