

# بررسی توان خودپالایی رودخانه کارون (مطالعه موردی: بازه اهواز تا آبادان)

رضا صالحی<sup>۱</sup>، مجید رزاز<sup>۲</sup>، محسن احمدی<sup>۳</sup>

۱- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۳- گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۵

## چکیده

با توجه به ورود آلاینده‌های مختلف به منابع آبی و مخصوصاً رودخانه‌ها، توجه به کیفیت آن‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین نیاز است تا کیفیت منابع آب در دسترس توسط شاخص‌های مختلف سنجیده شده و توانایی خودپالایی این منابع آبی مشخص گردد. با توجه به این موضوع، تحقیق حاضر به منظور بررسی خودپالایی رودخانه کارون و ارزیابی کیفی آب آن، در سال ۱۳۹۴ با نمونه‌برداری از بازه‌ی اهواز تا آبادان (بین طول‌های جغرافیایی  $48^{\circ} 10'$  تا  $48^{\circ} 40'$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $31^{\circ} 20'$  تا  $33^{\circ} 30'$  شمالی) انجام شد. این بازه به پنج قسمت (ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۵) تقسیم شده و در چهار نوبت (خرداد، تیر، مرداد و مهر) نمونه‌برداری از آب این رودخانه صورت گرفت. نتایج نشان داد که میزان خودپالایی رودخانه کارون با فاصله گرفتن از اهواز روند نزولی داشته به طوری که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب  $54/0+$  (ایستگاه اول) و  $22/62$  (ایستگاه پنجم) تن در روز به دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار DO نیز به ترتیب برابر  $7/35$  میلی‌گرم بر لیتر (ایستگاه اول) و  $5/77$  میلی‌گرم بر لیتر (ایستگاه پنجم) مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار برای BOD<sub>5</sub> به ترتیب در ایستگاه‌های دوم ( $4/48$  میلی‌گرم بر لیتر) و سوم ( $1/08$  میلی‌گرم بر لیتر) و برای COD به ترتیب در ایستگاه‌های اول ( $20/4$  میلی‌گرم بر لیتر) و چهارم ( $8/4$  میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: خود پالایی، اکسیژن محلول، کارون

## مقدمه

نمایان گشته است (جنوبی، ۲۰۰۴). رودخانه‌ها و آب‌های جاری از دیرباز مورد نیاز و توجه جوامع بشری بوده‌اند و برای بهره‌بردن از منابع آب، شهرها و مراکز صنعتی و کشاورزی معمولاً در نزدیکی رودخانه‌ها برپا شده است. از طرف دیگر چون این منابع آب برای مصارف گوناگون کشاورزی، شرب و صنعت به کار گرفته می‌شوند بنابراین کاهش کیفیت آن‌ها اثرات سوء گسترده‌ای بر محیط زیست می‌تواند داشته باشد (ویتون، ۱۹۷۵).

آب به عنوان عامل مهمی در پیدایش و تداوم حیات در کره زمین محسوب می‌شود به طوری که از آغاز تمدن بشری انسان‌ها همواره در ساحل رودخانه‌ها، کنار دریاچه‌ها یا چشمه‌های طبیعی ساکن شده‌اند. در واقع می‌توان گفت که آب کافی و با کیفیت مطلوب برای ادامه حیات بشر و سلامت ضروری است (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۲). با این وجود امروزه فعالیت‌های انسانی سبب آلودگی بسیاری از منابع آبی شده است که بدین ترتیب اثرات زیان‌بخش آلودگی آب به تدریج

$BOD_5$ ، یون‌های سدیم، کلراید، فسفات و نترات انجام پذیرفت. در این تحقیق ۳ ایستگاه مطالعاتی انتخاب و به صورت ماهیانه و به مدت یکسال توسط بخش پایش کیفی آب سازمان آب و برق اهواز نمونه برداری صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان دهنده آلودگی آب رودخانه در انتهای بازه و به علت اثر تجمعی مواد آلاینده نقطه‌ای به ویژه فاضلاب‌های صنعتی و شهری بود. همچنین توان خود پالایی رودخانه به دلیل ورود بیش از اندازه فاضلاب‌های شهری و صنعتی کاهش نشان داد. این محققان پیشنهاد کردند که می‌توان با اعمال تصفیه فاضلاب قبل از ورود به رودخانه و نیز مشخص نمودن متولی خاصی جهت کنترل وضعیت کیفی آب رودخانه این آلودگی‌ها را کاهش داد. حسینی و همکاران (۱۳۸۶) توان خودپالایی قسمتی از رودخانه کارون را در چهار ایستگاه هیدرومتری به نام‌های ۱- فارسیاب ۲- شوشتر ۳- ملائاتی ۴- اهواز در یک دوره ۱۰ ساله محاسبه کردند. نتایج ایشان نشان داد که قدرت خودپالایی رودخانه کارون در طول سه بازه در نظر گرفته شده در تمام فصول سال از یک روند یکنواخت و تقریباً یکسانی پیروی می‌کرد. آذری و بافکار (۱۳۸۶) رودخانه کرخه را از نظر قدرت خود پالایی پهنه‌بندی کردند. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، حداکثر توان خود پالایی مربوط به بازه حد فاصل جلوگیر و پایه پل به میزان ۳۱۶۴۲۹۵ تن در روز و حداقل آن مربوط به بازه حد فاصل عبدالخان و حمیدیه به میزان ۱۸۴۸۱۸۰ تن در روز محاسبه شد. عابدی کوپایی و نصری (۱۳۸۷) در تحقیقی به بررسی خودپالایی رودخانه زاینده رود پرداختند. بدین منظور این محققان از اطلاعات چهار ایستگاه هیدرومتری واقع بر رودخانه زاینده رود (سد تنظیمی زاینده رود، پل زمانخان، پل کله و سد انحرافی نکوآباد) در یک دوره نه ماهه (تیر لغایت شهریور ۱۳۸۵) استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بیشترین ظرفیت خودپالایی زاینده رود مربوط به بازه اول (حد فاصل

