



## آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماندهای عادی شهر اردبیل جهت بررسی ضوابط مربوط به تفکیک مواد از مبدا

دکتر مرتضی عالیقدر<sup>۱</sup>، مهندس هادی صادقی<sup>۲</sup>

### چکیده

تعیین کمیت و کیفیت مواد زاید جامد شهری، همراه با طرح بازیافت و تفکیک مواد از مبدا، به عنوان مهمترین اقدام در بحث مدیریت پسماندها مطرح می‌باشد. این مطالعه به منظور انجام آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماندهای عادی شهر اردبیل جهت بررسی ضوابط مربوط به تفکیک مواد از مبدا صورت گرفت. روش کار بر مبنای ماهیت مطالعه (توصیفی تحلیلی) شامل جمع‌آوری اطلاعات و انجام آنالیزهای لازم بر روی پسماندهای عادی شهر اردبیل طی سالهای ۸۳-۱۳۸۲ بود. سرانه تولیدی ( $0/71\text{kg} - 0/67$ )، درصد مواد فساد پذیر ( $73/12 - 62/10$ ) و چگالی ( $189/20 - 250 \text{ kg/m}^3$ )، نتایج آنالیزهای فیزیکی بودند. همچنین برای مواد فساد پذیر، میانگین درصد رطوبت ( $58/95$ ) و ارزش حرارتی ( $5948/16 \text{ kJ/kg}$ ) تعیین گردید. در نهایت جهت تصمیم‌گیری در زمینه تفکیک اجزا از مبدا، انواع پسماندهای عادی به اجزای قابل استفاده در تولید کود آلی، صنایع تبدیلی، تولید انرژی و اجزای دفن شدنی تقسیم بندی شدند.

کلمات کلیدی: مواد زاید جامد، آنالیز فیزیکی و شیمیایی، بازیافت، اردبیل

<sup>۱</sup> Ph.D مهندسی بهداشت محیط، استاد یار دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

<sup>۲</sup> فوق لیسانس مهندسی بهداشت محیط، مربی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل



یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی قرن حاضر، مدیریت پسماندها می باشد. این مدیریت از یک مجموعه مقررات منسجم و سیستماتیک (از تولید تا دفع پسماندها) که منطبق بر کارآمدترین اصول بهداشت عمومی، اقتصاد، حفاظت از منابع، زیبا شناختی و سایر ملزومات زیست محیطی، و آنچه برای عموم مورد توجه است تشکیل شده است. در حال حاضر مدیریت پسماندها، منجر به مجازاتهای سخت اقتصادی، در از دست دادن زمین، مصرف نادرست منابع کمیاب انرژی، مواد اولیه، نیروی انسانی و پول می شود و توجه به این موضوع زمانی بیشتر می شود که پیامدهای مخاطره آمیز آن به طور وضوح برای عموم مردم به تصویر کشیده شود.

پسماندهای عادی (زباله های خانگی، نخاله های ساختمانی و...) عمده ترین قسمت تشکیل دهنده پسماندهای شهری بوده که در حال حاضر توسط شهرداریها مدیریت می شوند. تعیین آنالیز فیزیکی و شیمیایی زباله های عادی در جهت انجام برنامه های مدیریت پسماندها، از اساسی ترین اقدامات به شمار می رود. اطلاعات و داده های مربوط به ترکیبات فیزیکی مواد زاید جامد عادی (سرانه تولید، درصد وزنی اجزا و چگالی) برای انتخاب و راه اندازی وسایل و تجهیزات، ارزیابی و امکان بازیابی مواد و انرژی، تجزیه و تحلیل و طراحی تأسیسات دفن پسماندها مهم هستند. همچنین آگاهی از ترکیب شیمیایی (خاکستر، ارزش حرارتی، تجزیه نهایی، pH و رطوبت) پسماندهای عادی در ارزیابی فرآیند و روشهای بازیافت انرژی از اهمیت فراوانی برخوردار است.

