



تأثیر ثروت در میزان و نوع زباله تولیدی و پیدا کردن بهترین مکان برای احداث نیروگاه بیوگاز با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی شهرستان بوکان)

هیمن خودکام^۱، بهمن نجفی^۲

۱- کارشناس ارشد مکانیک بیوسیستم، گرایش انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشیار، مکانیک بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* بوکان، صندوق پستی ۵۹۵۱۹۹۴۹۴۶، himan71.khodkam@gmail.com

چکیده

نرخ زاد و ولد بیشتر از مرگ و میر است پس جمعیت روزبه‌روز افزایش می‌یابد و مواد زائد تولیدی تابع جمعیت است و روند افزایشی به خود می‌گیرد. قسمت اعظم پسماندهای تولیدی مربوط به آشپزخانه است که تقریباً ۶۵-۲۰ درصد زباله‌ها را شامل می‌شود. در ایران ۷۰ درصد زباله‌های شهری از مواد آلی تشکیل شده است. از دلایل اصلی تفکیک نکردن زباله می‌توان به فاقد ارزش مادی بودن اشاره داشت. ثروتمندان حاضر هستند هزینه اضافی جهت کاهش تعداد دفعات انتقال زباله پرداخت کنند. میزان مصرف حامل‌های انرژی با ثروت رابطه مستقیمی دارد و ثروتمندان و خانواده‌های پر جمعیت زباله‌های بیشتری نسبت به بقیه افراد جامعه تولید می‌کنند. سرانه زباله در شهرستان بوکان ۷۹۳ گرم محاسبه شد. این مقدار، بالاتر از سرانه کشور است و باید به روش بیوگاز خطر آن رفع و به فرصت تبدیل شود. انتخاب مکان جهت احداث نیروگاه بیوگاز بسیار حائز اهمیت است، زیرا انتخاب مکان نامناسب باعث افزایش هزینه تمام شده بیوگاز شده و از لحاظ خطرات زیست محیطی اثرات منفی خواهد داشت. با توجه به پارامترهای در نظر گرفته شده حوالی روستای قرمیش بهترین مکان برای احداث نیروگاه بیوگاز است. از بین پارامترهای انتخابی عوامل انسانی مهمترین پارامتر بشمار می‌رود. میوه بیشترین قسمت زباله ثروتمندان را تشکیل می‌دهد.

کلیدواژه‌گان: تولید بیوگاز، زباله شهری، مدیریت مواد زائد، میزان ثروت، مکان احداث نیروگاه.

The impact of wealth on the amount and type of waste produced and type of waste produced and choosing the best place it build a biogas plant using hierarchical analysis (A case study of Boukan city).

Himan Khodkam^{*1}, Bahman Najafi²

1- Master of Biosystem Mechanics, Renewable Energy, Ardabil, Iran

2- Associate Professor, Department of Biosystem Mechanics, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

* P.O.B. 5951994946 Boukan, Iran, himan71.khodkam@gmail.com

Received: 17 April 2020 Accepted: 18 August 2020

Abstract

The birth rate is higher than the death rate, so the population is growing every day. The waste produced is a function of the population and is on the rise. Most of the waste produced is related to the kitchen, which accounts for approximately 20-65% of the waste. In Iran, 70% of municipal waste is organic matter. One of the main reasons for not separating waste is the lack of material value. Wealthy people are willing to pay extra to reduce the number of garbage transfers. Consumption of energy carriers is directly related to wealth. The rich and large families produce more waste than the rest of society. The per capita waste generation in Boukan city is 793 grams. The rate is higher than the national per capita



and should be eliminated by biogas method and become an opportunity. Choosing a place to build a biogas plant is very important because choosing the wrong place will increase the cost of biogas. It will have negative effects in terms of environmental hazards. According to the selected parameters, near Qormish village is the best place to build a power plant. Among the parameters, human factors are the most important parameter. Fruit is the largest waste of the rich.

Keywords: Biogas production, urban trash, Waste management, Wealth, Power plant location.

۱- مقدمه

افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی، تحول در عادات و تغییر الگوی مصرف، جامعه را با مشکلاتی همچون کمبود انرژی و افزایش مواد زائد تولیدی رو برو ساخته است. این دو مشکل باعث ایجاد اختلال در زندگی بشر شده و زندگی را مختل می‌کند، پس نیاز مبرم به ایجاد راهکارهایی جهت مدیریت مواد زائد تولیدی و تامین انرژی مورد نیاز جامعه بشری است. تنها راهکار برای حل این دو بحران، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به انرژی باد، خورشید، امواج دریا، زمین‌گرمایی و بیومس اشاره کرد.

از جمله مشکلات اساسی شهرستان‌های بزرگ در کشورهای در حال توسعه، مدیریت مواد زائد جامد^۱ است که سوء مدیریت این مواد از نظر بهداشتی، عواقب زیست محیطی و اقتصادی عظیمی را برای کل جامعه به ویژه فقیرترین ساکنان شهری بوجود آورده است [1]. پسماندهای شهری را می‌توان با روش‌های متعددی از جمله سوزاندن، دفن کردن، تهیه کمپوست و تولید بیوگاز دفع کرد.

از لحاظ تاریخی، دفن زباله‌ها ارزان‌ترین روش بوده که به مرور زمان با گسترش شهرنشینی به دلیل هزینه حمل و نقل برای مکان‌های دورتر و هزینه محل دفن، میزان هزینه‌ها زیاد شده است [2]. در سراسر جهان، دفن زباله‌های معمولی به غیر از زباله‌های جامد شهری (MSW^۱) یک روش به تصویب رسیده است زیرا این مواد در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها شکسته شده و دی-اکسیدکربن و متان تولید می‌گردد [3]. حدود 65-20 درصد زباله‌های تولیدی مربوط به پسماندهای آشپزخانه است [4]. در ایران 70 درصد زباله‌های شهری را مواد آلی تشکیل می‌دهد. حدود 80-70 درصد پسماند مواد غذایی را آب تشکیل می‌دهد، با توجه به مقدار رطوبت بالایی که مواد زائد جامد شهری^۱ دارد به راحتی قابل تجزیه می‌باشد [5]. به همین دلیل عملکرد زباله‌های مواد غذایی برای تولید متان عالی است.

