مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد شانزدهم، شماره اول، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

برآورد حداکثر بار آلودگی مجاز قابل تخلیه به گرگان‌رود

[*]مهدی مفتاح‌هلقی
استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲

چکیده

گرگان‌رود یکی از سه رودخانه اصلی استان گلستان می‌باشد که نقش مهمی در تأمین آب استان گلستان دارد. به‌منظور بررسی کیفیت آب گرگان‌رود و همچنین برآورد حداکثر بار آلودگی مجاز قابل تخلیه به آن، از آمار ۸ ایستگاه اندازه‌گیری کیفیت آب این رودخانه استفاده به عمل آمد. وضعیت خودپالایی این رودخانه با دو روش تجربی استریتر- فیلیپس و آماری مورد بررسی قرار گرفت. هیچ‌یک از این روش‌ها نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب خودپالایی برای این رودخانه در شرایط متوسط و کم‌آبی نمی‌باشد. مقدار BOD مشاهده شده این رودخانه در ایستگاه تمر- قره‌قوزی با مقدار ۹/۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده و تا قبل از محل سد وشمگیر، مقدار BOD مشاهده شده در برخی نمونه‌ها، بیش از مقدار مجاز بوده ولی این مشکل در پایین‌دست محل سد مشاهده نگردیده است. همچنین متوسط سالانه مقدار BOD از مقدار ۱/۷ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه ورودی گنبد تا ۲/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه‌های تمر- قره‌قوزی و ورودی آق‌قلا متغیر است. نتایج محاسبات خودپالایی نشان می‌دهد در وضعیت موجود مشکلی از جهت تخلیه بار آلودگی به گرگان‌رود وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: بار آلودگی مجاز، خودپالایی، کیفیت آب، گرگان‌رود

[*] مسئول مکاتبه: meftah_20@yahoo.com

مقدمه

منابع آلاینده شامل موادی هستند که اگر در هر یک از منابع اصلی محیط زیست شامل: آب، هوا و خاک و حتی گیاهان وارد شوند آن را از حالت طبیعی و مفید خارج می‌سازند. آلوده‌کننده‌های آب شامل موادی هستند که خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب را تغییر می‌دهند، که به‌طور عمده این مواد در اثر فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود و به سه گروه عمده منابع آلوده‌کننده صنعتی، شهری و کشاورزی تقسیم‌بندی می‌شوند (عرفان‌منش و فیونی، ۲۰۰۳).

رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند. با توجه به اهمیت این مجاری و خشک‌سالی‌های سال‌های اخیر، حفظ این منابع یکی از وظایف مهم می‌باشد. از طرفی این منابع به‌عنوان محل تخلیه فاضلاب‌ها، پساب‌های کارخانه‌ها و زه‌کش‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند. با توجه با این‌که هر رودخانه تا حدود معینی ظرفیت پذیرش آلاینده‌های ورودی را دارا می‌باشد، بنابراین امروزه بررسی کیفی و محیط زیستی این منابع مطرح می‌باشد. چنان‌چه بتوان نقاطی از رودخانه را از نظر پارامترهای کیفی آب که پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد مشخص نمود یافتن نقاط بحرانی و راه‌کار مناسب برای رفع این نقاط بحرانی آسان‌تر می‌شود (نظری و همکاران، ۲۰۰۵).

تخلیه پساب‌ها به منابع آب‌های سطحی در گوشه و کنار دنیا فجایع زیست محیطی گوناگونی را به‌وجود آورده است در این راستا با بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها می‌توان این مشکلات و خطرات را تا حدی کنترل نمود. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها در کشورهای مختلف به طرق متفاوتی صورت می‌پذیرد. برای مثال در کشورهای فرانسه و آلمان کیفیت آب براساس اثرات متقابل فاکتورها و عوامل مختلف می‌باشد و در کشور آمریکا براساس تعیین BOD، DO، آمونیاک و تست‌های بیولوژیکی است. در بعضی از کشورها مانند انگلستان و کانادا کیفیت آب براساس نظام شاخص کیفیت آب اندازه‌گیری می‌شود. یکی از روش‌های بررسی کیفیت آب آنالیز آزمایشگاهی می‌باشد که دخیل بودن تعداد زیادی پارامتر که هم گران و هم وقت‌گیر هستند، از مشکلات اصلی این روش می‌باشد. علاوه‌بر این حتی پس از حصول نتیجه نمی‌توان با استفاده از داده‌های خام و متوسط‌گیری به تخمین خوبی از لحاظ کیفیت آب دست پیدا کرد. برای برطرف کردن این مشکل شاخص کیفیت آب، راه‌حلی برای سنجش ارزش کیفیت آب، با به‌کارگیری داده‌های خام پیشنهاد می‌گردد که به‌وسیله آن می‌توان ارزش کیفیت آب را به‌صورت موضوعی تقسیم‌بندی نمود (رزاز و همکاران، ۲۰۰۷).

خودپالایی به مجموعه فعل و انفعالاتی گفته می‌شود که به‌صورت طبیعی در یک منبع آبی اتفاق می‌افتد و در نتیجه آن میزان آلودگی آب طی فرآیندهای طبیعی کاهش یافته و کیفیت آب تا حد استاندارد مطلوب افزایش می‌یابد. عواملی که بر این پدیده مؤثرند شامل میزان انتقال آلاینده‌ها، میزان نفوذ و پخش آلاینده‌ها، میزان تبدیل آلاینده‌ها و میزان ته‌نشینی و میزان تجزیه آنها می‌باشد (حسینی و همکاران، ۲۰۰۷).

