علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره نه، آذر ماه ۹۸

بررسی و امکان‌سنجی روش‌های احیاء و پاک‌سازی خاکچال‌های قدیمی و رهاشده (مطالعه موردی: خاکچال بابا حیدر)

محمدصادق نیکنام[۱]

مهدی جلیلی قاضی‌زاده[۲*]

ma_jalili@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۷ **تاریخ پذیرش:۹۶/۱۲/۲**

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مشکلات خاکچال یا به عبارتی دیگر لندفیل‌های قدیمی و رهاشده مساله آلودگی‌های زیست محیطی جانبی آن است. خاکچال باباحیدر در مجاورت مخزن سد باباحیدر و در سه کیلومتری شهری با همین نام در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است و پسماندهای تولیدی این شهر و برخی از روستاهای اطراف آن به این خاکچال وارد شده و تلنبار می‌شود. ازآنجایی‌که یکی از اهداف اصلی احداث سد تأمین آب شرب منطقه است، لذا وجود این خاکچال می‌تواند باعث آلوده شدن آب در مخزن سد شده و عملکرد سد را با مشکل مواجه نماید. از این رو در مطالعه حاضر روش های موجود برای مواجهه با این نوع خاکچال ها از لحاظ فنی، اقتصادی و زیست-محیطی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: به منظور انتخاب بهترین گزینه برای مواجهه با خاکچال مورد مطالعه ابتدا تمام روش های موجود برای مواجهه با خاکچال باباحیدر مورد مطالعه قرار گرفتند و سپس روش‌های دارای پتانسیل اجرا شامل پوشاندن خاکچال، حفاری و انتقال به خاکچال جدید، تصفیه با روش خاک‌شوئی و محصورسازی با اجرای دیوار جداکننده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از انواع معیارهای مقایسه از نظر فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی نشان داد که شیوه تصفیه با روش خاک‌شویی از لحاظ پیچیدگی فناوری و نیاز به تجهیزات خاص، راهبری تخصصی، نیاز به آب، مواد مصرفی و شیمیایی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و راهبری، شرایط خاصی را می‌طلبد که اجرایی شدن این روش را با مشکل مواجه می‌کند. در مقابل روش حفاری و انتقال به خاکچال جدید از لحاظ پارامترهای فوق‌الذکر بیش‌ترین قابلیت را برای اجرا دارد. روش‌های پوشاندن خاکچال و محصورسازی با اجرای دیوارهای جداکننده از لحاظ شرایط و پیچیدگی‌های اجرایی مابین دو روش فوق قرار دارند.

بحث و نتیجه‌گیری: با بررسی، مقایسه و امکان سنجی روش‌های دارای پتانسیل اجرا جهت پاک‌سازی و احیاء خاکچال مشخص گردید که از میان روش های مختلف احیاء و پاک‌سازی، روش حفاری و انتقال به خاکچال جدید نسبت به سایر روش‌ها از دیدگاه فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مناسب‌تر و دارای قابلیت بیش‌تری برای اجرا است. از این‌رو به کارگیری این روش برای خاکچال باباحیدر پیشنهاد می-گردد.

واژه‌های کلیدی : پسماند، خاکچال رهاشده، احیاء و پاک‌سازی، باباحیدر

۱- کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه فناوری‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران [*](مسوول مکاتبات).

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.9, November, 2019

Investigation and Feasibility of Reclamation and Remediation of Old and Abandoned Landfills (Case study: Babaheydar Landfill)

Mohammad Sadegh Niknam[1]
Mahdi Jalili Ghazizade[2]*
ma_jalili@sbu.ac.ir

Admission Date:February 21, 2017 Date Received: May 17, 2017

Abstract

Background and Objective: One of the problems in the old landfills in the world is the side environmental pollution. Babaheydar landfill is in the vicinity of the Babaheydar's dam reservoir and located three kilometers away from the city of the same name in the Chaharmahal and Bakhtiari province and municipal solid waste of Babaheydar city and some surrounding villages is being imported and dumped to this landfill. Since one of the main objectives of Babaheydar's dam is supplying drinking water and the presence of these landfill can contaminate the dam reservoir water. Therefore, in this study existing methods for facing with this type of landfills was investigating technically, economically and environmentally.

Method: In order to select the best option for facing with the landfill, at first, all of the available methods were studied. Then feasible methods such as landfill capping, landfill mining, treatment with soil washing and subsurface cut-off walls were investigated.

Findings: Comparison results according to technical, economic and environmental aspects show that soil washing technique in terms of technology and need for special equipment, specialized management, need for water, materials and chemicals, investment and management costs require specific conditions that make the implementation of this method difficult. In opposite, excavation and transfer to a new landfill in terms of above parameters has most potential to execute. The methods of landfill capping and enclosing with subsurface cut-off walls are between two mentioned methods.

Discussion and Conclusion: With investigation, feasibility and Comparison of potential executable methods for reclamation and remediation of landfill, it was found that the method of excavation and transfer to a new landfill compared to other methods is more suitable technically, economically and environmentally. Thus, applying of this method is recommended for Babaheydar landfill.

Key words: Solid waste, abandoned landfills, Reclamation and Remediation, Babaheydar

1- Postgraduate, Environmental Pollution, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Environmental Technologies, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran *(Corresponding Author).

