مرکز تحقیقات کیفیت آب
پژوهشکده محیط زیست

دانشگاه علوم پزشکی تهران

راهنمای کاربرد آب بازیافتی در مصارف پرورش آبزیان

مولفان

کامیار یغمائیان

استاد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

دکترمصطفی کریمایی

استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سمنان

راهنمای کاربرد آب بازیافتی در مصارف پرورش آبزیان
کامیار یغمائیان - مصطفی کریمایی

۱۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی درمانی تهران

پژوهشکده محیط زیست

راهنمای

کاربرد آب بازیافتی در مصارف پرورش آبزیان

شابک: ۰-۰۹۱-۱۵۶-۶۰۰-۹۷۸

نام کتاب: راهنمای کاربرد آب بازیافتی در مصارف پرورش آبزیان

مولف (ان): کامیار یغماییان، مصطفی کریمیایی

ناشر: دانشگاه علوم پزشکی تهران

سال انتشار: ۱۳۹۸

نوبت چاپ: اول

لیتوگرافی چاپ و صحافی : چاپ بهرنگ

قیمت:

سرشناسه: یغمائیان، کامیار،

عنوان و نام پدیدآور: راهنمـای کاربرد آب بازیافتی در مصارف پرورش آبزیان/ کامیـار یغماییان ؛ کمیته فنی تدوین نوشین راستکاری .... [و دیگران].

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، پژوهشکده محیط زیست، مرکز تحقیقات کیفیت آب،

مشخصات ظاهری: ۱۳۲ ص.

شابک: ۰-۰۹۱-۱۵۶-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: کمیته فنی تدوین نوشین راستکاری، مصطفی کریمایی، سیمین ناصری، سعیده همتی برجی.

موضوع: آب -- استفاده مجدد

موضوع: Water reuse

موضوع: فاضلاب -- تصفیه

موضوع: Sewage -- Purification

موضوع: ماهی‌ها -- پرورش و تکثیر

موضوع: Fish culture

شناسه افزوده: راستکاری، نوشین

شناسه افزوده: دانشـگاه علوم پزشـکی و خدمات بهداشـتی درمانی تهران. پژوهشـکده محیط زیسـت. مرکز تحقیقات کیفیت آب

رده بندی کنگره: TD۴۲۹

رده بندی دیویی: ۶۲۸/۴۳

شماره کتابشناسی ملی: ۵۷۲۷۰۳۶

- عنوان: راهنمای کاربرد آب بازیافتی در مصارف پرورش آبزیان
- تعداد صفحات: ۱۳۲
- در جلسه مورخ ۹۶/۳/۲ شورای انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تهران با چاپ کتاب موافقت گردیده است.

مرکز تحقیقات کیفیت آب– پژوهشکده محیط زیست

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران:

تهران– میدان انقلاب– خیابان کارگر شمالی– نرسیده به بلوار کشاورز– پلاک ۱۵۴۷ طبقه هشتم–

کد پستی: ۱۴۱۷۹۹۳۳۶۱

تلفن: ۸۸۹۷۸۳۹۶– ۰۲۱، دورنگار: ۸۸۹۷۸۳۹۸– ۰۲۱

http://ier.tums.ac.ir

مؤلف:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	محل خدمت
کامیار یغمائیان	استاد	دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

کمیته فنی تدوین راهنما به ترتیب الفبا:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی/ سمت	محل خدمت
دکتر نوشین راستکاری	استاد/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست/ دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
دکتر مصطفی کریمایی	استادیار/ مؤلف دوم	دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سمنان
دکتر سیمین ناصری	استاد/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست/ دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
مهندس سعیده همتی برجی	کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست

فهرست:

۱– مقدمه	۱
۱–۱ مروری تاریخی بر آبزی پروری با استفاده از پساب تصفیه شده	۳
۱–۱–۱ سوابق داخلی	۴
۱–۱–۲ سوابق خارجی	۶
۱–۲ عوامل تاثیرگذار و محرک بر استفاده از پساب تصفیه شده در پرورش آبزیان	۷
۱–۲–۱ اهمیت آبزی پروری	۷
۱–۲–۲ منابع آبی	۱۱
۱–۲–۳ سیستم های پرورش آبزیان	۱۱
۱–۲–۴ هدفهای آبزی پروری	۱۱
۲– هدف	۱۳
۳– روش شناسی دستیابی به راهنما	۱۴
۴– اصطلاحات و تعاریف	۱۵
۵– دیگر مصارف پساب تصفیه شده ی فاضلاب	۱۷
۶– ملاحظات طراحی روش های مناسب تصفیه فاضلاب جهت کاربرد در آبزی پروری	۱۷
۷– بررسی قابلیت استفاده از پساب در آبزی پروری و شیلات	۲۵
۸– برکه های پرورش	۲۶
۸–۱ گونه های پرورشی ماهی و سایر آبزیان	۲۶
۸–۱–۱ گونه های پرورشی گیاهی	۲۶
۸–۱–۲ گونه های پرورشی جانوری	۳۱
۸–۲ آبزیان پرورشی کشور	۳۲
۸–۲–۱ گونه های پرورشی کپور ماهیان	۳۲
۸–۳ پارامترهای تاثیرگذار بر برکه های پرورش آبزیان	۴۱
۸–۳–۱ اکسیژن محلول	۴۱

۸–۳–۲ دی اکسیدکربن ۴۲
۸–۳–۳ نیتروژن ۴۳
۸–۳–۴ PH ۴۴
۸–۳–۵ قلیاییت ۴۴
۸–۳–۶ فلزات سنگین ۴۵
۸–۳–۷ آفت کش ها ۴۵
۸–۴ کنترل کیفیت آب برکه های پرورش ۴۶
۹– ارزیابی مخاطرات سلامتی ۴۸
۱۰– اهداف مبتنی بر سلامتی ۴۸
۱۱– اقداماتی که در راستای حفاظت از سلامتی انجام می شود ۵۰
۱۲– حفاظت از کارگران شاغل و جوامع محلی ۵۰
۱۳– چارچوب استکهلم ۵۲
۱۳–۱ ارزیابی ریسک میکربی آلاینده ها (QMRA) ۵۳
۱۳–۲ ارزیابی مواجهه زیست محیطی ۵۶
۱۳–۳ ارزیابی ریسک بهداشتی ۵۸
۱۳–۴ ریسک قابل تحمل ۵۹
۱۳–۵ اهداف بهداشتی ۵۹
۱۳–۶ مدیریت ریسک ۶۰
۱۳–۶–۱ موانع چندگانه ۶۱
۱۳–۷ وضعیت بهداشت عمومی ۶۲
۱۳–۷–۱ بیماری های مرتبط با مدفوع ۶۳
۱۳–۷–۲ تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی و شیستوزومیازیس ۶۴
۱۳–۷–۳ بیماری های زاییده از ناقلین ۶۵
۱۳–۷–۴ سنجش وضعیت بهداشت عمومی ۶۶
۱۴– ارزیابی ریسک بهداشتی ۶۷

۱۴–۱ شواهد میکربی ۶۷
۱۴–۱–۱ کیفیت میکربی آب برکه های پرورش ۶۸
۱۴–۱–۲ شواهد آلودگی محصولات (ماهیان) ۶۹
۱۴–۱–۳ شواهد آلودگی محصولات (گیاهان آبزی) ۷۰
۱۴–۲ شواهد همه گیرشناسی ۷۰
۱۴–۲–۱ بیماری های پوستی ۷۰
۱۴–۲–۲ مصرف محصولات و دیگر مواجهه ها ۷۱
۱۴–۳ عوامل شیمیایی ۷۱
۱۴–۴ منافع بهداشتی پرورش آبزیان با پساب فاضلاب ۷۳
۱۵– اهداف بهداشتی ۷۴
۱۵–۱ حفاظت از مصرف کنندگان محصولات ۷۴
۱۵–۱–۱ حفاظت در برابرتراماتودها ۷۴
۱۵–۱–۲ حفاظت در برابر پاتوژن های دیگر ۷۵
۱۵–۱–۳ حفاظت در برابرعوامل شیمیایی ۷۷
۱۵–۲ حفاظت از کارگران و جوامع محلی ۷۸
۱۵–۲–۱ حفاظت در برابر پاتوژن ها ۷۸
۱۵–۲–۲ حفاظت در برابر محرک های پوستی ۷۹
۱۵–۲–۳ حفاظت در برابر بیماری های منتقله از ناقلین ۷۹
۱۵–۳ راهنما و استانداردهای مربوط به آبزیان و شیلات ۸۰
۱۵–۳–۱ استاندارد بین المللی ۸۱
۱۵–۳–۲ استاندارد ملی ۸۲
۱۵–۳–۳ استاندارد پیشنهادی برای مصارف متفرقه شامل محیط زیست، آبزیان، حیات وحش ۸۳
۱۶– اقدامات حفاظت بهداشتی برای گروه های مختلف در معرض ۸۴
۱۶–۱ تصفیه فاضلاب ۸۶

۱۶–۲ محدودیت تولید ۸۸
۱۶–۳ دوره ی ممنوعیت کاربرد پساب یا فاضلاب ۸۹
۱۶–۴ زدایش و پاک سازی ۸۹
۱۶–۵ پردازش و آماده سازی ۸۹
۱۶–۶ شستن / ضدعفونی کردن محصولات و پختن غذا ۹۰
۱۶–۷ ارتقا بهداشت و سلامت ۹۰
۱۶–۸ مصون سازی و درمان دارویی ۹۱
۱۶–۹ اقدامات کنترلی که برای مواجهه کارگران، توزیع کنندگان محصولات و جوامع محلی انجام می گیرد ۹۱
۱۷– پایش و ارزیابی سیستم ۹۱
۱۷–۱ پایش سیستم ۹۲
۱۷–۲ ارزیابی سیستم ۹۳
۱۸– جنبه های اجتماعی، فرهنگی، زیست محیطی و اقتصادی آبزی پروری با پساب ۹۶
۱۸–۱ جنبه های اجتماعی فرهنگی ۹۶
۱۸–۲ توجهات زیست محیطی ۹۷
۱۸–۳ امکان سنجی اقتصادی ۹۷
۱۹– جنبه های سیاست گذاری ۹۷
۲۰– برنامه ریزی و اجرا ۹۸
۲۱– ملاحظات بهره برداری و پایش سیستم های تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد ۱۰۱
۲۱–۱ برنامه پایش فاضلاب ورودی و پساب خروجی ۱۰۱
۲۱–۲ مراحل کنترل خط انتقال ۱۰۲
۲۱–۳ اندازه گیری حجمی مقدار پساب دریافتی ۱۰۳
۲۱–۴ پایش کیفی محصولات تولیدی ۱۰۵
۲۱–۵ پایش بهداشتی کارگران و دیگر کارکنان مربوط ۱۰۵
۲۱–۶ پایش زیست محیطی ۱۰۸

۲۱-۶-۱ پایش منابع آب زیر زمینی ۱۰۸
۲۲- ملاحظات آموزشی در بهره برداری از پساب ها ۱۱۰
۲۲-۱ گروه های هدف برای آموزش ۱۱۰
۲۲-۲ برنامه آموزش نحوه بهره برداری از پساب ها ۱۱۱
۲۲-۲-۱ گام اول- تشکیل یک کمیته مدیریتی ۱۱۲
۲۲-۲-۲ گام دوم- شناسایی و دسته بندی افراد ذینفع و ارائه برنامه های آموزشی ۱۱۲
۲۲-۲-۳ گام سوم- تجزیه و تحلیل عوامل و متغیرهای تاثیرگذار در سطوح مختلف اجرایی ۱۱۴
۲۲-۲-۴ گام چهارم- تامین مالی ۱۱۶
۲۲-۲-۵ گام پنجم- اجرای برنامه های استراتژیک، آموزش و آگاهی رسانی ۱۱۷
مراجع ۱۱۸

۱– مقدمه

بـا توجه به اینکه جوامع شـهری و روسـتایی کانون اصلـی مصرف آب برای مقاصد آشـامیدنی، کشـاورزی، صنعت و تولید فاضلاب انسانی هستند و افزایش مصرف آب و پیرو آن روند رو به رشد تولید فاضلاب و همچنین استفاده مجدد غیر اصولی از فاضلاب باعث ایجاد شرایط زیست محیطی نامطلوب شـده اسـت. پس برنامه ریزی به منظور جلوگیری از گسترش مشکلات محیط زیستی و همچنین تامین بخشـی از آب مورد نیاز مصارف مختلف از طریق بازچرخش و اسـتفاده مجدد از پسـاب ها و آب های برگشـتی ضروری به نظر می رسد. فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی از نظـر ویژگـی های کیفی متفاوت بوده و این تفاوت در مقیاس کمتر در داخل گروه های مختلف از منابع سـه گانه مذکور نیز مشـاهده می شـود. لیکن هر یک از گروه های فوق الذکر کیفیت و مشخصات خاصی داشته و کاربرد مجدد آنها می تواند، اثرات بهداشتی و زیست محیطی مختلفی را به دنبال داشـته باشد. این تفاوت در فاضلاب های خانگی، مربوط به ویژگی های فرهنگی، عادات غذایی، کیفیت آب مصرفی و همچنین شـرایط آب و هوایی و فرآیند تصفیه می باشـد. مشـخصه اصلـی فاضلاب های انسـانی BOD و COD بالا، عناصر مغذی و میکروارگانیسـم های بیماریزا (باکتریایـی و انگلی) می باشـد. این فاضلاب هـا در صورت عدم نفوذ فاضلاب هـای صنعتی و یا رواناب های شـهری به داخل آن ها فاقد فلزات سـنگین در حد خطرناک می‌باشند. بنابراین از این نظر جای نگرانی ندارند. کیفیت زهاب های کشاورزی وابسته به کیفیت آب مصرفی، نوع و بازدهی سـامانه آبیاری، نوع سامانه زهکشی، میزان مصرف نهاده های کشاورزی و نوع و ویژگی های خاک و همچنین شـرایط اقلیمی منطقه می باشد. مشـخصه های اصلی زهاب های کشاورزی دارا بودن EC بـالا، وجود عناصر مغـذی (P, N) در غلظتی قابل توجه و همچنین حضور بقایای سـموم و آفت کش ها و درجه کمتر عوامل میکربی می باشـد. مهمترین عامل محدودیت در استفاده مجدد از این منبع در کشـاورزی میزان بالای املاح بوده و از جنبه های زیسـت محیطی عناصر مغذی، بقایای سـموم و آفت کش ها از اهمیت بیشـتری برخوردارند. بیشـترین تفـاوت کیفی در داخل گروه های مربوط به فاضلاب های صنعتی می باشد. این گروه ها دارای دامنه ی وسیعی از تغییرات کیفی می باشـد. با توجه به تنوع و دامنه وسـیع تغییرات کیفی پسـاب های صنعتی، از مهمترین شـاخص های کیفی محدودیت زا در مصارف مجدد می توان به حضور ترکیبات شیمیایی و سمی، فلزات سـنگین، مواد آلی، pH نامناسـب، دما و رنگ اشاره نمود. در استفاده از این منابع توجه به غلظت فلزات سـنگین و همچنین ترکیبات شـیمیایی از اهمیت بیشـتری برخوردار می باشد. به

طور کلی اســتفاده از این منابع نیاز به ملاحظات کیفی و زیســت محیطی شدیدتری در مقایسه با زهاب های کشاورزی و همچنین پساب های خانگی دارد.

کاربرد فاضلاب تصفیه شده در کشور های مختلف جهان از دیر باز رواج داشته است. در کشور های پیشــرفته فاضلاب های تصفیه شده با رعایت ضوابط زیست محیطی مورد استفاده قرار می گیرند. محور این قوانین بر حفظ ســلامتی انســان، حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از آلودگی خاک و آب اســتوار بوده و در دوره های زمانی مشــخصی مورد بازنگری قرار مــی گیرد. در حالی که در کشــورهای در حال توســعه، علاوه بر فاضلاب های تصفیه شــده از فاضلاب خام نیز برای مقاصد مختلف چون تولید محصولات کشــاورزی و آبزی پروری اســتفاده می شــود، اما این کشورها فاقد راهبرد و برنامه ریزی مناســب و همچنین دســتورالعمل مشــخص در زمینه استفاده از پساب ها و آب های برگشتی هستند. به همین دلیل استفاده از این منابع در اغلب موارد با پیامدهای بهداشتی، زیســت محیطی و آلودگی منابع آب و خاک همراه می باشــد. ایران به عنوان یکی از کشــور های مهم خاورمیانه، با کاهش منابع تجدید شــونده آب مواجه بوده و در حال حاضر در ســطح کشور به ویژه در حواشــی شهرهای بزرگ و مراکز اســتان ها از پساب های تصفیه شده برای مصارفی چون آبیاری اســتفاده می گردد. در بیشتر مواقع این اســتفاده غیر اصولی بوده و برای کشت سبزیجات و صیفی جات انجام می شــود که موجب آلودگی محیط زیســت، تجمع آلودگی در خاک و انتقال آن به محصولات تولید شــده می گردد و با توجه به میزان اســتقبال و همچنین نیاز به استفاده از پســاب ها و آب های برگشــتی در کشاورزی، در حال حاضر بیشــتر تصفیه خانه های فاضلاب در سطح کشور با هدف استفاده مجدد از پساب حاصل، در کشاورزی طراحی و اجرا می گردند. در این راســتا مسئولان امر پالایش و اســتفاده مجدد از پساب های شهری و صنعتی و همچنین آب های برگشــتی را به عنوان منابعی جدید برای جبران بخشــی از این کمبودها مورد توجه قرار می دهند. جمع بندی تجربیات جهانی اســتفاده از پســاب ها و آب های برگشــتی نشان می دهد که با توجه به کمبود آب، اســتفاده از این منابع به عنوان یک منبع ارزشمند آب مطرح بوده و با گذشت زمان اهمیت آن بیشــتر نیز خواهد شد. جهت اســتفاده صحیح و پایدار از این منابع، تدوین استانداردها و ضوابط مناســب و الزام در رعایت اســتانداردها ضوابط مربوط ضروری بوده و توجه به این اصل، می تواند متضمن اثرات ســودمندی همچــون حفاظت کمی و کیفی منابــع آب و کاهش آلودگی محیط زیست گردد.

در این راستا با توجه به حجم قابل توجه پساب های شهری و صنعتی و آب های برگشتی، استفاده

مجدد از این منابع با در نظر گیری مسایل زیست محیطی، به عنوان راهکاری مناسب جهت جبران بخشـــی از کمبود آب در برنامه های توســـعه و بهره برداری از منابع آب مد نظر برنامه ریزان کلان کشـــور می باشـــد. در این رابطه با آگاهی از الزام در اســـتفاده مجدد از پساب و آب های برگشتی، تدوین ضوابط زیســـت محیطی مصارف این منابع جهت پیشـــگیری از اثرات سوء بر محیط زیست (آلودگی منابع آب و خاک) و مخاطرات بهداشـــتی مربوط ضروری بوده و این راهنما با هدف اصلی تدوین ضوابط بهداشتی و زیست محیطی استفاده از پساب ها و آب های برگشتی در پرورش آبزیان تهیه شده است (۱).

۱-۱ مروری تاریخی بر آبزی پروری با استفاده از پساب تصفیه شده

کاربرد فاضلاب های خام و تصفیه شـــده در کشـــورهای مختلف جهان از دیرباز رواج داشـــته است. در اغلب کشـــورهای پیشـــرفته فقط فاضلاب های تصفیه شده با رعایت استاندارد های مربوط برای کاربرد های مختلف مورد اســـتفاده قرار می گیرد. اما در بیشتر کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران پساب های تصفیه نشده یا ناقص تصفیه شده برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی استفاده شده و سبب بروز رخدادهای ناگوار بهداشتی، زیست محیطی گردیده است.

اســـتفاده از پســـاب تصفیه شده در آبزی پروری به صورت گســـترده ای در حال گسترش است که سبب بازیافت منابع آبی و مواد مغذی می گردد. به تازگی با افزایش کمبود منابع آب، در دسترس نبودن مواد مغذی و اثرات بهداشـــتی و زیســـت محیطی ناشـــی از رها ســـازی پساب ها گرایش در استفاده از پساب در پرورش آبزیان افزایش یافته است (۲).

اســـتفاده مجدد از آب شامل ملاحظات بهداشت عمومی خاصی اســـت و همچنین نیازمند بررسی ریزبینانه و موشکافانه زیرساخت ها، تاسیسات پایه، مکان یابی تصفیه خانه، قابلیت اطمینان تصفیه خانه، فرآیندهای تصفیه، آنالیزهای اقتصادی و مدیریت کاربرد آب شـــامل یکپارچه سازی و تلفیق موثر منابع طبیعی و احیاء شده آب در کنار یکدیگر است.

از ســـوی دیگر ملاحظات اقتصادی، مصارف بالقوه برای آب بازیابی شـــده، حفظ بهداشـــت عمومی، سختگیرانه بودن مقررات تخلیه پساب و سیاست های عمومی مبنی بر حفظ منابع آب موجود همگی از موانعی هستند که می توانند در تعیین اثربخشی و تناوب استفاده مجدد از آب تاثیر داشته باشند. به علاوه علاقه تمام ذینفعان از جمله نمایندگان محیط زیست باید مورد توجه قرار بگیرد (۳).

اســـتفاده از پساب تصفیه شـــده در زمینه پرورش آبزیان می تواند جوامع را در جهت تولید خوارک

بیشـــتر و اســـتفاده از منابع با ارزش آب و مواد مغذی کمک کند. به هر حال این امر باید به صورت ایمن و بهداشتی در راستای افزایش سطح بهداشت عمومی و منافع زیست محیطی انجام شود. به منظور حفاظت از بهداشت عمومی و تسهیل استفاده ملی از پساب در آبزی پروری و کشاورزی در سال ۱۹۷۳ سازمان بهداشت جهانی (WHO) رهنمودهایی را برای استفاده از پساب تصفیه شده در بخش گفته شده تدوین کرد که این رهنمود ها پس از بازنگری و پژوهش های مختلف و دیگر بررسی داده های موجود در سال ۱۹۸۹ به روز گردید (۲و۳).

ایران به عنوان یکی از کشـــورهای مهم خاورمیانه با کاهش منابع تجدید شـــونده آب روبرو است و به عنوان یکی از سیاســـت های اقتصادی اجتماعی دولت بر استفاده بهینه از منابع تجدید پذیر، به ویژه بازگردانی و اســـتفاده مجدد از فاضلاب های انسانی و صنعتی تصفیه شده درامور کشاورزی و سایر فعالیت ها تاکید شده است. در این راستا وزارت نیرو به استناد ماده (۱) قانون توزیع عادلانه آب و بـــا توجه به اصل مدیریت یکپارچه منابع، به عنوان تصمیم گیرنده اصلی در تخصیص و نحوه بهره برداری مناسب از پساب های پالایش شده شهری و صنعتی و همچنین زهاب های کشاورزی بـــه عنوان منابع جدید آب، کلیه ســـازمان هـــای آب منطقه ای را موظف نمـــوده تا در چهارچوب مقررات ذیربط نســـبت استفاده مجدد از آب های بازیافتی در واحد های بزرگ صنعتی، کشاورزی، آبزی پروری و... تمهیدات لازم را در نظر بگیرند.

۱-۱-۱ سوابق داخلی

انسان از گذشته های دور و نامعلوم آب های برگشتی و فاضلاب ها را در کشاورزی مورد استفاده قرار داده اســـت. اطلاعات موجود نشـــان می دهد که در قرن دهم هجری فاضلاب در حومه شهر اصفهان برای کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. در قدیم استفاده از فاضلاب عمدتا با انگیزه حاصلخیز کردن اراضی کاربرد داشته، در صورتی که در حال حاضر کمبود آب انگیزه اصلی محسوب می شود. اولین تصفیه خانه شـــهری با روش لجن فعال با ظرفیت ۴۸۰ مترمکعب در روز در ســـال ۱۳۴۰ در منطقه صاحبقرانیه ســـاخته شـــد. دومین تصفیه خانه فاضلاب شهری کشـــور درسال ۱۳۵۲ با روش برکه تثبیت در ســـال ۱۳۵۲ در فولاد شـــهر اصفهان احداث گردید. هم اکنون اغلب شهرهای بزرگ کشور دارای سامانه جمع آوری و تصفیه فاضلاب بوده و یا در مرحله مطالعه و یا اجرا آن می باشند. نمونه هایی از تجارب استفاده مجدد در درون کشور در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

با توجه به میزان اســـتقبال و همچنین نیاز به اســـتفاده از پســـاب ها و آب های برگشتی، در حال

حاضر بیشتر تصفیه خانه های فاضلاب در سطح کشور با هدف استفاده مجدد از پساب ها، آب های برگشتی و رواناب های شهری طراحی و اجرا می گردند. با وجود قدمت استفاده از فاضلاب در کشور، تحقیقات در زمینه اثرات مربوط در یکی دو هه ی اخیر آغاز شده است. در بخشی از این مطالعات توجه اصلی به اثرات زیست محیطی کاربرد این منابع معطوف شده و در بررسی های دیگر تاثیر این آب ها در کمیت و کیفیت محصول مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر نیز در بسیاری از شهرهای کشور فاضلاب های شهری و رواناب های سطحی که از شهرها خارج می شوند، در زمین های کشاورزی پایین دست استفاده می شوند. بنابراین باید عنوان کرد که در صورت استفاده از پساب برای مصارف مختلف ابتدا باید هماهنگی های لازم میان وزارت بهداشت، سازمان کل حفاظت محیط زیست و شرکت های آب منطقه ای برقرار شود، و اگر فاضلاب مراحل تصفیه را به خوبی طی کند و فاضلاب صنعتی به داخل آن نفوذ نکرده و فاقد آلودگی های مربوط به فلزات سنگین باشد و از نظر شاخص های بهداشتی محدودیتی برای مصرف مجدد آن نباشد می توان از آن برای مصارف مشخص (در این گونه مصارف شاخص بهداشتی از اهمیت بالایی برخوردار است) استفاده کرد (۱).

جدول ۱- خلاصه ای از تجارب علمی و تحقیقاتی استفاده از پساب در سطح کشور

موضوع	نتیجه
بررسی پیامد آبیاری با پساب بر برخی از ویژگی های شیمیایی خاک های ناحیه برخوار اصفهان و انباشتگی برخی از عناصر در گیاه یونجه	مشاهده شده است که هفت سال آبیاری با پساب توانسته است زمین های شور و سدیمی منطقه را بدون تیمار دیگری به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کند و همچنین غلظت عناصر آن را کاهش دهد.
بررسی نقش عوامل مهم در به کار گیری فاضلاب ها در آبیاری	بیانگر مزایای برکه تثبیت و نقش آنها در استفاده مجدد از فاضلاب و ارائه مبانی طراحی آن برای استفاده از پساب حاصل در کشاورزی می باشد.
ارزیابی کمی و کیفی کانال هاب فاضلابرو جنوب شهر تهران و چگونگی تصفیه آن با روش برکه تثبیت	نتایج تحقیق حاکی از قابلیت استفاده فاضلاب و کاربرد پساب حاصله در آبیاری محدود و نامحدود بود.
بررسی روش های بازیافت و کاربرد فاضلاب ها در امور کشاورزی و احیاء اراضی	بیانگر نقش مثبت استفاده اصولی از پساب ها و همچنین نقش خاک و زمین در پالایش فاضلابها می باشد.
بررسی تغییرات کمی و کیفی و میزان خودپالایی نهر فیروزآباد برای استفاده در کشاورزی	نتایج نشانگر محدودیت کیفی جریان نهر فیروزآباد از نظر فلزات سنگین و مواد آلی می باشد.
بررسی میزان جذب کادمیوم از محیط ریشه و میزان تجمع آن در اندام محصولات زراعی	نتایج بیانگر قابلیت و توانایی متفاوت گونه های مورد بررسی در جذب و تجمع کادمیوم در اندام های مختلف و توانایی بیشتر گونه های سبزیجات برگ پهن در جذب و تجمع کادمیوم در اندام های مختلف به ویژه بخش خوراکی می باشد.

ادامه جدول ۱- خلاصه ای از تجارب علمی و تحقیقاتی استفاده از پساب در سطح کشور

موضوع	نتیجه
بررسی پیامدهای استفاده ۹ ساله از پساب شمال اصفهان بر خواص شیمیایی، فیزیکی و زیست محیطی خاک	نتایج نشان داد که آبیاری با پساب طی مدت ۹ سال باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری، نفوذپذیری و افزایش درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه، عملکرد و کیفیت محصول نسبت به مزرعه آبیاری نشده گردید.
بررسی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر مشهد در بخش کشاورزی	طبق نتایج بدست آمده استفاده مجدد از پساب فاضلاب شهری به عنوان جایگزین چاه های زراعی در مصارف شهری می تواند به عنوان راه حلی برای معضل کم آبی مطرح باشد.
بررسی کمی وکیفی پساب تصفیه خانه های تهران و امکان استفاده از آن در آبیاری فضای سبز و پارک ها	نتایج نشان داده که پارامترهای کیفی پساب به جزء بیکربنات، نیتروژن و کلیفرم از نظر آبیاری فضای سبز در محدوده مجاز قرار دارند.

بررسی تجارب استفاده از پساب در سطح کشور نشان می دهد که این منابع عمدتا در حواشی شهرها جهت آبیاری محصولات سبزیجات و صیفی جات به کار گرفته شده و این مصارف علیرغم صرفه جویی در مصارف آب و کودهای شیمیایی، آلودگی منابع آب و خاک و محصولات تولیدی را به همراه داشته است. در حال حاضر به سه صورت مختلف از پساب ها در کشور استفاده می شود.

- استفاده غیر اصولی و بدون رعایت استانداردهای مربوط به الگوی کشت مناسب
- بعد از تصفیه کامل فاضلاب و رساندن کیفیت آن به حد استانداردهای مورد نظر
- استفاده از پساب با کیفیت مطلوب برای کشت گیاهان، جانوران و آبزیان خاص بر اساس کیفیت پساب ها و کنترل افراد در معرض تماس که روش اصولی آن می باشد.

۱-۱-۲ سوابق خارجی

کاربرد فاضلاب خام و تصفیه شده در کشور های مختلف جهان از دیرباز رواج داشته است. از اواسط قرن نوزدهم و آغاز آلودگی‌های باکتریایی در منابع آب سطحی کشورهای صنعتی که مسائل بهداشتی گسترده ای را به همراه داشت و به تدریج تاسیس تصفیه خانه‌های فاضلاب مختلف در مناطق شهری توسعه یافت. متاسفانه افزایش رشد جمعیت و رشد صنایع به حدی سریع بوده که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه تصفیه خانه های موجود جوابگوی فاضلاب ها وپساب های تولیدی نبوده و در مناطقی از پساب ها به صورت خام برای مصارف مختلف استفاده می شود که عوارض ناگوار بهداشتی و محیط زیستی را به دنبال دارد.

در کشورهای پیشرفته فقط فاضلاب های تصفیه شده با رعایت ضوابط بهداشتی و زیست محیطی مورد اســتفاده قرار می گیرند. محور این قوانین حفظ ســلامتی انســان و حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از آلودگی آب و خاک اســتوار بوده و در دوره های زمانی مشــخصی مورد بازنگری قرار می گیرد (۱).

در ســال۱۹۷۳ سازمان بهداشت جهانی نخستین رهنمود های بهداشت عمومی را برای استفاده از فاضلاب در آبزی پروری منتشــر کرد تا راهنمایی باشــد برای کشورهای کمتر توسعه یافته ای که تجربه ای در استفاده مجدد برنامه ریزی شده ی فاضلاب ندارند یا اینکه تجربه‌ی آنها اندک است، در ایــن گونه کشــورها برکه ی تثبیت فاضلاب و مخازن نگهــداری و تصفیه فاضلاب دو گزینه ی اساسی ممکن پیش از استفاده ی مجدد هستند.

رهنمود های ســازمان بهداشــت جهانی از ســال ۲۰۰۲ مورد بازنگری قرار گرفت تا اینکه در سال ۲۰۰۶ منتشــر گردید و این رهنمودها به عنوان پایه و اساســی برای روش های ملی و بین المللی قانون گذاری به منظور مدیریت ریســک های بهداشــتی ناشــی از خطرات اســتفاده از پســاب در آبزی پروری تدوین گردیدند.

۱-۲ عوامل تاثیرگذار و محرک بر استفاده از پساب تصفیه شده در پرورش آبزیان

۱-۲-۱ اهمیت آبزی پروری

افزایش مصرف آبزیان در کشــور به دلیل افزایش جمعیت و ارتقاء مصرف ســرانه به واســطه تغییر فرهنگ و آگاهی مردم از مزایای مصرف آبزیان به گونه ای بوده اســت که ســرانه مصرف ماهی از ۵کیلوگرم در سال۱۳۷۹، به ۳۵/ ۷کیلوگرم در سال ۱۳۸۶رسیده است مصرف سرانه آبزیان از در برنامه پنجم توســعه بیش از ۱۳ کیلوگرم در سال هدفگذاری شده است که تحقق این امر نیازمند افزایش تولید است.

اولین کسانی که اقدام به پرورش ماهی نمودند، چینی ها بودند. فان لی در ۴۷۵ سال پیش از میلاد مســیح در مورد تخم ریزی و تکثیر ماهی کپور معمولی مطالب ارزنده ای نوشــته و از آن به عنوان یک شــغلی پرمنفعت یاد کرده است. بیشــتر مؤلفین سابقه پرورش ماهی را به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مســیح نسبت می دهند. ارسطو از ماهی کپور یاد کرده و یونانی ها و رومی ها ماهی کپور را در استخر پرورش می دادند. این ملل سعی داشتند که بدین وسیله ذخائر ماهی در آب های طبیعی را حفظ نمایند. چینی ها و رومی ها همچنین برای اولین بار ماهی را به طور مصنوعی تکثیر کرده

و انکوباسیون تخم ماهی را انجام داده اند.

با وجود سا بقه طولانی پرورش ماهی در استخر، سابقه تکثیر مصنوعی ماهیان، کوتاه است. اولین گام در تکثیر و پرورش ماهیان در آب های طبیعی به وسیله یک دانشمند آلمانی (اِستفان لودویک یاکوبی ۱۷۴۸-۱۷۱۱ میلادی) برای پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان برداشته شد. در مورد ماهیان پرورشی گرمابی در سال ۱۹۳۰ مولدین آماده از محل های تخم ریزی طبیعی صید و لقاح مصنوعی داده شدند ولی القاء تخم ریزی به مولدین با روش تزرق، در سال ۱۹۳۴به وسیله زیست شناسان برزیلی آغاز شد و بعد در آسیا و اروپا و آمریکای شمالی توسعه یافت. کار تکثیر و پرورش ماهی از آن زمان آغاز و تاکنون ادامه دارد و اکثر کشورها مبادرت به تولید و پرورش ماهی می نمایند. در کشور ما در واقع کار از سال ۱۳۳۰ با تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری و ماهیان کپور شروع شد. در سال ۱۳۳۸ هم با احداث اولین سایت پرورش ماهی کشور در روستای حصار شهرستان کرج پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان آغاز گردید و امروزه بیش از ۲۰ هزار مرکز تکثیر و پرورش انواع آبزیان در سطح کشور در زمینه تولید ماهیان گرمابی، سردآبی، زینتی و میگو فعال بوده و سالانه حدود۳۷۰ هزار تن انواع آبزی را پرورش می دهند که بخش اعظم آن ماهیان گرمابی و سردآبی است.

با وجود رشد کنونی جمعیت دنیا، تولید هر چه بیشتر پروتئین حیوانی از اهمیت زیادی برخوردار است.کشت آبزیان به دلایل زیادی به عنوان عمومی ترین و موثرترین راهکار، جهت تولید پروتئین در آینده شناخته شده است (۴).

آبزی پروری یکی از ساده ترین و اقتصادی ترین راه های تولید پروتئین حیوانی است، زیرا:

۱- می دانیم که به رغم وجود آب کافی در برخی از مناطق کشور، کیفیت زمین و خاک به گونه ای است که برای کشاورزی مناسب نیست. بهره گیری از بسیاری از این زمین ها، برای آبزی پروری، عملی است.

۲- میزان تبدیل مواد اولیه به پروتئین در آبزیان به مراتب بیشتر از سایر جانوران پرورشی است. آبزیان پرورشی جزء جانوران خونسرد هستند که درجه حرارت بدن آنها تابع گرمای محیط است و بر خلاف پرندگان و پستانداران، نیازی به صرف انرژی برای ثابت نگه داشتن درجه حرارت بدن خود ندارند. در واقع آبزیان در مقایسه با دام و طیور، مقدار بیشتری غذای مصرفی خود را می توانند تبدیل به گوشت کنند. ضریب تبدیل غذایی انواع ماهیان پرورشی به طور متوسط ۱ کیلوگرم گوشت به ازای مصرف ۲ کیلوگرم غذا است، این مقدار برای خوک ۵ به ۱۲ و برای گاو ۱۲ به ۴۵

اســت و این در حالی اســت که با انتخاب روشــهای مختلف پرورش ماهی و با توجه به رژیم های غذایی متفاوت درماهیان، می توان در پرورش های توأم، از تمامی تولیدات لایه های آب اســتفاده کرده که موجب بالا رفتن تولید در واحد سطح خواهد شد.

۳- برخی از آبزیان پرورشی می توانند برای تامین نیازهای غذایی خود از مواد آلی پوسیده، مازاد غذایی انسان، و از همه مهمتر، تک سلولی های گیاهی و جانوران ریز آبی استفاده کنند. تولید تک ســلولیهای گیاهی (فیتوپلانکتونها)، و جانوران ریزآبی (زئوپلانکتونها) به راحتی از طریق دادن کود حیوانی یا کود آلی به آب انجام می گیرد.

۴- بســیاری از منابــع غذایی که در حال حاضر، به دلایلی نمــی توانند مورد مصرف غذایی آبزیان یک منطقه قرار می گیرند، می‌توانند برای تولید برخی از آبزیان پرورشی مصرف شوند. برای مثال از پلانکتونهــای گیاهی مناطــق جزر و مدی دریاهای جنوب می توان برای پرورش انواع مناســب صدف های پرورشی استفاده کرد.

۵- وزن مخصوص بدن ماهی و دیگر آبزیان شــناور تقریباً نزدیک به وزن مخصوص آب بوده از این رو انرژی زیادی برای شــناور کردن خود نیاز نداشــته و انرژی به دست آمده از طریق غذا را صرف رشد می کنند.

۶- پرورش ماهی اغلب در اراضی درجه‌ی ۳ غیرقابل اســتفاده در امر کشاورزی صورت می گیرد و یــا اینکــه از آب های داخلی مثل دریاچه های طبیعی و مصنوعی، رودخانه ها، آبگیر ها، آب بندها و پســاب ها تصفیه شده برای پرورش ماهی اســتفاده می شود که اختلالی در امر کشاورزی ایجاد نخواهد کرد.

۷- قابلیت زادآوری آبزیان بسیار بالاست برای نمونه ماهی تیلاپیا از مهمترین ماهیان آب شیرین پرورشــی در دنیا در یک سال در طول ۳ ماه دوره زادآوری تعداد ۲۰۰۰ بچه ماهی تولید می کند. هر ماهی سوف قرمز ماهی رودخانه ای پرورشی در طول یک سال در مدت سه هفته دوره زادآوری تعــداد ۳ میلیــون بچه ماهی تولید می کنــد. در حالیکه هر مرغ مادر در طول ســال در یک دوره زادآوری ۱۰۰ جوجه تولید می کند. هر خوک ماده حدودا ســالی ۱۲ بچه و هر گاو یک بچه تولید می کند.

۸- اهمیت و مزایای مصرف ماهی: ماهی از منابع بسیار خوب پروتئین محسوب می شود. پروتئین موجــود در گوشــت ماهی ازنظر کمیت و کیفیت قابل توجه اســت و بــه راحتی هضم و جذب می شــود. این پروتئین از ۲۰ نوع اسیدآمینه ساخته شــده است که ۱۰ نوع از این اسیدآمینه ها برای

بدن ضروری اســت و بدن قادر به ساخت آن نمی باشــد ولی گوشت ماهی هر ۱۰ نوع اسیدآمینه ضروری بدن را دارا می باشــد و به‌طور متوســط میزان پروتئین گوشت ماهی ۱۹ درصد است و به طور کامل جذب بدن می شود. همچنین ماهی حاوی ویتامین ها، مواد معدنی و چربی های مفید برای ســلامت اســت. مصرف ماهی نه تنها به حفظ سلامت قلب و جلوگیری از بیماری های قلبی کمک می کند بلکه مصرف آن توســط زنان باردار و شــیرده موجب تقویت بینایی و رشد بهتر مغز جنین می شود. ماهی دارای نوعی چربی مفید به نام اُمگا ۳ است که این نوع چربی سبب کاهش میزان تری گلیســیریدها، کاهش فشارخون، بهبود وضعیت کلسترول خون و سلامت قلب و عروق می شــود. ماهی دارای خواص ضدالتهابی بوده و موجب درمان التهاب، کاهش سردردهای میگرنی و کاهش دردهای عضلانی می شــود. ماهی و روغن ماهی برای بیماران دیابتی مفید است زیرا قند خون را افزایش نمی دهد و ماهی ســبب افزایش ظرفیت ذهنی می شــود و اثرات ســودمندی در پیشــگیری از آلزایمر و تخفیف علائم آنها دارد. گوشــت ماهی شامل ویتامین های K, E, D, B, A است که به اعمال حیاتی بدن ما کمک می کنند.

