

خصوصیات شیمیائی و غلظت برخی عناصر سنگین در پساب واحدهای صنعتی نساجی شهر یزد

مهندس حمیدرضا رحمانی*

چکیده

در زمان حاضر پالایش و پاکسازی آبها از آلاینده‌ها به ویژه عناصر سنگین به شکل یکی از مسائل مهم روز در آمده است. بهره‌برداری روزافزون از کارخانه‌ها و استفاده از کودهای شیمیائی، آفت‌کشها، مواد سوختی و رنگی در مقیاس عظیم، منابع مختلف آلودگی آبها را تشکیل می‌دهند. در نتیجه امروزه در منابع جهان بیش از ۷۰۰ نوع ماده شیمیائی شناسایی شده است که اغلب آنها بسیار خطرناک می‌باشند.

استان یزد به عنوان یکی از مناطق خشک کشور از نظر منابع آب دارای محدودیت کیفی و کمی است. لذا بهره‌برداری مجدد از پسابهای صنعتی می‌تواند تا حدودی کمبود آب را در سطح استان جبران نماید. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیائی پسابهای خروجی از واحدهای صنعتی می‌تواند آگاهی لازم از آلاینده‌های موجود را ارائه نماید. اطلاع از وضعیت آلاینده‌ها در جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست با ارائه راه کارها و همچنین چگونگی تصفیه پسابها برای بهره‌برداری مجدد از آنها مؤثر است.

در تحقیق حاضر چهار واحد صنعتی ریسندهی و بافندگی یزد باف (۱) جنوب (۲) درخشان (۳) و تابان (۴) در شهر یزد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در هر واحد صنعتی نمونه‌برداری از پساب به صورت ماهانه و به مدت ۶ ماه انجام شده و با انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه برخی خصوصیات شیمیائی آب از جمله HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , EC, pH و غلظت عناصر سنگین Ni و Pb, Cd در نمونه‌های پساب اندازه‌گیری گردیدند.

نتایج نشان داد که در واحد صنعتی شماره (۱) غلظت کلسیم، منیزیم، کلرور بی‌کربنات، در واحد صنعتی شماره (۲) EC, pH، غلظت کلسیم، منیزیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات و در واحد صنعتی شماره (۳) غلظت کلسیم، منیزیم، کلر و بی‌کربنات و در واحد صنعتی شماره (۴) pH، غلظت کلسیم، منیزیم، کلر و بی‌کربنات فراتر از حد مجاز غلظت این آلاینده‌ها بودند. غلظت عناصر سنگین در پساب کلیه واحدهای صنعتی در نمونه‌های پساب کمتر از حد مجاز آلاینده‌ها بود و پساب‌های واحدهای مذکور از نظر این فلزات جهت استفاده مجدد یا ورود به محیط‌زیست خطرناک نمی‌باشند.

در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پسابهای مذکور از نظر بعضی پارامترها از جمله غلظت کلر، سولفات، بی‌کربنات، کلسیم، منیزیم و pH بیش از مقادیر مجاز بوده ولی از نظر عناصر سنگین مورد مطالعه محدودیتی ندارند. بنابراین ضرورت دارد جهت بهره‌برداری از پسابهای مورد بررسی، تصفیه و جداسازی عناصر با غلظت‌های بیش از حد مجاز صورت گیرد. برای انجام تصفیه یا ارائه راه حل‌های مناسب جهت بهره‌برداری مجدد، مطالعه و بررسی بیشتری لازم است.

کلمات کلیدی:

پساب، آلاینده، عناصر سنگین، حد مجاز، حد بحرانی.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۱۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۴/۲۵

* عضو هیات علمی مرکز تحقیقات خاک و آب اصفهان.