مقدمه

پسماندهای شهری یکی از مسایل زیست‌محیطی مهم و بااهمیت در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه است (۱). واژه خاکچال پسماند شهری، به تأسیسات دفع در زمین اطلاق می‌شود که پسماند جامد شهری درون یا روی آن قرار می‌گیرد (۲) و فرایند مدیریت پسماند شامل کاهش پسماند، استفاده مجدد، بازیافت، بازیابی انرژی، سوزاندن و دفن در زمین است (۳). سیستم‌های مدیریت پسماند در کشورهای درحال‌توسعه اغلب با بسیاری از مشکلات نظیر عدم تجربه کافی و منابع مالی کم سروکار دارند و این منابع به اندازه‌ای نیست که بتوان یک روش دفع نهایی بهداشتی را اجرا نمود. مدیریت نامناسب پسماندها منجر به آلودگی زیست‌محیطی، بوهای ناخوشایند، رشد و تکثیر حشرات، جوندگان و کرم‌ها و انتقال بیماری‌های مختلف می‌شود. آمار پسماندهای جامد شهری در ایران نشان می‌دهد میزان سرانه تولید پسماندهای شهری به ازای هر نفر به‌طور متوسط ۰/۶۴ کیلوگرم در روز است. از کل پسماند تولیدی، تنها ۶ درصد بازیافت و ۱۰ درصد به کمپوست تبدیل می‌گردد و چیزی در حدود ۸۴ درصد آن از طریق دفن در زمین، دفع گردیده است (۴). در مقابل، آمارهای آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا[1] نشان می‌دهد که این کشور در سال ۲۰۱۲ حدود ۲۵۱ میلیون تن زباله تولید کرده است و از این میزان حدود ۶۵ میلیون تن را بازیافت، ۲۱ میلیون تن را تبدیل به کمپوست و حدود ۲۹ میلیون تن آن را برای استحصال انرژی می‌سوزاند که روی‌هم‌رفته این رقم ۴۶/۲ درصد کل زباله را شامل می‌شود و سهم دفن پسماند از این مقدار زباله ۵۳/۸ درصد (۱۳۵ میلیون تن) است (۵). دفن پسماند یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای دفع زائدات شهری در جهان است ولی در مقایسه با دیگر روش‌های دفع، خاکچال برای تثبیت پسماند به زمان طولانی‌تری نیاز دارد (۶). دفن پسماند گام نهایی و غیرقابل اجتناب و عمده‌ترین روش در سیستم مدیریت پسماند است (۷). تفاوت دفن زباله در ایران و کشورهای توسعه‌یافته در نوع دفن زباله است، به این صورت که دفن زباله در کشورهای توسعه یافته به‌صورت دفن بهداشتی[2] ولی دفن در ایران به‌صورت تلنبار[3] و غیربهداشتی است (۸). ازاین‌رو این سیستم دفن، هم پیامدهای منفی محیط‌زیستی و بهداشتی دارد و هم مدیریت این‌گونه محل‌های دفن مشکل است و مشکلات عدیده‌ای را برای جوامع انسانی و زیستی ایجاد می‌کند (۹). یکی دیگر از مفاهیم کلیدی و کاربردی مرتبط با خاکچال، مکان‌یابی خاکچال[4] است که یکی از گام‌های مهم در مدیریت پسماند است و فرایند انجام آن باید طی فرایند علمی، مهندسی، سیاسی، اجتماعی و محیط‌زیستی انجام گیرد (۱۰، ۱۱). به‌دلیل این‌که این فرایند پیامدهای اقتصادی، اکولوژیکی و محیط‌زیستی بر منطقه می‌گذارد (۱۲) متأسفانه باوجود پیشرفت‌های وسیعی که در این رابطه در سطح جهان حاصل شده است، در اکثر شهرهای ایران حتی ساده‌ترین روش دفع پسماند نیز به‌درستی به کار گرفته نشده است (۱۳). در سطح جهان مطالعات متعددی روی برنامه‌های احیاء و پاک‌سازی محل‌های دفن قدیمی و یا رهاشده و همچنین مزایا و معایب روش‌های مختلف صورت گرفته است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط Uchrin و Park در سال ۲۰۰۴ انجام گرفت، آن‌ها گزینه‌های مختلف احیا و پاک‌سازی را برای خاکچال نانجی که در جزیره نانجی در کره جنوبی واقع شده است، مورد بررسی قرار دادند. این خاکچال یکی از بزرگ‌ترین خاکچال‌ها در سطح جهان است و روش دفن آن به‌صورت دفن غیربهداشتی و تلنبار می‌باشد (۱۴). در مطالعه دیگری که توسط Ezyske و Deng در سال ۲۰۱۲ انجام شد، آن‌ها نیز روش‌های مختلف احیا و پاک‌سازی خاکچال را بر روی خاکچال نیوجرسی آمریکا را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها دریافتند که تجزیه و تحلیل هزینه سود و به دنبال آن استراتژی پاک‌سازی مناسب به عنوان مهم‌ترین بخش باید به دقت اجرا شود تا سایت های آلوده پاک‌سازی گردند (۱۵). مطالعه دیگری نیز توسط Vasudevan و همکاران در سال

1- U.S EPA

2- Sanitary
3- Dumping
4- Landfill site selection

۲۰۰۳ صورت گرفت که به انواع روش‌های احیا و پاک‌سازی خاکچال اشاره می‌کند. نتایج آن‌ها نشان داد که مشکلات ایجاد شده توسط خاکچال های قدیمی چند بعدی است و آب، خاک و هوا را تحت تاثیر قرار می‌دهند، از این‌رو پاک‌سازی این خاکچال ها همیشه یک چالش بوده است (۱۶). در ایران، با وجود این‌که بسیاری از محل‌های دفن به‌صورت غیربهداشتی و تلنبار است، اما تاکنون به برنامه‌های احیا و پاک‌سازی خاکچال اهمیتی داده نشده است و هیچ مطالعه علمی‌ای دراین‌باره صورت نگرفته است، لذا لازم و ضروری است که برنامه‌های احیا و پاک‌سازی محل‌های دفن مورد توجه قرار گیرد. سد مخزنی باباحیدر به‌منظور استفاده از جریان رودخانه سراب در ۴۷ کیلومتری شهرکرد و حدوداً سه کیلومتری غرب شهر باباحیدر بر روی رودخانه مذکور جانمایی شده است. در مجاورت مخزن این سد جایگاه دفن زباله‌ای وجود دارد که بدون اصول علمی مکان‌یابی شده است و سال‌هاست پسماندهای تولیدی شهر باباحیدر و برخی از روستاهای اطراف آن به این محل وارد شده و به‌صورت غیراصولی در این منطقه تلنبار می‌شود. ازآنجاکه یکی از اهداف اصلی احداث سد مخزنی باباحیدر تأمین آب شرب منطقه است، لذا وجود این خاکچال می‌تواند باعث آلوده شدن آب در مخزن سد شده و عملکرد سد را با مشکل مواجه نماید. ازاین‌رو لازم است اقدامات لازم جهت جلوگیری از آلودگی آب مخزن سد، با بررسی روش‌های احیا و پاک‌سازی، و انتخاب مناسب‌ترین روش صورت پذیرد. لذا هدف از انجام این مطالعه بررسی انواع روش‌های احیاء و پاک‌سازی خاکچال بابا حیدر و انتخاب مناسب‌ترین روش برای برخورد با این خاکچال است.

روش بررسی

باباحیدر یکی از شهرهای شهرستان فارسان در استان چهارمحال و بختیاری است. این شهر در ۴۵ کیلومتری شهرکرد قرار دارد و بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن۱۳۹۰ جمعیت این شهرستان در حدود ۱۱۰۹۹ نفر می‌باشد. در این مطالعه پس از بررسی مشخصات محل دفن پسماند باباحیدر به‌منظور انتخاب بهترین گزینه برای رویارویی با خاکچال مورد بررسی، ابتدا تمام روش های موجود برای مواجهه با خاکچال مذکور مورد مطالعه قرار گرفته و سپس روش‌های دارای پتانسیل اجرا شامل پوشاندن خاکچال، حفاری و انتقال به خاکچال جدید، تصفیه با روش خاک‌شوئی و محصورسازی با اجرای دیوار جداکننده از دیدگاه فنی، اقتصادی و زیست محیطی و معیارهای وابسته به آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند تا مناسب‌ترین و قابل اجرا ترین روش به منظور مواجهه با این خاکچال انتخاب گردد.

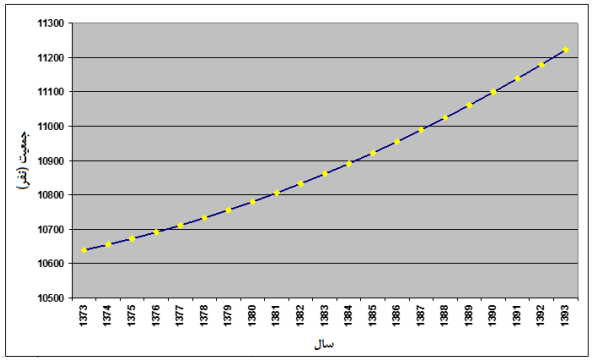
یافته‌ها

۱- مشخصات محل دفن پسماند باباحیدر

به‌منظور برآورد میزان پسماند دفن شده در خاکچال باباحیدر، تغییرات جمعیت سالانه این شهر در حدفاصل سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۳ با استفاده از آمار سرشماری‌های موجود محاسبه گردید. برای این منظور از روش پیش‌بینی جمعیت با استفاده از منحنی رشد، برای تخمین جمعیت شهر مورد بررسی و با بکارگیری رابطه زیر استفاده گردید:

$$P_x=a+(b\times x)+(c\times x^2) \quad (1)$$

در رابطه فوق a جمعیت در سال مبنا (سال ۱۳۷۵)، P_x جمعیت در سال x ام، x حدفاصل سال مبنا تا سال موردنظر و b و c ضرایبی است که با استفاده از دو سرشماری آخر انجام-شده (سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰) می‌باشد. تغییرات جمعیتی این شهر در حدفاصل سال‌های مورد بررسی مطابق با شکل ۲ برآورد گردید.