جداسازی بعضی از اجزای قابل بازیافت از زباله های عادی، از لحاظ اقتصادی و بهداشتی، لازمه تکمیل پروژه های مدیریت پسماندهاست. جداسازی و تفکیک اجزای زباله های عادی در مبدا، علاوه بر کاهش حجم زباله و صرفه جویی در هزینه های حمل و نقل، منبع خوبی برای تولید مواد و انرژی خواهد بود. طبقه بندی اجزای پسماندهای عادی به طور منظم، جهت تصمیم گیری در زمینه تفکیک مواد از مبدا، نقش مهمی در برنامه های بازیافت پسماندها داشته و مورد استقبال جهانیان قرار گرفته است. در این راستا تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی زباله های عادی شهراردبیل، جهت تعیین ضوابط مربوط به تفکیک اجزای پسماندها از مبدا، برای تأمین مواد و انرژی و برنامه ریزی جهت بهبود مدیریت پسماندهای شهری، ضروری به نظر می رسد.



## روش کار

ماهیت مطالعه، توصیفی تحلیلی بوده و شیوه کار بر اساس جمع آوری اطلاعات موجود از منابع مختلف و انجام آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی بر روی پسماندهای عادی شهر اردبیل طی سالهای ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ بود. تعیین میزان تولید زباله های عادی (سرانه تولید) از طریق توزین آنها در روزهای مشخصی از ماه، طی یکسال در ایستگاه انتقال پسماندهای شهری اردبیل، تعیین درصد اجزای پسماندها بر اساس تقسیم بندی شهرداری به نواحی مختلف و انتخاب نمونه های تصادفی از مبدا (منازل مسکونی، ادارات، فروشگاهها و ...) طی چهار فصل، تعیین چگالی پسماندها با استفاده از بشکه استوانه ای شکل و باسکول بود. به علت خصوصیات و طبیعت ناهمگن مواد زاید جامد عادی، جهت انجام آزمایشات شیمیایی، آماده سازی ابتدایی نمونه ها ضروری بوده و آزمایشاتی که بر روی پسماندهای خام آماده شده انجام گرفت، شبیه آنالیزهایی بود که بر روی کمپوست انجام می شود و کلیه دستور العمل های آزمایش زباله خام و کمپوست، از آزمایشات مربوط به شیمی خاک اقتباس شده است. همچنین به لحاظ اهمیت مواد فساد پذیر در زباله های شهری و از آنجائیکه قسمت اعظم پسماندهای عادی را مواد قابل تجزیه بیولوژیکی تشکیل می دهند، لذا کلیه آزمایشات شیمیایی بر روی مواد فساد پذیر صورت گرفت.

## نتایج

میزان پسماندهای عادی جمع آوری شده شهر اردبیل به طور متوسط در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۸۲ به ترتیب ۲۶۰، ۲۷۰، ۲۷۵، ۲۶۰ تن در روز تعیین شده است. با توجه به جمعیت تحت پوشش خدمات شهری شهرداری اردبیل (حدوداً ۳۹۰۰۰۰ نفر)، متوسط سرانه تولیدی پسماندها در فصول چهارگانه به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۷۱، ۰/۶۹ و ۰/۶۷ کیلوگرم در روز به ازای هر نفر بود. همچنین نتایج تعیین چگالی و درصد وزنی اجزای پسماندهای عادی شهر اردبیل به طور میانگین در فصول مختلف در جداول ۱ الی ۴ نشان داده شده است.



جدول (۱) میانگین نتایج آنالیز فیزیکی پسماندهای عادی شهر اردبیل در فصل بهار سال

۱۳۸۲

اجزای تشکیل دهنده پسماندهای عادی	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	درصد وزنی اجزا
مواد فساد پذیر (آلی)	۱۳۳/۳۲	۶۵/۳۵
کاغذ، کارتن و مقوا	۱۶/۵۶	۸/۱۲
مواد پلاستیکی	۲۲/۸۱	۱۱/۱۸
فلزات	۷/۴۵	۳/۶۵
شیشه	۴/۲۸	۲/۱۰
منسوجات	۶/۶۳	۳/۲۵
چوب	۲/۷۵	۱/۳۵
بقیه مواد(نخاله های ساختمانی، خاکستر...)	۱۰/۲۰	۵/۰۰
جمع	۲۰۴/۰۰	۱۰۰/۰۰

جدول (۲) میانگین نتایج آنالیز فیزیکی پسماندهای عادی شهر اردبیل در فصل تابستان سال