۹- در بســیاری از موارد در پرورش آبزیان، می توان از آب به صورت عبوری اســتفاده کرد، بدون اینکه افت چشــمگیری در میزان آن ایجاد شود. برای مثال برای پرورش انواع ماهی های سرد آبی مثل ماهی قزل آلا، از آب به صورت عبوری اســتفاده می شــود و پس از گذشــتن از کانال های پرورشــی، می توان از آن برای کشاورزی استفاده کرد. بدیهی است که چنین آبی، با توجه به مواد غذایی که از طریق مواد دفعی ماهی ها به آن افزوده می شــود، و یا مازاد مواد غذایی آن، برای کشــاورزی مناسب تر است، اگرچه ممکن است برای مصارف انسانی و یا صنعتی نامناسب بوده و نیاز به پالایش داشته باشد.

۱۰- میزان بهره برداری از آبزیان پرورشــی در واحد ســطح معمولا از تولیدات کشاورزی بیشتر است. در هر هکتار اســتخر آبزیان گرم آبی با توجه به مدیریت مناســب می توان ســالانه ۳ تا ۸ تن برداشت نمود. برای ماهیان سرد آبی این مقدار ممکن است ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم در متر مربع باشد.

۱۱- پروتئین آبزیان در مقایسه با سایر پروتئین های حیوانی، پر ارزش تر، مفید تر و قابل هضم تر است. بسیاری از منابع آبی وجود دارند که بلا استفاده مانده اند و از آنها می توان برای تولید ماهی یا سایر آبزیان اســتفاده کرد، بدون اینکه تغییر کمی یا کیفی چشمگیری در آنها به وجود آید. در سطح کشور به خصوص در اســتانهای شــمالی تعداد آبگیرهایی که از آنها اســتفاده های غیر از برداشت آب برای کشاورزی صورت نمی گیرد فراوان اند (۴).

۱-۲-۲ منابع آبی

بطـور کلـی منابع تأمین آب طبیعـی برای فعالیت های آبزی پروری بـه دو بخش عمده زیر قابل تقسیم هستند.

- آب های زیرزمینی شامل چشمه ها، قنات ها و چاه ها
- آب های سطحی شامل رودخانه، دریاچه پشت سدها، آب بندها و تالاب ها

از منابع آب مصنوعی نیز می توان به چاه، کانال انتقال و آب های برگشـتی (پسـاب های تصفیه شده) اشاره کرد.

۱-۲-۳ سیستم های پرورش آبزیان

این سیسـتم ها متناسب با میزان کاهش مهندسی، تراکم تولید (از فوق متراکم تا کشت گسترده) و هزینه ها و نهاده های اولیه (مانند غذا و آب ورودی) به ترتیب عبارتند از سیستمهای مداربسته، مزارع انفرادی و مجتمع های پرورشـی (اسـتخر های بتونی دراز) محیط های محصور (قفس های شـناور و محصور، پن یا سواحل محصور و کانا لهای آبرسـانی کشاورزی)، استخر های ذخیره آب کشـاورزی، استخر های خاکی و پرورش در زمین های شالیزار مخصوص کشت برنج. میزان تولید در واحد سـطح در این سیسـتم ها ۱۵۰ -۱۰۰کیلوگرم در مترمربع در سـال (در مداربسته) تا۲ کیلوگرم در مترمربع در سال (در شالیزار) متغیر است (۴).

۱-۲-۴ هدف های آبزی پروری

۱- تولید و تامین قسمتی از نیازهای پروتئینی اجتماع
۲- باز سازی و افزایش ذخایر آبزیان ارزشمند دریایی و رودخانه ای
۳- معرفی و جابجایی گونه های مناسب (آوردن گونه های مناسب پرورشی از سایر کشورها و یا نقل و انتقال گونه های موجود از محلی به محل دیگر برای پرورش)
۴- تولید ماهی برای صید ورزشی (صید ماهی با قلاب)
۵- تولید طعمه برای صیدهای تجارتی
۶- تولید ماهی و سایر آبزیان زینتی برای نگهداری در آکواریوم ها
۷- گرفتن مواد آلی موجود در فاضلاب ها پس از تصفیه آنها
۸- تولید مواد دارویی

۹- تولید مواد زینتی

۱۰- تولید غذای زنده برای آبزیان پرورشی با ارزش

در حـال حاضـر ۹۳٪ از کل آب مصرفی ایـران صرف آبیاری حدود ۸/۵ میلیـون هکتار از اراضی زراعی شـده و سهم بخش شـرب و صنعت به ترتیب ۱/۲ و ۵/۸ درصد می باشد. پتانسیل فاضلاب خانگی تولیدی در سـطح کشور بر اساس آخرین آمار (سال ۱۳۸۵) به تفکیک شهری، روستایی و کل به ترتیب معادل ۳۶۷۰، ۷۲۷ و ۴۴۰۰ میلیون متر مکعب در سـال می باشد. محاسبات نشان می دهند که بر اسـاس سناریوی معمول حجم پساب برگشتی در جوامع شهری و روستایی کشور در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۴۳۶۹، ۸۲۳ میلیون متر مکعب و در مجموع معادل ۵۱۹۱ میلیون متر مکعب در سـال و بر اساس سـناریوی مطلوب حجم پساب برگشتی در سال هدف در شهر ها و جوامع روسـتایی به ترتیب برابـر ۴۷۰۹ و ۱۱۱۳ و در مجموع ۵۸۲۲ میلیون متر مکعب خواهد بود. بر اسـاس گزارش های طرح جامع آب کشور کل آب مورد نیاز صنایع و معادن در سال ۱۳۸۰ برابر ۱۰۷۹ میلیون متر مکعب بوده که به تناسـب نوع صنعت در مجموع ۵۰۰ میلیون مترمکعب آب را در فرآیند تولید، مصرف و حدود ۵۷۹ میلیون مترمکعب آب به پسـاب تولیدی تبدیل شـده است. بررسی ها نشان می دهد که در سال ۱۴۰۰ آب مورد نیاز صنعت ۲۱۱۰ میلیون متر مکعب و میزان پساب تولیدی معادل ۱۰۸۸ میلیون مترمکعب خواهد بود (۲۱). بر اساس بررسی های به عمل آمده از کل آب تامین شـده در بخش کشـاورزی در سال حدود ۲۶/۸ میلیارد مترمکعب آب تولید شـده، که ۴۵ درصد سـطحی و مابقی زیرزمینی می باشد. پیش بینی می شود این مقدار در سال ۱۴۰۰ در صورت تحقق توصیه های مربوط به افزایش راندمان به رقم ۲۶/۲ میلیارد مترمکعب برسد (۱).

عوامل متعددی هستند که هم به صورت مثبت و هم به صورت منفی در گسترش تولید محصولات آبزی که بوسیله ی پساب تصفیه شده پرورش داده می شوند نقش دارند. بسیاری از مناطقی که در آنها پرورش آبزیان با پساب به صورت سنتی انجام می شده، به دلیل گسترش شهرنشینی، آلودگی آبهای سـطحی و گسترش آبزی پروری صنعتی با بازده بالاتر رفته رفته ناپدید شده اند. بسیاری از محصولات آبزی پرورش یافته با پسـاب در آسـیا تولید می شوند. اگرچه استفاده برنامه ریزی شده از پساب برای پرورش آبزیان کاهش یافته اما استفاده ی غیر برنامه ریزی شده از آب های آلوده در پروش آبزیان به صورت غیر بهداشتی در بسیاری از مناطق افزایش داشته است.

بنابراین اثرات زیان آور این فرآیندهای آبزی پروری باید به صورت دقیقی در برابر سود ایجاد شده

به خاطر این فعالیت ها در زمینه بهداشـت و محیط زیست سنجیده شود. در جاییکه آبزی پروری با اسـتفاده از پسـاب و فاضلاب در امنیت غذایی و شاخص تغذیه ای نقش دارد، شناسایی خطرات همـراه آن و تعریـف مخاطراتـی که این فعالیت ها برای گروه های آسـیب پذیـر دارند و طراحی اقداماتی در راستای کاهش این ریسک ها اهمیت فراوانی دارد (۲).

۲– هدف

هدف اولیه رهنمودها افزایش سـطح حفاظت بهداشـت عمومی و استفاده سودمند از منابع است، هـدف این راهنمـا ایجاد اطمینان لازم در مورد اینکه فعالیت های آبزی پروری با اسـتفاده مجدد پسـاب تا جاییکه ممکن است ایمن و سالم انجام می گردد تا نیازهای تغذیه ای جوامع تحت تاثیر آنها به صورت مناسب و گسترده ای برآورده گردد.

به منظور دسـتیابی به این اهداف، اسـتراتژی هایی هم نیاز اسـت تا انتقال بیماری های مدفوعی، بیمـاری های منتقلـه از ناقلین، بیماری های منتقلـه از تراماتودها و بیماری های ناشـی از مواد شـیمیایی به افراد دسـت اندر کار و خانواده هایشـان، جوامع محلی و مشتریان این محصولات به حداقل برسـد. این هدف با کاهش تماس انسـان با پاتوژن ها و مواد شیمیایی سمی در فاضلاب و جلوگیری از رشد و نمو ناقلین و میزبان های واسطه امکان پذیر است.

این رهنمود بر پایه اهداف بهداشتی شکل گرفته است که این اهداف یک سطح معینی از حفاظت را در جامعه در معرض خطر به عنوان هدف قرار می دهد. این سطح از سلامت با استفاده از ترکیب روش هـای مدیریتی مانند محدودیت تولید، کنترل تماس با انسـان و اهداف کیفیت میکربی آب قابل دستیابی است.

بنابراین رهنمود ها هم شامل اقدامات مناسب مدیریتی و هم تعیین کیفیت آب است.

این راهنما قصد دارد تا پایه ای برای استانداردها و مقررات به منظور مدیریت ریسک سلامتی ناشی از آبزی پروری با اسـتفاده از پسـاب تصفیه شـده ایجاد کند تا بتواند یک چهارچوب مناسب برای تصمیـم گیری در سـطح ملی و محلی فراهم کند. این راهنما هم بـرای فعالیت های آبزی پروری کنترل شـده با پسـاب تصفیه شده کاربردی اسـت و هم برای فعالیت های غیر کنترل شده آبزی پروری با آب های آلوده به مواد دفعی یک اهرم بازدارنده است.

این راهنما یک سیستم نظارتی را از نقطه ی تولید فاضلاب یا پساب، تا نقطه ی مصرف محصولات پرورش یافته با پسـاب تصفیه شـده فراهم می کند تا یک سـطح قابل قبولی از اسـتاندارد های

معقولانه را به منظور حفاظت از سلامت مردمی که محصولات تولید شده با پساب تصفیه شده را مصرف می کنند به وجود می آورد و در نهایت در تعیین اهداف سلامتی به کار می روند.

این راهنما در پاسخ به نیاز استفاده از فاضلاب تصفیه شده و آب خاکستری برای پرورش آبزیان در نتیجه کمبود منابع آبی شکل می گیرد، و مخاطبان آن شامل کارشناسان بهداشت محیط، محیط زیست، بهداشت عمومی، محققان، مهندسان، تصمیم گیرندگان کلان وکسانی است که مسئول گسترش، تدوین و به کار بستن استانداردها و مقررات می باشند.

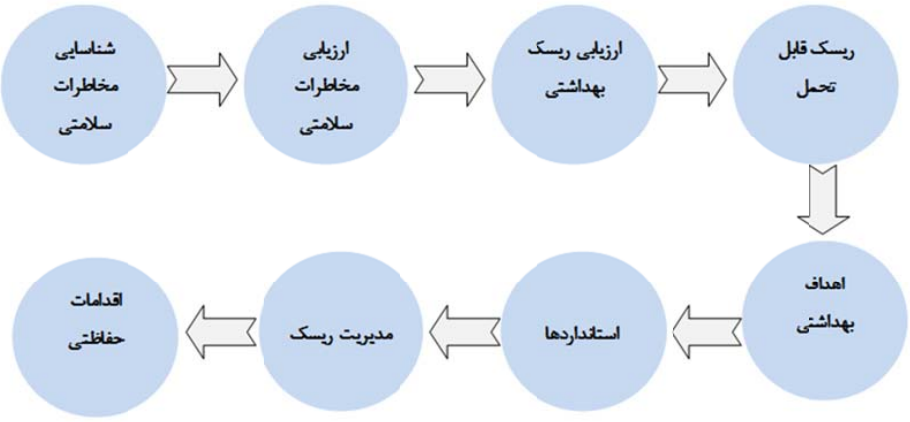
این مجموعه هم می تواند به عنوان دستورالعملی کاربردی برای واحد ها یا سیستم های طبیعی نظیر دریاچه های مصنوعی که در آنها فعالیت پرورش آبزیان با استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب انجام می گیرد مورد استفاده قرار گیرد، و هم می تواند برای استفاده مسئولین و کارشناسان تصفیه خانه های فاضلاب که پساب تصفیه شده این تصفیه خانه ها نهایتا جهت پرورش آبزیان مورد استفاده قرار می گیرد، مفید و موثر باشد. در حقیقت نواحی فعالیتی مشترک میان این دو حوزه را که به لحاظ عملکردی با یکدیگر ارتباط تنگاتنگ دارند را مورد پوشش و پشتیانی قرار می دهد (۲).

۳– روش شناسی دستیابی به راهنما

در گردآوری، ویرایش و به روزرسانی یک راهنمای ملی ضروری است در درجه نخست، یافته های علمی نو را در مورد عوامل بیماریزا و رفتار آنها، مواد شیمیایی، مطالعات همه گیرشناسی و دیگر فاکتور های مورد نظر شامل تغییرات در ویژگی های جمعیتی و اقدامات بهداشتی، روش های ارزیابی ریسک و مشکلات اجتماعی و فرهنگی مورد بررسی و توجه قرار گیرد.

این رهنمود یک چارچوب کلی را برای گسترش مقررات و استانداردها در زمینه ی خطرات میکربی مربوط به آب فراهم می آورد. این چارچوب شامل ارزیابی خطرات سلامتی پیش از تعیین اهداف آن، تعریف روش های کنترل و ارزیابی اثرات روش های تلفیقی آبزی پروری بر وضعیت بهداشت عمومی است. این چهارچوب انعطاف پذیر است و اجازه می دهد که خطرات بهداشتی که در نتیجه ی مواجهه ی میکربی که ممکن است از راه خوردن محصول آلوده یا تماس شغلی کارکنان با آب آلوده پیش می آید را شناسایی کرده و به حساب آورد. این نکته بسیار مهم است که ریسک های سلامتی ناشی از استفاده از پساب در پرورش آبزیان در متن توجه بار کلی بیماریهای ایجاد شده در جمعیت مصرف کننده قرار بگیرد.

این راهنما ملزومات مورد نیاز به منظور استفاده سالم از فاضلاب تصفیه شده در آبزی پروری شامل حداقل سطح تصفیه، اهداف ویژه بر پایه سلامتی و چگونگی استفاده از این ملزومات را تشریح می کند، همچنین روش ها و اقدامات انجام شده برای دستیابی به اهداف مبتنی بر سلامت جهت کاهش سطح میکربی ایمن به ویژه کاهش تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی را نیز نشان می دهد. برای رسیدن به یک راهنمای جامع و کاربردی به پارامترهای گوناگونی نیاز است که در شکل شماره (۱) به برخی از آنها اشاره خواهد شد:



شکل ۱- مراحل دستیابی به راهنما

۴- اصطلاحات و تعاریف

ناحیه حفاظتی: فضا یا زمینی که به منظور جلوگیری از مواجهه ی عموم مردم با خطرات مرتبط با پساب، منطقه تحت استفاده مجدد فاضلاب را از مناطق در دسترس عموم جدا می کند.

تالاب های مصنوعی: برکه های مهندسی ساز یا واحد های مخزن شکلی که به منظور تصفیه لجن با فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرد و شامل پوشش گیاهی پالاینده و گیاهان آبی است.

آنالیز هزینه- سود: آنالیز همه ی هزینه ها و همه ی سودهای یک پروژه را آنالیز هزینه- سود می گویند (پروژه هایی که همه ی منافع مورد نظر را همراه حداقل هزینه ها فراهم می کنند مطلوب هستند).

آلودگی زدایی: به پروسه انتقال ماهی ها و دیگر آبزیان پیش از مصرف به آب پاک جهت زدودن

و پالودن آلودگی های موجود در بدن آنها که پتانسیل انتقال میکروارگانیسم های پاتوژن را دارند می گویند.

تعداد سال های از دست رفته عمر (DALY): به تعداد روز های عمر از دست رفته ی یک جمعیت در نتیجه ی ابتلا یا مرگ در اثر بیماری را می گویند.

مواجهه: به تماس یک عامل شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی با سطح خارجی یک ارگانیسم (به عنوان مثال بوسیله نفس کشیدن، خوردن یا تماس پوستی) می گویند.

ارزیابی مواجهه: به تخمین کمی و کیفی اندازه، فراوانی، زمان و مسیر مواجهه با یک یا چند سطح آلوده می گویند.

مخاطره: به یک عامل بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی و یا رادیولوژیکی که پتانسیل آسیب رساندن به سلامتی انسان را داشته باشد می گویند.

هدف مبتنی بر سلامتی: یک سطح مشخصی از حفاظت بهداشت برای مواجهه ی مورد نظر را می گویند. این هدف می تواند براساس بار بیماری (به عنوان مثال 10^{-6} DALY به ازای هر نفر در سال یا نبود یک بیماری خاص مربوط به آن مواجهه) تدوین گردد.

ارزیابی اثرات بهداشتی: ترکیبی از مراحل، روش ها و ابزارهایی که بوسیله ی یک خط مشی، برنامه یا پروژه می توان اثرات بهداشتی یک جمعیت و توزیع این اثرات را در آن جمعیت ارزیابی و قضاوت کرد.

موانع چندگانه: به کاربرد بیش از یک اقدام پیشگیرانه برای مقابله با خطر را می گویند.

ریسک: به احتمال مخاطره ای که در جمعیت تحت مواجهه می تواند ایجاد آسیب کند می گویند.

مدیریت ریسک: بررسی سیستماتیک فاضلاب و شناسایی خطرات و ارزیابی آنها و گسترش و اجرای اقدامات پیشگیرانه به منظور کاهش اثرات احتمالی آن ریسک را مدیریت ریسک می گویند.

دوز جذبی روزانه ی قابل تحمل (TDI): مقدار مواد سمی که به صورت روزانه در طول یک عمر می تواند دریافت گردد بدون ایجاد هرگونه ریسک سلامتی.

خطر بهداشتی قابل تحمل: سطح معینی از خطر سلامتی ناشی از مواجهه خاص که بوسیله ی جامعه قابل تحمل باشد و برای تعیین اهداف سلامتی استفاده می گردد.

اعتبارسنجی: آزمودن سیستم و هر کدام از اجزاء آن به منظور تایید اینکه این سیستم توانایی برآورده ساختن اهداف تعیین شده (به عنوان مثال اهداف کاهش میکربی) را دارد. هنگامیکه یک سیستم جدید ایجاد یا یک فرآیند جدید به سیستم افزوده می گردد عملیات اعتبارسنجی باید

انجام گردد.

دوره ی بازدارنده: زمان لازم میان کاربرد فاضلاب یا پساب و برداشت محصول به منظور نابود ساختن و پاک سازی پاتوژن ها.

۵- دیگر مصارف پساب تصفیه شده ی فاضلاب

نمونه های دیگری از کاربردهای غیر آشامیدنی پساب شامل ایجاد برکه ها و دریاچه های شنا، ماهیگیری، قایقرانی و ایجاد وتلندها به عنوان زیستگاه های طبیعی است. آب مورد نیاز سیستم های استفاده مجدد از فرآیندهای تصفیه ثانویه ای که بوسیله ی فیلتراسیون ماسه ای و کلرزنی با دوز بالا تکمیل می شود تامین می گردد. برای حفظ جنبه های زیبایی شناختی قابل قبول و کنترل مناسب کف و جلوگیری از تخم ریزی بیش از حد حشرات مانند پشه ها فرآیندهای انعقاد شیمیایی، فیلتراسیون و ازناسیون می تواند مناسب باشد تا حدی که کیفیت پساب بازیابی شده باید برای رشد گونه های گیاهی و جانوری مورد نظر مناسب باشد.

۶- ملاحظات طراحی روش های مناسب تصفیه فاضلاب جهت کاربرد در آبزی پروری

علاوه بر ارگانیسم های مفید، فاضلاب خانگی خام می تواند دارای گستره ی وسیعی از میکروارگانیسم های بیماری زا باشد که عمدتا از طریق مدفوع افراد آلوده وارد آن شده اند و از راه دهانی- مدفوع قابل انتقال می باشد. بیشتر میکروارگانیسم های پاتوژنی که در فاضلاب تصفیه نشده یافت می شود به عنوان میکروارگانیسم های روده ای شناخته می شوند که می توانند در دستگاه گوارش زندگی کنند و سبب بیماری هایی مانند اسهال شوند. پاتوژن ها همچنین ممکن است در ادرار نیز یافت می گردند به عنوان نمونه شیستوزومیازیس ادراری، تب تیفوئید، لپتوسپیروزیس و عفونت های منتقله از راههای جنسی اشاره نمود. به هر حال این سه بیماری اول بروز نسبتا پایین تری نسبت به بیماری های مدفوعی دارند و عامل بیماری های منتقله از راه های جنسی نیز نمی توانند برای طولانی مدت در شرایط فاضلاب زنده بمانند. پس پاتوژن های ادراری اهمیت کمتری از لحاظ بهداشت عمومی دارا هستند.

میزان بقا پاتوژن ها در محیط های آبی به طول مدت گردش آنها در آب، میزان جابجایی، دما، محتوای رطوبت خاک، رطوبت هوا، تماس با نور خورشید، شیمی آب (شوری، pH و غیره) و وجود

شکارچی آن ارگانیسم ها در محیط بستگی دارد اما شدیداً از یک ارگانیسم نسبت به یک ارگانیسم دیگر متغیر است. مسیرهای اصلی انتقال بیماری های زاییده از آب در هنگام استفاده مجدد شامل بلع یا مصرف خوراکی آب یا محصول آلوده (آبزی) یا تماس دست آلوده با دهان و یا تنفس قطرات ریزه آب حاوی پاتوژن معلق است.

برکه های تثبیت و مخازن ذخیره و تصفیه فاضلاب، فرآیندهای کم هزینه ای هستند که پساب برآمده از آنها از نظر میکربی برای استفاده مجدد در آبزی پروری مناسب است. این برکه ها حوضچه های کم عمق و مصنوعی هستند که فاضلاب وارد شده به آنها در یک دوره چند روزه (به جای چند ساعت در سیستم های متعارف) با فرآیندهای طبیعی تصفیه گردیده به صورت یک پساب با کیفیت مناسب از آنها خارج می گردد. این سیستم های برکه ای شامل یک سری از برکه های بی هوازی، اختیاری و تکمیلی هستند که ممکن است دو یا چند سری از این برکه ها به صورت موازی کنار هم قرار بگیرند. در واقع برکه های بی هوازی و اختیاری برای حذف BOD طراحی شده و برکه های تکمیلی برای حذف عوامل بیماریزا طراحی می شوند. اگرچه در عمل مقداری از BOD در برکه های تکمیلی حذف می شوند از سوی دیگر مقداری از پاتوژن ها نیز در برکه های بی هوازی و اختیاری حذف می گردند اما کیفیت نهایی پساب این سیستم های تصفیه ای نهایتا به اندازه و تعداد برکه های تکمیلی بستگی دارد. استفاده از سیستم های برکه ای کاربرد پساب در آبزی پروری تا حدودی با روش های متناظر مورد استفاده کاربرد پساب در کشاورزی و آبیاری متفاوت است. در این روش همانطور که پیشتر گفته شد برکه های بی هوازی و اختیاری به صورت سری استفاده می شوند و پساب حاصل از برکه ی اختیاری به برکه های پرورش آبزیان وارد می شود.

به علاوه برکه های مورد استفاده برای پرورش آبزیان باید از لحاظ اجزاء شیمیایی که می توانند در بدن ماهی ها به صورت زیستی انباشته شوند و یا در زنجیره ی غذایی به صورت زیستی افزایش یابند پایش شوند. در این مورد وتلندها بوسیله ی فرآیندهای جذب طبیعی که توسط گیاهان انجام می شوند می توانند سبب بهبود کیفیت پساب گردند (۵ و۶).

استفاده از برکه های تثبیت برای پرورش ماهی تغذیه شده با فاضلاب، توسط بسیاری از کارشناسان پیشنهاد شده است. عمده ی کشاورزان پرورش دهنده ماهی با فاضلاب در کشورهایی نظیر هند به طور کلی برای پرورش ماهی از فاضلاب خام استفاده می کنند. این عمل نه تنها غیر بهداشتی بلکه مضر است. اما فاضلاب تجزیه شده یا ناقص تجزیه شده سرشار از نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم

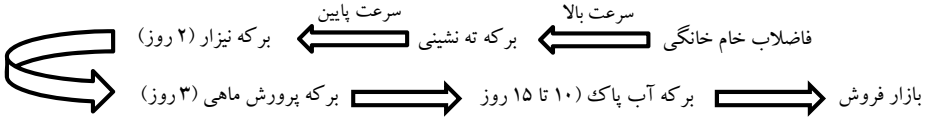
اســت. این مواد مغذی همراه با قلیائیت کافی تا حد زیادی به بهره وری بالا در برکه های پرورش آبــزی کمک می کند و به همین دلیل در بســیاری از موارد کشــاورزان تمایل دارند برای پرورش آبزیان از فاضلاب خام اســتفاده کنند. حوضچه های تغذیه شده با فاضلاب برای پرورش تخم کپور و تیلاپیا و همچنین کشت آنها تا اندازه ی مشخص کاربرد دارند.

برکه های پرورش نیاز به افزودن کود به صورت دســتی دارند که این کارهر ماه انجام می شــود و برای این کار می توان از کودهای دامی و مرغی وکودهای شیمیایی استفاده کرد. در بعضی موارد به جای کود از فضولات انسانی به صورت فاضلاب در مقادیر کنترل شده و محدود استفاده می کنند.

جنبه های منفی استفاده از فاضلاب برای پرورش آبزیان

- فاضلاب تصفیه نشده شامل بار بالایی از مواد آلی و غیر آلی و گازهای سمی است. از طرف دیگر محتوای اکسیژن محلول آن بسیار کم است.
- اســتفاده از فاضلاب خام در استخرهای پرورش ماهی، شــانس ورود عفونت و آلودگی را به بدن انســان از طریق ماهی افزایش می دهد. اما با اقداماتی می توان این احتمال را پایین آورد: (اســتفاده از پســاب تصفیه شده به جای فاضلاب خام و نگهداری ماهی ها ۲-۳ هفته پیش از مصرف در برکه های آب پاک و تمیز)

مراحــل مختلف یــک تصفیه خانه فاضلاب بــا کمک پرورش ماهــی Aquaculture (ASTP) Sewage Treatment Plant.



پرورش علمی آبزیان باید بوســیله پساب تصفیه شــده انجام گیرد. اما ماهیان مقاوم نظیر تیلاپیا و برخی از ماهیان خانواده کپور می توانند در برکه های اکسیداســیون اولیه که نوســانات اکسیژن و مواد سمی در آن زیاد هست نیز رشد و پرورش یابند.

اما کپور معمولی باید در برکه تثبیت (اکسیداســیون ثانویه) که فاضلاب تصفیه شده با نرخ کنترل شده وارد شده و رقیق می گردد پرورش یابد (۷).

غلظت بهینه نیتروژن در برکه ماهی نباید از $4\ gr/m^2$ بیشــتر باشــد زیر نیتروژن بیش از حد نیز ســبب رشــد بیش از حد جلبک ها و جرم ســلولی شــده و می تواند باعث کاهش اکسیژن درشب

هنگام و مرگ ماهی ها گردد.
زمانیکه غلظت کلیفرم های مدفوعی از ۱×۱۰^{۴} در ml۱۰۰ بیشتر می شود می تواند باعث انباشت باکتری در گوشت خوراکی ماهیانی مانند تیلاپیا گردد بنابراین پیشنهاد می گردد غلظت این باکتری ها از این میزان کمتر باشد که این استاندارد بوسیله برکه های تثبیت معمول قابل دستیابی است.
برکه های پرورش ماهی بر اساس بارگذاری سطحی نیتروژن طراحی شده و سپس بوسیله ی کلیفرم مدفوعی کنترل می گردد، تا حاوی بیش از ۱۰۰۰ کلیفرم مدفوعی نباشد که استاندارد WHO برای استفاده مجدد از پساب در آبزی پروری است. بارگذاری بهینه ی نیتروژن در برکه های پرورش ماهی بر اساس نیتروژن کل برابر ۴ kg در هکتار در هر روز است.
افزایش مواد مغذی در فاضلاب بازیابی شده ممکن است سبب شکوفایی جلبکی شود که این پدیده می تواند باعث ایجاد یوتریفیکاسیون و شرایط ناخوشایند در برکه ها و حوضچه های پرورشی گردد. نیتروژن خیلی زیاد سبب افزایش جرم سلولی جلبکی شده که ریسک اکسیژن زدایی برکه در شب را به همراه دارد و منجر به مرگ ماهی و در نتیجه کاهش تولید محصول می گردد. به منظور حفظ بارگذاری ۴ kg نیتروژن در هکتار بر روز در برکه های آبزی پروری تعیین میزان حذف نیتروژن کل در برکه ی اختیاری ضروری است (۵ و ۶).
علاوه بر برکه های تثبیت پساب تمامی فرآیند های تصفیه ثانویه مانند لجن فعال، فیلترهای چکنده، لاگون های هوادهی و کانال های اکسایش را نیز با قرار دادن یک یا چند مرحله وتلند می توان برای مقاصد مختلف آبزی پروری استفاده کرد (۸).
اندازه برکه های پرورش آبزیان میتواند تا ۴۰ هکتار نیز باشد. همچنین عمق برکه ها کم و ۰/۵ تا ۱/۵ متر است، که به طور معمول در پنج مرحله مورد کشت قرارمی گیرند.

۱- آماده سازی برکه
۲- غنی سازی نخستین
۳- ماهی دار کردن برکه
۴- غنی سازی مجدد
۵- برداشت ماهی

آماده سازی برکه

فرآیند آماده سازی معمولا در فصل زمستان انجام می شود، زیرا رشد ماهی های گرمابی در این

فصل از سایر فصول کندتر است. استخرها زهکشی، پاک سازی، شخم ودر برابر نور خورشید خشک می شوند. علف ها و گیاهان آبزی جهت حفاظت از این پشته ها در برابر فرسایش، پناهگاه ماهیان در برابر گرما و شـکارچیان، جذب فلزات سـنگین از پساب وتامین اکسیژن لازم برای رشد ماهیان از طریق فتوسنتز در کنارهای برکه و پشته های خاکی رشد داده می شوند.

غنی سازی اولیه

پس از آماده سـازی برکه، فاضلاب پیش تصفیه شـده از طریق ورودی وارد برکه می گردد و اجازه می دهند به مدت ۲۰-۱۵ روزبماند تا تثبیت گردد. خود پالایی پساب در حضوراکسیژن اتمسفریک و نور خورشید رخ می دهد. در اثر فعالیت جلبک ها و انجام فتوسنتز رنگ آب برکه کاملا سبز شده و برکه آماده ورود ماهی می باشد.

ماهی دار کردن برکه

در این مرحله گونه های ماهی مقاوم در برابر اکسـیژن محلول کم و گرما نظیر انواع ماهی کپور را می توان جهت پرورش وارد برکه کرد.

غنی سازی مجدد

پـس از ماهـی دار کردن برکه ها، در طول دوره ی کشـت در فواصـل زمانی معین ۱۰-۱٪ از آب حوضچـه با پسـاب پیش تصفیه شـده جدید جایگزین می گـردد. در حوضچه هـای بزرگتر این جابجایی می تواند با ایجاد ورودی و خروجی به صورت همزمان و پیوسته صورت گیرد.

برداشت ماهی

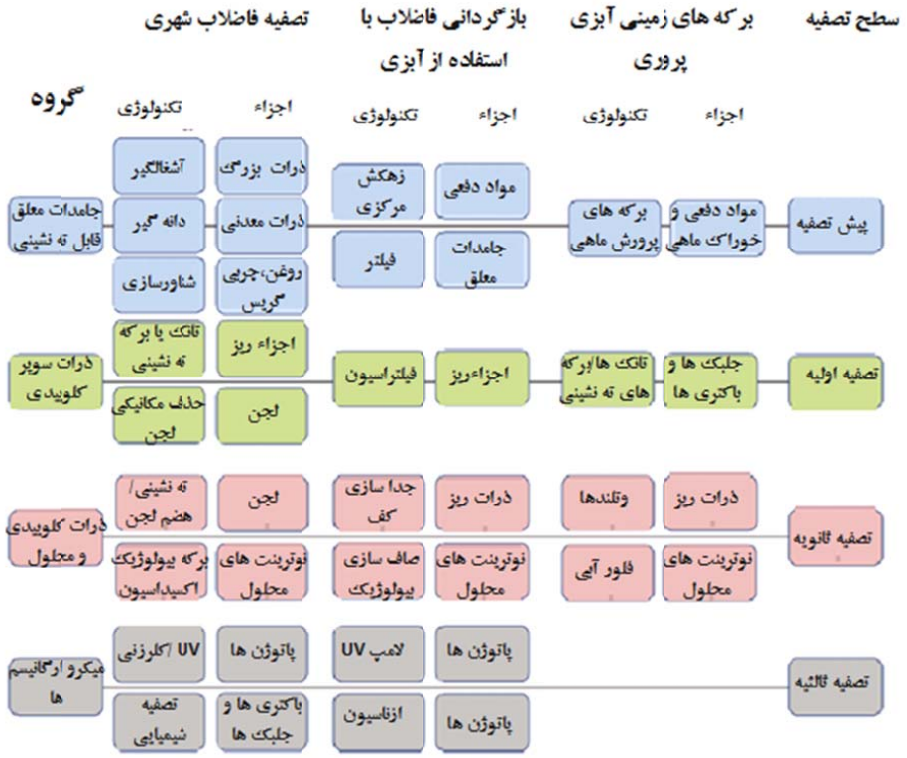
در نهایت پس از دوره ی کشت می توان ماهی های پرورش یافته را صید کرد.

نکته: در این نوع پرورش ماهی به دلیل وجود مواد مغذی در پسـاب عملا نیازی به خوراک مکمل وجود ندارد، مگر در زمان سـیلاب و فصل بارندگی که غلظت مواد مغذی در پسـاب تا حدی رقیق می گردد، برای رشد بهتر می توان از خوراک مکمل استفاده کرد. همچنین ارتباط مستقیمی میان مواد مغذی پسـاب ورودی و غلظت اکسیژن محلول در برکه و راندمان تولید ماهی در این برکه ها وجود دارد (۷).

حداکثر تولید فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون باعث حفظ ازت کل در محدوده ۸-۶ mg/l و یا معادل ۳/۵ -۴/۸ mg/l آمونیـاک در فاضلاب می شـود و آنرا بـرای ورود به برکه ی پرورش ماهی آماده می سـازد. بازده تولید ماهی در برکه های پرورش یافته بـا فاضلاب ۲ تا ۴ برابر برکه های معمول می باشد و این به خاطر وجود مواد مغذی در پساب فاضلاب هاست.

یک سیسـتم تصفیه فاضلاب با آبزی پروری شـامل یکسری برکه های گیاه پالایی است (شکل ۲) کـه در آنهـا برای حذف مواد مغذی و BOD از جلبک ها و نی ها اسـتفاده می گردد و در مرحله بعد برکه های پرورش ماهی و به دنبال آن برکه های پاک سـازی و پالایش ماهی قرار می گیرند. برکه های گیاه پالایی می توانند فاضلاب را که تصفیه اولیه را گذرانده و جامدات قابل ته نشینی آن جدا شده است را بپذیرد. حداکثر BOD را که می توان به کمک این سیستم های طبیعی تثبیت کرد، ۱۵۰-۱۰۰ mg/l می باشـد، در نتیجه زمانی که مقدار BOD بیش از این مقدار است پیش بینی و طراحی و ساخت یک برکه بی هوازی پیش از برکه های نی دار لازم است. پس از ته نشینی و عبـور برکه بی هوازی و برکه های نی دار غلظت BOD به ۲۲-۱۸ میلی گرم بر لیتر می رسـد که استاندارد تخلیه به آب های طبیعی را رعایت می کند و می توان آن را وارد برکه های پرورش ماهی کرد و از این پسـاب برای پرورش ماهی بهره برد. برکه های ماهی در اینجا نقش برکه های اختیاری را بازی می کند که اکسـیژن لازم خود را بوسیله فتو سنتز جلبک ها و ماکروفیتها تامین مـی کند. این جلبک ها به صورت پمپ های مواد مغذی عمل کرده و مانع از یوتریفیکاسـیون در منابـع آبی می گردد. این گونه برکه های تثبیت بار باکتریایی و باکتریوفاژها را به ترتیب به میزان ۳-۲ و ۴-۳ لوگ کاهش داده و بار آلی را به میزان ۱۰۰ kg/ha/d کاهش داده و میزان کلیفرم ها را در زمان ماند ۲۴ ساعت تا ۴ لوگ کاهش می دهند.

یکی از مشکلات بهداشتی عمده این سیستم ها آالودگی محصولات به میکروارگانیسم ها و یا تجمع آفت کش ها و فلزات سنگین در پیکر آبزیان است (۹).



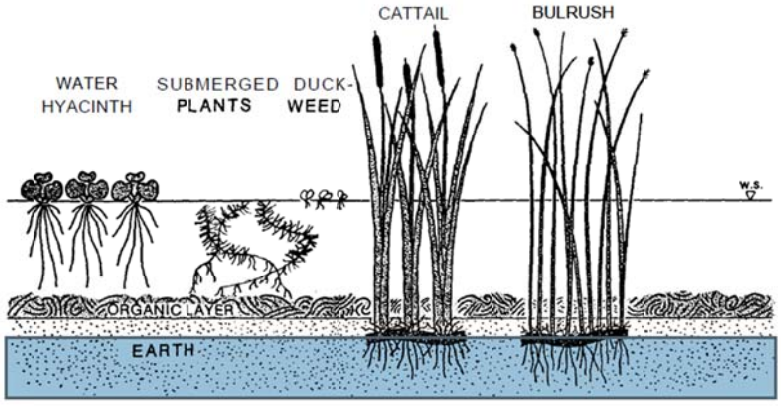
شکل ۲- مراحل اصلی تصفیه فاضلاب وآبزی پروری خاکی با سیستم گردشی

در شـکل شـماره (۲) مراحل اصلی تصفیه آبزی پروری خاکی به صورت یک دیاگرام نمایش داده شده است که در این شکل آیکون های آبی نشان دهنده گزینه های پیش تصفیه، آیکون های سبز نشـان دهنده سـطح تصفیه اولیه، آیکون های قرمز نشان دهنده سطح تصفیه ثانویه و آیکون های خاکستری نشان دهنده سطح تصفیه ثالثیه در این گونه از سیستم ها می باشد.

از ایـن گونه سیسـتم ها همزمان بـرای پرورش ماهی قزل آلا و میگـو و تصفیه فاضلاب می توان استفاده کرد (۱۰).

وتلندهـا به دلایل زیادی برای تصفیه فاضلاب ها مناسـب و مفید هسـتند. گونه های مختلفی از گیاهان آبزی و پلانکتون ها هسـتند که می توانند مواد مغذی فاضلاب ها را جذب کرده و رشـد نماینـد و خـود می توانند خوراک لازم جهت پرورش آبزیان دیگر را فراهم کنند. در قسـمت های ریشـه و ساقه بعضی از این گیاهان میکروارگانیسم هایی وجود دارند که خود می توانند به صورت

مستقیم مواد آلی موجود در فاضلاب را تجزیه نموده و سبب کاهش BOD فاضلاب گردند. وتلندها می توانند با فرآیند های مختلفی چون جذب و فیلتراسیون ریشه و ساقه گیاهان و همچنین جذب و تعویض یون بوسیله رسوبات کف وتلند بسیاری از آلاینده های فاضلاب را حذف نمایند. گونه های مختلف گیاهی می توانند در وتلندها رشد و پرورش یابند مانند: سنبل آبی (Water Hyacinth)، علف های هرز شناور بر سطح آب (Duck weed)، انواع مختلف نی ها، گیاهان ریشه دار و پلانکتون ها که در شکل شماره (۳) به برخی از آنها در محیط های آبی اشاره شده است (۲).



شکل ۳- برخی از گیاهان رشد یافته در سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب و پرورش آبزیان

در جدول شماره (۲) میزان کاهش برخی از پارامترهای آلودگی بوسیله ی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب ارائه شده است.

جدول ۲- راندمان حذف اجزاء مختلف به کمک وتلندها (۱۱).

آلاینده	درصد حذف
BOD_5	۷۰-۹۶
مواد معلق	۶۰-۹۰
نیتروژن	۴۰-۹۰
فسفر	فصلی

بر اساس داده های بدست آمده از یک واحد تصفیه فاضلاب با آبزی پروری در هند مشخص گردید که سطح اکسیژن محلول در این واحد پس از ۴ روز از mg/l ۱به بیش از mg/l ۵، غلظت COD در روز ششم از mg/l ۳۵۰ به mg/l ۵۰، TSS در روز پنجم از mg/l ۳۵۰ به mg/l۱۸۰ و BOD پس از ۶ روز از mg/l۱۸۰ به mg/l ۲۰ رسیده است (۱۱). بازده حذف برکه های تثبیت در آلاینده های مختلف به صورت کامل در جدول شماره (۳) ارائه گردیده است.

جدول ۳- گزارش عملکرد برکه های تثبیت در کاهش آلودگی (۸).