شکل ۲- تغییرات جمعیتی شهر باباحیدر در حدفاصل سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۳

Figure 2. Population changes in the city of Babaheydar between 1994 to 2014

از حاصل‌ضرب جمعیت شهر باباحیدر در سرانه تولید سالانه پسماند در این شهر، وزن تقریبی پسماند تولیدی در طی سال‌های مختلف به‌دست خواهد آمد. با فرض ورود کلیه پسماندهای تولیدی در شهر باباحیدر (از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۳) به محل دفن پسماند، کل میزان پسماند دفن‌شده در خاکچال باباحیدر برابر با ۶۲۸۷۰ تن است. ازآنجاکه عادات غذایی، فرهنگ و نوع زندگی و همچنین موقعیت جغرافیایی ازجمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در ترکیب پسماندهای تولیدی در یک شهر است، لذا در صورت نبود اطلاعات کافی درخصوص ترکیب پسماند شهری، می‌توان از ترکیب پسماند شهرهای مجاور نیز استفاده نمود. لذا می‌توان با تقریب مناسبی، ترکیب پسماند تولیدی در شهرکرد را معادل با ترکیب پسماند ورودی به محل دفن شهر باباحیدر در نظر گرفت. بر اساس آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در طرح جامع مدیریت پسماند شهر شهرکرد، ترکیب زباله این شهر در سال ۱۳۹۲ به‌صورت جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱- ترکیب پسماند شهری شهرکرد در سال ۱۳۹۲

Table 1. Characteristics of Shahrekord municipal solid waste in 2013

جزء تشکیل‌دهنده	درصد	جزء تشکیل‌دهنده	درصد
مواد فسادپذیر	۷۵	لاستیک	۳
کاغذ و مقوا	۸	فلزات	۲/۵
پلاستیک	۵	چوب	۱/۵
شیشه	۴	منسوجات	۱

علاوه بر ترکیب پسماند ورودی به محل دفن، سایر مشخصات کیفی پسماند نیز می‌تواند به‌طورکلی در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی یک خاکچال بر محیط (و به‌طور خاص در تخمین شیرابه تولیدی) مؤثر باشند. ازجمله این پارامترها می‌توان به درصد رطوبت، دانسیته و فرمول شیمیایی اشاره کرد. بر اساس محاسبات صورت گرفته، درصد رطوبت کل زباله ورودی به محل دفن شهر باباحیدر ۴۶/۱۷ درصد و دانسیته زباله ورودی به محل دفن برابر با ۱۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب است. بدیهی است درصورتی‌که پسماند با استفاده از پوشش خاکی و دستگاه فشرده‌ساز متراکم شود، این مقدار افزایش می‌یابد که در چنین شرایطی دانسیته پسماند دفنی می‌تواند تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب نیز افزایش یابد. بااین‌وجود ازآنجاکه در خاکچال باباحیدر تجهیزات متراکم کننده وجود نداشته و تنها عامل تراکم، ارتفاع خود پسماند است، لذا می‌توان دانسیته زباله

دفنی در این خاکچال را در حدود ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفت. یکی دیگر از پارامترهای مهم زباله در تعیین میزان شیرابه تولیدی در داخل محل دفن، فرمول شیمیایی زباله است. این فرمول در ارایه راهکارهای مدیریتی پسماند کمک بسزایی می‌کند و برای پسماند خشک محاسبه می‌شود (۱۷). با استفاده از مشخصات پسماند ورودی به محل دفن، فرمول شیمیایی زباله خشک ورودی به محل دفن جدید به‌صورت $C_{30.95}H_{48.65}O_{15.97}N$ است.

۲- روش‌های احیاء و پاک‌سازی

اگرچه تعطیل نمودن محل دفن پسماند باباحیدر و اجتناب از ورود زباله جدید به این محل به‌عنوان اولین گام در کاهش اثرات خاکچال موجود بر کیفیت آب مخزن سد است، اما این اقدام به‌تنهایی نمی‌تواند حفاظت کیفی مخزن را تضمین نماید؛ چراکه دفن غیراصولی پسماند شهر باباحیدر در طی دو دهه گذشته باعث شده است که لایه‌های زیرین خاک در معرض شیرابه تولیدی در خاکچال قرار گیرد و لذا آلوده بودن خاک در این منطقه بسیار محتمل می‌باشد. قبل از شروع عملیات بهره‌برداری از سد، احیاء و پاک‌سازی خاک‌های آلوده در محل دفن پسماند ضروری است. نکته مهم در این خصوص، وجود پسماند رهاشده در محل است که می‌بایست در فرایند احیاء خاک موردتوجه قرار گیرد. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت علاوه بر پاک‌سازی لایه‌های زیرین خاک در محل خاکچال، سامان‌دهی پسماندهای موجود نیز باید موردتوجه قرار گیرد.

۲-۱- پوشاندن زباله‌های موجود در محل

یکی از رایج‌ترین روش‌های احیاء خاکچال‌های قدیمی و یا رها شده، پوشاندان زباله های موجود در محل[1] با استفاده از درپوش برای خاکچال است. این روش که می‌تواند تا حد زیادی از اثرات سوء محل دفن پسماند بکاهد، بر مبنای کاهش تماس پسماند و سایر پدیده‌های محیطی (نظیر بارش، باد، تجمع جانوران موذی و غیره) استوار بوده و در آن پسماندهای موجود در محل توسط خاک و یا سایر مواد مناسب پوشانده می‌شوند. ازآنجاکه یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های انتقال آلاینده‌ها، بارندگی و ورود رواناب‌های سطحی به داخل خاکچال و به تبع آن تولید شیرابه بیش‌تر می‌باشد، لذا ضروری است در انتخاب ماده درپوش به نفوذپذیری آن توجهی ویژه شود تا نفوذپذیری شیرابه کنترل شود (۱۸). درپوشی که در محل‌های دفن پسماند قدیمی بکار می‌رود عمدتاً شامل سه لایه اصلی بوده که عبارت‌اند از: لایه گیاهی فوقانی روی سطح خاک، لایه زهکش و لایه نفوذناپذیر (یا نفوذپذیری کم). اگرچه هزینه این روش نسبت به سایر روش‌های تصفیه و پاک‌سازی کم است، اما محدودیت‌هایی نیز دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها در جدول ۲ ارایه شده است

1- Landfill Capping

جدول ۲- مهم‌ترین محدودیت های روش پوشاندن زباله با استفاده از درپوش (۱۵)

Table 2. The most important limitations of landfill capping method (15)

شماره	محدودیت
۱	درپوش‌ها عمر محدودی دارند که برای بالا بردن طول عمر آن باید درپوشی انتخاب شود که دارای ضخامت کافی بوده تا در برابر سرما مقاوم بوده و همچنین نفوذ ریشه گیاهان و لانه گزینی جانوران در آن، خللی در عملکرد درپوش ایجاد نکند.
۲	نوسانات در دمای هوا و بارش از طریق ایجاد شکاف یا فرسایش، می‌تواند بر روی یکپارچگی درپوش اثر بگذارد. ضمن آن‌که ریشه گیاهان و لانه حیوانات نیز می‌تواند باعث تخریب درپوش شود. این مساله در مناطق سردسیر بیشتر به چشم می‌خورد و درپوش باید به‌اندازه کافی ضخیم باشد تا از یخزدگی، جادادن به ریشه گیاهان و لانه‌گزینی جانوران جلوگیری کند.
۳	در نواحی با نرخ بالای فرونشست و مناطق مستعد زمین‌لرزه، استفاده از این روش با محدودیت همراه است.

