وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان:

تدوین معیارها و ضوابط استقرار قفس‌های پرورش ماهی در دریاچه‌های غیر شرب پشت سدهای ایران

مجری:
سید محمد وحید فارابی

شماره ثبت
۶۵۳۱۱

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان طرح/پروژه: تدوین معیارها و ضوابط استقرار قفس های پرورش ماهی در دریاچه های غیر شرب پشت سدهای ایران
کد مصوب: ۰۱۱۰۷۷-۰۱۰۵۲-۰٤٦-۱۲-۷٦-۱٤
نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان: سید محمد وحید فارابی
نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : -
نام و نام خانوادگی مجری: سید محمد وحید فارابی
نام و نام خانوادگی همکار(ان): منصور شریفیان، محمود حافظیه، همایون حسین زاده صحافی، حسن نصراله زاده ساروی، مهدی گل آقایی درزی، رحیمه رحمتی، عبدالحمید آذری، علی مکرمی رستمی، شهریار بهروزی، رضا صفری عیسی خندقی، غلامرضا دریانبرد، فرامرز لالوئی، عبداله جعفری، مهدی نامدار، محمدرضا فایضی، مرتضی طهماسبی لیمونی، رضا گشتاسبی، مرضیه رضائی
نام و نام خانوادگی مشاور(ان): -
محل اجرا: استان مازندران
تاریخ شروع: ۱٤۰۱/۱۱/۱
مدت اجرا: ۱ سال و ۲ ماه
ناشر: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
تاریخ انتشار: سال ۱٤۰۳
حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

طرح/پروژه: تدوین معیارها و ضوابط استقرار قفس های پرورش ماهی در دریاچه های غیر شرب پشت سدهای ایران

کد مصوب: ۰۱۱۰۷۷-۰۱۰۵۲-۰٤٦-۱۲-۷٦-۱٤

شماره ثبت (فروست): ٦٥۳۱۱ تاریخ: ۱٤۰۳/۲/۱۱

با مسئولیت اجرایی جناب آقای سید محمد وحید فارابی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته شیلات است.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اصلاح‌نژاد و تکثیر و پرورش آبزیان در تاریخ ۱۴۰۳/۱/۲۶ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در :

ستاد ☐ پژوهشکده ■ مرکز ☐ ایستگاه ☐

با سمت عضو هیئت علمی در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر مشغول بوده است.

عنوان	«فهرست مندرجات»	صفحه

چکیده ۱
۱- مقدمه ۲
۱-۱- اهمیت احداث و بهره برداری از سدها ۵
۱-۲- چالش های احداث سد ۶
۱-۳- اصول مدیریت آب در سدها ۹
۱-۳-۱- اصول مدیریت منابع آب در سدها ۹
۱-۳-۲- مشکلات و فرصت های مدیریت منابع آب در سدها ۱۰
۱-۴- آبزی پروری و امنیت غذایی در جهان ۱۰
۱-۵- آبزی پروری در قفس ۱۴
۱-۶- آبزی پروری در قفس و در مخازن آبی پشت سدها ۱۴
۱-۶-۱- مزایای آبزی‌پروری در قفس و در مخازن آبی پشت سدها ۱۵
۱-۶-۲- معایب آبزی‌پروری در قفس در مخازن آبی پشت سدها ۱۶
۱-۷- سوابق پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها ۱۶
۱-۷-۱- سوابق پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها ی جهان ۱۶
۱-۷-۲- سوابق پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها ی ایران ۱۸
۱-۸- مسئله اساسی، اهمیت و ضرورت تحقیق ۱۸
۱-۹- فرضیات و اهداف پروژه ۲۰
۱-۹-۱- فرضیات ۲۰
۱-۹-۲- اهداف ۲۰
۲- مواد و روش‌ها ۲۲
۳- نتایج ۲۴
۳-۱- جانمایی سدهای ایران ۲۴
۳-۲- صدور موافقت اصولی و تاسیس مزرعه پرورش ماهی در قفس ۲۵
۳-۳- اقدامات اولیه برای انتخاب مکان و احداث مزرعه در مخازن آبی سدها ۲۶
۱-کاربری مخزن آبی سد برای اهداف غیر شرب باشد. ۲۷
۳-۴- ضوابط و معیارهای محل استقرار قفس های پرورش ماهی در مخازن آبی پشت سدهای کشور ۳۰
۴- بحث و نتیجه گیری ۵۴
پیشنهادها ۵۶

منابع ۵۷
چکیده انگلیسی ۶۲

عنوان	«فهرست جداول»	صفحه

جدول ۱-۱- وضعیت سد سازی در کشور ایران (نعمتی، ۱۴۰۰) ۵
جدول ۱-۲- تعداد و درصد سد های کشور ایران از نظر اهداف احداث و نوع کاربری ۵
جدول ۳-۱- دستورالعمل عمومی دمای آب برای پرورش ماهیان(Zweig *et al*., 1999) ۳۶
جدول۳-۲- سطوح تحمل pH آب و تاثیر آن بر آبزی پروری ۳۷
جدول۳-۳- سطوح تحمل کدورت برای آبزی پروری(Zweig *et al*., 1999) ۳۸
جدول۳-۴- سطوح توصیه شده اکسیژن برای آبزی پروری ۴۰
جدول۳-۵- سطوح تحمل قلیائیت آب برای آبزی پروری ۴۱
جدول ۳-۶- سطوح تحمل سختی آب در آبزی پروری ۴۱
جدول۳-۷- سطوح تحمل دی اکسید کربن برای آبزی پروی ۴۲
جدول ۳-۸- عوامل موثر بر سمیت آمونیاک آب برای ماهی ۴۴
جدول ۳-۹- تحمل آمونیاک آب برای آبزی پروری ۴۴
جدول ۳-۱۰- غلظت نیتریت بهینه در آبزی پروری ۴۵
جدول ۳-۱۱- غلظت بهینه نیترات برای آبزی پروری ۴۶

عنوان	«فهرست اشکال»	صفحه

شکل ۱-۱- میزان صید و تولیدات آبزی پروری جهان: نوع استفاده و سرانه مصرف انسانی (FAO, 2022) ۱۱
شکل ۱-۲- رابطه متقابل شاخص های عمومی امنیت غذایی (Saad, 1999; Metz, 2002; Webb *et al*., 2002) ۱۲
شکل ۳-۱- جانمایی مکانی سدهای ایران (۷۲۵ سد) ۲۵

چکیده

سد، سازه‌ای است که برای کنترل جریان آب ساخته می‌شود. سدها می‌توانند برای اهداف مختلفی مانند تأمین آب شرب، کشاورزی، صنعت، تولید برق، کنترل سیلاب، گردشگری و همچنین آبزی پروری استفاده شوند. سدها را می‌توان بر اساس عوامل مختلفی مانند نوع سازه، هدف ساخت، نوع آب، محل ساخت و همچنین، نوع کاربری، تقسیم بندی کرد. وزارت نیروی ایران برای ساماندهي وتوسعه فعالیت هاي جانبي در منابع و تأسیسات آبي آیین نامه ای برای آبزی پروری در سدها با اهداف غیر شرب تدوین و به سازمان حفاظت محیط زیست ایران و سازمان شیلات ایران ابلاغ نمود. آبزی پروری در سدها معمولاً بصورت ذخیره سازی ماهی در مخازن آبی سدها و پرورش ماهی در قفس صورت می گیرد. پرورش ماهی در قفس یکی از روش‌های نوین آبزی‌پروری در دنیا محسوب می شود. انتخاب محل مناسب استقرار قفس در منابع آبی پشت سدها برای پرورش ماهی یکی از عوامل مهمی است که علاوه بر تاثیر در انتخاب نوع سازه مناسب (قفس ثابت ، شناور، نیمه غوطه ور و یا غوطه ور) و بعضاً گونه پرورشی، در میزان بازدهی اقتصادی تولید نیز موثر است. در این بررسی تدوین ضوابط و معیارهای انتخاب مکان اسقرار قفس ها در مخازن آبی سدهایی غیر شرب مد نظر است. ضوابط و معیارهای پرورش ماهی در مخازن آبی غیرشرب پشت سدهای کشور ایران با الگو برداری از کشورهای پیشرو در صنعت پرورش ماهی در قفس و منابع اطلاعاتی داخل کشور با تحلیل کارشناسی تدوین شد. معیارهای مورد استفاده شامل: توپوگرافی (عمق محل، ارتفاع موج، سرعت باد، شرایط بستر)، عوامل فیزیکی (سرعت جریان آب، دمای آب، مواد جامد معلق، کدورت)، عوامل شیمیایی (اکسیژن محلول، شوری، ترکیبات نیتروژنی و فسفری، شاخص یون هیدروژن، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیولوژیکی، فلزات سنگین و برخی از آلاینده‌های دیگر) و عوامل بیولوژیکی (شمارش باکتری ایکولای، چسبنده‌ها یا فولینگ، فیتوپلانکتون‌های سمی) و امکان دسترسی (نزدیک بودن به ساحل، دسترسی به جاده و مراکز تکثیر، آزمایشگاه، فروشگاه خوراک) بود. در نهایت ضوابط و معیارهای مکان‌یابی مناسب برای استقرار قفس برای پرورش ماهی در پشت مخازن آبی غیرشرب ارائه شد.

کلمات کلیدي: ضوابط و معیار، مخازن آبی، سدها، آبزی‌پروری در قفس، استقرار قفس‌ها

۱- مقدمه

هر جا که آب هست زندگی جریان دارد. در واقع آب اصلی‌ترین عامل یکجا نشینی بشر محسوب می‌شود و به این دلیل بیشتر روستاها و شهرها در حاشیه رودخانه‌ها، برکه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها پدید آمده‌اند. تقاضا برای آب در سراسر جهان به طور پیوسته در حال افزایش است. هیچ زندگی روی زمین بدون آب وجود ندارد. در طول سه قرن گذشته میزان برداشت آب از منابع آب شیرین به میزان ۳۵ برابر و جمعیت جهان ۸ برابر افزایش یافته است (Altinbilek and Kacmak, 2001). در دهه های آینده تقاضای جهانی آب با انتظارات از استانداردهای بالاتر زندگی سالانه ۲ تا ۳ درصد افزایش می‌یابد (ICOLD[1], 2023).

منابع آب شیرین جهان محدود و به طور نابرابر در سطح کره زمین توزیع شده است. در کشورهای پیشرفته زیرساخت‌های فنی بسیار توسعه‌یافته با راه‌های متعدد صرفه‌جویی، بازیافت و استفاده مجدد از آب وجود دارد. با این حال، در بسیاری از مناطق دیگر، دسترسی به آب برای هر گونه توسعه بیشتر و حتی برای بقای جوامع موجود یا برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد مستمر ناشی از افزایش سریع جمعیت، حیاتی است. بنابراین در این مناطق نمی‌توان از سهم مخازن آبی سدها در بهره‌برداری از منابع آب چشم پوشی کرد. تغییرات فصلی و بی‌نظمی‌های اقلیمی، مانع استفاده کارآمد از رواناب رودخانه‌ها می‌شود و سیل و خشکسالی مشکلاتی با ابعاد فاجعه‌بار ایجاد می‌کند. تقریباً ۵۰۰۰ سال است که سدها با ذخیره آب در مواقع مازاد و رهاسازی آن در مواقع کمبود، تأمین آب کافی را تضمین می‌کنند و در نتیجه از سیلاب جلوگیری یا کاهش می‌دهند (ICOLD, 2023).

بنابراین برای آنکه آب همیشه در دسترس باشد معماران و مهندسان شروع به سدسازی و ایجاد آب‌بندها کردند. در حقیقت سدها برای این به وجود آمدند که ذخیره انبوه آب باشند و از سوی دیگر با جمع‌آوری و کنترل سیلاب‌ها امکان آبیاری مزارع کشاورزی و تولید انرژی برق را فراهم کنند. بنابراین سد یا «بَند» سازه‌ای است که بر روی یک رودخانه یا بدنه آبی برای نگهداری، منحرف کردن یا کنترل آب ساخته می‌شود. معمولاً به بدنه آب ذخیره شده در پشت سد، مخزن یا دریاچه گفته می‌شود (NID[2], 2023; Brown *et al*., 2023). سد سنگ بنای توسعه و مدیریت توسعه منابع آب حوضه رودخانه است. سد چندمنظوره یک پروژه بسیار مهم برای کشورهای در حال توسعه است، زیرا مردم از یک سرمایه گذاری منافع داخلی و اقتصادی دریافت می کنند. سدها با ظرفیت ذخیره سازی کل فعلی خود در حدود ۶۰۰۰ کیلومتر مکعب، به وضوح سهم قابل توجهی در مدیریت کارآمد منابع محدود آب شیرین دارند که به طور نابرابر توزیع شده و در معرض نوسانات بزرگ فصلی هستند (ICOLD, 2023).

نیاز انسان به سد و پیدایش سدسازی در زمان‌های قدیم را می‌توان در نیاز انسان به آب بیشتر دانست، انسان‌های قدیم تا قبل از یادگیری کشاورزی، از آب فقط برای آشامیدن و بهداشت استفاده می‌کردند. با زیاد شدن جمعیت روی کره زمین

[1] International Commission On Large Dams
[2] National Inventory of Dams

و بعد از این که انسان کشاورزی را یاد گرفت، مجبور شد آب و غذای بیشتری تهیه کند. در ابتدا انسان بیشتر از زمین‌های کنار رودخانه‌ها برای کشاورزی استفاده می‌کرد. با افزایش جمعیت در نقاط مختلف کره زمین و با توجه به نیاز انسان به زمین‌های بیشتر برای کشاورزی، از زمین‌های دورتر از کنار رودخانه‌ها نیز استفاده می‌کرد. اما استفاده از زمین‌های دورتر مشکلات زیادی را برای انسان ایجاد می‌کرد. همچنین بدست آوردن آب بیشتر برای آشامیدن و کشاورزی و داشتن آب در هر زمان که نیاز باشد، باعث شد که مردم آن زمان برای برطرف کردن این مشکلات به فکر چاره‌ای باشند. آن‌ها فهمیدند با ساختن سد می‌توانند آب رودخانه‌ها را کنترل و ذخیره نمایند و سپس با انتقال آب از محل سد به محل‌های دورتری که می‌خواستند آن را مصرف نمایند، خواهند توانست در بیشتر ایام سال از آب بهره ببرند(Altinbilek and Kacmak, 2001).

با نگاهی به مستندات تاریخی در می‌یابیم که سد جاوا اولین سد شناخته شده جهان است که حدود ۳ هزار سال قبل از میلاد مسیح در زمان تمدن بین‌النهرین در جایی که امروز اردن نامیده می‌شود ساخته شد. همچنین رومی‌ها به دلیل پیشرفت علم هیدرولیک در سدسازی نیز به اوج رسیدند. مجموعه سدهای «سوبیاکو» از آن جمله بودند که بر روی رودخانه «آنینه» در سوبیاکو یا ناحیه لاتزیو کنونی ساخته شدند. مشهورترین سد به جا مانده از رومیان «کورنالئو» است که در قرن دوم میلادی ساخته شد و همچنان آب اهالی باداخوس اسپانیا را تامین می‌کند.

طبق طبقه بندی ICOLD[1] (کمسیون بین المللی سد های بزرگ)، سد بزرگ سدی است که با ارتفاع ۱۵ متر یا بیشتر از پی داشته باشد. اگر سدهایی بین ۵ تا ۱۵ متر ارتفاع داشته باشند و حجم مخزن آن‌ها بیش از سه میلیون متر مکعب باشد نیز به عنوان سدهای بزرگ نیز طبقه بندی می شوند. اهداف سدها به دو دسته تک منظوره و چند منظوره دسته بندی می شوند. بیشتر سدها از نوع سدهای تک منظوره هستند، اما در حال حاضر تعداد سدهای چند منظوره در حال افزایش است. طبق مطالعه کمیسیون جهانی سدها (WCD and ICOLD[2]) که برای سراسر جهان انجام شده است، اکثر (حدود ۴۸٪) سدها برای آبیاری کشاورزی هستند و بنابراین سهم زیادی در تولید مواد غذایی دارند. بخش قابل توجهی (۱۷ %) از سدهای تک منظوره برای تأمین آب خانگی و صنعتی استفاده می شود. تعداد بسیار کمتری (۱۳٪) برق تولید می‌کنند. همین مطالعه نشان می دهد که اهداف دیگر به ترتیب کاهش اهمیت، کنترل سیل (۱۰%)، تفریح (۵%)، و کمتر از ۱% برای کشتیرانی داخلی و پرورش ماهی مورد استفاده قرار می گیرد (Altinbilek and Kacmak, 2001; ICOLD, 2023). تخمین زده می شود که ۸۰ درصد از تولید مواد غذایی اضافی تا سال ۲۰۲۵ باید از زمین های آبی حاصل شود. حتی با وجود اقدامات گسترده برای صرفه جویی در آب از طریق بهبود فناوری آبیاری، احداث پروژه های مخازن آبی و سدسازی بیشتری مورد نیاز خواهد بود. از کل بارندگی که روی زمین می‌بارد، بیشتر به دریا می‌رسد و بخش بزرگی از آنچه روی زمین می‌بارد به رواناب ختم می‌شود. تنها ۲ درصد از کل برای پر کردن آب های زیرزمینی نفوذ می‌کند.

[1] International Commission on Large Dams
[2] The World Commission on Dams

سدهایی که به درستی برنامه ریزی، طراحی و ساخته شده و نگهداری می شوند، به طور قابل توجهی در تامین نیازهای تامین آب ما کمک می کنند. برای انطباق با تغییرات در چرخه هیدرولوژیکی، سدها و مخازن برای ذخیره آب و سپس تامین منابع پایدارتر در زمان کمبود مورد نیاز است (ICOLD, 2023). در پاسخ به مخالفت فزاینده با سدهای بزرگ، کمیسیون جهانی سدها (WCD) توسط بانک جهانی و اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت(IUCN[1]) در سال ۱۹۹۸ تأسیس شد. بررسی اثربخشی توسعه سدهای بزرگ و ارزیابی جایگزین برای منابع آب و توسعه انرژی و معیارها، دستورالعمل ها و استانداردهای قابل قبول بین المللی را برای برنامه ریزی، طراحی، ارزیابی، ساخت، بهره برداری، نظارت و برچیدن سدها تدوین کند. WCD دریافت که در حالی که سدها سهم مهم و قابل توجهی در توسعه انسانی داشته‌اند و منافع حاصل از آن‌ها قابل توجه بوده است. اما در بسیاری از موارد بهای غیرقابل قبول و اغلب غیرضروری برای تامین این مزایا پرداخت شده است. گزارشات WCD شواهد زیادی ارائه می‌کند که نشان می‌دهد سدهای بزرگ نتوانسته‌اند به اندازه‌ای که حامیان آن‌ها پیش‌بینی می‌کردند، برق تولید کنند، آب بیشتری تولید کنند یا خسارات ناشی از سیل را کنترل کنند (WCD, 2023).

در ایران نیز سدها نقش مهمی در اقتصاد و جامعه ایفا می کنند. آنها به تأمین آب برای کشاورزی، صنعت و مصارف شهری کمک می کنند. همچنین برای تولید برق آبی و کنترل سیلاب استفاده می شوند. سدهای ایران انواع مختلفی دارند. برخی از مهم ترین انواع سدها عبارتند از:

۱- سدهای خاکی: این سدها از خاک و سنگ ساخته می شوند و معمولاً برای کنترل سیلاب و ذخیره آب برای کشاورزی استفاده می شوند.

۲- سدهای بتنی: این سدها از بتن ساخته می شوند و معمولاً برای تولید برق آبی و ذخیره آب برای مصارف صنعتی و شهری استفاده می شوند.

۳-سدهای سنگی: این سدها از سنگ و سیمان ساخته می شوند و معمولاً برای کنترل سیلاب و ذخیره آب برای کشاورزی استفاده می شوند.

در ایران سد«کِبار» بر روی رودخانه کِبار بنا شده و در ناحیه جنت‌آباد استان قم واقع شده است و با قدمتی بالغ بر ۷۰۰ سال لقب قدیمی‌ترین سد ایران را دارد. سد شاه عباسی متعلق به دوران صفوی با عرض یک متر، نازکترین سد جهان محسوب می گردد که در نزدیکی چشمه مرتضی علی شهرستان طبس واقع است. کاربری این سد علاوه بر شرب برای مهار سیلاب های ۱۰ ساله و حفاظت از شهر طبس بوده است. گلپایگان اولین سد مدرن ایران بود که در دو مرحله در سال های ۱۳۳۶ و ۱۳۵۰ به بهره برداری رسید. این سد برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیلاب به مزارع کشاورزی منطقه احداث شد. سد امیرکبیر اولین سد چند منظوره ایران است که بر روی رودخانه کرج واقع شده و در سال ۱۳۴۲ به

[1] IUCN: International Union for Conservation of Nature

بهره برداری رسید. این سد علاوه بر تامین آب شرب استان تهران، ۹۰ مگاوات نیروی برق آبی تولید می کند. پس از آن دوره سد سازی در ایران به طرز شگفت انگیزی رشد کرد. کارون۳ در سال ۱۳۷۳ با اهداف مهار سیلاب های پرحجم و مخرب رودخانه کارون، تامین آب شرب، کشاورزی و برق مورد نیاز استان های جنوبی کشور بر روی رودخانه کارون و حد فاصل استان خوزستان و چهارمحال بختیاری احداث شد. سد گتوند آخرین سد ساخته شده بر روی رودخانه کارون و پرهزینه‌ترین و جنجالی‌ترین پروژه سدسازی ایران است. این سد در سال ۱۳۷۶ آغاز و پس از دو مرحله در سال ۱۳۹۲ به بهره‌برداری رسید. هدف از ساخت سد گتوند کنترل سیلاب‌های فصلی کارون، تامین آب کشاورزی پایین دست و ایجاد جاذبه گردشگری عنوان شده بود ولی پس از بررسی دقیق کارشناسان مشخص شد اطراف محل آبگیری این سد رگه‌های نمکی فراوانی وجود دارد که در نهایت زیر آب رفته و سبب شوری آب پایین دست می‌شود (نعمتی، ۱۴۰۰).

جدول ۱-۱- وضعیت سد سازی در کشور ایران (نعمتی، ۱٤۰۰)

سدهای قبل از ۱۳۵۸	سدهای بعد از ۱۳۵۸	سدهای در حال مطالعه	سدهای استراتژیک فعال
۱۹	۱۶۵	۲۷۴	۵۵

تا سال ۱۴۰۰، تعداد ۶۳۶ سد در ایران وجود داشت که از این تعداد ۴۲۹ سد در حال بهره برداری و ۲۰۷ سد در دست احداث بود. از نظر نوع کاربری، سدهای ایران به شرح زیر تقسیم می شوند (نعمتی، ۱۴۰۰):

جدول ۱-۲- تعداد و درصد سد های کشور ایران از نظر اهداف احداث و نوع کاربری

اهداف احداث	تعداد سد	درصد	نوع کاربری	تعداد سد	درصد
تأمین آب کشاورزی	۳۷۶	۵۹	آبیاری	۳۷۶	۵۹
تولید برق آبی	۱۲۵	۲۰	تولید برق	۱۲۵	۲۰
تأمین آب شرب و صنعتی	۱۰۹	۱۷	کنترل سیلاب	۱۰۹	۱۷
کنترل سیلاب	۲۶	۴	سایر	۲۶	۴

۱-۱- اهمیت احداث و بهره برداری از سدها

با توجه به منابع فوق الذکر موارد مربوط به اهمیت احداث و بهره‌برداری هوشمندانه از سدها، مطالب بصورت جمع بندی شده در زیر ارائه شد:

- **مدیریت منابع آب:** سدها به عنوان زیرساخت‌های مهمی در مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب‌ها عمل می‌کنند. با تنظیم جریان آب از سدها، می‌توان از غرق شدن مزارع در هنگام باران شدید جلوگیری کرد و آب را به موقع و به مقدار دقیقی به مزارع ارسال کرد.
- **تأمین منابع آب:** بخش کشاورزی به میزان زیادی به آب برای آبیاری محصولات نیاز دارد. ایجاد سدها باعث تجمیع آب جاری و ذخیره آن در مخزن‌های آبی می‌شود که به کشاورزان این امکان را می‌دهد که در فصول خشکی نیز به منابع آبی دسترسی داشته باشند.
- **تأمین آب در دوره‌های کم‌آبی:** در دوره‌های کم‌آبی و فصول خشک، منابع آبی محدود می‌شوند و این می‌تواند باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی شود. وجود سدها به عنوان منابع تأمین آب در این دوره‌ها باعث حفظ تولید کشاورزی و پایداری اقتصاد منطقه می‌شود.
- **توسعه زیرساخت‌های آبیاری:** سدها می‌توانند به عنوان منابع تأمین آبی برای زیرساخت‌های آبیاری ایفای نقش کنند. با استفاده از آب ذخیره شده در سدها، مزارع به طور کامل‌تر و بهره‌ورتر آبیاری می‌شوند که بهبود کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی را در پی دارد.
- **توسعه کشاورزی پایدار:** سدها به عنوان منابع ثابت آبی، امکان کشت و زراعت پایدار را ایجاد می‌کنند. با استفاده مؤثر از آب مخزنی، می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی برای کشت محصولات با توجه به نیاز آبی آنها داشت و از تخریب منابع آبی و خشکسالی‌های ناگهانی جلوگیری کرد.
- **توسعه اقتصادی:** کشاورزی به عنوان یکی از حوزه‌های اقتصادی اصلی در استان‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای است. توسعه کشاورزی با استفاده از منابع آبی مناسب و تأمین آب در فصول مختلف سال، به افزایش تولید، اشتغال‌زایی و توسعه اقتصادی کمک می‌کند.

