Determination of Waste Content

(A study on types and components of municipal solid waste in the public landfill of Makkah Al Mukarramah)

Dr. Mohammed Jabra [1], Misfer Algarni [2], Wesam Mirza [3], Engr. Aseel Balkhi [4]

[1] Department of Mechanical Engineering, Lulea University, Sweden
[2] Department of Geography and Geographic Information Systems, King Abdulaziz University, Jeddah Saudi Arabia
[3] Department of Geography and Geographic Information Systems, King Abdulaziz University, Jeddah Saudi Arabia
[4] Department of Electrical Engineering, Um Alqura University, Makkah Saudi Arabia

Abstract: This study aims to shed light on the current situation of solid waste generated by the general population in Makkah Al-Mukarramah, focusing on its collection, sorting, composition, quantities, and types. The gathered information contributes to the formulation of appropriate policies for solid waste management, encourages investment in recycling and energy recovery, and aims to derive economic benefits while mitigating negative environmental impacts. The study methodology relies on available data from waste collection points, utilizing daily reports on waste quantities, types, and sources. The American Society for Testing and Materials (ASTM) method was employed for sample selection and waste component identification. The waste was categorized into general waste and building debris, with general waste encompassing household waste, commercial waste, large-sized waste, tree trimmings, slaughterhouse and poultry waste, and tire waste. The daily average of waste received at the general waste collection points in Makkah Al-Mukarramah (including general waste and building debris) was found to be 3,636 tons per day. The average for regular days was 2,804 tons per day, and the average for building debris was 832 tons per day. Anticipated increases in waste quantities during the Ramadan and Hajj seasons were highlighted due to the large number of visitors, especially pilgrims and Umrah performers, who heavily rely on pre-packaged meals. Additionally, the distribution of free meals and beverages during these seasons contributes to a significant portion of waste, ending up in landfill bins. A comparative analysis with a 1997 study conducted by the Fiqh Center for Research and Development revealed a substantial increase in waste percentages during Ramadan (122% - 149%) and Hajj seasons (242% - 304%). Using the ASTM method for waste component identification, 32 random samples were selected from household and commercial waste in Makkah, distributed across 11 neighborhoods. The study also found a significant decrease in the organic wet waste component in household waste, dropping from 57% to 30% over a 25-year period, attributed to the successful environmental awareness project, "Preserving Blessings." This project, initiated several years ago, has effectively reduced the percentage of organic materials in waste components from 57% to 28%, promoting the Islamic values of conserving blessings and encouraging charity and assistance to the needy. The project collects surplus food through healthy and hygienic methods, redistributing it to the less fortunate. The study also identified a substantial increase in the percentage of plastic waste at the general waste collection points in Makkah Al-Mukarramah, reaching 24%, significantly higher than the 6% reported in the 1997 study. Plastic bags accounted for 67% of the plastic waste, indicating a significant rise in plastic consumption, especially plastic bags, over the past 25 years due to the growing plastic industry and increased population and income levels.

تحديد محتوى النفايات

(دراسة أنواع و مكونات النفايات البلدية الصلبة بالمردم العام بمكة المكرمة)

د. محمد جبرة [١]، مسفر القرني [٢]، وسام مرزا [٣]، م. أصيل بلخي [٤]

[١] دكتوراه نظم الطاقة – قسم الهندسة الميكانيكية –جامعة لوليو – السويد
[٢] ماجستير – قسم الجغرافيا و نظم المعلومات الجغرافية –جامعة الملك عبدالعزيز – جدة – المملكة العربية السعودية
[٣] ماجستير – قسم الجغرافيا و نظم المعلومات الجغرافية –جامعة الملك عبدالعزيز – جدة – المملكة العربية السعودية
[٤] بكالوريوس – قسم الهندسة الكهربائية –جامعة أم القرى – مكة المكرمة – المملكة العربية السعودية

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى إلقاء الضوء على الوضع الراهن للنفايات التي ترد مردم النفايات العام بمكة المكرمة و فرزها و تحديد مكوناتها و كمياتها و أنواعها فهذه المعلومات تساهم في وضع السياسة المناسبة لإدارة النفايات الصلبة و تشجيع الاستثمار في مجالات التدوير و استعادة الطاقة للإستفادة من النفايات إقتصادياً و تقليل آثارها البيئية السلبية. منهجية الدراسة اعتمدت على البيانات المتوفرة بالمردم من خلال التقارير اليومية لكمية النفايات و أنواعها و مصادر تولدها بالإضافة إلى فرز و تحديد مكونات النفايات المنزلية و التجارية باستخدام الطريقة الأمريكية (ASTM) في كيفية اختيار العينة و طريقة تحديد مكوناتها. تم تقسيم النفايات إلى نفايات عامة و نفايات مخلفات المباني، النفايات العامة تشمل (النفايات المنزلية، النفايات التجارية، النفايات ذات الحجم الكبير، نفايات قطوعات الأشجار، نفايات المسالخ و الدواجن، نفايات الإطارات). و جدنا أن المتوسط اليومي للنفايات الواردة لمردم النفايات العام بمكة المكرمة (النفايات العامة و مخلفات المباني) هو (٣٦٣٦) طن / اليوم و متوسط النفايات العامة للأيام العادية بلغت (٢٨٠٤) طن / اليوم و متوسط مخلفات المباني التي ترد يومياً للمردم هو (٨٣٢) طن / اليوم. و نتوقع أن تكون هنالك زيادة كبيرة في كميات النفايات الواردة للمردم خلال موسمي رمضان و الحج و ذلك نتيجة للأعداد الكبيرة من زوار بين الله الحرام من المعتمرين و الحجاج و الذين يعتمدون بشكل أساسي على الوجبات الجاهزة المغلفة، و كما أن الصدقات من الوجبات و المشروبات التي توزع مجاناً و بكميات كبيرة تزيد عن احتياجات زوار البيت الحرام مما تسبب في فساد جزء كبير منها لينتهي بها المطاف في صناديق القمامة.