رودخانه‌ها به دلیل خودپالایی، تا حدودی قادر به تنظیم کیفیت خود هستند. در واقع خودپالایی مجموعه فعل و انفعالاتی است که به صورت طبیعی در رودخانه‌ها اتفاق می‌افتد و در نتیجه، میزان آلودگی وارد شده به آن، تا حد تبدیل آب به کیفیت مطلوب و استاندارد کاهش پیدا می‌کند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵). با بررسی توان خودپالایی رودخانه‌ها می‌توان تا حدودی تغییرات کیفی آب را پیش‌بینی نمود. از طرفی با تعیین توان خودپالایی رودخانه، می‌توان راه‌کارهای بهبود کیفیت و افزایش توان پالایش رودخانه‌ها را مشخص کرد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵). ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها تابع عوامل زمانی و مکانی، نوع و شدت بار آلاینده‌های ورودی و نیز شرایط محیطی بستر رودخانه است. در حقیقت، ارزیابی خودپالایی رودخانه تعیین مقدار اکسیژن محلول در طول آن است که بر اساس این ظرفیت می‌توان دریافت که رودخانه از لحاظ آلودگی در چه وضعیتی است و در چه نقاطی وضعیت بحرانی کمبود اکسیژن محلول وجود دارد (انصاری‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).

به دلیل اهمیت این موضوع، تاکنون مطالعات بسیاری روی خودپالایی رودخانه‌های مختلف انجام شده است. یوسفی و ساحلی (۱۳۸۵) وضع آلودگی و خودپالایی رودخانه چشمه کیله شهرستان تنکابن را بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد که پساب ناشی از مزرعه پرورش ماهی، پساب حاصل از کشتارگاه صنعتی مرغ و طیور، پساب حاصل از بارارچه داخل محدوده شهر، پساب حاصل از گرمابه عمومی و آلاینده‌های طبیعی، فاضلاب‌های خانگی (شهری و روستایی) و پساب‌های کشاورزی از جمله عوامل آلاینده این رودخانه بودند. صفاریان و همکاران (۱۳۸۵) به تعیین ارتباط و پیش بینی تاثیرات آلاینده‌های نقطه ای بر کیفیت آب رودخانه کارون پرداختند. این مطالعه جهت پیش بینی قدرت خود پالایی رودخانه کارون به لحاظ عوامل، DO، COD،

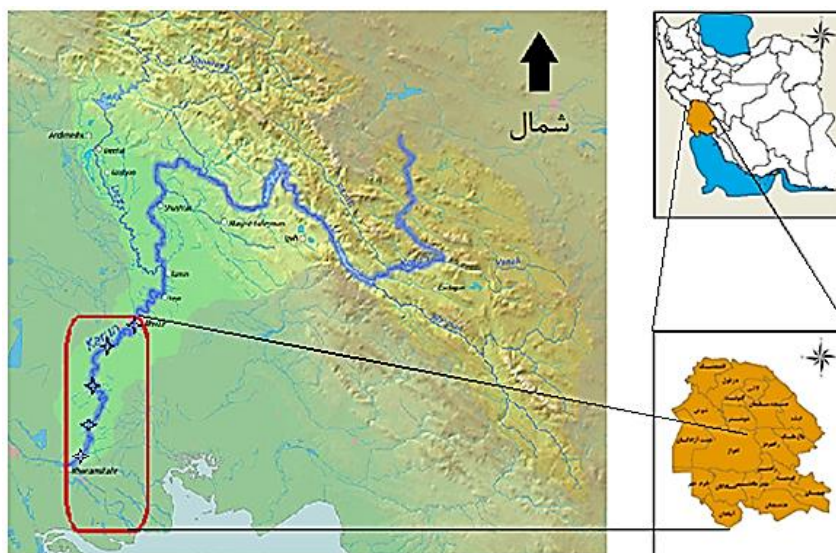
شده است و به لحاظ منافع حاصل از کشاورزی، صنعتی و محیط زیست برای ایران از جایگاه خاصی برخوردار است (نیکخواه، ۱۳۸۸). به دلیل اهمیت این رودخانه، تحقیق حاضر با هدف بررسی میزان خودپالایی آن از بازه اهواز تا آبادان انجام شد.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر با هدف تعیین خودپالایی و کیفیت آب رودخانه کارون، با نمونه‌برداری از رودخانه کارون در بازه اهواز تا آبادان انجام شد. این بازه بین طول‌های جغرافیایی  $31^{\circ} 40'$  تا  $31^{\circ} 10'$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $31^{\circ} 20'$  تا  $30^{\circ} 33'$  شمالی تعیین شد (شکل ۱-۳). جمع‌آوری اطلاعات به صورت میدانی و با استفاده از نمونه‌برداری از آب رودخانه کارون در بازه اهواز تا آبادان انجام شد. نمونه‌برداری در ۵ نقطه و در ۴ نوبت (خرداد، تیر، مرداد و مهر) انجام شد. نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ مشخص شده است. همچنین مشخصات نمونه‌برداری در جدول ۱ نشان داده شده است.