بار آلی رودخانه را به‌طور عمده ترکیبات و یا مواد کربنی و نیتروژنی تشکیل می‌دهند. بلافاصله پس از ورود این مواد به رودخانه فرآیند تجزیه بیولوژیکی آنها که با مصرف اکسیژن محلول آب همراه است، آغاز می‌شود. به‌طوری‌که پس از ورود این مواد به داخل رودخانه، اکسیژن محلول آب به‌شدت کاهش و مقادیر COD و BOD افزایش می‌یابند. میکروارگانیسم‌های اکسیداسیون مواد کربنی در آب فراوان بوده و دوره تکثیر آنها کوتاه و در حدود ۳۰ دقیقه می‌باشد در صورتی‌که میکروارگانیسم‌های اکسیداسیون مواد نیتروژنی که بسیار اختصاصی عمل می‌کنند دارای تعداد محدود و دوره تکثیر به نسبت طولانی و در حدود ۳۰ ساعت می‌باشد. به همین دلیل ترکیبات گروه کربنی برخلاف ترکیبات گروه نیتروژنی، به سرعت وارد عمل شده و اکسیژن محلول آب را به مصرف رسانده و باعث افت شدید سطح آن می‌گردند (اندرئو و همکاران، ۲۰۰۳).

رودخانه ظرفیت پذیرش آن مقدار از بار آلی را خواهد داشت که در روند تجزیه مواد آلی تشکیل‌دهنده آن، سطح اکسیژن محلول آب در هیچ نقطه‌ای پایین‌تر از ٤ میلی‌گرم در لیتر نرود. به‌عبارتی اگر در نقطه‌ای از مسیر رودخانه اکسیژن محلول در آب کمتر از ٤ میلی‌گرم در لیتر باشد، نشان می‌دهد که بار آلی وارده به سیستم رودخانه، بیش از ظرفیت مجاز پذیرش مواد آلی رودخانه است و یا ممکن است دلایل خاصی داشته باشد که بررسی بیشتر آن ضروری می‌باشد (مفتاح‌هلقی و مسگران‌کریمی، ۲۰۰۰).

برای اولین بار استریتر و فیلیپس (۱۹۲۵) بر مبنای کاهش مقدار بار آلی یا BOD و یا افزایش مقدار اکسیژن محلول یا DO در طول مسیر رودخانه رابطه ارائه کردند که مبنای محاسبات خودپالایی قرار گرفت. براساس روابط آنها در صورت ورود بار آلی به رودخانه، در طول مسیر رودخانه به‌دلیل جذب اکسیژن آب در اثر تلاطم جریان، از مقدار بار آلی کاسته شده ویا در رودخانه عمل خودپالایی اتفاق می‌افتد. مطالعات خودپالایی به‌طور عمده بر مبنای معادله این افراد بررسی می‌شود. نمونه‌هایی از مطالعات خودپالایی که در ایران انجام شده، به شرح زیر بررسی می‌شود:

توان خودپالایی منابع آلاینده تالاب انزلی و عملکرد آن در کاهش و حذف آلاینده‌ها از طریق مطالعات میدانی در تالاب انزلی توسط سرتاج و همکاران (٢٠٠٥) بررسی شد. در این مطالعه نمونه‌های ماهانه آب در ١٥ ایستگاه شامل ورودی‌ها، خروجی‌ها و داخل تالاب در یک دوره ٦ ماهه برای ٢١ پارامتر فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری و برای بررسی موضوع و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با دور شدن از مصب رودخانه‌های ورودی میزان آلودگی تالاب کاهش می‌یابد، که در اثر عملکرد اجزای تالاب در کاهش آلاینده‌ها و نقش خودپالایی تالاب است.

حداکثر توان خودپالایی قسمتی از رودخانه کرخه جهت ورود فاضلاب شهری توسط حسینی و همکاران (٢٠٠٧) بررسی شد و آنها نشان دادند که بیشترین توان خودپالایی در فروردین ماه و کمترین آن در مهر ماه دیده می‌شود. همچنین نشان دادند که هر چه از بالادست به پایین‌دست رودخانه حرکت کنیم توان خودپالایی رودخانه کمتر شده و علت این روند را می‌توان به اضافه شدن مواد کارخانه‌های تأسیسات شیمیایی و افزایش جمعیت ربط داد همچنین نحوه تغییرات ظرفیت خودپالایی رودخانه کرخه در تمام بازه‌ها در تمامی ماه‌ها مشابه است به‌جز اسفند ماه که در بازه میانی با شیب بیشتری نسبت به بازه اول کاهش می‌یابد که به‌نظر می‌رسد علت آن آب شدن برف در ارتفاعات حوضه آبریز رودخانه کرخه بوده که باعث افزایش دبی در بازه اول می‌شود.

به‌منظور بررسی توان و پتانسیل خودپالایی رودخانه کارون و طبقه‌بندی کیفی آن، هشت ایستگاه (سه ایستگاه در بالادست، سه ایستگاه در پایین‌دست و دو ایستگاه در محدوده شهرستان اهواز) انتخاب و عامل‌های دما، هدایت الکتریکی، pH، به‌همراه کفزیان، پلانکتون‌ها، NH_3، BOD، COD، DO تعیین مقدار شدند. آنها نشان دادند ضمن وجود خودپالایی در رودخانه‌ها، به‌دلیل ورود، تجمع و انتقال آلودگی‌ها به پایین‌دست رودخانه‌ها، پایین‌دست رودخانه‌ها از شرایط خودپالایی کمتری نسبت به بالادست برخوردارند (اسکندری‌مکوند، ٢٠٠٧).

وضعیت کیفی آب رودخانه کر در استان فارس توسط کریمی‌جشنی و همکاران (٢٠٠٧) بررسی شد. آنها پارامترهای کیفی از قبیل pH، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، BOD، COD، مقدار کلرید، و مقدار مواد محلول را در طول سال‌های ١٣٨٣-١٣٦٩ مورد بررسی قرار دادند. بررسی آنها نشان داد که تا سال‌های قبل از ١٣٨٠ میزان آلودگی رودخانه رو به افزایش بوده است ولی طی

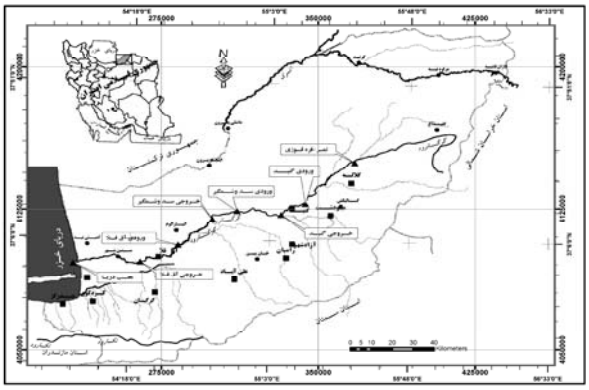
سال‌های اخیر به‌علت کنترل و تصفیه پساب‌های صنعتی موجود در منطقه میزان آلودگی رودخانه روند افزایشی خود را از دست داده است.

