چشم‌انداز رسوب‌شناسی زیست‌محیطی و ارزیابی و مدیریت اثرات زیست‌محیطی نخاله‌های ساختمانی در ایران (مطالعه موردی: نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان)

لیلا خانی‌قلعه[۱]، آرش امینی*[۲] و حامد رضایی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

نویسنده مسئول: **a.amini@gu.ac.ir**

دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۲۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

شهر گرگان با حدود ۴۰۰ هزار نفر جمعیت، رشد ساخت و سازهای شهری بسیار بالا و تولید روزانه ۱۶۰۰ تن نخاله ساختمانی در حال حاضر از ۲ سایت انباشت نخاله ساختمانی (سایت جرجان ۲۸) و دفن نخاله‌های ساختمانی (سایت جاده توسکستان) بهره می‌برد. ارزیابی زیست‌محیطی سایت دفن نخاله ساختمانی توسکستان گرگان به روش چک‌لیست نشان می‌دهد ۸۴/۲ درصد پارامترهای وابسته به محل دفن می‌توانند بر محیط‌زیست اثر نامطلوب بگذارند و بررسی‌ها نشان می‌دهد جمع جبری ارزش‌های زیست‌محیطی خصوصاً از جنبه پارامترهای فیزیکی و بیولوژیکی محیط زیستی در روش ماتریس در سایت دفن نخاله ساختمانی توسکستان گرگان منفی است. اکوسیستم شکننده شهرهای شمالی ایران، محدودیت استفاده از شن و ماسه رودخانه‌ای، معادن کوهی و اراضی کشاورزی گراول‌دار، ضرورت استفاده از چرخه بازیافت نخاله‌های ساختمانی را اجتناب‌ناپذیر ساخته است و با سامان‌دهی بازیافت ضمن کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، با تولید شن و ماسه بازیافتی صرفه‌جویی اقتصادی قابل توجهی صورت می‌گیرد.

واژگان کلیدی: ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، رسوب‌شناسی زیست‌محیطی، گرگان، نخاله‌های ساختمانی

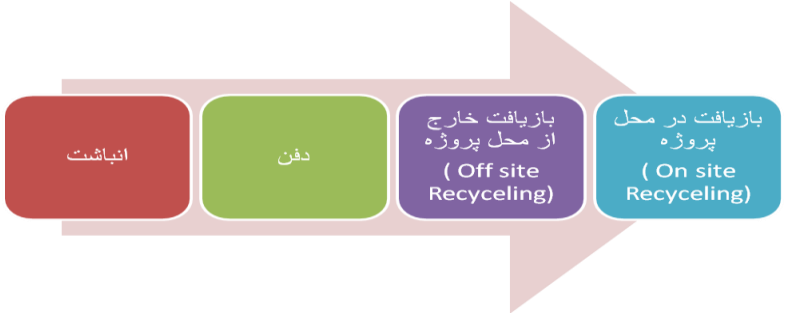
۱- پیشگفتار

بر اساس نتایج اطلاعات مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ (درگاه ملی آمار، ۲۰۲۳)، حداقل ۴۸ شهر با جمعیت بالای ۲۰۰۰۰۰ نفر و ۳۴۰ شهر با جمعیت بالای ۲۰۰۰۰ نفر در کشور وجود دارد که مدیریت نخاله‌های ساختمانی تنها در تعداد معدودی از این شهرها مانند تهـران، کرج، کرمانشاه و ... انجام گرفته و بقیه شهرها هنوز در مرحله انباشت یا حداکثـر دفن نخـاله‌های ساختمـانی قرار دارند (شـکل ۱). بر اساس مطالعات انجام شده (پاست و همکاران، ۲۰۱۷)، روزانه ۲۰۰ هزار تن (سالیانه ۷۳ میلیون تن) نخاله ساختمانی در ایران تولید می‌شود که با جمعیت ۸۰ میلیونی کشور و سرانه تولید نخاله ساختمانی سالیانه در کشورهای پیشرفته (بین۵۰۰ کیلوگرم تا ۱ تن در سال) منطبق است. با وجود عمر کوتاه سی ساله ساختمان‌ها در ایران، پسماندهای حاصل از ساخت و ساز و تخریب سازه‌ها، آثار قابل‌توجهی بر محیط ایجاد می‌کند که عبارتند از: مصرف زیاد منابع تجدیدناپذیر، تولید مواد زاید، آلودگی آب و خاک، انتشار بیماری و .... با وجود اینکه در تقسیم‌بندی پسماندها، نخاله‌های ساختمانی جزو نخاله‌های عادی طبقه‌بندی می‌شوند، به دلایل زیست‌محیطی و بهداشتی، کمبود منابع و مشکلات فرهنگی و اقتصادی، مسائل اجتماعی ایجاد چشم‌انداز نامناسب، مکان دفن زباله و ...، کاهش میزان زباله تولیدی و بویژه بازیافت، مدیریت مواد حاصل از گودبرداری و نخاله‌های حاصل از تخریب پروژه‌های ساختمانی امری ضروری محسوب می‌شود. سیر تکاملی مدیریت نخاله‌های ساختمانی در مناطق شهری در چهار مرحله، از ابتدایی تا پیشرفته به شرح زیر است که شهر گرگان در حال حاضر در مرحله انباشت (سایت جرجان ۲۸) و دفن نخاله‌های ساختمانی (سایت جاده توسکستان) قرار دارد (شکل ۱).

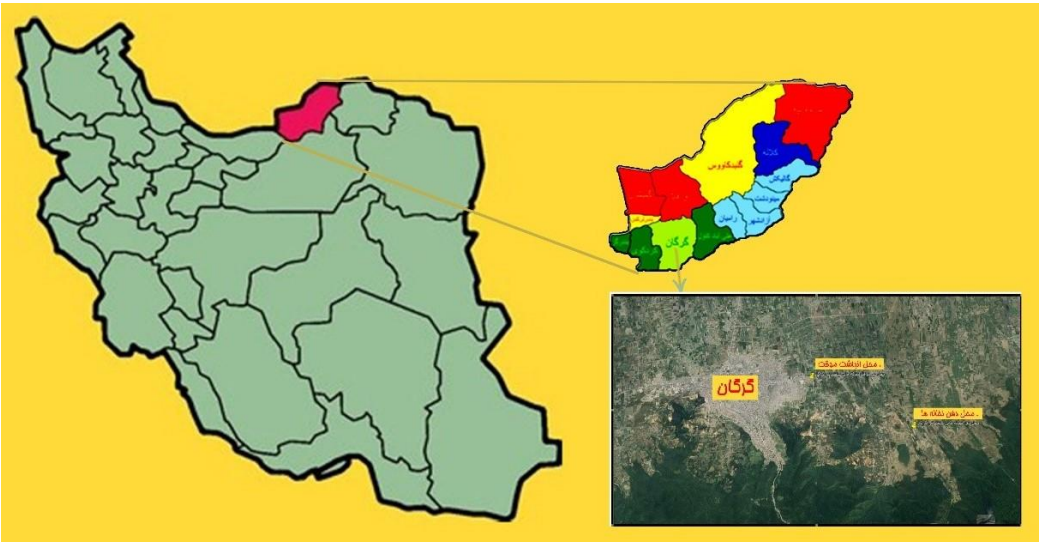
به دلایل زیر مدیریت نخاله‌های ساختمانی و چرخه بازیافت آن در شهر گرگان باید مورد توجه قرار گیرد:

۱. بافت جنگلی و ممنوعیت زیست‌محیطی و منابع طبیعی و محدودیت برداشت از معادن کوهی.
۲. ارزش بیشتر زمین‌های کشاورزی آبرفتی برای کاربری زراعی نسبت به معدنی.
۳. حساسیت برداشت گراول‌های رودخانه‌ای بیش از ظرفیت رودخانه و برهم خوردن طبیعت رودخانه، تخریب پل‌ها و تشدید اثر سیلاب.

محل پژوهش مربوط به شهر گرگان و تمرکز بر محل‌های جمع‌آوری (دپو) و دفن نخاله‌های ساختمانی آن است. محل جمع‌آوری نخاله‌های ساختمانی واقع در انتهای جرجان ۲۸ در زمینی به مساحت حدود یک هکتار و به مختصات ۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۲ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی می‌باشد (شکل ۳ الف). در این سایت از سال ۱۳۹۹ تخلیه زباله انجام می‌گیرد. محل دوم در ۵ کیلومتری شرق گرگان واقع در جاده توسکستان، در زمینی به مساحت حدود ۳ هکتار و به مختصات ۵۴ درجه ۳۳ دقیقه ۲۹ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه و ۳ ثانیه عرض شمالی می‌باشد (شکل ۳ ب). این محل قبلاً معدن برداشت شن و ماسه بوده و بعد از برداشت، از گود حاصل از آن تقریباً تا عمق ۳۰ متر که اصطلاحاً به آن شن‌چال می‌گویند، برای دفن نخاله‌های ساختمانی استفاده می‌شود.



شکل ۱. سیر تکاملی مدیریت نخاله‌های ساختمانی در مناطق شهری
Fig. 1. Evolution of Construction Waste Management in Urban Areas



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی محل انباشت موقت و محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان
Fig. 2. Geographical Location of Temporary Storage and Disposal Sites for Construction Waste in Gorgan City

در انتخاب محل‌های دفن پسماندهای عادی و ویژه باید کلیه معیارهای محیط‌زیستی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، فیزیوگرافی، اقلیمی، خاک‌شناسی، مناطق تحت مدیریت سازمان، حریم خطوط انتقال مواد نفتی، آب و نیرو، راه‌های دسترسی و مناطق جمعیتی در نظر گرفته شود. تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی در شهر گرگان، مناطق مناسب برای دفن نخاله‌های ساختمانی را در چهار سطح الویت‌بندی نمودند که این مناطق اکثراً در بخش شمال شرقی گرگان قرار دارند و

محل دفن کنونی نخاله‌های گرگان در هیچ کدام از مناطق مورد نظر قرار ندارد. ترتیب اهمیت معیارهای دخیل در مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی به ترتیب اولویت عبارتند از شیب، سنگ بستر، خاک، آب‌های زیرزمینی، فاصله از فرودگاه، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آب‌های سطحی، ارتفاع، پوشش گیاهی و مناطق حفاظت شده. این معیارها در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نیز دخیل هستند.

شکل ۳. الف) محل انباشت موقت و ب) محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان

Fig. 3. a) The temporary accumulation site and b) disposal area for Construction waste in Gorgan City

۲- روش کار

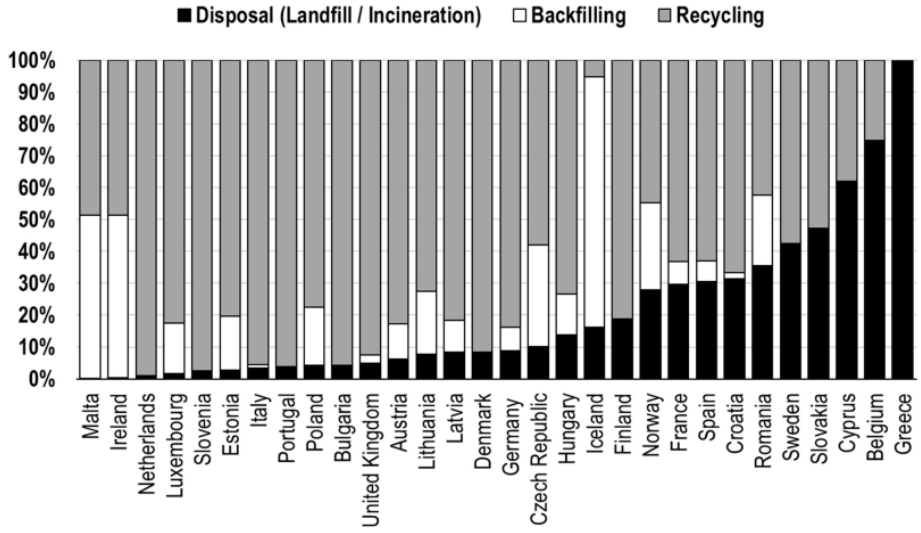
ارزیابی اثرات زیست‌محیطی[1] در واقع ارائه روشی است از فرآیندهای مختلف جهت پیش‌بینی و تفسیر اثرات یک پروژه بر محیط‌زیست، بهداشت عمومی و رفاه اجتماعی و در کل سلامت اکوسیستم‌هایی که به نوعی زندگی بشر به آن‌ها وابسته است که شامل تمام مراحل طراحی، اجرای پروژه و پس از آن می‌شود. روش‌های گوناگونی برای ارزیابی و به نمایش در آوردن پیامدها در مراحل طراحی، ساخت و بهره‌برداری یک پروژه وجود دارد. بکارگیری روش ارزیابی، تحلیل سهل‌تر از نتایج حاصل از پیامدهای پروژه بر محیط‌زیست است تا همگان بتوانند به راحتی آن را درک و یا درباره آن‌ها اظهارنظر نمایند. در این پژوهش از دو روش چک‌لیست و ماتریس برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در سایت دفن زباله توسکستان گرگان استفاده شد (خانی‌قلعه، ۲۰۲۴). روش چک‌لیست اولین و ساده‌ترین روش ارزیابی است که در آن با استفاده از چک‌لیست‌هایی تغییرات اعمال شده در بازه زمانی را مشخص می‌کنند. روش ماتریس یکی از روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان نتایج کیفی ارزیابی محیط زیستی پروژه را به صورت کمّی بیان کرد. در این روش، اثر هر یک از فعالیت‌های طرح بر عوامل محیط‌زیستی منطقه مطالعاتی به تفکیک محیط‌های فیزیکی، بیولوژیک، اجتماعی و اقتصادی سنجیده می‌شود. این ماتریس دارای چندین سطر و ستون است. در ستون‌های این ماتریس پارامترهای محیط‌زیستی که در مرحله قبل شناسایی شده‌اند، آورده شده و در سطرهای آن ریزفعالیت‌های پروژه نوشته می‌شود. ماتریس‌ها در واقع شکل تکامل‌یافته چک‌لیست‌ها یا جداول دوبعدی هستند.