سد تنظیمی زاینده رود تا پل زمانخان) می‌باشد. معاضد و مرادزاده (۱۳۹۱) به بررسی توان خودپالایی رودخانه بشار پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که حداکثر توان خودپالایی مربوط به بهمن ماه و حداقل توان خودپالایی مربوط به آبان ماه می‌باشد. وی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) با استفاده از داده‌های ۲۰ ساله کمی و کیفی رودخانه لانسنگ آدر چین، قدرت خودپالایی رودخانه را قبل و بعد از احداث سد بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد که در فاصله زمانی ۷ ساله پس از احداث سد، وضعیت کیفی مخزن و همچنین آب رودخانه در فاصله اندکی پس از سد، بدتر شده ولی پس از این دوره، وضعیت کیفیت آب در این قسمت بهبود یافت. تیان و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) به بررسی خودپالایی رودخانه جوما پرداختند و نشان دادند که این رودخانه توانایی بالایی در خودپالایی برخی فلزات سنگین و برخی آلودگی‌های آلی دارد.

رودخانه کارون، یکی از شریان‌های مهم هیدرولیکی کشور می‌باشد که در استان خوزستان واقع



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (۵ ایستگاه اندازه‌گیری در کادر قرمز رنگ مشخص شده‌اند)

1-Wei et al.  
2-Lancang  
3-Tian et al.

جدول ۱- مشخصات نقاط نمونه برداری (بازه اهواز تا آبادان)

نام ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵
طول جغرافیایی	°۴۸ ۳۹'	°۴۸ ۲۸'	°۴۸ ۲۱'	°۴۸ ۲۵'	°۴۸ ۲۲'
عرض جغرافیایی	°۳۱ ۱۸'	°۳۱ ۱۰'	°۳۰ ۵۶'	°۳۰ ۴۴'	°۳۰ ۲۲'
فاصله از اهواز	۰ Km	۳۰ Km	۶۰ Km	۹۰ Km	۱۲۰ Km

$$D_{it} = D_{L20}(1.037)^{(T-20)} \quad (۴)$$

$D_{L20}$  ضریب انتشار مولکولی اکسیژن در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد می باشد که مقدار آن برابر  $D_{L20} = 1.76 \times 10^{-4} (m^2 day^{-1})$  می باشد.

در این تحقیق، غلظت COD با استفاده از راکتور COD سنج، BOD نمونه ها با استفاده از دستگاه انکوباتور BOD مدل WTW TS606/2-I، غلظت نیترات با استفاده از روش استاندارد و با دستگاه اسپکتروفوتومتری UV-Visible مدل UV-1700 Pharma Spec Shimadzo در طول موج ۲۲۰ نانومتر، غلظت فسفات با استفاده از روش استاندارد و با دستگاه اسپکتروفوتومتری UV-Visible مدل UV-1700 Pharma Spec Shimadzo در طول موج ۶۹۰ نانومتر، میزان اکسیژن محلول با استفاده از دستگاه DO متر پرتابل مدل 6 sension ساخت شرکت HACH، کلیفرم های مدفوعی با استفاده از روش استاندارد مهندسی آب وزارت نیرو شماره ۱۸۹ - الف و استاندارد شماره ۴۳۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و دمای آب با استفاده از دماسنج در محل نمونه گیری اندازه گیری شد.

### نتایج و بحث

درصد خودپالایی رودخانه نیترات توسط رودخانه کارون در چهار بازه ی اول (بین ایستگاه های ۱ و ۲)، بازه ی دوم (بین ایستگاه های ۲ و ۳)، بازه ی سوم (بین ایستگاه های ۳ و ۴) و بازه ی چهارم (بین ایستگاه های ۴ و ۵) در شکل ۲ نشان داده شده است. درصد خودپالایی نیترات در بازه های اول، سوم و چهارم در ماه مهر و در بازه ی سوم در ماه خرداد مقدار منفی به

به منظور ارزیابی توان خودپالایی رودخانه از رابطه (۱) استفاده شد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵؛ عابدی کویابی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$P_c = \frac{L_i - L_o}{L_i} \times 100 \quad (۱)$$

که در این رابطه،  $P_c$  میزان خودپالایی (درصد)،  $L_i$  غلظت پارامتر مورد نظر در بار ورودی و  $L_o$  غلظت پارامتر مورد نظر در بار خروجی می باشد. در این تحقیق خودپالایی رودخانه برای پارامترهای نیترات، فسفات، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن خواهی شیمیایی و کلی فرم مدفوعی محاسبه شد. واحد پارامترها بر حسب  $kg day^{-1}$  می باشد. همچنین به منظور بررسی خودپالایی رودخانه براساس اکسیژن محلول، از رابطه (۲) نیز استفاده شد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵؛ عابدی کویابی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$C_A = \frac{0.055QLK_2}{V} \quad (۲)$$