في الدراسة التي أجراها مركز فقيه للأبحاث و التطوير في عام ١٩٩٧م، و بمقارنة أوزان النفايات في موسمي رمضان و الحج بأوزان النفايات في الأيام العادية أشارت الدراسة إلى أن الزيادة في النسبة المئوية لشهر رمضان تتراوح بين (١٢٢٪ – ١٤٩٪) في حين كانت الزيادة في النسبة المئوية للنفايات خلال موسم الحج تتراوح ما بين (٢٤٢٪ – ٣٠٤٪). بناءً على الطريقة الأمريكية في تحديد مكونات

النفايات (ASTM) للحصول على دقة عالية في النتائج (٩٠٪) تم اختيار (٣٢) عينة بطريقة عشوائية من النفايات المنزلية و التجارية و تم تقسيم مدينة مكة إلى (١١) حي و تم اختيار عينتان من كل حي بطريقة عشوائية و بنفس الأسلوب تم اختيار (١٠) عينات من المناطق التجارية.

و بمقارنة نسبة النفايات العضوية الرطبة في مكونات النفايات المنزلية لمكة المكرمة، بينت الدراسة التي أجراها مركز فقيه للأبحاث و التطوير (١٩٩٧م) و دراسة القسم الفني بالإدارة العامة للنظافة لتحديد مكونات النفايات المنزلية في عام ٢٠٢٢م نجد انخفاض كبير في نسبة النفايات الغذائية في محتوى مكونات النفايات فلقد انخفضت من (٥٧٪ إلى ٣٠٪) خلال خمسة و عشرين عاماً و قد يعود تفسير ذلك إلى مشروع برنامج حفظ النعمة. مشروع حفظ النعمة الذي انطلق منذ عدة سنوات يمكن اعتباره من مشاريع التوعية البيئية الناجحة الذي كانت من إحدى نتائجه الهامة هو انخفاض نسبة المواد العضوية بصورة واضحة في مكونات النفايات من (٥٧٪ إلى ٢٨٪) و قد حققت تلك النتائج من خلال استشعار قيم ديننا الحنيف في معاني المحافظة على النعمة و الحث على المسارعة للخيرات و ما حث عليه النبي المجتبى سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم في أهمية الصدقة و مساعدة الفقراء و المحتاجين. و تقوم فكرة هذا المشروع على جمع الفائض من الطعام بطرق صحية سليمة، حيث يعاد تجهيزه ثم يتم توزيعه على الفقراء و المحتاجين و قد شارك في تحقيق أهداف هذا المشروع بالمملكة العربية السعودية الكثير من الجمعيات الخيرية و لعل أشهرها جمعية حفظ النعمة الخيرية و كما انطلقت فعاليات هذا البرنامج في كثير من المدارس و الجامعات على مستوى المملكة. كما وجدت الدراسة أن نسبة المواد البلاستيكية في مكونات النفايات بمردم النفايات العام بمكة المكرمة هي (٢٤٪) و هي أعلى بكثير من نسبة النفايات البلاستيكية التي تم قياسها منذ خمسة و عشرين عاماً، فالدراسة التي أجراها مركز فقيه لأبحاث و التطوير (١٩٩٧م) قدرت نسبة مواد البلاستيك في مكونات النفايات الصلبة لمكة المكرمة هي (٦٪). و أكدت الدراسة أن الأكياس تمثل (٦٧٪) من كمية النفايات البلاستيكية في حين بقية الأنواع الأخرى من البلاستيك لا تزيد نسبتها عن (٣٣٪). و هذا يشير إلى زيادة كبيرة في استهلاك المواد البلاستيكية بمكة المكرمة خاصة أكياس البلاستيك فلقد تضاعف استهلاكها عدة مرات خلال الخمسة و العشرين عاماً الماضية. و يرجع تفسير ذلك إلى التطور الكبير و المتنامي في صناعة المواد البلاستيكية بالمملكة العربية السعودية، الذي أدى إلى توفر المواد البلاستيكية و بأسعار رخيصة و كما ساهمت الزيادة في أعداد السكان و الزيادة في معدلات الدخل إلى ارتفاع كبير في معدل الاستهلاك من المواد الغذائية و الذي بدوره أدى إلى ارتفاع في استهلاك المواد البلاستيكية بصورة عامة و أكياس البلاستيك بصفة خاصة.