برتری ماتریس نسبت به چک‌لیست، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی هر پروژه در مقاطع مختلف زمانی با توجه به نوع فعالیت در آن مقطع زمانی می‌باشد. در روش ماتریس دوبعدی، توصیف‌گرها همانند روش چک‌لیست مد نظر قرار گرفته و به پارامترهای زیست‌محیطی امتیاز داده خواهد شد. در این روش علاوه بر استفاده از نمادها، به پارامترهای مختلف نمره و امتیاز داده خواهد شد.

۳- تجربه‌های جهانی

کشورهای مختلف در خصوص مدیریت نخاله‌های ساختمانی رویکردهای متفاوتی دارند. به عنوان مثال بر اساس آمار کشورهای اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۴ میلادی (شکل ۴) در حالی که کشورهایی مانند هلند، اسلونی، پرتقال و انگلستان به سمت بازیافت کامل نخاله‌های ساختمانی حرکت می‌کنند، هنوز در کشورهایی مانند یونان، بلژیک و قبرس انباشت نخاله‌ها بخش مهمی از سهم تخریب ساختمان‌ها و نخاله‌های ساختمانی را در بر می‌گیرد. همچنین همام و فیصل (۲۰۲۰) مرور و ارزیابی جامعی بر تجربه مدیریت نخاله های ساختمانی در کشور هند داشتند.

[1] Environmental Impact Assessments



شکل ۴. مدیریت نخاله‌های ساختمانی و نسبت (انباشت، دفن، بازیافت) در کشورهای اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۴ میلادی (یورواستات،۲۰۱۷).

Fig. 4. Construction Waste Management and the Ratio (Storage, Disposal, Recycling) in EU Countries in 2014 (Eurostat, 2017).

۴- بحث و نتایج

برای ارزیابی زیست‌محیطی نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان از دو روش چک‌لیست و ماتریس استفاده شد. در روش چک‌لیست که نقش نیروی انسانی بسیار مهم است، توصیف‌کننده‌های ارزیابی در طبقات خود مورد مقایسه قرار گرفته و انتخاب خواهند شد (جدول ۱). عدد یک (۱) به مفهوم تأیید توصیف‌کننده (توصیفگر) برای تأثیرگذاری پارامتر محیط زیستی است. در توصیفگر نوع اثر مشخص شد که حداقل ۱۹ پارامتر زیست‌محیطی در سایت دفن نخاله توسکستان گرگان تأثیرگذار هستند که به دو طبقه اثرات مثبت (۳ پارامتر) و منفی (۱۶ پارامتر) تفکیک شدند. برای ارزیابی تأثیر پروژه از روش ماتریس در ستون‌های این ماتریس پارامترهای محیط زیستی شناسایی شده و در سطرهای آن ریزفعالیت‌های پروژه بررسی می‌شود. ماتریس‌ها در واقع شکل تکامل‌یافته چک‌لیست‌ها یا جداول دوبعدی هستند. برتری روش ماتریس نسبت به چک‌لیست ارزیابی اثرات زیست‌محیطی هر پروژه در مقاطع مختلف زمانی با توجه به نوع فعالیت در آن مقطع زمانی می‌باشد. برای ارزیابی پارامترهای زیست‌محیطی از نماد و یا نمره هر طبقه از توصیفگر (جدول ۲) استفاده می‌شود. برای مثال توصیف (3PM -) به مفهوم نوع اثر منفی (-)، دارای شدت زیاد (۳)، تداوم دائمی (P) و مدت اثر میان‌مدت (M) است. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ابزاری مناسب در راستای جلوگیری از آثار منفی پروژه‌هایی است که اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط پیرامون خود دارند. اطلاعات به دست آمده در فرآیند ارزیابی اثرات محیط‌زیست می‌توانند تحت تأثیر یکسری تصمیم‌گیری‌های سیاسی قرار گیرند (بر اساس پیش‌زمینه فرهنگی و اجرائی خاص منطقه) و بدین ترتیب در طی این فرآیند ارزش‌گذاری‌های متفاوتی به دست خواهد آمد و نهایتاً سبب نتیجه‌گیری‌های فردی برای ارزیابی اثرات شده و به دنبال آن مشکلاتی در امتیازدهی توسط اشخاص مختلف با سلایق فردی متفاوت به وجود خواهد آمد. یکی از روش‌های نسبتاً مناسب جهت کاهش این مشکلات، کمّی‌سازی اثرات است که تا حدود زیادی توسط استفاده از روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات محقق شده است. همچنین عدم قطعیت در تصمیم‌گیری‌های ذهنی و همچنین کمبود زمان برای تصمیم‌گیری، ارزیابان را در زمینه جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل داده‌های جدید و ثبت یک ارزیابی مجدد و شفاف با مشکلاتی مواجه ساخته است (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۶). در ماتریس ارزیابی اثرات دفن زباله در سایت توسکستان گرگان، فاکتورهای محیط زیستی به سه گروه فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی فرهنگی تقسیم شده و مراحل مختلف فعالیت یا پروژه شامل ریزفعالیت‌های پاکتراشی، گودبرداری، دپوی خاک، ابنیه و تأسیسات، محوطه‌سازی، تأمین منابع قرضه، عملیات دفن، مدیریت شیرابه، مدیریت بو و بیوگاز، خاک پوششی، بازیابی اراضی، پایش مکان دفن و مدیریت نگهداری می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۱. انتخاب نحوه اثر محل دفن در سایت توسکستان گرگان بر محیط‌زیست به روش چک‌لیست

