تخمین سطح مورد نیاز برای کنترل زه‌آب‌های شور با استفاده از حوضچه‌های تبخیری (مطالعه‌ی موردی: واحد میرزاکوچک‌خان در خوزستان)

هادی رمضانی اعتدالی – عبدالمجید لیاقت* – عبد علی ناصری[1]

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۶

تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۴

چکیده

زه‌آب‌های تولید شده در پروژه‌های آبیاری و زهکشی جنوب استان خوزستان با مشکل شوری همراه می‌باشد و تخلیه آن‌ها به منابع آب پذیرنده مثل رودخانه کارون با محدودیت‌هایی روبرو است. یکی از راهکارهای دفع زه‌آب، استفاده از حوضچه‌های تبخیری است. مهمترین مؤلفه جریان خروجی این حوضچه‌ها، تبخیر است. تبخیر از این حوضچه‌ها با توجه به شوری بالای زه‌آب، کمتر از آب خالص است. در این مطالعه با اصلاح رابطه فشار بخار اشباع آب شور نسبت به آب خالص و با استفاده از معادله‌ی پنمن، میزان تبخیر از حوضچه‌های تبخیری فرضی برای کنترل زه‌آب در واحد میرزا کوچک خان برآورد شده است. در نهایت با مقادیر تبخیر و حجم زه‌آب سالانه، سطح حوضچه‌های تبخیری لازم برای دفع زه‌آب تعیین شده است. با تبخیر از آب درون حوضچه‌ها، شوری آب درون حوضچه‌ها افزایش می‌یابد. افزایش شوری تا حد اشباع نمک در آب ادامه پیدا می‌کند و پس از آن نمک‌ها رسوب می‌کنند. نمک غالب زه‌آب‌ها در خوزستان NaCl است و حد اشباع این نمک در آب ۳۰۰ گرم بر لیتر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد میانگین تبخیر سالانه از آب با شوری۳۰۰ گرم بر لیتر برابر با ۱۹۰۳ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به حجم زه‌آب تولیدی در واحد میرزا کوچک خان با سطح ۱۲۰۰۰ هکتار، به حوضچه‌هایی به وسعت ۷۷۴۰ هکتار نیاز می‌باشد. این مطالعه نشان می‌دهد که دفع زه‌آب‌های تولیدی در واحدهای تولید نیشکر تنها به صورت حوضچه‌های تبخیری امکان‌پذیر نبوده و باید مدیریت‌هایی در جهت کاهش حجم زه‌آب و شوری صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: حوضچه های تبخیری، زه‌آب، فشار بخار آب اشباع

مقدمه

امروزه ارزیابی آثار زیست محیطی به عنوان جزء ضروری برنامه ریزی و مدیریت توسعه پذیرفته شده است. آگاهی و توجه به آن به اندازه ی تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی در ارزیابی پروژه‌ها، ضروری است. روند سریع توسعه در سطح جهان در برخی موارد موجب اجرای پروژه-هایی شده است که آثار زیست محیطی منفی آن‌ها نه تنها مشکلات جانبی فراوانی را فراهم آورده، بلکه در مواقعی حتی خود پروژه را غیر مفید ساخته است. در ایران نیز با جدی‌تر شدن موضوع ارزیابی زیست محیطی، طرح‌های توسعه منابع آب و آبیاری و زهکشی همواره جزء مهمترین

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری ، دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران و استادیار دانشکده آب و دانشگاه شهید چمران اهواز

* - نویسنده مسئول : Email: aliaghat@ut.ac.ir

طرح‌های مورد توجه کارشناسان بوده است (۵).

در کشت آبی، زهکشی از اهمیتی ژرف در مهار و تنظیم شوری و ماندابی شدن خاک برخوردار است. اما گاهی به دنبال این منافع، شبکه های آبیاری و زهکشی به برجا گذاشتن آثار منفی زیست محیطی سوق پیدا می کنند. برای مثال تخلیه زه‌آب‌های خروجی با کیفیت پایین به آب‌های موجود در طبیعت، برخی زیست بوم‌های آبی را تخریب نموده و از کاربری مفید آب‌های پذیرنده جلوگیری کرده است (۷).

تخلیه صحیح زه‌آب‌ها از اولویت های مهم زیست محیطی به شمار می‌آید (۵). زه‌آب می‌تواند مستقیما به پهنه-های آب سطحی نظیر رودخانه، دریاچه، دریا، اقیانوس تخلیه گردد (۴ و ۷). در جاهایی که مجرای تخلیه مستقیم به پهنه‌های آب سطحی وجود ندارد و یا در حوضه‌های آبی بسته و بدون خروجی، تالاب‌ها و یا حوضچه‌های تبخیری به عنوان محل تخلیه مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲، ۷ و ۱۶). استفاده مجدد از زه‌آب در کشت گیاهان مقاوم و تطبیق کشت با کیفیت زه‌آب مناطقی که کیفیت زه‌آب‌ها مناسب باشد از دیگر راهکارهای دفع زه‌آب می‌باشد. تخلیه زه‌آب و آب برگشتی کشاورزی به حوضچه‌های طبیعی قرن‌هاست که انجام می‌شود. استفاده از حوضچه‌های تبخیری برای دفع زه‌آب‌های کشاورزی کار برد جهانی دارد و نمونه‌های چنین کاربردهایی شامل کنترل شوری در حوزه‌های رودخانه ایندوس پاکستان، سیردریا و آمودریا قزاقستان و ازبکستان ، مورایی استرالیا، دریاچه قارون مصر و دره سن واکین در کالیفرنیا انجام گرفته است (۱۵).