گاز متان تولید شده ناشی از زباله‌های شهری نسبت به دی‌اکسیدکربن، 21-23 برابر بیشتر در گرمایش جهانی موثر است [6]. برای کاهش روند گرمایش جهانی لازم است زباله تولیدی که عامل اصلی گرمایش جهانی بشمار می‌رود تا حد امکان کاهش داد. با انجام پژوهشی در شهرستان بوکان، تنها 22.1 درصد مردم از سرنوشت زباله و 15.1 درصد از میزان هزینه جمع‌آوری زباله اطلاع کافی داشتند [7].

از بین انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی زیست توده بیشترین سهم را در تامین انرژی اولیه جهان دارد زیرا علاوه بر تامین انرژی، مواد زائد مدیریت می‌گردد. اخیراً دمای کره زمین نسبت به سال‌های قبل افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته و بازگشت دمای کره زمین به دمای قبلی امکان‌پذیر نیست، بلکه با انجام اقداماتی می‌توان از روند افزایش دما جلوگیری کرد.

۱-۱- تاریخچه

تولید بیوگاز به اوایل سده نوزدهم برمی‌گردد که شخصی به نام دیوی در سال ۱۸۰۸ از طریق تخمیر کود گاوی و با استفاده از تقطیر در خلاء ۰.۳ لیتر گاز متان تولید نمود. هند برای اولین بار در سال ۱۸۹۷ برای رفع روشنایی یک هاضم بی‌هوازی ساختند که با فضولات انسانی بارگزاری می‌شد. بزرگترین برنامه بیوگاز مربوط به کشور چین است زیرا بیش از ۱۰ درصد خانوارهای روستایی از بیوگاز استفاده می‌کنند [۸]. اما در ایران به قرن ۱۱ هجری برمی‌گردد که در حمام شیخ بهایی استفاده می‌گردید و اولین هاضم تولید متان در سال ۱۳۵۴ در روستای نیازآباد لرستان ساخته شد.

۲- اهمیت و ضرورت تحقیق

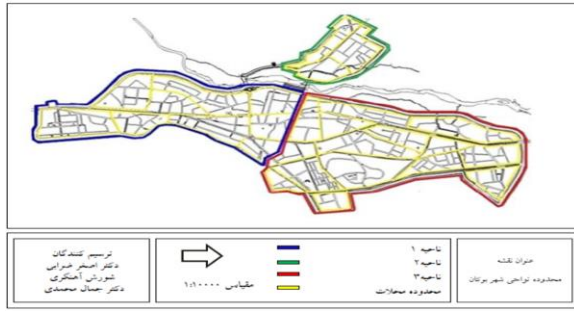
هر شخصی در اثر فعالیت‌های روزانه مواد زائدی را وارد طبیعت می‌نماید. سرانه تولید زباله کشوری بین ۱.۶-۰.۵ کیلوگرم است [۹]. به طور میانگین می‌توان گفت سرانه زباله تولیدی به ازای هر نفر ۷۰۰ گرم است [۱۰]. بوکان یکی از بزرگترین شهرهای مهاجرپذیر ایران بشمار می‌رود که همین امر باعث افزایش روز افزون جمعیت در این شهرستان گردیده است. این افزایش جمعیت باعث گردیده که زباله‌های تولیدی در این شهرستان روند صعودی بخود بگیرد. شهرستان بوکان در سال ۱۳۹۵ بر اساس آمار سرشماری ۲۵۱۴۰۹ نفر جمعیت داشته که جمعیت شهری آن ۱۹۶۱۰۰ نفر است.

بیوگاز جایگزین مناسبی برای دفن زباله‌ها بشمار می‌آید زیرا همه مشکلات ناشی از دفن رفع و در عوض انرژی و کود تولید خواهد شد. به همین دلیل است که به زباله‌ها طلای کثیف می‌گویند. احداث نیروگاه در هر جایی مقدور نیست و یکسری پارامترها در انتخاب جایگاه نیروگاه موثر هستند تا منافع انسانی و محیط زیست با خطر روبرو نشود.

۳-۱- مشخصات محل تحقیق

شهر بوکان با وسعتی معادل ۵۶۰ کیلومترمربع که ۶.۸ درصد از مساحت استان آذربایجان غربی را به خود اختصاص داده است، در مختصات ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده است.





شکل ۲ نقشه محدوده و محلات شهرستان بوکان (مهندسیین مشاور معماری و شهرسازی زیستا، ۱۳۸۰)

دو سری پرسشنامه طراحی شد که پرسشنامه اولی در همان لحظه توسط خانواده‌ها تکمیل و پرسشنامه دوم شامل جدولی جهت یادداشت زباله‌های دور ریختنی در ۱۰ روز دوم ماه‌های سال بود.