Table 1. Selection of the Impact Method for the Disposal Site in Tuskestan, Gorgan on the Environment Using the Checklist Method

۱۹ه۱۹	نوع اثر		شدت اثر			دامنه اثر			قطعیت اثر			تداوم اثر		طول مدت اثر		نحوه عمل اثر		برگشت‌پذیری اثر	
پارامتر محیط زیستی	مثبت	منفی	کم	متوسط	زیاد	غیر مستقیم	مستقیم	بلافصل	غیر محتمل	محتمل	قطعی	دائمی	مقطعی	درازمدت	کوتاه‌مدت	غیر مستقیم	مستقیم	غیرقابل بازگشت	قابل بازگشت
شیب، ارتفاع و جهت دامنه		1	1			1				1			1	1			1	1	
هوا و اقلیم		1		1			1			1		1			1	1			1
مسیل و آبراهه		1	1			1			1				1	1		1			1
دشت سیلابی		1	1			1				1			1	1		1			1
آب زیرزمینی		1		1						1			1						
خاک‌شناسی		1	1							1			1		1		۱		1
ریخت‌شناسی		1	1										1		1				1
مخاطرات زمین‌شناختی		1		1		1				1		1		1		1		1	
اکوسیستم جانوری		1	1							1			1		1	1			1
اکوسیستم گیاهی		1		1			1				1		1	1			1		1
منظر (چشم‌انداز)		1			1		1				1	1		1			1		1
مناطق حفاظت شده		1	1			1			1				1	1		1			1
کاربری اراضی		1			1		1				1		1	1			1		1
مالکیت اراضی		1		1				1		1			1	1		1			1
شبکه دسترسی و ترافیک													1		1		1		1
سلامت و بهداشت		1	1			1				1			1		1	1			1
جمعیت‌شناسی (تراکم و فعالیت)	1			1			1				1		1			1			1
وضعیت اقتصادی	1				1		1				1		1		1		1		1
وضعیت فرهنگی	1			1		1				1			1	1		1		1	

جدول ۲. طبقه‌بندی ویژگی توصیف‌گرهای ارزیابی اثرات زیست محیطی

Table 2. Classification of Descriptor Features for Environmental Impact Assessment

توصیفگر	طبقه	نماد / نمره
نوع اثر	مثبت	+
	منفی	-
شدت اثر	زیاد	۳
	متوسط	۲
	کم	۱
تداوم اثر	مقطعی	T[1]
	دایمی	P[2]
زمان اثر	فوری	I[3]
	میان‌مدت	M[4]
	بلندمدت	L[5]

تجزیه و تحلیل روش چک‌لیست نشان می‌دهد ۸۴/۲ درصد پارامترهای وابسته به محل دفن می‌توانند بر محیط زیست اثر نامطلوب بگذارند (جدول‌های ۴ و ۵). در روش ماتریس جمع جبری ارزش‌ها در پارامترهای مرتبط با محیط فیزیکی و بیولوژیکی منفی و از دیدگاه ارزیابی زیست‌محیطی کلی نیز جمع جبری ارزش‌های زیست‌محیطی منفی است. در موارد تحقیقات تطبیقی مشابه انجام شده در سایر شهرهای ایران اشرفی‌فرد و همکاران (۲۰۱۵) از روش چک لیست و ماتریس برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی دفع پسماند شهر اردبیل استفاده نمودند. به طور کلی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به دو روش چک‌لیست و ماتریس نشان می‌دهد که اثرات

[1] Temperrate
[2] permanent
[3] Instant
[4] Midterm
[5] Long term

کلی زیست‌محیطی دارای پیامدهای منفی هستند. با این حال این پیامدها غالباً برگشت‌پذیر و قابل جبران می‌باشند. با انجام اقدامات اصلاحی و پایش زیست‌محیطی پارامترهای محل دفن و محیط پیرامونی می‌توان از شدت اثر آن‌ها تا حدود زیادی کاست. از سوی دیگر بالاترین اثرات مثبت محل دفن، مربوط به محیط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی می‌شود که عموماً به درآمد و اشتغال مربوط است که تأثیر کوتاه‌مدت دارند. محیط فیزیکی بالاترین تأثیرات منفی را از محل دفن دریافت می‌کند که شامل اثر بر روی خاک، دشت‌سیلابی، مخاطرات زمین‌شناسی و آب‌های زیرزمینی می‌شود. پیامدهای منفی مربوط به آلودگی آب زیرزمینی در بلندمدت تأثیرگذار خواهد بود. به منظور کاهش میزان نفوذ و نشت شیرابه به لایه‌های زیرین یک مرکز مدفن، طراحی و اجرای یک لایه با نفوذپذیری کم در کف مدفن زباله از جمله موارد ضروری در ساخت این‌گونه مراکز به شمار می‌رود. نفوذ آب‌های ناشی از بارندگی و جریان‌های سطحی از قسمت فوقانی به داخل مدفن زباله نیز یکی از مهم‌ترین منابع تولید شیرابه در داخل مراکز دفن می‌باشد. طراحی و اجرای سیستم پوشش غیرقابل نفوذ فوقانی برای مراکز دفن سبب کاهش میزان شیرابه تولید شده و در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری، انتقال و تصفیه شیرابه خواهد شد. به عقیده علی‌محمدی (۲۰۲۲) در ارزیابی اثرات زیست محیطی و مدیریت نخاله های ساختمانی شهر اراک عوامل اجتماعی، اقتصادی، زیست-محیطی و فنی و مدیریتی موثرترین عوامل در مدیریت نخاله‌های این شهر بوده و برنامه‌های افزایش سطح آگاهی اجتماعی مردم برای اهمیت دادن به نخاله‌های ساختمانی، تامین منابع مالی برای ایجاد کارخانه بازیافت و تدوین دستورالعمل استاندارد بازیافت نخاله‌ها، مهمترین برنامه‌ها در جهت تحقق مدیریت اصولی نخاله های ساختمانی شهر اراک تشخیص داده شده است. با وجود ارزش ذاتی نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان (شهبازی و همکاران، ۲۰۱۷ و جدول ۶) ارزش ریالی بالقوه و ترکیب نخاله‌های ساختمانی، ضرورت بازیافت به جای دفن در سیاست‌گذاری آینده مدیریت پسماندهای ساختمانی منطقه کاملاً ضروری می‌باشد. دفن آخرین جزء یک زنجیره نخاله است و فقط در صورت ناچاری باید به سمت دفن رفت زیرا دفن نخاله، دفن سرمایه هنگفت در زنجیره خواهد بود. دفن باید صرفاً به ضایعات و موادی که غیرقابل استفاده است مربوط شود.