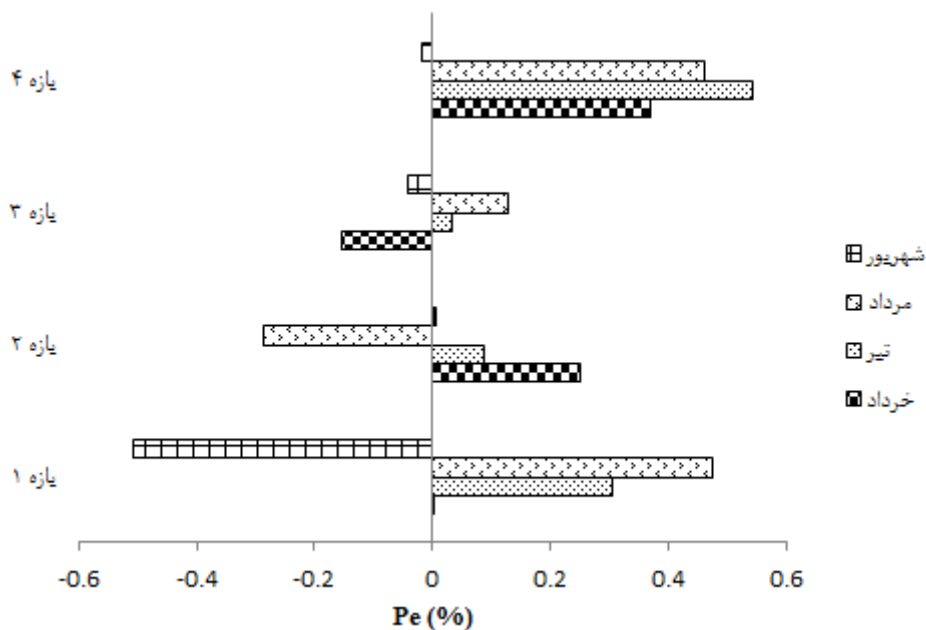
که در این  $C_A$  رابطه ظرفیت پذیرش مواد زاید توسط رودخانه به ازای هر واحد کمبود در اکسیژن محلول ( $ton day^{-1}$ )،  $Q$  دبی رودخانه ( $m^3.s^{-1}$ )،  $L$  طول بازه ( $m$ )،  $V$  سرعت جریان ( $m.s^{-1}$ ) و  $K_2$  ضریب هوادهی رودخانه ( $day^{-1}$ ) می باشد که از رابطه ی (۳) تعیین می شود:

$$K_2 = \frac{294(D_{LT}V)^{0.5}}{H^{1.5}} \quad (۳)$$

$H$  عمق متوسط رودخانه ( $m$ ) و  $D_{LT}$  ضریب انتشار مولکولی اکسیژن ( $m^2 day^{-1}$ ) در دمای  $T$  می باشد که از رابطه (۴) تعیین می شود:

بود. تغییرات خودپالایی این یون در تیر به صورت سهمی بود. درصد خودپالایی نیترات در ماه مرداد نیز به صورت سهمی بود به طوری که کمترین درصد خودپالایی رودخانه کارون در بازه دوم به دست آمد. در ایستگاه اول، بیشترین درصد خودپالایی در مرداد و کمترین درصد خودپالایی در ماه مهر تعیین شد. همین روند نیز در بازه سوم به دست آمد.

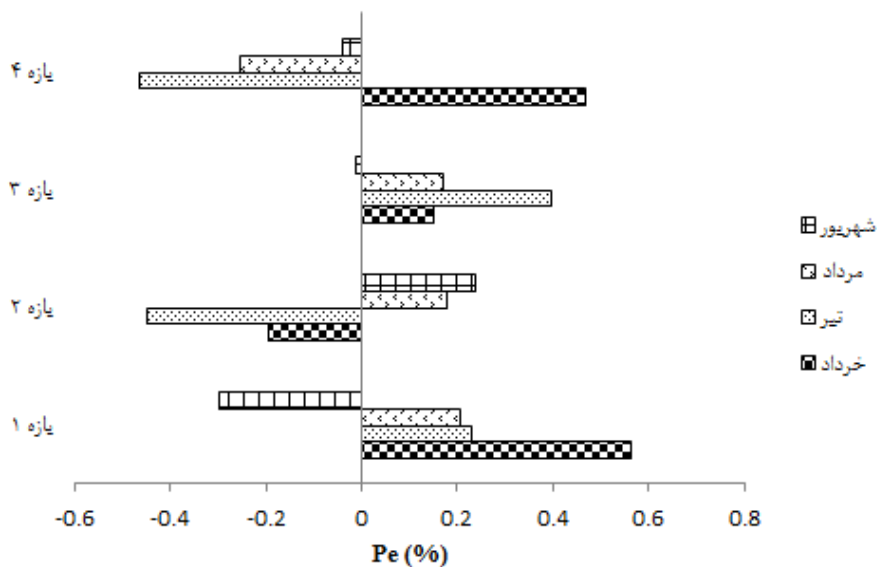
دست آمد. این نتایج نشان دهنده‌ی این است که نه تنها میزان نیترات در این بازه کاهش نیافته بلکه افزایش یون نیترات در بازه سبب آلودگی رودخانه کارون نیز شده است. منشأ این آلودگی ورود زهاب‌های کشاورزی می‌تواند باشد. بیشترین و کمترین درصد خودپالایی نیترات در خرداد به ترتیب ۰/۰۶ و ۳۷ درصد در بازه‌های اول و چهارم به دست آمد. درصد خودپالایی نیترات در تیر ماه مقداری مثبت



شکل ۲- درصد خودپالایی نیترات توسط رودخانه کارون

کشاورزی وارد رودخانه کارون شده است. درصد خودپالایی این یون در ماه تیر برابر ۲۳، ۴۴، ۳۹- و ۴۶- درصد به ترتیب برای بازه‌های اول تا چهارم تعیین شد. برای ماه مرداد نیز این مقادیر برابر ۲۰، ۱۷، ۱۸ و ۲۵- به ترتیب در بازه‌های اول تا چهارم مشاهده شدند. در ماه مهر فقط در بازه‌ی دوم مقدار خودپالایی یون فسفات مقداری مثبت به دست آمد و در بازه‌های سوم و چهارم مقادیر منفی نزدیک به صفر برای این یون تعیین شد.

