



مدیریت کیفیت زه آب های کشاورزی

ترجمه و تدوین:

گروه کار ارتات زیست محیطی طرح های آبیاری و زهکشی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران



شماره انتشار: ۴۳

۱۳۸۰

مدیریت کیفیت زه آب های کشاورزی

ترجمه و تدوین:

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

گروه کار

اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری و زهکشی

دکتر ناصر مهردادی مهندس مهرداد عدل

مهندس محمدرضا زرنکابی

بازخوانی و ویرایش: مهندس سید محمد کاظم سیاهی

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ
الْحٰمِدُ لِلّٰهِ الْعَظِيْمِ



بسم الله الرحمن الرحيم
وزارت نیرو
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نام کتاب	: مدیریت کیفیت زه آب های کشاورزی (zecheshi)
تئیه کننده	: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
ناشر	: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
چاپ اول	: بهار ۱۳۸۰
حروفچینی	: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	
مقدمه	۱
ضرورت زهکشی	۱
منافع زهکشی از نظر کشاورزی، زیست محیطی و اقتصادی - اجتماعی	۲
آنواع سامانه های زهکشی	۴
زهکشی سطحی	۵
زهکشی زیرزمینی	۶
تصفیه زه آب ثانویه	۸
ارزیابی اثرات زیست محیطی	۸
مسایل کیفیت آب	۱۱
مدیریت زه آب و راه حل های مختلف تخلیه	۱۲
کنترل منبع در سطح مزرعه	۱۳
استفاده مجدد از زه آب	۱۳
تخلیه و مدیریت زه آب در حوضه های بسته	۱۴
مدیریت سطح ایستابی	۱۵
برنامه ریزی و طراحی سامانه های زهکشی برای پروژه و ارتقای کیفیت آب	۱۶
فصل دوم	
کیفیت آب زهکشی (زه آب)	۱۹
ویژگی های کیفی آب	۱۹

۲۱.....	آفت کش ها
۲۳.....	عناصر کمیاب سمی
۲۶	مواد مغذی
۲۷	رسوب
۲۸	باکتری ها
۲۸	دما
۲۹	شوری و یون های شیمیایی عمدہ
۳۱	ترکیبات گوگردی
۳۱	حفظ سودمندی مصارف آب
۳۲	آب آشامیدنی و مصارف خانگی
۳۳	مصارف صنعتی آب
۳۳	مصارف کشاورزی
۳۴	حیات آبی
۳۷.....	مصارف تفریحی و زیباسازی

فصل سوم

۳۹.....	مدیریت سطح آب زیرزمینی
۴۰.....	دورنمای عمومی
۴۲.....	سازه های تنظیم سطح آب زیرزمینی
۴۳.....	منافع کیفی آب
۴۳.....	آب شناسی (هیدرولوژی) زهکشی و کیفیت آب
۴۵	مواد مغذی
۴۹	آفت کش ها
۵۰	جنبه های عملی
۵۱	پهنه مزرعه و حوضه آبریز

۵۲.....	شکل زمین و خاک ها
۵۲.....	نیازمندی های پایش

فصل چهارم

۵۵	استفاده مجدد از زه آب
۵۵	استفاده مجدد برای آبیاری محصولات زراعی
۵۶.....	اثرات شوری بر رشد محصولات و بهره دهی آنها
۶۰.....	اقدام های عملی در مدیریت کشاورزی
۶۴.....	مدیریت تناوبی و راهکارهای اختلاط
۶۶.....	استفاده مجدد برای گیاهان زراعی شورپسند و جنگلداری
۶۶....	مفهوم سامانه های کشاورزی - جنگل داری و تبخیر کننده های خورشیدی
۷۰.....	طراحی سامانه و نقشه کشی
۷۳.....	استفاده مجدد در یک تالاب طبیعی
۷۳.....	استفاده مجدد از زه آب سطحی
۷۵	استفاده مجدد از زه آب زیر سطحی

فصل پنجم

۷۹	تصفیه زه آب
۷۹	مراحل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی
۷۹	انتخاب فرآیند تصفیه
۸۲	روش های تصفیه (پالایش)
۸۲	تصفیه فیزیکی - شیمیایی
۸۷	تصفیه بیولوژیکی
۸۸.....	تصفیه در تالاب های مصنوعی (دست ساز)

۹۰	عملکرد و نقش تالاب‌های جریان سطحی
۹۱	طراحی تالاب‌های جریان سطحی
۹۲	خصوصیات هیدرولیک و ژئوهیدرولیکی
۹۲	خاک‌ها و خصوصیات زمین‌شناسی
۹۳	خصوصیات گیاهی (رویشی)
۹۴	اجراء، پایش، مدیریت

فصل ششم

۹۷	تخلیه زه‌آب
۹۷	تخلیه به سامانه‌های آبی طبیعی
۱۰۰	کاربرد زمین و عدم استفاده از آن
۱۰۱	برکه‌های تبخیری
۱۰۱	برکه‌های تبخیری احداث شده
۱۰۲	آب‌شناسی برکه
۱۰۴	فعالیت‌های شیمیایی و مواد معدنی آب برکه
۱۰۶	بیولوژی و سمیت برکه
۱۰۸	گرینه‌های تصفیه فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی
۱۱۰	ترزیق به چاه عمیق
۱۱۰	مفهوم و فن آوری
۱۱۰	ملاحظات زیست محیطی
۱۱۲	ملاحظات زمین‌شناسی
۱۱۵	مطالعه موردنی

فصل هفتم

۱۱۹	مسائل بهداشتی مرتبط با مدیریت زه‌آب‌ها
۱۱۹	اندرکنش بین مدیریت زه‌آب و بهداشت

بیماری های مرتبط با آب و ناقلين آنها ۱۲۱
وقوع بیماری ها - حالت ها و کشنده گی ۱۲۱
بیماری های ناشی از ناقلينی که به وسیله حشرات منتقل می گردد ۱۲۲
بیماری های عفونی برخاسته از آب که با فضولات مرتبط هستند ۱۲۹
مخاطرات بهداشتی و آلودگی شیمیایی ۱۳۱
مهار و تنظیم جامع سرایت بیماریهای برخاسته از ناقلين ۱۳۲
مؤلفه های برنامه های جامع مهار ۱۳۳
مدیریت زیست محیطی برای مهار ناقلين بیماری ۱۳۴
تدابیر مدیریت زیست محیطی در مدیریت زه آب ۱۳۶
تصفیه، استفاده مجدد و دفع زه آب ۱۳۶
تدابیر مدیریت زیست محیطی به کار رفته در سازه های زهکشی ۱۴۰
توسعه راهبردهای نظارتی و مهار ۱۴۱

فصل هشتم

سازماندهی های اداری ۱۴۵
موضوعات و مسائل ۱۴۵
اهداف و گروه های ذینفع ۱۴۵
نیاز به مقررات، حفاظت و ارتباطات ۱۴۶
نقش مؤسسات عمومی و خصوصی و مصرف کنندگان آب ۱۴۷
ساختارهای اداری ۱۴۸
قوانين و مقررات ۱۴۸
سازمان های مشارکتی ۱۴۹
طرح ریزی مشارکت ۱۵۱
انگیزه های مشوق برای بهبود کیفیت آب ۱۵۲
رفتار سنجی (پایش) ۱۵۴
ظرفیت سازمانی ۱۵۴

فهرست جداول

عنوان	صف
۱- فهرست جزئیات کمیته بین المللی آبیاری و زهکشی برای اثرات بالقوه‌ی زیست محیطی ناشی از طرح‌های آبیاری، زهکشی و مهار سیلاب ۱۸	
۲- ماهیت ژئوشیمیابی عناصر کمیاب ۲۴	
۳- غلطت‌های بی خطر عناصر کمیاب که به طور معمول در خاک‌های غرب ایالات متحده امریکا، مورد انتظار هستند ۲۵	
۴- خلاصه‌ی غلطت‌های اندازه‌گیری شده عناصر کمیاب در آب زیرزمینی کم عمق در دره سان ژواکین کالیفرنیا و معیارهای کیفی تصویب شده ایالات متحده برای آب آشامیدنی، حفاظت حیات آبی و آبیاری ۳۵	
۵- مقادیر توصیه شده برای غلطت پیشینه و تلفات سالانه نیتروژن نیتراتی، فسفر و پتاسیم موجود در زه آب در سطح مزرعه ۴۶	
۶- عوامل تاثیرگذار بر چرخه نیتروژن در خاک‌های زراعی ۴۷	
۷- نیازمندی‌های پایش ۵۴	
۸- توصیف سازمان بهداشت جهانی از مدیریت زیست محیطی ۱۳۵	

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
۱- گزینه های تخلیه زه آب در یک آبخیز	۵
۲- سلسه مراتب پیچیدگی در مسائل کیفی آب در مدیریت زه آب	۲۱
۳- نمایی از یک سامانه‌ی مدیریت سطح آب زیرزمینی	۴۱
۴- نمای جانبی از یک خروجی تنظیم سطح آب زیرزمینی	۴۴
۵- تغییرات بازده نسبی محصول با شوری	۵۹
۶- سامانه های کشاورزی- جنگلداری و مدیریت شوری	۶۷
۷- سامانه‌ی کشف نشت در چاه	۱۱۳
۸- لوله گذاری و سیمان ریزی چاه	۱۱۸
۹- چرخه‌ی انتقال شیستوزومیازیس	۱۲۸
۱۰- عناصر تشکیل دهنده‌ی برنامه جامع مهار شیستوزومیازیس	۱۳۳

سرآغاز

نیاز فراینده به غذا و افزایش تولید محصولات کشاورزی و در نتیجه آن افزایش تقاضا برای آب از یکسو و اثرات زیانبار زیست محیطی زه‌آب‌های کشاورزی بروزیست بوم‌های طبیعی و منابع آبی پذیرنده از سوی دیگر، جهانیان را بر آن داشته است که در جستجوی روش‌ها و فنونی باشند که همراه با کاهش پیامدهای زیانبار و ناگوار زه‌آب‌ها، امکان استفاده مجدد از آنها را برای تأمین بخشی از نیازهای انسانی، فراهم آورند.

کشور ایران نیز از کشورهایی است که در آینده بسیار نزدیک با تنش آبی روبرو خواهد گشت و از طرف دیگر گزارش‌هایی وجود دارند که از آلودگی برخی از تالاب‌ها و رودخانه‌ها در اثر ورود زه‌آب اراضی کشاورزی همچوar در سال‌های اخیر حکایت می‌کنند. مسائل یاد شده، گروه کار اثرات زیست محیطی کمیته ملی آبیاری و زهکشی را بر آن داشت که نشریه‌ای را در خصوص مدیریت زه‌آب‌های کشاورزی منتشر نماید. کتاب حاضر یکی از نشریات جدید و حاصل کار مشترک کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) و سازمان جهانی خواربار (FAO) می‌باشد که در سال ۱۹۹۷ به چاپ رسیده است. این کتاب دستاوردهای پژوهش‌ها و آموخته‌های چندین دانشمند و کارشناس جهانی است که از سوی سه تن از اساتید صاحب نام آبیاری و زهکشی، آقایان مادراموتو، جانستون و ویلاردسون، گردآوری و ویراستاری شده است.

در اینجا جا دارد که از تلاش تمامی همکاران در این گروه کار و نیز آقای مهندس مهرزاد احسانی کارشناس محترم کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران که در آماده‌سازی این کتاب زحمات زیادی متقابل شده‌اند قدردانی گردد. همچنین تلاش‌ها و همکاری‌های صمیمانه خانم‌ها ناهید بیک محمدی و لیلا گودرزی در تایپ و صفحه‌آرایی این کتاب شایان سپاس و تقدیر است. امید است کتاب حاضر برای کارشناسان و متخصصان و دانشجویان ایرانی مفید واقع گردد و این عزیزان با راهنمایی و نقدهای خود ما را در بهبود کیفیت فعالیت‌های آینده یاری نمایند.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار

آبیاری و زهکشی در برآورده ساختن نیازهای غذایی جمعیت جهان به شکلی پایدار، نقش حساسی را ایفا می کنند. اراضی آبیاری شده با مساحتی که ۲۶۰ میلیون هکتار برآورده شده، حدود یک ششم از مجموع اراضی زیرکشت را تشکیل می دهد و بیش از یک سوم مجموع محصولات غذایی جهان از این زمین ها برداشت می شود. همایش جهانی غذا که در سال ۱۹۹۶ توسط سازمان جهانی خواربار (فائو) در رم ترتیب داده شد، کنفرانس محیط زیست و توسعه‌ی سازمان ملل متحد (UNCED) که در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو برگزار شد، و کنفرانس جهانی آب و محیط زیست در دوبلین ۱۹۹۲، همگی بر اهمیت حفاظت از منابع آب و خاک جهان به منظور تولید غذای مورد نیاز بشر و حفظ محیط زیست، تأکید کرده‌اند.

در نواحی مرطوب، برای خارج کردن آب اضافی خاک از محدوده ریشه‌ی گیاه، به زهکشی اراضی کشاورزی نیاز است. در کشت آبی، زهکشی از اهمیتی ژرف در مهار و تنظیم شوری و ماندابی شدن خاک برخوردار است. اما گاهی به دنبال این منافع، شبکه‌های زهکشی به بر جا گذاشتن اثرات منفی زیست محیطی سوق پیدا می کنند. بویژه، تخلیه زه آب خروجی با کیفیت پایین به آب‌های موجود در طبیعت، برخی از زیست بومهای آبی را تخریب نموده و از کاربریهای مفید آب‌های پذیرنده جلوگیری کرده است. فشار افکار عمومی برای آن که شبکه‌های زهکشی به گونه‌ای طراحی شوند که حفظ حیات ساکنین زیست بومها تضمین شده و فعالیتهای کشاورزی، کیفیت آب را زایل نکنند، در حال افزایش است.

این نوشتار فنی به منظور پاسخگویی به اظهارات عمومی و جنبه‌های اجتماعی مربوط به محیط زیست و فراهم کردن زمینه‌ی یک سامانه‌ی پایدار، ایمن و قابل اعتماد برای تولید غذا، به نگارش درآمده است. این کتاب در تهیه شناسنامه‌ی طرح‌ها و ارزیابی اثرات زیانبار بالقوه بر کیفیت آب، ناشی از فعالیتهای تخلیه زه آب و نیز در شناختن فنون گوناگون کاهش اثرات زیانبار، مفید خواهد بود. علاوه بر این، برنامه‌های پایش، به منظور جمع آوری اطلاعات مورد نیاز، پیشنهاد می گردند. مقالات مجزایی که توسط

متخصصین تهیه شده‌اند، از سوی پروفسور چاندرا مادراموتو، از دانشگاه مک گیل کبک کانادا و آقای ویلیام جانستون از کالیفرنیای آمریکا و پروفسور لیمان ویلاردسون از دانشگاه یوتا در آمریکا، گردآوری و ویرایش گردیده‌اند.

این نشریه، اثری ارزشمند است که به مجموعه‌ی گزارش‌های سازمان جهانی خواربار (فائق) در زمینه‌ی آب افزوده شده است. امید است که این نوشه‌های خواهد بود طراحی، اجرا و راهبری شبکه‌های زهکشی، مؤثر باشند. این کار به نوبه‌ی خود، بهبود حاصلخیزی زمینهایی که از زهکشی ضعیف برخوردار بوده‌اند، خواهد انجامید و هر دو هدف تولید غذا و حفظ کیفیت آب را به گونه‌ی هماهنگ تضمین خواهد نمود.

سازمان جهانی خواربار (فائق) هر گونه پیشنهادی را از سوی خوانندگان و دست اندکارانی که انتشارات این سازمان را در کار خود مورد استفاده قرار می‌دهند، پذیرا خواهد بود. پیشنهادها و نظرات می‌توانند به نشانی زیر ارسال شوند: رئیس خدمات توسعه و مدیریت منابع آب، بخش توسعه منابع آب و خاک در سازمان جهانی خواروبار، رم، ایتالیا.

Viale delle terme di Caracall, 00100 Rome, Italy.

فصل اول

مقدمه

درباره پایداری طرح‌های آبیاری و زهکشی و همچنین کیفیت آب در ارتباط با تخلیه زه‌آب‌ها، دیدگاه‌ها و مسائل مختلفی وجود دارند. علاوه بر این، مسائلی در مورد تخریب اراضی به علت شوری و ماندابی^(۱) ناشی از آبیاری مطرح می‌باشد. تاکنون موارد زیادی از تخریب زیست بوم‌های آبی به علت تخلیه زه‌آب‌های شور یا مغذی مشاهده شده است. زهکشی در حال حاضر از اجزای حیاتی و ضروری سامانه‌های^(۲) تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. در راستای افزایش منافع سامانه‌های زهکشی، ضروری است که توجه بیشتری به اثرات تخلیه زه‌آب‌ها بر روی کیفیت منابع آب معطوف گردد. تلاش این مجموعه بر آن است تا مشکلات و مسائل بالقوه و مدیریتی توسعه، تولید، تصفیه و دفع زه‌آب‌های کشاورزی را شناسایی نماید.

ضرورت زهکشی

وجود آب اضافی در خاک اطراف ریشه رشد گیاه را مختل می‌سازد. همچنان که ماندابی طولانی مدت منجر به مرگ گیاه به علت فقدان اکسیژن در ناحیه ریشه می‌شود و عملکرد محصولات نیز به صورت مؤثری در خاک‌های با زهکشی ضعیف کاهش می‌یابد. علل پیدایش آب اضافی در خاک که منجر به بالا آمدن سطح ایستابی می‌شود عبارتند از: بارندگی زیاد در نواحی مرطوب، آبیاری بی‌رویه و نشت آب از کanal‌ها در

1- Waterlogging

2- System

مناطق تحت آبیاری و فشار آرتزین. ماندابی شدن در مناطق تحت آبیاری می‌تواند منجر به افزایش میزان املاح خاک و به عنوان مثال تجمع نمک در ناحیه توسعه ریشه گیاه گردد. در مزارع کشاورزی با زهکشی طبیعی ضعیف، زهکشی مصنوعی عاملی ضروری برای تأمین میزان بهینه هوا و نمک در خاک ناحیه ریشه می‌باشد. زهکشی بخشی مهم از مدیریت آب و عنصری مؤثر در سیستم تولید محصولات کشاورزی است. بهره‌وری اراضی کشاورزی و در نتیجه تأمین غذای مردم جهان تنها در صورتی می‌تواند حفظ و تقویت شود که وضعیت زهکشی پاسخگوی آب مازاد و سطح بالای ایستابی در اراضی تحت کشت باشد.

هدف اصلی زهکشی (سطحی یا زیرزمینی) تبدیل اراضی تالابی نیست بلکه عمدتاً برای بهبود زهکشی طبیعی مزارع انجام می‌پذیرد. زهکشی در واقع مکمل آبیاری بوده و جزئی ضروری از کشاورزی فاریاب به شمار می‌رود، به عبارت دیگر هدف از زهکشی افزایش بازدهی تولید، محصولات و سودآوری زراعت در اراضی دارای زهکشی طبیعی ضعیف است.

منافع زهکشی از نظر کشاورزی، زیست محیطی و اقتصادی - اجتماعی

ابتدا بی ترین فایده زهکشی کنترل آب و نمک اضافی در ناحیه ریشه گیاه است (فوزی^(۱) و همکاران، ۱۹۸۷). علاوه بر آن منافع اقتصادی - اجتماعی و زیست محیطی زهکشی در ارتباط با کنترل عوامل بیماری‌زا و بهداشت عمومی باید کاملاً مدنظر قرار گیرد. از عمدت‌ترین منافع زیست محیطی زهکشی می‌توان به اثرات مثبت آن بر روی سلامتی انسان‌ها، دام‌ها و گیاهان اشاره نمود. زهکشی نواحی باتلاقی و ماندابی منجر به کاهش محل‌های رشد و تکثیر پشه‌ها در سرتاسر دنیا شده است. نتیجه این عمل

کاهش قابل توجه شیوع بیماری‌های مرتبط با آب نظیر مalaria، تب زرد و فیلا ریازیس که توسط پشه‌ها منتقل می‌شوند، بوده است. علاوه بر این زهکشی آب‌های راکد می‌تواند از عفونی شدن پای حیوانات بزرگ جلوگیری نموده و تا اندازه معینی محیط‌های رشد و تکثیر حلزون‌های آبی و کنار آبزی را که میزبان حد واسط شیستوزمیا هستند، از بین ببرد، زهکشی همچنین موجب نابودی یا کاهش باکتری‌ها و عوامل مختلف عفونت‌زا و تجزیه کننده ریشه گیاهان می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که اثر بهبود زهکشی همواره ارتقای شرایط بهداشتی و بهره‌وری بیشتر انسان‌ها بوده است. پرورش محصولات غذایی با ارزش در خاک‌های دارای زهکشی خوب می‌تواند موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای، سلامتی و اقتصادی مردم روستایی گردد. در نواحی موفق، همچنین فرصت‌های شغلی فزاینده‌ای در صنایع جدید مرتبط با کشاورزی می‌تواند به وجود آید.

از مناطقی که عمل زهکشی از نظر زیست محیطی مفید به شمار می‌رود جاهایی است که زهکشی برای اصلاح شوری یا ماندابی اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا توان بهره‌وری کامل زمین به آن بازگردانده می‌شود. طراحی و اجرای زهکش‌های زیززمینی به شکل چند منظوره، به صورتی که از آنها بتوان برای آبیاری زیززمینی و زهکشی کنترل شده استفاده نمود، منافع دیگری مانند کاهش آلایندگی نیترات‌ها را به همراه دارد.

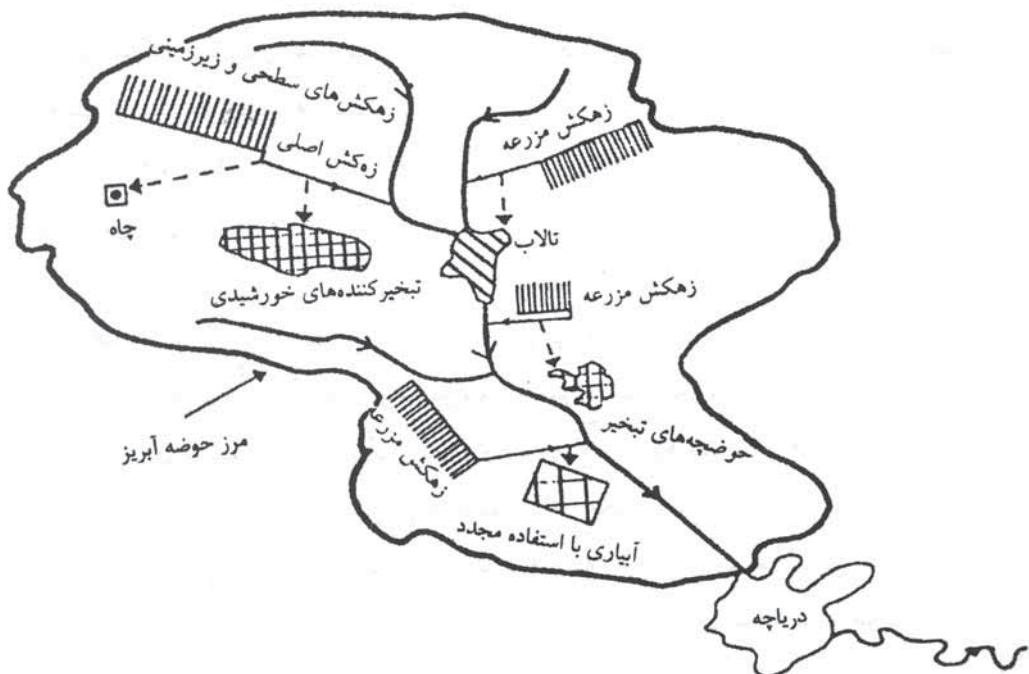
به صورت خلاصه منافع زهکشی در سطح مزرعه عبارتند از:

- ۱- زهکشی موجب افزایش فعالیت باکتری‌های مفید خاک و بهبود کیفیت خاک زراعی می‌شود.
- ۲- در اراضی زهکشی شده رواناب سطحی و فرسایش خاک کمتری به وجود می‌آید.
- ۳- بهبود شرایط حرکت ماشین‌آلات کشاورزی در مزرعه در کاهش تخریب ساختمان خاک مؤثر است. به عبارت دیگر میزان متراکم شدن خاک کاهش یافته و انرژی

- کمتری برای مجموعه عملیات ماشین آلات کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد.
- زهکشی همچنین موجب بهبود شرایط مناسب برای انجام بموقع عملیات کشاورزی و درنتیجه افزایش فصل رشد گیاه و بلوغ کامل محصول می شود.
- ۴- به علت بهبود مدیریت آب و دسترسی گیاه به مواد مغذی، عملکرد محصولات افزایش می یابد.
- ۵- امکان معرفی سامانه های جدید و پیشرفته تولید محصولات کشاورزی افزایش یافته و محصولات سودآورتری می توانند کشت شوند.
- ۶- به طور کلی بهره وری زمین و ارزش آن افزایش می یابد.
- ۷- درآمد مزرعه افزایش یافته و از ثبات بیشتری برخوردار می گردد.
- ۸- زهکشی موجب حفظ میزان مطلوب نمک و هوادر محیط اطراف ریشه گیاه می شود.

انواع سامانه های زهکشی

zecheshi arasi kشاورzی معمولاً توسط zهکsh hais سطحی ya زirzminی و ya ترکibی az آnها انجام می pذیرد. در مقیاس مزرعه، لوله hais زهکش زirzminی ya zهکsh hais رو باز، zهآب را به یک zهکش رو باز اصلی ya زهکش جمع کننده هدایت می نمایند، سپس در سطح ناحیه به یک رودخانه ya شاخه hais آن تخلیه می کنند. در برخی موارد، با توجه به ویژگی hais حوضه آبریز، zهکش اصلی ممکن است zهآب را به یک حوضچه تبخیری، تالاب ya آبگیر سیستم کشاورزی /کشاورزی - جنگل داری با استفاده از آب شور، تخلیه نماید. شما بی از اجزای سامانه زهکشی و گزینه hais مختلف تخلیه zهآب در داخل یک حوضه آبریز در شکل 1 نشان داده شده است. باید توجه داشت که در یک حوضه لزوماً تمامی این گزینه hais مدیریتی مورد استفاده قرار نمی گیرند.



شکل ۱- گزینه های تخلیه زهآب در یک آبخیز

zechkhi سطحی

zechkhi سطحی اغلب از طریق شکل دهی زمین و تسطیح آن به منظور از بین بردن فرورفتگی های مجزا، یا احداث نهرهای موازی حاصل می شود. این نهرها و شیارها زهآب را به صورت ثقلی جمع و به زهکش اصلی در سطح مزرعه تخلیه می نمایند. هر چند منظور اولیه از ایجاد zechkhi سطحی هدایت رواناب ها است و لیکن با توجه به وضعیت سطح ایستابی مقداری آب از درون خاک به زهکش ها نشت می نماید. این حالت می تواند در قالب زهکش های زیرزمینی کم عمق مدنظر قرار گیرد. zechkhi سطحی از اهمیت خاصی در نواحی مرطوب یا اراضی مسطح با محدودیت گرادیان

هیدرولیکی برای تخلیه زه آب به رودخانه های مجاور یا دیگر مناطق تخلیه، برخوردار است. زهکشی سطحی همچنین در مناطق نیمه خشک که دارای بارندگی های موسمی فصلی هستند مورد نیاز می باشد.

زهکشی زیرزمینی

زهکشی سطحی به تنها بی، به ندرت از کارآبی لازم برای خارج ساختن آب اضافی از ناحیه ریشه برخوردار است. زهکش های عمیق در سامانه زهکشی زیرزمینی امکان پایین آوردن سریع سطح ایستابی را به وجود می آورند. زهکش های فرعی معمولاً به زهکش جمع کننده تخلیه می شوند. قطر لوله زهکش های جمع کننده با افزایش مساحت ناحیه زهکشی شده افزایش می یابد. فاصله زهکش ها معمولاً با توجه به میزان هدایت هیدرولیکی خاک و ضریب جریان زهکشی محاسبه می گردد. با توجه به شکل زمین و توپوگرافی آن و همچنین فاصله منبع پذیرنده زه آب، زهکش جمع کننده می تواند به صورت ثقلی به یک زهکش اصلی روباز یا یک حوضچه تخلیه شود. در حالت دیگر زه آب می تواند به یک زهکش دیگر پمپاژ و یا نهایتاً به دریاچه یا رودخانه تخلیه گردد. در برخی نواحی مسطح شرق کانادا، شرق و غرب آمریکا و بخش هایی از اروپا، از لوله های زهکش زیرزمینی برای آبیاری زیرزمینی استفاده به عمل می آید. در این موارد در فصول خشک آب سطحی از طریق یک منبع آبی خارجی به لوله های زهکش وارد و در نتیجه سطح ایستابی افزایش می یابد. بدین ترتیب به دلیل خاصیت موینگی رطوبت به ناحیه ریشه می رسد. آبیاری زیرزمینی بلحاظ بازده مصرف انرژی و آب روشی کارآ ب شمار می آید. در روش های دیگری که به عنوان زهکشی کنترل شده شناخته می شوند، سطح ایستابی مناسب می تواند از طریق سازه های کنترلی که بر روی لوله های جمع کننده نصب می شوند، برقرار گردد.

سامانه‌های زهکشی زیرزمینی افقی، در اراضی آبیاری شده مناطق خشک و نیمه خشک، برای اصلاح زمین‌های شور و ماندابی و حفظ بلندمدت میزان مطلوب نمک و آب در ناحیه ریشه گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. شوری و ماندابی معمولاً در اثر افزایش تدریجی سطح ایستابی به علت فرونشت عمقی آب اضافی و نشت از کanal‌ها به وجود می‌آید. برای کنترل شوری خاک، لوله‌های زهکش زیرزمینی معمولاً در نواحی خشک عمیق‌تر از نواحی مرطوب کار گذاشته می‌شوند. آبیاری همواره به صورت اجتناب ناپذیری بیش از مقدار مورد مصرف گیاه انجام می‌پذیرد، این مقدار اضافی آب برای آبشویی به کار می‌رود. نمک اضافی خاک به همراه املاح افزوده شده در اثر آب آبیاری، توسط این آب اضافه شسته شده و از طریق لوله‌های زهکشی از مزرعه خارج می‌شود. کارگذاری عمیق‌تر لوله‌های زهکش مانع نفوذ سریع املاح به سطح خاک در اثر خاصیت مویینگی می‌شود. زهکشی همچنین از ماندابی شدن در ناحیه توسعه ریشه گیاه جلوگیری می‌نماید. معمولاً در مناطق خشک نسبت به مناطق مرطوب زه آب کمتری از زمین خارج می‌شود. علاوه بر این زهکشی عمودی (قائم)، توسط چاه‌های لوله‌ای، برای کنترل ماندابی و شوری در برخی از مناطق دنیا مثل هندوستان، پاکستان و جمهوری‌های آسیای میانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد اصلی چاه‌های لوله‌ای همانند زهکش‌های افقی است و لیکن از آنها در موارد لزوم آب زیرزمینی برای آبیاری استخراج می‌گردد. به علت پمپاژ آب از این چاه‌ها سطح ایستابی پایین رفته و شوری ناشی از خاصیت مویینگی به حداقل می‌رسد. این وضعیت در مناطقی که آب زیرزمینی لب شور یا شور نباشد ایده‌آل بوده و آب استخراجی برای آبیاری مناسب می‌باشد. در مناطقی که میزان املاح آب زیرزمینی بالا می‌باشد ممکن است آب پمپاژ شده از چاه‌ها برای آبیاری شور باشد، مگر آنکه با آب شیرین یا با شوری کم مخلوط گردد^(۱). در جاهایی که آب زیرزمینی بلحاظ تولید محصولات کشاورزی بسیار شور باشد، آب استخراجی باید به محل دیگری تخلیه گردد. زهکشی تأثیر مستقیم کیفیت آب زیرزمینی ندارد، بلکه نقش آن خارج ساختن و انتقال آب اضافی از اراضی است.

۱- اختلاط آب شور و شیرین برای کاهش میزان شوری آب از لحاظ زیست محیطی توصیه نمی‌گردد.

تصفیه زه آب ثانویه

شیوه های بهبود شرایط زهکشی در خاک های با نفوذ پذیری پایین عبارتند از: نرم کردن زیر خاک، شخم عمیق، زهکشی لانه موشی و عملیات بیولوژیکی مانند کشت گیاهان علوفه ای عمیق ریشه (به عنوان مثال یونجه^(۱)) و تناوب در کشت محصولات. در برخی از مناطق دنیا درختان عمیق ریشه برای پایین آوردن سطح ایستابی مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً اینگونه عملیات جنبی زهکشی، آثار مخبری بر روی کیفیت آب بر جای نمی گذارند.

ارزیابی اثرات زیست محیطی

بسیاری از مؤسسه های برای پروژه های جدید یا بهسازی پروژه های موجود، قبل از آغاز فعالیت های اجرایی درخواست انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA)^(۲) می نمایند. شناسایی اثرات زیست محیطی مضر، اهمیت آنها و ارایه روش های کاهش اثرات منفی، از اهداف ارزیابی اثرات زیست محیطی به شمار می آیند.

در فرآیند ارزیابی همچنین اثرات مثبت پروژه ها مورد شناسایی قرار می گیرند. در مواردی که اثرات مضر و منفی پروژه ها به مراتب بیش از منافع مورد انتظار آنها باشد، ممکن است پروژه به طور کامل مورد طراحی مجدد قرار گرفته و یا اجرای آن به حالت تعليق در آید. این حالت همچنین در مواقعی که راه های کاهش اثرات منفی بسیار هزینه برو یا از لحاظ فنی غیرممکن باشند مصدق دارد. ارزیابی اثرات زیست محیطی بایستی در اولین مراحل از تصمیم گیری پروژه و به هنگام اتخاذ تصمیمات قطعی ارائه گردد.

1- Alfalfa

2- Environmental Impact Assessment

بر اساس نظریات اچس و بی شی^(۱) اثرات زیست محیطی می توانند به صورت زیر طبقه بندی شوند:

- ۱- **مستقیم و غیرمستقیم** یا مرحله اول و مراحل بعدی. این ها اثرات پیوسته ای هستند که می توانند به تمامی و در پایین دست حوضه آبریز اتفاق بیافتد.
- ۲- **ثانویه**. فعالیت اولیه پروژه زهکشی ممکن است ادامه یافته و فعالیت های ثانویه را شامل شود.

۳- **تشدید شونده**^(۲). این اثرات تهدید فراینده ای برای بقای گونه های مشخصی از حیات وحش به شمار می آیند که از چندین جهت تحت تأثیر نتایج یک پروژه خاص هستند.

ICID یک فهرست جزییات برای شناسایی اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری، زهکشی و کنترل سیالاب ارائه کرده است^(۳) (ICID, 1993). همچنین بانک جهانی مأخذی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی تهیه کرده است (World Bank, 1991). سازمان جهانی خواربار^(۴) نیز نشریه ای در مورد مراحل فرآیند EIA و اثرات زیست محیطی عمده طرح های آبیاری و زهکشی منتشر ساخته است (FAO, 1995). تلاش همه این مراجع در راستای شناسایی و ارائه اثرات زیست محیطی مختلف طرح های آبیاری و زهکشی و راه های ارزیابی آنها می باشد. فهرست جزئیات ICID فهرست جامعی از عوامل زیست محیطی را که باید در یک EIA مدنظر قرار

1- Ochs and Bishay (1992)

2- Synergistic

۳- این نشریه تحت عنوان "راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری، زهکشی و کنترل سیالاب" توسط کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ترجمه و در سال ۱۳۷۶ منتشر شده است.

4- Food and Agriculture Organization (FAO)

۵- این نشریه تحت عنوان "تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری و زهکشی" در سال ۱۳۷۷ توسط کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ترجمه و منتشر شده است.

گیرند، ارائه می‌نماید. جدول ۱، فهرست جزییات ICID را که شامل تمامی اثرات محتمل طرح‌های آبیاری، زهکشی و کنترل سیلاپ است، نشان می‌دهد.
«چس و بی‌شی» مراحل عمده در فرآیند ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) را به صورت زیر ارائه کرده‌اند:

- ۱- تعیین دامنه کار. این یک فرآیند عمومی با مشارکت تمامی گروه‌ها است. نتایج آن در دستورالعمل‌های خاصی که در گزارشات مطالعات اثرات زیست محیطی (EIS) منظور می‌شود، می‌آید. (از عنوان EIS برای گزارش ارزیابی و EIA برای فرآیند کامل آن استفاده می‌شود).
 - ۲- تنظیم گزارشات مطالعات اثرات زیست محیطی (EIS). اثرات مثبت (فایده‌ها) و منفی (زیانهای ممکن) مورد شناسائی واقع می‌شوند. فعالیت‌های پیشنهادی به همراه گزینه‌های مختلف نشان داده شده و روش‌های کاهش اثرات منفی ارائه می‌شوند.
 - ۳- ارائه EIS برای بازنگری عمومی.
 - ۴- دریافت نظرات مؤسسات بازنگری.
 - ۵- قبول EIS
 - ۶- انتخاب اجزای پروژه. تصمیم گیرندگان گزینه مورد نظر برای اجرا و همچنین روش‌های کاهش اثرات منفی را انتخاب می‌نمایند.
 - ۷- اجرای پروژه.
 - ۸- پایش. در حین عملیات اجرایی و بعد از بهره‌برداری، اثرات زیست محیطی واقعی مورد پایش قرار گرفته و با موارد پیش‌بینی شده در EIS مقایسه می‌گردند. این مرحله کمک شایانی به بهبود طراحی‌های پروژه و پیش‌بینی‌ها در آینده می‌نماید.
- ماتریس‌ها و فهرست جزییات^(۱) از روش‌های معمول مورد استفاده در EIA برای

سنجرش اهمیت یا ارزش نسبی اثرات مثبت و منفی زیست محیطی هستند. امید می‌رود معیارهایی که در ارتباط با کیفیت زه‌آب در این نشریه ارائه شده‌اند بتوانند به سنجش بیشتر EIA پروژه‌های آبیاری و زهکشی کمک نمایند.

مسایل کیفیت آب

ایجاد سامانه‌های زهکشی ممکن است موجب تغییراتی در زیست بوم‌های مرتبط گردد. این تغییرات می‌توانند مفید یا مخرب باشند. به منافع زیست محیطی مثبت قبلاً اشاره گردید، اما در ارتباط با زهکشی، اثرات بالقوه منفی بر روی کیفیت آب نیز وجود دارند. غلظت املالح، مواد مغذی و دیگر مواد شیمیایی مرتبط با محصولات، در زه‌آب با زمان و میزان تخلیه تغییر می‌یابد. استفاده از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی در زراعت‌های متمرکز گاهی موجب تخریب زیست بوم‌های آبی در پایین دست می‌گردد (FAO, 1996). بنابراین طراحان زهکشی نیاز به تجزیه و تحلیل میزان نشت مواد مغذی و آفت‌کش‌ها دارند. مواد مغذی عمدتاً با فسفر و نیتروژن در ارتباط هستند. با گذشت زمان تغییرات عناصر کمیاب طبیعی در خاک می‌تواند برای زیست بوم مضر باشد. زه‌آب‌های انباسته از فسفر و نیتروژن موجب خوراکوری پهنه‌های آبی پذیرنده می‌شوند. در مجموع به علت مصرف مواد شیمیایی و عناصر کمیاب در کشاورزی، زه‌آب نواحی تحت آبیاری حاوی مقادیر متنابه از املالح می‌باشد. اثرات این املالح بر روی استفاده‌کنندگان پایین دست نیازمند ارزیابی است. برخی از خاک‌ها سرشار از عناصر کمیاب هستند که می‌توانند به سامانه‌های زهکشی نشت نمایند. مقادیر اندک عناصر کمیابی همچون آرسنیک، کادمیوم، جیوه، سرب، بر، کروم و سلنیوم به علت پدیده‌ی انباستگی در اندام زنده، برای گونه‌های آبی مضر هستند. پیامدهای زیست محیطی تخلیه زه‌آب منطقه تحت آبیاری دره سان ژواکین کالیفرنیا^(۱) به مخزن ۴۷۰

1- California's irrigated San Joaquin Valley

هکتاری کسترسون^(۱) که یک حوضه بسته به شمار می‌آید، به خوبی شناخته شده است. این مخزن زیستگاه پرنده‌گان آبی بود که غلظت سلنیوم در زه‌آب ورودی موجب نابودی ماهیان موجود و در نتیجه کاهش باروری پرنده‌گان گردید. سهل انگاری در احداث دهانه خروجی مناسب جهت تخلیه زه‌آب به دریا، استفاده از زیستگاه پرنده‌گان آبی برای تخلیه زه‌آب و عدم پایش کافی کیفیت آب، دلایل اصلی بروز اثرات زیست محیطی منفی بودند. باید مواضعی لازم جهت اطمینان از عدم تداخل زه‌آب تخلیه شده با زیست بوم گونه‌های آبی و خشکی به عمل می‌آمد. در برخی کشورها بر نگرانی در مورد آسیب دیدن ماهیان ساحلی توسط زه‌آب‌های کشاورزی، تأکید شده است.

مدیریت زه‌آب و راه حل‌های مختلف تخلیه

زه‌آب می‌تواند مستقیماً به پنهنهای آب سطحی نظیر رودخانه، دریاچه، دریا، اقیانوس و یا زهکش انتهایی، تخلیه گردد. در جاهایی که مجرای تخلیه مستقیم به پنهنهای آب سطحی وجود ندارد، تالاب‌ها، حوضچه‌های تبخیری و یا سطوح تبخیری خورشیدی به عنوان محل تخلیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موارد عموماً در حوضه‌های بسته هیدرولوژیکی کاربرد دارند. در جاهایی که آبیاری پی در پی گیاهان مقاوم به شوری - که معمولاً به سالیکورنیا^(۲) ختم می‌شود - وجود دارد، استفاده مجدد از زه‌آب از دیگر اشکال مدیریتی به شمار می‌آید. زه‌آب همچنین می‌تواند از طریق تزریق به آب‌های زیرزمینی عمیق تخلیه گردد.

1- Kesterson Reservoir

2- Salicornia

این گیاه که به آن لوپیای دریایی نیز می‌گویند از گیاهان شورپسند بوده و از آن برای خوارک دام و استحصال روغن نباتی استفاده به عمل می‌آید. م

چنانچه زه آب به یک سامانه آب سطحی بزرگ با ظرفیت ترقیق و جذب بالا تخلیه گردد، مسایل کیفیت آب به حداقل کاهش می‌یابد. اما این مسائل می‌تواند با استفاده مجدد مستمر، تخلیه به حوضه‌های بسته و تزریق به چاه‌های عمیق افزایش یابد. در صورت تخلیه زه آب به چاه‌های عمیق این نگرانی وجود خواهد داشت که زه آب حاوی مقادیر قابل توجه املاح، مواد مغذی، باکتری‌ها و عناصر کمیاب، موجب آسودگی آبهای زیرزمینی گردد. این مسئله چنانچه از سفره آب زیرزمینی در پایین دست برای آب شرب برداشت گردد، جدی‌تر خواهد بود.

کنترل منبع در سطح مزرعه

کارآترین روش کمینه کردن مشکلات زیست محیطی، کنترل منبع تولید زه آب در سطح مزرعه می‌باشد. این امر در نواحی تحت آبیاری می‌تواند از طریق مدیریت آب برای آبیاری به دست آید. کارآبی بالا در آبیاری و پوشش مجاری انتقال آب آبیاری میزان زه آبی را که باید از مزرعه خارج شود کاهش می‌دهند. علاوه بر این کاربرد بهنگام و کارآی کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها - یعنی مصرف نمودن آنها فقط در موقعی که ضروری هستند- نشت مواد شیمیایی را کاهش می‌دهد. پژوهش‌های مادراموتو و همکاران^(۱) نشان داده است که کشت همزمان ذرت با بقولات یا چاودار میزان نیترات موجود در زه آب را کاهش می‌دهد.

استفاده مجدد از زه آب

در بسیاری از مناطق که با کمبود آب برای آبیاری مواجه هستند، از زه آب برای تأمین نیاز آبی محصولات استفاده می‌نمایند. استفاده مجدد تنها در صورتی مفید است که زه آب از کیفیت خوب و قابل قبولی برخوردار باشد. برخی از مشکلات کیفیت آب

1- Madramootoo et al.(1995)

در استفاده مجدد از زه آب برای گیاهان مقاوم به شوری عبارتند از: میزان بالای املاح در زه آب خروجی از اراضی آبیاری شده، آلودگی زه آب با عناصر کمیاب، مواد آلی سمی، پساب های صنعتی و پساب های شهری در زهکش های روباز. زه آب آلوده می تواند مشکلات مختلفی از قبیل تخریب خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، مشکلات بهداشتی مرتبط با آب و احتمال آلودگی محصولات غذایی را به وجود آورد.

تخلیه و مدیریت زه آب در حوضه های بسته

تخلیه نهایی زه آب به رودخانه یا دریا همیشه امکان پذیر نمی باشد. حوضه های زهکشی بسته، یک محیط زیست منحصر به فرد یا چالش در کیفیت آب به وجود می آورند. در چنین شرایطی حوضچه های تبخیری می تواند وسیله مناسبی برای تخلیه زه آب باشند. با این وجود چنین حوضچه هایی می توانند مشکلات زیست محیطی دیگری ایجاد نمایند. به عنوان مثال مواد سمی ممکن است در این حوضچه ها انباسته گرددند. علاوه بر این، در آب و هوای خشک، هرچه آب خالص از حوضچه تبخیر می شود غلظت آب باقی مانده افزایش یافته و به آب شور تبدیل می شود. در این حالت سلامتی پرندگان آبی، ماهیان و سایر آبزیان که از حوضچه استفاده می نمایند به شکل منفی تحت تأثیر قرار می گیرد. سایر مسائل زیست محیطی مرتبط با حوضچه های تبخیری عبارتند از: استفاده از حوضچه برای تخلیه پساب های خانگی، مسائل بهداشتی ناشی از مصرف آب حوضچه و نیاز نهایی به دفع املاح شیمیایی انباسته شده است. برخی از موقع مواد سمی خشک شده توسط باد پخش می شوند. علاوه بر این، چنین حوضچه هایی می تواند تبدیل به زیستگاهی برای حلزون ها و پشه ها گردد که بدینوسیله بیماری هایی همچون مalaria و شیستوز میا شیوع پیدا می نمایند. در مجموع چنانچه مدیریت مناسبی بر این حوضچه ها اعمال نگردد، نواحی ماندابی و شور جدیدی در کنار آنها به وجود خواهد آمد.

امروزه علاقه رو به تزایدی برای بهره مندی از تالاب های طبیعی یا ساخته شده در مدیریت زه آب به وجود آمده است. تالاب ها از قابلیت ویژه ای برای دفع مؤثر رسوب، فسفر و نیتروژن برخوردار هستند. گیاهان، خاک و عوامل هیدرولوژیکی تالاب ها، به همراه یک سری فعل و انفعالات پیچیده، موجب تصفیه آلانینده ها و بازیافت مواد مغذی می شوند. برخی گونه های گیاهان و درختان از توان بالقوه ای برای جذب آلانینده ها برخوردار هستند. زمان ماند، میزان جریان، زبری هیدرولیکی و اندازه و شکل تالاب از عوامل مؤثر در توان تصفیه کنندگی تالاب به شمار می روند. در این میان میزان ورود آب به یک تالاب باید به اندازه ای باشد که امکان تخلیه آب مازاد برای جلوگیری از انباشته شدن املاح به وجود آید.

در مناطقی که شرایط زمین شناختی، هیدرولوژیکی و خاک شناختی برای ایجاد تالاب مناسب نباشد، سامانه های کشاورزی / کشاورزی - جنگلداری با آب شور می تواند روش مناسبی برای استفاده و دفع زه آب باشد. اصل راهبری چنین سامانه هایی عبارت است از استفاده مجدد پیاپی از زه آب شور برای آبیاری محصولات و درختان مقاوم به شوری - به ترتیب افزایش مقاومت آنها به شوری - و تخلیه باقی مانده حجم آب به حوضچه های تبخیری خورشیدی به منظور متبلور ساختن املاح آن. حجم آب حوضچه های تبلور با توجه به میزان تبخیر روزانه تنظیم می گردد. هدف از این کار نامطلوب ساختن این حوضچه ها برای زندگی گیاهان و جانوران می باشد. مشکل دیگر این حوضچه ها آن است که با افزایش غلظت آب آنها، میزان تبخیر کاهش می یابد، این امر اختصاص زمین بیشتری را برای حفظ ظرفیت حوضچه ضروری می سازد.

مدیریت سطح ایستابی

هنگامی که رویداد تخریب زیست بوم توسط زه آب با کیفیت پایین رخ می دهد، استفاده از سامانه های زهکشی زیرزمینی می تواند روش مقیدی برای بهبود کیفیت آب

باشد. با مدیریت سطح ایستابی از طریق زهکشی کنترل شده یا آبیاری زیرزمینی، غلظت نیترات در جریان زه آب تا حد قابل ملاحظه ای می تواند کاهش یابد. همچنین در این حالت جریانات سیالابی پایین دست می تواند کاهش یابد. بنابراین مدیریت سطح ایستابی می تواند به عنوان بهترین روش مدیریتی مدنظر قرار گیرد. اسکاگز و گیلیام و مادراموتو و همکاران^(۱) با مطالعات خود نشان داده اند که آبیاری زیرزمینی و زهکشی کنترل شده نه تنها میزان عملکرد محصولات را افزایش می دهد بلکه می تواند نیترات زدایی^(۲) را تقویت نماید. مدیریت سطح ایستابی مناسب ترین روش در اراضی مسطح بوده و با یک تغییر ساده در خروجی سامانه های زهکشی زیرزمینی قابل اعمال می باشد.