۲-۲- حفاری خاکچال

حفاری خاکچال[1] فرایندی است که به‌موجب آن مواد زاید که قبلاً در زمین دفع شده‌اند از داخل خاکچال خارج شده و مورد پردازش و بازیابی قرار می‌گیرند. اکثریت مطلق استفاده از این روش مربوط به برطرف کردن مشکلات اساسی منطقه از قبیل حفاظت از مکان خاکچال، جلوگیری از آلودگی خاک، آب و هوا است (۱۹). حفاری خاکچال به استخراج، پردازش، تصفیه و بازیابی مواد دفن شده اشاره می‌کند (۲۰). علاوه بر این، برای اصلاح محل‌های دفنی که دارای طراحی و یا اجرای اصولی نبوده‌اند نیز کاربرد داشته و به کمک آن می‌توان شرایط فنی و مهندسی خاکچال را بر اساس قوانین جدید زیست‌محیطی و همچنین شرایط محیطی جدید ارتقاء داد. به‌طورکلی روش حفاری خاکچال با استفاده از تکنیک‌های مشابه برای استخراج از معادن روباز انجام می‌گیرد. درمجموع در خصوص احیاء خاکچال، روش حفاری با دو روش اصلی دیگر قابل تلفیق است که این روش‌ها عبارتند از:

الف- بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای دفنی

روش بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای دفنی[2] شامل مجموعه‌ای از عملیات پردازش مکانیکی است که می‌تواند برای بازیابی مواد قابل بازیافت، بخش قابل اشتعال، خاک و حتی فضای خاکچال مورد استفاده قرار گیرد. در این روش پس از خارج نمودن محتویات درون خاکچال و جداسازی آن، سعی می‌شود اجزاء باارزش آن مورد بازیافت قرار گیرد. مواد حفرشده ممکن است بلافاصله پردازش شود و یا برای پردازش در آینده ذخیره شود که هر یک از این دو حالت، می‌تواند در محل و یا در مرکز پردازش صورت پذیرد. در این روش، پس از انجام عملیات حفاری، مواد موجود در خاکچال با توجه به اندازه و با استفاده از چند غربال‌گر از یکدیگر تفکیک می‌شوند. بر این اساس، مواد حفرشده به یک غربال یا الک درشت تخلیه می‌شوند و غربال‌گر پسماندهای درشت و غیر قابل پردازش را حذف می‌کند. بخش باقی‌مانده به غربال دیگری که چشمه‌های نسبتاً کوچکی دارد انتقال داده می‌شود. موادی که از چشمه غربال دوم عبور می‌کند، بخش خاکی را تشکیل داده و از این طریق بخش خاکی از پسماند حفاری‌شده جدا می‌شود. مواد باقی‌مانده بر روی غربال برای بازیافت فلزات آهنی در معرض آهن‌ربا قرار می‌گیرند و سایر پسماندهای تفکیک‌شده نظیر لاستیک، پلاستیک و شیشه هر کدام می‌توانند در کارخانه‌های بازیافت مورد استفاده مجدد قرار گیرند (۱۴). محدودیت‌هایی که در این روش وجود دارد عمدتاً شامل مشکلات عملیاتی در جداسازی پسماندها، میزان مواد بازیافتی در پسماند دفنی و همچنین وجود بازار مصرف محصولات قابل بازیافت در نزدیکی محل دفن می‌باشد.

ب- انتقال و دفن در خاکچال جدید

گزینه دیگری که پس از حفاری محل دفن پسماند و خاک‌های آلوده وجود دارد، انتقال مواد به یک خاکچال جدید و مهندسی

1- Landfill Mining
2- Waste Recovery and Reuse

می‌باشد[1]. در این روش مواد حفاری‌شده توسط کامیون و یا در شرایط خاص توسط تسمه‌نقاله به محل جدید منتقل شده و در آنجا به‌صورت اصولی دفن می‌گردد (۱۴). باوجوداین‌که این روش نیز محدودیت‌های خاص خود را دارد، اما اغلب مهندسان پاک‌سازی، توجه ویژه‌ای به این روش دارند (۲۱). ازجمله مزایای این روش عدم نیاز به تکنولوژی پیچیده و هزینه پایین آن در مقایسه با روش‌های تصفیه است. از طرف دیگر نیاز به زمین قابل‌توجه مهم‌ترین محدودیت در به‌کارگیری این روش می‌باشد.

۲-۳- تصفیه درجای خاک‌های آلوده

یکی از روش‌های احیاء محل‌های دفن پسماند، تصفیه درجا پسماندها و خاک‌های آلوده موجود در محل دفن است. روش‌های مختلفی در خصوص تصفیه درجای خاک وجود دارد که عبارتند از:

الف- دیوارهای تراوای تصفیه

این دیوارها در زیر زمین و در مسیر حرکت آب زیر زمینی قرار می‌گیرند و لذا این روش عمدتاً برای تصفیه در محل آلاینده-هایی بکار می‌رود که در فاز محلول قرار دارند. در این روش از یک سری مواد واکنش‌زا به‌عنوان دیوار تراوا استفاده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که این مواد به شکل دیوار عمودی و در مسیر ناخالصی‌ها قرار گرفته و یک منطقه واکنشی را ایجاد می‌کنند. این مواد، آلاینده‌های محلول در آب زیرزمینی را هنگامی‌که از میان زون واکنشی عبور می‌کنند، حذف کرده و یا تغییر شکل می‌دهد (۲۲، ۲۳).

ب- عریان‌سازی با بخار آب در محل

این روش در مقیاس پایلوت برای پالایش در محل آب‌های زیرزمینی آلوده‌شده به ترکیبات آلی فرار و احتمالاً دیگر انواع ناخالصی‌ها بکار رفته است. فرایند عریان سازی در چاه، تکنولوژی بسط یافته عریان سازی با تزریق هوا بوده و شامل ایجاد سلول گردش آب زیرزمینی است که از طریق آن، آب آلوده زیرزمینی به چرخه در می‌آید (۲۴). چاه عریان سازی با هوا یک چاه دوجزئی است (چاه در چاه) که به‌طور هیدرولیکی بخش فوقانی و تحتانی آن از هم جدا شده‌اند و با فاصله در داخل زون اشباع یا آبخوان قرار می‌گیرند. غربال تحتانی که از طریق آن آب زیرزمینی وارد می‌شود، در نزدیک کف آبخوان آلوده قرار گرفته است و غربال فوقانی که از طریق آن آب زیرزمینی تخلیه می‌شود در بالای سطح آب نصب شده است. هوا به جزء داخلی تزریق می‌شود و چگالی آب زیرزمینی را افزایش می‌دهد و به آن اجازه می‌دهد تا در جزء داخلی صعود کند. این یک نوع سیستم پمپاژ هوای فشرده را تشکیل می‌دهد، مشابه آن‌چه که در یک سیستم آکواریوم اتفاق می‌افتد. از طریق این پمپاژ، آلاینده‌های فرار در آب زیرزمینی از فاز محلول به فاز بخار تبدیل شده و با صعود حباب‌های هوا از طریق فرایند عریان سازی به هوا انتقال می‌یابند. بخارهای آلوده می‌توانند پس از استخراج در سطح زمین تصفیه شوند و یا به زون رقیق از طریق فاصله غربال فوقانی تخلیه شوند تا از طریق پالایش زیستی در این بخش تخریب گردند (۲۵).