۲-۱- آنالیز فیزیکی زباله‌های خانگی شهرستان بوکان

تفکیک فیزیکی زباله شهری در فصل‌های مختلف از سال انجام که در جدول شماره ۱ بیان شده است. با توجه به اعداد بدست آمده در این پژوهش، بیشترین میزان مواد فسادپذیر مربوط به فصل تابستان با ۸۴.۳ درصد و کمترین مربوط به فصل بهار با ۷۶.۴ درصد است. بیوگاز وابسته به میزان مواد فسادپذیر است و هر چه مواد فسادپذیر بیشتر باشد تولید بیوگاز بهبود خواهد یافت که خوشبختانه زباله‌های شهری در این شهرستان نسبت به شهرستان‌های همجوار دارای مواد فسادپذیر بیشتری هستند که همین امر احداث نیروگاه بیوگاز را تشدید می‌نماید. اگر این میزان زباله با شرایط نامساعد در طبیعت دفن و رها گردد، میزان آلودگی بیشتری ایجاد می‌نماید.

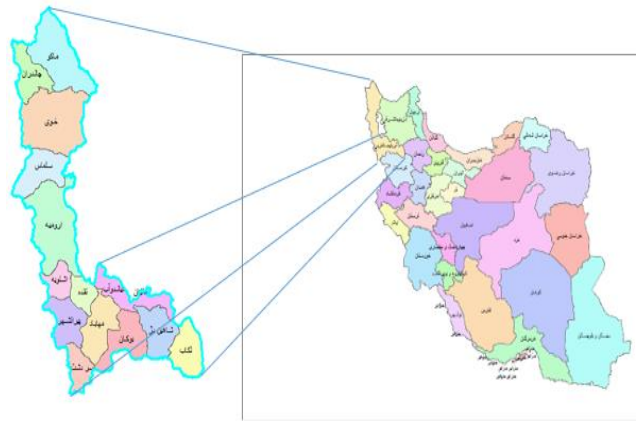
جدول ۱ آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری شهرستان بوکان (درصد)

فصل سال	اجزای پسماند							
	مواد فسادپذیر	کاغذ	شیشه	پلاستیک	فلز	منسوجات	چوب	سایر موارد
تابستان	۸۴.۳	۲.۴	۱.۹	۲.۵	۱.۱	۲.۳	۰.۹	۴.۶
پاییز	۸۰.۶	۳.۳	۲.۲	۲.۷	۲.۱	۳.۹	۱.۷	۳.۵
زمستان	۷۸.۴	۲.۷	۳.۴	۲.۹	۲.۳	۴.۸	۱.۱	۴.۴
بهار	۷۶.۴	۳.۳	۲.۴	۲.۶	۱.۵	۶.۱	۱	۶.۷
متوسط شهر	۷۹.۹۳	۲.۹۲	۲.۴۷	۲.۶۸	۱.۷۵	۴.۲۸	۱.۱۷	۴.۸

* شامل مواردی که در طبقه بندی مواد خشک و غیرقابل تبدیل به کمپوست جای دارند و در هیچ یک از فاکتورهای ذکر شده جای نمی‌گیرند. این مواد شامل نخاله‌های ساختمانی، خاک و... است.

آنالیز فیزیکی مواد فسادپذیر زباله در خانواده‌های ثروتمند و فقیر صورت گرفت که در جدول ۲ قابل مشاهده است. میوه بیشترین ترکیب پسماند خانواده‌های ثروتمند را تشکیل می‌دهد اما در خانواده‌های فقیر درصد میوه ناچیز و به میزان ۲۰٪ بود. دلیل این اختلاف در ترکیب پسماند را می‌توان به قیمت بالای میوه بسط داد زیرا قدرت خرید افراد فقیر پایین است و بیشتر روی نیازهای اصلی مانور می‌دهند ولی افراد ثروتمند از نظر مالی تامین بوده و به همین دلیل بیشتر به تناسب اندام اهمیت داده و میوه زیادی مصرف می‌کنند.

اهمیت موقعیت نسبی شهرستان خیلی بیشتر از موقعیت جغرافیای است، زیرا شهرستان بوکان بنا به وصل نمودن چندین استان به یکدیگر، رابط بزرگی بشمار می‌آید به همین دلیل به فلکه شهرها و به کمربندی ایران معروف است. این شهر از شمال به شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد، از غرب به شهرستان‌های مهاباد و سردشت، از شرق به شهرستان شاهیندژ و از جنوب به شهرستان سقز منتهی می‌شود.



شکل ۱ نقشه استان آذربایجان غربی

۲- روش تحقیق

میزان سرانه زباله و مقدار مواد فسادپذیر از اطلاعات مهم و کارساز در احداث نیروگاه بیوگاز بشمار می‌رود، به همین منظور روش کار میدانی را انتخاب و پرسشنامه‌هایی طراحی و بصورت مساوی در سطح شهرستان پخش نمودیم. برای ارائه پرسشنامه‌ها، سطح شهرستان مطابق شکل ۲ به سه ناحیه تقسیم و در هر ناحیه ۵۰ پرسشنامه در مناطق مختلف آن پخش گردید.

ناحیه ۱: از طرف جنوب (ورودی شهرستان بوکان از طرف سقز) تا میدان اسکندری را شامل می‌شود. که این ناحیه شامل محله‌های پردیس، شهرک فرهنگیان، کوی مهندسیین، کلتپه، عشایر، جاده حصار، کوی محمدیه، فرهنگیان قدیم، ابوذر، میدان فوتبال، بیمارستان قدیم، ساحلی، کمربندی، آموزش و پرورش، منطقه یکشوه، مسجد جامع، بازار سرپوشده (تاریکه بازار) است.

ناحیه ۲: قسمت غربی شهرستان توسط سیمینه رود از دیگر محله‌ها جدا شده است. این محل امیرآباد نام‌گذاری شده و در این پژوهش و تحقیق یک ناحیه جدا در نظر گرفته شد.