حوضچه‌های تبخیری در صورت طراحی و مدیریت صحیح می‌توانند در تصفیه بعضی از آلاینده‌ها مانند نیترات کارآیی خوبی داشته باشند . با وجود این، چنین حوضچه‌هایی می‌توانند مشکلات زیست محیطی دیگری را ایجاد نمایند (۴ و ۶). مشکلاتی که ممکن است این حوضچه‌ها ایجاد نمایند عبارتند از: ماندابی و شور شدن اراضی اطراف حوضچه (۱ و ۷)، تجمع املاح و فلزات سنگین مانند بر، ارسنیک و سلنیم در اثر تبخیر که می‌تواند حیات وحش منطقه را تحت تأثیر قرار دهد (۱۳ و ۱۶).

در خوزستان نیز برای کنترل و کاهش اثر آلاینده ها بر روی کیفیت آب رودخانه کارون در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ شرکت توسعه نیشکر مجبور به تغییراتی در سیستم دفع زه-آب شد. در این راستا شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در دفع زه‌آب واحدهای غربی تجدید نظر نموده و با احداث حوضچه‌های تبخیری در غرب جاده اهواز- خرمشهر ضمن جلوگیری از ورود زه‌آب‌ها به رودخانه کارون، مشکل دفع زه‌آب این واحدها را به صورت اساسی حل نموده است (۸).

آب‌های ذخیره شده در حوضچه های تبخیری از طریق تبخیر و نشت تخلیه می‌گردند(۴ و ۷). از آنجا که با گذشت زمان و رسوب گذاری نمک‌ها و مواد معلق از میزان نفوذپذیری خاک کف حوضچه‌ها کم می‌شود، در دراز مدت تنها عامل خروجی از آن‌ها تبخیر می‌گردد (۲). از این رو توانایی تخمین تبخیر از این حوضچه‌ها در طراحی و مدیریت بهره برداری از آن‌ها بسیار مهم است. با تبخیر از حوضچه‌های تبخیری، میزان غلظت املاح زه‌آب بالا رفته و از میزان تبخیر کاسته می‌شود. از دلایل این امر می‌توان به کاهش انرژی آزاد مولکول‌های آب ناشی از املاح آب و کاهش فشار بخارآب اشباع حاصل از آن اشاره کرد. از طرفی وجود املاح باعث می‌گردد که انرژی رسیده به سطح آب کمتر به‌صورت گرمای نهان باعث تبخیرگردد و بیشتر به صورت گرمای محسوس صرف افزایش انرژی دمای سطح آب شود (۹ و ۱۴).

روش‌هایی که برای تخمین تبخیر از سطح آزاد آب استفاده می‌شوند مشابه روش‌هایی است که برای تخمین

تبخیر و تعرق استفاده می‌شوند. این روش‌ها عبارتند از : روش آیرودینامیکی (بر اساس قانون دالتون)، روش بیلان انرژی، روش ترکیبی (براساس ترکیب دو روش آیرودینامیکی و بیلان انرژی) و روش‌های تجربی (۱۲).

در این تحقیق سعی برآن است با در نظر گرفتن اثر شوری بر فشار بخار اشباع، از معادله‌ی پنمن که اساسی فیزیکی دارد در تخمین تبخیر از سطح آب شور استفاده گردد. با محاسبه‌ی تبخیر می‌توان به اصلی ترین جزء خروجی از حوضچه‌های تبخیری پی برد. در این صورت هدف مطالعه که همان برآورد سطح مورد نیاز برای حوضچه‌های تبخیری است با استفاده از حجم زه‌آب و میزان تبخیر از آن میسر می گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

کشت و صنعت میرزاکوچک‌خان یکی از شرکت‌های هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان است. این واحد، جنوبی‌ترین و در اراضی ساحل راست رودخانه کارون واقع شده که فاصله آن تا اهواز در حدود ۷۵ کیلومتر است. این واحد از شمال به کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر و از جنوب به طرح معین محدود می‌شود. در شرق این واحد رودخانه بزرگ کارون واقع شده است.

موقعیت جغرافیایی این واحد بدین شرح است. حد شمالی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه، حد جنوبی ۳۰ درجه و ۴۶ دقیقه، حد شرقی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه (رودخانه کارون)، حد غربی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه (جاده اهواز- خرمشهر) می‌باشد. (شکل ۱) موقعیت جغرافیایی محل این کشت و صنعت را نشان می‌دهد.

کل مساحت کشت و صنعت میرزاکوچک‌خان در حدود ۱۴۰۰۰ هکتار است که نزدیک به ۱۲۰۰۰ هکتار آن به مزارع ۲۵ هکتاری شبکه‌بندی شده است. منبع تامین آب واحد میرزاکوچک‌خان رودخانه کارون است و نحوه برداشت آب از طریق سیستم پمپاژ می‌باشد. کل آب مورد نیاز این کشت و صنعت بالغ بر ۶۴۳ میلیون متر مکعب در سال است که حدود ۳۷۹ متر مکعب آن برای آبیاری اراضی تحت کشت در نظرگرفته شده است. حداکثر دبی مورد نیاز شرکت در مرداد ماه ۳۲ متر مکعب در ثانیه می‌باشد.