سرآغاز

آلاینده‌های فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی آنها بر جانداران در غلظتهای کم و به عنوان عامل خطرناک و آلاینده محیط‌زیست مورد توجه و ارزیابی فراوان قرار گرفته‌اند. جیوه و کادمیم در اولویت اول و کرم، نیکل، مس و سرب در اولویت‌های بعدی فلزاتی هستند که اثرات کوتاه مدت و بلند مدت خطرناکی در چرخه زیستی موجودات زنده ایجاد نموده و در نتیجه بهداشت انسان و حیات موجودات گیاهان را به مخاطره می‌اندازند (FAO, 1992).

در نتیجه ورود مقادیر زیاد عنصر سمی سرب به اشکال مختلف به زنجیره غذایی انسان و جانداران، بیماری‌های مختلف بروز می‌کند که در موارد حاد منجر به سقط جنین و مرگ و میر در انسانها و دامها شده است (رحمانی، ۱۳۷۴). تجزیه آبهای زیرزمینی، مقدار سرب موجود را از ۱ تا ۶۰ میکروگرم در لیتر نشان می‌دهد. میزان سرب در آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها ۱ تا ۱۵ میکروگرم در لیتر گزارش شده است. در آبهای سطحی برمودا که به دور از اثرات قاره‌ای هستند میزان سرب به طور متوسط ۰/۰۷ میکروگرم در لیتر و این میزان در آبهای مرکزی اقیانوس اطلس ۰/۰۵ میکروگرم در لیتر برآورد شده است. در شرایط طبیعی مقدار سرب آب کمتر از ۱۰ میکروگرم در لیتر پذیرفته شده است (رحمانی، ۱۳۷۴).

مقادیر گزارش شده از غلظت کادمیم در آب رودخانه در یک تحقیق ۰/۵ تا ۲/۳ میلی‌گرم در لیتر بوده است. در این تحقیق همچنین مقدار کادمیم در رودخانه ایلی‌نویز (۱) ۰/۱ تا ۲۰ میکروگرم در لیتر و در رودخانه هادسون ۳ تا ۶ میکروگرم در لیتر گزارش گردیده است (Khan et al., 1981). استفاده از آب آبیاری آلوده در زاین با غلظت کادمیم ۰/۵ تا ۵ میلی‌گرم در لیتر سبب ایجاد بیماری ایتای- ایتای (۲) شده است. طبق این بررسی غلظت کادمیم در خاک بیش از ۱ میلی‌گرم در لیتر بوده که سبب افزایش غلظت این عنصر در برنج کشت شده به مقدار ۰/۴ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر شده است (Kasuya et al., 1992).

در تحقیقی دیگر رشد و جوانه‌زنی در دو گونه درخت با

افزایش غلظت Cd و Pb در پساب صنعتی کاهش نشان داد. همچنین اثر دو فلز با هم در کاهش رشد آنها بیشتر بوده است (Zafar Ibal et al., 2000).

عنصر نیکل عنصری بسیار سمی برای گیاه است حد مجاز این عنصر در آب آشامیدنی ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر و غلظت معمول آن در گیاه کمتر از ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است (دبیری، ۱۳۷۵). علاوه بر فلزات سنگین بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پساب نیز جهت تعیین کیفیت و نوع بهره‌برداری از آن ضروری است. هدف تحقیق حاضر بررسی غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم، نیکل و برخی خصوصیات شیمیایی پسابهای خروجی از چند کارخانه صنعتی نساجی می‌باشد.