ناحیه ۳: ورودی شهر از طرف میاندوآب تا میدان اسکندری را شامل می‌شود. که شامل محله‌های کارخانه آرد ماه منیر، ترمینال جدید، کوی بهداری، دانشگاه پیام نور، علی‌آباد، کوی اندیشه، اسلام آباد، نساجی، سایپا یکد ۲، دامپزشکی، ترمینال مهاباد، سه‌راه خاوران، سیلوی قدیم، سید شکره، چهارراه اطلاعات، مخابرات، قله، کوی آفتاب، مسکن مهر، بیمارستان جدید است.



جدول ۲ آنالیز مواد فسادپذیر زباله‌های شهری شهرستان بوکان (درصد)

قشر جامعه	اجزای پسماند			
	میوه	سبزیجات	سبزیزمینی	مواد غذایی
ثروتمند	۴۰	۲۷	۱۷	۱۶
فقیر	۲۰	۴۱	۲۹	۱۰

مهاجرپذیر ایران بشمار می‌آید و همچنان این روند بصورت صعودی در حال افزایش است.

نیاز هست میزان زباله‌های تولیدی در این شهرستان در حال و برای چند سال آینده محاسبه گردد که برای این منظور می‌توان از رابطه ۱ استفاده نمود:

$$P_t = P_0 (1+R)^t \quad (1)$$

P_t = جمعیت سال مورد نظر P_0 = جمعیت سال اول

R = درصد رشد t = سال‌های سپری شده از سال مبدأ

$$P_{1419} = 331860 \quad P_{1419} = 220000 (1+0.32)^{20}$$

پس با داشتن تعداد جمعیت و میزان سرانه به راحتی می‌توان میزان زباله تولیدی را محاسبه نمود. رابطه (۲):

$$(2) \quad \text{میزان سرانه زباله} \times \text{جمعیت شهری} = \text{میزان زباله تولیدی در روز}$$

$$174.460 = 220000 \times 0.793$$

$$263.164 = 331860 \times 0.793$$

میزان زباله تولیدی در روز با احتساب ۲۰ سال آینده (بر حسب تن)

با توجه به اینکه بیشینه چگالی پسماندهای دفن شده در دفن بهداشتی حدود ۹۰۰ کیلوگرم در متر مکعب است (در محل‌های دفن بهداشتی پسماندها به صورت متراکم دفن می‌شوند) [۱۱]. حال اگر بخواهند این حجم از زباله را دفن کنند از طریق رابطه ۳ می‌توان میزان فضای لازم جهت دفن بهداشتی را محاسبه نمود [۱۲].

$$X = \frac{w \times T \times t}{\rho \times h} \quad (3)$$

X = میزان فضای لازم (بر حسب m^2)

w = میزان زباله (بر حسب kg)

t = تعداد سال‌های آینده (بر حسب year)

T = تعداد روزهای سال

ρ = چگالی پسماندها (بر حسب kgm^{-3})

h = عمق محل دفن (بر حسب m)

$$x = \frac{174460 \times 364 \times 20}{750 \times 4} = 423356 m^2$$

اگر روش انهدام زباله‌ها از دفن کردن به بیوگاز تغییر یابد آلودگی ناشی از دفن حذف، بیوگاز و کود عاری از هر گونه ناخالصی تولید می‌گردد. بر اساس محاسبات انجام شده برای دفن بهداشتی زباله‌های ۲۰ سال این شهرستان 43 هکتار زمین نیاز است. اگر همان میزان زباله را با روش غیر اصولی (غیر متراکم

به طور میانگین روزانه ۶۰۰ کیلوگرم زباله‌های بیمارستانی در سطح شهرستان تولید می‌شود که میزان سرانه ۲.۳۹ گرم برای هر نفر در روز بدست آمد، این مقدار در نیمه دوم سال به دلیل شیوع بیماری‌های واگیردار بشدت افزایش و امکان دارد تا ۴ گرم افزایش یابد.

۲-۲- مکان دفن زباله‌های شهری بوکان

یکی از مهمترین کارها، انتخاب لندفیل مناسب جهت دفن بهداشتی است که باید با دقت و همکاری مؤسسات ذی‌ربط (سازمان محیط زیست، مرکز بهداشت، سازمان آب و فاضلاب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و منابع طبیعی) انجام گیرد. محل دفن فعلی زباله‌ها در ۳ کیلومتری ضلع غربی شهرستان، در نزدیکی روستای شیخ‌نار واقع شده است. معیارهای انتخاب لندفیل از استانداردهای تبعیت می‌نماید که این استانداردها با توجه به سپری شدن زمان تغییر کرده و در حال حاضر مورد تایید هیچ ارگانی نمی‌باشند پس لازم است بر طبق استانداردهای تعریف شده جدید مکان جدیدی برای دفن انتخاب شود که یکی از مشکلات اساسی در دفن محسوب می‌گردد. دفن زباله مشکلاتی زیادی را بدنبال دارد که در زیر به آن اشاره شده است:

- آلودگی آب‌های زیرزمینی
- زمین‌های اطراف بدلیل انتشار شیرابه و بوی بد ناشی از تخمیر بلا استفاده می‌شوند.
- فضای زیادی را اشغال می‌کند
- ایجاد نمای زشت در منطقه

هزینه‌های کلان از مهمترین مشکلات دفن اصولی زباله محسوب می‌شود. تبدیل زباله‌های جامد شهری به بیوگاز علاوه بر حل نمودن تمامی معضله‌ها، درآمدزایی و اشتغال‌زایی مناسبی دارد.