برنامه ریزی و طراحی سامانه های زهکشی برای پروژه و ارتقای کیفیت آب

تشخیص این که چه فن آوری هایی برای کمینه کردن اثرات جریان زه آب در دسترس می باشد بسیار مهم است. در این رابطه باید راهکارهای نهادی برای اطمینان از قابلیت اجرایی فن آوری ها مورد استفاده قرار گیرد. سیاست ها و برنامه ها - شامل جنبه های قانونی و پایش - نیازمند یک چارچوب نهادی و اداری هستند. این موارد به تفصیل در فصل هشتم تشریح شده اند. در فصل دوم در مورد اجزای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی زه آب از جنبه های زیست محیطی بحث شده است. این فصل همچنین گزینه های مدیریت زه آب را شامل می شود. در فصل چهارم اهداف مختلف استفاده مجدد از زه آب مورد بررسی قرار گرفته است. سامانه های تصفیه زه آب در فصل پنجم و حالت های ممکن تخلیه آن در فصل شش ارائه شده است. در فصل سوم سامانه های

1-Skaggs and Gilliam (1981) and Madramootoo et al. (1993).

2- Denitrification

مدیریت سطح ایستابی با جزئیات مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل هفتم نیز مسایل بهداشتی مرتبط با مدیریت زه‌آب بررسی شده است.

بدیهی است که در بعضی موارد در مراحل برنامه‌ریزی و طراحی پروژه اطلاعات کافی برای نتیجه‌گیری صریح و جامع از اثرات ممکن وجود ندارد. به همین علت اکثر فصول این نشریه حاوی مطالبی در مورد پایش زیست محیطی است و لذا طراحان و برنامه‌ریزان این گونه پروژه‌ها می‌توانند اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری مناسب را از این طریق به دست آورند. علاقمندان برای کسب اطلاعات جزئی‌تر می‌توانند به نشریه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA, 1982) مراجعه نمایند.

جدول ۱ - فهرست جزئیات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی برای اثرات بالقوه‌ی زیست محیطی ناشی از طرح‌های آبیاری و زهکشی و مهار سیلاب

ردیف	عنوان	تاریخ	محل
۱-۱	رژیم کم آبی		گردشگاری
۱-۲	پخش مواد محلول		آبودی
۱-۳	مواد سمی		
۱-۴	آب زیرزمینی شور		
۱-۵	آب زیرزمینی (سطح ایستایی)		
۱-۶	آب زیرزمینی (خیز سطح آب زیرزمینی)		
۱-۷	آثار پدیده‌ی بیهوایی		
۱-۸	انتشار گاز		
۱-۹	۱-۲ پخش مواد محلول		
۱-۱۰	۲-۲ مواد سمی		
۱-۱۱	۲-۳ آبودگی آبی		
۱-۱۲	۲-۴ اثرات پدیده‌ی بیهوایی		
۱-۱۳	۲-۵ انتشار گاز		
۱-۱۴	۳-۱ راهبری سدها		
۱-۱۵	۳-۲ افت آب زیرزمینی (سطح ایستایی)		
۱-۱۶	۴-۱ خیز سطح آب زیرزمینی		
۱-۱۷	۴-۲ ریختشناسی رویخانه		
۱-۱۸	۴-۳ سازه‌های مجاری انتقال		
۱-۱۹	۴-۴ رسوبگذاری		
۱-۲۰	۴-۵ فرسایش مصب رویخانه		
۱-۲۱	۴-۶ فرسایش محلی		
۱-۲۲	۵-۱ اثرات اراضی ساحلی		
۱-۲۳	۵-۲ تداخل شوری		
۱-۲۴	۵-۳ آب زهکشی شور		
۱-۲۵	۵-۴ آب زیرزمینی شور		
۱-۲۶	۶-۱ خواص خاک		
۱-۲۷	۶-۲ شوری خاک		
۱-۲۸	۶-۳ آب زیرزمینی بیماریها		
۱-۲۹	۶-۴ آب زهکشی بیماریها		
۱-۳۰	۶-۵ تغذیه		
۱-۳۱	۶-۶ خدمات بهداشتی		
۱-۳۲	۶-۷ سکونت		
۱-۳۳	۶-۸ آب و فاضلاب		
۱-۳۴	۷-۱ اثرات ناحیه‌ای		
۱-۳۵	۷-۲ مهاجرت انسانها		
۱-۳۶	۷-۳ اسکان مجدد		
۱-۳۷	۷-۴ نقش زنان		
۱-۳۸	۷-۵ گروههای اقلیت		
۱-۳۹	۷-۶ اماكن با ارزش		
۱-۴۰	۷-۷ اثرات ناحیه‌ای		
۱-۴۱	۷-۸ مشارکت استفاده کنندگان		
۱-۴۲	۷-۹ تفریح و تفرج		
۱-۴۳	۸-۱ آب و غاصلان		
۱-۴۴	۸-۲ سکونت		
۱-۴۵	۸-۳ خدمات بهداشتی		
۱-۴۶	۸-۴ تغذیه		
۱-۴۷	۸-۵ اثرات جابجاگی		
۱-۴۸	۸-۶ بومشناختی بیماریها		
۱-۴۹	۸-۷ میزبانهای بیماری		
۱-۵۰	۸-۸ کنترل بیماری‌ها		
۱-۵۱	۸-۹ سایر خطرات		
۱-۵۲	۹-۱ آفت‌ها و علفهای هرز		
۱-۵۳	۹-۲ بیماری‌های جانوران		
۱-۵۴	۹-۳ علفهای هرز آپزی		
۱-۵۵	۹-۴ تخریب ساختاری		
۱-۵۶	۹-۵ عدم توازن جانوران		

فصل دوم

کیفیت آب زهکشی (زه آب)

هدف مدیریت زهکشی در کشاورزی، حفظ تعادل نمک‌ها در محدوده ریشه گیاهان زراعی در مناطق خشک و حفظ تعادل مناسب بین آب و خاک در مناطق مرطوب به شمار می‌روند^(۱).

مکان‌های مختلف و فعالیت‌های گوناگون، زه‌آب‌هایی با ویژگی‌های کیفی متفاوت خواهند داشت.

آبی که کیفیت پایین دارد بایستی از آب با کیفیت بالا مجزا گردد. اگر زه‌آب قابل استفاده‌ی مجدد نباشد، می‌توان آن را به حوضچه‌های مخصوص آب‌های با کیفیت پایین تخلیه نمود. آب‌های بسیار شور حاصل از زهکشی عمقی، که در مناطق خشک، برای آبیاری دوباره به کاربرده می‌شوند، می‌توانند بر رشد گیاهان حساس به شوری اثر بگذارند. در مناطق مرطوب، بیشتر آب‌های ناشی از زهکشی، قابلیت آن را دارند که دوباره به کار گرفته شوند. در مدیریت هرزآب‌های سطحی یا زه‌آب‌های کشاورزی، برای تعیین محدودیت‌ها، چند شاخص باید در نظر گرفته شوند. کمیت و کیفیت زه‌آب موردنظر و تغییرات دبی جریان و غلظت مواد شیمیایی که نیاز به اندازه‌گیری دارند. برای انجام مطالعات صحرایی در جهت برآورد حجم زه‌آبی که از محدودی تحت زهکشی به دست می‌آید، مراجع گوناگونی وجود دارند که آگاهی‌های لازم را در اختیار قرار می‌دهند.

ویژگی‌های کیفی آب

کیفیت آب یک امر نسبی است و معرف ویژگی‌های آب است که کاربرد آن برای یک مصرف خاص را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کیفیت از طریق ویژگی‌های فیزیکی،

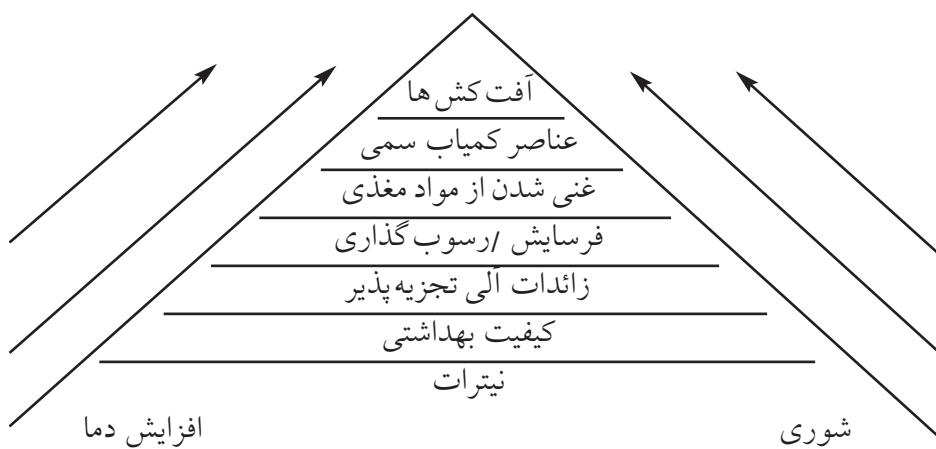
شیمیایی و زیست‌شناسی تعریف می‌گردد. آب حاصل از زهکشی، تفاوت اساسی با آب‌های به دست آمده از منابع دیگر ندارد و همواره برای برخی از مقاصد، در محدوده کیفی به خصوصی قابل استفاده می‌باشد. خارج از این حدود، زه‌آب باید به گونه‌ای دفع گردد که کارآیی و یا کیفیت آب‌های دریافتی برای کاربردهای جاری و قابل توسعه، در امان بماند. زه‌آب سطحی و زیرزمینی حاصل از کشت آبی، به طور معمول کیفیت پایین‌تری در مقایسه با آب اولیه دارد. زه‌آبی که درون یا بر روی خاک جریان می‌یابد، مواد محلول و معلق گوناگونی شامل نمک‌ها، ترکیبات آلی و ذرات خاک را با خود جابجا می‌کند. برای آنکه مدیریت مطمئنی در زمینه استفاده دوباره یا دفع زه‌آب‌ها داشته باشیم، لازم است که ویژگی‌های زه‌آب را بدانیم و در منطقه‌ی مورد نظر برای استفاده‌ی مجدد یا رهاسازی، آن ویژگی‌های را با نیازهای حفظ محیط زیست تطبیق دهیم. مباحث این فصل بر روی ویژگی‌هایی از زه‌آب تکیه دارد که آن را به صورت یک آلانده بالقوه برای محیط زیست در می‌آورند.

آب خروجی از زهکش‌های سطحی و زیرزمینی، حاوی موادی است که از جمله آلانده‌های بالقوه به شمار می‌روند. این آلانده‌ها ممکن است:

- عمدتاً وارد آب آبیاری شده باشند.

- از طریق فعالیت‌های آبیاری یا زهکشی یا هر دو منتقل شده باشند.
- در اثر عمل تبخیر و تعرق تجمع کرده باشند.

کاستن از اثرات زیان‌بار هریک از سه فرایند یاد شده، تدبیر مدیریتی جداگانه‌ای می‌طلبد. برای مثال، در حالت اول، منبع الودگی را می‌توان از بین این‌ها محدود نمود. در مقابل، تجمع مواد جامد محلول در اثر تبخیر و تعرق، یک پدیده طبیعی است که از مصرف آب توسط گیاه ناشی می‌شود و اجتناب ناپذیر است. یک مشکل خاص در زمینه کیفیت آب، ممکن است از سوی یک یا چند مورد از فرایندهای یاد شده، رخداده باشد که این بر پیچیدگی ارزیابی مشکل و چاره‌اندیشی آن می‌افزاید. شکل (۲) تفاوت‌های موجود در پیچیدگی ارزیابی مشکلات کیفی آب را نمایش می‌دهد که ممکن است به مدیریت زه‌آب نیز مربوط شوند.



مرجع : Rickert, ۱۹۹۳

شکل - ۲ سلسله مراتب پیچیدگی در مسائل کیفی آب در مدیریت زه آب

آفت کش ها

انواع بسیار زیادی از آفت کش ها ممکن است در زه آب یافت شوند. این مسئله تشخیص اثرات بالقوه این مواد را بر کیفیت آب دشوار می سازد. اغلب آفت کش ها از مواد آلی مصنوعی ساخته شده اند و شواهد مکتوبی وجود دارند که نشان می دهند، مواد آفت کش موجود در رواناب زمین های آبیاری، مشکلاتی در کیفیت آب پایین دست پدید آورده اند. پژوهش های اخیر در سان ژواکین و امپریال والی در کالیفرنیا نشان داده اند که رواناب سطحی، با انتقال آفت کش ها به جریان های آب سطحی، مشکلاتی ناشی از سمیت برای آبزیان پدید می آورد.^(۱)

1- Foe and Connor, 1991; Connor et al, 1993; Digorogio et al, 1995

این مشکلات ناشی از آفت‌کش‌ها، نه به علت طراحی یا عملکرد شبکه زهکشی، بلکه در نتیجه عملیات کشاورزی در مزارع (صرف آفت‌کش‌ها) پدید می‌آیند. در جریان‌های خروجی از زهکش‌های شبکه آبیاری ممکن است غلظت‌های بالایی از آفت‌کش‌ها مشاهده شوند ولی دوره‌ی ظهور این پدیده، به نسبت کوتاه است. بهترین راه چاره، انتخاب مدیریت پیشرفته در آبیاری و کاربرد آفت‌کش‌ها است و نیازی به پیش‌بینی سیستمی برای ناظارت بر رواناب حاوی آفت‌کش‌ها در شبکه زهکشی نیست. در طراحی و ساخت یک شبکه سطحی برای استفاده مجدد یا دفع زه‌آب، نکات زیر را باید در نظر گرفت که امکان ورود رواناب حاوی سوموم، نوع آفت‌کش‌هایی که به کار خواهند رفت و مراحل تعديل‌کننده مورد نیاز برای پیش‌گیری از آلودگی پایین دست از آن جمله‌اند.

غلظت‌های بالای آفت‌کش‌ها در آب زهکش‌های زیرزمینی کمتر دیده می‌شود زیرا خاک به مانند یک صافی عمل می‌نماید. بررسی‌های اندکی بر روی زه‌آب‌های زیرزمینی انجام گردیده اما در بررسی‌های به عمل آمده بر روی آب زیرزمینی در کالیفرنیا، موارد کمی از کشف آفت‌کش‌ها گزارش شده است.^(۱) به دلیل تعداد کم موارد اکتشاف، وجود آفت‌کش‌ها در زه‌آب‌های زیرزمینی، به عنوان اولویتی برای ارزیابی دقیق، مطرح نیست، مگر اینکه بررسی‌های معمول کیفی آب، غلظت‌های قابل توجهی از موارد مربوطه را ردیابی کرده باشند. با وجود این، اطلاعات جمع‌آوری شده توسط مک‌کنزی و ویتز در سال ۱۹۷۴ وجود آفت‌کش‌های شبکه‌های زهکشی زیرزمینی نشان داده است. در چنین حالتی سرچشممه پیدایش آفت‌کش‌ها احتمالاً فعالیت‌های کشاورزی است که می‌توان آن را به گونه‌ای تغییر داد تا از ادامه تراوش عمقی آفت‌کش جلوگیری نمود. وجود آفت‌کش در زه‌آب زیرزمینی، نشانگر وجود آن در آب‌های زیرزمینی کم عمق بوده و ادامه‌ی جریان آلودگی را به همراه زهکشی زیرزمینی برای دوره‌ای طولانی به دنبال خواهد داشت.

۱- اداره ناظارت بر آفت‌کش‌ها، کالیفرنیا، ۱۹۹۴

عناصر کمیاب سمى

تفاوت عناصر کمیاب معدنی با ترکیبات مصنوعی آلی (آفت‌کش‌ها) در آن است که این عناصر همگی در طبیعت به مقدار ناچیز وجود دارند و دیگر اینکه یک حد طبیعی برای تحمل این مواد وجود دارد. همچنین یک حد واسطه بین حد تحمل طبیعی و آستانه سمیت وجود دارد. به این ترتیب داشتن اطلاعات خوب درباره غلظت عناصر کمیاب در زه‌آب، برای توسعه روش‌های درست استفاده مجدد و دفع زه‌آب، ضروری است.

اگر در خلال فعالیت‌های آبیاری و زهکشی، غلظت‌های زیادی از عناصر کمیاب غیرآلی در خاک یا آب‌های زیرزمینی جابجا شوند، می‌توانند به منزله تهدیدی علیه محیط زیست مطرح گردند. آنها می‌توانند در زه‌آب جمع شده و در غلظت‌های به نسبت بالا، در محیط تخلیه شوند یا اینکه در غلظت‌های پایین وارد محیط گردیده و در بافت‌های موجودات زنده تجمع نمایند و داخل زنجیره غذایی شوند و بدین‌سان به عنوان تهدیدی علیه کشاورزی، حیات وحش، آب آشامیدنی و تندرستی انسان وارد عمل گردند.

مهم‌ترین عناصر کمیاب، آنهایی هستند که از سوی سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA)، به عنوان آلانده‌های اولویت‌دار مشخص گردیده و به عنوان آلانده‌هایی که با کشت آبی مرتبط می‌باشند، ثبت شده‌اند.

دورل و فوجی^(۱) این آلانده‌های اولویت‌دار را در چهار رده دسته‌بندی نموده و عوامل تأثیرگذار بر پیدایش و جایه جایی آنها در خاک‌های آبیاری شده و آب زیرزمینی را بررسی کردند (جدول ۲). کاوش‌های اخیر در سان‌ژواکین^(۲) و ساکرامنتو^(۳) و امپریال والی^(۴) در کالیفرنیا نشان داده‌اند که ساختار زمین‌شناسی منطقه‌ی تحت آبیاری، دخالت تنگاتنگی در پیدایش و افزایش غلظت عناصر کمیاب دارد.^(۵) دورل و

1- Deverel and Fujii, 1990

2- San Joaquin

3- Sacramento

4- Imperial Valley

5- Deverel et al, 1984; westcot et al, 1989, 1993

فوجی در سال ۱۹۹۰ هم چنین نتیجه گرفتند که در مناطق خشک آبیاری شده، غلظت‌های زیاد عناصر کمیاب و شوری زیاد در خاک و آب زیرزمینی، همراه با هم روی می‌دهند و فرایندهای مشابهی بر هر دو اثر می‌گذارند. آنها نتیجه گرفتند که غلظت‌های بالای عناصر کمیاب ممکن است به صورت مستقل از شوری در خاک مناطق مرطوب دیده شوند. بدین ترتیب عناصر کمیاب به منزله یک اولویت در ارزیابی و برآورد کلیه طرح‌های زهکشی مطرح می‌باشند.

جدول - ۲- ماهیت ژئوشیمیایی عناصر کمیاب^(۱)

فلزات قلیایی و قلیایی خاکی	فلزات واسطه	غیرفلزات	فلزات سنگین
باریم لیتیم	کرم مولیبدن وانادیم	ارسینیک بر سلنیم	کادمیم مس سرب جیوه نیکل روی

هیچ‌گونه ارقامی وجود ندارد که نشان دهد غلظت عناصر کمیاب در جریان زهکشی سطحی، بیش از مقدار آن در آبی است که هنوز در سطح مزرعه پخش نشده است و به طور معمول انتظار نمی‌رود که در رواناب‌های سطحی، افزایشی در غلظت عناصر کمیاب روی دهد. به این ترتیب، بررسی آنها الزامی نیست.

توانایی پیش‌گویی غلظت‌های بالای عناصر کمیاب که در زه‌آب‌های زیرزمینی می‌تواند رخ دهد، بسیار با اهمیت است. باون در سال ۱۹۷۹ و شاکلت و بورنگن در سال ۱۹۸۴^(۲)، دامنه

5- Deverel & Fujii, 1990

10- Bowen, 1979, Shacklette and Borngen, 1984

تغییرات غلظت آلاینده‌های کمیاب اولویت دار را در خاک، همراه با میانگین آنها تهیه نمودند که در جدول ۳ دیده می‌شود. مقایسه غلظت‌های موجود در خاک مورد مطالعه با ارقام این جدول، به عنوان پیش‌زمینه، یک تخمین اولیه درباره میزان عناصر کمیاب قابل تراویش، ارائه خواهد داد. این برآورد می‌تواند همگام با نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی کم عمق در رابطه با عناصر مشابه صورت گیرد.

جدول ۳- غلظت‌های بی خطر عناصر کمیاب که به طور معمول در خاک‌های غرب ایالات متحده امریکا، مورد انتظار هستند^(۱).

حدود (دامنه تغییرات)	حدود (میانگین هندسی)	عنصر
غلظت mg/Kg		
< ۰/۰۱	۵/۵	ارستیک
۰/۰۱ - ۰/۰۵	۵۸۰	باریم
< ۰/۰۵	۲۳	بر
نامعلوم	نامعلوم	کادمیم
۰/۰۵ - ۰/۰۷	۴۱	کرم
< ۰/۰۷	۲۱	مس
< ۰/۰۹ - ۰/۱۰	۱۷	سرب
< ۰/۱۰ - ۰/۱۶	۰/۰۴۶	جیوه
< ۰/۱۶ - ۰/۳۷	۰/۰۸۵	مولیبدن
< ۰/۳۷ - ۰/۵۰	۱۵	نیکل
< ۰/۵۰ - ۰/۷۰	۰/۰۲۳	سلنیم
< ۰/۷۰ - ۰/۱۰	۲۰۰	استرانسیم
< ۰/۱۰ - ۰/۱۸	۲/۵	اورانیوم
< ۰/۱۸ - ۰/۳۰	۷۰	وانادیم
< ۰/۳۰ - ۰/۴۰	۵۵	روی

1- Bowen, 1979, Shacklette, 1984

مواد مغذی

دو ماده مغذی عمدۀ که در زه آب یافت می شوند: نیتروژن و فسفر هستند و هر دو به خوراکوری (اوتریفیکاسیون) آب های سطحی کمک می کنند.

نیتروژن می تواند به صورت ترکیب آلی (آمونیوم) یا به صورت معدنی (نیترات) ظاهر شود که البته در زهکشی های سطحی، صورت آلی آن که از شسته شدن مواد آلی در سطح مزرعه ناشی می شود، فراوان تر دیده می شود و آن شاخص می تواند به عنوان مبنای سنجش کیفیت هرگونه زه آب سطحی بررسی گردد. در مناطقی که بارندگی زیاد دارند، این یک مشکل همیشگی است در حالی که در مناطق خشک، موضوع چندان مهمی به شمار نمی آید. آمونیاک می تواند بر روی ذرات رس با توجه به بار الکتریکی مثبت آنها جذب شده و نیز می تواند تبخیر گردد.

نمونه برداری های اخیر در دره سان ژواکین کالیفرنیا، تقریباً اثری از نیترات (NO-3) در رواناب های سطحی مناطق آبیاری شده، به دست نداده است که این را می توان با مصرف انداز کودهای نیتراته در خاک های منطقه، مرتبط دانست.

در زه آب های زیرزمینی، نیترات بر دیگر شکل های ترکیبی نیتروژن، برتری دارد و می تواند به عنوان مبنای سنجش کیفی زه آب زیرزمینی برگزیده شود. وجود غلطت های بالای نیترات در زه آب های زیرزمینی می تواند سرچشممه های زیادی داشته باشد، مانند: نهشته های زمین شناختی، تجزیه مواد آلی طبیعی و نفوذ عمقی نیترات از سطح خاک در اثر مصرف کودهای شیمیایی. آلدگی نیترات در زه آب های زیرزمینی از سوی مادراموتو و همکاران در سال ۱۹۹۲ گزارش گردیده است. نیتروژن معدنی به صورت ترکیبات نیترات (NO-3) و نیتریت (NO-2) و در حالت محلول منتقل می شود. نسبت اشکال شیمیایی شده در زه آب بستگی به این دارد که کدام نوع زهکشی غالب باشد. خطرناک ترین شکل ترکیبی نیتروژن، نیتریت است که معمولاً به صورت یک ترکیب انتقالی و در مقادیر انداز یافت می شود (نیتریت در اثر اکسید شدن آمونیاک توسط باکتری های موسوم به نیتروزومونا تشکیل شده و با اکسید شدن به نیترات تبدیل می شود که باکتری هایی موسوم به نیتروباکترها این عمل را نجام می دهند - مترجم).

زه‌آب‌های کشاورزی هم‌چنین حاوی فسفات به هر دو صورت آلی و معدنی می‌باشد. بیشترین فسفات موجود در زه‌آب سطحی از نوع آلی است و در زه‌آب‌های زیرزمینی مقادیر اندکی از فسفات دیده می‌شود زیرا این ماده قابلیت جذب بالایی بر روی خاک‌های مناطق خشک و مرطوب دارد.^(۱)

رسوب

همان‌گونه که فرسایش در اثر باران یکی از سرچشمه‌های بارز رسوبات است، کشت آبی هم ممکن است به صورت مستقیم در اثر جریان آب یا غیرمستقیم در نتیجه مدیریت غیربهینه اراضی، فرسایش ایجاد نماید. رسوبات موجود در رواناب سطحی اراضی کشاورزی می‌توانند فسفر و انواع خاصی از آفت‌کش‌ها را با خود به منابع آب‌های سطحی حمل کنند و در نتیجه باعث آلودگی در زنجیره غذایی یا تأثیر زیان‌بار بر دیگر کاربری‌های مفید آب شوند. رسوب گذاری بی‌رویه هم‌چنین می‌تواند محیط زیست رودخانه‌ای را تخریب کند، سلامت و تنوع زیستی ماهیان و حیات وحش را مختل نماید، کاربردهای تزئینی را محدود کند و به هزینه‌های مدیریت سیلا布 و تصفیه آب آشامیدنی بیافزاید.

از آنجاکه زه‌آب زیرزمینی در درجه نخست، نوعی آب زیرزمینی است، لذا انتظار حمل رسوب قابل توجهی از آن نمی‌رود. هرچند که اطلاعات مدونی درباره بار رسوب زه‌آب‌های زیرزمینی در دسترس نیست، اما به طور معمول، رسوب موضوع مهمی در زهکشی زیرزمینی تلقی نمی‌شود. با وجود این، گاهی اوقات ممکن است یک مجرای زهکش زیرزمینی، ضعیف اجرا شده باشد یا بعد از ساخت، دچار شکستگی شود و مقادیر قابل توجهی از رسوبات در زهکش‌ها جمع شود که این ممکن است سبب انسداد زهکش‌ها و مختل شدن کار آنها شود و یا رسوبات همراه با جریان خروجی از زهکش‌ها تخلیه گردند.

گذشته از این‌ها در پاره‌ای از خاک‌های خاص، زهکش‌هایی که با پوشش نامناسب یا روش نادرست اجرا شوند، می‌توانند ذرات ریز ماسه و سیلت را در خود جمع کنند

و این رسوبات به ناگاهه زهکش‌ها را مسدود خواهند نمود و یا همراه با زه‌آب تخلیه خواهند شد. در هر حال، آب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی که به طور معمول عاری از رسوب است، ممکن است دیواره‌های بدون پوشش مجاری زهکش سطحی را فرسایش دهند و بار رسوب موجود در زه‌آب را افزایش دهند.

فرسایش یک فرآیند زمین‌شناختی طبیعی است، با وجود این، هرچند که نمی‌توان آن را حذف نمود اما می‌توان حمل رسوب را تا حد قابل قبولی مهار کرد.

باکتری‌ها

باکتری‌ها آلاینده‌های بالقوه‌ای هستند که در جریان‌های سطحی منشاء گرفته از زمین‌هایی یافت می‌شوند که در آنها از فضولات انسانی یا حیوانی استفاده شده است. آلودگی باکتریایی هم چنین می‌تواند در جریان‌های خروجی تالاب‌ها دیده شود. در ارزیابی آلودگی‌های باکتری‌شناختی، تکیه بر اندازه‌گیری مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم مدفوعی در آب می‌باشد. کمتر پیش می‌آید که مقادیر غیرمعمول باکتری‌ها در اثر بهره‌برداری عادی از یک طرح کشت آبی در زه‌آب سطحی تولید گردد. وجود کلیفرم یا کلیفرم مدفوعی در زه‌آب، دلالت بر ورود نوعی فاضلاب اعم از شهری، صنعتی یا دامی در شبکه زهکشی دارد.

از آنجاکه خاک نوعی صافی زیستی است، میکروارگانیزم‌ها به ندرت می‌توانند از آب‌های سطحی به میان خاک و از آنجا به شبکه زهکشی زیرزمینی نقل مکان کنند و تا کنون نه آماری از اندازه‌گیری تعداد کلیفرم مجموع یا کلیفرم مدفوعی در شبکه زهکشی زیرزمینی به دست آمده است و نه به نظر می‌رسد که مشکل عملده‌ای در این باره وجود داشته باشد.

دما

هنگامی که مزارع آبیاری شده یا زمین‌های تالابی و نیزارها به وسیله پرتو خورشید گرم می‌شوند، دمای آب در آنجا بالا می‌رود و آب اضافی این مناطق به جریان آب‌های سطحی تخلیه شده، افزایشی در دمای آنها پدید می‌آورد. این مشکل هنگامی و خیم‌تر

می شود که جریان آب رودخانه در اثر برداشت و انحراف آب به منظور آبیاری و احداث تالاب، کاهش یافته باشد. افزایش دما به ویژه بر روی حیات آبزیان در رودخانه های سردابی و رودهایی که در آنها ماهی پرورش می دهنند، اثر مستقیم دارد. در هر گونه نظام پایش آب های سطحی، چنان چه پدیده افزایش دما محتمل باشد، یکی از اجزاء اساسی این نظام، بررسی دماسنجی خواهد بود. گاهی اوقات، نیروگاه ها عامل افزایش دما در آب های پایین دست خروجی خود می باشند.

برخلاف زهکشی سطحی، در زهکشی زیرزمینی، همانند آب های زیرزمینی، دمای زه آب، به نسبت یکسان است و دمای زه آب های زیرزمینی به آسانی قابل پیش گویی است زیرا آنها نزدیک به دمای میانگین فصلی یا سالانه می باشند. اندازه گیری دما در دره سان ژواکین کالیفرنیا، میانگین دما را برای زه آب خروجی از زهکش های زیرزمینی، حدود ۱۷ درجه سانتی گراد با تغییرات کمتر از ۲ درجه نشان داده است. چنین دمایی به نسبت خنک است و انتظار می رود که اثری بر پرورش ماهیان گرمابی نداشته باشد، زیرا به سرعت با دمای هوای محیط به تعادل می رسد.

شوری و یون های شیمیایی عمدۀ

برآیند فعالیت های آبیاری، به مصرف رساندن آب و به جا گذاشتن نمک هایی است که در حجم کمتری از آب، متتمرکز شده اند. در کنار آبیاری، دو نوع زهکشی می تواند انجام شود. زهکشی سطحی و زهکشی عمقی (زیرزمینی)، ریوی و همکاران در سال ۱۳ ۱۹۵۵ چنین عنوان کردند که مقدار نمک در آبی که از روی خاک جریان می یابد، حتی در صورت وجود قشرهای نمکی، تغییر زیادی نمی کند. مطالعات انجام شده بر روی هرز آب ها در دره سان ژواکین کالیفرنیا همچنین نشان داده اند که ترکیب شیمیایی هرز آب سطحی، اساساً به ترکیب شیمیایی آب آبیاری، وابسته است.

نمک ها یکی از شاخص های عمدۀ کیفیت آب در انتخاب روش دفع زه آب های

زیرزمینی در طرح‌های آبیاری مناطق خشک به شمار می‌روند. شوری می‌تواند در استفاده دوباره از زه‌آب برای اهداف کشاورزی یا شهری، محدودیت ایجاد کند و از همین رو بارزترین موضوع در رابطه با کیفیت آب است که در درازمدت در مدیریت کشاورزی مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد. در مناطق مرطوب، شوری به عنوان موضوعی خطیر، در زه‌آب‌های زیرزمینی مورد توجه نبوده است که این به میزان زیاد بارش، ظرفیت بالای رقیق‌سازی در آب‌های سطحی و در صد پایین نمک اولیه در خاک این مناطق ربط دارد.

آبیاری در مناطق خشک، نمک‌هایی را که به طور طبیعی در خاک وجود دارند جابه‌جا کرده و آنها را به همراه نمک‌هایی که در خود آب آبیاری یافت می‌شوند، متمرکز می‌نماید. در میان نمک‌هایی که به وسیله یک زه‌آب زهکشی زیرزمینی جذب می‌شوند، اغلب، بیشترین غلظت کاتیون‌ها به Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ و پس از آنها سهم کمتری به پتاسیم K^+ اختصاص دارد. در بین آنیون‌ها، عمدت‌ترین آنها عبارتند از: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- و CO_3^{2-} . در میان بیشتر زه‌آب‌های زیرزمینی، نمک‌های کلرید سدیم $NaCl$ و سولفات سدیم Na_2SO_4 بر دیگر نمک‌ها تفوق دارند. این نمک‌ها موادی غیرسمی هستند که تنها در صورتی که بیش از حد در خاک متمرکز شوند، مشکل‌زا می‌گردند. علاوه‌بر این، آب‌های دارای سولفات منیزیم $MgSO_4$ نیز مشاهده شده‌اند. کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب، برگزینش روش‌های استفاده مجدد و دفع زه‌آب اثر می‌گذارند. در زه‌آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک، مقدار شوری، میزان سدیم و کلر، سختی و نسبت جذب سدیم (SAR)، همیشه بیش از مقدار آنها در آب آبیاری می‌باشد. افزایش در مقدار شوری و یون‌های خاص، بازتابی از مشخصات خاکی است که در خلال آبیاری، آب در آن نفوذ می‌کند. این فرایند تحت تأثیر کیفیت آب‌های زیرزمینی کم عمق، ترکیب یونی آب آبیاری و بازدهی آبیاری می‌باشد. نوع نمک‌های نیز تحت تأثیر مجموعه‌ای از واکنش‌های شیمیایی چند فازه وابسته به هم، هستند. برای پیش‌گویی حرکت محلول‌ها در خاک، چند نوع مدل ریاضی در دسترس می‌باشند.^(۱)

یکی از مؤلفه‌های اساسی برای هر طرح استفاده مجدد یا دفع زه‌آب زیرزمینی، تخمین کامل مقدار شوری می‌باشد.

ترکیبات گوگردی

اغلب اوقات در هنگام زهکشی خاک‌هایی از نوع سولفاکپت ۱۵ یا خاک‌های اسیدی سولفاتی، با مشکلات کیفی آب مواجه می‌شویم. چنین خاک‌هایی بیش از همه در دلتای رودخانه‌های مناطق استوایی یافت می‌شوند. توسعه زهکشی در خاک‌های سولفاکپت به افزایش جریان خروجی آب‌های اسیدی منجر می‌گردد و مقادیر زیادی از اسید سولفوریک ممکن است به رودخانه‌ها تخلیه شوند. همچنین با کاهش pH ممکن است به زندگی آبزیان لطمه وارد آید. گذشته از اینها، آهن و آلومینیوم می‌توانند در این خاک‌ها جایه جا شده و چنان‌چه آب‌های حاوی این ترکیبات به مصارف شرب خانگی برسند، برای تندرستی انسان‌ها مشکل پدید می‌آورند.

حفظ سودمندی مصارف آب

استفاده دوباره و دفع زه‌آب کشاورزی باید سازگار با پایداری محیط زیست باشد. این به معنی آن است که امکان انجام دیگر مصارف از منابع آبی که تحت تأثیر منفی طرح زهکشی قرار نخواهد گرفت، فراهم گردد. درک کیفیت آب مورد نیاز برای مصارف گوناگون موجود در پایین دست می‌تواند به پیشبرد روش‌های کاهش آلودگی کمک نماید. نخستین نیازهایی که باید مورد توجه قرار بگیرند، عبارتند از آب آشامیدنی، آب مورد نیاز صنایع، آب مورد نیاز کشاورزی، آب مورد نیاز مقاصد تزئینی و تفریحی و حیات آبزیان.

آب آشامیدنی و مصارف خانگی

زه آب های سطحی و زیرزمینی می توانند قابلیت آشامیدن آب را دچار افت نمایند و هزینه های آزمایش و پالایش و توزیع را بالا ببرند. یک مورد دیگر، تماس انسان با آب در هنگام شستشو، لباسشویی و مصارف تفریحی است.

سلامت آب مورد نیاز خانگی و آشامیدنی برای بیشتر دولت ها و ملت ها در مرتبه ای نخست توجه قرار دارد. منابع تأمین آب آشامیدنی می توانند تحت تأثیر غلظت رسوبات، مواد مغذی، میکروارگانیزم ها، نمک ها، سولفات، کلرید و آفت کش ها قرار بگیرند. رسوبات، هزینه های پالایش آب را می افزایند.

غلظت مواد مغذی، به ویژه نیترات بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر، مشکل بالقوه برای تندرستی عمومی به شمار می روند و علاوه بر این، غلظت زیاد این مواد، مشکلات رشد جلبک ها در آب را پدید می آورد که به مزه غیرقابل قبول آب و تشکیل مواد ثانویه از نوع تری هالومتان ها (THM)، می انجامد. وفور باکتری ها، در بر دارنده خطرات بروز بیماری ها از آب بوده و می تواند هزینه های پالایش را بالا ببرد. وجود مقدار زیادی از مواد جامد محلول (TDS) می تواند در مزه آب مشکل بیافریند. حدود توصیه شده برای شوری، کمتر از ۰/۹ دسی زیمنس بر متر و حداقل پیشنهاد شده، برابر ۲ دسی زیمنس بر متر می باشد. حدود غلظت سولفات و کلرید بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر توصیه شده است.^(۱) شوری زیاد زه آب های زیرزمینی هم می تواند با توجه به سختی بالای آب، هزینه های پالایش را افزایش دهد.

حدود غلظت آفت کش ها در زه آب، در صورتی که ورود جریان خروجی زه آب به یکی از منابع شناخته شده آب آشامیدنی پیش بینی شود، باید مورد آزمایش و نظارت قرار بگیرند. عناصر کمیاب هم ممکن است سبب بروز سمیت در آب شوند. حدود توصیه شده برای عناصر کمیاب در آب آشامیدنی، در جدول ۴ نشان داده شده اند.

مصارف صنعتی آب

فرایندهای تهیه آب برای مصرف صنایع در درجه نخست، تحت تأثیر عمیق شوری زیاد می‌باشند. مهم ترین مسئله این است که سختی افزایش یافته. در این میان، می‌تواند سبب گرفتگی و رسوب گذاری و افزایش هزینه‌های پالایش و خالص‌سازی پیش از مصرف گردد. تخلیه زه آب به یکی از منابع تأمین آب صنعتی باید از دیدگاه شوری و سختی آب مورد دقت نظر قرار گیرد.

اثرات ثانویه زه آب بر منابع آب مورد نیاز صنایع ممکن است مربوط به مواد مغذی، رسوبات میکروارگانیزم‌ها و آفت‌کش‌ها گردد. اینها می‌توانند نوع کاربرد آب را محدود نموده و یا هزینه‌های پالایش قبل از مصرف را بالا ببرند.

مصارف کشاورزی

صرف کنندگان آب کشاورزی در وله اول، در معرض اثرات شوری یا نمک‌های منفرد موجود در آب مصرفی قرار دارند. شوری کلی می‌تواند تولید محصول را پایین آورده و هزینه‌های مهار اثرات نمک را بالا ببرد. پاره‌ای از نمک‌های خاص از قبیل بر، ترکیبات کلرید و سدیم، می‌توانند اثرات سمی بر روی گیاه داشته باشند. علاوه بر این، سدیم می‌تواند در نفوذپذیری خاک مشکلاتی ایجاد نماید.

از آنجاکه زه آب زیرزمینی به خودی خود از مجموع نمک‌ها، سدیم، کلراید و بر، نسبتاً غنی است، مصرف کنندگان آب کشاورزی، از پیامدهای ورود آن به منابع آب مصرفی، متأثر خواهند شد. دستورالعمل‌های متعددی درباره بهره‌گیری از آب‌های دارای شوری زیاد در کشاورزی منتشر شده‌اند.^(۱)

عناصر کمیاب یکی از موضوعات مطرح در در مورد استفاده از آب برای آبیاری یا آشامیدن حیوانات می‌باشند. مقادیر پیشنهادی به عنوان راهنمای برای مصارف آبیاری در

1- Ayers and Westcot, 1985; ASCE, 1990 Rhoades et al, 1992

جدول (۴) ارائه شده‌اند. ضوابط راهنمای آب آشامیدنی حیوانات همراه با مباحثی درباره مقادیر راهنمای مصارف آبیاری، توسط آبریز و وستکات در سال ۱۹۸۵ ارائه شده‌اند. در بیشتر موارد، حدود قابل قبول عناصر کمیاب برای کشاورزی آبی، ممکن است خفیف‌تر از حدود لازم برای دیگر مقاصد، نظیر حیات آبی باشند. از این رو مصارف کشاورزی ممکن است تعیین‌کننده‌ی شدیدترین محدودیت‌ها نباشد. موارد استثنایی در مورد مولیبدن و سلنیم وجود دارند که این مواد می‌توانند در محصولات اباحت شده و برای مصرف کنندگان این محصولات، اثرات سمی به همراه داشته باشند.^(۱)

حیات آبی

ارزش‌گذاری‌های عمومی به منظور حفاظت از حیات آبزیان و حیات وحش ساکن در تالاب‌ها و نیزارها، در ارتباط با تجدید حیات، سلامت و تنوع زیستی ماهیان، جانوران و گیاهان آبی است. در صورت تخلیه حساب نشده و بدون ضابطه زه‌آب‌های زیرزمینی، آلاینده‌های موجود در آنها ممکن است دارای اثرات مستقیم سمی بوده یا در بافت‌های موجودات زنده اباحته گردند. همین طور امکان دارد در درازمدت به سلامت گیاهان و جانوران آسیب برسانند و یا توان تکثیر و تولید مثل گونه‌های آبزی را بکاهند.

آلاینده‌های اولویت‌دار در زه‌آب سطحی عبارتند از آفت‌کش‌ها، رسوبات و دما. افزایش دما می‌تواند برای ماهیان سردابی، پدیده‌ای مخرب باشد. رسوبات می‌توانند موجب زوال تدریجی ساکنین زنده‌ی آب‌ها شده یا توانایی نفوذ نور را در آب کاهش دهند و توسعه غذایی در آب را محدود نمایند. با آنکه آفت‌کش‌ها مهم‌ترین آلاینده‌های مربوط به زه‌آب سطحی هستند ولی معیارهای اندکی برای تعیین حدود مجاز این مواد در آب، موجود می‌باشند. لذا پیشنهاد می‌شود که کاوشنها و تحلیل‌ها بر روی سمیت در محیط آبی، مرکز گردند. این کار می‌تواند در چارچوب سه آزمایش مخصوص که توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) تعیین گردیده‌اند، سازماندهی شود.^(۲)

جدول - ۴- خلاصه‌ی غلظت‌های اندازه‌گیری شده‌ی عناصر کمیاب در آب زیرزمینی
کم عمق در دره سان‌زوکین کالیفرنیا ۲۰ و معیارهای کیفی تصویب شده ایالات
متّحده برای آب آشامیدنی، حفاظت حیات آبی ۲۱ و آبیاری ۲۲

نوع ماده	معیارهای کیفی برای غلظت				
	حدود مجاز برای حفظ حیات آبی	حدود مجاز برای آبیاری	استاندارد آب آشامیدنی	غلظت اندازه‌گیری شده	میانگین
			g/Litrem	g/Litrem	
arsenic	۴۶	۱۰۰	۵۰	۱۴۰۰	۴۴
بر	-	-	-	۱۲۰۰۰	۳۱۰۰
cadmium	۰/۵	۱۰	۱۰	۲	۱۰
کرم	۱۱	۱۰۰	۵۰	۱۷۰	۱۰
مس	۵/۴	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۳	۲
آهن	-	۵۰۰	۳۰۰	۷۴۰۰	۵۰
سرب	۰/۹	۵۰۰۰	۵۰	۱۷	۱۰
لیتیم	-	۲۵۰۰	-	۴۳۰	۹۰
منگنز	-	۲۰۰	۵۰	۲۵۰۰	۳۰
جبوه	۰/۱	-	۲	۱/۶	۰/۱۰
Molybdenum	-	۱۰	-	۶۶۰۰	۶۴۰
نیکل	۶۵۰	۱۰	۶۰۰	۲۸۱۵	۴۷
سلنیم	۳۵	۲۰	۱۰	۳۸۰۰	۶
اورانیوم	-	-	-	۳۱۰۰	۱۷۰
وانادیم	-	۱۰۰	-	۹۴۵	۶۱
روی	۴۷	۲۰۰۰	-	۶۲۰	۱۱

1- Deverl et al, 1984; Chilcott et al, 1988-1990

۲- مقدار میانگین TDS براساس نظر دورل و همکاران، ۲۳۵۰ میلی گرم در لیتر بوده است.

3- Ayers and Westcot, 1985

آلاینده‌های اولویت دار در زه‌آب زیرزمینی، عناصر کمیاب می‌باشند. جدول (۴)، فهرستی از حدود توصیه شده‌ی عناصر کمیاب برای حفظ حیات آبزیان ارائه نموده است. در بیشتر موارد، غلظت عناصر کمیاب در آب‌های طبیعی بسیار پایین است.^(۱) تجربه‌ای جدید نشان می‌دهد که حدود غلظت عناصر کمیاب در زه‌آب زیرزمینی ممکن است افزایش یابد (جدول های ۳ و ۴) و اغلب از غلظت‌های موجود در آب دریا و یا دریاچه‌های بسته و شور، تعjaوز می‌کند.^(۲)

در دره‌سان ژواکین در کالیفرنیا، اثرات تخلیه زه‌آب‌ها بر حیات آبی نمایان شده است. در این منطقه، شش عنصر بالقوه سمی شناسایی شده‌اند که که غلظت آنها در حدی است که می‌تواند زیان‌هایی بر حیات آبی داشته باشند. این عناصر عبارتند از آرسنیک As، بر B، جیوه Hg، مولیبدن Mo، سلنیم Se، اورانیوم U. توصیه می‌شود تمام مناطق تحت زهکشی، در ارتباط با این شش عنصر که می‌توانند آسیب‌های سخت به حیات آبزیان وارد آورند، مورد کاوش و بررسی قرار گیرند. جیوه و سلنیم از حساسیت ویژه‌ای در رابطه با حیات آبی برخوردارند زیرا حتی در غلظت‌های بسیار پایین می‌توانند در بافت‌های زنده انباسته گردند. بر به عنوان یک ماده زیانبار برای محصولات کشاورزی شناخته شده است و اثرات مشابهی از آن بر روی گیاهان آبزی انتظار می‌رود.

آرسنیک به عنوان ماده‌ای سرطان‌زا برای انسان در غلظت‌های کم شناخته شده و با وجود عدم دسترسی به اطلاعات مستند، این عنصر می‌تواند اثرات مشابهی بر روی آبزیان و حیات وحش محیط‌های آبی داشته باشد.^(۳) گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از مولیبدن و سلنیم را تحمل نمایند، اما هر دو عنصر، از جمله‌ی مواد ذخیره شونده در محصولات علوفه‌ای به شمار می‌روند و می‌توانند زیان‌هایی برای دام‌ها و یا جانوران وحشی که این محصولات را مصرف می‌نمایند، داشته باشند. درباره اورانیوم اطلاعاتی در دست نیست و یا لا اقل بسیار ناچیز است. دیگر عناصر کمیاب همچون مس، آهن منگنز و روی، قابلیت انحلال اندکی در خاک‌های شور و قلیابی دارند و انتظار نمی‌رود که در چنین شرایطی اثر قابل توجهی به جا بگذارند.^(۴)

1- Westcot et al 1990b

2- Westcot et al 1990a

3- Deverel and Fujii, 1990

4- Page et al, 1990

مصارف تفریحی و زیباسازی

جنبه زینت‌بخشی و زیباسازی آب کم به صورت بخش مهمی در بسیاری از اقتصادها در می‌آید. تخلیه زه‌آب زیرزمینی می‌تواند به ارزش زیباشناختی و زینت‌بخشی آب لطمه وارد آورده و این مؤلفه اقتصادی را معیوب سازد. کاستن ارزش آب همراه با اثرات زیانبار بر روی حیات آبی که در بالا بدان اشاره شد، تماس انسان را با زه‌آب به خاطر مقادیر زیاد آفت‌کش‌ها، رسوبات و باکتری‌ها، محدود خواهد نمود. این اثرات معمولاً از شبکه‌های زهکشی سطحی ناشی می‌شوند. موضوع دیگری که در مرحله دوم با جنبه‌ی تفریحی و زیباسازی آب مربوط گشته و در نتیجه‌ی زه‌آب‌های زیرزمینی بروز می‌کند، تخلیه مواد مغذی است که ممکن است پدیده خوراکوری آب‌ها (اوتروفیکاسیون) را به وجود آورده و رشد بی‌رویه گیاهان آبری را تسريع نماید. این حالت به از دست رفتن ارزش‌های زیباشناختی آب‌های تفریجگاهی متنه‌ی خواهد شد.

فصل سوم

مدیریت سطح آب زیرزمینی

اقداماتی در زمینه مدیریت عملیات زراعی و مدیریت آب وجود دارند که می توانند در مقیاس های سطح مزارع و سفره های آب زیرزمینی به اجرا درآیند تا غلظت مواد شیمیایی (به خصوص مواد مغذی و آفت کش ها) را در زه آب کشاورزی کاهش دهند. عملیات زراعی شامل زراعت، روش های کشت گیاه و کاربرد بهبود یافته و زمان بندی شده کود و سم می باشند.

یک اقدام مدیریتی که توانسته تا حد قابل ملاحظه ای نیتروژن نیتراتی را در زه آب کاهش دهد، کنترل سطح آب زیرزمینی است. این فن در نواحی مرطوب شرق کانادا و غرب میانه ایالات متحده به آزمایش گذارده شده و هم اکنون به صورت یک روش ترکیبی آبیاری - زهکشی در این نواحی نسبتاً هموار که به صورت مصنوعی زهکشی می شوند در حال انجام است تا عملکرد محصولات را بالا ببرد و از آلودگی نیترات بکاهد. کیفیت آبهایی که از این راه به دست آمده اند با این روش بهبود یافته است. فواید کیفی آب در رابطه با مدیریت سطح آب زیرزمینی در نوشه های گیلیام (1979، 1987)^(۱) به خوبی توصیف شده است. سیستم های مدیریتی سطح آب زیرزمینی هم اکنون در حال آزمایش در برخی از قسمت های اروپا و آسیا هستند. این اقدامات در نواحی خشک و نیمه خشک نیاز به ارزیابی بیشتری دارند، هر چند که در این نواحی نیز قابلیت هایی برای مدیریت سطح آب زیرزمینی وجود دارد.