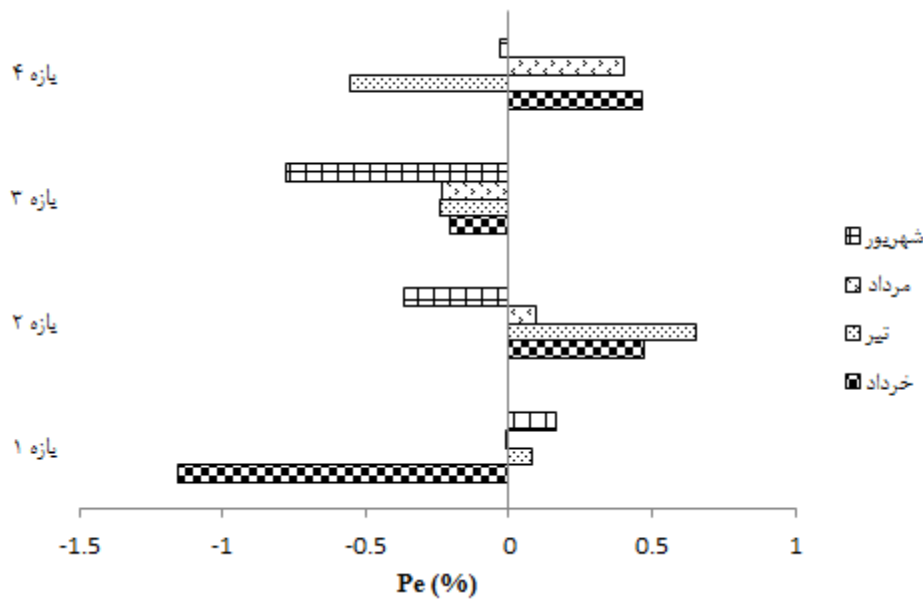
درصد خودپالایی فسفات در بازه‌های مختلف و در سه ماه مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. درصد خودپالایی فسفات در خرداد ماه برابر ۵۶، ۱۹-، ۱۵ و ۴۷ درصد به ترتیب برای بازه‌های اول تا چهارم به دست آمد. مقدار منفی برای بازه‌ی دوم به معنی آلودگی رودخانه کارون به یون فسفات است که نه تنها غلظت این یون در بازه‌ی دوم کاهش نیافته بلکه به علت ورود آلاینده‌ها، افزایش نیز داشته است. آلاینده‌های فسفات شامل سموم استفاده شده در کشت محصولات بوده که از طریق زهاب‌های



شکل ۳- درصد خودپالایی فسفات توسط رودخانه کارون

بازه‌ی نخست افزایش بالایی نشان داد. میزان خودپالایی BOD5 در تیر ماه، روند نامنظمی داشت به طوری که در بازه‌ی اول و دوم مقداری مثبت نشان داد ولی در بازه‌های سوم و چهارم مقداری منفی داشت. کمترین تغییرات خودپالایی BOD5 در ماه مرداد به دست آمد به طوری که حداکثر تغییرات در طول رودخانه برابر ۶۳ درصد و بین ایستگاه‌های سوم و چهارم تعیین شد. در بازه‌ی نخست، بیشترین درصد خودپالایی BOD5 در تیر ماه و کمترین درصد خودپالایی این پارامتر در خرداد به دست آمد. تغییرات نامنظم خودپالایی این پارامتر در طول مسیر رودخانه کارون به طوری بود که در بازه‌ی چهارم بیشترین و کمترین درصد خودپالایی به ترتیب در خرداد و تیر مشاهده شدند.

درصد خودپالایی رودخانه کارون برای پارامتر BOD5 در ماه خرداد نشان داد که در طول مسیر این رودخانه، درصد خودپالایی نیز افزایش یافت (شکل ۴). با توجه به اینکه سهم عمده‌ی ورود این آلاینده به رودخانه کارون از طریق فاضلاب‌های خانگی است؛ با دور شدن از کلان‌شهر اهواز درصد ورود این فاضلاب‌ها به رودخانه کاهش یافته است. همچنین به دلیل هوادهی رودخانه، مقداری از این آلاینده بر اثر خودپالایی از رودخانه حذف شده است. درصد خودپالایی BOD5 در بازه اول برابر ۱۱۵- بود ولی در بازه‌های دوم تا چهارم، درصد خودپالایی رودخانه کارون نسبت به بازه اول به ترتیب ۱۶۲، ۹۴ و ۱۶۱ درصد افزایش داشت. گرچه درصد خودپالایی BOD5 در بازه سوم مقداری منفی بود ولی نسبت به