۲-۳- انتخاب مکانی برای احداث بیوگاز

بر اساس سرشماری سال ۹۵ جمعیت شهرستان ۲۵۱۴۰۹ نفر اعلام شد و با توجه به اینکه ۷۸ درصد جمعیت این شهرستان شهرنشین هستند جمعیت شهری آن ۱۹۶۱۰۰ نفر اعلام گردید. در شهرستان بوکان سیاست از بین بردن بافت‌های فرسوده شهری حاکم است و به همین دلیل روستاهای همجوار این شهرستان که فاصله اندکی با خود شهرستان دارند را جزء محدوده شهری اعلام نمی‌کنند ولی زباله‌های این روستاها نیز به همان محل دفن فعلی انتقال می‌یابد. با وجود این امر میزان جمعیت شهر بوکان و چند روستای همجوار بصورت سر جمع، ۲۲۰ هزار نفر در نظر خواهیم گرفت. پس می‌توان اظهار داشت که جمعیت شهری بوکان ۲۲۰ هزار نفر است. با توجه به آماری که شبکه بهداشت بوکان اعلام نموده درصد رشد در این شهرستان برابر ۱.۳۲ درصد است زیرا بوکان با توجه به صنعتی بودن و موقعیت جغرافیایی که دارد سومین شهر



فصلنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های زیست‌محیطی و فناوری

استفاده از معیارهای مهم و حیاتی که مورد تایید سازمان‌های ذی‌ربط بودند و در پژوهش‌ها و تحقیقات دیگر از آن استفاده نموده‌اند که در جدول ۲ به آن اشاره شده است مقایسه شوند تا بهترین مکان انتخاب گردد [۱۲]. به همین منظور ۵ منطقه مستعد که امکان احداث نیروگاه در آن مقدور است را انتخاب و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مناطق مورد نظر را با توجه به معیارهای تعیین شده مورد بررسی قرار گرفت. مناطق مد نظر حوالی روستاهای زیر هستند که به شرح زیر شماره گذاری شده‌اند:

- ۱- قرمیش
- ۲- محمودآباد
- ۳- قره‌کند
- ۴- تبت
- ۵- گل

جدول ۲ معیار و شاخص‌های مقایسه‌ای

شاخص	انسانی	هیدرولوژی	زیست محیطی	زمین شناسی	ژئومورفولوژی
انسانی	1	3	5	7	9
هیدرولوژی		1	3	5	5
زیست محیطی			1	3	5
زمین شناسی				1	1
ژئومورفولوژی					1

یعنی با چگالی ۳۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب) دفن نماییم میزان فضای لازم شدت افزایش یافته و حدود ۱۰۰ هکتار فضا نیاز می‌باشد این در حالی است که برای احداث نیروگاه بیوگاز به کمتر از ۵ هکتار زمین نیاز است.

با توجه به اعداد و ارقامی که در جدول ۱ بیان شده می‌توان میزان رطوبت خارج شده (شیرابه) از زباله‌ها را محاسبه نمود. در صورت وجود شیرابه باید به نحو احسن جمع‌آوری گردد در غیر اینصورت توسط خاک جذب شده و نهایتاً به آب‌های زیر زمینی نفوذ و باعث آلودگی آب خواهد شد. زمانی که آب آلوده باشد تمامی محصولات تولیدی آلوده می‌شوند و این یعنی فاجعه بزرگ.

برای محاسبه میزان رطوبت خارج شده (شیرابه) به دو پارامتر درصد مواد فاسدپذیر و درصد رطوبت آنها که از تفکیک زباله‌های شهری بدست آمده نیازمندیم و با قرار دادن در رابطه زیر میزان درصد رطوبت خارج شده (شیرابه) محاسبه می‌گردد. طبق بررسی‌های بعمل آمده مشخص گردید میزان رطوبت قابل نگهداری پسماندها در حالت غیر متراکم 50-60 درصد و در حالت متراکم برابر 24-35 درصد بدست آمده است [۱۳]. به کمک این اعداد می‌توان میزان ظرفیت نگهداری رطوبت در زباله را محاسبه نمود. رابطه (۴):

$$\times \text{درصد مواد فاسدپذیر} = \text{میزان درصد رطوبت خارج شده (شیرابه)}$$

$$\text{میزان زباله تولیدی (kg)} \times \text{درصد رطوبت مواد فاسدپذیر}$$

$$\text{میزان (شیرابه)} = 0/7993 \times 0/626 \times 174460 = 87293 \text{ kg/day}$$

$$= 87 \text{ m}^3/\text{day}$$

رطوبت در حالت متراکم = میزان درصد رطوبت قابل نگهداری در زباله

$$\text{حجم پسماند تولید شده به صورت متراکم} \times (5)$$

$$= 127.93 \text{ m}^3/\text{day} = 0/55 \times (174460 = 750) = \text{میزان درصد رطوبت}$$

قابل نگهداری در زباله (در حالت متراکم)

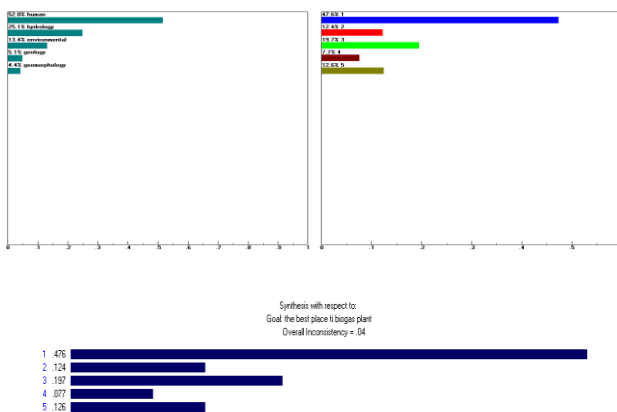
$$= 163.55 \text{ m}^3/\text{day} = 0/3 \times (174460 = 320) = \text{میزان درصد رطوبت قابل}$$

نگهداری در زباله (در حالت غیر متراکم)

میزان رطوبت تولیدی کمتر از میزان رطوبت جذبی است پس هیچ شیرابه‌ای در زباله‌های بوکان وجود نخواهد داشت. این امر در مورد نیروگاه بیوگاز صادق است زیرا زباله‌ها جهت تفکیک و جداسازی به سالنی انتقال می‌یابد. جدا سازی مواد ساعت‌ها طول خواهد کشید که در این مدت شیرابه موجود در کف سالن را می‌توان به زباله‌ها برگرداند و با توجه به محاسبات صورت گرفته زباله‌ها توانایی جذب آن را دارد و هیچ شیرابه‌ای وجود نخواهد داشت.