از نقطه نظر رسوب‌شناسی زیست‌محیطی با توجه به محدودیت منابع شن و ماسه رودخانه‌ای، ریسک بالای انفجار و تخریب در ذخایر کوهی واقع در محدوده‌های باارزش منابع طبیعی، مسائل مختلف زیست‌محیطی بهره‌برداری از شن‌چال‌ها و اراضی کشاورزی گراول‌دار در استان‌های شمالی کشور با اکوسیستمی بسیار آسیب‌پذیر و شکننده، ضرورت استفاده از نخاله‌های بازیافتی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. به عقیده نات (۲۰۲۳) استفاده از نخاله‌های ساختمانی بازیافتی در بلندمدت باعث کاهش دی‌اکسیدکربن ورودی به اتمسفر و کاهش اثرات گلخانه‌ای گردیده و لازم است پس از تعیین شاخص‌ها و استانداردهای مرتبط با نخاله‌های بازیافتی و با مقایسه با ترکیب نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان، در بخش‌های مختلف عمرانی از این مصالح ساختمانی به ظاهر غیرقابل استفاده بهره‌برداری نمود. در سطح بین‌المللی تحلیل اثرات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی نخاله‌های ساختمانی شهر گوانگژو چین (لیو وهمکاران، ۲۰۲۰) مشخص شد که ۱- در میان همه روش‌های دفع زباله‌های ساختمانی، دفن زباله بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارد. برآورد شد که انتشار گازهای گلخانه‌ای از دفن زباله در سال ۲۰۳۰ معادل ۷۵ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد بود. در حالی که انتشار گازهای گلخانه‌ای از بازیافت زباله تنها ۰/۵ درصد خواهد بود. ۲- مساحت زمین اشغال شده توسط محل‌های دفن زباله و تخلیه غیرقانونی زباله در سال ۲۰۳۰ به حدود ۵ میلیون مترمربع خواهد رسید و زیان اقتصادی ناشی از دست دادن زمین و گرمایش جهانی معادل ۹ درصد از تولید ناخالص داخلی گوانگژو در سال ۲۰۳۰ خواهد بود ۳- نظارت دقیق می‌تواند به میزان قابل توجهی مقدار تخلیه غیرقانونی را کاهش دهد. هر سه نتیجه به دست آمده در گوانگژو چین می‌تواند در آینده برای متولیان مدیریت نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان و سایر شهرهای مشابه آموزنده و راهگشا باشد. ما و هو (۲۰۲۴) معتقدند با وجود اینکه به صورت مشخص بر مدیریت نخاله‌های ساختمانی در چهاردهمین برنامه توسعه پنجساله اقتصادی کشور چین تاکید شده، ارزیابی دقیق نقش ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان می‌تواند اجرای استراتژی‌های تدوین شده، چرخه اقتصادی مدیریت نخاله‌های ساختمانی و افزایش نرخ بازیافت را سرعت دهد.

جدول ۳. ماتریس شناسایی اثرات زیست‌محیطی در مکان دفن زباله سایت توسکستان گرگان

Table 3. Environmental Impact Identification Matrix for the Disposal Site in Tuskestan, Gorgan

فعالیت / پارامتر محیط زیستی	پاکتراشی	گودبرداری	دپوی خاک	ابنیه و تاسیسات	محوطه سازی	تامین منابع قرضه	عملیات دفن	مدیریت شیرابه	مدیریت بو، بیوگاز	خاک پوششی	بازیابی اراضی	پایش مکان دفن	مدیریت نگهداری
شیب، ارتفاع و جهت دامنه	-1TI	-3PI	-2TI	-2PI	-2PI	-2PI	-2PM	-1PL		+3PM	+3PM	+1TM	
هوا و اقلیم	-1TI		-1TM		-1TI	-1TI	-1TI		-1PM	+2PI	+1PL		+3PL
مسیل و آبراهه	-2TI	-2PL	-2TM		+2PL	-2TM	-3PM	-1PL		+1PL	+1PL	-1TM	+2TM
دشت‌سیلابی	-1TL	-3TI	-2TI		+2PL	-2PM	-3TI	-3PL		+2PL	+1PL	-1TM	-2PL
آب زیرزمینی	-3PM	-2PL			-2PL	-2TM	-1PL	-3PL		+2PL	-1PL		
خاک شناسی	-2TI	-1PL	-2TM		-1PL	-2PL	-3PL	-2PL			-1PL		
مخاطرات زمین‌شناختی		-3PM	-1TM	-2PL	-1PM	-1TI	-2TL	-1PL			-1PM	+1TI	
اکوسیستم جانوری	-2TI	-1TL	-1TM	-1PL	-1PL	-2TM		-1PL			+1PL		
اکوسیستم گیاهی	-3TI	-1TL	-TM	-1PL	-3PL	-2TL					+2PL		
منظر (چشم‌انداز)	-3PI	-3PI	-3TI	-2PI	-3PI	-1TM	+2TM			+1PI	+3PL	+1PL	+1PL
مناطق حفاظت شده	-2PL			-1PL									
کاربری اراضی	-3PL	-3PL	-1TM	-2PI	-3PL	-2PL	+2TM			+3PL	+3PL		+1PL
مالکیت اراضی		-2TM	-2TM				+1PM				+2PL		+1PL
شبکه دسترسی و ترافیک	-1TI	-1TI		+1PI	+3PI	-1TM	-1TI				+1TI	+1TI	
سلامت و بهداشت		-3TM	-1TM	+2PL	+2PL		-2PL	-1PL	-1TM	+2PL	+1PL		+2PL
جمعیت‌شناسی (تراکم و فعالیت)				+2PL	+2PL	+2TI	+2TI		-2TM		-1PL		
وضعیت اقتصادی	+1TI	+1TM	+2TI	+3PL	+3PL	+3TI	+1TM			+1PL	+2PL	+1PM	+2PL
وضعیت فرهنگی	-1TM	-TM		+1PL	+1PL				-1TM	+2PL	+1PL		+2PL

جدول ۴. تحلیل ماتریس شناسایی اثرات زیست‌محیطی در مکان دفن زباله در سایت توسکستان گرگان

Table 4. Analysis of the Environmental Impact Identification Matrix for the Disposal Site in Tuskestan, Gorgan