ج- گیاه‌پالایی

گیاه‌پالایی یک تکنولوژی مناسب برای احیاء خاکچال‌های قدیمی و تصفیه خاک‌های آلوده ناشی از آن است. به‌طوری‌که این روش می‌تواند باعث پایداری خاک و هم‌زمان پالایش شیرابه در خاکچال گردد. علاوه بر این، سیستم احیاء خاکچال توسط گیاهان می‌تواند با روش درپوش خاکچال (گیاه درپوش[2]) برای کنترل هیدرولوژیکی نفوذ رواناب تلفیق شود (۲۶). به‌هرحال برای موفقیت‌آمیز بودن سیستم گیاه‌پالایی، استقرار مؤثر و مناسب پوشش گیاهی بسیار مهم است. ازآنجاکه معمولاً ویژگی‌های درپوش خاکچال، استقرار پایدار پوشش گیاهی را محدود می‌کند، ازاین‌رو خواص فیزیکوشیمیایی درپوش خاکچال اغلب نیاز به مکمل بهبود ترکیب خاک دارد. درپوش گیاهی همچنین به‌عنوان پوشش جایگزین و یا پوشش تبخیر و تعرق خاکچال نیز نامیده می‌شود. مزیت دیگر درپوش گیاهی، پایداری و تثبیت سریع پسماند، کاهش اثر گلخانه‌ای خاکچال، دسترسی سریع‌تر به سایت برای استفاده‌های جایگزین (مانند پارک، ساختمان‌سازی و غیره) و کاهش هزینه‌ها می‌باشد.

3- Landfill Removing

[2] Phytocapping

پوشش گیاهی بر روی خاکچال علاوه بر مباحث زیباشناختی، برای فرسایش و کنترل هیدرولوژیکی به‌منظور به حداقل رساندن نفوذ بارندگی نیز مؤثر است (۲۷).

د- خاک‌شویی

خاک‌شویی[1] یکی از روش‌های دایمی فیزیکی، شیمیایی و فیزیکوشیمیایی برای حذف آلاینده‌ها از خاک است. این فرایند برحسب تعداد، نوع و مرتبه پردازش بسیار انعطاف‌پذیر می‌باشد (۲۸). خاک‌های آلوده به ترکیبات آلی آب‌گریز و ترکیبات فلزی، اغلب به‌دشواری تصفیه می‌شوند، زیرا این ترکیبات با پیوند قوی جامد، جذب یا جانشین می‌شوند. یکی از رایج‌ترین فرایندها، شست‌وشوی خاک آلوده با استفاده از آب یا محلول آب و سورفکتانت[2] (عامل فعال سطحی) است. وقتی سورفکتانت با آلاینده‌های خاک مرتبط می‌شود، کشش سطحی پیوند آلاینده با خاک را کاهش می‌دهد و بر اساس خاصیت آب‌دوستی و آب‌گریزی، آلاینده را شناور و حذف آن را تسریع می‌کند (۲۹). در اکثر موارد، برای جذب آلاینده‌های مورد نظر، مقدار زیادی ماده سورفکتانت نیاز است که هزینه اجرای این روش را تا حد زیادی بالا می‌برد.

۲-۴- محصورسازی آلاینده‌ها

یکی دیگر از روش‌های که در احیاء خاکچال‌های قدیمی بکار می‌رود، محصورسازی آلاینده‌هاست. از این روش بیش‌تر در خصوص محل دفن پسماندهای خطرناک بکار می‌رود، چراکه در خاکچال‌های پسماند خطرناک، تصفیه خاک‌های آلوده بسیار پیچیده و مشکل بوده و معمولاً با صرف هزینه‌های زیاد امکان-پذیر است. در ادامه به برخی از روش‌های محصورسازی آلاینده-ها اشاره می‌گردد.

الف- شیشه‌گون‌سازی در محل

شیشه‌گون‌سازی در محل[3] یک تکنولوژی جدید توسعه‌یافته جهت کنترل آلاینده‌های مختلف است. این روش در ابتدا برای تصفیه خاک‌های آلوده به مواد رادیواکتیو معرفی شد، ولی هم-اکنون برای تصفیه خاک‌های حاوی آلاینده‌های آلی و معدنی نیز بکار می‌رود. در این روش، چهار الکترود گرافیتی بزرگ بکار گرفته شده که به‌صورت مربعی در زمین تعبیه می‌شوند. طول الکترودهای گرافیت و میزان برق در دسترس از عوامل مهمی هستند که عمق شیشه‌گون‌سازی را تعیین می‌کنند. وقتی الکترودها درون زمین قرار می‌گیرند، ژنراتورهای قوی و یا شبکه برق شهری مستقیم فعال شده و جریان الکتریکی بین دو الکترود ایجاد می‌شود. جریان عبوری برق از میان خاک منجر به افزایش دما در خاک شده به‌گونه‌ای که این گرما خاک را به شکل گداخته تبدیل می‌کند. هنگامی‌که خاک به مایع تبدیل شد، الکترودها به تدریج در خاک فرو رفته و مقدار خاک گداخته شده افزایش می‌یابد. وقتی که الکترودهای گرافیتی به حداکثر عمق ممکن رسید، جریان برق قطع و الکترودها از سیستم جدا می‌شوند. در چنین شرایطی و با کاهش یک‌باره دما، خاک گداخته شده با جامد شدن به شیشه تبدیل شده و الکترودهای گرافیتی نیز به‌صورت مدفون در خاک باقی می-مانند. ازآنجاکه در طی فرایند مایع شدن خاک، همه فضاهای خالی خاک از بین می‌روند، لذا کاهش حجم ۲۰ تا ۵۰ درصدی در این روش اتفاق می‌افتد. این روش در مقایسه با سایر روش-های تصفیه خاک مزایای زیادی دارد که مهم‌ترین آن قابلیت استفاده برای کلیه آلاینده‌ها می‌باشد. در فرایند شیشه‌سازی جای نگرانی وجود ندارد که آلودگی‌ها آلی، معدنی و یا رادیواکتیو هستند. ازجمله معایب این روش نیاز به مقدار قابل‌توجه انرژی جهت گداخته نموده خاک است که این مساله در مناطق سردسیر بیش‌تر به چشم می‌خورد(۳۰، ۱۶). از دیگر مزیت‌های این فرایند می‌توان به کاهش پتانسیل تولید شیرابه از پسماند اشاره کرد. و در نهایت می‌توان گفت که شیشه‌گون‌سازی در محل یک روش جالب توجه برای پاک‌سازی مواد خطرناک و سمی رهاشده می‌باشد (۳۱).

