Base-Line Study for Determination of Colour in Siahrud River of Ghaemshahr

Seghatoleslami, N. (M.Sc)
Dept. Chemical Engineering, Zahedan University

Abstract

The objective of this study was to establish the source, level and impact of colour in Siyahrud river in the vicinity of Ghaemshahr in order to set a colour consent that would safeguard against objectionable discolouration of the river water. This was carried by adopting a simultaneous programm of perception studies and spectroscopic analysis of the respective water samples from seven sample sites that were selected on the basis of sewage discharging location during eight weeks of sampling. Samples were filtered through a 0.45μm filter and absorbance in a 1cm cell measured at a range of wavelengths between 400 and 700 nanometer. This investigation has shown that the source of this contamination was mainly from Ghaemshahr textile industry branch 1 and to some extent from Ghaeamshahr canning factory. Perception studies and spectroscopic colour data enable a proposal to be put forward as the water quality objectives for colour consent system based on spectroscopic absorbance data. The proposal was assumed to ensure the visual acceptability of the siahrud river by preventing the levels of coloured effluents becoming detectable in the water.

تعیین میزان رنگ و پایه‌گذاری مبنایی برای بررسی آن در رودخانه سیاهرود قائم‌شهر

(دریافت ۸۰/۱۰/۱۳ پذیرش ۸۱/۲/۱۵)

ناصر ثقه‌الاسلامی* رامین پرتوی شال*

چکیده

هدف از این تحقیق معین کردن منشأ، میزان و تأثیر رنگ، در رودخانه سیاهرود قائم‌شهر، به منظور پایه‌گذاری مبنایی برای آن می‌باشد تا بتوان میزان قابل قبول رنگ را در رودخانه تعیین نمود. این کار با اتخاذ برنامه‌ریزی همزمان برای بررسی چشمی و طیف سنجی مرئی نمونه‌های آب جمع‌آوری انجام شده است. در طی هشت هفته، از هفت ایستگاه تعیین شده بر اساس محل ورود پساب‌های مختلف در طول محدوده مورد نظر، نمونه‌برداری صورت گرفت. روزهای میان هفته و جمعه‌ها جهت بررسی حالت‌های متغیر رودخانه در طی روزهای کاری، و تعطیلات آخر هفته برای نمونه‌گیری انتخاب شد. طیف سنجی نمونه‌ها پس از فیلتر کردن آن‌ها به کمک یک غشا، با اندازه حفره ۰/۴۵ میکرومتر، در سلی به طول ۱cm و در محدوده طول موج‌های ۴۰۰nm تا ۷۰۰، با انتخاب آب مقطر به عنوان محلول شاهد، انجام گرفت. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که آنچه باعث تغییر رنگ این رودخانه بوده، فاضلاب‌های صنعتی وارد شده به آن می‌باشند. کارخانه نساجی شماره یک قائم‌شهر منبع اصلی آلودگی و کارخانه کنسروسازی قائم‌شهر در مرحله بعدی قرار دارد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق میزان پیشنهادی به عنوان کیفیت عینی آب برای رنگ سیستم، براساس داده‌های طیف سنجی ارائه گردیده است.