حوزه آبریز گرگان‌رود دارای مساحتی بالغ بر ۱۰۲۰۰ کیلومترمربع می‌باشد شاخه اصلی این رودخانه با طول ۳۵۰ کیلومتر در راستای شرق به غرب واقع شده و از شهرهای بسیار مهمی در مسیر خود (مانند گنبد کاووس) عبور و به دریای مازندران می‌ریزد. مهم‌ترین شاخه‌های این رودخانه دوغ، زاو، اوغان، چهل‌چای، زرین‌گل، رامیان و نوده می‌باشد. متوسط سالانه آب‌دهی این حوزه حدود ۹۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. که در حدود ٤۲۰ میلیون مترمکعب آن به مصرف کشاورزی می‌رسد (مفتاح‌هلقی و گلعلی‌پور، ۱۹۹۹).

با توجه به استقرار صنایع در حوزه رودخانه گرگان‌رود و تخلیه فاضلاب آنها که در بیشتر موارد وارد سیستم آب سطحی می‌گردد و همچنین دفع فاضلاب‌های روستایی و شهری به داخل رودخانه گرگان‌رود و از طرفی تأثیر آب‌های سطحی از ضایعات و کود و سموم کشاورزی، ضرورت دارد که وضعیت کیفی آب رودخانه در نقاط مختلف مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به محدودیت آب سطحی این حوزه از یک سو، افزایش جمعیت، صنایع و در نتیجه افزایش مواد آلی وارده به سیستم آب‌های سطحی از سوی دیگر، ضرورت دارد که با بررسی وضعیت خودپالایی رودخانه گرگان‌رود، حجم قابل پذیرش مواد آلی را در شرایطی به‌دست آورد که کیفیت آب این رودخانه در شرایط مطلوب و یا لااقل در شرایط قابل‌قبول قرار گیرد و در صورت دسترسی نداشتن به چنین شرایطی بتوان با مشخص کردن نوع آلودگی، راه‌کارهای دفع آن را مشخص نمود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت کیفیت شیمیایی آب رودخانه گرگان‌رود، تعداد ۱۱ ایستگاه در سال‌های قبل برای این منظور در نظر گرفته شده و نمونه‌برداری‌هایی از آن انجام شده است. این ایستگاه‌ها از سرچشمه رودخانه گرگان‌رود تا مصب واقع شده و محل آنها قبل و بعد از منابع اثرگذار آلودگی مانند شهرها، تلاقی رودخانه‌های فرعی و یا محل سد وشمگیر می‌باشد. محل استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری روخانه گرگان‌رود در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ١- رودخانه گرگانرود و موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت آب.

از ٨ ایستگاه، شامل تمر قره‌قوزی، ورودی گنبد، خروجی گنبد، اراز کوسه، خروجی سد، ورودی آق‌قلا، خروجی آق‌قلا و مصب نمونه‌برداری در سال‌های ١٣٨٤-١٣٧٩ جهت بررسی کیفیت شیمیایی آب انجام شده است. در ایستگاه تمر قره‌قوزی با ٣٣ نوبت، بیشترین نمونه‌برداری و در ایستگاه اراز کوسه با ٢٠ نوبت کمترین نمونه‌برداری انجام شده است. این نمونه‌برداری‌ها شامل پارامترهای دمای آب و هوا، pH، قابلیت هدایت الکتریکی (Ec)، کدورت، کل مواد محلول TDS، میزان نمک برحسب درصد نمک طعام (Nacl درصد)، کل مواد معلق TSS، اکسیژن محلول DO، BOD، COD، کلرور (Cl^-)، ارتوفسفات ($O-PO_4^{3-}$)، نیترات (NO_3^-)، آمونیوم (NH_4^+)، آمونیاک (NH_3)، سیلیکات (SiO_2)، سختی برحسب کربنات کلسیم، قلیائیت کربناته، قلیائیت بی‌کربنات، قلیائیت کل و کلیفرم‌ها می‌باشد.

به‌منظور بررسی وضعیت خودپالایی رودخانه، روش‌های متعددی پیشنهاد شده است. با توجه به وجود آمار اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی در تعدادی ایستگاه در مسیر رودخانه می‌توان از روش‌های آماری که به‌طور عمده متکی بر اندازه‌گیری‌های انجام شده می‌باشند بهره گرفته و توان خودپالایی رودخانه را در شرایط بهره‌برداری بررسی نمود (کریستوفر، ٢٠٠١). در برخی موارد می‌توان از روش‌های کلاسیک بهره گرفت. این روش‌ها معمولاً شرایطی را بررسی می‌کنند که با وارد شدن بار آلی در نقطه‌ای از رودخانه، این مواد باید چه مسافتی را طی کنند تا رودخانه به شرایط خودپالایی برسد. با توجه به مشخص بودن مسافت بین ایستگاه‌ها می‌توان با بهره‌گیری از این روش‌ها خودپالایی

رودخانه را بررسی نمود. از میان روش‌های کلاسیک، روش استریتر و فیلیپس به‌دلیل کاربرد فراوان مورد بررسی قرار گرفته است (کامپولو و همکاران، ۲۰۰۱).