مواد و روشها

برای انجام طرح واحدهایی از کارخانجات نساجی با نوع فعالیت و میزان پساب تولیدی متفاوت انتخاب گردیدند (جدول ۱). بررسی پساب این واحدها به مدت ۶ ماه و هر ماه یک بار با نمونه‌برداری مرکب (نمونه‌برداری در یک دوره ۴۸ ساعته و هر ۶ ساعت یک بار انجام و سپس نمونه‌ها با هم ترکیب شده و نمونه مرکب ساخته شد) از پساب انجام شد. جهت عمل نمونه‌برداری از ظروف نمونه‌برداری پلی‌اتیلن که قبلاً توسط اسیدنیتریک ۴ درصد (یکبار) و آب مقطر (سه بار) شستشو شده بودند استفاده گردید. pH و EC در هنگام نمونه‌برداری توسط دستگاههای pH متر و EC سنج صحرایی (پرتابل) اندازه‌گیری گردیدند. در هر بار نمونه‌گیری از واحدها، هر نمونه صاف گردید و آنگاه به دو قسمت تقسیم گردید و در دو ظرف جداگانه ریخته شد. در یک قسمت کلر با تیتراسیون به وسیله نیترات نقره ۰/۰۵ مولار در مجاورت معرف کرومات پتاسیم و یون بیکربنات با تیتراسیون به وسیله اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال در مجاورت معرف متیل ارانژ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کاتیونهای کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی، سدیم و پتاسیم با دستگاه فیلم فتومتر مدل ۸۶۶۱۵۰ و میزان سولفات با روش کدورت سنجی اندازه‌گیری گردید (Page et al., 1982).

کادمیم و سرب در کلیه نمونه‌ها بالاتر و برای نیکل پایین‌تر است (FAO, 1995). همچنین غلظت این عناصر از حدود مجاز برای آب آشامیدنی دامها پایین‌تر است. در مجموع غلظت عناصر فوق از حدود مجاز به عنوان استاندارد خروجی فاضلابها پایین‌تر بوده و محدودکننده نمی‌باشند. برخی تحقیقات در این زمینه نشان داده که فلزات سنگین در بهره‌گیری از پساب در آبیاری کشتزارها زیان‌آور نبوده‌است (Elliott and Stevenson, 1986). همچنین در تحقیقات دیگری خاکهای آبیاری شده با پساب هیچ یک از فلزات سنگین بعد از ۱۶ و ۲۵ سال به مرز زیان‌آوری نرسیده‌اند (Elliott and Stevenson, 1986). اما در مجموع گزارشهای بسیاری نشان داده‌اند که فاضلابهای پالایش نشده توانایی افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک را داشته و در برخی موارد به مرز زیان‌آوری هم رسیده‌است (Elliott and Stevenson, 1986).

غلظت کلسیم در پسابهای کلیه واحدهای مورد بررسی از استاندارد خروجی فاضلابها جهت تخلیه به آبهای سطحی بالاتر است. غلظت منیزیم نیز در کلیه پسابها از استاندارد خروجی جهت تخلیه به آبهای سطحی، چاه جاذب و استفاده در کشاورزی بالاتر است. برای سدیم و پتاسیم استاندارد خروجی پساب ذکر نشده است. طبق نظر آیزرو و وسکات (Ayers and Westcot, 1985) میزان سدیم کمتر از ۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر (۶۹ میلی‌گرم در لیتر) در آب آبیاری هیچ پیامد بد به دنبال ندارد. با توجه به نتایج، غلظت سدیم فقط در واحد ۴ بالاتر از حد ذکر شده است. در مجموع با توجه به برداشت سالانه این عناصر توسط محصولات، غلظت آنها در پسابهای مورد نظر محدودکننده نیست. برای کربنات و بی‌کربنات استاندارد خروجی ذکر نشده است. طبق نظر آیزرو و وسکات (Ayers and Westcot, 1985) اگر مقدار بی‌کربنات کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر باشد برای استفاده در آبیاری مشکلی وجود ندارد. در مقایسه، مقادیر بی‌کربنات از حد ذکر شده بسیار بالاتر و از نظر آیزرو و وسکات محدودکننده است اما در پسابها کربنات وجود نداشته و محدودیتی هم نخواهد داشت.