منبع (۲۴-۲۷°C)	زمان ماند (روز)	BOD_5 (mg/l)	جامدات معلق (mg/l)	کلیفرم مدفوعی (در ۱۰۰ ml)	تخم نماتد روده ای (در لیتر)
فاضلاب خام	-	۲۴۰	۳۰۵	$۴/۶ \times ۱۰^{۷}$	۸۰۴
پساب					
برکه ی بی هوازی	۶/۸	۶۳	۵۶	$۲/۹ \times ۱۰^{۶}$	۲۹
برکه ی اختیاری	۵/۵	۴۵	۷۴	$۳/۲ \times ۱۰^{۵}$	۱
برکه ی تکمیلی اول	۵/۵	۲۵	۶۱	$۲/۴ \times ۱۰^{۴}$	۰
برکه ی تکمیلی دوم	۵/۵	۱۹	۴۳	۴۵۰	۰
برکه ی تکمیلی سوم	۵/۸	۱۷	۴۵	۳۰	۰

۷- بررسی قابلیت استفاده از پساب در آبزی پروری و شیلات

بر اساس دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی (WHO) پساب مورد استفاده برای استخرهای پرورش ماهی باید عاری از تخم انگل بوده و تعداد کلیفرم مدفوعی در آنها بیش از ۱۰۰۰ عدد در هر ۱۰۰ میلی لیتر نباشد. بعضی از نماتدها از جمله کلونورکیس و شیستوزوما از جمله انگل هایی هستند که در استفاده از این منابع برای آبزی پروری ایجاد محدودیت می کنند.

در استفاده از پساب های شهری در آبزی پروری، مهمترین عامل محدود کننده کلیفرم، فکال کلیفرم و تخم انگل نماتد است. در صورت تامین استانداردهای بهداشتی امکان استفاده از این منابع در این بخش مقدور بوده ولی نیاز به پایش دقیق محصولات تولیدی و پساب ورودی به برکه دارد. در زمینه استفاده از زهاب های کشاورزی در آبزی پروری با توجه به استانداردهای سختگیرانه سموم و علف کش ها، مهمترین عامل محدودیت زا بوده که استفاده از این منابع را با محدودیت روبرو می سازد. در زمینه فاضلاب های صنعتی با توجه به کیفیت این منابع وجود فلزات سنگین، ترکیبات شیمیایی و نوسانات شدید با توجه به استانداردهای سختگیرانه سموم و علف کش ها،

مهمتریـــن عامـــل محدودیت زا بوده که اســـتفاده از این منابع را با محدودیت روبرو می ســـازد. در زمینه فاضلاب های صنعتی با توجه به کیفیت این منابع وجود فلزات ســـنگین، ترکیبات شیمیایی و نوسانات شدید pH و قلیاییت، برای استفاده در آبزی پروری توصیه نمی گردد (۱).

۸– برکه های پرورش

۸-۱ گونه های پرورشی ماهی و سایر آبزیان

محققـــان بهترین گونه ماهی جهت تولید اقتصادی در سیســـتم آکوآپونیک را تیلاپیا دانســـته اند، بعـــد از ایـــن گونه، گونه‌های گربه ماهی، ماهی بس، قـــزل آلای رنگین‌کمان، کپور معمولی، کوی و گلدفیش را مناسب پرورش در این سیستم عنوان نموده اند.

آبزی پروری شـــامل پرورش انواع مختلف آبزیان جانوری و گیاهی در محیط های آبی می باشـــد. همانگونه که کشـــاورزی عبارت اســـت از تولید، عمل آوری و عرضه محصولات حاصله از کشـــت و کار بر روی زمین، کشـــتاب ورزی نیز شـــامل تولید، عمل آوری و عرضه تولیدات غذایی حاصله در محیط های آبی است. به طور کلی می توان گفت که آبزی پروری شامل پرورش و تولید انواع آبزیان خوراکی، زینتی، دارویی و صنعتی در آبهای شور، نیمه شور، و شیرین است.

برکه های پرورش متداولترین روش برای پرورش گونه های مختلف می باشد که به صورت تجاری برای پرورش گونه های گرمابی و بعضی از گونه های سردابی به کار می رود. در این برکه ها علاوه بر تغذیه طبیعی انواع مختلف تغذیه های ترکیبی نیز می تواند انجام گردد. این سیستم های برکه ای با سیستم جریان گردشی که کیفیت آب در آنها بوسیله جایگزینی آب حفظ می گردد تفاوت دارند زیرا این سیســـتم ها عمدتا ثابت هســـتند و بر فرآیندهای طبیعی برای پاک سازی آب تکیه دارند. دراین سیستم ها گونه های بیولوژیکی موجود در آنها بر زائدات محلول عمل کرده و آنها را تثبیت و تجزیه می کنند و زائداتی که ته نشین می گردند در رسوبات کف مورد تجزیه قرار می گیرند.

به طور کلی آبزیان پرورشی در مرحله اول به دو گروه عمده گیاهان و جانوران آبزی تقسیم می شوند.

۸-۱-۱ گونه های پرورشی گیاهی

گیاهان آبزی خود به دو زیر گروه گیاهان تک ســـلولی یا فیتوپلانکتون ها، و گیاهان پر ســـلولی یا جلبک ها تقســـیم می شـــوند. همانگونه که قبلا نیز اشاره شـــد، پرورش گیاهان آبزی تنها از چند دهه قبل آغاز شـــده است. ظاهرا پرورش گیاهان پر سلولی زودتر از گیاهان تک سلولی شروع شده

اســت. از گیاهان تک سلولی پرورشی عمدتا برای تغذیه نوزاد سخت پوستان، نرم تنان، و ماهی ها اســتفاده می شــود. نوزاد سخت پوستان و بیشــتر گونه های ماهی های پرورشی، تغذیه از محیط خارج را با خوردن فیتوپلانکتون ها آغاز می کنند. برخی از این نوزادان به اندازه‌ای کوچک هستند که در مراحل اولیه تغذیه چیزی جز گیاهان تک سلولی را نمی توانند بخورند. حتی زئوپلانکتون ها یا جانوران ریز شــناور در آب نیز برای آنها درشــت هستند. در کارگاه های تکثیر و پرورش سخت پوستان و نرم تنان، پرورش فیتوپلانکتون ها در درجه اول اهمیت قرار دارد. امروزه پرورش گیاهان تک سلولی به طور متراکم، در سطوح بزرگ، و برای تولید انبوه این گیاهان انجام می گیرد. تولیدات حاصلــه را پس از خشــک کردن به مصرف تغذیه آبزیان می رســانند و یا بــرای تهیه مواد غذایی، دارویی و بهداشتی مورد نیاز انسان به کار می برند.

پــرورش گیاهان پر ســلولی یا جلبــک ها ی آبی نیز در برخی از کشــورها به صــورت انبوه انجام می گیرد. در کشــورهای آسیای جنوب شرقی و خاور دور از این گیاهان برای تهیه غذا، تولید مواد دارویی و زینتی و نیز خوراک دام اســتفاده می شــود. جدول شماره (۴) برخی از گیاهان آبزی که در مناطق مختلف جهان پرورش داده می شوند را نشان می دهد. آگار که برای تهیه محیط کشت میکربی مورد اســتفاده قرار می گیرد، و نیز آلجینات که برای قالب گیری دندان در دندان پزشکی مصرف می شود، از گیاهان دریایی درست می شوند. در ساختن بسیاری از انواع شامپوها، صابونها و سایر مواد بهداشتی نیزاز گیاهان آبزی استفاده می شود (۱۳).

جدول ۴- برخی از گیاهان آبزی که جهت استفاده خوراکی مستقیم و غیر مستقیم پرورش داده می شوند (۱۳).

نام متداول	نام علمی	ویژگی ها
Alligtor weed	Alternanthera philoxeroides	شناور و مشکل ساز است و مسیر های آبی را می بندد.
Duckweed family	Lemna spp, Wolffia spp, Spirodela spp	رشد بالایی دارند و غنی از پروتئین، قند و چربی هستند.
Water hyacinth	Eichornia crassipes	شناور و مشکل ساز است و آبراه ها را می بندد. نرخ تولید بالایی دارد (۳۰۰۰۰۰ – ۱۵۰۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار در سال) ضریب تبدیل خوراکی آن ۵۰ – ۴۵۰ است.
Water lettuce	Pistia stratiotes	خوراکی است.
Water spinach	Ipomoea aquatica	برای انسان خوراکی و بسیار لذیذ است. نرخ رشد بالایی دارد و می تواند سطح آب بندها و برکه ها را بپوشاند.
Water fern family	Azolla spp	در ۱۰ – ۳ روز می تواند دو برابر شود، سرشار از پروتئین و فیبر است و قند آن اندک است (۱۵۰ تن بر هکتار در سال)

۸-۱-۲ گونه های پرورشی جانوری

الف: تقسیم بندی تجارتی

ب: تقسیم بندی اکو لوژیک یا بوم شناسی

ج: تقسیم بندی از نظر شوری آب

د: تقسیم بندی از نظر نوع مصرف

الف- تقسیم بندی تجارتی

از نقطـه نظر سـاختار بدن، آبزیان پرورشـی به دو گروه بـزرگ آبزیان باله دار که شـامل تمامی ماهی های پرورشـی است، و آبزیان پوسته دار یا صدف دار شامل تمامی سخت پوستان و نرم تنان تقسـیم می شوند. کفه نرم تنان، و پوسـت سخت و کیتینی سخت پوستان را به طور کلی پوشش سخت می گویند. بنابراین انواع ماهی های پرورشی جزء باله داران پرورشی، و انواع میگو، شاه میگو (لابستر)، خرچنگ، صدف های خوراکی، صدف های مروارید ساز و حلزون ها، از نقطه نظر تقسیم بندی تجارتی جزء آبزیان صدف دار هستند.

ب- تقسیم بندی اکولوژیک یا بوم شناسی

از نقطه نظر شـرایط زیست محیطی به ویژه درجه حرارت محیط که عامل بسیار مهم و موثری در پرورش و تولید انواع مختلف آبزیان است، آبزیان پرورشی را به دو گروه عمده سرد آبی و گرم آبی تقسیم می کنند.

۱) آبزیان سرد آبی:

آبزیان پرورشـی سـرد آبی آن گروه از آبزیان هسـتند که درجه حرارت مناسب برای پرورش آنها بین ۱۰ تا ۱۸ درجه سلسـیوس اسـت. برای اینکه در این آبزیان تولید گامتهای جنسی (تخمک و اسپرماتوزوئید) به خوبی صورت می گیرد، در طول فصل سرد درجه حرارت محیط زیست آنها باید به ۸ درجه سلسـیوس برسـد. برای مثال در کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا که یکی از انواع آبزیان سرد آبی است، اگر درجه حرارت آب در زمستان به ۸ درجه سلسیوس یا کمتر نرسد، رشد و نمو تخم به خوبی انجام نمی گیرد. اگر دمای آب در طول سال از ۱۲ درجه سلسیوس سردتر نشود، اصولا تخم قابل تکثیر تولید نمی شود.

درجه حرارت مناسب برای رشد اقتصادی ماهی قزل آلای رنگین کمان ۱۷ درجه سلسیوس است.

در این دما ماهی قزل آلا حداکثر رشـد و سـود دهی را خواهد داشت. اگر درجه حرارت آب تا ۲۰ درجه افزایش یابد، به شـرطی که اکسـیژن کافی در دسترس ماهی باشـد، رشد و نمو آن در حد نسبتا مطلوب ادامه می یابد.

انواع سـخت پوستان و صدف های پرورشی سرد آبی نیز وجود دارند، ولی عمدتا پرورش انواع گرم آبی آنها در سطح جهان رواج یافته است. بسیاری از گونه های صدف های پرورشی نیز وجود دارند که امکان پرورش آنها، هم در آبهای سـرد و هم در آبهای گرم وجود دارد. بدیهی اسـت رشد و نمو این صدف ها در آبهای گرمتر سریع تر، و ارائه به بازار آنها زودتر انجام می گیرد.

۲) آبزیان گرم آبی:

آبزیان گرم آبی به آن دسـته از آبزیان گفته می شود که بهترین رشد و نمو آنها در گرمای تقریبی آب ۲۵ درجه سلسیوس صورت می گیرد. بدیهی است این آبزیان می توانند دمای آب تا ۳۰ درجه سلسـیوس را تحمل و به خوبی رشـد و نمو کنند، مشـروط بر این که اکسیژن محلول در آب از ۷ میلی گرم در لیتر کمتر نباشد.

از نظر اقتصادی بهترین گرمای آب برای رشد و نمو هرچه بیشتر انواع کپور ماهیان پرورشی دمای ۲۵ درجه سلسیوس است، ولی از نظر فعل و انفعالات زیستی، بهترین درجه حرارت برای این دسته ماهیها ۲۲ درجه سلسیوس می باشد.

ماهی های گرم آبی عمدتا وقتی گرمای آب به حدود ۲۰ درجه سلسیوس می رسد، شروع به تخم ریزی می کنند. مناسب ترین گرما برای تخم ریزی، رشد و نمو جنین و نیز تولید لارو و بچه ماهی مناسب، حدود ۲۲ تا ۲۴ درجه سلسیوس است، هرچه درجه حرارت از این حد بالاتر رود، سرعت رشـد و نمو جنین و نوزاد تندتر می شـود. و در نتیجه احتمال ایجاد نوزاد های ناقص، و بالا رفتن درصد مرگ و میر آنها افزایش می یابد. در دمای کمتر از ۲۲تا ۲۴ درجه سلسیوس سرعت رشد و نمو جنینی و نوزادی کندتر است. اگر آب خیلی سردتر از حد مطلوب باشد، باز هم درصد مرگ و میر جنین و نوزاد ها زیادتر می شود.

کلیـه میگوهـا، صدف ها و ماهی های قابل پرورش آبهای خلیـج فارس و دریای عمان جزء آبزیان پرورشی گرم آبی تقسیم بندی می شوند.

ج- تقسیم بندی از نظر شوری آب

آبزیان پرورشـی بدون توجه به انواع تجارتی و درجه حرارت مناسب رشد و نمو آنها، از نظر شوری

مناسب آب معمولا به ۲ گروه تقسیم می شوند:

۱) آبزیان آبهای شیرین:

آبزیان آب شـیرین به گروهی از آبزیان پرورشـی گفته می شود که مراحل رشد و نمو و تولید مثل آنها منحصرا در آب شیرین انجام می گیرد. انواع کپور ماهیان چینی (کپور معمولی، کپور نقره ای، کپـور علـف خوار و کپور سـرگنده)، انواع ماهی های قزل آلای پرورشـی، خرچنگ آب شـیرین، خرچنگ مرداب انزلی، و انواع صدف ها و حلزون های پرورشی آب شیرین جزء این گروه به حساب می آیند.

برخی از این آبزیان منحصرا با زندگی در آب شـیرین سـازش یافته اند و تنها می توانند نوسـانات بسـیار کم شـوری آب را تحمل کنند. برای مثال ماهی کپور علف خوار، کپور نقره ای و کپور سـر گنده فقط می توانند آبهای شـوری را تحمل کنند که نوشـیدن آنها برای انسان غیر ممکن نباشد. در صورتی که ماهی های کپور معمولی و قزل آلا قادر هستند در آبهای نسبتا شور که میزان نمک آنها ۱۰۰۰۰-۱۷۰۰۰ mg/l می باشد رشد و نمو کنند.

۲) آبزیان آبهای شور:

آبزیان آبهای شور به آبزیانی گفته می شود که مراحل رشد و نمو آنها در آب شور دریاها انجام گیرد.

د- تقسیم بندی از نظر نوع مصرف

از نظر مصرف انسانی نیز آبزیان پرورشی را می توان به ۶ دسته تقسیم بندی کرد:

۱) آبزیان خوراکی:

به کلیه ماهیها، نرم تنان، سـخت پوستان و گیاهان آبزی که به منظور مصرف خوراکی برای انسان پرورش داده می شوند، آبزیان خوراکی گفته می شود.

۲) آبزیان زینتی:

به آن دسـته از آبزیان که به منظور اسـتفاده زینتی پرورش داده می شـوند، آبزیان زینتی گفته می شود. ماهی های آکواریومی، صدف های مروارید ساز و مرجان ها از این گروه هستند.

۳) آبزیان دارویی و بهداشتی:

بـه کلیه آبزیانی که به منظور اسـتفاده های دارویی یا بهداشـتی پرورش داده می شـوند، آبزیان پرورشـی دارویی گفته می شـود. برخی از انواع گیاهان آبزی برای مصارف دارویی مانند تهیه آگار برای ایجاد محیطهای کشت میکربی، تهیه مواد اولیه قالب گیری در دندانپزشکی و مصرف در تهیه

شامپو، صابون و سایر مواد بهداشتی پرورش داده می شوند.

۴) آبزیان غذایی:

پرورش گروه عمده ای از آبزیان آبهای شـیرین و شـور، به منظور تولید غـذا برای پرورش آبزیان خوراکی، انجام می گیرد. انواع غذاهای زنده مانند انواع تک سلولی های گیاهی، آغازیان، کک آبی یا دافنی، گوشوارک یا آرتمیا، انواع ماهی های ریز و... در این گروه قرار دارند.

۵) تولید طعمه:

پـرورش انواع ماهی، خرچنگ و برخی از نرم تنان به منظور تهیه طعمه برای صید های تجارتی و یا صید های ورزشی متداول است.

۶) تولید نوزاد و بچه انواع آبزیان تجارتی:

این تولید به منظور افزایش ذخایر طبیعی کاهش یافته، و کمک به تولید مثل طبیعی، در مواردی کـه به دلیل عوامل طبیعی یا انسـانی میزان تولیدمثل و افزایش ذخایـر از طریق طبیعی محدود اسـت، صورت می گیرد. سالانه میلیون ها عدد بچه ماهی سفید، انواع ماهیان خاویاری، ماهی آزاد و ماهی های سـوف، سـیم، کلمه و کپور توسـط شـیلات ایران تولید و برای این منظور در دریای مازندران رها می شود.

۸-۲ آبزیان پرورشی کشور

اگرچـه در چند دهـه اخیر اقداماتی برای پرورش انواع میگوهای پرورشـی، و نیز پرورش برخی از انواع صدف ها از طریق آب دریا و همچنین آبهای سـطحی لب شـور به عمل آمده است که عمدتا محدود به مناطق سـاحلی جنوب ایران بوده اسـت، اما در حال حاضر، ماهی ها، عمده ترین آبزیان پرورشـی کشـور را تشکیل می دهند. گونه های مختلف آبزیان که در حال حاضر در ایران پرورش داده می شوند و گونه هایی که در حال تحقیق و بررسی جهت پرورش می باشند، در جدول شماره (۵) ارائه شده است.

جدول ۵- وضعیت پرورش آبزیان در ایران

ردیف	وضعیت پرورش فعلی	گروه	نام آبزی
۱	در حال پرورش	گرم آبی	ماهی کپور معمولی
۲	در حال پرورش	گرم آبی	ماهی کپور علف خوار
۳	در حال پرورش	گرم آبی	ماهی کپور نقره ای
۴	در حال پرورش	گرم آبی	ماهی کپور سرگنده

ادامه جدول ۵- وضعیت پرورش آبزیان در ایران

ردیف	وضعیت پرورش فعلی	گروه	نام آبزی
۵	در حال بررسی و پرورش	گرم آبی	ماهی کفال
۶	در حال بررسی و پرورش	گرم آبی– سرد آبی	ماهی سفید ۱
۷	در حال بررسی	گرم آبی– سرد آبی	ماهی های خاویاری ۲
۸	در حال بررسی	گرم آبی	ماهی بنی
۹	در حال بررسی	گرم آبی	ماهی شیربت
۱۰	در حال پرورش	سرد آبی	ماهی قزل آلای رنگین کمان
۱۱	در حال بررسی	گرم آبی	میگوی بزرگ آب شیرین
۱۲	در حال بررسی	گرم آبی	میگوی بزرگ ببری
۱۳	در حال بررسی و پرورش	گرم آبی	میگوی ببری سبز خلیج فارس
۱۴	در حال پرورش	گرم آبی	صدف مروارید

۸ -۲-۱ گونه های پرورشی کپور ماهیان

۸-۲-۱-۱ کپور معمولی COMMON CARP (نام لاتین: Cyprinus carpio)

ماهی کپور پرورشی همه چیز خوار و به طور کلی کفزی خوار می باشد. در سال اول پرورش (بهار و تابستان) از پلانکتونهای جانوری تغذیه می نمایند ولی به تدریج به تغذیه جانوران کفزی می پردازد غذای طبیعی این ماهی لارو حشرات، نرم تنان کفزی و در اواخر سال دوم پرورش (پائیز) مقداری غذای گیاهی نیز مصرف می نمایند. این ماهی از غذای دستی شامل سبوسها، غلات و کنجاله ها نیز به آسانی استقبال میکند و به ماهی اهلی شده معروف است و در آبهای شیرین و نسبتا گرم زندگی می کند در مناطق معتدله در سن دو سالگی به بلوغ جنسی می رسد و در شرایط مناسب تغذیه ای در این سن به وزن ۱ الی ۱/۵ کیلو گرم می رسد.

۸-۲-۱-۲ کپور نقره ای (ماهی فیتوفاگ- آزاد پرورشی)
SILVER CARP (نام لاتین: Hipophthalmichthys molitrix)

این ماهی ها بطور کلی از پلانکتونهای گیاهی (گیاهان میکروسکوپی) تغذیه می نماید. در بدو امر از پلانکتون های جانوری نیز تغذیه می کند. جایگاه اصلی این ماهی در سیبری و چین (رودخانه آمور) می باشد ولی بدلیل رشد سریع، زندگی گله پذیری، امکان تکثیر مصنوعی و کیفیت مطلوب گوشت بعنوان مطلوب ترین ماهی پرورشی جهان معرفی و در تمام جهان تکثیر و پرورش داده می شود. در مناطق گرمسیر و معتدل ماهی نر در سن دو سالگی و ماهی ماده در سن سه سالگی بالغ می شود و در این سن و در شرایط تغذیه مطلوب وزن این ماهی ۳-۲ کیلوگرم خواهد شد.

۸-۲-۱-۳ کپور سرگنده BIG HEAD
(نام لاتین: Aristichthys nobilis)

این ماهی در بدو امر از پلانکتونهای جانوری (جانوران میکروسکوپی) تغذیه می نماید و به مرور همراه با پلانکتون های جانوری درشت از پلانکتونهای گیاهی درشت نیز تغذیه می نماید. جایگاه اصلی زندگی این ماهی در سیبری و چین (رودخانه آمور) بوده ولی بدلیل کیفیت بسیار مرغوب گوشت، رشد بسیار سریع، امکان تکثیر مصنوعی و قابلیت گله پذیری در کلیه استخرها و منابع آبی پرورشی جهان گسترده شده است، در مناطق گرمسیر و معتدل سن بلوغ جنسی این ماهی در نوع نر ۴-۳ ساله و در نوع ماده آن ۵-۴ ساله می باشد.

۸-۲-۱-۴ ماهی آمور یا سفید پرورشی GRASS CARP (نام لاتین: Ctenopharyngodon idella)

ایـــن ماهی در بدو امر از پلانکتونهای جانوری و ســـپس گیاهی و جلبکهای ریســـه ای تغذیه کرده و بصـــورت مـــرور از گیاهان آلی نیز اســـتفاده می کند. جایگاه اصلی زندگی این ماهی در ســـیبری و چین (رودخانه آمور) بوده ولی بدلیل کیفیت بســـیار مرغوب گوشـــت، رشد بسیار سریع و امکان علوفه زدایی کانالها و رودخانه ها بصورت بیولوژیک در تمامی جهان پخش و انتشـــار یافته اســـت. در مناطق گرمســـیر و معتدل ماهی نر در ســـن ۳-۲ سالگی و ماهی ماده در سن ۴-۳ سالگی بالغ می شـــود و در این ســـن و در شـــرایط تغذیه مطلوب وزن این ماهی به ۳ الی ۴ کیلوگرم می رسد.

۸-۲-۱-۵ نیازهای زیستی کپور ماهیان

الـــف- آب مهمترین نیاز زیســـتی کپور ماهیان آب اســـت که ازمنابع مختلفی نظیر چاه، چشـــمه، رودخانه و قنات تامین می شود. آب مورد استفاده برای پرورش درطول دوره باید از کیفیت مناسبی برخوردار باشد، ضمن اینکه به ازای هر هکتار سه تا پنج لیتر در ثانیه آب لازم است.

ب- اکســـیژن محلول آب ورودی اســـتخر باید از میزان اکسیژن مناســـبی بر خوردار باشد. بهترین مقدار اکسیژن محلول در آب پنج تا شش میلی گرم در لیتر است ومقدار آن نباید از دو میلی گرم در لیتر کمتر شود.

ج- درجه حرارت دمای مناســـب آب برای پرورش کپور ماهیان ۱۸ تا ۲۵ درجه سلســـیوس اســـت و نباید حداکثر از ۳۰ درجه سلســـیوس تجاوز کند. بدیهی اســـت هر چه درجه حرارت آب استخر در طول دوره پرورش به دمای ۲۵ درجه سلســـیوس نزدیکتر باشـــد، طول دوره کوتاهتر خواهد بود وماهی ها زودتر به وزن مورد نظر خواهند رسید.

د- pH (اسیدیته) آب در دامنه هفت تا هشت برای کپور ماهیان مطلوب است.

ج- میزان ســـختی مناســـب آب برای پرورش ماهی در حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم باشد.

و- خاک زمین مورد اســتفاده برای اســتخرهای پرورش کپور ماهیان خاکی اســت و باید از بافت مناسبی به این منظور برخوردار باشد.

مکان یابی با توجه به این که ســرمایه اصلی احداث کارگاه ماهیان گرم آبی، مکان مورد نظر است، بنابرایــن باید برای انتخاب محل احداث کارگاه دقت زیادی به کاربرد تا در آینده مشــکلی متوجه ســرمایه گذار نشــود. برای این منظور مکان مورد نظر از ابعاد مختلفی مورد بررسی قرار می گیرد که به شرح آن می پردازیم.

۱- پستی و بلندی

محل مورد نظر باید از وضعیت توپوگرافی مناســبی برخوردار باشــد تا از هزینه های خاکبرداری و تســطیح تا حد امکان کاســته شــود، ضمن اینکه به گونه ای قرار گرفته باشــد که آب بر روی آنها ســوار باشــد و پر و خالی کردن استخرها به راحتی از طریق ثقل صورت گیرد. شکل هندسی زمین مورد نظر نیز از اهمیت بالایی برخوردار اســت تا طراحی اســتخرها، کانال ها و تاسیسات در آنها به راحتی صورت پذیرد.

۲- بافت خاک

خاک محل مورد نظر باید به گونه ای باشد که قدرت نگهداری آب را در حد مناسبی داشته باشد، چراکــه درغیر این صورت آب اســتخرها مدام کاهش پیدا می کنــد و احتیاج به آب ورودی زیادی خواهد داشت. البته زمینهایی را که قدرت نگهداری آب در آنها کمی پایین است، می توان با اضافه کردن مقداری خاک رس اصلاح کرد. خاک مناســب برای این منظور باید دارای حداقل ۲۵ درصد خاک رس باشد.

۳- اقلیم منطقه

آب و هوا به عنوان یکی از عوامل اساســی در زمینه پرورش ماهیان گرم آبی اســت و این دســته از ماهیــان به آب و هــوای معتدل تا گرم عادت دارند، بنابراین منطقه مــورد نظر باید درجه حرارتی درحدود ۱۷ تا ۲۵ درجه سلســیوس داشــته باشد. هر چند این دســته از ماهیان (بخصوص کپور معمولــی) از مقاومــت بالایی در برابر کاهش یا افزایش دما برخوردارنــد، اما باید به این نکته توجه کرد که سوددهی در امر پرورش زمانی حاصل می شود که ماهیها از بالاترین سرعت رشد برخوردار باشــند که این کار مســتلزم وجود شــرایط اقلیمی مناسب است (رشــد درمحدوده دمایی بالاتر از ۲۵درجه و پایین تر از ۱۸ درجه نیز صورت می گیرد که کند اســت و شــرایط اپتیمم برای پرورش نیست). همچنین باید توجه کرد که در منطقه مورد نظر تعداد روزهای آفتابی بالا باشد چرا که نور

خورشید یکی از عوامل مهم در حاصلخیزی استخرهاست.

۴- منبع آبی

از دیگر عامل های اساسی در انتخاب محل مورد نظر است. منبع آبی می تواند رودخانه، چشمه، چاه و قنات و غیره باشد. در این زمینه باید توجه کرد که منبع آبی مورد نظر دائمی و نوساناتش چندان زیاد نباشد. معمولا ظرفیت کارگاه را بر اساس پایین ترین مقدار آب ورودی به کارگاه طراحی کنند، همچنین باید توجه کرد که منبع آبی مورد نظر فاصله زیادی از محل احداث کارگاه نداشته باشد.

۵- امکانات و ارتباطات مکان مورد نظر باید از امکاناتی نظیر آب بهداشتی، برق و تلفن برخوردار باشد، همچنین به راه های ارتباطی اصلی دسترسی داشته باشد تا بتوان به راحتی برای خرید بچه ماهی، غذا و در طول دوره پرورشی تردد کرد. دوری از منابع آلوده کننده نظیر کارخانجات صنعتی و شیمیایی، دامپروری های بزرگ، باغ ها و زمین های کشاورزی که امکان آلودگی دارند نیز از عوامل مهم در مکان یابی است.

۸-۲-۱-۶ نیازهای غذایی کپور ماهیان

الف- تغذیه کپور نقره ای و سرگنده

برای فراهم آوردن شرایط تغذیه ای مناسب جهت این دسته از ماهیان تنها روش مناسب کوددهی وحاصلخیز کردن آب استخرها از لحاظ وجود زی شناوران گیاهی و جانوری است. کوددهی ابتدا سبب رشد زی شناوران گیاهی و متعاقب آن موجب رشد و ازدیاد زی شناوران جانوری می شود. زی شناوران گیاهی مورد استفاده کپور نقره ای و زی شناوران جانوری مورد استفاده کپور سرگنده قرار می گیرد.

ب- تغذیه کپور علفخوار (آمور)

این گونه از ماهیان پرورشی گیاهخوار است و از گیاهان عالی مستقر در کناره سطح استخرها تغذیه می کند. از آنجا که در شرایط مصنوعی امکان رشد این گیاهان به طورگسترده وجود ندارد یا بسیار محدود است، لذا غذای این دسته از ماهیها از بیرون از استخر تهیه می شود و به مصرف تغذیه ای آنها می رسد. معمولا منبع گیاهی مورد تغذیه شبدر و یونجه یا علوفه های خشک یا تر است که از بین آنها بهترین غذا شبدر و یونجه است.

تغذیه فعال این ماهی از وزن پنج گرم به بالاست وتا قبل از این وزن از زی شناوران موجود در

استخرها تغذیه می کند. نکته قابل توجه اینکه دمای ۲۰ درجه سلسیوس بهترین شرایط تغذیه ای برای ماهی آمور است و بهتر است در وزنهای پایین از گیاهان تازه و ترد جهت تغذیه استفاده شود. برای جلوگیری از پراکنده شدن علوفه در سطح آب استخرها از چارچوبهای چوبی استفاده می شود. این قابها روی آب شناورند وعلوفه را در خود نگهداری می کنند. میزان علوفه اضافه شده به استخر باتوجه به وزن ماهیان موجود در استخر محاسبه می شود. این مقدار باید به میزانی باشد که ظرف پنج تا هشت ساعت در قاب چوبی چیزی نمانده و همه به مصرف ماهی رسیده باشد، باتوجه به این نکته که غذای گیاهی از ضریب تبدیل بالایی برخوردار است و در محاسبه غذادهی حتما مورد توجه قرار می گیرد.

ج- تغذیه کپور معمولی

کپور معمولی از موجودات حاضر در بستر استخرها نظیر کرم، حلزون، لارو حشرات و توده های گیاهی و جانوری استفاده می کند و همان طور که قبلا نیز گفته شد، تنها گونه موجود در استخر می باشد که برای تغذیه آن از غذای دستی کنسانتره (پلت) استفاده می شود. این نوع غذاها شامل موادی چون: آرد گندم، آرد جو، کنجاله سویا، سبوس گندم، کنجاله آفتابگردان، کنجاله پنبه دانه، حبوبات، ارزن، سورگم، آرد ماهی،آرد غلات، آرد علوفه، پودر کربنات کلسیم و مکملهای معدنی و ویتامینی است که به نسبتهای مختلف با هم ترکیب شده اند.

نکته قابل توجه در تغذیه انواع کپور ماهیان چینی این است که در غذا دهی ماهیان باید مقدار و دفعات غذادهی مد نظر قرار گیرد، بطوری که در سنین پایین که اندازه ماهیها کوچکتر است، غذا دهی بیشتر و مقدار غذا نیز نسبت به وزن ماهیها بیشتر است که این نسبت با رشد ماهی ها تغییر می کند. بهتر است برای تغذیه ماهیها مکان ثابتی را در نظر گرفت چراکه کپور ماهیان به مکان غذادهی عادت پیدا می کنند. اصول کوددهی در استخرهای پرورشی کوددهی به استخر های پرورشی به منظور حاصلخیزی آب هر ۱۰ تا ۱۴ روز یک بار صورت می گیرد و تشخیص آن به این نحو است که دست را تا آرنج درون آب فرو می برند، اگر انگشت ها دیده شد کوددهی انجام می گیرد. از آنجا که کودهای متفاوتی به این منظور مورد استفاده قرار می گیرد، ابتدا به معرفی آنها می پردازیم:

الف- کودهای آلی

این دسته از کودها شامل کودهای حیوانی نظیر کود گاو، کود گوسفند، کود مرغی و پساب تصفیه شده در برکه های تثبیت است که مصرف آنها ساده و قیمتشان ارزان است و در عین حال مفیدند.

از آنجا که کود قابل دسترسی معمولا کود گاو است، چگونگی مصرف آن تشریح می شود، البته مصرف سایر کودها نیز شبیه آن است. برای جلوگیری از آلودگی و کاستن لجن بستر استخر بهتراست شیرابه کود مورد استفاده قرار گیرد (۱۴).

جدول۶- برخی از انواع کودهای آلی و معدنی که برای تغذیه ی برکه های پرورشی به کار می روند (۷۶).

نوع کود	نرخ کاربرد	توضیحات
کود آلی:	۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار در ماه	برای برکه های جدید پیش از پر شدن در صورت امکان ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار در ماه
کود گاوی	۲۲۴-۱۱۲ کیلوگرم بر هکتار در ماه	-
کود مرغی		
کود معدنی:	۶۰ کیلوگرم بر هکتار در ماه	در دو مرحله در ماه به کار رود
سوپر فسفات سه گانه (TSP)	۴۰۰-۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار در ماه	در دو مرحله در ماه به کار رود
سولفات آمونیوم (AS)	۲۳۸-۱۳۳ کیلوگرم بر هکتار در ماه	در چهار ماه متوالی به صورت ماهانه به کار رود
مخلوط TSP و AS		

۸-۲-۱-۷ اکسیژن مورد نیازکپور ماهیان

هرچند که کپور ماهیان چینی از مقاومت بالایی در برابر کاهش میزان اکسیژن برخوردارند، ولی برای رشد و تغذیه مطلوب آنها فراهم آوردن وضعیت مناسب از لحاظ اکسیژن ضروری است. نیاز اکسیژنی انواع کپور ماهیان کمی با هم متفاوت است، در وضعیت کمبود اکسیژن در استخرهای پرورشی، کپور سر گنده و نقره ای بیشترین حساسیت را از خود نشان می دهند و به سطح آب می آیند؛ اما ماهی آمور مقاوم تر است. همچنین کپور معمولی از بیشترین مقاومت در این زمینه برخوردار است.

۸-۲-۱-۸ منابع تامین اکسیژن در استخرهای پرورش

الف) طبیعی

این شیوه ورود اکسیژن خود شامل چند روش است: روش اول شامل تماس مستقیم هوا با سطح آب است که به علت کم بودن اکسیژن آب نسبت به هوا، اکسیژن به آب وارد می شود. روش دوم از آب ورودی به استخرهای پرورشی است، یعنی همراه با ورود آب تازه مقداری اکسیژن به استخرها وارد می شود. روش سوم فتوسنتز (شامل فعالیت زی شناوران گیاهی موجود

درآب) اســت، بــه این ترتیب که در هنگام روز با نفوذ نور خورشــید به آب، زی شــناوران گیاهی فعــال می شــوند و با عمل فتوســنتز اکســیژن آزاد می کننــد و به تدریج بر اکســیژن دهی خود می افزایند. در هنگام ظهرکه بیشــترین نور خورشــید به آب می رســد بالاترین مقدار اکســیژن توســط این زی شــناوران وارد آب می شــود، بلعکس در هنگام شــب همین زی شناوران مصرف کننــده اکســیژن می شــوند و در صورت تراکم بیــش از حد آنها وگیاهان عالی در آب، اســتخرها در شــب با کمبود اکســیژن مواجه می شــوند که گاهی منجربــه تلفات ماهیها خواهد شــد. ب) مصنوعی دراین روش برای اکســیژن دار ساختن آب اســتخر از وسایل مختلفی استفاده می شود.

۸-۲-۲ گونه های پرورشی قزل آلا

۸-۲-۲-۱ قزل آلای رنگین کمان

این ماهی در آبهای ســرد و غنی از اکســیژن زندگی می کند این ماهی بومی سواحل اقیانوس آرام و آمریکای شــمالی اســت و در سال ۱۸۸۰ به اروپا آورده شد و به تدریج به نقاط مستعد در سراسر دنیا معرفی شــد. بدن این ماهی پوشــیده از خال ســیاه ستاره ای شکل اســت و ماهیان دارای دو نوار به صورت رنگین‌کمان در دو طرف ســطح بدن می باشند. نام علمی آن Onchorhynchus mykiss و از خانواده Salmonidae می باشد. زمان تخم ریزی این ماهی از ماه دی تا اردیبهشت ماه است وزن ماهی قزل آلا در شرایط طبیعی در بعضی دریاچه ها به ۹ کیلوگرم می رسد. به نظر می رســد که بهترین شرایط رشد در شرایط طبیعی در دریاچه های کم عمق با سنگ های آهکی و pH کم قلیایی دارد.

۸-۲-۲-۲ ماهی قزل آلای خال قرمز

این ماهی وابسته به آبهای کوهستانی است و از لحاظ شکل و رنگ بسیار متنوع است و وجه تمایز آن با قزل آلای رنگین‌کمان وجود خال های قرمز نارنجی می باشد. ماهی آزاد دریای خزر وابستگی نزدیکــی بــا قزل آلای خال قرمز دارد. اندازه ماهی خال قرمز وابســتگی بــه محیط و میزان غذای طبیعی دارد و به ندرت از ۴۵ ســانتیمتر تجاوز می کند. تخم ریزی در پاییز و اوایل زمســتان روی بســتر شــنی باجریان کند آب انجام می گیرد. این ماهی گوشت خوار است و غذای اصلی آن انواع سخت پوستان، لارو حشرات و ماهیان ریز می باشد و در نزدیکی بستر رودخانه زندگی می کند و از این لحاظ با ماهی قزل آلای رنگین‌کمان که بیشتر وابستگی به سطح آب دارد متمایز است. تغذیه

ماهی قزل آلای خال قرمز با غذای دستی با مشکل همراه است و بازده غذایی آن کمتر می باشد. ماهی قزل آلای خال قرمز نسبت به کیفیت وکمیت آب نیز از قزل آلای رنگین کمان حساستر است در حال حاضر بومی رودخانه های جنوب دریای خزر در دامنه های البرز و بعضا رودخانه های داخل کشور در دامنه های زاگرس می باشد.

۸-۲-۲-۳ شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب آب جهت پرورش قزل آلا

الف) دما

دمای مناسب جهت پرورش قزل آلا ۱۸-۱۲ درجه سلسیوس می باشد. البته مناسب ترین دما برای پرورش این ماهی ۱۵ درجه سلسیوس است. دمای بالاتر و پایین تر از این محدوده باعث کاهش رشد می شود و دمای بالاتر از ۲۴ درجه موجب تلفات می گردد.

ب) pH

pH مناسب جهت پرورش قزل آلا ۸/۶-۴/۸ می باشد، pH خارج از این محدوده باعث تلفات می شود.

ج) اکسیژن محلول

میزان اکسیژن محلول در آب به فاکتورهای متعددی از جمله ارتفاع، دما، شوری و... بستگی دارد ولی در هر حال اکسیژن آب نباید کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر باشد. جهت افزایش اکسیژن محلول راههای متعدد وجود دارد از جمله استفاده از هواده ها که امروزه انواع مختلف داشته و عملکردهای متعدد دارند.

د) شوری

به طور کلی افزایش شوری آب موجب کاهش درجه اشباع اکسیژن می شود. به این جهت آب های خیلی شور برای پرورش ماهیان قزل آلا مناسب نیستند.

ه) شفافیت

قزل آلا ماهی است شکارچی و گوشتخوار به همین دلیل شفافیت آب تاثیر بسزایی در رشد آن دارد به عبارت دیگر ماهی باید غذای خود را ببیند تا آنرا بخورد. به طور کلی در پرورش قزل آلا شفافیت باید تا کف استخر تامین شده باشد و میزان مواد معلق آن باید کمتر از ۳۰ میلی گرم در لیتر باشد.

۸-۲-۲-۴ منابع آب جهت پرورش قزل آلا

ماهی قزل آلا به طرق مختلف و در منابع آبی مختلف پرورش داده می شود. چشمه ها، رودخانه ها، قنوات و چاه های کشاورزی از مهمترین منابع پرورش قزل آلا در کشور می باشد (۱۴).