به طور کلی، سدها به عنوان زیرساخت‌های حیاتی در تأمین منابع آبی، مدیریت منابع آب، و توسعه کشاورزی پایدار و اقتصادی اهمیت فراوانی دارند. استفاده از سدها به منظور ذخیره‌سازی آب و مدیریت منابع آبی بسیار مفید است. سدهای ایران عمدتاً برای تأمین آب کشاورزی ساخته شده اند. هدف از ساخت سایر سدها نیز تأمین آب شرب و صنعتی، تولید برق آبی و کنترل سیلاب است.

۱-۲- چالش های احداث سد

احداث سدها باعث بروز برخی زیان‌ها و مشکلات می شود. کارشناسان به طور معمول بیشترین زیان‌های مرتبط با سدها را موارد زیر عنوان می کنند:

- **تخریب محیط زیست:** احداث سدها ممکن است منجر به تغییرات در محیط زیست منطقه شود. تغییر در جریان آب، غرق شدن زمین‌های پست، تغییر در روند رودخانه‌ها و کاهش آب‌های زیرزمینی می‌توانند مناطق زیستی را تحت تأثیر قرار دهند.
- **تغییر در جریان رودخانه‌ها:** احداث سدها می‌تواند منجر به تغییر در جریان رودخانه‌ها و کاهش جریان آب در آنها شود. این موضوع می‌تواند تأثیراتی بر روی موجودات زنده آبی، زیستگاه‌های آبی و حتی کیفیت آب داشته باشد.
- **تغییرات در تنوع زیستی:** جمع‌آوری آب در سدها می‌تواند باعث تغییرات در زیستگاه‌های طبیعی و تخریب محیط زیستی شود. کاهش جریان آب در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها ممکن است منجر به انتقال موجودات زنده و کاهش تنوع زیستی شود.
- **خطر سیلاب:** در صورت عدم مدیریت صحیح سدها، در صورت وقوع باران‌های شدید و سریع ممکن است آب‌های ذخیره شده در سدها به سرعت تخلیه شده و باعث سیلاب‌ها شوند.
- **تهدید به امنیت سدها:** برخی سدها به علت نقص در طراحی، ساخت یا نگهداری می‌توانند به خطر امنیتی تبدیل شوند. شکست یک سده می‌تواند به ویرانی و خسارت‌های جدی منطقه و اهالی آن منجر شود.
- **تغییر در زندگی محلی:** احداث سدها ممکن است باعث تغییر در سبک زندگی مردم محلی شود. انتقال مردم از مناطق زیر آب یا تغییر در منابع درآمدی می‌تواند تغییرات اجتماعی و اقتصادی را ایجاد کند.
- **تأثیرات اقتصادی:** احداث و نگهداری سدها نیازمند هزینه‌های زیادی است. هزینه‌های ساخت، تعمیر و نگهداری سده‌ها ممکن است برای منابع مالی منطقه یا کشور زیان‌آور باشد.

در نتیجه، مدیریت مناسب سدها با رعایت مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی اهمیت دارد تا مزایای آنها بتواند از زیان‌های محتمل جلوگیری کند. برای کاهش چالش‌ها و مشکلات مرتبط با سدها، می‌توان راهکارهای زیر را در نظر گرفت:

- **برنامه‌ریزی مناسب:** اجرای برنامه‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی جامع برای احداث و نگهداری سدها بسیار حائز اهمیت است. این برنامه‌ها باید به مسائل زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی توجه داشته باشند.
- **تعامل با مردم محلی:** در فرآیند طراحی و اجرای سدها، تعامل با مردم محلی و جامعه محلی بسیار مهم است. نظرات و نیازهای مردم در نظر گرفته شود تا اثرات منفی روی زندگی آنها کمتر شود.
- **ارتقاء آموزش و آگاهی:** افزایش آگاهی مردم درباره مزایا و معایب سدها و تأثیرات آنها بر محیط زیست و زندگی روزمره ضروری است. این کار می‌تواند با ارائه اطلاعات در مدارس، جلسات عمومی و رسانه‌های مختلف انجام شود.

- **مدیریت زیست‌محیطی**: در طراحی و اجرای سدها، توجه به تأثیرات زیست‌محیطی از جمله تغییرات در جریان رودخانه‌ها، تخریب زیستگاه‌ها و تغییرات در تنوع زیستی اهمیت دارد. مدیریت مناسب منابع زیستی در نزدیکی سدها می‌تواند اثرات منفی را کاهش دهد.
- **تحقیقات و پژوهش‌ها**: انجام تحقیقات دقیق در زمینه تأثیرات سدها و نحوه کاهش اثرات منفی آنها می‌تواند به شناخت بهتر و اجرای مؤثرتر برنامه‌های مدیریتی کمک کند.
- **استفاده از تکنولوژی**: به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین در ساخت و نگهداری سدها می‌تواند به کاهش ریسک‌های احتمالی و افزایش کارایی کمک کند.
- **نظارت و اعتبارسنجی**: ایجاد مکانیزم‌های نظارت منظم بر فرآیند اجرای سدها و رعایت استانداردهای ایمنی و محیط‌زیستی ضروری است.
- **توسعه زیرساخت‌های مختلف**: برای مدیریت منابع آبی در استان، توسعه زیرساخت‌های مانند شبکه‌های آبیاری و زهکشی موثر و به‌روز می‌تواند به کاربردهای متنوع آب در کشاورزی کمک کند.
- **مدیریت مستمر و به‌روز**: سدها باید به‌روز نگهداری و بازرسی‌های دوره‌ای داشته باشند تا از وضعیت فنی و ایمنی آن‌ها اطمینان حاصل شود. همچنین، برنامه‌های بهره‌برداری و نگهداری باید به‌طور منظم تنظیم شوند.
- **استفاده چندمنظوره از آب**: علاوه بر تأمین آب شرب و آبیاری، می‌توان از آب سدها برای اهداف مختلفی مانند تولید برق، پرورش ماهی و آبزی‌پروری، کشاورزی دیم و حتی گردشگری استفاده کرد.
- **مدیریت آب و زهکشی**: از طریق مدیریت مناسب آب‌ها و کنترل جریان‌های وارد به سدها، می‌توان از آب منابع آبیاری بهره بیشتری برد و از آب‌رسانی به مناطق خشک‌سالی جلوگیری کرد.
- **توسعه فرهنگ آبیاری مؤثر**: بهره‌برداران می‌توانند با استفاده از روش‌های مدرن و کارآمد در زمینه آبیاری، بهره‌وری آب را افزایش داده و ضایعات را کاهش دهند.
- **انتقال تکنولوژی زراعی**: استفاده از تکنیک‌های کشاورزی پیشرفته می‌تواند به کاهش نیاز به آب و افزایش عملکرد محصولات منجر شود.
- **ترویج کشاورزی آبیاری مکمل**: ترویج کشاورزی آبیاری مکمل، به معنای استفاده از منابع آبی کمتر ارزشمند نظیر آبهای زیرزمینی و آبهای شور در تولید محصولات است و می‌تواند به حفظ منابع آب کمک کند.
- **پشتیبانی از کشاورزی ارگانیک**: ترویج کشاورزی ارگانیک و استفاده از کودها و سموم شیمیایی کمتر می‌تواند تاثیرات منفی سموم بر آب و خاک را کاهش داده و بهره‌برداری بهتری از منابع آبی ممکن سازد.
- **آموزش بهره‌برداران**: ارتقاء دانش و آگاهی بهره‌برداران در زمینه مدیریت منابع آبی و کشاورزی پایدار می‌تواند به تأمین نیازهای آبی کشاورزی در استان کمک کند.

- **توسعه اقتصادی منطقه:** با ترغیب به توسعه اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی در مناطق پیرامون سدها، می‌توان از سدها به‌عنوان محوری برای توسعه اقتصادی مناطق استفاده کرد.
- **ترویج گردشگری پایدار:** ایجاد فضاهای گردشگری در اطراف سدها و ترویج گردشگری پایدار می‌تواند به توسعه اقتصادی و جذب گردشگران در منطقه کمک کند.

با توجه به شرایط منطقه و منابع آبی موجود، بهره‌برداری بهتر از سدها می‌تواند به توسعه پایدار منطقه کمک کرده و نقش مهمی در تأمین منابع آبی و اقتصادی ایفا کند. با در نظر گرفتن پتانسیل‌های منحصر به فرد منطقه و تأثیرات برجسته آب سدها بر محیط زیست و اقتصاد، بهره‌برداری بهینه از این منابع ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۳- اصول مدیریت آب در سدها

مدیریت منابع آب در سدها در سراسر جهان شامل مجموعه ای از اصول و دستورالعمل هایی است که استفاده پایدار از منابع آب، حفاظت از محیط زیست و بهره برداری کارآمد از سدها را تضمین می کند. این اصول بر اساس استانداردهای بین المللی، مقررات محلی و بهترین شیوه ها است. در این بخش، اصول و معیارهای کلیدی مدیریت منابع آب در سدها و همچنین چالش ها و فرصت های مرتبط با اجرای آنها را مورد بحث قرار خواهیم داد(ICOLD, 2023).

۱-۳-۱- اصول مدیریت منابع آب در سدها

- **توسعه پایدار:** هدف اولیه مدیریت منابع آب در سدها تضمین توسعه پایدار منابع آب است .این امر مستلزم ایجاد تعادل بین نیازهای ذینفعان مختلف مانند مصرف کنندگان آب، محیط زیست و اقتصاد است.
- **حفاظت از محیط زیست:** سدها می توانند اثرات قابل توجهی بر محیط زیست داشته باشند، از جمله می توان به تغییر در جریان طبیعی رودخانه ها، از دست دادن زیستگاه و تغییر در کیفیت آب اشاره کرد. بنابراین حفاظت از محیط زیست جزء حیاتی مدیریت منابع آب در سدها می باشد. این شامل اجرای اقدامات کاهش مخاطرات زیست محیطی، مانند تأسیسات گذرگاه ماهی و پروژه های احیای زیستگاه است.
- **بهره برداری کارآمد:** بهره برداری کارآمد از سدها برای به حداکثر رساندن مزایایی که ارائه می کنند و در عین حال به حداقل رساندن اثرات منفی بالقوه آن‌ها بسیار مهم است. این شامل بهینه سازی مدیریت ذخیره سازی، رهاسازی و تخصیص آب برای رفع نیازهای کاربران و اکوسیستم های مختلف است.

- **مشارکت عمومی:** مشارکت ذینفعان برای اطمینان از اینکه مدیریت منابع آب در سدها فراگیر، شفاف و مؤثر است، ضروری است. مشارکت عمومی می تواند اشکال مختلفی داشته باشد، مانند مشاوره عمومی، کارگاه های ذینفعان و نظارت بر جامعه.
- **مدیریت تطبیقی:** با توجه به ماهیت پویای منابع آب و پتانسیل تغییرات غیرمنتظره در عملکرد سد، مدیریت تطبیقی یک اصل مهم در مدیریت منابع آب است. این شامل نظارت مستمر، ارزیابی و تنظیم شیوه های مدیریتی است تا اطمینان حاصل شود که سدها به طور مؤثر و پایدار مدیریت می شوند.

۱-۳-۲- مشکلات و فرصت های مدیریت منابع آب در سدها

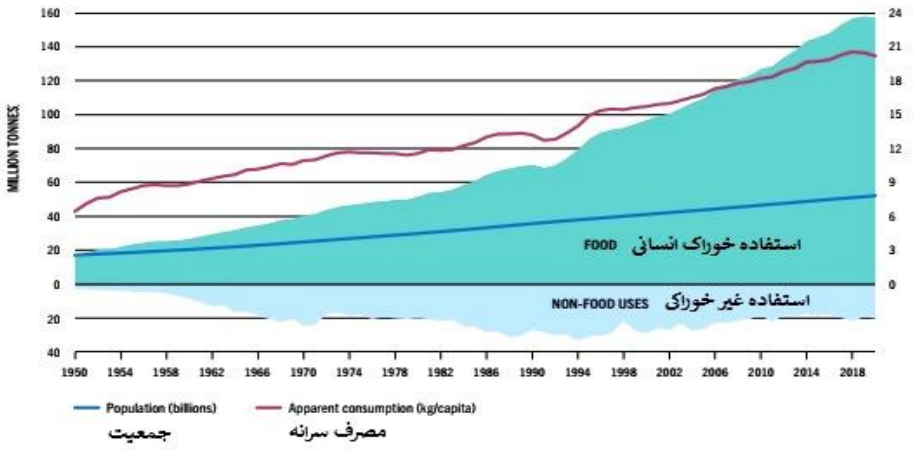
- **تغییر اقلیم:** تغییر اقلیم چالش های مهمی را برای مدیریت منابع آب در سدها ایجاد می کند، زیرا می تواند منجر به تغییر در الگوهای بارش، در دسترس بودن آب و فراوانی و شدت رویدادهای شدید آب و هوایی شود. انطباق با این تغییرات مستلزم توسعه استراتژی ها و فناوری های جدید برای مدیریت موثر منابع آب است. زیرساخت های قدیمی: بسیاری از سدها در سراسر جهان به پایان عمر طراحی شده خود می رسند و نگهداری و بازسازی این سازه ها می تواند پرهزینه باشد. تضمین پایداری بلندمدت سدها مستلزم سرمایه گذاری در بهبود و نوسازی زیرساخت ها است.
- **مدیریت آب فرامرزی:** مدیریت منابع آب در سدها اغلب کشورهای مختلف و ذینفعان را درگیر می کند. این امر چالش های منحصر به فردی را از نظر هماهنگی، تصمیم گیری و حل تعارض ایجاد می کند. توسعه چارچوب های موثر مدیریت آب فرامرزی برای تضمین استفاده پایدار از منابع آب ضروری است.
- **فرصت های نوآوری:** چالش های پیش روی مدیریت منابع آب در سدها نیز فرصت هایی را برای نوآوری و توسعه فناوری ها و رویکردهای جدید ارائه می دهد. به عنوان مثال، استفاده از سنجش از دور و تجزیه و تحلیل داده های بزرگ می تواند به بهبود درک ما از منابع آب کمک کند و از تصمیم گیری موثرتر حمایت کند. در نتیجه، مدیریت منابع آب در سدها در سرتاسر جهان توسط مجموعه‌ای از اصول و معیارهایی هدایت می‌شود که پایداری، حفاظت از محیط زیست و بهره‌برداری کارآمد را ارتقا می‌دهند.

ا این حال، چالش هایی مانند تغییرات آب و هوایی، زیرساخت های پیر و مدیریت آب فرامرزی باید برای اطمینان از پایداری بلندمدت سدها و منابع آبی که به آن ها وابسته هستند، مورد توجه قرار گیرد.

۱-۴- آبزی پروری و امنیت غذایی در جهان

کل تولیدات شیلات و آبزی پروری در سال ۲۰۲۰ به رکورد ۲۱۴ میلیون تن رسید که شامل ۱۷۸ میلیون تن آبزیان و ۳۶ میلیون تن جلبک است که عمدتاً به دلیل رشد آبزی پروری به ویژه در آسیا است. سهم آبزی پروری در سال ۲۰۲۰ برابر

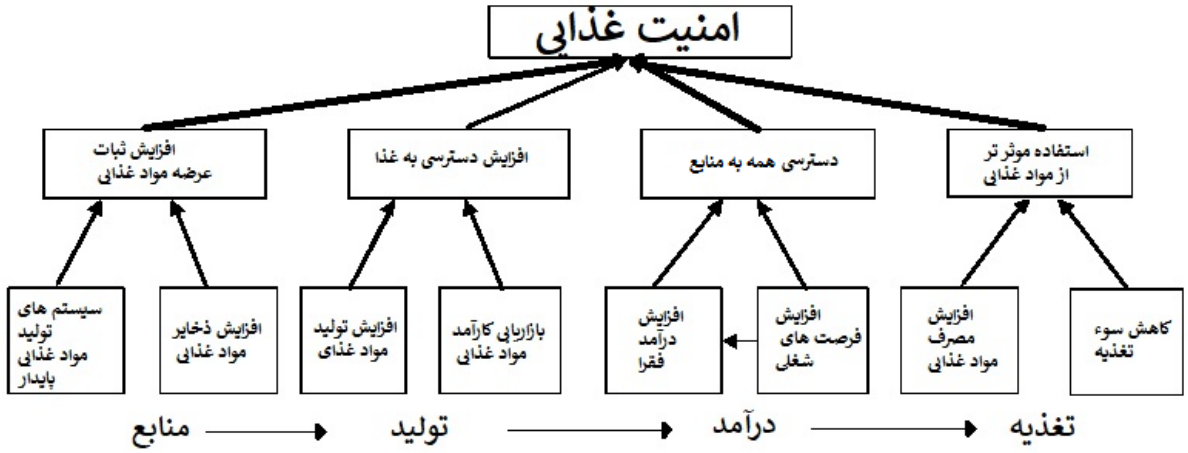
۱۲۲/۶ میلیون تن بوده است که در آن تولید انواع آبزیان ۸۷/۵ میلیون تن و جلبک ها ۳۵/۱ میلیون تن را تشکیل می دهند. مقدار سرانه مصرفی آبزیان توسط انسان (بدون احتساب جلبک) ۲۰/۲ کیلوگرم به ازای هر نفر برآورد شده است که بیش از دو برابر میانگین ۹/۹ کیلوگرم سرانه در دهه ۱۹۶۰ بود. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۳۰ با تغییرات در روند رژیم غذایی انسان بدلیل افزایش درآمد و زندگی شهرنشینی، سبب افزایش ۱۵ درصدی مصرف غذای آبزیان شود و به طور متوسط مصرف سرانه آبزیان به ۲۱/۴ کیلوگرم برسد (FAO, 2022).



شکل ۱-۱- میزان صید و تولیدات آبزی پروری جهان: نوع استفاده و سرانه مصرف انسانی (FAO, 2022)
توجه: به استثنای پستانداران آبزی، تمساح ها، تمساح ها، کایمان ها و جلبک ها. داده ها بر حسب وزن زنده بیان می شوند. منبع ارقام جمعیت۲۰۱۹: سازمان ملل متحده در ۲۲ آوریل ۲۰۲۲[1].

اگرچه امنیت غذایی به طور کلی هدف اصلی تولید آبزی پروری امروزی نیست، اما آبزی پروری با افزایش تولید ماهیان پرورشی به عرضه کلی غذا کمک می کند، بنابراین قیمت غذای حاوی پروتئین حیوانی را کاهش و فرصت های درآمد و دسترسی به غذا را گسترش می دهد (McKinsey, 1998; Sverdrup-Jensen, 1999). بنابراین تصور می‌شود که آبزی پروری مکانیزم مهمی برای امنیت غذایی است و از طریق کاهش آسیب پذیری در برابر مخاطرات محیطی غیرقابل کنترل در تولید آبزیان، بهبود در دسترس بودن و دسترسی به غذا و استفاده موثرتر از غذا کمک می‌کند (شکل ۱-۲). در حال حاضر هیچ روش استانداردی برای اندازه گیری و کمی سازی سهم آبزی پروری در امنیت غذایی وجود ندارد. در عوض، نقش آبزی پروری را می توان با نگاه کردن به تأثیر آن بر انواع جنبه های مختلف امنیت غذایی با استفاده از چندین شاخص اصلی ارزیابی کرد(Saad, 1999; Metz, 2002; Webb *et al*., 2002).

[1] https://population.un.org/wpp



شکل ۱-۲- رابطه متقابل شاخص های عمومی امنیت غذایی (Saad, 1999; Metz, 2002; Webb *et al.*, 2002)

برای امنیت غذایی، باید همیشه یک جمعیت، خانواده یا فرد به غذای کافی دسترسی داشته باشد. بنابراین غذا باید در تمام طول سال بدون توجه به وضعیت سیاسی یا اقتصادی در دسترس باشد. کشاورزی به ویژه در برابر شوک های طبیعی در محیط زیست مانند خشکسالی و سیل، آسیب پذیر است و بنابراین ارزیابی کاهش حساسیت آبزی پروری در مقابل بلایای طبیعی نشان دهنده اهمیت آن در امنیت غذایی است. تولیدات آبزی پروری اغلب یک فرایند قابل پیش بینی تر از منابع موجود تامین غذا در مقابل انواع تولیدات کشاورزی است (ویلیامز، ۱۹۹۹). بنابراین روند عمومی در دسترس بودن محصولات آبزی پروری می تواند نشانه ای از ثبات عرضه غذا باشد(Williams, 1999).

درصد کل درآمد پرورش دهندگان ماهی که از آبزی پروری تامین می شود به عنوان معیار مهمی برای نقش آن در کاهش گرسنگی و فقر عمومی است و به ویژه اینکه مقدار آن در طول سال نسبتاً ثابت باشد. برعکس، اگر ماهی فقط در مواقع نیاز اقتصادی فروخته شود به نظر می رسد که آبزی پروری برای امنیت مالی مهمتر از امنیت غذایی باشد. در امنیت غذایی، معمولا غذاهایی که در مواقع بحران ذخیره می‌شوند یا مصرف می‌شوند، غذاهایی است که برای جامعه کم درآمد یا فقرا بیشترین اهمیت را دارند. اگر این غذاها عمدتاً محصولات آبزی پروری باشد، می توان استنباط کرد که آبزی پروری نه تنها در تهیه غذا در بحرانی ترین دوره ها، بلکه در تهیه غذای ارزان و در دسترس برای کسانی که بیشترین نیاز را دارند، مهم است (Ali and Delisle, 1999; Maxwell *et al.*, 1999). طبق گزارش سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۲۲، حدود ۵۸/۵ میلیون نفر بطور مستقیم و ۶۰۰ میلیون نفر بطور غیر مستقیم شاغل در صنعت آبزی پروری تخمین زده شد. تجارت بین المللی صید و محصولات آبزی پروری در سال ۲۰۲۰ را حدود ۱۵۱ میلیارد دلار برآورد نمود که که از رکورد ۱۶۵ میلیارد دلاری در سال ۲۰۱۸ که عمدتاً به دلیل شیوع کووید-۱۹ بود کاهش یافته است (FAO, 2022).

سهم مستقیم آبزی پروری در امنیت غذایی را می توان با مقایسه مصرف محصولات آبزی پروری با کل مصرف غذا که بر حسب انرژی (کیلو کالری /نفر /سال) یا پروتئین اندازه گیری می شود، اندازه گیری کرد. طبق تحقیقات بعمل آمده در

تولیدات آبزی پروری و مصرف سرانه آبزیان در ۱۶۳ کشور، مشاهده شد که با افزایش ۱% تولیدات آبزی پروری، ۰/۹% مصرف سرانه آبزیان افزایش داشته است. بنابراین یافته‌ها بینش مهمی در مورد نقش آبزی پروری در امنیت غذایی جهانی ارائه می‌دهند و اهمیت پیشرفت توسعه آبزی پروری در مناطقی با نرخ بالای سوء تغذیه و ناامنی غذایی را برجسته می‌کنند (Garlock *et al*., 2022).

آبزی پروری در جهان از سال ۲۰۰۰ میلادی بشدت به منظور تامین غذای بشر مورد توجه قرار گرفت. آبزی پروری به ویژه در آسیا، بیشترین سهم را در حجم تولید جهانی و امنیت غذایی داشته است. دستاوردهای عمده ای نیز در بهره وری خوراک آبزی پروری و تغذیه ماهی در دو دهه اخیر رخ داده است و نرخ افزایش تولید محصول در همه گونه های تغذیه شده افزایش داشته است، اگرچه وابستگی به مواد اولیه دریایی و اتکا به مواد اولیه خشکی برای تولید خوراک آبزیان ادامه دارد. همچنین در بسیاری از موارد، حاکمیت، فناوری، مکان یابی و مدیریت آبزی پروری نیز بهبود قابل ملاحظه ای داشته است (Naylor *et al*., 2021).

طبق گزارش سازمان خوار و بارجهانی،تولید جهانی آبزی پروری در بالاترین حد خود قرار دارد و این بخش نقش مهمی را در تامین غذا و تغذیه در آینده ایفا خواهد کرد. بنابراین، آبزی پروری با رشد سریع در تولید و تحولات عمده در مواد تشکیل دهنده خوراک، فناوری های تولید، مدیریت مزرعه و زنجیره ارزش، با سیستم غذایی جهانی ادغام شده است. از طریق رشد آبزی پروری، مصرف کنندگان از کشورهای کم درآمد تا پردرآمد از در دسترس بودن و دسترسی به غذاهای آبزی در طول سال که سرشار از پروتئین و ریزمغذی ها هستند، بهره مند خواهند شد (Naylor *et al*., 2021).