در طول سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ میزان حجم زه‌آب واحد با توجه به اطلاعات ایستگاه‌های پمپاژ زهکشی مشخص است. همچنین از اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اهواز برای محاسبه تبخیر از سطح آزاد آب با استفاده از روش پنمن استفاده شده است.

معادله پنمن

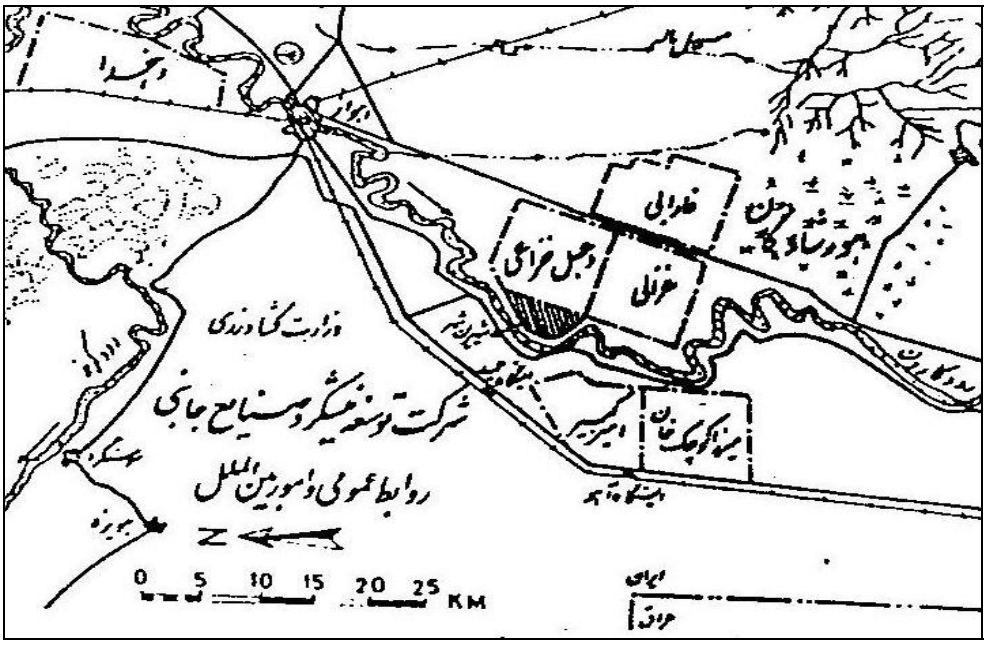
پنمن در سال ۱۹۴۸ از ترکیب معادلات آیرودینامیک (معادله ۱) و بیلان انرژی (معادله ۲) روشی را برای محاسبه‌ی تبخیر ارایه نمود که به روش ترکیبی یا معادله‌ی پنمن (معادله ۳) معروف شد. معادله پنمن ابتدا برای محاسبه‌ی تبخیر از سطح آزاد آب ارایه گردید و به چهار عامل هواشناسی تابش خالص، دمای هوا، رطوبت و سرعت باد نیاز داشت (۶ و ۱۲).

$$E_0 = (e_S - e) f(u) \qquad (۱)$$

$$Rn = E_0 + A \qquad (۲)$$

$$E_0 = \frac{\Delta Rn + \gamma E_a}{\Delta + \gamma} \qquad (۳)$$

در روابط فوق، E_0 شدت تبخیر از سطح آب (mm/day)، A مقدار گرمایی که از سطح مورد نظر وارد هوا می‌شود (mm/day)، Rn تشعشع خالص (mm/day)، f(u) تابعی که در آن سرعت باد لحاظ شده است، e_S فشار بخارآب اشباع در سطح مایع به ازای دمای هوا (mbar)



(شکل ۱) - موقعیت کشت و صنعت میرزا کوچک خان

که با استفاده از (معادله‌ی ۴) محاسبه می‌شود ، e فشار واقعی بخار آب در هوا (mbar)، که با معادله‌ی (۵) محاسبه می‌شود، γ ثابت سایکرومتری (mbar/°C) که از رابطه‌ی (۶) تعیین می‌شود، Δ شیب منحنی بخار اشباع نسبت به دما در نقطه‌ای که دمای هوا T_a باشد (mbar/°C) و از رابطه‌ی (۷) تعیین می‌گردد و E_a جزء آیرودینامیک (mm/day) که با معادله (۸) تعیین می‌گردد.

$$e_S = \exp\left(\frac{19.08T_a + 429.4}{T_a + 237.3}\right) \qquad (۴)$$

$$e = e_S RH \qquad (۵)$$

$$\gamma = \frac{1615P_a}{2.49(10)^6 - 2.13(10)^3 T_a} \qquad (۶)$$

$$\Delta = \frac{4098e_S}{(T_a + 237.3)^2} \qquad (۷)$$

$$E_a = (0.2625 + 0.1409U)(e_S - e) \qquad (۸)$$

RH رطوبت نسبی (٪)، U سرعت باد (m/s) و Pa فشار هوا (mbar) که از معادله(۹) محاسبه می‌شود و h ارتفاع محل از سطح دریا (m).