مقدمه

رودخانه سیاهرود در طی ۵۰ سال اخیر مقارن با رشد جمعیت و صنعت به شدت مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. این امر همراه با یک افزایش در حجم فاضلاب‌های خانگی و صنعتی تخلیه شده در رودخانه بوده که خود باعث پایین آمدن کیفیت آب آن شده است. به دلیل تخلیه پساب‌های رنگی ناشی از صنایع مختلف از قبیل صنایع نساجی، غذایی و غیره یک رنگ آبی، ارغوانی یا قرمز در رودخانه مشاهده می‌شود. خواص سمی رنگینه‌ها اثر کمی را برای پستانداران و ارگانیسم‌های آبزی نشان می‌دهد که توسط کلارک و آنلیکر نشان داده شده است. آن‌ها حدود ۳۰۰۰ رنگینه را بررسی و مشاهده نمودند که تنها در ۲ درصد از رنگینه‌ها، غلظت کشنده ۵۰ درصد ($LC_{۵۰}$)[1] برای ماهی‌ها کمتر از یک میلی‌گرم بر دسی‌متر مکعب است ($LC_{۵۰}<۱$) و بیش از ۹۶ درصد از رنگینه‌ها دارای $LC_{۵۰}$ بزرگتر از $۱۰mg/dm^3$ می‌باشد[۱]. در واقع هیچ خطری مردم را به لحاظ استفاده از رنگ‌ها در منسوجات، کاغذ یا رنگدانه‌ها تهدید نمی‌کند؛ اما آب‌های رنگی می‌توانند مسیر نور مورد نیاز برای انجام عمل فتوسنتز را تیره کرده و در نتیجه از مقدار نور مورد احتیاج واکنش فتوسنتز کاسته شود. بنابراین اجزای حیاتی مورد نیاز برای زندگی میکروارگانیسم‌ها را در آب محدود خواهد نمود [۲]. از طرفی آلودگی مرئی آب، حتی در صورت نداشتن هیچگونه اثر سو بر سلامت انسان از نظر روانی (طبیعت بشر)، به منظور شرب، کشاورزی، ماهی‌گیری و دیگر مصارف، مورد قبول مردم نمی‌باشد و لذا مشکلات اجتماعی و اقتصادی فراوانی برای مسئولین آن جامعه فراهم می‌سازد؛ به طوری که غالباً رنگ آن‌ها در انظار عمومی بیشتر از اثر شیمیایی آن‌ها روی سیستم تأثیر دارد. به همین دلیل، عدم موافقت با تخلیه مواد رنگی به رودخانه‌ها بیشتر از نظر زیبایی آن می‌باشد تا ممانعت از

[1] Lethal Concentration (50%)

* گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

ورود مواد سمی به منابع آبی [۱]. هدف از این تحقیق نیز تعیین نمودن منشأ، میزان و تأثیر رنگ در رودخانه سیاهرود قائم‌شهر به منظور تعیین مبنایی برای رنگ است؛ به گونه‌ای که در برابر رنگ‌های غیر طبیعی و ناخوشایند در تمام زمان‌ها ثابت بماند.

برای کنترل سطح رنگ در آب‌های جاری، چندین روش وجود دارد. این روش‌ها شامل تنظیم استانداردهای رنگ، یا یک سطح معیار رنگ بر مبنای استانداردهای تخلیه یکسان، یا محدودیت‌های رنگی ویژه برای هر تخلیه کننده می‌باشد. در برخی از کشورها، تمامی صنایع جهت تخلیه پساب رنگی خود به آب‌های پذیرنده جاری، از استاندارد رنگی یکسانی استفاده می‌کنند. به عنوان مثال در ایران حداکثر غلظت مجاز رنگ در فاضلاب‌های صنعتی برای تخلیه به آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و مصارف کشاورزی به میزان ۷۵ واحد هیزن[1] (پلاتین-کبالت) و حداکثر مقدار مجازش برای تخلیه فاضلاب‌های شهری ۱۶ واحد هیزن می‌باشد [۳]. در پاره‌ای از کشورها مقادیر جذب در ناحیه طیف مرئی، برای بیان محدودیت‌های تخلیه رنگ در آب‌های جاری، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این استانداردها بر مبنای کیفیت بصری رودخانه (R.Q.O)[2] می‌باشد که به وسیله اندازه‌گیری میزان جذب نمونه‌های رودخانه در بین طول موج‌های ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر پس از فیلتر شدن توسط یک غشا با اندازه حفره‌های ۰/۴۵ میکرومتر به دست می‌آید [۴]. استانداردها معمولاً در فاصله‌های ۵۰ نانومتری بیان می‌شوند، اگرچه ممکن است استثناهایی هم به وجود آید [۱]. محاسبات موازنه جرم به منظور تعیین مقدار جذبی از پساب که می‌تواند بدون تجاوز به استاندارد کیفی رودخانه تخلیه شود، انجام می‌شود. رنگ مجاز برای تخلیه، توسط رابطه زیر تعیین می‌گردد [۱] :

$$C_d = \frac{[(C_s \times F_t) - (C_u \times F_u)]}{F_d} \qquad (1)$$

که در آن:

C_d = حد رنگ برای تخلیه[3]

C_s = استاندارد رنگ برای جریان آب[4]

C_u = رنگ طبیعی جریان آب در بالادست محل تخلیه[5]

F_d = متوسط دبی تخلیه بر حسب (Mdm^3/D)

F_t = کل دبی رودخانه در پایین دست محل تخلیه (Mdm^3/D)

F_u = ۹۵٪ جریان رودخانه در بالادست محل تخلیه (Mdm^3/D)