در هر حال برای اینکه اطمینان حاصل شود که محدوده ریشه گیاه دچار سورشدگی مجدد نمی گردد، مدیریت مناسب سطح آب زیرزمینی ضروری است. تلاش های اولیه برای آبیاری زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل شورشدن خاک به شکست انجامیده است. برای بررسی اثر عمق های مختلف سطح آب زیرزمینی بر روی

1- Gillian et al. 1979, 1987

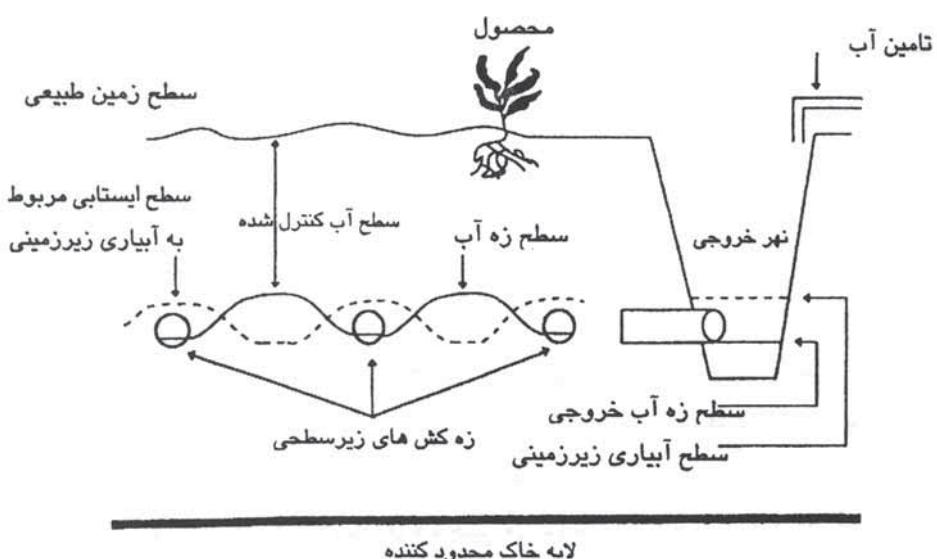
عملکرد محصول و حرکت نمک در محدوده ریشه گیاه در خاک‌های گوناگون و موقعیت‌های اقلیمی متفاوت، اطلاعات بیشتری مورد نیاز است به همین دلایل، در این بخش تمرکز بحث بر روی مدیریت سطح آب زیرزمینی در مناطق مرطوب می‌باشد.

در مناطق مرطوب آمریکای شمالی، در زمین‌هایی که پیش از این با زهکشی سطحی و زیرزمینی بهبود یافته بودند، مدیریت سطح آب زیرزمینی گسترش یافته است. بهبود به وسیله زهکشی در ابتدا برای این اراضی زهدار لازم بود تا تولید محصول افزایش یابد و شرایط بهتری برای قابلیت ترد خودروها روی خاک فراهم گردد.

به خاطر مسائل کیفی و اثرات زه آب کشاورزی بر زیست بوم‌های دریابی، همانگونه که آلدگی نیترات برآب آشامیدنی اثر می‌گذارد - شبکه‌های زهکشی در جهت کاهش غلظت آلاینده‌ها در زه آب خروجی، اصلاح گردیدند. مدیریت سطح آب زیرزمینی سالهاست که بر روی خاک‌های آلى و ماسه‌ای مناطق مرطوب به منظور کاهش تنفس کم‌آبی بر گیاهان با ارزش به مرحله عمل گذاشته شده است.

دورنمای عمومی

مدیریت سطح آب زیرزمینی به دو گونه انجام می‌شود: زهکشی کنترل شده و آبیاری زیرزمینی. زهکشی کنترل شده میزان جریان تخلیه از خروجی یک زهکش زیرزمینی یا زهکش اصلی روباز را محدود می‌نماید در نتیجه در سطح مزرعه سطح آب زیرزمینی بالاتری به وجود می‌آورد. سطح آب در طول زمان به طور طبیعی در نتیجه نفوذ عمقی و تبخیر، افت می‌کند و تنها در صورت رخداد بارندگی افزایش می‌یابد. در آبیاری زیرزمینی، آب به آهستگی و تقریباً به طور پیوسته. به درون نهرهای روباز یا شبکه زهکشی زیرزمینی پمپ می‌شود تا یک سطح تقریباً ثابت آب زیرزمینی به وجود آید. در صورتی که بارندگی شدید روی دهد و سطح آب از حد مطلوب بالاتر بیاید، تزریق آب متوقف می‌گردد. آنگاه آب اضافی از طریق سازه کنترل در نهر یا سازه خروجی زهکش، تخلیه می‌شود. چنین سیستم‌هایی در شکل ۳ نمایش داده شده‌اند.



شکل ۳ - نمایی از یک سامانه‌ی مدیریت سطح آب زیرزمینی

از طریق سطوح بالاتر آب زیرزمینی، آب مورد نیاز تغذیه گیاه به وسیله صعود در اثر پدیده موینگی یا جریان رو به بالا، تأمین می‌گردد. این آب در پاسخگویی به نیاز تعرق گیاه یاری خواهد نمود و تنفس کم آبی را کاهش خواهد داد. در نتیجه آبیاری زیرزمینی، عملکرد ذرت و سویا در شرق کانادا بین ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش یافته است سود دیگری که از رهگذر سطح آب زیرزمینی بالاتر، عاید می‌شود آن است که عمل نیترات‌زدایی را تسريع می‌کند و در نتیجه از انتشار نیترات می‌کاهد. نیترات‌زدایی یک فرایند میکروبی است که در آن نیترات، پیش از حضور اکسیژن، به

نیتروژن و اکسیدهای دیگر آن (NO_X) احیا می‌شود. نیترات‌های باقی‌مانده در عمق خاک برای استفاده گیاه در دسترس قرار می‌گیرند. محققین متعددی^{*} نشان داده‌اند که مدیریت سطح آب زیرزمینی می‌تواند نیترات را در زه آب، بیش از ۶۰٪ کاهش دهد. عمل نیترات‌زدایی همچنین در آب مانده در نهرها نیز اتفاق می‌افتد. از فواید دیگر مدیریت سطح آب زیرزمینی می‌توان به: کاهش شدت جریان حداکثر و حجم آب زهکش در پایین دست، و نگهداشتن آب در خاک جهت تکمیل نیازهای آبیاری اشاره نمود. اما مواردی نیز وجود دارد که مدیریت سطح آب زیرزمینی ممکن است جریان‌های حداکثر را افزایش دهد^(۲).

سازه‌های تنظیم سطح آب زیرزمینی

در مناطقی که دارای زهکشی روباز هستند (یا بدون امکان زهکشی زیرزمینی)، سازه‌های تنظیمی از نوع تخته بندهای قائم تنظیم سطح آب می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. این تجهیزات درون آبراهه‌ها نصب می‌شوند و با برداشتن یا گذاشتن یک تخته می‌توان سطح آب را در آبراهه بالا یا پایین برد. این سازه‌ها همچنین می‌توانند برای ذخیره رواناب در آبراهه‌ها به کار روند که این رواناب بعدها در آبیاری زیرزمینی استفاده خواهد شد. با کمک تخته بندهای قائم تنظیم سطح آب می‌توان رواناب سطحی زمین‌های زهکشی شده را نیز تنظیم و مهار نمود.

میزان خروجی از زهکش زیرزمینی می‌تواند به وسیله یک سازه تنظیمی از جنس پلی وینیل کلراید (PVC) همانند آنچه که در شکل^(۴) نمایش داده شده، تنظیم گردد. این سازه‌ی تنظیم کننده سطح آب زیرزمینی در محل پیوستن به لوله جمع کننده خروجی، دارای یک لوله بالا برنده قائم می‌باشد که آب از طریق آن می‌تواند به منظور آبیاری زیرزمینی پمپ شود. برای خروجی‌های زهکش‌هایی که از پمپ استفاده می‌نمایند، می‌توان یک سیستم پمپاژ طراحی کرد و آنرا به گونه‌ای اداره نمود تا سطح مطلوب آب در چاهک‌ها و

^{*}-Willardson et al. 1972, Bengston et al. 1984, Gilliam and Skaggs 1986, Evans et al. 1992 and Lalonde et al. 1995
1-Konyha et al, 1992

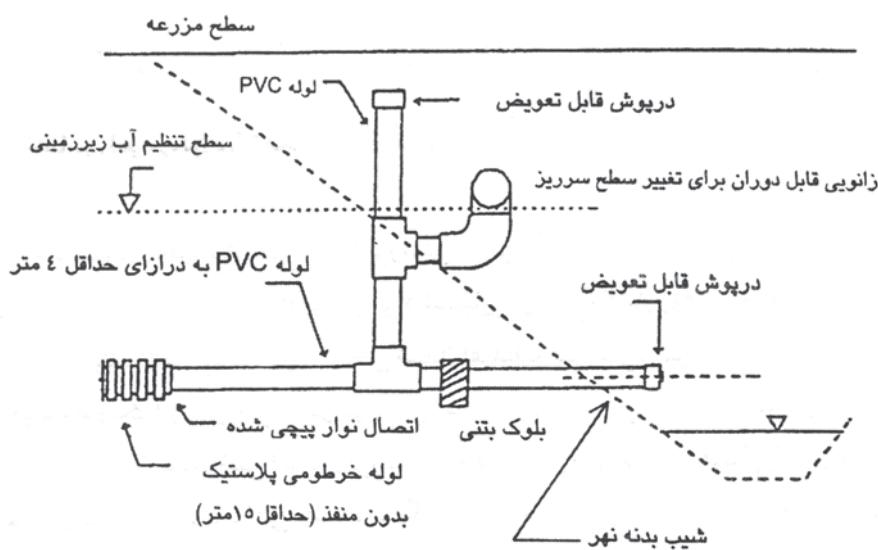
همینطور در مزرعه حفظ شود. می‌توان با استفاده از یک سنسور سطح آب که آنرا در یک چاهک در نقطه‌ای که حد میانگین سطح قرارگیری زهکش‌های افقی زیرزمینی باشد، نصب می‌کنند و این سنسور می‌تواند پمپ آب را قطع یا وصل نماید، سیستم پمپاژ را خودکار نمود.

منافع کیفی آب

آب شناسی (هیدرولوژی) زهکشی و کیفیت آب

سیستم‌های مدیریت سطح آب زیرزمینی می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که حجم آب زهکشی، شدت جریان بیشینه یا فرار مواد شیمیایی از مزارع کشاورزی یا حوضه‌های آبریز را تنظیم نمایند. بلا فاصله بعد از مشخص شدن اهداف طراحی، اثرات بالقوه آب شناختی (هیدرولوژیک) و تغییراتی که در نتیجه آنها در کیفیت آب رخ خواهد داد، باید مشخص گردند. اثرات آب شناختی (هیدرولوژیک) به درجه و روش بهبود زهکشی که در محدوده طرح پیشنهادی دست یافتنی باشند، بستگی دارند. سطوح بالای آب زیرزمینی در نتیجه ظرفیت پایین نفوذپذیری خاک‌ها و نرخ بالای رواناب‌های سطحی پدید می‌آیند و از دست رفتن مواد شیمیایی موجود در سطح خاک یا نزدیک آنرا افزایش خواهند داد. از سوی دیگر تخلیه نامحدود زهکش‌ها (عدم وجود تنظیم خروجی‌ها) سبب پایین افتادن سطح آب زیرزمینی و پیدایش ظرفیت‌های بالای نفوذ خواهد شد. در نتیجه، در دوره تخلیه زیاد زهکش‌ها، قابلیت بیشتری برای شسته شدن مواد شیمیایی قابل حل موجود در افق‌های خاک وجود دارد.

کاستن از حجم جریان‌های زهکشی می‌تواند اولین گام به سوی بهبود کیفیت زه آب باشد. "اوائز" و همکاران^(۱) در سال ۱۹۹۵ خاطرنشان ساخته‌اند که مدیریت سطح آب زیرزمینی ممکن است حجم خروجی از شبکه زهکشی را در مقایسه با شبکه‌های معمول زهکشی که فاقد تنظیم خروجی هستند، تا ۳۰ درصد کاهش دهد.



شکل - ۴ نمای جانبی یک خروجی تنظیم سطح آب زیرزمینی

با وجود این، جریان‌های خروجی بسته به جنس خاک، میزان بارندگی و نوع شبکه زهکشی، تغییرات وسیعی دارند. در سال بسیار خشک، مدیریت سطح آب زیرزمینی، ممکن است به حذف کامل جریان خروجی بیانجامد. اما در سال‌های مرطوب ممکن است بر روی کل جریان خروجی بی‌اثر یا کم اثر باشد. در طول دوره رشد، کاهش ایجاد شده در جریان خروجی در اثر اعمال مدیریت سطح آب زیرزمینی، معمولاً کمتر از ۱۵ درصد می‌باشد، بیشتر کاهش در طول دوره غیررشدی یا به عبارت دیگر زمستان و اوایل بهار، رخ می‌دهد. کاهش به وجود آمده در جریان‌های خروجی، ارتباطی با افزایش قابل توجهی در تبخیر و تعرق ندارد. افزایش مختصری ممکن است در طول

دوره رشد مشاهده شود اما این امر توجیه گر تفاوت های موجود در فصل زمستان که بیشترین کاهش در آن زمان رخ می دهد نیست. امکان دارد که این مقدار آب به دلیل نشت از طریق زهکش های جانبی به حوضچه های راکد یا از طریق نفوذ عمقی به سفره آب زیرزمینی، از محیط خارج شده باشد. بسته به حالت هندسی سفره آب زیرزمینی، این آب ممکن است در پایین دست دوباره نمایان شود و قابل اندازه گیری باشد.

معمولا همراه با توسعه زهکشی، گرایش به کاشت محصولات پرارزش تر و کاربرد بیشتر مواد شیمیایی پدیدار می گردد که این امر منتهی به افزایش بار مواد شیمیایی در رواناب سطحی و جریان های خروجی زه آب زیرزمینی خواهد شد. به این ترتیب روش های تولید محصول می باشد بر افزایش بازدهی در کاربرد آب و کود و سموم معطوف گردند. تنها در صورت دنبال نمودن روش های درست کشاورزی است که منافع ناشی از کیفیت آب همراه با مدیریت سطح آب زیرزمینی به دست خواهد آمد.

مواد مغذی

فرار مواد مغذی به درون زه آب کشاورزی، بسیاری از معضلات زیست محیطی را افزایش خواهد داد. از جمله، مغذی شدن آب (اوتریفیکاسیون) در اثر غلظت های بالای نیتروژن و فسفر، رشد جلبک های آبزی را افزایش خواهد داد و اکسیژن موجود در آبهای سطحی را خواهد کاست. از دیدگاه زراعی و اقتصادی فرار مواد مغذی متراծ با کاهش کارایی در مجموعه تولید محصول است. از آنجا که مواد مغذی به ویژه نیترات ($\text{NO}_3\text{-N}$) می توانند منابع آب آشامیدنی را آلوده نمایند، مسائلی نیز در ارتباط با سلامت انسان ها و جانوران پدید می آید. غلظت های افزون بر $10 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$ ممکن است برای انسان زیان بار باشند. نیتروژن، فسفر و پتاسیم، سه عنصر عمدی در کودهای دامی و شیمیایی هستند. نیتروژن به سادگی تبدیل به نیترات می شود. جدول (۵) حدود مقادیر مجموع تلفات سالیانه و غلظت

حداکثر این سه عنصر را که در رواناب سطحی وزه آب زیرزمینی می‌تواند رخ دهد، نمایش می‌دهد. در این جدول می‌توان دید که فسفر و پتاسیم اهمیت کمتری از نیترات دارند.

نیتروژن

همچنان که در فصل ۲ اشاره شد، نیتروژن به طرق گوناگون قابل انتقال است.

در بیشتر حالات، مدیریت سطح آب زیرزمینی به کاهش آبسوبی نیتروژن نیتراتی می‌انجامد، هنگامی که یک طرح راهبردی مدیریت سطح ایستابی به مرحله گسترش می‌رسد، تلفات نیتروژن را در اشکال گوناگون آن باید به حساب آورد.

جدول - ۵ مقادیر توصیه شده برای غلظت بیشینه و تلفات سالانه نیتروژن نیتراتی، فسفر و پتاسیم موجود در زه آب در سطح مزرعه

تلفات	No3-N	P	K
غلظت بیشینه (mg/l)	۵۰	۱۰	۱۰
رواناب سطحی تلفات سالانه (kg/ha)	۲۰-۱	۲۰-۱	۱۰-۱
غلظت بیشینه زه آب زیرسطحی تلفات سالانه	۲۰۰ ۱۰۰-۱	۱۰ ۱-۰/۱	۱۰ ۱۰-۱

کاهش در یکی از ترکیبات ممکن است به افزایش نوع دیگری از ترکیبات آن منجر شود. این پدیده به خصوص در زمانی رخ می‌دهد که کاهش در زه آب به افزایش در رواناب سطحی بیانجامد. در چنین حالتی ممکن است همزمان با افزایش جزئی در تلفات نیتروژن آلی و آمونیاکی، کاهش چشمگیری در غلظت نیترات در زه آب روی دهد.

آگاهی در مورد چرخه نیتروژن و اثر فعالیت‌های زراعی بر این چرخه، به اجرای بهتر یک طرح مدیریت سطح ایستابی کمک خواهد نمود. دما و روند تغییرات آب در

خاک، بر فرآیندهای نیترات سازی^(۱) و نیترات زدایی^(۲) تأثیر می‌گذارند. در سطح مزرعه از راه مقایسه روند تغییرات سطح ایستابی با موارد زیر مخاطرات بالقوه را باید ارزیابی نمود:

- ۱- نرخ کوددهی و بارورسازی خاک در طول دوره رشد
 - ۲- دوره‌هایی که نرخ آزاد شدن ترکیبات معدنی در آنها زیاد است
 - ۳- دوره‌هایی که امکان انجام عمل نیترات زدایی در آنها وجود دارد.
- این عوامل در جدول (۶) ارائه شده‌اند.

جدول -۶ عوامل تأثیرگذار بر چرخه نیتروژن در خاک‌های زراعی

عامل	تأثیر بر محصول	تأثیر بر چرخه نیتروژن
دما	نرخ تبخیر و تعرق بیشتر که رشد گیاهی را بالا می‌برد و جذب نیتروژن از خاک را افزایش می‌دهد.	دماهای بیشتر (در حد ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) فرایندهای زیست شیمیایی را افزایش می‌دهد. بخصوص نیترات زدایی و آزاد شدن ترکیبات معدنی
تغییرات آب خاک	سطح ایستابی بالا، رشد محصول و توان جذب ازت توسط ریشه‌ها را محدود می‌نماید.	مقادیر رطوبت کمتر از ظرفیت نگهداری مزرعه، نرخ تمام فرایندها را به جز نیترات‌زدایی افزایش می‌دهد. نیترات‌زدایی در شرایط اشباح بودن خاک پیشرفت می‌کند.
کودها و عملیات زراعی	کاربرد کود رشد محصول و توسعه آن و افزایش می‌دهد.	بهبود زهکشی غالباً با تغییر در روش‌های کشت مربوط می‌شود که ممکن است به افزایش کودهای ازته بیانجامد. تبدیل مراتع به زمین‌های زراعی، سبب آزاد شدن ترکیبات معدنی ازت جمع شده در افق خاک خواهد شد.

سطوح بالای ایستابی که تحت مدیریت قرار می‌گیرند ممکن است غلظت نیترات را در زه‌آب به میزان قابل توجهی بکاهند. در زمین‌هایی که تحت مدیریت سطح ایستابی قرار گیرند، کاهش سالانه مجموع ترکیبات ازت می‌تواند ۴۰ تا ۵۰ درصد پایین‌تر از زمین‌هایی باشد که تحت زهکشی سنتی قرار دارند^(۱). مقدار این کاهش به دو عامل بستگی دارد، نخست کاهش حجم تخلیه زه‌آب و دوم افزایش در عمل نیترات زدایی. اگر زهکشی تنظیم شده در اواخر زمستان یا اوایل بهار یعنی زمانی که زهکشی برای تولید محصول ضروری نیست، به کار برده شود، و اگر دما به حد کافی گرم باشد می‌تواند افزایش چشمگیری در نیترات زدایی و کاهش در تلفات نیترات پدید آورد. طرح راهبردی مدیریت سطح ایستابی برای کنترل تلفات ترکیبات ازت‌های بایستی موارد زیر را رعایت نماید.

- ۱- مدت و شدت جریان تخلیه زه‌آب در طول فصل رشد و پیش و پس از آن
- ۲- قابلیت نیترات‌زدایی. نیترات‌زدایی نیازمند پایین بودن غلظت اکسیژن در مورد سطوح ایستابی کم عمق و نیز حضور و فعالیت باکتری‌ها می‌باشد. دما و مواد آلی محلول موجود در خاک بر فرایند نیترات‌زدایی اثر می‌گذارند. دمای بالاتر از ۱۰ درجه سانتی گراد برای اعمال ازت‌زدایی مؤثر، ضروری است.
- ۳- اکسید نیتروژن NO_2 فراورده‌ای جانبی از فرایند نیترات‌زدایی است که از گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌رود و اهمیت زیست محیطی دارد و تنها در سفره‌های زیرزمینی وسیع مشکل ساز می‌باشد.
- ۴- مقیاسی که برای مدیریت سطح ایستابی تعریف شده است. در گستره سفره آب زیرزمینی، امکان کاهش رویش گیاهی درون و اطراف آبروها وجود دارد که ممکن است به مقادیر بالاتر نیترات در حاشیه مزرعه منجر شود.
- ۵- چنانچه بالا بودن سطح آب در مجاري و نهرهای زهکشی مستمر باشد، می‌تواند در پایداری دیواره‌ها و حاشیه‌های مجاري مشکلاتی پدید آورد و نیز مشکلاتی که در اثر حضور جانوران جونده مانند سگ آبی پدید می‌آیند را افزایش دهد.

فسفر

کاهش و نقصان فسفر رابطه تنگاتنگی با نقصان رسوب دارد. از این رو رواناب سطحی از جمله عوامل اولیه تأثیرگذار بر انتقال رسوبات و فسفر به شمار می‌رود. سفره‌های آب زیرزمینی (سطح ایستابی) کم عمق در زمان بارندگی‌های سنگین می‌توانند حجم رواناب سطحی و در نتیجه (جابجایی) انتقال فسفر را افزایش دهند. با این همه، تنظیم زهکشی تأثیر خود را در کاهش نقصان فسفر در مقیاس سفره آب زیرزمینی نشان داده است^(۱).

آفت‌کش‌ها

آفت‌کش‌ها معمولاً با ذرات خاک در رواناب سطحی جابجا می‌شوند. بر اساس پژوهش‌های مانستر و همکاران در سال ۱۹۹۵^(۲) غلظت آفت‌کش‌ها در رواناب سطحی بیش از زه‌آب زیرزمینی است. با این حال کالیتا و همکاران در سال ۱۹۹۲^(۳) اذعان نمودند که در صورت رخداد جریان گزینشی^(۴)، می‌توان غلظت‌های بالایی از آفت‌کش‌ها در زه‌آب زیرزمینی انتظار داشت.

مقدار آفت‌کش در زه‌آب زیرزمینی معمولاً کمتر از ۰/۱٪ آن مقداری است که مصرف شده. آترازین یا هم‌خانواده‌های آن بیش از سایر آفت‌کش‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این ماده نوعی علف‌کش است که برای محصول ذرت بکار می‌رود. نتایج مربوط به آلدیکارب، آلاکلر و متولاکلر نیز در دسترس هستند. غلظت این مواد شیمیایی خیلی پایین و در حد ۱ تا $\frac{mg}{lit}$ ^۳ است.

1- Evans et al, 1991

2- Minster et al, 1995

3- Kalita et al, 1992

2-Perferential :

پدیده‌ای ایست که یک یا چند ماده، بیش از سایر مواد جابجا می‌شود

هر چند تحقیقات بیشتری در این زمینه لازم است، اما راهبرد تنظیم سطح ایستابی با هدف کاهش تلفات آفت کش‌ها در درجه اول باید به کاهش حجم رواناب سطحی بیانجامد. چنانچه بلا فاصله بعد از استفاده از آفت کش‌ها بارندگی رخ دهد سطح ایستابی باید پایین برده شود.

با وجود این، میکائیلسن در ۱۹۹۵ نشان داد که در مناطق زهکشی شده شمال آلمان انتقال گزینشی چندین نوع علف‌کش توسعه یافته است. بیشتر آفت کش‌های نیمه عمر نسبتاً کوتاهی دارند (در حد چند روز) و بدین ترتیب در خاک یا آب به مدت درازی باقی نمی‌مانند.

جنبه‌های راهبری (بهره‌برداری)

سامانه‌های (سیستم‌های) مدیریت سطح آب زیرزمینی می‌توانند به وسیله کشاورزان، انجمن‌های آبیاری یا اتحادیه‌های مصرف‌کنندگان آب راهبری شوند. با وجود این به یک تشکیلات پایش کیفیت آب نیز نیاز می‌باشد. گاهی وجود یک میانجی یا حد واسطه بین منافع کشاورزی و منافع ناشی از کیفیت آب لازم است. مدیریت سطح آب زیرزمینی در جستجوی یک بهینه برای تولید فراورده‌های کشاورزی یا حفاظت محیط زیست با توجه به نوع و شدت محدودیت‌های کیفی آب خواهد بود. محدودیت‌های سامانه می‌توانند فیزیکی، فنی یا انسانی باشند. بحرانی ترین جنبه‌های فیزیکی شامل شکل زمین، شبکه موجود زهکشی، دسترسی به آب (برای آبیاری با استفاده از زه آب) و شرایط خاک می‌باشند. اطلاعات دقیق تر درباره طراحی، ساخت، نصب و راهبری سامانه‌های مدیریت سطح ایستابی در آئین نامه‌های ASAE (۱۹۹۴) قابل مطالعه هستند.

مدیریت سطح آب زیرزمینی، بیش از شبکه‌های متداول زهکشی به همکاری کشاورزان نیاز دارد. راهبری شبکه‌های زهکشی سطحی به تصمیم‌های مدیریتی اندکی نیازمند است در حالی که در مدیریت سطح ایستابی، شاخص‌های مؤثر در راهبری به آسانی قابل مشاهده نیستند، همچنانکه پاسخ سامانه به تنظیم جریان خروجی بلا فاصله در سطح مزرعه آشکار نمی‌شود. افزون بر این، تنها افزایش عملکرد محصول، انگیزه راهبری سامانه نیست بلکه

بهبود کیفیت آب و افزایش مقدار آن برای مصرف کنندگان پایین دست نیز از عوامل تشویق کننده به شمار می‌آیند. این عوامل باید در آغاز هر طرحی به روشنی برای عوامل اجرایی و فن ورزان تشریح گردد.

پهنه مزرعه و حوضه آبریز

در این جا دو عرصه برای به اجرا گذاشتن مدیریت سطح آب زیرزمینی وجود دارد: در سطح حوضه آبریز (یا زمین‌های وسیع) و در سطح مزرعه. این دو عرصه مکمل یکدیگرند. عرصه اجرا به اهداف کمی و کیفی آب، سامانه‌های زراعی، هیدرولوژی محل، مقررات اداری و شکل زمین بستگی دارد.

کیفیت آب همبستگی نزدیکی با فعالیت‌های کشاورزی دارد و از این رو بایستی در درجه نخست در سطح مزرعه تنظیم و مهار گردد. با وجود این، سامانه‌های موجود در مزارع ممکن است سازه‌های کنترل را در سطح حوضه آبریز ایجاد نمایند، در چنین جاهایی کنترل کیفیت آب به کاهش حجم زهکشی و انتقال رسوب بستگی دارد.

موقعیت قرارگیری سازه‌های سازه‌های کنترل در حوضه آبریز به حجم تخلیه و مساحت زهکشی شده در بالا دست محل طرح بستگی دارد. سطح تحت زهکشی در بالا دست ممکن است چندین هزار هکتار باشد. در این حالت، کنترل سطح آب به وسیله سازه‌های کوچک‌تر در نهرهای درون مزرعه، ممکن است اقتصادی‌تر بوده و هزینه کمتری از سازه‌های بزرگ‌تر در آبراهه‌های اصلی داشته باشد.

شبکه موجود زهکشی نیز موضوعی مهم برای دقت نظر است. پهنا و گودی نهرها، حجم ذخیره آب را مشخص می‌نمایند. اگر یک سامانه ترکیبی زهکشی و آبیاری زیرزمینی قرار است اجرا شود گنجایش ذخیره آبراهه‌ها بایستی به اندازه کفايت برای تأمین آب آبیاری باشد.

شکل زمین و خاک‌ها

مدیریت سطح آب زیرزمینی برای زمین‌های نسبتاً "هموار بهترین سازگاری را دارد. اما زمین‌های شیب دار به سازه‌های کنترل بسیاری نیاز خواهند داشت تا سطوح آب زیرزمینی یکنواختی را فراهم نمایند، لذا شیب زمین کمتر از ۱٪ توصیه شده است [شیرمحمدی و همکاران - ۱۹۹۲]. با وجود این، بر اساس نظریات اوанс و اسکاگز در سال ۱۹۸۹^(۱)، ضمن آن که حد مطلقی عنوان نشده، اما شیب‌های کمتر از ۰/۱٪ عملی ترین حالت می‌باشند. در مقیاس سطح حوضه آبریز، یک شیب ۰/۱٪ در هر ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از طول مجرأ (نهر) به یک سازه کنترل نیاز خواهد داشت.

نفوذپذیری خاک، یک عامل کلیدی در تنظیم جابجایی آب از نهرها به مناطق همچوار، و حرکت قائم آب از سطح آب زیرزمینی به سوی ریشه گیاهان، به شمار می‌رود. در خاک‌های نیمه نفوذپذیر تا بسیار نفوذپذیر، جابجایی جانبی آب به خوبی انجام می‌شود. در حالی که اوанс و اسکاگز در سال ۱۹۸۹ میزان نفوذپذیری مناسب را ۰/۴۵ متر در روز پیشنهاد نمودند، تجربیات حاصل از شرق کانادا نشان داده‌اند که مدیریت سطح آب زیرزمینی در خاک‌هایی با نفوذپذیری ۰/۳ متر در روز هم قابل انجام است. یک لایه خاک کم نفوذ در نزدیکی زیر لوله‌های زهکش زیرزمینی، تلفات آب در اثر تراوش عمیق را کاهش خواهد داد.

نیازمندی‌های پایش

معمولًا برای مدیریت سامانه و برای اندازه‌گیری تغییرات کیفیت آب به اجرای یک سامانه پایش نیاز است. پایش، در بر گیرنده چندین عامل می‌باشد و هم در سطح مزرعه توسط کشاورزان، و هم در عرصه حوضه آبریز توسط سازمان‌های ذیربطر در امور آب، بایستی بر اساس مبنایی قانونمند عمل نماید.

اثرات کیفیت آب

شاخصه است اثرات زیان آور بالقوه و بالفعل کیفیت زه آب در محدوده حوضه آبریز و پایین دست آن، شناسایی گردند. این بررسی‌ها به تعیین محدودیت‌های مصوب کیفیت آب و تعیین دوره‌های بسیار حساس برای پایش کمک خواهند نمود و توسط سازمان‌های مسئول در امور آب به بهترین نحو سازماندهی می‌گردند. اطلاعات به دست آمده از این راه در تهیه راهنمای کاربرد کودها و مواد حاصل خیز کننده، می‌تواند مفید باشد.

سطح ایستابی

مدیریت سطح آب زیرزمینی به پایش دوره‌ای سطح ایستابی در نقاط بین زهکش‌های زیرزمینی لوله‌ای فرعی یا نهرهای روباز زهکشی زیرزمینی نیاز دارد و کشاورز بهتر از همه می‌تواند این کار را انجام دهد. برای هر مزرعه، دست کم یک چاه مشاهده‌ای توصیه می‌شود. تناب و بازدید و تنظیم سازه کنترل برای هر نوع خاک معین و فاصله مشخص بین زهکش‌ها، اساساً بستگی به شرایط هوا و مرحله رشد محصول دارد. برای مثال، هنگامی که محصولات در آغاز مراحل رشد خود هستند، سطح ایستابی کم عمق ممکن است ریشه‌ها را از رشد مناسب باز دارد و گیاه را در برابر خشکی‌های آینده در طول سال آسیب‌پذیرتر سازد. پژوهش‌های مادراموتو و همکاران در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۵^(۱) دلالت بر این دارد که عمق آب زیرزمینی بین ۰/۵ تا ۰/۷۵ متر از سطح خاک برای بیشتر گیاهان مناسب است.

پاسخ سطح ایستابی به بارندگی و تنظیم در سازه‌های کنترل ممکن است کند باشد و بستگی به ویژگی‌های خاک و فواصل بین زهکش‌ها دارد. کسب آگاهی از الگوهای

پاسخ و راهبری موفقیت آمیز سامانه ممکن است سال‌ها به طول انجامد. پیش‌بینی صحیح وضع هوا و توانایی کشاورز در کاربرد داده‌های اقلیمی و آب و هوایی می‌تواند راهبری سامانه را بهبود بخشد.

ارزیابی عملکرد سامانه

سازمان‌های آب، بایستی برنامه‌های میان مدت و درازمدت را در زمینه اثرات مدیریت سطح آب زیرزمینی بر روی آبشناسی، کیفیت آب و عملکرد محصولات در محدوده طرح تدوین نمایند. برخی از شاخص‌های اساسی که باید مورد پایش قرار گیرد، در جدول ۷ نمایش داده شده‌اند.

جدول - ۷- نیازمندی‌های پایش

دوره تناوب پایش	شاخص‌هایی که باید مورد پایش قرارگیرند	اثرات
هر یک ساعت با ابزار خودکار	رواناب سطحی، تخلیه زه‌آب زیرزمینی سطح آب در نهرها و رودخانه‌ها	جریان‌های اوج
جمع آوری پس از بارندگی سنگین به وسیله ابزارهای نمونه‌برداری رسوب	میزان رسوب در رواناب سطحی	فرسایش خاک
ماهانه در طول فصل رشد گیاه	نیترات، آمونیاک، فسفر	تلفات مواد مغذی
ماهانه در طول فصل رشد گیاه	غلظت مواد آفت‌کش	تلفات آفت‌کش‌ها

فصل چهارم

استفاده مجدد از زه آب

استفاده مجدد یک روش مهم و طبیعی در مدیریت زه آب می باشد. به منظور توسعه و حصول بیشترین فایده بری از یک منبع آب و کمک به دفع مناسب و صحیح آب زهکش‌ها، راهکارهایی برای استفاده مجدد از زه آب ارائه شده است. استفاده مجدد از زه آب بایستی هم از لحاظ اثرات محیطی و هم غیرمحیطی برای کوتاه مدت و دراز مدت مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در مناطقی با منابع آبیاری محدود، از زه آب می توان به عنوان مکمل استفاده نمود. در هر حال، کیفیت آب زهکشی است که تعیین می کند چه محصولاتی را می توان آبیاری نمود.

از زه آب‌های به شدت شور نمی توان برای آبیاری محصولات حساس به شوری استفاده نمود، اما برای آبیاری محصولات و درختان مقاوم در برابر شوری می تواند استفاده شود. در محلی که یک شبکه آبیاری، نزدیک یک آبگیر طبیعی قرار دارد، زه آب مربوطه را می توان مجدداً در همان آبگیر استفاده نمود. در هر حال، احتیاطهای لازم بایستی انجام شود تا کیفیت زه آب به ماهیان، مرغان آبی و دیگر جانوران حیات وحش موجود در آبگیر آسیبی نرساند و همچنین مقدار آب گذرنده از آبگیر، برای جلوگیری از گسترش مواد سمی در آن کافی باشد.

استفاده مجدد برای آبیاری محصولات زراعی

عامل اصلی تخریبی زه آبها مصرف دوباره، غلظت زیاد یون‌ها در آن می باشد. آبهایی که غلظت یونی اندکی دارند، به عنوان یک منبع مناسب، مواد غذایی مورد نیاز رشد را در اختیار گیاهان قرار می دهند. با وجود این، با افزایش شوری ممکن است یون‌ها سمی شوند و یا در جذب مواد غذایی تأثیرگذار باشند. انباشت یون‌ها در خاک،

سبب افزایش پتانسیل اسمزی می‌شود و گیاهان ناگزیرند در جهت عکس این نیرو به جذب آب پردازنند. اນباشت یونی، همچنین می‌تواند موجب تخریب ساختمان خاک شود. زهکشی و نمک‌زدایی ناحیه ریشه، از عوامل اصلی در مدیریت آب شور در کشاورزی به حساب می‌آیند. عامل دیگر در این مورد، کنترل میزان نمک در انواع گیاهان است. استفاده مجدد از آب برای محصولات کشاورزی انگیزه‌های اقتصادی بارزی دارد و محصولات، شناخته شده بسیاری وجود دارند که در برابر نمک بسیار مقاوم‌مند، با این حال، با افزایش شوری آب آبیاری، نیاز به نظارت و مدیریت آبیاری و انجام آزمایش‌های مربوط به زه آب و بررسی پایداری سیستم بیشتر احساس می‌شود.

اگر خصوصیات آب، خاک و گیاهان مورد نظر شناسایی و از لحاظ اقتصادی مدیریت شده باشند، با امنیت کامل، امکان استفاده دوباره از زه‌آبهای کشاورزی وجود دارد. در مورد آب‌های با کیفیت پایین لازم است فرآورده‌های کشاورزی مقاوم در برابر نمک انتخاب شوند و اصلاحاتی در سیستم مدیریت آب و حفظ ساختمان و نفوذپذیری (شخم زدن و هدایت الکتریکی) خاک به وجود آید. به جز مراحل حساس رشد محصولات از قبیل جوانه زدن و رشد اولیه، شوری موقت ناحیه ریشه، معیاری معتبر برای ارزیابی واکنش فرآورده‌های کشاورزی در برابر نمک می‌باشد. انتگرال گیری میانگین حسابی نمک ریشه در محدوده عمق ریشه در زمان تماس با نمک، تقریبی مؤثر برای تخمین واکنش محصولات است. گیاهان نسبت به میزان نمک در محدوده زمانی ویژه رشد واکنش نشان می‌دهند.

اثرات شوری بر رشد محصولات و بهره‌دهی آنها

به طور کلی، شوری آب یا خاک یک عامل محیطی است که رشد گیاهان را کاهش می‌دهد. در شوری نسبتاً کم، به ویژه در میان انواع گیاهان مانند پنبه یا گیاه چغندر قند شورپسند، در واقع، شوری ممکن است باعث بهبود تولید محصول شود. در چند مورد،

این اثر به پیشرفت در استفاده مؤثر گیاه از آب نسبت داده شده است^(۱). با این وجود، با افزایش شوری بیش از آستانه تحمل گیاه، کاهش تولید محصول اجتناب ناپذیر است. عموماً در شوری کم تا متوسط، رشد گیاه اندکی کاهش می‌یابد و تیرگی مختصری در رنگ برگ دیده می‌شود. البته، مشاهده این آثار، بدون مقایسه با حالات فاقد شوری دشوار است. وقتی که غلظت نمک در آب موجود در خاک به حد مسمومیت می‌رسد، برگ‌ها و جوانه‌ها نشان‌دهنده علائم آشکاری از سوختگی در نوک یا لبه یا سوختگی ناشی از زیاد بودن غلظت داخلی نمک هستند، علائم آشکار دیگری نیز ممکن است همراه با عدم توازن ناشی از برهم کنش‌های رقابتی بین Na^+ و Ca^{2+} یا K^+ و یا بین Cl^- و نیترات وجود داشته باشد (گراتن و گریو، ۱۹۹۲)^(۲). برهم کنش‌هایی بین نمک و مواد غذایی مانند Mg PO_4^{3-} و مواد معدنی کمیاب نیز گزارش شده است، اما به نظر می‌رسد که این مشاهدات مربوط به گیاهان خاص و آب‌هایی با ترکیب یونی ویژه باشد. بسته به نوع گیاه و غلظت شوری، نمک موجود در ناحیه ریشه گیاه، ممکن است بر سرعت رشد گیاه اثر گذاشته و باعث افزایش یا کاهش زمان رسیدن محصول شود (شانن و همکارانش ۱۹۹۴)^(۳). در بیشتر گیاهان تفاوت‌های برجسته‌ای در نسبت ریشه به جوانه (جوانه ریشه) و واکنش غیرقابل تشخیص در زمین وجود دارد (واکنشی که در زمین کشاورزی قابل شناسایی نیست). در بعضی از انواع گیاهان، مقدار نمک علاوه بر تغییر عادات رشد گیاهی باعث افزایش شادابی آن می‌شود (لوتج و اسمیت، ۱۹۸۴ با شانن و همکارانش، ۱۹۹۴)^(۴).

گستره وسیعی از انواع گیاهان، نسبت به شوری واکنش نشان می‌دهند. در این میان، چغندر قند، نیشکر، خرما، پنبه و جو پایداری زیادی در برابر نمک دارند، در حالی که، لوبيا، هوبيج، پياز، توت فرنگي و بادام بسيار حساسند (ماس، ۱۹۸۶)^(۵) به طور کلى،

1- Letey, 1993

2- Grattan and Grieve, 1992

3- Shannon et al. 1994

4- Luttge and Smith, 1984

5- Maas, 1986

نمک باعث کاهش تولید محصول و کیفیت آن در گیاه می‌شود و پژوهش‌های پیشین منجر به گسترش پایگاه‌های اطلاعات فراوان در مورد دامنه تحمل نمک در بسیاری از انواع گیاهان شده است (فرانسوا و ماس، ۱۹۸۵، ماس، ۱۹۹۰، ماس و هومن، ۱۹۷۷^(۱)). پایداری در برابر نمک را به ساده‌ترین شکل و با تکیه بر دو پارامتر می‌توان نشان داد: شوری آستانه (t) که انتظار می‌رود باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در بیشترین تولید مورد نظر (۲) و شیب (S) کاهش تولید می‌شود. به طور ساده شیب میزان کاهش تولید مورد انتظار برای هر واحد نمک اضافه شده، بیش از مقدار آستانه است. رابطه محاسبه تولید نسبی به صورت زیر است:

$$YR = Y - S(Ec_e - t) \quad Ec_e > t \quad (1)$$

شکل ۵، نشان دهنده رابطه کلی بین تولید نسبی گیاه و شوری خاک است. مقدار آستانه و شیب خط کاهش تولید برای لوپیا، ذرت، گندم و جو جهت تشریح واکنش‌های فرآورده‌های مختلف در هر یک از طبقه‌بندی‌های گسترده پایداری در برابر شوری نشان داده شده است.

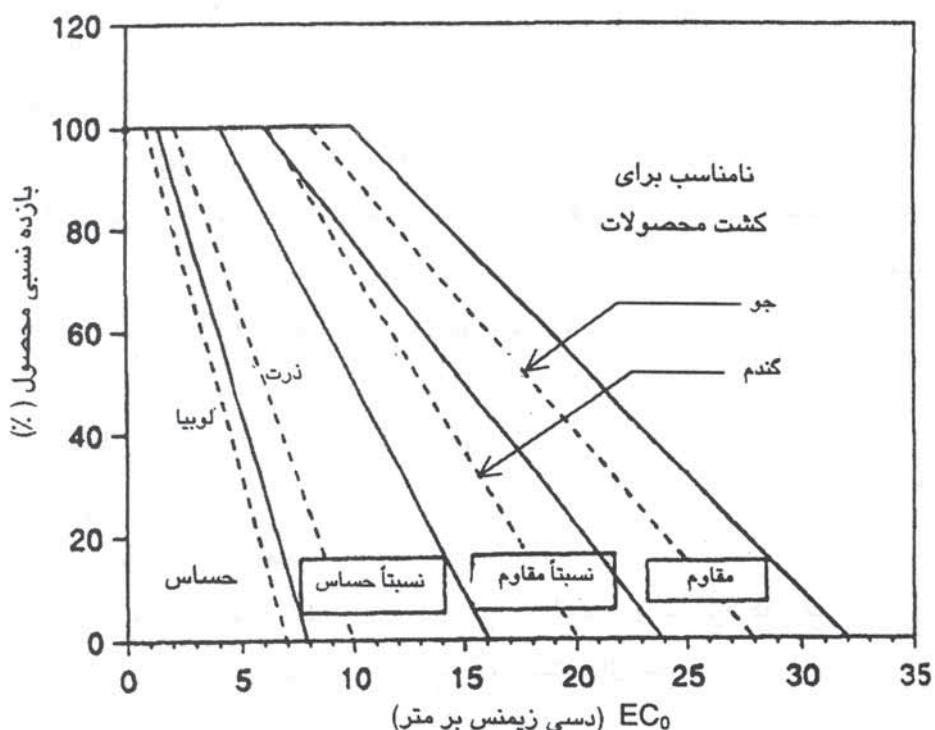
معمولًا شوری بر حسب واحدهای هدایت الکتریکی در عصاره خاک اشباع (Ec_e) از نمونه‌های محدوده توسعه ریشه گیاه به صورت میانگین در زمان و عمق اندازه‌گیری می‌شود. عصاره‌های اشباع، استخراج شده از خمیر خاک آبی هستند که از نمونه‌های خاک گرفته می‌شوند و این نمونه‌ها تا نقطه اشباع سیراب شده‌اند (ایرس و وست کت، ۱۹۸۵^(۲)).

هدایت الکتریکی محلول استخراج شده از آب صاف شده این نمونه‌ها، بر حسب واحد دسی زیمنس بر متر (ds/m) اندازه‌گیری می‌شوند. برای اکثر آب‌های طبیعی، 1 ds/m تقریباً برابر با 640 mg/l نمک است. در روش‌های جدید با صرف زمان و

1- Francois and Maas, 1978 and 1985, Maas, 1990, Mass and Hoffman, 1977

2- Ayers and westcot, 1985

تلاش کمتر، از الکترودهای الکتریکی یا تک موج‌های الکترومغناطیسی برای تخمین استفاده می‌شود (ردز، ۱۹۷۶، ۱۹۹۳) (۱)



شکل ۵- تغییرات بازده نسبی محصول با شوری

وقتی که در تعیین پارامترهای t و S در معادله ۱ عدم اطمینان وجود دارد، با توجه به

1- Rhoads, 1976 and 1993

اطلاعات موجود، گیاهان در یک گستره کلی از حساس تا مقاوم طبقه بندی شده‌اند^(۱). اطلاع از مقادیر مقاومت گیاهان در برابر نمک و طبقه بندی‌ها، در پیش‌بینی اثرات استفاده مجدد از آبی با شوری ویژه، روی یک گیاه خاص بسیار مفید است. بعضی اوقات بیشترین داده‌های مقاومت در برابر نمک بر اساس اثرات آب‌های شور سرشار از کلرید سدیم و گاه با مقادیر متغیری از کلسیم، که برای جلوگیری از گسترش مشکلات نفوذپذیری خاک ناشی از مقدار زیاد سدیم آن مورد نیاز است، استوار می‌باشد. زه‌آب‌ها یا آب‌های مورد استفاده مجدد ناشی از فرآیندهای کشاورزی یا عملیات تولیدی، ممکن است حاوی انواع دیگر بنیان‌های شیمیایی و یا غلظت‌های زیادی از بر (B)، سلنیم (Se)، آرسنیک (As) یا دیگر یون‌هایی با خطرات احتمالی زیست محیطی باشند^(۲).

اقدام‌های عملی در مدیریت کشاورزی

سیستم آبیاری و تقویم زمانی

به طور سنتی، هدف از کشاورزی، بیشینه کردن تولیددهی و سود بوده که به صورت تفاوت خالص بین ورودی‌ها و خروجی‌ها تعریف شده است. برای بیشینه کردن تولید محصول، با استخراج مایع از جامد، نمک خاک افزایش می‌یابد. نوع مدیریت هم راستا با این هدف، تحت تأثیر هزینه‌های آبرسانی، زهکشی، به کارگیری مواد غذایی و اصلاح خاک‌ها و آب‌ها قرار می‌گیرد. در جایی که کیفیت آب و یا مقدار آن محدود است و همچنین در جایی که در زهکشی محدودیت‌هایی وجود دارد، اثرات خطرناک شوری بر رشد گیاهان و خطرات استخراج ناکافی یا بیش از حد مایع از جامد، از مواردی جدی است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. بهر حال، در صورتی که آبیاری و راهکارهای مناسب در کشت محصولات اتخاذ گردد، گیاهان می‌توانند حتی با آب‌های شور نیز رشد کنند (ردز، ۱۹۸۸). لازمه این کار این است که مدیریت از جدید

1- Francois and Maas, 1994, Maas, 1989 2- Francois and Clark, 1979 b; Clark, 1982

بیشتری برخوردار باشد و همچنین روش‌های دقیق‌تری برای به کارگیری آب و توزیع آن مورد استفاده قرار گیرد. ویژگی‌های آب مورد نیاز در آبیاری گیاهان و زهکشی بایستی به طور دقیق ارزیابی و جدول زمان‌بندی معینی تهیه گردد. اکثر ضرایب استفاده از آب برای شرایط بدون نمک، عرضه شده‌اند^(۱). اگر آب مصرفی شور باشد، هم رشد گیاه و هم مصرف آب کاهش می‌یابد. شواهد اولیه نشان می‌دهد که بعضی از ضرایب استفاده از آب توسط گیاهان را می‌توان برای گستره‌ای از حد شوری به کار برد، زیرا آب مصرف نشده توسط گیاهان برای جبران افزایش آب مورد نیاز در عملیات استخراج مایع از جامد مورد نیاز است (لتی و دینار، ۱۹۸۶)^(۲). هر قدر، شوری آب آبیاری بیشتر باشد، به آبیاری و زهکشی در حد لزوم بیشتری نیاز است. نرخ انباشت نمک در خاک به مقدار و غلظت شوری آب به کار برد شده و مقدار باقی مانده آن پس از رفع نیازهای آبی گیاه بستگی دارد. ممکن است در یک سیستم پایدار با مدیریت مناسب، محتوای نمک زیاد باشد ولی در عوض انباشتگی نمک ادامه نیابد.