جزئیات روش‌های آماری و کلاسیک به‌کار رفته در این بررسی، به شرح زیر می‌باشد:

در روش آماری مقادیر اندازه‌گیری شده DO مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر مقادیر اکسیژن محلول، از مقدار حداقل یعنی ٤ میلی‌گرم در لیتر کمتر باشد، می‌توان گفت که رودخانه در ماه مورد نظر دارای مشکل خودپالایی می‌باشد. در روش استریتر و فیلیپس، مقدار کمبود اکسیژن محلول در طول زمان به کمک روابط زیر محاسبه می‌گردد (خاتمی، ۱۹۸۸).

$$K_1 = \frac{1}{\Delta T}\log_{10}\left(\frac{L_A}{L_B}\right)$$
$$K_2 = K_1\frac{L}{D} - \frac{\Delta D}{2/3\Delta T.D} \qquad (1)$$
$$D_t = \frac{K_1.L_A}{K_2 - K_1}\left(10^{-K_1T} - 10^{-K_2T}\right) + D_A \times 10^{K_2T}$$

در روابط فوق، علایم به‌کار رفته عبارتند از:

K_1: ضریب اکسیژن‌زدایی برحسب $\frac{1}{\text{روز}}$

K_2: ضریب اکسیژن‌گیری برحسب $\frac{1}{\text{روز}}$

L_A: مقدار BOD نهایی انتهای بازه مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر

L_B: مقدار BOD نهایی انتهای بازه مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر

L: متوسط BOD نهایی بخش مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر

D: متوسط کمبود اکسیژن بخش مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر

T: زمان جریان برحسب روز

ΔT: فاصله زمانی ابتدا و انتهای بازه مورد مطالعه برحسب روز

ΔD: تفاوت کمبود اکسیژن در ابتدا و انتهای بازه مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر

D_T: کمبود اکسیژن محلول بازه مورد مطالعه رودخانه در زمان T برحسب میلی‌گرم در لیتر

D_A: کمبود اکسیژن محلول ابتدای بخش مورد مطالعه در رودخانه برحسب میلی‌گرم در لیتر

به‌منظور بررسی زمان رسیدن اکسیژن محلول به حداقل ممکن t_m از راه‌حل تحلیلی $\frac{dD_t}{dt} = ۰$ بهره گرفته و معادله زیر مورد استفاده قرار گرفته است.

$$t_m = \frac{۱}{k_۱\left(\frac{k_۲}{k_۱} - ۱\right)} \ln\left[\frac{k_۲}{k_۱}\left(۱ - \left(\frac{k_۲}{k_۱} - ۱\right)\frac{D_A}{L_A}\right)\right] \quad (۲)$$

کمبود اکسیژن محلول در آب بر مبنای غلظت اکسیژن اشباع در آب سنجیده می‌شود و تفاضل آنها، غلظت اکسیژن محلول در آب را نشان می‌دهد. غلظت اشباع اکسیژن محلول در آب به عوامل متعددی (مانند دمای آب، فشار هوا و...) بستگی دارد. که این مقدار در فشار یک اتمسفر برحسب دمای آب از جداول مربوطه به‌دست می‌آید.

نتایج و بحث

قبل از تحلیل نتایج آماری اندازه‌گیری کیفیت، اطلاعات مربوط به استقرار صنایع موجود حوزه گرگان‌رود و بار آلودگی آنها، استقرار جمعیت شهری و روستایی حوزه به همراه متوسط مصرف و تولید فاضلاب و میزان کود و سموم مصرفی این حوزه مورد بررسی قرار گرفت تا نتایج مطمئن‌تری حاصل گردد. نتایج نشان می‌دهد که میزان بار آلی یا آلودگی صنایع مهم از مقدار ۰/۰۶ تا ۱۱۳/۹ کیلوگرم در روز متغیر است (مفتاح‌هلقی و گلعلی‌پور، ۲۰۰۳). همچنین متوسط سرانه مصرف آب این حوزه بین ۱۰۰ الی ۱۹۰ لیتر در روز می‌باشد که بیشتر آن به منابع آب‌های سطحی تخلیه می‌گردد. وضعیت کود و سموم مصرفی حوزه گرگان‌رود براساس جدول ۱ خلاصه شده است.

همچنین آمار ماهانه پارامترهای کیفیت آب ایستگاه‌ها در دوره مشاهداتی جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج بررسی کیفیت آب ایستگاه‌های منتخب به شرح جدول ۲ خلاصه شده است:

در روش آماری بررسی خودپالایی، مقادیر اندازه‌گیری شده DO مورد بررسی قرار گرفت. از نظر آماری برای دست‌یابی به نتایج قابل اعتمادتر، باید نمونه‌برداری‌ها در یک بازه زمانی چند ساله، به‌طور مرتب یک یا دو بار در ماه انجام شود تا با اطمینان بیشتری از نتایج آن، موضوع مورد نظر را بررسی نمود. اما متأسفانه در مورد رودخانه گرگان‌رود، نه تنها بازه زمانی اندازه‌گیری‌ها چندان طولانی نیست، بلکه اندازه‌گیری‌ها به‌طور مرتب انجام نشده‌اند. در فاصله سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۸نمونه‌برداری‌ها تا

حداکثر ۳۳ مورد بوده است و توزیع ماهانه این نمونه‌برداری‌ها بسیار ناهمگن می‌باشد به‌طوری‌که تعداد نمونه‌ها در ماه‌های مختلف سال از ۱ تا ۵ نمونه متغیر می‌باشد. با این وجود با دسته‌بندی نمونه‌ها در ماه‌های مختلف سال، مقادیر متوسط پارامترها در ماه‌ها و فصول مختلف سال برآورد شده که نتایج آن در جدول ۲ ارایه گردیده است. با توجه به بحث خودپالایی مقادیر متوسط ماهانه DO ایستگاه‌های اصلی که در جدول ۳ ارایه شده، مورد بررسی قرار گرفت. به‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد، مقادیر اکسیژن محلول، جز در ماه شهریور در سایر ماه‌ها از مقدار حداقل یعنی ٤ میلی‌گرم در لیتر بیشتر می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که رودخانه گرگان‌رود در ماه شهریور دارای مشکل خودپالایی می‌باشد. بررسی بیشتر مقادیر اکسیژن محلول نشان می‌دهد که این پارامتر در حد فاصل ماه‌های خرداد تا مهر نسبت به سایر ماه‌ها از مقدار کمتری برخوردار است و علت اصلی این موضوع، کاهش دبی جریان می‌باشد و این در حالی است که حجم فاضلاب‌های وارده به رودخانه نه تنها به نسبت دبی جریان کاهش نمی‌یابند، بلکه برخی آلودگی‌ها مانند فاضلاب‌های شهری در این ماه‌ها، بیشتر از سایر ماه‌های سال به رودخانه تخلیه می‌گردد.