روش‌های آزمایشگاهی

به منظور تعیین رنگ و مشخص نمودن سطوح قابل قبول بودن، از روش‌های تحلیلی استفاده شده است که سعی در ملحق کردن ماهیت ذهنی تغییر رنگ و محاسبات واقعی رنگ توسط روش دستگاهی را دارد. صورت ظاهری یک نمونه آب، متشکل از چندین متغیر می‌باشد که از آن جمله می‌توان به اثرات پراکندگی و جذب نور توسط مواد حل شده و معلق، عمق آب و pH محیط اشاره کرد. به هر حال درجه میزان نور، زاویه دید و سنگ بستر نیز نیاز به توجه دارد. پس از انجام بازدید صحرایی از منطقه مورد تحقیق، که از محل ورود رودخانه سیاهرود به قائم‌شهر تا خروج آن از شهر امتداد داشت، هفت ایستگاه نمونه‌برداری بر مبنای محل تخلیه پساب‌های مختلف انتخاب شد که عبارتنداز :

ایستگاه شماره ۱ : مدخل ورودی شهر (بالادست محل تخلیه پساب کارخانه نساجی شماره ۱)

ایستگاه شماره ۲: محل تخلیه پساب کارخانه نساجی شماره ۱

ایستگاه شماره ۳: پایین دست محل تخلیه پساب کارخانه نساجی شماره ۱ (پل کشاورزی)

ایستگاه شماره ٤: محل تخلیه پساب کارخانه کنسروسازی قائم‌شهر

ایستگاه شماره ۵: محل تخلیه پساب کارخانه نساجی شماره ۲(پایین دست محل تخلیه پساب کارخانه کنسروسازی)

ایستگاه شماره ٦: زیر پل کمربندی قائم‌شهر

ایستگاه شماره ۷: محل خروج رودخانه از شهر

نمونه‌گیری دوبار در هفته بین ۱۱ آذر ۱۳۷۹ تا ۱۰ دی ۱۳۷۹ انجام گرفت. روزهای میان هفته و جمعه‌ها برای بررسی حالت‌های متغیر رودخانه در طول هفته کاری و تعطیلات آخر هفته انتخاب شده است.

در محل، یک بطری یک لیتری (دهانه گشاد) چندین بار با آب رودخانه شسته شده و سپس با نمونه آب رودخانه پر می‌شد. هر نمونه از کنار ساحل جمع‌آوری شده، و برای اطمینان از یک نمونه انتخابی، تقریباً از نصف عمق آب نمونه‌گیری انجام می‌شد. نمونه‌ها را برای تعیین رنگ در بطری‌های شیشه‌ای که ابتدا با محلول اسید کرومیک و سپس با آب مقطر شسته شده‌اند، قرار داده شده و آن‌ها را در تاریکی و در دمای محیط نگهداری کرده و همگی در کمتر از ۲٤ ساعت از زمان جمع‌آوری آزمایش می‌شدند. پس از نمونه‌گیری، جریان را به منظور تعیین رنگ خاص (دقیق) آن، مشاهده کرده و یک تخمین تقریبی از عمق، در نقطه نمونه‌گیری، انجام می‌گرفت. این به منظور دادن اطلاعاتی از درجه رقت و اثر عمق در شدت رنگ صورت می‌گرفت. نمونه جهت مشخص شدن " رنگ ظاهری" به وسیله تعیین ته رنگ (فام)[1]، شدت[2] و شفافیت[3]، در برابر یک زمینه سفید مشاهده می‌شدند. یک اسپکتروفتومتر UV/Vis مدل Spectronic 3000 Milton Ray برای آنالیز رنگ هر نمونه به کار گرفته شد. ۲۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های آب رودخانه را از میان یک فیلتر سلولزی واتمن شماره ۵ فیلتر کرده، و در داخل یک سل کوارتز به طول ۱۰ میلی‌متر قرار داده و از آب مقطر به عنوان حلال شاهد استفاده می‌شد. سطح خارجی سل‌ها را به منظور جلوگیری کردن از هر گونه آلودگی و کثیفی، تمیز کرده و پس از آن نمونه‌ها در محدوده طیف مرئی بین ٤۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر در فواصل ۰/۱ نانومتر آزمایش می‌شدند و نتایج به طور دیجیتال در یک نمودار به صورت میزان طیف جذب بر حسب طول موج رسم می‌شد.