شکل ۴- درصد خودپالایی BOD5 توسط رودخانه کارون

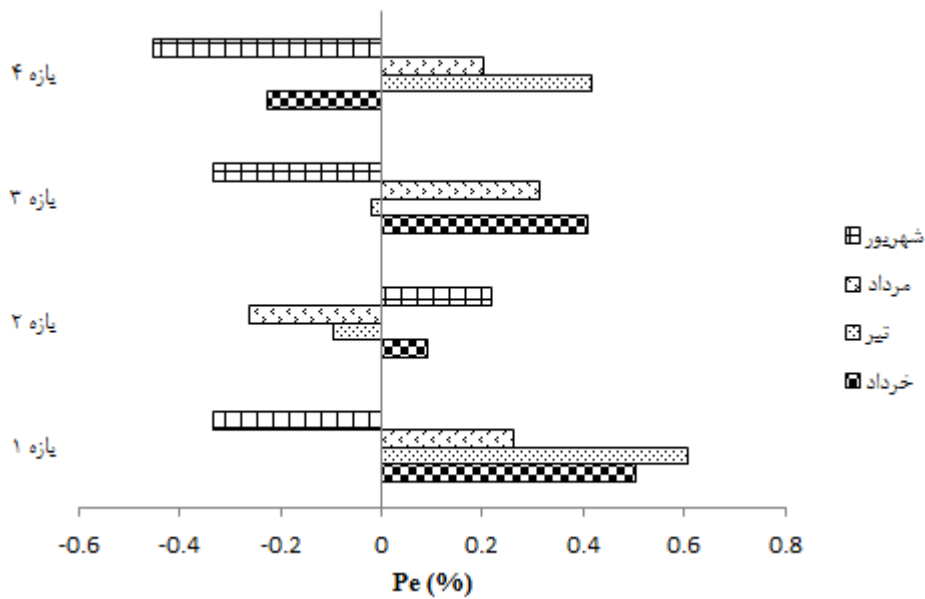
به بازه‌ی نخست تعیین شد. براساس نتایج به دست آمده، فقط در بازه‌ی دوم درصد خودپالایی COD

مقداری منفی به دست آمد. به منظور تعیین توانایی خودپالایی رودخانه کارون، ابتدا پارامترهای ضریب انتشار مولکولی و ضریب هوادهی محاسبه شدند (جدول ۲). نتایج نشان داد که هر چه به انتهای رودخانه پیش‌رویم، توانایی خودپالایی رودخانه کارون کاهش می‌یابد (شکل ۶). با توجه به اینکه این نتایج در هر چهار ماه نمونه‌گیری مشاهده شد؛ می‌توان نتیجه گرفت که توانایی خودپالایی آلاینده‌ها بیشتر تحت تأثیر مکان است تا زمان. این نتایج با مشاهدات حسینی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. این محققان نیز با بررسی توان خودپالایی رودخانه کارون در بازه زرگان تا کوت امیر بالادست به پایین دست کاهش یافت. در تحقیقی مشابه، عابدی کوپایی و همکاران (۱۳۸۹) نیز با بررسی توان خودپالایی زاینده رود، نتایج مشابهی گزارش کردند. در بازه‌ی نخست، تغییرات قدرت خودپالایی رودخانه کارون در ماه‌های مرداد و تیر به ترتیب برابر ۷ و ۵ درصد نسبت به ماه خرداد کاهش

همانند سایر پارامترها، درصد خودپالایی رودخانه کارون در کاهش COD نیز محاسبه شد (شکل ۵). خلاف نتایج به دست آمده برای پارامتر BOD5، رودخانه کارون در بازه نخست توانایی بالایی در حذف COD داشت به طوری که در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد به ترتیب ۵۰، ۶۰ و ۲۶ درصد از این پارامتر توسط این رودخانه حذف شد. با این وجود در این بازه و در ماه مهر مقداری منفی برای این پارامتر به دست آمد. برای ماه خرداد، خودپالایی رودخانه کارون برای پارامتر COD در ایستگاه‌های دوم تا چهارم نسبت به ایستگاه نخست کاهش داشت. این کاهش به ترتیب برابر ۴۰، ۹ و ۷۲ درصد بود. درصد خودپالایی COD در بازه چهارم در خرداد ماه به حدی نزول کرد که مقداری منفی برای آن به دست آمد. تغییرات خودپالایی COD در تیر ماه ابتدا نزولی بود ولی در بازی سوم و چهارم روند صعودی داشت. درصد خودپالایی COD در بازه‌های دوم تا چهارم به ترتیب ۷۰، ۶۲ و ۱۹ درصد برابر نسبت به بازه نخست کاهش داشتند. خودپالایی COD در ماه مرداد نیز نامنظم بود. تغییرات خودپالایی این پارامتر در بازه‌های دوم تا چهارم به ترتیب برابر ۵۲-، ۵ و ۶- درصد نسبت

بازه‌های دوم تا چهارم در ماه خرداد به ترتیب ۱۸/۵، ۳۸/۳ و ۵۰/۴ درصد نسبت به بازه نخست کاهش نشان داد. این تغییرات در ماه تیر به ترتیب برابر ۹/۵-، ۳۲- و ۴۲/۲- درصد و در ماه مرداد به ترتیب برابر ۴/۶-، ۳۶/۷- و ۵۱/۲- تعیین شد.