در قسمت دیگر هر نمونه، برای اندازه‌گیری عناصر سنگین با اضافه سازی اسید نیتریک غلیظ به نسبت ۱ به ۱۰۰ مورد حفاظت قرار گرفتند. اندازه‌گیری عناصر سنگین مربوطه بعد از آخرین مرحله نمونه‌برداری در نمونه‌ها بدون غلیظ‌سازی و آماده‌سازی نمونه‌ها با استفاده از روش افزایش استاندارد^(۳) (در ۳ بالن ژوژه به مقدار مساوی از نمونه ریخته شد آنگاه در دو تا از بالن ژوژه‌ها غلظت متفاوتی از استاندارد عنصر مورد نظر اضافه شده و سپس هر سه بالن ژوژه با آب مقطر به حجم رسانده شدند با خواندن جذب غلظت از دستگاه، منحنی جذب در برابر غلظت رسم و غلظت عنصر به دست آمد) توسط دستگاه منحنی جذب اتمی پراکین المرمدل ۳۰۳۰ انجام گرفت (Page et al., 1982).

جدول شماره (۱): مشخصات و موقعیت واحدهای

صنعتی مورد مطالعه در شهر یزد

شماره واحد	نام کارخانه	موقعیت
۱	یزد باف	بلوار جمهوری اسلامی
۲	جنوب	خیابان کاشانی
۳	درخشان	خیابان شهید چمران
۴	تابان	جنب صدا و سیمای یزد

بحث روی یافته‌ها:

دامنه غلظت نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کلسیم، کربنات، بی‌کربنات، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، قابلیت هدایت الکتریکی و pH نمونه‌های پساب در طول ۶ ماه بررسی و حدود مجاز پارامترها در جدول شماره ۲ آمده است. با توجه به جدول ۲ غلظت عناصر سنگین کادمیم، نیکل و سرب در پسابهای مورد بررسی از استاندارد خروجی فاضلابها برای این عناصر جهت تخلیه به آبهای سطحی، تخلیه به چاه جاذب و استفاده جهت آبیاری (استاندارد خروجی فاضلابها، ۱۳۷۱؛ FAO, 1985 و FAO, 1992) پایین‌تر است. غلظت عناصر مذکور در پسابها از حدود مجاز برای آب آشامیدنی در مورد

جدول شماره (۲): دامنه غلظت اندازه‌گیری‌ها در نمونه‌های پساب و ذکر حدود مجاز از منابع (استاندارد خروجی فاضلابها، ۱۳۷۱؛ FAO, 1992; FAO, 1985; FAO, 1995)

حد مجاز در آب آشامیدنی دامنه‌های اهلی (FAO, 1985)	حد مجاز در آب آشامیدنی (Kirkham, 1988)	حد مجاز جهت آبیاری (FAO, 1985; FAO, 1992)	استاندارد خروجی فاضلابها (۱۳۷۱)			واحد صنعتی				پارامتر
			استفاده جهت آبیاری	تخلیه به چاه جاذب	تخلیه به آبهای سطحی	۴	۳	۲	۱	
-	-	-	-	-	۷۵	۲۸/۸-۱۵۵/۲	۵۸/۰-۱۸۶/۰	۸۷/۶-۳۳۵/۶	۸۶-۱۸-۱/۸	کلسیم (mg/l)
-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۷/۷-۱۷۷/۸	۷۱/۵-۱۶۷/۳	۱۷۹/۳-۲۸۲/۸	۱۲۸/۹-۱۶۱/۳	منیزیم (mg/l)
-	۲۰۰	-	-	-	-	۹۳/۸-۱۲۲/۲	۴۷/۸-۵۹/۸	۴۷/۸-۶۶/۲	۶۳/۹-۷۲/۲	سدیم (mg/l)
-	-	-	-	-	-	۱۸/۷-۴۶/۸	۴/۵-۱۴/۸	۱۶/۴-۱۲۰/۹	۱۰/۱-۶۷/۹	پتاسیم (mg/l)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	کربنات (mg/l)
-	-	-	-	-	-	۱۲۲/۰-۲۹۲/۸	۴۸/۸-۲۸۰/۶	۱۴۶/۲-۷۶۸/۶	۶۱/۰-۴۱۴/۸	بی‌کربنات (mg/l)
-	۲۵۰	-	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۲۸۴/۰-۶۸۵/۹	۳۱۲/۴-۷۱۷/۱	۵۸۲/۲-۸۱۶/۵	۴۲۶/۰-۶۳۴/۸	کلراید (mg/l)
-	۲۵۰	-	۵۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۳۷۲/۷-۴۹۵/۴	۲۱۰/۱-۲۵۸/۸	۲۱۰/۱-۸۳۶/۲	۳۳۱/۶-۳۷۷/۳	سولفات (mg/l)
۰/۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۲	۲	۲	۰/۰۱-۰/۰۱	<LOD-۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۱	<LOD-۰/۰۱	کادمیم (mg/l)
-	۰/۰۲	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۰/۱	<LOD-۰/۰۱	<LOD	۰/۰۱-۰/۰۱	<LOD-۰/۰۱	نیکل (mg/l)
۰/۱	۰/۰۱	۵	۱	۱	۱	۰/۰۵-۰/۲۲	<LOD-۰/۱۲	۰/۱۰-۰/۱۶	۰/۱۲-۰/۱۶	سرب (mg/l)
-	-	-	-	-	-	۱/۹-۲/۲	۱/۱-۱/۸	۱/۸-۴/۳	۱/۸-۲/۰	EC (dS/m)
-	۶/۵-۹/۵	-	۶-۸/۵	۵-۹	۶/۵-۸/۵	۲/۶-۳/۷	۶/۵-۷/۸	۳/۴-۷/۷	۶/۵-۸/۳	pH