شوری خاک از نظر مکانی و زمانی یکنواخت نیست. اغلب در تابستان، شوری افزایش و سپس با بارش‌های زمستانی کاهش می‌یابد. این یک وضعیت مطلوب است، زیرا از انباشت همیشگی نمک جلوگیری می‌کند. با این وجود و تحت این شرایط، یافتن ارتباط بین واکنش‌های تولید محصول و چنین شوری‌های متغیری دشوار است. بهترین روش‌های عملی مدیریت شامل درجه بندی زمین به عنوان روشی برای تهیه آبیاری یکنواخت سطحی یا استفاده از آبیاری بارانی و یا قطره‌ای می‌باشد.

گیاهانی که به روش بارانی آبیاری می‌شوند، نه تنها از سوی نمک‌های موجود در خاک بلکه از سوی نمک‌هایی که به طور مستقیم در سطوح خیس شده برگ جذب شده‌اند، در معرض آسیب قرار می‌گیرند (ماس، ۱۹۸۵). به طور کلی، گیاهان دارای برگ‌های مومن، کمتر از بقیه در معرض خطر قرار می‌گیرند. وقتی که ترشحات نمک‌دار با سطوح برگ تماس می‌یابند، نمک‌ها می‌توانند در بافت برگ تا حد

سمومیت انباشته شده و باعث کاهش تولید محصول گردد. در درخت مو و گیاهان پیچک گستره خیسی برگ‌ها را می‌توان به وسیله آب‌پاشی، در زیر برگ‌ها کاهش داد. در هر حال، حتی با آب‌پاش‌های زیربرگی، ممکن است آسیب شدیدی به برگ‌های پائین وارد شود (هاردنینگ و همکارانش، ۱۹۸۵)^(۱). وسعت صدمه به برگ‌ها از طریق آب‌پاشی بستگی به غلظت نمک در برگ‌ها، وضعیت هوا و فشار آب دارد. به عنوان مثال، غلظت نمکی که بعد از یک یا دو روز هوای گرم و خشک باعث آسیب رساندن شدید به برگ و بافت گیاه می‌شود، در موقعی که هوا سرد و مرطوب باقی می‌ماند، عوارض جدی در پی نخواهد داشت. از آن جا که آسیب دیدن برگ‌ها در روش آبیاری بارانی بیشتر بستگی به دفعات آب‌پاشی دارد تا مدت آن^(۲)، لذا آبیاری سنگین با دفعات کمتر، بایستی به آبیاری سبک با دفعات بیشتر ترجیح داده شود. از پاشیدن آرام و چرخشی که بین چرخه‌ها، خشکی به وجود می‌آورد، بایستی اجتناب نمود زیرا این روش باعث افزایش تعداد دفعات خیسی و خشکی می‌شود. آب‌پاشی بایستی در شب یا صبح زود، موقعی که میزان تبخیر حداقل می‌باشد، انجام گیرد. به طور کلی آب با کیفیت پائین‌تر را می‌توان در عوض آبیاری بارانی برای آبیاری سطحی استفاده نمود. زمانی که از آب شور برای آبیاری استفاده می‌شود، روش آبیاری قطره‌ای بیشترین مزیت را دارد. در آبیاری قطره‌ای علاوه بر این که از خیس شدن برگ‌ها با آب شور جلوگیری می‌شود، می‌توان ترتیبی اتخاذ نمود تا توانایی‌های بالقوه آب خاک محفوظ بماند. از آن جا که از آبیاری قطره‌ای به طور متناوب استفاده می‌شود، به طور پیوسته عمل آب‌شویی از حجم خاکی که گیاه آب آن را جذب می‌کند، اتفاق می‌افتد، لذا فرآیند معمول آب‌شویی، به طور متناوب بین فصول رشد انجام گرفته و با بارش‌های فصلی کامل می‌شود.

نیازهای آبشویی

جهت محاسبه میزان آب‌شویی (LR)، به تخمین شوری ناحیه ریشه‌ای جهت محاسبه جذب آب در عمق‌های مختلف، به طور مرسوم وزن داده می‌شود. به طور

1- Harding et al. 1985

2- Francois and Clark, 1979

مفهومی، ناحیه ریشه را می‌توان از لحاظ عمق با یک طرح تقسیم نمونه آب ۳۰؛ ۴۰؛ ۲۰؛ ۱۰ که با عمیق‌ترین نیمرخ عمودی شروع می‌شود، به چهار بخش تقسیم کرد. در این شرایط، تقسیم ریشه‌ای عادی فرض می‌شود اما باستی تغییراتی مطابق با تعداد دفعات یا نوع آبیاری ایجاد شود (به عنوان مثال قطره‌ای، بارانی، کرتی متناوب)، از میان روش‌های مختلف که برای محاسبه LR استفاده می‌شود، معادله‌ای است که توسط روز پیشنهاد شده (۱۹۷۴) که شامل پارامترهای تولیددهی پایدار در برابر نمک می‌باشد.

$$LR = EC_i / (5EC - EC_i) \quad (2)$$

که در آن EC اهدایت الکتریکی آب آبیاری و EC همان EC در i یا در سطح قابل قبول تولید پائین‌تر از i و LR کسری از آب آبیاری که باستی از منطقه ریشه بگذرد تا شوری را کنترل کند، می‌باشد.

سایر روش‌های مدیریتی

تعدادی روش مدیریت و کشت وجود دارند که ممکن است از بین رفتن تولید را، موقعی که آب برای تولید محصول استفاده می‌شود، جبران کنند. بعضی از این روش‌های ساده عبارتند از: استفاده از وسایل کشت قوی‌تر، استفاده از شبکه‌هایی جهت انتخاب دانه با اندازه بزرگ‌تر و وزن بیشتر، افزایش تجمع جمعیتی برای جبران اندازه کوچک‌تر گیاه، کاهش تعداد دروگرهای قرار دادن دانه در سراشیبی یا بسترهاي اصلاح شده به طوری که نمک‌ها، در اثر تبخیر به سطح خاک رانده و دور از خط بذر انباسته شوند. یک روش دیگر برای دور کردن نمک‌ها از پایه گیاه، آبیاری متناوب در شیارها می‌باشد. روش دیگر برای بهبود اثرات آب زهکشی با شوری متوسط، تطبیق احتیاجات حاصل خیزی با ترکیب شیمیایی آب و خاک می‌باشد.

از آن جا که زه آب‌ها، اغلب حاوی بعضی از نیازهای ضروری حاصل خیزی گیاهان می‌باشند، لذا مصرف کودها را می‌توان کاهش داد. به عبارت دیگر، به دلیل این که تداخل یونی و واکنش‌های رقابتی بر نفوذ در گیاه اثر می‌کند، لذا ممکن است افزایش

کلسیم، پتاسیم یا بعضی از عناصر دیگر برای رشد بهتر محصول مورد نیاز باشد. نکته مهم این است که غلظت زیاد سدیم در خاک و آب ممکن است باعث کاهش نفوذپذیری خاک شده و از آب شویی مؤثر نمک جلوگیری کند. مناسب بودن خاک‌ها و آب‌ها با اندازه‌گیری پارامتری به نام نسبت جذب سدیم (SAR) مشخص می‌شود. بعضی اوقات، کاهش SAR، جزئی ضروری از طرح‌های مدیریت شوری می‌باشد. اصلاح خاک‌ها نیز به وسیله پارامتر SAR صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، EC زیاد آب (غلظت نمک) باعث افزایش نفوذپذیری خاک می‌شود.

مدیریت تناوبی و راهکارهای اختلاط

راهکارهای تناوبی، برای استفاده از آبهایی با شوری‌های مختلف پیشنهاد شده است و نشان داده شده که آبیاری تناوبی را می‌توان به طور موافقیت‌آمیزی برای محصولات در طی مراحل مختلف رشد به کاربرد و یا این که می‌توان با تناوب محصول بین مقاوم و حساس از آن استفاده نمود (ردز ۱۹۸۷، ۱۹۸۹). عملی بودن روش تناوبی و به کاربردن مخلوط آب با کیفیت بالا و زه آب به هر دو منبع و موجود بودن ذخیره آن و همچنین به سامانه‌های مخلوطکننده و عرضه کننده بستگی دارد. در جایی که آب‌های بدون نمک برای آبیاری‌های مهم در دسترس می‌باشد، و با توجه به این که اکثر محصولات، در مقابل نمک در طی دوره جوانه زدن و مراحل نشاء حساس هستند ولی در مراحل بعدی رشد، مقاومت بیشتری دارند، کشاورزان می‌توانند از این ویژگی برای آبیاری استفاده نمایند. مقاومت گیاه در برابر نمک با مرحله رشد گل‌های آن تغییر می‌کند، و از طریق مدیریت آبیاری و با بهره‌گیری از نکته ذکر شده اخیر، نتایج سودمندی را می‌توان کسب نمود، به عنوان مثال، در مراحل رشد گیاه حساس به شوری، با بالا بردن کیفیت آب یا به حداقل رساندن انباستگی نمک از طریق تعداد چرخه‌های آبیاری، اثرات شوری را می‌توان کاهش داد. در برخی از محصولات، شوری زیاد که در مراحل بعدی پیشرفت بکار برده می‌شود، به همراه افزایش محتوای قندها یا نمک‌های محلول در میوه‌ها، باعث بهبود

کیفیت بهره‌دهی می‌شود. استفاده به موقع از آب شور هنگام رسیدن میوه، به عنوان یک راهکار برای بهبود محتوای قند خربزه و محتوای مواد جامد محلول در گوجه فرنگی، مورد استفاده قرار گرفته است (شانن و فرانسوآ ۱۹۷۸^(۱)). در پاسخ به بعضی از درجات متوسط شوری و تنفس کم آبی، بعضی اوقات، درختان میوه افزایش قابل ملاحظه‌ای در میوه دادن از خود نشان می‌دهند اما معمولاً افزایش مذکور به بهای کاهش مقدار تولید در سال‌های بعد تمام می‌شود. ایراد دیگر، می‌تواند کاهش کیفیت باربری باشد. فرانسوآ و کلارک (۱۹۸۰) دریافتند که، افزایش تنفس شوری در پرتقال‌های والنسیا، رسیدن میوه را به تأخیر انداخته ولی در کیفیت میوه تأثیری نداشته است. علاوه بر این، نتایج به دست آمده توسط آنان، نشان داد که در مجموع، شوری اثری روی مجموع نمک‌های محلول (TSS) ندارد، اما وقتی که غلظت کلراید در آب آبیاری ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر (mg/g) بود، بلورای و همکارانش (۱۹۸۸)^(۲) افزایش مختصراً را در TSS و میزان قند پرتقال‌های شاموتی مشاهده کردند. فاکتورهایی که بایستی برای راهکارهای تناوبی مدنظر قرار گیرند عبارتند از: اثرات تغییرات شوری در مدت فصل رشد، پخش متوسط نمک در ناحیه ریشه، تأثیر متقابل بر تغییرات آب و هوایی، و اثرات انواع مختلف خاک. پس از رسیدن محصول، حاصل میانگین شوری در ناحیه ریشه در زمان را می‌توان، به عنوان نمود شوری مؤثر در نظر گرفت (شال‌هوت، ۱۹۹۴^(۳)). این بدان معنی است که در اغلب موارد، وقتی که محصولات به دست می‌آیند، احتمالاً ممکن است بین نتایج حاصل از کاربرد متناسب دو نوع آب با شوری ۴ و ۱۰ ds/m طول یک چرخه محصول و کاربرد آب با شوری ۷ در هر آبیاری، تفاوت‌های اندکی در شرایط صحراوی به وجود آورد. این نتیجه عوامل جبران کننده، هم در خاک و هم در گیاهان است. الگوهایی برای پیش‌بینی اثرات مختلف شوری آب آبیاری در طول فصل رشد بر باردهی گیاهان، در حال عرضه هستند.

آمیختن زه آب با کیفیت ضعیف با آب آبیاری با کیفیت مناسب را مخلوط کردن

1- Shannon and Francois, 1978

2- Bielorai et al. 1988

3- Shalheveth, 1997

می گویند. به شرط آن که آب مخلوط شده، در حد مناسب حاوی غلظت کمی از نمک و یون های سمی باشد، مخلوط کردن، با صرفه ترین و قابل قبول ترین روش زیست محیطی دفع زه آب است. این راهکار، با گذشت زمان، می تواند بالقوه باعث افزایش شوری آب زیرزمینی شود. اغلب، بهترین راهکار، جدا کردن آب هایی با کیفیت مختلف می باشد. کشور مصر برنامه وسیعی برای استفاده مجدد از زه آب در پیش گرفته است. بیش از ۴ هزار میلیون متر مکعب زه آب کشاورزی که در بالادست دلتای رود نیل تولید می شود، به عنوان مکمل احتیاجات آب آبیاری، مجدداً در پایین دست دلتا مورد مصرف قرار می گیرد. در جایی که عمل مخلوط کردن صورت می گیرد، ایستگاه های پمپاژ، باعث پمپ کردن زه آب با کیفیت بهتر به ارتفاع بالاتر و به داخل کانال های آبیاری می شوند. وزارت کارهای عمومی و منابع آب مصر برنامه گسترش دهای را برای رفتار سنجی کمیت و کیفیت استفاده مجدد در دست دارد.

استفاده مجدد برای گیاهان زراعی شورپسند و جنگلداری

مفهوم سامانه های کشاورزی - جنگل داری و تبخیر کننده های خورشیدی

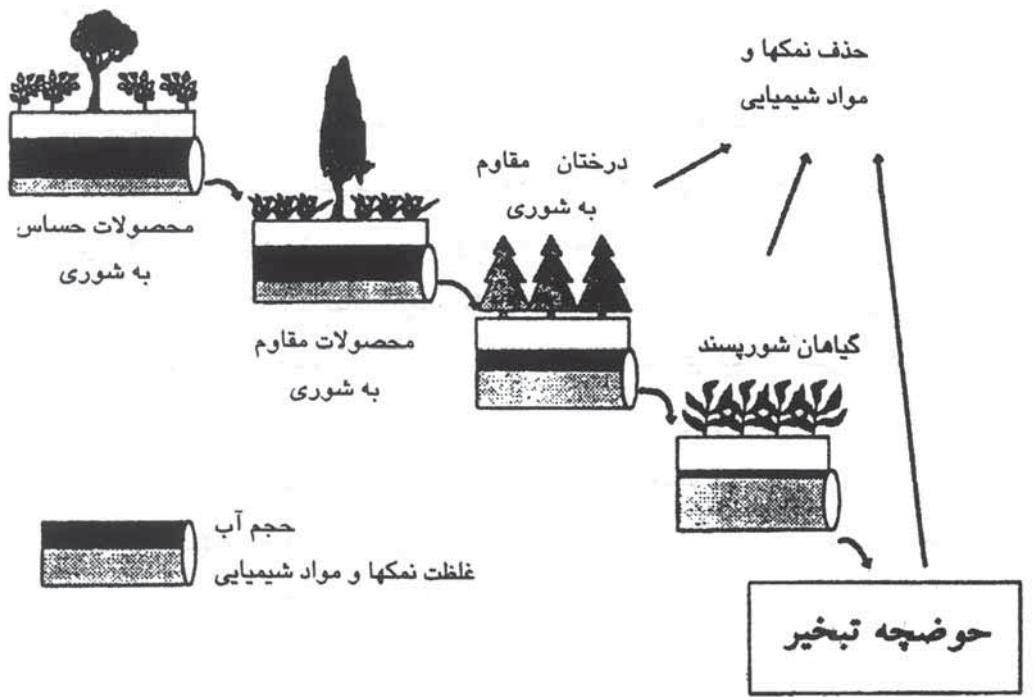
سامانه کشاورزی - جنگل داری و تبخیر کننده خورشیدی، هنوز در مرحله توسعه می باشد (تانجی و کاراجه، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳ و یورگنسن و همکارانش، ۱۹۹۳)^(۱). این موضوع بر سایر فن آوری های میانی دفع ارجحیت دارد. این روش زه آب را به عنوان یک منبع به جای دفع مستقیم آن در حوضچه های تبخیر، رودخانه ها یا اقیانوس تحت مدیریت قرار می دهد. سامانه های کشاورزی - جنگل داری تولید کننده بیوانرژی (زیست توده)^(۲) هستند در حالی که سایر فناوری های تصفیه زه آب، انرژی زیادی نیاز دارند. سامانه های کشاورزی - جنگل داری با کاهش قابل ملاحظه حجم نهایی زه آب غیرقابل استفاده مجدد، فرصتی ایجاد می کنند تا تخلیه فصلی زه آب به داخل

1- Tanji and Karajeh, 1992 - 93, Jorgensen et al, 1993

2-Biomass

رودخانه‌ها در زمان دبی زیاد آب رودخانه صورت گیرد. تبخیر کننده‌های خورشیدی، از این نظر که این‌می‌حیات و حش را از حیث کنترل پرند، بیشتر از استخرهای تبخیر تأمین می‌کنند، مطلوب می‌باشند.

درختان، علاوه بر این که مکان‌های اسکان حیات و حش را فراهم می‌کنند، باعث کاهش آلودگی هوا شده و کیفیت کلی زیست محیطی نواحی کشاورزی را بهبود می‌بخشند.



شکل ۶- سامانه‌های کشاورزی - جنگلداری و مدیریت شوری

در کالیفرنیا، روش کشاورزی - جنگل داری که جهت مدیریت شوری روی مزارع فاریاب، آزمایش شده و توسعه یافته، دو هدف را دنبال می کند:

- ۱- بهره برداری از زه آب به عنوان منبعی جهت بازاریابی محصولات تولیدی.
- ۲- کاهش مستقیم حجم زه آب تخلیه شده در مزرعه.

در کالیفرنیا و نواحی دیگر، سامانه کشاورزی - جنگل داری برای استفاده تولیدی از زه آب و دفع آن به داخل تبخیرکننده های خورشیدی در شرایط نیمه خشک، توسعه یافته است. یک نمودار از سامانه در شکل (۶) نشان داده شده است. کار اصلی درختان این است که از زه آب استفاده نموده و حجم زیادی از آن را تبخیر نمایند. این عمل، نه تنها به طور مرتب از طریق استفاده مجدد، بلکه با استخراج زه آب از سفره های کم عمق، و یا به وسیله انشعاب از جریان زه آب در بالا دست شبی انجام می گیرد. با این نگرش، درختان می توانند به عنوان پمپ های بیولوژیکی در نظر گرفته شوند. زیست توده‌ی درخت، تعدادی از محصولات دارای بازار فروش را که گستره کاربرد آنها، از تولید الکتریسیته تا تولید سوخت های زیستی یا مواد بیوشیمیایی می باشد، ارائه می دهد. زه آب، بیشتر از طریق آبیاری گیاهان شور پسند غلظت می شود، که این گیاهان به عنوان غذا یا محصولات صنعتی دارای بازار می باشند. غلظت نمک در زه آب در هر مرحله پیشرفت افزایش یافته ولی در عوض حجم آب کاهش می یابد.

تقریباً ۸۰ تا ۸۵ درصد از حجم اولیه زه آب تولید شده در هنگام رشد محصولات حساس به شوری، مجدداً مورد استفاده قرار می گیرد تا محصولات مقاوم در برابر شوری تولید شوند. بقیه ۱۵ تا ۲۰ درصد زه آب باقی مانده، در حالی که غلظت نمک در آنها افزایش یافته، در تبخیرکننده های خورشیدی تبخیر می شوند. طرح تبخیرکننده های خورشیدی از یک محوطه مسطح تشکیل شده که با یک آستر پلاستیکی فرش شده و نمک بلوری را جمع آوری می کند. مقدار روزانه زه آب تخلیه شده در تبخیرکننده های خورشیدی بستگی به میزان روزانه تبخیر دارد تا از تشکیل استخر آب جلوگیری کند. این عمل محیط زیست را برای حیات وحش بدون جاذبه

می کند ولی از آن جا که ثابت شده غلظت Se برای حیات وحش خطرناک است، این خاصیت مهم می باشد. سامانه کشاورزی - جنگل داری برای استفاده پی در پی و کاهش حجم فاضلاب، از نظر عبور آب از محصولات حساس در برابر نمک به درختان مقاوم به نمک و از آن جا به گیاهان شورپسند مقاوم در برابر نمک بیشتر و سپس از آن جا به تبخیر کننده های خورشیدی در شکل (۶) نشان داده شده است. جریان آب توسط سامانه تجهیزات کنترل کننده مجهر به حساسه (سنسور) به صورت خودکار برنامه ریزی و هدایت می گردد. در یک سامانه کشاورزی - جنگل داری که در کالیفرنیا عمل می کند، برای استفاده مجدد پیاپی از آب و نمک زدایی، زه آب با غلظت اولیه نمک در حدود 7000 mg/l برای، آبیاری محصولات مقاوم در برابر شوری، به کار می رود. زه آبی با چنین غلظت، به طور سنتی در استخراهای تبخیر، رودخانه ها و یا اقیانوس ها دفع می گردد. سامانه کشاورزی - جنگل داری نمک را به طور قابل ملاحظه در حجم کمی از فاضلاب، تغییض می کند. این فن آوری، ارائه دهنده اختیارات مدیریتی در بلور کردن نمک ها در محوطه نسبتاً کوچک در مزارع (تبخیر کننده های خورشیدی) یا تخلیه زه آب با حجم کاهش یافته (آب نمک) به طرف استخراهای خورشیدی یا آبریزهای طبیعی (برای مثال اقیانوس ها) می باشد. بلوری کردن نمک در تبخیر کننده های خورشیدی، گزینه های مدیریتی را برای فروش نمک یا ذخیره آن در مزارع (در درازمدت یا کوتاه مدت) یا طرح دفنگاه هایی برای نگهداری دائمی آن فراهم می کند.

سامانه استفاده مجدد از زه آب، به طور پی در پی و مؤثر، باعث کاهش میزان سلنیم (Se) می شود. غلظت معمول سلنیم mg/l $Se = 0.5$ در زه آب به کار رفته برای درختان و mg/l 0.9 در حجم کاهش یافته زه آب جهت مصرف هالوفیت ها می باشد. بنابراین مقدار تخمینی $Se = 50$ کیلو گرم در 100000 متر مکعب زه آب به کار رفته برای درختان، و تقریباً 27 کیلو گرم در 30 دکامتر مکعب زه آب کاهش یافته می باشد که مجدداً به طور پی در پی جهت آبیاری هالوفیت ها استفاده می شود. سلنیوم از طریق تبخیر سریع کاهش یافته و به وسیله درختان و هالوفیت ها نیز جذب می شود. سلنیوم

زدوده شده به وسیله درختان، به طور اساسی در برگ‌ها تغليظ می‌شود و مقادیر اندازه‌گیری شده برای اوکالاپتوس ۰/۵ تا ۱، ۰/۶ تا ۰/۷ برای کاسوارینا^(۱)، برای آتل^(۲) ۰/۶ تا ۳/۶، و برای هالوفیت‌ها ۰/۶ تا ۱/۸ (بر حسب mg/kg) می‌باشد. آزمایش‌های موفقی برای انتقال Se از طریق کشت هالوفیت‌ها و استفاده این از آنها برای تغذیه دام‌ها انجام شده است. (فراست، ۱۹۹۰)^(۳).

برنامه‌ریزی و طراحی سامانه

طراحی یک تبخیرکننده خورشیدی، اساس توسعه یک سامانه جامع کشاورزی - جنگل داری می‌باشد. اندازه تبخیرکننده خورشیدی تابعی از سرعت‌های تبخیر رایج در زمین‌های زراعی می‌باشد. مساحت تبخیرکننده خورشیدی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Ae = \frac{1000Dwh}{Ev \times Ce} \quad (3)$$

که در آن:

مساحت تبخیرکننده خورشیدی بر حسب متر مربع	Ae	
دبی زه آب تخلیه شده از گیاهان شورپسند به داخل تبخیرکننده	Dwh	
خورشیدی بر حسب هزار متر مکعب		
میزان تبخیر سالیانه بر حسب متر	Ev	
ضریب تبخیر، برای تبخیر کاهش یافته آب شور	Ce	

برای تخمین ضریب تبخیر (Ce)، اطلاعات پژوهشی بیشتری مورد نیاز است. داده‌های تجربی نشان می‌دهد که غلظت نمک در زه آب تخلیه شده از شورپسندها به داخل تبخیرکننده خورشیدی، در گستره‌ای از ۳۲۰۰۰ تا ۴۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر است.

1- Casuarina

2- Athel

3- Frost, 1990

غلظت نهایی نمک‌های بلوری بیش از 180000 mg/l است. اجزاء مهم نمک بلوری شامل $(56/70\%)$ سولفات SO_4^{2-} ، $(23/5\%)$ سدیم Na^+ و $(40/7\%)$ کلرید Cl^- می‌باشند. میزان Se از 2 mg/kg تا 8 mg/kg متغیر است.

منطقه‌ای که شورپسندها در آن توانایی رشد و نمو دارند، تابعی از کمیت و کیفیت زه‌آب بازیافته از درختان است. داده‌های آزمایشگاهی جمع‌آوری شده در مدت شش سال نشان می‌دهد که افزایش غلظت در آب تخلیه شده از درختان تقریباً $2/8$ برابر بیشتر از زه‌آب (حاصل از محصولات سنتی مزرعه) دریافتی برای درختان است. این نشان دهنده آن است که تقریباً 65 درصد آب زه‌آب به وسیله درختان، دوباره مصرف شده است. آب مصرفی درخت (تخلیه شده از محصولات مزرعه) به طور نمونه، دارای هدایت الکتریکی $ds/m = 10$ و آب به کار برده شده برای شورپسندها (تخلیه از درختان)، دارای هدایت الکتریکی تقریبی $ds/m = 30$ - 28 می‌باشد.

جهت نگهداری و کنترل کیفیت مناسب خاک، کسری از آبشوی (درصد آب آبیاری نفوذ کرده زیر ناحیه ریشه) بایستی به اندازه کافی زیاد باشد تا از انباشت نمک، سلنیم (Se) و بر (B) در نیم رخ عمودی جلوگیری کند. SAR نیز بایستی کنترل شود. یک منطقه کشاورزی - جنگل داری به مساحت 16 هکتار، ظرفیت فراوری بر روی $110,000$ متر مکعب زه‌آب را در سال دارد. اندازه مزرعه‌ای که می‌تواند به وسیله سامانه کشاورزی - جنگل داری سرویس داده شود (شامل تبخیر کننده خورشیدی) تابعی از چند عامل، مانند سامانه تولید محصول، کیفیت آب آبیاری، مدیریت آب آبیاری، شوری خاک و استفاده از درختان برای کنترل وضعیت آب‌های زیرزمینی (جذب آب از سفره‌های آب بالا یا جریانات زیرسطحی) می‌باشد. تخمین زده می‌شود که 30 هکتار از درختان، شورپسندها و تبخیر کننده خورشیدی می‌تواند فاضلاب حاصل از حدود 1000 هکتار از محصولات سنتی مزرعه را مورد استفاده قرار دهنده. 30 هکتار زمین مذکور، شامل 1775 هکتار درختان، $7/5$ هکتار شورپسندها و 375 هکتار تبخیر کننده خورشیدی می‌باشد. اندازه نسبی مساحت‌های عبارت است از: مساحت آبیاری شده 1000 هکتار، درختان 10 هکتار، هالوفیت‌ها 4 هکتار و تبخیر کننده خورشیدی 2 هکتار.

مدیریت زیست توده حاصل از درختان و گیاهان شورپسند، جهت راهبری سامانه های کشاورزی - جنگل داری و نمک زدایی، ضروری است. درختان و شورپسندها بایستی از لحاظ مقاومت در برابر نمک انتخاب شوند، که گستره آن از ۹۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰ mg/l برای درختان و ۱۸۰۰۰-۴۱۰۰۰ mg/l برای شورپسندها می باشد گیاهان شورپسند بهتر است از گیاهان چند ساله و پایا باشند. سایر ویژگی های مورد نیاز برای درختان و گیاهان شورپسند شامل تقاضای آب زیاد، مقاومت در برابر سیل های فراوان، تحمل یخ زدگی و داشتن بازار فروش برای زیست توده حاصل می باشد.

اکالیپتوس کامالدو لنسیس^(۱) یکی از گونه های مناسب انتخاب شده، جهت این سامانه است، زیرا مقاومت در برابر نمک و نیاز آبی آن زیاد است. برای بهبود کیفیت درختان اکالیپتوس برای مناطق کشاورزی - جنگل داری در دره سن جواکین، یک برنامه تولیدی برگزیده از سال ۱۹۸۷ آغاز شده است. درختان انتخاب شده هر سال، به طور سازمان یافته مورد ارزیابی قرار گرفته و ۲۲ درخت جهت تکثیر کشت بافت انتخاب شده است. برنامه، در جستجو برای دریافت تنوع بیشتر درختان مقاوم در برابر نمک می باشد. درختان کاشته شده بصورت آزمایشی شامل کاسوارینا، آتل، افاقی، مسکوایت و صنوبر می شود.

انتخاب گیاهان شورپسند بر اساس مرور نوشته ها، آزمایش های ارزیابی زمین، و بازدیدی از گیاهان مقاوم در برابر نمک در کالیفرنیا، بوده است. این گیاهان نه تنها برای اهداف مدیریت شوری، بلکه برای بررسی عملکرد متقابل بیولوژیکی با محصولات مزرعه سنتی انتخاب شده اند تا از معرفی انواع بالقوه علف های هرز یا گیاهان میزبان حشرات ناقل یا ویروس های گیاهی جلوگیری شود. شورپسندها از لحاظ مقاوم بودن در برابر نمک، با گستره هدایت الکتریکی از ۲۰ تا ۴۵ ds/m² انتخاب شده اند. بر اساس ارزیابی های جاری منطقه، امیدبخش ترین گیاهان، شامل سالیکورنیا^(۲)، بوته آیودین (آلن رولفدا آکسیدنتالیز^(۳))، علف نمک (دیچتیلیس اسپیکاتا^(۴)) و کردگرس (اسپارتینا گراسیلیس^(۵)) می باشند. هالوفیت های امیدبخش دیگر شامل جارو

1- Eucaluptus Camaldulensis

2- Salicornia

3- Allenrolfea Occidentalis

4- Dichtilis spicata (Saltgrass)

5- Spartina gracilis (Cordgrass)

(باسیاهیسوپیفولیا^(۱)، مرغ(آگرورپرون الون گاتیوم^(۲))، اسفناج دشتی (آتریپلکس پاچولا^(۳))، کوچیا یا جارو (کوشیا آمریکانا^(۴))، اسفناج دشتی اتریپلکس نیومیولا ریا^(۵) و آتریپلکس لنتی فورمیس^(۶) می‌باشند.

استفاده مجدد در یک تالاب طبیعی

از زه‌آب می‌توان برای حیات وحش یا آبیاری گونه‌های زیستگاه طبیعی تالاب استفاده نمود. با وجود این، پیش از استفاده زه‌آب کشاورزی برای این منظور، بایستی به پرسش‌های زیر پاسخ داده شود:

- ۱- آیا آب از یک شبکه سطحی یا زیرسطحی و یا هر دو می‌باشد؟
- ۲- چه نوع سبزی‌هایی را می‌خواهید کشت کنید؟
- ۳- چه اجزاء تشکیل دهنده‌ای در آب وجود دارد؟
- ۴- آیا در موقع نیاز، آب در دسترنس است؟
- ۵- آیا حجم کافی از آب موجود است؟
- ۶- آیا اثرات مثبتی بر حیات وحش و محیط زیست دارد؟
- ۷- آیا رواناب کافی از تالاب وجود دارد؟
- ۸- آیا تالاب دوام‌پذیر است؟

استفاده مجدد از زه‌آب سطحی

در جائی که زه‌آب، تنها از زه‌آب سطحی یا منابعی مانند آب اضافی سدها گرفته شده باشد، سئوال اصلی این است که، آیا آب حاوی مواد آفت‌کش پایدار است یا نه.

-
- 1- Bassia hyssopifolia
3- Atriplex patula
5- Atriplex nummularia

- 2- Agropyron elongatum
4- Kochia americana
6- Atriplex lentiformis

در مناطقی که قوانین زیست محیطی شدیدی حاکم است و قانون برچسب ظرف محتوی سوم آفت کش رعایت می شود، خطر کوچکی، در اثر استفاده مجدد رواناب سطحی یا اضافی فاضلاب وجود دارد. زه آب مزارع برنج، به عنوان درصد بزرگی از منبع آب، برای آبگیرهای طبیعی تحت مدیریت در دره ساکرامنتو کالیفرنیا اهمیت داشته و عموماً برای استفاده مجدد ایمن است.

اکثر زه آب های جمع آوری شده سطحی، جهت آبگیرهای سیلاجی، در اوایل پائیز استفاده می شوند. در مناطق کشت برنج، مزارع در اوخر تابستان یا اوایل پائیز زهکشی می شوند. این طرح تخلیه، همزمان با مهاجرت پائیزی مرغان آبی به طرف محل سکونت زمستانی شان انجام می گیرد.

به طور ایده آل زیست گاه های زمستانی مرغان آبی به عمق ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر در معرض سیل قرار می گیرند. با توجه به نوع خاک، سرعت های نفوذ آب و تبخیر آن، آب زهکشی مورد نیاز برای سیلاج اولیه از ۱۵۰۰ تا ۵۰۰ متر مکعب بر هکتار متغیر است. جائی که منابع محلی زه آب گرفته شده سطحی در دسترس باشد، برای نگهداری، استخراها از ماه اکتبر تا ماه مارس، از آب استفاده می شود. در آب و هوای گرم، تبخیر سالانه یا استفاده از آب مصرفی، تقریباً $2500 \text{ m}^3/\text{ha}$ می باشد، که این اتفاق باعث افزایش بیشتر غلظت نمک در آب خروجی آبگیر می شود.

نمونه بومی گیاهان مرداب که بوسیله زه آب سطحی کشاورزی رشد یافته اند، شامل علف هفت بند (پلی گانیوم لپوته فولیوم^(۱))، تیموتی باتلاق (هله چولا شنوئیدز^(۲))، یا بوریای ساقه سخت (اسکریپوس فلووایاتیلیس^(۳)) و گتیلز (گونه تیفا^(۴)) می باشند. این گیاهان تحت یک رژیم مدیریتی آبی خاکی مرطوب، رشد می یابند.

آب، در فصل پائیز به کار برده شده و، تا شروع گرم شدن حرارت خاک بهاری

1- *Polygonum Lapothefolium*

2- *Heleochoea Schenoides*

3- *Scirpus fluviatilis*

4- *Typha Spp*

نگهداری می شود. این عمل در ماه مارس یا آوریل در دره مرکزی کالیفرنیا اتفاق می افتد. وقتی که خاک شروع به گرم شدن می کند، استخراها در وضعیت ته نشست گل، تخلیه می شوند. این عمل باعث تحریک رشد جوانه دانه می شود. در بعضی مناطق، حوضچه ها تا زمان سیلان پائیزی به آب اضافی نیازی ندارند. بهر حال، در مناطقی که تابستان ها گرم و خشک است، حوضچه ها به یک یا بیش از یک بار آبیاری در ماه ژوئیه یا اوایل اوت نیاز دارند، تا تولید دانه، به طور مطلوب، برای تهیه غذای حیات وحش ادامه یابد.

استفاده مجدد از زه آب زیرسطحی

استفاده مجدد از آب سورزیر زه آب کشاورزی، برای مدیریت آبگیر، گرفتاری های اساسی را مطرح می کند مشکلاتی را به وجود می آورد که، می تواند به نابودی حیات وحش و کاهش زیستگاه طبیعی، منجر شود. اگرچه زه آب سورزیر سطحی، نوعاً، از لحاظ سmomم آفت کش یا علف کش ها، عاری از آلودگی است، ولی ممکن است حاوی خاک یا مواد سمی طبیعی و یا عناصر کمیاب از قبیل نمک ها، نیترات ها، آرسنیک (As)، بر (B)، کادمیم (Cd)، کرم (Cr)، سرب (Pb)، جیوه (Hg)، مولیبدن (Mo)، نیکل (Ni)، سلنیم (Se)، نقره (Ag)، اورانیم (U) و انادیم (V) باشد. هر یک از این اجزاء تشکیل دهنده، به صورت مستقل یا در ترکیب با اجزاء دیگر، یا از طریق مراحل بزرگ شدن در جانداران حیات وحش از طریق زنجیره غذایی، قابلیت سمی دارند، قبل از آن که بتوان طرحی برای استفاده مجدد به عنوان یک منبع آب، برای آبگیرها را مورد بررسی قرار داد، تجزیه و تحلیل دقیق زه آب زیرسطحی، در طول چند دوره از چرخه سالانه، لازم است. همچنین، پیش بینی یک حجم مناسب جریان آب، جهت به حداقل رساندن غلظت عناصر سمی ناشی از تبخیر مهم است.

در حال حاضر، هیچ گونه استاندارد جامعی که بتواند، حد ایمنی عناصر کمیاب در آب، برای مدیریت زیستگاه طبیعی آبگیرها را مشخص کند، وجود ندارد. با این وجود،

به خاطر نیروی بالقوه زیاد و رشد زنجیره مواد غذایی، بیشتر مدیران آبگیرها، به طور عمده استفاده از زه‌آب زیر سطحی کشاورزی را که محتوی عناصر کمیاب بیش از حدود عادی باشد، نمی‌پذیرند. قابلیت پاکسازی و احیای یک آبگیر آلوده و هزینه‌های آن، تحمیل کننده یک خط مشی محافظه کارانه است.

در مناطقی که، آلودگی به عناصر کمیاب، مورد نظر نمی‌باشد، از زه‌آب شور، می‌توان برای تولید یک زیستگاه طبیعی مولد در آبگیر استفاده نمود. مدیریت شوری آب و خاک مسئله اصلی است. حفظ توازن میان آب به کار رفته و فصل مشترک آب و خاک، کلیدی برای تولید گیاهان باتلاقی در آب‌های لب شور است. به طور کلی، آبی با مقدار $TDS\text{ mg/l } 2500$ یا کمتر برای مدیریت آبگیر ارجح است.

برخی اوقات از آبی با مقدار $TDS\text{ mg/l } 5000$ برای مدت کوتاهی، می‌توان استفاده نمود. آزمایش‌های استاندارد مدیریت، شامل سیلاپ پائیزی به عمق تقریبی ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است، این عمق‌ها تا ژانویه یا فوریه حفظ می‌شوند. در اوخر زمستان، حوضچه‌ها، برای تخلیه زه‌آب و نمک انباسته شده، تخلیه می‌شوند سپس حوضچه‌ها، مجدداً تا عمق دارای کاربرد عملی، با آب تازه پر می‌شوند. پس از حدود چهارده روز، آب مجدداً تخلیه می‌شود. عمل تخلیه، دو یا سه بار قبل از تکمیل شدن چرخه تکرار می‌شود. این مراحل، غلظت نمک را در آب سطحی، از طریق تغییر خارج کرده و توازن مجدد نمک در آب / خاک به وجود می‌آورد.

جهت سهولت جوانه زدن مطلوب گیاهان مقاوم در برابر نمک، استخراج‌ها تا سطح رسوبات گلی، در ماه مارس یا آوریل، تخلیه می‌شوند. گیاهان شاخص تحت این رژیم شامل نوعی جگن (سیرپوس روbastos)^(۱)، براس باتونز (کاتولا کورینوپیفولا)^(۲)، سالت گراس (دیستی چیلیس اسپیکاتا)^(۳)، و جگن (سیرپوس آیکوتوس)^(۴) می‌باشند.

38- *Scirpus robustus*

39- *Cotula Corinopifolia*

40- *Distichilis*

41- *Scirpus acutus*

بسته به خاک محلی و آب و هوا، ممکن است یک یا بیش از یک بار آبیاری سطحی جهت جوانه زدن گیاهان و رشد کامل ضروری باشد.

در تمام حالات، جهت جلوگیری از انباست نمک زیادی، هنگامی که استخر با زه آب شور پر شده، گردش آب حفظ می شود، و به میزان یکنواخت، تخلیه ای جریان از استخراها ضروری است. با حفظ گردش آب و میزان ثابت جریان خروجی، از شیوع بیماری مرغان آبی نیز، می توان جلوگیری نمود. زیستگاه طبیعی تالاب که به وسیله زه آب شور کشاورزی، آب آن تأمین می شود، باید دقیقاً تحت مدیریت و نظارت قرار گیرد تا تالاب حالت داشته باشد. علاوه بر آن، از لحاظ محیطی، بایستی راهی ایمن وجود داشته باشد (اقیانوس، رودخانه بزرگ، دریاچه نمک) تا عمل تخلیه آب های رها شده از تالاب میسر گردد.

فصل پنجم

تصفیه زه آب

مراحل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی فرآیند تصفیه

بخش اول این فصل مربوط به تصفیه مستقیم فاضلاب کشاورزی، برای بهبود کیفیت آن می‌باشد. مراحل کلی انتخاب یک روش تصفیه و در ادامه روش تصفیه توضیح داده شده است.

انتخاب فرآیند تصفیه

به طور کلی، اولین گام‌ها جهت انتخاب مراحل هر تصفیه‌ای برای بهبود کیفیت زه آب، تعریف مسئله و مشخص نمودن مراحل تصفیه‌ای است که بایستی انجام شود. در غالب وضعیت‌ها، الزامات قانونی یا تمايل، جهت استفاده مجدد از آب، محرکی خواهد بود در تبیین مباحث تصفیه که بایستی یک زه آب به خصوص، انتخاب شوند. از طرفی اطلاعات کلی و درک معیار کیفیت این آب‌ها قبل از انتخاب نوع تصفیه، مورد احتیاج است. در غالب روش‌های تصفیه‌ای مورد بحث علاوه بر این که از غلظت نمک کاسته نخواهد شد، بلکه به میزان آن افزوده نیز خواهد گشت.

جهت تصمیم گیری، نیاز به اطلاعات پیش زمینه در خصوص اجزاء تشکیل دهنده شیمیایی فاضلاب می‌باشد هنگامی که نظام و چارچوب مراحل تصفیه مشخص گشت (به عنوان مثال: الزامات قانونی استفاده مجدد و یا هر دو). پس از آن، اطلاعات موجود، از نظر مطلوبیت جهت انتخاب اولیه تصفیه، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ثبت کامل و بیشتر اطلاعات با توجه به اجزاء مورد ارزیابی و زمان ثبت، کار تصفیه را آسانتر می‌کند. در ابتدا، میزان حجم جریان و غلظت اجزاء مربوطه مورد نیاز است و علاوه بر آن بایستی از هر گونه تغییرات فصلی جریان از جهات مذکور (میزان و اجزاء جریان) مطلع بود.

در صورت عدم آگاهی پیشین از این امر و به جهت پیشگیری از اشتباهات قابل ملاحظه در سایر مراحل بعدی بایستی قسمتی از بودجه پروژه جهت کسب اطلاعات از گذشته مورد آزمایش، اختصاص داده شود و در ضمن باید درستی اطلاعات ثابت شود. این کار را می‌توان از طریق مرور تحلیلی از چگونگی استفاده قبلی آن و قیاس این اطلاعات با یک منبع مستقل و یا به وسیله مقایسه با منابع جدیدتر انجام داد. قدم بعدی جهت نیل به توسعه یک برنامه موفق تصفیه‌ای، مشخص نمودن معیار انتخاب است. این برنامه، همکاری و شرکت تمام گروه‌های سهیم در این پروژه شامل منابع مربوطه، استفاده کننده‌ها (شهرداری‌ها و سازمان‌های کشاورزی و صنایع، مناطق توزیع آب و مؤسسات قانونی و عموم شهروندان می‌شود. عاملی که بر انتخاب این مراحل تأثیر می‌گذارد شامل هزینه سرمایه گذاری، هزینه‌های راهبری و نگهداری، نیاز به زمین، درجه تصفیه مورد نیاز و محدودیت‌های قانونی می‌باشد. این عوامل بایستی به دقت در مراحل اولیه انتخاب روش تصفیه مشخص شوند. در هر حال این نکته حائز اهمیت است که متذکر شویم، در طول پروژه، تغییراتی در عوامل و معیارها به وجود خواهد آمد. پس از انتخاب معیار، سایر گزینه‌ها را در امر تصفیه می‌توان مشخص نمود. یک راه مناسب برای شروع این است که با یک یا چند گروه از افراد دارای صلاحیت، بدون رد و یا تأیید پیشنهادی، تشکیل جلسه داد. طی این جلسات از هر یک از این افراد (کارشناس) در مکان‌های مختلف اظهار نظر خواست، به طوری که نکته‌ای در فن آوری کار با مسئله تصفیه، ناگفته نماند.

فهرست تمامی گزینه‌های ممکن، در مقابل معیار و عامل موردنظر قابل ارزیابی نیست و خود عامل معیار است که قابل ارزیابی بوده و درجه بندی (کلاس بندی) می‌شود. از میان این ارزیابی‌ها، طبعاً می‌توان به یک انتخاب صحیح دست یافت و گاهی می‌توان چندین مورد را با هم انتخاب نمود که طبق معیار انتخاب شده باشد. در صورتی که نتوان از میان انتخاب‌ها به یکی تمایل نشان داد، بایستی از یک معیار اضافی و یا چندین معیار که بدون بار مالی هستند، جهت محدود کردن میدان به دو یا سه انتخاب اولیه، استفاده نمود. به غیر از گزینه یا گزینه‌های نخستین در خصوص مسئله زه‌آب که جزء مراحل

استاندارد هستند و یا در کاربری با آب‌های مشابه با آب مورد بحث، نتایج موفقیت‌آمیزی داشته‌اند، در عموم موارد مؤکداً خواسته شده تا از آزمایش‌های معیارسنجی (Pilot-Scale) استفاده شود.

به طور کلی هر چقدر سامانه‌ی پایلوت بزرگ‌تر بوده و از گستردگی برخوردار باشد، کارآیی فرایند را در مقیاس حقیقی بهتر نشان می‌دهد. در عملیات و آزمایش‌های معیارسنجی مهم‌ترین موضوع، استفاده از آبی است که در شرایط واقعی باید توسط فرایند تمام مقیاس مورد تصفیه قرار گیرد. زه‌آب چنان محلول پیچیده‌ای است که محلول‌های ساختگی، هر چند برای مطالعات آزمایشگاهی مقدماتی و پایه‌ای مناسب باشند، اما به زحمت می‌توانند جایگزین خوبی برای ارزیابی عملی فرآیندهای تصفیه باشند. شرایط یک مجموعه پایلوت باید تا حد ممکن نزدیک به شرایط عملیاتی در یک واحد حقیقی باشند. زمان درنگ هیدرولیکی (زمان ماند)، سرعت جريان، آهنگ‌های بارگذاری اعمال شده و بازدهی‌های حذف ترکیبات موردنظر، شاخص‌های معمول هستند که بایستی مورد اندازه‌گیری واقع شوند و در آزمایش‌های پایلوت ارزیابی گردند. اگر چنین آزمایش‌هایی نشان دهند که فرآیند تصفیه نمی‌تواند به نتایج مورد انتظار دست یابد، آن‌گاه فرآیند بایستی اصلاح شده و مجدداً مورد آزمایش قرار گیرد یا این که گزینه‌های دیگری تحت بررسی درآیند.

در دنباله زمانی که آزمایش معیارسنجی (راهنمایی و راهبردی) تکمیل گردید و نشان داد که حداقل یکی از مراحل مؤثر بوده، آن‌گاه بهترین روش را می‌توان برای تکمیل کار انتخاب انجام داد. انتخاب‌ها بایستی در برابر معیار اولیه (در مراحل نخستین) مورد قضاوت قرار گیرند. در این نقطه سایر عوامل بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند. به طور مثال: پیچیدگی مجموعه، تعداد افراد مورد نیاز خبره جهت راهبری و نگهداری سیستم، فرآورده‌های تولید شده بلا مصرف و دفع آنها، قابلیت توسعه سیستم، قابلیت سیستم جهت زدایش ترکیبات موردنظر در سطحی پایین‌تر از سطح مطلوب جاری (در وضعیتی که مقررات محدود‌کننده‌تر شوند)، قابلیت سیستم جهت زدایش اجزایی که در حال حاضر موردنظر نمی‌باشند (در حالت وضع).

بهتر است توافق بین گروه‌ها و بخش‌های ذینفع در مسئله تا جایی که ممکن است در گزینش نهایی بهترین گزینه تصفیه حاصل گردد. با این کار از درگیری‌های آتی به شدت پرهیز خواهد شد.

روش‌های تصفیه (پالایش)

از آنجا که تشریح دقیق هر یک از فرایندها، خارج از بحث این خطوط راهبردی است، خلاصه‌ای از متعارف‌ترین روش‌های تصفیه ارائه خواهد شد که در تصفیه پساب‌های کشاورزی مورد استفاده است. تشریح جزئیات بیشتر در طرح مراحل تصفیه متعارف را می‌توان در مقالات آب و تصفیه فاضلاب پیدا کرده نظری آنچه که توسط مونتگمری (۱۹۸۵)^(۱) و متکف وادی (۱۹۹۱)^(۲) نوشته شده است.

راه‌های تصفیه را می‌توان به سه نوع رایج تقسیم نمود: فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، غالباً تمامی مراحل هر دو جنبه فیزیکی و شیمیایی را نشان می‌دهند و در نتیجه بعضی اوقات تصفیه فیزیکی، شیمیایی یا تصفیه فیزیکو شیمیایی نامیده می‌شود.