پارامتر محیط زیستی	P+	P-	PV+	PV-	T+	T-	TV+	TV-	PT+	PT-	V+	V-
شیب، ارتفاع و جهت دامنه	3	6	6	12	1	2	1	3	3	8	7	15
هوا و اقلیم	3	1	6	1	0	5	0	5	3	6	6	6
مسیل و آبراهه	2	3	4	3	1	4	2	7	3	7	6	10
دشت سیلابی	3	3	5	7	0	5	0	10	3	8	5	17
آب زیرزمینی	1	6	2	12	0	1	0	2	1	7	2	14
خاک‌شناسی	0	6	0	10	0	1	0	2	0	7	0	12
مخاطرات زمین‌شناختی	0	5	0	8	1	3	1	4	1	8	1	12
اکوسیستم جانوری	1	3	1	3	0	4	0	5	1	7	1	8
اکوسیستم گیاهی	1	2	2	4	0	4	0	7	1	6	2	11
منظر (چشم انداز)	4	4	6	11	1	2	2	5	5	6	8	16
مناطق حفاظت شده	0	2	0	3	0	0	0	0	0	2	0	3
کاربری اراضی	3	5	7	13	1	1	2	1	4	6	9	14
مالکیت اراضی	3	0	4	0	0	2	0	4	3	2	4	4
شبکه دسترسی و ترافیک	2	0	4	0	2	4	2	4	4	4	6	4
سلامت و بهداشت	5	2	9	3	0	3	0	5	5	5	9	8
جمعیت‌شناسی (تراکم و فعالیت)	2	1	4	1	2	1	4	2	4	2	8	3
وضعیت اقتصادی	6	0	12	0	3	0	0	7	9	0	12	7
وضعیت فرهنگی	5	0	7	0	0	3	0	3	5	3	7	3

جدول ۵. وضعیت کلی اثرات محل دفن نخاله‌های ساختمانی گرگان در توسکستان

Table 5. Overall Status of the Effects of the Construction Waste Disposal Site in Tuskestan, Gorgan

اثرات زیست‌محیطی	محیط فیزیکی	محیط بیولوژیکی	محیط اقتصادی اجتماعی	کل محیط زیست
تعداد کل اثرات مثبت	14	7	34	55
تعداد کل اثرات منفی	-51	-21	-22	-94
مجموع ارزش‌های مثبت	26	11	55	92
مجموع ارزش‌های منفی	-86	-38	-43	-167
جمع جبری ارزش‌ها	-60	-27	12	-75

در مطالعه‌ای دیگری توسط هو و همکاران (۲۰۲۱) اثرات آموزش و مراجع تصمیم‌گیری بر درآمد بازیافت نخاله‌های ساختمانی در کشور چین بررسی و مشخص شد که هر دو مورد آموزش و تصمیم‌گیری مناسب روی درآمد تولیدکنندگان نخاله‌های ساختمانی موثر است و البته تاثیر مرجع تصمیم‌گیری بسیار بیشتر است. آموزش تاثیر مثبت بر بازیافت و سود بازیافت کننده دارد و به این ترتیب ترویج بازیافت زباله‌های ساختمانی تاثیرات منفی زیست‌محیطی را کاهش خواهد داد. حیدرعلی و کوپکومار (۲۰۲۴) معتقدند با وجود تدوین قانون مدیریت نخاله‌های ساختمانی در کشور هندوستان در سال ۲۰۱۶ میلادی، سیاست‌های اجرایی ضعیف و ناکارآمدی شهرداری‌ها، توسعه ناکافی بازار فروش محصولات بازیافتی تولیدی و ... باعث شده نرخ بازیافت نخاله‌های ساختمانی در این کشور همچنان پایین باشد. مطالعه موردی آن‌ها برای شهر یازده میلیون نفری چنای در جنوب‌شرقی هند نشان داد در صورت بازیافت نخاله‌های ساختمانی در چرخه اقتصادی می‌توان بین ۲ تا ۸ درصد منابع معدنی مورد نیاز در صنعت ساختمان‌سازی را صرفه‌جویی نمود.

در جمع‌بندی نهایی و بررسی میانگین ترکیب و ارزش تقریبی بالقوه نخاله‌های ساختمانی انباشت شده در سایت جرجان ۲۸ و دفن شده در سایت توسکستان (جدول ۶) مشخص شد که ۸۵ درصد از نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان که در حال حاضر دفن می‌شود قابلیت بازیافت دارند. به عبارت دیگر اگر متوسط نخاله‌های تولیدی روزانه گرگان را ۱۶۰۰ تن در نظر بگیریم، در صورت بازیافت کامل می‌توان ۱۳۶۰ تن مصالح ساختمانی بازیافتی را انتظار داشت که کمک قابل‌توجهی برای جبران بخشی از مصالح ساختمانی مورد نیاز در صنعت راه‌سازی و ساختمان خواهد بود. در مطالعات تکمیلی اندازه، ترکیب، بافت و مقاومت مصالح ساختمانی بازیافتی تولیدی می‌تواند از دیدگاه رسوب‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در استفاده مجدد و یا بازیافت، توجه به نسبت آن‌ها از کل نخاله، تعیین‌کننده ارزش اقتصادی بازیافت و استفاده مجدد است. ضمن اینکه مصالح بازیافتی در استفاده مجدد مصارف متفاوتی خواهند داشت و ممکن است بسته به کیفیت مصالح بازیافتی در جاهای متفاوتی کاربرد داشته باشند. در زنجیره ارزش نخاله‌های ساختمانی دو موضوع ارزش اقتصادی برای مالکین و فرهنگ کاهش تولید نخاله جایگاه مهمی دارند. وجود استاندارد (مقررات) متناسب با تجربه‌های جهانی و شرایط منطقه‌ای، الگوی بازاریابی کارآمد (توجه به روش اقتصادی) و آموزش به تولید کنندگان نخاله‌های ساختمانی و مصرف‌کنندگان مصالح بازیافتی بسیار مهم است.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج کلی پژوهش انجام شده را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود.

۱- سامان‌دهی و مدیریت نخاله‌های ساختمانی در حداقل ۳۴۰ شهر با جمعیت بالای ۲۰۰۰۰ نفر در ایران نیازمند طراحی الگوی مشخص فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی خاصی است که زمین‌شناسان و خصوصا رسوب‌شناسان و متخصصان زمین‌شناسی مهندسی می‌توانند در اجرای آن نقش داشته و تاثیرگذار باشند.

۲- در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محل دفن زباله شهر گرگان به روش چک لیست مشخص شد از ۱۹ پارامتر موثر تعداد ۱۶ پارامتر تاثیر منفی و ۳ پارامتر اثر مثبت دارند.

۳- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به روش ماتریکس در محل دفن زباله گرگان نشان می‌دهد جمع جبری ارزش‌ها در پارامترهای مرتبط با محیط فیزیکی، بیولوژیکی و ارزیابی زیست‌محیطی کلی منفی و ارزش پارامتر اقتصادی اجتماعی مثبت است.