LOD-Limit of Detection

سولفات در آب آشامیدنی بالاتر است. استانداردهای خروجی برای شوری پسابها ذکر نشده است. در مطالعات مقدار معمول شوری پسابها از ۰/۳ تا ۲/۲ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Elliott and Stevenson, 1986). کشتزارهای آبیاری شده با این پسابها بعد از ۵۶ سال از نظر شوری مشکلی در خاک و گیاه ایجاد نکرده است (Kirkham, 1988). با توجه به مقادیر شوری پسابها و حد معمول ذکر شده می‌توان اظهار داشت که شوری کلیه واحدها به جز واحد ۴ در این دامنه ذکر شده و محدودیتی ندارند. مقایسه pH پسابها با حدود مجاز ذکر شده نشان می‌دهد

در کلیه نمونه‌های پساب غلظت کلر از استاندارد خروجی فاضلابها بالاتر بوده یا نزدیک به استاندارد مورد نظر است. قطعاً مقادیر کلر از استاندارد یا حد مجاز کلر در آب آشامیدنی بالاتر است. ضرورت دارد غلظت این عنصر در پسابها مورد توجه قرار گیرد.

غلظت سولفات در پسابها برای تخلیه به آبهای سطحی و تخلیه به چاه جاذب در واحد ۱ و گاهی مواقع در واحد ۴ در مقایسه با استاندارد خروجی بالاتر است. اما جهت استفاده پسابها در کشاورزی از نظر سولفات بعضی مواقع پساب واحد ۲ محدودکننده است. در کلیه پسابها مقدار سولفات از حد مجاز

آنجا منتقل شود.

۳- از تخلیه پسابها به پوکة قنوات اکیداً خودداری شود زیرا بهترین راه انتقال پسابها به آب زیرزمینی به صورت افقی و عمودی است.

یادداشت ها

- 1- Illinois River
- 2- Iti-Iti
- 3- Standard addition

سپاسگزاری

از مسئولین دانشگاه یزد به ویژه معاونت پژوهشی و دانشکده منابع طبیعی که تسهیلات لازم جهت اجرای این پژوهش را فراهم آوردند قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

استاندارد خروجی فاضلابها. ۱۳۷۱. معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست. انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی.

دبیری، مینو. ۱۳۷۵. آلودگی محیط زیست، نشر اتحاد تهران.