أولاً: المقدمة

مشكلة النفايات الصلبة تعتبر من المشاكل البيئية الكبرى لآثارها الضارة على الصحة العامة و البيئية و تشويهاً للمظهر الحضاري للمجتمع، فمشكلة النفايات الصلبة مشكلة عالمية و لم تعد مشكلة تخص بلداً معيناً دون الآخر و إنما أصبحت مشكلة عالمية تستلزم التعاون بين جميع الدول و التنسيق المستمر بين كل الجهات المعنية من علماء و اقتصاديين و سياسيين و مؤسسات و مراكز بحثية للحد من آثارها السلبية، خاصة و أن كمية النفايات الصلبة في تزايد، فالآثار البيئية السلبية للنفايات ساهمت في ظاهرة الاحتباس الحراري و

تغير المناخ و ظاهرة الثقوب في طبقة الأوزون و هي مشاكل تتأثر بها الكرة الأرضية و مستقبل الحياة فيها، فالآثار البيئية السلبية للنفايات في تزايد مستمر نتيجة زيادة عدد السكان و النمو و الإزدهار الاقتصادي و التحسن في مستوى المعيشة.

كمية النفايات و معدل تولدها يرتبط ارتباطاً وثيقاً بتعداد السكان و معدل إنتاج النفايات اليومي، و حسب إحصائيات الهيئة العامة للإحصاء[1] في المملكة العربية السعودية، فإن معدل النمو السكاني في المملكة يتراوح بين (٢,٥ – ٣ %) سنوياً. و قد بلغ عدد سكان المملكة العربية السعودية في عام ٢٠٢٢م حوالي (٣٤,١ مليون نسمة) ، بزيادة قدرها ٢٨٪ عن عدد السكان في عام ٢٠١٧م. كما أن ارتفاع مستوى المعيشة و الزيادة المطردة للتوسع باتجاه المدن ستؤدي إلى زيادة كبيرة في معدلات تولد النفايات خلال الأعوام القادمة و لقد جاء في الدراسة التي أعدتها وزارة الشؤون البلدية و القروية [2] أن زيادة عدد السكان ستؤدي إلى زيادة كمية النفايات المتولدة من (١٤) مليون طن في ٢٠١٩م إلى (١٧,٥) مليون طن في ٢٠٢٤م، و أن معدل إنتاج الفرد من النفايات الصلبة في المملكة يتراوح بين (١,٢ – ١,٤) كيلوجرام في اليوم، فنتيجة للزيادة المطردة لكمية النفايات المتولدة في المدن و المحافظات بالمملكة، امتلأت معظم مكبات النفايات و كما أن الكثير منها وصل إلى طاقته القصوى مما قد يتسبب في صعوبة إيجاد مساحات مناسبة لبناء مطامر جديدة لدفن النفايات فمدافن النفايات تحتاج إلى مساحات كبيرة من الأرض و مواصفات خاصة و تكاليف باهظة.

إن دفن النفايات دون الاستفادة منها تعني أن مئات الأطنان التي تحوي على مواد قيمة تهدر دون تدويرها و الإستفادة منها كمصادر لتوليد الطاقة بالإضافة إلى الأضرار البيئية التي يمكن أن تسببها، هنالك الكثير من التقنيات المتقدمة للإستفادة إقتصادياً من النفايات و تقليل آثارها البيئية السلبية و بالتالي تقليل كميات النفايات التي تحتاج إلى طمر و ذلك من خلال الإستفادة من مكونات النفايات بتدوير المواد القابلة للتدوير، و إنتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) و الكمبوست (Compost) من المواد العضوية و حرق المواد القابلة للحرق لتوليد الطاقة، و لتشجيع الإستثمار في هذا المجال لابد من تحديد مكونات النفايات و أنواعها و كمياتها.

و لقد أثبتت الدراسات التي أجريت في مناطق عديدة في العالم أن نوعية النفايات و كمياتها و مكوناتها تختلف من موسم لآخر و من دولة لأخرى كما أن العادات الإستهلاكية و ثقافة المجتمع في الطعام و نوعيته لها أثر في تحديد مكونات النفايات، و النفايات في مدينة مكة المكرمة تختلف كمياتها و مكوناتها بحسب المواسم و الأشهر، ففي موسمي رمضان و الحج تزداد كميات النفايات بصورة كبيرة و ذلك نتيجةً لأعداد الزوار الكبيرة لبيت الله الحرام كما أن مكوناتها قد تختلف تبعاً لإختلاف الثقافات و العادات للزوار و الحجاج و المعتمرين.

و في الدراسة التي أعدها مركز فقيه [3] للأبحاث و التطوير (١٩٩٧م) أكدت بأن هنالك كميات مقدرة من النفايات القابلة للتدوير يتم إستخلاصها من النفايات بواسطة الأحواش المنتشرة حول المردم العام للنفايات بمكة المكرمة عن طريق جامعي القمامة (Waste Pickers) أو عمال النظافة و لا توجد إحصائيات واضحة عن نسبة النفايات التي تصل إلى الأحواش في الوقت الحالي و لكن من المؤكد أن هذه النسبة زادت بصورة كبيرة و تحتاج إلى إعادة تقييم.

ثانياً: أهداف الدراسة

تكمن أهداف هذه الدراسة في تحديد أنواع و كميات و مكونات النفايات التي تصل إلى مردم النفايات بمكة المكرمة الذي يقع في منطقة العكيشية حيث يستقبل المردم جميع أنواع النفايات المتولدة بمكة المكرمة ما عدا نفايات القطاع الصحي و النفايات الصناعية، الصورة الجوية أدناه توضح موقع المردم بالعكيشية.