۴- با توجه به اینکه مشخص شد حدود ۸۵ درصد نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان قابل بازیافت است، در فاز اول برای ۴۸ شهر بالای ۲۰۰۰۰۰ نفر جمعیت در ایران و در فاز بعدی برای کل شهرهای بالای ۲۰۰۰۰ نفرجمعیت ایران با وضع استانداردهای مناسب، آموزش کافی و بازاریابی مصالح ساختمانی بازیافتی، می‌توان ضمن ایجاد اشتغال پایدار کمبود بخشی از مصالح ساختمانی مورد نیاز شهرها را تامین نمود.

جدول ۶. ترکیب و ارزش تقریبی بالقوه نخاله ساختمانی انباشت شده در سایت جرجان ۲۸ و دفن شده در سایت توسکستان

Table 6. Composition and Approximate Potential Value of Construction Waste Accumulated at Jorjan 28 Site and Disposed at Tuskestan Site

ردیف	نوع اجزای نخاله	میانگین درصد تقریبی از کل	میانگین قیمت تقریبی هر تن (تومان)	توضیحات
۱	چوب، نئوپان، کاغذ و مقوا، کیسه گونی، پلاستیک و پولیکا، ضایعات فلزی، لوله و شیرآلات مستعمل	۳	۲۰۰۰۰۰۰	بازیافت دستی توسط کارگران در سایت جرجان ۲۸
۲	گچ، شیشه	۱۲	۵۰۰۰۰۰	غیرقابل بازیافت
۳	بتن	۳۶	۵۳۰۰۰۰	دفن در محل سایت توسکستان گرگان
۴	آجر توخالی (ایتال)	۲۰	۱۲۰۰۰۰۰	
۵	آجر توپر	۱۳	۵۰۰۰۰۰	
۶	کاشی و سرامیک	۱۰	۱۴۰۰۰۰۰۰	
۷	سنگ	۵	۲۰۰۰۰۰۰۰	
۸	سایر موارد مانند آسفالت، ایزوگام و ...	۱	۱۴۰۰۰۰۰	

References:

Alimohammadi, A (2022) Investigating the influential factors on construction waste management with the aim of reducing environmental destruction. Proceeding of the 7th national conference on architecture, urbanism and tourism (Applied research and new solutions). (in Persian).

Ashrafifard, A., Abdili, T., Hamzehzadeh, A., Lak, S (2015) Evalution of the environmental impacts of urban waste disposal in Ardabil using Leopold matrix and assessment checklist methods, Proceeding of the first national conferenceon environmental science and management in Iran. (in Persian).

Eurostat, (2017) Generation of waste by waste category, Hazardousness and NACE Rev2 Activity.

Haitherali, H., Gopakumar, A (2024) Sustainable urban development: Evaluating the potential of mineral-based construction and demolition waste recycling in emerging economies, 7: 100179, DOI: 10.1016/j.sftr.2024.100179.

Humam, Z. F., Faisal, Z. S (2020) A mini review of construction and demolition waste management in India. Waste Manag Res, 38(7): 708–716.

Hu, Q., Su, P., Xiong, F (2021) Dynamic game strategies for construction and demolition waste recycling with learning and reference effects. Environmental Impact Assessment Review, 89: 106592, DOI: 10.1016/j.eiar.2021.106592.

Khani Qaleh, L (2024). Environmental Assessment of Construction Waste in Gorgan and Feasibility of Recycling them, Master's Thesis, University of Golestan, 130 p. (in Persian).

Liu, J., Liu, Y., Wang, X (2020) An environmental assessment model of construction and demolition waste based on system dynamics: a case study in Guangzhou. Environmental Science and Pollution Research, 27(8): 37237-37259. DOI: 10. 1007/s11356-019-07107-5.

Ma, W., Hao, J. L (2024) Enhancing a circular economy for construction and demolition waste management in China: A stakeholder engagement and key strategy approach. 450: 141736.

Mirzaei, M., Salman Mahini, A., Mirkarimi, H (2016) Site Selection for Proposed Compost Plants Using Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) Method (Case Study: Golpayegan Compost Plant). Geographical Research Quarterly, 31(1): 101-115. (in Persian).

National Statistical Portal (September 11, 2023). Results of the 2016 Census of Iran. (in Persian).

Natt, M (2023). Recycled aggregate concrete, CRC press, 411p.

Past, V., Yaghmaiyan, K., Nabizadeh, R., Dehghani, M. H., Momeni, M., Naderi, M (2017) Selecting the Best Management Method for Construction Waste Disposal in Tehran with a Sustainable Development Approach Based on Hierarchical Analysis, Journal of Health and Environment, 10(2): 259-270. (in Persian).

Shahbazi, A, Hasani, A. M., Rouhani Shahraki, F (2017) Quantitative and Qualitative Characteristics of Construction Waste in Gorgan City and Economic Feasibility of Recycling, Proceedings of the Fourth International Congress on Civil Engineering, Architecture, and Urban Development, Shahid Beheshti University, Tehran. (in Persian).

Taghizadeh Deyva, S. Ali., Salman Mahini, A., Kheirkhah Zarkesh, M. M (2013) Multi-Criteria Site Selection for Construction Waste Disposal Using a Combined Fuzzy Hierarchical Analysis Approach. Case Study: Gorgan City, Journal of Geographical Space Planning, 3(10): 121-138. (in Persian).

Environmental Sedimentology Perspective and Environmental Impact Assessment and Management of Construction Waste in Iran (Case Study: Construction Waste in Gorgan City)

L. Khanighaleh[1], A Amini[2*] and Hamed Rezaei[3]

1- M. Sc., (graduated), Dept., of Geology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran
2- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran
3- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

* **a.amini@gu.ac.ir**

Recieved: 2024.5.5 Accepted: 2024.8.14

Abstract

Gorgan, a city with a population of about 400,000, experiences a high rate of urban construction and currently produces 1,600 tons of construction waste daily. This waste is managed using two sites: Jorjan 28 for waste accumulation and the Tuskan Road site for landfill. An environmental assessment of the Tuskan Road construction waste landfill site using the checklist method indicates that 84.2% of the parameters related to the landfill site can adversely impact the environment. Studies reveal that the cumulative environmental values, particularly from the physical and biological environmental parameters assessed using the matrix method at the Tuskan Road landfill site, are negative. The fragile ecosystems of northern Iranian cities, limitations on using river sand, mountain quarries, and gravelly agricultural lands, make recycling construction waste essential. Organizing recycling not only reduces negative environmental impacts but also results in significant economic savings by producing recycled sand and gravel.

Keywords: Environmental impact assessment, Environmental sedimentology, Gorgan, Construction waste.