$$P_a = 1013 - 0.1152h + 5.44(10)^{-6}h^2 \qquad (۹)$$

افزایش غلظت نمک‌ها در آب باعث کاهش فشار بخار آب اشباع می‌شود. اگر مقدار کاهش فشار بخارآب اشباع مشخص گردد می‌توان از معادله پنمن که مبنای فیزیکی دارد، برای محاسبه تبخیر از آب شور استفاده کرد. فشار بخار آب اشباع در آب‌های شور(e_{SS}) با استفاده از قانون رائولت (معادله ۱۰) بیان می‌شود، که در این رابطه n_w تعداد مول‌های آب و n_s تعداد مول‌های نمک حل شده در محلول می‌باشد. البته باید توجه داشت که قانون رائولت در محلول‌های رقیق که غلظت کمتر از یک مول در هر لیتر باشد صادق است و نباید آن را برای محلول‌های غلیظ به‌کاربرد (۶).

$$e_{SS} = e_S\left(\frac{n_w}{n_w + n_s}\right) \qquad (۱۰)$$

در غلظت‌های بالا رابطه بین فشار بخارآب اشباع آب

خالص و آب شور به صورت زیر می‌باشد(۱۲):

$$e_{SS} = e_S(a_w) \qquad (۱۱)$$

در رابطه‌ی فوق a_w ضریب فعالیت آب در محلول می‌باشد، که مقدار آن بین صفر تا یک تغییر می‌کند. با جایگزینی فشار بخار آب شور یعنی رابطه‌ی (۱۱) در روابط (۷) و(۸) خواهیم داشت:

$$\Delta = \frac{4098(e_S a_W)}{(T_a + 237.3)^2} \qquad (۱۲)$$

$$E_a = (0.2625 + 0.1409U)(e_S a_W - e) \qquad (۱۳)$$

پس از محاسبه ی معادلات (۱۲) و (۱۳)، کافی است در معادله پنمن (معادله ۳) مقادیر جدید، شیب منحنی بخار اشباع نسبت به دما (Δ) و جزء آیرو دینامیک (E_a) جایگزین شود، تا مقدار تبخیر از سطح آب شور محاسبه گردد.

تعیین a_w در محلول‌ها به سه دلیل مشکل است. اول آن‌که مقدار آن با تغییر دمای محلول تغییر می‌کند، دوم آن‌که در محلول‌ها ترکیبی از یون‌های متفاوت وجود دارد و سوم آن‌که رفتار نمک‌ها همواره ثابت نیست (۱۲). به دلیل همین مشکلات برای تعیین a_w همواره از روش‌های آزمایشگاهی و تجربی استفاده می‌شود.

برای محاسبه‌ی سطح حوضچه های تبخیری از رابطه (۱۴) استفاده شد. در این رابطه A سطح حوضچه، V مقدار حجم زه‌آب‌های ورودی به حوضچه و d میزان از سطح حوضچه تبخیر در یک دوره‌ی زمانی مشخص مثلا ماه یا سال می‌باشد.

$$A = V / d \qquad (۱۴)$$

در رابطه‌ی فوق از عوامل دیگر از قبیل نشت و بارش که در تعیین سطح حوضچه‌ها دخالت دارند صرف‌نظر شده است. با توجه به خاک رسی و سنگین در خوزستان و نوع نمک (سدیم) که باعث کاهش شدید نفوذپذیری می‌شود و همچنین عمق کم این حوضچه‌ها میزان نشت کم و قابل چشم پوشی می‌باشد. از طرفی در ساخت حوضچه‌های تبخیری تاکید بر این است که بستر حوضچه‌ها با رس متراکم پوشیده شود. همچنین میزان کل بارش سالانه در جنوب خوزستان (منطقه طرح) کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد که در مقایسه با حجم بسیار عظیم زه‌آب ناچیز می‌باشد.

(جدول۱) - اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اهواز در سال ۲۰۰۳ و تبخیر محاسبه شده از روش پنمن