یافت. تغییرات زمانی توانایی خودپالایی رودخانه کارون در ماه‌های تیر و مرداد در ایستگاه دوم نیز به ترتیب ۳ و ۱۰ درصد نسبت به ماه خرداد افزایش داشت. این تغییرات برای بازه‌های سوم و چهارم نیز به ترتیب (۲/۳ و ۳/۴-) و (۸/۳ و ۷/۲-) درصد به دست آمد. قدرت خودپالایی رودخانه کارون در

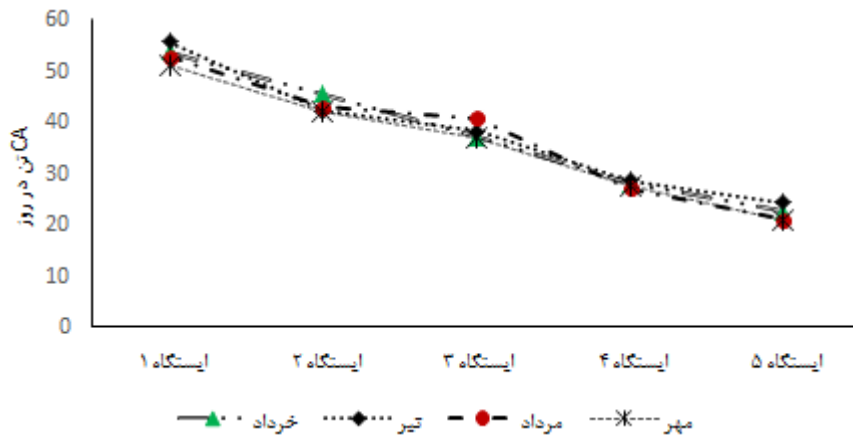


شکل ۵- درصد خودپالایی COD توسط رودخانه کارون

جدول ۲- ضریب انتشار مولکولی ( $D_{it}$ ) و ضریب هوادهی ( $K_2$ ) رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و مهر

ایستگاه ۵	ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	پارامتر	ماه نمونه‌برداری
۰/۰۰۰۲۱۷	۰/۰۰۰۲۲۹	۰/۰۰۰۲۳۵	۰/۰۰۰۲۱۹	۰/۰۰۰۲۲۹	$(m^2 day^{-1}) D_{LI}$	خرداد
۳/۳۷۲۸۴۲	۳/۶۷۲۴۰۵	۳/۲۳۰۹۷۳	۲/۹۷۳۹۳۰	۳/۵۱۷۲۳۵	$(day^{-1}) K_2$	
۰/۰۰۰۲۷۰	۰/۰۰۰۲۵۳	۰/۰۰۰۲۴۹	۰/۰۰۰۲۶۴	۰/۰۰۰۲۶۴	$(m^2 day^{-1}) D_{LI}$	تیر
۳/۶۵۳۲۴۹	۳/۷۵۶۴۴۷	۳/۳۳۲۳۰۹	۳/۶۸۲۲۵۷	۳/۶۴۰۶۴۸	$(day^{-1}) K_2$	
۰/۰۰۰۲۷۲	۰/۰۰۰۲۳۱	۰/۰۰۰۲۹۱	۰/۰۰۰۳۱۱	۰/۰۰۰۲۷۹	$(m^2 day^{-1}) D_{LI}$	مرداد
۳/۶۵۱۲۳۷	۳/۵۴۷۶۷۹	۳/۵۶۷۲۸۹	۳/۷۴۰۸۳۵	۳/۴۴۷۴۸۱	$(day^{-1}) K_2$	
۰/۰۰۰۲۵۳	۰/۰۰۰۲۱۱	۰/۰۰۰۲۳۵	۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۲۱۹	$(m^2 day^{-1}) D_{LI}$	مهر
۳/۵۲۰۹۶۲	۳/۲۱۵۲۴۷	۳/۴۰۹۵۷	۳/۲۶۴۳۳۸	۳/۲۷۴۱۸۹	$(day^{-1}) K_2$	





شکل ۶- توانایی خودپالایی آلاینده‌ها توسط رودخانه کارون

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین و کمترین درصد خودپالایی نیترات در خرداد به ترتیب با ۰/۰۶ و ۳۷ درصد در بازه‌های اول و چهارم به دست آمد. تغییرات خودپالایی این یون در تیر به صورت سهمی بود. درصد خودپالایی نیترات در ماه مرداد نیز به صورت سهمی بود به طوری که کمترین درصد خودپالایی رودخانه کارون در بازه دوم به دست آمد. همچنین درصد خودپالایی فسفات در خرداد ماه برابر ۵۶، ۱۹-، ۱۵ و ۴۷ درصد به ترتیب برای بازه‌های اول تا چهارم به دست آمد. درصد خودپالایی این یون در ماه تیر برابر ۲۳، ۴۴، ۳۹- و ۴۶- درصد به ترتیب برای بازه‌های اول تا چهارم تعیین شد. برای ماه مرداد نیز این مقادیر برابر ۲۰، ۱۷، ۱۸ و ۲۵- به ترتیب در بازه‌های اول تا چهارم مشاهده شدند. درصد خودپالایی رودخانه کارون برای پارامتر BOD5 در ماه خرداد نشان داد که در طول مسیر این رودخانه، درصد خودپالایی نیز افزایش یافت. درصد خودپالایی BOD5 در بازه اول برابر ۱۱۵- بود ولی در بازه‌های دوم تا چهارم، درصد خودپالایی رودخانه کارون نسبت