ب- دیوارهای جداکننده

دیوارهای جداکننده[4] یکی از گزینه‌های در حال رشد برای کنترل مهاجرت آلاینده‌ها از منابع آلاینده در درازمدت و از طریق دیواره‌های عمودی با ضریب آبگذری پایین می‌باشند

1- Soil Washing
2- Surfactant
3- In Situ Vitrification
4- Subsurface Cutoff Walls

(۳۲، ۳۳). این دیوارها به‌طور سنتی در پروژه‌های مهار آب استفاده می‌شوند که در طی آن یک دیوار جداکننده به‌عنوان مانع آب بکار گرفته می‌شود. نقش اصلی دیوار برشی جلوگیری از خروج ترکیبات پسماند از محدوده امن است. دیوار جداکننده همچنین می‌تواند از نفوذ به محدوده پسماند جلوگیری کند (۳۴). انواع مختلفی از دیوارهای جداکننده وجود دارد که متداول‌ترین آن‌ها از جنس بتن و خاک رس است. در سال‌های اخیر از مصالحی نظیر بنتونیت، دوغاب بنتونیت و دوغاب سیمان-بنتونیت نیز استفاده شده است. محدودیت استفاده از این روش معمولاً مربوط به اجرای دیوار است که در برخی از شرایط نظیر خاکچال‌های واقع در دشت‌های سیلابی، بالا بودن سطح آب زیرزمینی، شرایط زمین‌شناسی ناسازگار یا دشوار به‌عنوان چالش‌های سیستم‌های دیوار جداکننده معرفی شده است (۳۵).

ج- تثبیت و جامدسازی

تثبیت و جامدسازی یک تکنیک پاک‌سازی برای تصفیه سایت‌های آلوده است و به دلیل مزایای فراوان نسبت به برخی روش‌های دیگر، روند به‌کارگیری این روش رو به رشد است (۳۶). در این روش، پسماند در اثر مکانیسم‌های جذب، تبادل و لخته شدن، سمیت کم‌تر، وزن بیش‌تر و درنتیجه تحرک کم‌تری پیدا می‌کند. همچنین جامدسازی فرایندی است که در آن به کمک مواد افزودنی، شکل فیزیکی پسماند تغییر می‌کند و به جامد تبدیل می‌شود. بنابراین هدف اصلی تثبیت و جامدسازی کاهش سمیت و تحرک پسماند است. تثبیت و جامدسازی، در تصفیهٔ ۳ گروه از پسماندها به کار گرفته می شود که شامل مواد آلی محلول و پسماندهای خطرناک معدنی، پسماندهای خطرناک موجود در مکان‌های آلوده و در نهایت ضایعات ناشی از دیگر فرایندهای تصفیه مانند خاکستر باقی‌ماندهٔ حاصل از سوزاندن پسماندهای خطرناک می‌باشد. در تثبیت معمولاً از سیمان استفاده می‌شود، ولی موادی از قبیل آهک و زغال چوب را نیز می‌توان به کار برد (۳۷). مخلوط سیمان پرتلند و آب، عامل تثبیت‌کنندهٔ مؤثری برای پسماندهای خطرناک حاوی فلزات سنگین است. رس اصلاح‌شده از نظر آلی نیز می‌تواند به‌طور مؤثری در تثبیت پسماندهای آلی به کار رود. این نوع رس، از جانشینی کاتیون‌های معدنی ساختار داخلی رس با کاتیون‌های آلی مانند نمک‌های آمونیوم چهار ظرفیتی تهیه می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این بخش روش‌های معرفی‌شده به لحاظ معیارهای کلان فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا مناسب‌ترین روش برای احیاء محل دفن پسماند شهر باباحیدر انتخاب گردد. به‌منظور سهولت در مقایسه، ابتدا روش برتر در هر فرایند انتخاب شده و سپس روش‌های منتخب در هر فرایند با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در فرایند حفاری خاکچال دو روش انتقال مواد حفاری شده و بازیافت مواد حفاری شده مطرح می‌باشد. ازآنجاکه در ترکیب پسماندهای دفنی در خاکچال باباحیدر در حدود ۷۵ درصد پسماندهای فسادپذیر وجود دارد که این پسماندها در طول زمان تثبیت شده است، لذا عملاً سهم مواد قابل بازیافت در این خاکچال ناچیز بوده و بحث بازیابی مجدد پسماندهای دفنی توجیه‌پذیر نیست. ازاین‌رو در روش حفاری خاکچال با توجه به هزینه و زمان اجرا، انتقال پسماندها و خاک آلوده به محل دفن جدید مطرح می‌باشد (۳۸). در فرایند تصفیه خاک‌های آلوده و پسماند، چهار روش دیوارهای تراوای تصفیه، عریان‌سازی، گیاه‌پالایی و خاک‌شوئی مطرح گردید. دو روش دیوارهای تراوای تصفیه و عریان‌سازی بیشتر در خصوص تصفیه آلاینده‌ها در فاز مایع (آب‌های زیرزمینی آلوده) کاربرد دارد که استفاده از آن در محل دفن باباحیدر مستلزم استفاده از روش پیش‌تصفیه جهت انتقال آلاینده‌ها از فاز جامد به فاز مایع بوده و لذا به‌کارگیری این دو روش توصیه نمی‌شود (۲۳، ۲۵). از میان دو روش گیاه‌پالایی و خاک‌شویی، اگرچه روش زیستی گیاه‌پالایی دارای هزینه کم‌تری است، اما ازآنجاکه این روش نیاز به زمان طولانی دارد و برپایی، حفظ و نگهداری آن‌ها مشکل است (۳۹)، لذا در شرایط فعلی که احداث سد و بهره‌وری از منابع آب در منطقه از اولویت زمانی بالایی برخوردار است، به‌کارگیری این روش نیز پیشنهاد نمی‌شود. ضمن آن‌که راندمان این روش در مقایسه با روش خاک‌شوئی پایین‌تر بوده که با توجه به حساسیت مساله و

مجاورت محل دفن با مخزن سد، استفاده از روش گیاه‌پالایی توصیه نشده و روش خاک‌شویی به‌عنوان گزینه منتخب در میان روش‌های تصفیه در نظر گرفته می‌شود. در میان روش‌های محصورسازی آلاینده‌ها نیز سه روش احداث دیوارهای جداکننده، شیشه‌گون‌سازی در محل و تثبیت و جامدسازی مطرح گردید. روش تثبیت و جامدسازی بدین دلیل برای محل دفن باباحیدر پیشنهاد نمی‌شود که اولاً این روش عمدتاً برای پسماندهای صنعتی و خاک‌های آغشته به فلزات سنگین کاربرد داشته (۴۰) و این در حالی است که شیرابه پسماندهای شهری نسبت به صنعتی معمولاً دارای غلظت کم‌تری از فلزات سنگین است زیرا در پسماندهای صنعتی منابع حاوی فلز سنگین بیش-تر است و ثانیاً پس از انجام عملیات حفاری و تثبیت خاک و پسماند، حجم مواد تثبیت‌شده افزایش یافته و لذا نیاز به حجم قابل‌توجهی برای دفن مجدد مواد تثبیت‌شده می‌باشد. در میان دو روش دیگر، اگرچه روش شیشه‌گون‌سازی در محل مزایای زیادی دارد، اما با توجه به هزینه بالای این روش (ناشی از مصرف قابل توجه انرژی)، این روش بیش‌تر برای خاکچال‌های خطرناک کاربرد دارد که دارای طیف وسیعی از آلاینده‌های مختلف می‌باشند (۴۱). از طرفی اقلیم سرد منطقه باعث می-شود که برای گداخته نمودن خاک نیاز به مصرف انرژی بیش-تری باشد که این مساله می‌تواند استفاده از این روش را برای شهرداری باباحیدر با محدودیت زیادی مواجه نماید. لذا از میان روش‌های محصورسازی آلاینده‌ها نیز روش احداث دیوار جداکننده به‌عنوان روش منتخب معرفی می‌گردد.

