یادداشت فنی

شناخت و بهره‌وری رسوبات رودخانه کارون در کشاورزی با مطالعه خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و غلظت عناصر سنگین در رسوبات

ماندانا شهنواز[1] مصطفی چرم[2] هوشنگ حسونی‌زاده[3]

(دریافت ۸۷/۳/٤ پذیرش ۸۸/۶/۱۶)

چکیده

رسوبات رودخانه‌ها در واقع مخلوطی از خاک زراعی و غیر زراعی فرسایش یافته از حوضه‌های بالادست است. با توجه به بافت، غلظت آلاینده‌ها و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات لایروبی شده، می‌توان از آنها در زمینه‌های مختلفی چون ساخت و توسعه زیستگاههای حیات وحش ، خاک سطحی برای کشاورزی و مصالح ساختمانی استفاده کرد. این تحقیق به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و غلظت عناصر سنگین رسوبات جزایر رودخانه کارون برای استفاده مجدد آنها در کشاورزی صورت پذیرفت. به این منظور در طول مسیر رودخانه کارون در شهر اهواز، چهار ایستگاه مشخص گردید و در هر ایستگاه، از چهار عمق مختلف نمونه‌برداری صورت پذیرفت. غلظت عناصر سنگین (Pb ، Zn، Cu، Co، Cd و Ni)، مواد آلی، ازت، فسفر، پتاسیم ، هدایت الکتریکی و pH در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد غلظت عناصر مورد بررسی در رسوبات سطحی بیشتر از رسوبات عمقی است. از سویی نتایج بیانگر این بود که غلظت مس در حد خطرساز قرار دارد. درصد ازت ، فسفر و مواد آلی در رسوبات پایین بود، اما رسوبات از نظر پتاسیم، هدایت الکتریکی و pH در وضعیت مطلوبی قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: رسوبات رودخانه ، عناصر سنگین ، عناصر غذایی، رودخانه کارون.

Study of the Physicochemical Characteristics and Heavy Metal of Concentrations Sediments of the Karoon River for their Application in Agriculture

Mandana Shahnavaz[1] Mostafa Chorom[2] Hooshang Hasonizadeh[3]

(Received May 5, 2008 Accepted Sep. 7, 2008)

Abstract

River sediments are a mixture of eroded soils washed in from the upstream areas that can be put to reuse. Depending on the particle size, heavy metals concentration, and the physical and chemical characteristics of the dredged sediments, they can be used for a variety of applications such as wild habitant development, agricultural soil enrichment, or for manufacturing constructional materials. The objective of this study was to determine the physico-chemical characteristics of the Karoon River sediments at different depths and in different seasons at 4 gauging stations along the river in the city of Ahvaz. Samples were collected from 4 depths (0-25, 25-50, 50-75, and 75-100 cm) by a pistonic sampler in the spring and summer seasons (Feb. 2008 and Sep. 2008). The sediment samples were analyzed to determine concentration of heavy metals (Cr, Co, Cu, Zn, Pb, Cd, and Ni), OM%, CEC, TN, P, and soluble cation and anion concentrations .The results showed that the concentration of heavy metals, EC, pH, OM%, TN, and P in the shallower sediments were higher than those of the deeper samples. The results also showed that copper concentration was at its upper limit but TN%, P, and OM% in the sediments were low. However, EC, pH, and potassium concentration in sediments were at their normal levels. It was concluded that the sediments could be recommended for reuse in farms where farm products are not used as food or for direct human use.

Keywords: River Sediment, Heavy Metals, Soil Nutrition, Karoon River.