بر اساس معیارها و محدودیت‌های در نظر گرفته شده توسط سازمان‌های مربوطه هر مکانی را نمی‌توان جهت احداث نیروگاه انتخاب نمود، برای همین منظور با استفاده از تجربیات کارشناسان در مورد توپوگرافی شهرستان و

در پژوهش حاضر از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است که برای محاسبه وزن معیارها با استفاده از جداول مقایسه زوجی معیارها و تعیین ارجحیت نسبت عوامل نسبت به یکدیگر و نرمال کردن آنها استفاده گردید. سطر نشان دهنده ارجحیت نسبت به ستون‌ها هستند. در روش مقایسه زوجی برای بدست آوردن وزن نهایی می‌توان از روش‌های مختلفی همچون نرمالیزه کردن، حداقل مربعات معمولی، حداقل مربعات لگاریتمی، بردار ویژه و روش‌های تقریبی استفاده نمود. بر اساس محاسبات صورت گرفته نرخ ناسازگاری تمام ماتریس‌ها کمتر از 0/1 بوده که نشان دهنده سازگاری ماتریس‌ها می‌باشد و این عدد رضایت بخش و قابل قبول است (شکل ۳).



شکل ۳ انتخاب محل احداث نیروگاه با استفاده از AHP



۴ میلیارد باشد ثروتمند تلقی و کسانی که میزان درآمد آنها ۲ میلیون و کمتر از آن بود و ارزش مالی آنها کمتر از ۸۰۰ میلیون تومان باشد در دسته فقیر جای گرفتند.

تفکیک زباله در منبع تولید، خیلی کم بود و این رقم رضایت بخش نیست. مردم بنا به دلایلی همچون فاقد ارزش مادی مواد تفکیکی، نبود فضای لازم در منزل جهت سطل‌های جداگانه و قیمت‌های پایین خرید ضایعات انگیزه جداسازی ندارند. حدود 52.67٪ از خانواده‌ها به دلیل ارزش مادی پایین، زباله‌ها را تفکیک نمی‌کنند و 24.66٪ خانواده‌ها به دلیل نبود فضای لازم از تفکیک زباله‌ها خودداری می‌کنند. قیمت خرید مواد بازیافتی خیلی پایین و به دلیل حمایت نکردن دولت در این زمینه مردم هیچ رغبتی برای این کار ندارند. اگر جاهای مخصوصی جهت جمع‌آوری ضایعات تعیین گردد و با قیمت بالاتری از مردم خریداری شود یا از سوی ارگان‌هایی به این دسته از افراد که مواد را به این مراکز تحویل می‌دهند امتیازاتی تعلق بگیرد با قطعیت می‌توان گفت که مردم زباله‌ها را تفکیک می‌کنند. اما در حال حاضر هیچ انگیزه‌ای جهت تفکیک ایجاد نشده است.

ثروتمندان جهت کاهش تعداد دفعات انتقال زباله در طول هفته به محل دفع حاضر به پرداخت هزینه اضافی بودند. در تحقیق حاضر 93.33٪ ثروتمندان مایلند هزینه اضافی جهت تهیه کیسه‌زباله مخصوص بپردازند تا تعداد دفعات انتقال زباله کاهش یابد، در حالی که خانواده‌های فقیر روزانه زباله‌ها را انتقال می‌دهند تا هزینه اضافی جهت خرید کیسه‌زباله مخصوص پرداخت نکنند، 89.47٪ انتقال زباله خانواده‌های فقیر به صورت فله‌ای صورت می‌گیرد.

در هر محله‌ای ریخت و پاش زباله انجام می‌شود ولی مقدار آن متفاوت است. این عمل باعث آلودگی محیط زیست و ایجاد نمای زشت شهر را فراهم می‌کند. از دلایل اصلی پرت کردن زباله در محیط می‌توان به عدم نصب سطل زباله در فاصله‌های مشخص در خیابان، پارک‌ها و مکان‌های تفریحی داخل شهر اشاره داشت. یک امر طبیعی است که اعضای جامعه اگر محیط اطراف خود را کثیف ببینند آنها نیز زباله‌های خود را در محیط پرت می‌کنند. در مناطق کوچک پس کوچه نسبت به سایر مناطق مقدار زباله‌های بیشتری در محیط پخش می‌شود زیرا به دلیل محدودیت رفت و آمد، مردم از این خلوطی سوء استفاده می‌کنند و در گوشه‌های زباله‌های خود را پرت می‌کنند.

با توجه به تحقیق صورت گرفته بدست آمد ثروتمندان در همه فصول سال زباله‌های بیشتری نسبت به بقیه افراد جامعه تولید می‌کنند، که نسبت به خانواده‌های فقیر بیش از 1.5 برابر است. این دسته از افراد به دلیل توانایی مالی که دارند میزان مصرف مواد اولیه آنها بیشتر است و بیشتر ریخت و پاش دارند زیرا این افراد فقط قسمت مرغوب مواد را مصرف و مابقی را دور ریز می‌کنند.