۸-۳ پارامترهای تاثیرگذار بر برکه های پرورش آبزیان

در اکوسیستم های آبی روابط پیچیده ای میان چرخه های فیزیکی و بیوشیمیایی وجود دارد. معیارهای کیفیت آب برای حفاظت از زندگی آبزیان ممکن است تنها به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی محدود گردد.

پارامترهای کیفیت آب که به طور سنتی مورد توجه هستند مانند: اکسیژن محلول (چون ممکن است باعث مرگ ماهی در غلظت های پایین شود) و همچنین فسفات، آمونیوم و نیترات (چرا که ممکن است تغییرات قابل توجهی در ساختار اکوسیستم های آبی در مقادیر بیش از حد بوجود آورد). فلزات سنگین و بسیاری دیگر از مواد شیمیایی مصنوعی نیز می توانند توسط موجودات زنده جذب شوند و در صورتی که متابولیزه و یا دفع نشود، ممکن است در بافت های موجودات تجمع یابند. برخی از آلاینده های سرطان زا نیز می توانند بر تولید مثل و رشد و نمو آبزیان نیز اثرگذار باشند. در زمان تدوین معیارهای حفاظت از زندگی آبزیان، به طور ایده آل باید اطلاعات کامل در مورد سرنوشت مواد شیمیایی دربدن موجودات زنده و اثرات در معرض قرار گرفتن آنها جمع آوری گردد (۱۵).

۸-۳-۱ اکسیژن محلول

اکسیژن محلول به عنوان یکی از مهم ترین جنبه آبزی پروری در نظر گرفته می شود. ماهی برای تنفس و انجام فعالیت های متابولیک به اکسیژن محلول نیازمند است. بنابراین کمبود اکسیژن محلول اغلب با حوادث مرگ ماهیان در محیطهای آبی در ارتباط است. از سوی دیگر، سطح مطلوب اکسیژن می تواند منجر به رشد خوب، در نتیجه عملکرد تولید بالا می گردد. به طور کلی، حداقل سطح اشباع لازم اکسیژن ۵ میلی گرم بر لیتر است (جدول ۷).

مقادیر پایین تر از این می تواند استرس غیر ضروری بر ماهی وارد کرده، و رسیدن سطح آن به کمتر از ۲ میلی گرم بر لیتر (اما برای برخی از گونه کمتر از۳ میلی گرم بر لیتر) ممکن است به مرگ منجر شود.

جدول ۷- حداقل غلظت اکسیژن و غلظت بهینه ی اکسیژن برای گونه های مختلف

گونه	غلظت مطلوب mg/l	توضیح
ماهی تیلاپیا	> ۵ ۳-۴	بهینه قابل تحمل
ماهی قزل آلا	۱۰ ۵	نرمال در دمای ۱۵ درجه سلسیوس حداقل
ماهی های سردابی	> ۶	حداقل
ماهی سالمون	> ۸/۵	بهینه
سخت پوستان گرمابی	> ۵	در غلظت های پایین تر از ۵ چند ساعت زنده می ماند
ماهی کپور	> ۵ ۳-۴	بهینه قابل تحمل
ماهی های گرمابی	> ۵ > ۱/۵ > ۱ > ۰/۳	بهینه برای چندین روز زنده می ماند برای چندین ساعت زنده می ماند حد کشنده
گربه ماهی	۲-۳ > ۰/۵	بهینه برای ماهی های بالغ در کوتاه مدت زنده می ماند
خرچنگ مردابی قرمز	> ۱ > ۲	در کوتاه مدت زنده می ماند بهینه
میگوی ونامی	۶-۱۰	بهینه
میگوی پانیید	Low DO ۰/۷-۱/۴	بهینه حد کشنده

مقدار مصرف اکسیژن بسته به اندازه، سرعت تغذیه، سطح فعالیت و گونه ی پرورشی متفاوت است. با توجه به حضور مقادیر قابل توجه مواد آلی و جلبک ها در پساب خروجی از برکه های تثبیت و برکه های پرورش آبزیان با پساب، گونه های گرمابی مانند کپور ماهیان، تیلاپیا و گربه ماهی بدلیل توانایی بالاتر رشد در شرایط کمبود اکسیژن بیشتر در سیستم های پرورش ماهی با پساب پرورش داده می شوند. شرایط فیزیکی نظیر مانند دما، ارتفاع و شوری همچنین می توانند بر سطح اکسیژن تاثیرگذار باشد. جدول ۸ همبستگی بین دما، شوری و حلالیت اکسیژن را نشان می دهد. این جدول نشان می دهد که با افزایش دما و شوری، حلالیت اکسیژن در آب کاهش می یابد (۱۶).

۸-۳-۲ دی اکسیدکربن

به دلیل رشد و سوخت و ساز شدید ماهی ها درون سیستم، دی اکسیدکربن ممکن است افزایش

یابد و در نتیجه pH کاهش می یابد و تنفس ماهی ها تحت تاثیر قرار گیرد. به منظور جلوگیری از این شـرایط غلظت CO_2 باید کمتر از ۳۰ mg/l باشد تا رشد ماهی ها بهینه باشد. از طرف دیگر افزایش CO_2 در حوضچه ها با کاهش pH آب می تواند تا حد زیادی سـمیت آمونیاک را کاهش دهد. کنترل CO_2 در برکه های پرورش آبزیان با پسـاب به دلیل فراوانی جلبک و افزایش تنفس سلولی آنها در شب برای حفظ آبزیان پرورشی الزامی است(۱۶).

۸-۳-۳ نیتروژن

آمونیاک و نیتریت هر دو برای ماهیان سمی هستند. آمونیاک در آب به دوشکل یونیزه شده NH_4^+ و غیر یونیزه شده آمونیاک یافت می شود. که آمونیاک آزاد به شدت در مقادیر اندک سمی است و غلظت آن باید کمتر از ۰/۰۵ mg/l باشـد. غلظت آمونیاک آزاد در آب به شـدت به دما و pH آب بستگی دارد به صورتی که با افزایش دما و pH مقدار NH_3 آزاد نسبت به NH_4^+ افزایش می یابد. نیتریت NO_2 نیز برای ماهی ها به شـدت سـمی است و سطح آن باید کمتر از ۰/۵ mg/l باشد تا منجـر به بیماری خـون قهوه ای یا متهموگلوبینمیا در ماهی نگردد. از بیوفیلترها برای جمع آوری پسـمانده غذای ماهی، مدفوع آنها و آلاینده های آب و از هوادهی برای خارج کردن آمونیاک آزاد سمی از آب استفاده می گردد (۱۸).

آمونیـاک محصـول اولیه تجزیه مواد زاید آلی نیتروژن دار اسـت که بـه دو صورت یون آمونیوم و آمونیاک آزاد در آب حضور دارد که اولی هیچ گونه خطر برای آبزیان نداشـته ولی دومی به شـدت برای آبزیان سمی است. نیتریت نیز که محصول جانبی و واسطه در واکنش اکسید شدن آمونیاک به نیترات می باشد در صورت حضور برای ماهی ها به شدت سمی است.

جدول ۸- سطح تحمل برخی از گونه های آبزی پرورشی نسبت به آمونیاک

توضیح	غلظت آمونیاک mg/l	گونه های آبزی
غلظت ایمن	۰/۱۳ >	میگوی ونامی
غلظت بهینه	۰/۱ >	میگوی مودون
غلظت ایمن	۰/۰۵	ماهی آب شیرین
غلظت بهینه	۰/۰۵	گربه ماهی
حد بالا	۰/۰۲	ماهی آزاد

جدول ۹- غلظت بهینه نیترات و نیتریت برای برخی گونه های آبزی پرورشی

گونه های آبزی	غلظت نیترات mg/l	غلظت نیتریت mg/l
ماهی قزل آلا	۲۰ >	۰/۵ >
ماهی کپور	۸۰ >	۰/۵ >
گونه ی میگوی ونامی	۰/۴-۰/۸	۱ >
گونه ی میگوی مونودون	-	۴/۵ >

pH ۸-۳-۴

در اســتخرهای پرورش ماهی، ســطوح پایین pH می تواند سبب سرعت بخشیدن به انتشار فلزات از سنگ و رسوبات گردد. این فلزات می توانند بر متابولیسم ماهی و توانایی آن برای برداشتن آب از طریق آبشش ها تاثیر بگذارد. علاوه بر این، pH پایین می تواند به کاهش میزان فسفر غیر آلی و کربن حل شده بیانجامد.

بررسی چرخه ی سوخت و ساز روزانه فیتوپلانکتونها نشان داده است که در تابش روزانه نور خورشید فیتوپلانکتون ها با مصرف دی اکسید کربن در طول فتوسنتز pH آب حوضچه را افزایش می دهند (در نزدیکی ســاعت ۶ عصر به حداکثر مقدار خود می رســد)، و در شب در هنگام تنفس آنها با آزاد کردن دی اکسید کربن سبب کاهش pH (در نزدیکی ساعت ۶ صبح به مقدار حداقل آن می رسد).

جدول ۱۰- حد آستانه تحمل pH و اثرات آن بر آبزی پروری

اثرات pH بر برکه های پرورش ماهی	pH
نقطه ی مرگ اسیدی	۴ >
هیچ گونه تولیدی انجام نخواهد گرفت	۶ - ۴
آستانه بهینه برای پرورش ماهی	۹ - ۶
رشد آهسته	۱۱ - ۹

قلیاییت ۸-۳-۵

در آبزی پروری، قلیائیت بوسیله ی ظرفیت آب در خنثی سازی اسیدها با استفاده از یون کربنات، بی کربنات و در موارد نادر، یون هیدروکسیل، اندازه گیری می گردد.

بنابراین ســبب محافظت از موجودات زنده از نوســانات عمده در pH می گردد. بدون یک سیستم بافری، دی اکسید کربن آزاد شده در هنگام شب مقادیر زیادی از اسید ضعیف (دی اکسید کربن)

تولید خواهد کرد که ممکن است به طور بالقوه باعث کاهش شب هنگام سطح pH به ۴/۵ و مرگ آبزیان گردد.

۸-۳-۶ فلزات سنگین

فلزات سنگین به دلیل اثرات سمی بالقوه و همچنین احتمال انباشته شدن در بدن آبزیان در آبزی پروری اهمیت دارند.

جدول ۱۱- حداکثر غلظت مجاز سرب و کادمیوم در آب برای پرورش آبزیان

غلظت کادمیوم (ppb)	غلظت سرب (ppb)	گونه های پرورشی
۰/۲ >	۴-۸	ماهی آزاد
۰/۲ >	-	سخت پوستان
۰/۱ >	۳/۲ <	ماهی های آب شیرین

۸-۳-۷ آفت کش ها

یکی دیگر از آلاینده های ساخته دست بشر به صورت گسترده در کشاورزی کاربرد دارد و می تواند از طریق اســتفاده از فاضلاب های مخلوط با زهابهای کشاورزی به منظور پرورش آبزیان، وارد بدن آبزیان شــده و در بدن آنها انباشــته گردد و از طریق زنجیره ی غذایی وارد بدن انسان گردند آفت کش ها هستند.

جدول ۱۲- حد قابل قبول برخی از آفت کش های کلره درآب برای گونه های آبزی

سطح مجاز ppb	آفت کش ها
۰/۰۰۳	Aldrin
۴ ۰/۰۸	BHC
۰/۰۱ ۰/۰۰۴۳ (آب شیرین) ۰/۰۰۴ (آب دریا)	Chlordane
۰/۰۰۱	DDT
۰/۰۰۳ ۰/۰۰۱۹	Dieldrin
۰/۰۰۴ ۰/۰۰۲۳	Endrin

ادامه جدول ۱۲- حد قابل قبول برخی از آفت کش های کلره درآب برای گونه های آبزی

آفت کش ها	سطح مجاز ppb
Heptachlor	۰/۰۰۱ ۰/۰۰۳۸ (آب شیرین) ۰/۰۰۳۶ (آب دریا)
Toxaphene	۰/۰۰۵ ۰/۰۰۰۲

۸-۴ کنترل کیفیت آب برکه های پرورش

در صنعت آبزی پروری کیفیت خوب آب برای ادامه تولید آبزی پروری زنده مورد نیاز است. کیفیت ضعیف آب می تواند منجر به سود کم، کیفیت کم محصول، محصول کم و خطرات بالقوه سلامت انسان شود. هنگامی که آب حاوی آلاینده ها است، می تواند رشد و تولید مثل آبزیان را مختل نماید و یا حتی منجر به مرگ و میر گونه های پرورشی شود. برخی از آلاینده ها می توانند در مناطقی از بدن که در آن سلامت انسان را تهدید می کند حتی در مقادیر کم، تجمع یابند و باعث عوارض جانبی پنهان گردند (۱۵).

قابلیت تولید یک برکه به صورت مستقیم بستگی به میزان تغذیه روزانه ای دارد که می توان به آن وارد کرد. به عنوان مثال برکه ای با بارگذاری ورودی ۳۰-۵۰ kg/ha میزان تولید سالیانه آن به ۲۰۰۰-۳۰۰۰ kg/ha محدود می گردد. زمانی که میزان تغذیه ورودی از این حد بیشتر گردد نیاز به اکسیژن نیز افزایش می یابد. هنگامیکه تولید یک برکه به ۴۰۰۰-۷۰۰۰ kg/ha برسد یک هوادهی تکمیلی باید برای حفظ کیفیت آب استفاده گردد. باردهی ۸۰۰۰-kg/ha۱۰۰۰۰ معمولا به ندرت تحت شرایط تجاری قابل دستیابی است. باید توجه کرد که بهبود چشمگیری در کیفیت آب تنها بوسیله کاهش بارگذاری به میزان کمتر از ۵۰kg/ha/day قابل دستیابی است.

کیفیت آب برکه ها باید به خوبی بوسیله متخصصان آبزی پروری و بهداشت پایش، بررسی و راهبری گردد تا محصولات از کیفیت مناسب برخوردار باشند. در برکه های با جریان ساکن، رخدادهای دوره ای همراه با برداشت و پاک سازی برکه یا رسوب گذاری و سیل سنگین می تواند سبب اختلاط مواد ته نشین شده و تخلیه آنها به صورت زائدات تغلیظ شده به محیط پیرامون شود. در هنگام سیل آب اضافی می تواند سبب آزاد شدن آب برکه و کاهش زمان ماند و همچنین افزایش شانس فرار زائدات محلول پیش از انجام تصفیه طبیعی گردد.

با مقایسه پساب زهکشی برکه های قدیمی و تازه احداث پرورش ماهی آزاد مشخص گردید که به

دلیل انباشـــته شدن مواد آلی بیشـــتر در برکه های قدیمی تر، پساب برکه های تازه احداث نسبت به جامدات معلق، BOD و فســـفر فعالیت بیشتری نسبت به برکه های قدیمی تر دارند. به منظور مقایســـه مکان های بالا و پایین محل تخم ریزی ماهی ها از HBI یا ایندکس زیستی هلسن هاف اســـتفاده می شـــود، این شاخص بر پایه حساسیت نسبی ارگانیســـم های کف زی به شرایط کیفی جریان شـــکل گرفته اســـت. با بررسی این شاخص مشخص گردید که اثر کلی تخم ریزی و پرورش ماهی بر موجودات کف زی مثبت اســـت و عمل زهکشـــی سالانه اثر اندکی بر گونه های آبی محلی دارد.

اســـتفاده از وتلندهای مصنوعی، مناطق نفوذ دهی گیاه کاری شـــده و پرورش و آبیاری محصولات برای بازیابی و اســـتفاده ســـودمند از پساب برکه ها تثبیت به عنوان بخشی از آبزی پروری در تمام دنیا شناخته شده است.

پیشنهادهایی که برای کاهش اثرات برکه های آبزی پروری با پساب ارائه می شود:

- از روش تغذیه ای پر بازده استفاده شود.
- ظرفیت جذب برکه به صورت مناسب مدیریت گردد.
- هوادهی و چرخش مناسب آب در برکه شود.
- هواده های مکانیکی به منظور کاهش فرسایش در جای مناسب قرارداده شود.
- هدر رفت آب از برکه به حداقل برسد.
- راهبری برکه های پرورش ماهی بدون زهکشی انجام گردد.
- آب باران برای کاهش سرریز برکه مهار گردد.
- شرایط ته نشینی جامدات پیش از خروج از حوضچه فراهم شود.
- آب زهکشی شده از برکه ها برای آبیاری محصولات زمینی استفاده شود.
- نسبت حوضه آبریز به برکه بهینه انتخاب شود.
- رواناب های حاصل از حوضه های آبریز بزرگ از مسیر برکه منحرف شود.
- خندق هایی به منظور کاهش فرسایش ساخته شود و بستر و دیواره های آن بوسیله ی پوشش گیاهی در برابر فرسایش محافظت گردد.
- از رها کردن برکه های زهکشی شده در زمستان خوداری شود.
- در هنگام نوسازی و بازسازی برکه ها به منظور افزایش عمق راهبری، رسوبات لایروبی شود.

سیســـتم های پرورش آبزیان گردشـــی یک راه نو و منحصر به فرد پرورش آبزیان است که به جای

روش های سـنتی پرورش آبزیان در برکه های روباز به کار می رود این سیستم ها توانایی پرورش آبزیان را در تراکم بالا و مخازن رو بسته در شرایط محیطی کنترل شده دارند. این سیستم ها آب را پیش از بازگشت مجدد به مخازن پرورش تصفیه می کنند و مقداری آب تازه نیز همراه آنها وارد سیستم می گردد تا جبران مقدار آب پاشیده شده به بیرون و تبخیر شده باشد.

این سیستم ها میزان تولید ماهی را در یک فضای اندک با منبع آب محدود را به حداکثر می رساند و شرایط محیطی را برای رسیدن به رشد حداکثری تقریبا به صورت کامل کنترل می کنند. اجزاء کاربردی آنها شامل:

مخزن پرورش، تجهیزات حذف ذرات معلق، بیوفیلتر، تزریق اکسیژن، پمپ گردش آب و یک دستگاه تزریق ازن یا لامپ فرابنفش برای گندزدایی آب و از میان بردن میکروارگانیسم ها است (۱۷).

۹- ارزیابی مخاطرات سلامتی

سـه نوع ارزیابی به منظور بررسـی ریسـک انجام می گردد، آنالیز های آزمایشـگاهی میکربی و شیمیایی، مطالعات اپیدمیولوژیکی و ارزیابی ریسک میکربی و شیمیایی کمی. رویهم رفته تا کنون اطلاعات محدودی در مورد اثرات بهداشتی عملیات آبزی پروری با پساب و جود دارد. شواهد نشان می دهد که پاتوژن ها بیشـتر در سطح چشمگیرتری در فاضلاب و مواد دفعی تصفیه نشده حضور دارند و این پاتوژن ها می توانند به اندازه ی کافی در محیط زنده بمانند تا به انسـان منتقل شـوند و انتقال بیماری در فرآیند آبزی پروری با پساب محتمل است.

تراماتودها انگل های هستند که می توانند از طریق مصرف مواد خوراکی مانند گیاهان و ماهی هایی که اندازه کافی پخته نشده اند، سبب ریسک های بهداشتی برای مصرف کنندگان شوند. بیشترین خطر بهداشـتی در این زمینه به دلیل پاک کردن نامناسـب ماهی، که منجر به آلودگی گوشـت خوراکی ماهی از طریق محتویات غیرخوراکی درون شکم آن می گردد می تواند روی دهد. بنابراین بهبود بهداشـت مکان نگهداری، پردازش و پاک کردن آبزیان پرورش داده شـده با پسـاب یک امر حفاظتی مهم محسوب می گردد.

۱۰- اهداف مبتنی بر سلامتی

اهداف مبتنی بر سلامتی به صورت یک سطح حفاظت بهداشتی که مربوط به هر مخاطره ای برای سـلامتی انسان اسـت بیان می گردد. یک هدف مبتنی بر سلامتی بر اساس استاندارد متریک یک

بیماری مانند سال های عمر از دست رفته به دلیل ناتوانی (به عنوان مثال 10^{-6} DALY) شکل می گیرد و یا بر اساس نتایج مناسب رویداده در بخش سلامتی، مانند جلوگیری از انتقال عفونت تراماتودی ناشی از عملیات پرورش آبزیان با پساب بیان می گردد. برای دستیابی به این گونه اهداف باید اقدامات حفاظت بهداشتی مناسب صورت بگیرد. معمولا اهداف مبتنی بر سلامتی بوسیله ی ترکیب اقدامات بهداشتی هدف گذاری شده در قسمت های مختلف سیستم های پرورش آبزیان بوسیله ی پساب قابل دستیابی است. اهداف بهداشتی برای مواجهه با خطرات موجود در پرورش آبزیان با استفاده از پساب تصفیه شده در جدول (۱۳) نشان داده شده است.

جدول ۱۳- مخاطرات مختلف موجود در آبزی پروری با پساب

گروه در معرض خطر	نوع مخاطره	هدف بر پایه سلامتی	اقدامات حفاظتی
مصرف کننده گان، کارگران و جوامع عمومی	پاتوژن های مدفوعی	10^{-6} DALY	تصفیه فاضلاب، تصفیه زائدات، بهبود سطح بهداشت و سلامت ایمن سازی
مصرف کنندگان	پاتوژن های مدفوعی تراماتودهای زاییده از غذا مواد شیمیایی	10^{-6} DALY نبود عفونت تراماتود دوز جذبی روزانه مجاز که بوسیله CODEX تعیین می گردد.	محدودیت تولید، زمان بندی کاربرد زائدات، پاک سازی پیش از مصرف، پردازش و آماده سازی مواد غذایی، شستشو و گندزدایی مواد غذایی
کارگران وجوامع عمومی	پاتوژن های مدفوعی تحریک کننده های پوست شیستوزوما پاتوژن های منتقله از ناقلین	10^{-6} DALY نبود بیماری های پوستی نبود شیستوزومیازیس نبود بیماری های ناقلین	کنترل دسترسی استفاده از لوازم حفاظت فردی، کنترل بیماری های زاییده از ناقلین، کنترل ناقلین واسطه، دسترسی جوامع محلی به آب آشامیدنی سالم، بهسازی تاسیسات آبزی پروری و کاهش تماس با ناقلین (حشره کش و دور کننده حشرات)

۱۱– اقداماتی که در راستای حفاظت از سلامتی انجام می شود

این اقدامات به منظور کاهش خطرات بهداشتی که متوجه مصرف کننده محصولات، کارگرها و خانواده هایشان و جوامع محلی است، به کار گرفته می شود. مخاطرات ناشی از مصرف محصولات پرورش یافته با پساب شامل پاتوژن های موجود در مدفوع، تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی و بعضی از مواد شیمیایی است. اگر این محصولات بدست آمده از آبزی پروری به صورت کامل پخته شوند، ریسک حاصل از بیماری های عفونی به صورت قابل توجهی کاهش می یابد. اما پختن تاثیر اندکی یا به عبارت دیگر هیچ تاثیری بر غلظت مواد شیمیایی سمی و زیان آور که ممکن است به صورت بیولوژیکی در این مواد انباشته شده باشد ندارد. ملاحظات ویژه ای برای مدیریت پارازیت های تراماتود (شیستوزومیازیس) باید پیش بینی شود تا از ایجاد بیماری بوسیله آن جلوگیری گردد. اقدامات حفاظتی که سلامت مشتریان تاثیر دارد:

- تصفیه فاضلاب و مواد دفعی
- محدود کردن دوره ی تولید
- اجرای دوره منع کاربرد پساب و زائدات پیش از برداشت محصول
- کنترل میزبان های واسطه و تراماتودها
- پاک سازی و رقیق سازی آلودگی ها
- آماده سازی و فراهم کردن بهداشت مواد خوراکی
- ارتقا بهداشت و سلامت
- شستشو، گندزدایی و پخت محصول
- پاک سازی و ایمن سازی با مواد شیمیایی

۱۲– حفاظت از کارگران شاغل و جوامع محلی

کارگرها و خانواده های آنها و افرادی که در نزدیکی مکان های پرورشی زندگی می کنند، در اثر فعالیت های پرورش آبزیان با پساب یا تماس با مخاطرات آن ممکن است در معرض بیماری های مدفوعی، تحریک پوستی، شیستومیازیس، بیماری های منتقله از طریق ناقل قرار بگیرند. تصفیه فاضلاب و اقدامات کنترلی برای جلوگیری از بیماری های مدفوعی، تحریک پوست و شیستومیازیس انجام می شود، اما ممکن است بر بیماری های منتقله از طریق ناقلین تاثیر چندانی نداشته باشند. دیگر اقدامات حفاظتی برای کارگران شامل موارد زیر هستند:

- استفاده از وسایل حفاظت شخصی
- دسترسی به آب آشامیدنی سالم و بهسازی تاسیسات پرورش آبزیان
- ارتقا بهداشت و سلامتی
- ایمن سازی و پاک سازی با استفاده از مواد شیمیایی
- کنترل میزبان های واسطه و ناقل بیماری ها
- کاهش تماس با ناقلین

جوامع محلی نیز اگر به برکه های تغذیه شده با پساب دسترسی داشته باشند، در معرض خطرات مشابهی که متوجه کارگران است می باشند. اگر افراد محلی به آب آشامیدنی سالم دسترسی نداشته باشند، ممکن است از آبهای آلوده برای مصارف آشامیدنی و خانگی (شستشوی رخت و ظروف و استحمام) استفاده کنند یا ممکن است بچه ها در این آب های آلوده بازی یا شنا کنند. همچنین، اگر فعالیت های آبزی پروری با پساب تصفیه شده باعث رشد و نمو ناقلین گردد، این جوامع ممکن است بوسیله ی بیماری های منتقله از ناقلین تحت تاثیر قرار بگیرند (حتی اگر هیچ دسترسی و برخوردی با تاسیسات پرورش آبزیان نداشته باشند). به منظور کاهش خطرات بهداشتی، اقدامات حفاظتی زیر برای افراد بومی ممکن است به کار رود:

- تصفیه فاضلاب و مواد دفعی
- محدود کردن دسترسی به تاسیسات پرورش آبزیان
- دسترسی به آب آشامیدنی سالم و بهسازی سایت پرورش آبزیان
- ارتقا بهداشت و سلامت
- ایمن سازی و پاک سازی محیط و محصولات با مواد شیمیایی
- کنترل میزبان های واسطه و ناقل بیماری
- کاهش تماس با ناقلین
- پایش و ارزیابی سیستم

پایش سه هدف مختلف را دنبال می کند:

۱) اثبات یا تایید اینکه سیستم می تواند معیارهای طراحی را برآورده سازد.

۲) پایش راهبری هر یک از اجزاء اقدامات حفاظت سلامتی به صورت جداگانه

۳) تصدیق که معمولا در پایان فرآیند به منظور اطمینان از اینکه آیا سیستم اهداف مشخص شده را برآورده می سازد انجام می گیرد.

هر کدام از این پایش ها برای اهداف مختلفی در زمان های متفاوت به کار می رود. اثبات یا تایید هنگامی انجام می گیرد که یک سیستم جدید نصب یا یک فرآیند جدید اضافه شده باشد که در این مورد به منظور آزمودن یا تایید اینکه سیستم توانایی برآورده ساختن اهداف هدف گذاری شده را دارد انجام می شود. پایش به صورت مرسوم برای تشخیص اینکه آیا فرآیند آن طور که انتظار می رود کار می کند به کار می رود. این نوع پایش با اندازه گیری های ساده ای که می توانند به سرعت پاسخگو باشند تا تصمیمات لازم را برای حل به موقع مشکل گرفته شود انجام می گیرد. پایش به منظور نشان دادن اینکه محصول نهایی، ماهی ها، گیاهان پرورش داده شده، آب برکه و پساب تصفیه شده همگی اهداف کاهش میکربی یا به عبارت دیگر اهداف مبتنی بر سلامت را برآورده می سازند، انجام می شود. اطلاعات بدست آمده از پایش تصدیقی که به صورت دوره ای جمع آوری می گردد تا پیش از تصمیمات پیشگیرانه مدیران به منظور جلوگیری از بروز خطر بتواند آنها را در انتخاب گزینه درست کمک کند.

به هر حال پایش تصدیقی می تواند روند تغییرات را در طول زمان نشان دهد یا به عبارت دیگر روشن سازد که آیا بازده یک فرآیند خاص در حال پیشرفت است یا پسرفت (۲).

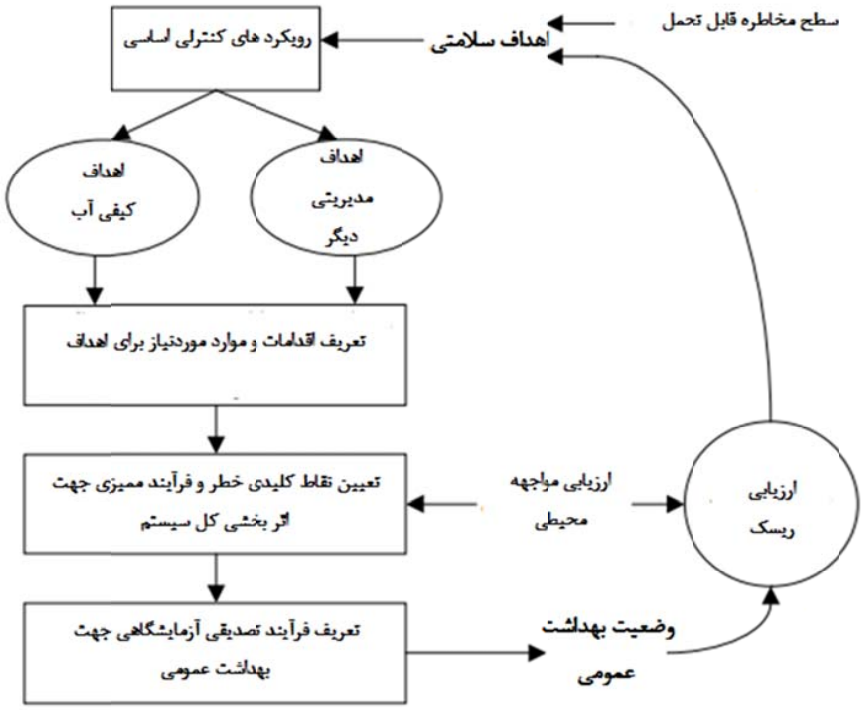
۱۳- چارچوب استکهلم

به دنبال برگزاری نشست تخصصی در استکهلم سوئد، سازمان جهانی بهداشت (WHO) سند رهنمودهای کیفی، استانداردها و بهداشت آب که شامل ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک بیماری های عفونی مرتبط با آب می باشد را منتشر کرد. این سند چارچوب روشن و هماهنگی را جهت تدوین رهنمودها و استانداردها در زمینه ی مخاطرات میکربی آب فراهم می آورد.

چهارچوب استکهلم شامل ارزیابی ریسک های سلامتی پیش از تعیین اهداف بهداشتی و تعیین مقادیر رهنمودها، تعریف روش ها و اقدامات کنترلی و حفاظتی و ارزیابی اثرات این اقدامات تلفیقی بر بهداشت عمومی است. درشکل (۴) دیاگرام مربوط به چهارچوب استکهلم نشان داده شده است.

این چارچوب شامل:

- ارزیابی مخاطرات سلامت پیش از تعیین اهداف سلامتی
- تعریف رویکردهای کنترلی اساسی
- ارزیابی تاثیر این رویکردها بر وضعیت بهداشت و سلامت عمومی جامعه



شکل ۴- چارچوب استکهلم برای ارزیابی مخاطرات مرتبط با آب

چهارچوب اســتکهلم کشور ها را تشویق می کند تا ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و شرایط زیست محیطی خود را در نظر بگیرند و ریســک های بهداشتی فاضلاب را با ریسک های محتمل ناشی از مواجهه میکربی حاصل از آب و مواجهه های بهداشتی دیگر (مواد غذایی) مقایسه کنند.

۱۳-۱ ارزیابی ریسک میکربی آلاینده ها (QMRA):

ایــن روش، مدیریــت بیماری های عفونــی دریک روش یکپارچه و تلفیقی نه جــدا از بیماری ها و مواجهه های دیگر را تسهیل خواهد کرد. نتایج بیماری های ناشی از مواجهه های مختلف می تواند بوســیله ی یک واحد متریک مانند روزهای از دست رفته عمر به دلیل ناتوانی $DALY_S$[1] مقایسه شود.

[1] Disability adjusted life years

$DALY_S$ بـار بیماری های حاصل از یک بیماری خاص یا یک ریسـک فاکتور در یک جمعیت را محاسـبه می کند. $DALY_S$ تلاش می کند زمان های از دسـت رفته ی عمر به دلیل ناتوانی یا مرگ ناشی از بیماری را اندازه گیری می کند و با سال های عمر یک انسان سالم و توانمند مقایسه می کند. این شـاخص بوسـیله جمع کردن سال های از دسـت رفته عمر به دلیل مرگ زودرس یا سـال های از دسـت رفته عمر به دلیل ناتوانی محاسبه می گردد. سال های از دست رفته به دلیل ناتوانی با ضرب کردن تعداد سـال های زندگی با آن ناتوانی در ضریب شـدت آن ناتوانی بدسـت می آید که این ضریب شدت بین ۰-۱ است (۲و۳).

این پارامتر رفتار میکرب ها را به منظور شناسایی اینکه آیا میکروارگانیسم خطر دارد یا نه بررسی می کند و سـپس میزان این ریسـک را تخمین می زند (شامل عدم قطعیت در ریسک می باشد). این فرآیند دارای چهار مرحله به شرح زیر است:

۱- شناخت خطر: این فرآیند، میکروارگانیسم و بیماری که سبب می شود را توصیف می کند و شـامل: علائم، شدت، نرخ مرگ و میر ناشی از میکروارگانیسم است و جمعیت های حساس به آن را نیز شناسایی می کند.

۲- دوز- پاسـخ: تعیین ارتباط میان دوز (تعداد میکرب های دریافت شـده) و اثرات سلامتی ناشـی از آن دوز دریافتی را می گویند. داده های بدسـت آمده از مطالعات بر روی انسـان و حیوان امکان ساخت یک مدل پیش بینی دوز- پاسخ ایجاد می کند.

۳- ارزیابی مواجهه: این مرحله مسـیر هایی را که میکرب می تواند از آن ها به افراد برسـد و ایجاد عفونت کند را نشان می دهد (مانند: آب، هوا و غیره)

۴- توصیـف ریسـک: در مرحلـه نهایی فرآیند اطلاعات سـه مرحله پیشـین را در یک مدل ریاضیاتـی ادغام کرده و احتمال ریسـک هـر یک از نتایج مانند: عفونـت، بیماری یا مرگ را محاسبه می کند (۳).

جدول ۱۴- اجزاء و ملاحظات مهم در چهارچوب استکهلم (۱۹)

اجزاء	فرآیند	ملاحظات
ارزیابی مخاطرات سلامتی	مطالعات اپیدمیولوژیک QMRA	• بهترین تخمین ریسک باید در نظر گرفته شود. • نتایج برای سهولت بیشتر در مقایسه بهتر است به صورت DALY بیان گردد. • ارزیاب ریسک میکربی (QMRA) ابزاری است برای تخمین ریسک و باید بوسیله ی داده های دیگر مانند شواهد و مطالعات اپیدمیولوژیک و رفتار محیطی میکرب ها تایید گردد. • فرآیندها به کیفیت داده ها بستگی نداشته باشند.
ریسک قابل تحمل بهداشتی/ اهداف بهداشتی	اهداف بهداشتی باید با ارزیابی ریسک مرتبط باشد	• در تنظیم هر کدام از این اهداف رویکردی واقع گرایانه وجود داشته باشد تا این اهداف قابل دستیابی باشند. • در هر کدام از این روش ها باید ملاحظات هزینه اثربخشی هر مداخله را در نظر گرفت. • باید جمعیت های حساس را نیز در نظر گرفت. • پاتوژن های مرجع مرتبط با آلودگی بایستی انتخاب گردند. • اهداف بهداشتی تعیین شده یک تغییر اساسی مطلوب را در وضع سلامت ایجاد کنند.
مدیریت ریسک بهداشتی	تعریف اهداف کیفی آب و فاضلاب تعریف دیگر اهداف مدیریتی تعریف اقدامات و مداخلات تعریف نقاط کنترل بحرانی خطر و مراحل ممیزی تعریف و تصدیق آزمایشگاهی	• استراتژی های جلوگیری از مواجهه باید ترکیبی از اقدامات (پردازش بهداشتی ماهی و استفاده از وسایل حفاظت فردی) و اهداف کیفی مناسب آب (عدم حضور تخم تراماتودها) باشند. • نقاط خطر باید شناسایی و تعریف گردد تا خطرات بهداشتی پیش بینی و به حداقل برسد، پارامترهای مورد بررسی و پایش در هر نقطه باید مشخص گردد. • از روش موانع چندگانه بایستی استفاده گردد. • نیاز است استراتژی های مدیریت ریسک رویدادهای فاجعه بار نادر را نیز مورد توجه قرار دهد. • اعتبارسنجی و تایید اثربخشی اقدامات حفاظتی به منظور اطمینان از اینکه سیستم به درستی کار می کند و استانداردها را تامین خواهد کرد باید انجام پذیرد. • پایش- بازرسی و ممیزی دوره ای برای اطلاع رسانی به مدیریت بایستی انجام گیرد.
وضعیت بهداشت عمومی	نظارت بر بهداشت عمومی	• ارزیابی اثربخشی اقدامات مدیریت ریسک بر نتایج بهداشتی خاص (بوسیله بررسی شیوع بیماری و ارزیابی پس زمینه بیماری) • پایش اثرات بهداشتی روی داده به دلیل مواجهه های خاص، تخمینی از بار بیماری ها ارائه می دهد. • تخمین بار بیماری ها در بستر بهداشت عمومی، تعیین نقطه ی مواجهه را ممکن می سازد تا مدیران بتوانند تصمیمات مدیریت ریسک را اولویت بندی کنند.

۲-۱۳ ارزیابی مواجهه زیست محیطی

ارزیابی مواجهه های زیســت محیطی یک فاکتور مهم در ارزیابی و مدیریت ریســک است. ارزیابی مواجهه های زیســت محیطی یک فرآیند اســت که به مخاطرات در محیط زیســت توجه می کند و مســیرهای مختلف مواجهه برای جمعیت انســان و حیوان را برای آن مخاطرات ارزیابی می کند. جدول (۱۵) مخاطرات استفاده از فاضلاب در آبزی پروری را توضیح می دهد. مخاطرات اولیه شامل پاتوژن ها، بعضی ناقلین پارازیت ها و ویروس ها و مواد شیمیایی است.

جدول ۱۵- نمونه هایی از مخاطرات همراه با آبزی پروری با پساب

مخاطره	مسیرهای مواجهه	اهمیت نسبی	توضیحات
باکتری ها (ای کلای، ویبریوکلرا، سالمونلا، شیگلا و ...)	تماس، خوردن و آشامیدن	کم تا متوسط	• غلظت باکتری ها همیشه در محتویات شکمی ماهی بالاست و احتمال آلودگی گوشت خوراکی ماهی هنگام پاک کردن و تمیز سازی ماهی نیز بوسیله این محتویات بالا است. • پردازش بهداشتی و پخت کامل ماهی این ریسک را کاهش می دهد. • بهداشت فردی ضعیف پس از تماس با فاضلاب و مواد دفعی ریسک عفونت و بیماری را افزایش می دهد.
کرم های روده ای (آسکاریس، کرم قلابدار، تانیا و...)	تماس، خوردن و آشامیدن	کم تا زیاد	• این ریسک به چگونگی کاربرد فاضلاب یا پساب بستگی دارد. • ریسک این عوامل برای تولید کنندگان و مشتریان گیاهان آبزی بیش از تولید کنندگان و مصرف کنندگان ماهی است.
تراماتوها (کلرونوریکس، اپیستروکیس، فاسیولا و شیستوزوما)	تماس، خوردن و آشامیدن	کم تا زیاد	• تراماتودها معمولا در مناطق خاص جغرافیایی حضور دارند و برای رشد و تکثیر به میزبان های واسطه نیاز دارند. • این تراماتودها در جاهایی که بیماری به صورت اندمیک وجود دارد و گیاهان و آبزیان به صورت خام مصرف می گردند دارای ریسک بیشتری است. • شیستوزوما در مناطق اندمیک از طریق تماس نیز منتقل می گردند.
پروتوزوآ (ژیاردیا، کریتوسپوریدیوم، انتامویا)	تماس، خوردن و آشامیدن	کم- متوسط	مشابه باکتری ها هستند.
ویروس ها (هپاتیت E، آدنوویروس، روتاویروس و نوروویروس)	تماس خوردن و آشامیدن	کم- متوسط	مشابه باکتری ها هستند.
محرک های پوست	تماس	متوسط- زیاد	به دلایل نا مشخص از جمله احتمال وجود مخلوطی از عوامل میکربی- شیمیایی و یا ممکن است به خاطر سموم سیانوباکترها، بیماری های پوستی مانند دراماتیت پس از تماس با فاضلاب تصفیه نشده دیده شده است.