جدول ۱- متوسط وزنی کودهای شیمیایی توزیع شده در شهرستان‌های حوزه آبریز گرگان‌رود در سال آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ به کیلوگرم (مفتاح‌هلقی و گلعلی‌پور، ۲۰۰۳).

نام شهرستان	اوره	فسفات	فسفات سوپر تریپل	نیترات آمونیوم	سولفات دوپتاس	کلر پتاسیم استاندارد	کلر پتاسیم گرانول	کود کامل ماکرو	سولفات آمونیوم
گنبد	١٤٨٣٩٠٠٠	١٢٢١٦٠٠	٥٧٧٨٠٠٠	١٨٠٠٠٠	١٢٦١٠٠٠	٢٠٠٠٠	—	٣٠٤٠٠٠	٣٠٠٠٠
کلاله	٤٧٥٩٥٠٠	٣٣١٨٠٠	١٥٦٨٠٠٠	—	٩٦٣٠٠	—	—	١٠٦٥٠٠	—
علی‌آباد	٧٥٥٨٨٠٠	٢١٨٥٠٠	١٣٨٠٨٠٠	٣٤٩٥٠٠	١٢٣١٣٠٠	٢٠٧٥٠٠	٢٦٩٨٠٠	٢٦٧٠٠٠	١٠٤٠٠٠
مینودشت	٩٣٠٤٠٠٠	٤٣٦٥٠٠	٣١٥١٤٠٠	—	٤٥١٠٠	١٣٣٨٠٠	—	٦٢٥٠٠	—
آق‌قلا	٤٠٤١٥٠٠	٤٦٠٠٠٠	٨٥٥٣٠٠	—	٥٤٣١٠٠	—	—	١٦٠٥٠٠	٢٤٨٠٠٠
ترکمن	٢٢٥٦٠٠٠	٥٥٢١٠٠	٨٣٧٤٠٠	—	٩٩٥٠٠	—	—	—	—
جمع	٤٢٧٥٨٨٠٠	٣٢٢٠٥٠٠	١٣٥٧٠٩٠٠	٥٢٩٥٠٠	٣٢٧٦٣٠٠	٣٦١٣٠٠	٢٦٩٨٠٠	٩٠٠٥٠٠	٣٨٢٠٠٠

جدول ٢- متوسط سالانه پارامترهای کیفیت آب ایستگاه‌های حوزه گرگان‌رود.

پارامتر	تمر قره‌قوزی	ورودی گنبد	اراز کوسه	خروجی گنبد	خروجی سد	ورودی آق‌قلا	خروجی آق‌قلا	مصب
pH	٨	٧/٨٩	٧/٩٣	٧/٩٥	٨	٨/٠٤	٨/٠٩	٨/٠٩
DO (میلی‌گرم بر لیتر)	٨/ ٠٨	٧/٨٥	١١/٤٩	٧/٩١	٦/٩٩	٨/١٢	٧/١٤	٧/٢٨
BOD (میلی‌گرم بر لیتر)	٢/٤٨	١/٧٠	١/٩٩	١/٨٢	٢/٠٨	٢/٤٨	٢/٣٢	٢/١٦
COD (میلی‌گرم بر لیتر)	٨٥	٤٢١	٨٨	١٤٤	٥٨	١٨٩	٢٥٤	٢٨٤
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	٠/٥٨	٠/٩٢	٠/٠٠٥	٠/٢٨	٠/٢٢	٠/٤٢	٠/٥٠	٠/٤٢
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	٤/٨٢	٢/٨٨	٠/٩٧	٢/٩١	٢/٥٧	١/٨٨	٢/٠٢	٢/٧٥
کلرور (میلی‌گرم بر لیتر)	٩٤٨	٥٧٠	-	٦٥٠	١٦١٤	١٩٢١	١٤٨٩	٢١٥٢

جدول ٣- متوسط ماهانه و فصلی اکسیژن محلول آب ایستگاه‌های منتخب به میلی‌گرم در لیتر.

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
تمر- قره‌قوزی	١٠/١	٨/٢٣ ٨/٥٥	٧/٣٢	٥/٩٨	٥/٦٧ ٤/٧٧	٢/٦٧	٨/٩٥	٩/٤٨ ٨/٩٩	٨/٥٥	١٢/١	٨/٨٥ ٩/٩٩	٩/٠٣	٨/٠٨
ورودی گنبد	١٠/١	٧/١ ٧/٨٧	٦/٤	٦/٤٢	٨/٤٥ ٥/٢١	٠/٧٥	١١/٠٥	٨/٧٧ ٨/٦٧	٦/٢	١١/٤	٩/٦ ٩/٦٧	٨/٠	٧/٨٥
خروجی گنبد	١٠/٥	٦/٧٣ ٧/٥٥	٥/٤٢	٤/٨٨	١٢/٣ ٦/٩٩	٢/٨٨	٨/٢	٨/٣ ٨/١٨	٨/٠٥	١١/٥	٧/٤٥ ٩/٢١	٨/٦٧	٧/٦١
خروجی سدوشمگیر	١٠/٢	٧/٨٧ ٨/٧٣	٨/١٣	٤/٩٢	٦/٥٥ ٥/١٣	٣/٩٢	٤/٨	٦/٢٤ ٥/١٥	٤/٤	٩/٧	٨/٠٧ ٨/٩٣	٩/٠٣	٦/٩٩
ورودی آق‌قلا	٩/٥	٦/٥٧ ٧/٢٢	٥/٦	٤/٨٨	١٣/٣٥ ٦/٩٣	٢/٥٥	٦	٧/٠٥ ٦/٩	٧/٦٥	٩/٧	١٠/٣ ١١/٤٧	١٤/٤	٨/١٣
خروجی آق‌قلا	٩/٩	٦/٩٧ ٨/٤٠	٨/٣٢	٧/٠٥	٦/٩ ٥/٥٢	٢/٦	٤/٧	٦/٧٢ ٦/٣٦	٧/٦٥	٦/٣	٩/٣٣ ٨/٢٨	٩/٢	٧/١٤
مصب	١١/١	٧/٦٧ ٨/٤٥	٦/٥٨	٦/٧٨	٦/٣ ٥/٣١	٢/٨٥	٦/٣	٦/٦٢ ٦/٧٩	٧/٤٥	٧/٨	٩/٣ ٨/٥٧	٨/٦	٧/٢٨

