

رصد المخاطر البيئية ومدى الالتزام بمعايير السلامة والصحة المهنية في منطقة الحرم المكي ١٤٤٧ هـ

الباحث الرئيسي

أ.د. فتحي فوزي شعبان

الباحث المشارك

د. عبد الله باقاسي، د. ماجد بامقا

أ. ابراهيم فلاته

٢٠٢٦ م

قسم البحوث البيئية والصحية

قائمة المحتويات

١. المقدمة:	٧
٢. مشكلة الدراسة وأهميتها:	٩
٣. أهداف للدراسة:	٩
٤. أسئلة الدراسة:	١٠
٥. منهجية الدراسة:	١٠
٦. الدراسات السابقة:	١١
٧. الإطار التشريعي والتنظيمي:	١٦
٩. النتائج والمناقشة:	٢٩
المراجع:	١٠٨

قائمة الأشكال

٣١	شكل (١): مرور المعتمرين والمصلين أسفل بعض مناطق العمليات الإنشائية بساحة الغزة، مما قد يشكل خطراً على السلامة العامة نتيجة احتمالية سقوط المواد أو تزاخم الحشود أو محدودية مسارات الإخلاء.
٣١	شكل (٢): تقارب بعض الروافع العملاقة والمعدات الثقيلة من مسارات المشاة الخاصة بالمعتمرين والمصلين في منطقة التوسعة
٣٢	شكل (٣): مناطق خلف التشطيبات المعمارية وأجزاء من الأسقف والأعمدة في المسجد الحرام أثناء أعمال صيانة أو تطوير لأنظمة الخدمات الكهربائية وميكانيكية
٣٣	شكل (٤): تزامن تغيير ورديات العمال مع أوقات إقامة الصلوات، مما يؤدي إلى زيادة كثافة الحركة البشرية وارتفاع احتمالية الازدحام وإعاقة انسيابية حركة المعتمرين والمصلين المتجهين إلى المسجد الحرام.
٣٤	شكل (٥): عدم كفاية وضوح بعض اللوحات الإرشادية في ساحات الحرم
٣٦	شكل (٦): تنفيذ بعض أعمال الصيانة في الأدوار العليا الملاصقة لمناطق الصلاة داخل الحرم
٣٧	شكل (٧): تظهر الصور مجموعة من العيوب والتلفيات في أرضيات الرخام داخل المسجد الحرام، وتشمل تشققات، وكسوراً موضعية، وتفاوتاً في مناسيب البلاطات
٣٨	شكل (٨): تشغيل نظام الرشاشات الرذاذية في ساحات المسجد الحرام، يتطلب تركيب حساسات بمحيط تلك الرشاشات لوقف تشغيلها عند وصول الرطوبة النسبية ٤٠٪
٣٩	شكل (٩): تم تخصيص مسارات محدد للطواف بالعربات لذوي الاحتياجات وكبار السن في الطابق الأول والثاني وذلك لمنع التداخل مع الطائفتين المترجلين والتي كانت تسبب إصابات ومخاطر ازدحام في السابق
٤٠	شكل (١٠): سلوكيات خاطئة من بعض الحجاج داخل المسجد الحرام مع وجود عدد من مستخدمي الكراسي المتحركة متداخلين مع حركة المشاة، وبعضهم يحمل كراسي حديدية
٤١	شكل (١١): مصادر للروائح الكريهة مثل التدخين داخل دورات المياه والمرافق المغلقة ومخازن النفايات.
٤٣	شكل (١٢): أجهزة محمولة لقياس بعض العوامل البيئية ومعامل جودة الهواء.
٤٦	شكل (١٣): أماكن نقاط قياس بعض العوامل البيئية كملوثات الهواء والضوضاء بساحات المسجد الحرام.
٤٧	شكل (١٤): قياس معدلات الضوضاء بمحيط الحرم المكي خلال شهري شعبان وذو القعدة ١٤٤٧.

٥٠	شكل (١٥): قياس معدلات الجسيمات العالقة بالهواء (PM 2.5) مقدرة الميكروجرام/ المتر المكعب بمحيط الحرم المكي خلال شهري شعبان وذو القعدة ١٤٤٧.
٥٢	شكل (١٦): قياس معدلات الجسيمات العالقة بالهواء (PM 10) مقدرة الميكروجرام/ المتر المكعب بمحيط الحرم المكي خلال شهر شعبان وذو القعدة ١٤٤٧.
٥٧	شكل (١٧): الشبكة المائية يشير إلى الرتب المائية بمنطقة الدراسة وأحواض التصريف، وتشمل أحواض التصريف ٦ رتب مائية بدءاً من الرتبة الأولى حتى الرتبة السادسة.
٥٨	شكل (١٨): تأثير الارتفاع بمنطقة الدراسة، يشير إلى تأثير الارتفاع على شبكة الروافد المائية بأحواض التصريف بالحرم، حيث يتراوح تأثير الارتفاع بمنطقة الدراسة بين ٣٠٠ إلى ٦٠٠ متر متأثرة معظمها برافد الرتبة الثالثة.
٥٩	شكل (١٩): تأثير درجة الانحدار بمنطقة الدراسة، تأثير درجة الانحدار على شبكة الروافد المائية بأحواض التصريف بالحرم
٦٠	شكل (٢٠): تأثير الأمطار بمنطقة الدراسة، إلى تأثير الأمطار على شبكة الروافد المائية بأحواض التصريف بالحرم، حيث تراوح تأثير كمية الأمطار بمنطقة الدراسة بين ٧٠-٩٠ مم/سنة خلال الفترة (٢٠٠٥-٢٠٢٥).
٦١	شكل (٢١): تأثير السدود بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٥ م، أثر السدود بمنطقة الحرم حيث، تتأثر الشبكة المائية عدد من السدود ومنها سد اللقيطة، واثال، والبرود، الربع.
٦٢	شكل (٢٢): أثر التغير الطبوغرافي على الكتل الخرسانية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٠٥ م، تعرض الخريطة تحليلًا مكانيًا للعلاقة بين شبكة الأودية والكتل الخرسانية قديماً داخل الحرم
٦٥	شكل (٢٣): أماكن التغير بتأثير الكتل الخرسانية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٥ م، تعرض الخريطة تحليلًا مكانيًا للعلاقة بين شبكة الأودية والكتل الخرسانية داخل الحرم للوضع الحالي.
٦٨	شكل (٢٤): المتوسط السنوي لسرعة واتجاه الرياح بمكة المكرمة لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢٥ كما تم اشتقاقها من بيانات الأقمار الصناعية.
٧١	شكل (٢٥): المتوسط السنوي لدرجات الحرارة العظمى لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢٥ كما تم اشتقاقها من بيانات الأقمار الصناعية
٧٢	شكل (٢٦): صور جامعي البيانات اثناء اجراء استبيان ضيوف الرحمن عن بعض المخاطر البيئية والسلامة المهنية بمنطقة الحرم.
٧٣	شكل (٢٧): يوضح الشكل التوزيع النسبي للجنس بين أفراد عينة الدراسة
٧٣	شكل (٢٨): يوضح الشكل التوزيع العمري لأفراد عينة الدراسة
٧٤	شكل (٢٩): يوضح الشكل التوزيع النسبي لجنسيات أفراد عينة الدراسة ٤٦٥ حاج
٧٥	شكل (٣٠): نتائج الاستبيان تأثر الحجاج بزيادة في مستوى الغبار أثناء وجودهم في الحرم المكي

٧٦	شكل (٣١): نتائج الاستبيان لملاحظة وجود روائح كريهة ناتجة عن أعمال الإنشاءات أو بالمرافق المختلفة بالحرم
٧٧	شكل (٣٢): نتائج الاستبيان عن مستوى الضوضاء بالحرم المكي.
٧٧	شكل (٣٣): نتائج الاستبيان لآراء المشاركين حول مستوى النظافة في المناطق القريبة من أعمال الإنشاءات
٧٨	شكل (٣٤): نتائج الاستبيان عن مستوى التهوية في الحرم المكي
٧٩	شكل (٣٥): نتائج الاستبيان عن درجات الحرارة داخل الحرم المكي والساحات الخارجية
٨٠	شكل (٣٦): نتائج الاستبيان عن الشعور بالإجهاد الحراري داخل الحرم المكي والساحات الخارجية
٨١	شكل (٣٧): نتائج الاستبيان بشأن وجود اختناقات للحشود داخل الحرم المكي والساحات الخارجية
٨٢	شكل (٣٨): نتائج الاستبيان عن مخاطر السلاليم الكهربائية داخل الحرم المكي والساحات الخارجية
٨٣	شكل (٣٩): نتائج استبيان عن إغلاق المسارات أو الساحات من الإجراءات التشغيلية المرتبطة بأعمال الصيانة والتطوير أو تنظيم حركة الحشود
٨٣	شكل (٤٠): نتائج الاستبيان المشاركين عن فعالية الرشاشات الرذاذية والمخاطر المرتبطة بها.
٨٤	شكل (٤١): نتائج الاستبيان المشاركين عن فعالية اللوحات الإرشادية والتحذيرية داخل الحرم المكي والساحات الخارجية
٨٦	شكل (٤٢): نتائج الاستبيان المشاركين عن مخاطر محتملة مثل الأسلاك أو المعدات المكشوفة داخل حدود الحرم.
٨٧	شكل (٤٣): نتائج الاستبيان للمشاركين عن مستوى أمان أراضي الحرم والساحات
٨٨	شكل (٤٤): نتائج الاستبيان من المشاركين عن ملاحظة أعمال إنشائية قريبة من مناطق تواجدهم
٨٩	شكل (٤٥): نتائج الاستبيان من المشاركين عن تأثير أعمال الإنشاءات على الحركة داخل الحرم المكي
٩٠	شكل (٤٦): نتائج الاستبيان من المشاركين عن عدم وجود معدات أو مناطق عمل غير آمنة داخل الحرم المكي
٩١	شكل (٤٧): نتائج الاستبيان من المشاركين عن توفر نقاط الإسعافات داخل الحرم المكي
٩١	شكل (٤٨): نتائج الاستبيان حول كفاءة الاستجابة للحالات الطارئة والخدمات الطبية داخل الحرم المكي والساحات الخارجية
٩٣	شكل (٤٩): نتائج الاستبيان من المشاركين بشأن نظافة دورات المياه وتحتوي على المطهرات والصابون دائماً

الملخص:

هدفت الدراسة إلى تقييم المخاطر البيئية والمهنية المصاحبة لمشروعات التطوير والتوسعة بالحرم المكي، من خلال الرصد الميداني وقياس جودة الهواء والضوضاء وتحليل المخاطر المرتبطة بالحشود والإنشاءات وإجراء استبيانات للحجاج والمعتمرين والعاملين.

خلصت الدراسة إلى أن منطقة الحرم المكي تشهد تحديات بيئية ومهنية متزايدة نتيجة مشاريع التوسعة والتطوير المستمرة، حيث تم رصد عدد من المخاطر البيئية شملت ارتفاع مستويات الغبار والجسيمات العالقة الناتجة عن أعمال الإنشاء والحركة المرورية، وارتفاع مستويات الضوضاء في بعض المواقع، وانبعثات الروائح الكريهة من بعض دورات المياه ومخازن النفايات ومخزرات السيول، إضافة إلى تأثير التوسع العمراني والكتل الخرسانية على تصريف مياه الأمطار وزيادة مخاطر السيول والجريان السطحي وارتفاع درجات الحرارة والإجهاد الحراري. كما أظهرت الدراسة وجود مخاطر تتعلق بالسلامة والصحة المهنية تمثلت في تنفيذ أعمال إنشائية وصيانة بالقرب من مسارات المعتمرين والمصلين، وتقارب بعض المعدات والرافعات الثقيلة من مناطق الحركة البشرية، ووجود بعض العيوب في أرضيات الرخام، وتزامن بعض الأنشطة التشغيلية مع أوقات الذروة والصلوات مما يزيد احتمالية الازدحام، إضافة إلى الحاجة لتحسين وضوح بعض اللوحات الإرشادية والتحذيرية. واعتمدت الدراسة على الرصد الميداني وقياسات جودة الهواء والضوضاء وتحليل المخاطر الجيوبئية وإجراء استبيانات شملت الحجاج والمعتمرين والعاملين، وأظهرت النتائج أن مستوى النظافة والخدمات الطبية وإجراءات إدارة الحشود والاستجابة للطوارئ داخل الحرم جيد بشكل عام، مع وجود ملاحظات محدودة تتعلق بالغبار والضوضاء والازدحام والروائح الكريهة. كما أكدت الدراسة أهمية الالتزام بالأنظمة البيئية ومعايير السلامة والصحة المهنية، وتوظيف التقنيات الرقمية في رصد المخاطر وإدارتها، وأوصت بتعزيز الرقابة البيئية على المشاريع، وتكثيف إجراءات مكافحة الغبار وتحسين جودة الهواء، والحد من الضوضاء، وتحسين إدارة النفايات ومصادر الروائح الكريهة، وتطوير أنظمة تصريف السيول والطوارئ، ورفع كفاءة برامج التدريب والتوعية للعاملين، وتحسين إدارة الحشود، والتوسع في التشجير والحلول المناخية المستدامة، بما يساهم في تعزيز سلامة وراحة ضيوف الرحمن وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ في الاستدامة البيئية وجودة الخدمات المقدمة بالحرم المكي. أظهرت الدراسة أن مشاريع الحرم المكي تتوافق بدرجة كبيرة مع مستهدفات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية، خاصة فيما يتعلق بحماية العاملين والزوار وإدارة المخاطر والطوارئ. ومع ذلك، فإن استمرار مشاريع التطوير والتوسعة يستلزم تعزيز التحسين المستمر وسد الفجوات القائمة لضمان الوصول إلى أعلى مستويات السلامة والصحة المهنية وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠.

١. المقدمة:

تُعد منطقة الحرم المكي الشريف من أكثر المناطق حساسية بيئيًا واجتماعيًا في المملكة العربية السعودية والعالم الإسلامي، نظرًا لما تشهده من مشاريع تطوير عمرانية وخدمية ضخمة تهدف إلى خدمة ملايين الحجاج والمعتمرين سنويًا. ورغم أهمية هذه المشاريع في تحسين البنية التحتية وتوسيع الطاقة الاستيعابية، إلا أن لها آثارًا بيئية محتملة تتطلب الدراسة والتقييم لضمان تحقيق التنمية المستدامة بما يتوافق مع رؤية المملكة ٢٠٣٠. وكذلك لطبيعة العمل في بيئات معقدة ومزدحمة، فإن تطبيق معايير السلامة والصحة المهنية (Occupational Safety and Health - OSH) يعد عنصرًا حاسمًا في نجاح المشاريع وتقليل معدلات الإصابات والحوادث. ومن هذا المنطلق، تأتي أهمية هذا البحث لتقييم المخاطر البيئية ومستوى تطبيق معايير السلامة والصحة المهنية في منطقة الحرم المكي وفقًا للمعايير الوطنية والدولية. إضافة إلى التوسع المستمر في المشروعات التطويرية والبنية التحتية المرتبطة بخدمة ملايين الحجاج والمعتمرين سنويًا. وقد أسهم هذا النمو العمراني المتسارع في إحداث تغيرات ملحوظة في الخصائص البيئية والطبيعية للمنطقة، الأمر الذي أدى إلى ظهور عدد من المخاطر البيئية والجيوبئية التي تتطلب الرصد والتقييم المستمر لتحقيق التنمية المستدامة والحفاظ على سلامة الإنسان والبيئة.

تواجه مشاريع التطوير في منطقة الحرم المكي تحديات بيئية متعددة مثل: زيادة انبعاثات الغبار والملوثات الناتجة عن أعمال البناء. التأثير على موارد المياه الجوفية وتصريف السيول، ارتفاع مستويات الضجيج والازدحام، فقدان بعض المظاهر الطبيعية والغطاء النباتي المحدود، عدم الالتزام بتطبيق معايير السلامة والصحة المهنية (الحميدي، صالح ٢٠١٩).

وتتمثل المخاطر البيئية في منطقة الحرم المكي في تزايد انبعاثات الغبار والجسيمات العالقة الناتجة عن أعمال البناء والهدم والحركة المرورية الكثيفة، وارتفاع مستويات الضوضاء، وزيادة درجات الحرارة الناتجة عن ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، إضافة إلى الضغوط الواقعة على الموارد الطبيعية والبنية التحتية البيئية. كما أن التوسع في الكتل الخرسانية والأسطح غير المنفذة أدى إلى تقليل قدرة التربة على امتصاص مياه الأمطار وزيادة الجريان السطحي داخل الأحواض المائية المحيطة بالحرم، وتشير الدراسات إلى أن مدينة مكة المكرمة تعاني من تزايد واضح في ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية نتيجة النمو العمراني المكثف وقلة المساحات الخضراء، حيث أسهمت الكتل الخرسانية والمباني المرتفعة في رفع درجات الحرارة السطحية وتقليل كفاءة التهوية الطبيعية داخل المنطقة المركزية. كما أوضحت بعض الدراسات أن مشاريع التشجير الحالية ما تزال محدودة التأثير مقارنة بحجم التوسع العمراني القائم (السلي، خالد ٢٠٢٢، الجمعي ١٤٣٧، العتيبي & محمد ٢٠٢٢).

ومن الناحية الجيوبئية، تواجه منطقة مكة المكرمة أخطارًا طبيعية متعددة، أبرزها أخطار السيول المفاجئة الناتجة عن الطبيعة الجبلية والانحدارات الشديدة للأودية المحيطة بالحرم، مثل وادي إبراهيم ووادي نعمان ووادي عرنة. وقد أدى التوسع العمراني داخل مجاري الأودية ومناطق التصريف الطبيعي إلى زيادة قابلية المنطقة للتأثر بمخاطر الفيضانات والسيول خلال مواسم الأمطار. وأكدت العديد من الدراسات الهيدرولوجية أن التغير في استخدامات الأراضي والتوسع الحضري أسهما في زيادة مخاطر الجريان السطحي وارتفاع احتمالات تعرض المناطق العمرانية للسيول المفاجئة (Al- Areeq, A. M., et al.2021).

كما ترتبط المخاطر الجيوبئية في مكة المكرمة بخصائص البيئة الجافة وشبه الجافة، والتي تتسم بارتفاع معدلات التعرية، وضعف الغطاء النباتي، وزيادة حساسية التربة للتغيرات المناخية والأنشطة البشرية. وتشير الدراسات إلى أن الضغوط العمرانية قد تؤثر أيضًا على جودة المياه الجوفية والموارد المائية المحدودة في منطقة مكة المكرمة، خاصة مع تزايد الطلب على المياه وارتفاع الأحمال البيئية الناتجة عن الأنشطة البشرية المكثفة (El-Saoud, W. A., & Othman, A, 2022, Abdelkarim, A., & Gaber, A,2022, Hidayatulloh, A., et al.2022).

وفي ضوء رؤية السعودية ٢٠٣٠، أصبح الاهتمام بإدارة المخاطر البيئية والجيوبئية في الحرم المكي ضرورة استراتيجية تهدف إلى تحقيق التوازن بين التنمية العمرانية والاستدامة البيئية، من خلال تطبيق معايير التخطيط الحضري المستدام، وتعزيز نظم الرصد البيئي، وتطوير شبكات تصريف السيول، وتحسين جودة الهواء والمناخ الحضري داخل المنطقة المركزية لمكة المكرمة.

يتطلب التقييم الفعال للمخاطر اتباع نهج منظم لضمان تحديد جميع المخاطر المحتملة وتنفيذ الضوابط المناسبة. فيما يلي بعض النصائح لتعزيز فعالية تقييم المخاطر في البناء: إشراك جميع أصحاب المصلحة: إشراك العمال والمشرفين والإدارة في عملية تقييم المخاطر للحصول على وجهات نظر متنوعة وضمان التحديد الشامل للمخاطر.

تحديد أولويات المخاطر: قم بتقييم مدى خطورة واحتمالية كل خطر تم تحديده لتحديد أولويات تدابير الرقابة وفقاً لذلك. وهذا يسمح بتخصيص الموارد بكفاءة لمعالجة المخاطر الأكثر أهمية أولاً.

المراجعة المنتظمة: قم بإجراء مراجعات منتظمة لتقييم المخاطر لمراعاة التغييرات في المشروع أو ظروف الموقع أو اللوائح. وهذا يضمن أن تظل تقييمات المخاطر محدثة وذات صلة طوال عملية البناء.

التدريب والتوعية: توفير التدريب الكافي للعاملين على التعرف على المخاطر، وتقنيات تقييم المخاطر، والاستخدام السليم لمعدات الحماية الشخصية. يساعد رفع الوعي بين القوى العاملة على خلق ثقافة واعية بالسلامة في مواقع البناء.

يهدف البحث الى رصد المخاطر البيئية في منطقة الحرم المكي وتحليل الآثار البيئية المحتملة الناتجة عن أنشطة التطوير العمراني والإنشائي وكذلك تقييم مدى الالتزام بمعايير السلامة والصحة المهنية في مشاريع منطقة الحرم المكي وتقييم المخاطر التي قد تنشأ عند عدم تطبيق معايير السلامة والصحة المهنية في بيئة العمل.