ادامه جدول ۱۵- نمونه هایی از مخاطرات همراه با آبزی پروری با پساب

مخاطره	مسیرهای مواجهه	اهمیت نسبی	توضیحات
پاتوژن های منتقله از ناقلین	تماس با ناقل	کم- زیاد	• به مناطق جغرافیایی خاص محدود می گردد که بیماری در آنجا به صورت اندمیک است و ناقلین مناسب حضور دارند. • هیچ رابطه مشخصی با آبزی پروری ندارند اما ناقلین فیلاریازیس می توانند در آب های آلوده رشد کنند.
مواد شیمیایی (آنتی بیوتیک ها، کلرامفنیکل)	خوردن	ناچیز- کم	آنتی بیوتیک ها معمولا در آبزی پروری با پساب دیده نمی‌شوند.
سموم سیانوباکترها (میکروسیستین)	تماس، خوردن و آشامیدن	کم- متوسط	سموم تولید شده به وسیله ی سیانوباکترها می تواند سبب تحریک پوست تا اشکال در تنفس گردد اما احتمال آن در ارتباط با پرورش آبزیان اندک است.
فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه)	خوردن	کم	• جیوه در بافت ماهی های با عمر زیاد انباشته می گردد اما بیشتر ماهی های پرورش داده شده با پساب ماهی های با دوره ی زندگی پایینی هستند. • دیگر فلزات سنگین نیز می توانند در ماهی ها و گیاهان آبزی انباشته شوند اما سطوح غلظت آنها به ندرت از استانداردها تجاوز می کند.
هیدروکربن های هالوژنه (دیوکسین، فوران و PCB_S)	خوردن	کم	دیوکسین ها و مواد مشابه آن ها نیز امکان دارد در ماهیان انباشته گردد، اما ریسک آن پایین است.
آفت کش ها (آلدرین، DDT)	تماس و خوردن	کم	در مواردی که فاضلاب آلوده به ذهاب های کشاورزی است این امکان وجود دارد اما معمولا فاضلاب فاقد چنین ترکیباتی است.

فاضلاب خام حاوی پاتوژن های انسانی گوناگونی است و غلظت پاتوژن ها در یک ناحیه با ناحیه دیگر متفاوت است. غلظت پاتوژن ها در جاییکه بیماری های دهانی- مدفوعی به صورت اندمیک است حداکثر است. اگر بیماری های مرتبط با مدفوع شیوع پیدا کنند غلظت پاتوژن های عامل آن در فاضلاب به حداکثر خود می رسد.

بسیاری از پاتوژن ها می توانند در محیط بیرون زنده مانده و تکثیر شوند تا به انسان منتقل شوند. اما فاکتورهایی هستند که سبب مرگ آنها می شوند مانند: دما، رطوبت، پرتوفرابنش خورشید، نبودن میزبان واسطه مناسب و غیره.

تراماتودها (هم زاییده از غذا و هم شیستوزوماها) و پاتوژن های منتقله از ناقلین (مالاریا، تب دنگ، فیلاریازیس، انسفالیت ژاپنی) همگی برای انسان مخاطراتی دارند اما به دلیل حضور در مناطق

جغرافیایی خاص ناقل آنها برای تکثیر نیاز به شرایط اکولوژیکی خاص دارد.
سـموم شیمیایی می تواند خطر ساز باشـد، به ویژه اگر صنایع فاضلاب های خود را به فاضلابروها و زهکش های عمومی تخلیه کنند. غلظت مواد شـیمیایی سـمی در جاییکه صنایع زائدات خود را پیش از تصفیه مستقیما به سیستم فاضلابروها تخلیه می کنند حداکثر است.
مهمترین مسیرهایی که آلاینده ها در آبزی پروری با پساب می توانند از طریق آنها ایجاد آلودگی کنند شامل موارد زیر می باشند:

- تماس انسان با فاضلاب یا پساب و گیاه یا ماهی آلوده هنگام تولید، در طول برداشت و یا پس از برداشت می تواند کشاورزان، خانواده ی آنها، کارگران، جوامع محلی را آلوده کند.
- مصرف محصول آلوده (چه آلودگی به صورت مستقیم بوسیله فاضلاب و مدفوع اتفاق افتاده باشد چه به صورت غیر مستقیم بوسیله ی تماس با محتویات شکم ماهی اتفاق بیافتد).
- مصرف محصول حیوان آلوده (ماهی، میگو، صدف و..) که بوسـیله تماس حیوان با فاضلاب (چه تغذیه از گیاهان آلوده چه خوردن آب آلوده) آلوده شده است.

۳-۱۳ ارزیابی ریسک بهداشتی

ارزیابی ریسـک مواجهه انسان با مخاطرات استفاده از پساب در آبزی پروری بوسیله مطالعات همه گیرشناسی و یا با ارزیابی کمی ریسک میکربی (QMRA) انجام می گردد.
مطالعات همه گیرشناسـی با مقایسه سطح بیماری در جمعیت در معرض و جمعیت کنترل که در معرض آلودگی نیست این ارزیابی را انجام می دهد. در این راهنما افرادی که ماهی یا گیاهان آبی آلوده را مصرف می کنند و یا در محل های پرورش آبزیان با پساب کار می‌کنند، یا در نزدیکی این برکـه ها زندگی می کنند به صورت بالقوه گروه مورد و گروهی که فاقد همه ی موارد گفته شـده باشند گروه شاهد هستند.
QMRA بـا پیـش بینی نرخ بیماری و عفونـت، تراکم پاتوژن ها ی خاص، میـزان دوز جذبی و مدل های دوز- پاسخ مناسب، ریسک بهداشتی انسان را تخمین می زند. QMRA به عنوان روشی برای تخمین ریسک پاتوژن های خاص و مسیر مواجهه ی آن ها محسوب می گردد.
این روش تنها برای تعیین ریسـک حاصل از خوردن گیاهان و آبزیان پرورش یافته با پساب به کار نمی رود، بلکه برای تعیین سطح ریسک فعالیت های مشخص دیگر هم به کار می رود.

۱۳-۴ ریسک قابل تحمل

مدیریت ریسک یک فرآیند خاص وابسته به شرایط است و هیچ فرمول مدیریت ریسک جهانی وجود ندارد. در تنظیم رهنمودهای پرورش آبزیان با پساب به صورت منطقی، باید اطمینان حاصل گردد که سطح کلی حفاظت بهداشتی برای مقابله با مواجهه های آب و فاضلاب که بواسطه ی شرایط بهداشتی نامناسب اتفاق می افتد، متناسب باشد. این امر نیازمند مقایسه ی نتایج بهداشتی زیانبار مختلف مانند: سرطان، اسهال و غیره است. معمولا برای مقایسه از DALY استفاده می گردد.

یه عنوان مثال اگر برای مواد شیمیایی سرطانزا در محصولات آبزی پروری مقادیر تعیین شده برای ریسک تخمینی 10^{-5} باشد، این میزان تقریبا برابر است با یک مورد سرطان در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیتی است که محصولات آبزی دارای مواد شیمیایی با غلظت مورد نظر آن رهنمود را در طول زندگی خود مصرف کرده اند.

بار بیماری ایجاد شده با این سطح ریسک تقریبا برابر 1×10^{-6} DALY (1 DALY) است. این بار بیماری تقریبا با بار بیماری های رایج مانند اسهال که بوسیله ی پاتوژن ها ایجاد می شود برابر است. بار بیماری اسهال خفیف با نرخ مرگ ومیر 1×10^{-5} با ریسک بروز 10^{-3} نیز حدود 10^{-6} DALY است (۲).

۱۳-۵ اهداف بهداشتی

اهداف بهداشتی بخشی از سیاست کلی بهداشت عمومی است که وضعیت، روند و سهم آبزی پروری با پساب را در انتقال بیماری ها مورد توجه قرار می دهد. چشم انداز این اهداف ایجاد سنگ بنایی برای دستیابی به اهداف بهداشتی از پیش تعیین شده است. به منظور اطمینان از حفاظت بهداشتی موثر نیاز است اهداف بهداشتی واقع بینانه و مرتبط با شرایط محلی شامل: فاکتورهای اجتماعی و فرهنگی، اقتصادی، زیست محیطی، فنی و سازمانی باشد.

یک هدف بهداشتی از ریسک قابل تحمل بیماری ها به عنوان مبنایی برای کاهش خطر بیماری به منظور دستیابی به اهداف بهداشتی استفاده می کند. مواجهه با مخاطرات مختلف از طریق فعالیت آبزی پروری با پساب یا از طریق مصرف محصول آلوده که با سطح معینی از ریسک همراه است ایجاد می گردد. موانعی که مواجهات با مخاطرات را کاهش می دهد، ریسک بهداشتی را کاهش خواهد داد. موانع چندسطحی از موانع تک سطحی بهتر عمل می کنند، زیرا عملکرد هر مانع با زمان تغییر خواهد کرد و موانع چندگانه در برابر نقصان یک مانع به ویژه در موارد رویدادهای غیر معمول بهتر عمل می کنند.

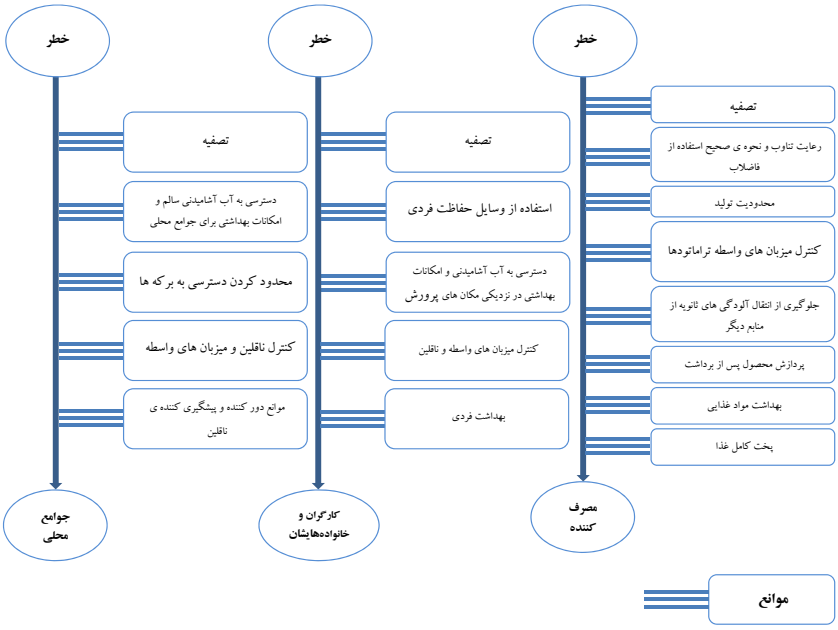
اهداف بهداشـــتی مـــی تواند به صورت ترکیبی از اجزاء متفاوت یـــا پارامترهای واحد به صورت زیر تعریف گردند:

- نتایـــج بیماری: با مطالعات همه گیرشناســـی و نظارت بهداشـــت عمومـــی به صورت QMRA (DALY یا بار بیماری) تعیین می گردد.
- کیفیت فاضلاب و پساب: غلظت تخم تراماتود یا Ecoli
- مواجهه با فاضلاب و پساب: زمان و نوع مواجهه
- عملکرد: اهداف اجرایی برای حذف آلاینده های میکربی و شیمیایی مانند درصد حذف پاتوژن ها بوسیله ترکیبی از فرآیندهای تصفیه، استانداردهای کیفی آب و تکنیک های کنترل مواجهه
- تخمیـــن با دیگـــر پارامترها: زمان ماند در برکه ها، کدورت، جامدات معلق، نبود مکان های زاد و ولد ناقلین و میزبان های واسطه
- تکنولوژی های تعریف شده: فرآیندهای تصفیه تعریف شده

به عنوان مثال یک هدف بهداشـــتی می تواند عدم حضور کلونورکیازیس در جمعیت در معرض آبزی پروری با پســـاب باشـــد. گزینه های فراوانی برای رســـیدن به این نتیجه وجود دارد. گزینه یک شامل تصفیه فاضلاب به منظور غیر فعال سازی تخم های کلونورکیس سیننسیس است. اگر تصفیه امکان پذیر نباشد گزینه دوم شامل محدودیت تولید است تا اطمینان حاصل شود که گیاه یا ماهی پرورش داده شده پیش از مصرف به درستی پخته می شود. گزینه سوم پردازش ماهیان یا گیاهان بوسیله ی خشک کردن آنها و آغشته کردن به یک محلول اسیدی به مدت مناسب پیش از مصرف است. هر کدام از این گزینه ها در تئوری به نتایج یکسانی در پیشگیری از عفونت کلونورکیس در مشتریان می انجامد.

۶-۱۳ مدیریت ریسک

پس از تنظیم اهداف بهداشـــتی، اســـتراتژی های مدیریت ریسک بایســـتی شکل بگیرد. اقدامات و مداخلات بســـته به اقدامات آبزی پروری محلی متفاوت خواهد بود. به منظور دســـتیابی به اهداف بهداشتی در زمینه ی آبزی پروری با پساب به سطح معینی ازکاهش مواجهه نیاز است. این اهداف بوســـیله ی ترکیبی از تصفیه فاضلاب و دوره ی منع کاربرد فاضلاب به علاوه پیشگیری از مواجهه برای کارگران و جوامع محلی قابل دســـتیابی اســـت (شـــکل ۵ را ببینید). کنترل ناقلین و جمعیت میزبـــان های واســـطه نیز یک روش مهـــم در کاهش خطر انتقال بیماری هـــای منتقله از ناقلین و عفونت های تراماتودی است (۲).



شکل ۵- نمونه هایی از موانع خطر برای آبزی پروری با پساب

شکل فوق سه استراتژی های مدیریت ریسک را به منظور پیشگیری از مواجهه با پاتوژن ها و مواد شیمیایی سمی در آبزی پروری با پساب بوسیله ایجاد موانع چندگانه نشان می دهد.

۱۳-۶-۱ موانع چندگانه

تصفیه فاضلاب: حذف پاتوژن ها و مواد شیمیایی سمی تا سطحی که ریسک قابل تحملی را نشان دهد یا اینکه بتواند همراه با اقدامات دیگر به اهداف بهداشتی دست یابد.

محدودیت تولید: پرورش ماهی و گیاهانی که به صورت مستقیم مورد مصرف انسان قرار نمی گیرد یا اینکه همیشه پیش از مصرف پخته می شود.

رعایت دوره و تناوب کاربرد فاضلاب: استفاده از روش هایی برای کاربرد فاضلاب و پساب که مواجهه ی کارگران را کاهش داده و آلودگی محصولات کمتری داشته باشد، یا ایجاد دوره ی زمانی مناسب میان کاربرد فاضلاب و برداشت محصول به منظور از میان رفتن و مردن پاتوژن ها (به عنوان مثال الگوی جریان بسته یا ناپیوسته فاضلاب به برکه های پرورش، دوره ی بازدارندگی، رعایت حدود حاشیه ایمن در اطراف برکه ها) یا پاک سازی ماهی ها به منظور تخلیه محتویات

شکمی پیش از پردازش.

روش های کنترل مواجهه: محدود کردن دسترسی عموم به برکه ها، پوشیدن لباس های محافظ توسط کارگران، پختن خوراک پیش از مصرف، اقدامات بهداشتی در خصوص مواد خوراکی برای جلوگیری از آلودگی سایر مواد خوراکی با محتویات شکم ماهی در هنگام تمیز سازی، اقدامات بهداشت پرسنلی خوب مانند شستشوی دست با صابون به منظور حذف آلاینده ها پس از تماس با پساب یا محصول آلوده.

ارزیابی و تصدیق عملکرد این سیستم ها با استفاده از آزمون های آزمایشگاهی نظیر شناسایی و شمارش Ecoli و یا تخم تراماتود انجام می شود و تاکید کلی بیشتر بر روی بازرسی و ممیزی دوره ای است (۲۰).

۱۳-۷ وضعیت بهداشت عمومی

مخاطراتی که با احتمال بیشتری دارند سبب بیماری می شوند، شامل پاتوژن های مدفوعی (شامل تراماتودها)، محرک های پوستی و پاتوژن های منتقله بوسیله ی ناقلین است. ریسک هایی که به علت مواد شیمیایی روی می دهد (به استثنای سموم سیانوباکتری) اندک و ناچیز هستند و اغلب به ندرت سبب مخاطرات خاصی در بحث آبزی پروری با پساب می گردند، زیرا این مواد در بیشتر موارد برای ایجاد بیماری نیاز به زمان مواجهه طولانی دارند. نمونه هایی از نرخ تخمینی بروز مرگ و میر در بعضی از بیماری های مرتبط با آبزی پروری با پساب در جدول (۱۶) نشان داده شده است.

جدول ۱۶- مرگ و میر و بار بیماری های مربوط به بیماری هایی که به صورت بالقوه می توانند از طریق آبزی پروری با پساب منتقل گردند (۲).

بیماری	مرگ و میر در سال	بار بیماری DALY/YEARS	توضیحات
اسهال	۱۷۹۸۰۰۰	۶۱۹۶۶۰۰۰	۹۹/۸٪ مرگ در کشور های در حال توسعه روی می دهد و ۹۰٪ مرگ مربوط به کودکان است.
شیستوزومیازیس	۱۵۰۰۰	۱۷۰۲۰۰۰	در ۷۴ کشور یافت می شود و سالانه ۲۰۰ میلیون نفر را در دنیا آلوده می کندکه ۲۰ میلیون آنها دچار شرایط حاد می گردند.
عفونت تراماتودی زاییده از غذا	NOT AVAIABLE	NA	۴۰ میلیون نفر در دنیا دچار این بیماری می گردند و ۱۰٪ از جمعیت دنیا در معرض خطر هستند.
فیلاریازیس لنفی	۰	۵۷۷۷۰۰۰	این بیماری بروز بالایی دارد اما سبب مرگ نمی شود و بیش از ۴۰٪ افراد را آلوده می کنند.

۱۳-۷-۱ بیماری های مرتبط با مدفوع

بیماری های قابل انتقالی هستند که توسط ویروس ها، باکتری ها، پروتوزوآها و کرم های روده ای کـه از بـدن فرد (در بعضی موارد حیوان) آلوده آزاد می گردد، ایجاد می گردند و از طریق مدفوع و ادرار آنها به سـایر افراد رسـیده و از طریق دهانی (خوردن محصول آلوده) یا از طریق پوست (کرم قلابدار و شیستوزوما) وارده بدن آنها می شود. اما در بحث آبزی پروری نگرانی ویژه مربوط به انتقال پارازیت های تراماتود زاییده از غذا اسـت زیرا این ارگانیسـم ها بروز خیلی بالایی دارند. در جدول (۱۷) به برخی از بیماری های مدفوعی مهم در بحث آبزی پروری اشاره شده است.

جدول ۱۷- بیماری های مرتبط با مدفوع

عامل	بیماری
کامپیلو باکتر ججونی	گاستروانتریت، عوارض طولانی مدت (ورم مفاصل)
اشرشیا کلای	گاستروانتریت
ای کلای O157:H7	اسهال خونی، سندرم اورمیک همولیتیک
لپتوسپیرا	لپتوسپیروزیس
سالمونلا تیفی	سالمونلوزیس، اسهال، گاستروانتریت، عوارض طولانی (ورم مفاصل)
شیگلا	شیگلوزیس (دیسانتری) عوارض طولانی مدت (ورم مفاصل)
کلرا	ویبریوکلرا
یرسینیا انترکولیتیکا	یرسینوزیس، گاستروانتریت، اسهال، عوارض طولانی مدت (ورم مفاصل)
انکیلستوما دئودنالیس، نکاتورامریکانوس (کرم قلابدار)	عفونت کرم قلابدار
آسکاریسلومبریکوئیدس (کرم حلقوی)	آسکاریازیس
کلونورکیس سینننسیس	کلونورکیازیس (فلوک کبدی)
دیفلوبوتریم لاتوم (کرم نواری ماهی)	دیفلوبوتریازیس
فاسیولا هپاتیکا و ژیگانتیکا	فاسیولازیس (فلوک کبدی)
اپیستروکیس ویورینی	اپیستروکیازیس (فلوک کبدی)
فاسیولوپسیس باسکی	فاسیولوپسیازیس (فلوک روده ای)
پاراگونیموس وسترمانی	پاراگونی میازیس (فلوک شش)
شیستوزوما	شیستوزومیازیس، بیلهارزیا (فلوک خونی)
تانیا ساژیناتا و سولیوم (کرم نواری)	تانیازیس
تیکوریس تریکورا (کرم شلاقی)	ترکوریازیس
بالانتیدیوم کلای	بالانتیدیازیس (دیسانتری)
کریپتوسپوریدیوم پاروم	کریپتوسپوریدیازیس (اسهال و تبگ)
سیکپوراکایتانسیس	اسهال مزمن
انتاموبا هیستولیتیکا	آمیبیازیس (اسهال آمیبی)
ژیاردیا اینتستینالیس	ژیاردیازیس
آدنوویروس ها	گاستروانتریت
کالسی ویروس ها	گاستروانتریت

ادامه جدول ۱۷- بیماری های مرتبط با مدفوع

عامل	بیماری
کرونا ویروس ها	گاستروانتریت
کوکساکی ویروس ها A	بیماری های تنفسی و مننژیت
کوکساکی ویروس ها B	تب، فلج، مشکلات تنفسی، بیماری های قلب و کلیه
اکوویروس ها	تب، راش، بیماری های قلبی و تنفسی، مننژیت
انتروویروس ها	گاستروانتریت
ویروس هپاتیت A	هپاتیت عفونی
ویروس هپاتیت E	هپاتیت عفونی
نورو ویروس	گاستروانتریت
پارو ویروس	گاستروانتریت
پولیوویروس	فلج و مننژیت
رئوویروس	اثرات به صورت روشن مشخص نیست
روتاویروس ها	گاستروانتریت

* فلوک: کرم های نواری که از ماهی به انسان منتقل می گردند ایجاد کیست هایی در کبد، ششها و ... بدن می کنند.

مدفوع انسان در انتقال بسیاری از بیماری های عفونی مانند وبا، تیفوئید، هپاتیت، پولیو، شیستوزومیازیس و عفونت سایر تراماتودها دخالت دارد. بیشتر این بیماری های مرتبط با مدفوع در بچه هایی که در کشورهای فقیر زندگی می کنند اتفاق می افتد. در کل سازمان بهداشت جهانی تخمین می زند که اسهال به تنهایی مسئول ۳/۲٪ مرگ و ۴/۲٪ بار بیماری ها (DALY) در سراسر جهان است.

۱۳-۷-۲ تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی و شیستوزومیازیس

تراماتودها چرخه ی زندگی پیچیده ای دارند که از ورود تخم به منابع آبی از طریق ادرار آغاز شده، سپس تخم ها تبدیل به انگل شده و حلزون ها را آلوده می کند. این انگل ها در درون بدن حلزون رشد می کنند و سپس وارد آب می گردند و ماهیان و گیاهان آبزی را آلوده می کنند. عفونت زمانی اتفاق می افتد که ماهیان و گیاهان حاوی متاسرکریازیس این انگل، به صورت خام یا نیم پخته توسط انسان خورده شوند. شیستوزوماها همچنین می توانند به صورت مستقیم با نفوذ به پوست در تماس با آب آلوده نیز انسان را آلوده کنند.

اگرچه تراماتودها به ندرت کشنده ظاهر می شوند اما در بعضی موارد بروز و عوارض آنها می تواند سبب مرگ انسان نیز شود. مهم‌ترین جنس آنها برای سلامت انسان کلونورکیس، اپیستوکیس و

فاسیولا، فاسیولوپسیس و پاراگونیموس است. تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی ۴۰ میلیون نفر را در سراسر دنیا آلوده می کنند. شیستوزومیازیس به تنهایی حدود ۲۰۰ میلیون نفر را در جهان تحت تاثیر قرار می دهد که ۸۰٪ آنها در افریقا زندگی می کنند که گرچه آبزی پروری مستقیم با فاضلاب به ندرت انجام می شود اما استفاده غیر مستقیم از فاضلاب در آبزی پروری رایج است. با مطالعه ای که بر روی تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی توسط کایزر و یوتزینگ (۲۰۰۵) انجام گردید مشخص گردید که عفونت کلورنورکیازیس در چین در یک دوره ی ۱۰ ساله از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ سه برابر شده است و تخمین زده اند که ۱۵ میلیون چینی در سال ۲۰۰۴ به این بیماری مبتلا شده اند. این افزایش در عفونت های تراماتودی زاییده از خوراک به نظر می رسد که ناشی از رشد سریع صنعت آبزی پروری باشد که در همین دوره ی ۱۰ ساله اتفاق افتاده است. اگرچه استفاده هدفمند و با برنامه از فاضلاب برای آبزی پروری کاهش یافته است، اما در همین مدت استفاده ی متفرقه از فاضلاب و آب های آلوده برای آبزی پروری افزایش یافته است که احتمال می رود سبب افزایش عفونت های تراماتودی شده باشد (۲۱).

۱۳-۷-۳ بیماری های زاییده از ناقلین

بیماری های زاییده از ناقلین مانند مالاریا و فیلاریازیس اگرچه به استفاده از پساب و فاضلاب محدود نمی گردد اما باید در مناطق دارای همه گیری مورد توجه قرار گیرد. پیش از گسترش پروژه های مدیریت منابع آب (از جمله آبزی پروری با پساب) باید ارزیابی اثرات بهداشتی در مورد این پروژه ها انجام پذیرد. جدول شماره (۱۸) نشان می دهد که فعالیت های آبزی پروری می تواند سبب افزایش جمعیت ناقلین گردد. به هر حال تنها گونه های خاصی از پشه می توانند به صورت طبیعی در آبهای آلوده رشد کنند، مانند ناقل فیلاریازیس (کولکس). علاوه بر این لارو پشه ها اغلب بوسیله ی ماهیان خورده می شوند، اما اگر گیاهان آبزی نیز در برکه پرورش داده شود، این لاروها می توانند در میان این گیاهان پنهان شده و زنده بمانند.

جدول ۱۸- بیماری های شایع منتقله از ناقلین که در آبزی پروری با پساب

بیماری	ناقل	احتمال ارتباط آن با آبزی پروری با پساب	توضیح
تب دانگ	Aeses aegypti	اندک	این ناقل در آب های راکد تخم ریزی می کند و به غیر از چین در تمام جنوب شرق آسیا یافت می گردد.
فیلاریازیس	Culex, anofele spp, mansonia spp	متوسط	کولکس نیز به طور طبیعی در آب های راکد تخم ریزی می کند در کشور هایی که آبزی پروری با پساب دارند شایع است.
انسفالیت ژاپنی	Culex spp	اندک	ناقل آن در شالیزارهای برنج تخم ریزی می کند و در کشور هایی که با پساب آبزی پروری انجام می دهند اندمیک است.
مالاریا	Anofele	اندک	ناقل این بیماری در آب های پاک تخم ریزی می کند و ۹۰٪ بروز آن در افریقا رخ می دهدکه آبزی پروری با فاضلاب در آنجا متداول نیست.

۱۳-۷-۴ سنجش وضعیت بهداشت عمومی

اثرات اقدامات مدیریت ریسک را در صورتی که شاخص های وضعیت بهداشتی جامعه تحت تاثیر شناخته شده باشند، می توان اندازه گیری کرد یا تخمین زد. با برخورداری از دانش اندک در مورد گونه های بیماری هایی که می توانند از طریق استفاده از فاضلاب در آبزی پروری منتقل گردند و آگاهی از شیوع و بروز آنها، می توان ریسک قابل تحمل و اهداف بهداشتی را تعیین کرد.

درک نقش آبزی پروری با پساب در انتقال بیماری های مدفوعی در جوامع مهم است. برای مثال اگر برکه های آبزی پروری با پساب تنها منبع مصرف ماهی در جامعه باشد و ماهی نیز به سرکریای ترماتود آلوده باشد، پس احتمال بالایی وجود دارد که مصرف ماهی خام یا ماهی که به صورت نامناسب آماده شده است می تواند علت اصلی بیشتر این عفونت های تراماتودی در جامعه باشد. بنابراین منطقی است که اقدامات حفاظت بهداشتی لازم مانند تصفیه فاضلاب پیش از ورود فاضلاب به این تاسیسات انجام گردد اما به هر حال استفاده از فاضلاب در آبزی پروری در یک جامعه ی خاص تنها مسئول سهم کوچکی از بیماری های مرتبط با مدفوع باشد. پس صرف هزینه های کلان برای کاهش این سهم اندک در آبزی پروری با پساب اقتصادی به نظر نمی رسد. اطلاعات اولیه و زمینه ای در مورد سطح بیماری ها در جمعیت را می توان از سازمان های مراقبت های بهداشتی محلی، نظارت های بهداشتی، آنالیز های آزمایشگاهی، مطالعات همه گیرشناسی و یا مطالعات ویژه انجام شده بر روی جمعیت های مشابه بدست آورد.

۱۴- ارزیابی ریسک بهداشتی

۱۴-۱ شواهد میکربی

شواهد میکربی می تواند به منظور تعیین وجود مخاطره در محیط زیست به کار رود. آزمایش های میکربی، یک فرآیند مهم برای فراهم کردن داده ها به منظور ارزیابی ریسک است. اطلاعات آزمایش های میکربی به انواع و تعداد پاتوژن های مختلف موجود در فاضلاب، پساب، برکه های تغذیه شده با پساب و ماهی ها توجه دارد و می تواند برای تخمین ریسک استفاده گردد.

فاضلاب تصفیه نشده دارای گونه های مختلفی از ارگانیسم ها، شامل پاتوژن ها است که نوع و تعداد آن ها بسته به سطح پیش زمینه ی بیماری ها در جمعیت متفاوت است. جدول (۱۹) دامنه ی غلظتی برای ارگانیسم هایی که ممکن است در فاضلاب یافت شوند را نشان می دهد. ارگانیسم های مدفوعی بوسیله ی بسیاری از فرآیند های تصفیه حذف یا غیر فعال می گردند.

جدول۱۹ - غلظت ارگانیسم ها در فاضلاب و مدفوع

ارگانیسم	تعداد در فاضلاب (در لیتر)	تعداد در مدفوع (گرم)
باکتری های مقاوم در برابر گرما	$۱۰^{۸}$-$۱۰^{۱۰}$	$۱۰^{۵}$-$۱۰^{۱۱}$
کامپیلوباکتر ججونی	$۱۰^{۴}$-۱۰	$۱۰^{۹}$-$۱۰^{۶}$
سالمونلا	$۱۰^{۵}$-۱	$۱۰^{۸}$-$۱۰^{۴}$
شیگلا	$۱۰^{۴}$-۱۰	$۱۰^{۷}$
ویبریوکلرا	$۱۰^{۵}$-$۱۰^{۲}$	$۱۰^{۷}$
کرم های روده ای	$۱۰^{۳}$-۱	$۱۰^{۵}$-۱
آسکاریس لومبریکوئیدس	ND (no data)	$۱۰^{۳}$-۱
شیستوزوما مانسونی	ND (no data)	$۱۰^{۲}$
کرپتوسپوریدیوم پاروم	$۱۰^{۴}$-۱	$۱۰^{۸}$-$۱۰^{۷}$
انتاموباهیستولیتیکا	$۱۰^{۲}$-۱	$۱۰^{۸}$-$۱۰^{۵}$
ژیاردیا اینتستینالیس	$۱۰^{۵}$-$۱۰^{۲}$	$۱۰^{۸}$-$۱۰^{۵}$
ویروس های روده ای	$۱۰^{۶}$-$۱۰^{۵}$	$۱۰^{۹}$-$۱۰^{۴}$
روتاویروس ها	$۱۰^{۵}$-$۱۰^{۲}$	$۱۰^{۱۱}$-$۱۰^{۷}$

متاسفانه هیچ ارگانیسم شاخص کاملی برای فاضلاب، به ویژه باکتری های بیماریزا غیر مدفوعی، تراماتودها، ویروس ها و پروتوزوآ وجود نداشته و اغلب غلظت باکتری های شاخص مدفوعی با غلظت این ارگانیسم ها همخوانی ندارد.

بسیاری از پاتوژن های دفع شده می توانند به اندازه کافی در محیط زنده بمانند تا انسان را از

طریــق تماس با مدفــوع یا فاضلاب یا مصرف محصولات آلوده ای که در برکه های تغذیه شــده با پساب رشد کرده اند، آلوده کنند.

برکــه های زدایش پاتوژن از ماهی ها، بیشــتر شــبیه آنچه کــه در برکه های نهایــی تکمیلی در سیســتم های برکه تثبیت اتفاق می افتد، عمل می کنند (زیرا هر دوی آنها ویژگی های مشــابهی دارند). اگر فاضلاب یا پســاب به صورت مداوم به یک برکه یا آب های ســطحی که در آنها آبزیان پــرورش داده می شــوند وارد شــود، احتمال وجود پاتــوژن ها به صورت دائــم در آب وجود دارد. پاتوژن هایی که در دستگاه گوارش و ناحیه شکمی ماهی تغلیظ می شوند یا آنهایی که بافت ماهی را آلوده می کنند (مانند کلونورکیس و اپیتروکیس) می توانند تا زمانی که ماهی برداشــت گردد و خورده شود در بدن آن زنده مانده و در بعضی مواقع نیز تولید مثل کنند.

به طور کلی میزان بقا پاتوژن ها ارتباط معکوســی با دمای آب دارد. تراماتودهای متاسرکریا (مانند فاسیولا هپاتیکا) می تواند بر روی گیاهان به صورت غیرفعال برای چندین ماه حتی در دمای هوای زمســتان زنده بمانند. این تراماتودها تنها در صورتی که میزبان واســطه ی آنها مانند حلزون ها نیز حضور داشته باشند می توانند در برکه های پرورش تکثیر شوند (۲).

۱۴-۱-۱ کیفیت میکربی آب برکه های پرورش

ماهی ها و گیاهان هر دو به صورت غیر فعال آلاینده های میکربی را بر روی ســطح خود نگهداری می کنند. ماهیان باکتری ها و ویروس های موجود در آب را در محتویات شــکم و دستگاه گوارش خود تغلیظ می کنند. در آبزی پروری با پساب، ماهیان به صورت ذاتی میکرب های بیماریزا را در دســتگاه گوارش خود تغلیظ می کنند، زیرا این میکرب ها در آب حضور دارند. به ندرت برخی از ایــن عوامل بیماریزا مانند تراماتودها می توانند به درون گوشــت خوراکی ماهی نفوذ کنند. اما در شرایطی که ماهی دچار تنش محیطی گردد مانند زمانیکه تعداد بسیار زیادی ماهی در یک فضای محدود و با کیفیت پایین آب پرورش داده می شــود، باکتری ها و ویروس ها می توانند به گوشــت خوراکی ماهی نیز نفوذ کنند. به هر حال به نظر می رســد این حالت بیشــتر از اینکه در شــرایط کیفیت پایین میکربی آب رخ دهد، در شــرایط پرورشــی بوجود می آید که منجر به ایجاد تنش به ماهیان می گردد (۲و۱۶).

جدول ۲۰- میزان بقای ارگانیسم های مختلف در محیط در دمای ۳۰-۲۰ درجه ی سلسیوس (۲۱)

ارگانیسم	زمان زنده ماندن (روز)	
	آب	گیاهان
انتروویروس ها (a)	کمتر از ۱۲۰ روز اما معمولا کمتر از ۵۰ روز	کمتر از ۶ روز اما معمولا کمتر از ۱۵ روز
باکتری های مقاوم در برابر گرما	کمتر از ۶۰ روز اما معمولا کمتر از ۳۰ روز	کمتر از ۳۰ روز اما معمولا کمتر از ۱۵ روز
سالمونلا	کمتر از ۶۰ روز اما معمولا کمتر از ۳۰ روز	کمتر از ۳۰ روز اما معمولا کمتر از ۱۵ روز
شیگلا	کمتر از ۳۰ روز اما معمولا کمتر از ۱۰ روز	کمتر از ۱۰ روز اما معمولا کمتر از ۵ روز
ویبریوکلرا	ND	کمتر از ۵ روز اما معمولا کمتر از ۲ روز
تخم آسکاریس لومبریکوئیدس	سال ها	کمتر از ۶۰ روز اما معمولا کمتر از ۳۰ روز
تخم کرم نواری	چندین ماه	کمتر از ۶۰ روز اما معمولا کمتر از ۳۰ روز
تخم تراماتود (b)	کمتراز ۳۰ روز	کمتر از ۳۰۰ روز[c]
کیست انتاموباهیستولیتیکا	کمتر از ۳۰ روز اما معمولا کمتر از ۱۵ روز	کمتر از ۱۰ روز اما معمولا کمتر از ۲ روز
اوسیست کریپتوسپوریدیوم پاروم	کمتر از ۱۸۰ روز اما معمولا کمتر از ۷۰ روز	کمتر از ۳ روز اما معمولا کمتر از ۲ روز

(a) پولیو ویروس ها، اکوویروس ها، کوکساکی ویروس ها

(b) در آب های پر از اکسیژن و با دماهای معمول، تخم تراماتودها سریع به میراسیدا تبدیل شده و ظرف چند ساعت می میرد و فرصت آلوده کردن میزبان واسطه را ندارد اما در آب های سرد و بی هوازی تخم آنها می تواند تا ماهها زنده بماند.

(c) متاسرکریای فاسیولاهپاتیکا می تواند برای ماهها در گیاهان آبزی زنده بماند و در گوشت ماهیان نیز در طول دوره ی زندگی ماهی به صورت عفونی باقی خواهد ماند.

میراسیداها باید ظرف چند ساعت یک میزبان یا حلزون را پیدا کرده و آلوده کنند وگرنه از بین خواهند رفت. این ویژگی شناسایی آنها را در آب دشوار می کند. پس معقولانه تر این است که میزبان واسطه آنها (حلزون) و یا حضور متاسرکاریا در گوشت ماهی یا بر روی گیاهان در مناطق اپیدمیک شناسایی گردند.

۲-۱-۱۴ شواهد آلودگی محصولات (ماهیان)

باکتری ها، پروتوزوآ و ویروس ها به ندرت در گوشت خوراکی ماهیان یافت می شود اما تقریبا همیشه در دستگاه گوارش و مایع شکمی آنها در غلظت بالاتری نسبت به محیط یافت می شوند. به نظر می رسد که فلور میکربی یک ماهی کیفیت آبی که از آن صید شده است را منعکس می کند. شواهد محدودی از رشد و تکثیر بعضی از گونه های باکتری ها در دستگاه گوارش ماهی ها وجود دارد. سالمونلا و ای کلای در دستگاه گوارش ماهی تیلاپیا و کپور ماهی در برکه های پرورش ماهی زنده مانده اند و رشد کرده اند.

مطالعات میکربی که بر روی کیفیت میکربی گوشت ماهی انجام شده، نشان داده است که گوشت

ماهیانی که از تاسیسات پرورش ماهی با پساب صید شده اند سطح پایینی از آلودگی باکتریایی را نشان می داده اند. اما هنگامی که از همان ماهیان پرورشی با پساب از سطح بازار نمونه برداری شده است، گوشت آنها میزان بالایی از آلودگی میکربی را نشان داده است. این نتایج نشان می دهد که بیشتر آلودگی گوشت ماهیان در دوره ی پس از صید و انتقال به بازار به دلیل سرایت آلودگی از محتویات شکم ماهی در شرایط غیر بهداشتی پردازش رخ می دهد.

۱۴-۱-۳ شواهد آلودگی محصولات (گیاهان آبزی)

شواهد حاکی از آن است گیاهانی که در برکه های تغذیه شده با پساب رشد می کنند به صورت غیر فعال پارازیت ها، باکتری ها و ویروس ها را در سطح خود جمع می کنند. متاسرکریای عفونی دو نوع تراماتود (فاسیولا هپاتیکا، فاسیو لپسیس باسکی) بر روی گیاهان آبی ایجاد تخم های کیستی می کنند. برای مثال فاسیولا بر روی گیاه تره آبی شناسایی شده است و فاسیولپسیس بر روی شاه بلوط آبی (خس سهکله) شناسایی شده است. گیاهان آبی دیگری که برای مصرف مستقیم انسان پرورش داده می شوند مانند اسفناج آبی و درخت ابریشم آبی نیز ممکن است آلوده باشند.

همچنین خزه های آبی نیز اگر به صورت خوراکی مصرف گردند، می توانند مقادیر بالایی از کلیفرم های مقاوم به حرارت را در سطح خود داشته باشند. سطح خزه های آبی می توانند ۱۰۰ بار بیشتر از غلظت برکه های تغذیه شده با فاضلاب خام یا برکه های تغذیه شده با پساب سپتیک تانک ها دارای کلیفرم مدفوعی باشند.

۱۴-۲ شواهد همه گیرشناسی

مطالعات همه گیرشناسی اندکی در مورد استفاده از پساب و فاضلاب در آبزی پروری انجام شده است. در یکی از مطالعات صورت گرفته در اندونزی بر روی بیماری های پوستی ایجاد شده در اثر تماس با فاضلاب در هنگام آبزی پروری، نتایج حاکی از وجود ارتباط مستقیم میان آبزی پروری با پساب و ریسک عفونت های تراماتودی بود.

۱۴-۲-۱ بیماری های پوستی

بر اساس مطالعات انجام شده، مشخص گردیده است که میان مواجهه و تماس با فاضلاب و مشکلات پوستی از قبیل درماتیت و اگزما رابطه معنا داری وجود دارد. علت این مشکلات پوستی

مشخص نیست اما به احتمال زیاد به دلیل مواجهه با مخلوطی از عوامل شیمیایی و بیولوژیکی در فاضلاب رخ می دهند. بیشتر افراد شاغل و خانواده هایی که به صورت سنتی آبزی پروری با پساب را انجام می دهند و در تماس مستقیم با فاضلاب قرار دارند، دچار این عوارض می گردند.

۱۴-۲-۲ مصرف محصولات و دیگر مواجهه ها

مواجهه با آب برکه های پرورش ماهی (با شستشـو و اسـتحمام کردن)، مواجهه های تفریحی (از طریق شنا کردن یا بازی کردن)، مواجهه ی مصرف کنندگان (از طریق خوردن ماهی پرورش یافته در این برکه ها) اتفاق می افتد (۲).