از آنجا که کدورت مقداری است که می‌تواند به طور کمّی ظاهر یک آب طبیعی را توصیف کند، ذرات جامد معلق اندازه‌گیری شدند. از فیلترهای ۷ سانتی‌متری الیاف شیشه‌ای CF/C واتمن که در یک دستگاه فیلتراسیون بوخنر متصل به سیستم خلا قرار داده می‌شدند، جهت جداسازی و اندازه‌گیری ذرات جامد معلق استفاده گردید.

نتایج حاصل از آزمایش‌ها

pH

نمودار تغییرات pH رودخانه در ایستگاه‌های مختلف در شکل ۱ به نمایش در آمده است. همان طور که ملاحظه می‌شود پایین‌ترین مقادیر pH مربوط به ایستگاه نمونه‌برداری شماره ٤ بود که این نشان دهنده اسیدی بودن پساب کارخانه کنسروسازی می‌باشد. هم‌چنین پساب کارخانه نساجی شماره ۱ نیز نسبت به جریان آب رودخانه اسیدی‌تر است و با توجه به این که شدت رنگ با کاهش pH افزایش می‌یابد، ممکن است بر ظاهر نمونه‌های آب تأثیر بگذارد.

جامدات معلق

در شکل ۲ نمودار تغییرات مقدار جامدات معلق در نمونه‌های جمع‌آوری شده از ایستگاه‌ها، در طی هفته‌های مختلف نشان داده شده است. بیشترین مقدار جامدات معلق، مربوط به نمونه‌های جمع‌آوری شده از محل تخلیه پساب کارخانه کنسروسازی می‌باشند. مقادیر جامدات معلق مربوط به نمونه‌هایی که در روز یکشنبه ۷۹/۱۰/٤ جمع‌آوری شده‌اند، از تمام مقادیر دیگر بالاتر می‌باشند. دلیل آن یک دوره پرباران است که ورود مقادیر انبوهی از پساب‌های سطحی را به همراه داشته است. در نتیجه وضعیت ظاهری رودخانه در این روز غیر قابل تشخیص بود.

بررسی چشمی رنگ

بررسی چشمی رنگ به این منظور انجام گرفت که آیا در روزهای نمونه‌گیری، رنگ آب رودخانه سیاهرود قابل قبول بوده یا غیر قابل قبول. قابل قبول بودن بر مبنای این است که هیچ رنگ غیر عادی یا ناخوشایندی در رودخانه وجود نداشته باشد. بررسی چشمی رنگ شامل بررسی چشمی آب رودخانه سیاهرود (در محل) و بررسی چشمی نمونه‌های درون بطری می‌باشد. در طی هفته‌های دوم، سوم و پنجم در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ٤ رودخانه در گروه غیرقابل قبول قرار گرفته است و در هفته‌های چهارم (پاکترین نمونه) و ششم قابل قبول تشخیص داده شده است.

---

[1] Hazen

[2] River Quality Objective

[3] Absorbance/cm

[4] Absorbance/cm

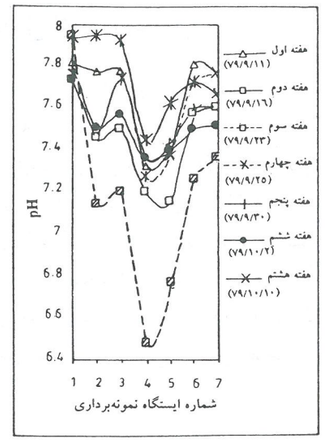
[5] Absorbance/cm

---

[1] Hue

[2] Intensity

[3] Clarity



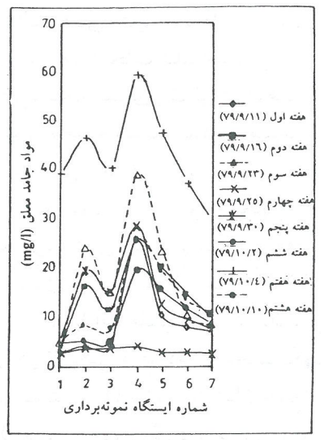
شکل ۱- نمودار تغییرات pH نمونه‌های مختلف در طول هفته‌های نمونه‌برداری

بررسی اسپکتروفتومتریک رنگ واقعی

شکل‌های ۳ تا ۷ نشان می‌دهند که مقادیر جذب در ایستگاه‌هایی که از نظر زیبا شناختی غیر قابل قبول هستند، به طور قابل توجهی بزرگ‌تر از ایستگاه‌هایی که هیچ رنگ ناخوشایندی را شامل نشده‌اند می‌باشند. به طوری که پایین‌ترین مقادیر جذب متعلق به هفته چهارم است که هیچ‌گونه رنگ ناخوشایندی در رودخانه مشاهده نمی‌شود. شکل ۳ پاکترین نمونه و شکل ٤ آلوده‌ترین نمونه را نشان می‌دهند که به ترتیب متعلق به هفته‌های چهارم و پنجم می‌باشند.