سيُستخدم المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال جمع البيانات الميدانية من مواقع المشاريع الخاصة بجودة الهواء والتربة والضوضاء والتلوث البصري وأيضاً إدارة المخلفات المتعلقة بالعمليات الانشائية. وكذلك تحليل اللوائح البيئية والتعليمات المعمول بها. وأجراء استبيانات ومقابلات مع مهندسي السلامة، والمشرفين، والعاملين وايضاً الحجاج والمُعتمرين. ويتوقع استخدام نتائج هذه الدراسة لتحسين جودة الهواء والالتزام بالحدود النظامية للملوثات نتيجة التحكم في الغبار والانبعاثات، الحد من الضوضاء والاهتزازات وعدم تأثيرها على المصلين أو المباني المجاورة، الإدارة السليمة لمخلفات البناء والتخلص الآمن من المواد الخطرة، انخفاض معدلات الحوادث والإصابات المهنية بفضل تطبيق أنظمة السلامة والصحة المهنية، حماية المعتمرين والزوار وضمان سلامتهم خلال تنفيذ المشاريع، تعزيز الاستدامة البيئية ودعم رؤية المملكة ٢٠٣٠.

٢. مشكلة الدراسة وأهميتها:

تواجه مشاريع التطوير في منطقة الحرم المكي تحديات بيئية وسلامة مهنية متعددة مثل:

- زيادة انبعاثات الغبار والملوثات الناتجة عن أعمال البناء.
- التأثير على موارد المياه الجوفية وتصريف السيول.
- ارتفاع مستويات الضجيج والأزدحام.
- فقدان بعض المظاهر الطبيعية والغطاء النباتي المحدود.
- عدم التطبيق الكامل لمعايير السلامة والصحة المهنية في مشاريع منطقة الحرم المكي الشريف.
- المخاطر التي قد تنشأ عند عدم تطبيق معايير السلامة والصحة المهنية في بيئة العمل.
- تأثير العمليات الانشائية على صحة وسلامة الحجاج والمعتمرين.

٣. أهداف للدراسة:

- تقييم المخاطر البيئية الراهنة في منطقة الحرم المكي.
- تحليل الآثار البيئية المحتملة الناتجة عن أنشطة التطوير العمراني والإنشائي.
- دراسة مدى التزام المشاريع بالأنظمة والمعايير البيئية الوطنية والدولية.
- اقتراح حلول وإجراءات تخفيفية تساهم في تحقيق التنمية المستدامة في المنطقة.

- تقييم مدى الالتزام بمعايير السلامة والصحة المهنية في مشاريع منطقة الحرم المكي.
- تحديد أهم المخاطر المهنية الشائعة في مواقع العمل بالمنطقة.
- تحليل مستوى الوعي والتدريب لدى العاملين والمشرفين حول إجراءات السلامة.

٤. أسئلة الدراسة:

- ما أهم التأثيرات البيئية المصاحبة لمشاريع تطوير منطقة الحرم المكي؟
- ما مدى التزام الجهات المنفذة بالاشتراطات البيئية السعودية، مثل لوائح المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي؟
- ما الإجراءات المتبعة لتخفيف الآثار السلبية خلال مراحل الإنشاء والتشغيل؟
- ما مدى تطبيق معايير السلامة والصحة المهنية في مشاريع الحرم المكي؟
- ما أبرز المعوقات التي تواجه تطبيق تلك المعايير؟
- ما الإجراءات المتبعة لتدريب العاملين والمشرفين؟

٥. منهجية الدراسة:

سيُستخدم المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال:

٥,١ جمع البيانات الميدانية من مواقع المشاريع.

(أ) جودة الهواء: (الجسيمات العالقة: $PM_{2.5} - PM_{10}$ ، الغازات: أول أكسيد الكربون NO_2 / NO_x)

(ب) الضوضاء والاهتزازات: (مستوى الضوضاء $dB(A)$ ، قياس الاهتزازات

(ج) جودة المياه: تحاليل المياه الجوفية ومياه الصرف

(د) إدارة المخلفات: يشمل كميات مخلفات البناء والهدم، المخلفات الخطرة (زيوت، دهانات، كيماويات)، طرق النقل والتخلص.

(هـ) التأثير المروري: تدفق المركبات، تأثير الإغلاقات، مسارات المعدات الثقيلة، خطط الطوارئ.

(و) التأثير البصري: ارتفاعات المباني، تشويه المشهد العام للحرم، الإضاءة الليلية، اللوحات المؤقتة.

٥,٢ تحليل اللوائح البيئية والتعليمات المعمول بها.

٥,٣ استبيانات ومقابلات مع مهندسي السلامة، والمشرفين، والعاملين.

٥,٤ تقييم مدى الالتزام بتطبيق معايير السلامة والصحة المهنية في بيئة العمل وتقييم المخاطر التي قد تنشأ عند عدم الالتزام بها في بيئة العمل.

٦. الدراسات السابقة:

٦,١ تقييم إدارة الأمان في تنفيذ أنفاق بالمملكة (Ahmad Baghdadi (2024

دراسة تحليلية شاملة عن إدارة المخاطر والسلامة في مشاريع إنشاء الأنفاق في السعودية، حيث تم تحديد مجموعة من المخاطر الهامة مثل المخاطر في الأماكن الضيقة، التهوية، الحرائق، المخاطر الفيزيائية والكيميائية، والكهرباء وغيرها من المخاطر المهنية من خلال زيارات ميدانية ومقابلات مع المهندسين والمشرفين.

تُعدّ مشاريع بناء الأنفاق مشاريع هندسية معقدة تُشكّل تحدياتٍ عديدة تتعلق بالسلامة. لذا، يُعدّ إعطاء الأولوية لحماية العمال والجمهور والبيئة أمراً بالغ الأهمية. هدفت هذه الدراسة إلى تحليل شامل لأهم المخاطر المرتبطة بمشاريع بناء الأنفاق في المملكة العربية السعودية. تمّ تحديد تسعة وعشرين خطراً من خلال عمليات تفتيش ميدانية ومقابلات مع مهندسين ومديرين يعملون في مشاريع أنفاق مختلفة في المملكة. صُنّفت هذه المخاطر إلى ست مجموعات، هي: الأماكن المحصورة، ومراقبة الهواء والتهوية، والحرائق، والمخاطر الفيزيائية والكيميائية، والكهرباء، والسلامة الشخصية وخطط الطوارئ. جُمعت البيانات من ١٠٨ مشاركين أكملوا استبياناً. حُلّلت البيانات إحصائياً باستخدام برنامج SPSS الإصدار ٢٠. حدّد تطبيق مؤشر التأثير الكلي للأهمية (TIII) أهم المخاطر التي تؤثر على إدارة السلامة في مشاريع بناء الأنفاق. ونتيجةً لذلك، تبين أن أهم المخاطر هي: اضطرابات الجهاز العضلي الهيكلي الناتجة عن العمل اليدوي الشاق، أو الاستخدام المطول للأدوات اليدوية، أو الوقوف لفترات طويلة، ونقص الأكسجين الناتج عن ضيق النفق، والتعرض المستمر لمستويات عالية من الضوضاء. تُظهر النتائج أن تحليل المخاطر يُسهّل على مديري المشاريع تحديد المخاطر الرئيسية والتركيز عليها، مما يدعم تنفيذ وتقييم خطط إدارة السلامة. ومن خلال توفير إرشادات عملية، يُعزز تحليل المخاطر معدل نجاح مشاريع بناء الأنفاق. ومن المتوقع أن يُسفر تطبيق تدابير للحد من التعرض لمستويات الضوضاء المرتفعة، ومخاطر إمدادات الهواء، والحرائق، ونقص الأكسجين، عن فوائد عديدة، تشمل تحسين صحة العمال وأدائهم، وتقليل الوقت والتكاليف، وزيادة الإنتاجية، وتحسين السمعة بين الموظفين والعملاء.

٦,٢ تقييم ممارسات إدارة المخاطر لدى المقاولين (Ali Al Salman (2004

رسالة ماجستير من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن تبحث في تصورات وممارسات مقاولي التشييد في السعودية تجاه إدارة المخاطر، وتبين أهم المخاطر من وجهة المقاول وتأثيرها على المشاريع، كما ركزت على مدى تخصيص المخاطر وتبني المقاول لأدوات إدارة المخاطر.

ستعرض هذه الدراسة نتائج البحث والتحليل لتقييم مفهوم وممارسة مقاولي التشييد في المملكة العربية السعودية لإدارة مخاطر مقاولات التشييد والبناء وذلك بالتركيز على تخصيص المخاطر (حسب مفهوم المقاول وحسب ما هو ممارس ومتبع) وأهمية المخاطر وتأثير هذه المخاطر على المشروع ؟ لبلوغ أهداف هذه الدراسة قام الباحث بدراسة شاملة ومراجعة الموضوع في النشرات والدوريات والكتب المتخصصة وتم تحديد وصف المخاطر المتعلقة بمقاولات التشييد وبعد ذلك تم إعداد استبانة عن تخصيص المخاطر وأهميتها وتأثيرها على مشاريع التشييد والبناء. تم توزيع الاستبانة على ٨٢ مقاول تشييد (من الدرجة الأولى وما فوق حسب تصنيف الغرفة التجارية بالمنطقة الشرقية). تم استلام وتحليل ردود ٣٠ مقاولاً أكملوا الاستبانة. تحليل النتائج أشار بأن مفهوم مقاولي البناء في المملكة العربية السعودية في تخصيص المخاطر مختلفة عن التقليد المتبع في تخصيص هذه المخاطر. عملياً، أغلب المخاطر تخصص إلى المقاولين ولا شيء إلى المالكين. كذلك تبين أن جودة العمل هو الخطر الأكثر أهمية بينما حالة الطقس غير الملائمة هي الخطر الأقل أهمية. تبين كذلك أن هذه المخاطر لها التأثير الأعلى على جدول المشروع (بنسبة ٣٨,٥٪) بينما نفس هذه المخاطر لها أقل تأثير على سلامة المشروع (تؤثر فقط بنسبة ٨,٥٪).

٦,٣ تقييم مشاركة المخاطر في العقود العامة (2016) Khalid Alshmawi

دراسة تحليلات كيفية توزيع المخاطر في العقود الحكومية السعودية لمشاريع البناء والتنفيذ، وأهمية ذلك في نجاح المشاريع وتقليل النزاعات المتعلقة بالمخاطر بين الأطراف المتعاقدة.

حاز موضوع مشاركة المخاطر في عقود البناء خلال العقد الماضي على شهرة بين الباحثين بسبب دوره المهم في نجاح مشاريع البناء والتشييد، وقد تم التعرف على حاجة المملكة لدراسة العقد السعودي الحكومي من ناحية مشاركة وتوزيع المخاطر بين المتعاقدين، وجعلت هذه الحاجة موضوعاً لهذا البحث. الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تقييم مستوى مشاركة المخاطر في العقد الموحد للأشغال العامة في المملكة العربية السعودية، من خلال استفتاء الخبراء في هذا المجال ودراسة مفهومهم لبنود العقد ومقترحاتهم لحل المشاكل الواقعة في هذا العقد. الأداة المستخدمة لجمع المعلومات في هذا البحث هي استبانة مكون من ٧٠ نقطة مرتبطة بكل شرط من شروط العقد الموحد للأشغال العامة، وقد تم تحديد الشريحة المستهدفة لغرض هذه الدراسة لتكون جميع المقاولين في المنطقة الشرقية من المملكة وجميع الجامعات السعودية وممثليها في المملكة. بناء على ذلك، حُدد الحجم الأدنى للعينة، باستخدام الأساليب الإحصائية المتاحة، ليكون ٤٢ مشاركاً مكونين من ٢٠ مقاول و٢٢ مالك أو من يمثله، وقد تم

استلام ما مجموعه ٤٦ إجابة من العينة المستوفاة بما يحقق الحد الأدنى من كل شريحة. تمخض عن تحليل نتائج هذا البحث أنه لا يوجد أي مشاركة حقيقية للمخاطر في بنود العقد، وقد تقدم المشاركون في هذا البحث بمقترح لطرح ٦ مخاطر للمشاركة بين المقاول والمالك. إضافة إلى ذلك، وجد أن هنالك ٩ مخاطر مختلف عليها في العقد وقد تم حل معظم هذه الخلافات في المقترح المقدم باستثناء ثلاثة مخاطر، وقد ظهرت ١١ منطقة خلافية جديدة في المقترحات المقدمة. كما تم اختبار البيانات المجموعة لمعرفة إذا ما كان عدد المخاطر الموزعة لكل طرف يختلف بشكل كبير باختلاف نوع المجيب، وقد تبين أنه لا يوجد فرق حقيقي في هذا التوزيع. إنما وجد أن الخلاف قائم على نوع المخاطر المعطاة لكل طرف وليس على كمية المخاطر المعطاة لهذا الطرف.

٦,٤ تقييم المخاطر في الصناعة الإنشائية بالمنطقة الشرقية Alrashedet,al.,2014

تقيم هذه الدراسة السلامة في مشروعات المنشآت الصناعية في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية. لتقييم الجوانب المادية للسلامة تم القيام بفحص ميداني باستخدام قائمة فحص قياسية لدراسة مناخ السلامة وللتعرف على المواقف تجاه السلامة تم استخدام استبيانات صممت لهذا الغرض. تم حساب قيم مستوى أداء السلامة لكل الصناعات. وأستنتج هذه القيم بصورة كبيرة في صناعات الدعم وكانت القيمة المتوسطة ٨٤,٠ أما بالنسبة لمجموعة الصناعات الثانوية فإن قيمته كانت متوافقة باستثناء حالة واحدة وكانت القيمة المتوسطة له ٨١,٢٥. بالنسبة للصناعات الأولية كانت قيمة مستوى أداء السلامة في معظمها متوافقة بحيث تأخذ في المتوسط القيمة ٩١,٤٨. لقد تم حساب قيمة مستوى السلامة لكل الصناعات وكانت المجموعة الأساسية عالية بقيمة متوسطة مقدارها ٠,٨ من ١,٠ كحد أعلى للقياس بينما يتباين ذلك بصورة كبيرة لدى مجموعة الصناعات الثانوية بقيمة متوسطة ٠,٦١. ولكن لدى مجموعة صناعات الدعم تنخفض هذه القيم مقارنة بالصناعات الأولية والثانوية حيث كان المتوسط ٠,٤٧. ويمكن استخلاص أن مستوى السلامة يتغير تبعاً لحجم الصناعة. تم أيضاً قياس معامل الارتباط بين مستوى الأداء (نظام السلامة) ومستوى السلامة (الجوانب العادية) وتبين عدم وجود ارتباطاً وثيقاً بين مستوى الأداء ومستوى السلامة.

٦,٥ تحليل حوادث العمل في قطاع التشييد في جدة (2001) Mirza Mansoor

بحث طبي (PMC) يحدد أسباب الحوادث والإصابات المهنية في صناعة البناء بمدينة جدة، مثل السقوط من ارتفاعات والصدمات الكهربائية، مما يسلط الضوء على المخاطر التشغيلية في مواقع العمل الإنشائية. شهدت صناعة البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية نمواً ملحوظاً خلال السنوات القليلة الماضية. ومع ذلك، يمكن العثور على مواقع العمل الأكثر خطورة في البلاد في هذه الصناعة. حددت هذه الدراسة أسباب الحوادث والإصابات

في صناعة البناء والتشييد بين ٣٠٠ عامل في مدينة جدة الواقعة على ساحل البحر الأحمر. أظهرت نتائج الاستبانة أن السبب الرئيسي للحوادث والإصابات هو قلة الوعي بالسلامة المهنية وقلة الخبرة بين العمال (< ٨٢٪)؛ وأكثر أنواع الحوادث والإصابات شيوعاً التي تحدث في صناعة البناء هي سقوط العمال من ارتفاع (< ٨٠٪)، والصدمات الكهربائية (< ٦٠٪). يتم تقديم توصيات لمنع الحوادث والإصابات في هذه الصناعة في هذه الورقة.

٦,٦ إدارة المخاطر في صناعة البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية: وجهة نظر المقاولين Abu

(khashabah et.al.,2020)

إدارة المخاطر هو جزء أساسي من صناعة الانشاءات وخصوصا في الدول النامية مثل السعودية العربية حيث كم هائل من المشاريع الإنشائية لا يزال في انتظار التنفيذ مستقبلا. الإدارة الفعالة للمخاطر لا تمكن المقاولين فقط من إدراك الأنواع المختلفة للمخاطر التي يمكن ان يتعرضوا لها خلال مراحل تنفيذ المشروع، ولكنها أيضا تسهل عليهم إمكانية التعامل مع هذه المخاطر بشكل مناسب. الأهداف الرئيسية لهذا البحث تتمثل في دراسة ما إذا كان المقاولون في السعودية يستخدمون أدوات إدارة المخاطر في مؤسساتهم، وكذلك تحديد وتقييم هذه الأدوات وتقنيات المستخدمة ان وجدت. بالإضافة، الى تحديد معاملات المخاطرة وأدوات التقييم المستخدمة في اعداد استراتيجيات للوقاية او الحد من تأثير المخاطر على المشروع. في هذا البحث تم اجراء مراجعة شاملة للدراسات السابقة التي تم تنفيذها في مجالات تحديد تقنيات التعامل مع المخاطر ومعاملات الخطر والإجراءات الإدارية المستخدمة للتعامل مع الاخطار والتي تتلاءم مع صناعة الانشاءات في السعودية. تم جمع المعلومات المتعلقة بمقاولين الانشاءات في المنطقة الشرقية من السعودية عن طريق اعداد استبانة مغلقة. تم استهداف المقاولين من الدرجة الأولى والثانية والثالثة حسب تصنيف وزارة الشؤون البلدية والقروية. في المرحلة التالية تم تحليل البيانات التي جمعت من المقاولين وقد أظهرت النتائج ان معظم المقاولين يمارسون إدارة المخاطر داخل مؤسساتهم، ولكنهم يفتقرون الى الخبراء والمحترفين في هذا المجال، وكذلك فانهم لا يتبعون طريقة منظمة للتعامل مع المخاطر. وكذلك أظهرت ان المقاولون يستخدمون الأدوات والتقنيات الفعالة في التعامل مع المخاطر وهي أدوات مقبولة وذات فعالية وتأثير في صناعة الانشاءات. في الوضع الطبيعي يأخذ المقاولون الكثير من معاملات الخطر الداخلية والخارجية في الحسبان اثناء تنفيذ عملياتهم التجارية. يستخدم المقاولون الإجراءات الوقائية المناسبة للوقاية والتخفيف من تداعيات وقوع

٦,٧ دراسة محلية ذات صلة عن المناخ والسلامة في مواقع البناء Ibrahim Mosly, Anas A Makki

(2020)

دراسة حول تقدير معايير مناخ السلامة وآراء العاملين في مواقع البناء السعودية (عوامل مثل التفتيش، التدريب، التزام الإدارة، العمال)، وهي مفيدة لفهم عامل الإنسان في إدارة المخاطر. تعد رفاهية العمال وسلامتهم أمراً مهماً في صناعة البناء والتشييد نظراً لارتفاع مخاطر وقوع الحوادث. يعد تطوير مناخ السلامة خطوة أولية إيجابية نحو رفع مستويات السلامة لممارسي البناء. تهدف هذه الدراسة إلى الكشف عن العوامل المؤثرة على تصورات مناخ السلامة في صناعة البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية. تم التحقق من صحة مجموعة من العوامل المستخرجة من الأدبيات واستخدمت لتصميم استبانة شامل. تم جمع البيانات من ٤٠١ موظف يعملون في ٣ مواقع مشاريع بناء كبيرة في المملكة العربية السعودية. تم استخدام الإحصاء الوصفي وخوارزمية الجدولة التوافقية، واختبار ارتباط كيندا تاو-ب، لتحليل البيانات. وكشفت الدراسة عن مجموعة من ١٣ عاملاً تؤثر على تصورات مناخ السلامة، وهي: الإشراف والتوجيه والتفتيش، وتقييم المخاطر والأخطار، والضمان الاجتماعي والتأمين الصحي، وتأثيرات زملاء العمل، وعدالة السلامة الإدارية، والالتزام بالإدارة بالسلامة، والتعليم والتدريب، والتواصل، والالتزام بسلامة العمال، وموقف العمال تجاه الصحة والسلامة، وإشراك العمال، والبيئة الداعمة، والكفاءة. وتشير النتائج أيضاً إلى الدور الكبير والمتوقع للإدارة العليا في مناخ السلامة في المواقع. وتشمل الآثار المترتبة على هذه الدراسة مساعدة أصحاب المصلحة في صناعة البناء والتشييد على فهم أفضل وتعزيز مناخ السلامة، الأمر الذي سيؤدي بدوره إلى تحسين سلوك السلامة، والثقافة والتحفيز والأداء.