به‌منظور بررسی وضعیت خودپالایی رودخانه گرگان‌رود با روش تجربی، از اطلاعات ایستگاه‌های نمونه‌برداری کیفیت آب واقع بر روی این رودخانه استفاده به عمل آمده است. تعداد این ایستگاه‌ها با توجه به طول زیاد در رودخانه گرگان‌رود بسیار اندک بوده و در این مسیر کارخانجات زیادی بار آلی خود را به رودخانه تخلیه می‌کنند و یا با وارد شدن فاضلاب‌های شهری و روستایی به آب رودخانه و همچنین در مواقع بارندگی به‌دلیل شسته شدن خاک‌های سطحی، بقایای سموم و کودهای شیمیایی که با جریان سطحی وارد رودخانه می‌شوند، امکان بررسی این‌که در هر نقطه از رودخانه که این مواد آلی وارد می‌شوند، چه مسیری باید طی کنند تا به مرحله خودپالایی برسند، امکان‌پذیر نمی‌باشد. با این وجود موضوع خودپالایی این رودخانه با توجه به اطلاعات موجود فقط از حدفاصل هر دو ایستگاه متوالی امکان‌پذیر بوده و برای انجام محاسبات خودپالایی مراحل زیر در نظر گرفته شده است:

مقدار ضریب تبدیل BOD به BOD نهایی براساس توصیه‌های موجود، مقدار ۱/٤٦ در نظر گرفته شده و مقادیر K_1 و K_2 به‌صورت $K_1 = ۰/۲۵$ و $\frac{K_2}{K_1} = ۲/۵$ براساس شرایط رودخانه گرگان‌رود، در نظر گرفته شده است (کامپولو و همکاران، ۲۰۰۱).

محاسبات هم بر مبنای مقادیر متوسط سالانه و همچنین در دوره کم‌آبی رودخانه انجام شده است. خلاصه اطلاعات موجود از محل ایستگاه‌ها برای شرایط متوسط در جدول ٤ درج شده است. در این جدول، BOD نهایی بخش ابتدا و انتهای بازه براساس اطلاعات موجود، ΔT یا زمان تمرکز براساس فیزیوگرافی نقشه‌های توپوگرافی و کمبود اکسیژن محلول ارائه شده است. در جدول ۵ مشابه جدول ٤، خلاصه اطلاعات برای شرایط کم‌آبی رودخانه (فصل تابستان) ارایه شده است.

زمان رسیدن اکسیژن محلول به حداقل ممکن(t_m) برای تمام مسیرها در دو حالت متوسط و دوره کم‌آبی محاسبه و نتایج آن در جدول‌های ٦ و ۷ درج شده است. لازم به ذکر است که میزان حداقل اکسیژن محلول ٤ میلی‌گرم در لیتر فرض شده و زمان رسیدن اکسیژن محلول به این میزان حداقل بررسی شده است.

لازم به ذکر است به‌دلیل این‌که مقادیر L_A و D_A نزدیک به هم بوده و در معادله t_m، جمله داخل لگاریتم منفی می‌شود و از این‌رو محاسبات از نظر ریاضی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط متوسط و کم‌آبی، در طول بازه‌های مورد نظر، اکسیژن محلول به‌میزان ٤ میلی‌گرم در لیتر و یا کمتر نمی‌رسد.

جدول ٤- خلاصه اطلاعات ایستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت آب برای شرایط متوسط (متوسط سالانه).

نام مسیر	کد مسیر	Δt	L_A	L_B	T_A	DO_s	DO_s اشباع	DO_B	T_B	D_A	DO_B اشباع	D_B
حد فاصل تمر- قره‌قوزی تا ورودی گنبد	L_1	٠/٥٧٩	٣/٦٢	٢/٤٨	١٧/٧	٨/٠٨	٩/٦٨	٧/٨٥	١٨/٩	١/٦	٩/٣٧	١/٥٢
ورودی گنبد تا خروجی گنبد	L_2	٠/١٠٥	٢/٤٨	٢/٦٦	٨/٩	٧/٨٥	٩/٣٧	٧/٩١	١٨/٦	١/٥٢	٩/٤٥	١/٥٤
خروجی گنبد تا خروجی سد وشمگیر	L_3	٠/٦٣٧	٢/٦٦	٣/٠٤	١٨/٦	٧/٩١	٩/٤٥	٦/٩٩	١٧/٧	١/٥٤	٩/٦٠	٢/٦١
خروجی سد وشمگیر تا ورودی آق‌قلا	L_4	٠/٥٤٨	٣/٠٤	٢/٦٢	١٧/٧	٦/٩٩	٩/٦٠	٨/١٣	١٨/٧	٢/٦١	٩/٤٣	١/٣
ورودی آق‌قلا تا خروجی آق‌قلا	L_5	٠/١٢٩	٣/٦٢	٣/٤٠	١٨/٧	٨/١٣	٩/٤٣	٧/١٤	١٩/٤	١/٣	٩/٢٨	١/١٤
خروجی آق‌قلا تا مصب	L_6	٠/٤٧٧	٣/٤٠	٣/١٥	١٩/٤	٧/١٤	٩/٢٨	٧/٢٨	١٩/٣	١/١٤	٩/٢٦	١/٩٨

جدول ٥- خلاصه اطلاعات ایستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت آب برای شرایط کم‌آبی (فصل تابستان).