در سطح جهانی، بخش تولیدات ماهی برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده انسان برای تامین امنیت غذایی بسیار مهم شده است. در سال ۲۰۲۰، ۸۹ درصد از تولید ماهی برای مصرف مستقیم انسان (۱۷ درصد از کل پروتئین مصرفی) استفاده شد. مصرف جهانی ماهی (به استثنای جلبک ها) با نرخ سالانه ۳ درصد از سال ۱۹۶۰ افزایش یافته است. انتظار می رود در سال ۲۰۳۰، کل تولید ماهی به ۲۰۲ میلیون تن و تولید آبزی پروری به ۱۰۶ میلیون تن برسد. سازمان ملل تخمین زده است که از هم اکنون تا سال ۲۰۳۰، تقاضای جهانی برای محصولات ماهی حداقل ۴۰ میلیون تن در سال افزایش خواهد یافت (Agaro *et al*., 2022). افزایش روزافزون جمعیت انساني به همراه نیاز غذايي با توجه به محدوديت آب‌هاي شيرين در جهان سبب شد که توجه بشر براي تامين پروتئين مورد نياز به منابع آبي درياها و اقيانوس‌ها معطوف گردد (Tidwell and Allan, 2001; Pillay and Kutty, 2005).

اما آنچه تاکنون به نوعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است، آبزی پروری در مخازن آبی پشت سدها است که پتانسیل بسیار مناسبی برای توسعه دارد. بطوریکه تا پایان قرن بیستم، ۴۵۰۰۰ سد بزرگ در بیش از ۱۵۰ کشور وجود داشت و ۵۰ درصد سدهای بزرگ در سراسر جهان عمدتاً برای آبیاری ساخته شده اند. تخمین زده می‌شود که سدها ۱۲ تا ۱۶ درصد از تولید غذای جهان را تشکیل می دهند. تقریباً تمام سدهای اصلی برای نیروگاه آبی ساخته شده اند. سدهای برق آبی در حال حاضر ۱۹ درصد از کل برق جهان را تامین می کند و در بیش از ۱۵۰ کشور استفاده می شود. تقریباً بیش از % ۱۲

سدهای بزرگ به‌عنوان سدهای تامین آب خانگی تعیین می شوند (Altinbilek and Kacmak, 2001). لذا این پتانسیل برای توسعه آبزی پروری در مخازن آبی پشت سدهای جهان وجود دارد.

۱-۵- آبزی پروری در قفس

بنابراين پرورش ماهي در قفس در جهان به‌عنوان يك روش جديد آبزي‌پروري است كه در نيم قرن اخير توسعه يافته‌است (Pillay and Kutty, 2005). پرورش ماهي در قفس از روش‌های جدید آبزی‌پروری در محيط محصور است كه به‌دليل تقاضاي جهاني به توليدات آبزي و محدوديت آب‌هاي شيرين در سه دهه اخير رشد فزاينده‌اي داشته‌است و در حال حاضر به‌عنوان سريع‌ترين مسير در پاسخ به امنيت غذايي جهاني، بخصوص در كشورهاي در حال توسعه محسوب مي‌گردد (Tacon and Halwart, 2007).

خاستگاه پرورش ماهی در قفس در سرتاسر جهان را باید بخش میانی رودخانه یانگ تسه در چین، در سونگ دیناستی[1] دانست. پرورش ماهی در قفس روشی برای توسعه مدرن آبزی پروری است که ساختارهای پرورش ماهی قدیمی را تغییر داده و تا حد زیادی توسعه شیلات را به جلو سوق داده است. این روش معمولاً با خصوصیاتی از قبیل آبزی پروری متراکم، آبزی پروری در منابع آبی مختلف، عملکرد تولید بالا و راندمان بالا مشخص می شود. به طور کلی پرورش ماهی در قفس به طور فعال نقش مهمی را در آبزی پروری بین المللی ایفا می کند (Bao-Tong, 1994).

پرورش ماهی در قفس هم اکنون به عنوان یک تکنیک رایج برای تولید ماهی های آب شیرین و آب های شور دریایی است. در این روش، ماهی ها در قفس هایی محبوس می شوند. قفس ها از شبکه های الیافی یا سیمی معلق تشکیل شده اند که یک قاب شناور یا غوطه ور آن را احاطه کرده است. اندازه قفس ها از ۱ تا ۲۰۰۰ متر مکعب و یا بیشتر متغیر است. قفس ها توسط لنگرها در نهرها، دریاچه ها و مخازن آبی در داخل آب نگهداری و محافظت می‌شوند. مکان های ایده آل برای قفس‌های توری جایی است که در برابر امواج سنگین محافظت شوند، اما لازم است که حرکت یا جریان آبی خوبی در منطقه استقرار قفس وجود داشته باشد. حرکت آب زباله ها (مواد دفعی و پسماند) را از محدوده استقرار قفس ها خارج می کند و اکسیژن محلول را به طور مداوم در محیط پرورش برای ماهی تامین می کند (Boyd, 2013).

۱-۶- آبزی پروری در قفس و در مخازن آبی پشت سدها

آبزی پروری در مخازن آبی سدها به عنوان یکی از نقاط عطف در استفاده بهینه از منابع آبی در دسترس است. از مخازن آبی پشت سدها، معمولاً برای سیستم پرورش آبزیان به صورت استخرهای پرورشی، ماهی‌دارنمودن مخازن آبی و یا آبزی پروری در محیط های محصور (پن و قفس های توری) استفاده می‌شود. استخرهای پرورشی عمدتاً در نزدیکی سدها

[1] The Yangtze River, China, in the Sung Dynasty

به‌منظور بهره‌برداری از آب سد استفاده می‌شوند و استفاده از این روش آبزی پروری در انواع سدها با اهداف مختلف حتی مخازن آبی شرب در صورت امکان تامین آب در طول سال فراهم است. در این سیستم، آب ازمخازن سد به استخرها هدایت می‌شود. ماهی‌دارنمودن مخازن آبی سدها ممکن است با اهداف متفاوتی از جمله حفظ گونه‌های بومی آبزیان منطقه و یا اهداف اقتصادی انجام شود. در این روش بسته به توان اکولوژیک منطقه و ظرفیت برد اکولوژیک نسبت به ماهی‌دار نمودن مخازن آبی اقدام می‌شود و ممکن است حتی در مخازن آب شرب نیز برای تعادل اکولوژیک بصورت طبیعی موجود باشد. اما در مورد قفس‌های شناور، قفس‌ها در مخازن آبی سد نصب شده و آبزیان در آن‌ها پرورش می‌یابند. این سیستم برای حفظ محیط زیست و کنترل بهره‌برداری از آب مناسب است. از آنجا که آبزی‌پروری سبب افزایش مواد مغذی آب بخصوص ترکیبات نیتروژن و فسفر می‌گردد، لذا در سدهایی که با اهداف شرب انسانی ساخته شود، مجاز نمی‌باشد (شیری و همکاران، ۱۴۰۱؛ WHO[1], 2017؛ USEPA[2], 2016).

آبزی پروری برای ماهیان با ارزش اقتصادی بالا در قفس در نیم قرن اخیر(بخصوص کشور نروژ در دهه ۱۹۷۰ میلادی) آغاز شد و به یک صنعت با فناوری پیشرفته در بسیاری از کشورها در سراسر جهان تبدیل شد. در سطح جهانی پرورش ماهی در قفس در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های ساحلی و سواحل لب شور و دریایی صورت می‌گیرد. این تکنیک را می‌توان در هر حجم آبی مناسب، از جمله دریاچه‌ها، برکه‌ها، نهرها یا رودخانه‌ها و مخازن آبی در صورت دارا بودن کیفیت آبی مناسب برای ماهیان پرورشی و قابلیت دسترسی آسان با مجوزهای قانونی استفاده کرد (Shoji, 2020). در زیر به برخی از موضوعات مرتبط با مزایا و معایب آبزی پروری در قفس در مخازن آبی پشت سدها اشاره می‌شود.

۱-۶-۱- مزایای آبزی‌پروری در قفس و در مخازن آبی پشت سدها

- افزایش تولید ماهی: با تأمین منابع آبی پایدار مخازن سدها، می‌توان به طور مداوم ماهیان را پرورش داد و تولید ماهی را افزایش داد.
- اشتغالزایی: آبزی‌پروری در مخازن آبی پشت سدها می‌تواند اشتغال زیادی ایجاد کند، به ویژه در مناطق روستایی که به منابع آبی و منابع دریایی نزدیک هستند.
- حفظ منابع آبی: با استفاده از آب مخازن سدها برای آبزی‌پروری، از منابع آبی صرفه‌جویی می‌شود و از تخریب منابع طبیعی جلوگیری می‌شود.

[1] World Health Organization
[2] United States Environmental Protection Agency

۱-۶-۲- معایب آبزی‌پروری در قفس در مخازن آبی پشت سدها

- تأثیر بر روی محیط زیست: ممکن است آبزی‌پروری در مخازن آبی تأثیرات منفی بر روی محیط زیست و زیستگاه ماهیان و سایر موجودات داشته باشد.
- بروز بحران‌های طبیعی: در صورت وقوع حوادث ناگوار مانند سیلاب یا خشکسالی، آبزی‌پروری در مخازن آبی ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد و خسارات جدی به سازه و ماهیان وارد شود.
- نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه: برای راه‌اندازی و توسعه آبزی‌پروری در مخازن آبی پشت سدها، نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی است که ممکن است برای برخی افراد به سختی قابلیت دسترسی دارد.
- آبزی پروری در مخازن آبی سدهایی با اهداف شرب توصیه نمی‌شود(وزارت نیرو، ۱۳۹۱)، زیرا پسماندهای غذایی و فضولات ایجاد شده توسط ماهی‌ها می‌تواند منجر به افزایش توده‌های جلبکی، کاهش اکسیژن آب و ایجاد شرایط بی‌هوازی در مخزن و در نتیجه افت کیفیت آب و ایجاد بو و طعم در آن شود که مستلزم هزینه‌های چند برابری جهت بهبود کیفیت به‌ویژه برای مصارف شرب است[1].

۱-۷- سوابق پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها

پرورش ماهی در قفس به عنوان یکی از سریع ترین مسیرها در پاسخ به نیاز پروتئین جهاني، بخصوص درکشورهاي در حال توسعه است (Halwart *et al*., 2007). با اینکه تاریخچه استفاده از این فناوری به حدود دو قرن در منطقه جنوب شرقی آسیا می‌رسد اما معرفی تجاری این صنعت توسط محققین و پرورش دهندگان نروژی و در دهه هفتاد میلادی صورت گرفته‌است) (Pillay and Kutty, 2005). لذا اطلاعات متنوعی از این سیستم در داخل و خارج از کشور وجود دارد که به شرح زیر آمده است.

۱-۷-۱- سوابق پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها ی جهان

اولین تجربه‌های پرورش ماهی در قفس‌ها در مخازن آبی پشت سدها، در دهه ۱۹۶۰ در ایالات متحده آمریکا انجام شد. در آن زمان، قفس‌های پرورش ماهی، معمولاً از چوب ساخته می‌شدند. در دهه ۱۹۷۰، استفاده از قفس‌های فلزی رواج یافت. در دهه ۱۹۸۰، با پیشرفت فناوری، قفس‌های پرورش ماهی مدرن ساخته شدند که از موادی مانند فایبرگلاس و پلی اتیلن ساخته می‌شوند.

در حال حاضر، پرورش ماهی در قفس‌ها در مخازن آبی پشت سدها، در بسیاری از کشورهای جهان انجام می‌شود. طبق گزارشات سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2024) برخی از کشورهای پیشرو در این زمینه عبارتند از:

[1] https://www.mizanonline.ir/fa/news

چین: چین، بزرگترین تولید کننده ماهی در جهان است. در چین، پرورش ماهی در قفس ها در مخازن آبی پشت سدها، به طور گسترده ای انجام می شود.

ژاپن: ژاپن، یکی از کشورهای پیشرو در زمینه پرورش ماهی است. در ژاپن، پرورش ماهی در قفس ها در مخازن آبی پشت سدها، به ویژه برای پرورش ماهی قزل آلا، رواج دارد.

استرالیا: استرالیا، یکی از کشورهای پیشرو در زمینه پرورش ماهی در قفس‌ها در مخازن آبی پشت سدها است. در استرالیا، پرورش ماهی در قفس‌ها در مخازن آبی پشت سدها، به ویژه برای پرورش ماهی سالمون، رواج دارد.

آرژانتین: آرژانتین، یکی از کشورهای پیشرو در زمینه پرورش ماهی در قفس ها در مخازن آبی پشت سدها است. در آرژانتین، پرورش ماهی در قفس ها در مخازن آبی پشت سدها، به ویژه برای پرورش ماهی قزل آلا، رواج دارد.

ایالات متحده آمریکا: ایالات متحده آمریکا، یکی از کشورهای پیشرو در زمینه پرورش ماهی در قفس ها در مخازن آبی پشت سدها است. در ایالات متحده آمریکا، پرورش ماهی در قفس ها در مخازن آبی پشت سدها، به ویژه برای پرورش ماهی کپور، رواج دارد.

اولین تلاش ها برای تعیین ضوابط و معیار های محل استقرار قفس در مخازن آبی پشت سدها، در دهه ۱۹۷۰ انجام شد. در آن زمان، سازمان های بین المللی مانند سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) و سازمان جهانی بهداشت (WHO) شروع به تدوین این ضوابط و معیار ها کردند. در دهه ۱۹۸۰، با پیشرفت فناوری و همچنین، افزایش نگرانی ها در مورد تأثیرات زیست محیطی پرورش ماهی در قفس ها، تلاش ها برای تعیین ضوابط و معیار های محل استقرار قفس در مخازن آبی پشت سدها، افزایش یافت. در دهه ۱۹۹۰، سازمان های بین المللی مانند FAO و WHO، ضوابط و معیار های محل استقرار قفس در مخازن آبی پشت سدها را به طور کامل تدوین کردند (FAO, 2020; WHO, 2010).

راهنمای توسعه پایدار آبزی پروری در مخازن آبی سدها به منظور ارائه توصیه هایی برای توسعه پایدار آبزی پروری در مخازن، توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) و مرکز آبزی پروری آسیا و اقیانوسیه (NACA[1]) تهیه شده است. این راهنما، شامل مباحثی مانند انتخاب مکان مناسب برای استقرار قفس ها، طراحی و ساخت قفس ها، مدیریت پرورش ماهی و همچنین، ملاحظات زیست محیطی است. این راهنما، برای سیاستگذاران، برنامه ریزان، و همچنین، پرورش دهندگان ماهی، مفید است (FAO,2020).

ضوابط و معیار های محل استقرار قفس در مخازن آبی پشت سدها، در بسیاری از کشورها به قانون تبدیل شده است. این ضوابط و معیار ها، به حفظ محیط زیست و همچنین، افزایش بهره وری پرورش ماهی کمک می کند.

[1] Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific

۱-۷-۲- سوابق پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها ی ایران

ایران دارای بیش از ۵۱۴۰۰۰ هکتار دریاچه طبیعی و نیمه طبیعی، مخازن و سدهایی است که برای تولید ماهی در نظر گرفته شده است که در سال۲۰۱۴ بالغ بر ۵۲۰۰۰ تن محصول تولید کرده است. دریاچه‌ها، مخازن و سدها با مساحت کل آب ۱/۵ میلیون هکتار منبع قابل توجهی برای تولید ماهیان آب شیرین در ایران هستند. در این میان، حدود ۴۸۹ توده آبی با مساحت ۰/۵۱ میلیون هکتار از آب‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی برای تولید ماهی استفاده می شود. سازمان شیلات ایران مسئول منابع خوراک اقتصادی آبزیان است و این سازمان برنامه‌ای برای تجدید ذخایر آب در بدنه‌های آبی دارد. در سال ۲۰۱۴، حدود ۱۴ درصد از کل تولید گونه‌های ماهی از مخازن و آب‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی تولید شده است. بیشتر مخازن با ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی کپور چینی (کپور معمولی، کپور نقره ای، کپور سرگنده و کپور علفخوار) ذخیره شده است (FAO, 2024).

اگرچه اولین فعالیت پرورش ماهی در قفس با گونه قزل آلای رنگین کمان در کشور ایران در سال ۱۳۴۹ در خلیج گرگان و همچنین در ابتدای دهه ۵۰ شمسی در سد کارون بر روی رودخانه کارون و سد دز بر روی رودخانه دز در استان خوزستان صورت گرفته است (آذري، ۱۳۷۴؛ Abdolhay *et al*., 2016)، اما رونق پرورش ماهی در قفس در کشور ایران دارای سابقه ی کوتاهی است.

پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها در ایران،در اواخر دهه ۱۳۷۰ در سد شهید عباسپور انجام شد. در این تجربه، پرورش ماهی کپور در قفس های ثابت انجام شد. در دهه ۱۳۸۰، پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها در ایران، توسعه یافت. در این دهه، پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدهای متعددی مانند سد شهید رجایی، سد کارون ۳، سد زاینده رود و سد دز انجام شد. در دهه ۱۳۹۰، پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدها در ایران، به عنوان یک صنعت مهم در زمینه آبزی پروری ایران مطرح شد. در این دهه، پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی پشت سدهای متعددی مانند سد کرخه، سد سلمان فارسی، سد خلیج فارس و سد گتوند انجام شد[1]. در بخش آبزی پروری تولید آبزیان در ۵ سال اخیر بیش از ۲۳ درصد رشد داشته و همچنان یکی از صنایع در حال توسعه در کشور به شمار می رود (سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۲).

۱-۸- مسئله اساسي، اهميت و ضرورت تحقيق

کشور ایران در مقایسه با متوسط بارندگی جهاني به کمتر از یک سوم و با پتانسیل تبخیری بیش از آن، به عنوان یکی از کشورهای منطقه خشک خاورمیانه است. این امر سبب محدودیت آب قابل دسترس در کشور شده است. علاوه بر این توزیع غیریکنواخت آب در سطح کشور، الگوی نامناسب شهرنشیني، نوع و شیوه تولید محصولات زراعي از منظر

[1] منابع خبری سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۲

سازگاری با اقلیم و عوامل دیگری با مشکل تامین آب در بسیاری از مناطق مواجه شده و به تدریج بر ابعاد این مشکل افزوده مي شود، به نحوی که طبق پیش بيني هاي بعمل آمده، کشور با بحران آب مواجه خواهد شد (صادقی و آسایش، ۱۳۹۵). لذا بناچار پدیده سدسازی در کشور ایران برای تامین آب شیرین و توزیع یکنواخت آب در طول سال، اجتناب ناپذیر است.

هرچند سدها علاوه بر مزایای زیاد که برای توسعه انسانی دارند، از طرفی دارای اثرات نامطلوب بر محیط زیست نیز می باشند. با توجه به موارد فوق الذکر در می‌یابیم که سدسازی برای مناطق کم آب و خشک اجتناب ناپذیر بوده و توسعه سدسازی در این مناطق ادامه دار خواهد بود. امروزه سدهای چند منظوره در اولویت ساخت و بهره‌برداری قرار دارند. در اهداف برشمرده در احداث سدهای چند منظوره، نقش آبزی پروری به عنوان اهداف مهم آن نبوده است، اما با توجه به وجود سدهای متعدد در جهان و از طرفی افزایش جمعیت و نیاز به پروتئین سالم، به عنوان منابع آبی مهمی در تولید آبزیان به منظور برقراری امنیت غذایی در کشورهای مختلف و به عنوان یک فعالیت اقتصادی و موثر بر محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین امروزه آبزی پروری با استفاده از مخازن آبی پشت سدها به عنوان یک فعالیت متداول در سطح جهانی شناخته شده است. آبزی پروری در آب‌های مصنوعی پشت سدها به توسعه و پرورش ماهیان و سایر موجودات آبزی کمک می نماید. از مزایای آبزی پروری در پشت سدها می‌توان به افزایش تولید ماهیان، کاهش فشارصید در مناطق طبیعی، حفظ تنوع زیستی و ایجاد فرصت‌های شغلی محلی اشاره کرد. هرچند که این فعالیت نیازمند مطالعات جامع در زمینه شرایط زیستی، تغذیه و بهداشت ماهیان است.

سرعت رشد آبزي پروري در دنيا در سي سال اخير مديون پرورش ماهي در قفس بوده است. پرورش ماهي در قفس از سيستم هاي جديد پرورش آبزيان در محيط محصور است که بدليل تقاضاي جهاني به توليدات آبزي در نيم قرن اخير رشد فزاينده اي داشته است و در حال حاضر به عنوان سريع ترين مسير در پاسخ به نياز جهاني، بخصوص در کشور هاي در حال توسعه محسوب مي گردد (Halwart *et al*., 2007). پرورش ماهی در قفس یکی از مهمترین راه حل های توسعه پرورش آبزیان در آب شیرین در کشور ایران محسوب می گردد. کاهش آب شیرین (سطحی و زیر زمینی) و میزان صید آبزیان (کاهش ذخایر آبزیان در دریا و منابع آبی) و افزایش تقاضای بشر به پروتئین سالم سبب شد که این هدف در برنامه دولت ایران به عنوان طرح های محوری مطرح شود. ضوابط و معیارهای پرورش ماهی در دریا یا آبزی پروری دریایی از طرف موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور با حمایت مالی سازمان برنامه و بودجه کشور تدوین و ارائه شده است (شریفیان، ۱۳۹۹). اما تاکنون برای مخازن آبی پشت سدهای کشور، ضوابط و معیارهای لازم برای توسعه آبزی پروری تهیه نشده است. در فعالیت آبزی پروری در قفس باید مکان انجام فعالیت، طراحی شده و کارآمد باشد تا کیفیت مطلوب آب را برای آبزیان فراهم کند و از شرایطی که سبب ایجاد استرس، کاهش رشد یا ایجاد بیماری برای آبزیان می شود، جلوگیری شود. این روش پرورش ماهی، به دلیل افزایش جمعیت و توجه بیشتر به بهره وری در مصرف آب، به سمت توسعه و استفاده از سیستم‌های قفسی در آبزی‌پروری می‌رود. در ایران نیز پرورش ماهی در قفس در پشت سدها انجام

می‌شود و در سال‌های آینده تولید ماهی در قفس در این کشور افزایش خواهد یافت. عوامل متعددی از جمله کاربری و اهداف احداث سد، شرایط منطقه و محیط زیست، نوع قفس و گونه پرورشی، دسترسی به امکانات و اقتصاد منطقه و همچنین محل استقرار قفس ها در توسعه آبزی پروری در قفس در مخازن آبی پشت سدها مطرح می باشد.لذا نیازمند ضوابط و معیارهای خاصی است که در این گزارش بصورت مبسوط در خصوص محل استقرار قفس ها در مخازن آبی پشت سدهای کشور اشاره خواهد شد.

۱-۹- فرضیات و اهداف پروژه

۱-۹-۱- فرضیات

پرورش ماهی در قفس یکی از مهمترین راه حل های توسعه پرورش آبزیان در کشور ایران محسوب می گردد. کاهش آب شیرین (سطحی و زیر زمینی) و میزان صید آبزیان (کاهش ذخایر آبزیان در دریا و منابع آبی) و افزایش تقاضای بشر به پروتئین سالم سبب شد که این هدف در برنامه دولت ایران به عنوان طرح های محوری مطرح شود. ضوابط و معیارهای پرورش ماهی در دریا از طرف موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور با حمایت مالی سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان تهران تدوین و ارائه شده است. اما تاکنون برای مخازن آبی پشت سدهای کشور، ضوابط و معیار های لازم برای توسعه آبزی پروری در کشور تهیه نشده است. در فعالیت آبزی پروری در قفس باید مکان انجام فعالیت، طراحی شده و کارآمد باشد تا کیفیت مطلوب آب را برای آبزیان فراهم کند و از شرایطی که سبب ایجاد استرس، کاهش رشد یا ایجاد بیماری برای آبزیان می‌شود، جلوگیری شود. این مکان باید از عمق مناسب برخوردار باشد، همچنین دارای جریان آبی خوب با کیفیت آبی مناسب باشد و در برابر باد و موج شدید در امان باشد، لذا نیازمند ضوابط و معیارهای خاصی است. بررسی‌های اولیه از سازمان آب منطقه ای کشور نشان داد که تنها امکان آبزی پروری در سدهایی با اهداف غیرشرب وجود دارد. بنابراین برای این نوع مخازن آبی پشت سد های کشور فرضیات متصور از تحقیق به شرح ذیل آمده است:

۱- شرایط لازم برای استقرار قفس جهت پرورش آبزیان در منابع آبی پشت سدهای کشور ایران وجود دارد.

۲. ضوابط و معیارهای انتخاب مکان مناسب برای استقرار قفس های پرورش ماهی در منابع آبی پشت سدهای کشور با کاربری های مختلف یکسان است.