٦,٨ دراسة أوسع عن تقييم المخاطر في مشاريع البناء السعودية (SHOEB MOHAMMED, 2016)

دراسة تقدم تحليلاً لطريقة تقييم المخاطر في مشاريع البناء السعودية عبر نموذج تقييم جديد مبني على اتخاذ القرار الخطي، وذكرت أن سوق البناء السعودي يتضمن الكثير من المخاطر التي تحتاج إلى التحليل والتعامل العلمي. يعد سوق البناء في المملكة العربية السعودية ضخماً بشكل كبير في الشرق الأوسط، والذي يقدر حالياً بما يزيد عن ١٢٢ مليار دولار سنوياً (في الأونة الأخيرة) ومن المتوقع أن يصل إلى أكثر من ٦١٠ مليار دولار في السنوات الخمس المقبلة. تعتبر مشاريع البناء في القطاع السكني أكثر إيجابية من القطاع التجاري، إلا أن البيانات حول النسبة الفعلية لمعدل النجاح وعوامل الخطر الحيوية في المشاريع المذكورة لا تزال محدودة. وبناءً على ذلك، تقوم هذه الدراسة بتقدير تقييم مخاطر مشاريع البناء الحديثة في المملكة العربية السعودية وتقدم طريقة جديدة لتقييم مخاطر مشاريع البناء الحالية: يعتمد هذا التحليل على نموذج خطي جديد لاتخاذ القرار. وفي الوقت نفسه، تبحث هذه الدراسة أيضاً في التطبيقات التطبيقية لإدارة المخاطر في تجارة مشاريع البناء لكل من الشركات الدولية والوطنية.

٧. الإطار التشريعي والتنظيمي:

تُعد السلامة الاستباقية في الإنشاءات أمرًا بالغ الأهمية لضمان سير العمل بسلاسة وتقليل الحوادث في مواقع البناء. في قطاع يتميز بكثرة الفرق والمهام الخطرة والبيئات المتغيرة، فإن المخاطر لا تُعد ولا تُحصى — ولكن يمكن التنبؤ بمعظمها بل وتفاديها عند اعتماد نهج استباقي.

يساعد تطبيق السلامة الاستباقية في الإنشاءات باستخدام الأدوات الرقمية وتحليل البيانات على حماية العاملين، وضمان الامتثال للأنظمة، وتقليل التأخيرات المرتبطة بالمخاطر. في هذا المقال، نستعرض كيف تُمكن الحلول الرقمية الفرق من رصد المخاطر مبكرًا، واتخاذ قرارات مدروسة، وتحقيق امتثال أفضل لمعايير السلامة في المشاريع الإنشائية (عبدالله، أحمد حسن ٢٠٢٠).

٧,١ دور الأدوات الرقمية في تحديد المخاطر والتعامل معها:

غالبًا ما تكون أساليب إدارة المخاطر التقليدية — مثل جداول البيانات، والقوائم الورقية، والتواصل غير المتكامل بطيئة وعرضة للأخطاء. في المقابل، تُمكن المنصات الرقمية المتخصصة في قطاع الإنشاءات، مثل PlanRadar، الفرق من الوصول إلى بيانات فورية، والعمل عبر الأجهزة المحمولة، وتطبيق إجراءات مؤتمتة تُبسط ممارسات السلامة من الأساس.

كيف تُسهّم الأدوات الرقمية في تعزيز إدارة المخاطر:

- الإبلاغ الفوري عن المخاطر: يمكن توثيق مشكلات السلامة مباشرة عبر الأجهزة المحمولة باستخدام الصور، أو مقاطع الفيديو، أو تحديد المواقع، ما يضمن رصد المخاطر بدقة ودون تأخير.
- تتبّع المهام تلقائيًا: يمكن إسناد مهام السلامة إلى الجهات المسؤولة فورًا، مع إعداد تذكيرات تلقائية وتنبيهات بالمواعيد النهائية لضمان تنفيذ الإجراءات المطلوبة.
- نماذج سلامة قابلة للتخصيص: توحيد عمليات التفتيش، ومحاضرات السلامة اليومية، والمراجعات الدورية عبر جميع المشاريع، مع إمكانية التكيف حسب المتطلبات المحلية.
- سجل مركزي لمعلومات السلامة: الاحتفاظ بسجل رقمي موثّق لجميع عمليات التفتيش، والإجراءات المتخذة، وسجلات الامتثال، لتكون جاهزة للمراجعة الداخلية أو من قبل الجهات التنظيمية.

بفضل هذه الميزات، يمكن لشركات الإنشاءات تقليل اعتمادها على الفحوصات التقليدية القائمة على ردّ الفعل، والانتقال إلى نهج استباقي مدعوم بالبيانات للتعامل مع المخاطر بفعالية أكبر.

٧,٢ استخدام البيانات لتخطيط السلامة بشكل استباقي:

في قطاع الإنشاءات، المعلومة هي القوة. القدرة على جمع وتحليل البيانات من الموقع مثل السجلات اليومية، وتقارير التفتيش، وتاريخ الحوادث تتيح لمديري المواقع تحديد الأنماط، ورصد الأنشطة عالية الخطورة، ووضع تدابير وقائية بشكل أكثر دقة وفعالية.

فيما يلي كيف يمكن للفرق الاستفادة من البيانات في تطبيق الإدارة الاستباقية للمخاطر في مشاريع الإنشاء:

- مراقبة المناطق عالية الخطورة: تحديد الأماكن التي تتكرر فيها الحوادث وضبط تدفق العمل أو جداول العاملين لتقليل التعرض للخطر.
- توقع المخاطر حسب المرحلة: تحديد مراحل المشروع التي تشهد عادةً أخطار أعلى (مثل الحفر أو التركيبات الكهربائية) وتعزيز تدابير السلامة خلالها.
- مراجعة أداء المقاولين من الباطن: تقييم مدى التزام الفرق الخارجية بمعايير السلامة لضمان المسؤولية وتحقيق التناسق في إجراءات السلامة عبر جميع الأطراف.
- استخدام لوحات التحكم وتحليلات الأداء: عرض مؤشرات السلامة وتحليلها عبر الفترات الزمنية والمشاريع والمواقع المختلفة، لدعم اتخاذ القرارات وتخصيص الموارد بشكل فعال.

عندما تتخذ فرق الموقع إجراءات بناءً على مؤشرات إنذار مبكر — بدلاً من الانتظار حتى وقوع الحوادث — يمكنها حماية العمال، وتفادي التأخيرات، وتقليل التكاليف الناتجة عن إعادة العمل أو التعويضات القانونية بشكل كبير.

٧,٣ خطوات عملية لتعزيز الامتثال للوائح السلامة:

الامتثال للوائح السلامة المحلية والدولية ليس مجرد مطلب قانوني، بل يُعد أيضًا أساسًا لتحقيق نتائج أفضل في المشاريع وبناء سمعة مهنية قوية على المدى الطويل. تساعد المنصات الرقمية في دمج متطلبات الامتثال ضمن سير العمل اليومي، مما يجعل من السهل على الفرق الالتزام بالقوانين والمعايير الداخلية.

فيما يلي خطوات عملية لتحسين الامتثال في مواقع العمل:

- رقمنة مستندات السلامة: احتفظ بجميع التصاريح وسجلات التفتيش ونماذج بيانات السلامة (MSDS) وشهادات التدريب في منصة سحابية واحدة. هذا يضمن حفظ المعلومات بشكل آمن وسهولة الوصول إليها وقت الحاجة للمراجعة أو التدقيق.

- تبسيط تتبع التدريب والشهادات: راقب سجلات تدريب الموظفين وحدد تنبيهات تلقائية للتجديدات، لضمان أن جميع أفراد الفريق يمتلكون المؤهلات المطلوبة في الوقت المناسب.
- تنفيذ مراجعات رقمية منتظمة: استبدل الفحوصات العشوائية بمراجعات رقمية متكررة. هذا يعزز من التناسق في تطبيق إجراءات السلامة ويساعد على تتبع الأداء وتحليل الاتجاهات بمرور الوقت.
- تمكين الإبلاغ الميداني عبر الأجهزة المحمولة: سهّل على العاملين الإبلاغ عن أي خطر أو شبه حادث مباشرة من هواتفهم أو أجهزتهم المحمولة. كلما تم تسجيل المشكلة بسرعة، زادت فرص معالجتها قبل أن تتفاقم.
- تخصيص نماذج الامتثال حسب كل دولة: استخدم قوائم تفتيش ونماذج فحص تتماشى مع القوانين والأنظمة المحلية، مثل متطلبات الدفاع المدني في دولة الإمارات أو كود البناء السعودي.

من خلال دمج هذه الخطوات مع تحديد المخاطر بشكل استباقي والاستفادة من تحليلات البيانات، يمكن لشركات الإنشاءات ترسيخ ثقافة التحسين المستمر، حيث تصبح السلامة مسؤولية جماعية وميزة تنافسية واضحة.

٧,٤ لماذا تُعد الإدارة الاستباقية للمخاطر ميزة تنافسية؟

في منطقة الخليج، حيث تسود المشاريع الضخمة والجدول الزمني الضيق، لا تُعد إدارة السلامة الاستباقية مجرد وسيلة للامتثال — بل أصبحت عنصراً استراتيجياً يميّز الشركات عن غيرها في السوق.

الشركات التي تستثمر في الأدوات الرقمية وتتبنّى نهج الإدارة الاستباقية للمخاطر في مواقع البناء غالباً ما تلاحظ:

- تقليل التأخيرات الناتجة عن الحوادث أو التحقيقات في موقع العمل
- خفض تكاليف التأمين بفضل الأداء القوي في السلامة
- رفع معنويات فرق العمل وتحسين مستويات الاحتفاظ بالموظفين
- زيادة ثقة العملاء وتعزيز السمعة المهنية

علاوة على ذلك، تتجه الحكومات في مختلف أنحاء الشرق الأوسط إلى تشديد الرقابة التنظيمية وتعزيز متطلبات الاستدامة. وبالتالي، فإن الشركات التي تعطي أولوية للسلامة تصبح أكثر قدرة على الفوز بالمناقصات، وبناء شراكات قوية، وتقديم نتائج عالية الجودة.

٧,٥ القائمة المرجعية للالتزام البيئي - مشاريع الحرم المكي

أولاً: التصاريح والمستندات

- الحصول على تصريح الالتزام البيئي (ECP)
- اعتماد دراسة تقييم الأثر البيئي (EIA)
- وجود خطة الإدارة البيئية (EMP) معتمدة
- تعيين مسؤول بيئي بالموقع

ثانياً: جودة الهواء ومكافحة الغبار

- رش الطرق والمناطق الترابية بانتظام
- تغطية الشاحنات أثناء نقل المواد
- تخزين المواد الناعمة في مناطق مغطاة
- وجود أجهزة قياس PM10 وPM2.5
- تسجيل قراءات جودة الهواء يومياً

ثالثاً: الضوضاء والاهتزاز

- قياس مستوى الضوضاء بالموقع
- الالتزام بساعات العمل المسموح بها
- استخدام كواتم صوت للمعدات
- تركيب حواجز صوتية عند الحاجة
- مراقبة الاهتزازات أثناء أعمال الحفر

رابعاً: حماية المياه

- منع تصريف مياه ملوثة للتربة
- توفير حواجز لمنع جريان الملوثات
- تخزين الوقود والمواد الكيميائية في مناطق محمية
- فحص أي تسربات بشكل فوري

خامساً: حماية التربة

- عدم التخلص من الزيوت أو المواد الكيميائية على الأرض
- وجود حاويات خاصة للمواد الخطرة

• معالجة أي تلوث للتربة فوراً

سادساً: إدارة المخلفات

• فصل المخلفات (بناء - معدنية - خطرة - عامة)

• وجود حاويات مخصصة ومغطاة

• نقل المخلفات عبر ناقل مرخص

• الاحتفاظ بسجلات التخلص من المخلفات

سابعاً: المواد الخطرة

• توفر نشرات بيانات السلامة (SDS)

• تخزين آمن بعيد عن أشعة الشمس

• وجود أدوات احتواء للانسكابات

• تدريب العمال على التعامل مع التسربات

ثامناً: السلامة البيئية للعاملين

• توفير معدات الوقاية الشخصية

• تدريب العمال على المخاطر البيئية

• لوحات إرشادية بيئية واضحة بالموقع

تاسعاً: خطط الطوارئ البيئية

• وجود خطة استجابة للانسكابات

• توفر مواد امتصاص التسربات

• تدريب فريق الطوارئ

• أرقام الطوارئ معلنة بالموقع

عاشراً: الرصد والتقارير

٧,٦ الجوانب المؤسسية

يوجد مجموعة من التشريعات والأنظمة المتعلقة بالبيئة والتي يجب على الجهة المنفذة الالتزام بها أثناء إنشاء وتشغيل المشروع، وفيما يلي تلخيص بعض المواد والمعايير واجبة التحقق المتعلقة بالأداء البيئي للمشروع.

أ) إرشادات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة لتقييم الأثر البيئي

- تحليل التشريعات البيئية الوطنية والإقليمية والدولية.
- وصف تفصيلي للمشروع المقترح والبيانات البيئية الأساسية الموجودة.
- الآثار البيئية المتوقعة للمشروع المقترح.
- مقترحات الحد والتخفيف من مشاكله.
- بدائل المشروع.
- خطة الرصد، وخطة الإدارة البيئية.
- برنامج التأهيل.

جدول (١): التشريعات البيئية السعودية المتعلقة بالمشروع.

العامل البيئي	البند والمواد المعنية
الضوضاء	الهيئة الملكية للجبل وينع - المملكة العربية السعودية "RCEG-2004".
جودة الهواء	اللائحة التنفيذية للنظام العام للبيئة (ملحق ١ - مقاييس حماية البيئة - وثيقة رقم ٠١ - ١٤٠٩هـ) - الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.
الصرف الصحي	اللوائح والأشترطات الفنية - وزارة الشؤون البلدية والقروية - لائحة الإشرططات الفنية للتخلص من مياه الصرف الصحي الغير معالجة - لوزير الشؤون البلدية والقروية بتاريخ ١٤٢٥/١٢/١هـ
المواد الخطرة	اللائحة التنفيذية للنظام العام للبيئة (ملحق ٤ - مقاييس حماية البيئة - وثيقة رقم ٠١ - ١٤٢٣هـ - الملحق الثالث والرابع) - الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.
إدارة النفايات	اللائحة التنفيذية للنظام العام للبيئة (ملحق ٤ - مقاييس حماية البيئة - وثيقة رقم ٠١ - ١٤٢٣هـ - الملحق الأول والثاني) - الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.

ب) السلامة والصحة المهنية:

تهدف اشتراطات الترخيص والقرارات التنفيذية إلى تحديد الشروط والاحتياجات اللازمة لسلامة بيئة العمل في المؤسسة وما يحيط بها. وذلك للتقليل من المخاطر الصحية، والحوادث الصناعية أو الإزعاج الناتج عن عملية الإنشاء، وقد صدرت قوانين الترخيص عن وزير الإسكان وتنفيذها سلطات السلامة الصحية المهنية كما يلي:

إعداد دراسة تقييم التأثير البيئي للمشروع وتقديمها إلى الجهة الإدارية المختصة والتي تقوم بدورها بتقديمها إلى الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة لإبداء الرأي وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها في مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة لمعالجة الآثار البيئية السلبية.

الاحتفاظ بسجل لبيان تأثير المشروع المقترح على البيئة وفقاً للنموذج الوارد في اللائحة التنفيذية وتحديث بيانات هذا السجل بشكل دوري.

الادارة البيئية المثلى للنفايات الصلبة والخطرة في الموقع.

خفض معدل تولد المخلفات الخطرة من المنبع وتوصيف هذه المخلفات كما ونوعاً وتحديد أماكن معينة لتخزين هذه المخلفات الخطرة في أماكن آمنة وداخل حاويات مصممة ومحكمة ووضع علامات واضحة دالة على نوع الخطورة لهذه المخلفات مع الاحتفاظ بسجل متكامل لكيفية تداول المخلفات الخطرة.

الالتزام بالحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء الجوي في الانبعاثات الغازية الصادرة من موقع المشروع.

يجب على المؤسسة أن تتعامل بطريقة بيئية سليمة يضمن حدوث عدم تسرب أو انبعاث ملوثات الهواء داخل مكان العمل حتى لا يؤثر على صحة العمال وسلامتهم من خلال بنود اللائحة التنفيذية الموضحة للحدود القصوى لملوثات الهواء داخل مكان العمل. وكذلك يجب على المنشأة أن تعمل على الحفاظ على الرطوبة وعلى درجة الحرارة ببيئة العمل المحيطة بالعمال لتقليل فرص الإصابة بالإجهاد الحراري ومعدات الوقاية الشخصية لا بد أن تكون مناسبة وتُقدم على النحو المطلوب للعاملين في مناطق مختلفة من المنشأة (Al-Harbi, K. 2018), (OSHA, Goetsch, D. (2019)).

جودة الهواء:

ويجب على المؤسسة أن تأخذ في الاعتبار معايير انبعاث/رائحة الهواء، وليس فقط في انبعاثات المنشأة، ولكن أيضاً من الأنشطة القائمة والمحيطية بموقع المشروع. ولا ينبغي أن يتجاوز حدود مستويات الملوثات المتراكمة الناتجة عن الآثار المتزايدة عندما يزداد الصرف من جميع الأنشطة الإنشائية المقترحة بمنطقة الدراسة، وأيضاً يجب أن يراعى في الاعتبار

موقع المنشأة ومدى ملاءمتها فيما يتعلق بالبعد عن المناطق الحضرية، واتجاه الرياح السائدة، وقدرة البيئة الطبيعية على استيعاب الملوثات ((Khodeir, M., et al. (2012), Munir, S., et al. (2017), Seroji, A. (2011)).

يوضح الجدول التالي (جدول: القيم المسموح بها في قانون حماية البيئة والمسجلة في النظام العام للبيئة واللائحة التنفيذية (ملحق ١ - مقاييس حماية البيئة - وثيقة رقم ١٤٠٩ - ٠١) بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة. واستناداً الى الأمر السامي رقم ٨٩٠٣/م/٧ بتاريخ ١٤٠١/٤/٢١ هـ والذي أسند مهمة مكافحة التلوث وحماية البيئة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة وفق الترتيب الوارد في قرار اللجنة العليا للاصطلاح الإداري رقم ٨٦ وبتاريخ ١٣٩٩/٨/٢٠ هـ.

جدول (٢): الحدود القصوى لنوعية الهواء الواردة باللائحة التنفيذية للنظام العام للبيئة - الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.

الملوثات	الحد المسموح به (ميكروجرام/م ^٣)	أقصى فترة للتعرض
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)	٧٣٠	ساعة
	٣٦٥	٢٤ ساعة
	٨٥	سنوياً
ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂)	٦٦٠	ساعة
	----	٢٤ ساعة
	١٠٠	سنوياً
الأوزون (O ₃)	٢٩٥	ساعة
أول أكسيد الكربون (CO)	٤٠ مجم / م ^٣	ساعة
	١٠ مجم / م ^٣	٨ ساعات
الجسيمات العالقة أقل من ١٠ ميكرو	٣٤٠	٢٤ ساعة
متر (PM ₁₀)	٨٠	سنوياً
كبريتيد الهيدروجين (H ₂ S)	٤٠	ساعة
	٤٠	٢٤ ساعة

الضوضاء:

يتعين على المنشأة تلبية وإتباع لوائح الضوضاء في أماكن بيئة العمل وخارجها وللمنطقة ككل وفيما يلي سرد للحدود القصوى لمستويات الضوضاء بالنظام العام للبيئة السعودي والبنك الدولي.

جدول (٣): الحدود القصوى للضوضاء الواردة باللائحة التنفيذية للنظام العام للبيئة والبنك الدولي.

منطقة الاستقبال	حدود البنك الدولي	الحدود المحلية	التصنيف	ملاحظات
وقت النهار المناطق السكنية (٠٧:٠٠ – ٢٢:٠٠)	٥٥ ديسيبل (أ)	٥٠ ديسيبل (أ)	١	يشترط ان تكون المناطق السكنية بعيدة عن المصانع
وقت الليل المناطق السكنية (٠٧:٠٠ – ٢٢:٠٠)	٤٥ ديسيبل (أ)	٥٠ ديسيبل (أ)	٢	يشترط ان تكون المناطق السكنية بعيدة عن المصانع
المناطق الصناعية	٧٠ ديسيبل (أ)	٧٥ ديسيبل (أ)	٢	-----

المصدر: الهيئة الملكية للجبيل وينبع. المملكة العربية السعودية "RCEG-2004" الأجزاء ١ و ٢ .

٧,٧ الإطار التشريعي والتنظيمي الوطني للصحة والسلامة المهنية والالتزام البيئي

يوفر الإطار التشريعي الوطني منظومة متكاملة لدعم إدارة المخاطر البيئية والمهنية في منطقة الحرم المكي، ويُظهر تحليل نتائج الدراسة توافقاً مرتفعاً مع متطلبات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية، ولائحة إدارة السلامة والصحة المهنية، ولوائح المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، وأحكام نظام العمل ذات العلاقة بالسلامة المهنية، مع وجود فرص للتحسين المستمر في بعض الجوانب التشغيلية والوقائية دعماً لمستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠. تستند مشاريع الحرم المكي في تطبيق متطلبات السلامة والصحة المهنية والالتزام البيئي إلى منظومة متكاملة من الأنظمة واللوائح الوطنية التي تهدف إلى حماية العاملين والزوار والبيئة، وتعزيز الاستدامة ورفع مستوى الامتثال التنظيمي. ومن أبرز هذه المرجعيات ما يلي:

٧,٧,١ قرار مجلس الوزراء رقم (٦٦٣) بشأن البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية

أصدر مجلس الوزراء قرار رقم (٦٦٣) القاضي بالموافقة على البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية، والذي يهدف إلى تطوير منظومة وطنية متكاملة للصحة والسلامة المهنية، وخفض معدلات الإصابات والأمراض المهنية، ورفع مستوى الامتثال في جميع قطاعات العمل، وتعزيز ثقافة الوقاية وإدارة المخاطر. ويعد البرنامج أحد الممكّنات الرئيسة لتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠ المتعلقة بجودة الحياة ورفع كفاءة بيئات العمل. وتسهم مشاريع الحرم المكي في تحقيق مستهدفات البرنامج من خلال تطبيق أنظمة إدارة المخاطر، وتوفير بيئة عمل آمنة للعاملين، وتعزيز إجراءات حماية ضيوف الرحمن أثناء تنفيذ مشاريع التطوير والتشغيل.