1. M.Sc. of Soil Science, College of Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz (Corresponding Author) (+98 611) 5544900 Minashahnavaz @ yahoo. com
2. Assist. Prof., College of Agriculture, Chamran Uiversity, Ahwaz
3. Asist. Prof., Dept. of Civil Engineering., Azad University, Shooshtar

۱-کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز (نویسنده مسئول) ۵۵۴۴۹۰۰ (۰۶۱۱)
Minashahnavaz @ yahoo. com
۲- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز
۳- استادیار گروه عمران-آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

بخش عمده‌ای از خاکهای فرسایش یافته توسط رودخانه‌های جهان حمل می‌شوند و تحت شرایط مختلف در رودخانه رسوب می‌کنند [۱]. استفاده از رسوبات لایروبی شده راهی برای به‌کارگیری مجدد خاک فرسایش یافته مناطق بالا دست است. بسته به بافت، غلظت آلاینده‌ها و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات لایروبی شده، می‌توان از آنها در زمینه‌های مختلفی استفاده کرد. برخی از مواد لایروبی شده ممکن است از نظر بافت، درصد مواد آلی و عناصر غذایی به‌عنوان خاک سطحی برای اصلاح اراضی حاشیه‌ای در زمینه‌های کشاورزی، باغبانی یا جنگلداری مناسب باشند. اما برخی از مواد لایروبی شده نیاز دارند که با مواد آلی مانند کودهای حیوانی و لجن فاضلابهای انسانی مخلوط شوند تا بتوانند حاصلخیزی خاک را بالا ببرند [۲]. کولمن و همکاران[1] در سال ۲۰۰۶ در بررسی استفاده از رسوبات کربناته دریاچه پانوسفکی[2] در جنوب فلوریدا با هدف اصلاح خاکهای مراتع نشان دادند که افزایش رسوبات لایروبی شده سبب افزایش نفوذپذیری، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی خاکها، افزایش تولید بیومس و جذب عناصر غذایی در علوفه می‌شود [۳]. رودخانه کارون به‌عنوان شریان حیاتی استان خوزستان، سالانه پذیرای مقدار متنابهی رسوب می‌باشد که مشکلات عمده‌ای را در بهره‌برداری از این رودخانه ایجاد کرده است. با توجه به حجم بالای رسوب‌گذاری این رودخانه، به‌دلیل نوع خاک منطقه، لایروبی رودخانه کارون ضروری به نظر می‌رسد [۴]. لذا در تحقیق حاضر بررسی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و غلظت عناصر آلاینده و مقایسه آنها با میزان استانداردهای بین المللی برای استفاده مجدد از این رسوبات در بخش کشاورزی مورد توجه قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

چهار ایستگاه بر روی رودخانه کارون در بازه شهر اهواز انتخاب گردید. نمونه‌برداری در دو فصل پرآبی و کم آبی رودخانه (اسفند ۱۳۸۵ و شهریور ۱۳۸۶) توسط نمونه‌بردار مغزی صورت پذیرفت. استفاده از نمونه‌بردار مغزی برای نمونه‌برداری از رسوبات یا خاکهای درشت دانه که چسبندگی ندارند، بسیار مفید است [۵]. به این ترتیب از هر ایستگاه از سطح تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری رسوبات نمونه‌برداری در چهار عمق ۰ تا ۲۵، ۲۵ تا ۵۰، ۵۰ تا ۷۵ و ۷۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متری صورت پذیرفت. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، درصد مواد آلی با روش والکی-بلاک[3]، درصد ازت با روش کلدال[4]، فسفر با روش احیا با اسید اسکوربیک، پتاسیم محلول با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر[5]، pH، هدایت الکتریکی و غلظت عناصر آلاینده سنگین با استفاده از جذب اتمی شعله‌ای، اندازه‌گیری شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تغییرات خصوصیات شیمیایی و عناصر سنگین در رسوبات