۱-۹-۲- اهداف

این تحقیق به عنوان یکی از پروژه های طرح" مدیریت ساماندهی ، تدوین ضوابط ومعیارهای زیستی پرورش ماهی درقفس دریاچه های غیر قابل شرب پشت سدهای کشور" به اجرا در آمده است.

۱-۹-۲-۱- اهدف طرح

۱- شناسایی و معرفی مکانی مخازن آبی (غیر شرب) سدهای کشور به منظور آبزی پروری در قفس

۲- معرفی محل استقرار قفس پرورش ماهی در سدهای مخزنی غیر شرب کشور بر اساس پارامترهای موثر در آبزی پروری تحت استانداردهای بین المللی (مانند: وسعت، حجم آبی، تراز سالانه آب سد، ارتفاع آب، فاصله از ساحل، جهت و شدت باد و برخی از عوامل فیزیکی وشیمیایی آب)

۳- تدوین ضوابط ومعیارهای استقرار قفس های پرورش ماهی در دریاچه پشت سدهای کشور

٤- توجه به رویکردهای دستور العملی وخروجی مطالعات جهت استقرار قفس های پرورش ماهی در دریاچه پشت سدهای کشور، نظر خواهی از ذی نفعان واعمال آن‌ها در ضوابط اجرایی

۱-۹-۲-۲-اهداف پروژه

۱- شناسایی و معرفی مکانی مخازن آبی (غیر شرب) سدهای کشور به منظور آبزی پروری در قفس

۲- معرفی محل استقرار قفس پرورش ماهی در سدهای مخزنی غیر شرب کشور بر اساس پارامترهای موثر در آبزی پروری تحت استانداردهای بین المللی (مانند :توپوگرافی، عوامل فیزیکی، عوامل شیمیایی، عوامل بیولوژیکی، آلاینده های زیست محیطی و امکان دسترسی به امکانات آبزی پروری)

۲- مواد و روش‌ها

طرح " مدیریت ساماندهی ، تدوین ضوابط ومعیارهای زیستی پرورش ماهی درقفس دریاچه پشت سدهای کشور" که شامل شش زیر پروژه بشرح ذیل می باشد:

۱- تدوین معیارها وضوابط مدیریت پرورش در قفس دریاچه پشت سدهای کشور

۲- تدوین معیارها وضوابط تعیین گونه های مناسب پرورش ماهیان در قفس دریاچه پشت سدهای کشور

۳- تدوین معیارها وضوابط محل استقرار قفس های پرورش دریاچه پشت سدهای کشور

۴- تدوین معیارها وضوابط شاخص های زیست محیطی پرورش ماهی در قفس دریاچه پشت سدهای کشور

۵- مدیریت و ساماندهی مزارع پرورش ماهی در قفس‌های دریاچه پشت سدهای کشور

۶- تعیین ضوابط ومعیارهای بهداشتی پرورش ماهی درقفس دریاچه پشت سدهای کشور

هدف کلی طرح شامل:

- انتقال دانش فنی وبومی سازی فن آوری پرورش ماهی قفس دریاچه های پشت سد در راستای تحقق برنامه تحولی افزایش تولید ات آبزی پروری در سند چشم انداز ۱۴۰۴ وزارت جهاد کشاورزی
- بررسی و ساماندهی فعالیت پرورش ماهی قفس‌های دریاچه پشت سدهای کشور
- توسعه وترویج ضابطه مند آبزی پروری در قفس ،در سطوح بهره برداران به منظور کاهش فشار صید بر منابع آبی کشور وحفظ ذخایر گونه های ماهیان اقتصادی

در این گزارش بند ۳ شامل موارد مرتبط با ضوابط و معیارهای مربوط به محل استقرار قفس های پرورش ماهیان در مخازن آبی پشت سدها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در ابتدا برای دستیابی به اهداف این تحقیق ضروری است که از تعاریف، اصطلاحات و همچنین کاربری های مختلف مخازن آبی پشت سدها آگاهی حاصل شد. به همین منظور در فصل اول مقدمه‌ای از کلیات بهره‌وری از آب و اهمیت و کاربری احداث سدها ارائه شد و سپس به آبزی پروری و امنیت غذایی و استفاده از مخازن آبی پشت سدها به منظور توسعه پرورش ماهی در قفس اشاره گردید.

عدم استفاده ازمخازن آبی سدهای شرب برای آبزی پروری در قسمت نتایج با ذکر دلایل علمی تشریح شد و سپس معیارها و ضوابط استقرار قفس های پرورش ماهی در دریاچه های غیر شرب پشت سدهای ایران با ذکر دلایل ارائه شد.

اطلاعات مکتسبه بر اساس منابع علمی داخل کشور شامل: منابع اطلاعاتی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان شیلات ایران، سازمان حفاظت و محیط زیست ایران، سازمان دامپزشکی کشور، سازمان برنامه و بودجه کشور، وزارت

نیرو و معاونت های امور آب و آبفا، معاونت برنامه‌ریزي و امور اقتصادي، دفتر نظام‌هاي بهره‌برداري و حفاظت آب و آبفا، دفتر فناوري اطلاعات و دفتر توسعه مدیریت و تحول اداري بود. همچنین از منابع علمی سایت ها ومجلات علمی داخلی معتبر، پایان نامه های دانشجویی دانشگاه ها نیز استفاده شد.

سازمان شیلات ایران در سال ۱۳۹۵، شیوه نامه صدور مجوز پرورش ماهی در قفس در آب‌های دریایی و داخلی (دریاچه پشت سدها) منتشر نمود. در این شیوه نامه شرایط اراضی مورد نیاز، مراجع استعلام به همراه برخی ضوابط در قالب فرم‌های مربوطه ارائه شده است (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۵). همچنین وزارت نیرو با همکاری سازمان شیلات ایران و سازمان حفاظت و محیط زیست ایران، آیین نامه آبزی پروری در سدها و شبکه های آبیاری و زهکشی با اهداف غیر شرب را در سال ۱۳۹۱ منتشر نمود (وزارت نیرو، ۱۳۹۱). در همین راستا از راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ استفاده شد که توسط دفتر نظام فني اجرايي معاونت برنامه‌ريزي و نظارت راهبردي رييس‌جمهور با همکاری موسسه آب دانشگاه تهران و افراد متخصص از سازمان ها و نهاد های مختلف در سال ۱۳۹۰ تدوین و منتشر نمود (معاونت برنامه‌ريزي و نظارت راهبردي رئيس‌جمهور، ۱۳۹۰). همچنین از ضوابط پرورش ماهی در قفس که توسط سازمان برنامه و بودجه کشور با همکاری موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور منتشر شد، استفاده گردید (سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۹). معاونت بهداشتی و پیشگیری سازمان دامپزشکی کشور در خصوص امنیت زیستی پرورش ماهی در قفس، راهنمای عملی منتشر نمود که در ارتباط با فعالیت های پشگیرانه از بروز بیماری در سیستم پرورش ماهی در محل استقرار قفس ها از این راهنمای عملی استفاده شد (شهبازیان، ۱۳۹۷).

اطلاعات استفاده شده از منابع علمی خارج از کشور شامل: سازمان خواروبار جهانی(FAO)، سازمان بهداشت جهانی (WHO)، آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA)، کمسیون بین المللی سدهای بزرگ (ICOLD)، فهرست ملی سدها (NID)، کمسیون جهانی سدها (WCD)، شبکه مراکز آبزی پروری در آسیا و اقیانوسیه (NACA)، شورای مهارت کشاورزی (ASCI[1]) و کمیته ملی تدوین دستورالعمل‌هایی برای پرورش ماهی در قفس در آب‌های داخلی (NCGCC[2]) هند و همچنین از مقالات علمی و سایت های معتبر استفاده شد.

بسیاری از مخازن آبی پشت سدهای مختلف ممکن است با پرورش ماهی در قفس سازگار باشند. اما همانطور که پیش تر اشاره شد، هر سد با اهداف خاصی احداث شده است و هر منطقه قوانین خاصی در مورد استفاده از "آب های عمومی" دارا است. این قوانین ممکن است افراد خصوصی را از اشتغال به پرورش ماهی در آب های عمومی محدود کند یا ممکن است برای استفاده از آب های عمومی نیاز به مجوز داشته باشد. قبل از استفاده از آب های عمومی برای پرورش ماهی در قفس، نیاز است که از مراکز مربوطه در خصوص مدیریت منابع آب ایران استعلام ها و مجوز های مربوطه کسب گردد.

[1] Agriculture Skill Council of India
[2] National Level Committee to Develop Guidelines for Cage Culture in Inland Open Waters

۳- نتایج

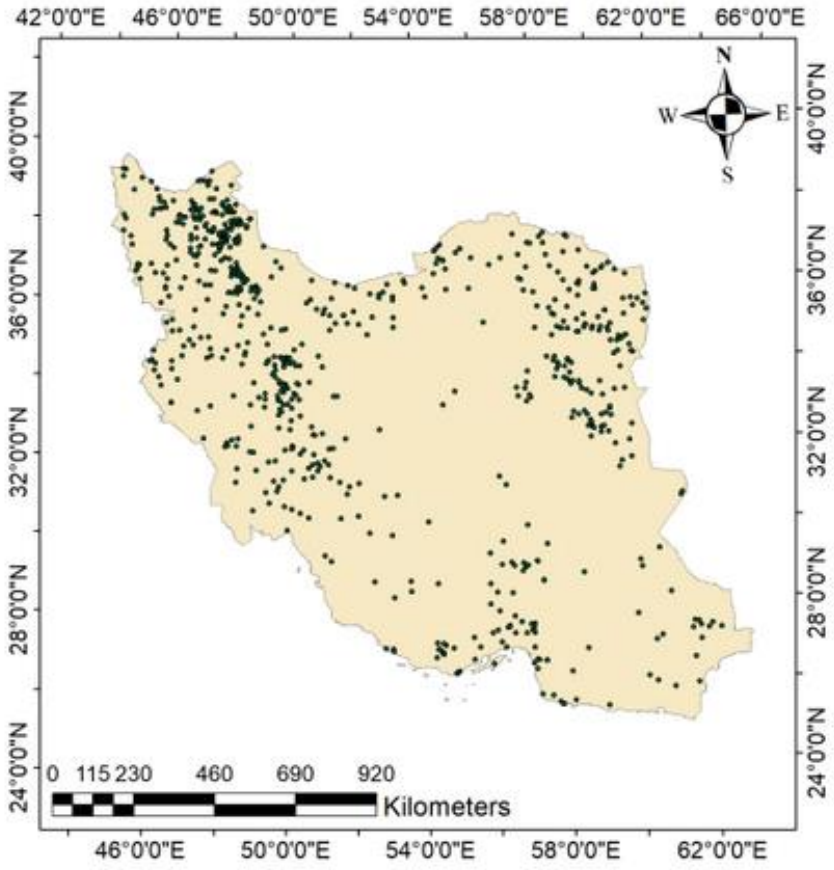
۳-۱- جانمایی سدهای ایران

عمدتاً سدهای ایران در نواحی شمال غربی و غرب کشور (شکل ۳-۱) احداث گردید. این نقشه ها در سایت های مختلف در قالب شیپ فایل هایی قابل دسترس است. نقشه شیپ فایل و داده های زمینی سدهای ایران، یک محصول ارزشمند برای تمامی افرادی است که به دنبال اطلاعات دقیق و به‌روز در مورد سدهای ایران هستند. این نقشه شامل اطلاعات کاملی در مورد موقعیت مکانی، نوع و ... سدهای ایران به شرح زیر است. نقشه شیپ فایل سدهای ایران را می‌توان در نرم‌افزارهای GIS مانند ArcGIS و QGIS باز کرد و از اطلاعات آن استفاده کرد. همچنین می‌توان این نقشه را به‌صورت آنلاین در نرم‌افزارهای نقشه‌برداری مانند Google Maps و MapQuest مشاهده کرد.

شیپ فایل موقعیت سدهای ایران (۷۲۵[1] سد) بصورت نقطه‌ای و زمین مرجع می‌باشد و دارای فیلدها یا مشخصات توصیفی زیر می‌باشد.

- محل سد شامل استان، شهرستان، بخش و شهر
- نام دقیق سد
- نوع سد اعم از بتنی، بتنی دو قوسی، بتني وزني، خاکی، خاکي با هسته رسي، خاکي همگن، مخزني و...
- نوع استفاده مخزنی، تغذیه‌ای، تنظیمی و...
- ظرفیت مخزن سد با واحد میلیون متر مکعب
- نام رود
- وضعیت بهره برداری از سد
- دستگاه اجرایی
- حوزه آبریز اصلی
- حوزه آبریز فرعی
- سطح حوزه
- مختصات طول و عرض جغرافیایی سد

[1] https://gisacademy.ir



شکل ۳-۱- جانمایی مکانی سدهای ایران (۷۲۵ سد)[1]

۳-۲- صدور موافقت اصولی و تاسیس مزرعه پرورش ماهی در قفس

موفقیت یا شکست هر گونه سرمایه گذاری در زمینه آبزی پروری تا حد زیادی به انتخاب درست سایت برای آن بستگی دارد. در انتخاب یک سایت عوامل متعددی غیر از جنبه فیزیکی سایت باید در نظر گرفته شود. بنابراین انتخاب مکان احداث مزرعه از مهمترین عوامل تاثیرگذار در اقتصاد تولید محسوب می شود. اگر خطایی در انتخاب مخازن آبی سد ها برای احداث مزرعه پرورش ماهی در قفس صورت گیرد، به عنوان مثال مخزن آبی دارای آبی با کیفیت نامطلوب باشد، مجالی برای اصلاح و جبران خسارت وجود نخواهد داشت. لذا سازمان شیلات ایران شیوه نامه ای را برای تاسیس چنین مزارع آبزی پروری در مخازن آبی پشت سدها تدوین نموده است.

در شیوه نامه صدور موافقت اصولی و تاسیس پرورش ماهی در قفس در آب های داخلی (دریاچه پشت سدها) به شرح ذیل آمده است (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۵):

مرحله اول: صدور موافقت اصولی و تاسیس

[1] گروه تخصصی آموزشی جی آی اِس آکادمی ، https://gisacademy.ir، @GISAcademyManager

مرحله دوم: صدور پروانه بهره برداری

شرایط صدور موافقت اصولی و تاسیس پرورش ماهی در قفس در آب های داخلی با توجه به مفاده ماده ۵ قانون نظام جامع دامپروری کشور به شرح زیر است:

۱- سقف صدور موافقت اصولی و تاسیس پرورش ماهی در قفس توسط سازمان شیلات ایران تعیین و ابلاغ می گردد.

۲- در مناطقی که مکان یابی توسط سازمان شیلات ایران انجام شده است و یا اطلاعات مربوط توسط سایر موسسات تحقیقاتی و پژوهشی منتشر شده باشد، فرم اظهارنامه کارشناسی بر اساس گزارشات مطالعات موجود تکمیل خواهد شد و نیازی به اندازه گیری های میدانی نمی باشد.

۳- معرفی متقاضی به بانک عامل جهت دریافت تسهیلات بعد از تشکیل پرونده، اخذ پروانه بهداشتی موافقت اصولی و تاسیس و ارائه تعهد نامه محضری توسط متقاضی به سازمان شیلات ایران امکان پذیر خواهد بود.

در این شیوه نامه مراجع استعلام برای صدور موافقت اصولی و تاسیس را بشرح زیر اعلام نموده است:

- اداره‌کل محیط زیست استان‌ها
- اداره‌کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها
- شرکت‌های سهامی آب منطقه‌ای
- سازمان نظام دامپزشکی استان
- نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی

تبصره: در مجتمع های پرورش ماهی در قفس که مجوزهای اولیه آن توسط سازمان شیلات ایران اخذ شده است، متقاضیان پس از تایید سازمان شیلات نیازی به اصل استعلام های فوق را ندارند.

قابل ذکر است که کلیه اقدامات در خصوص استفاده از منابع آبی و آبزیان برای آبزی پروری لازم است در قالب آیین نامه آبزی پروری در سدها و شبکه های آبیاری و زهکشی با اهداف غیر شرب (وزارت نیرو، ۱۳۹۰) و آیین نامه اجرایی حفاظت و بهره برداری از منابع آبزی جمهوری اسلامی ایران(مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۷۸) باشد.

۳-۳- اقدامات اولیه برای انتخاب مکان و احداث مزرعه در مخازن آبی سدها

درگام نخست به ضوابط و معیارهایی اشاره خواهد شد که یک مخزن آبی در نگاه کلی امکان استقرار قفس برای پرورش ماهی را در پشت سدهای کشور دارا باشد. موارد ضروری که لازم است قبل از هر گونه اقدام به آبزی پروری در مخازن آبی پشت سدهای کشور، تعیین و تکلیف شود شامل موارد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است. این اقدامات از خسران احتمالی آبزی پروری در فعالیت های آتی جلوگیری کرده و یا تعدیل می نماید. برخی از این موارد به شرح زیر آمده است:

۱-کاربری مخزن آبی سد برای اهداف غیر شرب باشد.

مطالعات زیستی وبوم شناختی منابع آب از مباحث اساسی در تحقیق و بررسی های علمی مربوط به منابع آب است. شناسایی ویژگی های هر اکوسیستم، موجودات زنده و فاکتورهای محیط زیستی حاکم بر آن، گام نخست این مطالعات محسوب می‌شود. ارزیابی کیفیت منابع آب بخصوص منابع آب آشامیدنی در سال‌های اخیر همزمان با کاهش کمیت و کیفیت منابع آب از اهمیت بسیاری برخوردار گردیده است. در ایران نیز شاخص های کیفی آب شرب مطابق با استانداردهای سازمان محیط زیست کشور مورد ارزیابی قرار می گیرد (خلجی و همکاران، ۱۳۹۵). مرور منابع نشان می‌دهد که "آبزی‌پروری در مخازن آبی پشت سدها که دارای کاربری آب برای شرب انسانی است، ممنوع می‌باشد". در این خصوص معاونت آب و آبفا وزارت نیرو (۱۳۹۱) آیین نامه آبزی پروری در سدها و شبکه های آبیاری و زهکشی با اهداف غیر شرب منتشر نمود. همچنین سازمان حفاظت محیط زیست کشور در مقررات و ضوابط استقرار واحدهای تولیدی، صنعتی و معدنی در گروه صنایع کشاورزی (۹۰۰۰۰) رده ۳ به شماره ۹۳۰۱۰ محل های احداث مزارع تکثیر و پرورش ماهی را منوط به اینکه در پایین دست محل احداث محل برداشت آب شرب وجود نداشته باشد را مجاز اعلام نمود (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۷).

برخی موارد که ممکن است پرورش ماهی سبب آلودگی آب شرب شود عبارتند از:

- افزایش تغذیه گرایی بواسطه افزایش غلظت ترکیبات ازت و فسفر از طریق پسماند و مدفوع ماهی به محیط آبی و بروز پدیده شکوفایی جلبکی و احتمال تولید جلبک های سمی و تغییر کیفیت آب که سبب آلودگی آب شرب می‌شود.
- استفاده از مواد شیمیایی و داروها در فرآیند پرورش ماهی که می‌تواند آلودگی آب را افزایش دهد و باعث آسیب به محیط‌زیست و منابع آب شرب شود.
- امکان عدم رعایت استانداردهای بهداشتی و محیطی در فرآیند پرورش ماهی که می‌تواند منجر به آلودگی آب شود و از این راه، آب مورد استفاده برای شرب انسانی را آلوده کند.

۲-محل مزرعه با قوانین و مقررات حفاظت از منابع طبیعی و آبخیزداری کشور مغایرت نداشته باشد.

برای استفاده از مخازن آبی پشت سدها با رعایت قوانین و مقررات حفاظت از منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، می‌توان از ضوابط و مقررات مربوط به مدیریت منابع آبی و محیط زیست استفاده کرد. این شامل اجرای دقیق آیین‌نامه‌ها و قوانین مربوط به حفاظت از منابع آبزی، مانند آیین‌نامه اجرایی حفاظت و بهره‌برداری از منابع آبزی جمهوری اسلامی ایران می‌شود. همچنین، باید از مجوزهای مربوطه مانند مجوز شیلات برای ایجاد و بهره‌برداری از مزارع پرورش ماهی در

مخازن آبی استفاده کرد. این اقدامات به منظور حفظ تعادل اکولوژیک و استفاده پایدار از منابع آبی و طبیعی کشور انجام می‌شود

مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی آیین نامه ای در سال ۱۳۷۸ به منظور حفاظت و بهره‌برداری از منابع آبزی کشور به بهره‌برداران ابلاغ نموده است. همچنین وزارت نیرو نیز آیین نامه آبزی پروری در سدها و شبکه های آبیاری و زهکشی با اهداف غیر شرب را در سال ۱۳۹۱ منتشر نمود. لذا بهره‌برداران لازم است مفاد این آیین نامه ها را رعایت نمایند.

۳-محل مزرعه با قوانین و مقررات سازمان حفاظت از محیط زیست کشور مغایرت نداشته باشد.

این مقررات اعم از محل و منابع آبی مورد استفاده برای آبزی پروری، حفظ تنوع زیستی و عدم ایجاد آلودگی در راستای حفاظت از محیط زیست کشور است که در قالب دستورالعمل‌ها و آیین نامه ها، مقررات و ضوابط مختلف ارائه شده است. بطوری که طبق اصل قانون اساسی کشور۵۴: در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد. از این رو فعالیت های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیرقابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است.

طبق قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست کشور مصوب ۱۳۵۳، در ماده یک تسریع نمود که حفاظت و بهبود و بهسازی محیط زیست و پیشگیری و ممانعت از هر نوع آلودگی و هر اقدام مخربی که موجب برهم خوردن تعادل وتناسب محیط زیست می‌شود، همچنین کلیه امور مربوط به جانوران وحشی و آبزیان آب‌های داخلی از وظائف سازمان حفاظت محیط زیست است. البته در تبصره یک ماده یک این قانون آمده است که: شرکت سهامی شیلات ایران و شرکت سهامی شیلات جنوب (هم‌اکنون بنام سازمان شیلات ایران) به موجب قوانین و مقررات مربوط به خود عمل خواهند کرد (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۵۳).

۴-محل مزرعه درگیر با استفاده کنندگان مخازن آبی (کشاورزی، صنعتی، ناوبری، گردشگری و ...) نباشد.

به منظور جلوگیری از چالش های آتی در استفاده از آب مخازن پشت سدهای کشور لازم است آیین‌نامه‌ها و قوانین مربوط به حفاظت از منابع آبزی کشور مانند آیین‌نامه اجرایی حفاظت و بهره‌برداری از منابع آبزی جمهوری اسلامی ایران دقیقا اجرا شود. همچنین، باید از مجوزهای مربوطه مانند مجوز سازمان شیلات ایران برای ایجاد و بهره‌برداری از مزارع پرورش ماهی در مخازن آبی استفاده کرد. همچنین، باید از مقررات مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، انهار، مسیل‌ها،

مرداب‌ها و آبخیزها دقیقاً پیروی کرد. این اقدامات به منظور حفظ تعادل اکولوژیک و استفاده پایدار از منابع آبی و طبیعی کشور انجام می‌شود.

۵-ملاحظات اجتماعی بین مردم منطقه و سیستم پرورش ماهی (امنیت مزرعه) مدیریت شده باشد.

ملاحظات اجتماعی پرورش ماهی در قفس های مستقر در مخازن آبی پشت سد ها عبارتند از:

۱- تأثیر بر محیط زیست: پرورش ماهی در قفس ها ممکن است منجر به آلودگی آب و تغییرات در ترکیب شیمیایی آب شود. این موضوع می‌تواند بر حیات گونه های آبزی و سایر گونه‌های محیط زیست تأثیر بگذارد.
۲- تأثیر بر صیادی محلی: پرورش ماهی در قفس ها ممکن است باعث کاهش صید ماهیان وحشی در منطقه شود، که می‌تواند درآمد و امکانات زندگی مردم محلی را تحت تأثیر قرار دهد.
۳- تأثیر اقتصادی: پرورش ماهی در قفس ها می‌تواند فرصت‌های اقتصادی جدیدی را در مناطق محروم فراهم کند، به ویژه برای کشاورزان و تولیدکنندگان محلی. این فعالیت می‌تواند به ایجاد شغل و رشد اقتصادی کمک کند.
۴- نیاز به زیرساخت‌های مناسب: برای پرورش ماهی در قفس ها، نیاز به زیرساخت‌های مناسبی مانند تأمین آب، تأمین تغذیه و مراقبت‌های بهداشتی است. این موارد نیازمند سرمایه‌گذاری و مدیریت منابع مناسب هستند.

با توجه به این ملاحظات، اجرای پروژه‌های پرورش ماهی در قفس های مستقر در مخازن آبی پشت سد ها نیاز به بررسی دقیق تأثیرات محیطی و اقتصادی دارد و باید با رعایت استانداردها و ضوابط مناسب صورت گیرد.

۶-میزان سوددهی اقتصادی مزرعه پرورش ماهی در قفس قبل از احداث محاسبه گردد.