۱۳۸۲

اجزای تشکیل دهنده پسماندهای عادی	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	درصد وزنی اجزا
مواد فساد پذیر (آلی)	۱۳۸/۳۴	۷۳/۱۲
کاغذ، کارتن و مقوا	۱۴/۲۷	۷/۵۴
مواد پلاستیکی	۱۵/۳۶	۸/۱۲
فلزات	۳/۹۷	۲/۱۰
شیشه	۱/۹۳	۱/۰۲
منسوجات	۹/۲۷	۴/۹۰
چوب	۲/۷۴	۱/۴۵
بقیه مواد(نخاله های ساختمانی، خاکستر...)	۳/۳۲	۱/۷۵
جمع	۱۸۹/۲۰	۱۰۰/۰۰



جدول (۳) میانگین نتایج آنالیز فیزیکی پسماندهای عادی شهر اردبیل در فصل پاییز سال ۱۳۸۲

اجزای تشکیل دهنده پسماندهای عادی	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	درصد وزنی اجزا
مواد فساد پذیر (آلی)	۱۷۴/۰۰	۶۹/۶۰
کاغذ ، کارتن و مقوا	۲۲/۸۷	۹/۱۵
مواد پلاستیکی	۳۲/۰۰	۱۲/۸۰
فلزات	۴/۵۰	۱/۸۰
شیشه	۳/۰۰	۱/۲۰
منسوجات	۷/۵۰	۳/۰۰
چوب	۲/۵۰	۱/۰۰
بقیه مواد(نخاله های ساختمانی ، خاکستر...)	۳/۶۳	۱/۴۵
جمع	۲۵۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

جدول (۴) میانگین نتایج آنالیز فیزیکی پسماندهای عادی شهر اردبیل در فصل زمستان ۱۳۸۲

اجزای تشکیل دهنده پسماندهای عادی	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	درصد وزنی اجزا
مواد فساد پذیر (آلی)	۱۲۴/۲۶	۶۲/۱۰
کاغذ ، کارتن و مقوا	۲۰/۳۱	۱۰/۱۵
مواد پلاستیکی	۲۷/۸۱	۱۳/۹۰
فلزات	۴/۰۰	۲/۰۰
شیشه	۳/۶۱	۱/۸۰
منسوجات	۵/۶۱	۲/۸۰
چوب	۵/۰۰	۲/۵۰
بقیه مواد(نخاله های ساختمانی ، خاکستر...)	۹/۵۰	۴/۷۵
جمع	۲۰۰/۱۰	۱۰۰/۰۰



همچنین در جداول ۵ الی ۷ میانگین نتایج آنالیز شیمیایی مواد فساد پذیر زیاله های عادی شهر اردبیل در سال ۱۳۸۲ آورده شده است.

جدول (۵) میانگین نتایج آنالیز شیمیایی مواد فساد پذیر پسماندهای عادی شهر اردبیل در سال

۱۳۸۲

pH	C/ N	ترکیب عناصر (Kg)						میانگین وزن خشک (kg)	میانگین وزن مرطوب (kg)	میانگین درصد رطوبت	اجزای زیاله
		خاکستر	S	N	O	H	C				
۷/۴۰	۶۳/۷۱	۱۳/۱	۱۱/۰	۸۸/۰	۶۳/۰۱	۸۸/۱	۱۳/۳۱	۲۷/۷۲	۳۵/۸۱	۵۸/۹۵	مواد فساد پذیر

جدول (۶) تعیین درصد اجزای محاسبه شده آنالیز شیمیایی مواد فساد پذیر پسماندهای عادی

شهر اردبیل در سال ۱۳۸۲

جرم (Kg)	درصد بر حسب جرم	اجزا
۱۳/۳۱	۱۵/۳۶	C
$\frac{2 \times 58/95 = 7/55 + 1/77 = 8/32}{18}$	۹/۶۰	H
$\frac{16 \times 58/95 = 52/40 + 10/42 = 62/82}{18}$	۷۲/۴۸	O
۰/۷۲	۰/۸۳	N
۰/۱۱	۰/۱۳	S
۱/۳۹	۱/۶۰	خاکستر
۸۶/۶۷	۱۰۰/۰۰	جمع



جدول (۷) محاسبه ترکیب مولار و نسبت مولی عناصر در مواد فساد پذیر پسماندهای عادی شهر

اردیبهل در سال ۱۳۸۲

عنصر	جرم (Kg)	وزن اتمی	ترکیب مولار	نسبت مولی (S=1)	نسبت مولی (N=1)
C	۱۳/۳۱	۱۲/۰۱	۱/۱۱	۳۷۰/۰۰	۲۲/۲۰
H	۸/۳۲	۱/۰۱	۸/۲۴	۲۷۴۶/۶۷	۱۶۴/۸۰
O	۶۲/۸۲	۱۶/۰۰	۳/۹۳	۱۳۱۰/۰۰	۷۸/۶۰
N	۰/۷۲	۱۴/۰۱	۰/۰۵	۱۶/۶۷	۱/۰۰
S	۰/۱۱	۳۲/۰۶	۰/۰۰۳	۱/۰۰	۰