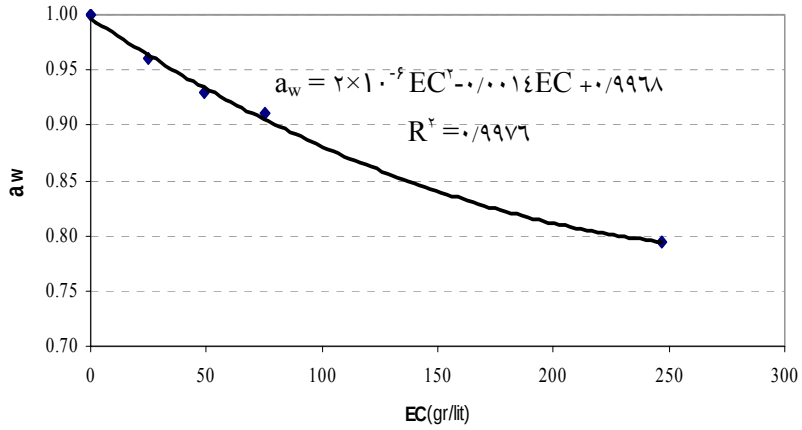
ماه	دما (درجه سانتیگراد)	رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	فشار بخار آب اشباع (میلی بار)	تشعشع خالص (میلی متر بر روز)	تبخیر (میلی متر بر ماه)
ژانویه	۱۳/۲	۷۲	۱/۷۴۸	۱۵/۱۷۴	۱/۶۱۶	۵۶/۸۷۱
فوریه	۱۵/۷	۵۵	۲/۷۷۶	۱۷/۸۳۶	۲/۴۵۴	۱۰۰/۹۵۰
مارس	۱۹/۰	۴۳	۲/۷۲۴	۲۱/۹۷۳	۳/۴۱۱	۱۵۳/۲۳۷
آوریل	۲۶/۶	۳۷	۳/۳۹۲	۳۴/۸۲۴	۲/۷۲۸	۲۲۷/۰۴۵
می	۳۲/۷	۲۳	۲/۵۷۰	۴۹/۴۶۰	۵/۳۸۷	۲۷۸/۳۲۰
ژوئن	۳۷/۲	۱۸	۳/۵۹۸	۶۳/۴۳۴	۵/۵۵۳	۳۳۶/۲۱۱
ژوئیه	۳۸/۲	۱۸	۴/۳۶۹	۶۶/۹۶۷	۵/۵۷۷	۳۸۱/۴۸۰
اوت	۳۷/۹	۲۶	۲/۵۷۰	۶۵/۸۹۰	۵/۶۱۰	۲۹۶/۸۵۵
سپتامبر	۳۳/۵	۲۲	۲/۶۷۳	۵۱/۷۲۹	۴/۲۷۶	۲۵۰/۴۰۱
اکتبر	۲۸/۸	۳۷	۲/۳۱۳	۳۹/۵۹۵	۳/۰۶۲	۱۷۶/۵۷۲
نوامبر	۱۹/۵	۴۵	۲/۲۵۹	۲۲/۶۶۸	۱/۷۵۱	۱۰۳/۷۳۴
دسامبر	۱۴/۴	۷۶	۲/۱۰۷	۱۶/۴۰۵	۱/۳۹۸	۵۲/۹۳۱

نتایج و بحث

برای اندازه گیری تبخیر از روش پنمن در یک دوره‌ی آماری بیست و دو ساله (سال۱۹۸۳ تا سال۲۰۰۴)، سال ۲۰۰۳ که یک سال نرمال از نظر شرایط اقلیمی و تبخیر بود، انتخاب شد. از اطلاعات این سال برای محاسبه تبخیر از سطح آزاد آب خالص با معادله پنمن استفاده شد (جدول ۱).

مقادیر تبخیر از آب خالص نشان می‌دهد که بیشترین تبخیر در ماه ژوئیه به میزان ۳۸۱/۵ میلی متر و کمترین مقدار تبخیر مربوط به ماه دسامبر با ۵۳ میلی متر است. همچنین نتایج جدول نشان می‌دهد در خوزستان سالانه حدود ۲۴۱۴ میلی متر تبخیر از سطح آب خالص صورت می‌گیرد.

برای محاسبه‌ی تبخیر از آب شور باید a_w را برای شوری‌های متفاوت پیدا کرد. در این تحقیق از نتایج تحقیقات مختلف انجام شده برای شوری‌های مختلف استفاده گردیده است (۱۱ و ۱۲). در (شکل ۲) برای ۴ شوری مختلف، a_w آورده شده است. با توجه به آنکه رابطه‌ی بین غلظت نمک‌ها و کاهش فشار بخار آب اشباع (a_w) یک رابطه‌ی خطی نیست و با افزایش شوری از میزان تغییرات آن کاسته می‌شود، یک رابطه‌ی درجه ۲ بین a_w و EC برازش داده شد (۱۰). این رابطه به خوبی کاهش تغییرات a_w با افزایش شوری را بیان می‌کند.



(شکل ۲) - رابطه‌ی درجه ۲ بین EC با a_w

همان طور که ذکر شد، a_w با دما نیز تغییر می‌کند و معمولا مقدار استاندارد آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیان می‌گردد. تغییرات a_w نسبت به دما در شوری ۲۴۷ گرم بر لیتر با تغییر دما از ۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از ۴ درصد تغییر می‌کند، پس مقدار تغییرات a_w نسبت به دما ناچیز و قابل چشم پوشی است (۱۲).

نتایج تحلیل‌های شیمیایی آب و خاک در خوزستان نشان داده است، نمک غالب در زه‌آب‌ها نمک NaCl می‌باشد (۸). این نمک در غلظت‌های در حدود ۳۰۰ گرم بر لیتر لحاظ لیتر رسوب می‌کند. با تبخیر از سطح حوضچه‌های تبخیری و افزایش غلظت زه‌آب‌ها، نمک‌های موجود در زه‌آب شروع به ترسیب نموده و شوری زه‌آب‌ها با توجه به عمق کم حوضچه‌های تبخیری در سطح و در کف آن تقریبا ثابت و در حد اشباع باقی خواهد ماند. از طرف دیگر، همانگونه که در (شکل ۲) مشاهده می‌شود، در غلظت‌های بسیار بالا، ضریب فعالیت آب (a_w)، تغییرات کمتری دارد. بنابراین میزان شوری آب‌های موجود در حوضچه‌های تبخیری برابر با حد اشباع نمک NaCl، یعنی ۳۰۰ گرم بر لیتر لحاظ