به بازه اول به ترتیب ۱۶۲، ۹۴ و ۱۶۱ درصد افزایش داشت. میزان خودپالایی BOD5 در تیر ماه، روند نامنظمی داشت به طوری که در بازه‌ی اول و دوم مقداری مثبت نشان داد ولی در بازه‌های سوم و چهارم مقداری منفی داشت. کمترین تغییرات خودپالایی BOD5 در ماه مرداد به دست آمد به طوری که حداکثر تغییرات در طول رودخانه برابر ۶۳ درصد و بین ایستگاه‌های سوم و چهارم تعیین شد. رودخانه کارون در بازه نخست توانایی بالایی در حذف COD داشت به طوری که در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد به ترتیب ۵۰، ۶۰ و ۲۶ درصد از این پارامتر توسط این رودخانه حذف شد. به صورت کلی نتایج این تحقیق نشان داد که هر چه به انتهای رودخانه پیش‌رویم، توانایی خودپالایی رودخانه کارون کاهش می‌یابد. می‌توان نتیجه گرفت که توانایی خودپالایی آلاینده‌ها بیشتر تحت تأثیر مکان است تا زمان. قدرت خودپالایی رودخانه کارون بین ۴۵/۵ (بازه اول و ماه خرداد) تا ۲۱ (بازه چهارم و ماه مرداد) تن در روز متغیر بود.

منابع

- ۱- کی نژاد، م. ع.، ابراهیمی، س. (۱۳۸۲). مهندسی محیط زیست. چاپ دوم. تبریز: سپند.
  - ۲- حسینی، ی.، کشکولی، ح. ع.، آذری، آ.، برومند نسب، س.، معاضد، ه. (۱۳۸۵). محاسبه توان خودپالایی قسمتی از رودخانه کرخه جهت ورود فاضلاب شهری و مقایسه آن با وضعیت کنونی رودخانه، مجموعه مقالات اولین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.
  - ۳- انصاری پور، ا. ح.، ابراهیمی، ک.، امید، م. ح. (۱۳۹۲). بررسی خودپالایی جریان های رودخانه ای با توسعه و کاربرد مدل های ریاضی مطالعه موردی: رودخانه پسیخان- گیلان. فصلنامه تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۴(۲): ۳۱-۴۲.
  - ۴- یوسفی، ذ.، ساحلی، ش. (۱۳۸۵). بررسی وضع آلودگی و خودپالایی رودخانه چشمه کيله شهرستان تنکابن، نهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.
  - ۵- صفاریان، ر.، خادم الرسول، ع.، عامری خواه، ه.، مشایخی کرهرودی، ن. (۱۳۸۵). تعیین ارتباط و پیش بینی تاثیرات آلاینده های نقطه ای بر کیفیت آب رودخانه کارون، نخستین همایش منطقه ای آب، بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.
  - ۶- حسینی، ی.، برومند نسب، س.، معاضد، ه.، کشکولی، ح. ع. (۱۳۸۶). محاسبه توان خودپالایی قسمتی از رودخانه کارون جهت ورود فاضلاب شهری و بررسی عوامل موثر بر آن، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب.
  - ۷- آذری، آ.، بافکار، ع. (۱۳۸۶). پهنه بندی رودخانه کرخه از نظر قدرت خود پالایی، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب.
  - ۸- عابدی کویابی، ج.، نصری، ر. (۱۳۸۷). بررسی توان خودپالایی رودخانه زاینده رود، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
  - ۹- معاضد، ه.، مرادزاده، م. (۱۳۹۱). بررسی توان خودپالایی رودخانه بشار، نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.
  - ۱۰- نیکخواه، س. (۱۳۸۷). ارائه الگوی مدیریتی جهت کنترل شوری آب رودخانه های کارون و بهمنشیر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم تحقیقات، اهواز، ایران.
  - ۱۱- عابدی کویابی، ج.، نصری، ز.، طالبی، خ.، مامن پوش، ع.، موسوی، س. ف. (۱۳۹۰). مطالعه کیفیت شیمیایی و آلودگی آب زاینده رود در بالادست به دیازینون و توان خودپالایی آن، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۵(۵۶): ۱-۱۹.
  - ۱۲- حسینی، ی.، کشکولی، ح. ع.، آذری، آ.، برومند نسب، س.، معاضد، ه. (۱۳۸۵). محاسبه توان خودپالایی قسمتی از رودخانه کرخه جهت ورود فاضلاب شهری و مقایسه آن با وضعیت کنونی رودخانه، مجموعه مقالات اولین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.
  - ۱۳- حسینی، پ.، ایلدرومی، ع. ر.، حسینی، ع. ر. (۱۳۹۲). بررسی کیفیت آب رودخانه ی کارون با استفاده از شاخص NSFQWI در بازه زرگان تا کوت امیر (طی ۵ سال). فصلنامه انسان و محیط زیست. ۲۵: ۱۱-۱.
- 14- Wei, G.L., Yang, Z.F., Cui, B. S., Li, B., Chen, H., Bai, J.H., Dong, S. K. (2009). Impact of Dam Construction on Water Quality and Water Self-Purification Capacity of the Lancing River, China, Water Resource Management, 23: 1763-1780.

- 15- Tian, Sh., Wang, Zh., Shang, H. (2011). Study on the self-purification of Juma river, *Procedia Environmental Science*, 11: 1328-1333.
- 16- Junubi, R. (2004). Contamination of water production resources and prevention techniques. Research Project of Rural Water and Water waste Company of West Azarbayjan, Orumiyeh, Iran; [Online, cited Apr 19, 2013]; Available from: [http://www.abfarwazar.ir/downloads/magale/alodegi\\_ab.pdf](http://www.abfarwazar.ir/downloads/magale/alodegi_ab.pdf).
- 17- Whitton, A. (1975). *River ecology: studies in ecology*, Blackwell scientific Publication, 725 pp.