٧,٧,٢ لائحة إدارة السلامة والصحة المهنية

تحدد لائحة إدارة السلامة والصحة المهنية المتطلبات الأساسية التي يجب على أصحاب العمل الالتزام بها لضمان توفير بيئة عمل آمنة وصحية، ومن أبرز متطلباتها:

- تحديد وتقييم المخاطر المهنية بشكل دوري.
 - وضع ضوابط وإجراءات التحكم بالمخاطر.
 - توفير معدات الوقاية الشخصية المناسبة.
 - تدريب العاملين على إجراءات السلامة والصحة المهنية.
 - التحقيق في الحوادث والإصابات المهنية واتخاذ الإجراءات التصحيحية.
 - إعداد خطط الطوارئ والإخلاء والاستجابة للحوادث.
 - مراقبة بيئة العمل والحد من التعرض للمخاطر الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.
- وقد أظهرت نتائج الدراسة وجود تطبيق جيد لهذه المتطلبات في مشاريع الحرم المكي مع وجود فرص للتحسين المستمر في بعض الجوانب المتعلقة بإدارة الحشود والتحكم بالغبار والضوضاء.

٧,٧,٣ لوائح المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي

يمثل المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي الجهة المختصة بمتابعة التزام المنشآت والمشروعات بالأنظمة البيئية في المملكة، وتلزم لوائحه المشاريع الإنشائية والتشغيلية بالامتثال للاشتراطات البيئية ذات العلاقة، ومن أهمها:

- الحصول على التصاريح البيئية اللازمة.
- إعداد دراسات تقييم الأثر البيئي للمشاريع.
- تنفيذ خطط الإدارة البيئية المعتمدة.
- مراقبة جودة الهواء والضوضاء والانبعاثات.
- الإدارة السليمة للمخلفات والنفايات.

- منع تلوث المياه والتربة والبيئة المحيطة.
 - الالتزام بحدود الملوثات البيئية المسموح بها نظاماً.
- وتشير نتائج الدراسة إلى أن مشاريع الحرم المكي تطبق العديد من هذه الاشتراطات من خلال برامج الرصد البيئي وإجراءات مكافحة الغبار وإدارة المخلفات ومراقبة المؤشرات البيئية المختلفة.
- ٧,٧,٤ مواد نظام العمل المتعلقة بالسلامة والصحة المهنية
- أكد نظام العمل السعودي على مسؤولية صاحب العمل في توفير بيئة عمل آمنة وصحية للعاملين واتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة لحمايتهم من الأخطار المهنية. وتشمل أهم الالتزامات النظامية:
- حماية العاملين من المخاطر المهنية أثناء أداء أعمالهم.
 - توفير وسائل الوقاية الجماعية والفردية المناسبة.
 - تدريب العاملين على أساليب العمل الآمن.
 - توفير الإسعافات الأولية والرعاية الطبية اللازمة.
 - الإبلاغ عن الحوادث والإصابات المهنية وفق الإجراءات النظامية.
 - الالتزام بالاشتراطات الصحية والبيئية داخل مواقع العمل.
- وتُعد هذه المواد المرجعية القانونية الأساسية التي تستند إليها إجراءات السلامة والصحة المهنية المطبقة في مشاريع الحرم المكي، بما يضمن حماية العاملين والمقاولين والزوار ورفع مستوى الامتثال للأنظمة الوطنية.

٨. مدى توافق مشاريع الحرم المكي مع البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية

يُعد البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية أحد المبادرات الوطنية الرامية إلى تعزيز بيئات العمل الآمنة والحد من الإصابات والأمراض المهنية ورفع مستوى الامتثال للأنظمة والتشريعات ذات العلاقة. ونظراً لما تشهده منطقة الحرم المكي من مشاريع تطوير وتوسعة مستمرة تستقطب أعداداً كبيرة من العاملين وضيوف الرحمن، فإن تقييم مدى توافق هذه المشاريع مع مستهدفات البرنامج الوطني يمثل مؤشراً مهماً على كفاءة منظومة إدارة المخاطر والسلامة والصحة المهنية.

٨,١ مؤشرات الأداء الوطنية ذات العلاقة

تمت مقارنة نتائج الدراسة مع عدد من مؤشرات الأداء الرئيسة الواردة ضمن مستهدفات الصحة والسلامة المهنية، وتشمل:

- معدل الإصابات والحوادث المهنية.
- مستوى الامتثال لاشتراطات السلامة والصحة المهنية في مواقع العمل.
- كفاءة برامج التدريب والتوعية للعاملين.
- توافر معدات الوقاية الشخصية واستخدامها.
- جاهزية خطط الطوارئ والإخلاء والاستجابة للحوادث.
- فعالية نظم الإبلاغ عن المخاطر والحوادث والتحقيق فيها.
- مستوى حماية الجمهور والمستفيدين من المخاطر المرتبطة بالمشاريع.

٨,٢ تحليل الفجوات

أظهرت نتائج الدراسة وجود مستوى جيد من الالتزام بإجراءات السلامة والصحة المهنية، إلا أن بعض الفجوات ما زالت قائمة، ومن أبرزها:

- استمرار وجود أعمال إنشائية وصيانة بالقرب من مسارات المشاة والمعتَمرين في بعض المواقع.
- الحاجة إلى تحسين إدارة المخاطر المرتبطة بالحشود خلال أوقات الذروة.
- وجود ملاحظات تتعلق بوضوح بعض اللوحات الإرشادية والتحذيرية.
- الحاجة إلى مزيد من الإجراءات الوقائية للحد من التعرض للغبار والضوضاء في بعض مناطق العمل.
- الحاجة إلى تعزيز برامج الرصد البيئي المستمر وربطها بأنظمة الإنذار المبكر واتخاذ القرار.

٨,٣ مستوى الالتزام

تشير نتائج الرصد الميداني والاستبيانات إلى أن مشاريع الحرم المكي تحقق مستوى مرتفعاً من الالتزام بمتطلبات السلامة والصحة المهنية، ويتضح ذلك من خلال:

- تطبيق إجراءات تنظيم الحشود ومسارات الحركة.
 - توافر خدمات الإسعافات الأولية والرعاية الطبية.
 - تنفيذ برامج الصيانة والتشغيل وفق ضوابط السلامة المعتمدة.
 - وجود خطط لإدارة المخاطر والطوارئ.
 - استخدام الحواجز والعوازل الأمنية في مناطق الأعمال الإنشائية.
 - المتابعة المستمرة لمؤشرات جودة البيئة والصحة العامة.
- وبوجه عام يمكن تصنيف مستوى الالتزام بأنه مرتفع مع وجود فرص للتحسين المستمر بما يتوافق مع أفضل الممارسات الوطنية والعالمية.

٨,٤ الإجراءات التصحيحية المقترحة

لرفع مستوى التوافق مع مستهدفات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية توصي الدراسة بما يلي:

١. تعزيز برامج التفتيش والمراجعة الدورية لمواقع العمل.
 ٢. تطوير مؤشرات أداء تشغيلية خاصة بمشاريع الحرم وربطها بالمؤشرات الوطنية.
 ٣. زيادة استخدام الأنظمة الرقمية والذكاء الاصطناعي لرصد المخاطر والتنبيه بها.
 ٤. تحسين وسائل التحكم بالغبار والضوضاء في مناطق الإنشاءات.
 ٥. رفع كفاءة التدريب والتوعية للعاملين والمقاولين.
 ٦. تعزيز إجراءات السلامة في المناطق المتداخلة مع حركة الحشود.
 ٧. تحديث خطط الطوارئ والإخلاء بشكل دوري وإجراء تمارين ميدانية منتظمة.
 ٨. تحسين إدارة النفايات ومصادر الروائح الكريهة بما يحقق بيئة أكثر أماناً وصحة.
- أظهرت الدراسة أن مشاريع الحرم المكي تتوافق بدرجة كبيرة مع مستهدفات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية، خاصة فيما يتعلق بحماية العاملين والزوار وإدارة المخاطر والطوارئ. ومع ذلك، فإن استمرار مشاريع التطوير والتوسعة يستلزم تعزيز التحسين المستمر وسد الفجوات القائمة لضمان الوصول إلى أعلى مستويات السلامة والصحة المهنية وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠.

٩. النتائج والمناقشة:

٩,١ تحليل المخاطر المهنية والبيئية المرتبطة بأعمال الصيانة والإنشاءات الداخلية بالحرم الشريف

أوضحت عمليات الرصد أعمال تطوير وصيانة داخل المسجد الحرام مع استمرار حركة الحشود والزوار، وهو ما يعكس الطبيعة المعقدة لإدارة المشاريع الإنشائية داخل بيئة تشغيلية ذات كثافة بشرية عالية. كما تكشف عن عدد من المخاطر البيئية والمهنية المرتبطة بأعمال الإنشاء والتشغيل في منطقة الحرم المكي. أيضا أعمال صيانة وتطوير إنشائي خارجي في المسجد الحرام، مع وجود سقالات معدنية مرتفعة ورافعات تعمل بالقرب من مسارات حركة المعتمرين والزوار، وهو ما يعكس حجم التحديات البيئية والمهنية المرتبطة بتنفيذ المشاريع في منطقة ذات كثافة بشرية عالية وحساسية دينية وعمرانية خاصة.

وهذه العوامل قد ينشأ عنها العديد من المخاطر مثل:

أولاً: مخاطر السلامة والصحة المهنية (OSH)

١) مخاطر الأعمال العلوية

- أسقف معلقة،
- هياكل معدنية مكشوفة،
- معدات وتجهيزات إنشائية أعلى مسارات المشاة.

وهذا يرتبط بعدة مخاطر، منها:

- سقوط الأدوات أو المواد الإنشائية.
- إصابات ناتجة عن العمل فوق الحشود.
- احتمالية ضعف تثبيت بعض العناصر أثناء الصيانة أو التركيب.

٢) مخاطر الحشود أثناء التنفيذ

وجود أعداد كبيرة من المعتمرين والزوار بالقرب من مواقع العمل يؤدي إلى:

- صعوبة عزل مناطق الخطر.
- زيادة احتمالية الحوادث العرضية.
- ارتفاع مخاطر التدافع أو التعثر.

٣) مخاطر الرافعات والمعدات الثقيلة

وجود الرافعات داخل مناطق الحركة البشرية قد يؤدي إلى:

مخاطر الاصطدام بالحشود.

سقوط الأحمال المعلقة .

مخاطر التشغيل الليلي وضعف الرؤية .

(٤) مخاطر الحشود

تنفيذ الأعمال أثناء وجود أعداد كبيرة من المعتمرين يزيد من:

- احتمالية التعثر أو الاصطدام بمناطق العمل .
- صعوبة إدارة الطوارئ والإخلاء .
- تعرض الزوار لمخاطر مباشرة وغير مباشرة .

(٥) مخاطر السقالات

السقالات المرتفعة تتطلب:

- فحصاً دورياً للوصلات المعدنية .
- التأكد من سلامة نقاط الارتكاز .
- تركيب شبكات حماية لمنع سقوط المواد .

ثانياً: المخاطر البيئية

(١) التلوث الهوائي

أعمال الصيانة والترميم قد تؤدي إلى:

- انبعاث الغبار والجسيمات العالقة PM10 .
- انتشار مخلفات البناء الدقيقة .
- التأثير على جودة الهواء المحيط بالحرم .

(٢) التلوث الضوضائي

تشغيل المعدات الثقيلة والرافعات يسبب:

- ارتفاع مستويات الضوضاء .
- التأثير على الراحة البيئية والروحانية للمكان .

(٣) التلوث البصري

وجود السقالات والمعدات الإنشائية الضخمة يؤثر مؤقتاً على:

- المشهد العمراني للحرم . الطابع البصري والمعماري الإسلامي للموقع .



شكل (1): مرور المعتمرين والمصلين أسفل بعض مناطق العمليات الإنشائية بساحة الغزة، مما قد يشكل خطراً على السلامة العامة نتيجة احتمالية سقوط المواد أو تزاخم الحشود أو محدودية مسارات الإخلاء.



شكل (٢): تقارب بعض الروافع العملاقة والمعدات الثقيلة من مسارات المشاة الخاصة بالمعتمرين والمصلين في منطقة التوسعة، مما قد يزيد من مخاطر السقوط أو الاصطدام أو تأثر الحركة الآمنة للحشود، ويستدعي تعزيز مناطق العزل ومسافات الأمان.



شكل (٣): مناطق خلف التشطيبات المعمارية وأجزاء من الأسقف والأعمدة في المسجد الحرام أثناء أعمال صيانة أو تطوير لأنظمة الخدمات الكهروميكانيكية (MEP)، ويمكن اعتبارها من أهم الأدلة الميدانية على المخاطر البيئية والمهنية المرتبطة بأعمال التشغيل والصيانة داخل الحرم.



شكل (٤): تزامن تغيير وريديات العمال مع أوقات إقامة الصلوات، مما يؤدي إلى زيادة كثافة الحركة البشرية وارتفاع احتمالية الازدحام وإعاقة انسيابية حركة المعتمرين والمصلين المتجهين إلى المسجد الحرام.

توضح الصور وجود أعداد كبيرة من العمالة داخل المسجد الحرام ومحيطه، أثناء عمليات التشغيل والصيانة والتنظيم، وهو ما يعكس حجم الموارد البشرية المطلوبة لإدارة وتشغيل المشاريع والخدمات بالحرم المكي. كما تُظهر الصور بيئة عمل مزدحمة ذات كثافة بشرية مرتفعة، الأمر الذي يفرض تحديات كبيرة تتعلق بالسلامة والصحة المهنية والإدارة البيئية. أولاً: السلامة والصحة المهنية (OSH)

(١) كثافة العمالة ومخاطر الحشود

- وجود تجمعات كبيرة من العمال في مسارات الحركة.
 - تداخل حركة العاملين مع حركة الزوار والمركبات الخدمية.
 - العمل في بيئة تشغيلية مستمرة وعلى مدار الساعة.
- وهذا يرتبط بعدة مخاطر، منها:
- الإجهاد الحراري والإرهاق البدني.
 - التعثر والانزلاق نتيجة الازدحام.
 - صعوبة الإخلاء في حالات الطوارئ.
 - زيادة احتمالية الحوادث المهنية الناتجة عن الكثافة البشرية.

٢) معدات الوقاية الشخصية

يظهر التزام عدد كبير من العاملين باستخدام:

- السترات العاكسة،
- الخوذ الواقية لبعض العمال،
- ومعدات السلامة الأساسية .

ويعد ذلك مؤشراً إيجابياً على تطبيق متطلبات السلامة المهنية داخل الموقع.

إلا أن بعض التحديات ما تزال قائمة مثل:

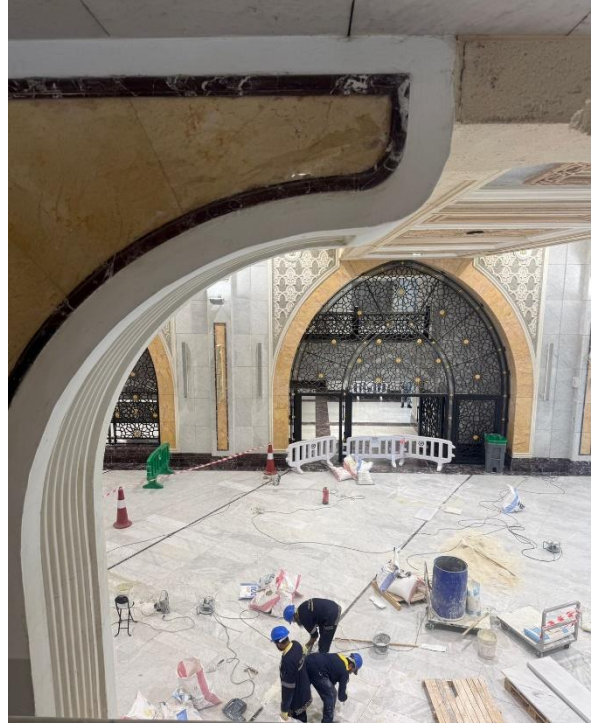
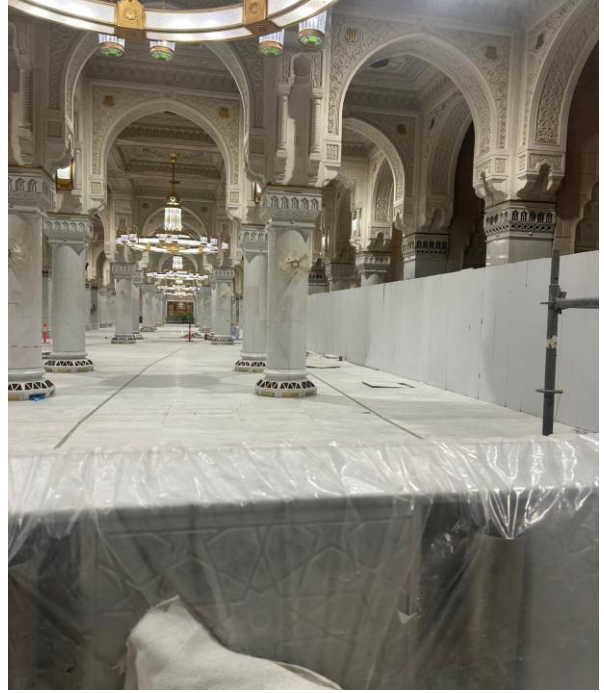
- تفاوت مستوى الالتزام بين العاملين .
- الحاجة إلى رقابة مستمرة على معدات الوقاية الشخصية .
- ضرورة توفير وسائل حماية إضافية خلال أوقات الذروة .
- تطبيق أنظمة السلامة والصحة المهنية في البيئات عالية الكثافة .
- إدارة الحشود داخل المشاريع التشغيلية بالحرم .
- تحقيق التوازن بين التشغيل المستمر وسلامة العاملين والزوار .
- تعزيز الاستدامة البيئية أثناء تنفيذ وتشغيل المشاريع .



شكل (٥): عدم كفاية وضوح بعض اللوحات الإرشادية في ساحات الحرم، مما قد يؤدي إلى صعوبة التنقل وارتفاع احتمالية التيه بين المعتمرين والمصلين، خاصة خلال أوقات الذروة وكثافة الحشود.

رغم وجود إجراءات تنظيمية، إلا أن الموقع ما يزال يرتبط بعدة مخاطر مثل:

- الانزلاق أو التعثر نتيجة المعدات أو مواد العمل .
- مخاطر الأدوات الكهربائية وأعمال الصيانة .
- احتمالية ضعف التهوية أثناء بعض الأعمال الداخلية .
- التعرض للغبار والجسيمات الدقيقة الناتجة عن أعمال التركيب أو التنظيف.
- زيادة تركيز الغبار والجسيمات العالقة،
- تراجع جودة الهواء الداخلي، وتأثيرات صحية على العاملين والزوار. خصوصًا في حال: استخدام مواد كيميائية أو أعمال القطع والتنظيف والصنفرة.
- التلوث الضوضائي الداخلي حتى الأعمال البسيطة داخل الفراغات المغلقة قد تسبب: تضخيم مستويات الضوضاء، التأثير على الراحة الروحانية للمصلين.