ثالثاً: منهجية الدراسة و طريقة أخذ العينة

قام فريق العمل بالاجتماع بإدارة المردم حيث تم الاطلاع على نظام العمل و التقرير اليومي لأنواع النفايات التي ترد إلى المردم و كمياتها و طريقة تسجيل البيانات و يشمل التقرير اليومي لمردم النفايات بمكة المكرمة النفايات الآتية:

- **النفايات المنزلية:** هي النفايات التي تجمع من الأحياء و المجمعات السكنية بواسطة الشركات المتعاقدة لنظافة مدينة مكة المكرمة بالإضافة إلى النفايات الواردة من المحطات الانتقالية.
- **النفايات التجارية:** تعني النفايات التجارية. حيث تم تحديد مكونات النفايات المنزلية و التجارية الواردة لمرمى النفايات بمكة المكرمة (بالعكيشية) تمت باستخدام طريقة القياس العالمية في تحديد مكونات النفايات البلدية الصلبة[٤] (ASTM- American Society for Testing and Materials)
- **النفايات ذات الحجم الكبير:** هي النفايات ذات الحجم الكبير مع نسبة ضئيلة من الأحجار التي تجمع كمبعثرات يمكن تجاهلها و لذلك تم اعتبار الأنقاض تمثل النفايات ذات الحجم الكبير.
- كما تم الاتفاق على إضافة كميات النفايات اليومية التي تصل إلى المرمى من قطعات الأشجار و نفايات المسالخ و شركات الدواجن (فقيه) و مخلفات الإطارات إلى التقرير اليومي.

طريقة (ASTM) وضعت بواسطة الجمعية الأمريكية للاختبارات و المواد فطريقة اختيار العينات و عددها تم تحديدها من خلال ممارسات و اختبارات طويلة لتعطي نتائج دقيقة و موثوقاً بها.

و تعتمد طريقة (ASTM) على الفرز اليدوي لعدد من العينات يتم اختيارها بصورة عشوائية و وزن العينة الموصى بها هي (١٠٠) كجم لكل عينة و لقد ثبت من خلال دراسات عديدة تمت بواسطة (American Society and Testing Materials) أن القياسات التي تمت بشأن حجم العينة لا تختلف إلى حد كبير إذا تمت لعينات بحجم أكبر أخذت من نفس النفايات[٥].

و وفقاً للمنهجية الأمريكية (ASTM)، يجب أن يكون إجمالي (٣٢) من العينات مختارة بشكل عشوائي حيث يتم فرزها و تحليلها للحصول على المستوى المطلوب من الدقة الإحصائية (٩٠٪) و لقد تم تحليل (٢٢) عينة من النفايات المنزلية و (١٠) عينات من النفايات التجارية و عدد من النفايات المختارة من المناطق السكنية و التجارية تم اختيارها لتتناسب مع كميات النفايات المتولدة لهذين القطاعين و لقد تم أخذ العينات بصورة عشوائية من (١٩٠) طن تم جمعها من أحياء مكة المكرمة و من المناطق التجارية كما هو موضح بجدول (١) الذي يوضح مناطق و كميات النفايات المنزلية و التجارية التي تم تحليلها و أخذ العينات منها في خلال الفترة من ١٤٤٣/٦/٢٣هـ - ١٤٤٣/٧/١٣هـ.

رابعاً: أنواع النفايات بالمردم العام بمكة المكرمة

يستقبل المردم للنفايات بمكة المكرمة عدة أنواع من النفايات هي:

١. النفايات المنزلية ٢. النفايات التجارية ٣. النفايات ذات الحجم الكبير ٤. الإطارات
٥. قطوعات الأشجار ٦. نفايات المسالخ و مزارع الدواجن ٧. نفايات الهدم و البناء

و في هذه الدراسة تم تقسيم النفايات التي تصل للمردم إلى نوعين **النوع الأول** النفايات العامة و هي التي تشمل النفايات (١-٦)، **و النوع الثاني** نفايات الهدم و البناء (٧)، فنفايات الهدم و البناء تصل بكميات كبيرة تقدر بحوالي (٢٥٪) من مجموع النفايات التي تصل للمردم (١-٧) و كما أن مكوناتها تختلف عن بقية مكونات النفايات الأخرى و لذلك تم حساب كمياتها بصورة منفصلة.

و النفايات حسب تعريف وزارة الشؤون البلدية و القروية[٢] هي: جميع المواد التي يتم رميها أو التخلص منها، و لا تكون ذات فائدة لمنتجها؛ كالنفايات المنزلية، و نفايات البناء و الهدم، و النفايات التجارية، و الإدارية، و الصناعية، و النفايات الخضراء، و المبعثرات، و نفايات الرعاية الصحية، و لا تشمل النفايات الصناعية الخطرة، أو نفايات الرعاية الصحية الخطرة.

و لا يستقبل مردم النفايات بمكة النفايات السائلة – نفايات الرعاية الصحية بشقيها العادي و الخطر أو النفايات الصناعية بشقيها العادي و الخطر فالنفايات الصناعية الخطرة هي النفايات الناتجة من الأنشطة الصناعية التي قد تحتوي على مواد مذيبة، أو مواد مزيلة للشحوم، أو الزيوت، أو مواد مشعة، أو مواد ملونة (أحبار)، أو رواسب عجينية (حمأة)، أو أحماض و قلويات، أو مواد أو نفايات صناعية أخرى غير النفايات البلدية الصلبة و كما أن نفايات الرعاية الصحية الخطرة هي النفايات التي تنتج من المنشآت التي تقدم خدمات الرعاية الصحية المختلفة، و المختبرات و مراكز الأبحاث الطبية، و إنتاج الأدوية و المستحضرات الدوائية و اللقاحات، و مراكز العلاج البيطري، و من العلاج و التمريض في المنازل، و تنتج جميعها من مصادر ملوثة أو محتمل تلوثها بالعوامل المعدية، أو الكيميائية، أو المشعة، و تشكل خطراً على الصحة العامة و البيئة أثناء إنتاجها، أو جمعها، أو تداولها، أو تخزينها، أو نقلها، أو التخلص منها.