تصفیه فیزیکی - شیمیایی

خارج نمودن ذرات

چندین فرآیند به خارج نمودن ذرات مواد معلق کمک می‌کنند. هنگامی که پساب‌های تحت‌الارضی شامل ذرات معلق کمی باشند، این مرحله ممکن است طی بخش‌های مختلفی از تصفیه جهت خارج نمودن ذراتی که در مراحل دیگر تصفیه شکل گرفته و تشکیل شده‌اند استفاده شود، مثل خارج کردن باکتری‌ها از سیستم بیولوژیکی یا خارج نمودن رسوبات تشکیل شده، در مراحل تصفیه شیمیایی. از فرآیندهای واحد حذف ذرات شامل رسوب کردن، شناور شدن، سانتریفوژ و صاف کردن می‌شود. صاف کردن بیشتر شامل دانه‌بندی بسته‌های متوسط، صافی‌های مکنده، پرس‌های نواری و پرس‌های صافی می‌شود.

1- Montgomery, 1985

2- Metcalf and Eddy, 1991

جذب

عمل جذب، فی الواقع خارج نمودن آلودگی محلول به وسیله چسبیدن به یک جامد است. یک مثال معمولی از این دست، خارج نمودن ترکیبات آلی محلول به وسیله جذب روی ذرات کربن فعال شده (GAC) می‌باشد، کربن فعال دانه‌ای (GAC) به خاطر قابلیت خود در زدودن گستره وسیعی از آلاینده‌ها بسیار مفید است. به ویژه اگر قرار باشد که سموم آفت کش از زه آب حذف شوند، استفاده از این روش و GAC انتخاب خوبی برای تصفیه خواهد بود.

هوادهی

راه دیگر تصفیه جهت خارج نمودن ترکیبات فرار از آب، خارج کردن به وسیله هوا می‌باشد. در روش هوادهی غیر هم جهت متعارف آب آلوده از قسمت بالای یک ظرف راکتور بلند که با کمک مواد مختلفی پر شده است، پخش می‌شود. همانطوری که آب به طرف پایین پیشروی می‌کند، هوایی پاک از پایین راکتور داخل شده به طرف بالا می‌رود. وقتی که آب و هوایا هم تماس حاصل می‌کنند، ترکیبات فرار مطابق نظریه انتقال (از حالت مایع به حالت گاز) منتقل می‌شوند.

فرایندهای غشایی

در صورتی که نمک‌زادی و تولید آب با کیفیت بالا از اهداف تصفیه باشد، فرآیند غشایی یا فرآیند تقطیر از روش‌های پیشنهادی برتر خواهد بود. جدایی نمک و ترکیبات آلی را می‌توان به وسیله استفاده از یک غشاء انتخاب کننده نفوذپذیر، انجام داد. مرحله غشایی همچنین در صنعت تصفیه آب جهت کوچک و آلودگی‌های میکروبی نظیر کریپتوسیوریدیوم^(۱) و جیاردیا^(۲) مورد استفاده قرار می‌گیرد^(۳). مرحله غشایی را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم نمود:

1- Cryptosporidium
3- Jacangelo 1990

2- Giardia

دیالیز، الکتروود یا لیز و اسمز معکوس^(۱). هر یک از این فرآیندها، به بعضی از انواع انرژی محرك جهت جدا نمودن آلودگی از آب تمیز نیاز دارد. جهت دیالیز، نیروی محركه ناشی از اختلاف بین غلظت آلاندنه در عرض غشاء است. برای الکترودیالیز، نیروی محركه یک نیروی الکتریکی است. برای روش اسمز معکوس، نیروی محركه، فشار وارد شده می باشد. استفاده از مراحل غشاپی جهت نمک زدایی از زه آب معمولاً هزینه بر ارزیابی شده است. اما پیشرفت های جدید در این فن آوری (غشاپی) ممکن است این شیوه را لااقل برای تصفیه بخشی از جریان جذاب جلوه داده تا از غلظت کلی نمک بکاهد. استفاده از مراحل غشاپی همچون میکروفیلتراسیون جهت خارج نمودن ذرات نیز ممکن است به عنوان بخشی از سیستم کلی تصفیه از لحاظ هزینه ای، روش مؤثری باشد.

تقطیر

تقطیر یک مرحله حرارتی است که جهت نمک زدایی استفاده می شود. حرارت آب را بخار نموده، در نتیجه نمک در ظرف باقی می ماند. بخار آب در واقع آبی با کیفیت بالا است. تقطیر انرژی زیادی لازم دارد و به طور وسیعی با روش اسمز معکوس جهت استعمال در نمک زدایی جایگزین شده است.

انعقاد و لخته سازی

انعقاد جهت خارج نمودن همه نوع ذرات از آب مورد استفاده است. ذرات ممکن است به صورت کلولئیدهای موجود در پساب زه آب^(۲) باشد که خیلی کوچک بوده و نمی توان توسط نیروی جاذبه یا فیلتراسیون آنها را خارج نمود و یا ممکن است ذرات متراکم کلولئیدی در طول مراحل تصفیه شکل گرفته باشد.
در انعقاد، ذرات کوچک و میکرو از حالت تعادل خارج شده و طی تراکم اولیه

ذرات خارج شده از تعادل به ذرات بزرگتری تبدیل می‌شود که لخته‌ها نامیده می‌شود. عمل انعقاد به وسیله اضافه نمودن یک ماده منعقدکننده که می‌تواند یک نمک فلزی غیرآلی همچون آلوم (سولفات آلومینیم) یا کلراید فریک و یا یکی از پلیمرهای سنگین مولکولی انجام شود. ماده منعقدکننده باعث خنثی نمودن نیروی دفع بین ذرات می‌شود و به گرفتن ذرات و متراکم کردن در یک لخته کمک می‌کند. لخته‌سازی در عمل مخلوط نمودن آرام ذرات باهم است که باعث تماس آنها باهم و تشکیل ذرات بزرگتر می‌شود و در نهایت منظور ایجاد، لخته‌های بزرگتر و تهنشینی سریع آنها است.

ترسیب (تهنشینی) شیمیایی

ترکیبات معینی، مخصوصاً فلزات را می‌توان به وسیله ایجاد تغییراتی در محلولیت آنها جدا نموده و سبب رسوب آنها شد. بیشتر فلزات می‌توانند تهنشین شوند مثل هیدروکسید فلز و به وسیله افزایش pH (اسیدیتیه) با آهک و یا سود سوزآور تا میزان pH لازم برای شرایط حداقل محلولیت، فلز مورد نظر این حالت شامل فلزاتی نظیر Ni, CrHg, Pb, Fe, Cu, pH با حداقل محلولیت مناسب، با فلز خاص تغییر می‌کند. رسوب همچنین می‌تواند به وسیله شکل‌گیری (تشکیل) ترکیبات غیر محلول از طریق اضافه نمودن مواد شیمیایی معینی انجام می‌گیرد و یا انواع مواد شیمیایی تشکیل شده در طول تصفیه بیولوژیکی و ترکیب با فلزات و برخی از یون‌های مثبت جهت تشکیل رسوب استفاده شود. تهنشین‌سازی رسوب ممکن است به کاهش جزئی در میزان خالص مجموع املاح محلول TDS در منجر شود.

تبادل یونی

تبادل یونی به تبادل شیمیایی میان یون‌ها (مولکول‌ها یا اتم‌های باردار حل شده) موجود در محلول با یون‌های موجود در حالت جامد اطلاق می‌شود. معمولاً یک ماده آلی مصنوعی (رزین) انتخاب می‌شود که خصوصاً ترکیبات مورد نظرش را جذب

می کند. جهت حفظ توازن بار الکتریکی، این مواد باید مقدار مساوی از بار الکتریکی در محلول رها سازد. برای مثال، برای سختی زدایی از آب، یک رزین کاتیونی حاوی Na^+ ، آنها را آزاد می کند مستقر و در عوض Mg^{+2} و Ca^{+2} از جریان آبی که از میان رزین می گذرد را جذب می کند. رزین های آنیونی نیز موجود می باشند.

برای هر نوع رزینی، "ترجیحا" یک نوع حالت جذب یونی یون های مثبت یا منفی وجود دارد. برای مثال حالت جذب یونی کلسیم قوی تر از منیزیم و حالت جذب یونی سولفات بیشتر از نیترات است. رزین های معینی جهت حداکثر میل ترکیبی یک یون مشخص توسعه یافته است که می توان بورات را از این دست مثال زد.

فرآیند اکسیداسیون پیشرفت

یکی از زیان های جذب کربن فعال GAC^(۱) و مواد زدایی به وسیله هوا برای ترکیبات آلی این است که آنها فقط مواد آلوده کننده را از یک فاز (آب) به فاز دیگر (کربن یا هوا) انتقال می دهند. فرآیند اکسیداسیون پیشرفت (AOPs)^(۲) قابلیت تخریب ترکیب را دارا می باشد. به عبارتی، معدنی کردن ترکیبات کلری آلی به اجزاء یا تشکیل دهنده غیرشیمیایی مثل دی اکسید کربن، آب و کلرايد را سبب می شود. AOPs بستگی به تولید رادیکال های با واکنش پذیری زیاد جهت شکستن ترکیبات آلی دارد. AOPs معمولاً بر اساس استفاده از پراکسید هیدروژن (H_2O_2) یا اوزون (O_3) در ترکیب با اشعه ماوراء بنفش (UV) جهت تشکیل رادیکال، قابل استفاده است. نوع دیگر AOPs با استفاده از اشعه فعال فلزی کاتالیست و اشعه ماوراء بنفش (UV) جهت تولید رادیکال قابل استفاده است و تنها یکی از مضرات اصلی اغلب روش های اکسیداسیون پیشرفت، بهای گزار آنهاست.

1- Granular Activated Carbon

2- Advanced Oxidation Processes

تصفیه بیولوژیکی

تصفیه بیولوژیکی دارای توانایی است که به کمک آن هر دو نوع آلودگی آلی و غیرآلی را می‌توان رفع نمود. تصفیه بیولوژیکی معمولاً با استفاده از باکتری در سامانه‌های مهندسی راکتور برای خارج نمودن یا تغییر اجزاء تشکیل دهنده معینی، مثل ترکیبات آلی، طرح عناصر و تهیه مواد غذایی مورد استفاده است.

همچنین کاربرد جلبک در سامانه‌های آبگیر طبیعی در برخی از وضعیت‌ها قادر است برای جایگزینی راکتورهای سنتی و قدیمی مورد استفاده قرار گیرد. واکنش‌های باکتریایی بر اساس استفاده از اکسیژن را می‌توان به دو گروه مهم تقسیم نمود:

در سامانه‌های هوایی (آئروبیک)، O_2 تولید می‌شود و توسط باکتری استفاده شده و طی فرآیند بیوشیمیایی، این ترکیبات آلی را اکسیدکرده و به دی اکسیدکربن و آب تبدیل می‌نماید و احتمالاً ترکیبات احیاء شده را قبل از این که در محیط آزاد شوند اکسیده می‌نماید. سامانه‌های هوایی معمولاً بدون بو هستند در یک سامانه هوایی اکسیژن گیرنده الکترون و منابع آلی کربن معمولاً دهنده الکترون می‌باشند (در واکنش‌های بیوشیمیایی انجام شونده).

در سامانه‌بی هوایی، بدون کمک و نیاز به اکسیژن، باکتری از ترکیباتی غیر از اکسیژن مولکولی جهت انجام چرخه کامل متابولیسمی استفاده می‌کنند. انواع راکتورهای بیولوژیکی را می‌توان به طور وسیعی به دو نوع تقسیم کرد: رشد معلق و رشد و چسبیده.

در سامانه رشد معلق، باکتری‌ها رشد می‌کنند و در حالت معلق به وسیله مخلوطی از محتوی مایع نگهداری می‌شوند. در سامانه رشد چسبیده باکتری در یک لایه نازک (یک پوسته زنده) و در روی یک ماده ثابت رشد می‌کند. مثل یک محیط پلاستیک ماسه جوشان. هر دو سامانه هوایی و غیرهوایی می‌توانند رشد معلق یا رشد چسبیده (جادب) داشته باشند که این مسئله بستگی به شکل راکتور واکنش دهنده دارد. برای مثال به بحث انواع راکتورهای ویژه در کتاب متكاف و ادى در سال ۱۹۹۱ مراجعه شود.

مثالی از تصفیه:

به عنوان مثال تصفیه زه‌آب و پساب‌های در دره سن جواکین کالیفرنیا را می‌توان مثال زد که این قادر است چندین مرحله از مراحل گفته شده در خصوص تصفیه پساب کشاورزی را تشریح و بازگو نماید.

در این پروژه کار به وسیله صاحبان اصلی EPOCAG (۱۹۸۷) نظارت و رهبری شد. آقایان مکی و آون (۱) استفاده موفقیت‌آمیز از تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی را جهت خارج نمودن Se از فاضلاب‌های کشاورزی را نشان دادند. طی این مراحل، یک ماده اکسید شده شکل محلول‌هایی از Se به طریق بیوشیمیایی احیاء شده و به شکل سلینیم عنصری تبدیل می‌شود.

این مراحل از طریق بی‌هوازی با یک منبع کربن اضافه شده مثل متانول یا استات و واکنش آن به عنوان دهنده الکترون و استفاده از Se به عنوان گیرنده الکترون انجام می‌گیرد. نیترات‌های به وسیله احیاء و تبدیل به گاز نیتروژن خارج می‌شود (در اینجا نیتروژن در نیترات به عنوان گیرنده الکترون عمل می‌کند. ذرات عنصری سلینیم (Se) بعد به وسیله غشاء میکرو فیلتراسیون با صافی شن به طور متعادلی خارج می‌شوند. در آزمایش‌هایی بر روی کلراید فریک به عنوان یک منعقدکننده پیشرفت در حذف سلینیم نشان داده شده است. هیدروکسید آهن ته نشین شده محلول Se را جذب می‌کند و این ترکیب موجب تشکیل سلینیت (Se) از طریق کاهش بیوشیمیایی است.

تصفیه در تالاب‌های مصنوعی (ساخته شده)

حفظ و حراست از تالاب‌ها یکی از وظایفی است که عموم بایستی در مورد این اماکن موظف به آن باشند. در این اماکن ارزش‌های زیستی کشاورزی و محیطی به طرقی در تعادل می‌باشند. تالاب‌ها با اکولوژی حساسشان از سایر بخش‌های زیستی

چون اراضی زراعی، فقیر و نمناک بازهکشی ضعیف، تفکیک می‌شوند. اراضی زراعی زمین‌هایی هستند که تولید محصولات کشاورزی در آنها از طریق زهکشی مناسب افزایش می‌یابد. تالاب‌ها که از نواحی انتقالی بین سامانه‌های خاکی و آبی هستند، عملکرد بوم شناختی با ارزشی دارند. در چنین نقاطی سفره آب زیرزمینی عموماً نزدیک به سطح زمین قرار دارد و این تالاب‌ها از ماهیان، مرغان آبی و گیاهان آبزی و به طور کلی حیات وحش نگهداری و حمایت می‌نمایند. این تالاب‌ها همچنین موجب به دام انداختن رسوبات و مواد آلودکننده و مواد مغذی حیات می‌شوند.

تالاب‌ها دارای ارزش هیدرولوژیکی هستند به طوری که به عنوان سامانه کنترل سیل عمل می‌کنند. در تغذیه آب زیرزمینی موثر هستند و موجب جاری شدن آب در داخل نهرها می‌شوند. آنها همچنین اگر به طریقه درستی بهره‌برداری اقتصادی شوند ارزش زیادی دارند. اما این جا نکته قابل تردیدی وجود دارد و آن این است، آیا فعالیت‌های کشاورزی و پساب ناشی از آن‌ها ارزش زیست محیطی تالاب‌ها را سلب نمی‌کنند؟

تالاب‌های مصنوعی برای تصفیه فاضلاب صنعتی و خانگی مورد قبول خیلی از کشورهاست. اینها در تصفیه زه‌آب و پساب کشاورزی تحت بسیاری از شرایط بسیار مفیدند. تالابهای جریان سطحی یکی از گزینه‌های مدیریتی برای زه‌آب کشاورزی می‌باشند. آنها می‌توانند به صورت تالابهای ساخته شده یا برکه‌های طبیعی باشند که جریان رواناب سطحی را از میان یک پوشش گیاهی برگزیده، تسهیل می‌نمایند.

استفاده از تالابهای جریان سطحی راه دیگری برای کاربری حوضچه‌های تبخیر است که باید مورد بررسی قرار گیرد. جائی که کیفیت آب مناسب است، آنها ترجیحاً به حوضچه‌های تبخیر وارد می‌شوند. تبخیر شدن موجب تغليظ یون‌هایی که در زه‌آب هستند می‌شوند. برخی از مواد در داخل این تالاب‌ها، سمی هستند. تغليظ یون‌ها به دلیل تخریب کردن کیفیت آب‌های پذیرنده باعث کاهش امکان بهره‌برداری مفید از زه‌آب در محل نهرهای پایین دست می‌شود.

تالاب‌ها می‌توانند باعث کاهش بعضی از آلات‌ینده‌ها از قبیل نیتروژن و فسفر از

طریق رسوب‌گذاریشان شوند و در نتیجه کیفیت آب بالاتر می‌رود. تالاب‌ها آب مصرف می‌کنند و اگر چه کیفیت کلی آب ممکن است بهبود یابد ولی باعث کاهش میزان کل آب موجود برای استفاده کننده‌های پایین دست نهرآب می‌شوند. استفاده از آب به وسیله تالاب‌ها به میزان بالقوه تبخیر و تعرق تقریباً دو برابر است.

عملکرد و نقش تالاب‌های جریان سطحی

ارزش‌های اولیه تالاب‌های جریان سطحی برای بهبود کیفیت زه آب حاصل از مناطق آبیاری شده عبارتند از:

- ۱- کاهش زمان تبخیر، که غلظت مستقیم نمک‌ها و ترکیبات جزئی را کم خواهد کرد زیرا آنها ممکن است در غلظتهاز زیاد، خاصیت سمی پیدا کنند.
- ۲- تهیه فیلتراسیون فیزیکی و تهشین نمودن، ذرات خاک و آلودگی‌های مربوط به آن
- ۳- ایجاد پوشش گیاهی جهت خارج کردن .N. P. K. اضافی و مواد زائد آلی (زیرا گیاهان این مواد را مصرف می‌کنند.)

ارزش‌های ثانویه در استفاده از تالاب‌های جریان سطحی، پدید آوردن مکان‌های زندگی حیات وحش، پرکردن مجدد آب سطح الارضی، کنترل فرسایش باد و تولید ماهی و صدف به کمک:

- الف - تخمگذاری، لانه کردن، تغذیه و پوشاندن محل طبیعی (زیستگاهی) جهت، حشرات، دوزیستان، خزنده‌ها، پرندگان و پستانداران
- ب - تهیه و نگهداری آب برای تسهیل نفوذ آب‌های سطحی از میان افق خاک و ایجاد فرصتی جهت تجزیه نمودن مواد شیمیایی محلول در آب و جذب آلانده‌ها توسط گیاهان.
- ج - کاهش فرسایش باد در مجاورت تالاب‌ها و جلوگیری از حمل مواد آلوده حمل شده توسط جریان هوا.
- د - تهیه و تولید غذا برای ماهی‌ها و صدف‌ها، در صورتی که آلانده‌های موجود باعث بروز مشکلاتی برای سلامتی سایر مصرف کننده‌ها نشود.

طراحی تالابهای جریان سطحی

انتخاب مکان، جمع آوری اطلاعات و نیازهای عملیاتی برای طراحی مسیرهای تالابی جهت مدیریت فاضلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

"تالاب‌ها غالباً" جهت تهیه زیستگاه مرغابی‌ها، مناسب‌تر است بنابراین در صورتی که تالاب‌ها یا مجموعه‌ای از تالاب‌ها برای بهبود کیفیت پساب‌ها (کشاورزی) توسعه بیابند. توجه کافی را به سایر امتیازات به غیر از موارد گفته شده بایستی ملحوظ داشت. عکسبرداری از جزئیات، خاک و خصوصیات زمین‌شناسی و کنترل آلودگی، تأثیرات بعدی مهمی دارد. پوشش گیاهی موجود در تالاب‌ها، موققیت‌های بعدی را تعیین خواهد کرد (در امر تصفیه زه‌آب). گیاهان و پوشش گیاهی قاعده‌تاً" بایستی در مقابل نمک زیاد، (شوری) و آلودگی‌های دیگر مقاومت داشته باشند به طوری که بتوانند، حداکثر استفاده غذایی را از آلودگی‌های (کشاورزی) بنمایند. معمولاً دسته‌ای و گروهی از تالاب‌ها مناسب با پوشش گیاهی همراه با خاک مورد نظر در امر مدیریت کار و توسعه با تالاب‌ها، موجب تسهیل کار می‌شوند.

جهت برداشت سبزیجات و گیاهان زراعی از این دست به یک سری خاکریز جهت اعمال درست مدیریت زراعی مورد نیاز است. بعضی از آلانددها (کشاورزی) جهت برداشت سبزیجات و مسائل اقتصادی و بازاری مربوط به آن مثل مصرف و یا فروش بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند. گیاهانی باید مورد توجه قرار گیرند که قابلیت بیشتری جهت خارج نمودن و جذب مواد آلوده کننده از خاک دارند، مثل نوعی پونه تالابی و سایر گیاهان جاذب مواد فلزی. این گیاهان را می‌توان در فواصل معین زمانی جهت جوان نمودن مجدد تالاب‌ها رشد و توسعه داد تا فواید تصفیه را افزایش داد. در پایان فصل رشد نیز، گیاهان را می‌توان درو کرد، خشک نمود و سوزاند. فلزات موجود در این گیاهان را نیز می‌توان از خاکسترها جهت استفاده مجدد استخراج کرد.

خصوصیات هیدرولیک و ژئوهیدرولیکی

انتخاب محل، نیاز به دقت در خصوصیات هیدرولیک و ژئوهیدرولیک خاک و زیرخاک دارد تا از موفقیت سامانه اطمینان حاصل شود. جریان‌های تالابی بایستی به طور فیزیکی حالت تصفیه‌ای و زهکشی داشته باشند.

وضعیت توپوگرافی را جهت ساخت و سازها، خاکریزها و خروجی‌ها در این اماکن بایستی به دقت مورد ارزیابی قرار داد. خاک نیز برای احداث خاکریزها و سایر خطوط پیرامون محوطه قابل دسترس باشد. محل این (تالاب‌ها) بایستی وضعیت گودرفتگی با وسعت موردنظر که جهت رشد گیاهان تالابی مورد خاصی نداشته باشند را نیز دارا باشد. عمق آب در تالاب‌ها بایستی کنترل شود تا محیط مناسبی برای رشد گیاهان مخصوص و مطلوب را دارا باشد. عمق آب و طرز جریان و مسائلی از این قبیل بایستی در کنار امراض و بیماری‌های مربوط به غیر بهداشتی بودن آب مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. (مراجعةه به بخش ۷).

اندازه هر تالاب به زمان مورد نیاز جهت جذب آلانده‌ها در هر محوطه تالابی (گیاهی) جهت کاهش آلودگی‌ها، بستگی دارد. این اندازه (تالابی) با حجم زه آب‌هایی که به آن می‌ریزند نیز بستگی دارد. آب خارج شده از تالاب نیز بایستی راه خروجی داشته باشد.

خاک‌ها و خصوصیات زمین‌شناسی

تالاب‌های مصنوعی بایستی دارای خصوصیاتی از لحاظ زمین‌شناسی داشته باشند تا گیاهان و پوشش گیاهی فراوان در آن روئیده و خاک بدنه این تالاب‌ها دارای نفوذپذیری کم و حداقل باشند و در محلی واقع شوند، که خلل و فرجی نداشته باشند چون حفظ و نگهداری آب از خصوصیات اصلی مورد نیاز است. اگر محل مربوطه دارای خاکی با خلل و فرج باشد، در نتیجه از خاک رس یا مواد دیگری که نفوذپذیری

کم دارد جهت پر کردن خلل و فرج و کاهش نفوذپذیری در بدنه و لایه‌های نفوذپذیر استفاده می‌شود. زمانی که مواد آلاینده از تالاب‌های اولیه خارج می‌شود، فاضلاب به داخل سامانه‌ی پایین‌تر تالاب تخلیه شده و ممکن است دوباره آب زیرزمینی سامانه را در محل‌های پایین تأمین کند. بنابراین ایجاد سدهایی جهت جلوگیری از نفوذ در طرح سامانه تالاب‌های بالای مهم خواهد بود که در تالاب‌های پایینی ضروری نیست. انشاشتۀ شدن مواد مرده گیاهی مواد جامد معلق، جلبک و مواد مسدود‌کننده دیگر در پایین‌دست به طور قابل ملاحظه‌ای میزان تراوش طبیعی را کاهش می‌دهد.

از اماکن غار مانند باید دوری شود، مگر اینکه احتیاطات مخصوص جهت کنترل تراوش طبیعی و استحکام خاکریزی، رعایت شود. کیفیت مورد نظر آب‌های تراوش شده از سامانه تالاب مصنوعی به داخل سفره آب زیرزمینی و حتی خود این آب زیرزمینی را بایستی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد تا از افت کیفیت یا عدم افت کیفیت آن اطمینان حاصل نمود.

خصوصیات گیاهی (رویشی)

تا حد امکان بایستی انواع روئیدنی‌ها به دقت انتخاب شوند، تا آلاینده‌ها به سهولت کاهش یابند. معمولاً مخلوطی از روئیدنی‌ها جذب مواد غذایی را کامل و ممکن می‌کنند. مشورت با کارشناسان علوم گیاهی برای موفقیت در سامانه‌های تالابی طراحی شده، جهت خارج نمودن آلاینده‌ها ضروریست. آزمایش‌های کشت در مورد این روئیدنی‌ها اغلب پیش از شروع این کارها بسیاری ضروری می‌باشد.

بررسی کشت باید موقع انتخاب گیاهان انجام شده و برخی از این توده کشت حين آزمایش ممکن است دارای فوائدی باشند که کاهش هزینه عملیاتی را باعث شوند. علف‌ها و انواع روئیدنی‌های نی مانند معمولاً برای ثبت کیفیت آب موثرترین راه می‌باشند. به هر حال بعضی از انواع درختان که شامل گیاهان محل نیز می‌باشند ممکن است باعث افزایش تنوع زیستی و ارزش محل طبیعی محوطه تالابی شود.

منابع اطلاعاتی جهت انواع گیاهان تالاب‌های مصنوعی، مثل سایر نقشه‌ها و پارامترهای طراحی، در بخش اصلاح تالاب‌ها در نشریات سال ۱۹۹۲ از خدمات حفاظت خاک^(۱) می‌توان پیدا کرد. پیدانمودن نوع مناسبی از گیاهان احتمالاً احتیاج به طرح موقتی مدیریت آب دارد تا رشد سریع تر گیاهان را سهولت بخشد. اگر چه راهنمایی‌هایی جهت انتخاب گیاهان برای هر منطقه آب و هوایی یا برای هر آلاینده‌ای توسعه نیافته است، آزمایش‌های منطقه‌ای قبل از ساختن آبگیرها (تالاب‌ها) شدیداً توصیه می‌شود.

اجرا، پایش، مدیریت

آلاینده‌ها معمولاً همراه با جریان آب حرکت می‌کنند. بنابراین جریان یکنواخت آرام و مستمر فرصت لازم برای جذب بهینه آلاینده‌ها توسط گیاهان را فراهم می‌نماید. نقشه جریان تالابی باید طوری طراحی شود که تبخیر را به حداقل برساند و باعث کاهش خطر گسترش مسمومیت آب در زیست بوم و اجتناب از ایجاد پدیده‌ی جریان کوتاه^(۲) بین ورودی و خروجی شود.

ناظارت بر پارامترهای کیفیت آب بیشترین اهمیت را دارد. به وجود آوردن شرایط اصلی، کلید حل اجرای صحیح این کار است منظور این است که تعیین مقدار تخلیه و کیفیت آب مربوط، باید در طول سال قبل از عبور جریان از میان تالاب‌ها، انجام شود. ناظارت صحیح بر مدیریت آبگیر برای تعیین میزان تأثیر تالاب‌های منفرد ضروری است. تکنولوژی توسعه یافته کشاورزی مدیریت آب آبیاری احتمالاً در آینده ترکیب مقدار آب تخلیه شده را تغییر خواهد داد. بنابراین یک برنامه مدیریتی متقابل بایستی توسعه یافته تا برای وضعیت طراحی شده جریان در مسیر تالاب مؤثر واقع شود. مسئولیت‌های سازمانی برای موفقیت سامانه‌های تالابی جهت حفاظت از کیفیت آب و زیست گاه مهم است.

در صورتی که نظام کنترل کیفیت آب مؤثر باقی بماند، نگهداری مناسب و تعدیل های بی شماری را می طلبد و باید بر اساس طرح های عملکرد اصلی چگونگی و بهبود کیفیت آب اداره شود. بهر حال از سایر فعالیت های فرعی و حاشیه ای نبایستی چشم پوشی و اغماض نمود و اغلب نیاز به بعضی مدیریت های ویژه دارد تا فواید مورد نظر حاصل شود. مسئول سازمانی تالاب برای راهبری، پایش و نگهداری مجموعه در یک نظام پایدار، نیاز به اهرم های مالی دارد. نمک یکی از ترکیباتی است که تالاب ها قادر به حذف آن نیستند.

فصل ششم

تخلیه زه آب

تخلیه به سامانه های آبی طبیعی

هنگام تخلیه زه آب های کشاورزی به سامانه های آبی طبیعی، تنها تعداد محدودی گزینه برای تصمیم گیری در مورد آن که زه آب چگونه و به کجا تخلیه گردد، وجود دارد. عمومی ترین روش ها برای این منظور عبارتند از، برگرداندن زه آب به سطح مزرعه و استفاده مجدد از آن جهت آبیاری، تخلیه به رودخانه یا دریاچه و تخلیه به منابع پذیرنده دارای آب شور مانند اقیانوس. با این وجود به علت اهمیت کیفیت منابع آب، گزینه های قابل دسترس در هر پروژه مجزا می تواند محدود باشد. کیفیت زه آب ها در یک حوضه آبریز می تواند متفاوت باشد. در کشورهای در حال توسعه غالباً زهکش های کشاورزی برای تخلیه فاضلاب های خانگی و صنعتی و یا سایر آب های آلوده ناشی از فعالیت های غیرکشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. این موضوع می تواند اثرات محربی بر کیفیت زه آب های کشاورزی بر جای گذاشته و امکان استفاده مجدد از آن را کاهش دهد.

آب های سطحی

استفاده های پایین دست از پهنه های آبی که زه آب کشاورزی به آنها تخلیه می گردد، همواره باید مدنظر قرار گیرد. به عنوان مثال زه آب شور باید به رودخانه یا دریاچه ای که از آن برای تأمین آب شرب یا آبیاری استفاده به عمل می آید، تخلیه گردد. در بسیاری از موارد تخلیه زه آب به پهنه های بزرگ آب شیرین می تواند میسر و مورد قبول باشد. اما در چنین مواردی ضروری است که ظرفیت خودپالایی منبع پذیرنده و همچنین کیفیت زه آب برای تعیین الزامات تخلیه بی خطر آن شناسایی و تعیین گردد. هنگام تعیین الزامات تخلیه زه آب، باید به صورت مشخص حداقل میزان

غلظت هر کدام از ترکیبات زه‌آب و آبدهی مورد قبول آن تعیین گردد. در برخی موارد تفاوت فاحشی بین کیفیت آب منبع پذیرنده و زه‌آب وجود دارد، در صورتی که در موقعی این تفاوت بسیار اندک است. ظرفیت ترقیق منبع آبی پذیرنده با توجه به ویژگی‌های مختلف محلی و استفاده‌های پایین دست، از مکانی به مکان دیگر و از زمانی به زمان دیگر متفاوت خواهد بود. تخلیه زه‌آب با کیفیت بالاتر از منبع پذیرنده، عموماً مورد قبول می‌باشد. آلاینده‌های موجود در زه‌آب ممکن است در مواد بستر کanal انباسته شوند. این موضوع به ویژه هنگامی که کanal مورد لاپرواژی قرار می‌گیرد می‌تواند مشکلاتی در ارتباط با کیفیت آب ایجاد نماید.

همچنین باید توجه ویژه‌ای به مخاطرات آلودگی ناشی از نفوذ و نشت جریانات ناحیه‌ای معطوف گردد. این جریانات ممکن است آب‌های سطحی پذیرنده را با مواد آلاینده برگرفته از تشکیلات مختلف سنگ و خاک آلوده نمایند. این موضوع ممکن است ظرفیت رقیق‌سازی آب‌های سطحی را کاهش دهد. زه‌آب‌های کم عمق ممکن است حاوی مقادیر متنابه‌ی از مواد مغذی باشند در حالی که زه‌آب‌های عمیق‌تر ممکن است مواد سمی ترکیبات شیمیایی زمین را منتقل نمایند.

فعالیت‌های کاهش اثرات تخلیه زه‌آب‌ها به منابع آب سطحی، ترجیحاً باید از سطح مزرعه آغاز گردد. روش‌هایی مانند احداث حوضچه‌های نگهداشت و نوارهای ساحلی کنار رودخانه می‌توانند برای کاهش جریانات مستقیم زه‌آب‌های آلوده به سامانه‌های پذیرنده مورد استفاده قرار گیرند. در سامانه‌های پذیرنده، غلظت مواد شیمیایی ممکن است به علت اختلاط یا ترقیق، کاهش یابد. به عنوان روشی برای تخلیه بی‌خطر زه‌آب به رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها، در برخی مواقع جریانات با آلودگی اندک یا حتی آب شیرین ذخیره‌گاه‌های بالا دست، برای ترقیق یا شستشوی سریع مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تخلیه زه‌آب خاک‌های اسیدی و سولفاته مسایل خاص خود را به دنبال دارد. pH چنین زه‌آب‌هایی می‌تواند تا ۴ یا ۳ کاهش یابد. در حالت کلی، این گونه زه‌آب‌ها باید تا حد زیادی در زهکش‌های اصلی ترقیق شوند. در موقعی که امکان ترقیق وجود نداشته باشد، بایستی تدبیر ویژه‌ای برای شستشو و انتقال این گونه زه‌آب‌ها از سامانه‌ها اتخاذ گردد.

دریاچه‌ها

در اغلب موارد باید توجه ویژه‌ای به دریاچه‌ها معطوف داشت، چرا که ممکن است حجم جریان خروجی از آنها کافی نبوده و مواد آلاینده انباسته گردند. این موضوع در بلند مدت می‌تواند مسایل قابل توجهی را به وجود آورد که هر گونه استفاده مفید از آب دریاچه را تحت الشعاع قرار دهد، به عنوان مثال موج تخریب زیستگاه‌های آبزیان گردد.

رودخانه‌ها

در مقایسه با دریاچه‌ها، معمولاً توان خودپالایی رودخانه‌ها بالا بوده و ظرفیت تحمل بارآلودگی بیشتری را دارند. با این وجود ضروری است که کیفیت آب رودخانه و زهآب برای تعیین میزان تخلیه بی خطر، به شکلی که تأثیرات منفی بر استفاده‌های پایین دست نداشته باشد، مشخص گردد.

مصب‌ها، خلیج‌ها و اقیانوس‌ها

مصب‌ها، خلیج‌ها و اقیانوس‌ها از نیازمندی‌های متفاوتی به لحاظ کیفیت آب برخوردار هستند. در اثر جریانات اقیانوسی و جزر و مدی، تغییرات آبی قابل توجهی در مصب‌ها، خلیج‌ها و اقیانوس‌ها به وقوع می‌پیوندد. در حالت کلی می‌توان گفت تخلیه زهآب‌های شور به پهنه‌های آب شور، معمولاً اثرات تخلیه زهآب به منابع پذیرنده را کاهش می‌دهد. با این وجود ضروری است در راستای حفظ سایر استفاده‌های مفید، کیفیت منبع آبی پذیرنده مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه با کیفیت زهآب و رویدی قرار گیرد. مواد مغذی موجود در زهآب ممکن است مسایلی را در مصب‌ها به وجود آورد. در صورت امکان، اقیانوس‌ها و دریاها باید به عنوان آخرین محل طبیعی برای تخلیه زهآب‌های شور مدنظر قرار گیرند.

کاربرد زمین و عدم استفاده از آن

در مناطق آبی، اغلب، زمین‌های با مرغوبیت کم وجود دارند که در مجاور مکان‌های مبتلا به مشکلات زهکشی کشاورزی، واقع شده‌اند. چنین زمین‌هایی برای تخلیه آب زهکشی در برکه‌های تبخیری یا تالاب‌های ساخته شده و یا برای استفاده مجدد در مناطق شوره زار جنگلی -مرتعی به کار گرفته می‌شوند. بنابراین در صورتی که زه‌آب محتوی موادی سمی مثل سلنیوم باشد، تخلیه آن در برکه‌های تبخیری یا تالاب‌ها ضایعات زیست محیطی در برخواهد داشت.

در مناطق مرکزی کالیفرنیا زه‌آب‌های محتوی سلنیم در غلظت بیش از ۲ میکرو گرم بر لیتر برای استفاده در برکه‌ها یا تالاب‌ها پیشنهاد نمی‌گردد (مرکز کنترل کیفیت آب منطقه‌ای کالیفرنیا- ۱۹۹۵). فقط بخشی از این آب باقیستی وارد تالاب‌ها شود تا از تجمع یون‌های سمی متوجه خطرناک، جلوگیری شود.

زمین‌های با بر بسیاری اوقات به عنوان یک گزینه برای حل مسائل زهکشی کشاورزی به ویژه در جاهایی که نمک اجازه یافته، به واسطه تبخیر سطحی آب، بر سطح خاک تجمع کند، مطرح هستند. مشکل اساسی در مواجهه با زمین‌های با بر، مشابه ارائه راه حل برای مشکلات زهکشی است که بخش قابل توجهی از اراضی از چرخه تولید خارج می‌شوند. این موضوع زمانی مسئله ساز است که کشاورزان با حذف بخشی از زمین خود (منطقه جذب نمک) مواجههند. مفهوم مراقبت از مشکل "ماندابی و تعديل شوری خاک" اخیراً تحت عنوان زهکشی خشک مطرح شده است.^(۱) هدف از این روش، فراهم ساختن زمین کشت نشده کافی برای تبخیر از آن و به منظور دستیابی به تعادل مورد لزوم نمک و سطح پایدار آب زیرزمینی است.

این تئوری به این صورت است که اگر ورودی جریان با خروجی جریان متعدد باشد، سطح آب پایدار خواهد شد. مناطق زراعی می‌باشد برای خودداری از تجمع نمک در خطوط تراز مزارع به طور مستمر آبیاری شوند، تا جایی که سطح آب در زمین‌های آبیاری شده بالاتر از زمین‌های مجاور باشد.

1- Gowing and Wyseure, 1992)

تحقیق قابل توجه، مطالعه و ارزیابی اقتصادی بایستی قبل از انتخاب روش و تکنیک برای حل مسائل زهکشی کشاورزی در نظر گرفته شود. گاوینگ و ویسیور سه پرسشنامه را که بایستی به آنها پاسخ داده شود مطرح نموده اند:

۱- محدوده شدت رشد گیاه چیست؟

۲- حد سطح ایستابی چیست؟

۳- تأثیر دراز مدت تجمع نمک در منطقه انباشت نمک زهکشی چیست؟
زهکشی خشک موجب افزایش از دست دادن آب به علت تبخیر می شود.

برکه های تبخیری

تخلیه رواناب و آب های زهکشی به داخل نهرهای طبیعی قرن هاست که انجام می شود. آب های ذخیره شده، از طریق تبخیر، نشت و تلفات تعریق تخلیه می گردند. استفاده از حوضچه های تخلیه، برای آب های شور زهکش های کشاورزی کاربرد جهانی دارد و در جهایی که راهی به جز تخلیه آنها در حوضچه های شور طبیعی مانند اقیانوس ها و درون آبریزهای بسته وجود ندارد از این روش استفاده می شود. نمونه های چنین کاربردهایی شامل کنترل شوری و پروژه های بهسازی در رودخانه ایندوس در پاکستان، پروژه های آبیاری در رودخانه های سیر دریا و آمودریا در قزاقستان و ازبکستان و رودخانه مورایی در استرالیا انجام گرفته است. استفاده از حوضچه های ساخته شده برای تبخیر آب های شور زهکش ها جزو راهکارهای تقریباً جدید می باشد.

برکه های تبخیری احداث شده

در حوضچه مورایی - دارلینگ کشور استرالیا، تعدادی از حوضچه های تبخیری ساخته شده برای نگهداری آب شور به طور موقت مورد استفاده قرار می گیرند. آب های ذخیره شده در این حوضچه ها در زمانی که رودخانه ها پرآب هستند به درون آن تخلیه

می شوند. از حوضچه های بسته انتظار عمر بهره برداری ۵۰ تا ۱۵۰ سال می رود. مساحت این حوضچه ها معمولاً از چند هکتار تا حدود ۲۰۰۰ هکتار می باشد.

آب های ذخیره شده در حوضچه های استرالیا غالباً دارای نمک از نوع (NaCl) می باشد. وجود عناصر کمیاب تاکنون گزارش نشده است. نشت عمودی و جانبی آب های موجود در بیشتر حوضچه ها بین ۲۰ تا ۵۰ درصد است.

در مناطق سان ژوکوین کالیفرنیا، از برکه های تبخیری در جاهایی که امکان تخلیه آب شور زهکش وجود ندارد استفاده می شود. برکه ها به وسیله حفاری خاک داخل حوضچه ها یا احداث خاکریزها ساخته می شوند. آب زهکش به وسیله تلمبه به داخل برکه ها تخلیه می شود. یکی از اولین سیستم های تبخیری عظیم در سال ۱۹۷۵ در بستر دریاچه تولار^(۱)، یک از حوضه های بسته هیدرولوژیکی در جنوب دره ژاوکین آمریکا تأسیس گردید. از نیمه دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۵ ۲۸ حوضچه در این منطقه احداث گردیده است. این حوضچه ها حدود ۲۸۰۰ هکتار از کل سطح منطقه را مشغالت دارند و مساحت هر کدام از ۲/۵ هکتار تا ۷۳۰ هکتار متغیر است. عمق این حوضچه ها بین ۰/۵ تا ۲ متر است. تعداد زیادی از برکه ها شامل یک تاسه استخر و تعداد کمی از آن ها دارای ۶ تا ۱۱ استخر می باشند. در سیستم های چند استخری آب به وسیله نیروی جاذبه از استخری به استخر دیگر برای بهینه کردن میزان تبخیر در اولین استخرها و ته نشینی بیشتر نمک ها در استخر های بعدی، هدایت می شود.

آب شناسی برکه

حوضچه های تبخیری در منطقه سان ژوکوین، سالانه حدود ۳/۹ میلیون متر مکعب زه آب از حدود ۲۲۷۰۰ هکتار زمین های دارای زهکشی زیرزمینی، دریافت می کنند. تعدادی از برکه ها یا استخرها مادامی که بقیه آنها از یک حداقل آب برخوردار هستند، اجازه خشک شدن دارند. برکه ها معمولاً در روی خاک های رسی واقع شده اند. در این

برکه‌ها از رشد گیاهان برآمده از آب جلوگیری می‌گردد ولیکن ریشه‌های گیاهان داخل آب و فیتوپلانکتون‌ها رشد می‌نمایند. ریزش باران در برکه تبخیری کم است و مقدار آن کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال است. میزان ET تبخیر و تعرق علف‌ها، در این منطقه در حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال است. هیدرولوژی برکه نسبتاً ساده است. ورودی به برکه‌ها شامل آب زهکشی از مزارع، آب باران و آب زهکش که از برکه نشت کرده و به وسیله پمپ مجدداً وارد برکه می‌شود، می‌باشد. خروجی از برکه‌ها شامل تبخیر آب، نشت برکه و مصارف گیاهان آبزی است.

محاسبه میزان نشت آب برکه به وسیله اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای، تعادل حجم جریان ورودی برکه، میزان تغییرات در سطح ارتفاع آب و میزان تبخیر انجام می‌گیرد. از روش تعادل حجم، در صورت عدم وجود تفاوت در بافت خاک کف برکه‌ها، از طریق مقایسه عملکرد چند برکه مشابه، استفاده به عمل می‌آید. اگر چه میزان نشت اولیه تا آب‌بندی شدن برکه جدیداً حداث ممکن است بیشتر از ۱۰ میلی‌متر در روز باشد اما میزان نشت پس از چند ماه تدریجی "کاهش می‌یابد و به چند میلی‌متر در روز می‌رسد. این کاهش نشت نتیجه گرفتگی روزنه‌های خاک بستر برکه خواهد بود.

تلفات نشت معمولاً به نوع خاک، شرایط ژئوهیدرولوژیکی و وضعیت توپوگرافی بستگی دارد و افزایش نشت مشکلات زیست محیطی را در بر خواهد داشت. برای مثال، در کشور پاکستان، نشت از برکه‌های تبخیری باعث آبسیری قابل توجه و شوری زمین‌های کشاورزی اطراف گردید. بنابراین انتخاب ساختگاه برکه مهم بوده و تلفات نشتی بایستی کنترل شود. پوشش کف برکه برای جلوگیری از نشت آب و اطمینان از عدم آلودگی آب‌های سطحی مورد نیاز است. نوع پوشش، خاک رس یا مواد صمغی، بایستی به وسیله مواد موجود، تقاضاها و مقررات زیست محیطی تعیین گردد.

تبخیر از سطوح آزاد آب متاثر از متغیرهای زیادی مانند دمای هوا، سرعت باد، رطوبت، تابش خورشید و شوری آب است. میزان تبخیر از برکه‌ها به وسیله نشت‌های تبخیری شناور و رفتارسنگی روزانه آب برکه و داده‌های اقلیمی اندازه‌گیری می‌شود. نتایج به دست آمده از نشت‌های تبخیری شناور محتوی آب با شوری مشابه برکه نشان

می دهد که میزان تبخیر از سطح آب با افزایش شوری آب به واسطه کاهش در فشار بخار سطح آب، کاهش می یابد. برای مثال، میزان تبخیر از تشت برای یک زمان ۸ روزه در سپتامبر ۱۹۸۹ با هدایت الکتریکی آب 14 ds/m برابر $63/5 \text{ میلی متر}$ و برای آب 30 ds/m ، 30 میلی متر و برای آب با هدایت الکتریکی 47 ds/m معادل $52/4 \text{ میلی متر}$ بوده است.

میزان تبخیر همچنین با استفاده از تبخیر و تعرق مرجع، ETo ، و با داده های:

$$E = Y(ETo) = 0.0066 - 0.00066 \text{ (ds/m)} \quad Y = 13234$$

تا میزان (60 ds/m) اندازه گیری شد.

ضریب تصحیح اندازه گیری (Y) برای آب با هدایت الکتریکی 20 ds/m ، 12 ds/m و برای آب با هدایت الکتریکی 47 ds/m ، 107 ds/m و برای آب با هدایت الکتریکی 59 ds/m ، معادل $92/0 \text{ بود}$. جایی که غلظت آب برکه به نقطه ای برسد که مواد معدنی قابل تبخیر شروع به شکل گیری کند، ممکن است در مدت کاهش دمای هوا (در شب) یک پوسته نازک بخار مواد مذکور سطح آب را پوشاند و تبخیر آب را محدود نماید. بنابراین در مدت روز که درجه حرارت هوای بالا دست، این پوسته نازک ممکن است ذوب شده و به محلول باز گردد. با افزایش تبخیر رسوب دائمی نمک ایجاد می شود.

فعالیت های شیمیایی و مواد معدنی آب برکه

آب های تخلیه شده از حوضچه های تبخیری یا برکه ها، دارای املاح محلول با غلظت بین 2500 تا $6500 \text{ میلی گرم بر لیتر}$ می باشند. حجم نمک سالانه انباشته شده در برکه های منطقه سان ژواکین حدود 80000 تن است. این میزان معادل 25 درصد حجم نمک های جمع شده در $9/0 \text{ میلیون هکتار زمین های آبیاری شده در قسمت غربی این منطقه}$ است. آب های جمع شده در برکه ها حاوی نمک هایی از نوع سولفات سدیم و کلرید سدیم می باشند.

منابع اصلی نمک ها، آب های مورد استفاده، فعل و انفعالات شیمیایی صخره های رسوبی دریایی در سواحل اقیانوس ها و مخلوط خاکی شکل گرفته در سطح مناطق است. غلظت زه آب های جمع شده در برکه ها تا سقف $388000 \text{ میلی گرم بر لیتر}$ می باشد، و این میزان تقریباً ده برابر ($35000 \text{ میلی گرم در لیتر}$) میزان غلظت آب شور دریاست.

چون قابلیت تبخیری آب منتج از تبخیر مواد معدنی مختلف است، بنابراین محلول‌های نمکی آنها سیر افزایشی دارند. نمک‌های رسوبی به وسیلهٔ ترکیبات شیمیایی اولیه آب تخلیه شده و ضریب قابلیت تبخیری تنظیم می‌شود.

یک مدل شیمی آب شور برای پیش‌بینی شکل‌گیری پی در پی رسوب خشک توسعه یافته است. بیشترین مواد معدنی که در تمام زه‌آب‌ها در اولین مرحله تبخیر شدن شکل می‌گیرد کربنات کلسیم و گچ (سولفات کلسیم آبدار) هستند. در مراحل بعدی، نمک‌های Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$, $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)$ و در آخرین مرحله NaCl (نمک طعام) و $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ شکل می‌گیرند و رسوب می‌کنند.

ردیابی آب‌های شور زهکش، وجود عناصر کمیاب متعدد مانند Mo , B , As , Se و U را نشان خواهد داد. این عناصر کمیاب در شکل‌گیری جغرافیایی منطقه سان‌ژواکین به طور طبیعی نقش دارند. سلنیوم، نقش مهمی در زنجیره غذایی آبزیان دارد و باعث کاهش تولیدمثل و مرگ و میر پرندگان آبی در حوضه آبریز کسترson در منطقه «سان‌ژواکین» شده است. مسمومیت سلنیومی پرندگان آبی در تعداد زیادی از حوضچه‌های تبخیری کشاورزی در منطقه سان‌ژواکین وجود دارد.