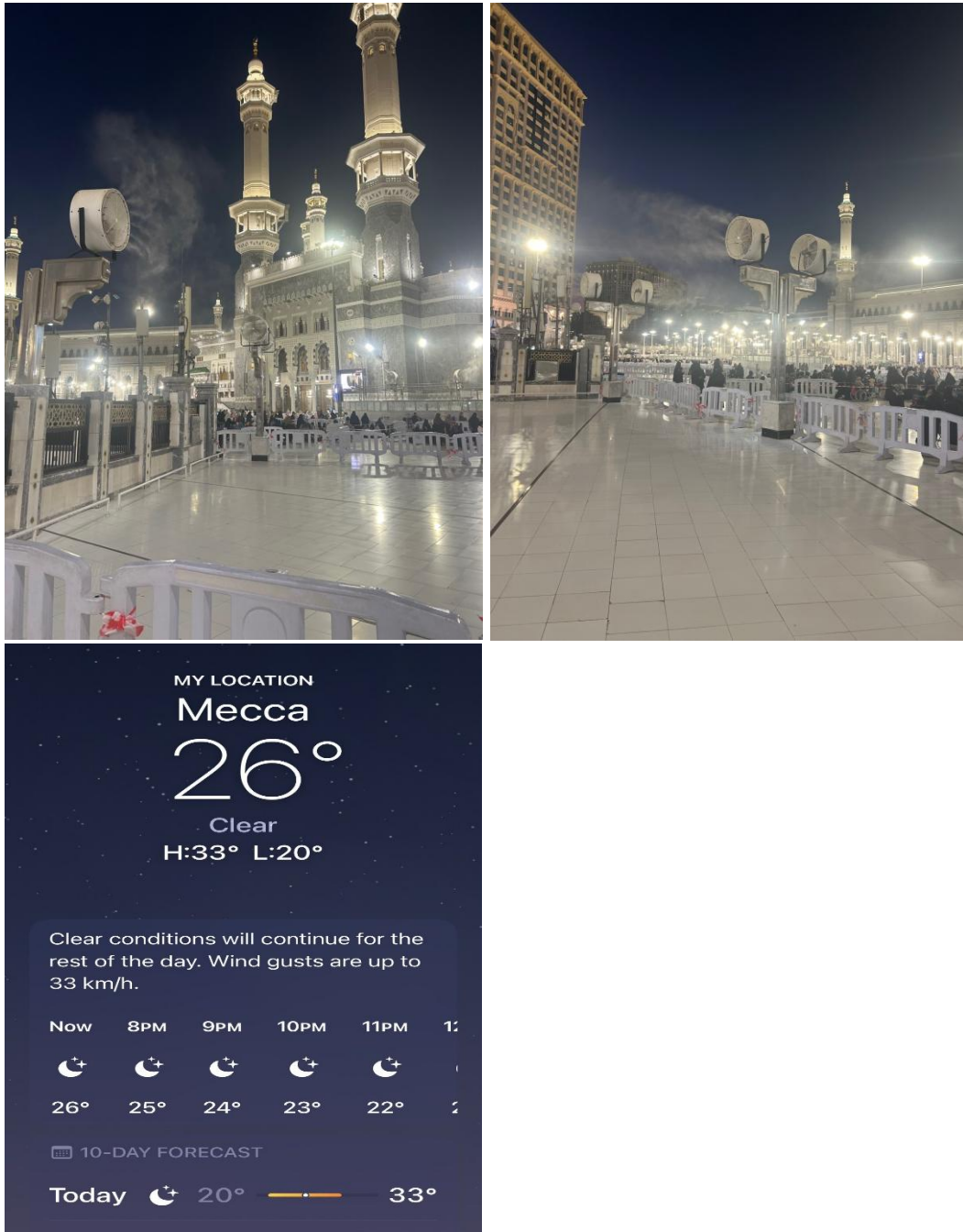


شكل (٦): تنفيذ بعض أعمال الصيانة في الأدوار العليا الملاصقة مباشرة لمناطق الصلاة داخل الحرم، مما قد يؤدي إلى تأثيرات سلبية على الأجواء الروحانية ودرجة التركيز والخشوع لدى المصلين نتيجة الضوضاء والحركة المصاحبة للأعمال.



شكل (٧): تظهر الصور مجموعة من العيوب والتلفيات في أرضيات الرخام داخل المسجد الحرام، وتشمل تشققات، وكسوراً موضعية، وتفاوتاً في مناسيب البلاطات، ومناطق ترميم مؤقت أو استبدال جزئي. وتُعد هذه المظاهر من المؤشرات المهمة عند تقييم المخاطر البيئية والإنشائية ومخاطر السلامة المرتبطة بالبنية التحتية للحرم.

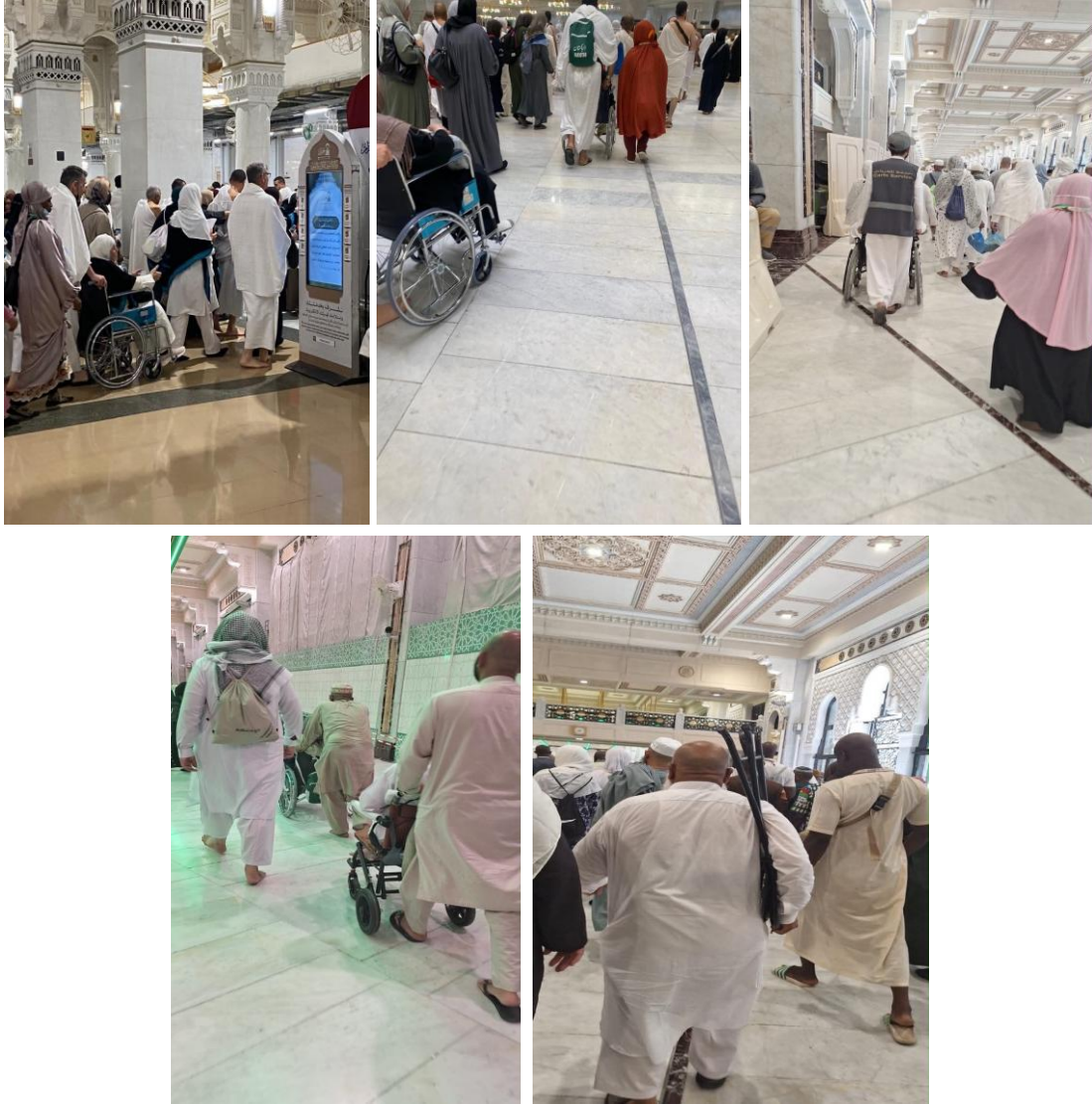
هذه العيوب قد تؤدي إلى: تعثر المشاة، انزلاق كبار السن وذوي الإعاقة، إصابات أثناء أوقات الذروة وارتفاع كثافة الحشود، وتزداد الخطورة مع: ضعف الإضاءة النسبية في بعض المواقع، انشغال المعتمرين بالحركة والعبادة، التدفقات البشرية المرتفعة.



شكل (٨): تشغيل نظام الرشاشات الرذاذية في ساحات المسجد الحرام، يتطلب تركيب حساسات بمحيط تلك الرشاشات لوقف تشغيلها عند وصول الرطوبة النسبية ٤٠٪، لأن زيادة الرطوبة عن هذه النسبة، يزيد الشعور بالإجهاد الحراري، وأيضا تكوين مساحات مبللة على الرخام مما يزيد من خطر الانزلاق والاصابات.



شكل (٩): تم تخصيص مسارات محددة للطواف بالعربات لذوي الاحتياجات وكبار السن في الطابق الأول والثاني وذلك لمنع التداخل مع الطائفتين المترجلين والتي كانت تسبب إصابات ومخاطر ازدحام في السابق.



شكل (١٠): سلوكيات خاطئة من بعض الحجاج داخل المسجد الحرام مع وجود عدد من مستخدمي الكراسي المتحركة متداخلين مع حركة المشاة، وبعضهم يحمل كراسي حديدية بالإضافة إلى مرور الحشود بالقرب من مناطق أعمال الصيانة والتجهيزات المؤقتة. وتُعد هذه الصور مهمة في تقييم أخطار إمكانية الوصول (Accessibility Risks) ومخاطر الحشود والسلامة أثناء تنفيذ مشاريع التطوير داخل الحرم.



شكل (١١): يمثل التدخين داخل دورات المياه والمرافق المغلقة أحد مصادر التلوث البيئي الداخلي، حيث يؤدي إلى انبعاث الجسيمات الدقيقة والغازات الضارة وتراكم الملوثات الكيميائية على الأسطح وأنظمة التهوية. كما يسهم في زيادة مخاطر الحرائق والتأثير سلباً على جودة الهواء وصحة المستخدمين والعاملين. وتزداد أهمية التحكم في هذه الظاهرة داخل منطقة الحرم المكي الشريف نظراً للكثافة البشرية المرتفعة وضرورة المحافظة على بيئة صحية وأمنة للمعتمرين والمصلين.

كذلك لوحظ انبعاث روائح كريهة جدا من مخازن نفايات برج الساعة اسفل مدخل الحرم نتيجة لتراكم النفايات العضوية لفترات طويلة وارتفاع درجات الحرارة وتسارع تحلل المواد العضوية كذلك تسرب العصارة الناتجة عن النفايات (Leachate)، ضعف التهوية داخل غرف ومخازن النفايات، عدم انتظام عمليات النقل والتفريغ، تراكم المخلفات الغذائية الناتجة عن الكثافة العالية للزوار والمعتمرين. وأيضا انبعاث الروائح الكريهة من مخزات السيول بالساحات الخارجية للحرم ، مكن اعتبار انبعاث الروائح الكريهة من مخزات السيول وقنوات تصريف مياه الأمطار في الساحات الخارجية للحرم المكي أحد مظاهر التلوث البيئي المحلي التي تستحق التوثيق ضمن دراسة المخاطر البيئية بالحرم المكي، خاصة إذا لوحظت ميدانياً خلال فترات التشغيل أو مواسم الذروة. قد تنتج الروائح من:

ركود المياه داخل أجزاء من شبكة التصريف. تراكم الرواسب العضوية والطيني داخل مخزات السيول. اختلاط مياه التصريف بمياه الغسيل أو التسربات. نمو البكتيريا اللاهوائية داخل القنوات المغلقة. ارتفاع درجات الحرارة الذي يسرع عمليات التحلل العضوي. تراكم النفايات والمخلفات داخل فتحات التصريف.

ونتيجة لتعدد أسباب الروائح الكريهة بالمنطقة تنتج عدة عوامل مثل : تدهور جودة البيئة الخارجية، انخفاض مستوى الراحة البيئية للزوار، تشويه المشهد الحضري في الساحات، التأثير السلبي على تجربة المعتمرين والمصلين، جذب الحشرات، وأيضا بعض الآثار الصحية عند ارتفاع تركيز الغازات أو استمرار التعرض لها: مثل تهيج العينين والأنف، الصداع، الغثيان، الإحساس بعدم الارتياح. ويكون التأثير أكبر على: كبار السن، مرضى الربو والحساسية.

٩,٢ قياس بعض العوامل البيئية كالضوضاء وملوثات الهواء:

تم عمل عدة زيارات ميدانية لمنطقة الحرم المكي على فترات متفاوتة خلال شهري شعبان ورمضان لرصد وقياس العوامل البيئية المختلفة ومنها:

- تركيز غازات الاحتباس الحراري (تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO₂))
 - تركيز الغبار والجسيمات، تركيز الجسيمات الدقيقة (PM 2.5)، تركيز الجسيمات الدقيقة (PM 10).
 - تحديد مستويات الضوضاء ومدى تأثيرها على الحجاج والمعتمرين.
 - قياس الملوثات البصرية.
 - قياس شدة الاضاءة المناسبة.
 - عدم وجود عوائق نتيجة للأنشطة الانشائية تعيق حركة الحجاج والمعتمرين.
 - وجود تكس للنفائات الصلبة المتولدة بمحيط وداخل منطقة الحرم.
 - انتشار الروائح الكريهة الناتجة من العمليات الانشائية.
- استخدام اجهزة الرصد المحمولة الموضحة بالشكل (١٢)، لقياس تراكيز بعض الغازات والجسيمات الدقيقة.



شكل (١٢): اجهزة محمولة لقياس بعض العوامل البيئية ومعامل جودة الهواء.

القيم الإرشادية للمعدل اللحظي (في مواقع العمل والإنشاء)
وفق إرشادات منظمة الصحة العالمية وEnvironmental Protection Agency

الحالة	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	التقييم
طبيعي جدًا	أقل من 15	أقل من 45	هواء نظيف
مقبول	15 – 35	45 – 100	عادي
مرتفع	35 – 75	100 – 150	تحذير
خطر	75 – 150	150 – 250	غير صحي
خطير جدًا	أكثر من 150	أكثر من 250	يجب إيقاف العمل

هذه القيم تستخدم في مواقع المشاريع خصوصًا في مكة والحرم عند تقييم الغبار الناتج من الإنشاءات.

لماذا لا يوجد حد لحظي رسمي؟

لأن التأثير الصحي يعتمد على متوسط التعرض:

WHO → تعتمد ٢٤ ساعة و سنوي

EPA → تعتمد ٢٤ ساعة

أجهزة القياس اللحظي تستخدم للإنذار المبكر فقط.

المعدل اللحظي المسموح في مواقع الإنشاء (عمليًا)

في تقييم الأثر البيئي والسلامة المهنية:

PM2.5 اللحظي المقبول: أقل من $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PM10 اللحظي المقبول: أقل من $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

إذا تجاوزت:

- رش مياه
- إيقاف قطع الخرسانة
- إيقاف العمل مؤقتًا

• استخدام كمادات N95

٢. قياس التلوث الضوضائي:

(أ) حدود شدة الضوضاء وطرق القياس المستخدمة:

يمكن ايجاز حدود شدة الضوضاء، ووفقاً لتقارير منظمة الصحة العالمية (WHO) كالتالي:

- من ٢٥ - ٤٠ ديسيبل (مقبولة في المناطق السكنية)
- من ٣٠ - ٦٠ ديسيبل (مقبولة في المناطق التجارية)
- من ٤٠ - ٦٠ ديسيبل (مقبولة في المناطق الصناعية)
- من ٣٠ - ٤٠ ديسيبل (مقبولة في المناطق التعليمية)
- من ٢٠ - ٣٥ ديسيبل (مقبولة في المناطق المستشفيات)

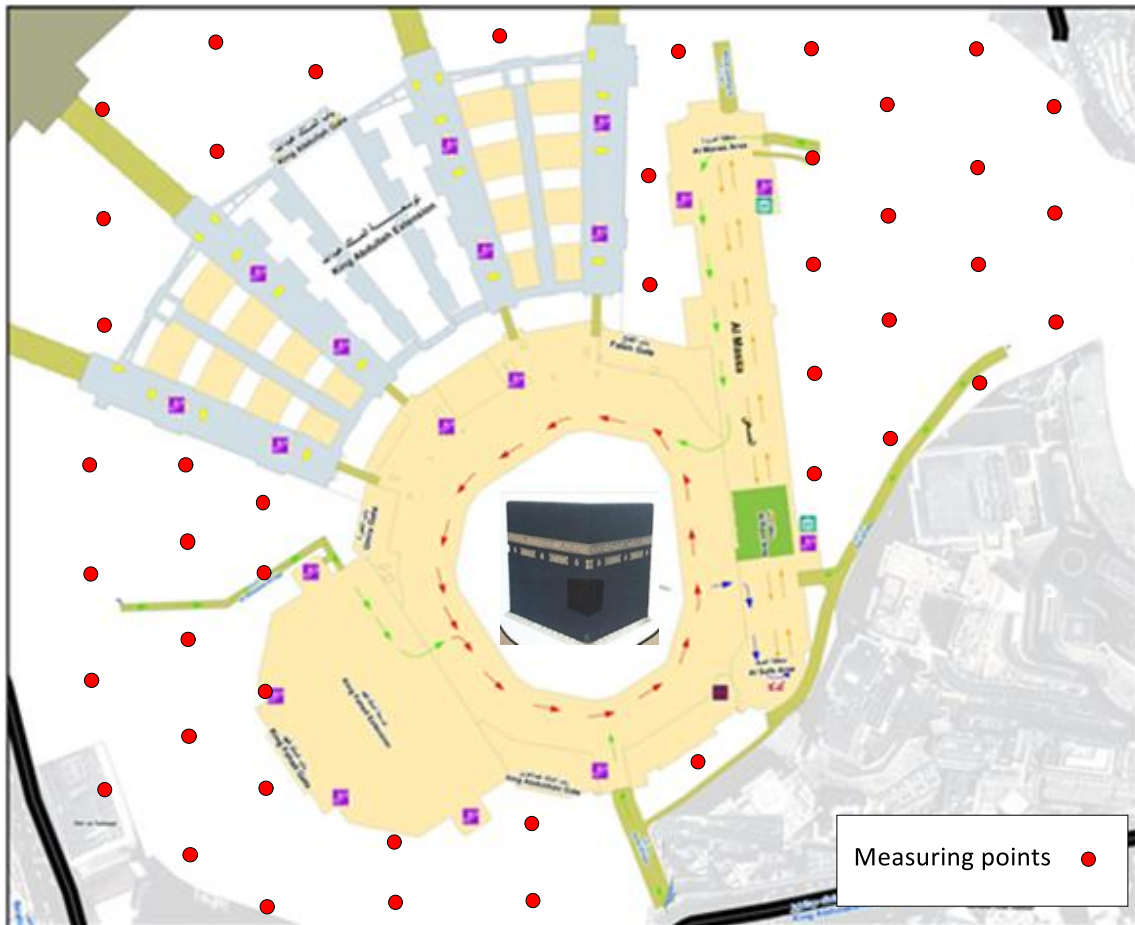
(ب) أنواع التلوث الضوضائي وأثاره:

تنقسم حسب مصدر التلوث وقوة تأثيره إلى:-

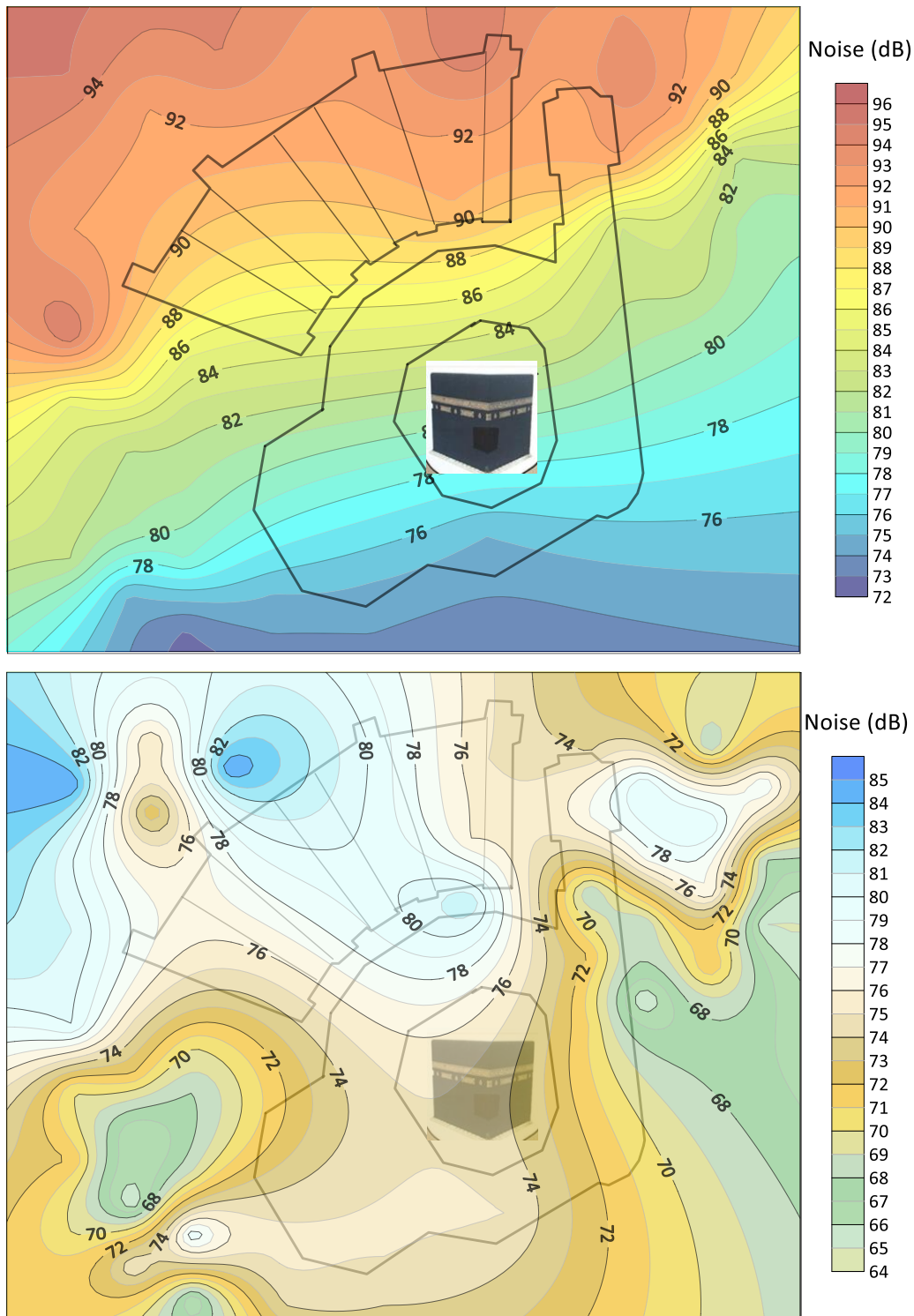
- تلوث مزمن: هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء وقد يحدث ضعف مستديم في السمع.
- تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية: تعرض لفترات محدودة لمصدر أو مصادر الضوضاء ومثال ذلك التعرض للمفرقات ويؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد تحدث تلف داخلي.
- تلوث مؤقت دون ضرر: تعرض لفترة محدودة لمصدر ضوضاء مثال ذلك ضجيج الشارع والاماكن المزدحمة أو الورش ويؤدي إلى ضعف في السمع مؤقت يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.