سپس چهار روش منتخب به لحاظ معیارهای مختلف فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی با یکدیگر مقایسه گردید تا روش نهایی جهت احیاء خاکچال باباحیدر مشخص گردد. شایان ذکر است که ابتدا روش‌های موردبررسی تنها در قالب روش‌هایی با پتانسیل کاربرد موردنظر قرار گرفته و به‌عنوان گزینه قابل اجرا معرفی نمی‌گردند. این امر امکان مقایسه روش‌ها با یکدیگر را به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی در مقیاس کلان فراهم می‌آورد. از نظر فنی معیارهای مختلفی از جمله پیچیدگی فن-آوری و نیاز به تجهیزات خاص، نیاز به راهبری تخصصی، همخوانی با شرایط اقلیمی منطقه، نیاز به زمین، نیاز به آب و نیاز به مواد شیمیایی افزودنی را می‌توان برای مقایسه راهکارهای بالقوه در نظر گرفت. معیارهای اقتصادی شامل هزینه سرمایه گذاری اولیه و هزینه راهبری و نگهداری (مواد، تعمیرات و غیره) را نیز می‌توان جهت مقایسه روش‌های مختلف از دیدگاه اقتصادی مدنظر قرار داد. بخش مهمی از معیارهای مقایسه علاوه بر ویژگی‌های فنی و اقتصادی مربوط به جنبه‌های زیست‌محیطی است که می‌توان از معیارهایی نظیر وجود استانداردهای خاص زیست‌محیطی برای تعیین مبانی طرح مناسب در سطح ملی، وجود زیرساخت لازم برای پایش آلاینده‌های خروجی از سیستم و انتشار بالقوه آلاینده‌ها به مخزن سد نام برد. معیارهای فوق بایستی در مورد روش‌های بالقوه مورد مقایسه ارزش‌گذاری شوند. رویکردهای مختلفی را می‌توان برای این منظور به کار بست ولی بایستی به این نکته توجه نمود که هر رویکردی می‌تواند بر اساس قضاوت کارشناسی متفاوت به نتایج مختلفی منجر شود. بر همین اساس و به‌منظور تعدیل عدم قطعیت‌های مربوط به نحوه ارزش‌گذاری معیارها، معیارها در سه سطح زیاد، متوسط و کم ارزش‌گذاری گردید تا برای مقایسه ویژگی‌های روش‌های بالقوه مورد استفاده قرار گیرند (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه روش‌های دارای پتانسیل اجرا جهت پاک‌سازی و احیاء خاکچال باباحیدر

Table 3. Comparison of feasible methods for reclamation and remediation of Babaheydar landfill

دیدگاه	معیار مقایسه	پوشاندن خاکچال	حفاری و انتقال به خاکچال جدید	تصفیه با روش خاک‌شوئی	محصورسازی با اجرای دیوار جداکننده
فنی	پیچیدگی فن‌آوری و نیاز به تجهیزات خاص	کم	کم	زیاد	متوسط
	راهبری تخصصی	کم	کم	زیاد	متوسط
	همخوانی با شرایط اقلیمی منطقه	کم	زیاد	متوسط	متوسط
	نیاز به زمین	-	زیاد	کم	کم
	نیاز به آب	ندارد	ندارد	زیاد	ندارد
	نیاز به مواد مصرفی/ شیمیایی	ندارد	ندارد	زیاد	ندارد
اقتصادی	هزینه سرمایه‌گذاری	کم	کم	زیاد	زیاد
	هزینه راهبری	زیاد	کم	زیاد	زیاد
زیست محیطی	وجود استاندارد خاص طراحی	بلی	بلی	خیر	بلی
	وجود زیرساخت پایش	کم	زیاد	کم	کم
	احتمال انتشار بالقوه آلاینده‌ها به مخزن سد	زیاد	کم	کم تا متوسط	متوسط

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود که روش پوشاندن خاکچال از دیدگاه فنی نیاز به فن آوری و شرایط خاصی ندارد و از لحاظ اقتصادی نیز توجیه پذیر است اما از دیدگاه محیط زیستی و به خصوص احتمال انتشار بالقوه آلاینده ها به مخزن سد این گزینه قابلیت پایینی برای اجرا دارد. روش تصفیه با استفاده از خاک‌شویی برای اجرایی شدن علاوه بر عدم وجود استاندارد خاص طراحی و نیاز به فناوری و تجهیزات خاص، از نظر اقتصادی به هزینه‌های زیادی نیاز دارد که اجرایی‌شدن این روش را با مشکل مواجه می‌کند. روش محصورسازی با اجرای دیوار جداکننده نیز به هزینه‌های سرمایه‌گذاری و راهبری بسیار زیادی نیاز دارد و از نظر زیست محیطی احتمال انتشار آلودگی وجود دارد. روش حفاری و انتقال به خاکچال جدید به فن آوری و تجهیزات و آب و مواد مصرفی خاصی نیاز ندارد. علاوه بر این از لحاظ اقتصادی هزینه سرمایه گذاری و راهبری پایینی را می طلبد و مهم‌تر از همه احتمال انتشار آلاینده ها به مخزن سد باباحیدر بسیار پایین است. لذا از میان روش‌های موردنظر برای احیاء خاکچال شهر باباحیدر، روش حفاری و انتقال به خاکچال جدید نسبت به سایر روش‌ها به لحاظ فنی و اقتصادی دارای تفاوت‌های فاحشی است که استفاده از آن را برای این مورد امکان‌پذیر می‌سازد. تنها محدودیت این روش نیاز قابل‌توجهی به زمین می‌باشد که این مساله نیز با توجه به وجود محل دفن فارسان در نزدیکی سایت قابل‌حل است. لذا بر اساس بررسی کلیه روش‌های قابل اجرا، روش حفاری خاکچال و انتقال خاک های آلوده و پسماندهای باقی‌مانده به محل دفن فارسان و دفن اصولی در آن محل به‌عنوان روش منتخب در پاک‌سازی محل دفن پسماند باباحیدر انتخاب می‌گردد. در بین مطالعات مختلف انجام شده در این زمینه Hogland با مطالعه بر روی خاکچال قدیمی Masalykhe واقع در کشور سوئد، روش حفاری خاکچال را برای مواجهه با این خاکچال به کار گرفتند (۴۲). Uchrin و همکاران نیز با مطالعه روی خاکچال Nanji واقع در کره جنوبی مناسب‌ترین و کم هزینه‌ترین راهکار را استفاده روش‌های مرتبط با حفاری خاکچال ذکر کرده اند (۱۴). در پایان می‌توان نتیجه گرفت که خاکچال‌هایی که به هر دلیلی اعم از مکان‌یابی نامناسب، متروکه شدن، واقع شدن در محدوده پروژه های عمرانی آتی و سایر موارد پیش بینی نشده نیاز به احیاء و پاک‌سازی دارند، به روش های اصولی و ارزیابی این روش‌ها با توجه به مکان و زمان مورد نظر نیز نیاز دارند تا بتوان بهینه ترین روش را از میان روش‌های مختلف انتخاب کرد و از عوارض و پیامد های منفی آن کاست تا توسعه پایدار به معنای واقعی تحقق یابد.