۳-۱-۱- تغییرات عنصر سرب

با توجه به جدول ۱، عنصر سرب از منابع مختلف و اثرات متقابل آنها، تغییرات معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان می‌دهد. معنی‌دار بودن تغییرات زمانی را می‌توان به اثر زمان بر روی جذب آلاینده‌ها در فاز جامد اکوسیستم آبی و تغییرات مکانی را به تخلیه فاضلاب صنایع رنگسازی و باطری‌سازی، سوخت بنزین و بالاخره تخلیه فاضلابهای شهری مرتبط دانست [۶]. مومنی در سال ۱۳۸۰ در بررسی آلودگی ناشی از سرب در رودخانه زاینده‌رود نشان داد که غلظت سرب در لایه‌های کف رودخانه بیشتر از لایه‌های زیرین است و علت آن را حرکت کند سرب در آبرفتها ذکر نمود [۴]. مقدار فلزات سنگین در لایه‌های مختلف رسوبات، نمایانگر میزان این فلزات در اکوسیستم آبی در زمان رسوبگذاری لایه‌هاست [۷].

۳-۱-۲- تغییرات عنصر کادمیم

در بررسی تغییرات زمانی، مکانی و عمقی عنصر کادمیم در رسوبات مورد مطالعه در سطح ۱ درصد، تغییرات معنی‌داری مشاهده می‌شود. افزایش ترکیبات با pH اسیدی در بخشهای بالادست و تجمع آنها در رسوبات پایین دست و تخلیه فاضلابهای شهری در طی مسیر رودخانه را می‌توان در معنی‌دار بودن تغییرات مکانی آن مؤثر دانست [۸]. کم شدن غلظت کادمیم نسبت به سایر آلاینده‌ها را می‌توان به‌دلیل شعاع هیدراته بزرگتر از سایر عناصر دانست که تمایل کمی برای جذب شدن روی سطح رسوبات از خود نشان می‌دهد [۹].

۳-۱-۳- تغییرات عنصر نیکل

ورود نیکل به هیدروسفر و منابع آب عمدتاً از طریق بیرون‌ریزی پسابهای صنعتی و شهری و فرسایش خاک صورت می‌گیرد [۶ و ۷]. ورتاسنیک و همکارانش[6] در سال ۱۹۹۴ در بررسی تحرک آلاینده در رسوبات رودخانه ساوا در کرواسی نشان دادند که در رسوبات

[1] Koleman et al.
[2] Panasoffkee
[3] Walkey-Black
[4] Kjeldahl
[5] Flame Photometer
[6] Vertacnik et al.

Archive of SID
www.SID.ir

فوقانی رودخانه، غلظت آلاینده‌هایی چون نیکل بالاتر است. علت غنی شدن لایه‌های فوقانی با عناصر سنگین، غلظت بالای کلسیت و دولومیت در این لایه‌ها ذکر شد. در این حالت لایه‌های بالایی مانند فیلتری شیمیایی عمل کرده و از حرکت عمودی این عناصر در لایه‌های رسوبات جلوگیری می‌کنند [۱۰].

۳-۱-۴- تغییرات عنصر کبالت

نتایج تحلیل آماری که در جدول ۱ گنجانده شده است، نشان می‌دهد که تغییرات مکانی، زمانی، عمقی و اثرات متقابل آنها برای عنصر کبالت در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد. آلودگی رسوبات سطحی به نیکل را می‌توان ناشی از بافت ریزتر رسوبات سطحی و درصد بالاتر مواد آلی در آنها نسبت به اعماق پایین‌تر بیان نمود [۱۱]. غلظت عناصر سنگین در رسوبات عمدتاً تحت تأثیر چندین پارامتر است. بسته به درجه آلودگی و عناصر مورد بررسی، آلودگی بالای فلزات ممکن است مربوط به یون‌های آهن و منگنز، کربن آلی و غیر آلی، کلسیم، سولفات و درصد رسوبات ریز باشد [۱۱].

۳-۱-۵- تغییرات عنصر مس

جدول ۱ نشان می‌دهد که تغییرات مکانی، زمانی و عمقی برای عنصر مس در سطح ۱ درصد و اثر متقابل سه‌گانه زمان در مکان در عمق در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. غلظت عناصر سنگین در رسوبات ساحلی دریای جاوا[1] در هلند در سال ۲۰۰۳ توسط اورارتز[2] اندازه‌گیری شد. وی نشان داد که در رسوبات سطحی، در بخش سیلتی رسوبات ، عنصر مس غلظت بالایی دارد [۱۲]. یکی از علل بالا بودن غلظت مس در رسوبات را می‌توان تأثیر pH در حلالیت و رسوب این عنصر برشمرد. حلالیت مس اصولاً پایین است و با افزایش pH رسوبات سریعاً کاهش پیدا می‌کند [۸].