وهذه المستويات هي:

- المستوى من ٤٠ - ٥٠ ديسيبل: يؤدي إلى تأثيرات وردود فعل عكسية تتمثل بالقلق والتوتر فهي تؤثر في قشرة المخ مما يؤدي إلى عدم ارتياح نفسي واضطراب وعدم انسجام صحي.
- المستوى من ٦٠ - ٨٠ ديسيبل: يؤدي إلى تأثيرات سيئة على الجهاز العصبي ويؤدي إلى الإصابة بآلام شديدة في الرأس ونقص القدرة على العمل ورؤية أحلام مزعجة.
- المستوى من ٩٠ - ١١٠ ديسيبل: يؤدي إلى انخفاض شدة السمع ويحدث اضطرابات في الجهاز العصبي والجهاز القلبي.
- المستوى أعلى من ١٢٠ ديسيبل: يسبب ألماً للجهاز السمعي وانعكاسات خطيرة على الجهاز القلبي الوعائي كما يؤدي على عدم القدرة على تمييز الأصوات واتجاهها.



شكل (١٣): أماكن نقاط قياس بعض العوامل البيئية كملوثات الهواء والضوضاء بساحات المسجد الحرام.



شكل (١٤): قياس معدلات الضوضاء بمحيط الحرم المكي خلال شهري شعبان وذو القعدة ١٤٤٧.

توضح خريطة الضوضاء خلال شهر شعبان، أن القيم تتراوح تقريباً بين: 76 dB في المناطق الزرقاء الداكنة حتى 94 dB في المناطق الحمراء. وهذا يدل على فرق كبير في شدة الضوضاء داخل منطقة الدراسة. المناطق عالية الضوضاء (94-90 dB) تقع في الجزء العلوي من الخريطة، وقد تكون ناتجة عن: كثافة بشرية مرتفعة، مكبرات الصوت، حركة الحشود، معدات تشغيل أو صيانة، انعكاسات صوتية بين المباني والممرات وهذه المستويات الأعلى من 90 dB تعتبر مرتفعة وقد تسبب:

- إجهاداً سمعياً، انخفاض الراحة النفسية، صعوبة التواصل المباشر، تأثيراً على الخشوع والتركيز.
- المناطق المتوسطة (88-84 dB)، تمثل منطقة انتقالية حول مركز الخريطة، وتشير إلى: انتشار تدريجي للطاقة الصوتية، انخفاض نسبي بالابتعاد عن مصادر الضوضاء الرئيسية.
- المناطق الأقل ضوضاء (80-76 dB) تظهر في الجزء السفلي من الخريطة (الأزرق والسماعي)، وهي مناطق أكثر راحة صوتياً نسبياً ورغم أنها أقل ضوضاء، إلا أن 76 dB ما زال أعلى من المستوى المثالي للراحة التامة، لكنه مقبول نسبياً في البيئات المزدهمة بالحشود.

توضح خريطة الضوضاء خلال شهر ذي القعدة انخفاض نسبي في مستوى الضوضاء، بينما مازالت تتواجد مناطق ضوضاء مرتفعة جداً. 80-78 dB

ضوضاء مرتفعة تؤثر على الراحة والتركيز، خاصة مع التعرض الطويل.

• الملاحظات التحليلية

١. توجد بؤر ضوضاء مرتفعة في:

○ الشمال الغربي،

○ الشمال الشرقي،

○ وبعض النقاط الوسطية.

٢. المنطقة الشرقية والجنوبية الغربية أقل ضوضاء نسبياً.

٣. التغير السريع في خطوط الكنتور يدل على:

○ وجود مصادر ضوضاء موضعية قوية،

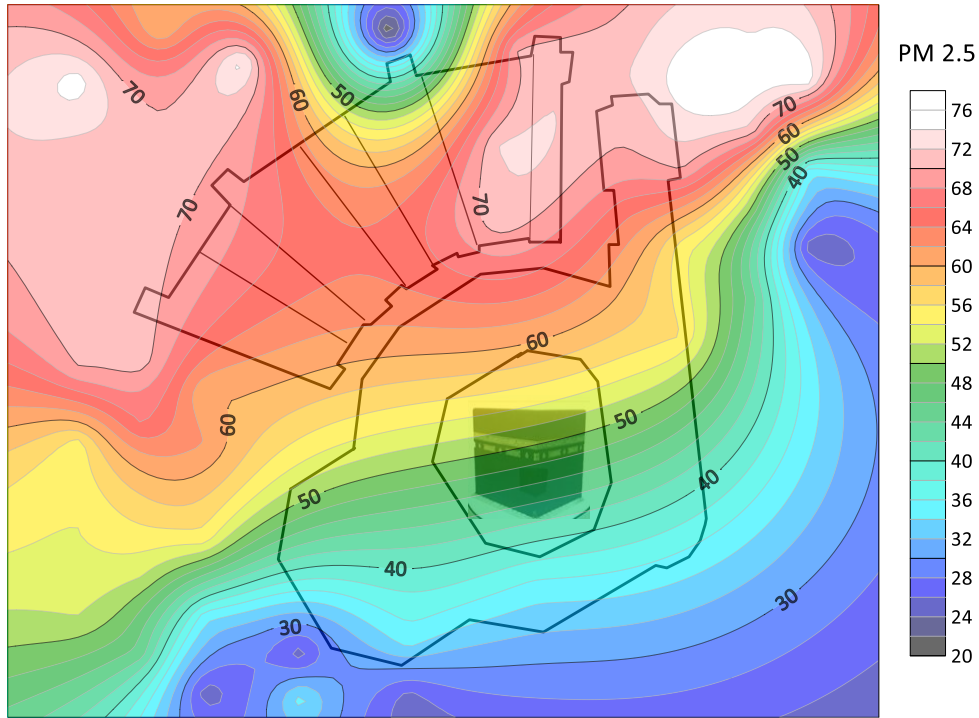
○ أو تغير مفاجئ في كثافة الحشود أو النشاط.

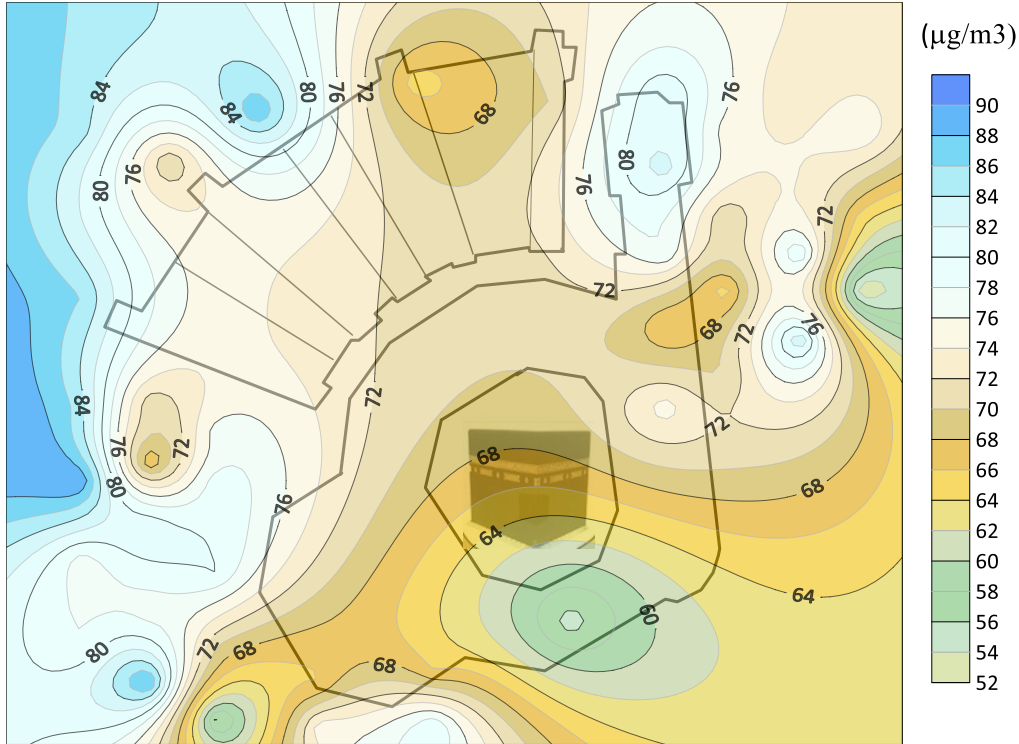
• التقييم وفق المعايير المهنية

- التعرض المستمر لأكثر من 85 dB قد يشكل خطراً سمعياً مهنيًا.
- القيم الحالية تبدو ضمن نطاق مقبول للحشود العامة، لكنها قد تؤثر على:

- الراحة النفسية،
- التركيز والخشوع،
- كبار السن وذوي الحساسية الصوتية .

- توصيات لتحسين البيئة الصوتية
- تنظيم تدفقات الحشود في مناطق الذروة .
- تقليل مصادر الضوضاء التشغيلية أثناء أوقات الصلاة .
- تحسين توزيع السماعات لتقليل الحاجة لرفع شدة الصوت .
- عزل مناطق الصيانة أو المعدات الميكانيكية .
- إجراء مراقبة دورية للضوضاء خلال المواسم المختلفة.



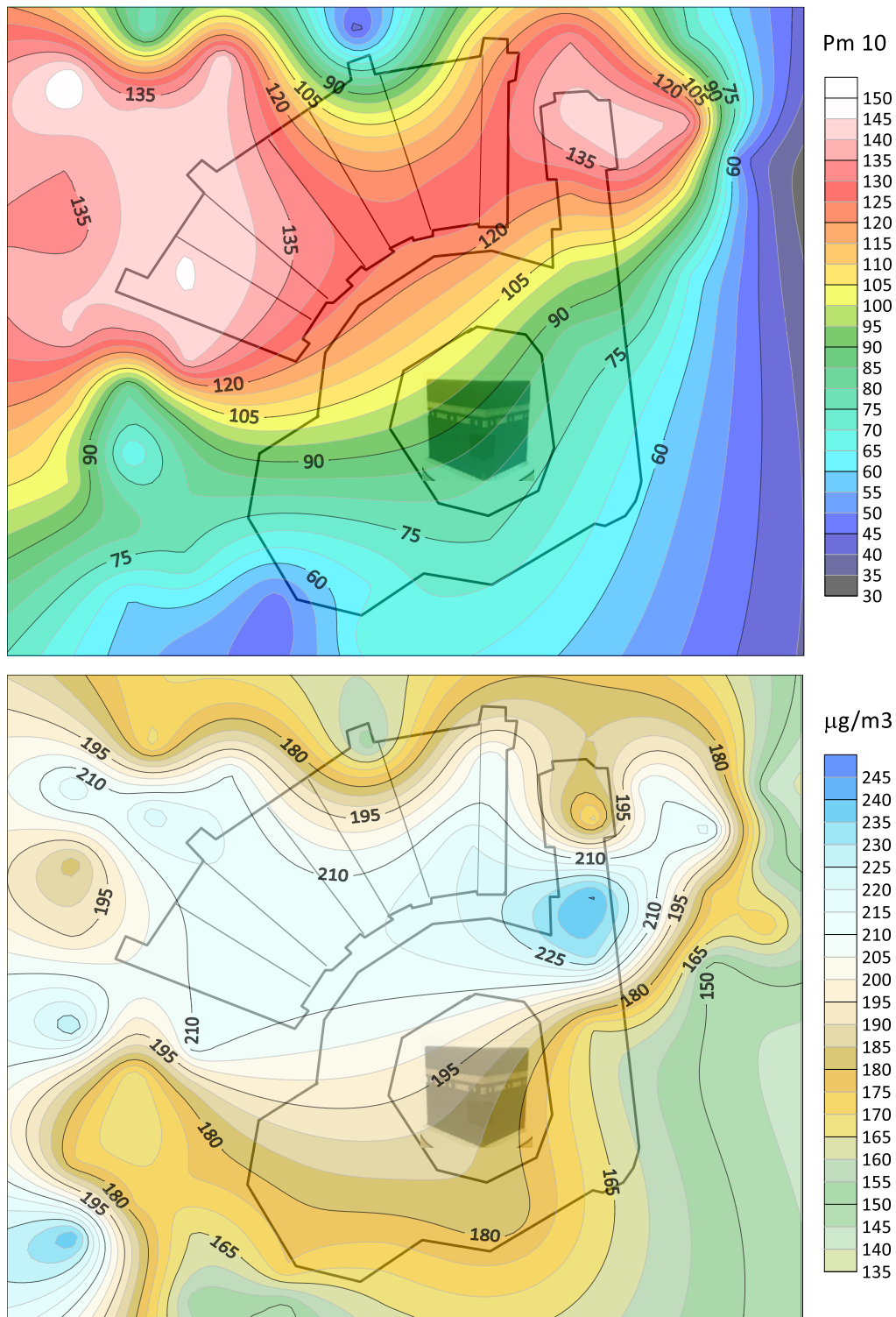


شكل (١٥): قياس معدلات الجسيمات العالقة بالهواء (PM 2.5) مقدرة الميكروجرام/ المتر المكعب بمحيط الحرم المكي خلال شهري شعبان وذى القعدة ١٤٤٧.

توضح الخريطة توزيع تركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء PM2.5 بمحيط الحرم المكي خلال شهر شعبان ١٤٤٧ هـ، مع تدرج لوني يعكس اختلاف تراكيز الملوثات في منطقة الدراسة. تتراوح القيم تقريبًا بين $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ حتى $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ وهذا يدل على وجود تفاوت مكاني واضح في جودة الهواء حول الحرم. المناطق ذات التركيز المرتفع ($60-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) قد ترتبط هذه الارتفاعات بكثافة الحشود البشرية، حركة المركبات والحافلات، الأنشطة التشغيلية والخدمية، الأتربة المحمولة بالهواء، أعمال الصيانة أو الإنشاءات القريبة. المناطق متوسطة التركيز ($40-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) تمثل المناطق الانتقالية حول مركز الخريطة، وتشير إلى تشتت تدريجي للجسيمات، وانخفاض تأثير مصادر التلوث الرئيسية. المناطق منخفضة التركيز ($30-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) تظهر في الجنوب، الجنوب الشرقي، وبعض الأطراف المفتوحة. ويُحتمل أن تكون هذه المناطق: أفضل تهوية، أقل ازدحامًا، أو أبعد عن مصادر الانبعاثات. بحسب إرشادات منظمة الصحة العالمية: WHO التركيزات التي تتجاوز $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ قد تؤثر صحيًا وقد تؤدي إلى:

- تهيج الجهاز التنفسي،
- زيادة أعراض الربو والحساسية،

- إجهاد صحي لكبار السن ومرضى الجهاز التنفسي .
- وقد لوحظ في خريطة توزيع الجسيمات العالق ٢,٥ ميكرون خلال شهر ذي القعدة زيادة معدلاتها وقد يفسر هذا لعدة عوامل مناخية وطبيعية وبشرية أهمها :
 ١. زيادة نشاط الرياح الشمالية والشمالية الغربية في أواخر الربيع وبداية الصيف (الذي يوافق غالبًا ذي القعدة هجريًا) تنشط الرياح الجافة القادمة من المناطق الصحراوية المحيطة، فتعمل على إثارة الرمال والغبار ونقلها إلى مكة.
 ٢. ارتفاع درجات الحرارة وجفاف التربة ذي القعدة يكون أكثر حرارة من شعبان، ومع ارتفاع الحرارة تقل رطوبة التربة والنباتات، فتسهل إثارة دقائق الغبار وبقاؤها معلقة في الهواء.
 ٣. قلة الأمطار الأمطار تساعد على ترسيب الغبار وتنقية الجو. وفي ذي القعدة تقل فرص الهطول مقارنة بالفترات الشتوية التي قد يتوافق معها شعبان، مما يسمح بتراكم الأتربة في الجو.
 ٤. العواصف الترابية الموسمية المنطقة الغربية من السعودية تتأثر أحيانًا بموجات غبار موسمية خلال أواخر الربيع وبداية الصيف، وتكون أكثر تكرارًا وشدة مقارنة بفترة الشتاء.
 ٥. الطبيعة الجغرافية لمكة وقوع مكة بين جبال وأودية يجعل حركة الهواء محدودة نسبيًا، فتحتجز الأتربة والعوالق لفترات أطول خاصة عند ضعف التهوية الجوية.
 ٦. زيادة الأنشطة البشرية وموسم الحج شهر ذي القعدة يسبق موسم الحج مباشرة، فتزداد أعمال الإنشاءات، وحركة المركبات، وتوافد الزوار، مما يرفع كمية الغبار والعوالق الناتجة عن الأنشطة البشرية.
 ٧. الاستقرار الجوي أحيانًا بعض الحالات الجوية في ذي القعدة تؤدي إلى ضعف تشتت الملوثات والأتربة، فتظل العوالق مركزة قرب سطح الأرض.



شكل (١٦): قياس معدلات الجسيمات العالقة بالهواء (PM 10) مقدرة الميكروجرام/ المتر المكعب بمحيط الحرم المكي خلال شهر شعبان وذي القعدة ١٤٤٧.

توضح الخرائط التوزيع المكاني لتركيز الجسيمات العالقة القابلة للاستنشاق (PM10) بمحيط المسجد الحرام خلال شهري شعبان وذي القعدة لعام ١٤٤٧ هـ، بوحدة ميكروجرام/م³، مع وجود فروق واضحة في مستويات التركيز والانتشار. أولاً: شهر شعبان ١٤٤٧ هـ

- تراوحت تراكيز PM10 تقريباً بين 155 – 60 ميكروجرام/م³.
- ظهرت أعلى القيم في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من المنطقة المدروسة، حيث تجاوزت القيم 135-155 ميكروجرام/م³.
- انخفضت التراكيز تدريجياً باتجاه الجنوب والشرق لتصل إلى نحو 75-60 ميكروجرام/م³.
- يدل ذلك على ظروف جوية أكثر استقراراً نسبياً مع انخفاض مصادر إثارة الغبار مقارنة بذي القعدة. ثانياً: شهر ذي القعدة ١٤٤٧ هـ

- ارتفعت تراكيز PM10 بشكل ملحوظ لتتراوح تقريباً بين 225 – 150 ميكروجرام/م³.
- سُجلت أعلى التراكيز في المناطق الشرقية والشمالية الشرقية من محيط الحرم، حيث وصلت إلى نحو 225 ميكروجرام/م³.
- أغلب المنطقة وقعت ضمن نطاق 210-180 ميكروجرام/م³، وهو أعلى بكثير من مستويات شعبان.
- يشير ذلك إلى زيادة الأحمال الغبارية وكثافة العوالق الهوائية خلال ذي القعدة.

١. تقييم خطر المنشآت الخرسانية على مجاري الأودية والسيول

١. تأثير "الكتل الخرسانية" (Urban Sprawl)

المباني الحديثة والفنادق الضخمة المحيطة بالحرم تغطي مساحات شاسعة من التربة الطبيعية التي كانت قادرة على امتصاص جزء من مياه الأمطار.

زيادة الجريان السطحي: تحويل الأرض من طبيعية إلى خرسانية يمنع "التسرب" (Infiltration)، مما يؤدي لتحويل ٩٠٪ من مياه الأمطار إلى جريان سطحي سريع يتجه نحو النقطة المنخفضة وهي "صحن الطواف".
تقليل زمن التركيز: المباني والطرق الممهدة تجعل المياه تصل إلى الحرم في وقت أقصر وبقوة اندفاع أكبر.

٢. تغيير المسارات الطبيعية للأودية

الحرم المكي يقع عند ملتقى عدة أودية (مثل وادي إبراهيم).

إعاقة المجرى: الإنشاءات الحديثة قد تؤدي أحياناً إلى تضيق مسارات الشعاب الصغيرة أو تغيير اتجاهها الطبيعي.
تأثير "القمع": وجود أبراج شاهقة وقواعد خرسانية عميقة يعمل كحواجز توجيهية، مما قد يحصر المياه في ممرات ضيقة تزيد من سرعتها وتدميرها.