منشأ رنگ

شکل ۵ مقادیر جذب برای نمونه‌های گرفته شده از بالادست جریان و محل تخلیه پساب کارخانه نساجی شماره ۱ را، در طی هفته‌های دوم، سوم و پنجم که رودخانه از لحاظ زیبا شناختی غیر قابل قبول است، نشان می‌دهد. طیف‌ها نشان می‌دهد که نمونه‌های ایستگاه شماره ۲، نسبت به نمونه‌های بالادست جریان، مقادیر جذب بیشتری دارند و منشأ رنگ وابسته به پساب کارخانه نساجی شماره ۱ می‌باشد. از شکل ٦ نیز مشخص است که مقادیر جذب در روزهایی که کارخانه نساجی شماره ۱ پساب رنگی به رودخانه تخلیه نمی‌کند (جمعه‌ها)، نسبت

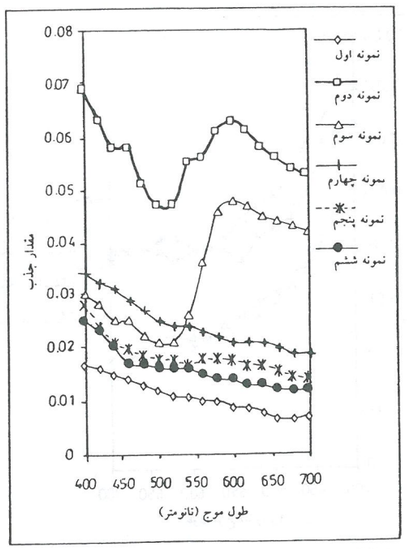


شکل ۲- نمودار مقدار مواد جامد معلق نمونه‌های مختلف در طول هفته‌های نمونه‌برداری.

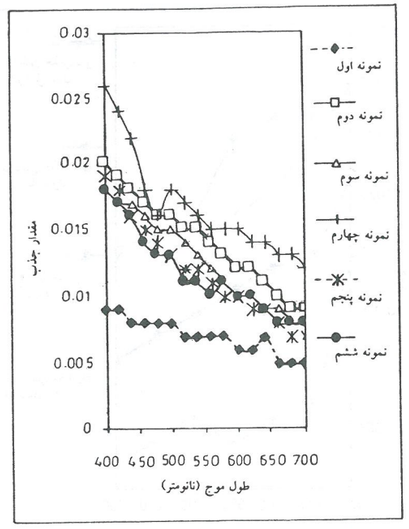
به روزهای میان هفته که تخلیه پساب رنگی صورت می‌گیرد، کاهش چشم‌گیری دارد. مقدار جذب در نمونه‌های جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های شماره ۳ و ٤، در روزهایی که رنگ رودخانه در قسمت بالاتر از ایستگاه شماره ٤ قابل قبول می‌باشد، در شکل ۷ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود در اثر وارد شدن پساب کارخانه کنسروسازی به داخل رودخانه، مقدار جذب افزایش می‌یابد؛ هر چند که این افزایش مقدار جذب، به شدت افزایش مقدار جذب ایستگاه شماره ۲ نمی‌باشد.