خامساً: تعريف أنواع النفايات بالمرادم

١. **النفايات المنزلية:** تمثل أعلى نسبة في مكونات النفايات العامة (< ٥٠٪) و هي تمثل مجموع النفايات الناتجة من مختلف أنشطة الإنسان في حياته اليومية و يمكن تقسيمها إلى نفايات عضوية و عي النفايات القابلة للتخمير مثل بقايا الطعام و النفايات الأخرى (مثل الورق – البلاستيك – المعادن – الزجاج – الخشب إلخ...) جدول (١) يوضح تعاريف مكونات النفايات، جدول (٢) يوضح كميات النفايات التي تصل للمردم و أنواعها.
٢. **النفايات التجارية و الإدارية:** النفايات المنتجة من المحلات، و الأسواق، و المراكز التجارية، و المطاعم، و مراكز التسوق، و المراكز الترفيهية، و الفنادق، و جميع المنشآت الإدارية، مثل: المدارس، و الجامعات، و الوزارات، و المكاتب الإدارية المختلفة.
٣. **النفايات الخضراء:** النفايات الناتجة من الحدائق و المنتزهات العامة و الخاصة، و يكون مصدرها المسطحات الخضراء، و الحشائش و الأشجار، و تلك الناتجة من أعمال التقليم و الصيانة، قطوعات الأشجار تصل بصورة منفصلة لمردم النفايات العام في حين نفايات المسطحات الخضراء و حدائق المنازل تصل بكميات قليلة للمردم العام و تكون مختلطة مع النفايات المنزلية.
٤. **نفايات المسالخ و الدواجن:** و هي النفايات التي ترد من المسالخ و مزارع الدواجن.

٥. **النفايات ذات الحجم الكبير**: جميع أنواع النفايات التي هي بطبيعتها ذات حجم كبير، و يصعب جمعها و نقلها مع مكونات النفايات البلدية الصلبة الأخرى و النفايات ذات الحجم الكبير التي تصل إلى المردم هي قطع الأثاث، و الأجهزة الكهربائية المنزلية.

٦. **الإطارات**: و هي إطارات السيارات التالفة التي تأتي من الورش و المؤسسات الحكومية.

٧. **نفايات البناء و الهدم**: نفايات البناء و الأنقاض الناتجة من أعمال الإنشاءات و الصيانة و الهدم و التسوية، و كذلك نفايات المواد الناتجة من تعبيد الطرق و غيرها.

أ) أنواع و كميات النفايات الواردة للمردم العام بمكة المكرمة:

يوضح جدول (١) كميات النفايات الواردة للمردم حيث اتضح أن متوسط كميات النفايات المنتجة بمكة المكرمة يومياً هو (٣٦٣٦) طن/اليوم (النفايات العامة + مخلفات المباني) و أن المتوسط اليومي لكميات النفايات العامة الواردة للمردم هو (٢٨٠٤) طن/اليوم (النفايات المنزلية، النفايات التجارية، النفايات ذات الحجم الكبير، قطوعات الأشجار، نفايات المسالخ و شركات الدواجن، و نفايات الإطارات).

مكونات النفايات المنتجة يومياً بمكة المكرمة و أنواعها	الكمية بالطن	النسبة المئوية

متوسط كمية النفايات العامة المتولدة بمكة المكرمة	2804	-
المتوسط اليومي لكمية النفايات المنزلية بالطن	1514	%54
المتوسط اليومي لكمية النفايات التجارية بالطن	744	%26.5
المتوسط اليومي لكمية النفايات ذات الحجم الكبير بالطن	423	%15
المتوسط اليومي لكمية نفايات قطوعات الأشجار بالطن	63	%2.2
المتوسط اليومي لكمية نفايات المسالخ و شركات الدواجن بالطن	50	%1.8
المتوسط اليومي لكميات نفايات الإطارات بالطن	10	%0.4
المتوسط اليومي لكميات نفايات مخلفات المباني بالطن	832	-

جدول (١): متوسط الإنتاج اليومي لكمية النفايات العامة و نفايات المباني الواردة للمردم بمكة المكرمة في الأيام العادية.