برای تخمین میزان سوددهی اقتصادی مزرعه پرورش ماهی در قفس در پشت سدها، چندین عامل را باید در نظر گرفت. این عوامل شامل هزینه های اولیه به خرید و نصب قفس ها، هزینه های نگهداری و تغذیه ماهیان، هزینه های دستیابی به آب مورد نیاز، هزینه های پرورش و نگهداری تجهیزات و همچنین قیمت فروش ماهیان پرورشی است.
برای تخمین سوددهی، باید هزینه های مزرعه را با درآمدی که از فروش ماهیان به دست می‌آید مقایسه کرد. میزان سوددهی وابسته به میزان تولید ماهیان و قیمت فروش آن‌ها است. برای دستیابی به این اطلاعات، می‌توانید با کشاورزان و پرورش دهندگان ماهی در منطقه گفتگو کرد و اطلاعات بازار را بررسی نمود.
از آنجایی که این پروژه به عنوان زیر طرح می باشد،جزئیات مربوط به برخی از موارد فوق الذکر در پروژه های مرتبط با این طرح تشریح و ضوابط و معیارهای آن با جزئیات بیشتر بیان شده است.

۳-۴- ضوابط و معیارهای محل استقرار قفس های پرورش ماهی در مخازن آبی پشت سدهای کشور

موقعیت سیستم پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی تا حد زیادی با انتخاب صحیح مکان های مطلوب، نوع سازه قفس و امکانات مناسب و مدیریت سیستم مرتبط است. زیرا انتخاب مکان مناسب، محیط مطلوبی را برای ماهی پرورشی تضمین می کند. نوع سازه قفس شرایط زندگی را برایش فراهم نموده و مدیریت بهینه بهره وری سیستم پرورش ماهی را تضمین می نماید.

برای پرورش ماهی در یک سیستم فاکتورهای اصلی شامل: ۱- اکسیژن کافی، ۲- خوراک فراوان و ۳- شرایط محیطی مساعد برای ماهی است، تا ماهیان پرورشی بتوانند با کمترین صرف انرژی برای مقاومت در برابر شرایط نامطلوب محیطی مانند جریانات قوی و یا آلودگی، زندگی و رشد کنند (Chua, 1979).

فاکتورهای تعیین مکان های استقرار قفس های پرورش ماهی در مخازن آبی پشت سدها با توجه به منابع اطلاعاتی داخل و خارج از کشور ایران به شرح زیر آمده است:

۱) موقعیت، اندازه و مناسب بودن مخازن آبی برای پرورش ماهی در قفس

موقعیت، اندازه و مناسب بودن مخازن آبی برای پرورش ماهی در قفس از اهمیت بالایی برخوردار است. موقعیت ایده‌آل برای قرار دادن قفس‌های پرورش ماهی شامل آب با کیفیت مناسب، جریان آب مناسب، عمق مناسب و محیط آبی ثابت است. مخازن آبی باید به گونه‌ای مناسب باشند که امکان مدیریت و نظارت بر شرایط آبی و محیطی فراهم شود. اطلاعات دقیق‌تر در مورد موقعیت، اندازه و مشخصات فنی مخازن آبی می‌تواند بسته به نوع سازه قفس، نوع یا گونه ماهیان پرورشی و شرایط محیطی مربوطه متفاوت باشد(Bowley and Jefferson, 2017).

۲) محدودیت استقرار تعداد قفس ها بر اساس ظرفیت برد اکولوژیک یا ظرفیت تحمل بدنه آبی

مخازن آبی پشت سدها به عنوان محیطی برای پرورش ماهیان به کار می‌روند. با این حال، تعداد قفس‌های قابل استقرار در این مخازن محدود است و باید بر اساس ظرفیت برد اکولوژیک یا ظرفیت تحمل بدنه آبی مخزن محاسبه شود. ظرفیت برد اکولوژیک به میزانی اشاره دارد که چه تعداد ماهی می‌تواند در یک محیط خاص زندگی کند، بدون اینکه به طور جدی به آن آسیب برساند. این ظرفیت بر اساس عواملی مانند میزان اکسیژن، مواد آلی، pH و دیگر شرایط محیطی محاسبه می‌شود. ظرفیت تحمل بدنه آبی به میزانی اشاره دارد که چه میزان مواد آلی، نیتروژن و فسفر می‌تواند در آب وجود داشته باشد، بدون اینکه به طور جدی به محیط آبی آسیب برساند. این ظرفیت بر اساس میزان مواد آلی و مواد غذایی موجود در آب محاسبه می‌شود. بنابراین، برای استقرار تعداد قفس‌های پرورش ماهی در مخازن آبی پشت سدها، باید به دو عامل

ظرفیت برد اکولوژیک و ظرفیت تحمل بدنه آبی توجه کرد و تعداد قفس‌ها را بر اساس حداکثر مقدار مجاز از هر دو عامل محاسبه کرد.

۳) دسترسی به سایت، تاسیسات محلی و ملاحظات لجستیکی

مزارع آبزی‌پروری معمولاً در مخازن آبی مانند دریاچه‌ها، سدها و آبگیرها ایجاد می‌شوند. وابستگی این مزارع به جاده‌ها، تاسیسات برق منطقه و ملاحظات لجستیکی می‌تواند بستگی به موقعیت جغرافیایی و اقتصادی آن‌ها داشته باشد. برای مثال برخی موارد به شرح زیر آمده است:

- دسترسی به مدیریت زنجیره تامین: به منظور اطمینان از تأمین وسایل و تجهیزات، ورود و خروج مواداولیه و محصولات تولیدی
- امکان مدیریت حمل و نقل: به منظور بررسی روش‌های حمل و نقل مناسب برای انتقال مواد اولیه، تجهیزات و محصولات نهایی مرتبط با پرورش ماهی
- مدیریت انبار: به منظور بررسی و مدیریت انبارها و امکانات ذخیره‌سازی برای نگهداری مواد اولیه و محصولات نهایی

موارد فوق و موارد مشابه از جمله ملاحظاتی هستند که می‌توانند تأثیرگذار باشند.

۴) شکل و عمق مناسب مخزن آبی

شکل و عمق مناسب مخزن آبی برای استقرار قفس‌های پرورش ماهی در مخازن آبی پشت سدها نقش مهمی دارد. و لازم است که شرایط زیر را دارا باشد:

- عمق متوسط مخزن آبی در منطقه استقرار قفس شناور حداقل در طول سال ۱۰ متر و مساحت کل مخزن حدود ۱۰۰۰ هکتار داشته باشد (Bhavan, 2016).
- شکل و ابعاد مخزن آبی باید به گونه‌ای باشد که امکان استقرار و حرکت آزادانه قفس‌ها در آن فراهم شود.
- عمق مناسب: عمق مخزن آبی نیز باید به گونه‌ای باشد که شرایط آبی مطلوب برای استقرار قفس و رشد ماهیان فراهم گردد. عمق زیاد مخزن آبی می‌تواند باعث افزایش هزینه‌ها و مشکلات مهار کردن قفس‌ها شود.
- حجم کافی: مخزن آبی باید حجم کافی برای جایگاه قفس‌های ماهی داشته باشد. این مورد به میزان تعداد ماهی‌ها و اندازه آن‌ها بستگی دارد.
- سیستم فیلتراسیون طبیعی: مخزن باید دارای جریان آبی مناسب به عنوان سیستم فیلتراسیون طبیعی مناسب برای حفظ کیفیت آب و حذف آلودگی‌ها باشد.

۵) توپوگرافی مناسب بستر (شیب) به منظور اسقرار قفس ها در مخزن آبی

شیب بستر مخزن آبی باید مناسب و مطلوب باشد تا قفس‌ها به‌درستی مستقر شوند و از لحاظ امنیتی و عملکردی در طول فرآیند آبزی پروری مشکلی ایجاد نشود. لذا بدین منظور مواردی که ذیلاً اشاره می شود تا حد امکان قبل و بعد از آبگیری مخازن آبی سدها لازم است رعایت شود:

- تحلیل توپوگرافی: ابتدا باید توپوگرافی بستر به دقت تحلیل شود و نقاط مناسب برای قرار دادن قفس‌ها شناسایی گردد. این نقاط باید به طور قابل توجهی صاف و بدون انحرافات زیاد باشند.
- اصلاح بستر: در صورتی که بستر دارای انحرافات زیاد است، باید آن را اصلاح کرده و صاف نمود. این اصلاحات می‌تواند شامل حفر و پر کردن مناطق غیر صاف، استفاده از سنگ‌های بزرگ برای پر کردن فضاهای خالی و یا استفاده از مصالح مناسب برای تسطیح بستر باشد.
- ایجاد شیب: برای استقرار قفس‌ها، باید بستر را با شیب مناسب طراحی کنید. شیب باید به گونه‌ای باشد که قفس‌ها را در موقعیت عمودی و افقی مناسب نگه دارد و از حرکت آزاد آن‌ها جلوگیری کند. در صورت نیاز، می‌توان سازه‌های پشتیبانی مستقیم یا مهارکننده را در نقاط استراتژیک ایجاد کرد.
- بازرسی و نظارت: پس از استقرار قفس‌ها، باید به صورت دوره‌ای بستر را بازرسی و نظارت کرد تا اطمینان حاصل شود که شیب هنوز مناسب است و قفس‌ها در موقعیت صحیح قرار دارند.

۶) مناطقی با حفاظت در برابر باد و امواج قوی

باد و امواج دو عامل مهم در تعیین محل استقرار قفس های پرورش ماهی در مخازن آبی سدها هستند. باد می‌تواند توسط فشار هوا و اختلاف دماها ایجاد شود و امواج نیز نتیجه اثر باد روی سطح آب است. باد قادر است امواج را تشکیل دهد، انرژی به آن‌ها منتقل کند و شدت و جهت حرکت آن‌ها را تغییر دهد. لذا شناسایی هوا و اقلیم منطقه به منظور تعیین جهت بادهای غالب در منطقه بسیار مهم است. این تأثیر بر روی ساحل‌ها و مناطق ساحلی می‌تواند عواقبی مانند فرسایش ساحل، تغییر در شکل ساحل، تغییرات در شیب ساحل و تأثیر بر ترکیب شیمیایی آب مخازن آبی داشته باشد.

معمولاً مخازن آبی پشت سدها، به دلیل وجود سدها و کوه یا خاکریزها، در مقابل باد و امواج محافظت می شوند. اما برخی مناطق بیشترین امنیت را در برابر باد و امواج دارند. این شامل مناطقی است که:

- نزدیک به خاک‌های سفت و مستحکم: مناطقی که خاک‌های سفت و مستحکم دارند، امکان حفظ استحکام قفس‌ها را در برابر فشار باد و امواج افزایش می‌دهند.
- مناطق بدون تلاطم شدید آب: مناطقی که با تلاطم آب کم روبرو هستند، برای پرورش ماهی در قفس مناسب‌تر هستند زیرا این تلاطم‌ها می‌توانند به قفس و ماهیان آسیب برسانند.

- مناطقی با آب شفاف و صاف: آب شفاف و صاف کمک می‌کند تا نور به درستی وارد قفس شود و برای پرورش ماهی محیط مناسبی برقرار گردد.

۷) ضرورت پایش بهداشتی آب مخازن (با کاربری شرب و غیرشرب)

اهمیت بهداشت مناسب در مخازن آب سدها مخازن آب در سدها نقش مهمی در ذخیره و توزیع آب برای رفع نیازهای بخش های مختلف از جمله کشاورزی، صنعت و مصارف خانگی ایفا می کنند .اطمینان از بهداشت مناسب در این مخازن برای حفظ کیفیت آب و جلوگیری از انتشار پاتوژن های مضر ضروری است .یکی از دلایل اولیه اهمیت بهداشت مناسب در مخازن آب سدها، جلوگیری از رشد و گسترش بیماری های منتقله از طریق آب است .آب آلوده می تواند باعث مشکلات جدی سلامتی، به ویژه در میان جمعیت های آسیب پذیر مانند کودکان، افراد مسن و افرادی با سیستم ایمنی ضعیف شود .برای دستیابی به بهداشت مناسب در مخازن آب، اقدامات متعددی باید انجام شود .اینها شامل نظارت منظم بر کیفیت آب، تمیز کردن و ضد عفونی مناسب مخازن و حفظ شیوه های عملیاتی خوب است .نظارت منظم بر کیفیت آب شامل آزمایش آب برای وجود باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌های مضر و همچنین ارزیابی سطح اکسیژن محلول، pH و دما است .این اطلاعات به شناسایی مشکلات احتمالی و انجام اقدامات اصلاحی قبل از تبدیل شدن به یک مشکل بزرگ کمک می کند .تمیز کردن و ضد عفونی صحیح مخازن آب شامل حذف مواد آلی، رسوبات و زباله هایی است که می توانند میکروارگانیسم های مضر را در خود جای دهند .این فرآیند ممکن است شامل استفاده از مواد شیمیایی مانند کلر یا ازن برای کشتن باکتری ها، ویروس ها و انگل ها باشد .هنگام استفاده از این مواد شیمیایی، رعایت دستورالعمل ها و دستورالعمل های ایمنی سازنده ضروری است .اقدامات عملیاتی خوب شامل بازرسی منظم زیرساخت‌های سد، مانند دروازه‌ها، شیرها و لوله‌ها است تا اطمینان حاصل شود که آنها به درستی کار می‌کنند و به آلودگی کمک نمی‌کنند .علاوه بر این، نگهداری صحیح از سیستم تامین آب سد، از جمله فیلتر کردن منظم و شستشوی سیستم، می تواند به جلوگیری از تجمع آلاینده ها کمک کند .در نتیجه، بهداشت مناسب در مخازن آب سدها برای حفظ کیفیت آب، جلوگیری از گسترش بیماری های منتقله از آب و تضمین سلامت و ایمنی جوامع متکی بر این منبع حیاتی ضروری است .با پیروی از بهترین شیوه ها، مانند نظارت منظم، تمیز کردن و ضد عفونی مناسب، و شیوه های عملیاتی خوب، می توان کیفیت آب را حفظ کرد و خطرات مرتبط با آب آلوده را به حداقل رساند (USEPA, 2016; WHO, 2017; FAO, 2020).

۸) میزان آب مناسب در مخزن آبی در طول سال

میزان آب مخازن پشت سدها در طول سال مورد پایش قرار گیرد و حداقل ماندگاری آن مشخص شود. زیرا بر این اساس استراتژی نوع قفس و محل استقرار آن در مخازن آبی پشت سدها تعیین می‌شود. لذا توجه و ارزیابی مواردی بشرح ذیل در این خصوص ضروری است:

- تعیین حداکثر و حداقل میزان ماندگاری آب (کمیت آب) در طول سال و یا دوره های چندساله
- تعیین روند تغییرات سطحی آب مخزن در طول سال و یا دوره های چند ساله
- تعیین کیفیت آب در شرایط کمینه آب مخازن آبی در سال یا یک دوره چند ساله
- تطبیق شرایط کمی و کیفی آب با نوع ساز انتخابی و کونه ماهی پرورشی

موارد فوق از جمله مواردی است که در ظرفیت برد اکولوژیک مخزن آبی برای تعیین زیتوده ماهی برای پرورش در مخزن ضروری است.

۹) کیفیت مناسب آب برای پرورش ماهی (فاکتورهای فیزیکو شیمیایی و آلاینده های زیست محیطی)

کیفیت آب یکی از اساسی ترین عوامل موثر و مستقیم در آبزی پروری محسوب می گردد. در امکان سنجی پرورش ماهی در مخازن آبی لازم است علاوه بر ارزایبی کیفیت آب مخزن، منابع تامین کننده این آب نیز در طول سال مورد پایش قرار گیرد. قبل از استقرار قفس و آبزی پروری در مخازن لازم است ارزیابی کیفی آب به منظور دارابودن شرایط لازم و حتی انتخاب گونه پرورشی مورد آزمایش قرار گیرد. بنابراین در ابتدا محل های مربوط به سنجش کیفی آب تشریح می گردد و سپس به فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و آلودگی های محیط زیست مطابق با استاندارد های جهانی اشاره می شود.

- **مناطقی که لازم است قبل از استقرا قفس ها مورد پایش سالانه کیفیت آب قرار گیرد.**
  - نقاط عمیق مخزن آبی سد به منظور بررسی لایه های مختلف (هر ۱۰ متر)
  - سواحل یا کناره های مخازن آبی تا عمق ۱۰ متر
  - نقاط ورودی منابع تامیین کننده آب سد
  - نقاط آلاینده در مسیر رودخانه و یا حوضه آبریز

▪ فاکتورهای تعیین کننده کیفیت آب به منظور پرورش ماهی در محیط قفس در مخازن آبی پشت سدها

آب مهمترین عنصر برای آبزی پروری است. انتخاب منبع آبی باید بر اساس مطلوبیت آن برای تولید کارآمد یک محصول آبزی پروری با کیفیت بالا باشد. کیفیت پایین آب ممکن است از طریق اختلال در رشد و نمو بر سلامت ماهی تاثیر بگذارد و یا کیفیت محصول را با تغییر طعم آن کاهش دهد و یا با تجمع غلظت بالایی از مواد سمی می تواند سلامت انسان را به عنوان مصرف کننده نهایی به خطر اندازد. لذا برای سنجش کیفی آب نیاز به دستورالعمل هایی برای دامنه مناسب بودن آن در منابع مختلف پیشنهاد شده است

(Zweig *et al*., 1999; Bhavan, 2016). در این مبحث تنها به استاندارد های مربوط به مخازن آب شیرین اشاره می گردد.

- دمای آب

یک از مهمترین فاکتورها در آبزی پروری و بخصوص تعیین گونه پرورشی می باشد. حفظ دمای مناسب آب برای پرورش ماهی بسیار مهم است. ماهی ها حیواناتی خونسرد[1] با نام های گرماگیر[2] یا پوی‌کیلوترمیک[3] هستند، به این معنی که نمی توانند دمای بدن خود را کنترل کنند. در عوض، آنها برای تنظیم متابولیسم و سطح فعالیت خود به دمای محیط خود متکی هستند.

وقتی هوا خیلی سرد است، تحرک کمتری دارند، اشتهایشان کاهش می‌یابد و سیستم ایمنی بدنشان به خطر می‌افتد و این باعث می‌شود که آن‌ها بیشتر مستعد ابتلا به بیماری باشند.

وقتی هوا خیلی گرم است، متابولیسم و تنفس آنها تسریع می شود و اکسیژن بیشتری مصرف می کنند. مشکل این است که با گرم شدن آب، اکسیژن کمتری در خود نگه می دارد که باعث استرس بیشتر ماهی می شود. یک بار دیگر، آنها بیشتر مستعد بیماری می شوند و در موارد شدید، می توانند آسیب اندام ها را تجربه کنند یا حتی خفه شوند. بدتر شدن اوضاع، در دمای بالای ۳۲ درجه سانتی گراد (۹۰ درجه فارنهایت)، باکتری‌های مفیدی که تعادل را در محیط حفظ می‌کنند شروع به مردن کرده و پتانسیل افزایش آمونیاک و نیتریت خطرناک را در محیط ایجاد می‌کنند.

تغییرات دمایی آب و هوای منطقه عامل اصلی در تعیین یا انتخاب گروه ماهیان (سردابی، گرمابی و خاویاری) برای پرورش در یک منبع آبی محسوب می گردد. زیرا گونه های مختلف ماهی ترجیحات دمایی خاصی برای پرورش نیاز دارند. دمای مناسب برای پرورش ماهیان گرمابی ۲۸-۲۴ درجه سانتی گراد، برای ماهیان سردابی ۱۸-۱۴ درجه سانتی گراد و برای ماهیان خاویاری ۲۰-۱۸ درجه سانتی گراد است. گونه های آب سرد دمای بالای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد را تحمل نمی کنند. گونه های گرمابی معمولاً در دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد تولید مثل نمی کنند یا در دمای کمتر از ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد رشد نمی کنند، اما در دمای بسیار پایین زمستانی زنده می مانند. گونه های گرمسیری در

---

[1] cold-blooded
[2] ectothermic
[3] poikilothermic

دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتیگراد می میرند و بیشتر آن‌ها در دمای کمتر از ۲۵ درجه سانتیگراد رشد نمی کنند (Sapkale *et al*., 2011; Ghosh *et al*., 2019; Cline, 2019; Boyed, 2018). بر همین اساس نوع سازه قفس و محل استقرار آن در مخزن آبی تعیین می شود. لذا نیازمند پایش سالانه و در اعماق مختلف است.

جدول ۳-۱- دستورالعمل عمومی دمای آب برای پرورش ماهیان(Zweig *et al*., 1999)

گونه ها	دما (درجه سانتی گراد)	توضیح
گرمسیری	۲۹-۳۰	رشد مطلوب
	۲۶-۲۸>	نرخ رشد پائین
	۱۰-۱۵>	محدودیت کشنده
گرمابی	۲۰-۲۸	رشد بهینه
	۰>	حد کشنده
سرمادوست	۱۵-۲۰	رشد مطلوب
سردابی	<۱۵	رشد مطلوب
	۲۵<	حد کشنده

*منبع: Boyd, 1990; Lawson, 1995

- pH آب

pH آب غلظت یون هیدروژن ($[H^+]$) آن است و بصورت لگاریتم منفی غلظت یون هیدروژن ($\log [H^+]$) بیان می‌شود. pH آب‌های طبیعی بین ۱۰-۵ متغیر هستند، در حالی که آب دریا pH آب حدود ۸/۳ واحد حفظ می‌شود. مشکلات pH آب مرتبط با آبزی پروری معمولاً مربوط به منبع تامین آب نیست، با این حال pH مناسب آب منبع ضروری است و لازم است پایش شود. زیرا pH آب در آبزی پروری بطور مستقیم بر سلامت ماهیان تاثیر گذار است. برای اکثر گونه ها pH آب ۶/۵ تا ۹ ایده آل است. ماهی در pH آب کمتر از ۶/۵ با رشد کم روبرو است. زیرا در pH آب پائین توانایی ماهی برای حفظ تعادل اسمزی تحت تاثیر قرار می گیرد و تولید مثل متوقف می گردد. بیشتر گونه های ماهیان در pH آب کنر از ۴ و بیشتر از ۱۱ می‌میرند (Lloyd, 1992).

pH آب همچنین می تواند بطور غیر مستقیم با تاثیر بر سایر پارامترهای شیمیایی آب بر ماهیان تاثیر گذار باشد. به عنوان مثال pH آب پایین مقدار فسفر معدنی و دی اکسید کربن محلول موجود برای فتوسنتز فیتوپلانکتون را کاهش می دهد. همچنین در pH آب پائین فلزات سمی برای ماهی می تواند از خاک خارج شود و در pH آب بالا شکل سمی آمونیاک شایع تر می شود. همچنین فسفات که به عنوان کود در آبزی پروری اضافه می شود در pH آب بالا به سرعت رسوب می کند (Boyd, 1990).

pH آب پائین معمولا با استفاده از آهک اصلاح می شود. همچنین pH آب بالا با استفاده از زاج یا آلوم استفاده می شود. از طرفی اگر مشکل pH آب بالا بدلیل فتوسنتز اضافی فیتوپلانکتون در آب‌هایی با قلیائیت بالا و سختی کلسیم پائین باشد، می توان از گچ را به عنوان منبع کلسیم به آب اضافه کرد و یا فیتوپلانکتون را با جلبک کش ها از بین ببریم. اما باید توجه داشت که استفاده از کشنده سبب کاهش شدید اکسیژن آب شده و ممکن از هزینه های نامطلوبی به همراه داشته باشد (Boyd, 1990).

جدول۳-۲- سطوح تحمل pH آب و تاثیر آن بر آبزی پروری

سطوح pH آب	اثر
ماهیان گرمابی	
<۴	نقطه مرگ اسیدی
۴-۵	عدم تولید مثل ماهی
۴ - ۶/۵	رشد آهسته
۶/۵-۹	دامنه مطلوب برای تولید مثل
۹-۱۱	رشد آهسته
۱۱<	نقطه مرگ قلیایی
پرورش آزادماهیان (سردابی)	
۶/۴-۸/۴	محدوده پیشنهادی برای تولید ماهی
۶/۷-۸/۶	
۶/۷-۷/۵	

*منبع: Lawson, 1995; Tarazona and Munoz, 1995

- کدورت آب

کدورت یا شفافیت معیاری برای نفوذ نور در آب اشاره دارد که نشان دهنده غلظت مواد جامد معلق است. شفافیت شاخص خوبی برای میزان مواد مغذی آلاینده و سلامت کلی یک منبع آبی است. فرسایش در طول رواناب سهم مهمی در ایجاد کدورت آب در مخازن آبی دارد. این مناطق شامل فعالیت های ساخت و ساز، جنگل زدایی، زمین های زراعی دارای نرخ شیب نسبتا بالا، سهم زیادی در فرسایش خاک دارا هستند. همچنین در طول فعالیت آبزی پروری نیز امکان افزایش کدورت از طریق فعالیت بیولوژیکی و افزودن خوراک وجود دارد.