هر چه افراد ثروتمندتر باشند میزان مصرف حامل‌های انرژی نیز زیادتر خواهد بود، میزان ثروت با مصرف حامل‌های انرژی رابطه مستقیمی دارد. مردم جهت رسیدن به آسایش و رفاه بیشتر همه امکانات را فراهم می‌کنند که تمام امکانات رفاهی به انرژی نیاز دارند. میزان تلفات انرژی در این دسته از افراد جامعه خیلی زیاد است و با توجه به تحقیق صورت گرفته 82.22٪ خانواده‌های ثروتمند میزان مصرف حامل‌های انرژی بالایی دارند در حالی که در خانواده‌های فقیر به دلیل کمبود امکانات رفاهی نسبت به ثروتمندان و جهت پایین آوردن

از بین معیارهای انتخابی، عوامل انسانی نسبت به سایر معیارها از اهمیت بیشتری برخوردار بود و معیار ژئومورفولوژی کمترین اهمیت اختصاص گرفت. با استفاده از این روش حوالی روستای قرمیش بیشترین امتیاز را کسب نموده، قره‌کند و گل به ترتیب رتبه‌های دو و سوم را در این مکان‌یابی به خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه چند سالی است که این شهرستان از نظر طولی افزایش پیدا نکرده و تمام سیاست‌ها را بکار گرفته‌اند تا از نظر عرضی این شهرستان افزایش یابد. با توجه به پل جدیدالاحداث محله امیرآباد و علی‌آباد فاصله امیرآباد تا شمال این شهرستان بصورت چشمگیری کاهش می‌یابد. با این توصیفات منطقه شمال شهرستان از نظر تراکم جمعیتی افزایش چشمگیری خواهد داشت. به همین منظور محله شماره ۱ اهمیت فراوانی پیدا کرده زیرا اکثریت جمعیت در این منطقه متمرکز شده و همین امر باعث کاهش هزینه حمل‌ونقل خواهد شد.

۳- نتایج

با آنالیز فیزیکی زباله، میوه بیشترین ترکیب مواد فسادپذیر خانواده‌های ثروتمند را تشکیل می‌دهد اما در خانواده‌های فقیر میزان درصد میوه ناچیز است. میزان تولید زباله در کل روزهای هفته در شهرستان بوکان مورد بررسی قرار گرفت و با یکدیگر مقایسه گردید که نتایج جالبی حاصل شد، روزهای پنج شنبه و جمعه بیشترین میزان تولید زباله در طول هفته را داشتند که دلیل آن را می‌توان تعطیلات بیان داشت و بعد از آنها روزهای دوشنبه نسبت به مابقی روزهای هفته زباله بیشتری تولید می‌شود. با پرس و جو و تحقیق در این مورد بدست آمد که مردم شهرستان در اواسط هفته تغذیه و مصرف غذا و میوه بیشتری نسبت به دیگر روزها دارند.

سرانه کلی زباله تولیدی برای شهرستان ۷۹۳ گرم بدست آمد. روزانه در خود شهرستان و روستاهای حومه تقریباً ۱۷۵ تن زباله تولید می‌شود که دفن و از بین بردن این مقدار پسماند کار بسیار سخت و عوارض جبران ناپذیری به محیط زیست وارد خواهد شد، به همین دلیل توصیه می‌گردد به بیوگاز تبدیل شود که از آلودگی محیط زیست جلوگیری و جایگزین مناسبی برای سوخت-های فسیلی خواهد بود. سرانه تولید زباله در اکثریت شهرستان‌های ایران حدود ۷۰۰-۶۰۰ گرم است اما این شهرستان از میزان سرانه بالاتری برخوردار است. زباله‌ها دارای مواد فاسدپذیر زیادی هستند که در مقایسه این شهرستان با دیگر شهرستان‌های همجوار خود رقم قابل توجهی است و همین گزینه عالی برای احداث نیروگاه بیوگاز است. انتخاب مکان مناسب برای احداث نیروگاه بسیار حائز اهمیت است و باید با اصول و برنامه‌ریزی انتخاب گردد. با توجه به یکسری معیار مهم و کارساز و انتخاب ۵ نقطه که امکان احداث نیروگاه در آن وجود داشت با نرم افزار expert choice مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت که عوامل انسانی مهمترین پارامتر بود و با توجه به این توصیفات بهترین مکان برای احداث حوالی روستای قورمیش بدست آمد.

برای این پژوهش ۱۵۰ عدد پرسشنامه تهیه گردید. با توجه به اینکه سطح شهرستان به سه قسمت تقسیم شده است، در هر قسمت ۵۰ پرسشنامه در ناحیه‌های مختلف آن منطقه پخش و نتایج جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. از ۱۵۰ پرسشنامه پخش شده در سطح شهرستان، تعداد ۴۵ خانواده از لحاظ مالی ثروتمند، ۶۷ خانواده در وضعیت متوسط و ۳۸ خانواده فقیر تلقی می‌شدند. مبنای انتخاب این سه قشر از جامعه میزان درآمد و برآورد ثروت در زمان حاضر است. خانواده‌هایی که درآمد ماهانه آنها ۴ میلیون و ارزش مالی آنها بالغ بر



مرکز تحقیقات علمی فناوری و نوآوری

۱۴۰۰

فصلنامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو- سال هشتم، شماره دوازدهم پاییز و زمستان ۱۴۰۰