بررسی نمونه‌گیری سالانه برکه‌ها و استخرها در منطقه سان‌ژواکین نشان از وجود متغیرهای قابل توجه نمک و دیگر عناصر می‌دهد. از نظر ترکیب، املاح معدنی موجود در برکه‌ها، ۳۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کل جامدات محلول (TDS) شامل ۲۵ میلی‌گرم در لیتر B , ۱۰۱ میکروگرم بر لیتر As , ۱۶ میکروگرم بر لیتر Se , ۲۸۱۷ میکروگرم در لیتر Mo , ۳۰۸ میکروگرم بر لیتر U و ۲۲ میکروگرم بر لیتر V می‌باشد. غلظت عناصر در آب ورودی به برکه به شدت به وسیلهٔ موقعیت‌های فیزیوگرافیک تحت تأثیر قرار گرفته است.

برای مثال، B و Se در زه‌آب زیرزمینی از مخروط افکنه‌ها و As در آب‌های خاک بستر دریاچه متتمرکز شده‌اند. رسوبات کف برکه، محتوى، ۱۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم B , ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم As , ۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم Se , ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم Mo , ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم U و ۵۷ میلی‌گرم V می‌باشند.

۷ بركه تبخیری و ۵۵ پهنه آب شور طبیعی نمونه گیری شده‌اند و ۵۵ جفت از نمونه‌ها برای یافتن عناصر معدنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. از نمونه‌های تبخیری آنالیز شده هیچ کدام از نمک‌های رسوی Mo , B , As , Se از معیار مواد زاید خطرناک کالیفرنیا تجاوز نمی‌کند.

غلظت این عناصر در آب‌های شور غلیظ و پرنمک یا به سقف مذکور نزدیک است و یا از آن تجاوز می‌کند. بنابراین عناصر کمیاب یا در آب‌ها وجود نداشته و یا در مدت تشکیل نمک‌های بلوری از بین رفته و در فاز سیال تجمع می‌کنند.

چون بركه تبخیری به طور کامل عمل می‌کند بنابراین میزان رسوبات نمکی جمع شده در بركه، بین ۰/۹ تا ۱۵ سانتی متر در سال است. بسترها نمکی خشک ممکن است در شکل گیری توفان نمکی سهیم باشند. مثل منطقه دریای آرال در ازبکستان و در دریاچه اونز^(۱) در کالیفرنیا. بنابراین توسعه راهکارهای مدیریتی برای جلوگیری از فرسایش رسوبات نمکی ضروری است. در حال حاضر در منطقه سان ژواکین، توفان‌های نمکی تهدید جدی به شمار نمی‌روند.

بیولوژی و سمیت بركه

در مخزن کسترسون^(۲) در سال‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱، سلنیوم به عنوان مواد سمی برای ماهیان و پرندگان آبی شناخته شد. غلظت Se زه آب مزارع کشاورزی در حدود ۳۰۰ میکروگرم بر لیتر بود و در زنجیره غذایی آبزیان تجمع حیاتی داشت. جلبک‌ها و ریشه‌های گیاهان آبزی، Se را به ترتیب در حدود ۵۶۰، ۶۰۰ فولد و ۶۹۰ میلی گرم بر کیلوگرم به صورت بیولوژیکی جذب می‌کنند.

پلانکتون‌های جانوری و حشرات آبزی به ترتیب از جلبک‌ها و ریشه‌های گیاهان تغذیه می‌کنند. Se در حدود ۱/۷ فولد و ۱/۲ فولد (به ترتیب ۸۵ و ۱۲۲ میلی گرم بر

کیلوگرم) بزرگنمایی بیولوژیکی شده است.

تغذیه ماهیان از پلانکتون های جانوری و حشرات آبزی هم چنین موجب حدوداً ۱/۵ تا ۲/۵ فولد (۱۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بزرگ نمایی بیولوژیکی سلنیوم می شود. نتیجه نهایی در بر که کسترسون این بود که ضریب تجمع حیاتی (بیولوژیکی) Se از آب به ماهیان ۱۵۴۰ فولد به دست آمد. میزان مشابهی از تجمع بیولوژیکی Se در پرندگان آبی مشخص شد اما بستگی به آن دارد که منبع غذایی آنها موجودات کف زی و یا علف ها بوده باشد.

به واسطه میزان زیاد نمک و وضعیت های خشن محیطی در بسیاری از برکه ها، تعداد نسبتاً اندکی از گیاهان آبزی، حشرات و ماهیان قادر می باشند شرایط مذکور را خصوصاً در سطوح متلاطم آب، درجه حرارت بالا و کمبود اکسیژن محلول تحمل کنند. بنابراین برخی علف های شورپسند و سازگار با محیط های مذکور به وفور یافت می شوند. این منابع غذایی برکه ها توسط پرندگان آبزی یا کنار آبزی مورد استفاده قرار می گیرند.

سلنیوم زمانی برای پرندگان سمی است که به جای سولفور در پایه اسیدهای آمینه و سیستین قرار گیرد. بهترین ارزیابی در خصوص میزان خطرات Se برای پرندگان می تواند اندازه گیری میزان Se در تخم پرندگان و جگر آنها باشد. در زیست گاه طبیعی آبزیان آلوده نشده، میزان Se در تخم های پرندگان حدود ۳ میکروگرم است. خطرات Se در زاد و ولد پرندگان زمانی است که میزان Se در تخم های آنها بیشتر از ۲۰ میکروگرم باشد.

ارسینک یکی دیگر از مواد سمی است. علیرغم حضور مقدار زیاد As در برکه های واقع شده در دریاچه تولا ر، خوشبختانه در تخم پرندگان تجمعی ندارد. همچنین بر در تخم پرندگان تا میزان ۱۸ میکروگرم بر گرم تجمع می نماید.

B به تنها بی اعمالی سمی در جنین پرندگان نیست. برکه های تبخیری همچنین محتوی سطح بالای Mo هستند، اما غلظت Mo تا میزان ۱۶ میکروگرم بر گرم تأثیر سویی بر پرندگان ندارد. بنابراین Se بزرگترین معطل برای پرندگان مهاجر در حوضچه های منطقه سان ژوکوین است.

گزینه های تصفیه فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی

طراحی و مدیریت برکه های تبخیری به نحوی که امکان خشکاندن آنها وجود داشته باشد، موجب کاهش خطرات برای حیات وحش شده و از ملاحظات ضروری است. این قسمت به توانایی گزینه های تصفیه بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی برای از بین بردن خطرات آلودگی در زه آب های برکه های تبخیری مربوط می شود. تعداد زیادی از تصفیه خانه های زه آب و چگونگی تخلیه آن برای تشخیص و بررسی فوری مسمومیت پرندگان آبی به Se در مخزن کستر سون مورد مطالعه قرار گرفت. در زمرة این بررسی ها، روش های نمک زدایی بر عکس اسمزی، کاهش بی هوایی و میکرو بیولوژیکی عنصر Se از بین بردن میکروب اکتربیولوژیکی Se، جذب Se در فایل های آهنی، کاهش شیمیایی Se تزریق در چاه های عمیق و استفاده دوباره از زه آب ها قرار داشتند.

حذف عنصرهای کمیاب موردنظر در زه آب های ورودی برکه به واسطه ماتریس شوری و بسط حذفی در خواست شده برای حفظ حیات وحش مشکل به نظر می رسد. روش های بیولوژیکی متعددی برای از بین بردن Se در زه آب ها وجود دارند که قادر به کاهش Se در حدود ۲۰-۲۵ میکروگرم بر لیتر می باشند. با افزودن مواد شیمیایی و فرآیندهای تصفیه فیزیکی مستمر، کاهش Se تا ۱۰ میکروگرم بر لیتر ممکن خواهد بود. این ترازهای تصفیه ای برای حفظ حیات وحش از خطرات تجمع بیولوژیکی Se کافی نیستند. معیارهای پیشنهاد شده برای Se در آب ها برای حیات آبزیان ۱ میکروگرم بر لیتر است و این معیار زمانی تحقق می یابد که از فن آوری های تصفیه ای استفاده کنیم. همچنین چند مایع رقیق کننده برای رسیدن به غلظت قابل قبول سلنیوم می تواند مورد استفاده قرار گیرد. زه آب های ذخیره نشده در برکه های تبخیری، می توانند تأثیراتی همانند فاضلاب های شهری در تصفیه خانه لاگونی داشته باشند. سلنیوم، عنصر اصلی در حوضچه های تبخیری، به مکانیسم های از بین برنده در محیط برکه برخورد می کند. سیلینیت (ونه سیلانات) با ظاهر نمودن گروه های هیدروکسیل مانند اکسیدهای آهن، آلومینیم و دیگر فلزات به شدت جذب مواد خاک می شود.

سلنیوم غیرارگانیکی ممکن است کاهاش یافته و به عنصر Se و سلنیدها تثبیت یابد. باکتری طبیعی فوتوجی (قارچ) و گیاهان میکروسکوپی (جلبک) می‌توانند متیلات سلنیوم را به دی‌متیل‌سلنیناید تبدیل کنند و ممکن است منجر به تبخیر آب شوند. در حقیقت ترکیب باستیل و تبخیر Se اساسی ترین راهی است که Se وارد هوا شده و در چرخه بیوژئوشیمیایی طبیعی Se فرار می‌گیرد.

روش دیگر برای از بین بردن Se از چرخه آب، گرفتن Se به وسیله گیاهان آبزی و متعاقباً رسوب سلنیوم آلی درون گل و لای کف محیطهای آبی است. در این حالت، Se از بین رفته از چرخه آب و به شکل غیرمسلح در آمده، ممکن است مجدداً به وسیله اکسیداسیون فعال شده و به چرخه آب باز گردد. سلنیوم جمع شده به وسیله آبزیان ممکن است بخشی از زنجیره غذایی آبریان گردد و در ترازهای بالایی زنجیره غذایی به حیوانات آسیب برساند.

تنها مکانیزم‌هایی که به وسیله آن سلنیوم ایجاد شده ممکن است از برکه‌ها خارج شود نشت یا تبخیر آن به هواست. البته به علت توانایی آلوده کردن آب‌های زیرزمینی روش اول مطلوب نمی‌باشد. ولیکن انتشار DMSe^(۱) تاکنون اثرات محربی نشان نداده است.

تزریق به چاه عمیق

مفهوم و فن آوری

تخلیه به وسیله تزریق فرآیندی است که سیالات برای جا گرفتن در روزنه‌های صخره یا سنگ‌های تشکیل شده در سطح زیرزمین به داخل چاه پمپاژ می‌شوند. این نوع چاه را معمولاً چاه عمیق گویند چون که چاه حفر شده پایین ترین قسمت منبع آب زیرزمینی را اشغال می‌کند. بیشترین محل‌های انتخاب شده برای مخازن تخلیه‌ای در

1- Dimethyl Selenide

کالیفرنیا رسوبات دریایی محتوی آب شور هستند. هر صخره حفره دارو نفوذپذیر مثل ماسه سنگ می‌تواند مانند یک منبع تزریق برای تخلیه سیال استفاده شود.

در کالیفرنیا، فن آوری تزریق به چاه عمیق بیش از ۶۰ سال برای تخلیه روغن‌های نمکی قدمت دارد. در طی سال ۱۹۹۴ در حدود $\frac{74}{3}$ میلیون متر مکعب آب شور در اراضی نفت خیز کالیفرنیا با حفر چاه عمیق تخلیه شد (گزارش اعلام شده توسط بخش نفت و گاز کالیفرنیا). عملیات اکتشاف نفت در ایالات آمریکا، تزریق به چاه‌های عمیق را به عنوان یک روش مناسب دفع پساب‌های صنعتی پایه‌ریزی نموده است. تخلیه زهکش کشاورزی به چاه‌های عمیق در مناطقی که شرایط سازنده‌ای پذیرنده زه آب‌ها و همچنین هزینه تزریق مورد قبول باشد، گزینه‌ای مناسب به شمار می‌آید.

ملاحظات زیست محیطی

کیفیت لایه آبدار

پیش از تزریق قطعی، بایستی سازنده‌ای لایه آبدار به منظور تعیین کیفیت آب سفره زیرزمینی و سازگاری مواد شیمیابی آن با کیفیت زه آب مورد آزمایش قرار گیرد. نمونه زه آب تزریقی باید با آب سازنده‌ای مورد تزریق مخلوط شود تا اطمینان حاصل شود که دو سیال رسوبی تولید نخواهد کرد و مانعی برای تزریق چاه نخواهد بود. آب از تمام نواحی نمونه گیری شده بایستی برای تعیین سختی کلسیمی، قلیائیت کل، TDS، درجه حرارت و اسیدیتیه آزمایش شود. نتایج به دست آمده از این تجزیه و تحلیل در صورتی که پیش لایه ضروری باشد، به عنوان اطلاعات پایه مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

ظرفیت لایه آبدار

سازنده‌ای شنی یا ماسه سنگ که از تخلخل و ضخامت کافی برای تزریق سیال

برخوردار باشند، سازندهای مناسبی به شمار می‌آیند. زمانی که سازندهای پذیرنده فشار پذیر باشد مایع تزریقی می‌تواند حجم عظیمی از آن را اشغال نماید. حجم سازندهای پیش‌بینی شده برای تزریق باید به اندازه کافی در نظر گرفته شود و عمق مخزن نیز به اندازه‌ای باشد که بتواند فشار تزریق در چاه‌های تزریقی را تحمل کند. فشار ایجاد شده برای تزریق معمولاً در سر چاه و در فاصله‌های مختلف از چاه در یک دوره زمانی واقع می‌شود. سیالات تزریقی شروع به جایه جا کردن سیالات طبیعی می‌کند و برآیند فشار ایجاد شده در بالای سر چاه ظاهر می‌شود. فشار ایجاد شده در سر چاه می‌تواند با استفاده از فرمول برنارد برای به دست آوردن فشار تزریق محاسبه شود. فرمول برنارد بر اساس داده‌های مخصوص منطقه مانند نفوذپذیری، ضخامت سازندهای و دیگر داده‌هایی که فقط از نمونه‌های هسته و آزمایش فشار سرچاه به دست می‌آید، تعیین می‌گردد.

برنامه پایش

لزوماً طی طراحی چاه کلاس I بایستی یک سیستم پایش برای بررسی نشت سیستم تزریق به طور مستمر در نظر گرفته شود. طراحی چاه کلاس I برای حفاظت کل مساحت بالای لایه فوقانی، از نشت زه آب تزریق شده می‌باشد. سیستم پایش، پمپ‌های تزریق را در زمان نشت ناگهانی خاموش کرده و فشار را کاهش می‌دهد. در شکل 7 یک مثال از سیستم بررسی نشت دیده می‌شود. حجم مدور بین لوله تزریق و جدار میانی به وسیله یک محلول نمکی ضد فرسایش و خوردگی پر شده است. سیال نمک، فشاری دورانی در امتداد عمودی ایجاد می‌کند. در صورتی که لوله‌ها و سرپوش سیمانی نشت نکنند، این فشار دورانی ثابت می‌ماند. اکنون می‌توان به وسیله یک گیرنده الکترونیکی فشار، طی آزمایش سیستم تزریق، فشار فضای دورانی را پایش نمود.

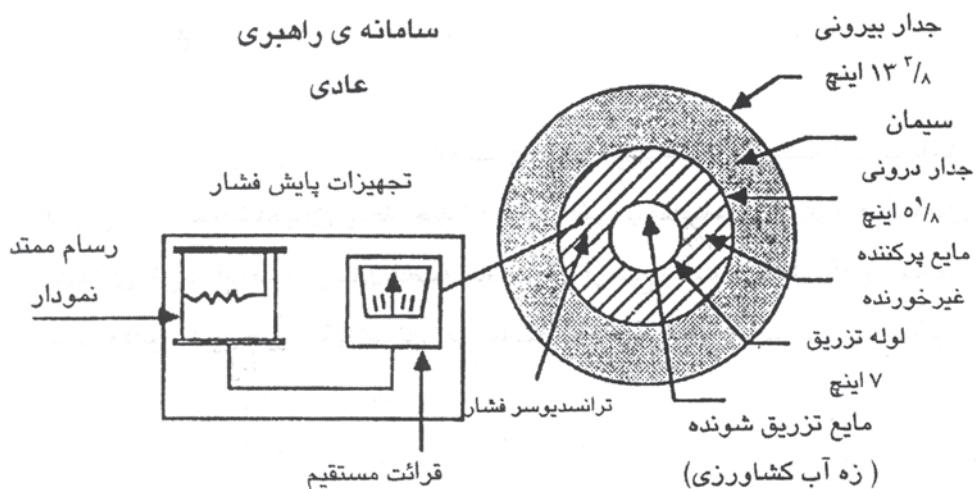
مجوزها

عموماً حفر چاه‌های عمیق مستلزم اخذ مجوز می‌باشد. بر اساس مقررات ایالات متحده، دولت فدرال مجوز حفر چاه را از آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا که کمیته بررسی کنترل کیفیت آب آشامیدنی است درخواست می‌کند (ماده ۴۰ قانون فدرال CFR تبصره ۱۴۴). ضرورت‌های برنامه کنترل EPA برای تزریق به زیرزمین مبین این است که عمق چاه تزریقی در قسمت تحتانی تشکیلات زمین‌شناسی که چاه در حال بهره‌برداری آب آشامیدنی در آن واقع است (در عمق ۴۰۰ متری) بایستی بسیار پایین‌تر باشد. همچنین در آن عمق، تشکیلات زمین‌شناسی دارای قابلیت دریافت مایع تزریقی باشند. EPA حداقل مجاز TDS (جامدات کل محلول) منابع آب زیرزمینی جهت مصارف آشامیدنی را ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته است. بر اساس این ملاحظات یک چاه کلاس I خطرات و عواقب تزریق آب‌های زاید را که در بهره‌برداری در مناطق نفت خیز پیش‌بینی نشده است، کاهش می‌دهد. برای اخذ مجوز نیاز به اطلاعات جامع از زمین‌شناسی، بافت خاک، پیش‌بینی آزمایش و پایش چاه مخربه و داده‌های فشار ثبت شده می‌باشد. اطلاعات و کلیه داده‌های مرتبط نیز در دسترس عموم قرار می‌گیرد.

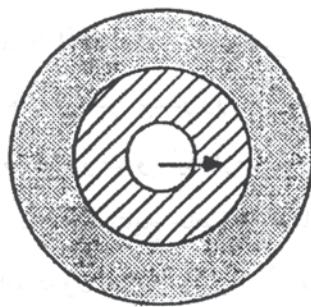
ملاحظات زمین‌شناسی

مکان و سازندهای زمین‌شناسی

مهم‌ترین نکته در انتخاب محل یک چاه تزریقی، قرارگیری آن در سازندهای زمین‌شناسی متناسب با زه آب تزریقی می‌باشد. سازندهای زمین‌شناسی بالای سازندهای مورد استفاده برای تزریق، بایستی به شدت غیرقابل نفوذ باشد تا همانند یک



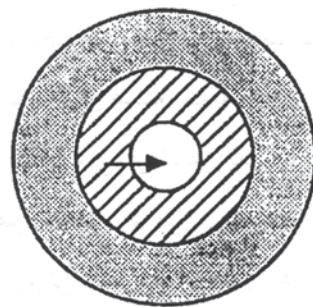
حالت یک



نشست مایع از لوله تزریق موجب افزایش

فشار در مایع پرکننده می‌شود

حالت دو



نشست مایع به درون لوله تزریق موجب افت

فشار در مایع پرکننده می‌شود

شکل ۷ - سامانه‌ی کشف نشت در چاه

مانع هیدرولیکی، محدودکننده حرکت مایع تزریقی به بالا شود. دو سازند بالایی و پایینی باستی دارای ضخامت کافی برای برآورده کردن میزان تزریق مورد نیاز باشند. تشکیلات محصور حتی المقدور باید مکانی باشد که از هر گونه خطأ و مشکل احتمالی پرهیز شود.

نزدیکی منبع

مهم‌ترین ملاحظات در ارتباط با موقعیت چاه تزریقی فاصله آن از منبع آب می‌باشد. افزایش قیمت تمام شده برای ایجاد چاه تزریقی ناشی از هزینه‌های پمپاژ و هزینه‌های نگهداری آتی در اثر طولانی شدن فاصله چاه تزریقی از منبع زه‌آب می‌باشد. اگر چه ممکن است به دلیل عدم وجود تشکیلات تزریقی مناسب در نزدیکی منبع زه‌آب، این امر ناگزیر باشد.

نفوذپذیری و تخلخل سازندهای زمین‌شناسی

برای انجام تزریق به حد کافی، بایستی سازندها برای تزریق دارای قابلیت نفوذپذیری (که واحد آن (md) میلی دارسی می‌باشد) بالایی باشند. یک میلی دارسی تقریباً معادل حرکت یک میلی متر آب در روز می‌باشد. در آزمایشگاه نمونه‌های هسته منطقه حفاری شده و لایه محصور به وسیله آزمایش نفوذپذیری هوا آنالیز می‌شود. نفوذپذیری مایع، کمتر از ۵۰ درصد نتایج حاصل از آزمایش نفوذپذیری هوا تخمین زده می‌شود. تخلخل یا میزان منافذ درون نمونه خاک یا سنگ بایستی با استفاده از روش مناسبی مثل جداول داده‌های صوتی (Sonic log data)، حاصل از جداول حفره‌های باز، تخمین زده شود (Schlumberger, ۱۹۹۸).

مشکلات بالقوه انسداد سازندهای زمین‌شناسی

انسداد چاه‌های تزریقی به وسیله میکرو ارگانیسم‌ها مشکل عمومی چاه‌های استخراج نفت است. تزریق زه‌آب کشاورزی محتوی نیترات به درون تشکیلات دارای ماده آلی و آهن، موجب ایجاد شرایط بسیار عالی برای رشد باکتری کاهش دهنده

نیترات می‌شود. اگر قبل از تزریق، زه‌آب تصفیه نشده باشد ممکن است خلل و فرج تشکیلات مسدود شود، مثل منافذ تشکیلات ماسه سنگی که به وسیله موجودات ذره بینی انباشته می‌شود.

در صنعت نفت برای بهبود ظرفیت تزریق به چاه دو روش عمومی تصفیه شیمیایی وجود دارد. اولین روش، افزودن متوالی کلرین کافی برای تولید کلرین با غلظت ۰/۲ تا ۱ میلی گرم در گرم است. بهترین زمان برای افزودن کلرین به زه‌آب، بلا فاصله قبل از تزریق می‌باشد. این عمل فقط قسمت کمی از مشکلات تزریق را مرتفع می‌سازد. چنانچه تشکیلات ماسه سنگی نیازمند به نیترات بیولوژیکی باشد، غالباً نیاز به کلرین شیمیایی نیز وجود داشته و ما شاهد از دست رفتن کلرین از زه‌آبی که کلرین به آن افزوده‌ایم خواهیم بود. از دست رفتن سریع و کامل کلرین از زه‌آب، اشاره به یک واکنش کاهاشی در سازند، در زمان حاضر دارد.

دومین روش برای تصفیه چاه تزریقی، اضافه نمودن محلول بافر اسید هیدروفلوریک به چاه است. آزمون‌های آزمایشگاهی نشان داده است که به این طریق نفوذپذیری می‌تواند افزایش یابد، ولی نه در تمام موارد.

مطالعه موردی

توصیف

پروژه تزریق چاه عمیق آب منطقه اراضی غربی واقع در دره سان ژوکوین کالیفرنیا الگوی خوبی است که بیش از ۴۰۰۰ متر مکعب در روز، زه‌آب کشاورزی زهکش‌های سان ژوکوین را به درون چاه تزریق می‌کند. زه‌آب به درون دو سازند شیل و ماسه‌ای به اعماق ۱۵۵۴ متر (زیلچ - تمبور) و ۲۱۶۴ متر (مارتینز) از سطح زمین تزریق شده است. هدف از اجرای طرح در این منطقه، ارزیابی فنی، اقتصادی و امکان سنجی اجرایی تزریق به چاه عمیق، به منظور مدیریت زه‌آب کشاورزی می‌باشد.

حفاری و نتیجه حاصله

حفاری چاه در عمق ۲۴۶۹ متری به اتمام رسید. در شکل ۸ نمای نهایی پوسته چاه و قسمت سیمانی آن نشان داده شده است. نهایتاً "در اعماق ۲۲۴۵ تا ۲۳۴۴ متری و ۱۱ تا ۲۴۱۴ متری در سازند مارتینز به تعداد ۱۳ سوراخ در متر حفاری شد. عمق طول کل سوراخ‌های ایجاد شده ۱۰۲ متر است. سازند زیلچ - تمبلور بنا به دستور EPA اجازه آزمایش شدن و تزریق را نیافت. متعاقباً EPA به وسیله مدل‌های تحلیلی کامپیوتری نشان داد که غالباً "سازند زیلچ - تمبلور برای تزریق مطمئن و کارآمد می‌باشد.

آزمایش تزریق

به دنبال بازیافت نمونه‌های مایع از بعضی از سازندهای طبیعی، آزمایش تزریق انجام شد. مایع تزریقی متشکل از آب آبیاری فیلتر شده منطقه بود. این آب محتوی ۲ درصد کلرید پتاسیم و مقداری کلرین ناشی از سموم بود. تمامی مایع با استفاده از صافی مخصوص با قطر فیلتر کردن ۵/۰ میکرون، فیلتر شد. تزریق با استفاده از لوله‌ای به قطر ۷/۵ سانتی‌متر و با دبی ۱۲ لیتر در ثانیه انجام شد. قبل از آزمایش افت فشار ۴۸ ساعته، میزان ۱۷۵۰۰ لیتر تزریق شد. در انتهای آزمایش یک درپوش پلی موقت در عمق ۲۲۲۸ متری قرار گرفت.

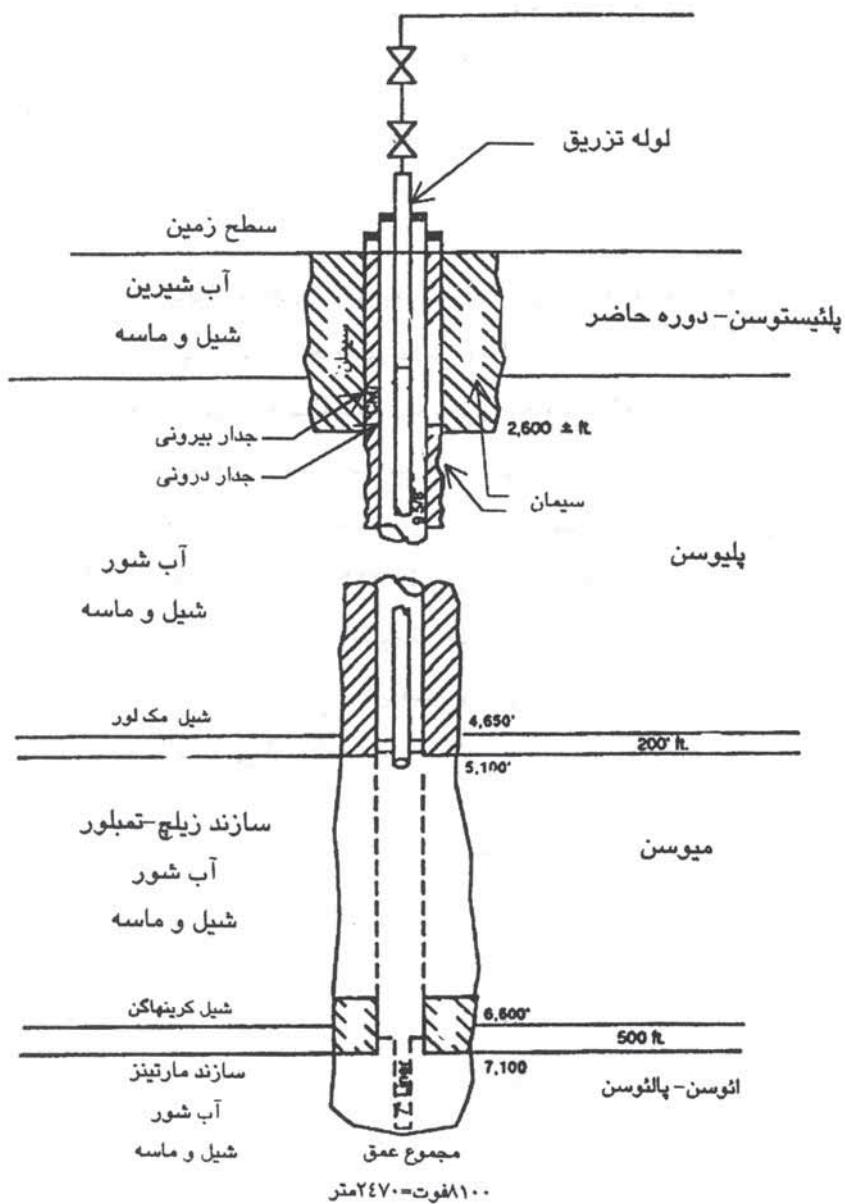
نتایج و تحلیل اقتصادی

محاسبات حاصله از آزمایش افت فشار ۴۸ ساعته به کار رفته در آخرین سطح فشار نشان داد که نفوذپذیری، معادل ۱۲ میلی دارسی یا ۱۲ میلی متر در روز بود. این میزان نفوذپذیری برای دستیابی به هدف تزریق به میزان ۴۴ لیتر در ثانیه بسیار کم می‌باشد.

حداکثر تزریق تقریباً ۲۰ درصد میزان پیشنهادی بر مبنای ۱۲ میلی دارسی می باشد، به عبارت دیگر ۷/۸ لیتر در ثانیه با فشار ۶/۲۱ مگاپاسکال. قیمت تمام شده هر ۱۰۰۰ متر مکعب تزریق زه آب بالغ بر ۸۱۰ دلار آمریکا تخمین زده شد. حداقل نفوذپذیری برای تزریق مجدد در این پروژه معادل ۵۰ تا ۶۰ میلی دارسی می باشد.

طرز اتمام عملیات

نکات عمده در به پایان رساندن تزریق به یک چاه را می توان در ماده ۱۴۶/۱۰ از اصل ۴۰ قانون فدرال (انسداد و پایان تزریق چاه های کلاس I و II) ملاحظه کرد. این آیین نامه بیان می کند که: انسداد چاه بایستی به وسیله سیمان به نحوی انجام شود که سیال تزریق شده، اجازه جابه جا شدن به طرف منابع زیرزمینی آب های آشامیدنی را نداشته باشد. در ایالات متحده نحوه انسداد چاه های تزریقی بایستی به تأیید و با نظارت آژانس حفاظت محیط زیست انجام شود (اصل ۴۰ قانون فدرال، ماده ۱۴۶/۱۰). الگوی منطقه ای چاه عمیق در جولای ۱۹۹۳ مسدود شد. برای انسداد چاه، ۴ درپوش سیمانی مورد استفاده قرار گرفت. درپوش های سیمانی در بالای قسمت پایین و بالاتر از لایه های تزریقی، در منشأ... آبدار و ۱/۵ متر پایین تراز سطح معمولی آب زیرزمینی قرار داده شد.



شکل ۸ - لوله گذارلای و سیمان ریزی چاه

فصل هفتم

مسائل بهداشتی مرتبط با مدیریت زه آب ها

اندرکنش بین مدیریت زه آب و بهداشت

زهکشی سطحی و زیرزمینی مناسب برای دفع پساب به روشی ایمن و مداوم، نقشی اساسی در مهار بیماری های برخاسته از آب ایفا می کند. مراقبت درست و استفاده دوباره از زه آب به روش مناسب می تواند به حفاظت محیط زیست و بهینه سازی بهره گیری از منابع آب کمک نماید.

مسائل بهداشتی مرتبط با مدیریت زه آب می تواند در سه دسته، گروه بندی شوند:

- ۱- بیماری های مرتبط با آب که به وسیله ناقلین پدید می آیند.
- ۲- بیماری هایی که به وسیله آشامیدن و دفع منتقل می شوند.
- ۳- عوارض بهداشتی دراز مدت که به تماس با بقایای مواد شیمیایی کشاورزی مربوط می گردند.

در مناطق استوایی و نیمه حاره ارتباط نزدیکی بین آب پس مانده (ناشی از فقدان زهکشی درست) و انتقال بیماری های ناشی از ناقلین مرتبط با آب، وجود دارد. مالاریا، شیستوزومیا (بیلازیا) و بیماری لنفاوی ناشی از کرم های رشته ای (کرم پیوک) بیماری های مهم این دسته می باشند. با وجود برنامه های مهار و مراقبت، خدمات بهداشتی و فرایندهای پالایش در دسترس، این بیماری ها امروزه مشکل بهداشتی رو به رشدی را تشکیل می دهند. بیماری های ناشی از ناقلین مرتبط با آب، به وسیله باکتری ها، ویروس ها و انگل ها (پروتوزوا و هلمینت) پدید می آیند که این عوامل به نوعی خود توسط عوامل انتقال بیماری های مرتبط با آب منتقل می شوند که ناقل یا میزبان های واسطه نیز نامیده می گردند. ناقل یک حیوان و اغلب یک حشره است که

بیماری را از انسانی به دیگری یا از حیوانی به انسانی دیگر منتقل می‌کند. بیشتر بیماری‌ها تنها به وسیله یک ناقل خاص می‌توانند منتقل شوند، مانند مالاریا که به وسیله پشه‌های آنوفل منتقل می‌گردد. میزبان واسطه هم نقشی مشابه ناقل دارد. با وجود این، چنین موجودی، عامل بیماری زرا به خودی خود، منتقل نمی‌کند، مانند حشرات‌های آب شیرین در مورد بیماری شیستوزومیا. ناقلين و میزبان‌های واسطه، در چرخه انتقال بیماری‌های انگلی مرتبه با آب، عناصر بحرانی به شمار می‌روند. در مجموع آنها درون یا در جوار محیط‌های آبی زندگی می‌کنند.

انتقال مستقیم بیماری و انتقال آن توسط ناقلين و میزبان‌های واسطه، شرایط زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی خاصی را می‌طلبد. این شرایط با موارد زیر تعریف می‌شوند.

- ۱- کمیت و کیفیت آب
- ۲- نوع و دفعات تماس انسان و آب
- ۳- تعداد و توزیع ناقلين یا عرصه‌های تکثیر و پرورش میزبان‌های واسطه
- ۴- قرار گرفتن انسان‌ها در معرض جمعیت‌های ناقلين و میزبان‌های واسطه در نتیجه، آسیب‌های یاد شده، به طور مستقیم می‌توانند در ارتباط با طرح و راهبری واحدهای تصفیه و دفع یا بازیافت زه‌آب باشند. معیارهای کلیدی برای چنین مخاطره بهداشتی بدین شرح‌اند:

- ۱- ایجاد و راه‌اندازی منابع موقت یا همیشگی آب سطحی به صورت رو باز مانند نیزارهای مصنوعی، برکه‌های تشتیت یا برکه‌های تبخیر
- ۲- مساعد بودن آن آبهای برای پرورش ناقلين
- ۳- قرار گرفتن در دسترس ساکنین محلی
- ۴- قرار گرفتن در نقاط مرتبط با سکونت انسان‌ها و نقاط ارتباطی (مانند جاده‌ها)
- ۵- آلوده شدن به وسیله مواد آلی یا غیرآلی

دو دلیل اساسی برای این که سازه‌های زهکشی، اغلب با مشکلات بهداشت محیط در ارتباط‌اند، کاربرد نادرست و عدم نگهداری می‌باشد (مجاری زهکشی کنار جاده‌ها،

آبروهای زیرگذر زهکش‌های سدها و بندها یا مجاری زهکشی در شبکه‌های آبیاری و همچنین تأسیسات تصفیه و دفع زه‌آب از جمله سازه‌های زهکشی به شمار می‌آیند). کشاورزان، تشکل‌ها یا نهادهای ملی معمولاً نگهداری مرسوم را درباره نهرهای آبیاری به اجرامی گذارند که در آنها سرعت آب و کیفیت آب به نسبت بالا است. با وجود این در تأسیسات زهکشی، عکس این شرایط حکم‌فرماس است. ته‌نشینی گل و لای، رشد بی‌رویه نی‌های آبی، جریان کند آب یا برکه‌های راکد به همراه نیزارها و تالاب‌های ایجاد شده، مساعدترین شرایط را برای پرورش پشه‌ها و حلزون‌های آبی فراهم می‌آورند. چنین بر می‌آید که کشاورزان بر روی مدیریت آبیاری تمرکز و توجه بیشتری دارند تا مدیریت زهکشی.

علاوه بر این، اغلب موقع کمبود منابع آب آشامیدنی سالم و امکانات بهداشت محیط هم وجود دارد. بدین ترتیب آبراهه‌های زهکشی یا تأسیسات تصفیه و دفع زه‌آب اغلب برای شستشو، آشامیدن یا تخلیه بدون قاعده فضولات انسانی یا سایر زائدات، از سوی فقیرترین و آسیب‌پذیرترین گروه‌های اجتماعی، مورد سوءاستفاده قرار می‌گیرند. از این طریق، زه‌آب به انتقال بیماری‌ها کمک می‌نماید.

بیماری‌های مرتبط با آب و ناقلين آنها

وقوع بیماری‌ها - حالت‌ها و کشندگی

هر چند که ریشه‌کنی بیماری‌ها نظیر مalaria مدت‌های دراز هدف انسان بوده است، اما این مشکل هنوز راه درازی تا حل شدن در پیش دارد. با اشاره به بیشترین اطلاعات قابل دسترس (سازمان بهداشت جهانی WHO- ۱۹۹۷) وضعیت مalaria جدی و رو به وخامت است. مرگ و میر جهانی بر اثر Malaria بین ۱/۵ تا ۲/۷ میلیون نفر و مبتلایان به آن در جهان بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیون نفر برآورد می‌گردند. Malaria یکی از جدی‌ترین مشکلات بهداشتی است که رویارویی کشورهای آفریقایی قرار دارد و عاملی عمدۀ در محدود نمودن توسعه اقتصادی - اجتماعی آنها به شمار می‌آید. کودکان زیر پنج سال و زنان باردار بیش از همه در معرض خطر قرار دارند. سازمان بهداشت جهانی

(WHO) در سال ۱۹۹۷ گزارش می‌دهد که ۹۰٪ بار مسئولیت این بیماری می‌تواند بر دوش عوامل زیست محیطی شامل مدیریت آب و خاک قرار گیرد. شیستوزومیا تقریباً به اندازه مalaria ریا شیوع دارد اما به ندرت سبب مرگ سریع می‌شود. تعداد مردم مبتلا به آن حدود ۲۰۰ میلیون نفر و کشورهایی که این بیماری در آنها شیوع دارد، ۷۴ کشور برآورده است. ابتلا به این بیماری در آغاز به صورت نهفته در کودکانی رخ می‌دهد که در آب‌های آلوده به حلوونهایی که میزان واسطه می‌باشد، بازی می‌کنند. طرح‌های توسعه آبی، به ویژه آنها که در بر گیرنده آبیاری اراضی گسترده می‌باشند، اغلب همراه با افزایش وقوع شیستوزومیا بوده‌اند. شیستوزومیای روده‌ای تا پیش از ساختن سدهای آسوان، دیاما و آلوسوumbo در نیل، سنگال و دلتاهای ولتا، ناشناخته یا کمیاب بود. بیماری‌های مسری انگلی و عفونی (شامل تمام بیماری‌های مرتبط با آب)، در سال ۱۹۹۳ سبب ۳۲٪ از مرگ و میرها در کل سطح جهان گردیده‌اند که در نتیجه ۱۶/۵ میلیون نفر را به کام نیستی فرستاده‌اند و ۹۹٪ از موارد در کشورهای در حال توسعه رخ داده‌اند. در این کشورها بیماری‌های مسری انگلی و عفونی ۴۱/۵٪ از مرگ‌ها را سبب گشته‌اند (WHO - ۱۹۹۵).

بیماری‌های ناشی از ناقلینی که به وسیله حشرات منتقل می‌گردند

حشرات ناقل بزرگترین گروه در میان عوامل انتقال بیماری را تشکیل می‌دهند. پشه‌ها در بیشتر موارد و برای فراگیرترین بیماری‌ها، ناقلین اصلی به شمار می‌روند، از میان دامنه وسیعی از بیماری‌هایی که به وسیله ناقلین سرایت می‌کنند، دو بیماری به نام‌های Malaria و فیلاریای لنفاوی (بیماری کرم پیوک) جدی‌ترین خطرات بهداشتی هستند که در وضعیت زهکشی ضعیف و نادرست بروز می‌کنند.

مالاریا

مالاریا به وسیله یک انگل از گونه پروتوزوا و از جنس پلاسمودیوم پدید می‌آید. این بیماری ترکیبی از تب، کم خونی و تورم طحال می‌باشد و گرفتاری‌های مغزی رانیز

به ویژه برای کودکان، مزید بر علت خواهد نمود. از همین رو، نرخ مرگ و میر کودکان در اثر یکی از چهار نوع مalaria ریاضی که انسان‌ها را مبتلا می‌سازد. به نام پلاسمو دیوم فالسیپاروم^(۱) بسیار بالا است و در سال ۱۹۹۳ تقریباً یک میلیون کودک زیر پنج سال در اثر این بیماری جان سپردند. (WHO, ۱۹۹۵)

مالاریا توسط نیش نوعی پشه از جنس *Anopheles* منتقل می‌گردد و چرخه انتقال تنها بین انسان و پشه برقرار است. انسان به عنوان میزبان واسطه یا منبع بیماری و پشه به عنوان ناقل عمل می‌کند. انگل‌های پروتوزایی پلاسمو دیوم پیش از انتقال از بدن انسان یا پشه به یکدیگر باید مراحل رشد و تکثیر پیچیده‌ای را طی کنند. تنها پشه‌های ماده که برای تخمگذاری به خون به عنوان غذانیاز دارند، قابلیت انتقال بیماری را دارا می‌باشند. مalarیانه تنها کشورهای در حال توسعه را می‌پوشاند بلکه در تمام سرزمین‌های بین عرض ۴۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی یافت می‌شود. با وجود این، توزیع آن یکنواخت نبوده و به آب و هوا ارتفاع از سطح دریا، تراکم جمعیت و شرایط زیست محیطی مطلوب گونه‌های پشه بستگی اساسی دارد. کشورهای آفریقایی جنوب همراه آمریکای مرکزی و شمال آمریکای جنوبی، شبه قاره هند و آسیای جنوب شرقی از جمله مناطق پر شیوع این بیماری می‌باشند.

در دو دهه اخیر آمار، رو به رشد ابتلا به مalarیا مشاهده شده است (WHO, ۱۹۹۶). اما با وجود این نمی‌توان آن را تنها به افزایش جمعیت مربوط دانست. بخش اعظمی از علل آن مربوط به تعداد فزاینده طرح‌های توسعه منابع آب مانند طرح‌های آبیاری و زهکشی یا سدهای برق آبی می‌باشد. با ظهور منابع جدید آب به شکل روباز در قالب آبراهه‌ها، برکه‌ها و دریاچه‌های مصنوعی، عرصه‌های جدیدی برای پرورش پشه‌ها آفریده شده‌اند.

با همه اینها، ماندگاری این بیماری به نبود واکسیناسیون درازمدت و مؤثر هم مربوط می‌گردد و همینطور به پایداری فزاینده پشه‌ها و عوامل بیماری مalarیا در برابر روش‌های تصفیه و حشره‌کش‌ها. تا پایان ۱۹۸۵ از میان ۱۵۰ گونه از پشه‌های آنوفل که

قابلیت انتقال مalaria را داشتند، مقاومت ۵۰ تای آنها به یک نوع یا بیشتر از آفت کش‌ها (از جمله DDT) ثبت گردیدند و از بین از ۵۰ گونه، دست کم ۱۱ گونه از جمله ناقلین مهم و خطرناک Malaria به شمار می‌آیند (WHO - ۱۹۸۹).

وانگهی انتقال و سرایت Malaria تنها به طرحهای گسترش منابع آب ارتباط ندارد بلکه جنگل تراشی، معدنکاری، راهسازی و تمام پیامدهای منفی گسترش سریع و بی‌رویه شهرها هم به پیدایش محیطهای مستعد رشد و پرورش پشه‌ها کمک می‌نمایند. در همین زمینه، زهکشی (دفع پسابهای) شهری دو نقش کلیدی ایفا می‌کند، از یک سو با مهار آب‌های سطحی و پیشگیری از غرقاب شدن زمینها و حذف آبهای روباز غیر ضروری، در کاهش و حذف عرصه‌های پرورش پشه‌ها، ابزاری ضروری و مؤثر است و با وجود این از سوی دیگر؛ نگهداری ضعیف از مجاری زهکشی، در صورتی که آنها همواره غرقاب بوده و نی‌های آبزی جمع‌آوری نگرددند، می‌تواند آنها را به محیطهای مستعد پرورش انواع پشه‌ها مبدل سازد.

سرانجام در اثر تغییرات اقلیمی ممکن است مخاطره تازه‌ای بروز نماید. گزارش‌های اولیه این موضوع را مطرح می‌نمایند که گرم شدن کره زمین می‌تواند توزیع جغرافیایی نقاط پرورش پشه‌ها را دگرگون نموده و حاشیه مرزی سرایت بیماری Malaria را به سوی شمال گسترش دهد (WHO - ۱۹۹۶).

فیلاریای لنفاوی (بیماری کرم پیوک)

فیلاریاسیس انتقال یافته از پشه، گروهی از بیماریها را در بر می‌گیرد که به التهاب و آسیبهای انسدادی دستگاه لنفاوی منجر می‌شوند. انگلهای فیلاریا، کرم‌های نماتدی هستند که برای تکمیل چرخه زندگی خود به یک حشره نیاز دارند. بیماری اصلی در این گروه ووچرریا بانکروفتی^(۱) یا الفانتیازیس می‌باشد و بوسیله پشه‌هایی از جنس کولکس منتقل می‌شود. هر پشه در هنگام گزیدن ممکن است تعدادی از میکروفیلاریها را وارد بدن خود کند که آنگاه آنها چرخه رشد خود را در بدن او

1- Wuchereria bancrofti

می گذرانند. هنگامی که پشه مبتلا دوباره گزیدن را انجام می دهد، لا روهای بیماریزا در آغاز وارد پوست و سپس وارد رگها و غدد لنفاوی می شوند. برخلاف مالاریا، ابتلا به فیلاریا نیازمند تماس مکرر و طولانی با ناقل می باشد. زیرا تعداد عوامل بیماریزا در هر بار گزش اندک است. در مورد بیماری "وبانکروفتی" ابتلای مکرر و دراز مدت سرانجام به تغییر حالتها و خیم و بد شکل در پاهای بازوها و اندام جنسی منجر خواهد شد. فیلاریای لنفاوی در سال ۱۹۹۴ حدود ۱۲۰ میلیون نفر را گرفتار ساخت که از آن میان ۸۰٪ موارد از مناطق استوایی افریقا یا هند گزارش شده بود (WHO - ۱۹۹۶).

هر چند که فیلاریاسیس بیشتر یک مشکل بهداشتی شهری است اما می تواند در مناطق مسکونی روستایی و جوامع کشاورزی که در آنها زهکشی سطحی نامناسب فقدان امکانات بهداشتی، آلودگی محیط زیست در اثر دفع غیر اصولی فضولات و زائدات به چشم می خورد، خطرات بهداشتی مهمی پدید بیاورد. ناقل اصلی بیماری: کولکس کینکفاسیاتوس (فاتیگانس)^(۱) در آبهای آلوده نهرها، زهکش‌ها، مخازن آب، بشکه‌ها، ظروف و هر گونه مخزن نگهداری آب پرورش می‌یابد.

بیونومیک پشه

۳۰۰۰ گونه پشه شناخته شده اند و با وجود این، از میان ۱۵۰ گونه ناقلين بالقوه بیماریزا تنها ۳۰ گونه خطرناک مشاهده می شوند. سه تیره آنوفل، اده^(۲) و کولکس از سه زیر خانواده با بیماری در ارتباط هستند.

اپیدمیولوژی و مراحل چرخه زندگی، اهمیت عوامل اقلیمی و نقش آب به عنوان مؤلفه محیطی ضروری برای پشه‌هارا آشکار می نمایند. مراحل ناقص رشد مانند تخم، لارو و نوچه، نیازمند محیط آبزی هستند در حالی که پشه‌های رشد یافته، در زیست بومهای خشکی زی زندگی می کنند. کمیت و کیفیت آب و شرایط رکود یا جریان، گود یا کم عمق، تمیز یا آلوده، شیرین یا لب شور، آفتتابگیر یا سایه، همیشگی یا فصلی و

1- *Culex quinquefasciatus* (Fatigans)

2- *Aedes*

بالاخره اقلیم تعیین می‌کنند که چه گونه‌هایی از پشه می‌توانند پرورش بیابند. خلاصه‌ای از عوامل فیزیکی و زیست شناختی در زیر ارایه می‌شوند (WHO - ۱۹۸۲ -).

عوامل فیزیکی: معمولاً پشه‌ها هوای مرطوب‌تر و آب با دمای ۲۳ تا ۳۳ درجه سانتیگراد را ترجیح می‌دهند تا مرحله آبری زندگی خود را در مدت دو هفته تکمیل کنند. باران تا حدود معین می‌تواند همانند یک عامل مثبت برای زندگی و تکثیر پشه‌ها باشد چون نهرها، رودها، برکه‌ها و غیره را پر می‌کند اما بارندگی سنگین می‌تواند اثر سیل آسایی داشته باشد و مکانهای پروش پشه‌هارا از جا بکند. پشه‌ها در جایی که آب اضافی به سرعت از بین می‌رود نمی‌توانند بطور طبیعی تولید مثل کنند. آفتاب یا سایه، بسته به گونه‌های پشه می‌توانند نقش مثبت یا منفی داشته باشند. تمام این عوامل، تعیین کننده رفتارهای آرام یا گزند نیز می‌باشند. برخی از گونه‌ها در داخل یا بیرون به تغذیه و آسایش می‌پردازند و بیشترین فعالیت گزندگی آنها اغلب یک ساعت پیش از شامگاه روی می‌دهد. در حالی که پشه‌های گونه "آده" در طول روز گزنده هستند و بسیاری از پشه‌های آنوفل در طول شب می‌گزند.