٣. البنية التحتية وشبكات التصريف

الربط هنا يكمن في قدرة الشبكة على استيعاب "الحمولات القصوى".

الضغط الإنشائي: الحفريات العميقة للأبراج قد تؤثر على مجاري التصريف السفلية القديمة أو تتطلب إعادة توجيهها، مما قد يخلق "نقاط اختناق" (Bottlenecks) إذا لم يتم التنسيق الهندسي بدقة.

المخلفات الإنشائية: في فترات البناء النشطة، قد تسد الأتربة والمواد الإنشائية فوهات التصريف، مما يسبب غرقاً جزئياً في المناطق المحيطة بالحرم عند أول زخة مطر.

٤. التغير المناخي والبيئة المحيطة (Microclimate)

المباني الشاهقة تؤثر على "المناخ المحلي":

انعكاس الحرارة: الكتل الإسمنتية تخزن الحرارة، مما قد يساهم في زيادة كثافة السحب الرعدية الموضعية فوق منطقة الحرم مباشرة، مما يؤدي لهطول أمطار غزيرة فجائية (Flash Floods).

إن الخصائص المورفومترية ترتبط بشبكة التصريف المائية ، وتعتمد دقة نتائج التحليل المورفومتري على دقة رسم شبكة المجاري المائية. وتوفر لنا تقنية نظم المعلومات الجغرافية برامج متطورة لإجراء التحليلات Toolbox-Spatial Analyst المورفومترية التي تم اعتمادها في هذه الدراسة معتمدة على بيانات دقيقة ذات درجة وضوح مكاني عالية متمثلة في (المريئة الفضائية ، الارتفاعات الرقمية DEM ، ونموذج Hydrology) التي تساعدنا في رسم شبكة التصريف المائية بصورة دقيقة وواضحة مما ينعكس على

نتائج التحليل المورفومتري موفرة بذلك الجهد والوقت. وتعد الدراسات المورفومترية أحد الاتجاهات الحديثة في دراسة الأحواض النهرية، لذلك يمثل حوض الصرف الوحدة الأساسية لأجراء البحوث لأن حوض الصرف النهرية يتمثل بوحدة مساحية تُحدد بموجبها خصائص ومعطيات يمكن قياسها فإن النتائج التي يمكن التوصل إليها تستخدم في دراسة هيدرولوجية الوادي ومعرفة مقدار التصريف المائي والتنبؤ عن ذلك فضلاً عن معرفة خصائص فيضان الوادي وسبب ذلك هو ان شكل حوض الوادي وحجمه وتكوينه الداخلي خصائص تتحكم جميعها في تحديد خصائص الجريان. إذ يكون الشكل العام لروافد الوادي ورتبه المختلفة داخل الحوض نتاج للعلاقة بين خصائص الصخور المنطقة واشكالها التركيبية من جانب واحوال المناخ القديم والحالي من جانب آخر تعكس خصائص الصخور من حيث درجة النفاذية والصلابة والانحدار العام للسطح ومناطق الضعف الصخري ويبرز أثر كل تلك الخصائص في تعديل المظهر العام لشكل الصرف النهرية وتحديد نشاط أوديته (Dawod, G., et al. (2012), (Subyani, A. (2011), Youssef, A., et al. (2016).

تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية Arcgis10.8 وذلك لتصميم اهم الخرائط التي ستستخدم مثل خرائط نموذج الارتفاعات الرقمي والكنطور للارتفاعات وخرائط ميول أسطح الأحواض وخرائط شبكة المجاري المائية والأحواض.

كذلك تم دراسة وتحليل الخرائط التي تم استخراجها من برامج نظم المعلومات الجغرافية أشكال (١٢-١٨)، وقد استنتج الآتي: تعكس الخصائص العامة للشبكة المائية في منطقة الدراسة خصائص المنطقة الجيولوجية، وتكويناتها السطحية، الخصائص المناخية المتباينة، التركيب الجيولوجي (Horton, 1945) والعمليات التكتونية ويمكن دراسة الشبكة المائية من حيث: أنماطها، ورتبها، كثافتها التصريفية، وأطوال المجاري المائية وعددها، والتكرار النهرية (Zwnnitz, 1932) حيث يمكن التمييز بين نمطين أساسيين: النمط الشجري والذي يميز معظم مناطق الشبكة المائية في منطقة الدراسة، والنمط المتوازي في مناطق الحوض الأعلى حيث التكوينات البركانية.

الشبكة المائية لسطح معين تمثل نظاماً مشعباً من الاودية والمنخفضات الطبيعية والذي يمثل جريان الماء على سطح الأرض سواء كان ذلك الجريان ماء مطر او ماء جوفيا باتجاه رئيسي. ولو نظرنا الى الشبكة المائية (أي شبكة مائية لوجدنا انها تمثل عروقا كما في عروق ورقة الشجرة او تمثل نظام الاغصان عند الشبكات، وعادة ما يطلق على النوع من الشبكات بشبكات التصريف ذات النمط الشجري كما في منطقة الدراسة شكل (١٢).

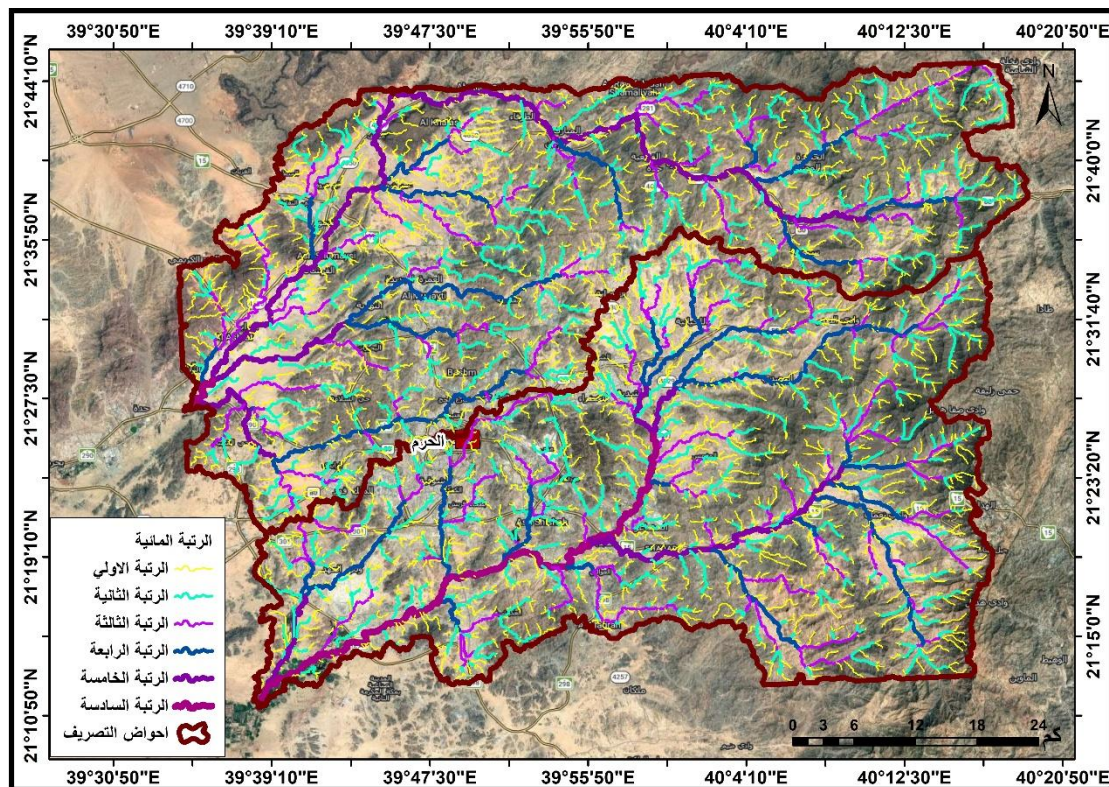
وتعطى روافد الشبكة المائية رتباً تبعاً لأهميتها. وتقسم الرتب النهرية (شكل ١٣) الى ما يلي:

- ١ - ان اصغر رتبة نهريه تعطى الرقم ١ (N.١) وهي الاودية الصغيرة التي لا ترتبط بها فروع أصغر منها.
 - ٢ - الرتبة الثانية تعطى الرقم ٢ (N.٢) وهي الاودية التي تتكون نتيجة اتحاد رافدين او اكثر من روافد الدرجة الأولى.
- (N.١).

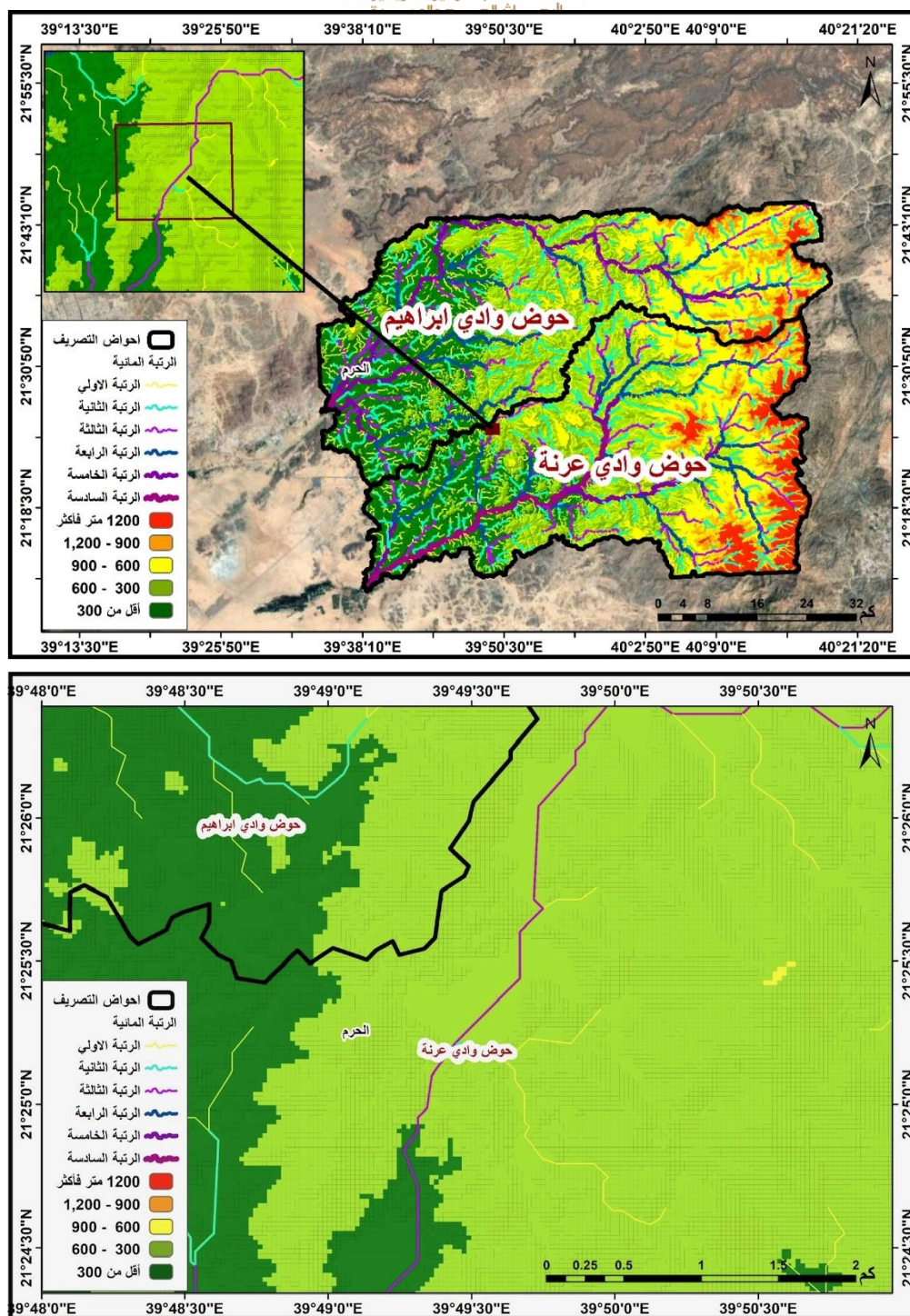
٣- المرتبة الثالثة وتعطى الرقم ٣ (N.٣)، وهي عبارة عن اتحاد رافدين أو أكثر من روافد الرتبة السابقة ٢ (N.٢). وهكذا فكلما زادت الرتبة في الشبكة المائية كلما زادت أهمية الشبكة المائية، تميز حوض منطقة الدراسة بست رتب (كما في الشكل ١١&١٢). اوضحت الدراسة ان منطقة حوضين رئيسيين هما حوض وادي إبراهيم وحوض وادي عرنة ، وقد أمكن حساب بعض الخصائص التضاريسية المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة بعمل تحليل هيدرولوجي كامل باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي، تم استخراج خرائط الانحدار كذلك شبكة التصريف والترتب النهرية لأحواض منطقة الدراسة.

جدول (٤): التحليل المورفومتري لأحواض الترسيب الرئيسية بمنطقة الدراسة.

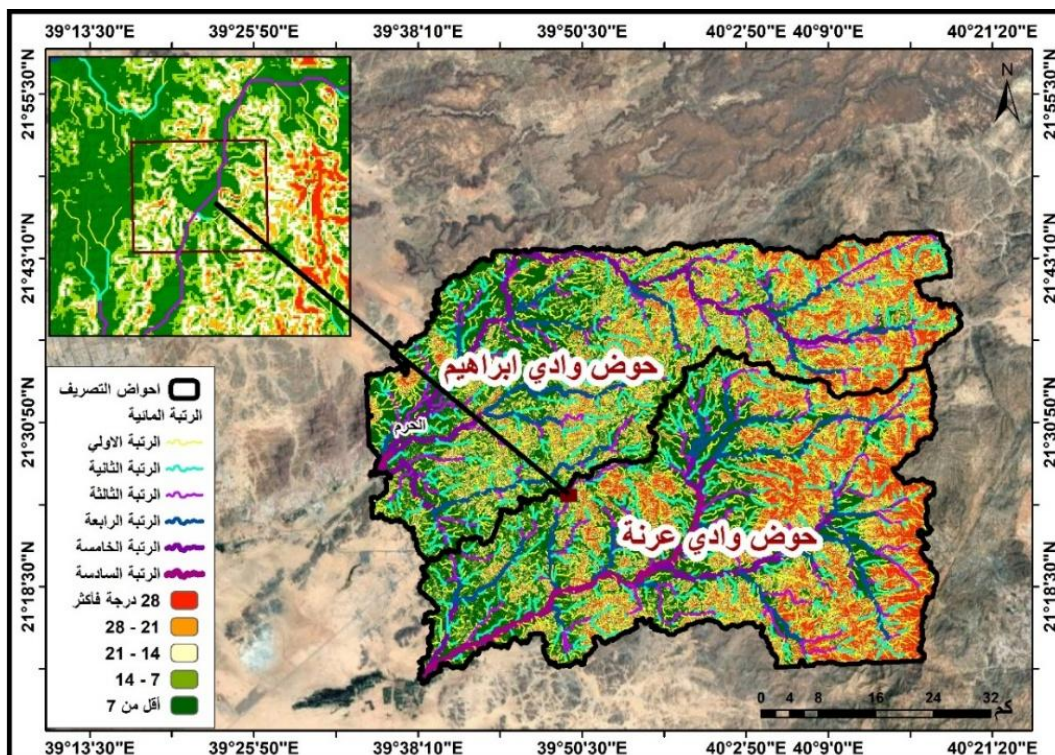
خصائص شبكة التصريف							
الرتبة	أعداد المجاري	%	متوسط اعداد المجاري	معدل التجمع	أطوال المجاري (كم)	%	متوسط اطوال المجاري
الاولي	2574	50.17	429	2.12	2238.37	48.03	373.06
الثانية	1215	23.68	202.5	1.82	1204.61	25.85	200.77
الثالثة	668	13.02	111.33	1.72	606.28	13.01	101.05
الرابعة	388	7.56	64.67	1.8	346.37	7.43	57.73
الخامسة	215	4.19	35.83	3.03	195.86	4.20	32.64
السادسة	71	1.38	11.83	—	68.73	1.47	11.46
الإجمالي / المتوسط	5131	100	142.53	2.1	4660.22	100	129.45



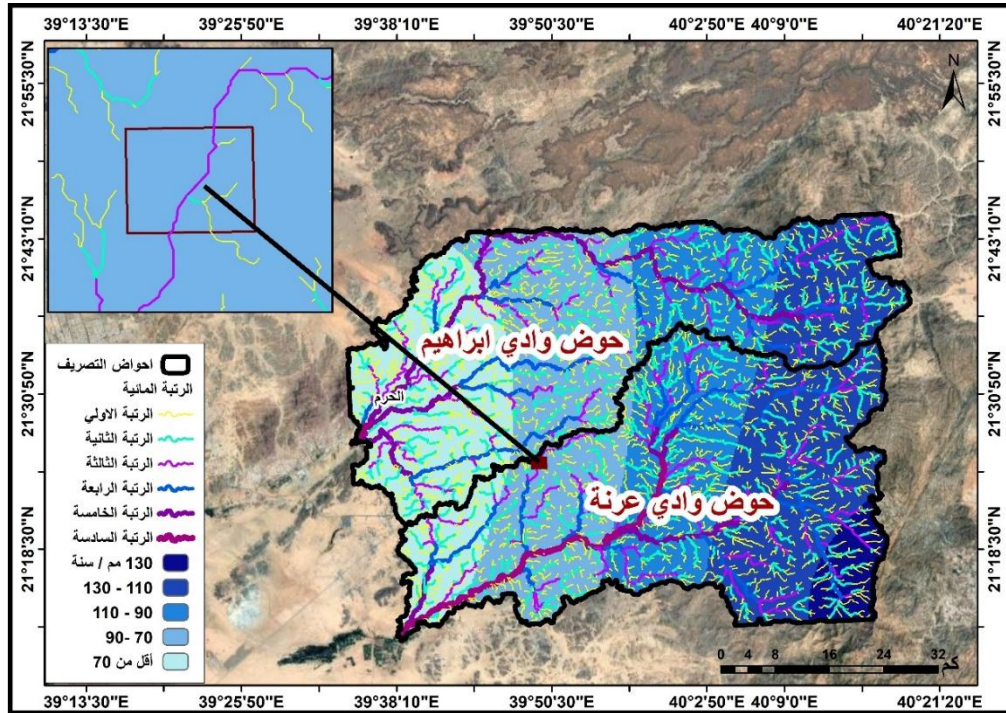
شكل (١٧) : الشبكة المائية يشير إلى الرتب المائية بمنطقة الدراسة وأحواض التصريف، وتشمل أحواض التصريف ٦ رتب مائية بدأً من الرتبة الأولى حتى الرتبة السادسة.



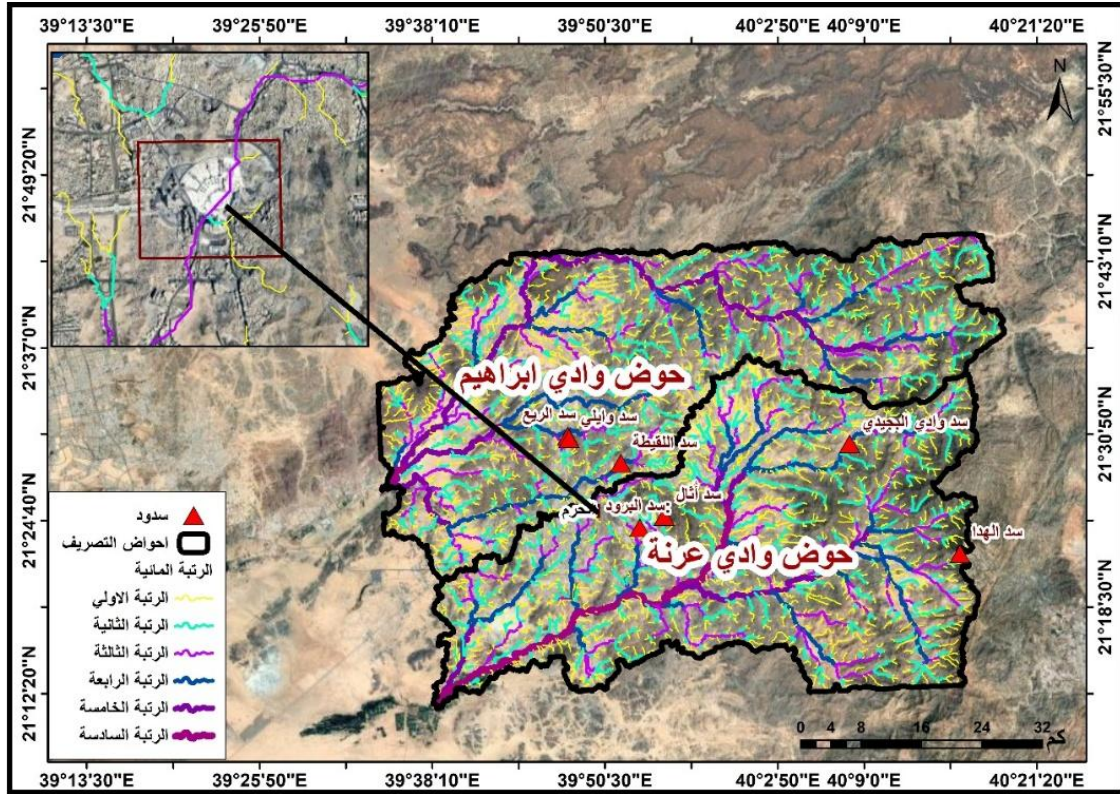
شكل (١٨): تأثير الارتفاع بمنطقة الدراسة، يشير إلى تأثير الارتفاع علي شبكة الروافد المائية بأحواض التصريف بالحرم، حيث يتراوح تأثير الارتفاع بمنطقة الدراسة بين ٣٠٠ إلى ٦٠٠ متر متأثرة معظمها برافد الرتبة الثالثة.