Reference

1. Alavi Moghadam M, Mokhtarani N, Mokhtarani B. Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. Waste Management. 2009;29(1):485-489.
2. EPA. Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste Landfills Office of Air and Radiation. 2011:1-28.
3. Eskandari M, Homaee M, Mahmodi S. An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area. Waste management. 2012;32(8):1528-1538.
4. Nabizadeh R., M. Heidari, MS. Hassanvand, Municipal Solid Waste Analysis in Iran, Iran. J. Health & Environ., 2008, Vol. 1, N0. 1: 9-18. [Persian]
5. EPA. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2012. Solid Waste and Emergency Response. 2012:14.
6. Kim H, Endo D, Sato M, Matsuo T, Matsuto T. Estimation of water movement in a closed landfill based on tracer tests in gas vents and changes in leachate quality. Waste management. 2009;29(8):2308-2315.
7. Panahandeh M., Arastou B., Ghavidel A., Ghanbari F., Use of Analytical Hierarchy Process Model (AHP) in Landfill Site Selection of Semnan Town, Iran. J. Health & Environ., 2010, Vol. 2, N0. 4: 276-283. [Persian]
8. OzeairAbessi MS. Site selection of a hazardous waste landfill using GIS technique and priority processing, a power plant waste in Qazvin Province case example. Environmental sciences. 2009;6(4):121-134.
9. Ehrampoush M, Moghadam MB. Survey of knowledge, attitude and practice of Yazd University of Medical Sciences students about solid wastes disposal and recycling. Iranian journal of environmental health science & engineering. 2005;2(2):26-30.
10. Khamehchiyan M, Nikoudel MR, Boroumandi M. Identification of hazardous waste landfill site: a case study from Zanjan province, Iran. Environmental Earth Sciences. 2011;64(7):1763-1776.
11. Sharifi M, Hadidi M, Vessali E, Mosstafakhani P, Taheri K, Shahoie S, et al. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, western Iran. Waste management. 2009;29(10):2740-2758.
12. Akbari V, Rajabi M, Chavoshi S, Shams R. Landfill site selection by combining GIS and fuzzy multi criteria decision analysis, case study: Bandar Abbas, Iran. World Applied Sciences Journal. 2008;3(1):39-47.
13. Yazdani M, Monavari M, Omrani GA, Shariat M, Hosseini M. The Evaluation of Municipal Landfill Sites in North of Iran through Comparing BC Guideline and Iran Legislation. Journal of Environmental Protection. 2013;4:811.
14. Uchrin CG, Park SS. VI. 4 Municipal landfills. A case study: remediation and reclamation at Nanji Island. Waste Management Series. 2004;4:807-813.
15. Ezyske C, Deng Y. Landfill Management and Remediation

Practices in New Jersey, United States. Chapter; 2012.
16. Vasudevan NK, Vedachalam S, Sridhar D, editors. Study on the various methods of landfill remediation. Workshop on Sustainable Landfill Management; 2003.
17. Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues: McGraw-Hill; 1993
18. Simon F-G, Müller WW. Standard and alternative landfill capping design in Germany. Environmental Science & Policy. 2004;7(4):277-290.
19. Svensson N, Frändegård P, Krook J, Eklund M, editors. Introducing an approach to assess environmental pressures from integrated remediation and landfill mining. Knowledge Collaboration & Learning for Sustainable Innovation, ERSCP-EMSU conference, Delft, The Netherlands, October 2010; 25-29.
20. Frändegård P, Krook J, Svensson N, Eklund M. A novel approach for environmental evaluation of landfill mining. Journal of Cleaner Production. 2013;55:24-34.
21. Cunningham SD, Berti WR. Remediation of contaminated soils with green plants: an overview. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. 1993;29(4):207-212.
22. Blowes DW, Ptacek CJ, Jambor JL. In-situ remediation of Cr (VI)-contaminated groundwater using permeable reactive walls: laboratory studies. Environmental Science & Technology. 1997;31(12):3348-3357.
23. Waybrant K, Blowes D, Ptacek C. Selection of reactive mixtures for use in permeable reactive walls for treatment of mine drainage. Environmental Science & Technology. 1998;32(13):1972-1979.
24. Gvirtzman H, Gorelick SM. The concept of in-situ vapor stripping for removing VOCs from groundwater. Transport in porous media. 1992;8(1):71-92.
25. report I. In-Well Vapor Stripping Technology. Demonstrated at US Department of Energy Brookhaven National Laboratory Upton, New York. 2002;6:1-50.
26. Lamb DT, Heading S, Bolan N, Naidu R. Use of biosolids for phytocapping of landfill soil. Water, Air, & Soil Pollution. 2012;223(5):2695-2705.
27. Kim K-R, Owens G. Potential for enhanced phytoremediation of landfills using biosolids–a review. Journal of environmental management. 2010;91(4):791-797.
28. Dermont G, Bergeron M, Mercier G, Richer-Laflèche M. Soil washing for metal removal: a review of physical/chemical technologies and field applications. Journal of Hazardous Materials. 2008;152(1):1-31.
29. Mann MJ. Full-scale and pilot-scale soil washing. Journal of hazardous materials. 1999;66(1):119-136.
30. Dragun J. Geochemistry and soil chemistry reactions occurring during in situ vitrification. Journal of Hazardous Materials. 1991;26(3):343-364.
31. Çoruh S, Ergun ON. Leaching characteristics of copper flotation waste before and after vitrification. Journal of environmental management. 2006;81(4):333-338.
32. Devlin J, Parker B. Optimum hydraulic conductivity to limit

contaminant flux through cutoff walls. Groundwater. 1996;34(4):719-726.
33. Schönfelder W, Dietrich J, Märten A, Kopinga K, Stallmach F. NMR studies of pore formation and water diffusion in self-hardening cut-off wall materials. Cement and concrete research. 2007;37(6):902-908.
34. Koda E. Influence of vertical barrier surrounding old sanitary landfill on eliminating transport of pollutants on the basis of numerical modelling and monitoring results. Polish Journal of Environmental Studies. 2012;21(4):929-935.
35. Koda E, Wiencław E, Martelli L. Transport modelling and monitoring research use for efficiency assessment of vertical barrier surrounding old sanitary landfill. Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW Land Reclamation. 2009;41(1):41-48.
36. Harbottle MJ, Al-Tabbaa A, Evans C. A comparison of the technical sustainability of in situ stabilisation/solidification with disposal to landfill. Journal of hazardous materials. 2007;141(2):430-340.
37. Qian G, Cao Y, Chui P, Tay J. Utilization of MSWI fly ash for stabilization/solidification of industrial waste sludge. Journal of hazardous materials. 2006;129(1):274-281.
38. Hogland W, Marques M, Nimmermark S. Landfill mining and waste characterization: a strategy for remediation of contaminated areas. Journal of material Cycles and Waste management. 2004 Sep 1;6(2):119-24.
39. Vidali M. Bioremediation. an overview. Pure and Applied Chemistry. 2001 Aug;73(7):1163-72.
40. Mulligan CN, Yong RN, Gibbs BF. Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evaluation. Engineering geology. 2001 Jun 30;60(1):193-207.
41. Hamby DM. Site remediation techniques supporting environmental restoration activities—a review. Science of the Total Environment. 1996 Nov 22;191(3):203-24.
42. Hogland W. Remediation of an old landsfill site. Environmental Science and Pollution Research. 2002 Jan 1;9:49-54.