- [2] N. Curry, P. Pillay, Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban Environment, *Renewable Energy*, 41:200-209, 2012.
- [3] Y. Zhang, D. Yue, J. Liu, L. He, Y. Nie, Effect of organic compositions of aerobically pretreated municipal solid waste on non-methane organic compound emissions during anaerobic degradation. *Waste Management*, 32:1116-1121, 2012.
- [4] L. Neves, E. Goncalo, R. Oliveira, M.M. Alves, Influence of composition on the biomethanation potential of restaurant waste at mesophilic temperatures, 28:965-972, 2008.
- [5] C. Zhang, H. Su, J. Baeyens, T. Tan, Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38:383-392, 2014.
- [6] C.P. Chien Bong, W.S. Ho, H. HashimLim, J.S. Ho, C.S. Peng, W.S. Tan, et al, Review on the renewable energy and solid waste management policies towards biogas development in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70:988-998, 2017.
- [7] A. Zarrabi, et al, Urban Solid Waste Management Analysis, with Emphasis on Recycling of Waste (Case Study, Bochan City). *Geography and Environmental Planning*, 4: 91-108, 1391. (Persian)
- [8] S. Rea, Kinetic modeling and experimentation of anaerobic digestion. *Massachusetts Institute of Technology*, 2014.
- [9] م.ت. صمدی، م. مرشدی سیف، بررسی ترکیب فیزیکی و میزان تولید زباله شهر همدان از خرداد سال ۱۳۷۸ تا اردیبهشت ۱۳۷۹، *مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان*، سال دهم، شماره ۳، 34-38، ۱۳۸۲.
- [۱۰] ن. زین العابدینی، ا. فتائی، بررسی ساختار پسماند جامد شهری اردبیل، *چهارمین کنفرانس بین المللی ایده‌های نو در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری*، اردبیل، 269-276، ۱۳۹۵.
- [۱۱] ه. خودکام، *بیوگاز و عوامل موثر بر آن*، انتشارات زانکو، ۱۳۹۸، چاپ اول.
- [۱۲] ع.ر. ایلدرومی، ح. نوری، ر. میرزایی، ل. دیلنت، *مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی، شهر زرین دشت شیراز)*، *مجله علوم و مهندسی محیط زیست*، سال سوم، شماره ۱۰، ۴۰-۲۳، ۱۳۹۵.
- [13] J. Pichtel, *Waste Management Practices*, Taylor & Francis Group, Florida, Information systems: a demonstration, *Environmental Engineering*, Vol.122, No. 6, pp. 515-523, 2005.

میزان هزینه‌های زندگی از تلف شدن انرژی جلوگیری می‌کنند که 63/15٪ این خانواده‌ها میزان مصرف انرژی‌شان کم است زیرا کمتر مصرف می‌کنند تا هزینه‌ها پایین بیاید و میزان امکانات رفاهی کمتری دارند.

تولید زباله با افزایش تعداد اعضای خانواده رابطه مستقیمی دارد و هر چه تعداد اعضا بیشتر باشد به همان نسبت سرانه تولیدی زباله افزایش می‌یابد زیرا با افزایش اعضا ریخت و پاش در منزل بیشتر صورت می‌گیرد. با توجه به تحقیقات و پژوهش‌های صورت گرفته میزان تولید زباله در خانواده ۷ نفری 1.35 برابر خانواده ۴ نفری بود. در خانواده‌هایی که افراد جوان بیشتری داشتند میزان سرانه تولیدی زباله بیشتر بود.

۴- نتیجه‌گیری

با اینکه بوکان یکی از بزرگترین شهرهای مهاجرپذیر ایران محسوب می‌شود، روزه روز به جمعیت شهرستان افزوده خواهد شد و باید انرژی مورد نیاز تامین و زباله‌های تولیدی ناشی از این افزایش جمعیت مدیریت گردد. بهترین روش انهدام زباله‌ها، بیوگاز است زیرا زباله‌ها مدیریت و انرژی مورد نیاز تامین می‌شود.

در خانواده‌های ثروتمند، بیشترین مقدار ترکیب زباله را میوه تشکیل می‌دهد اما در خانواده‌های فقیر میزان درصد میوه ناچیز است. بیشترین میزان تولید زباله در روزهای پنج شنبه و جمعه است. سرانه کلی زباله تولیدی برای شهرستان ۷۹۳ گرم و میزان سرانه مواد بیمارستانی ۲۰۳۹ گرم برای هر نفر در روز بدست آمد.

در روش دفن مهندسی برای زباله‌های ۲۰ سال این شهرستان احتیاج به ۴۳ هکتار زمین هست که فضای زیادی را اشغال و مشکلات زیادی بار خواهد آورد. با احداث نیروگاه بیوگاز علاوه بر رفع همه مشکلات ناشی از دفن درآمد زایی دارد و باعث اشتغال‌زایی می‌شود. پس همه شرایط حکم می‌نماید که به جای دفن زباله به بیوگاز تبدیل گردد. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی بهترین محل برای احداث نیروگاه بیوگازی، حوالی روستای قورمیش بود.

تفکیک زباله در منبع تولید رضایت بخش نیست و مردم بنا به دلایلی همچون فاقد ارزش مادی مواد تفکیکی، نبود فضای لازم در منزل جهت سطل‌های جداگانه و قیمت‌های پایین خرید ضایعات انگیزه جداسازی ندارند. نبودن سطل زباله در فاصله‌های مشخص از دلایل اصلی انداختن زباله در کوچه و خیابان محسوب می‌شود. ثروتمندان جهت کاهش تعداد دفعات انتقال زباله در طول هفته به محل دفع، حاضر به پرداخت هزینه اضافی بودند. ثروتمندان در همه فصول سال زباله‌های بیشتری نسبت به بقیه افراد جامعه تولید می‌کنند، که نسبت به خانواده‌های فقیر بیش از ۱.۵ برابر است. میزان ثروت با مصرف حامل-های انرژی رابطه مستقیمی دارد. تولید زباله با افزایش تعداد اعضای خانواده رابطه مستقیمی دارد.

۵- مراجع

- [1] K.M. Kapepula, G. Colson, K. Sabri, P. Thonart, A multiple criteria analysis for household solid waste management in the urban community of Dakar, *Waste Management*, 27:1690-1705, 2007.