رحمانی، حمیدرضا. ۱۳۷۴. آلودگی خاک توسط عنصر سرب حاصل از سوخت وسایط نقلیه در محدوده برخی از بزرگراه های ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

Ayers. R. S. and Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture, Rev. 1. FAO Rome. 174 pp.

Elliott. L. F. and Stevenson, F. J. 1986. Soils for management of organic wastes and waste water, Secound printing, soi. Sci. Soc. Am. Inc, publisher. Madison. Wisconsin, USA. 650 pp.

که pH پسابها در واحدهای ۱ و ۳ هیچ گونه محدودیتی ندارد اما در واحدهای ۲ (بعضی مواقع) و ۴ محدودکننده اند و از حدود مجاز کمترند.

با توجه به پارامترهای مورد بررسی و در نظرگیری استانداردهای ذکر شده در کلیه واحدها غلظت کلسیم، منیزیم، بی کربنات و کلراید در پساب محدودکننده اند. در واحد ۲ غلظت سولفات و pH در پساب جهت تخلیه به آبهای سطحی، تخلیه به چاه جاذب و استفاده جهت آبیاری محدودکننده اند. در واحد ۴ غلظت سولفات برای تخلیه پساب آبهای سطحی و چاه جاذب و pH پساب برای استفاده در کشاورزی و تخلیه پساب به آبهای سطحی و چاه جاذب محدودیت دارند.

محدودیت های ذکر شده در پسابها می توانند در دراز مدت اثرات سوء بر آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی و زمینهای کشاورزی داشته و مسائل زیست محیطی ایجاد نمایند.

با توجه به اینکه شهر یزد جزء مناطق خشک ایران محسوب می شود و وجود آب برای این مناطق حیاتی است بهره برداری از پسابها به ویژه در کشاورزی کمک مؤثری در رونق اقتصادی و کشاورزی خواهد داشت. بنابراین از این جهت محدودیت های پسابهای مورد بررسی (از نظر پارامترهای اندازه گیری) را می توان کلسیم، منیزیم، کلراید، سولفات (گاهی مواقع) و pH عنوان نمود.

پیشنهادها

- ۱- بررسی پسابها به طور پیوسته و انجام عمل تصفیه جهت حفظ حدود استاندارد در آنها از جمله موارد پیشگیری از آلودگی محیط زیست است که باید به طور جدی انجام شود.
- ۲- وجود صنایع بزرگ در بافت شهری که دارای حجم زیاد آب مصرفی بوده و پساب بالایی نیز تولید می کنند دارای پتانسیل بالایی برای آلودگی محیط زیست به ویژه منابع آب زیرزمینی است. بنابراین اساسی ترین راه، انتقال این صنایع به خارج از شهر است. در غیر این صورت باید تصفیه خانه ای برای تصفیه پساب صنعتی احداث و پساب این واحدها به

- F.A.O. 1985. Water quality for agriculture, by R. S. Ayers, Vol. 29, Rev. 1.
- F.A.O. 1992. Waste water treatment and use in agriculture, FAO Irrigation and Drainage paper, 47, by M. B. Pescod.
- F.A.O. 1995. Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects, by T. C. Dougherty and A. W. Hall, Vol. 53.
- Kasuys. M. et al. 1992. Water pollution by cadmium and the onset of Itai-Itai disease, water. Sci. Tech, 25(11): 149-156.
- Khan, N. A. et al. 1981. Atomic absorption spectrophotometric studies of cadmium and zinc in commercial fertilizers, soils and river waters, Environ. Pollut. Ser B. RR. 259-264.
- Kirkham. K. B. 1988. Problems of using waste water on vegetable crops, Hortscience, 21(1): 24-27.
- Page. A. L. et al. 1982. The Methods of Soil Analysis part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd. Ed., Soi. Sci. Sco. Inc. Madison.
- Zafar Ibal. M, K. Mustaq and M. Shafaq. 2000. The effect of lead and cadmium on trees, from city trees, the Journal of the Society of Municipal Arborists, 36(1).