۱۴-۳ عوامل شیمیایی

در بسیاری از مناطق، ممکن است فاضلاب شهری و صنعتی هر دو به یک فاضلابرو یا زهکش تخلیه گردند. این عمل، مواد شیمیایی نظیر فلزات سنگین و هیدروکربن های کلرینه را وارد سیستم های تصفیه فاضلاب می کند. به منظور کاهش اثرات مضر بهداشـتی و زیسـت محیطی این ترکیبات، فاضلاب ها و زائدات صنعتی باید پیش از تخلیه به فاضلابروهای شـهری پیش تصفیه شـده یا به صورت مجزا از فاضلاب شـهری جمع آوری و تصفیه گردد. فاضلاب مورد اسـتفاده در آبزی پروری نباید دارای مقادیر چشمگیری از عوامل شیمیایی سمی باشد.

شـیمی و سرنوشـت مواد شـیمیایی سـمی مانند فلزات سـنگین و هیدروکربن های کلرینه در محیط هـای آبی پیچیده اسـت. به هـر حال غلظت فلزات سـنگین گزارش شـده در ماهی های پرورش داده شـده، حتی در ماهی های برداشـت شده از آب های سـطحی خیلی آلوده با غلظت فلزات سـنگین بالا نیز معمولا از مقادیر پیشـنهاد شده توسط کمیسیون مواد خوارکی (Codex) تجاوز نمی کند. این نکته تا حدود زیادی در مورد ماهی های پرورش داده شـده با پسـاب فاضلاب برکه های تثبیت نیز درست می باشد (۲۳).

بیشتر فلزات سنگین به صورت سولفید های غیر محلول یا اکسیدهای هیدراته در شرایط بی هوازی فاضلاب خام رسوب می کنند و در شرایط قلیایی برکه های پرورش تغذیه شده با پساب، این عمل بیشـتر اتفاق می افتد. دلیل وقوع این پدیده آن اسـت که حلالیت فلزات سـنگین با افزایش pH کاهش می یابد. علاوه بر این فلزات در شرایط بی هوازی، برکه های پرورش ماهی تمایل به رسوب گذاری دارند. اگرچه ماهیان به سـرعت فلزات را از طریق آبشـش ها و دستگاه گوارش خود جذب

می کنند، اما غلظت فلزات سنگین را به صورت خودکار در بافت های خود تنظیم می کنند. البته غلظت جیوه آن هم به شکل متیل جیوه به خوبی در بدن ماهی تنظیم نمی گردد. به طور کلی جیوه فلزی است که در صورت حضور در غلظت بالا در آب احتمال انباشته شدن آن در بافت های ماهی بالا خواهد بود.

به صورت کلی ماهی های گوشتخوار با عمر بالا نسبت به ماهی های کوچک و جوانی که در سطح پایین تری از زنجیره ی غذایی از جلبک ها، گیاهان و دیگر مواد تغذیه می کنند، جیوه را در غلظت بالاتری در بدن خود ذخیره می کنند. مطالعات نشان داده است که غلظت کروم، کادمیوم و سرب در ماهی و گیاهان پرورش داده شده با فاضلاب بیشتر از غلظت های مشابه این مواد در محصولات پرورش داده شده با آب سالم است (۲).

حتی در این موارد نیز غلظت های آنها باز هم پایین تر از استانداردهای کمیسیون مواد خوراکی (Codex) است که بر اساس آن غلظت های در محدوده ی استاندارد ها فرض می شود که اثرات بهداشتی منفی چندانی نخواهد داشت. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده مشخص گردیده است که اسفناج آبی که با مخلوطی از پساب شهری و صنعتی پرورش داده شده است، می تواند فلزات سنگین نظیر کادمیوم، سرب و آرسنیک را در خود تغلیظ کند. اما باز غلظت آنها از استانداردهای کمیسیون مواد خوراکی (Codex) پایین تر بوده که به نظر می رسد ریسک قابل ملاحظه ای در خوردن اسفناج آبی پرورش داده شده باپساب وجود ندارد.

استاندارد Codex برای کادمیوم و سرب موجود در گیاهان برگ دار آبی به ترتیب ۰/۲ و۰/۳ میکروگرم وزن گیاه تازه است (۲۳).

هیدروکربن های کلرینه گروهی از مواد شیمیایی هستند که بیشترین توجه را از سوی متخصصان محیط زیست و بهداشت عمومی در زمینه محصولات آبزی پروری به خود جلب کرده است اما به علت اینکه بیشتر اندازه گیری های انجام شده بر روی آبزیان وحشی و یا آبزیانی که با پساب پرورش داده نشده اند، انجام شده است، اطلاعات کافی و دقیقی در زمینه ی آلودگی محصولات آبزی پرورش داده شده با پساب به این ترکیبات کلرینه وجود ندارد.

چون فاضلاب ها ضرورتا و همیشه به مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی آلوده نیستند ماهی های پرورش داده شده با فاضلاب نیز اغلب دارای غلظت های پایینی از آفت کش های کلرینه در بافت خود هستند. با وجود دیوکسین و فوران در بسیاری از فاضلاب های شهری و صنعتی، اما تخمین های کمی ریسک ناشی از هیدروکربن های کلرینه پایدار در پرورش آبزیان با پساب به

نظر پایین می رسد.

یکی از مشکلات دیگری که در بحث آبزی پروری با پساب مطرح است، مساله مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) است که از طریق زائدات انسانی و کودهای کشاورزی ممکن است سبب یوتریفیکاسیون در برکه های پرورش آبزیان گردد،که این پدیده می تواند سبب رشد سیانوباکترهایی گردد که تولید سموم عصبی و کبدی می کنند و می توانند سبب گاستروانتریت، آسیب های کبدی و عصبی و تحریکات پوستی گردند.

ثابت شده است که مواجهه مستمر با سموم سیانوباکترها می تواند سبب سرطان کبد در حیوان و شاید انسان گردد.

مواجهه با این سموم از طریق آب آشامیدنی و تماس با آب های تفریحی اتفاق می افتد، اما به هر حال ممکن است کارگران برکه های پرورش و مصرف کنندگان ماهی آب شیرین نیز در معرض این سموم قرار گیرند. همچنین مطالعات نشان داده است که تماس طولانی مدت با آب های آلوده به میکروسیستین می تواند سبب تجمع این سم درکبد ماهی های آب شیرین شود و مصرف این ماهیان احتمالا سبب مواجهه انسان نیز می گردد (۲).

۱۴-۴ منافع بهداشتی پرورش آبزیان با پساب فاضلاب

استفاده از فاضلاب در آبزی پروری می تواند امنیت غذایی و وضعیت تغذیه بسیاری از افراد را بهبود بخشد. برای بسیاری از افراد فقیر جوامع منافع تغذیه ای حاصل از پرورش آبزیان با پساب می تواند قابل ملاحظه باشد.

سازمان جهانی غذا (FAO) تخمین زده است که تقریبا زندگی یک میلیارد نفر در جهان به ماهی به عنوان منبع پروتئین حیوانی وابسته است. ۱/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان حداقل ۲۰٪ پروتئین حیوانی مورد نیاز خود را از ماهی تامین می کنند. در ۳۴ کشور جهان که بیشتر آنها کمتر صنعتی هستند، ماهی ۵۰٪ پروتئین مورد نیاز انسانی را فراهم می کند. بیشتر افرادی که فعالیت کوچک آبزی پروری را در سطح خانگی انجام می دهند به احتمال زیاد از فاضلاب به عنوان منبع آب و تغذیه برای برکه های خود استفاده خواهند کرد.

پرورش ماهی با استفاده از پساب در مناطق روستایی مقدار چشمگیری پروتئین حیوانی تولید می کند. در برخی مناطق، ماهی آب شیرین به عنوان یک منبع حیاتی و غیر قابل جایگزین پروتئین حیوانی ارزان قیمت برای ایجاد تعادل در رژیم و امنیت غذایی جوامع محسوب می گردد

و ماهی تولید شـده با پسـاب می توانـد پروتئین و مواد معدنی حداقلی لازم بـرای جوامع فقیر و فرودست را فراهم نماید (۲۵).

۱۵– اهداف بهداشتی

۱۵-۱ حفاظت از مصرف کنندگان محصولات

بدلیـل حضور بومـی تراماتودها، این گروه خطر اولیه برای مصرف کنندگان محسـوب می گردند، عوامل بیماریزای دیگر مرتبط با مدفوع در محتویات شکمی ماهی و بر روی سطح ماهیان و گیاهان و مواد شـیمیایی موجود در گوشت ماهی و قسـمت خوراکی گیاهان هستند. مصرف ماهی خام یا نیم پخته و گیاهان آبی همیشه با خطر انتقال بیماری های عفونی همراه بوده، اما بر ریسک حاصل از آلاینده های شـیمیایی تاثیری ندارد. برای رسیدن به اهداف بهداشتی جهت استفاده از فاضلاب و پساب در پرورش آبزیان از یک رویکرد مستدل و متوازن استفاده می گردد. اهداف بهداشتی هر یک از مخاطرات مصرف محصولات در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۱۵-۱-۱ حفاظت در برابر تراماتودها

همانطور که پیش تر گفته شـد، گونه های مختلفی از تراماتودها هسـتند که می توانند از طریق مصرف ماهی و گیاهان آبزی خام یا نیم پخته منتقل گردند. این پارازیت ها می توانند سبب شیوع بالای بیماری و به ندرت سـبب مرگ در گروه آسـیب پذیر مانند کودکان شـوند. بنابراین اهداف بهداشـتی یک ابزار پیشـگیری از بیماری های تراماتودی زاییده از مـواد خوراکی به دلیل مصرف ماهی ها و گیاهان پرورش داده شـده با پسـاب اسـت. این اهداف بوسـیله ی ترکیبی از اقدامات حفاظت بهداشـتی (مانند تصفیه فاضلاب و زائدات انسـانی، کنترل جمعیت میزبان های واسـطه، بازرسـی غذایی، تکنیک های پردازش مواد غذایی مشـخص و مهمتر از همه پخت کامل غذا پیش از مصرف) قابل دستیابی هستند.

هر چند تصفیه فاضلاب جهت غیر فعال سازی تخم تراماتودها یک مداخله مهم می باشد، اما ممکن است در برابر آلودگی تخم تراماتودهای ناشی از حیوانات آلوده ی موجود در حوضه آبریز بی تاثیر باشد. حتی حضور یک تخم زنده می تواند منجر به آلودگی درصد بالایی از ماهیان و گیاهان شود. علاوه بر آن تایید حضور یا نبود تخم تراماتودهای زنده در فاضلاب و آب برکه بر اساس دلایل زیر سخت است.

- روش اســتاندارد آزمایشــگاهی و شناســایی تخم تراماتود وجود ندارد، اگرهم وجود داشته باشد، بازدهی تشخیصی آن مشخص نیست.
- تشخیص تخم تراماتود گونه های بیماریزا برای انسان از غیر بیماریزای آن دشوار است.
- تخــم تراماتودهــا در آب های گرم و هوازی به ســرعت به میراســیدیا تبدیل می شــوند و تخم آنها قابل شناسایی نیست.

به طور کلی بنا به دلایلی که گفته شــد، آزمایش شناســایی تخم تراماتــود زنده در فاضلاب و آب برکه های پرورش باید در یک سیستم اعتبارسنجی انجام پذیرد. اگر گیاه یا آبزی پرورش داده شده دریک ناحیه، همیشه پیش از مصرف به صورت بهداشتی پردازش و کامل پخته گردد، آزمون تخم تراماتود لازم نیســت. در ضمن تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی تنها در یک پهنه ی جغرافیایی مشــخص حضــور دارند و بنابراین تنهــا در مناطقی که به صورت اندمیک هســتند، ایجاد مخاطره می کنند.

پایش اعتبارســنجی برای تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی شــامل آزمایش نمونه های ماهی و گیاهان آبزی برای شناسایی متاسرکریای عفونی در نقطه برداشت است. نمونه برداری و پایش باید در فواصل زمانی هر ســه تا شــش ماه یکبار (بسته به میزان حساسیت و شــیوع بیمار در منطقه) توسط بازرسان بهداشت محیط و یا کارشناسان سازمان غذا و دارو انجام گردد.

۱۵-۱-۲ حفاظت در برابر پاتوژن های دیگر

سطح ریسک قابل قبول سازمان بهداشت جهانی برای آب آشامیدنی 10^{-6} DALY به ازای هر نفر در ســال است. این سطح از حفاظت بهداشتی برای محافظت از مشتریان آبزی پروری با پساب نیز مناســب و قابل قبول است. بیماری مدفوعی اغلب با استفاده از اسهال و عوارض گوارشی به عنوان شاخص شناسایی می گردند. بار بیماری مرجع 10^{-6} DALY تقریبا معادل ریسک ۰/۰۰۱ اسهال ملایم و مزمن با نرخ کشندگی پایین است.

به منظور دســتیابی به این ســطح از حفاظت بهداشــتی باید ترکیبی از اقدامات بهداشتی استفاده گردد. تصفیه فاضلاب و فضولات انسانی یک راه موثر در کاهش غلظت پاتوژن ها در سطح ماهیان و گیاهان و همچنین محتویات شــکمی ماهیان اســت. به هر حال حتی ماهی های رشــد یافته در محیط های آبی تمیز نیز غلظت بالای میکربی در دســتگاه گــوارش خود دارند که درصدی از این میکرب ها ممکن اســت برای انســان بیماری زا باشــد. بنابراین کاهش انتقال آلودگی از محتویات

شـــکمی ماهیان به گوشـــت خوراکی آنها هنگام پردازش و پاک کردن ماهی ها بســـیار مهم است. جدول (۲۱) بهترین اهداف کیفی میکربی برای برکه های پرورش تغذیه شـــده با پســـاب را نشـــان می دهد.

جدول ۲۱- اهداف کیفی میکربی برای برکه های پرورش تغذیه شده با پساب

محیط	تخم زنده تراماتودها (شامل تخم شیستوزوما در هر ml ۱۰۰ یا در هر گرم وزن خشک)	اکلی (میانگین حسابی در هر ml ۱۰۰ یا در هر گرم وزن خشک)	تخم کرم های روده ای (میانگین حسابی در هر ml ۱۰۰ یا در هر گرم وزن خشک)
مصرف کنندگان	-	-	-
آب برکه	قابل شناسایی نیست.	$\geq ۱۰^{۴}$	≥ ۱
فاضلاب یا پساب	قابل شناسایی نیست.	$\geq ۱۰^{۵}$	≥ ۱
گوشت ماهی یا قسمت های خوراکی گیاه	حضور یا نبود متاسرکریا در ماهی ملاک است.	کمیسیون مواد خوراکی CODEX کیفیت میکربی گوشت ماهی و گیاهان آبی را تعریف نکرده است و پیشنهاد می گردد از ارزیابی ریسک و نقاط کنترل بحرانی (HACCP) از نقطه تولید تا مصرف استفاده گردد.	قابل شناسایی نیست.
کارگران و جوامع محلی	-	-	-
آب برکه های پرورش	قابل شناسایی نیست	$\geq ۱۰^{۳}$	≥ ۱
فاضلاب یا پساب	قابل شناسایی نیست	$\geq ۱۰^{۴}$	≥ ۱

نتایج مطالعات پیشـــین نشان می دهند که در فاصله زمانی میان نمونه برداری از گوشت ماهی در نقطـــه صید و در نقطه عرضه در بـــازار، افزایش نمایی در غلظت کلیفرم های مقاوم در برابر حرارت اتفاق می افتد. همچنین میان سطح آلودگی در ماهی های پرورش داده شده با پساب یا ماهی های پرورش داده شـــده ی دیگر تفاوت چندانی وجود نداشته است. در این میان اعمال محدودیت های تولیـــد (ماننـــد صدور مجوز پرورش ماهی ها وگیاهانی که تنها مـــی توان آنها را پس از پخت کامل مصـــرف کرد)، ریســـک بیماری هـــای مرتبط با مدفـــوع را کاهش خواهـــد داد. اطلاعات حاصل از مطالعات محدود همه گیرشناسی حاکی از آن است که ریسک اسهال برای بچه های زیر پنج سالی که آبزیان پرورش یافته با پساب (با کیفیت آب $۱۰^{۴} \times ۹/۳$کلیفرم مدفوعی در ml۱۰۰) را مصرف

کرده اند، افزایش یافته است.

البته اطلاعات دیگر نشان می دهد که کیفیت میکربی $۱۰^{۴}$ کلیفرم مقاوم به حرارت در ۱۰۰ ml آب برکه منجر به سطوح آلودگی قابل توجهی در گوشت خوراکی ماهیان در نقطه برداشت نخواهد شد.

QMRA به کار رفته برای تخمین ریسک حاصل از استفاده فاضلاب برای آبیاری کاهو (با فرض اینکه هر دو روز ۱۰۰ گرم کاهو مصرف می گردد و کاهو ml ۱۵-۱۰ فاضلاب را جذب می کند و با احتساب مرگ پاتوژن ها در فاصله زمانی برداشت و مصرف) ریسک سالانه روتاویروس ۱×۱۰^{-۳} (تقریبا برابر با 10^{-6} DALY با کیفیت میکربی $۱۰^{۴}$-$۱۰^{۳}$ Ecoli در ۱۰۰ ml آب است) این سطح از ریسک تقریبا برای گیاهان آبی که به صورت خام مصرف می گردد نیز قابل تعمیم است.

استفاده از آب آشامیدنی سالم برای تازه نگه داشتن و شستشوی گیاهان آبزی در بازار و پیش از مصرف، آلودگی میکربی و ریسک بیماری های مدفوعی را کاهش می دهد. اما استفاده از آب ناسالم می تواند این آلودگی را تشدید کرده و ریسک بهداشتی مصرف آن را افزایش دهد.

هدف کیفی میکربی برای پساب تصفیه شده پایین تر از Ecoli $\leq ۱۰^{۵}$ در هر ۱۰۰ ml است البته با احتساب ترقیق که پس از ورود آن به تاسیسات آبزی پروری انجام می گیرد.

اگرچه انتقال کرم های روده ای از طریق مصرف محصولات آبزی پرورش داده شده با پساب به ویژه گیاهان آبزی شایع است اما شستن گیاهان آبزی با محلول دترجنت پیش از مصرف، درصد قابل ملاحظه ای (۹۹٪-۹۰) از تخم کرم ها را حذف خواهد کرد.

پایش تاییدی تخم انگل ها و Ecoli در آب برکه های پرورش، در صورت مصرف دائمی محصولات به صورت کاملا پخته می تواند هر ۳ تا ۶ ماه انجام گردد.

۱۵-۱-۳ حفاظت در برابرعوامل شیمیایی

پایش تاییدی برای عوامل شیمیایی در محصولات آبزی پرورش داده شده با پساب باید هر شش ماه یکبار توسط مقامات محلی ایمنی و بهداشت مواد غذایی در نقطه فروش و عرضه انجام گردد.

برخی از استانداردهای غلظت مواد شیمیایی در پیکره ماهیان و گیاهان در جدول (۲۲) نشان داده شده است.

جدول ۲۲- استانداردهای غلظت مواد شیمیایی در ماهیان و گیاهان

عوامل شیمیایی	استاندارد در ماهی و فرآورده های آن (mg/kg)	منبع استاندارد	استانداردگیاهان (mg/kg)	نوع استاندارد
فلزات سنگین	-	-	-	-
آرسنیک	No standard	-	۰/۰۲	CODEX (2003)
کادمیوم	۰/۰۵ -۱	EC (2001)	۰/۰۲	CODEX (2003)
سرب	۰/۰۲	CODEX (2003)	۰/۰۲	CODEX (2003)
متیل جیوه	۰/۰۵ -۱	CODEX (2003)	No standard	-
مواد آلی	-	-	-	-
دیوکسین	۰/۰۰۰۰۰۴	EC (2001)	No standard	-
DDT, TDE	۵	USFDA (1998)	No standard	-
PCB_S	۲	USFDA (1998)	No standard	-

۱۵-۲ حفاظت از کارگران و جوامع محلی

سه مخاطره اصلی متوجه کارگران و خانواده آن ها و جوامع محلی، شامل شیستوزومیازیس، تحریکات پوستی و بیماری های منتقله از ناقلین است.

۱۵-۲-۱ حفاظت در برابر پاتوژن ها

اهداف بهداشتی موجود در بیماری های منتقله از مدفوع بوسیله ی اقدامات زیر قابل دستیابی است:

- تصفیه مناسب فاضلاب یا پساب
- استفاده از تجهیزات حفاظتی مناسب مانند چکمه و دستکش
- محدود کردن دسترسی به تاسیسات پرورش آبزیان
- فراهم کردن دسترسی به آب آشامیدنی سالم و امکانات بهداشتی برای کارگران و خانواده هایشان و جوامع محلی
- رعایت بهداشت فردی از طریق شستن دست با آب و صابون پیش از آماده سازی و صرف غذا، پس از توالت و عوض کردن پوشک نوزاد
- کنترل جمعیت میزبان های واسطه با وسایل فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی
- شستن قسمت های مختلف بدن به صورت کامل با صابون و آب سالم پس از تماس با فاضلاب و آب آلوده
- درمان افراد و جمعیت های آلوده

پایش تاییدی Ecoli، تخم کرم های روده ای و تخم شیستوزوما باید در فواصل زمانی سه تا شش ماه انجام گیرد و نمونه برداری باید در محل مواجهه و تماس انجام گیرد. در جایی که شیستوزومیازیس به عنوان یک مخاطره مطرح است جوامع محلی و کارگران باید از نظر علائم عفونت بررسی گردند. این نوع بررسی ها و پایش ها باید در مناطقی که میزان بروز شیستوزومیازیس بالا، متوسط و پایین است به ترتیب هر سال، هر دوسال یکبار و هر ۵ سال یکبار انجام گردد.

۱۵-۲-۲ حفاظت در برابر محرک های پوستی

فعالیت آبزی پروری با پساب باعث تماس دست ها، بازوها، پاها و ساق ها با فاضلاب یا پساب می گردد که این تماس ها می تواند سبب بروز بیماری های پوستی که شایع ترین آن دراماتیت (اگزما) است، شود. اگرچه بیماری های پوستی اغلب بیماری هایی نیستند که زندگی انسان را تهدید کنند و نسبتا کوتاه مدت هستند اما سبب آزار و اذیت فرد می گردند. برای بیماری های پوستی بهترین هدف بهداشتی عدم حضور عوارض پوستی در متن فعالیت های آبزی پروری با پساب است.

این هدف بهداشتی نیز بوسیله ی محدود کردن تماس با فاضلاب و عوامل سمی موجود در آن، تصفیه فاضلاب به منظور حذف آلاینده های شیمیایی (مانند ته نشینی، انعقاد لخته سازی در صورت مخلوط بودن با فاضلاب صنعتی)، پوشیدن لباس حفاظتی مناسب (چکمه ی بلند و دستکش) و شستشوی پوست با آب تمیز بلافاصله پس از تماس با فاضلاب و آب آلوده قابل دستیابی است.

پایش تاییدی باید به منظور بررسی اینکه آیا اهداف بهداشتی محقق شده است، از طریق تایید عدم حضور بیماری های پوستی در کارگران و دیگر افرادی که با پساب در ارتباط هستند انجام گردد. این پایش ها بایستی با فواصل زمانی ۶ ماه یا یکسال انجام شوند.

۱۵-۲-۳ حفاظت در برابر بیماری های منتقله از ناقلین

بسیاری از این بیماری ها می توانند از طریق ناقلین سبب شیوع و حتی در بعضی موارد مرگ و میر زیادی شوند. بنابراین یکی از اهداف بهداشتی مناسب، پیشگیری از بیماری های منتقله از ناقلین در اثر فعالیت های آبزی پروری با پساب است که این هدف می تواند از طریق اقدامات فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی محقق گردد.

پایش تاییدی برای حصول اطمینان از دستیابی به اهداف بهداشتی می تواند بوسیله ی بررسی حضور حشرات ناقل هر ۲ تا سه ماه یکبار انجام گیرد. نظارت بهداشتی لازم بر شیوع بیماری های شایع ناشی از ناقلین نیز می تواند به منظور اطمینان از اینکه آیا اقدامات حفاظتی انجام شده در راستای دستیابی به اهداف بهداشتی موثر بوده است یا نه، انجام گیرد (۲).

۱۵-۳ راهنما و استانداردهای مربوط به آبزیان و شیلات

در مورد عوارض بهداشتی استفاده از پساب ها و آب های برگشتی برای آبزی پروری در مقایسه با استفاده از پساب ها در کشاورزی، تحقیقات کمتری انجام شده و به همان میزان نیز اطلاعات کمتری در دسترس است. مدارک و شواهدی که در مورد ماهی ها و گیاهان پرورش یافته در فاضلاب وجود دارد، نشان می دهد که انتقال آلودگی از طریق سطوح خارجی گیاهان و بدن ماهی ها به افرادی که در معرض و تماس با آنها هستند، انجام گرفته و باعث آلودگی افراد شده است. نتایج و تجربیات نشان می دهد که هرچند امکان انتقال آلودگی از طریق محصولات تولیدی از آب های بازیافتی (ماهی ها و گیاهان) به ویژه از طریق سطوح خارجی بدن ماهی ها و گیاهان به افرادی که در معرض تماس هستند وجود دارد، اما امکان انتقال از طریق بافت های داخلی آنها به افراد محدود و اندک است.

به طور کلی می توان نتیجه گرفت که آلودگی بافت های خوراکی که از طریق غیر بهداشتی (پرورش با آب آلوده) به وجود می آید، تفاوت زیادی با شرایط طبیعی ندارد. اما اگر ماهی یا گیاه پرورش یافته ای که در پساب به تراماتودها آلوده شده است و به صورت خام یا نیم پخته مصرف گردد، در این صورت انتقال آلودگی به انسان اتفاق خواهد افتاد. شاخص کیفی میکربی مربوط به حوضچه های پرورش ماهی، وجود یا عدم وجود تخم زنده تراماتود در پساب است. البته مطالعات نشان می دهد کارگرانی که در تماس طولانی مدت با گیاهان آبزی پرورش یافته در برکه های آلوده که بوسیله ی فاضلاب یا پساب های صنعتی تغذیه می شوند، کار می کنند، معمولا بیشتر دچار بیماری های پوستی مانند سوزش التهابات پوستی خواهند شد.

استاندارد سازمان بهداشت جهانی در زمینه استفاده از پساب تصفیه خانه های فاضلاب برای پرورش ماهی در مقایسه با استاندارد EPA از سختگیری کمتری برخوردار خواهد بود.

با توجه به اعتبار بالای استاندارد ارائه شده از طرف سازمان بهداشت جهانی و نتایج تحقیقات بین المللی درباره ی خطر کمتر انتقال آلودگی های میکربی به داخل بافت ماهی و همچنین با

توجه کاهش خطر آلودگی میکربی در اثر شست وشو و پخت و پز، استاندارد سازمان بهداشت جهانی به عنوان شاخص بهداشتی مناسبتر و رعایت آن نیز عملی تر به نظر می رسد (۱).
رهنمودهای بین المللی قصد دارند که یک سطح پایداری از حفاظت بهداشتی را در شرایط مختلف ایجاد نمایند و کشورها نیز تلاش می کنند که استانداردهای خود را بر اساس شرایط زیست محیطی، اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی تنظیم کنند. در بعضی موارد کشورها می توانند استانداردهای مختلفی را نیز به صورت جداگانه برای محصولاتی که به صورت داخلی مصرف می گردند یا صادر می شوند، تنظیم کنند (۲).

۱۵-۳-۱ استاندارد بین المللی

بر اساس توافق نامه سازمان تجارت جهانی، اعضای سازمان تجارت جهانی حق انجام اقدامات قانونی به منظور حفاظت از زندگی و سلامت جمعیت خود از خطرات ناشی از مواد غذایی را دارند، به شرطی که این اقدامات اثر محدودکننده بر تجارت جهانی نداشته باشند. در گذشته واردات محصولات غذایی آلوده منجر به شیوع یکباره بیماری در جمعیت های پذیرنده می شد. به علاوه پاتوژن های غیر بومی می توانستند از طریق مواد غذایی آلوده وارد جمعیت هایی شوند که هیچ گونه ایمنی در برابر آنها نداشته اند و این خود منجر به شیوع گسترده ی دور از انتظار بیماری در جمعیت های مقصد می گردید. به همین منظور کشورها باید مطمئن شوند که محصولاتی را که وارد می کنند، برای مصرف کننده خطری ندارد.
رهنمودهای بین المللی سازمان بهداشت جهانی برای استفاده ایمن از فاضلاب و پساب در آبزی پروری بر اساس روش تحلیل ریسک و سطح مشخصی از حفاظت بهداشتی شکل گرفته است. چنین شیوه ای به عنوان روش شناسی اصلی و پایه ی تنظیم استاندارد های امنیت مواد غذایی محسوب می گردد که هم حفاظت بهداشتی مناسبی فراهم می کند و هم تجارت غذا را آسان می کند؛ بنابراین محصولات آبزی پرورش داده شده با پساب برای صادرات، باید ابتدا به ساکن در چهارچوب پیشنهاد شده توسط رهنمود های سازمان بهداشت جهانی تولید شوند تا تجارت جهانی از سلامت این محصولات غذایی اطمینان حاصل نماید.
براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای استفاده از پساب در پرورش آبزیان، میزان اشرشیاکلی باید کمتر و یا مساوی ۱۰۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی لیتر باشد و در هر لیتر هیچ تخم زنده تراماتود مشاهده نشود. استانداردهای مرتبط با استفاده از پساب و آب های برگشتی در آبزی

پروری به شرح ذیل ارائه می شود.

[۱] توصیه های ملی EPA برای معیارهای کیفی آب جهت آبزیان

- معیارهای کیفیت شیمیایی برای کیفیت پساب ها در برکه های پرورش ماهی (WHO)
- راهنمای بهداشتی برای کیفیت پساب های تصفیه شده در پرورش آبزیان کشور استرالیا
- حداکثر غلظت توصیه شده برای پرورش آبزیان (استاندارد آب برای آبزیان اتحادیه اروپا) (۱)

EPA در سال ۲۰۰۶ توصیه های ملی را برای معیارهای کیفی آب های شور و شیرین برای آبزی پروری ارائه نمود. در این استاندارد CMC[۱] بیانگر غلظت حداکثر استاندارد است و تخمینی از بیشترین غلظت یک ماده در آب های سطحی است که در صورت مواجهه مقطعی آبزیان موجود در این آب ها با این غلظت از ماده مذکور، تاثیرات نامطلوب برآنها گذاشته نشود. همچنین CCC[۲] نشان دهنده غلظت پیوسته هر استاندارد است و تخمینی از بیشترین غلظت یک ماده در آب های سطحی است که در صورت مواجهه دائم و نامحدود آبزیان موجود در این آب ها با این غلظت از ماده مذکور تاثیرات نامطلوب بر آنها به جای گذاشته نشود (۲۶).

۱۵-۳-۲ استاندارد ملی

در بعضی مواقع ایمنی نسبت به بیماری های اندمیک، ممکن است مخاطرات بهداشتی حاصل از مصرف محصولات آبزی پرورش داده شده با پساب یا دیگر مواجهه های با آب و فاضلاب را کاهش دهد. به هر حال، اگر این محصولات در مناطقی که سطح ایمنی نسبت به بیماری ها پایین است و یا مناطقی که تراماتودهای زاییده از مواد خوراکی به صورت اندمیک حضور دارند، مصرف شوند و از طرف دیگر محصولات آبزی در این مناطق معمولا خام مصرف گردند، نیاز است که استانداردهای ایمنی مواد غذایی سختگیرانه تری در این مناطق تنظیم گردد و زمانیکه این استانداردها با فعالیت های ارتقا و توسعه بهداشتی (مانند دسترسی به آب سالم، بهبود وضعیت بهداشتی و بهداشت فردی مناسب در بازار و خانه) همراه باشد، بیشترین تاثیر را دارد.

استانداردهای ملی باید به منظور توسعه بهداشتی تنظیم گردند، اما همزمان باید با توجه به شرایط اجتماعی- فرهنگی، زیست محیطی و اقتصادی محلی قابل دستیابی نیز باشند. این بدان معنا ست که در گام های نخستین ممکن است این استاندارد ها سطح حفاظت بهداشتی را تامین نکند، اما در گام های بعد به مرور زمان با دسترسی به منابع بیشتر این استانداردها می توانند سختگیرانه تر شوند تا جایی که همه اهداف بهداشتی را برآورده سازند.

[1] Contaminant Maximum Concentration
[2] Contaminant Continouse Conventration

۱۵-۳-۳ استاندارد پیشنهادی برای مصارف متفرقه شامل محیط زیست، آبزیان، حیات وحش

برای سایر مصارف از جمله مصارف مربوط به محیط زیست، آبزیان، حیات وحش و مصارف شهری و ... معیارهای ارائه شده در جدول (۲۷) و (۲۵) را می بینید.

جدول ۲۳- استاندارد پیشنهادی برای استفاده از پساب و آب های برگشتی در محیط زیست، آبزیان، حیات وحش و مصارف شهری[1]

پارامتر	حداکثر میزان مجاز	واحد
PH	۹-۶/۵	-
کل جامدات محلول	۷۵۰	میلی گرم بر لیتر
اکسیژن محلول	۵ (حداقل)[1]	میلی گرم بر لیتر
BOD_5	۵	میلی گرم بر لیتر
آمونیاک	۰/۰۲	میلی گرم بر لیتر
نیترات	۴۵	میلی گرم بر لیتر
کلیفرم مدفوعی	۴۰۰	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر

فلزات سنگین	حداکثر میزان مجاز	واحد
آهن	۰/۳	میلی گرم بر لیتر
آرسنیک	۰/۰۵	میلی گرم بر لیتر
جیوه	۰/۰۰۰۰۵	میلی گرم بر لیتر
روی	۵	میلی گرم بر لیتر
سرب	۰/۰۵	میلی گرم بر لیتر
کادمیوم	۰/۰۱	میلی گرم بر لیتر
کروم	۰/۰۵	میلی گرم بر لیتر
مس	۱	میلی گرم بر لیتر
منگنز	۰/۰۵	میلی گرم بر لیتر

ترکیبات سمی	حداکثر میزان مجاز	واحد
بی فنیل های پلی کلره (PCBs)	۰/۰۰۱	میکروگرم بر لیتر
سیانید	۵	میکروگرم بر لیتر
فتالات ها	۳	میکروگرم بر لیتر
فنل	۱	میکروگرم بر لیتر

سموم دفع آفات	حداکثر میزان مجاز	واحد
آلدرین	۰/۰۰۳	میکروگرم بر لیتر
آندرین	۰/۰۰۴	میکروگرم بر لیتر
اندوسولفان	۰/۰۰۳	میکروگرم بر لیتر
پاراتیون	۰/۰۴	میکروگرم بر لیتر
توکسافن	۰/۰۰۵	میکروگرم بر لیتر
د.د.ت	۰/۰۰۱	میکروگرم بر لیتر
دمتون	۰/۱	میکروگرم بر لیتر
دیلدرین	۰/۰۰۳	میکروگرم بر لیتر
کلردان	۰/۰۱	میکروگرم بر لیتر
گایتون	۰/۰۱	میکروگرم بر لیتر
لیندین	۰/۰۱	میکروگرم بر لیتر
مالاتیون	۰/۱	میکروگرم بر لیتر
متوکسی کلر	۰/۰۳	میکروگرم بر لیتر
میرکس	۰/۰۰۱	میکروگرم بر لیتر
هپتاکلر	۰/۰۰۱	میکروگرم بر لیتر

۱- غلظت اکسیژن محلول نباید کمتر از این مقدار باشد.

در این استاندارد علیرغم توجه به BOD و ارائه استاندارد برای آن، میزانی برای COD در نظر گرفته نشده است. نقطه قوت این جدول در توجه به فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی، که

می توانـد بـه نوعی با دقت و تجزیـه دقیق تر اجزای آن، بیانگر کل COD باشـد. در جدول زیر، می توان از فاکتور TDS به جای EC اسـتفاده نمود، زیرا می توان با اسـتفاده از فاکتور TDS مقدار EC را نیز محاسبه نمود. با توجه به این که آبزیان از گروه ترکیبات ازته، به غلظت آمونیاک حساسیت زیادی دارند، در این گروه استاندارد آمونیاک ارائه شده است. همچنین در بررسی منابع نشان استانداردی برای نیترات و COD جهت پرورش ماهیان مشاهده نگردید.

جدول۲۴- معیار کیفیت پیشنهادی برای استفاده از پساب و آب های برگشتی در پرورش ماهی

پارامتر کیفی	غلظت	مقدار پیشنهاد شده
آمونیاک	میلی گرم بر لیتر	<۱
دی اکسید کربن	میلی گرم بر لیتر	<۱۲
فلزات سنگین	میلی گرم بر لیتر	<۱
مس	میلی گرم بر لیتر	<۰/۰۲
آرسنیک	میلی گرم بر لیتر	<۱
سرب	میلی گرم بر لیتر	<۰/۱
سلنیوم	میلی گرم بر لیتر	<۰/۱
سیانید	میلی گرم بر لیتر	<۰/۰۱۲
فنل ها	میلی گرم بر لیتر	<۰/۰۲
جامدات محلول	میلی گرم بر لیتر	<۱۰۰۰
دترجنت ها	میلی گرم بر لیتر	<۰/۲
اکسیژن محلول	میلی گرم بر لیتر	>۵
DDT	میلی گرم بر لیتر	<۰/۰۰۲
بنزن هگزاکلراید (HBC)	میلی گرم بر لیتر	<۰/۲۱
متیل پاراتیون	میلی گرم بر لیتر	<۰/۱
مالاتیون	میلی گرم بر لیتر	<۰/۱۶
PH	-	۸/۵ – ۶/۵

توضیح: براساس استاندارد WHO برای استفاده از پساب در پرورش آبزیان میزان E.coli باید کم تر و یا مساوی ۱۰۰۰۰ در هر میلی لیتر و در هر لیتر هیچ تخم زنده ترماتودی مشاهده نشود.

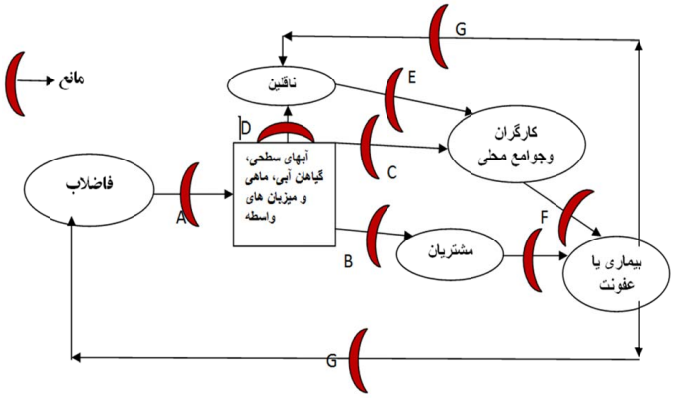
۱۶– اقدامات حفاظت بهداشتی برای گروه های مختلف در معرض

جـدول (۲۵) انواع مختلفی از اقدامات حفاظتی که می تواند به منظور کاهش ریسـک بهداشـتی برای مصرف کنندگان محصولات، کارگران و خانواده هایشـان و جوامع محلی به کار گرفته شـود، را نشان می دهد.

جدول ۲۵-گروه های در معرض خطر و اقدامات حفاظت بهداشتی

گروه های در معرض	ریسک یا خطر بهداشتی	اقدامات حفاظتی لازم
مشتریان، کارگران و جوامع محلی	بیماری های مرتبط با مدفوع	تصفیه فاضلاب ارتقا سطح بهداشت و سلامت درمان دارویی و مصون سازی
مشتریان	بیماری های مرتبط با مدفوع تراماتودهای منتقله از مواد خوراکی مواد شیمیایی	محدودیت تولید برای محصولاتی که خام مصرف می شوند زمان بندی کاربرد پساب یا فاضلاب پاک سازی و زدایش آلودگی از محصول پیش از برداشت پردازش و آماده سازی مواد خوراکی شستشوی محصول و گندزدایی آن پخت کامل غذا
کارگران و جوامع محلی	بیماری های مرتبط با مدفوع محرک های پوستی شیستوزومیازیس بیماری های منتقله از ناقلین	کنترل دسترسی به تاسیسات پرورش استفاده از تجهیزات حفاظت فردی کنترل بیماری های منتقله از ناقلین کنترل میزبان واسطه دسترسی به آب آشامیدنی سالم و امکانات بهداشتی در تاسیسات پرورش و جوامع محلی پیشگیری دارویی و کاهش تماس با ناقلین (پشه بند، دور کننده حشرات)

شـــکل ۶ مخاطرات آبـــزی پروری، اقدامات کنترلـــی و گروه های در معـــرض مواجهه با مخاطرات آبزی پروری را نشان می دهد.