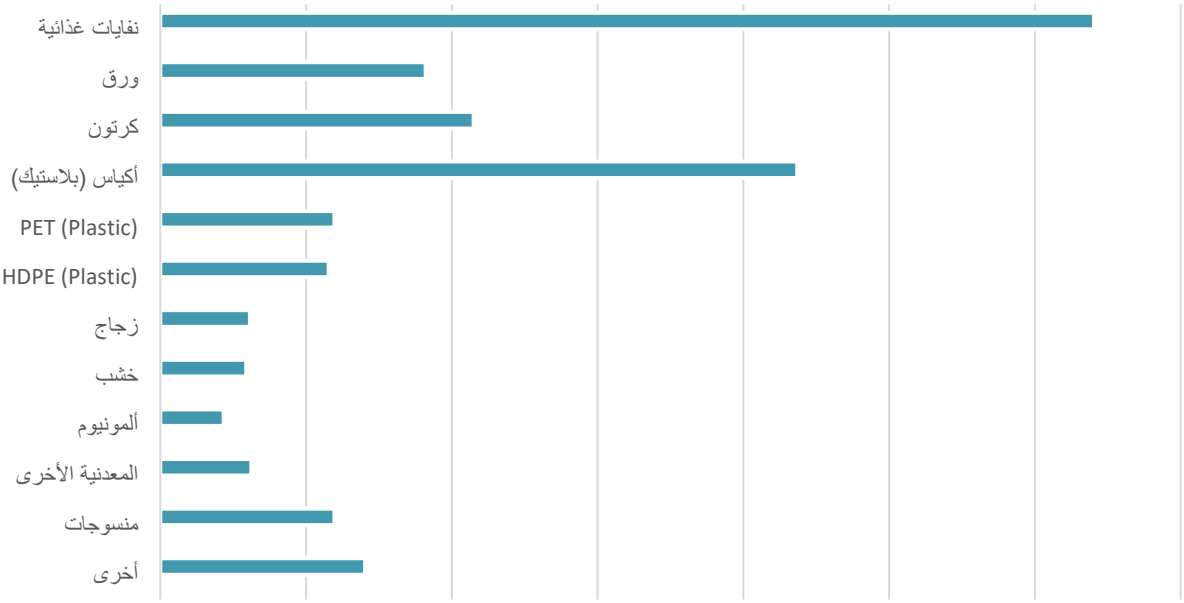
- المتوسط اليومي لكمية النفايات الواردة لمردم النفايات العام بمكة المكرمة = (٣٦٣٦) طن/اليوم.
- المتوسط اليومي للنفايات العامة الواردة لمردم النفايات العام بمكة المكرمة = (٢٨٠٤) طن/اليوم.
- المتوسط اليومي لمخلفات المباني (٨٣٢) طن/اليوم.
- المتوسط اليومي لكمية النفايات المتولدة بالمسجد الحرام = (٢٩) طن/اليوم (تمثل جزء من النفايات التجارية).
- النسب المئوية هي نسب مكونات النفايات العامة المنتجة يومياً منسوبة إلى متوسط المجموع الكلي للنفايات العامة الواردة يومياً لمردم النفايات العام بمكة المكرمة (بالطن).

ب) كيفية اختيار العينات:

تم تقسيم مكة المكرمة إلى (١١)، الرسم البياني (١) يوضح نتائج فرز و تحليل (٢٢) من عينات النفايات الواردة من الأحياء، الرسم البياني (٢) يوضح ملخص نتائج فرز و تحليل (١٠) من عينات نفايات المناطق التجارية.

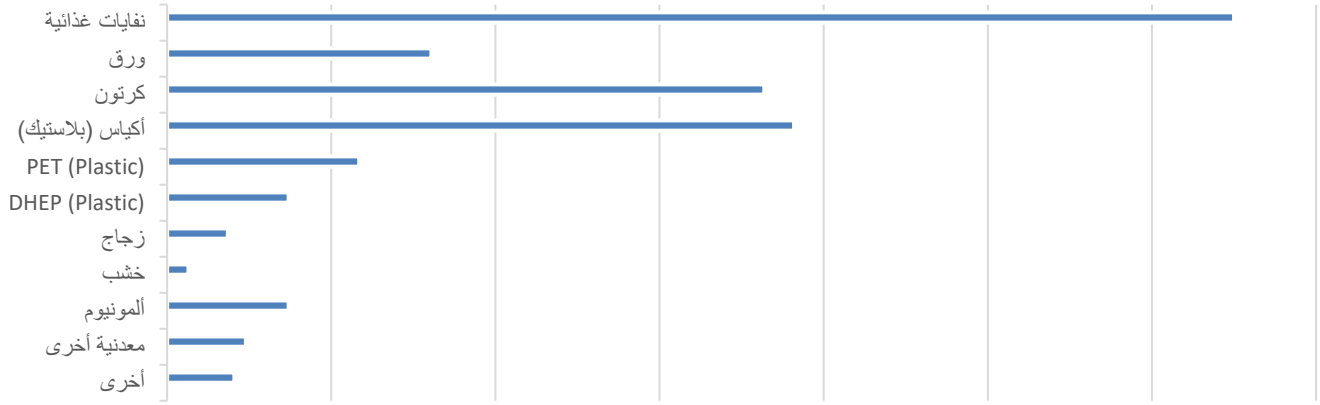
و لغرض هذه الدراسة، تم اختيار (١٠) فئات من مكونات النفايات الرئيسية لفرز و تحليل النفايات المنزلية و التجارية و هي:

١. المواد العضوية (نفايات غذائية) ٢. الورق و الكرتون ٣. البلاستيك ٤. الزجاج ٥. الخشب
٦. النفايات ذات الحجم الكبير ٧. نفايات المسالخ و الدواجن ٨. المعادن ٩. الإطارات ١٠. المنسوجات



	أخرى	منسوجات	المعدنية الأخرى	ألمونيوم	خشب	زجاج	HDPE (Plastic)	PET (Plastic)	أكياس (بلاستيك)	كرتون	ورق	نفايات غذائية
Total	140.5	119.5	62.5	43.5	59	61.5	115.5	119.5	437	215	182	640.5
Percentage %	6%	6%	3%	2%	3%	3%	5%	5%	20%	10%	8%	29%

رسم بياني (١): يوضح ملخص نتائج فرز (٢٢) عينة لمكونات النفايات المنزلية لمردم النفايات العام بمكة المكرمة.