عوامل زیست شناختی: برای شرایط بهینه پرورش، وجود پوشش گیاهی و گیاهان شناور اهمیت زیادی دارد. نخست این که گیاهان، غذای لاروها به شمار می‌آیند و از آن مهمتر، آنها پناهگاهی در برابر مهاجمان فراهم می‌کنند و از لاروها در برابر جایجاشدن محافظت می‌کنند. بنابراین بر روی سطوح روبروی آبهای حجمی، لاروهای پشه یافت نمی‌شوند. فراوانی تعداد گونه‌ها به وجود گیاهان خاص وابسته است.

در مجموع، پشه‌ها تقریباً در اندازه‌ها و انواع بیشمار و در آبهایی با کیفیت بسیار گوناگون پرورش می‌یابند و هر گونه‌ای به شرایط زیست محیطی ویژه‌ای برای زندگی و تکثیر نیازمند است. با وجود این بیشتر پشه‌های ناقل در شرایط زیستی محدود شده و تنگنایی از عرصه زندگی می‌توانند پرورش یابند. آنچه که اقدامات مهارسازی را دشوار می‌سازد، تعداد گونه‌هایی است که می‌توانند ناقلين بالقوه باشند و نیز چگونگی تغییرات جمعیت آنها. در خودآموز مدیریت زیست محیطی برای مهار پشه‌ها،

تقسیم‌بندی جامعی براساس گونه، کشور و محل زیست و پرورش شامل معیارهای بالقوه مدیریت زیست محیطی، ارایه شده است (WHO - ۱۹۸۲).

مهار طبیعی پشه‌ها به روش زیست شناختی می‌تواند به کمک ماهی لارو خوار انجام پذیرد که افزون بر ۲۵۰ گونه از آن شناخته شده‌اند که از لارو پشه‌ها تغذیه می‌کنند. شناخته شده‌ترین ماهی پشه‌خوار "گامبوزیا آفینیس" است که در حدود ۶۰ کشور یافت می‌شود (گبریش و لاریه - ۱۹۸۵) ^(۱).

ماهی پشه‌خوار می‌تواند در مقیاس تجاری تولید شده و در زه‌آب رها گردد. این ماهی در ماههای گرم سال بیشترین فعالیت را دارد. بیماریهای که پایه آنها از آب است و بواسیله حلقه‌های آبزی و نیمه آبزی منتقل می‌شوند:

شیستوزومیازیس:

سه نوع عمدۀ از شیستوزومیا وجود دارد که بر انسان تأثیر می‌گذارند: ش.هماتیوبیوم، ش.مانسونی و ش.ژاپونیکوم. بیماری توسط کرمهای ترماتود ^(۲) نر و ماده‌ای پدید می‌آید که در رگهای مثانه جایگزین می‌شوند (ش.هماتوبيوم و ش.ژاپونيكوم) یا در سیاهرگهای کبد و روده (ش.مانسونی). نشانه‌های آشکار و رایج بیماری شیستوزومیازیس، وجود خون در ادرار در حالت ش.هماتوبيوم و اسهال متناوب و مدفع خون‌آلود در حالت ش.مانسونی هستند (جردن و ووب - ۱۹۸۲) ^(۳). با آن که روش‌های مؤثر شیمی درمانی در دسترس قرار دارند اما هزینه‌های سرانه درمان برای بسیاری از کشورهای در حال توسعه بسیار گران تمام می‌شوند.

سرایت هر سه گونه یاد شده بر اساس یک چرخه ترکیبی چهار مرحله‌ای که در برگیرنده حضور حلقه‌های آب شیرین می‌باشد، انجام می‌پذیرد (شکل ۹). تخم‌ها در ادرار یا مدفع یک فرد مبتلا رها شده و ممکن است به آب برسند که در آنچه با سرعت از تخم بیرون آمده و

1- Gerberich and Laird, 1985

2- Trematod

3- Jordan and Webbe, 1982.

به میراسیدیا مبدل می شوند که دوره‌ای کوتاه بصورت لاروهای شناگر می باشد.
بسطه به نوع گونه، میراسیدیا می بایست طرف ۲۴ ساعت یک حلزون آبری یا دوزیست مخصوص آب شیرین را به عنوان میزبان واسطه انتخاب نماید.



شکل ۹ - چرخه‌ی انتقال شیستوزو میازیس

شیستوزو میای هماتوپیوم، مانسونی و ژاپونیکوم به ترتیب نیازمند حلزونهایی از جنس بولینوس، بیومفلاریا و اونکوملانیا هستند. حلزونهای اونکوملانیا از نوع دوزیست یا نیمه آبری می باشند که بخشی از زندگی خود را در گل یا خاک مرطوب می گذرانند. انگلهای یاد شده طرف ۶ تا ۱۶ هفته در بدن حلزون هارشد کرده و به سرکاریا تبدیل می شوند که مرحله دوم در زندگی آنها و به صورت لارو شناگر آزاد است و دراین مرحله است که آنها می توانند انسان را مبتلا نمایند. حلزونها تعداد بیشماری سرکاریا را در آب می افشارند که آنها باید انسانی را در تماس با آب بیابند تا در پوست او نفوذ کنند. پس از نفوذ در پوست، انگلهای راه خود را در میان سرخرگها، قلب و ریه ها به سوی اندامهای نهایی (مثانه، کبد و روده) پیدا می کنند و در آنجا چرخه زندگی خود را با تخمگذاری تکرار می نمایند (جردن، وب - ۱۹۸۲)

محیط شناسی حلزونهای میزبان

هر چند که هر گونه از حلزونها به محیط فیزیکی خاصی نیاز دارد. اما تنوع موجودات آبری تقریباً بینهایت است. ماندابها و باتلاقها، برکه‌ها و استخرهای دائمی یا موقت،

دریاچه‌ها و مخازن آب طبیعی یا انسان ساخت، رودهای فصلی یا همیشگی با جریان آرام، آبراهه‌ها و زهکشها، کشتزارهای برعیج و تمام انواع آبهای راکد یا آرام، محیط مساعدی برای رشد و پرورش حلزونها به شمار می‌آیند. معمولاً آب باید کم عمق، تمیز یا لب شور با کمی کدورت باشد. طول مدت چرخه زندگی به دمای آب بستگی دارد. مناسب‌ترین دمای آب از ۲۶ تا ۲۸ درجه سانتیگراد است.

حلزونهایی که میزان واسطه هر دو گونه ش. هماتوپیوم و ش. مانسونی هستند، دامنه تغییرات بزرگی در مقادیر pH (۳.۵-۹)، میانگین دمای آب (۱۸-۲۰°C) و شوری نشان می‌دهند. حلزونها در آبهای سایه دار یافت می‌شوند اما در برابر آفتاب مستقیم نیز فعالیت آنها دیده شده است. نرخ افزایشی شدن سرکاریا در آب رابطه مستقیمی با طول روز و در نتیجه شدت تابش خورشید دارد. گذشته از اینها، حلزونها توانایی قابل توجهی در تحمل دوره‌های طولانی (۵ تا ۸ ماه) در ماسه مرطوب یا گل و لای دارند. منبع اصلی غذایی آنها مواد آلی حاصل از فساد گیاهان، انواع جلبکهای مختلف، باکتریها و قارچهای غوطه‌ور یا شناور می‌باشد.

با وجود این، هر دوی این حلزونهای آبزی به سرعت آب و نوسانات سطح ایستادی حساس هستند. میانگین سرعت قابل تحمل جریان آب بین صفر تا ۰/۳ متر بر ثانیه است (ژوپین و ایپن - ۱۹۶۴) (۱).

بیماری‌های عفونی برخاسته از آب که با فضولات مرتبط هستند

اغلب محلهای تجمع ناقلین یا میزبانهای واسطه به جاهایی منتهی می‌شوند که انسانها برای شستشو، استحمام و آب تنی (بویژه بچه‌ها) یا ماهیگیری به آب دسترسی دارند. دو دانشمند (۲) در سال ۱۹۸۳، به منظور درک کامل تر اثرات دفع فضولات، طبقه‌بندی بیماریهای ناشی از آب را به شرح زیر پیشنهاد نمودند:

1- Jobin and Ippen, 1964

2- Cairncross and Feachem

- ۱- بیماریهای غیر باکتریایی مدفععی - خوراکی: سرایت از فردی به فرد دیگر به دلیل آلدگی خانگی و فقدان بهداشت فردی مانند هپاتیت آ و جیاردها.
- ۲- بیماریهای باکتریایی مدفععی - خوراکی: سرایت از فردی به فرد دیگر از طریق چرخه‌های طولانی تر یا از راه غذا، محصول یا آب آلدگی به مواد مدفععی. مانند: انواع اسهال و استفراغ شبیه وبا، اسهال ناشی از اشریشیا کلی یا سالمونلازیس، تبهای روده‌ای از جمله حصبه.
- ۳- کرم‌های روده‌ای منطقه از خاک: تخمها کرم‌های انگلی در مدفعع رهامی شوند و به یک مرحله رشد در خاکهای مرطوب نیاز دارند. آنها یا از راه بلعیده شدن سبزیهای آلدگی یا از راه نفوذ از منافذ پا به میزبان انسانی منتقل می‌گردند. سرایت این انگل‌ها در محله‌ای دفع مدفعع واقع در جوامع بدوى یا در اطراف آبریزگاه‌های کثیف بدون کف سازی بتنى پاکیزه روی می‌دهد. مثال: آسکاریس تریکوریازیس و کرم قلابدار.
- ۴- کرم‌های رشته‌ای گوشت گاو یا خوک: چرخه سرایت شامل یک مرحله رشد در بدن یک جانور است و ابتلای انسان هنگامی رخ می‌دهد که گوشت بدون پخته شدن کافی خورده شود. سرایت می‌تواند از راه کاربرد لجن فاضلاب به عنوان کود در چراگاهها هم گسترش یابد. مثال: بیماری کرم کدو (تیازیس)
- ۵- کرم‌های روده‌ای ناشی از آب: بارزترین مثال، در بخش مربوط به بیماری شیستوزومیازیس ارایه شده است. همچنان که گفته شد، تخمها موجود در مدفعع باید به آب برستند تا مرحله بعدی رشد خود را در بدن یک حلزون آبزی بگذرانند. کرم گینه (فاسیولوپسیازیس) نیز چرخه‌ای مشابه را طی می‌نماید.
- ۶- حشرات ناقل مرتبط با فضولات: پشه‌های کولکس که ناقل بیماری فیلامریازیس هستند، تولید مثل در آبهای بسیار آلدگی را ترجیح می‌دهند. سرسختی یک موجود بیماریزای خاص، ویژگی مهمی است، یعنی توان آن برای بقا در محیط و این که آیا جانوران خواه به صورت متوالی یا موازی، جزئی از چرخه انتقال می‌باشند. از دید طبقه‌بندی یاد شده، کیفیت آب و شرایط زیست محیطی اطراف آبها می‌توانند نقش اساسی در سرایت بیماری ایفا نمایند.

بدین ترتیب زهکش‌های روباز بدون پوشش، برکه‌های تثبیت و تبخیر یا نیزارها ممکن است بخصوص به عرصه‌های خطرناکی برای سرایت بیماریها تبدیل شوند. در چنین مکانهایی است که دفع فضولات، تغذیه دامها و تماس انسان با آب در شکل شدید و مهار نشده‌ای امکان وقوع دارد که منتهی به تماسهای لازم بین موجودات بیماریزا و انسان و حیوان می‌گردد.

مخاطرات بهداشتی و آلودگی شیمیایی

مخاطرات بهداشتی مرتبط با کیفیت آب که پیش از هر چیز از مواد شیمیایی کشاورزی ناشی می‌شوند، مشکلی روبرو شد را در برابر می‌گیرند. این امر اساساً از شدت یافتن تولید محصول و گسترش کشت آبی سرچشمه می‌گیرد که اغلب با صنایع فرآورده‌های غذایی نیز ارتباط تنگاتنگ دارند. [فأتو - ۱۹۹۳ و هسپانهول - ۱۹۹۶]^(۱). در این زمینه، زهکش‌های روباز و زیرزمینی، هر دو در چهار درجه برسلامتی انسان اثر دارند:

- ۱- استفاده دوباره از زه‌آب (فصل ۳ را ببینید). آب شویی یا رواناب سطحی حاصل از کشتزارهایی که مورد استعمال آفت کشها قرار گرفته‌اند - شامل علف‌کش‌ها، حشره‌کشها، قارچ‌کش‌ها و کرم‌کش‌ها، منبع نامحدودی از مواد آلی سمی به شمار می‌رود. چنان‌چه این زه‌آب برای آبیاری استفاده مجدد شود، مواد سمی می‌توانند مستقیماً توسط اشخاص خورده شوند و یا به صورت غیر مستقیم در شرایط اختلاط زه‌آب با منابع آب آشامیدنی، به بدن آنها وارد گردند. [Carincross and Feachem, 1983]. منبع دیگری برای آلودگی مستقیم آب با مواد شیمیایی کشاورزی، شستن ابزار سمپاشی در آب زه‌کش‌ها یا نهرهای آبیاری و یا سمپاشی نهرها و منابع آب برای مبارزه با نی‌ها است. [هسپانهول - ۱۹۹۶]. زه‌آب ناشی از آب شویی، انتقال مواد غیر آلی نظیر نمکها، نیترات، فسفر یا فلزات سنگین را نیز شامل می‌شود. چنین موادی اگر در غلظتها بالا مصرف شوند می‌توانند به مشکلاتی در تدرستی بیانجامند

[فائز - ۱۹۹۳]. با این حال نمک، مشکل کمتری ایجاد خواهد نمود زیرا مزه شور آبی که بیش از حد به نمک آلوده باشد، اشخاص را از نوشیدن آن بازخواهد داشت. عناصر کمیاب اهمیت بیشتری در زه آب زیرزمینی دارند.

۲- تصفیه و دفع زه آب. همچنان که در فصلهای ۵ و ۶ عنوان گردید، هر دوی اینها به نوعی به تجمع، انتقال یا حمل آلاینده‌ها منتهی می‌شوند. علاوه بر این، امکانات تصفیه همچون نیزارهای مصنوعی یا برکه‌های تشتیت، سطوح روباز آب و مکانهای رشد نی‌های آبری تازه‌ای را بوجود می‌آورند. در اینجا پرسش این است که آیا این، الگوهای موجود تماس بین انسان و آب را تغییر نخواهد داد و عرصه‌های تازه‌ای برای پرورش ناقلین بوجود نخواهد آورد؟ گذشته از این، کیفیت زه آبی که به درستی تصفیه نشده است ممکن است خود، خطری بالقوه برای تندرستی در برداشته باشد.

۳- کاربرد حشره‌کش‌ها یا کرم‌کش‌ها در طول عملیات مبارزه شیمیایی با ناقلین. این امر می‌تواند به پیدایش غلطهای بالایی از سموم شیمیایی در کوتاه مدت در نهرهای آبیاری یا زه کشها بیانجامد. کارگران حفاظت نشده، در معرض مخاطرات تندرستی قرار دارند و جمعیتهای محلی ممکن است بدون آگاهی از خطرات، آب آلوده را مصرف نمایند. در اثر خوردن ماهی هم ممکن است آلوده شدن غیر مستقیم رخ دهد.

۴- تخلیه مهارنشده فاضلاب صنعتی به زه کش‌ها یا تأسیسات تصفیه و دفع. در اثر نبود مقررات زیست محیطی و تصفیه خانه‌های نامناسب، بویژه در مناطق شهری، معمولاً زه کش‌هادر خدمت صنایع محلی به عنوان مکانهای تخلیه و دفع فاضلاب قرار می‌گیرند و به این ترتیب آنها نقاط خطرناکی به عنوان منابع مواد سمی به شمار می‌آیند.

با آنکه مخاطرات بهداشتی برخاسته از آلودگی شیمیایی به عنوان یک معصل عمدت زیست محیطی پذیرفته می‌شوند، اما اطلاعات مربوط به شواهد پزشکی به سختی بدست می‌آیند و اغلب برای کشورهای در حال توسعه، دست نیافتنی هستند. در نتیجه نبود حفاظت محیط زیستی و آین نامه‌های مقرراتی، همچنان که داده‌های پایش زیست محیطی وجود ندارند، خدمات حکومتی معمولاً موضوع مهار آلودگی را نادیده می‌گیرند.

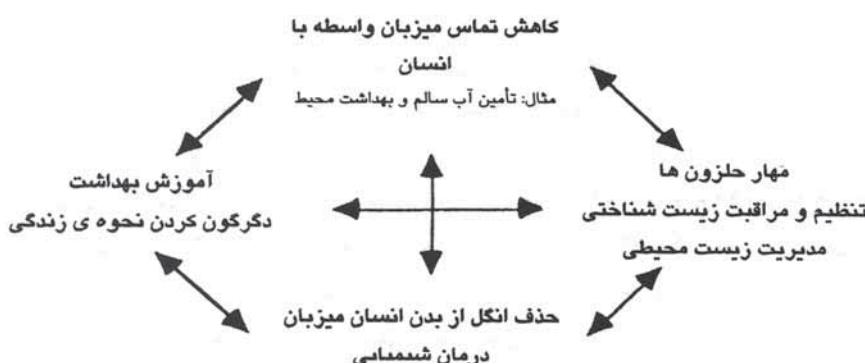
مهار و تنظیم جامع سرایت بیماریهای برخاسته از ناقلين

مؤلفه‌های برنامه‌های جامع مهار

مهار بیماریهای مرتبط با آب همیشه به گسیختن چرخه‌های انتقال نیاز دارد که تعدادی از عوامل کاملاً متفاوت را در بر می‌گیرد: انسان، جانوران یا موجودات ناقل. همه اینها عملکرد متفاوتی دارند، در برابر تغییرات زیست محیطی واکنشهای متفاوتی نشان می‌دهند و برای انتقال یک بیماری یا بقا در برابر ابتلا، ظرفیتهای متفاوتی دارند. در اینجا سه راه اساسی برای گسترش انتقال بیماری وجود دارد:

- ۱- بوسیله حذف یا کاهش تراکم ناقل‌ها
- ۲- حفاظت از میزبان آسیب‌پذیر از راه ایمن سازی، داروهای جلوگیری کننده، کاهش تماس انسان و ناقل با بهره‌گیری از داروهای دافع، توری کردن پنجره‌ها، پشه‌بند یا بوسیله تجهیز منابع آب و عملیات بهداشتی سالم.
- ۳- کاهش منبع ابتلا به وسیله درمان مردم یا جانوران بیمار و با حذف عامل بیماری‌زا در بدن میزبان.

به این ترتیب، یک راهبرد جامع و مؤثر برای مهار ناقلين و بیماریها، با استی چهار عنصر را فرا آورد: مهار شیمیایی ناقلين، مهار زیست شناختی ناقلين، مدیریت زیست محیطی و درمان دارویی [اقتباس از فائو - ۱۹۹۸، هسپانهول - ۱۹۹۶]. شکل (۱۰) مثالی از یک برنامه جامع برای مهار شیستوزومیازیس ارایه می‌نماید.



شکل ۱۰- عناصر تشکیل دهنده ی برنامه جامع مهار شیستوزومیازیس

درمان دارویی هنوز از بیشترین اهمیت برخوردار است. در واقع بیشترین حجم از پژوهشها و منابع مالی بر موضوعات پرشکی یا پیراپزشکی متمرکز شده‌اند. با این همه، از دامنه معضلات تندرستی موجود، تعداد رو به رشد و گستردگی بیماریها و اندرکنشهای زیست محیطی تنگاتنگی که در بالا تشریح شد، آشکار است که هر گونه مداخله، تنها هنگامی موقیت‌آمیز خواهد بود که هر چهار عنصر یاد شده گرد هم آیند. لازم است که تمام گروه‌های دخیل، فهم و درک کاملی از مفاهیم زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و پیراپزشکی و پویایی‌های بالفعل در همه گیر شدن بیماریهای مرتبط با آب داشته باشند.

هسته مرکزی چنین برنامه‌ای را می‌توان در دستورالعمل زیر خلاصه نمود: مهار سرایت بیماری و شیوع ناخوشی. مهار سرایت بیماری، مهار ناقلین بیماری، میزانهای واسط یا هر گونه فعالیت در زمینه تأمین آب، امکانات بهداشتی و تصفیه آب را بوسیله تدابیر شیمیایی، زیست شناختی و زیست محیطی ادغام می‌کند. مهار شیوع ناخوشی شامل درمان با مواد شیمیایی یا هر گونه مراقبت دارویی در برابر عامل بیماریزا و درمان بیماری می‌باشد. اومن و همکارانش در سال ۱۹۹۰، مدیریت زیست محیطی را به خودرویی تشبیه نمودند که آموزش بهداشت و مشارکت همگانی چرخه‌ای آن می‌باشند که در جاده زیر ساخت بنیادی به گردش در می‌آیند.

مدیریت زیست محیطی برای مهار ناقلین بیماری

در سال ۱۹۷۹، فائو، سازمان بهداشت جهانی (WHO) و گروه برنامه‌های زیست محیطی سازمان ملل (UNEP) هیئت متخصصین مدیریت محیط زیست (PEEM) را بنیان نهادند. هدف این کار، اجرا و توسعه بهتر مؤلفه مدیریت زیست محیطی در زمینه مهار ناقلین و بیماریها بود. ۱۳ مرکز همکاری با این هیئت همبستگی دارند. این مراکز پژوهشی در محدوده موضوعات پیراپزشکی یا مهندسی مربوط به مهار بیماریهای مناطق گرمسیر کار می‌کنند. هیئت متخصصین، مدیریت زیست محیطی را بدین گونه

توصیف می‌کند: کلیه دخالت‌های فنی و مدیریتی که شاخص‌های زیست محیطی و اندرکنش آنها را با انسان و ناقلین بیماری دگرگون ساخته و یا تخفیف دهند. اهداف کلی آن است که تکثیر ناقلین بیماری را از میان برده و یا به کمترین حد برساند و تماس بین انسان و ناقلین بیماری را کاهش دهد تا برای یک جمعیت پیش‌بینی شده، به بهترین شرایط تندرنستی دست یابند^(۱). در سال ۱۹۷۹ کمیته تخصصی سازمان بهداشت جهانی در زمینه زیست‌شناسی و مهار ناقلین بیماری، سه دسته‌بندی از مدیریت زیست محیطی برای مهار ناقلین بیماری ارایه نمود که در جدول (۸) دیده می‌شود.

جدول ۸ - توصیف سازمان بهداشت جهانی از مدیریت زیست محیطی

توصیف	مثال‌ها	وظایف
اصلاح محیط زیست	دگرگون نمودن دراز مدت یا همیشگی زمین، آب و پوشش گیاهی برای پیشگیری، کاهش یا حذف جمعیتهاي ناقلین یا میزبانهای واسطه (بیماریهای مرطبه با آب و ناشی از ناقل) یا تغییر شرایط زیست محیطی مساعد برای انتقال بیماریهای برخاسته از آب.	شیب‌بندی زمین خاکریزی، زهکشی، تسطیح، خانه‌سازی زهکشی شهری.
تعديل زیست محیطی	دگرگون نمودن شرایط محیط زیست برای پیدایش وضعیت نامطلوب موقت برای پرورش ناقلین یا انتقال آنها	نوسان سطح آب، تغییر سرعت آب، ایجاد جریان پر قدرت آب تمیز کردن نیزارها، تغییر در شوری.
اصلاح یا تعديل نحوه سکونت یارفтар آدمی	هر نوع اصلاح یا تعديل زیست محیطی که تماس انسان را با ناقل یا عامل بیماری‌کاهش دهد.	پشه‌بند، حفاظت شخصی، توری گذاشتن بازشوها، بهداشت حمام و دستشویی، تصفیه فاضلاب و تأمین آب سالم.

1- WHO - 1982; Bos et. al. 1993.

مهر شیمیایی ناقلين بیماری، کاربرد مواد دفع کننده، جذب کننده، حشره‌کش‌ها، کرم‌کش‌ها و مواد شیمیایی سترون کننده را شامل خواهد بود. مهار زیست شناختی (بیولوژیک) ناقلين بیماری به روش تعديل وراثتی با کمک مواد بازدارنده و حشره‌کش‌های میکروبی، دست یافتنی است و سرانجام مداخلات پزشکی بر مهار شیوع بیماری متتمرکز خواهد بود، از جمله شیمی درمانی، واکسیناسیون، درمان عمومی، تغذیه بهتر، حفاظتهاي پيشگيرانه برای تندرستی، پيشگيري از بیماری و آموزش بهداشتی.

تدا이یر مدیریت زیست محیطی در مدیریت زه‌آب

در مبحث استفاده دوباره، تصفیه و دفع زه‌آب، مخاطرات بهداشتی بالقوه، از طریق یک فراگرد ساده از جریان زه‌آب در ترکیب با انتقال عوامل بیماریزا، مواد سمی و رخداد مکانهای بالقوه برای رشد و پرورش ناقلين بیماری، مورد تحلیل قرار بگیرند. این روش به شخص اجازه می‌دهد که ارتباط مخاطره بهداشتی را با کیفیت آب یا پرورش ناقلين بیماری یا هر دو، از هم جدا کند.

برای هر یک از سه گزینه مدیریت زه‌آب، تعدادی پرسش طرح ریزی شده است تا مخاطرات بهداشتی بالقوه را تشخیص دهد. این پرسشها با پاره‌ای توصیه‌ها و رهنمودها برای امکان مهار و تنظیمهای پيشگيرانه تعقیب شده‌اند.

تصفیه، استفاده مجدد و دفع زه‌آب

استفاده مجدد مستقیم

استفاده مجدد در نگاه اول ممکن است یک مشکل کیفی آب به نظر آید که اصولاً به دلیل شوری زیاد به رشد گیاه اثر می‌گذارد. با وجود این، آفت‌کش‌ها در اشکال مختلف ممکن است به درون زهکش‌های سطحی سرازیر شوند و یا عناصر کمیاب می‌توانند از طریق زه‌کش‌های زیرزمینی شسته گردند. هر کجا که زه‌آب با بار زیاد از آفت‌کشها و عناصر کمیاب برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد، مخاطره‌ای بهداشتی می‌تواند برای کارگران آبیار یا افرادی که از این آب برای منظورهای خانگی استفاده می‌کنند، روی دهد.

پرسش‌ها :

- ۱- کیفیت زه آب چگونه است؟ آیا مستقیماً استفاده شده یا با آب دارای کیفیت بالا مخلوط می‌گردد؟ حداکثر بار مواد سمی پس از اختلاط چقدر است؟ آیا با توجه به روش‌های مدیریتی کشاورزی، تغییرات فصلی در غلظت مواد وجود دارد؟
- ۲- تماس افراد یا گروه‌های اجتماعی با آب آمیخته شده با زه آبی که مورد استفاده مجدد قرار گرفته، چگونه است؟ آیا مردم از این آب به جز آبیاری برای مقاصد دیگری همچون آشامیدن، شستشو یا آشپزی بهره‌گیری می‌کنند؟ آیا بچه‌ها تماس بسیاری با آب دارند؟
- ۳- آیا مخاطرات دیگری وجود دارند؟ آیا آب آلوده وارد چرخه‌های دیگری از آب با کیفیت بالا می‌شود (مثلًا آب زیرزمینی) که بعدها مورد استفاده برای آشامیدن قرار گیرد؟

مهار و پیشگیری

در حالتی که استفاده مستقیم صورت می‌گیرد، فرصت‌های اندکی برای کاربرد معیارهای مدیریت زیست محیطی وجود دارد. به محض این که زه آب وارد یک شبکه آبیاری می‌شود، احتمال دارد که افراد با این آب در تماس قرار بگیرند. از این رو پایش مؤثر استانداردهای کیفی خروجی زهکشها بسیار مهم است. در حالت وجود حدود غیر مجاز یا خطرناک آلودگی، توسعه راهبردهای ایمن سازی الزامی است.

سیستم کشاورزی - جنگلداری و تبخیر کننده‌های خورشیدی

این سیستم مدیریت زه آب که برآیند آن حجم کمتر زه آب و غلظت مداوم نمک در آن است، از آنجا که آب شور برای آشامیدن نامناسب است، خطر بهداشتی کمتری دارد، در اینجا پرسش این است که آیا این مجموعه از شبکه‌های آبیاری، سطوح جدیدی از آب‌های روباز برای پرورش ناقلین بیماری پدید خواهد آورد؟

پرسش‌ها:

- ۱- آیا سیستم سطوح آب جدید و همیشگی پدید می‌آورد (مانند حوضچه‌های تبخیری خورشیدی)؟
- ۲- اگر چنین است، آیا آنها می‌توانند به صورت عرصه‌های پرورش پشه‌ها عمل نمایند؟ آیا هم اینک پشه‌ها در منطقه تولید مثل می‌کنند و بیماریهای منتقل شده توسط پشه‌ها چه مقدار شدت دارند؟ آیا گونه‌هایی از پشه‌ها که توان پرورش و تکثیر در آب لب‌شور را داشته باشند (مانند برخی از گونه‌های آنوفل، کولکس و اده) وجود دارند؟ آیا حلزونهای آبی توان تحمل غلظت نمک را دارند؟
- ۳- آیا نی‌های آبی می‌توانند رشد نمایند؟
- ۴- مکانهای مسکونی، جاده‌ها یا مراکز بزرگتر شهری در چه فاصله‌ای قرار دارند؟ چه بیماریهای در آنجا فراوان‌تر است؟

مهار و پیشگیری

- ۱- خشک نگهدارشتن متناوب برکه‌ها و مخازن ذخیره برای حداقل ۵ تا ۷ روز.
- ۲- پوشش تمام تأسیسات و ابنيه - در صورت امکان - به منظور اجتناب از نشت آب و به حداقل رساندن رشد گیاهان آبزی. در صورتی که از پوشش خاکی استفاده شود، نی‌ها به طور منظم مراقبت گردند. عدم استفاده از حشره‌کش‌ها و کرم‌کش‌ها یا تهه استفاده محدود.
- ۳- محدود کردن دسترسی به زهکشها به منظور کاهش تماس انسان و آب.
- ۴- برنامه‌ریزی برای اسکان: جداسازی موقعیت جغرافیایی نقاط مسکونی از برکه‌ها و ذخایر آب.
- ۵- پایش پرورش و تکثیر ناقلین بیماری و کیفیت آب.
- ۶- ارزیابی گزینه‌ها.

نیازارهای مصنوعی

فرایندهای گوناگون فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی تصفیه ممکن است نیازمند

تعدادی از سازه‌های تأخیر دهنده آبی مانند نیزارهای مصنوعی باشند و این می‌تواند به بروز سطوح روباز آب جدید و عموماً همیشگی منتهی گردد. باز هم پرسش این است که آیا مکانهای مناسب رشد و تکثیر ناقلين بیماری پدید خواهند آمد و یا این که آیا توان پالایش نیزار، کیفیت آب خروجی و در نتیجه، کیفیت آب برای مصرف کنندگان انتهایی را مشخص خواهند نمود؟

پرسش‌ها

- ۱- چه تعداد ماندابهای جدید و همیشگی پدید خواهد آمد؟ مساحت آنها چه اندازه است؟
- ۲- چه نوع گیاهانی خواهند رویید؟ (مثال نی آبی)
- ۳- آیا مردم محلی در معرض بیماریهای وابسته به آب قرار دارند؟ نقاط تمرکز سرایت بیماری در کجاها واقع اند؟
- ۴- آیا ملزمات رشد و تکثیر آنها در نتیجه شرایط پدید آمده بوسیله نیزار مصنوعی فراهم شده است (مثلاً برای پشه‌ها)؟
- ۵- نزدیکی مناطق مسکونی، نقاط شهری و جاده‌ها چقدر است؟ آیا مهاجرتی در این مناطق وجود دارد؟
- ۶- کیفیت و نحوه عملکرد مراکز خدمات درمانی محلی چگونه است؟ برداشت و ادراک عمومی نسبت به موضوعات تندرستی مرتبط با محیط زیست چیست؟
- ۷- آیا در منطقه اطلاعاتی در مورد شیوع، رخداد، تحرکات جمعیتی ناقلين بیماری یا رشد و تکثیر توده‌های ناقلين وجود دارد؟

مهار و پیشگیری

- ۱- نوسانات سطح آب و خشک شدن‌های متناوب خارج از منطقه ماندابی
- ۲- محدود نمودن دستری
- ۳- قرار دادن موقعیت جغرافیایی مانداب در بیرون و جدا از مناطق سکونت انسان

- ۴- بیرون از محدوده: طراحی و نگهداری محل‌های سکونت، بهبود خانه‌سازی، مراقبت و حفاظت شخصی
- ۵- آموزش بهداشت و تندرستی
- ۶- پایش: جمعیت ناقلین بیماری، کیفیت آب، گزارش وضعیت و رخدادها
- ۷- در حالت آسیب‌پذیری بالا برای جامعه و توان درک زیست محیطی: ارزیابی گزینه‌ها

تدابیر مدیریت زیست محیطی به کار رفته در سازه‌های زهکشی

شبکه‌های زهکشی نیازمند اتصال به خروجی‌های انهار زهکشی زیرزمینی یا سطحی می‌باشند. در حالتی که از انهار جمع کننده سطحی استفاده شود، سطوح آب روبرو باز بیشتری پدید خواهند آمد. در نواحی آب و هوایی گرم و بسیار گرم، زهکش‌ها چندین حالت را شامل می‌شوند که مساعد پرورش ناقلین بیماری، سرایت بیماری و تکثیر مستقیم عوامل بیماری‌زا می‌باشند، همچون نقاط دارای سرعت پایین یا نامنظم، خاکریزی با شیب ملایم، نقاط دارای نفوذ زیاد، نقاط دستری به آب فاقد مراقبت، جاهایی که تخلیه فضولات بدون مراقبت انجام می‌شود و مناطق رشد نی‌های آبی.

بهسازی زیست محیطی

بهسازی محیط شبکه زهکشی شامل این موارد خواهد بود: تبدیل زهکش‌های روبرو به سرپوشیده یا لوله، پوشش انهار با بتن در جهت افزایش سرعت جریان و کاهش رشد نی‌های آبزی، نصب سازه‌های ویژه برای عبور دام و آشامیدن آب و شیب‌های اتصالی مانند لنگرگاه برای حفاظت خاکریزها.

تعدیل زیست محیطی

معیارهای مدیریت جریان و سطح آب، عناصر کلیدی تغییر زیست محیطی خواهند بود. ایجاد تناوبی جریان‌های شدید، در صورتی که نیروهای پسا و تنش‌های بررسی پدید

آمده در اثر سرعت بالا، از حدود مشخص تجاوز نمایند، به بینان کن کردن حلزون ها و لارو پشه ها کمک خواهد کرد.^(۱) نوسانات سطح آب می تواند اثرات تنظیم کننده آشکاری بر روی پرورش حلزون ها و پشه ها داشته باشد. اگر افت سطح آب به اندازه کافی سریع باشد، حلزون ها، لا روها و تخم ها به گل نشسته و خشک می شوند (فریچ، ۱۹۹۳) جریان متناوب و خشک کردن انهر که با ایجاد جریان های شدید و نوسانات سطح آب پیوسته گردد، می تواند ابزار مؤثّری در مهار پرورش و تکثیر حلزون ها و پشه ها باشد. با وجود این، روش اجرا به خاطر توان ها و پویایی های ویژه محلی جمعیت ناقلين و بیونومیک آنها، برای حلزون ها و پشه ها متفاوت خواهد بود (اومن و همکاران، ۱۹۹۰). نگهداری و ترمیم انهر، در نهایت به معنی مهار نی ها و زدودن رسوبات است. مهار و زدایش نی ها می تواند به روش های مکانیکی، یا شیمیایی به وسیله کاربرد علف کش ها و یا زیست شناختی به وسیله ماهیان گیاه خوار انجام شود.

بهسازی و تعدیل نحوه سکونت یا رفتار انسان

اگر انهر و زهکش ها به طور پیوسته برای دفع فضولات و زائدات مورد سوءاستفاده قرار گیرند، ابتکارات و دگرگونی های زیست محیطی ممکن است کافی نباشند. در این حالت، مخاطرات بهداشتی بایستی با مجموعه ای از معیارهای غیرمرتبط با زهکشی، به حداقل رسانیده شوند. این کار در برگیرنده پیشبرد و بهبود امکانات بهداشت محیط و بهداشت فردی (مانند شبکه های تأمین آب یا دستشویی ها) و طرح ریزی و نگهداری محل های سکونت می باشد.

توسعه راهبردهای نظارتی و مهار

مجموعه آئین نامه های مدون برای فنون مهندسی در دسترس نیست و همین طور مدیریت زیست محیطی به عنوان راه حل نهایی برای مهار بیماری های انگلی مرتبط با آب، در نظر گرفته نمی شود (فریچ، ۱۹۹۳).

1- Jobin, 1987; Oomen et al, 1995; Fritsch, 1993

بیرلی در سال ۱۹۹۵ یک راهکرد قانونمند برای پیش‌بینی آلودگی‌های بیماری برخاسته از ناقل، معروفی نموده است. در این روش ارزیابی او سه مؤلفه اساسی را که به خطرات بالقوه بهداشتی کمک می‌کنند خاطرنشان ساخته است:

آسیب‌پذیری اجتماعی: این مؤلفه شیوع بیماری‌های خاص را در گروه‌های اجتماعی از جمله کودکان، بزرگسالان مردان، زنان، کارگران یا کشاورزان توصیف می‌کند. شیوع بیماری با نزدیکی کانون‌های بیماری، وضعیت ایمنی، پیشینه بروز بیماری، وضعیت عمومی بهداشت و نقش مهاجرین وابستگی دارد. آسیب‌پذیری به صورت حاد، متوسط و اندک رده‌بندی می‌شود.

پذیرایی زیست محیطی: این مؤلفه توان پذیرش برای سرایت عامل بیماری زا است که با فراوانی ناقلين بیماری، تماس انسان با آب یا ناقلين، و با هرگونه عوامل بوم شناختی و اقلیمی مساعد برای انتقال و سرایت ارتباط دارد. ارزیابی نه در پیرامون رخداد بیماری که در جهت انتقال و سرایت دنبال می‌شود یا درباره میزان پذیرش بالا، (سرایت بیماری به آسانی از سر گرفته می‌شود).

هشیاری خدمات بهداشتی: این مؤلفه کیفیت و عملکرد بایسته برای یک خدمات بهداشتی را جهت رویارویی با یک مخاطره بهداشتی فزاینده توصیف می‌نماید. پرسش این است که آیا یک خدمات بهداشتی توان مایه کوبی همگانی، کشف مداول موارد ابتلا، تهیه و توزیع دارو، پشتیبانی و اداره بیمارستان، نیروی انسانی کافی و کارآزموده، آموزش بهداشت و آگاهی یا مهارت برای مهار شیمیایی یا زیست شناختی ناقلين بیماری را دارد؟ درجات رده‌بندی عبارتند از: بسیار خوب، تنها معیارهای مؤثر پیشگیری، تنها درمان مؤثر و هیچکدام.

ارزیابی کارآئی راهبرد مراقبت و مهار، بر پایه دنباله‌ای از نمودارها و جداول استوار

است و شامل مجموعه‌ای از پرسش‌های استفهامی است که به رده‌بندی سه مؤلفه می‌انجامد. راه اسلوب شناختی این ارزیابی، شخص را وادار به تمرکز بر روی عناصر مراقبتی می‌نماید و به داده‌های ساختاری و اساسی نیاز دارد و چنانچه این داده‌ها در دست نباشند به برمی‌آید کاوش اضافی یا موضوعات پایشی کمک می‌کند. همچنین به ارزیابی کیفیت و اطمینان‌پذیری داده‌ها و اطلاعات هم‌باری می‌دهد. به طور کلی، خروجی نهایی (ارزیابی کلی مخاطرات بهداشتی بالقوه) بنیانی استوار برای تشخیص حفاظت‌های ایمنی لازم و معیارهای ابتکارات پیشگیرانه فراهم می‌نماید که شامل مهندسی محیط زیست ویژه مراقبت و مهار بیماری‌های مرتبط با مدیریت آب می‌باشد.

فصل هشتم

سازماندهی‌های اداری

موضوعات و مسائل

اهداف و گروه‌های ذینفع

مدیریت محیط زیست وابسته به زهکشی، فعالیت‌های مربوط به انتقال، استفاده مجدد یا دفع آب با کیفیت پایین را در بر می‌گیرد. این فعالیت‌ها در محدوده یک مزرعه، یک دشت یا حوضه آبریز می‌تواند بر توانایی دسترسی، کیفیت و کاربری آب در دیگر مزارع، دشت‌ها یا حوضه‌های آبخیز، اثر بگذارد. مدیریت آب در سطح مزرعه تا حد تأثیر مطلوب بر سطح کیفیت زه‌آب و جریان‌های برگشتی، لازم است. با وجود این، مقررات حاکم بر کاربری آب و عملیات تخلیه، موافقت نامه‌های بین گروه‌های مصرف کننده و فعالیت‌های متعدد نیز برای اهداف زیر ضروری می‌باشند:

- ۱- عنوان نمودن موضوعات و مسائل آئین نامه‌های کیفی آب مصوب در نشستهای جریان منافع دست جمعی ناشی از مدیریت آب در یک حوضه آبریز که به بهبود کیفیت آب یا کمینه کردن افت کیفیت آب رهنمون شود.
- ۲- تصمیم‌گیری در مورد راه‌های تقسیم هزینه‌های مشارکتی نظیر آنچه که در پالایش زه‌آب دارای کیفیت پایین صرف می‌شود، و
- ۳- تصمیم‌گیری به مسائل بیرونی، به عنوان مثال، اثر زه‌آب کم حجم یا کیفیت پایین بر کاربری‌های پایین دست، شامل زوال پوشش‌های گیاهی طبیعی و از دست رفتن تالاب‌ها

معمولًا چند عنصر موظف در مدیریت زه‌آب درگیر هستند. این‌ها عبارتند از: سیاستگذاران در سطوح مرکزی و محلی که آئین نامه‌ها را تدوین نموده و لازم‌الاجرا می‌کنند، مؤسسات آبیاری و زهکشی و مدیریت آب که در پایش و انطباق با آئین نامه‌ها

مشارکت می نمایند، گروه های کشاورزان و کشاورزان منفرد که مدیریت آب را بر اساس روز به روز انجام می دهند، دیگر گروه های پایین دست که به وسیله کمیت و کیفیت زه آب تحت تأثیر قرار می گیرند، و متقاضیان کاربری های تفریحی و زیست محیطی. زه آب کشاورزی با کیفیت پایین هزینه هایی را در نتیجه اثرات زیر بر عناصر موظف تحمل می کند:

- ۱- تندrstی انسان، به عنوان مثال در مورد اثرات بهداشتی در مصب های پایین دست حوضه آبریز دریای آرال
- ۲- تولید فرآورده های کشاورزی، نظیر مورد افزایش شوری در پایین دست رود ایندوس در پاکستان در انتهای شبکه های آبیاری مصر، و پایین رود مورای در استرالیا
- ۳- بوم شناسی و منابع آبزی نظیر بسیاری از دریاچه ها و نصب رودها در آمریکای شمالی و اروپا

نیاز به مقررات، حفاظت و ارتباطات

آئین نامه های تخلیه زه آب برای کاستن از اثرات منفی بر تندrstی انسان، کشاورزی، ماهیگیری و زیست بوم ها، مورد نیاز هستند. برای برآورده ساختن این آئین نامه ها، مدیریت زه آب و راهبردهای زیست محیطی نیز معمولاً به صورت حفاظت آب و خاک و معیارهای مهار و مراقبت آلودگی مورد نیاز می باشند. اهداف و خواسته های عناصر موظف مختلف، در پایه ریزی چنین راهبردهایی باید به حساب آورده شوند. از آنجا که این اهداف و خواسته ها متغیر هستند، لازم است که رئوس آنها به روشنی شناسایی شده و در قالب مجموعه ای از معیارهای قابل پذیرش و انجام شدنی که اثرات مثبت را پشتیبانی کنند و اثرات منفی را تخفیف دهند مورد تطابق واقع شوند. هر گونه بهره گیری از آب به هر منظور، کیفیت باقی مانده آب را پایین می آورد، بدین ترتیب توافق بین مصرف کنندگان بالا دست و پایین دست قابل چشم پوشی نیست.

دشواری‌های عملیاتی متعددی ممکن است در پایش یا در ارتباط با دنبال نمودن کارها بروز نماید. در این صورت برپایی گردهم‌آیی‌های میان عناصر موظف برای ارتباط و تبادل نظر در طراحی و اجرای راهبردهای مدیریت زه‌آب، دارای اهمیت است. منظور از چنین تبادل نظرهایی بدین شرح است:

- ۱- پایه ریزی اهداف برای کیفیت آب و مدیریت زه‌آب در حوضه آبریز
- ۲- مشارکت در یک فرایند طرح ریزی مشترک
- ۳- همیاری در پایش درجه کارکرد در دستیابی به اصول آئین نامه‌ها
- ۴- مذاکره درباره طرح‌های عملیاتی، در صورت لزوم

انگیزه‌های لازم برای چنین ارتباطاتی و توافق‌های سودآور متقابل میان عناصر موظف، بایستی شناسایی شوند. این انگیزه‌ها می‌توانند: تقسیم هزینه‌های اضافی بالقوه مربوط به تخفیف زیان‌ها، افزایش توان نفوذ در سیاست‌ها و مقررات، و تصمیم‌گیری سریع و محلی در رفع اختلاف‌های بدون توسل به منازعه یا مداخله دولت، باشند.

نقش مؤسسات عمومی و خصوصی و مصرف‌کنندگان آب

دامنه وسیعی از مؤسسات عمومی و خصوصی در مدیریت زه‌آب دخیل می‌باشد و به امور مقررات، حفاظت و ارتباطات رسیدگی می‌کنند.^(۱) در کشورهای توسعه یافته، مدیریت زه‌آب معمولاً مسئولیتی است که بر عهده کشاورزان منفرد و برخی از سازمان‌های جمعی نظیر یک ناحیه آبیاری و زهکشی، گروه مصرف‌کننده آب یا نوعی اداره امور شهری است. سازمان جمعی بر عملکرد شبکه‌های زهکشی در سطح مزرعه نظارت می‌کند و تطابق آن را با آئین نامه‌ها و مقررات محلی و ملی کیفیت و کمیت آب، تضمین می‌نماید. با این حال در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، پیشرفت زهکشی در رده پایینی بوده و وابستگی شدیدی به حمایت‌های دولتی داشته است. کشاورزان

1- NESPAK and Mott MacDonald, 1992

منفرد مسئول زهکشی در سطح مزرعه می‌باشد اما به خاطر نبود آئین نامه‌های رسمی کیفیت آب، عدم حضور گروه‌های سازمان یافته مصرف کنندگان آب یا ضعف توان اعمال قدرت در بخشی از ادارات دولتی، اعمال مقررات دشوار است. بنابراین انجام این موارد اهمیت بسیاری دارد: تعیین دوباره نقش بخش دولتی (مرکزی و محلی) و بخش خصوصی در مدیریت آب و توانمند نمودن ظرفیت‌های فنی و مدیریتی برای تدوین، پایش و اعمال آئین نامه‌های قابل اجرا و پیشبرد معیارهای حفاظت آب. این آئین نامه‌ها و معیارها اغلب در چارچوب سیاست کلی آب و محیط زیست و در رده‌های گوناگون در یک منطقه یا کشور تنظیم می‌شوند. برای مثال در فرانسه، طرح‌های توسعه و بهبود زهکشی می‌باشد با طرح منطقه‌ای مدیریت آب که به وسیله قانون آب کشور در سال ۱۹۹۲ ارائه شده است، در یک راستا باشد (زیمر و همکاران - ۱۹۹۶^(۱))

ساختارهای اداری

قوانین و مقررات

قوانین و مقررات ملی، ایالتی و محلی در کیفیت آب و مهار آلودگی چارچوبی برای مدیریت زه آب در حوضه آبریز فراهم می‌کنند. قوانین به فراخور حال وابسته به شرایط خاص محلی، بوم‌شناسی، رفتارها و سنت‌ها، کشور یا ایالت تغییر می‌کنند. عموماً آئین نامه‌های مناسبی برای رده‌های قابل قبول از کیفیت آب پایه‌ریزی می‌کنند. برای مثال، در مصر قانونگذاری برای کیفیت آب و مقررات وابسته، موارد زیر را پوشش می‌دهد:

حفظ رود نیل و آبراهه‌ها از آلودگی، دفع فاضلاب از شبکه‌های جمع آوری فاضلاب، آبتنی و شستشو در آب‌های جاری، پاکسازی از نی‌ها و دفع جانوران مرده، آلودگی صنعتی، آبیاری و زهکشی و زه آب، و صدور مجوز چاه‌های آب زیرزمینی. در

بعضی حالات، مقررات باید کمیت آب مورد استفاده در بالا دست را خاطرنشان کنند، مثلا در طرح های آبیاری، برای تنظیم جریان های پایین دست. مقررات همچنین موارد اندازه گیری را مشخص نموده و موارد لازم برای گزارش را گوشزد می کنند. از همین رو آنها که مدیریت زه آب را النجام می دهند بایستی برای تضمین پایش کمیت و کیفیت آب، برنامه هایی را در سطح طرح یا حوضه آبریز اجرا کنند و برای ضمانت کار اقدام اصلاحی انجام دهند.

در تدوین آئین نامه ها، مقاصد عملیاتی که آب برای آنها به کار برده می شود باید در خاطر نگاه داشته شوند تا امور کیفی آب، به گونه ای انجام پذیر و پایدار، اختیار شوند.