نام مسیر	کد مسیر	Δt	L_A	T_A	DO_A	DOs	D_A
حد فاصل تمر- قره‌قوزی تا ورودی گنبد	L_1	٠/٥٧٩	٣/٨٠	٣٧/٠	٤/٧٧	٨/٠٧	٣/٣٠
ورودی گنبد تا خروجی گنبد	L_2	٠/١٠٥	٤/٠٦	٢٧/٤	٥/٢١	٨/٠١	٢/٨٠
خروجی گنبد تا خروجی سد وشمگیر	L_3	٠/٦٣٧	٤/٤٧	٢٧/٦	٦/٦٩	٧/٩٩	١/٣٠
خروجی سد وشمگیر تا ورودی آق‌قلا	L_4	٠/٥٤٨	٣/٢٦	٢٦/٣	٥/١٣	٨/١٨	٣/٠٥
ورودی آق‌قلا تا خروجی آق‌قلا	L_5	٠/١٢٩	٢/٠٦	٢٧/٨	٦/٩٣	٧/٩٥	١/٠٢
خروجی آق‌قلا تا مصب	L_6	٠/٤٧٧	٢/٨٢	٢٨/٣	٥/٥٢	٧/٨٨	٢/٣٦

جدول ٦- زمان رسیدن اکسیژن محلول به حداقل مجاز در شرایط متوسط.

کد مسیر	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
D_A (میلی‌گرم بر لیتر)	٥/٦٨	٤/٣٧	٤/٤٥	٤/٦	٥/٤٣	٤/٢٨
L_A (میلی‌گرم بر لیتر)	٣/٦٢	٢/٤٨	٢/٦٦	٣/٠٤	٣/٦٢	٣/٤٠
t_m (روز)	*	*	*	*	*	*
Δ_t (روز)	٠/٥٧٩	٠/١٠٥	٠/٦٣٧	٠/٥٤٨	٠/١٢٩	٠/٤٧٧

*- نامشخص

جدول ٧- زمان رسیدن اکسیژن محلول به حداقل مجاز در شرایط کم‌آبی.

کد مسیر	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
D_A (میلی‌گرم بر لیتر)	٤/٠٧	٤/١	٣/٩٩	٤/١٨	٣/٩٥	٣/٨٨
L_A (میلی‌گرم بر لیتر)	٣/٨	٤/٠٦	٤/٤٧	٣/٢٦	٢/٠٦	٢/٨٢
t_m (روز)	*	*	*	*	*	*
Δ_t (روز)	٠/٥٧٩	٠/١٠٥	٠/٦٣٧	٠/٥٤٨	٠/١٢٩	٠/٤٧٧

*- نامشخص

برای بهره گرفتن از رابطه خودپالایی، مسأله این‌گونه بررسی شده که حداکثر BOD رودخانه باید چه مقدار باشد تا مشکل خودپالایی ایجاد نشود یعنی در هیچ شرایطی اکسیژن محلول کمتر از ٤ میلی‌گرم در لیتر نشود. برای این منظور با فرض این‌که $t_m = \Delta t$ باشد، یعنی در طول مسیر کاملاً خودپالایی انجام شود، و حداقل اکسیژن محلول ٤ میلی‌گرم در لیتر باشد، مقدار BOD نهایی و یا BOD آب رودخانه برآورده شده است. این محاسبات برای دو حالت متوسط و دوره کم‌آبی محاسبه و نتایج آن در جدول‌های ٨ و ٩ درج شده است.

جدول ٨ - حداکثر BOD مجاز رودخانه گرگان‌رود در محل ایستگاه‌ها.

ایستگاه	تمر- قره‌قوزی	ورودی گنبد	خروجی گنبد	خروجی سد وشمگیر	ورودی آق‌قلا	خروجی آق‌قلا
BOD مجاز (میلی‌گرم بر لیتر)	٩/٦	٧/٧	٩/٣	٩/٣	٧/٨	٨/٤
حداکثر BOD مشاهده شده (میلی‌گرم بر لیتر)	٩/٧	٧/٨	٧/٢	٦/٤	٧/٢	٧/٣
متوسط سالانه BOD (میلی‌گرم بر لیتر)	٥/٠٢	١/٦٩٦	١/٨٢	٢/٠٨	٢/٤٨	٢/٣٣

جدول ٩- حداکثر BOD مجاز رودخانه گرگان‌رود در محل ایستگاه‌ها جهت رسیدن به پالایش طبیعی رودخانه در شرایط کم‌آبی (فصل تابستان).

ایستگاه	تمر- قره قوزی	ورودی گنبد	خروجی گنبد	خروجی سد وشمگیر	ورودی آق‌قلا	خروجی آق‌قلا
BOD مجاز (میلی‌گرم بر لیتر)	٦/٣	٥/٣	٦/٢	٦/٤	٥/٢	٥/٧
حداکثر BOD مشاهده شده (میلی‌گرم بر لیتر)	٧/٤	٧/٨	٧/٢	٦/٤	٤/٣	٤/٥
متوسط فصلی BOD (میلی‌گرم بر لیتر)	٦/١٢	٢/٧٨	٣/٠٦	٢/٢٣	١/٤١	١/٩٣

مقادیر جداول بالا نشان می‌دهد که در وضعیت فعلی مشکل خودپالایی رودخانه گرگان‌رود وجود ندارد و مقادیر BOD ثبت شده به‌طور عمده کمتر از حد مجاز آن برای رسیدن اکسیژن محلول به حداقل ممکن را دارد و در بعضی موارد استثنایی مقدار ثبت شده BOD بیشتر از حد مجاز است که این مقادیر نیز در جدول‌های فوق ثبت شده‌اند. این مقادیر استثنایی بیشتر در فصل تابستان (کم‌آبی) ثبت شده‌اند.

بررسی جدول‌های یاد شده نشان می‌دهد که مقدار BOD مجاز هم در شرایط متوسط و هم در شرایط کم‌آبی، با نزدیکی به مصب رودخانه کاهش می‌یابد که این حالت در مطالعات سرتاج و همکاران (٢٠٠٥) و اسکندری‌مکوند (٢٠٠٧) نیز مشاهده گردیده است.