	أخرى	معدنية أخرى	ألمونيوم	خشب	زجاج	DHEP (Plastic)	PET (Plastic)	أكياس (بلاستيك)	كرتون	ورق	نفايات غذائية
Total	20.5	24	37	6.5	18.5	37	58.5	191	181.9	80.5	325
Percentage %	2%	2%	4%	1%	2%	4%	6%	19%	19%	8%	33%

رسم بياني (٢): يوضح ملخص نتائج فرز (١٠) عينة لمكونات النفايات التجارية الواردة لمردم النفايات العام بمكة المكرمة.

سادساً: طريقة تعيين كثافة النفايات

لتعيين الكثافة للنفايات المنزلية تم أخذ متوسط الكثافة لعدد من عينات النفايات المنزلية لعدد من العينات التي تم أخذها بصورة عشوائية (تعريف الكثافة هي: وزن وحدة الحجم) و لقد تم حساب كثافة النفايات المنزلية باتباع الخطوات التالية:

- يتم وزن الحاوية الفارغة التي تم تخصيصها لتحديد الكثافة (W1) و لقد تم تصميم حاوية بحجم متر مكعب ($(V) = 1\ m^3$).
- تملئ الحاوية بالنفايات من نفس النفايات التي تم اختيار العينات منها (W2).
- يتم تحديد وزن النفايات الصافي $(W2 - W1)$ كجم.
- كثافة النفايات = $(W2 - W1)/V$ كجم/م^3 .

✓ العينة: ١٠٠ كيلو من كل منطقة سكنية تأخذ في أوقات مختلفة.

✓ المواد الأخرى تشمل: الأدوية، الفلين، المراتب و الأرضيات، حفاضات الأطفال، أي مواد أخرى.

✓ مخلفات المباني = ٦٨٨ طن.

✓ المجموع الكلي للنفايات الواردة للمردم العام للنفايات بمكة المكرمة = ٣٣٤١ طن.

المكونات	وزن الحاوية فارغة	وزن الحاوية مليئة	الوزن الصافي	النسبة %
١- نفايات غذائية	٢,٥	٣١,٥	٢٩	%٢٩
الورق + الكرتون				%١٧,٥
٢- الورق	٢,٥	١٠	٧,٥	%٧,٥
٣- الكرتون	٣	١٣	١٠	%١٠
البلاستيك				%٢٥
٤- الأكياس	٣,٥	٢١,٥	١٨	%١٨
٥- PET	١,٥	٤,٥	٣	%٣
٦- (HDPE)	٣	٧	٤	%٤
٧- الزجاج	١,٥	٣,٥	٢	%٢
٨- الخشب	١,٥	١٠	٨,٥	%٨,٥
المعادن				%٦,٥
٩- الألمنيوم	١	٢	١	%١
١٠- المواد المعدنية الأخرى	١,٥	٧	٥,٥	%٥,٥
١١- المنسوجات	١,٥	٤	٢,٥	%٢,٥
١٢- المواد الأخرى	١,٥	١٠,٥	٩	%٩
الكثافة	١٥٠ كجم /م^3			

النفايات كميتها وأنواعها	الكمية بالطن	النسبة %
كمية النفايات المتولدة بمكة المكرمة	٢٦٥٣	
النفايات المنزلية	١٤٥٠	% ٥٥
النفايات التجارية	٧٣٣	% ٢٨
النفايات ذات الحجم الكبير	٣٥٩	% ١٤
قطوعات الأشجار	٧٥	% ٢,٨
نفايات المسالخ وشركات الدواجن	٢٤	% ٠,٩
الإطارات	١٢	% ٠٥.

سابعاً: الصحة و السلامة

بسبب المخاطر المترتبة بفرز النفايات الصلبة، فلقد تم إتخاذ الإجراءات و التدابير المناسبة لتأمين الحماية لأعضاء فريق الفرز و شملت هذه التدابير توفير (معدات الوقاية الشخصية) لجميع الموظفين جنباً إلى جنب مع توفير التدريب المناسب الذي استغرق يومين قبل البدء في إجراء اختبارات تحديد مكونات النفايات.

و قد اتخذ تزويد معسكر الفريق بالإسعافات الأولية و المواد الخاصة بالنظافة مثل الصابون و المطهرات و توعية فريق العمل بالمخاطر الصحية التي يمكن أن يتعرضوا لها و الأنواع المختلفة من النفايات المتطايرة و الأجسام الحادة التي قد تحويها النفايات مثل شفرات الحلاقة و الإبر و قطع الزجاج التي قد تسبب الأذى لفريق العمل أثناء إجراء الاختبارات الخاصة بتحديد مكونات النفايات، و كما تم التأكيد على أهمية التقيد بكافة الاحتياطات و إجراءات الصحة و السلامة.