۳-۱-۶- تغیرات فسفر در رسوبات

مقدار فسفر کل رسوبات از منابع مختلف، تغییرات معنی داری را در سطح ۱ درصد نشان می‌دهد (جدول ۲).

[1] Java
[2] Orartez

جدول ۱- نتایج تحلیل آماری تغییرات زمانی، مکانی و عمقی عناصر سنگین در رسوبات جزایر رودخانه کارون در ایستگاههای نمونه‌برداری در فصول تابستان و زمستان

میانگین فاکتورهای مورد بررسی	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کروم	نیکل	کادمیم	مس	کبالت	روی	سرب
زمان نمونه‌برداری	۱	۲/۰۲**	۷۳۹/۷۲**	۳/۳۴**	۳۵۲۰/۱۹**	۱۱۹/۷۱**	۱۴۲۵۱/۵۴**	۱۳۱۵/۸۶**
مکان نمونه‌برداری	۳	۰/۹۷**	۷۶/۶۸**	۰/۲۴**	۵۲۰۲/۴۴**	۲۴/۸۹**	۵۲۹۱/۸۹**	۱۱۲۳۱/۱۰**
عمق نمونه‌برداری	۳	۱/۶۸**	۱۱۴/۰۱**	۰/۳۲**	۱۲۶۹۲/۹۲**	۵۱/۹۵**	۱۴۴۰۳/۱۲**	۴۳۸/۹۸**
زمان×مکان	۳	۰/۳۱**	۷/۸۵**	۰/۱۹**	۷۵/۸۲ ns	۳۷/۰۰**	۲۲۷۰/۰۴**	۱۲/۶۰**
زمان×عمق	۳	۰/۰۷ ns	۲/۳۸*	۰/۰۸*	۱۲۶/۰۶ ns	۳۵/۳۶**	۹۲۸/۹۹**	۹/۰۶**
مکان×عمق	۹	۲/۳۴**	۳۳/۰۷**	۰/۱۲**	۶۳۴۴/۱۶**	۲۱/۶۴**	۷۲۱۰/۹۵**	۱۳۸۸/۰۹**
زمان×مکان×عمق	۹	۰/۲۹**	۱۰/۷۴**	۰/۰۲*	۳۶۹/۸۹**	۱۹/۴۶**	۸۰۸/۶۴**	۸/۵۶**
خطا	۳۲	۰/۰۶	۰/۶۱۲	۰/۰۰۴	۱۶۸/۵۱۹	۰/۱۲۱	۲/۴	۰/۸۰۹

ns : عدم معنی‌داری *: در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار. **: در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار

جدول ۲- نتایج تحلیل آماری تغییرات زمانی، مکانی و عمقی پارامترهای شیمیایی رسوبات جزایر رودخانه کارون در ایستگاههای نمونه برداری در فصول زمستان و تابستان

میانگین فاکتورهای مورد بررسی	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		EC	pH	ازت	فسفر	مواد آلی
زمان نمونه‌برداری	۱	۰/۰۷۲**	۰/۹۴۶*	۰/۰۰**	۰/۶۲۲**	۰/۱۰۸**
مکان نمونه‌برداری	۳	۰/۱۱۲**	۰/۷۶۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۴۴**	۱/۲۱۶**
عمق نمونه‌برداری	۳	۰/۰۳۷**	۰/۳۹۰ ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۹**	۰/۲۱۴**
زمان × مکان	۳	۰/۰۰۳*	۰/۰۹۳ ns	۲/۲ E-۰/۰۰۵**	۰/۰۱۷**	۰/۰۰۶ ns
زمان × عمق	۳	۰/۰۲۸**	۰/۲۶۰ ns	۱/۳۸ E-۰/۰۰۵**	۰/۰۱۱**	۰/۰۰۲ ns
مکان × عمق	۹	۰/۰۴۲**	۰/۲۸۷ ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۱۱**	۰/۱۲۸**
زمان × مکان × عمق	۹	۰/۰۰۷*	۰/۱۲۸ ns	۳ E-۰/۰۰۵**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۴ ns
خطا	۳۲	۰/۰۰۱	۰/۱۴۰	۳/۸ E-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱

ns : عدم معنی‌داری *: در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار. **: در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- مقدار نرمال و مقدار بیشینه مجاز عناصر سنگین در خاک [۸]

عنصر شیمیایی	متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده (میلی‌گرم در کیلوگرم)	محدوده مقدار نرمال (میلی‌گرم در کیلوگرم)	مقدار بیشینه مجاز (میلی‌گرم در کیلوگرم)
کادمیم	۰/۹۹۵-۲/۱	۰/۱-۱	۳
کبالت	۹/۹-۱۷/۳	۱-۱۰	۵۰
کروم	۱/۳۵-۲/۴۲	۲-۵۰	۱۰۰
مس	۲۶۱/۲-۳۱۷	۱-۲۰	۱۰۰
نیکل	۳۷/۷-۲۶/۳	۲-۵	۵۰
سرب	۴۱/ ۸ -۷۲/۲	۰/۱-۲۰	۱۰۰
روی	۱۹۳/۳-۱۴۴/۷	۳-۵۰	۳۰۰

۳-۱-۷- تغییرات ازت در رسوبات

مقایسه میانگین غلظت ازت در دو عمق ۵۰-۰ و ۱۰۰-۵۰ نشان داد که مقدار ازت در ۵۰ سانتی‌متر دوم عمق نمونه‌برداری در ایستگاه اول و سوم نسبت به ۵۰ سانتی‌متر اول عمق نمونه‌برداری کاهش داشته و در ایستگاه اول از ۰/۰۴ به ۰/۰۲ درصد و در ایستگاه سوم از ۰/۰۱۵ به ۰/۰۱۱ درصد رسیده است.

۳-۱-۸- تغییرات مواد آلی

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تغییرات زمانی مکانی و عمقی مواد آلی در سطح یک درصد تغییرات معنی‌داری را نشان می‌دهد. در بین ایستگاهها روند کلی کاهش در مقدار ماده آلی به سمت ایستگاههای پایین دست مشاهده گردید، اما مقدار مواد آلی در ایستگاه دوم و در هر دو فصل به مراتب از سه ایستگاه دیگر کمتر بود، این امر به‌دلیل وجود درصد بالایی از ماسه و درصد کم ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون در رسوبات این ایستگاه قابل توجیه است [۱۳]. از میان آلاینده‌های ورودی به منابع آبی تأثیر مواد غیر قابل تجزیه‌ای مانند فلزات سنگین از همه بیشتر است. پسابهای صنعتی، فاضلابهای شهری و زباله‌ها و شیرابه زباله‌ها حاوی مقدار زیادی فلزات سنگین هستند که از راههای متفاوت سبب آلودگی اکوسیستم آبی می‌شوند [۸]. جدول ۳، مقدار نرمال و مقدار بیشینه مجاز عناصر سنگین در خاک را نشان می‌دهد. ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی رسوبات مانند اندازه ذرات، نوع کانی، ویژگیهای محیطی مثل زمین شناسی منطقه، pH، نوع عنصر، پتانسیل اکسیداسیون- احیا، کربناتها و مواد آلی از عوامل تأثیر گذار بر روی جذب فلزات سنگین توسط رسوبات هستند[۶].