شفافیت آب در یک مخزن آبی به عوامل زیر بستگی دارد:

ذرات معلق: حضور ذرات معلق در آب می‌تواند شفافیت را کاهش دهد. این ذرات می‌توانند از عملیات ساخت سد، جریان آب و فعالیت‌های انسانی ناشی شوند.

آلاینده ها: آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعتی می‌تواند شفافیت آب را تحت تأثیر قرار دهد. مواد شیمیایی مانند کودها، زباله‌ها و مواد آلی می‌توانند به آب وارد شده و تأثیر مستقیمی بر شفافیت آب داشته باشند.
مواد رنگزا: حضور مواد رنگزا می‌تواند باعث تغییر رنگ آب و کاهش شفافیت آن شود. این مواد ممکن است از منابع طبیعی مانند رسوبات معدنی یا از فعالیت‌های انسانی ناشی شوند.
زیتوده میکروپلانکتون: حضور پلانکتون ها و خصوصاً میکروجلبک ها می‌تواند نقش مهمی در کاهش شفافیت آب داشته باشد، به ویژه در صورت افزایش روند رشد آن‌ها در آب در زمان شکوفایی جلبکی شفافیت آب به حداقل می‌رسد.
بنابراین جامدات معلقی که آب را در سیستم‌های پرورش آبزیان کدر می‌کنند شامل شکوفه‌های پلانکتون، مواد آلی لخته‌شده، رسوبات شیمیایی و رسوبات به هم زده شده از کف حوضچه هستند. وجود شکوفه های پلانکتون بر کیفیت رسوب تأثیر می گذارد و منجر به انتشار گازهای سمی مانند آمونیاک در آب می شود (Ghosh *et al*., 2019; Cline, 2019; Harikumar and Rajalekshmi, 2024; HPWA, 2024).

میزان کشنده کدورت برای ماهیان سردابی ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی گرم در لیتر است (Alabaster and Lloyd, 1982). محدوده مجاز کدورت برای پرورش ماهی قزل آلای رنگین‌کمان که در منابع مختلف به آن اشاره شده است در حدود ۳۰-۲۵ میلی گرم در لیتر است و تا حد کمتر از ۸۰ میلی گرم در لیتر نیز امکان پرورش وجود دارد (Zweig *et al*., 1999).

جدول۳-۳- سطوح تحمل کدورت برای آبزی پروری(Zweig *et al*., 1999)

اثر	غلظت مواد جامد معلق
۲۵ میلی گرم بر لیتر	بدون اثر مضر بر آبزی پروری
۸۰-۲۵ میلی گرم بر لیتر	محدوده قابل قبول
۸۰< میلی گرم بر لیتر	مضر برای آبزی پروری

منبع: Boyd, 1990

- اکسیژن محلول

اکسیژن محلول (DO[1]) یک نیاز بسیار اساسی برای گونه های آبزی پروری است و معمولاً اولین عامل محدود کننده در پرورش ماهی در مخازن آبی محسوب می گردد. اکسیژن محلول یک پارامتر پیچیده است زیرا غلظت آن به فرآیندهای زیادی بستگی دارد. در آبزی پروری منبع تامین کننده اکسیژن محلول فتوسنتز و هوادهی مجدد از جو (اتمسفر) است. فتوسنتز، تنفس، تجزیه مواد آلی، و حلالیت اکسیژن همگی تحت تاثیر دما هستند. حلالیت اکسیژن علاوه بر دما، تحت

[1] Dissolve Oxygen

تاثیر شوری آب، فشار هوا و ناخالصی ها نیز قرار می گیرد. نوع ماهی، مرحله زندگی، شیوه های تغذیه، سطح فعالیت و غلظت اکسیژن محلول نیز بر میزان تنفس ماهی تاثیر گذار است.

شایع ترین علت کاهش اکسیژن محلول در یک عملیات آبزی پروری، غلظت بالای مواد آلی زیست تخریب پذیر (در نتیجه نیاز به اکسیژن بیولوژیکی یا BOD[1]) است. این پدیده بویژه در دماهای بالا صادق است. بنابراین پارامتر BOD احتمالاً پارامتر مهمتری نسبت به اکسیژن محلول برای آبزی پروری است.

- برای ارزیابی اکسیژن محلول منبع آب BOD نیز باید بطور همزمان مورد سنجش قرار گیرد.
- میزان اکسیژن محلول نزدیک به سطوح اشباع (۹۵ درصد) عموماً برای سلامت ماهی مناسب تر است. اگر برای دوره طولانی میزان اکسیژن کمتر از ۷۵ درصد اشباع باقی بماند، رشد ماهی مختل و یا کاهش می یابد (Romaire, 1985; Colt and Orwicz, 1991).
- در غلظت های بالای اکسیژن (فوق اشباع) می تواند ترومای حباب گازی در ماهی کمک کند. زیرا به تنهایی سبب حباب گازی در ماهی نمی شود و در ترکیب با گازهای دیگر سبب این پدیده می شود و غلظت بالای اکسیژن در زمانی که دمای آب به سرعت افزایش می‌یابد، می تواند این پدیده را تشدید کند(Tarazona and Munoz, 1995).
- اکسیژن محلول کم یک مشکل رایج در سدها بخصوص در طول فصل تابستان و بویژه در مناطق عمیق نزدیک بستر است، این پدیده پس از باران، زمانی که مواد آلی (گیاهان مرده و فضولات حیوانات) به داخل سد شسته شود، محسوس تر می باشد.
- حداقل اکسیژن مورد نیاز برای پرورش ماهی بیش از ۵ میلی گرم در لیتر است.
- اولین علامت معمولاً ماهی مرده یا ماهی در حال مرگ است که در سطح ظاهر می شود و از هوا نفس می کشد.
- آب باید در گردش باشد تا آب عمیق تر در معرض هوا قرار گیرد.
- برای اکسیژن دهی در قفس شناور بهتر است آب از پایین پمپ شود و در هوا اسپری شود.
- انتقال آب به سطح با یک اسپری خوب، «برگردان» لایه سطحی با لایه عمقی جابجا شده و اکسیژن دهی در ستون آب صورت می گیرد.

[1] Biochemical oxygen demand

جدول۳-۴- سطوح توصیه شده اکسیژن برای آبزی پروری

گونه ها	اکسیژن محلول (mgl^{-1})	توضیح	ارجاع
قزل آلای رنگین کمان	۱۰	معمولی در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد	Lloyd, 1992
	۵	محدودیت برای سازگاری	
	<۵	فقط چند ساعت می تواند زنده بماند	
کپور معمولی	۳-۴	قابل تحمل	
	۵<	مطلوب	
ماهیان گرمابی	نسبت به ماهیان سردابی به کمبود اکسیژن محلول تحمل بیشتری دارد		
	۵<	توصیه می شود	Lloyd, 1992 Lawson, 1995
	۱/۵	چند روز زنده می ماند	
	۱	چند ساعت زنده می ماند	
	<۰/۳	غلظت کشنده	
دستورالعمل کلی	۵-۶<	مطلوب	

- نیاز اکسیژن بیوشیمیائی (BOD)

نیاز بیوشیمیائی اکسیژن معیاری برای اندازه‌گیری مقدار ترکیبات آلی است. که می‌تواند بطور بیولوژیکی توسط میکروارگانیسم های طبیعی موجود در آب اکسید شوند. بدین جهت در آبزی‌پروری اهمیت دارد، چون سبب کاهش اکسیژن محلول در آب و تاثیر بر ماهی (کاهش رشد و مرگ) می شود. معمولاً از BOD5 (میزان مصرف اکسیژن در آب در یک دوره ۵ ساعته) برای سنجش و ارزابی منابع آبی استفاده می گردد.

برای پرورش کپورماهیان میزان غلظت مجاز BOD5 کمتر از ۱۵-۸ میلی گرم توصیه می شود. این دامنه لازم است با میزان اکسیژن محلول آب، دمای آب، میزان هوادهی، تغییرات دمای فصلی و فتوسنتز مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و در مورد BOD منبع آبی قضاوت نمود.

پرمنگنات پتاسیم و هوادهی دو گزینه ای برای کاهش میزان BOD محیط آبی در نظر می گیرند. البته پرمنگنات پتاسیم یک کشنده است و ممکن است با کشتن جلبک ها، سطح اکسیژن محلول را بدلیل کاهش فتوسنتز و تجزیه جلبک های مرده نیز کاهش دهد. لذا موثر ترین راه هوادهی است تا روند تجزیه BOD توسط میکروارگانیسم ها را تسریع نماید.

- قلیائیت

اثر مستقیمی بر آبزی پروری ندارد، ولی بطور غیر مستقیم در منابع آبی دارای اثرات قابل ملاحظه ای است. معیار مناسبی است که ترکیبات آن می تواند ترکیبات اسیدی آب را خنثی کند و از تغییر شدید pH جلوگیری کند. هر گونه مواد

شیمیایی که بتواند اسید را خنثی کند می توان به قلیلیی بودن آب کمک کند. در آب های طبیعی ترکیبات کربناته و اسید کربنیک و هیدروکسیدها، آمونیوم، بورات ها، سیلیکات ها و فسفات ها در ایجاد قلیائیت نقش دارند. در سیستم آب شیرین طبیعی میزان قلیائیت بر حسب کربنات کلسیم سنجیده شده و از ۵ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر متغیر است. اگر منابع آبی دارای قلیلدیت کافی نباشد (کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر)، احتمالا منبع آبی داری دی اکسید کربن کافی یا کربنات های محلول برای انجام فرایند فتوسنتز نخواهد بود و رشد فیتوپلانکتون ها محدود می گردد (Lawson,1995).

جدول ۳-۵- سطوح تحمل قلیائیت آب برای آبزی پروری

مجموع قلیائیت (ml^{-1})	اثر	منبع
۲۰- ۱۵	تولید فیتوپلانکتون کم است	Boyd, 1974
<۳۰	در برابر تغییرات سریع pH با فر ضعیفی دارد	Mead, 1989 Tucker and Robinson, 1990
۲۰ -۴۰۰	برای اکثر اهداف آبزی پروری کافی است	
۱۵۰ یا ۱۰۰ <	میزان مطلوب	

*منبع: Lawson, 1995

- سختی آب

میانگین سختی کل آب اقیانوس ها و آب شور ۶۶۰۰ میلی گرم در لیتر است، بنابراین در منابع آبی شور یا دریایی سختی آب مشکلی ایجاد نمی کند (Lawson, 1995).

سختی ناکافی براحتی تامین می شود. با افزودن آهک کشاورزی یا کلرید کلسیم می توان سختی آب را افزایش داد. معمولاً گچ ترجیح داده می شود، چون براحتی تهیه شده و کم هزینه تر است و بر قلیلئیت آب نیز تاثیر نمی گذارد، اما از معایب آن خلوص متغیر گچ کشاورزی است(۹۸-۷۰ درصد) و سرعت کند واکنش آن نسبت به کلرید کلسیم است (Boyd, 1995).

جدول ۳-۶- سطوح تحمل سختی آب در آبزی پروری

طبقه بندی سختی در آب	غلظت ($CaCo_3$ در لیتر)
نرم	۷۵-۰ میلی گرم
در حد متوسط	۱۵۰-۷۵ میلی گرم
سخت	۳۰۰-۱۵۰ میلی گرم
خیلی سخت	۳۰۰< میلی گرم

*منبع: Sawyer and McCarty, 1978

- دی اکسید کربن

- دی اکسید کربن جزء طبیعی آب های سطحی است. انتشار از اتمسفر، تنفس ماهی، اکسیداسیون بیولوژیکی ترکیبات آلی از منابع اصلی آن در آب های سطحی هستند.
- معمولاً سطوح بالای دی اکسید کربن در آبزی پروری نگران کننده است.
- معمولاً در آب های زیر زمینی مقادیر دی اکسید کربن آن بالا است.
- در آب های سطحی هنگام شب با تنفس بالا و یا تابستان که میزان تنفس بالا است می تواند برای آبزی پروری نگران کننده باشد. زیرا بالا بودن غلظت آن در محیط سبب می‌گردد که سطح آن در خون ماهی افزایش یافته و توانایی هموگلوبین برای حمل اکسیژن را مختل کند و سبب ناراحتی تنفسی شود. این امر ممکن است در سطوح بالای اکسیژن نیز رخ دهد (اثر بوهر- روت[1]). اما در شرایط کمبود اکسیژن شدیدتر است. البته میزان تحمل آن در گونه های مختلف پرورشی متفاوت است.
- سطوح بالای دی‌اکسیدکربن آب می‌تواند pH محیط آبی را کاهش داده و سریعاً بر ماهی اثر نامطلوب بگذارد.
- در شرایط فوق اشباع گازها با تشکیل حباب در ستون آب و همچنین در خون و بافت ماهی از محلول خارج می‌شوند.
- ماهی‌ها در مخازن و قفس های کم عمق حساس‌ترند، زیرا نمی‌توانند در اعماق بیشتر که فشار بالاتر است بروند.
- معمولاً ماهیان در سیستم های بازچرخشی آب حساس‌ترند، زیرا عمل گاز زدایی بدرستی و کافی صورت نمی‌گیرد.
- جریان دادن آب در ستون و یا همزدن شدید آب سبب گاز زدائی می‌گردد.

جدول ۳-۷- سطوح تحمل دی اکسید کربن برای آبزی پروی

نوع آبزی پروری	CO2 آزاد (mgl^{-1})	توضیح
هچری‌ها	صفر	ایده آل
قزل‌آلای رنگین‌کمان	<۱۰	
ماهیان گرم‌آبی	<۱۵	
ماهیان باله دار	۱۰-۱۵ >	بیشترین
قزل‌آلای رنگین‌کمان	۹-۱۰<	اثرات سمی

*Petit, 1990; Boyd, 1990; Lawson, 1995

[1] Bohr-Root effect

- گاز نیتروژن

گاز نیتروژن که گاز اصلی در هوا است، به راحتی در داخل و خارج از آب سطحی پخش می شود تا با جو یا اتمفر به تعادل برسد. در دمای معمول پرورش ماهی آب حاوی ۲۰-۱۰ میلی‌گرم بر لیترگاز نیتروژن با هوا در تعادل است. این گاز برای ماهی و بی‌مهرگان سمی نیست، اما در حالت فوق اشباع می‌تواند سبب آسیب حباب گازی در ماهی شود.

- آمونیاک

آمونیاک محصول اولیه تجزیه ضایعات آلی نیتروژن‌دار و تنفس است و ممکن است نشان دهنده وجود اوره، مدفوع و مواد آلی در حال تجزیه باشد. غلظت بالای آمونیاک در آب، اغلب در آب های زیر زمینی که از چاه های عمیق گرفته می شود، یافت می گردد.

آمونیاک می تواند مشکلات بزرگی را برای سیستم‌های بازچرخشی آب[1] ایجاد کند. زیرا این سیستم‌ها اغلب دارای فیتوپلانکتون و گیاهان ریشه دار برای جذب آمونیاک نیستند. مگر اینکه فیلتر نیتریفیکاسیون به اندازه مناسب در آن گنجانده شود (D'Silva and Maughan, 1995).

غلظت بالای آمونیاک آب سبب افزایش غلظت آمونیاک و pH در خون ماهی می گردد. این عامل سبب آسیب به آبشش ماهی شده و ظرفیت حمل اکسیژن را کاهش و نیاز اکسیژنی بافت ها را افزایش می دهد. همچنین می تواند گلبول های قرمز خون و بافت هایی که آن ها را تولید می کنند را از بین ببرد و بر تنظیم اسمزی تاثیر بگذارد (Lawson, 1995). سمیت کل نیتروژن آمونیاکی (TAN[2] که برابر NH_4^+ و NH_3 است) بستگی به این دارد که چه کسری از آن یونیزه شده است. زیرا این شکل سمی تر است. آمونیوم نیز فقط در غلظت های بسیار بالا می تواند سمی باشد. معمولاً آمونیوم (غیر یونیزه) و آمونیاک (یونیزه) در تعادلی وابسته به pH ، دما و شوری آب قرار دارند. معمولاً نیتروژن آمونیاکی کل را اندازه گیری می کنند و برای محاسبه آمونیاک یونیزه، لازم است مقادیر pH ، دما و شوری آب اندازه گیری شود. بطوری که نسبت کل نیتروژن آمونیاکی به شکل آمونیاک یونیزه شده با افزایش pH، افزایش می یابد و در pH بالا مقدار کم TAN می‌تواند سمی باشد (Boyd, 1990). سمیت آمونیاک در افزایش pH از ۷ به ۸ به میزان ۱۰ برابر افزایش می یابد (Lloyd, 1992). ماهیان در آب های گرم نسبت به ماهیان در آب های سرد و همچنین ماهیان در آب شیرین نسبت به ماهیان در آب شور بیشتر تحت تاثیر اثرات سمی آمونیاک قرار دارند (Lawson, 1995). اثرات سمی آمونیاک یونیزه شده معمولاً در غلظت های بین ۰/۶ تا ۲ میلی گرم بر لیتر برای ماهیان احساس می‌شود، اما برخی گونه‌ها ممکن است دامنه تحمل کمتری داشته باشند.

---

[1] Recirculating systems
[2] Total Ammonia Nitrogen

جدول ۳-۸- عوامل موثر بر سمیت آمونیاک آب برای ماهی

عامل	اثر
عوامل فیزیک و شیمیایی آب	نسبت کنترل کننده آمونیاک به آمونیوم
دما	افزایش دما سبب افزایش سمیت آمونیاک می شود
pH	افزایش pH سبب افزایش سمیت آمونیاک می شود
اکسیژن محلول	کاهش اکسیژن محلول سمیت آمونیاک را افزایش می دهد
گیاهان	
فتوسنتز	افزایش اکسیژن محلول: دی اکسید کربن را کاهش و pH آب را افزایش می دهد.
تنفس	کاهش اکسیژن محلول: دی اکسید کربن را افزایش و pH آب را کاهش می دهد.
سطح آبشش	دی اکسید کربن را افزایش و pH آب را کاهش می دهد
دفع دی اکسید کربن	
سازگاری	
آمونیاک محیطی	ممکن است قابلیت سم زدایی را افزایش دهد ممکن است با محتویات پروتئین خوراک مرتبط باشد

*منبع: Lloyd, 1992

جدول ۳-۹- تحمل آمونیاک آب برای آبزی پروری

گونه	NH3 میلی‌گرم بر لیتر	توضیح	ارجاع
ماهیان آب شیرین	<۰/۰۵ < ۱ TAN	غلظت مطمئن	Lawson, 1995
خانواده آزادماهیان (قزل آلای رنگین کمان)	<۰/۰۲	غلظت مطمئن	Eu,1979
دستورالعمل عمومی	< ۱ TAN	سطح مجاز	Meade, 1989
	۰/۱	حداکثر سطح قابل تحمل	Pillay, 1992
	۰/۰۱۲	سطح مجاز	Boyd, 1990
	۰/۰۲	سطح مجاز	Meade, 1989

- نیتریت

در منابع آبی نیتریت به سرعت به نیترات تبدیل می شود و غلظت بالای آن در مخازن آبی رایج نیست. اما نیتریت در سیستم های باز چرخشی آب مشکل ایجاد می کند و غلظت های بالای آن هموگلوبین خون غیر فعال شده و سبب هیپوکسی می گردد. این وضعیت بنام بیماری خون قهوه ای نامیده می شود (Lawson, 1995). سمیت نیتریت تحت

عوامل شیمیایی زیادی قرار دارد. از جمله مهمترین آن ها کاهش سمیت توسط یون هایی مانند کلسیم، کلرید، برمید و بی کربنات است.. بنابراین بندرت در آب شور مشکل ایجاد می کند. به عوان مثال نیتریت در *Chanos chanos* در آب شیرین ۵۵ برابر سمی تر از آب با شوری ۱۶ گرم در هزار است (Boyd, 1990).

سطوح بالای نیتریت و سطوح پایین کلرید می تواند منجر به کاهش فعالیت های تغذیه، افزایش تبدیل ضریب خوراک، مقاومت کمتر در برابر بیماری و مرگ و میر شود (Lawson, 1995). شواهد دیگری نشان می‌دهد که افزایش pH، اکسیژن محلول پائین و آمونیاک بالا باعث افزایش سمیت نیتریت می گردد.

جدول ۳-۱۰- غلظت نیتریت بهینه در آبزی پروری

گونه / آب	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)	ارجاع
آب های سخت	<۰/۱	Pillay, 1992
آب های نرم	<۰/۱	Meade, 1989
ماهیان آب شیرین و لب شور	<۰/۵	Swann, 1993
ماهیان آب شور	<۱	Clifford, 1994
خانواده آزادماهیان		
آب های نرم	<۰/۰۱	Pillay, 1992
آب های سخت	<۰/۱	

- نیترات

نیترات در ترکیبات معدنی نیتروژن از کمترین سمیت برای آبزی پروری برخوردار است و در فرآیند نهایی نیتریفیکاسیون تشکیل می شود و غلظت آن بیشتر از آمونیاک و نیتریت است. سطوح غلظتی بالای نیترات در ماهی می تواند در سیستم تنظیم اسمزی و انتقال اکسیژن تاثیر بگذارد. میزان عددی غلظت سمی نیترات برای ماهی نسبت به آمونیاک و نیتریت خیلی بیشتر است (Lawson, 1995). سطوح بالای نیترات می تواند سبب یوتریفیکاسیون و رشد بیش از حد جلبک ها و گیاهان آبزی شود که ممکن است تاثیر منفی روی رشد ماهیان داشته باشد. نیترات را می توان با فرآیند نیترات زدایی به گاز نیتروژن تبدیل و با عمل تبخیر حذف نمود. انجام چنین فرایندی ممکن است دشوار و عموماً گران باشد.

جدول ۳-۱۱- غلظت بهینه نیترات برای آبزی پروری

گونه ماهی	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)	ارجاع
کپور	<۸۰	Svobodova et al., 1993
قزل آلا	<۲۰	
دسترالعمل عمومی	<۳	Meade, 1989
	<۱۰۰	Pillay, 1992

- آهن و منگنز

آهن در دو حالت اکسیداسیون در سیستم های طبیعی و به شکل آهن احیاء (Fe^{2+}) و آهن اکسید (Fe^{3+}) یافت می شود. شکل احیاء که در آب های بدون اکسیژن و نسبتاً محلول، غالب است. شکل اکسید شده در آب های اکسیژن دار غالب است و بسیار نامحلول است. اگر منبع آب دارای آهن بالایی باشد با اکسیژن رسانی به آب، آهن آن رسوب می کند. منابع رایج آهن بستر مخازن بزرگ در فصل تابستان و آب های عمیق زیرزمینی است (Boyd, 1990).

به همین صورت وضعیت بسیار مشابهی برای منگنز وجود دارد. فرم اکسید شده منگنز (Mn^{4+}) بسیار کمتر از شکل احیاء شده (Mn^{2+}) محلول است. اگر غلظت بالایی از فرم احیاء شده آن در محیط مخزن آبی موجود باشد، اکسید شده و رسوب می کند و مشکلاتی شبیه آهن ایجاد می‌کند.

غلظت بالای آهن و منگنز سبب رسوب در آبشش ماهیان شده و آن را مسدود و سبب استرس و مرگ ماهی گردد. این عامل در مخازن آبی با بستر خاکی که حجم بالایی دارند، آهن و منگنز در قسمت ورودی آب رسوب کرده و معمولا به ماهی آسیب نمی رساند. بطور کلی منگنز نسبت به آهن در منابع آبی طبیعی غلظت کمتری دارد. بنابراین نسبت به آهن کمتر نگران کننده است.

غلظت آهن کمتر از ۰/۵ میلی گرم بر لیتر برای ماهیان گرمابی مناسب است. درصورتی که برای ماهیان سردابی کمتر از ۰/۱۵ میلی گرم بر لیتر مناسب است.

غلظت آهن کمتر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر برای پرورش کپور ماهیان توصیه می شود. غلظت کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر برای آبزی پروری دریایی یا آب شور توصیه می گردد (Lawson, 1995).

- پارامترهای کیفی آب ناشی از فعالیت های انسانی

فلزات ناشی از منابع عمده انسانی عبارتند از استخراج و فرآوری سنگ معدن، ذوب، صنایع آبکاری، دباغی و صنایع نساجی است. آلودگی فلزی ناشی از آن به دلیل اثرات سمی بالقوه و توانایی بالای فلزات برای تجمع زیستی، در نتیجه کیفیت محصول ماهی در آبزی پروری را کاهش داده و خطرات بهداشت عمومی را به دنبال دارد.