شکل۶ - مخاطرات آبزی پروری، اقدامات کنترلی و گروه های در معرض مواجهه با مخاطرات آبزی پروری

A= تصفیه فاضلاب

B= محدودیت تولید محصولات، زمان بندی کاربرد فاضلاب و پساب، پاک سازی و زدایش، آلودگی زدایی، پردازش مواد غذایی و پختن غذا

C= تجهیزات حفاظت فردی، کنترل دسترسی، دسترسی به آب سالم و امکانات بهداشتی، بهداشت فردی

D= کنترل ناقلین (روش های فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی)

E= جلوگیری از تماس با ناقلین (پشه بند، طوری پنجره، دور کننده های شیمیایی)

F= ایمن سازی یا مصون سازی (تیفوئید، هپاتیت A، انسفالیت ژاپنی)

G= پیشگیری دارویی (مالاریا)

۱۶-۱ تصفیه فاضلاب

در زمینه ی استفاده از فاضلاب در آبزی پروری، حذف و غیر فعال سازی پاتوژن های مدفوعی هدف اصلی تصفیه است، زیرا این پاتوژن ها بزرگترین ریسک را برای بهداشت عمومی در بر خواهند داشت. جدول (۲۶) میزان حذف پاتوژن ها را برای گزینه های مختلف تصفیه فاضلاب نشان می دهد. تفاوت و تغییرات زیادی در پتانسیل حذف پاتوژن ها در فرآیند های مختلف تصفیه ای که در سطوح یکسانی (مثلا تصفیه ثانویه) قرار دارند وجود دارد. اگرچه بخشی از این تغییرات در فرآیندهای تصفیه طبیعی است، اما بخش عمده ای از این تغییرات ممکن است به نحوه مدیریت کل آن تاسیسات ارتباط داشته باشد. پایش راهبری برای اطمینان از اینکه اجزاء سیستم تصفیه به درستی کار می کنند به کار می رود و اطلاعاتی را فراهم می کند تا در صورتی که بخشی از سیستم به صورت مناسب کار نکرد و دچار مشکل گردید، تصمیمات مدیریتی فوری گرفته شود. به عنوان مثال در شرایطی که به علت سیلاب بار هیدرولیکی بیش از حدی وارد تصفیه خانه شده است، یکی از این تصمیمات در صورت لزوم شستشوی معکوس فیلترها است.

همچنین غلظت بالای مواد شیمیایی در فاضلاب می تواند بازدهی فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب را کاهش دهد. در بیشتر فرآیندهای تصفیه درصد زیادی از مواد شیمیایی سمی (هم آلی و هم معدنی) وارد لجن می گردند (۲).

جدول ۲۶- میزان کاهش یا غیر فعال سازی پاتوژن های مدفوعی بر حسب واحد log در فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب (۲۶)

فرآیندهای تصفیه	دامنه و میزان حذف پاتوژن ها بر حسب log			
	ویروسها	باکتری ها	پروتوزوآ	کرم های روده ای
فرآیندهای بیولوژیکی کم راندمان	-	-	-	-
برکه های تثبیت	۱-۴	۱-۶	۱-۴	۱-۳
مخازن ذخیره و تصفیه فاضلاب	۱-۴	۱-۶	۱-۴	۱-۳
مرداب های مصنوعی	۱-۲	۰/۵-۳	۰/۵-۲	۱-۳
تصفیه اولیه	-	-	-	-
ته نشینی اولیه	۰-۱	۰-۱	۰-۱	۱-<۱
ته نشینی اولیه تشدید یافته شیمیایی	۱-۲	۱-۲	۱-۲	۱-۳
راکتور UASB	۰-۱	۱-۲	۰-۱	۰/۵-۱
تصفیه ثانویه	-	-	-	-
لجن فعال + ته نشینی ثانویه	۰-۲	۱-۲	۰-۱	۱-<۲
صافی چکنده + ته نشینی ثانویه	۰-۲	۱-۲	۰-۱	۱-۲
لاگون های هوادهی شده یا نهرهای اکسیداسیون + برکه ی ته نشینی	۱-۲	۱-۲	۰-۱	۱-۳
تصفیه ثالثیه	-	-	-	-
انعقاد/ لخته سازی	۱-۳	۰-۱	۱-۳	۲
فیلترهای دانه ای با نرخ کند و تند	۱-۳	۰-۳	۰-۳	۱-۲
فیلترهای بستر دوگانه	۱-۳	۰-۱	۱-۳	۲-۳
بیو راکتورهای غشایی	۲/۵-۶	۳/۵->۶	>۶	>۳
گندزدایی	-	-	-	-
کلریناسیون (کلر آزاد)	۱-۳	۲-۶	۱-۱/۵	۰->۱
ازناسیون	۳-۶	۲-۶	۱-۲	۰-۲
پرتو فرابنفش	۱->۳	۲->۴	>۳	۰

واحد کاهش پاتوژن ها (log) برابر اســت با غلظــت اولیه پاتوژن ها بر غلظت نهایی آنها. هر واحد log برابر اســت با ۹۰٪ کاهش، هر log۲کاهش برابر اســت با ۹۹٪ کاهش، هر ســه log کاهش ۹/۹۹٪ کاهش.

به عنوان مثال برای دســتیابی به ۳ تا ۴ log کاهش در غلظت Ecoli در فاضلاب خام به منظور دستیابی به اهداف اجرایی کیفی میکربی آب که Ecoli ۴ ≤ در ۱۰۰ ml است فرآیندهای تصفیه زیر می تواند مفید باشد:

- یک سری مخازن بسته ذخیره و تصفیه فاضلاب متوالی (SBR)

- یک تصفیه خانه ی لجن فعال با فیلتراسیون و گندزدایی
- یک تصفیه خانه لجن فعال با یک برکه تکمیلی در انتها

شـــواهد حاکی از آن اســـت که توانایی تصفیه فاضلاب برای حذف تخـــم تراماتودها خیلی محدود است. به هر حال به علت اندازه تخم تراماتودها و ویژگی های آنها که مشابه تخم کرم های روده ای (آسکاریس و تینیا) است، آنها را با کمک ته نشینی می توان حذف نمود. تصفیه ثانویه با فیلترهای ماســـه ای تند می تواند تخم های شیســـتوزوما را حذف کند. یک زمان ماند ۱۵ روزه با آب و هوای گرم (۲۰ ^{o}C -۳۰ ^{o}C) در برکه های تثبیتی که شامل برکه ی بی هوازی، اختیاری و تکمیلی است برای تخم آسکاریس و تراماتود کافی است.

تصفیه ثانویه فاضلاب مانند لجن فعال و صافی چکنده به علت هوازی بودن در حذف شیســـتوزوما مانسونی خیلی موثر است، زیرا تخم های شیستوزوما در شرایط هوادهی غنی از اکسیژن به سرعت به میراسیدا تبدیل می شوند که اگر آنها هم نتوانند به سرعت حلزون ها را آلوده کنند، ظرف چند ســـاعت از بین می روند. بنابراین این گونه سیستم ها با طراحی یک مرحله نهایی که شامل مخزن نگهداری عاری از حلزون با زمان ماند ۲-۱ روز اســـت بازدهی بالایی در حذف شیستوزوماها دارند. در ضمن صافی های ماسه ای تند نیز در حذف میراسیدا در پساب موثر هستند.

در عمل بیشـــتر برکه های پـــرورش آبزیان با فاضلاب، مانند تاسیســـات تصفیه عمل می کنند. به صورتی که این برکه ها خود مانند یک برکه ی تثبیت و تصفیه بیولوژیکی با نرخ بار گذاری پایین عمـــل می کنند. برکه هایی که در این گونه سیســـتم های تصفیه اســـتفاده می شـــوند برکه های طبیعی هســـتند که برای پرورش ماهی و گیاهان آبزی با کمترین هزینه و تغییرات قابل اســـتفاده هســـتند. در این سیســـتم ها برکه های تکمیلی و نهایی، محیط بسیار غنی را برای رشد و پرورش فیتوپلانکتون ها بوجود می آورندکه خود آنها غذای ماهیان را تامین می کنند.

۲-۱۶ محدودیت تولید

یکی از اســـتراتژی های محدودیت تولید، پرورش آبزیان یا گیاهانی است که خود به عنوان خوراک برای آبزیان دیگر به کار می رود که این خود ســـبب می شود که زنجیره ی غذایی طولانی تر شده در نتیجه بهره برداری از فاضلاب و پساب به صورت مستقیم صورت می گیرد که پذیرش آن برای جامعه ســـاده تر اســـت. البته این استراتژی خود ســـبب افزایش خطر انباشته شدن مواد شیمیایی خطرناک در محصول نهایی می گردد. یکی دیگر از این اســـتراتژی ها پرورش و رشد دادن گیاهان

یا ماهیانی است که تنها پس از پخت کامل خورده می شوند.

۱۶-۳ دوره ی ممنوعیت کاربرد پساب یا فاضلاب

زمان بندی کاربرد فاضلاب یا پساب در برکه یکی از ابزار های مهم مدیریت ریسک است. شواهد حاکی از آن است که هر چه فاصله‌ی تخلیه فاضلاب و پساب به برکه تا زمان برداشت ماهیان یا گیاهان از آن بیشتر گردد، میزان کاهش پاتوژن ها در محصول بیشتر خواهد بود. از بین بردن پاتوژن ها در برکه های پرورش ماهی مشابه کاری است که در برکه ها ی اختیاری و تکمیلی در سیستم های برکه های تثبیت اتفاق می افتد. برای بهبود از بین بردن پاتوژن ها بهتر است از رآکتور های بسته پرورش استفاده شود، به طوری که پساب به صورت یکباره در آغاز کار وارد برکه گردد و تا زمانی که محصول برداشت شود هیچ فاضلاب جدیدی به آن وارد نگردد.

۱۶-۴ زدایش و پاک سازی

پیش از عرضه محصول، ماهی را باید به منظور کاهش آلودگی ها برای مدتی در آب تمیز نگه داشت. این فرآیند را زدایش و یا پاک سازی می نامند. پاک سازی را اغلب می توان هم با متوقف کردن کاربرد فاضلاب و هم با انتقال ماهی به برکه ی آب پاک انجام داد.

نگهداشتن ماهی پرورش داده شده در آب پاک برای حداقل ۲تا ۳ هفته پیش از برداشت، به احتمال زیاد بوهای نامطبوع آن را که جنبه ی زیبایی شناسی دارد و بر مزه ی ماهی نیز تاثیر منفی می گذارد، حذف می کند و درجه ی آلودگی آن به میکروارگانیسم های مدفوعی را نیزکاهش می دهد. به هر حال چنین فرآیندی پاتوژن های موجود در بافت ها و دستگاه گوارش ماهی را به طور کامل حذف نمی کند. به ویژه زمانی که با فاضلاب خام یا آب به شدت آلوده پرورش داده شده باشد وهمچنین اثری بر متاسرکریای تراماتودهای موجود در ماهی نیز ندارد.

اما به هر حال زدایش پاک سازی به علت کاهش ریسک های بهداشتی و کاهش احتمال انتقال آلودگی از پوست و محتویات شکمی آن هنگام پردازش و تمیز کردن ماهی به گوشت خوراکی ماهی قویا پیشنهاد می گردد.

۱۶-۵ پردازش و آماده سازی

به طور معمول محتویات شکم ماهی دارای غلظت فلور میکربی بالاتری نسبت به آنچه در آب وجود

دارد اســت و اگر ماهی با استفاده از پســاب پرورش داده شده باشد، غلظت باکتری های مدفوعی، ویروس ها و پاتوژن هایی نظیر ژیاردیا یا کریپتوســپوریدیوم در محتویات شــکم ماهی بسیار بالاتر از گوشــت خوراکی پیرامون آن خواهد بود. به عنوان مثال پاتوژن هایی نظیر ائروموناس اگر در آب حضور داشــته باشــند، به طور قطع در غلظتی بالاتر در محتویات شــکم ماهی نیز حضور خواهند داشــت. پس انتقال آلودگی در طول پردازش و تمیز کردن ماهی، نســبت به کیفیت آبی که در آن پرورش داده شده است، عامل بسیار مهمتری در تعیین کیفیت گوشت ماهی است.

برای پیشــگیری از انتقال آلودگی از محتویات شــکمی به گوشت آن، باید دستگاه گوارش ماهی به صورت کامل و پیش از تکه تکه کردن گوشــت، از آن خارج شــود، سپس حفره ی شکمی آن نیز با آب ســالم شسته شود. پس از خارج کردن محتویات شــکم ماهی بسیار مهم است که برای بریدن گوشــت آن از یک چاقوی تمیز دیگر اســتفاده گردد و چاقوی استفاده شده برای تمیز کردن ماهی پیش از اســتفاده برای هر هدف دیگر (مانند خرد کردن ســبزیجات یا مــواد خوراکی دیگر) حتما شسته شود (۲).

۱۶-۶ شستن/ ضدعفونی کردن محصولات و پختن غذا

شستن گیاهان آبزی و پختن آن ها پیش از مصرف، باکتری های آن را ۱-۲ log کاهش می دهد. گندزدایــی با محلول هیپوکلریت و آب کشــیدن آن نیز آلودگی میکربــی آن را ۱-۲ log کاهش می دهد. شستشــو با محلول شوینده و آب کشــیدن نیزمی تواند تخم انگل ها را ۱-۲ log کاهش دهد (۲۸).

در نهایت نیز پختن سبزیجات و گیاهان آبزی پیش از مصرف، تمام میکروارگانیسم های پاتوژن ها را ۵-۶ log کاهش می دهد.

۱۶-۷ ارتقا بهداشت و سلامت

در بسیاری موارد ارتقا بهداشت عمومی بدون رعایت بهداشت فردی و خانگی امکان پذیر نیست. در آبزی پروری با پســاب، افرادی در خطر شامل کارگران و خانواده هایشان، توزیع کنندگان و عرضه کنندگان محصولات، مشتریان و در نهایت مردمی هستند که در مجاورت برکه های پرورش زندگی می کنند. دسترســی به امکانات بهداشتی از قبیل: سرویس بهداشتی، حمام، آب آشامیدنی سالم و آموزش بهداشت فردی همگی می تواند در ارتقا بهداشت عمومی تاثیرگذار باشد.

۱۶-۸ مصون سازی و درمان دارویی

در حال حاضر مصون سازی افراد در برابر عفونت کرم های روده ای و بیشتر بیماری های اسهالی امکان پذیر نیست. اما به هر حال برای بسیاری ازگروه های خطر، مصون سازی در برابر بعضی بیماری ها نظیر تیفوئید، توجیه منطقی دارد. علاوه بر مصون سازی، دسترسی به امکانات درمانی مناسب برای درمان بیماری های اسهالی بوسیله ی مصرف منظم دارو نیز باید فراهم باشد. این مرحله می تواند شامل درمان دارویی عفونت های کرم های روده ای و کم خونی نیز باشد.

۱۶-۹ اقدامات کنترلی که برای مواجهه کارگران، توزیع کنندگان محصولات و جوامع محلی انجام می گیرد

- پوشیدن تجهیزات حفاظت فردی (دستکش و چکمه)
- مدیریت مناسب برکه ها به منظور کاهش فعالیت تولید مثل ناقلین
- جلوگیری از تماس پوستی با فاضلاب، پساب و محصولات آلوده
- فراهم کردن امکانات بهداشتی مناسب و آب سالم
- بهداشت فردی مناسب
- محدود کردن دسترسی افراد به تاسیسات آبزی پروری با پساب
- کنترل ناقلین و میزبان های واسطه

۱۷- پایش و ارزیابی سیستم

ارزیابی و پایش از ضروری ترین اجزای پروژه های استفاده از پساب و آب های برگشتی می باشد. بدون طراحی و اجرای برنامه ارزیابی و پایش مستمر و موثر علاوه بر عدم امکان سودمندی و تاثیر پروژه وجود ندارد، بلکه امکان بروز اثرات سوء بهداشتی و زیست محیطی قابل توجهی نیز بوجود می آید. برنامه پایش زیست محیطی شامل پایش کارایی تصفیه خانه های فاضلاب در بهبود کیفی پساب، کمیت پساب تولیدی، کیفی پساب و آب های برگشتی مصرفی و تطبیق آن با استاندارد مورد نظر، خط انتقال آب تا محل مصرف، کمیت و کیفیت محصولات تولیدی و سایر فعالیت های موجود در طرح و پایش دستیابی به اهداف پروژه می باشد. به طور کلی اهداف پایش به شرح زیر می باشد.

- ارزیابی اجزای پروژه برای دستیابی به عملکرد مطلوب

- اصلاح اجزا و بخش های مختلف سامانه برای کاهش اثرات سوء احتمالی بهداشتی و زیست محیطی
- کنترل اثربخشی برنامه ها و اقدامات پیشنهادی برای حذف و یا تقلیل اثرات و پیامدهای بهداشتی و زیست محیطی
- تغییر اجزای سامانه در جهت افزایش راندمان و عملکرد و استفاده پایدار از این منابع

لازم به ذکر است پایش کیفی مراحل تصفیه فاضلاب در تصفیه خانه ها از وظایف شرکت آب فاضلاب بوده ولی اطلاع از نتایج مربوط برای ارگان های ذیربط به ویژه شرکت های آب منطقه ای ضروری می باشد.

۱۷-۱ پایش سیستم

موثرترین وسیله پایدار برای اطمینان حاصل کردن از امنیت آبزی پروری، روش ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک است که تمام مراحل آبزی پروری را از نقطه مصرف فاضلاب یا پساب تا نقطه ی تحویل محصول به مشتری را در بر می گیرد. در این روش نیز که برگرفته از چهارچوب استکهلم است، یکی از ارکان کلیدی پایش و نظارت است.

پایش و نظارت، تنها در قالب مشاهده، بازرسی و جمع آوری نمونه ها برای بررسی به خودی خود کافی نیست. علاوه بر این موارد، یک سلسله مراتب سازمان یافته برای جمع آوری اطلاعات به منظور دریافت بازخورد اقدامات بهداشتی انجام شده نیز باید شکل بگیرد. به عبارت دیگر به پرسش های زیر باید پاسخ داده شود:

۱) چه اطلاعات پایشی جمع آوری خواهد شد؟

۲) هر چند وقت یکبار اطلاعات پایش باید جمع آوری گردد و توسط چه کسی این کار انجام می شود؟

۳) این اطلاعات باید به چه کسی تحویل داده شود؟

۴) چه تصمیماتی بر اساس این اطلاعات پایش شده گرفته خواهد شد؟

۵) برای اطمینان حاصل کردن از اینکه تصمیمات گرفته شده اجرایی می شود، چه ابزارهایی لازم است؟

یک سیستم پایش و کنترل به موارد زیر نیاز دارد:

- استانداردها و رهنمودها
- پایش و نظارت به منظور ارزیابی رعایت استانداردها
- یک سلسله مراتب سازمانی برای بازخورد/ اجرا (۲)

سه گونه مختلف پایش انجام می گردد که هر کدام برای اهداف مختلفی در زمان های خاص به کار می رود (جدول ۲۷ را ببینید).

جدول ۲۷- تعاریف انواع پایش (۲۷)

انواع	تعریف
پایش معتبرسازی یا اعتباردهی پایش (validation)	بدست آوردن شواهدی که نشان می دهد اقدامات به کار رفته به منظور کنترل مخاطرات جهت دستیابی به اهداف کافی و موثر است (به عنوان مثال آیا روش تصفیه انتخاب شده می تواند تخم تراماتودها را غیر فعال کند).
پایش عملیاتی (operational monitoring)	عمل اجرای یک سری مشاهدات و اندازه گیری ها بر روی پارامترهای خاص به منظور ارزیابی اقدامات کنترلی انجام شده با ملاحظات طراحی (به عنوان مثال سنجش کدورت پساب تصفیه شده)
پایش تصدیقی یا تاییدی (verification)	کاربرد روش ها، فرآیندها، آزمون ها و یا دیگر ارزیابی ها علاوه بر آنچه در پایش عملیاتی انجام می گیرد، به منظور تعیین اینکه سیستم مورد نظر با معیار های طراحی همخوانی دارد و آیا سیستم استانداردهای مورد نظر (به عنوان مثال عدم حضور تخم تراماتود زنده، یا نبود متاسرکریای عفونی در گوشت ماهی) را رعایت می کند.

پایش عملیاتی به منظور مشخص کردن اینکه آیا فرآیندهای روزانه در حال کار آن طور که انتظار می رود اجرا می شود، انجام می گردد. این گونه پایش بر پایه اندازه گیری های ساده صورت می گیردکه اغلب نتایج شان در لحظه بدست آمده و برای حل مشکل قابل تصمیم گیری است. اما اعتباردهی هنگامی که یک سیستم جدید ساخته یا نصب می گردد، یا یک فرآیند جدید اضافه می گردد و به منظور اثبات توانایی سیستم یا فرآیند جدید در تامین نمودن اهداف مشخص، به کار می رود. پایش تاییدی نیز انجام می شود تا نشان دهد که آیا محصول نهایی (مانند پساب تصفیه شده، گیاهان یا ماهیان) استاندارد های میکربی را رعایت می کنند و یا در نهایت اهداف بهداشتی نظیر عدم حضور عفونت تراماتودی در جمعیت های در معرض فعالیت های آبزی پروری با پساب، تامین می گردد. اغلب اطلاعات حاصل از پایش های تاییدی به مرور زمان می توانند روند تغییرات را در طول زمان نشان دهد (به عنوان مثال نشان می دهد که آیا بازدهی یک فرآیند خاص در حال پیشرفت است یا پسرفت).

۱۷-۲ ارزیابی سیستم

اولین مرحله ی ارزیابی سیستم، تشکیل یک سیستم مدیریت ریسک به منظور ایجاد یک گروه چند تخصصی از طریق درک درست آبزی پروری با پساب است معمولا چنین گروهی شامل

متخصصان آبزی پروری با پســاب، مهندسان و متخصصان کیفی آب، متخصصان بهداشت محیط، مقامات مراکز بهداشتی و کارکنان امنیت مواد غذایی است.

ارزیابی یک سیســتم آبزی پروری با پســاب با ایجاد فلودیاگرام چند محوره از طریق درک درست آبزی پروری با پســاب اســت، معمولا چنین تیمی شــامل متخصصان آبزی پروری، مهندســان و متخصصان کیفی آب، متخصصان بهداشــت محیط، مقامات مراکز بهداشتی و کارکنان امنیت مواد غذایی است.

ارزیابی یک سیستم آبزی پروری با پساب با ایجاد فلودیاگرام سیستم تقویت می شود. این نمودار ها یک توصیف کلی از سیستم ارائه می دهد که شامل تعیین منشا خطر و اقدامات حفاظت بهداشتی در برابر آن خطر اســت. بسیار مهم اســت که توصیف یک سیستم آبزی پروری با پساب به صورت ذهنی درســت و دقیق باشــد. اگر این نمودار جریان سیستم درست نباشــد ممکن است از بعضی مخاطرات بالقوه بزرگ چشــم پوشــی شود. شکل (۷) یک نمای ساده از مخاطرات بالقوه و اقدامات کنترلی آنها در نقاط مختلف سیستم را ارائه می کند.

شکل۷- نمای ساده از مخاطرات بالقوه و اقدامات کنترلی آنها در نقاط مختلف سیستم

۱۸– جنبه های اجتماعی، فرهنگی، زیست محیطی و اقتصادی آبزی پروری با پساب

۱۸-۱ جنبه های اجتماعی فرهنگی

الگوی رفتاری انسان، عامل تعیین کننده کلیدی در اجرای طرح های استفاده مجدد از پساب است. امکان سنجی تغییر الگوی رفتاری مشخص به منظور کاربرد فاضلاب، تنها با یک درک اولیه از ارزش های فرهنگی مطلوب جامعه امکان پذیر است. درک و پذیرش عمومی استفاده مجدد از پساب به صورت تنگاتنگی با باورهای فرهنگی و مذهبی جامعه در ارتباط است.

باورهای فرهنگی اجتماعی در جای جای دنیا به صورت بسیار گسترده ای متفاوت است و نمی توان فرض قرارداد که هر اقدام استفاده مجدد از فاضلاب که در یک نقطه انجام شده است را می توان به راحتی و به همان صورت به نقاط دیگر دنیا انتقال داد و ارزیابی محلی در پذیرش اجتماعی و فرهنگی همیشه لازم است.

اما به هر حال و به طور معمول یک رابطه همبستگی مثبت معمولا میان استفاده ی سنتی از زائدات و تراکم جمعیت بالا وجود داردکه این رابطه را "ضرورت تغذیه" می گویند. به عبارت دیگر مناطقی مانند هند، چین و کشورهای جنوب شرق آسیا به دلیل تراکم جمعیتی بالا و محدود بودن منابع و به طور کلی وجود همیشگی تنش انرژی و پروتئین، برای تامین نیازهای غذایی خود ناگزیر به استفاده مجدد از فضولات انسانی و حیوانی هستند. به طور کلی استفاده مجدد از فاضلاب برای آبزی پروری به خودی خود در این مناطق با پذیرش عمومی جامعه همراه است.

مطالعات نشان می دهد که هنگامی که این استفاده مجدد به صورت غیرمستقیم انجام شود، این در مقایسه با زمانی که فاضلاب به صورت مستقیم در آبزی پروری استفاده گردد پذیرش عمومی بیشتر خواهد بود، همچنین در مناطقی که تنش منابع آب بیشتر احساس می شود این پذیرش راحتتر بوجود می آید.

در مناطقی مانند کشورهای اسلامی باورهای مذهبی سبب می گردد که استفاده مجدد از فاضلاب و مواد دفعی به سادگی مورد پذیرش جامعه و مردم قرار نگیرد. در این مناطق، مشورت با مراجع و علمای دینی و شرح و توضیح مسائل تصفیه آب و اینکه فرآیندهای تصفیه فاضلاب می تواند سبب استحاله ی آلودگی ها گردد، می تواند به پذیرش عمومی این پدیده کمک کند.

۱۸-۲ توجهات زیست محیطی

اگر استفاده از پساب یا فاضلاب برای آبزی پروری به صورت عملی و برنامه ریزی شده انجام گردد می تواند اثرات مثبتی چون تولید ماهی و گیاهان آبزی داشته باشند همچنین این عمل می تواند منجر به مزایای متعدد دیگری از قبیل موارد زیر گردد:

- جلوگیری از آلودگی آب های سطحی از طریق جلوگیری از تخلیه فاضلاب یا پساب به درون رودخانه ها و دریاچه ها که سبب مشکلات زیست محیطی نظیر از بین رفتن اکسیژن محلول آب، یوتریفیکاسیون، ایجاد کف در روی آب و مرگ ماهی ها می شود.
- حفظ منابع آب شیرین از طریق استفاده ی منطقی از آنها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک (به طوری که آب شیرین در درجه ی اول برای نیاز های شهری استفاده شود و فاضلاب حاصل از مصارف شهری برای مواردی چون آبزی پروری، کشاورزی، صنعت، مصارف تفریحی و غیره استفاده گردد).
- کاهش ریسک سیل در مناطق شهری از طریق ایجاد کانال های انتقال پساب، برکه ها و دریاچه های پرورش که در هنگام بروز سیل می توانند قسمتی از آب باران را مهار کنند.
- کاهش نیاز به کودهای مصنوعی یا کاهش همزمان در مصرف انرژی و به دنبال آن کاهش آلودگی صنعتی

باید توجه نمود که آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی مجاور با تاسیسات آبزی پروری با استفاده از پساب و ورود گونه های غیر بومی به اکوسیستم نیز از اثرات منفی زیست محیطی استفاده از پساب برای آبزی پروری است.

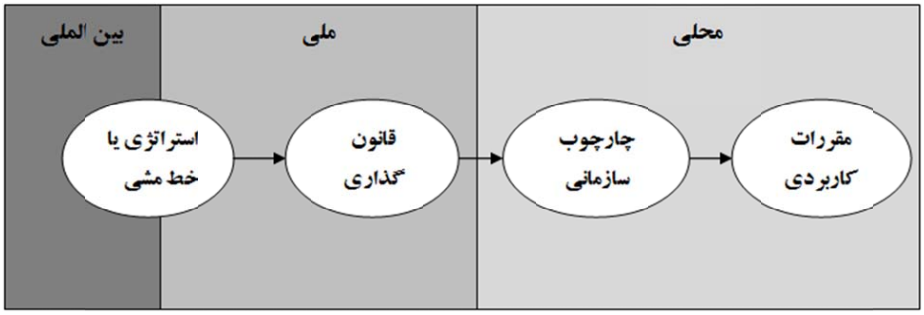
۱۸-۳ امکان سنجی اقتصادی

زمانی که امکان اجرای یک طرح جدید برای استفاده مجدد از فاضلاب ارزیابی می گردد، عوامل اقتصادی باید به صورت خاص مورد توجه قرار گیرند. اما حتی پروژه ای که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه به نظر می رسد نیز بدون برنامه ریزی دقیق مالی می تواند به شکست بیانجامد. ارزیابی اقتصادی فرایندی است که مقرون به صرفه بودن پروژه را مورد بررسی قرار می دهد. باید توجه نمود که برنامه ریزی مالی به چگونگی گردش و تراز مالی هزینه و درآمد یک پروژه توجه می کند.

۱۹- جنبه های سیاست گذاری

مدیریت مطمئن یک سیستم آبزی پروری با پساب بوسیله ی یک سیاست، قانون گذاری، چهارچوب سازمانی و مقررات درست تسهیل می گردد. در بسیاری از کشورها که سیستم استفاده

مجدد زیرســاخت و چهارچوب قانونی آن اجرا شــده است، در عمل مشــکلات زیادی به دنبال آن پدید آمده اســت. بسیار مهم است که کشــور ایران بر اساس شرایط ویژه ای که دارند، استراتژی و خط مشی مناسبی را جهت آبزی پروری با پساب تهیه کرده و به صورت ملی اجرا کنند. همانطور که در شــکل (۸) نشان داده شــده است خط مشی یا سیاست کلی یک چهارچوب جامع نگر است که در آن اولویت های ملی توســعه مشــخص گردیده اســت این چهارچوب از تصمیمات سیاسی بین المللی (مانند اهداف توســعه هزاره، کمیســیون توسعه پایدار)، پیمان نامه ها و تعهد نامه های بین المللی تاثیر می پذیرد. خط مشــی یا اســتراتژی در نهایت می تواند به ایجاد یک قانون مرتبط بیانجامد و قانون نیز مسئولیت ها و حقوق ذینفعان مختلف را مشخص می سازد که این موارد خود چهارچوب ســازمانی را مشخص نموده در و در نهایت چهارچوب سازمانی نیز نهادی را که مسئول تدوین مقررات و ضوابط کاربردی اســت و همچنین اجرا کننده و مســئول پیگیری این مقررات را تعیین می کند.



شکل ۸- مراحل تدوین یک راهنما در سطوح مختلف

۲۰- برنامه ریزی و اجرا

برنامــه ریــزی و اجرای برنامه های آبزی پروری با پســاب، نیازمند یک رویکرد جامع اســت که به فوریت های عمده و اولیه سلامتی توجه می کند. این برنامه ها باید شامل ارتباط با ذینفعان، عمل متقابل ذینفعان و جمع آوری و اســتفاده از داده ها باشــد (۲). ماندگاری و دوام یک برنامه استفاده مجدد به ارزیابی و فهم هشت معیار مهم بستگی دارد:

۱. بهداشت

۲. امکان سنجی اقتصادی

۳. اثرات اجتماعی و درک عمومی
۴. اثرات زیست محیطی
۵. امکان سنجی فنی
۶. امکان سنجی مالی
۷. امکان سنجی فروش و بازاریابی
۸. امکان سنجی سازمانی

نبود هر کدام از این معیار ها ممکن اســت سبب شکست پروژه گردد و رعایت تمامی این معیار ها سبب اطمینان از پایداری و ثبات پروژه می گردد. شکل شماره (۹) را ببینید (۲، ۵و۶).

شکل ۹- نمودار عوامل تاثیرگذار بریک برنامه استفاده مجدد

بهداشت: بهداشت از طریق تمرکز بر رهنمودهای بهداشتی محقق می گردد. از آنجا که مشکلات بهداشتی در یک کشور مشخص از یک نقطه به نقطه متفاوت است، بسیار مهم است که مشکلات مرتبط با آبزی پروری با پساب شناخته شده و برای آن تمهیداتی پیش بینی گردد.

امکان سنجی اقتصادی: اقدامات حفاظت از سلامت که با کمترین هزینه، بیشترین منافع بهداشتی را فراهم می کند بایستی در ابتدا و پیش از هرچیز در طراحی پروژه مورد توجه قرار بگیرد. در جهت اهداف اقتصادی، سازگاری آبزی پروری با پساب به سطح آلاینده ها و ویژگی های زیانبار آنها بستگی دارد (بند ۱۷-۳ ببینید).

اثرات اجتماعی و درک عمومی جامعه: (بند ۱۷-۱ ببینید).

اثرات زیست محیطی: مدیریت پروژه به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه باید بررسی کند که آیا اجرای این پروژه سبب رشد و نمو ناقلین و حلزون ها می گردد. ارزیابی اثرات زیست محیطی می تواند به صورت موثر با ارزیابی اثرات بهداشتی در ارتباط باشد.

امکان سنجی فنی: پروژه های آبزی پروری با پساب از نظر فنی باید قابل ساخت و راه اندازی باشند. تکنولوژی شامل جنبه هایی مانند سخت افزار مورد استفاده در تصفیه، ذخیره، توزیع و استفاده مجدد از فاضلاب و دیگر جنبه هایی مانند خدمات حمایتی و فنی و آموزش فنی است. پایدارترین تکنولوژی ها باید مقرون به صرفه و قابل ارتقا باشند و راهبری و نگهداری آن آسان باشد و بوسیله ی نیروهای محلی بتوان آنها را راهبری و نگهداری کرد. در این زمینه نگرانی هایی همچون استفاده از داروهای شیمیایی، علف کش ها، آفت کش ها و پایداری آنها مطرح هستند. دانش فنی عامل مهمی است که در حذف پاتوژن ها و مواد شیمیایی خطرناک بیشترین تاثیر را دارد و رشد و پیشرفت آن عاملی است که استفاده مجدد و روش های تصفیه جایگزین را در آینده اقتصادی تر و قابل اطمینان تر می سازد (۲).

امکان سنجی مالی: یک پروژه پایدار باید بتواند منابع مالی مناسب را در تمامی مراحل آن (از طراحی تا اجرا) شامل تجهیزات، فعالیت های راهبری و نگهداری، آموزش کارکنان، پایش و غیره را جذب نماید.

امکان سنجی فروش و بازاریابی: نیاز به محصول تولید شده در آبزی پروری با پساب بایستی پیش از تولید آن سنجیده شود که آیا این محصول تولید شده پتانسیل فروش مناسبی در بازار خواهد داشت.

امکان سنجی سازمانی: طراحان پروژه بایستی ضوابط قانونی که به آبزی پروری با پساب مربوط

می شـود را خوب بشناسند. آنها همچنین باید به سازمان های محلی و ملی که فعالیت های آبزی پروری با پساب را کنترل و پایش می کنند توجه کافی داشته باشند.

۲۱- ملاحظات بهره برداری و پایش سیستم های تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد

این بخش دربرگیرنده مراحل مختلفی متناسب با فرآیند تصفیه و تجهیزات آن می باشد. سامانه های رایج تصفیه پسـاب های خانگی با توجه به حجم فاضلاب دریافتی و قابلیت استفاده در کشور عمدتا شامل برکه های تثبیت، سامانه های لجن فعال و لاگون های هوادهی می باشد. پایش مراحل تصفیه در تصفیه خانه های فاضلاب به منظور کسـب اطمینان از عملکرد مطلوب واحدهای تصفیه فاضلاب و کاهش آلاینده های موجود در پسـاب خروجی (حصول به اسـتاندارد مورد نظر) می باشد. در این بخش مراحل راهبری سامانه های تصفیه فاضلاب رایج در کشور در دو بخش ورودی به تصفیه خانه و همچنین خروجی و یا پساب دریافتی از تصفیه خانه و خط انتقال، پیشنهاد می شود.

۲۱-۱ برنامه پایش فاضلاب ورودی و پساب خروجی

در این بخش مراحل راهبری سـامانه های تصفیه فاضلاب رایج در کشـور در دو بخش ورودی به تصفیه خانه و همچنین خروجی و یا پساب دریافتی از تصفیه خانه و خط انتقال، بر اساس جداول (۲۸) و (۲۹) پیشنهاد می شود.

بخش مربوط به برنامه پایش پسـاب خروجی در جدول (۲۹) برگرفته از پیوسـت شـماره ۵ (نظام نامه پایش کیفی پساب خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب) بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۸۶/۱۱/۸ می باشد.

در برکه های تثبیت، سـامانه لجن فعال و لاگون هوادهی عملیات پایش مطابق جدول (۶-۱۳) بر دو بخش فاضلاب ورودی و خروجی و لجن دفعی تقسـیم می شود. در این مرحله همچنین برنامه کنترل سلامتی کارگران و شاغلین در تصفیه خانه ها نیز ارائه شده است. در سامانه تصفیه به روش برکه تثبیت و لاگون علاوه بر تعیین میزان بار هیدرولیکی و بار آلی در ورودی به تصفیه خانه باید وضعیت هیدرولیکی جریان در برکه بررسـی و احتمـال ایجاد فضای مرده که باعث اتصال کوتاه و تاثیر مستقیم بر راندمان آن می شود نیز بررسی گردد.

در روش لجـن فعـال میزان حذف تخم انگل و همچنین کلیفرم ها در صورت عدم کلرزنی پسـاب

خروجـی کمتـر از برکه های تثبیت می باشـد. در این سـامانه به خاطر تماس بیشـتر کارگران بـا فاضـلاب و لجن نیاز بـه محافظت و پایش بیشـتری از کارگران و شـاغلین در مراحل مختلف تصفیه خانه می باشد. در این مرحله اندیس حجم لجن با تاثیر در عملکرد تصفیه خانه و در نهایت خروج تخم انگل ها و مواد معلق و کیفیت پسـاب خروجی یکی از شـاخص های ضروری در برنامه پایش می باشد.

لاگون ها سیسـتمی بینابین برکه تثبیت و لجن فعال می باشـند که در آنها به نحوی با هوادهی سـرعت واکنش های زیسـتی نسبت به برکه تثبیت تسریع شده اسـت. برنامه پایش آنها تا حدود زیادی مشابه سامانه لجن فعال می باشد.

افرادی که بیشتر در معرض خطر ابتلا می باشند عبارتند از:

- کارگران شاغل در واحدهای تصفیه فاضلاب و پرورش با پساب
- مصرف کنندگان محصولات پرورش داده شده با پساب
- خانواده ها و ساکنین در مجاورت منطقه آبیاری با پساب

بعضی از عوامل بیماریزای موجود در پسـاب ها از طریق پوسـت وارد بدن می شـوند، گروه دیگر از راه ورود به بدن آبزیان خوراکی و یا چسـبیدن به آنها وارد دسـتگاه گوارشـی می شوند. عوامل بیماریزا قادر به نفوذ از پوست محصولات سالم و راه یابی به درون آنها نبوده ولی عدم رعایت فاصله از آخرین دوره ی کاربرد پسـاب و برداشـت محصول و بی دقتی در شستشو و ضدعفونی آنها باعث انتقال عوامل بیماریزا به مصرف کننده می شود.

۲-۲۱ مراحل کنترل خط انتقال

امروزه در سـطح دنیا جهت حداقل نمودن امکان دسترسـی افراد در طول مسیر به پساب انتقالی، خطوط انتقال پساب به صورت لوله و یا کانال سرپوشیده طراحی می شود. با توجه به فاصله زمانی و مکانی کم محل تولید و مصرف پسـاب و همچنین نوع خط انتقال که امکان دسترسـی افراد و سـاکنین مناطق مجاور را حداقل می سـازد، امکان تغییر قابل توجه در کیفیت پساب و همچنین تاثیرگذاری و تاثیرپذیری از محیط فراهم نمی باشـد، لذا تنها موردی که پایش آن ضروری اسـت پایش مسـیر انتقال از نظر وضعیت و سـلامتی تاسیسات و سـازه های مستقر در مسیر، بررسی و کنتـرل وضعیـت جریان و جلوگیری از گرفتگی لوله و یا کانال انتقال، تخریب و خرابی خط انتقال و دخل و تصرف های غیر مجاز و همچنین کنترل علایم هشـداردهنده نصب شـده در طول مسیر

می باشـد، که لازم اسـت حداقل به صورت ماهانه انجام و نسبت به تعمیر و اصلاح خرابی ها اقدام شود (جدول ۲۸).

جدول ۲۸- مراحل پیشنهادی برای کنترل خطوط انتقال پساب

نوع پایش	تواتر
اندازه میزان جریان در طول مسیر	ماهانه
پایش مسیر انتقال از نظر وضعیت و سلامتی تاسیسات و سازه ها	ماهانه
کنترل وضعیت جریان و گرفتگی لوله و یا کانال انتقال	ماهانه
تخریب و خرابی خط انتقال	ماهانه
دخل و تصرف های غیر مجاز (در طول مسیر)	ماهانه
کنترل علایم هشدار دهنده نصب شده در طول مسیر	ماهانه

۲۱ -۳ اندازه گیری حجمی مقدار پساب دریافتی

برای اندازه گیری حجمی میزان پساب دریافتی، بهترین نقطه محل خروجی پساب از تصفیه خانه و ابتدای خط انتقال به محل مصرف می باشـد. برای این منظور نصب وسـایل و تاسیسـات اندازه گیری جریان خروجی پسـاب از تصفیه خانه و ابتدای خط انتقال به محل مصرف می باشـد. برای این منظور نصب وسـایل و تاسیسـات اندازه گیری جریان خروجی پساب از تصفیه خانه و یا محل دریافت در اسـتخر پرورش ضروری می باشـد. لازم به ذکر است با توجه به ارزش این منابع، عمل اندازه گیری میزان پسـاب انتقالی برای مصارف مختلف توسـط مسـئولین تصفیه خانه ها به طور مرتب صورت می گیرد.

علیرغـم پایش کیفی پسـاب در ورودی و خروجی تصفیه خانه، انـدازه گیری حجمی آن در نقطه دریافت از تصفیه خانه توسـط شـرکت سـهامی آب منطقه ای و یا در نقطه ورود به استخر توسط مشتری برای آبیاری ضروری به نظر می رسد.