۴- نتیجه‌گیری

مطالعه بالا نشان داد که غلظت عناصر آلاینده سنگین، ازت کل، فسفر کل و مواد آلی در رسوبات سطحی بیشتر از رسوبات عمقی است و با افزایش عمق، مقدار عناصر مذکور کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج مقایسه غلظت عناصر مورد بررسی با حدود مجاز در خاک، خطرات ناشی از عنصر آلاینده مس را نمی‌توان نادیده گرفت اما سایر عناصر سنگین خطرساز نیستند. مقادیر ازت ، فسفر و مواد آلی رسوبات کمتر از مقادیر مناسب برای خاکهای زراعی بوده، لکن رسوبات از نظر pH، مقدار پتاسیم و هدایت الکتریکی در حد مطلوبی قرار دارند.

۵- تشکر و قدردانی

از زحمات و همکاری بی‌دریغ آقای مهندس نادر حسینی زارع مدیر و سایر پرسنل امور آزمایشگاههای آب و خاک و رسوب استان خوزستان کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

۶- مراجع

۱- ابراهیمی، ق.، و اسماعیلی، ک. (۱۳۸۴). "ارزیابی و نتایج حاصل از کاربرد روشهای تجربی MPSIAC و MUSLE در برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه آبخیز قره کهریزک اراک." *مجموعه مقالات نخستین همایش مدیریت رسوب*، اراک، ۱۷۵-۱۷۷.

2-Baltimore, M. B. (1997)."International workshop on dredged material benefical use." .<http://www.el.erdc.usace.army.mil/dots> (Oct. 2007).

3- Gilbert, C., Sigua, S., Coleman, W., and Mike, L. (2006). *Holtkamp land application of carbonatic lake . Dredged material effects on soil quality forage productivity*, Water Management District , Tamp . FL : 33-37.

Archive of SID
www.SID.ir

۴- مومنی، م. (۱۳۸۰). "بررسی اکولوژیک ناشی از سرب در اکوسیستم‌های آبهای سطحی." *اولین همایش بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آنها*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۲۸۳-۲۸۷.

۵- افتخاریان، ل.، خاکباز، ب.، و سارنگ، ا. (۱۳۸۴). *آزمایشگاه مکانیک خاک*، چاپ چهارم، نشر کتاب دانشگاهی، تهران.

۶- خراسانی، ن. (۱۳۸۱). "بررسی تغییرات فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بندرعباس." م. *منابع طبیعی*، ۵۸ (۴)، ۸۶۱-۸۶۹.

۷- پری زنگنه، ع.، و لاکان، ک. (۱۳۸۶). "بررسی فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر در ایران." *مجله علمی پژوهشی آب و فاضلاب*، ۶۳، ۲-۱۲.

8- David, A. J., and Leventhal, J. S. (1995). "Bioavailability of metals." <http://www.pubs.usgs.govlofr 95-0831/Chap2> (July 1995).

9- Koaser, S., Barrington, S., Elektorowicz, M., and Wang, L. (2003). "Effect of Pb and Cd on Cu adsorbtion by sand – bentonite liner." *Can , J . Civ. Eng*., 32(2), 241-249.

10- Vertacnik, A., Prohic, E., Kozar S., and Juracic, M. (1995). "Behavior of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb water-well field area, Croatia." *Wat. Res*., 29 (1), 237-246.

11- Clotilde, B., and Alain, C. M. B. (1995). "Trends in the heavy metal content (Cd, Pb. Zn) of river sediments in the drainage basin of smelting activities." *Wat. Res*., 29 (7), 1729-1736.

12- Heikki, L. (1999). "Removal of harmful metals from metals plating waste waters using selective ion exchangers." <http://www.ethesis helsinki.f/julkaisut/mat/kemia/vh/leinonen>(Dec. 1991).

۱۳- دستجردی ، م. (۱۳۸۰). "تأثیر پساب فاضلابهای صنعتی حاوی فلزات سنگین و فسفات بر خاک بستر زاینده‌رود." *اولین همایش بحران‌های زیست‌محیطی ایران و راهکارهای بهبود آنها*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۳۲۷-۳۳۴.

Archive of SID

www.SID.ir