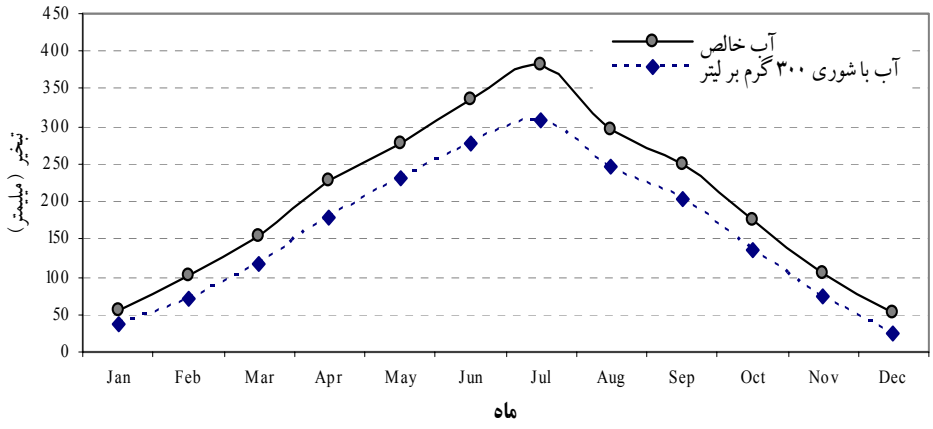
گردید. با توجه به (شکل ۲)، a_w مربوط به شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر برابر با ۰/۷۵۷ در نظر گرفته شد.

در (جدول ۲) میزان فشار بخار آب اشباع و میزان تبخیر از سطح آب‌های موجود در حوضچه‌های تبخیری برای شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر ، برای ماه‌های مختلف در سال ۱۳۸۳ برای ایستگاه اهواز آورده شده است. نتایج (جدول ۲) مقادیر سالانه تبخیر از آب با شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر را برابر با ۱۹۰۳ میلی‌متر بیان می‌کند. نتایج (جداول ۱ و ۲) نشان می‌دهد که با افزایش شوری از ۰ تا ۳۰۰ گرم بر لیتر از مقدار فشار بخار اشباع و میزان تبخیر از آب کاسته می‌شود. میزان کاهش تبخیر برای آب با شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر نسبت به آب خالص ۲۳ درصد برآورد گردید که با نتایج والترز و همکاران که کاهش تبخیر را برای شوری‌های بالاتر از ۲۵۰ گرم بر لیتر حدود ۳۰ درصد بیان می‌کند همخوانی مناسبی دارد (۱۷). امیدی و قهرمان نیز گزارش نمودند معادله پنمن میزان تبخیر از آب شور را نسبت به مقادیر واقعی کمتر تخمین می‌زند (۳).

میزان تبخیر از سطح آب شور علاوه بر عواملی که بر تبخیر از آب خالص نقش دارند به نوع نمک و غلظت املاح در محلول نیز بستگی دارد. (شکل ۳) تغییرات میزان تبخیر برای آب خالص و آب با شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر را در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد.

(جدول ۲) – میزان فشار بخار آب اشباع و میزان تبخیر از سطح آب موجود در حوضچه‌ی تبخیری برای شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر (بر اساس اطلاعات سال ۲۰۰۳ ایستگاه سینوپتیک اهواز)

ماه	فشار بخار آب اشباع (میلی بار)	تبخیر (میلی‌متر بر ماه)
ژانویه	۱۱/۳۸۱	۳۵/۷۵۶
فوریه	۱۳/۳۷۷	۶۹/۸۶۷
مارس	۱۶/۴۸۰	۱۱۷/۲۴۰
آوریل	۲۶/۱۱۸	۱۷۹/۳۵۸
می	۳۷/۰۹۵	۲۳۱/۵۹۳
ژوئن	۴۷/۵۷۶	۲۷۶/۱۶۷
ژوئیه	۵۰/۲۲۵	۳۰۹/۵۶۴
اوت	۴۹/۴۱۷	۲۴۵/۹۳۶
سپتامبر	۳۸/۷۹۶	۲۰۳/۴۸۲
اکتبر	۲۹/۶۹۶	۱۳۵/۶۳۴
نوامبر	۱۷/۰۰۱	۷۲/۷۹۲
دسامبر	۱۲/۳۰۴	۲۵/۵۶۷
مجموع	-	۱۹۰۳



(شکل ۳) – میزان تبخیر ماهیانه برای آب خالص و آب با شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر

میانگین ماهیانه حجم زه‌آب‌های تولیدی در واحد میرزاکوچک‌خان از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ که توسط مرکز تحقیقات کشت و صنعت نیشکر در خوزستان تهیه گردیده است به عنوان حجم زه‌آب‌های ورودی به حوضچه‌های تبخیری تعیین شده است. در (جدول ۳) با استفاده از رابطه‌ی (۱۴)، میزان سطح مورد نیاز ماهیانه برای حوضچه‌های تبخیری آورده شده است.