فلزات با ذراتي مانند اکسیدها، رس‌ها و ذرات آلي کمپلکس‌هايي تشکیل مي دهند. سمیت معمولاً به شکل‌های حل‌شده فلزات و نه به شکل‌های جذب‌شده در محیط آبی برای آبزیان ایجاد می گردد. علاوه بر کاهش آن از طریق اتصال به ذرات و لیگاندهای کمپلکس، غلظت اشکال سمی حل شده و کمپلکس نشده در pH بالا کاهش می یابد. سمیت فلزات نیز در شوری بالا به دلیل رقابت یون ها با فلزات کاهش می یابد. بنابراین فلزات در سیستم‌های آبزی پروری دریایی نسبت به سیستم‌های آب شیرین کمتر مشکل دارند. برخی از فلزات در ماهی و صدف انباشته می شوند و در نتیجه باعث ایجاد یک تهدید بالقوه برای سلامت عمومی انسان است (Furness and Philip, 1990). ترکیباتی از قبیل کلرین ها، سموم کشاورزی، سیانیدها، هیدروکربن های نفتی از دیگر آلاینده ها با منشاء انسانی هستند که لازم است قبل از ماهی‌دار نمودن مخازن آبی پشت سدها مورد پایش قرار گیرد.

- پاتوژن ها و آلاینده های بیولوژیک

از غلظت کل باکتری ها (نه کل کلیفرم و یا کل کلیفرم‌های مدفوعی ، بلکه تعداد استاندارد پلیت در هر میلی‌لیتر) برای ارزیابی خطر آلودگی میکروبی استفاده می شود. اگر مجموع باکتری ها به ۱ تا ۵ در هر مولتی پلیت به $۱۰^۴$ در هر میلی لیتر برسد، باکتری ها احتمالاً در بافت عضلانی آبزی ظاهر می شود (Buras *et al*., 1985).

سایر پاتوژن های مرتبط با بیماری های انسانی مانند سالمونلا، استرپتوکوک، آستوموناس، سودوموناس، کلبسیلا و اشریشیت اغلب در روده ماهیان پرورش داده شده در فاضلاب یافت می شوند، اما به ندرت در بافت های عضلانی یا اندام های احشایی یافت می شوند. WHO توصیه می کند که تعداد سالمونلا در آب منبع از $۱۰^۳$ در ۱۰۰ میلی لیتر تجاوز نکند. Mara و Cairness (۱۹۸۹) توصیه می‌کنند که غلظت تخم‌های ترماتود زنده (تعداد متوسط حسابی در هر لیتر یا کیلوگرم) برابر با صفر باشد، زیرا تنها وسیله ممکن برای کنترل *Clonorchis sinensis* ، Fasciclopsis buski و Schistosoma japonicum(گونه‌هایی که بومی آسیا هستند) حذف تمام تخم های زنده قبل از استفاده از فاضلاب در استخرهای پرورش ماهی است (Pillay, 1992; WHO, 1989).

بوتولیسم، حصبه، هپاتیت، وبا، گاستروانتریت غیر اختصاصی و بسیاری از بیماری‌های دیگر نیز ممکن است در نتیجه مصرف ماهی و صدف‌های خام یا بخوبی پخته نشوند، حاصل گردد. بنابراین اگر از فاضلاب یا سایر منابعی که احتمالاً به عوامل بیماری زا آلوده هستند برای آبزی پروری استفاده شود، امکان مخاطرات فوق‌الذکر وجود خواهد داشت. لذا لازم است که منبع آبی مورد استفاده در آبزی پروری قبل از استفاده مورد آزمایشات کیفی قرار گیرد.

۱۰) جریان آب یا تبادل کافی آب در مخزن

آگاهی از جریان های آبی برای چگونگی حرکت مواد آلی در محیط پرورش ماهی در قفس استفاده می شود. این اندازه‌گیری‌ها مبنای ظرفیت برد یا تحمل محیطی را برای پرورش ماهی تشکیل می‌دهند. در جریان آبی مناسب و بدون

تأثیر منفی بر محیط، ماهی حداکثر رشد و بیشترین بازدهی را دارد. معمولاً جریان آبی ۰/۱ فوت بر ثانیه یا ۳ سانتی متر بر ثانیه برای رشد ماهیان مناسب است. اما برای زدودن رسوبات زیستی[1] از تورهای قفس های شناور نیازمند جریان آبی ۲۵-۱۰ متر بر ثانیه است. زیرا علاوه بر زدودن رسوبات زیستی سبب افزایش میزان اکسیژن محیط می شود. در طول تابستان و ایجاد لایه های حرارتی و عدم جریانات آبی، امکان کاهش اکسیژن و تلفات ماهیان در قفس ها وجود دارد (Madin *et al*., 2010; Bhatnaga and Devi, 2013; Cline, 2019; Dalland, 2021). بدین منظور در سدهایی با چنین خصوصیت، به منظور پرورش ماهی در قفس شناور لازم است که از هواده بخصوص در اوایل صبح برای اکسیژن دهی استفاده گردد. البته با توجه داشت که برای پرورش گونه های مختلف ماهیان به منظور تامین اکسیژن و رشد مناسب جریان آبی متفاوتی لازم است.

بنابراین جریان آبی در مخازن آبی پشت سدها می تواند بطور مستقیم و غیر مستقیم بر سیستم پرورش ماهی در قفس های شناور اثرات مطلوبی داشته باشد (Wang *et al*., 2020):

۱- تأثیر مستقیم: جریان آبی می‌تواند به نحوی در سیستم پرورش ماهی تأثیر بگذارد که میزان اکسیژن موجود در آب را تغییر دهد. در صورتی که جریان آبی قوی باشد، اکسیژن به طور موثرتری به آب وارد می‌شود و این می‌تواند به بهبود رشد و سلامت ماهیان کمک کند. همچنین جریان آبی می‌تواند ذرات آلاینده و باکتری‌ها را از محیط پرورش ماهیان دور کند.

۲- تأثیر غیرمستقیم: جریان آبی می‌تواند تأثیرات غیرمستقیمی بر روی سیستم پرورش ماهی در قفس شناور داشته باشد. برای مثال، در صورتی که جریان آبی قوی باشد، میزان تغذیه ماهیان افزایش می‌یابد زیرا ذرات غذایی به بهترین شکل در سیستم پراکنده می‌شوند. همچنین، جریان آبی می‌تواند به تنظیم دمای آب و بهبود کیفیت آب کمک کند.

۱۱) پدیده تغذیه گرایی و شکوفایی جلبکی در مخزن آبی وجود نداشته و یا در حداقل میزان باشد.

قبل از شروع فعالیت پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی لازم است اطمینان حاصل شود که بدنه آبی از شرایط الیگوتروف (محتوای مواد مغذی کم) یا مزوتروفیک (محتوای مواد مغذی متوسط) برخوردار است. زیرا در شرایط یوتروف امکان پرورش ماهی در مخازن آبی فراهم نمی باشد.

بدلیل گرمایش جهانی و فعالیت‌های انسانی، پدیده شکوفه‌های مضر جلبکی به طور فزاینده‌ای در مخازن آب شیرین رخ می‌دهد(Glibert, 2020, Huang *et al*., 2020, Li *et al*., 2022). شکوفه‌های جلبکی، که تکثیر بیش از حد فیتوپلانکتون‌ها یا سیانو باکتری‌ها هستند، نه تنها می‌توانند باعث مرگ ماهی‌ها، کاهش اکسیژن و تخریب محیط زیست شوند، بلکه

[1] Biofouling

می‌توانند کیفیت آب در منابع آبی را نیز کاهش دهند و به‌طور شدیدتر، سلامت عمومی را تهدید کنند(Gorham *et al*., 2020).

علت اصلی تغذیه گرایی و شکوفایی جلبکی در مخزن آبی، ناهماهنگی در تعادل محیطی است. این ناهماهنگی می‌تواند به دلیل عوامل مختلفی از جمله افزایش غلظت عناصر غذایی (مانند نیتروژن و فسفر)، افزایش دما، تغییرات شدید نور و pH آب، و همچنین ورود آلاینده‌ها به آب رخ دهد. از طرفی آب راکد، دمای بالا و مواد مغذی بیش از حد رشد جلبک های سبز آبی را تحریک می کند. در تابستان، زمانی که آب گرم می‌شود، جلبک‌ها می‌توانند خیلی سریع رشد کرده و پخش شوند. مخازن آب اغلب فاقد گردش هستند، بنابراین آب راکد است. مواد مغذی فراوان، به ویژه نیتروژن و فسفر، به جلبک ها کمک می کند تا با دیگر موجودات آبی رقابت کنند و شکوفه های عظیمی را تشکیل دهند. این عوامل باعث رشد بیش از حد جلبک‌ها می‌شوند و می‌تواند به تغییرات نامطلوب در کیفیت آب، اکسیژن کم و کاهش تنوع زیستی منجر شود. در صورتی که مشکل شدید باشد، ممکن است نیاز به تنظیم و کنترل منابع آبی و استفاده از روش‌های مناسب برای کنترل جلبک‌ها باشد (Dai *et al*., 2013; Lian *et al*., 2014).

انواع جلبک‌ها در مخازن آبی شامل:

- جلبک پلانکتونیک تک سلولی میکروسکوپی: آن‌ها می توانند آزادانه در آب شناور باشند یا کلونی تشکیل دهند. آن‌ها می توانند آب را سبز، زرد، قهوه ای یا قرمز کنند.
- جلبک های رشته ای: جلبک های تک سلولی که تارهای بلندی مانند حصیر تشکیل می دهند.
- ماکروفیت ها: شبیه گیاهان واقعی هستند و به نظر می رسد ساقه و برگ دارند.

اگر پدیده تغذیه گرایی و شکوفایی جلبکی به صورت نامتعادل و زیادی در مخزن آبی رخ دهد، ممکن است باعث کاهش محتوای اکسیژن آب و ایجاد بلوم جلبکی شود. این موضوع می‌تواند باعث کاهش کیفیت آب و مشکلات تنفسی برای ماهیان در قفس شود. همچنین، افزایش چگونگی جلبک‌ها ممکن است منجر به محدود شدن نور خورشید و کاهش نفوذ نور به آب شود که ممکن است بر رشد و توسعه ماهیان تأثیر منفی داشته باشد.

با توجه به این تأثیرات، مدیران سیستم پرورش ماهی در قفس باید متناسب با شرایط جغرافیایی و اکولوژیکی منطقه، میزان تغذیه گرایی و شکوفایی جلبکی را کنترل و تنظیم کنند. این امر می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلف از جمله کاهش نسبت نیتروژن به فسفر در آب، استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی (شامل هوادهی، تصفیه آب با افزودنی های شیمیایی مختلف اعم از آلوم، لانتانیم یا هر محصول دیگری که ارتوفسفات های یونیزه شده را رسوب دهد. استفاده از جلبک کش‌ها اغلب ترکیبات مبتنی بر مس هستند مانند سولفات مس و مواد شیمیایی Endothall) برای کنترل جلبک‌ها و

استفاده از فناوری‌های نوین مانند استفاده فناوری اولتراسونیک[۱] و یا از نور UV-C[۲] برای کنترل جلبک‌ها انجام شود(Song, 2023).

نظارت بر کیفیت آب به جلوگیری از مشکلات جلبک در مخازن آبی پشت سدها ضروری است. نظارت بر پارامترهای کلیدی از جمله کلروفیل-a، فیکوسیانین، دما، DO، pH و کدورت این امکان را می‌دهد که روندها را سنجیده و شکوفه های مضر را پیش بینی کرد[۳]. بنابراین برای جلوگیری از شکوفایی جلبک ها و اثرات جدی زیست محیطی، بهداشتی و سلامتی، باید تکثیر جلبک ها را پیش بینی و کنترل کنید. هدف شیوه های مدیریت جلبک پایدار کاهش ورود مواد مغذی به بدنه های آبی است. موفقیت دراز مدت مستلزم تغییر در سیاست ها و فعالیت های انسانی است. ممکن است چندین سال طول بکشد تا کیفیت آب به میزان قابل توجهی بهبود یابد.

بنابراین لازم و ضروری است که از شکوفایی جلبکی جلوگیری کرد، چون سیانوباکترها و جلبک های سبز بیش از حد در آب (شکوفایی جلبکی) می توانند کیفیت آب را بدتر کنند. این موجودات می توانند سموم قوی را آزاد کنند که اغلب منجر به مرگ ماهی ها و حیوانات می شود. آن‌ها همچنین می توانند بر انسان و هر موجود زنده‌ای تأثیر بگذارند و باعث بیماری، فلج، سرطان کبد یا حتی مرگ شوند. آب آلوده می‌تواند کل منبع آب را به خطر بیندازد، زیرا این سموم و متابولیت‌ها در آب حل می‌شوند. تغییرات محیطی یا عدم تعادل مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) در مخازن آبی می تواند وجود جلبک های سمی را تشدید کند[۴].

۱۲) وجود پوشش گیاهی در حاشیه و داخل مخزن آبی

ماکروفیت‌های می‌توانند بار تغذیه (مواد مغذی ترکیبات ازت و فسفر) در آب را کاهش دهند، رشد فیتوپلانکتون‌ها را مهار کنند و خطر شکوفایی جلبک‌ها را کاهش دهند. بدین ترتیب برای سیستم پرورش ماهی نیز مفید باشند.

درصورتی که تراکم گیاهان در مخازن آبی سدها قابل کنترل نباشد می تواند مخاطراتی را در حاشیه و داخل مخزن آبی برای پرورش ماهی در قفس ایجاد خطر می کند که به شرح ذیل است:

- کاهش اکسیژن: موانع پوشش گیاهی می‌توانند باعث محدود شدن جریان هوا و دسترسی به اکسیژن در محیط آبی شوند. کاهش سطح اکسیژن در آب می‌تواند به تنفس دشوار ماهیان و کاهش سطح اکسیژن در خون آن‌ها منجر شود، که می‌تواند به مرگ گله ای و حتی یکباره آبزیان منجر شود.

---

[۱] اولتراسوند به امواج صوتی با فرکانس بالای ۲۲ کیلوهرتز اطلاق می شود .در فرکانس های خاص، اولتراسوند می تواند رشد جلبک ها را کنترل کند.

[۲] Ultraviolet-C (UVC) light: فرابنفش نور نامرئی با چشم غیر مسلح با طول موج ۱۰ تا ۴۰۰ نانومتر است. در این محدوده، نور با طول موج ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر، که به آن UV-C (فرابنفش عمیق) گفته می شود. دارای عملکردهای گسترده ای مانند گندزدایی، تجزیه مواد آلی، فتوپلیمریزاسیون است.

[3] https://www.lgsonic.com/how-to-prevent-algal-blooms/

[4] https://www.solitudelakemanagement.com/10-ways-prevent-harmful-algal-blooms-cyanobacteria-toxic-blue-green-algae/

- ایجاد موانع: پوشش گیاهی انبوه در محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی می‌توانند به موانعی برای حرکت ماهیان منجر شوند. این موضوع می‌تواند باعث محدودیت فضایی شود و ماهیان را از دسترسی به منابع تغذیه بازدارد.
- اختلال در رشد ماهیان: موانع پوشش گیاهی می‌توانند به صورت مستقیم بر رشد ماهیان در قفس‌ها تأثیر بگذارند. رشد ماهی‌ها ممکن است کند شود و امکان بزرگ شدن و رشد صحیح را برای آن‌ها کاهش دهد.
- افزایش خطر بیماری: موانع پوشش گیاهی ممکن است به عنوان یک زیستگاه برای میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها عمل کنند. این میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سلامت ماهیان را به خطر انداخته و سبب شیوع بیماری در قفس‌های پرورشی شوند.
- کاهش جریان آب داخل قفس: در برخی موارد، موانع پوشش گیاهی می‌توانند باعث کاهش میزان جریان آب در حاشیه و داخل مخزن آبی شوند. این موضوع می‌تواند سبب افزایش چسبنده ها به تور قفس شده و میزان تبادلات اکسیژنی را در داخل قفس کاهش دهد.

طبق تحقیقاتی که توسط Zeng و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد، نشان داد اثر بازسازی ماکروفیت ها به میزان ۸۲۱ گرم بر متر مربع بر بهبود اکوسیستم آبی با گونه های غالب گیاهان آبزی *Ceratophyllum demersum*، *Myriophyllum verticillatum* و *Potamogeton crispus* در طول سال سبب کاهش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، نیتروژن کل (TN)، مواد جامد معلق کل (TSS) و نیترات نیتروژن (NN) بود، اما تغییرات در فسفر کل (TP) و نیتروژن آمونیاکی (AN) در طول دوره بررسی نداشت.

بنابراین، نتایج ما نشان داد که احیای ماکروفیت ها یک روش بسیار بالقوه و موثر برای مبارزه با اوتروفیکاسیون و توسعه کیفیت آب در دریاچه های نیمه گرمسیری اوتروفیک است و شایسته توجه بیشتر در مدیریت دریاچه های نیمه گرمسیری / گرمسیری آینده است.

۱۳) اثر رسوب بر پرورش ماهی در قفس

رسوبات موجود در مخازن آبی پشت سدها می‌توانند اثرات متعددی بر روی پرورش ماهی در قفس‌ها داشته باشند:

- کاهش کیفیت آب: رسوبات معمولاً شامل مواد ناخالصی مانند لجن، گل و ماسه، مواد ریز جامد و مواد شیمیایی است. حضور این رسوبات در آب مخزن باعث کاهش کیفیت آب می‌شود، که می‌تواند تأثیر منفی بر سلامت و رشد ماهیان در قفس‌ها داشته باشد.
- اختلال در اکوسیستم: رسوبات ممکن است به عنوان محل زندگی برای انواع باکتری‌ها، گونه‌های آبزیان کوچک و انواع حیوانات کرمی عمل کنند. این موجودات ممکن است به مقدار تغذیه ماهیان در قفس‌ها خسارت برسانند، سبب رقابت برای منابع غذایی شوند یا بیماری‌های آبزیان را به وارد کنند.

- مشکلات تنفسی: در صورت تجمع رسوبات روی قفس و ستون آب، می‌تواند باعث محدود شدن جریان آب در اطراف قفس شود و برای ماهیان در داخل قفس مشکلات تنفسی ایجاد کند. این ممکن است باعث کاهش سطح اکسیژن در آب شود و سلامت و رشد ماهیان را تحت تأثیر قرار دهد.
- انسداد مکانیکی: رسوبات ممکن است در برخی زمینه‌ها و سیستم‌ها، مانند تورها، لوله‌ها و تجهیزات قفس‌ها، انسداد ایجاد کنند. این مشکلات می‌توانند باعث کاهش جریان آب و کیفیت آن شوند و در نتیجه به کاهش عملکرد و تأثیر منفی بر رشد ماهیان منجر شوند.

برای کنترل و مدیریت اثرات رسوب بر پرورش ماهی در قفس‌ها، می‌توان از روش‌هایی مانند تخلیه منظم رسوبات، استفاده از سیستم‌های فیلتراسیون مناسب، مدیریت دقیق تغذیه ماهیان و نظارت منظم بر آب و سلامتی ماهیان استفاده کرد. همچنین، اقداماتی مانند بهبود مدیریت زیست‌منابع آبی و حفاظت از حوزه آبخیز می‌تواند در کاهش تولید رسوبات و در نتیجه کاهش تأثیرات آنها بر محیط زیست و پرورش ماهیان مؤثر باشد.

۱۴) مدیریت و امکان تخلیه رسوبات از بستر مخزن آبی سد

مدیریت و تخلیه رسوبات از بستر مخزن آبی سدها به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. بسته به شرایط موجود و نیازهای سد، می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- تخلیه پیوسته: در این روش، جریان آب تحت فشار از بدنه سد یا از طریق تونل‌ها یا دریچه‌ها به بیرون راه می‌یابد. این روش به طور مداوم استفاده می‌شود تا رسوبات را به طور مداوم از بستر سد تخلیه کند و جلوی تجمع آن‌ها را بگیرد.
- تخلیه توسط منابع ثانویه: در این روش، آب از سد به عنوان روشی برای تامین آب به نیازهای دیگر، مانند آبیاری مزارع و تأمین آب شهری، استفاده می‌شود. آب تخلیه شده از سد بعد از اینکه از رسوبات نجات پیدا کرده، برای استفاده در سیستم‌های دیگر استفاده می‌شود.
- تخلیه با فشار: در این روش، از جریان آب با فشار بالا استفاده می‌شود تا رسوبات را از بستر سد آبکشی کند و به بیرون تخلیه شوند. این روش برای تخلیه رسوبات سفت کارآمد است.

همچنین، تخلیه رسوبات از سدها نیاز به برنامه‌ریزی دقیق، مطالعات اکولوژیکی و ارزیابی همه‌جانبه دارد. تأثیرات زیست محیطی و مدیریت جامع آب منطقه بر رسوبات و تخلیه آنها باید مورد توجه قرار گیرد تا به بهینه‌سازی عملکرد سد و محافظت از منابع آبی و محیط زیست کمک شود.

۱۵) اعمال "رویکرد پیشگیرانه"برای جلوگیری از افزایش مواد مغذی حاصل از پرورش ماهی در قفس

رویکرد پیشگیرانه در جلوگیری از افزایش مواد مغذی حاصل از پرورش ماهی در قفس شامل مجموعه اقداماتی است که هدف آن‌ها کاهش آلودگی و آثار منفی ناشی از مواد مغذی می‌باشد. در ادامه، تعدادی از این اقدامات را بررسی خواهیم کرد:

۱. مدیریت تغذیه: با اطمینان از استفاده بهینه از تغذیه ماهیان، میزان مواد مغذی که به محیط اطراف قفس‌ها رها می‌شود کاهش می‌یابد. برای این منظور، باید تعداد و زمان تغذیه، نوع و میزان غذا و روش‌های تغذیه بهینه‌ای را در نظر گرفت.

۲. مدیریت تخلیه آب از سدها: روش صحیح تخلیه آب می‌تواند در کاهش آلودگی مواد مغذی به محیط اطراف قفس‌ها مؤثر باشد.

۳. طراحی و مهندسی مناسب سیستم‌های قفس: در طراحی قفس‌های پرورش ماهی، باید به جریان آب، سیستم فیلتراسیون دقت شود تا بهبود در بهره‌وری و کاهش آلودگی مواد مغذی ایجاد شود.

۴. استفاده از مکمل‌های تغذیه قابل جذب: با استفاده از مکمل‌های تغذیه با درصد جذب بالا توسط ماهیان، کمترین میزان و اطراف قفس ناشی از تخلیه مواد مغذی تولید خواهد شد.

۵. کنترل دقیق میزان تغذیه: در برخی موارد، میزان زیاد تغذیه، باعث افزایش بهره‌وری ناپایدار، رشد ناهمگن و به دنبال آن افزایش آلودگی مواد مغذی محیط خواهد شد. بنابراین، برای کنترل دقیق میزان تغذیه ماهیان، باید به نیازهای غذایی ماهیان و شرایط محیطی توجه کنیم.

۶. نظارت مداوم و آزمایش‌های دوره ای: برای ارزیابی کیفیت آب و رصد مواد مغذی، نظارت دقیق بر آب و محیط پرورش ماهی ضروری است. از طریق آزمایش‌های دوره ای می‌توان میزان مواد مغذی در آب و سلامتی ماهیان را بررسی کرد و در صورت لزوم اقدامات بهبودی را انجام داد.

با ترکیب این رویکردها و اقدامات، می‌توان میزان آلودگی مواد مغذی ناشی از پرورش ماهی در قفس را به حداقل رساند و به سازگاری محیط زیستی و در عین حال بهره‌وری و سلامت ماهیان کمک کرد.

۴- بحث و نتیجه گیری

افزایش جمعیت انسانی به یکی از چالش‌های بزرگ در جهان مدرن تبدیل شده است. با رشد جمعیت، نیاز به تامین غذای کافی برای همه افراد نیز افزایش می‌یابد. پروتئین حیوانی یکی از مهم‌ترین مواد غذایی است که برای سلامت و رشد سالم انسان لازم است. با افزایش جمعیت، تولید پروتئین حیوانی نیز باید افزایش یابد تا تامین نیازهای غذایی جامعه به خوبی صورت پذیرد.

اما تولید پروتئین حیوانی با چالش‌های خاص خود روبرو است. گسترش آبزی‌پروری به عنوان یک راهکار موثر در تولید پروتئین حیوانی در سطح جهانی در نظر گرفته شده است. آبزی‌پروری به معنای پرورش و نگهداری آبزیان در محیط‌های مصنوعی است. این روش تولید پروتئین حیوانی به دلیل مزایای زیادی که دارد، به عنوان یک راه حل پایدار و مناسب برای تامین نیازهای غذایی جامعه شناخته شده است. گسترش آبزی‌پروری به‌عنوان یک صنعت رو به رشد، باعث افزایش تولید پروتئین حیوانی خواهد شد و با استفاده از فناوری‌های پیشرفته در آبزی‌پروری، محصولات با کیفیت و با ارزش غذایی بالا تولید می‌شود. اما گسترش آبزی‌پروری نیز با چالش‌های خود روبرو است.