Introduction

The city of Gorgan, with a population of approximately 400,000, has a very high rate of urban construction and currently produces 1,600 tons of construction waste daily. It utilizes two temporary storage sites and a landfill site for construction waste. The temporary storage site (Jorjan 28 site) is located on approximately one hectare of land and has been operational since 2020. The landfill site for construction waste is located 5 kilometers east of Gorgan on the Tuskestan road, occupying about 3 hectares. This site was previously a sand and gravel quarry, and after excavation, the resulting pit, roughly 30 meters deep, known as a "sand pit," is used for burying construction waste.

The fragile ecosystem of northern Iranian cities, the limitations on using river sand and gravel, mountain quarries, and gravelly agricultural lands make the use of construction waste recycling processes inevitable. Organizing recycling reduces negative environmental impacts and produces significant economic savings by generating recycled sand and gravel.

Materials and Methods

In selecting sites for ordinary and special waste disposal, all environmental, geological, hydrological, hydrogeological, topographical, physiographic, climatic, soil science, managed areas, material transport lines, water and power, access roads, and population areas must be considered.

According to past studies in Gorgan, suitable areas for construction waste disposal are prioritized into four levels, mostly located in the northeastern part of Gorgan. The current construction waste disposal site does not fall within any of these recommended areas.

The priority order of criteria involved in locating construction waste disposal sites includes slope, bedrock, soil, groundwater, distance from the airport, distance from the road, distance from residential areas, distance from surface water, elevation, vegetation cover, and protected areas. These criteria are

also involved in environmental impact assessments.

Environmental Impact Assessment (EIA) EIA provides a method for predicting and interpreting the effects of a project on the environment, public health, and social welfare, as well as the overall health of ecosystems upon which human life depends. This includes all phases of project design, implementation, and post-project. Various methods exist to assess and display the consequences during the design, construction, and operational phases of a project. Utilizing an assessment method allows for easier analysis of the project's environmental impacts so that everyone can readily understand and comment on them.

This research used two methods, checklists and matrices, to assess the environmental impacts at the Tuskestan landfill site in Gorgan.

The checklist method is the first and simplest evaluation method, where changes are specified over time using checklists. In the checklist method, which heavily relies on human input, evaluative descriptors are compared and selected within their categories.

The matrix method enables qualitative environmental impact assessment results to be quantified. In this method, each project activity's effect on the environmental factors of the study area is measured separately for physical, biological, social, and economic environments. This matrix consists of several rows and columns. Environmental parameters identified in the previous stage are listed in the columns, and the project's detailed activities are listed in the rows. Matrices are an advanced form of checklists or two-dimensional tables. In this method, symbols are used, and scores are also assigned.

The matrix's advantage over the checklist is the ability to evaluate a project's environmental impacts at different time intervals based on the activity type during that period.

Environmental Impact Assessment (EIA) is a suitable tool to prevent the negative effects of projects that have irreversible impacts on their surrounding environment. The information obtained during the environmental impact assessment process can be influenced by a series of political decisions (based on the specific cultural and executive background of the region), leading to different valuations throughout the process. This can result in individual conclusions for the impact assessment and consequently, problems in scoring by individuals with differing personal preferences. One relatively suitable method for reducing these issues is the quantification of impacts, which is largely achieved by using the rapid impact assessment matrix method. Additionally, uncertainties in subjective decision-making and the lack of time for decision-making have posed challenges for assessors in collecting, analyzing new data, and recording a reassessment and a clear evaluation.

In the impact assessment matrix for waste burial at the Tuskestan landfill site in Gorgan, environmental factors are divided into three groups: physical, biological, and socio-economic-cultural. Various stages of the activity or project include sub-activities such as site clearance, excavation, soil storage, construction and installations, landscaping, sourcing borrowing materials, burial operations, leachate management, odor and biogas management, cover soil, land reclamation, landfill monitoring, and maintenance management.

Discussion and Results

When reusing or recycling, considering their proportion of the total waste determines the economic value of recycling and reuse. Additionally, recycled materials will have different uses in reuse and may be applicable in various places. In the chain of construction waste, two significant factors are the economic value for owners and the culture of reducing waste production. The existence of standards (regulations), marketing (considering the economic method), and education are very important.

Education and supervision by relevant authorities significantly impact the income of producers, and the influence of decision-making authorities is even greater. Education has a positive impact on recycling and the profit of recyclers, thereby promoting the recycling of construction waste and reducing its negative environmental impacts. Strict supervision can significantly reduce the amount of illegal dumping.

Greenhouse gas emissions from recycling are much less than those from burying waste.

Conclusions

Analysis using the checklist method shows that 84.2% of the parameters related to the landfill

site can have adverse effects on the environment.

In the matrix method, the algebraic sum of values for parameters related to the physical and biological environment is negative, and from an overall environmental assessment perspective, the algebraic sum of environmental values is also negative. Overall, environmental impact assessments using both the checklist and matrix methods show that the overall environmental effects have negative consequences. However, these consequences are generally reversible and remediable. By implementing corrective actions and environmental monitoring of the landfill site and its surroundings, their impact can be significantly reduced.

On the other hand, the highest positive effects of the landfill site are related to the socio-economic and cultural environment, which are generally related to income and employment and have short-term impacts. The physical environment receives the highest negative impacts from the landfill, including effects on soil, floodplains, geological hazards, and groundwater. The negative consequences related to groundwater pollution will be impactful in the long term.

To reduce the infiltration and leakage of leachate into the underlying layers of a landfill, designing and constructing a low-permeability layer at the landfill's base is essential. Infiltration from rainwater and surface runoff from the upper part into the landfill is also one of the most critical sources of leachate production. Designing and implementing an impermeable top cover system for landfills reduces the amount of leachate produced, consequently lowering the costs associated with collecting, transporting, and treating leachate.

Given the intrinsic value of Gorgan's construction waste, its potential monetary value, and composition, recycling instead of landfilling is imperative for future construction waste management policies in the region. Landfilling should be the last resort in the waste management chain and should only be pursued if absolutely necessary, as it represents the burial of substantial economic value. Landfilling should only apply to unusable waste and materials.

From an environmental sedimentology perspective, considering the limitations of river sand and gravel resources, the high risk of explosions and destruction in mountain reserves located in valuable natural resource areas, and the various environmental issues related to quarrying and gravelly agricultural lands in the northern provinces of the country with highly vulnerable and fragile ecosystems, the necessity of using recycled waste materials appears inevitable.

Using recycled construction waste in the long term will reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere and mitigate greenhouse effects. It is necessary, after determining the relevant indices and standards for recycled waste and comparing them with the composition of Gorgan's construction waste, to utilize these seemingly unusable construction materials in various construction sectors.