(جدول ۳) - میزان تبخیر و سطح مورنیاز برای حوضچه‌ی تبخیری برای شوری ۳۰۰ گرم بر لیتر

ماه	تبخیر (متر)	حجم زه‌آب (متر مکعب)	سطح مورد نیاز حوضچه (هکتار)
ژانویه	۰/۰۳۶	۷۲۴۵۲۶۹	۲۰۲۶۳
فوریه	۰/۰۷۰	۷۴۵۳۸۶۰	۱۰۶۶۹
مارس	۰/۱۱۷	۹۰۹۲۹۰۴	۷۷۵۶
آوریل	۰/۱۷۹	۱۲۶۲۳۸۳۲	۷۰۳۸
می	۰/۲۳۲	۱۴۰۵۰۵۸۲	۶۰۶۷
ژوئن	۰/۲۷۶	۱۷۳۱۰۰۸۰	۶۲۶۸
ژوئیه	۰/۳۱۰	۱۸۲۳۳۰۰۴	۵۸۹۰
اوت	۰/۲۴۶	۱۹۲۰۸۸۱۴	۷۸۱۱
سپتامبر	۰/۲۰۳	۱۸۱۸۵۹۳۹	۸۹۳۷
اکتبر	۰/۱۳۶	۱۱۲۳۵۴۰۷	۸۲۸۴
نوامبر	۰/۰۷۳	۶۱۳۱۱۹۸	۸۴۲۳
دسامبر	۰/۰۲۶	۶۵۰۴۰۴۸	۲۵۴۳۹
سالانه	۱/۹۰۳	۱۴۷۲۷۵۸۳۷	۷۷۳۹

در جدول بیشترین و کمترین سطح مورد نیاز حوضچه به ترتیب در ماه‌های دسامبر و ژوئیه می‌باشد. اگرچه در تابستان میزان زه‌آب تولیدی به علت آبیاری مزارع بسیار بیشتر از زمستان است، ولی به علت تبخیر بیشتر در این فصل، به سطح کمتری برای تبخیر نیاز است. در مقابل در زمستان با وجود حجم زه‌آب کمتر، به علت تبخیرکم به سطح بیشتری برای حوضچه‌های تبخیری نیاز می‌باشد.

از آن‌جایی که در یک سطح وسیع از بیلان سالانه برای مدیریت آب و زه‌آب‌ها استفاده می‌شود، حوضچه‌هایی با وسعت حدود ۷۷۴۰ هکتار می‌تواند برای تبخیر زه‌آب‌های واحد میرزاکوچک‌خان مناسب باشد. این سطح برای یک واحد ۱۲۰۰۰ هکتاری بسیار زیاد باشد و این مسئله نتیجه حجم بالای زه‌آب‌های تولیدی شبکه است. متوسط زه‌آب سالانه در واحد میرزا کوچک خان ۱۴۷ میلیون مترمکعب است که در مقایسه با حجم زه‌آب دره سن واکین در کالیفرنیا (در حدود ۳۹ میلیون مترمکعب برای ۲۲۷۰۰ هکتار زمین) نشان‌گر حجم زه‌آب بسیار بالا به علت پایین بودن راندمان در کانال‌های انتقال و آبیاری مزارع در شبکه آبیاری و زهکشی واحد می‌باشد (۸). در دره سن واکین برای تبخیر حجم زه‌آب ۳۹ میلیون مترمکعب از حوضچه‌های تبخیر در مساحتی حدود ۲۸۰۰ هکتار استفاده می‌شود (۱۶). در واقع با مدیریت مناسب بر روی زه‌آب‌ها مثلا کشت گیاهان و درختان مقاوم، می‌توان حجم زه‌آب‌ها را کم کرده و لزوما زه‌آب‌هایی که از نظر کیفیت غیرقابل استفاده باشند را برای دفع به حوضچه‌های تبخیری منتقل کرد. در این صورت وسعت حوضچه‌های تبخیری لازم نیز کمتر خواهد شد.

نتیجه

دفع تمام زه‌آب‌ها با کمک حوضچه‌های تبخیری با توجه به حجم بسیار بالای زه‌آب‌های تولیدی در واحد میرزاکوچک‌خان، چندان عملی نمی‌باشد. پیشنهاد می‌شود با کاهش حجم زه‌آب‌ها از طریق مدیریت‌های مختلف مانند بهبود راندمان آبیاری مزارع یا کشت گیاهان مقاوم در پایین دست، سطح کمتری را برای حوضچه‌های تبخیری در نظرگرفت. همچنین پیشنهاد می‌شود قسمتی از زه‌آب‌ها را در ماه‌هایی از سال که دارای کیفیت مناسبی دارند و دبی پایه رودخانه کارون اجازه می‌دهد به کارون تخلیه و قسمتی را برای دفع، به حوضچه‌های تبخیری منتقل کرد. در فصل زمستان با توجه به تبخیر بسیار پایین، تخلیه‌ی زه‌آب‌ها به رودخانه‌ی کارون درکاهش سطح مورد نیاز حوضچه‌ها

بسیار مفید است. تخلیه‌ی زه‌آب‌ها به کارون در فصل زمستان که دبی پایه‌ی رودخانه بیشتر و خطرات زیست محیطی کمتر است، کمک شایانی به کاهش سطح حوضچه‌های تبخیری خواهد کرد.

منابع

۱- آذری، ا.، ز. لیاقت و ص. دربندی. ۱۳۸۱. زهکشی، کمیت و کیفیت جریان برگشتی. ترجمه. چاپ اول. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص ۱۷۲.