بر اسـاس تبصره ۲ قرارداد همسـان فروش پسـاب تصفیه خانه های فاضلاب (بخشـنامه شـماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۸۶/۱۱/۸) باید شـرکت آبفا با نصب دستگاه های اندازه گیری در محل تصفیه خانه ها، به گونه ای که قرائت آن برای شرکت آب منطقه ای ممکن باشد، نسبت به اندازه گیری و ثبت مداوم احجام پساب تحویلی اقدام نماید. محل تحویل پساب به شرکت آب منطقه ای خروجی محوطه هر یک از تصفیه خانه های فاضلاب است.

جدول ۲۹- مراحل پیشنهادی کنترل کیفی در تصفیه خانه های فاضلاب[1]

سیستم مورد بررسی		فواصل نمونه برداری و پایش					
		روزانه	هفتگی	۱۵ روزه	ماهانه	فصلی	شش ماه	سالانه
برکه تثبیت	فاضلاب ورودی و پساب خروجی	دبی، کلرباقی مانده، pH، DO	COD صاف شده و BOD صاف نشده و TS، TSS[2]	COD صاف شده و BOD صاف نشده و	دما، دترجنت، چربی و روغن، کلیفرم و فکال کلیفرم، فلزات سنگین، TP	TKN ،EC، تخم انگل نماتود ها، فسفر کل، نیتریت و نیترات، آمونیاک، کلراید، سدیم، کلسیم و منیزیم، بر	بررسی وضعیت هیدرو دینامیکی جریان و زمان ماند (بررسی احتمال تشکیل اتصال کوتاه و عدم اختلاط)	-
	لجن دفعی	-	میزان لجن دفعی	-	فلزات سنگین[1]- NE	عناصر مغذی N- P-K	-	-
لاگون هوادهی	فاضلاب ورودی و پساب خروجی	دما، دبی، کلرباقی مانده، pH DO	BOD_5	COD صاف شده TS، TSS	کلیفرم وکلیفرم مدفوعی، تخم انگل، نیتروژن کل کجلدال (TKN) بر، فسفر کل، دترجنت، چربی و روغن	کلراید، سدیم، کلسیم و منیزیم، EC	بررسی وضعیت هیدرو دینامیکی جریان و زمان ماند (بررسی احتمال تشکیل اتصال کوتاه و عدم اختلاط)	-
	لجن دفعی	-	میزان لجن دفعی، شاخص حجمی لجن	-	تخم انگل فلزات سنگین[4]-NE	عناصر مغذی N-P-K	-	-
برکه تثبیت	فاضلاب ورودی و پساب خروجی	دبی، کلرباقی مانده، pH، DO	COD صاف شده و BODصاف نشده وTS، TSS	COD صاف شده و BOD صاف نشده و	دما، دترجنت، چربی و روغن، کلیفرم و فکال کلیفرم، فلزات سنگین، TP	TKN[3] ،EC، تخم انگل نماتود ها، فسفر کل، نیتریت و نیترات، آمونیاک، کلراید، سدیم، کلسیم و منیزیم، بر	بررسی وضعیت هیدرو دینامیکی جریان و زمان ماند (بررسی احتمال تشکیل اتصال کوتاه و عدم اختلاط)	-
	لجن دفعی	-	میزان لجن دفعی	-	فلزات سنگین - NE	عناصر مغذی N-P-K	-	-

[1] Nitrogen. Phosphor. Potassium
[2] Total Solid
[3] Total Kjeldahl Nitrogen
[4] Nematode egg

ادامه جدول ۲۹- مراحل پیشنهادی کنترل کیفی در تصفیه خانه های فاضلاب

	سیستم مورد بررسی	فواصل نمونه برداری و پایش						
		روزانه	هفتگی	۱۵ روزه	ماهانه	فصلی	شش ماه	سالانه
لاگون هوادهی	فاضلاب ورودی و پساب خروجی	دما، دبی، کلرباقی مانده، pH، DO	BOD_5	COD صاف شده، TS، TSS	کلیفرم وکلیفرم مدفوعی، تخم انگل، نیتروژن کل کجلدال (TKN) بر، فسفر کل ، دترجنت، چربی و روغن	کلراید، سدیم، کلسیم و منیزیم، EC	بررسی وضعیت هیدرو دینامیکی جریان و زمان ماند (بررسی احتمال تشکیل اتصال کوتاه و عدم اختلاط)	-
	لجن دفعی	-	میزان لجن دفعی، شاخص حجمی لجن	-	تخم انگل فلزات سنگین-NE	عناصر مغذی-N-P-K	-	-

۲۱-۴ پایش کیفی محصولات تولیدی

پایش بهداشتی محصولات از سه دیدگاه شامل بقایای سموم، انتقال میکروارگانیسم ها (باکتری، ویروس، انگل و...)، فلزات سنگین و در بعضی موارد مواد رادیواکتیو مورد بررسی قرار می گیرد. در ایران معاونت نظارت بر مواد خوراکی، دارویی، آرایشی و بهداشتی در وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مسئول رسمی کنترل بهداشتی کلیه مواد خوراکی و آلودگی های آنها را تا زمان رسیدن به دست مصرف کننده می باشد. بعضی از بخش های وزارت بهداشت نظیر اداره کل بهداشت محیط مسئولیت بررسی آلودگی ها در تامین، تهیه، حمل و نقل، آماده سازی و عرضه مواد خوراکی را دارند. ادارات مشخصی نظیر سازمان گوشت نظارت بر کیفیت گوشت، ماهی، شیر و امثال آنها را دارا می باشند. هر نوع ماده غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی دستورالعمل های خاص پایش و کنترل دارد. در بسیاری از کشورهای پیشرفته میزان بقایای سموم آفت کش، به ویژه حشره کش ها، فلزات سنگین و مواد رادیواکتیو، در محصولاتی چون گوشت، ماهی و فرآورده های مربوط و همچنین محصولات کشاورزی را بررسی و با استانداردهای مربوط مقایسه می نمایند، اما در ایران این بررسی ها معمول نمی باشد.

۲۱-۵ پایش بهداشتی کارگران و دیگر کارکنان مربوط

کارگران شاغل در پروژه های تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آن به علت مواجهه با عوامل بیماریزای موجود در فاضلاب در معرض ابتلا به بیماری های واگیر و انگلی مختلف می باشند.

از این گروه به ویژه کارگران شـاغل در مراحل مختلف تصفیه و دفع لجن به دلیل تماس بیشـتر، از آسـیب پذیری بیشتری نسبت به کارگران شاغل در مکان اسـتفاده مجدد برخوردار می باشند. راه اصلـی انتقـال بیمـاری در این گروه از راه دهان بوده که بوسـیله آلوده شـدن دسـت در اثر تماس با محیط آلوده و انتقال عامل بیماریزا به سیسـتم گوارشـی صورت می گیرد. در مراحل بعد دریافت عوامل بیماریزا از طریق پوسـت و همچنین تنفس نیز صورت می گیرد. دو دسـته بیماری میکربی (حصبه و شـبه حصبه) و انگلی (آسکاریس، آنکیلوستوم دئودنالیس، تریکوریس تریکورا و استرونژیلوییید استراکورایس)، از نظر آلودگی کارکنان و پخش در محیط مورد توجه قرار می گیرند. تماس با آب آلوده یا پسـاب می تواند در انتقال بیماری های مذکور موثر باشـد. البته نوع تماس بسـیار مهم است. کار کردن با پساب با لباس پوشیده و دستکش و پوتین و رعایت بهداشت فردی مثلا شسـت و شوی دست ها در هنگام غذا خوردن، دور نگاه داشتن وسایل غذاخوری از آب آلوده و نگهداری غذا در ظروف تمیز و در یخچال تا حدودی شـخص را از بیماری های منتقله بوسـیله ی آب حفاظت می کند. بنابراین برنامه پایش کارگران و کارکنان به قرار زیر پیشنهاد می شود:

هنگام شـروع کار یا در بدو اسـتخدام باید آزمایش پزشکی توسـط پزشک داخلی جهت تشخیص ناقلین سالم یعنی تشخیص سرپایی کم خونی، بی حالی و سفیدی چشم، امکان ابتلا به بیماری های انگلی و سـپس آزمایش های مدفوع انجام گیرد. آزمایش مدفوع شامل کشت مدفوع جهت حصبه و شـبه حصبه و سـپس آزمایش های انگلی می باشـد. در همین راستا دفترچه بیمه کارگر توسط پزشـک جهت سـوابق بیماری مورد بررسی قرار می گیرد. در صورت نداشتن دفترچه بیمه، توسط پرسش و پاسخ سوابق بیماری شخص یادداشت می گردد. هر شش ماه یک بار معاینه توسط پزشک و آزمایش تکرار می گردد. فرم سـوابق و پرونده بهداشـتی کارگران یا کارکنان تهیه و در بایگانی و یک نسخه نزد پزشک نگهداشته می شود. در این فرم باید مطالب زیر دیده شود:

- مشـخصات فردی، سن، محل کار، تاریخ استخدام، سـواد و تحصیلات، وضعیت تاهل، تعداد فرزند، محل سکونت
- دفعات مراجعه شش ماه یک بار به پزشک و نتایج آزمایش ها
- تمهیدات انجام شده، مثلا داروهای تجویز شده، مرخصی بیماری، تعویض محل کار، بیمارستان، پرداخت غرامت و...
- چک لیسـتی شـامل موارد الزامی در هنگام کار (استفاده از دستکش و پوتین، استفاده از مواد ضد عفونی کننده و سـرویس های بهداشـتی و...) تهیه گردد و مسئول پایش در بازه زمانی ماهانه چک لیست را جهت

تک تک کارکنان تکمیل نماید (جدول ۳۰).

آزمایش های پساب که مربوط به بهداشت محصول و کارکنان و مصرف کنندگان است، به شرح زیر می باشند:

- آزمایش فلزات سنگین
- تعداد کلیفرم مدفوعی[1] (MPN/100 ml)
- آزمایش تخم انگل (جستجو و شمارش تخم نماتدها خصوصا آسکاریس)

حضور فلزات سنگین در پساب های خروجی عموما ناشی از راهیابی پساب های صنعتی می باشد. نوع آزمایش فلزات سنگین بستگی به میزان قبلی و طبیعی موجود در آب و خاک منطقه، صنایع بزرگ و کوچک منطقه و ورود پساب های صنعتی به تصفیه خانه فاضلاب و حساسیت و تاکید ادارات بهداشتی منطقه در مورد مواد مصرفی دارد. در مراکزی که تاسیسات تصفیه فاضلاب برای تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی مخلوط شده به کار می رود، پایش فلزات سنگین از اهمیت بیشتری نسبت به پساب های خروجی از تصفیه خانه هایی که صرفا فاضلاب خانگی دریافت می کنند، خواهد داشت.

جدول ۳۰- چک لیست پیشنهادی برای کنترل سلامتی افراد شاغل در پروژه های استفاده مجدد از پساب ها و آب های برگشتی

ردیف	اقدامات	ماهانه	فصلی	سالانه	ملاحظات
۱	معاینات کلینیکی شامل: - معاینات کلی و بررسی وضعیت ظاهری - بررسی علایم مربوط به بیماری های پوستی	✓			
۲	کنترل کاربرد محافظت کننده های شخصی: - دستکش - چکمه - لباس کار مناسب	✓			
۳	انجام آزمایش های سلامتی شامل بیماری های باکتریایی و ویروسی: - حصبه و شبه حصبه - وبا - انواع هپاتیت - سل - ژیاردیا			✓	

[1] Faecal Coliform

ادامه جدول ۳۰- چک لیست پیشنهادی برای کنترل سلامتی افراد شاغل در پروژه های استفاده مجدد از پساب ها و آب های برگشتی

ردیف	اقدامات	ماهانه	فصلی	سالانه	ملاحظات
۴	انجام آزمایش های سلامتی شامل بیماری های انگلی: - آسکاریس - انواع تنیاها - انکیلوستوم دیودنال - ترکوریس تریکورا - فاسیولا - شیستوزومیاها			✓	

۲۱-۶ پایش زیست محیطی

استفاده غیر اصولی از پساب باعث آلودگی منابع آب سطحی و زیر زمینی می شود. این تاثیر به ویژه در فصول بارانی، به دلیل انتقال توسط رواناب های سطحی از شدت بیشتری برخوردار می باشد. همچنین عناصر مغذی موجود در پساب به ویژه نیترات به واسطه حلالیت بالا به راحتی به منابع آب زیرزمینی منتقل شده و باعث آلودگی این منابع می شود. در صورت استفاده از این منابع برای اهداف مختلف پایش عناصر مغذی، به ویژه نیترات از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. در صورت رهاسازی پساب خروجی به منابع آب سطحی و یا تغذیه مصنوعی باید از رعایت استانداردهای ارائه شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست اطمینان حاصل گردد. برنامه پایش منابع آب سطحی در محدوده طرح های استفاده مجدد از پساب بستگی به شرایط طبیعی و هیدرولوژی منطقه داشته و در مناطقی که امکان راهیابی رواناب های سطحی به این منابع وجود داشته باشد ضروری می باشد، در این مناطق امکان ورود آلاینده های مختلف به ویژه عوامل بیماریزا و عناصر مغذی به منابع مذکور و در نتیجه آلودگی آنها به خصوص در فصول بارانی افزایش می یابد. لذا پیشنهاد می گردد بر اساس برنامه ارائه شده در جدول (۶-۱۸) میزان فسفر، نیتروژن کل، نیترات، TDS، BOD و همچنین کلیفرم های مدفوعی و شاخص تخم انگل نماتد در این منابع بررسی شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

۲۱-۶-۱ پایش منابع آب زیر زمینی

استفاده غیر اصولی از پساب ها همچنین می تواند تاثیرات منفی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی داشته باشد، در شرایط طبیعی عوامل بیماریزا به ویژه باکتری ها، پروتوزوئرها و تخم انگل های

نماتدی به راحتی توسط لایه های خاک جذب شده و همچنین ویروس ها به علت باردار بودن به راحتی جذب سطح باردار خاک می شوند. اگر سطح آب های زیر زمینی بالا نباشد، هیچ آلودگی میکربی کیفیت این منابع را تهدید نخواهد کرد. ترکیبات معدنی و محلول موجود در پساب به ویژه نیترات با توجه به حلالیت بالا در آب، بسته به روش های کاربرد می تواند از لایه های خاک عبور و به منابع آب زیرزمینی نفوذ کند. لذا پیشنهاد می گردد نیترات و TDS آب های زیرزمینی و کلیفرم های مدفوعی و BOD مطابق جدول (۳۱) بررسی گردد. بررسی کیفیت این آب ها از طریق نمونه برداری از چاه های در حال بهره برداری و یا از طریق احداث چاهک های نمونه برداری در نقاط مورد نظر صورت خواهد گرفت.

مراحل پایش پیشنهادی جهت استفاده از پساب در آبزی پروری شامل کارگران و ساکنین محدوده طرح، مصرف کنندگان محصولات تولیدی، محصولات تولیدی (ماهی)، منابع آب سطحی و زیرزمینی می باشد که پارامترهای کیفی و تواتر زمانی مورد نظر برای هر بخش به تفکیک در جدول (۳۱) ارائه شده است.

جدول ۳۱- مراحل پایش استفاده از پساب ها و آب های برگشتی در آبزی پروری

خواص مورد پایش	فواصل نمونه برداری و بررسی				
	هفتگی	ماهانه	فصلی	شش ماه	سالانه
کارگران و ساکنین محدوده	-	معاینات کلینیکی	آزمایش از نظر بیماری های مرتبط با پساب شامل: حصبه، شبه حصبه، وبا، هپاتیت	کرم های انگلی شامل: آسکاریس، انکی لوستوم دیودنال، تریکوریس تریکورا، استرونژیلویید استراکوراریس، تنیا ها، فاسیولا، شیستوزومیا	بیمارهای قارچی پوستی
مصرف کنندگان محصولات	-	-	-	بیماری های باکتریایی و ویروسی مرتبط با پساب شامل: حصبه، شبه حصبه، وبا و هپاتیت	کرم های انگلی شامل: آسکاریس، انکی لوستوم دیودنال، تریکوریس تریکورا، استرونژیلویید استراکوراریس، تنیا ها، فاسیولا، شیستوزومیا فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب)
ماهی ها	-	عوامل باکتریایی (اشرشیل کلی، ویبریوکلرا، شیگلا، سالمونلا)	کرم ها (آسکاریس، تنیاها، کلونورچیس، اپیزتورچیز، فاسیولا، شیستوزومیا) فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب)	-	-

ادامه جدول ۳۱- مراحل پایش استفاده از پساب ها و آب های برگشتی در آبزی پروری

خواص مورد پایش	فواصل نمونه برداری و بررسی				
	هفتگی	ماهانه	فصلی	شش ماه	سالانه
منابع آب سطحی	-	-	pH, TDS, EC, COD, TSS ,DO BOD	آنیون ها (کربنات- بیکربنات- سولفات- کلرور) کاتیون ها (کلسیم- منیزیم- سدیم- پتاسیم) فکال کلیفرم- فسفر کل- ازت کل- نیترات	تخم انگل نماتود فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب)
منابع آب زیر زمینی	-	pH, TDS, EC	آنیون ها (کربنات- بیکربنات- سولفات- کلرور) کاتیون ها (کلسیم- منیزیم- سدیم- پتاسیم)	فکال کلیفرم- فسفر کل- ازت کل- نیترات	فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب)

۲۲- ملاحظات آموزشی در بهره برداری از پساب ها

آنچه مسلم است آموزش و فرهنگ سازی در خصوص جایگزینی مصرف پساب ها و آب های برگشتی به جای منابع آب متعارف و بهره برداری صحیح از پتانسیل قابل توجه این منابع، یکی از اساسی ترین و پیچیده ترین فعالیت ها محسوب می گردد. شاید به جرات بتوان گفت بدون آموزش و ترویج این فرهنگ، عملی نمودن آن نزد مصرف کنندگان و نیز دستیابی به اثر بخشی مطلوب با کمترین اثرات زیست محیطی و اجتماعی تقریبا غیر ممکن خواهد بود. پیاده کردن یک برنامه آموزشی جامع و کاربردی در زمینه تولید یا مصرف پساب ها و آب های برگشتی دارای اجزایی است که مهم ترین آنها شناسایی گروه های هدف و ارائه برنامه آموزش نحوه بهره_برداری از این منابع برای هر یک از گروه های هدف می باشد.

۲۲-۱ گروه های هدف برای آموزش

در امر استفاده از پساب ها و آب های برگشتی طیف گسترده ای از قشرهای مردمی و دولتی باید آموزش داده شوند که در این میان با عنایت به ضرورت اشاعه آن در بخش های تولید و مصرف، تصور بر آن است که سیاستمداران، سیاستگزاران، برنامه ریزان بخش آب، کشاورزی، صنعت، محیط زیست و بالاخره مصرف کننده گان این منابع باید مدنظر قرار گیرند. در مراجع قانونگذاری باید پشتوانه قانونی و مالی جهت اجرای طرح ها (از جمله آموزش و آگاهی رسانی) تصویب گردد

و به دنبال آن عوامل اجرایی (دولت در سطوح مختلف) گام های عملی تحقق استفاده از این منابع را تدوین و عملیاتی نمایند. نهایتا گروه های مصرف باید با استقبال از برنامه های دولتی نسبت به تغییر شـرایط حاکم در جهت جایگزینی این نوع آب ها با منابع آب محدود کشور اقدام نمایند. در جدول (۳۲) اولویت های آموزشی متناسب با گروه های سه گانه ارائه شده است.

جدول ۳۲- اولویت آموزشی و ترویجی برای هر یک از گروه های سه گانه

ردیف	گروه اصلی	زیرگروه (گروه هدف)	اولویت آموزشی و ترویجی
۱	سیاستگزاران و قانونگذارن	- نماینـدگان مجلـس شـورای اسلامی - اعضا هیات دولت	- ترسیم محدودیت هـای کمـی و کیفـی منـابع آب کشـور در سـناریوهای مختلف - تبیین جایگاه و اهمیت استفاده از آب های شور، لب شور و غیـر متعـارف (به ویژه فاضلاب های تصفیه شده) در دنیا - تبیین اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی استفاده از آب های شور، لب شـور و غیر متعارف (به ویژه فاضلاب های تصفیه شده) در کشور
۲	دستگاه های اجرایی مرتبط	- وزارت نیرو - وزارت جهاد کشاورزی - وزارت بهداشت درمان و آمـوزش پزشکی - سازمان مدیریت و برنامه ریزی - سازمان حفاظت محیط زیست - وزارت صنایع - وزارت کشور - و سایر	- ترسیم محدودیت هـای کمـی و کیفـی منـابع آب کشـور در سـناریوهای مختلف - تبیین اثرات مثبت و منفـی اسـتفاده از آب هـای شـور، لـب شـور و غیـر متعارف (به ویژه فاضلاب های تصفیه شده) با توجـه بـه شـرایط اقلیمـی، جغرافیایی و... - تبیین شیوه های تولید، ذخیره و استفاده از آب های شور، لب شور و غیـر متعارف با رویکرد رعایت استانداردها و دستیابی راندمان معقول - تبیین شیوه های مدیریت استفاده از منابع آب غیر متعارف و شور - تبیین نیاز علمی،تخصصی، لجستیکی مورد نیازاسـتفاده از آب هـای غیـر متعارف و شور - و سایر
۳	گروه های مصرف کننده	- کشاورزان - صنایع - محیط زیست - شیلات - سایر	- ترسیم محدودیت هـای محلـی کمـی و کیفـی آب در افـق هـایی زمـانی مختلف - تبیین شیوه های استفاده از آب های شور، لب شور و غیر متعارف - تبیین کنترل اثرات مثبت و منفی کاربرد این نوع آب ها در فرآیند خاص - تشریح نیازها و ابزارهای لازم برای به کارگیری آب های شور، لـب شـور و غیر متعارف

۲-۲۲ برنامه آموزش نحوه بهره برداری از پساب ها

بـا توجه به پیچیدگی مدیریت عرضه و تقاضا در زمینه پسـاب و ظرافت های حاکم بر نحوه ایجاد تغییر رفتار در قشـرهای مختلف تولید کننده و مصرف کننده تا به حال حتی کشـورهای پیشرفته نیز به یک الگوی جامع دسـت نیافته اند. در این ارتباط کشورهای پیشرفته الگوهایی برای آموزش یـک گروه خاص به اجرا در آورده اند، ولی بررسـی دقیق نشـان می دهد که ایـن الگوها با توجه

به شـرایط خاص فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی، قابل تعمیم به دیگر کشـورها نمی باشـد. در این زمینه راهبرد ترسـیم شده در قالب "راهنمای ارتقاء و آگاهی عمومی در زمینه حفاظت آب" لحاظ و مدنظـر قـرار گرفته و تلاش گردیده که هم در زمینه موضوع مورد بحث اسـتفاده مجدد و هم از حیـث مطابقت با الگوها و هنجارهای کشـور ایران مورد تطبیق قرار گیرد. بر اسـاس این راهنما، برنامه آموزش نحوه بهره برداری از پساب ها و آب های برگشتی می تواند دارای پنج گام راهبردی با رویکرد بالا به پایین به شرح ذیل باشد:

۲۲-۲-۱ گام اول- تشکیل یک کمیته مدیریتی

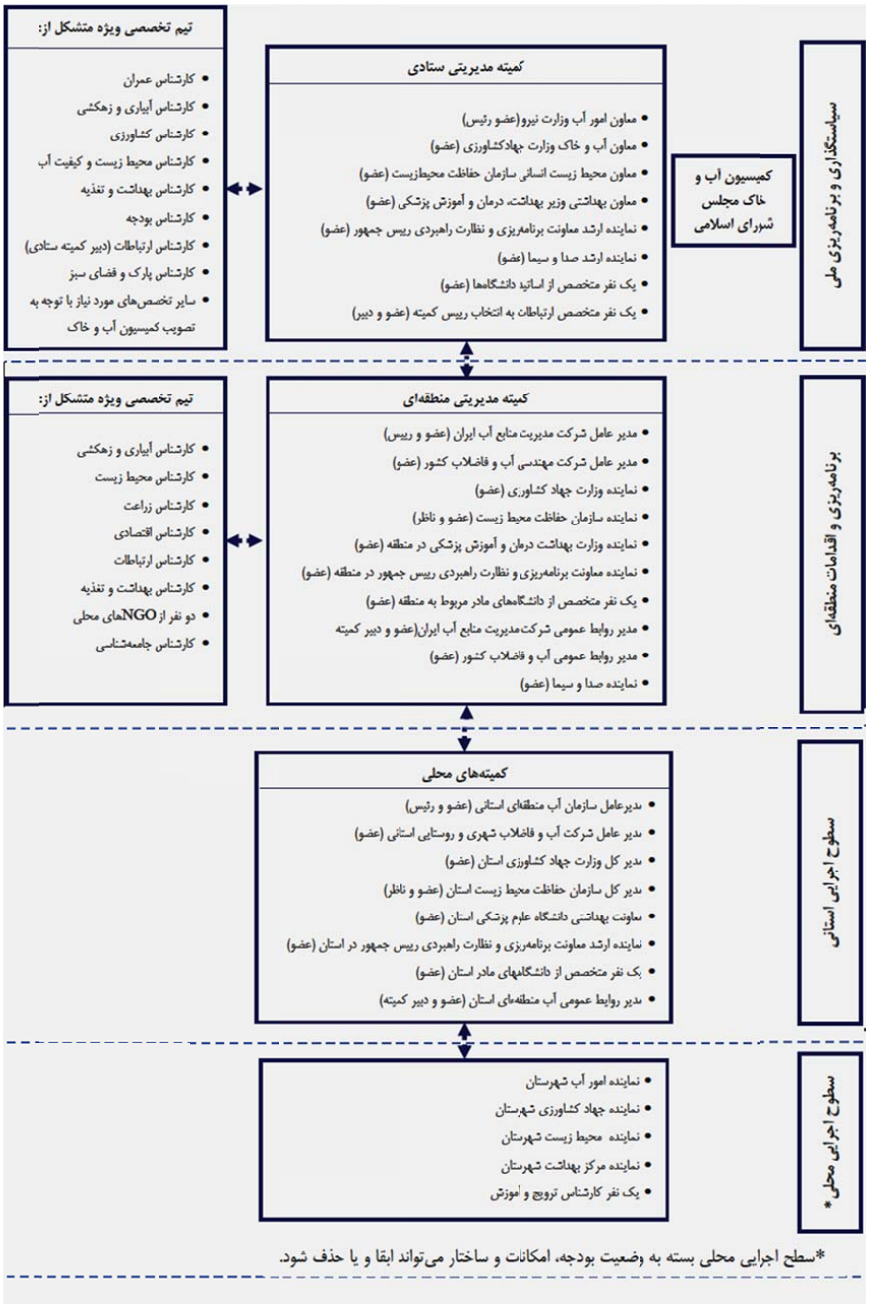
در موضوع آموزش اتکا به مدیریت فردی و یا تخصص خاص تامین کننده نیاز نخواهد بود. از اینرو ایجاد یک کمیته مدیریتی از تخصص های مختلف نظیر محیط زیسـت، بهداشـت، مهندسی آب، آبیاری، زهکشـی، کشـاورزی، جامعه شناسـی، اقتصاددان، ارتباطات، پارک ها فضای سبز مطابق شکل (۱۰)، خواهد توانست در قبال شرح وظایف آگاهی رسانی به شرح شکل (۱۰) مفید باشد:

۲۲-۲-۲ گام دوم– شناسایی و دسته بندی افراد ذینفع و ارائه برنامه های آموزشی

افراد ذینفع در این خصوص کسـانی هسـتند که در حال حاضر از آگاهی رسـانی ناکافی در زمینه تولید و بهره برداری از پساب ها رنج می برند. به عبارت دیگر اثربخشی آموزش و آگاهی رسانی در زمینه مورد بحث در اثر شناسایی و تشریک مساعی با افرادی که دارای اهداف مشابه هستند، عملی می باشـد. در این ارتباط باید کمیته های مدیریت در سـطوح سه گانه اقدام به شناسایی ذینفعان نماید. در این زمینه ذینفعان به صورت زیر دسته بندی می گردند:

۱- آموزش برای شاغلین در مراحل مختلف تولید، ذخیره، انتقال، مصرف

- مدیران و کارشناسان سازمان آب منطقه ای
- مدیران و کارشناسان شرکت های آب و فاضلاب روستایی و شهری
- مدیران و کارشناسان اداره کل صنایع
- مدیران و کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی (بخش آبخیز داری)
- مشاورین و پیمانکاران
- سایر موارد



شکل ۱۰- ساختار کمیته مدیریتی آموزش و ارتقا آگاهی های عمومی در زمینه استفاده از پساب ها

۲- ارائه برنامه آموزشی برای مصرف کنندگان، حاشیه نشینان و ساکنین محدوده اجرای پروژه های تصفیه و استفاده مجدد از پساب

- کشاورزان
- صنایع
- صاحبان مزارع پرورش آبزیان
- جوامع حاشیه نشین مناطق و ساکنین در محدوده اجرای پروژه های تصفیه و استفاده مجدد از پساب (مصرف کننده و اثرپذیر)
- سایر موارد

۳ - آموزش برای شاغلین در مراحل کنترل، نظارت و پایش

- مدیران و کارشناسان محیط زیست
- مدیران و کارشناسان آب منطقه ای
- مدیران و کارشناسان شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی
- مدیران و کارشناسان مراکز بهداشت و تغذیه
- مدیران و کارشناسان جهاد کشاورزی (بخش کنترل محصول و...)
- مدیران و کارشناسان شیلات
- مدیران و کارشناسان صنایع (کنترل فرآیند و...)
- اساتید و دانشجویان
- سایر موارد

۲۲-۲-۳ گام سوم- تجزیه و تحلیل عوامل و متغیرهای تاثیرگذار در سطوح مختلف اجرایی

عوامل متعدد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، محلی و مذهبی در پیشبرد برنامه های استراتژیک آموزش و آگاهی رسانی در زمینه تولید و استفاده از پساب ها و آب های برگشتی اثر گذار می باشند که در زیر به اهم آن اشاره می گردد:

۲۲-۲-۳-۱ عوامل سیاسی

کمیته ی مدیریتی سیاستگزاری و برنامه ریزی ملی و منطقه ای در جهت نیل به اهداف خود،

نیـاز بـه مفهوم سـازی و تبیین ایـده ها و فرصت ها در سـطح ملی و منطقـه ای و حتی جهانی در نزد سیاسـتگزاران، تصمیم گیـران و برنامه ریزان دارد. به عبارت دیگـر کمیته های مدیریتی، سیاسـتگزاری و برنامه ریزی ملی و منطقـه ای باید طی برنامه راهبردی در جهت صیانت از منابع محدود و اشاعه فرهنگ استفاده از پساب ها و آب های برگشتی اقدام نماید.

۲۲-۲-۳-۲ عوامل محلی

عوامل محلی به آن دسـته از عوامل اطلاق می گردد که مربوط به محل بوده و مستقیما با موضوع آب (عرضه و تقاضا) ارتباط دارد. در اسـتان های پر آب می توان پسـاب های تصفیه شـده را به عنوان نیاز زیسـت بوم رودخانه و دریاچه ها، تالاب ها (به شـرط دستیابی به استاندارد کیفی مورد نظـر) اسـتفاده نمود و آب مازاد حاصل از آن را در بخش هـای دیگر مصرف نمود. حال آن که در اسـتان های کم آب بهتر است به شکل استفاده تلفیقی از پساب ها و آب های برگشتی و آب های شیرین و یا استفاده نوبتی از آب های شیرین و غیر متعارف و یا تغذیه مصنوعی و... اقدام نمود.

۲۲-۲-۳-۳ عوامل بهداشتی

عوامل بهداشـتی بیشتر در موضوع اسـتفاده از فاضلاب های تصفیه شده (فاضلاب تصفیه نشده کلاً مردود می باشـند) مطرح می باشـد. ارتقا آگاهی و سطح دانش نیرو های در گیر در این امر (به ویژه کارکنان و کارگران شاغل در پروژه های تصفیه و استفاده مجدد از پساب و آب های برگشتی) از طریق برگزاری دوره های آموزشـی کوتاه مدت و نیز آگاهی دادن به مردم در جهت پیشـگیری از بروز انواع بیماری ها در کنار رفع مشکلات بهداشتی روانی ناشی از استفاده از این نوع آب ها الزامی می باشد.

۲۲-۲-۳-۴ عوامل عمومی

در نزد استفاده کنندگان از این منابع و همچنین مصرف کنندگان محصولات یک رفتار امتناع گرانه (refusal) حاکم بوده و توجه به این امر حایز اهمیت می باشد. کمیته های مدیریتی با تدوین و اجرای برنامه های آموزشی و ترویجی باید نسبت به تغییر این نوع رفتار اقدام نمایند. مطمئناً تبیین امتیازات بهداشتی، اقتصادی و زیست محیطی مصرف این آب ها نزد کشاورزان یا سایر بهره برداران و نیز اطمینان بخشـی به جامعه در خصوص عدم وجود اثر سوء ناشی از مصرف محصولات مرتبط بسیار ارزشمند خواهد بود.

۲۲-۲-۳-۵ عوامل اقتصادی

ترسیم وضعیت نگران کننده محدودیت منابع آبی و ارزش اقتصادی آب و نیز اخذ آب بها کمتر از مصرف کنندگان پساب در مقایسه با آب های متعارف از جمله راهکارهای ترغیب گروه های هدف نسبت به استفاده از این منابع می باشد. کمیته های مدیریتی باید نسبت به تبیین ارزش افزوده ناشی از مصرف این منابع و سهم آن در افزایش سود و تولید، فعالیت های تبلیغی و آموزش لازم را به مرحله اجرا در آورند.

۲۲-۲-۳-۶ عوامل فرهنگی و مذهبی

در اسلام از فاضلاب به عنوان نجاست نام برده شده و از لحاظ اصول مذهبی و شرعی استفاده از آنها حرام تلقی شده است. لذا تبیین نقش پروسه تصفیه در استحاله و از بین بردن عوامل نجاست نقش به سزایی در تمایل افراد به استفاده از این نوع آب ها و متعاقبا محصولات حاصله خواهد داشت. در این میان آگاه سازی مردم به ویژه علما و روحانیون از شرایط حاکم و بهره گیری از حمایت های آنان به ترغیب مردم حایز اهمیت خواهد بود.

۲۲-۲-۳-۷ عوامل اقلیمی و جغرافیایی

قدر مسلم شرایط استفاده از پساب ها در اقلیم و شرایط جغرافیایی متفاوت از هم خواهد بود. به عنوان مثال برخورداری این منابع از نقطه انجماد پایین تر منجر به دیر یخ زدن آنها می شود و می توان از این منابع برای مدت بیشتری از سال استفاده کرد. در مناطق گرم به لحاظ بالا بودن ضریب تبخیر و تعرق، از پتانسیل افزایش شوری و یا انتشار آئروسل بیشتری برخوردار بوده و همچنین قدرت رشد و نمو میکروارگانیسم ها در فاضلاب هایی که صرفا تصفیه اولیه و ثانویه را گذرانده نسبت به آب های متعارف بالا می باشد. از این رو آگاهی دادن به مصرف کنندگان این منابع از نظر این گونه تغییرات محیطی سودمند خواهد بود. در کشور ما عوامل فوق الذکر تاثیر عمیقی در کاربری این منابع داشته و کمیته های مدیریتی آموزش و ارتقا آگاهی های عمومی باید در قالب برنامه راهبردی نسبت به بررسی محلی و رفع آنها از طریق اجرای برنامه های مرتبط اقدام نمایند.

۲۲-۲-۴ گام چهارم- تامین مالی

یکی دیگر از وظایف کمیته یا کمیته های مدیریتی اشاره شده در نمودار ۷-۱، پیش بینی و تامین منابع مالی جهت انجام برنامه های آموزشـی و آگاهی رسـانی در زمینـه تولید و مصرف آب های شور، لب شور و غیر متعارف (به ویژه پساب ها) خواهد بود. در این ارتباط تهیه طرح شفاف، روشن و در عیـن حـال مختصر در خصوص تامین منابع مالی ضروری خواهد بود. در این ارتباط ذکر این نکته ضروری خواهد بود که هر چند در مقام عمل و در فاز کوتاه مدت ممکن اسـت سـود حاصل از جایگزینی پسـاب ها به جای آب های متعارف در مقابـل هزینه های صورت گرفته قابل توجیه نباشد ولی قدر مسلم در درازمدت سود حاصل از این جایگزینی به لحاظ ذاتی و اختصاصی آب های شـیرین کشور بسیار چشـمگیر خواهد بود. اگرچه برآورد هزینه های مرتبط با برنامه های آموزش و آگاهی رسـانی در زمینه مورد بحث دشـوار است ولی برآورد نسـبتاً منطقی لازمه تداوم فعالیت راهبردی خواهد بود.

۲۲-۲-۵ گام پنجم- اجرای برنامه های استراتژیک، آموزش و آگاهی رسانی

آنچه تا به حال بیان گردید، فرآیند دستیابی به یک برنامه استراتژیک، آموزش و ارتقا آگاهی های عمومی در زمینه استفاده از پساب ها و آب های برگشتی بود که با اتکا به تجارت جهانی و ملحوظ

داشتن مولفه های داخلی تلاش گردید چارچوب کلی موضوع به شکل قابل فهم ترسیم گردد. لیکن اجرای آن در گروه های هدف نیازمند جزنگری و تبیین الزامات مربوط خواهد بود (۱).

مراجع

۱- ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از پساب ها و آب های برگشتی. چاپ نخست. ۱۳۸۹. نشریه شماره ۵۳۵ . دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو.

2- World Health Organization. "WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Volume III-Wastewater and Excreta Use in Aquaculture." *Geneva, Switzerland* (2006).

3- Environmental Protection Agency. "EPA Guidelines For Water reuse".Washington D.C. September (2012).

۴- راهنمای پرورش قزل آلا. چاپ نخست. ۱۳۹۴. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی سازمان بسیج مهندسین کشاورزی و منابع طبیعی. نشر آموزش کشاورزی. ۱۳۹۴. ۸ - ۲۸۸ - ۵۲۰ - ۹۶۴ – ۹۷۸ شابک.

5- Takashi, Asano, Burton Franklin, and Leverenz Harold. «Water reuse: issues, technologies, and applications.» (2007).

6- Asano, Takashi, ed. *Wastewater Reclamation and Reuse: Water Quality Management Library*. Vol. 10. CRC Press, 1998.

7- DATTA, DR SUBHENDU. "SEWAGE-FED AQUACULTURE."

8- Blumenthal, Ursula J., et al. "Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence." Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. WELL, 2000.

9- Issa, F. O., et al. "Profitability analysis of small-scale catfish farming in Kaduna State, Nigeria." Journal of Agricultural Extension and Rural Development (2014): 347-353.

10- Castine, Sarah A., et al. "Wastewater treatment for land-based aquaculture: improvements and value-adding alternatives in model systems from Australia." *Aquaculture Environment Interactions* ۴ (۲۰۱۳): ۲۸۵-۳۰۰.

11- Crites, Ronald W. Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Center for Environmental Research Information, 1988.

12- Bansal, A. K., et al. «Biological treatment of domestic wastewater for aquaculture.» Journal of Agricultural and Biological Science 2.1 (2007): 6-12.

13- Hilbrands, Aldin, Carl Yzerman, and Sara van Otterloo-Butler. *On-farm Fish Culture*. The Netherlands: Agromisa, 1998.

۱۴- تعیین زی فن گونه های آبزیان اقتصادی ومستعد تکثیر وپرورش در کشور. سال ۱۳۹۴. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی .

15- *Assessment, A. Guidlefor. "Source Water Quality for Aquaculture." (1999).*

16- Ansah, Yaw Boamah. Enhancing profitability of pond aquaculture in Ghana through resource management and environmental best management practices. Diss. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2014.

17- Helfrich, Louis A., and George Libey. Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia State Cooperative Service, 1991.

18- Yeo, Steven E., Frederick P. Binkowski, and Joseph E. Morris. "Aquaculture Effluents and Waste By-Products Characteristics, Potential Recovery, and Beneficial Reuse." (2004).

19- Carr, R. M., U. J. Blumenthal, and D. Duncan Mara. "Guidelines for the safe use of wastewater in agriculture: revisiting WHO guidelines." Water Science and Technology 50.2 (2004): 31-38.

20- Keiser, J., and J. Utzinger. "Food-borne trematodiasis: an emerging public health problem." *Emerg. Inf. Dis* 11 (2005): 1507-1514.

21- Warnes S & Keevil CW. Survival of Cryptosporidium parum in faecal wastes and

salad corps, (2003). Irish Agriculture and Food Development Authority.

23-Beauchamp, P., and J. Adamowski. «An integrated framework for the development of green infrastructure: A literature review.» *European Journal of Sustainable Development* 2.3 (2013): 1.

24- Jørgensen, Karin. Accumulation of Toxic Metals in Aquatic Vegetables Cultivated with Use of Urban Wastewater in Hanoi and Nam Dinh, Vietnam. Diss. Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Natural Sciences, 2005.

25- Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries Department. *The State of World Fisheries and Aquaculture, 2000*. Vol. 3. Food & Agriculture Org., 2000.

26- Demirak, Ahmet, et al. "Heavy metals in water, sediment and tissues of Leuciscus cephalus from a stream in southwestern Turkey." Chemosphere 63.9 (2006): 1451-1458.

27- NRMMC, EPHCA. "National guidelines for water recycling: managing health and environmental risks." (2005).

28- Keraita, Bernard, Blanca Jiménez, and Pay Drechsel. "Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries." CAB reviews: Perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources 3.58 (2008): 1-15.

Guideline for Application of Reclaimed Water for Aquatic Life Purposes