نتیجه‌گیری

پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات میزان مصرف کود، سموم، تولید فاضلاب، آب مصرفی و همچنین بررسی وضعیت کیفیت شیمیایی و میکروبی رودخانه، نتیجه کلی به شرح زیر می‌باشد:

- محاسبات خودپالایی نشان می‌دهد در حالت عادی و همچنین موقع کم‌آبی اکسیژن محلول به‌میزان ٤ میلی‌گرم در لیتر و یا کمتر نمی‌رسد. بنابراین تصفیه و پالایش طبیعی آلاینده‌ها، به خوبی در رودخانه انجام می‌شود با این وجود میزان آلودگی (BOD) در شرایط عادی در برخی ایستگاه‌ها اندکی بیشتر از حد مجاز می‌باشد. در ایستگاه شاهد (تمر قره‌قوزی)، و ورودی گنبد مقادیر BOD مشاهده شده به‌ترتیب ٩/٧ و ٧/٨ است در حالی‌که بیشتر بار آلودگی مجاز می‌باید ٩/٦ و ٧/٧ میلی‌گرم در لیتر

می‌باشد. قبل از ایستگاه‌های نمونه‌برداری یاد شده منابع آلاینده‌ای وجود ندارد ولی وجـود دام در ایـن بخش از رودخانه و دفع فضولات دامی به رودخانه می‌تواند موجب افزایش بار آلودگی رودخانه گردد. – در شرایط کم‌آبی (تابستان) مقادیر آلودگی در سه ایستگاه شاهد، ورودی و خروجی گنبد، به‌ترتیـب ۷/٤، ۷/۸، ۷/۲ گزارش شده است در حالی‌که مقدار حداکثر مجاز می‌بایست ٦/۳، ۵/۳، ٦/۲ میلـی‌گـرم در لیتر باشد. در فصل کم‌آبی، میزان دبی آب کاهش و از سوی دیگر فعالیت باکتری‌های تجزیـه‌کننـده آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. در نتیجه میزان آلودگی در این مواقع افزایش می‌یابد.

منابع

1.Andrew, M., sincock, Howard, S., Weather, P., and Whifehed, G. 2003. "Calibration of sensitivity analysis of a river water quality model under unsteady condition", Journal of hydrology, 227: 214-229.

2.Campolo, M., Andreossi, P., and Soldati, A. 2001,"Water quality control in thre river Arno", Journal of Water research, 36: 2673-2680.

3.Christofer, Z. 2001. "review of urban storm water model" Enviromental modeling & software", 16: 195-213.

4.Erfan manesh, M., and Feyoni, M. 2003. Environmental pollutant: water, Soil and Air. Arkan-Esfahan, Press, 325p. (In Persian).

5.Eskandari Mokvand, M. 2007. Primary Studying in Purification and water quality classification in Karoon river by using Saprobiti method. Pp: 432-441. 7th international conference in River Engineering, Ahwaz, Iran, (In Persian).

6.Hoseini, Y., Moazed, H., Boroomand nasab, S., and Kashkooli, H.A. 2007. Estimate of maximum Potential purification in Karkhe river for inputing urban sewages. First Conference of Sanitary Engineering, Tehran, Pp: 129-137. (In Persian).

7.Karimi Jashni, A., Asadi Aghboladghi, M., and Zahrabi, H. 2007. Study of pollution varies in Kor river. Pp: 387-395. 7th international conference in River Engineering, Ahwaz.

8.Khatami, S.H. 1988. Purification calculation of rivers (Carbonate pollutant). Tehran Environmental conservasion organization press, 125p. (In Persian).

9.Meftah Halaghi, M., and Golalipor, A. 1999. Study and Investigation of soil and water pollutant sources in Gorgan and Gonbad. Gorgan Environmental conservasion organization, 134p. (In Persian).

10.Meftah Halaghi, M., and Mesgaran Karimi, B. 2000. Study and Investigation of purification in Gharesoo river. Gorgan Environmental conservasion organization, 164p. (In Persian).

11.Meftah Halaghi, M., and Golalipor, A. 2003. Study and Investigation of purification in Gorganrood river. Gorgan Environmental conservasion organization, 153p. (In Persian).
12.Nazari, H., Ghodseyan, M., and Khodadadi, A. 2005. Study of pollutant effect on Shafarood water quality in Gilan province, P 43-51. 5th National conference in Environmental Engineering, (In Persian).
13.Razzaz, M., Roshanfekri, A., and Ghorbani, F. 2007. Study of Maroon river water quality byt using Water Quality Indexes (WQI), P 197-204. 7th international conference in River Engineering, Ahwaz, (In Persian).
14.Sartaj, M., Fathollahi, F., and Philizade, Y. 2005. Investigation of pollutant sources and purification potential in Anzali talab, P 95-103. First national conference in Civil Engineering, Tehran, (In Persian).
15.Streeter, H., and Pheleps, E. 1925. A study of the purification of the Ohio river. U.S. Pub. Health Service Bulletan, 146: 37-49.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(1), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Estimating of maximum allowable pollutant in Gorganrood river

***M. Meftah Halghi**
Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Gorganrood river is one of the three main rivers in Golestan province have a basic role in Golestan water supply. To study Gorganrood water quality and estimating maximum allowable pollutant, water quality data was used from 8 stations. Purification of this river has been studied by two methods: statistical and experimental methods. Each method showed that the Gorganrood river at present condition has no problem for purification. Average measured BOD in this river on Tamar-Ghareghoozy station was 9.7 mg/Lit and maximum observed BOD on up stream of Voshmgir dam was, some times larger than allowable amount but on the down stream there wasnt any problem. Average BOD in Gorganrood varies from 1.7 mg/Lit on Gonbad entrance station to 2.48 mg/Lit on Tamar-Ghareghoozy and Agh ghala entrance stations. This river has no main problem to fall pollutants.

Keywords: Allowable Pollutant, Purification, Water quality, Gorganrood

* Corresponding Author; Email: meftah_20@yahoo.com