مبنایی برای معیار رنگ رودخانه

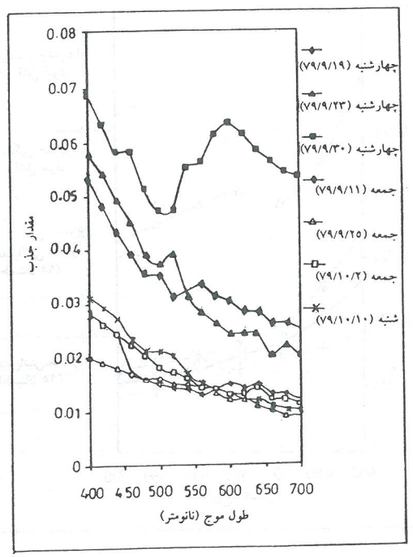
پس از تلاش جهت تعیین کردن منشأ، طبیعت و تأثیر رنگ در رودخانه، مرحله بعد تعیین سطح رنگ در رودخانه، در زمانی که پساب رنگی دریافت نمی‌کند و تنظیم یک سطح مبنای قابل قبول برای رودخانه، در حالتی که پساب‌های صنعتی و خانگی را دریافت می‌کند، بود. برای این منظور ابتدا ایستگاه‌هایی که دچار تغییرات رنگ بودند، یعنی در برخی روزها رنگ آب در آن‌ها غیر قابل قبول و در برخی دیگر قابل قبول بود، را انتخاب کردیم که عبارتند از ایستگاه‌های شماره ۲، ۳، ٤ و ۵ . در مرحله بعدی، مقدار متوسط جذب، برای حالت‌های غیر قابل قبول و قابل قبول در هر یک از ایستگاه‌های نامبرده شده



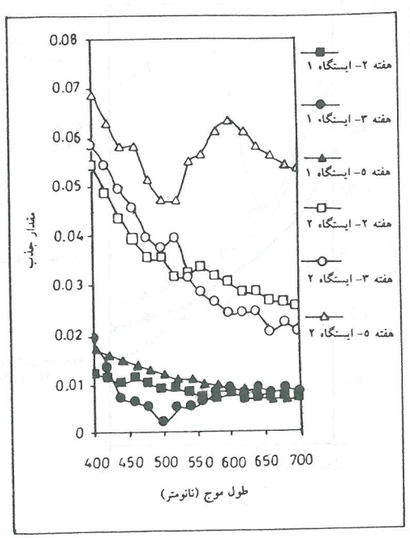
شکل ٤- مقادیر جذب نمونه‌های هفته پنجم.



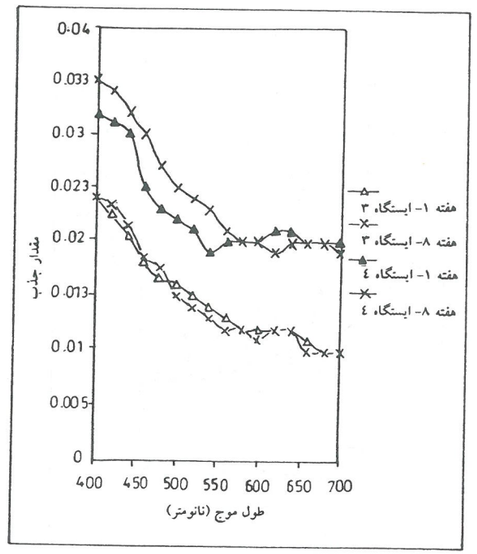
شکل ۳- مقادیر جذب نمونه‌های هفته چهارم.



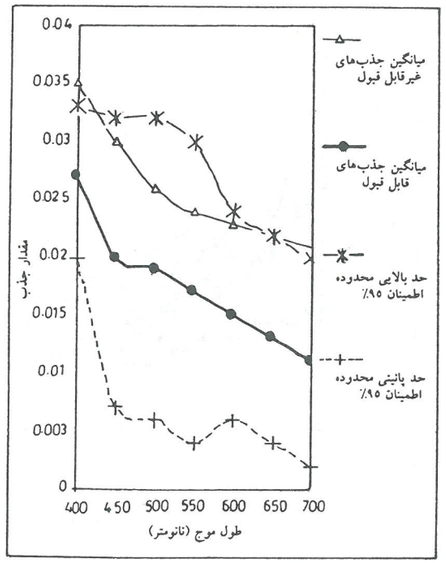
شکل ٦- میزان جذب نمونه‌های ایستگاه شماره ۱ در روزهای قابل قبول و غیر قابل بودن رنگ رودخانه.



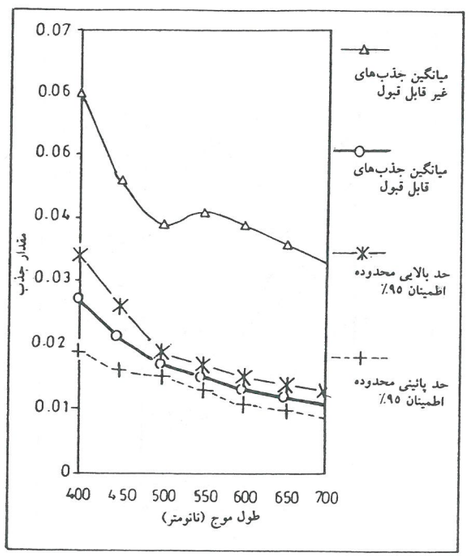
شکل ۵- میزان جذب نمونه‌های ایستگاه شماره ۱ و ۲ در روزهای غیر قابل قبول بودن رنگ.