۲- احتشامی، م.، ح. اشک‌تراب و م. ک. سیاهی. ۱۳۷۸. مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک. ترجمه. چاپ اول. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص ۱۵۹.

۳- امیدی، س. و ب. قهرمان. ۱۳۸۶. بررسی میزان تأثیر شوری بر تبخیر (درمناطق خشک ونیمه خشک). مجموعه مقالات اولین همایش مدیریت سازگاری با کم آبی، تهران. بهمن ۱۳۸۶. ص ۱۲.

۴- جبلی، س. ج. ۱۳۸۰. راهکارهای کاهش اثرات سوء پساب های کشاورزی، مجموعه مقالات اثرات زیست محیطی پساب های کشاورزی بر آب های سطحی و زیرزمینی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ص ۱۱ تا ۲۴.

۵- سیاهی، م. ک.، م. احتشامی، ع. اشرفی، ن. مهردادی، م. واحدی و م. ر. زرنکابی. ۱۳۷۷. تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری و زهکشی. ترجمه. چاپ اول. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص ۱۳۳.

۶- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ سوم. دانشگاه امام رضا. ص ۳۵۳.

۷- مهردادی، ن.، م. عدل و م. ر. زرنکابی. ۱۳۸۰. مدیریت کیفیت زه‌آب های کشاورزی. ترجمه. چاپ اول. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص ۱۸۰.

۸- ناصری، ع. ع. ۱۳۸۵. منابع آلاینده و راهکارهای مناسب رفع آلودگی آب رودخانه کارون با استفاده از تجارب به‌دست آمده در طرح توسعه نیشکر. مجموعه مقالات کارگاه فنی و آموزشی آلودگی منابع آب و خاک. پردیس ابوریحان دانشگاه تهران. ص۱۹.

9- Ahmadzadeh Kokya, B., T. Ahmadzadeh Kokya. 2007. Proposing a formula for evaporation measurement from salt water resources. J. Hydrological Processes.

10- Alagao, F. B., A. Akbarzadeh, and P. W. Johnson. 1994. The design, Construction, and initial operation of a closed-cycle, salt-gradient solar pond. Solar Energy 53(4): 343-351

11- Ali, H. 2000. Evaporation model of Lake Qaroun as influenced by lake salinity. M.S.C. Thesis. Department of Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Quebec, Canada. p. 256.

12- Cader, I. R. & C. Neal. 1984. Evaporation from saline lakes: a combination equation approach. J. Hydrological Science. Vol. 29. p. 89-97.

13- Javad, I., A. Hafeez. 2004. Disposal of drainage effluent in evaporation ponds of Pakistan. ICID, 2nd Asia Regional Conference, China, March 2004.

14- Madramootoo, C.A., H. Ali, S. Abdel Gwad. 2001. Evaporation model of Lake Qaroun as influenced by lake salinity. J. Irrigation and Drainage. Vol.50-1 p.9-17.

15- Smedema, L.K. 2000. Irrigation-Induced River Salinization: five major irrigated basins in the arid zone. Colombo, Sri Lanka: International Water Management.

16- Tanji, K., D. Davis, C. Hanson, A. Toto, R. Higashi & C. Amrhein. 2002. Evaporation ponds as a drain water disposal management option. Irrigation and Drainage Systems. Vol.16. p.279-295.

17- Wolters W., N .S. Ghobrial, H. M. van Leeuwen & M. G. Bos. 1989. Managing the Water Balance of the Fayoum Depression, Egypt. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands, Irrigation and Drainage Systems 3: 103-123.

Estimation of required area for controlling saline drainage water by using evaporation ponds (Case study: Mirza Kuchak Khan project in Khuzestan)

H.Ramezani Etedali – A.liaghat[*] – A.A.Naseri[1]

Abstract

Drainage water created from irrigation and drainage projects in south of Khuzestan province are saline and its disposal to rivers such as Karoon river is faced with certain constraints. One of drainage water disposal strategies is using evaporation ponds, in which the most important outlet is evaporation. Evaporation rate of saline water of these ponds is lower than fresh water. In this study the evaporation rate of implicit ponds for drainage water control in Mirza Kuchak Khan Project was estimated by adjusting the saturation vapor pressure equation of saline water with regard to pure water and by using of Penman equation. Finally, using the evaporation and the annual drain water volume, the required area of evaporation ponds was determined. By evaporation of water from ponds the salinity of water increases. This increase of salinity continues until the salt saturation threshold is reached, and then salts precipitate. The most common salt in drainage water of Khuzestan province is NaCl which has a saturation threshold of 300 g/lit. The results showed that the average annual evaporation of water with 300 g/lit salt is 1903 mm. The drainage water volume produced from Mirza Kuchak Khan Project (12,000 ha area), requires evaporation ponds as big as 7740 ha. This study showed that disposal of the drainage water of sugarcane projects is impossible if only evaporation ponds are used, and therefore, other management options should be considered for reducing the volume and salinity of drainage water.

Key words: Evaporation ponds, Drainage water, Khuzestan, Salinity

* - Corresponding author Email: aliaghat@ut.ac.ir
1 - Contribution from College of Agriculture & Natural Department of Irrigation and Reclamation