سازمان های مشارکتی

پاره ای از تشکیلات سازمانی می توانند برای برآورده ساختن مسائل کیفی آب مورد استفاده واقع شوند گزینش مناسب ترین تشکیلات برای یک کشور، به شرایط محلی و قوانین حاکم و کارهای رایج در آن کشور بستگی دارد. در هلند، سازمان های آب که در مدیریت بندها، نهرها، مجاری آب و زمین های بازگرفته شده از دریا، اصول خودشان را دارند، نقش روزافزونی را در مدیریت کیفی آب بر عهده گرفته اند و این دلالت بر نگرش تیزبین به آلدگی آب و رسوب دارد. بیش از ۱۰۰ سازمان آب وجود دارند که سازمان های پالایش و تصفیه آب تخصصی تر هستند. تعداد کمی از شهرداری ها نیز وظایف مدیریت کیفی را بر عهده دارند اما در نظر است که این وظایف به سازمان ها محول گردد. ^(۱)

سازمان ها نقش مهمی را در اجرای «اقدام ملی آلدگی آب های سطحی»، ایفا می نمایند. آنها برای این که مسئولیت های خود را به گونه مؤثری ادا کنند، از توان های مربوط به موضوعات آب که شبیه به آن است که برای شهرداری ها وجود دارد، سود می برند. گروه های ذینفع محلی نماینده اشخاصی هستند که هدایت آنان را بر عهده

دارند. در این جایک سنت مشارکت عنصر ذینفع وجود دارد. نیروهای فنی و اداری جدید، بسته به نیازهای محلی توسط سازمان به کار گرفته می‌شوند. اتخاذ تصمیم در سازمان‌ها در معرض قضاوت عموم است. فعالیت‌های مرتبط با اطلاع رسانی عمومی و آموزش‌های مربوط به آب، بخش مهمی از وظایف سازمان‌ها هستند (وزارت ترابری و امور عمومی، ۱۹۹۱).

در ایالات متحده، حکومت‌های مرکزی، ایالتی و گاه محلی، آئین‌نامه‌های کیفیت آب را تدوین می‌کنند عموماً، به جای مصرف کنندگان آب، نواحی آب مسئولیت اجرایی را بر عهده دارند. برای مثال سازمان مراقبت منابع آب ایالت کالیفرنیا، تعیین نموده است که یک کاهش ۳۰ درصدی در حجم تخلیه زه‌آب در یک ناحیه خاص از «دره مرکزی»^(۱) این ایالت، کمک قابل توجهی به کاهش بار نمک و عنصر سلنیم در جریان زه‌آب خروجی از کشتزارهای این ناحیه می‌نماید. در نتیجه، نواحی آبی منطقه، برنامه فعالی را در قیمت‌گذاری و گزینش فن‌آوری جهت اعمال کاهش حجم تخلیه زه‌آب در سطح مزارع آغاز نموده‌اند (هیئت پژوهش‌های ملی، ۱۹۸۹، دینار و همکاران، ۱۹۹۴)^(۲). نواحی آب سازمان‌هایی هستند بر پایه مصرف کنندگان آب، با قدرت قانونی در تعیین قواعد، راهبری، مدیریت شبکه‌های آبیاری، زهکشی و اخذ مالیات مناسب از مصرف کنندگان آب. وظایف این نواحی، آبیاری، زهکشی و حفاظت منابع را در بر می‌گیرد. آنها برای پاسخگویی به شمار زیادی از خواسته‌های اشخاص تحت هدایت خود، تدارک لازم را می‌بینند. نیروهای اداری و فنی، همچون سازمان‌های آب، موظف به انجام وظایف راهبری و نگهداری، زهکشی و دیگر وظایف می‌باشند.

هزینه‌های بینانگذاری و راهبری تشكیل‌های آبی با مشارکت عناصر موظف می‌توانند بالا باشند. قاعده کلیدی آن است که به تشكیل‌های مصرف کنندگان آب با استقلال مالی، که وظایف اصلی مدیریت آب را بر عهده دارند، اجازه داده شود که بر اساس تقاضا و نیاز پیشرفت و ارتقاء داشته باشند. جو سیاسی مستعدی مورد نیاز است

1- Central Valley

2 - National Research Council, 1989, Dinar et al, 1994

که در آن چنین تشکل‌ها و اتحادیه‌های آنها توان ظهرور و گفتمان مستقیم با یکدیگر و با سازمان‌های دولتی را داشته باشند. در کشورهای در حال توسعه، مدیریت آب و زهکشی به وسیله ائتلافی از مؤسسات عمومی آبیاری و زهکشی، سازمان‌های مهار آلدگی و سایر سازمان‌های عمومی پایش و پژوهش، به پیش برد می‌شود. چنان‌که آنها برای ایفای نقش بزرگتری در طرح‌ریزی و قانون‌گذاری و واگذاری وظایف محلی مدیریت آب به تشکل‌های مصرف‌کنندگان، آماده می‌شوند، وظایف آنها و نقش ایشان نیاز به بازسازی اساسی و تنظیم دارند.

طرح‌ریزی مشارکت

طرح‌ریزی مشارکت فرایند مهمی در حل برخی از مسائل دشوار است.^(۱) مصرف‌کنندگان مستقیم آب نظیر کشاورزان، شهرداری‌ها و شرکت‌های تولید برق آبی، به نسبت آسان شناسایی شده و در فرایند طرح‌ریزی به حساب آورده می‌شوند. برای شناسایی و فراخوان مصرف‌کنندگان غیرمستقیم باید تمهیدات ویژه‌ای اتخاذ شود برای مثال، ماهیگیران علاقه‌مند به جریان داخل نهرها، استفاده کنندگان تفریحی و سایرین که نماینده توقعات زیست محیطی هستند. گروه‌های کشاورزان مستقر در انتهای شبکه‌های آبیاری که ممکن است پیوسته آب با کیفیت پایین دریافت کنند، اغلب از طرح‌ریزی‌های اجرایی کنار گذاشته می‌شوند و تلاش‌های ویژه‌ای برای دخیل نمودن خواسته‌های آنان ضروری است. در غیاب قوانین قبلی و ثبت شده آب، اغلب شناسایی و به حساب آوردن تمام عناصر ذینفع، دشوار می‌نماید.

فرصت‌های مشارکت برای عناصر ذینفع معمولاً در روش پاکسازی زیست محیطی، فراهم است. این روش در برگیرنده مهیا کردن ارزیابی‌های زیست محیطی می‌باشد. این ارزیابی‌ها، بنیانی را برای بستر مناسب طراحی فراهم می‌کنند تا طرح‌های خاصی که نماینده تمام خواستها و توقعات هستند، به تصویب برسند. برای استنباط

1- Le Moign et al., 1994

میزان مشارکت مردم و افزایش دخالت گروه‌های مصرف کننده، دیگر عناصر ذینفع و مؤسسه‌های پژوهشی بیطرف علاقه‌مند در فرایند طراحی، از بازگو نمودن طرح‌ها و نقشه‌ها برای مردم، بسیار استفاده می‌شود. روش‌های مشارکت مردمی در طرح‌ریزی توسعه، هم اکنون در برخی از کشورها از پیش تجویز شده است. روش‌های نوآورانه (حالات‌های اقدام خوب) که مسئولیت را سنگین می‌کنند و توافق‌های حاصل از گفتمان بین مشارکت‌کنندگان، می‌تواند مورد بازنگری قرار گرفته و با محیط‌های محلی تطابق داده شوند.

انجمن حوضه آبریز رود "مورای دارلینگ" در استرالیا یک راهبرد زهکشی و شوری در سال ۱۹۸۸ تدوین نمود. این راهبرد شامل یک برنامه مقدماتی تخفیف شوری برای جلوگیری از شوری رود مورای و اقدامات زهکشی برای حفظ زمین‌های کشاورزی در سه ایالت مشارکت کننده، بود. هدف این راهبرد آن بود که میانگین شوری رودخانه به اندازه ۰/۸ دسی زیمنس بر متر کاهش داده شود و هزینه آن به وسیله سه ایالت تأمین می‌شد. در نتیجه، هر ایالت از مزایای کاهش شوری برخوردار شد و این مزایا به آنان امکان می‌دهد، طرح‌های آبیاری یا زهکشی را که می‌توانستند بر شوری رودخانه بیفرایند، با توجه به مساعدت‌های مسئولانه ایالت‌ها در کارهای توسعه، پذیرا باشند.

انجمن بر اجرای برنامه نظارت دارد و فهرستی از تمام طرح‌ها و اثرات شوری آنها را مد نظر قرار می‌دهد. گروه کار ارزیابی شوری و زهکشی این انجمن، مسئولیت عملیاتی برای پایش این برنامه را بر عهده دارد. یک مدل برای اثر شوری و هزینه‌های ناشی از آن، با استفاده از یک دوره زمانی نمونه (۱۹۷۵-۱۹۸۵) تهیه شده و این مدل، بنیانی فراهم می‌نماید تا اثرات طرح‌های پیشنهادی جدید در حوضه آبریز مورد بررسی قرار گیرد (اداره منابع آب، ۱۹۹۰- هیئت وزارتی حوضه آبریز مورای دارلینگ).

انگیزه‌های مشوق برای بهبود کیفیت آب

انگیزه‌های مشوق برای حفاظت و بهبود کیفیت آب به موارد زیر مربوط می‌باشند:

۱- پذیرش محصولات حافظ آب، فن‌آوری‌ها و اقدامات مدیریتی کشاورزی. برای

کاهش جریان‌های آبیاری و زهکشی، محصولات حافظ آب و فن‌آوری‌های آبیاری و زهکشی می‌توانند جهت پشتیبانی تحقیقات و توسعه در سطح میدان عمل، به کار گرفته شوند. آبی که حفظ نشود نمی‌تواند برای سایر مصارف در پایین دست با مشکلات مکمل کیفی آب اختصاص یابد. برای ترویج کاربرد معقول سmom و مواد شیمیایی، اقدامات مدیریت جامع دفع آفات می‌تواند مورد پشتیبانی قرار گیرد. پذیرش فن‌آوری و اقدامات مدیریتی از سوی کشاورزان نیاز به ارزیابی محتاطانه از هزینه‌ها و سودهای شخصی و یک فرایند نشر و توسعه کارآمد دارد.

۲- ارزش گذاری آب. معمولاً مراقبت جریان‌های زهکشی از راه تمهیدات حفظ زه‌آب بر محدود کردن حجم زهکشی ترجیح داده می‌شود. با توجه به این، آمیزه‌ای از راهبردهای ارزشگذاری و توزیع آب آبیاری اهمیت بسیاری دارد تا هم نیاز کشاورزان را برآورده کند و همزمان آنان را به کاهش در حجم استفاده از آب و تولید زه‌آب رهنمون شود.^(۱) نرخ ثابت به ازای هر هکتار، برای حفظ آب مطلوب نیست در حالی که نرخ‌های حجمی و پرداخت به ازای حجم آب، بهره‌گیری بهتر از آب را توسعه می‌دهد. با وجود این در اجرای سیاست‌های ارزشگذاری آب ممکن است دشواری‌های سیاسی وجود داشته باشد، به ویژه در حالتی که یارانه‌های اساسی دولت برای تأمین هزینه‌های خدمات در حال استفاده باشد. بنابراین یک ارزیابی دقیق و محتاطانه از هزینه‌ها و اطلاع‌رسانی عمومی و آموزش هزینه‌های خدمات آب و نتایج یارانه‌ها، عناصر مهم راهبردهای ارزشگذاری معقول می‌باشند. مشارکت رو به گسترش مصرف کنندگان آب در وظایف مدیریتی نیز راهی برای پیشبرد تقسیم هزینه‌ها و اطلاع‌رسانی عمومی و آموزش هزینه‌های خدمات آب و نتایج یارانه‌ها، عناصر مهم راهبردهای ارزشگذاری معقول می‌باشند. مشارکت رو به گسترش مصرف کنندگان آب در وظایف مدیریتی نیز راهی برای پیشبرد تقسیم هزینه‌ها به شمار می‌رود. "مکزیک" و "مالی‌اچیرا" نشان داده‌اند که این مشارکت مصرف کنندگان، عملی است و می‌توان در یک چارچوب زمانی منطقی بدان دست

یافت. یک عرصه در حال ظهور برای مطالعه، پروانه های آلوده سازی قابل مبادله و شرایط لازم برای راهبری مؤثر آنها است.

رفتارسنگی

سیستم های اطلاعاتی مدیریت کیفی آب می توانند بخش جامعی از مدیریت زه آب باشند. این سیستم ها اغلب دو زمینه را پوشش می دهند:

- ۱- جمع آوری و تحلیل قانونمندی داده ها بر پایه شبکه ای از ایستگاه های مشاهداتی که در آنها نمونه ها به طور منظم جمع آوری و تحلیل می شوند.
- ۲- بررسی ها و پژوهش با تکیه بر موضوعات خاص، شامل مطالعات مدل سازی در پهنه حوضه آبریز،

که دید جامعی از موضوعات اقتصادی، فنی و اداری را در مدیریت آب در بر دارد. هزینه های رفتارسنگی و گزارش دهی بایستی در مدارک طرح و بودجه ها منظور شوند. برای مثال در کشور مصر، وزارت امور اجتماعی و منابع آب، از طریق مؤسسات وابسته به مرکز ملی پژوهش های آب تلاشی مسروچ را برای رفتارسنگی بر عهده دارد. مؤسسه پژوهش های رود نیل، کیفیت آب را در رود نیل و سرشاخه های آن رفتارسنگی می کند. مؤسسه پژوهشی آب های زیرزمینی، قابلیت های آب زیرزمینی و آلودگی شیمیایی را بازنگری می نماید. مؤسسه تحقیقات زهکشی (DRI) مسئول رفتارسنگی کیفیت زه آب در دلتای نیل است. این مؤسسه توجه خود را بر ترکیب شیمیایی، باکتری شناسی، فلزات سنگین، مواد آلی و مغذی متمرکز نموده است و دوره های زمانی منظم، نمونه ها را از زهکش های رو باز و ایستگاه های پمپاژ در چهار ناحیه از کشور، جمع آوری می نماید. کتاب های سالانه کیفیت زه آب به چاپ می رسند (DRI ۱۹۹۵).

ظرفیت سازمانی

وظایف تشكل های زهکشی در طول زمان، از اتخاذ تدابیر رضایت بخش زهکشی و مهار سیلان، به برآورده ساختن آئین نامه های تدوین شده در کیفیت آب و تضمین

حفظ محیط زیست، گسترش یافته است. این انتقال از مؤسسه‌ای که منحصراً مشغول توسعه زیرسازه‌ای بوده به آن که علاوه بر آن، در حفظ کیفیت آب و گفتمان با عناصر ذینفع نیز درگیر باشد، کار ساده‌ای نیست. ارتباط میان تشکلهای دولتی و غیردولتی ضروری است. برای مثال، چندین سازمان مانند وزارت‌خانه‌های آب، نیرو، صنایع، کشاورزی، توسعه شهری، بهداشت، محیط زیست و آموزش، به علاوه بسیاری از تشکلهای خصوصی، جمعی و غیردولتی، معمولاً در زهکشی و موضوعات مدیریت محیط زیست، درگیر می‌باشند. مهارت‌های تازه، بازآموزی نیروی انسانی، پژوهش و توسعه و نوآوری در فنون طراحی، مهم هستند. مدیریت زهکشی و کیفیت آب دسته‌ای از وظایف جدید را در بیشتر کشورها، در بر می‌گیرد:

- ۱- تهیه و تنظیم یک طرح قابل قبول و انجام شدنی برای مدیریت پایدار زه آب در چارچوب منابع عمده آب کشور یا ناحیه و سیاست‌ها و طرح‌های زیست محیطی آن. تنظیم و هماهنگی تکگاتگ با طرح‌های مدیریت منابع و اقدامات زیست محیطی، مدنظر می‌باشد
 - ۲- تحرک بخشیدن به منابع مالی برای فعالیت‌های پیشگیری و تخفیف اثرات زیانبار، شامل پژوهش و توسعه
 - ۳- تضمین آگاهی و مشارکت مردمی
 - ۴- رفتارسنگی و بازنگری شاخص‌های کیفی محیط زیست.
- این وظایف جدید، بارهای مالی اضافه‌ای را بر بودجه‌های تحت فشار کنونی، می‌گذارند و کاغذبازی مدیریت آب را بیش از پیش گسترش می‌دهند. با وجود این، آنها برای رویارویی با چالش‌های آینده مورد نیاز می‌باشند.
- مؤسسات مدیریت آب ناچار خواهند بود که خود را از برخی از وظایف کنونی محروم نمایند (مثلاً واگذاری مدیریت سطوح پایین شبکه‌های آبیاری به مصرف‌کنندگان آب در کشورهای در حال توسعه) و با دیگر سازمان‌ها نظیر سازمان‌های غیردولتی، بنگاه‌های تجاری، مؤسسات پژوهش و توسعه و دولتهای محلی و جوامع ایجاد شرکت کنند. انجمن ملی آگوادر مکزیک برای بازنویسی وظایف خویش، برنامه‌ای از نیمه دهه ۱۹۸۰ اجرا نموده است. پیش از آن، انجمن فوق (NA)

در تمام فعالیت‌ها، از توسعه منابع جدید گرفته تا مدیریت آب تاسطح شبکه‌های آبیاری درجه ۳، داخل می‌شد. با این حال، در طول دهه گذشته، وظیفه مدیریت مقسم‌های آب و پایین دست آنها به تشکل‌های مصرف‌کنندگان آب منتقل شده است. تهیه و تنظیم یک قانون ملی آب به انجام رسیده و برنامه‌ای وسیع برای ثبت حقوق قابل مبادله آب آغاز شده است (گوریز و همکاران، ۱۹۹۵). در دیگر کشورها نیز این پیشرفت وجود داشته است. در مصر، افزایش شوری خاک به افزایش تأسیس زهکش‌های زیرزمینی منتهی شده است، همراه با آن بازگشت سرمایه به وسیله وضع قوانین مناسب مورد حمایت قرار می‌گیرد. اداره عمومی زهکشی مصر، یک برنامه منظم و قاعده‌مند را برای توسعه و نوسازی زهکشی در کشور اداره می‌کرده است. برای رویارویی با چالش‌های آینده، دولت، برنامه بازسازی ساختار مدیریت آب را به وسیله بهبود خدمات و پیشبرد مشارکت مصرف‌کنندگان در مدیریت سطوح پایین شبکه‌های آبیاری، آغاز نموده است.

مهارت‌های موجود نیروی انسانی نیاز به ارتقاء دارد و آفرینش تخصص‌های نوین در سازمان‌های آبیاری و زهکشی لازم است. با شناسایی نیازهای تربیتی نیروهای موجود مهندسی در پرتو چالش‌های نوین رویارویی مدیریت زیست محیطی، به آغاز کردن ارتقاء مهارت‌ها نیاز است. برای آموزش‌های رسمی و غیررسمی، به استقرار مراکز و عرصه‌های میدانی نیاز است. برخی از شروط لازم که مفید بودن آنها به اثبات رسیده عبارتند از:

- ۱- شناسایی دقیق بهترین عرصه‌های عملی برای رویارویی با رخدادها
- ۲- ترتیب دادن یک طرح به صورت سمینار که در آن آموزش‌های داخل کلاس و مشاهدات محلی تلفیق می‌شوند.

توانایی‌های تازه‌ای از راه جذب نیروی جدید می‌تواند به دست آید. از آنجا که فشارهای بودجه چنین کاری را دشوار می‌نماید، درآمدهای مشاوره پاره‌وقت و کمک گرفتن از سازمان‌های دانشگاهی و بخش خصوصی، می‌تواند گزینه‌های قابل اعتمادی باشد. جهت پاسخگویی مؤثر به مسائل زهکشی و زیست محیطی قرن بیست و یکم، منابع انسانی بایستی هم اکنون توسعه یابند.

سازمان‌ها، قوانین و مقررات برای برآورده کردن نیازهای کیفی آب و محیط زیست به بازسازی ساختاری نیازمند خواهند بود همچنان که دگرگونی‌های علمی و مهندسی، در راهی که تأمین آب اداره می‌شود، پدید می‌آیند.

منابع

- American Society of Agricultural Engineers. 1994. Design, installation and operation of water table management systems for sub-irrigation/controlled drainage in humid regions. *ASAE Standards*, 779-782, St. Joseph, MI: ASAE.
- American Society of Civil Engineers. 1990. Agricultural salinity assessment and management. *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice*, 71, New York: ASCE, 619p.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29 (Rev. 1). Rome, Italy. 176 pp.
- Bengtson, R.L., Carter, C.E., Morris, H.F. and Kowalcuk, J.G. 1984. Reducing water pollution with subsurface drainage. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 27: 80-83.
- Bielorai, H.S., Dasberg, Y., Erner, Y. and Brum, M. 1988. The effect of saline irrigation water on Shamouti orange production: *Proc. Int'l. Citrus Cong.* 6: 707-715.
- Birley, M.H. 1995. *The health impact of development projects*. London: HMSO, 256 pp.
- Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G. and Sneller, W.B. 1993. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Irrig. Drain. Syst.* 7(4): 231-261.
- Bowen, H.J.M. 1979. Chapter 3. The elemental geochemistry of rocks. Chapter 4. The elemental geochemistry of soils. p. 31-62. In: *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press.
- Cairncross, S. and Feachem, R.G. 1983. *Environmental health engineering in the tropics: an introductory text*. Chichester, U.K.: John Wiley and Sons Ltd.
- California Department of Pesticide Regulation. 1994. *Sampling for pesticide residues in California well water*. Sacramento, CA: California Environmental Protection Agency. 151pp.
- California Regional Water Quality Control Board. 1995. *Staff Report. Water quality of the Lower San Joaquin River: Lander Avenue to Vernalis, October 1992 to September 1994*. Sacramento, California: California Regional Water Quality Control Board.
- Chilcott, J.E., Westcot, D.W., Werner, K. and Belden, K. 1988. *Water quality survey of tile drainage discharges in the San Joaquin river basin*. Sacramento, CA: Central Valley Regional Water Quality Control Board. 65pp.
- Chilcott, J.E., Westcot, D.W., Toto, A.L. and Enos, C.A. 1990. *Water quality in evaporation basins used for the disposal of agricultural subsurface drainage water in the San Joaquin Valley, California, 1988 and 1989*. Sacramento, California: Central Valley Regional Water Quality Control Board. 48 pp.

- Connor, V., Foe, C. and Dennovk, L. 1993. *Sacramento river basin biotoxicity survey results 1988-1990*. Sacramento, California: Central Valley Regional Water Quality Control Board.
- Department of Water Resources, New South Wales. 1990. *A guide to the salinity and drainage strategy of the Murray Darling Ministerial Council*. Paramatta, Australia: Dept. of Water Resources, NSW.
- Deverel, S.J. and Fujii, R.J. 1990. Chemistry of trace elements in soils and ground water. p. 64-90. In: *Agricultural salinity assessment and management* (K.K. Tanji, ed.). ASCE Manual No 71. New York: ASCE.
- Deverel, S.J., Gilliom, R.J., Fujii, R., Izbicki, J.A. and Fields, J.C. 1984. Areal distribution of selenium and other inorganic constituents in shallow groundwater of the San Luis service area, San Joaquin Valley, California: a preliminary study. *United States Geological Survey Water Resources Investigations Report 84-4319*. USGS, Washington, D.C. 67pp.
- Dhaliwal, J.S. 1992. Selenium removal by slow sand filtration and chemical adsorption. *M.S. Project Report*, Department of Civil Engineering, California State University, Fresno.
- Di Giorgio, C., Bailey, H.C. and Hinton, D. 1995. *Colorado river basin toxicity report*. Davis, CA: University of California. 100 pp.
- Dinar, A., Howitt, R.E. and Zilberman, D. 1994. *Irrigated agriculture and environmental pollution: lessons from the westside San Joaquin Valley, California*. Resources and Technology Division, Economic Research Service, USDA. Staff Report No. AGES 9427. Washington, D.C.: USDA-ERS.
- DRI (Drainage Research Institute). 1995. Re-use of drainage water in the Nile Delta: monitoring, modeling and analysis. *Re-use Report No. 50*. Cairo, Egypt: DRI.
- EPOC AG. 1987. *Removal of selenium from subsurface agricultural drainage by an anaerobic bacterial process - a final report on continued operation of the Murrieta Pilot Plant*, report submitted to the California Department of Water Resources, November, 1987. Fresno, CA: EPOC AG.
- Erie, L.J., French, O.F., Bucks, D.A. and Harris, K. 1982. *Consumptive use of water by major crops in the southwestern United States*. Conserv. Res. Rept. 29; USDAARS, 40 p. Washington, D.C.: USDA-ARS.
- Evans, R.O., Gilliam, J.W. and Skaggs, R.W. 1991. *Controlled drainage management guidelines for improving drainage water quality*. Cooperative Extension Service, North Carolina State University Publication No. AG-443: 16 pp.
- Evans, R.O., Parsons, J.E., Stone, K. and Wells, W.B. 1992. Water table management on a watershed scale. *J. Soil Water Conserv.* 47: 58-64.
- Evans, R.O., Skaggs, R.W. and Gilliam, J.W. 1995. Controlled versus conventional drainage effects on water quality. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 121: 1-6.
- Evans, R.O. and Skaggs, R.W. 1989. Design guidelines for water table management systems on coastal plain soils. *Applied Eng. Agric.*, 5(4): 539-548.

- Evans, R.S. 1989. Saline water disposal. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics* 11:167-185.
- FAO. 1993. *Prevention of water pollution by agriculture and related activities*. Water Reports No. 1. FAO, Rome.
- FAO. 1995. *Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 53. FAO, Rome.
- FAO. 1996. *Control of water pollution from agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 55. FAO, Rome.
- Fausey, N.R., Doering, E.J. and Palmer, M.L. 1987. Purposes and benefits of drainage. p. 4851. In: *Farm drainage in the United States: history, status and prospects*. (G.A. Pavelis, ed.), ERS, USDA, Publ. No. 1455. Washington, D.C.: ERS, USDA.
- Foe, C. and Connor, V. 1991. *San Joaquin watershed bioassay results, 1988-1990*. Sacramento, CA: Central Valley Regional Water Quality Control Board.
- Ford, S.A. 1988. *Agricultural drainage evaporation ponds in the San Joaquin Valley - progress of the investigation*. Memorandum Report, California Department of Water Resources. Sacramento, California: California Department of Water Resources.
- Fouss, J.L., Skaggs, R.W., Ayars, J.E. and Belcher, H.W. 1990. water table control and shallow groundwater utilization. p. 783-824. In: *Management of farm irrigation systems* (Hoffman, G.J., Howel, T.A. and Solomon, K.H., eds.). St. Joseph, MI: ASAE.
- Francois, L.E. and Clark, R.A. 1979a. Accumulation of sodium and chloride in leaves of sprinkler-irrigated grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104: 11-13.
- Francois, L.E. and Clark, R.A. 1979b. Boron tolerance of twenty-five ornamental shrub species. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104: 319-322.
- Francois, L.E. and Clark, R.A. 1980. Salinity effects on yield and fruit quality of 'Valencia' orange. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105: 199-202.
- François, L.E. and Maas, E.V. 1978. *Plant responses to salinity: an indexed bibliography*. USDA, ARM-W-6, Washington, D.C.: USDA.
- François, L.E. and Maas, E.V. 1985. *Plant responses to salinity: a supplement to an indexed bibliography*. USDA, ARS-24, Washington, D.C.: USDA
- François, L.E. and Maas, E.V. 1994. Crop response and management on salt-affected soils. p. 149-181. In: *Handbook of plant and crop stress* (M. Pessarakli, ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fritsch, M.S. 1993. *Environmental management for schistosomiasis control, river flushing. A case study in Namwawala, Kilombero District, Tanzania*. Zurich: Verlag der Fachvereine.
- Frost, B. 1990. *Atriplex tested as feed option - selenium transfer*. Fresno, CA: California State University.

- Gilliam, J.W. 1987. Drainage water quality and the environment. p. 19-28. In: *Drainage design and management, proceedings of the 5th National Drainage Symposium*, Dec. 14-15, Chicago, IL. St. Joseph, MI: ASAE.
- Gilliam, J.W. and Skaggs, R.W. 1986. Controlled agricultural drainage to maintain water quality. *J. Irrig. Drain. Eng.* 112: 254-263.
- Gilliam, J.W., Skaggs, R.W. and Weed, S.B. 1979. Drainage control to reduce nitrate loss from agricultural fields. *Journal of Environmental Quality* 8:137-142.
- Gorriz, C., Subramanian, A. and Simas, J. 1995. *Irrigation management transfer in Mexico: process and progress*. Technical Paper 292. Washington, D.C.: World Bank.
- Gowing, J.W. and Wyseure, G.C.L. 1992. Dry drainage: a sustainable and cost-effective solution to water logging and salinization? p. 6.26-6.34. In: *Proc. 5th International Drainage Workshop, Vol. III*. Lahore, Pakistan: IWASRUICID.
- Grattan, S.R. and Grieve, C.M. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. *Agric. Ecosys. Environ.* 38: 275-300.
- Grismer, M.E., Karajeh, F. and Bouwer, H. 1993. Evaporation pond hydrology. p. 580-586. In: *Proc., 1993 National Conference on Irrigation and Drainage Engineering* (Allen, R.G. and Neale, C.M.U., eds.), American Society of Civil Engineers, Park City, Utah, July 21-23, 1993. New York: ASCE.
- Harding, R.B., Miller, M.P. and Fireman, M. 1958. Absorption of salts by citrus leaves during sprinkling with water suitable for surface irrigation. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 71: 248-256.
- Hespanhol, I. 1990. Guidelines and integrated measures for public health protection in agricultural reuse systems. *J Water SRT-Aqua* 39(4): 237-249.
- Hespanhol, I. 1996. Health impacts of agricultural development. In: *Sustainability of irrigated agriculture* (Pereira, L.S. et al., eds.). Kluwer Academic Publishers.
- Hillel, D. 1990. Ecological aspects of land drainage for salinity control in arid and semi-arid regions. p. 125-135. In: *Symposium on land drainage for salinity control in arid and semi-arid regions, Vol. 1* (H.M. Amer, ed.). Cairo, Egypt: Nubar Printing House.
- Hoffman, G.J., Schrale, G. and Ayars, J.E. 1990. Irrigated land requiring drainage at risk in California. p. 186-194. In: *Symposium on land drainage for salinity control in arid and semi-arid regions, Vol. 3* (H.M. Amer, ed.). Cairo, Egypt: Nubar Printing House.
- ICID. 1993. *The ICID environmental checklist to identify environmental effects of irrigation, drainage, and flood control projects*. Oxfordshire, U.K.: HR Wallingford.
- ILRI. 1994. Drainage principles and practices, Chapter 25. In: *Publication 16, 2nd ed.*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands: ILRI.

- Jacangelo, J., Laine, J., Cams, K., Cummings, E. and Mallevialle, J. 1991. Low-pressure membrane filtration for removing giardia and microbial indicators. *Journal American Water Works Association* 83(9): 97-106.
- Jobin, W.R. 1987. *Environmental management of disease vectors: Case studies on disease vector control through environmental management in water resource development project*. Interregional travelling seminar on environmental management measures for disease vector control in water resource development project, USSRI India, November/December 1987, WHO Doc. No. VBC/TRV/SEM/ENV/VCT/87.9/1, Geneva: WHO.
- Jobin, W.R. and Ippen, A.T. 1964. Ecological design of irrigation canals for snail control. *Science*, 145: 1324-1326.
- Jobin, W.R., Laracuente, A., Mercado, R. and Negron-Aponte, H. 1984. Critical water velocities for snail habitats in canals. *J. Env. Eng.* 110: 279-282.
- Johnston, W.R., Ittihadieh, F., Daum, R.M. and Pillsbury, A.F. 1965. Nitrogen and phosphorus in tile drainage effluent. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 287-289.
- Jordan, P. and Webbe, G. 1982. *Schistosomiasis, epidemiology, treatment and control*. London: Heinemann Medical Books.
- Jorgensen, G.S., Solomon, K.H. and Cervinka, V. 1993. *Agroforestry systems for on-farm drain water management*. Fresno, CA: California State University, Center for Irrigation Technology.
- Jurinak, J.J. and Suarez, D.L. 1990. The chemistry of salt-affected soils and waters. p. 42-63. In: *Agricultural salinity assessment and management* (Tanji, K.K., ed). ASCE Manual No 71. New York: ASCE.
- Kalita, P.K., Kanwar, R.S. and Melvin, S.W. 1992. Sub-irrigation and control drainage management tools for reducing environmental impacts of non-point source pollution. p. 129-136. In: *Proc. 6th International Drainage Symposium*. St. Joseph, MI: ASAE.
- Khouri, N., Kalbermatten, J.M. and Bartone, C.R. 1994. *Re-use of wastewater in agriculture: a guide for planners*. Water and Sanitation Report 6, UNDP-World Bank Water and Sanitation Program. Washington, D.C.: World Bank, 49 pp.
- Konyha, K.D., Skaggs, R.W. and Gilliam, J.W. 1992. Effects of drainage and water-management practices on hydrology. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 118: 807-819.
- Lalonde, V., Madramootoo, C.A., Trenholm, L. and Broughton, R.S. 1995. Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. *Agriculture Water Management*, 29(2):187-199.
- Lee, E.W. 1993. Treatment re-use and disposal of drainwaters. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 119(3):501 -513.
- Le Moigne, G., Subramanian, A., Xie, M. and Giltner, S. (eds.). 1994. *A guide to the formulation of water resources strategy*. Technical Paper 263. Washington, D.C.: World Bank.
- Letey, J. 1993. Relationship between salinity and efficient water use. *Irrig. Sci.* 14: 7584.
- Letey, J. and Dinar, A. 1986. Simulated crop-water production functions for several crops when irrigated with saline waters. *Hilgardia* 54: 1-32.

- Luthin, J.N. (ed.). 1957. Drainage of agricultural lands. Madison, WI: Amer. Soc. of Agronomy, 620 pp.
- Luttge, U. and Smith, J.A.C. 1984. Structural, biophysical, and biochemical aspects of the role of leaves in plant adaptation to salinity and water stress. p. 125-150. In: *Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement* (Staples, R.C. and Toenniessen, G.H., eds.). New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Maas, E.V. 1985. Crop tolerance to saline sprinkling waters. *Plant Soil* 89: 273-284.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric Res.* 1: 12-26.
- Maas, E.V. 1990. Crop salt tolerance. p. 262-304. In: *Agricultural salinity and assessment management* (K.K. Tanji, ed.). Amer. Soc. Civil Eng., Manuals and Reports on Engineering No. 71. New York: ASCE.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE* 103:115-134.
- MacKenzie, A.J. and Viets, F.G., Jr. 1974. Nutrients and other chemicals in agricultural drainage waters. p. 489-508. In: *Drainage for agriculture* (J. van Schilfgaarde, ed.). Agronomy Monograph No 17. Madison, WI: Am. Soc. of Agron.
- Macy, J.M., Lawson, S. and DeMoll-Decker, H. 1993. Bioremediation of selenium oxyanions in San Joaquin drainage water using *Thauera selenatis* in a biological reactor system. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 40: 588-594.
- Madramootoo, C.A. 1994. *Controlled drainage systems for reducing nitrate pollution*. Paper presented at the 22nd annual convention of the Corrugated Plastic Pipe Association, Ponte Vedra Beach, Florida, 9 p.
- Madramootoo, C.A., Broughton, S.R. and Dodds, G.T. 1995. Watertable management for soybean production on a sandy loam soil. *Can. Agric. Eng.* 37(1):1-7.
- Madramootoo, C.A., Kaluli, W.J., Zhou, X., MacKenzie, A.F. and Smith, D.L. 1995. *Water table management and cropping systems for environmental sustainability*. ASAE Paper No. 95-2360, St. Joseph, MI: ASAE.
- Madramootoo, C.A., Papadopoulos, A. and Dodds, G.T. 1993. Agronomic and environmental benefits of water table management. *J. Irr. and Drain. Engineering, ASCE*, 119(6):1052-1065.
- Madramootoo, C.A., Wiyo, K.A. and Enright, P. 1992. Nutrient losses through the tile drains from two potato fields. *Applied engineering in agriculture* 8(5):639-646.
- Marshack, J.B. 1993. *A compilation of water quality goals*. Sacramento, California: Central Valley Regional Water Quality Control Board.
- Metcalf and Eddy, Inc. 1991. *Wastewater engineering: treatment, disposal, and re-use*. 3rd Edition, New York: McGraw-Hill, Inc.
- Michaelsen, J. 1995. Monitoring preferential leaching of herbicides at a tile drained field plot. In: *Annual meeting on groundwater contamination research* (Vingstedcentret 7-8 March 1995). Copenhagen: Danish Academy of Sciences, 424 pp.

- Micklin, P.P. 1991. The water management crisis in Soviet Central Asia. *The Carl Beck Papers No. 905*, Pittsburgh, PA: Center for Russian and East European Studies, University of Pittsburgh, PA.
- Ministry of Transport and Public Works (The Netherlands) 1991. *Water in the Netherlands: a time for action*. National policy document on water management, September.
- Montgomery, J.M., Consulting Engineers, Inc. 1985. *Water treatment principles and design*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Munster, C.L., Skaggs, R.W., Parsons, J.E., Evans, R.O., Gilliam, J.W. and Harmsen, E.W. 1995. Aldicarb transport in drained coastal plain soil. *J. Irrig. Drain. Eng.* 121(6): 378-384.
- Murray-Darling Basin Ministerial Council. 1989. *Salinity and drainage strategy*.
- National Research Council. 1989. *Irrigation-induced water quality problems: what can be learned from the San Joaquin Valley experience*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- NESPAK and Mott MacDonald. 1992. *Pakistan: drainage sector environmental assessment*. Vol.3, Supplementary reports.
- Ochs, W.J. and Bishay, B.G. 1992. *Drainage guidelines*. World Bank Technical Paper No. 195. Washington, D.C.: World Bank.
- Ohlendorf, H.M., Skorupa, J.P., Saiki, M.K. and Barnum, D.A. 1993. Food-chain transfer of trace elements to wildlife. p. 596-693. In: *Proc., 1993 national conference on irrigation and drainage engineering* (Allen, R.G. and Neale, C.M.U., eds.), American Society of Civil Engineers, Park City, Utah, July 21-23, 1993. New York, NY: ASCE.
- Oomen, J.M.V., de Wolf, J. and Jobin, W.R. 1990. *Health and irrigation*. ILRI publication 45, Volume 1 and 2, Wageningen, The Netherlands: ILRI.
- Owens, L.P., Kovac, K.C., Kipps, J.A.L. and Hayes, D.W.J. 1995. Biological reduction of soluble selenium in subsurface agricultural drainage water. p. 89-94. In: *Bioremediation of inorganics*, (R.E. Hinchee, ed.), Columbus, OH: Battelle Press.
- Page, A.L., Chang, A.C. and Adriano, D.C. 1990. Deficiencies and toxicities of trace elements. p. 138-160. In: *Agricultural salinity assessment and management* (K.K. Tanji, ed). ASCE Manual No 71. New York: ASCE.
- Post, J.C. and Ochs, W.J. 1995. Flow through wetlands for controlling water quality in discharges from irrigated area. p. 83-91 In: *The inter-relationship between irrigation, drainage and the environment in the Aral Sea Basin* (M.S. Bos, ea.) NATO ASI Series 9: Environment - Vol. 22, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Reeve, R.C., Pillsbury, A. F. and Wilcox, L. V. 1955. Reclamation of saline and high boron soils in the Coachella Valley of California. *Hilgardia* 24: 69-91.
- Rhoades, J.D. 1974. Drainage for salinity control. p. 433-462. In: *Drainage for agriculture* (J. van Schilfgaarde, ed.), Amer. Soc. Agron. Monograph 17. Madison, WI: Amer. Soc. Agron.
- Rhoades, J.D. 1976. *Measuring, mapping and monitoring field salinity and water table depths with soil resistance measurements*. FAD-UN Soils Bulletin 31: 159-186.
- Rhoades, J.D. 1987. *Use of saline water for irrigation*. Water Qual. Bull. 12: 14-20.

- Rhoades, J.D. 1988. Evidence of the potential to use saline water for irrigation. p. 16-21. In: Int. seminar on the re-use of low quality water for irrigation (R. Bouchet, ed.), Bari, Italy/Cairo Egypt: CIHEAM - Mediterranean Agronomic Institute of Bari and Water Research Centre, Cairo, Egypt
- Rhoades, J.D. 1989. Intercepting, isolating and re-using drainage waters for irrigation to conserve water and protect water quality. *Agric. Water Manage.* 16:37-52.
- Rhoades, J.D. 1993. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. *Adv. Agron.* 49: 201-251.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, A.M. 1992. *The use of saline waters for crop production.* FAO Irrigation and Drainage Paper No 48. FAO, Rome. 133 pp.
- Salamor, M., Rex, J.E. and Owens, L.P. 1996. Adams Avenue Agricultural Drainage Research Center: *Final report on reactor operations for the period January 1, 1995November 21, 1995.* Submitted to California Department of water Resources under Contract B-80502. Fresno, CA: Adams Avenue Agricultural Drainage Research Center.
- Schlumberger Ltd. 1989. Log interpretation principle/application. *Section I46.10 of 40 Code of Federal Regulations, Plugging and Abandoning Class I-III Wells.*
- Schultz, B. and de Vries, W. 1993. *The Netherlands experience.* Paper presented at the 15th ICID Congress, The Hague.
- Shacklette, H.T., and Boerngen, J.G. 1984. *Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States.* United States Geological Service Professional Paper no. 1270, 105 pp. USGS, Washington, D.C.
- Shalhev, J. 1994. Using water of marginal quality for crop production: major issues. *Agric. Water Manage.* 25: 233-269.
- Shannon, M.C. and François, L.E. 1978. Salt tolerance of three muskmelon cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 127-130.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M. and François, L.E. 1994. Whole-plant response to salinity. p. 199-244. In: *Plant-Environment Interactions* (R.E. Wilkinson, ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Shirmohammadi, A., Camp, C.R. and Thoma, D.L. 1992. Water table management for field-sized areas in the Atlantic Coastal Plain. *J. Soil Water Conserv.* 47: 52-57.
- Shuval, H.I., Adin, A., Fattal, B., Rawitz, E. and Yekutiel, P. 1986. *Wastewater irrigation in developing countries: Health effects and technical solutions.* World Bank Technical Paper No. 51. Washington, D.C.: World Bank, 324 pp.
- Skaggs, R.W., Brevé, M.A. and Gilliam, J.W. 1994. Hydrologic and water quality impacts of agricultural drainage. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 24: 1-32.
- Skaggs, R.W. and Gilliam, J.W. 1981. *Effect of drainage system design and operation on nitrate transport.* Trans. ASAE, 24(4):929-934.
- Smedema, L.K. 1990. Natural salinity hazards of irrigation development in (semi)arid regions. p. 22-35. In: *Symposium on land drainage for salinity control in arid and semi-arid regions* (H.R. Amer, ed.), Vol. 1, Cairo, Egypt: Nubar Printing House.

- Smith, G.R., Tanji, K.K., Jurinak, J.J. and Bureau, R.G. 1995. Applications of the Pitzer equations-based model to hypersaline solutions. Chapter 7. p. 113-141. In: *Chemical equilibria and reaction models* (R.H. Loepert, A.D. Schwab and S. Goldberg, eds.). Soil Science Society of America Special Publication 42. Madison, WI: SSSA.
- Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture. 1992. Wetland restoration, enhancement or creation, Chapter 13. p. 79. In: *Engineering field handbook*. Washington, D.C.: USDA-SCS.
- Summers Engineering, Inc. 1995. Personal communication.
- Suri, R.P.S., Liu, J., Hand, D.W., Crittenden, J.C., Perram, D.L. and Mullins, M.E. 1993. Heterogeneous photocatalytic oxidation of hazardous organic contaminants in water. *Water Environment Research* 65(5): 665-673.
- Tanji, K.K., Ford, S., Toto, A., Summers, J. and Willardson, L. 1993. Evaporation ponds: what are they; why some concerns. p. 573-579. In: *Proc., 1993 National Conference on Irrigation and Drainage Engineering* (R.G. Allen and C.M.U. Neale, eds.), American Society of Civil Engineers, Park City, Utah, July 21-23, 1993. New York, NY: ASCE.
- Tanji, K.K., and Grismer, M. 1989. *Physicochemical efficacy of agricultural evaporation ponds: an interim literature review and synthesis*. Report to Department of Water Resources. Sacramento, CA.
- Tanji, K.K. and Karajeh, F. 1992. Saline drainwater re-use in agroforestry systems. *J. Irrig. and Drain. Engrg.*, 119 (1): 170-180.
- Tanji, K.K. and Karajeh, F. 1993. *Agroforestry demonstration project: water and salt balance modeling*. A final report to California Department of Food and Agriculture, Sacramento, CA.
- Tanji, K.K., Ong, C.G.H., Dahlgren, R.A. and Herbel, M.J. 1992. Salt deposits in evaporation ponds: an environmental hazard? *California Agriculture* 46(6): 18-21.
- Tanji, K.K., Lauchli, A. and Meyer, J. 1986. Selenium in the San Joaquin Valley. *Environment* 28(6): 6-11, 34-39.
- Trehewella, N.W., and Badruddin, M. 1991. *Evaporation ponds for disposal of saline drainage effluent in Pakistan*. (Guidelines for monitoring, evaluation and research). Lahore, Pakistan: Netherlands Research Assistance Project.
- United States Environmental Protection Agency. 1982. *Handbook for sampling and sample preservation water and wastewater*. EPA-600/4-82-029, Environment Monitoring Support Manual. Cincinnati, OH: USEPA.
- United States Environmental Protection Agency. 1994. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving water to freshwater organisms*, 3rd Edition. United States Environmental Protection Agency Report #EPA-600-4-91-002 (July 1994). Cincinnati, OH: USEPA, 341 pp.
- URS Corporation. 1987. Draft environmental impact report prepared for Westlands water district; September 1987, prototype deep well injection for agricultural drainage water. Sacramento, CA: URS Corp.

- Westcot, D.W., Chilcott, J.E. and Smith, G. 1993. Pond water, sediment and crystal chemistry. p. 587-594. In: *Proc., 1993 National Conference on Irrigation and Drainage Engineering* (R.G. Allen and C.M.U. Neale, eds.), American Society of Civil Engineers, Park City, Utah, July 21-23, 1993. New York, NY: ASCE.
- Westcot, D.W., Enos, C.A., Chilcott, J.E. and Belden, K.K. 1990a. *Water and sediment quality survey of selected inland saline lakes*. Sacramento, CA: Central Valley Regional Water Quality Control Board, 16pp.
- Westcot, D.W., Grewell, B.J. and Chilcott, J.E. 1990b. *Trace element concentrations in selected streams in California: a synoptic survey*. Sacramento, CA: Central Valley Regional Water Quality Control Board, 75 pp.
- Westcot, D.W., Rosenbaum, S. and Bradford, G. 1989. Trace element buildup in drainage water evaporation basins. p. 123-135. In: *Proc., 2nd Pan-American Regional Conference on Toxic Substances in Agricultural Water Supply and Drainage* (J. Summers and S.S. Anderson, eds.), International Commission on Irrigation and Drainage, Ottawa, Canada, June 8-9, 1989.
- Willardson, L.S., Meek, B.D., Grass, L.B., Dickey, G.L. and Bailey, J.W. 1972. Nitrate reduction with submerged drains. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 15: 84-85.
- World Bank. 1991. *Environmental assessment sourcebook*. Vol. II. Sectoral Guidelines. World Bank Technical Paper No. 140, Washington, D.C.: World Bank.
- WHO. 1982. *Manual on environmental management for mosquito control*. WHO Offset publication No. 66. Geneva: WHO.
- WHO. 1988. *Environmental management for vector control - training and information materials*. Slide set series. By: Pozzi, A. Geneva: WHO.
- WHO. 1989. *Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors*. Geneva: WHO, Vector Biology and Control Division.
- WHO. 1995. *Rapport sur la sante dans le monde 1995, reduire les ecart*. Geneva: WHO.
- WHO. 1996. *The World Health Report 1996: fighting the disease - fostering development*. Geneva: WHO.
- WHO. 1997. *Health and environment in sustainable development - five years after the Earth Summit*. WHO, Geneva.
- Wichelns, D. and Cone, D. 1992. Farm-level and district efforts to improve water management during drought. *Irrig. Drain. Syst.* 6(3): 189-199.
- Zimmer, D., Arlot, M.P. and Nedelet, Y. 1996. Drainage and environment: the need for an integrated approach. pp. 448-454. In: *Proc. 6th International Drainage Workshop, ICID*, Ljubljana, Slovenia, April 21-29, 1996.

**Management of
Agricultural Drainage
Water Quality**

Written by:

Chandra A. Madramootoo

William R. Johnston & Lyman S. Willardson

Translated by :

Iranian National Committee on Irrigation and
Drainage (IRNCID)

M. adl

M.Mehrdadi

M.R. Zarnekabi

Edited by:

M.K. Siahi

Management of Agricultural Drainage Water Quality

Edited by:

Chandra A. Madramootoo

William R. Johnston & Lyman S. Willardson

Translated by:

Iranian National Committee on Irrigation and

Drainage (IRNCID)

M.R. Zarnekabi

M. adl

M.Mehrdadi

Edit by:

S.K. Siahi

MANAGEMENT OF AGRICULTURAL DRAINAGE WATER QUALITY

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

No.43 - 2001

ISBN: 964-6668-19-4 شابک: ۹۶۴-۶۶۶۸-۱۹-

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
تهران - خیابان وحید دستگردی (ظفر) - خیابان شهید کارگزار - خیابان شهرساز
پلاک ۲۴ - طبقه دوم تلفن: ۰۲۲۵۷۳۴۸ نمبر: ۰۲۲۵۷۲۲۸



MANAGEMENT OF AGRICULTURAL DRAINAGE WATER QUALITY

*Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)*

NO.43 - 2001

۶۲۱/۶۷

ISBN: 964-6668-19-4

شابک: ۹۶۴-۶۶۶۸-۱۹-۴

۰۸۷۷

۰

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
تهران - خیابان وحید دستگردی (ظفر) - خیابان شهید کارگزار - خیابان شهرساز
پلاک ۲۲ - طبقه دوم تلفن: ۰۲۵۷۳۳۸۸ فکس: ۰۲۷۷۲۲۸۵



ICID-CIID