محاسبه فرمول شیمیایی جهت مواد فساد پذیر زباله های عادی شهر اردیبهل در سال ۱۳۸۲

الف) فرمول شیمیایی با گوگرد  $C_{370}H_{2747}O_{1310}N_{17}S$

ب) فرمول شیمیایی بدون گوگرد  $C_{22}H_{165}O_{79}N$

محاسبه ارزش حرارتی مواد فساد پذیر پسماندهای عادی شهر اردیبهل در سال ۱۳۸۲

$$\text{ارزش حرارتی} = 337(15/36) + 1428(9/60 - 72,48 \div 8) + 9(0/13) = 5948/61 \text{ KJ/kg}$$

$$\text{ارزش حرارتی مواد خشک} = 5948/61(100 \div 100 - 58/95) = 14491/13 \text{ KJ/kg}$$

$$\text{ارزش حرارتی مواد خشک بدون خاکستر} = 5948/61(100 \div 100 - 58/95 - 5) = 16501 \text{ KJ/kg}$$

بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات

آنالیز فیزیکی و شیمیایی زباله های عادی شهر اردیبهل نشان داد که برای یافتن ارتباط بین عناصر تشکیل دهنده زباله و روشهای مختلف بازیافت، انواع پسماندهای عادی را می توان به ۴ گروه زیر تقسیم بندی کرد.

#### ۱- اجزای قابل استفاده در تولید کود آلی

این اجزا شامل مواد فساد پذیر موجود در زباله هستند. سهم این گروه از مواد در پسماندهای عادی شهر اردیبهل، حدود هفتاد درصد می باشد. پس مانده های غذایی، شاخ و برگ درختان و نان در این گروه طبقه بندی می شوند.



## ۲- اجزای قابل استفاده در صنایع تبدیلی

این مواد، قابل سوختن و کودسازی نیستند. این گروه سهمی معادل ۲۰ درصد از پسماندهای عادی را به خود اختصاص داده‌اند. این اجزای فرآیندهای مختلفی، مجدداً مورد مصرف قرار می‌گیرند. مواد پلاستیکی، گونی، کاغذ، کارتن، مقوا، فلزات، شیشه، چوب، لاستیک و نان در این گروه جای می‌گیرند.

## ۳- اجزای قابل استفاده در تولید انرژی

این گروه منحصراً قابل احتراق هستند و انرژی بالایی را هنگام سوختن تولید می‌کنند. سهم این گروه نیز در زباله‌های عادی شهر اردبیل حدود ۹ درصد است. استفاده از مواد زاید قابل اشتعال برای تولید انرژی به عنوان ایجاد منبع حرارتی و گرمایش در مجتمع‌های مسکونی و ... تولید برق و سایر مصارف، یکی دیگر از زمینه‌های بازیافت مواد زاید است. پایین بودن میزان رطوبت زباله و بالا بودن سهم مواد قابل اشتعال در پسماندها، از مهمترین خصوصیات است که در انتخاب این روش مد نظر قرار می‌گیرد. مواد پلاستیکی، گونی و لاستیک در این گروه طبقه بندی می‌شوند.

۴- اجزای غیر قابل استفاده در بازیافت (اجزای دفن شدنی)؛ این اجزا در هیچ یک از گروه‌های فوق‌الذکر قابل استفاده نبوده و بایستی به صورت بهداشتی دفن گردند. سهم این گروه از پسماندها حدود ده درصد می‌باشد. پارچه، چرم، فرش، موکت، چینی، ملامین، کفش، ضایعات خطرناک و نخاله‌های ساختمانی جز موادی هستند که باید به صورت بهداشتی دفن شوند. با توجه به مطالب ارائه شده، به طور اختصار ضوابط مربوط به تفکیک مواد از مبدا در پسماندهای عادی از دیدگاه‌های مختلف (برنامه‌ریزی، فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی، اجرایی و...) به شرح زیر عنوان می‌گردد:

۱- تمامی اجزاء و عناصر تشکیل دهنده مدیریت پسماندها به هم ارتباط دارند. همچنین مدیریت پسماندهای شهری ارتباط تنگاتنگ با عوامل اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و ... دارد. لذا لازم است در کنار اصلاح برخی از برنامه‌های مدیریت پسماندها (جمع‌آوری، حمل و نقل و...) توجه به بازیافت به صورت کلی و جامع باشد.