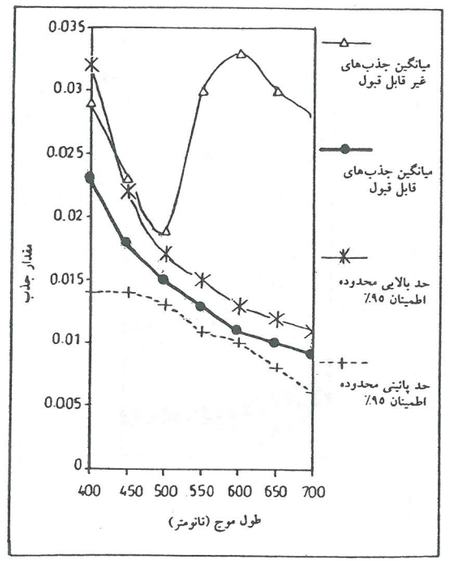
شکل ۷- میزان جذب نمونه‌های ایستگاه شماره ۳ و ٤ در روزهای قابل قبول بودن رنگ رودخانه در قسمت‌های بالاتر از ایستگاه شماره ٤



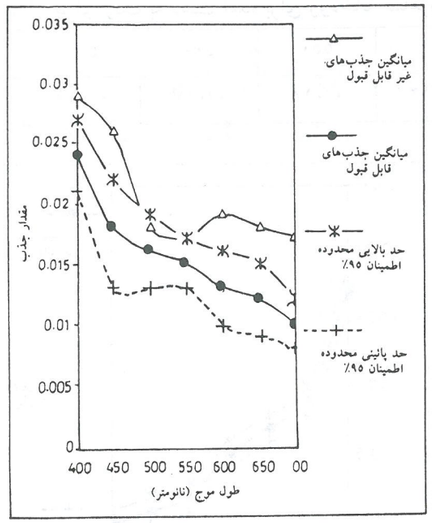
شکل ۸- میانگین مقادیر جذب ایستگاه ۲ در هفته‌های قابل قبول و غیر قابل قبول بودن رنگ رودخانه.



شکل ۹- میانگین مقادیر جذب ایستگاه ۳ در هفته‌های قابل قبول و غیر قابل قبول بودن رنگ رودخانه.



شکل ۱۰- میانگین مقادیر جذب ایستگاه ٤ در هفته‌های قابل قبول و غیر قابل قبول بودن رنگ رودخانه.



شکل ۱۱- میانگین مقادیر جذب ایستگاه ٥ در هفته‌های قابل قبول و غیر قابل قبول بودن رنگ رودخانه.

در بالا، تعیین گردید. نتایج این محاسبات به همراه محدوده اطمینان ۹۵٪ آن‌ها در شکل‌های ۸ تا ۱۱ به نمایش در آمده‌اند. در نهایت مقادیر متوسط جذب بهینه برای حالت قابل قبول بودن رودخانه، به همراه محدوده اطمینان ۹۵٪ آن، تعیین شدند که نتیجه حاصل در جدول ۱ و شکل ۱۲ آورده شده است.