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در آبزی‌پروری، مدیریت منابع آب است. برای پرورش ماهیان و سایر موجودات آبزی، نیاز به منابع آبی بسیار زیاد است. این منابع آب ممکن است تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آب شیرین قرار گیرند. بنابراین، برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت صحیح منابع آب در آبزی‌پروری بسیار حائز اهمیت است. یکی از منابع آبی مهم و دارای استعداد برای آبزی پروری مخازن آبی پشت سد ها می باشد. آب سد به روش های مختلف امکان آبزی پروری را فراهم می کند: ۱- استفاده از آب سد در پایین دست، ۲- آبزی دار نمودن مخازن آبی سدها و ۳- پرورش ماهی در مخازن آبی سدها در محیط محصور (قفس). اما با توجه به مطالب ارائه شده در مقدمه می توان دریافت که سدهایی با کاربری شرب، امکان آبزی دارنمودن و یا آبزی‌پروری در محیط محصور وجود نخواهد داشت. اما در سدهایی با اهداف غیرشرب این امکان فرآهم است. لذا در این مبحث تنها به پرورش ماهی در قفس در مخازن آبی غیر شرب با هدف مناطق استقرار بحث خواهد شد.

ارزیابی تاثیرات محتمل پرورش ماهیان در قفس در مخازن آبی پشت سدهای غیرشرب لازم است در درجه نخست در تعامل با اکوسیستم محیطی باشد. استفاده از روش‌های پایدار پرورش و حفاظت از محیط طبیعی برای کمک به حفظ تعادل اکوسیستم محیطی اهمیت دارد.

در هر صورت، پیش از استقرار قفس‌های شناور در مخازن آبی، بهتر است با متخصصان مربوطه در زمینه پرورش ماهیان و مهندسان محیط زیست در ارتباط با فاکتور های حفاظت از محیط زیست مشورت شود تا بهترین مکان برای استقرار در نظر گرفته‌شود و تأثیرات منتظره حاصل از این فعالیت بر محیط زیست و موجودات زنده را به حداقل برساند. در این

مبحث سعی شد در قسمت نتایج پارامترهای انتخاب مکان مناسب ارائه شود. اما برای تعیین مکان مناسب در نهایت لازم است مباحث کارشناسی مطرح و تصمیم نهایی صورت گیرد.

برای تعیین بهترین مکان برای استقرار قفس‌های شناور در مخازن آبی پشت سدها، لازم است که بر اساس معیارهای فوق الذکر در فصل نتایج این تحقیق به شکل مناسبی ترازمندی و تحلیل انجام شود. همچنین توجه به شرایط و محدودیت‌های خاص هر منطقه نیز اهمیت دارد.

به طور کلی، منطقه‌هایی که در سدها و مخازن آبی دارای آب با کیفیت خوب و پایداری آبی مطلوب هستند، دارای عمق آب مناسب برای رشد ماهیان، جریان آبی مناسب و شرایط آب و هوایی و محیطی سازگار با پرورش ماهیان هستند، بهترین مکان برای استقرار قفس‌های شناور خواهند بود.

لذا مباحث مطرح شده در قالب ضوابط و معیارهای پرورش ماهی در محیط محصور قفس‌ها در سدهای غیرشرب با توجه به پارامترهای موثر در آبزی‌پروری تدوین شده است.

پیشنهادها

- آبزی پروری در پائین دست تمام سدهای کشور امکان پذیر است و از مخازن آبی پشت سدها تغذیه می شود. لذا لازم است برای چنین مزارعی نیز ضوابط و معیارهای مربوطه تدوین شود.
- کشور ایران با محدودیت منابع آب شیرین روبرو است لذا هر گونه استفاده از این منابع آبی لازم است با مدیریت و برنامه ریزی صحیح به منظور بهر ه مندی از حد اکثر بهره وری صورت گیرد. در این خصوص استفاده از آب های زیر زمینی برای فعالیت های آبزی پروری مطرح می باشد که ضروری است با مدیریت و برنامه ریزی در قالب ضوابط و معیارهای علمی صورت گیرد.
- پایش سالانه پس از استقرار قفس ها به منظور ارزیابی های دوره ای و تایید مکان مناسب استقرار قفس انجام گیرد.
- اجرای تمام بندهای ضوابط و معیار ها این تحقیق حتما با مشورت کارشناسان متخصص و مجرب در عرصه انجام گیرد.

منابع

- آذري، ع. ح. ۱۳۷۴. بررسي مقايسه اي امكان پرورش آزادماهيان در قفس هاي شناور آب هاي لب شور و شيرين. پايان نامه كارشناسي ارشد دانشگاه تهران.۱۱۳ صفحه.
- خلجی، م.، ابراهیمی، ع.، هاشمی نژاد، ه. متقی، ا.،اسداله،س.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخصWQI، مجله علمی شیلات ایران، سال بیست و پنجم/شماره۵. صفحات ۶۴-۵۱. DOI :10.22092/isfj.2017.110314
- سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۹. ضوابط پرورش ماهی در قفس، ضابطه شماره ۸۲۳، ۲۷۳ صفحه.
- سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۷. مقررات و ضوابط استقرار واحدهای تولیدی، صنعتی و معدنی. معاونت محیط زیست انسانی، دفتر ارزیابی زیست محیطی. موضوع ماده ۱۱ قانون هوای پاک. ۶۸ صفحه.
- سازمان دامپزشکی کشور، ۱۳۹۲. دستورالعمل اجرایی ضوابط و مقررات بهداشتی مراکز نگهداری و پرورش ماهی در قفس دریایی. ۸ صفحه.
- سازمان شیلات ایران ، ۱۳۹۵. شیوه نامه صدور مجوز پرورش ماهی در قفس در آبهای دریایی و داخلی (دریاچه پشت سد). ۲۲ صفحه.
- سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۲. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۴۰۱- ۱۳۹۷. ۳۳ صفحه.
- شریفیان، م. ۱۳۹۹. تدوین معیارها و ضوابط زیستی پرورش ماهی در قفس های دریایی. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور . ۱۴۱ صفحه.
- شهبازیان، ن.، ۱۳۹۷. راهنمای عملی امنیت زیستی پرورش ماهی در قفس، معاونت بهداشتي و پيشگيري سازمان دامپزشکی کشور، ۱۹ صفحه.
- شیری، ن.، خادم زاده، ا.، درخشش، ن.، سوری، م.، و صفدریان، ب.،۱۴۰۱. جستاری بر بکارگیری بهینه مخازن سدها برای پرورش ماهی در قفس،اولین همایش بین المللی علوم دریایی " با رویکرد نوآوری در اکوسیتم های آبی بر تکیه بر اقتصاد دریاپایه"، https://civilica.com/doc/1670182
- صادقی،ح.، آسایش، ح.، ۱۳۹۵. تشکیل بازار آب از دیدگاه اقتصاد اسلامی. فصلنامه علمی-ترویجی اقتصاد و بانکداری اسلامی. شمار ۱۵، صفحات ۹۲-۷۱.
- فارابي، س. م. و.، سید مرتضایی، س.ر.، ۱۳۹۹. ضرورت استفاده از منابع آبی شور به منظور توسعه آبزی پروری و امکان سنجی معرفی ماهی آتلانتیک سالمون *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) به صنعت آبزی پروری ایران. گزارش علمی فنی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. فروست: ۵۸۵۲۴. ۷۸ صفحه.
- مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۵۳. قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست. مص.ب ۲۸/ ۳/ ۱۳۵۳. https://rc.majlis.ir/fa/law/show/97090

- مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۷۸. آیین نامه اجرایی حفاظت و بهره برداری از منابع آبزی جمهوری اسلامی ایران. ۱۷۶ - ۱۳۷۸/۰۳/۱۸ - هـ ۱۷۹۲۵ - ت۱۲۳۴۰ . ۱۳۷۸/۰۲/۰۵. ۳۰ صفحه. https://rc.majlis.ir/fa/law/print_version/119186
- معاونت برنامه‌ريزي و نظارت راهبردي رييس‌جمهور. ۱۳۹۰. راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ. نشریه شماره ۵۵۰.
- نعمتی، م.ج.، ۱۴۰۰. سد سازی در گذر زمان. دوهفته نامه هم شهری دانستنیها. شماره ۲۶۷. منتشر شده در علم و فن عمومی. محیط زیست.
- وزارت نیرو، ۱۳۹۱. آیین نامه آبزی پروری در سدها و شبکه های آبیاری و زهکشی با اهداف غیر شرب. منتشره معاونت امور آب و ابفا، دفتر نظام های بهره برداری و حفاظت آب و آبفا. سند ۱- ب خ ب / ش آ س ش آ ز مورخ اردیبهشت ۱۳۹۱. ۳۸ صفحه.
- Abdolhay, H., Pourkazemi, M. and Seyedi Ghomi, M.K., 2016. Briefing Report on rainbow trout culture in cages in the Caspian Sea. Iranian Fisheries Organization. 28 pp.
- Agaro, E.D., Gibertoni, P.P., and Esposito, S., 2022. Recent Trends and Economic Aspects in the Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Sector. Applied Sciences, 12(17), 8773; https://doi.org/10.3390/app12178773
- Alabaster, J. S., and R. Lloyd. 1982. Water Quality CriteriaforFreshwaterFish. 2d edition. London: Butterworth Scientific.
- Ali, M. and Delisle, H.F. 1999. A participatory approach to assessing Malawi villagers' perception of their own food security. *Ecology of Food and Nutrition*, 38, 101-121.
- Altinbilek, D., and Cakmak, C., 2001. The Role of Dams in Development. International Energy Symposium Ossiach. AT0200131. P 5.
- Bao-Tong, H., 1994. Cage culture development and its role in aquaculture in China. Aquaculture Research, 25(3), 305-310. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1994.tb00693.x
- Bhatnagar, A. and Devi, P., 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International journal of environmental sciences, 3(6), 1980.
- Bhavan, K., 2016. Guidelines for Cage Culture in Inland Open Water Bodies of India. National fisheries development board.Hyderabad 500025.Ministry of agriculture and farmers welfare. New Delhi. 110001. P: 20.
- Bowley, G., and Jefferson, R., 2017. Fish in Farm Dams. NSW Department of Primary Industries.P:6. www.dpi.nsw.gov.au/primefacts
- Boyd, C.E., 1990. Water Quality in Pondsfor Aquaculture. Birmingham, Ala.: Auburn University Press.
- Boyd, C.E., 2013. Aquaculture, Freshwater. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.03764-7.
- Boyd, C.E., 2018. Water temperature in aquaculture. Global Seafood Alliance's (GSA). https://www.globalseafood.org/advocate/water-temperature-in-aquaculture/
- Brown, T., Borgia,G., Sullivan, J., Appleton, S., Willis, M., and Gabrielli, A., 2023. Dams. National Geographic Society. https://education.nationalgeographic.org/resource/dams/
- Buras, N., Duek, L., and Niv, S., 1985. Reaction of Risk to Microorganisms in Wastewater. Journal of Applied Environment Microbiology50(4): 989-95
- Chua, T.E., 1979. Site selection, structural design, construction, management and production of floating cage culture system in Malaysia. In Proceedings of the International Workshop on Pen Cage Culture of Fish, 11-22 February 1979, Tigbauan, Iloilo, Philippines (pp. 65-80). Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.P:392. http://hdl.handle.net/10862/1530.
- Clifford, Henry C. Ell. 1994. "Semi-Intensive-Sen sation: A Case Study in Marine Shrimp Pond Management." World Aquaculture25(3): 10
- Cline D., 2019. Water quality in aquaculture. Retrieved October 10, 2019, from https://freshwater-aquaculture.extension.org/water-quality-in-aquaculture/.

- Colt, J., and Orwicz, k., 1991. Modeling production capacity of aquatic culture systems under freshwater conditions. Journal of Aquacultural Engineering. 10 (1991), pp. 1-29. https://doi.org/10.1016/0144-8609(91)90008-8
- Dai, H.C.; Mao, J.Q.; Jiang, D.G.; Wang, L.L., 2013. Longitudinal hydrodynamic characteristics in reservoir tributary embayments and effects on algal blooms. PLoS One, 8, PP: 1–14
- Dalland, R., 2021. Current measurement for aquaculture. Farming the ocean. https://www.aanderaa.com/media/pdfs/mission-water-aquaculture.pdf
- D'Silva, A. M., and 0. E. Maughan. 1995. "Effects of Density and Water Quality on Red Tilapia (Oreochromis mossambicus X 0. urolepis hor norum) in Pulsed-Flow Culture Systems." Journalof Applied Aquaculture 5(1): 69-75.
- EU (European Union). 1979. Directiveon the Quality of Fresh Water Needing Protectionor Improvement in Order to Support Fish Life. 79/659/EEC. Brussels: EU.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2020. Guidelines on the responsible aquaculture development of reservoirs. Rome, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. 266P. https://doi.org/10.4060/cc0461en
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2024. Fishery and Aquaculture Country Profiles. Iran (Islamic Rep. of), 2015. Country Profile Fact Sheets. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated Apr 1, 2016 [Cited Monday, January 8th 2024]. https://www.fao.org/fishery/en/facp/irn
- Fumess, R.W., and Philip, S.R., 1990. Heavy Metals in the Marine Environment. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Ceballos-Concha, A., Love, D. C., Osmundsen, T. C., and Pincinato, R. B. M., 2022. Aquaculture: The missing contributor in the food security agenda. Global Food Security, 32, 100620.
- Ghosh, S., Sarita, S., Senthamilan, A., and Chatterjee, S., 2019. Optimum condition of water for aquaculture. AGRIALLIS. VOL: 1, Issue 4. Article Id: AL201926. https://agriallis.com/wp-content/uploads/2019/11/OPTIMUM-CONDITION-OF-WATER-FOR-AQUACULTURE.pdf
- Glibert, P.M., 2020. Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. Journal of Harmful Algae: 91. 101583. https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.001
- Gorham, T., Dowling Root, E., Jia, Y., Shum, C.K., and Lee, J., 2020. Relationship between cyanobacterial bloom impacted drinking water sources and hepatocellular carcinoma incidence rates. Journal of Harmful Algae: 95:101801. Doi: 10.1016/j.hal.2020.101801
- Halwart, M., Soto, D., and Arthur, J. R. (Eds.). 2007. Cage aquaculture: regional reviews and global overview. Food & Agriculture Org. 498p.
- Harikumar. S., and Rajalekshmi. M., 2024. Optimizing water transparency and phytoplankton blooms in shrimp ponds. World Aquaculture Society. https://www.was.org/MeetingAbstracts/ShowAbstract/82976
- HPWA (Herring Ponds Watershed Association), 2024. Water Transparency. https://www.theherringpondswatershed.org/water-transparency/
- Huang, J., Zhang, Y., Arhonditsis, G.B., Gao, J., Chen, Q., and Peng, J., 2020. The magnitude and drivers of harmful algal blooms in China's lakes and reservoirs: A national-scale characterization. Journal of waters. 181:115902. DOI: 10.1016/j.watres.2020.115902
- ICOLD (International Commission On Large Dams). 2023. Role of dams. https://www.icold-cigb.org/GB/dams/dams.asp
- Lawson, T. B. 1995. Fundamentalsof Aquacultural Engineering. New York: Chapman and Hall.
- Li, M., Chen, Y., Zhang, F., Song, Y., Glibert, P.M., and Stoecker, D.K., 2022. A three-dimensional mixotrophic model of Karlodinium veneficum blooms for a eutrophic estuary.Journal of Harmful Algae:113:102203. doi: 10.1016/j.hal.2022.102203.
- Lian, J., Yao, Y., Ma, C., and Guo, Q., 2014. Reservoir Operation Rules for Controlling Algal Blooms in a Tributary to the Impoundment of Three Gorges Dam. Journal of Water. 6(10): PP: 3200-3223. DOI: 10.3390/w6103200
- Lloyd, R., 1992. Pollutionand FreshwaterFish. West Byfleet: Fishing News Books.
- Madin, J., Chong, V.C., and Hartstein, N.D., 2010. Effects of water flow velocity and fish culture on net biofouling in fish cages. Aquaculture Research. 41(10). DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02567.x
- Maxwell, D., Ahiadeke, C., Levin, C., Armar-Klemesu, M., Zakariah, S. and Lamptey, C.L., 1999. Alternative food-security indicators: revisiting the frequency and severity of ‘coping strategies’. *Food Policy*, 24, 411-429.

- McKinsey, K. 1998. Struggles with salmon. Scientific American Presents the Oceans, 9, 68-69.
- Meade, J.W., 1989. AquacultureManagement. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Metz, M. 2002. *Training Manual on Monitoring Policy Impacts*. FAO, Rome.
- Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush,S.R., Goa, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, .E. and Troell, M., 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture. Nature volume 591, pages 551–563. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6
- NID (National Inventory of Dams), 2023. More than 90,000 dams nation-wide. https://web.archive.org/web/20190901174644/https://nid.sec.usace.army.mil/ords/f?p=105:1
- Petit, J. 1990. "Water Supply, Treatment, and Re cycling in Aquaculture." In G. Bamabe, ed. Aquaculture. Vol. 1.New York: Ellis Horwood.
- Pillay, T. V. R. 1990. Aquaculture and the Environment. New York: Halsted Press.
- Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N. 2005. Aquaculture: Principles and Practices, 2nd edn. Blackwell Publishing, Ames, IA, USA, pp.458–460.
- Pillay, T.V.R., 1992. Aquaculture and the Environment New York: Halsted Press.
- Romaire, R.P., 1985. Water Quality, Crustaceanand Mollusk Aquaculture in the United States. In J. V. Huner and E. E. Brown, eds. Westport: AVI Publishing.
- Saad, M.B., 1999. *Food Security for the Food-Insecure: new challenges and renewed commitments.* Centre for Development Studies, Dublin, Ireland.
- Sapkale, P.H., Singh, R.K., and Desai, A.S., 2011. Optimal water temperature and pH for development of eggs and growth of spawn of common carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Applied Animal Research.39(4). PP: 339-345. DOI: https://doi.org/10.1080/09712119.2011.620269
- Sawyer, C.N., and McCarty, P.L., 1978. Chemistry for Environmental Engineers. NewYork: McGraw Hill.
- Shoji, J., 2020. Cage culture: technology of the millennium for the increased production of pure organic finfishes. In: Aquaculture Worker. ICAR- Central Marine Fisheries Research Institute, Kochi, pp. 68-81. ISBN 978-93-82263-32-6
- Song, y., 2023. Hydrodynamic impacts on algal blooms in reservoirs and bloom mitigation using reservoir operation strategies: A review. Journal of Hydrology. Volume 620, Part A. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129375
- Sverdrup-Jensen, S. 1999. Policy issues deriving from the impact of fisheries on food security and the environment in developing countries. Fisheries Policy Research in Developing Countries: Issues, Priorities and Needs (eds. Ahmed, M., Delgado, C., Sverdrup-Jensen, S., Santos, R.A.V.), ICLARM, Manila, Philippines. pp. 73-91.
- Svobodova, Z., R. L., J. Machova, and B. Vykusova. 1993. Water Qualityand Fish Health EIFAC technical paper no. 54. Rome: FAO.
- Swann, L. 1993. "Water Quality Water Sources Used in Aquaculture." Water Quality FactSheet AS-486. Aquaculture Extension. Illinois-Indiana Sea Grant Program. Purdue University, West Lafayette, Ind.
- Tacon, A.G.J. and Halwart, M. 2007.Cage aquaculture: a global overview. In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds). Cage aquaculture – Regional reviews and global overview , pp. 1–16. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome, FAO. 2007. 241 pp.
- Tarazona, J. V., and M. J. Munoz. 1995. "Water Quality in Salmonid Culture." Reviews in Fisheries Science 3(2): 109-39
- Tidwell, J. H., & Allan, G. L., 2001. Fish as food: aquaculture's contribution: Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. EMBO Reports, 2(11), 958–963.
- UNDP\FAO, 1989. Site selection criteria for marine finfish netcage culture in Asia. (http://www.fao.org/3/contents/c64db3a7-9ff0-5c7b-bf4c-d9bc657ab35d/AC262E00.htm)
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2016. Drinking Water and Health: Protecting the Nation's Drinking Water (PDF). Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency.P:114.
- Wang, H., Chen, H., and Zhang, X., 2020. The effects of water flow rate on the growth and metabolism of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in recirculating aquaculture systems, Aquaculture Reports, vol. 18.
- WCD (World Commission on Dams), 2023. World Commission on Dams (WCD) Report. https://energypedia.info/wiki/World_Commission_on_Dams_(WCD)_Report#The_WCD_Report.5B2.5D
- Webb, P., Coates, J. and Houser, R., 2002. *Allocative responses to scarcity: self reported assessments of hunger compared with conventional measures of poverty and malnutrition in Bangladesh.* Food Policy and Applied Nutrition Programme, Tufts University, USA.

- WHO (World Health Organization),1989. HealthGuidelinesforthe Useof Waste water in Agricultureand Aquaculture. Technical report series no. 778. Geneva.
- WHO (World Health Organization). 2001. Water Quality. Guidelines, Standards and Health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. IWA Publishing.431p.
- WHO (World Health Organization). 2010. Guidelines for the safe use of water sanitation and hygiene in aquaculture. Geneva, Switzerland.
- WHO (World Health Organization). 2017. Guidelines for Drinking-water Quality (PDF). Geneva: World Health Organization. P:631.
- Williams, M.J., 1999. The role of fisheries and aquaculture in the future supply of animal protein. *Sustainable Aquaculture: food for the future?* (eds N. Svennevig, H. Reinertsen & M. New), pp 5-18. Balkerma, Rotterdam.
- Zeng, L., Feng, H., Zhigang, D., Xu, D., Biyum, L., Zhou, Q., and Wu, Z., 2017. Effect of submerged macrophyte restoration on improving aquatic ecosystem in a subtropical, shallow lake. Journal of Ecological Engineering. Volume 106, Part A, P: 578-587. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.05.018
- Zweig, R.D., Morton, J.D., and Stewart, M.M., 1999. Source Water Quality for Aquaculture. A Guidle for Assessment Public Disclosure Authorized Public Disclosure Authorized Public Disclosure Authorized. 23764. P: 76. https://doi.org/10.1596/0-8213-4319-X

Abstract:

A dam is a structure that is built to control the flow of water. Dams can be used for various purposes such as drinking water supply, agriculture, industry, electricity generation, flood control, tourism, and aquaculture. Dams can be divided based on various factors such as structure type, the purpose of construction, type of water, construction site, and also type of use. To organize and develop side activities in water sources and facilities, the Ministry of Energy of Iran compiled a regulation for aquaculture in dams with non-drinking purposes and notified the Environmental Protection Organization of Iran and the Fisheries Organization of Iran. Aquaculture in dams usually takes place in the form of storing fish in water reservoirs of dams and fish culture in cages. Fish culture in cages is one of the new methods of aquaculture in the world. The site selection to place establishment of the cage in the water resources behind the dams for fish culture is one of the important factors that, in addition to influencing the choice of the right type of structure (fixed, floating, semi-submerged or submerged cage) and sometimes the Cultivated species, in the amount of economic efficiency production is also effective. In this study, the development of rules and criteria for choosing the location of cages in water reservoirs of non-drinking dams is considered. Rules and criteria for fish farming in non-drinking water reservoirs behind dams in Iran were compiled by taking examples from the leading countries in the cage fish farming industry and domestic information sources with expert analysis. The criteria used include topography (Depth of place, Wave height, Wind speed, Wed conditions), physical factors (Water flow speed, Water temperature, Suspended solids, Turbidity), chemical factors (Dissolved oxygen, Salinity, Nitrogen and Phosphorus compounds, Hydrogen ion index, Chemical and Biological required oxygen, Heavy metals and some other pollutants) and Biological factors (Counting E. coli bacteria, Fouling or adhesives, Toxic phytoplankton) and accessibility (Closeness to the coast, Road access and Breeding centers, Laboratories, Feed stores). Finally, suitable location rules and criteria for establishing cages for fish culture behind non-drinking water reservoirs were presented.

Keyword: Rules and Criteria, Water Reservoirs, Dams, Cageculture, Establishment of Cages

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute- Caspian Sea Ecology Research Center-Sari

---

Project Title: Compilation of criteria and rules for establishing fish culture cages in undrinkable lakes behind Iran's dams
Approved Number: 14-76-12-046-01052-011077
Author: Seyed Mohammad Vahid Farabi
Project Leader: -
Project Researcher: Seyed Mohammad Vahid Farabi
Provincial Researchers: -
Collaborator(s): Sharifian, M.; Hafeziyeh, M.; Hosseinzadeh Sahafi, H.; Nasrolahzadeh Saravi, H.; Golaghaei Darzi, M.; Rahmati, R.; Azari, A.H.; Mokarami Rostami, A.; Behrouzi, Sh.; Safari Isa Khandaghi, R.; Daryanbard, Gh.R.; Laloui, F.; Jafari, A.; Namdar, M.; Fayezi, M.R.; Tahmasabi Limoni, M.; Gashtasbi, R.; Rezaei, M.
Advisor(s): -
Location of execution: Mazandaran Province
Date of Beginning: 2023
Period of execution: 1 Year & 2 Months
Publisher: Iranian Fisheries Science Research Institute
Date of publishing: 2024

All Right Reserved. No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference.

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute - Caspian Sea Ecology Research Center

Project Title:

Compilation of criteria and rules for establishing fish culture cages in undrinkable lakes behind Iran's dams

Project Researcher:

Seyed Mohammad Vahid Farabi

Register NO.

65311