ثامناً: مناقشة النتائج

- وجدت الدراسة أن نسبة المواد الورقية في مكونات النفايات للنفايات العامة هي (١٧٪) و يلاحظ أن الكرتون يمثل النسبة الأكبر في مكونات المواد الورقية حيث تبلغ نسبته حوالي (٥٥٪) في مكونات نفايات المواد الورقية للنفايات و يلاحظ أن نسبة الكرتون في النفايات الورقية التجارية تبلغ (٧٠٪).
- على الرغم من أن هنالك نسبة معتبرة من المواد القابلة للتدوير يتم أخذها من حاويات النفايات المنزلية و التجارية و تباع لأحواش بيع النفايات إلا أنه ما زالت نسبة المواد الورقية في مكونات النفايات العامة التي ترد إلى المرد عالية نسبياً (١٧٪) و لكن قد يكون لها أثر في تدني نسبة بعض مكونات النفايات الأخرى التي نسبها في حدود (٣٪ – ٤٪) فنجد أن بعضاً من مكونات المواد البلاستيكية (HDPE – PET)، نسبتها (٤,٦٪، ٣,٨٪) على التوالي و الألمونيوم نسبته ضئيلة فهي (٢,٤٪) و نسبة المواد المعدنية الأخرى (٢٪) و الخشب نسبته لا تتجاوز (٢٪) و الزجاج (٢,٥٪) و المنسوجات نسبتها (٣٪).
- الإطارات في مكونات النفايات العامة بلغت نسبتها (٠,٤٪) و الإطارات تعتبر من أكبر المشاكل التي تعاني منها مرادم دفن النفايات بالمملكة و تقدر الكمية التي ترد مردم النفايات العام بمكة المكرمة بحوالي (٣٥٠٠) طن / العام.
- و النفايات الأخرى نسبتها في مكونات النفايات المنزلية الأعلى مقارنة بالنفايات العامة و التجارية و لوحظ أن نسبة حفاضات الأطفال الأعلى في مكونات النفايات الأخرى.
- هذه النتائج تؤكدها دراسات و تقارير عن معدلات استهلاك المملكة العربية السعودية للبلاستيك بالمقارنة مع الاستهلاك العالمي و دول الشرق الأوسط[٦] و دول مجلس التعاون الخليجي.
  - و لقد أشارت الدراسة التي قامت بها مستشارة الجودة بالهيئة السعودية للمواصفات و المقاييس الأستاذة/ غادة الكليب أن المملكة العربية السعودية تعتبر من أكثر دول العالم استهلاكاً لأكياس البلاستيك و أن استهلاكها يزداد بشكل سنوي.
  - و كما جاء في التقرير الحديث الصادر عن شركة معارض الرياض (REC) حول البلاستيك و الكيماويات أن المملكة لديها أعلى معدل استهلاك للفرد من أكياس البلاستيك[٩] في الشرق الأوسط بمعدل (٤٠) كيلوجراماً للشخص الواحد سنوياً و هو يشكل ضعف الاستهلاك العالمي من أكياس البلاستيك، التي حددته منظمة الصحة العالمية بحوالي (٢٤) كيلوجراماً للفرد خلال العام.
  - كما أن المملكة العربية السعودية تعتبر الأكثر استهلاكاً للمواد البلاستيكية بين دول مجلس التعاون الخليجي حيث إن حصة السعودية (٧٠٪) من كمية البلاستيك المستهلكة بدول الخليج حيث قدر استهلاك دول مجلس التعاون الخليجي بـ (٨٪) من

إجمالي الاستهلاك العالمي للبلاستيك و تشير التوقعات أنه و بحلول العام ٢٠٢٤م فإن الاستهلاك العالمي للبلاستيك سيتخطى حاجز الـ(٥٤٠) مليون طن.

تاسعاً: التوصيات

إعداد دراسة لتحديد مكونات النفايات بالأحياء بمكة المكرمة و مقارنتها بهذه الدراسة التي تم فيها تحديد مكونات النفايات بالمردم.

٢. إعداد دراسة لتحديد إنتاج الفرد في اليوم من النفايات لسكان مكة المكرمة.

٣. تكملة هذه الدراسة لتقييم كميات النفايات الواردة للمردم و تحديد مكوناتها خلال موسمي رمضان و الحج.

٤. تكملة هذه الدراسة لتقييم كمية غاز المردم الموجود بالخلايا التي تم إغلاقها و تحليل مكونات غاز المردم (Calorific Value CV) لتقدير كمية الطاقة التي يمكن استخلاصها من غاز المردم و كيفية الإستفادة منه.

٥. معايرة موازين المردم التي تستخدم لتحديد أوزان النفايات المنقولة بواسطة الضواغط و القلابات الواردة للمردم و التأكد من صحة قراءتها بصورة دورية.

٦. إلزام الشركات الناقلة للنفايات التجارية و المنزلية بعد خلط (النفايات ذات الحجم الكبير و قطوعات الأشجار و الإطارات) بأي نفايات أخرى مما يساهم في تحديد أوزان تلك النفايات أخرى مما يساهم في تحديد أوزان تلك النفايات بصورة أكثر دقة.

٧. تشجيع الاستثمار في مجال تدوير النفايات بوضع القوانين و النظم التي تهدف على إيقاف نشاط أحواش بيع و شراء النفايات.

عاشراً: المراجع

١. الهيئة العامة للإحصاء https://www.stats.gov.sa .

٢. اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات البلدية الصلبة / المملكة العربية السعودية وزارة الشؤون البلدية و القروية وكالة الوزارة للشؤون البلدية الإدارة العامة للنظافة، ربيع الأول ١٤٣٧هـ.

٣. واقع النفايات بمكة المكرمة – مركز فقيه للأبحاث و التطوير ١٩٩٧م.

٤. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste ASTM.

٥. Municipal Solid Waste Composition Analysis Study by Micheal J.UNEP, April 2013.

٦. Feasibility Study for a 50 MW waste -to- Energy Project in Khartoum, Sudan by LAHMEYER International February 2012.