نتیجه‌گیری

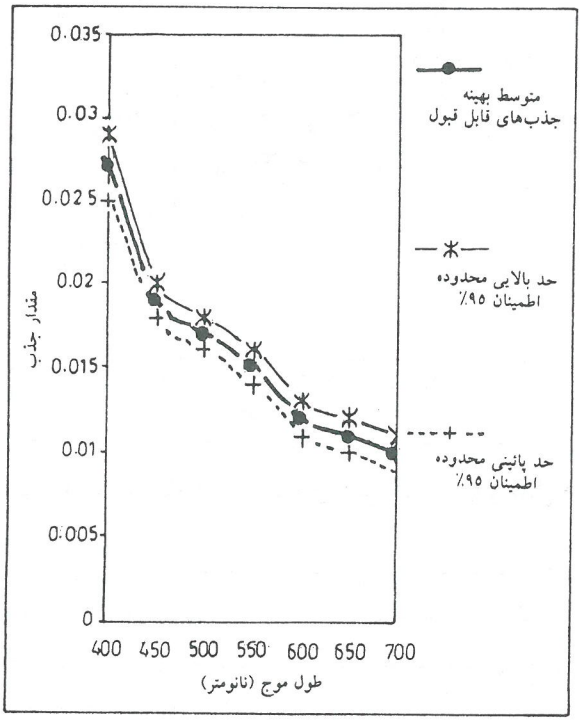
رنگ رودخانه سیاهرود در چندین مورد در پایین دست محل تخلیه پساب کارخانه نساجی مازندران و کارخانه کنسروسازی، غیر قابل قبول تشخیص داده شد. بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که آنچه باعث مسئله ساز بودن رنگ رودخانه سیاهرود قائم‌شهر بوده، فاضلاب‌های صنعتی وارد شده به آن می‌باشد که عمده‌ترین آن‌ها عبارتنداز کارخانه نساجی شماره ۱ قائم‌شهر و تا حد کمی کارخانه کنسروسازی وابسته به سازمان اتکا ارتش. رنگی که در محل تخلیه پساب کارخانه کنسروسازی مشاهده می‌شود، بیشتر ناشی از مواد معلق بسیار زیادی است که در پساب این کارخانه وجود دارد.

تأثیر پساب‌های رنگی را می‌توان به طور چشمی تا یک کیلومتر پایین‌تر از محل تخلیه پساب، و به طور اسپکتروفتومتری، در تمام نمونه‌های جمع‌آوری شده از پایین دست محل تخلیه، تشخیص داد. در طی تعطیلات آخر هفته، هنگامی که رودخانه سیاهرود، مقادیر ناچیزی از پساب‌های صنعتی دریافت می‌کرد، بهبود قابل توجهی در کیفیت آب آن مشاهده می‌شد. داده‌های جذب، متناظر با زمان‌هایی که مشاهدات غیر قابل قبولی در حالت زیباشناسی آب رودخانه مشاهده نشده است را،به عنوان یک مبنای رنگ معرفی کرده که این در شکل ۱۲ و هم‌چنین در جدول ۱ آورده شده است. نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌کند که مطالعات بیشتری جهت برقرار نمودن یک رابطه کمّی و دقیق بین اندازه‌گیری رنگ به طریق طیف سنجی و قابل قبول بودن سطح رنگ در رودخانه ضروری می‌باشد.

چون این طرح تحقیقاتی در ماه‌های آذر و دی صورت گرفت، انجام برنامه مشابهی در طول فصل تابستان مفید خواهد بود. زیرا با نمونه‌گیری در طی تعطیلات صنعتی، می‌توان مبنای دقیق‌تری برای سطح رنگ رودخانه مشخص کرد. از آنجا که معیارهای موفق رنگ نیاز به یک ارزیابی مختص به هر رودخانه خواهد داشت، انجام تحقیقات مشابهی بر روی سایر رودخانه‌های رنگی کشور مانند زرجوب رشت و گوهر رود رشت، گامی مفید در جهت کنترل رنگ این رودخانه خواهند بود.

جدول ۱- مبنای رنگ به دست آمده برای رودخانه سیاهرود.

طول موج (نانومتر)	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠	٥٥٠	٦٠٠	٦٥٠	٧٠٠
مقدار جذب	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱



شکل ۱۲- مقدار متوسط بهینه جذب‌های قابل قبول با محدوده اطمینان ۹۵٪.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات سرکارخانم مهاجر سرپرست آزمایشگاه شیمی تجزیه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال که در انجام آزمایش‌ها این تحقیق را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع و مراجع

۱- استانداردهای خروجی فاضلاب‌ها، (۱۳۷۱). معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست، انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی. ۱۳۷۱

2- O'neill, C. , Freda, R. H. , and Dennis, L. H. (1999). *" Colour in Textile Effluents – Sources, Measurement, Discharge Consents and Simulation, A Review"*, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol. 74, No.11, 1009-1018.

3- McKay, G. (1979). *"Coloured Effluents- Environmental and Legal Aspects"*, Water and Waste Treatment, 37.

4- Churchly, J.H. (1994). *"Removal of Dyewaste Colour from Sewage Effluent- The Use of a Full Scale Ozone Plant"*, Water Science Technology, Vol. 30, No. 3, 275-284.