۲- ایجاد یک نظام یکنواخت

۳- جهت اندازه‌گیری کمی و کیفی، طبقه بندی اجزای مواد زاید به طور منظم جهت تصمیم‌گیری در خصوص بازیافت، دفع و ...





- ۴- در طراحی اولیه جهت تفکیک زباله ها از مبدا، تمام اجزای نظام به صورت جامع و یکپارچه مورد توجه قرار گیرد.
- ۵- وضع قوانین لازم در زمینه بازیافت و طرح تفکیک از مبدا و اجرای آن بصورت آزمایشی در چندین منطقه و در صورت نیاز، به صورت جامع و کلی اصلاح گردد.
- ۶- آموزش مستمر مردم از طریق رسانه های گروهی مانند رادیو، روزنامه و تلویزیون در خصوص اهمیت موضوع (مردم آنچه را که نمی بینند شاید در مورد آنها فکر هم نکنند)
- ۷- توجه به وضعیت فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی تولید کنندگان زباله (وجود طبقات مالی و فرهنگی، در برنامه ریزی تفکیک مواد از مبدا تاثیر بسزایی دارد)
- ۸- همکاری و مشارکت مردم؛ موفقیت یا عدم موفقیت برنامه های بازیافت به درصد مشارکت مردم بستگی دارد. ایجاد فرآیند حساسیت و دادن آگاهی به مردم راجع به اهداف پروژه، صداقت در جلب مشارکت و ... از مهمترین اقدامات این بخش محسوب می شوند.
- ۹- تشویق و مجازات (مالیات های ویژه یا جریمه های خاص) تولید کنندگان زباله در قبال تفکیک اجزا از مبدا یا عدم آن. به عنوان مثال، دریافت حق الزحمه معین جهت جمع آوری زباله های دفن شده براساس میزان و حجم زباله تولیدی (این عمل باعث می شود راندمان تفکیک از مبدا زیاد شود) یا خرید مواد بازیافتی از مردم جهت تشویق آنها به همکاری در این زمینه پیشنهاد می گردد.
- انجام ارزیابی های زیست محیطی در زمینه تفکیک مواد از مبدا
- ۱۰- استفاده از بخش خصوصی و سازمانهای غیر دولتی (NGO) با نظارت دولت و مسئولین مربوطه. در حال حاضر NGO ها به راحتی می توانند به مردم نزدیک تر شوند. فاصله از این تفکر که دولت می تواند در این زمینه به تنهایی کار ساز باشد لازم می باشد (رسیدگی به مسائل و مشکلات NGO ها از نکات قابل توجه در این خصوص می باشد)
- ۱۱- ترغیب صنایع بازیافتی و حمایت از محصولات بازیافتی توسط مسئولین و مردم
- ۱۲- با شروع طرح تفکیک از مبدا و مشاهده نواقص، ایرادات، موارد مثبت و ...، طرحهای تکمیلی از قبیل تجدید نظر در قوانین و مقررات، آموزش مردم، شیوه های جلب مشارکت، تشویق و مجازات، نحوه جمع آوری اجزای بازیافتی، کاهش یا افزایش اجزای قابل بازیافت و... اجرا خواهد شد.



1- Peavy H , Rowe D and Tchobanoglous G. Environmental Engineering.

Mc Graw- Hill. 1985.

2- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1995.

۳- موسسه تحقیقات آب و خاک . روش آزمایشگاهی شیمی خاک. نشریه شماره ۱۶۸.

۴- عمرانی، ق. مواد زاید جامد (جلد اول). دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۳۷۳.

۵- آدامز، د. راهنمای آزمایشهای آب و فاضلاب . مترجم : ترکیان ،ا. دانشگاه علوم پزشکی اصفهان. ۱۳۷۲.

۶- عمرانی ، ق. مواد زاید جامد (جلد دوم). دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۳۷۴.

۷- چوبانوگلووس ج ، تیسن ه و الیاسن ر. مدیریت مواد زاید جامد (جلد اول). مترجم: عبدلی ، م. سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری. ۱۳۷۰.