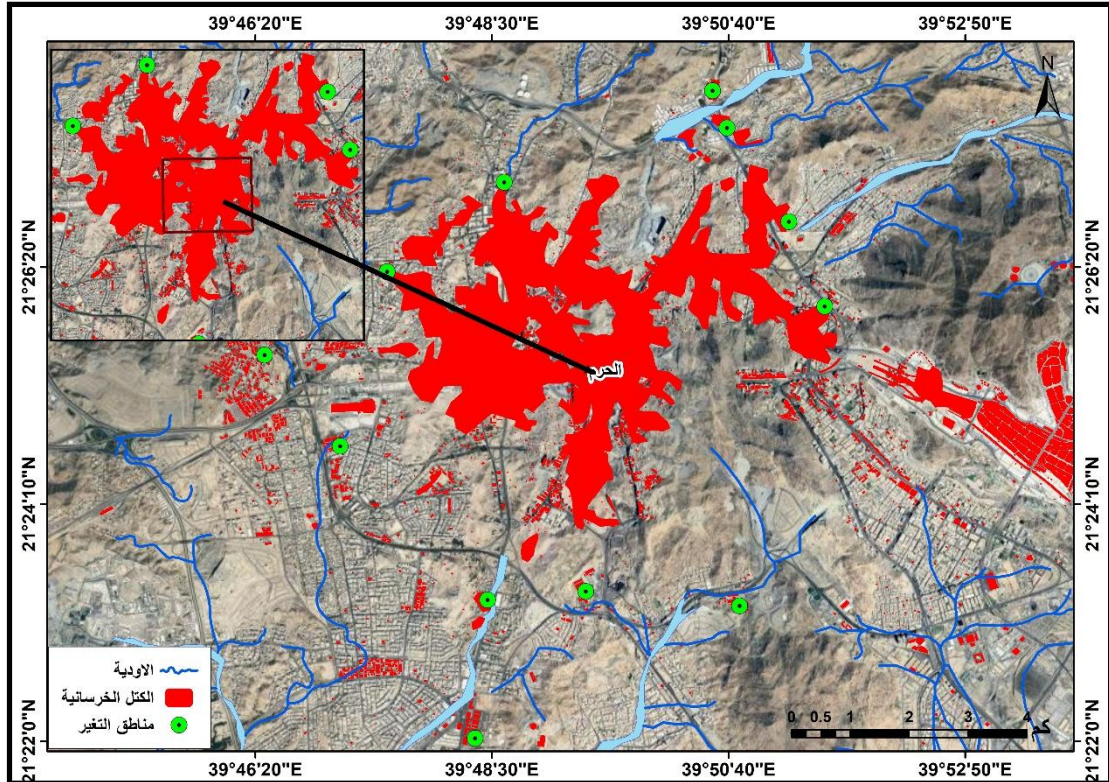
شكل (١٩): تأثير درجة الانحدار بمنطقة الدراسة، تأثير درجة الانحدار علي شبكة الروافد المائية بأحواض التصريف بالحرم، حيث يتفاوت تأثير درجات الانحدار بمنطقة الدراسة بدرجات متفاوتة متأثرة معظمها برافد الرتبة الثالثة وتصل اقصى درجة انحدار بالمنطقة إلي أعلي من ٢٨ درجة.



شكل (٢٠): تأثير الامطار بمنطقة الدراسة، إلى تأثير الأمطار علي شبكة الروافد المائية بأحواض التصريف بالحرم، حيث تراوح تأثير كمية الأمطار بمنطقة الدراسة بين ٧٠-٩٠ مم/سنة خلال الفترة (٢٠٠٥-٢٠٢٥).



شكل (٢١): تأثير السدود بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٥م، أثر السدود بمنطقة الحرم حيث، تتأثر الشبكة المائية عدد من السدود ومنها سد اللقيطة، واثال، والبرود، الربيع. وتعمل هذه السدود كحواجز هيدرولوجية استراتيجية تتحكم في توزيع الرتب المائية العليا، حيث تقوم باحتجاز مياه السيول القادمة من أعالي الأودية وتقليل سرعة تدفقها. ويتمثل أثرها المباشر في حماية منطقة الحرم المركزية من أخطار الفيضانات المفاجئة، وتنظيم الجريان السطحي بما يتناسب مع التوسع العمراني والكتل الخرسانية المحيطة.



شكل (٢٢): أثر التغير الطبوغرافي على الكتل الخرسانية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٠٥ م، تعرض الخريطة تحليلًا مكانيًا للعلاقة بين شبكة الأودية والكتل الخرسانية قديما داخل الحرم، حيث تم تحديد المناطق التي شهدت تغيرًا في اتجاه الجريان نتيجة التوسع العمراني.

توضح الخريطة المرفقة التغيرات المكانية الناتجة عن تأثير الكتل الخرسانية داخل منطقة المسجد الحرام عام ٢٠٢٥ م، من خلال تحليل العلاقة بين شبكة الأودية الطبيعية والتوسع العمراني الحالي. وتُظهر النتائج وجود تأثير مباشر وواضح للمنشآت الخرسانية على مسارات التصريف السطحي واتجاهات الجريان داخل أحواض الأودية المحيطة بالحرم.

التحليل المكاني للخريطة

أولاً: أحواض التصريف الرئيسية

تبيّن الخريطة وجود حوضين رئيسيين يؤثران على المنطقة المركزية للحرم:

- حوض وادي إبراهيم.
- حوض وادي عرنة.

وتتجه روافد الأودية من المناطق الجبلية المحيطة نحو المنطقة المركزية منخفضة الارتفاع التي يحتلها الحرم المكي.

ثانياً: تأثير الكتل الخرسانية

تمثل المساحات الحمراء الكتل الخرسانية والعمران الكثيف، والتي تركزت بصورة كبيرة في:

- المنطقة المركزية المحيطة بالحرم.
- محاور الطرق الدائرية والرئيسية.
- مناطق التوسعات الحديثة والمنشآت الفندقية والخدمية.

وقد نتج عن ذلك:

١. طمس أجزاء من المجاري الطبيعية للأودية

- اختفاء بعض المجاري الصغيرة أو تحويلها إلى قنوات صناعية.
- تقطع الاتصال الطبيعي بين الروافد المائية.

٢. تغير اتجاهات الجريان السطحي

- أصبحت الطرق والمنشآت الخرسانية تعمل كعوائق أو موجهات للجريان.
- تحولت بعض مسارات التصريف نحو مناطق عمرانية منخفضة.

٣. زيادة الجريان السطحي وتقليل التسرب

- الأسطح الخرسانية غير المنفذة تقلل من نفاذية التربة.
- يؤدي ذلك إلى سرعة تجمع المياه أثناء الهطول الغزير.

٤. ارتفاع احتمالية تجمع المياه والسيول الحضرية

- خاصة عند نقاط التقاء الأودية داخل المنطقة المركزية.
- تظهر بعض الرتب المائية العليا متداخلة مباشرة مع الكتل العمرانية.

• ثالثاً: دلالة الرتب المائية

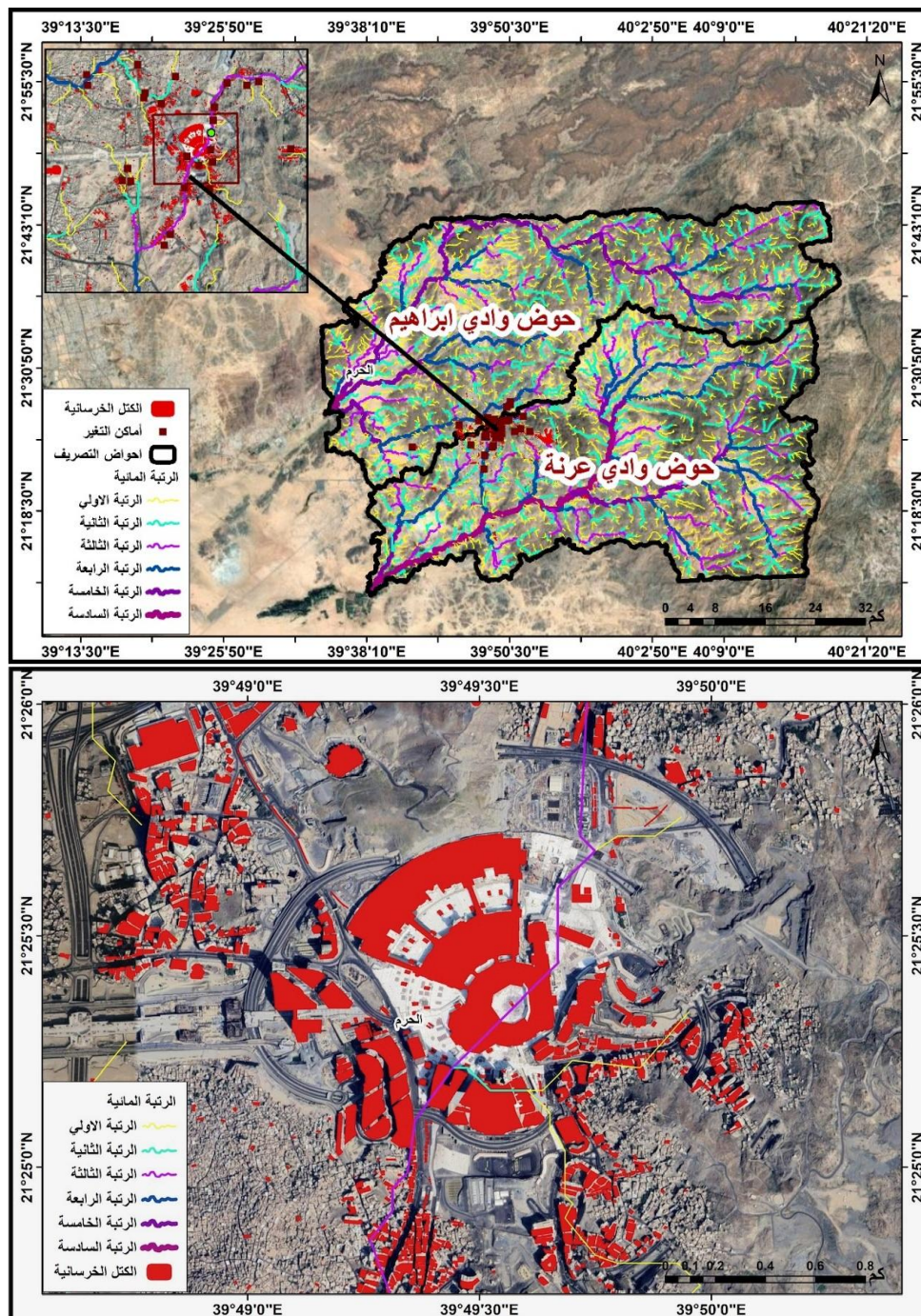
توضح الخريطة الرتب المختلفة لشبكة التصريف:

• الرتب الأولى والثانية تنتشر في الأطراف الجبلية.

• الرتب الأعلى (الرابعة والخامسة والسادسة) تتركز قرب المنطقة المركزية.

وهذا يدل على أن المنطقة المحيطة بالحرم تستقبل كميات تصريف كبيرة نسبياً من الأحواض المحيطة، ما يزيد من حساسية المنطقة لأي تغير عمراني.

تشير الخريطة إلى أن التوسع العمراني والكتل الخرسانية داخل منطقة الدراسة عام ٢٠٢٥ م أدى إلى تغير واضح في النظام الهيدرولوجي الطبيعي، من خلال تعديل مسارات الأودية وتقليل قدرة الأرض على امتصاص مياه الأمطار، مما يرفع من مخاطر الجريان السطحي والسيول داخل المنطقة المركزية للحرم المكي، ويؤكد أهمية التخطيط الهيدرولوجي المستدام عند تنفيذ المشروعات العمرانية المستقبلية.



شكل (٢٣) أماكن التغير بتأثير الكتل الخرسانية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٥م، تعرض الخريطة تحليلًا مكانيًا للعلاقة بين شبكة الأودية والكتل الخرسانية داخل الحرم للوضع الحالي.

توضح الخريطتان التوزيع المكاني لمتوسط سرعة واتجاه الرياح السنوي داخل أحواض التصريف المحيطة بالمسجد الحرام لعامي ٢٠٠٥ م و ٢٠٢٥ م، مع إبراز التغيرات المناخية المحلية المرتبطة بالتوسع العمراني والكتل الخرسانية في منطقة الدراسة.

أولاً: خريطة عام ٢٠٠٥ م

تشير الخريطة العليا إلى أن:

- متوسط سرعة الرياح تراوح بين أقل من 1.7 م/ث وحتى أكثر من 2.3 م/ث.
 - سُجلت أعلى السرعات في الأجزاء الجنوبية الغربية من حوض وادي إبراهيم.
 - انخفضت السرعات تدريجياً باتجاه الشرق والجنوب الشرقي من حوض وادي عرنة.
 - الاتجاه العام للرياح كان نحو الشرق والشمال الشرقي بصورة شبه منتظمة.
- وتدل هذه النتائج على أن البيئة العمرانية في عام ٢٠٠٥ م كانت أقل كثافة، مما أتاح حركة هوائية أكثر انسيابية داخل الأحواض.

ثانياً: خريطة عام ٢٠٢٥ م

توضح الخريطة السفلى تغيراً ملحوظاً في خصائص الرياح، حيث:

- ارتفع الحد الأعلى لمتوسط السرعة إلى أكثر من 2.6 م/ث في بعض المناطق.
- ظهرت نطاقات أوسع لسرعات متوسطة بين 2.4 – 2.2 م/ث.
- استمرت المناطق الجنوبية الغربية في تسجيل أعلى السرعات.
- تأثرت اتجاهات الرياح محلياً بالقرب من المنطقة المركزية للحرم نتيجة الكتل الخرسانية والمباني المرتفعة.

• دلالة التغير بين عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢٥ م

تأثير التوسع العمراني

أدت الزيادة الكبيرة في:

- الأبراج،
- الفنادق،
- الطرق الدائرية،
- والمنشآت الخرسانية،

إلى تعديل حركة الرياح داخل المنطقة المركزية، حيث أصبحت المباني تعمل كممرات هوائية أحياناً وكحواجز هوائية أحياناً أخرى.

تغير ديناميكية الهواء

ساهمت الكتل الخرسانية في:

- زيادة الاضطراب الهوائي. Turbulence.
- تسريع الرياح في بعض الممرات الضيقة بين المباني.
- خفض التهوية الطبيعية في مناطق أخرى.

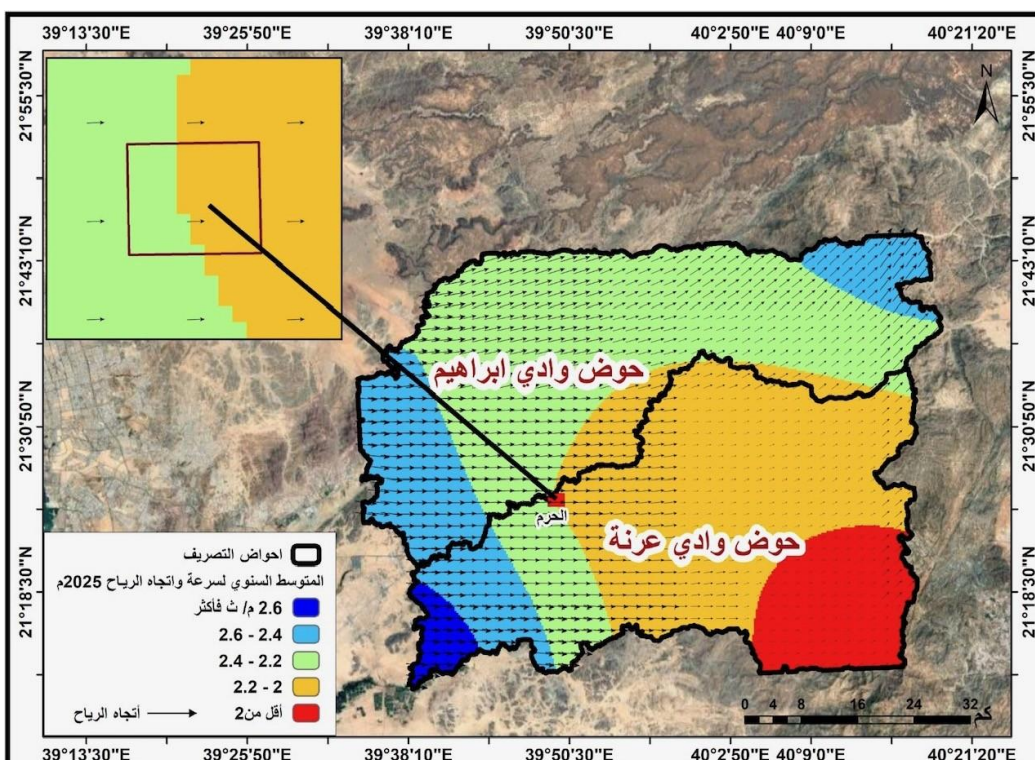
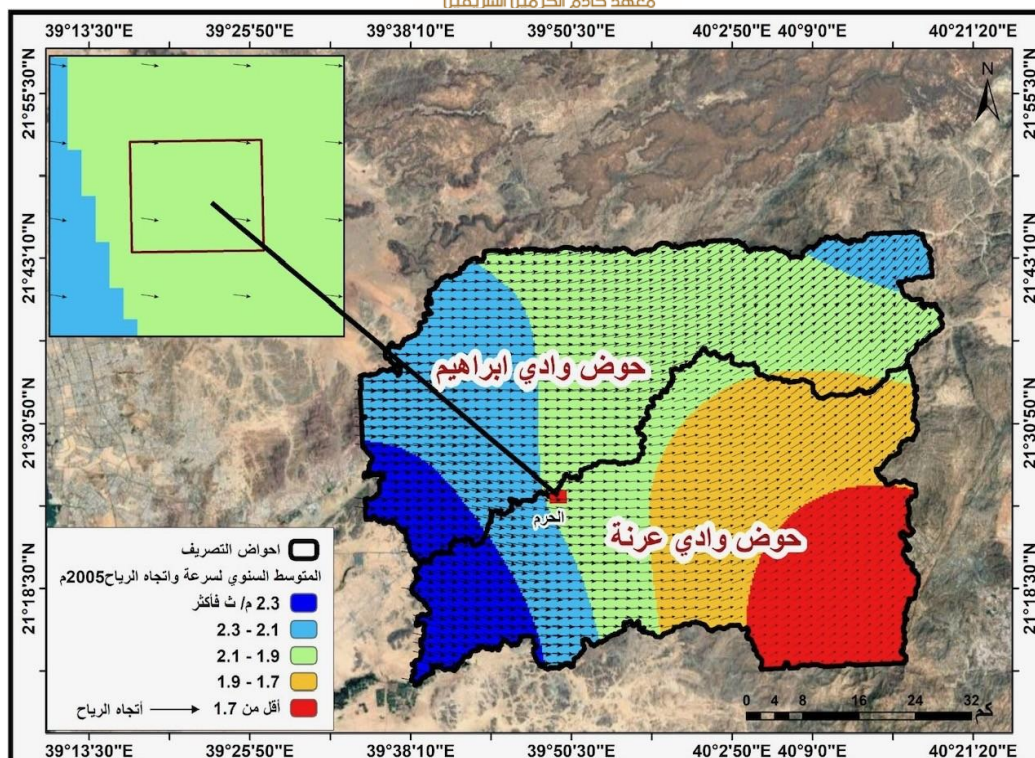
العلاقة مع جودة الهواء

هذه التغيرات تؤثر مباشرة على:

- انتشار الأتربة العالقة. PM10.
- إعادة توزيع الملوثات الهوائية.
- مناطق تركّز الغبار حول الحرم.

إذ قد تؤدي زيادة سرعة الرياح إلى نقل الغبار من الأطراف الصحراوية نحو المنطقة المركزية، بينما يؤدي ضعف التهوية في بعض المواقع إلى تراكم الملوثات.

تشير الخرائط إلى وجود تغير واضح في الخصائص المناخية المحلية بمنطقة الحرم المكي بين عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢٥ م، نتيجة التوسع العمراني المكثف. وقد انعكس ذلك على متوسط سرعة الرياح واتجاهاتها داخل أحواض التصريف، مما يؤكد الترابط بين التنمية العمرانية والبيئة المناخية وجودة الهواء في المنطقة المركزية لمكة المكرمة.



شكل (٢٤): المتوسط السنوي لسرعة واتجاه الرياح بمكة المكرمة لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢٥ كما تم اشتقاقها من بيانات الأقمار الصناعية.

توضح الخرائط المرفقة التوزيع المكاني لمتوسط درجات الحرارة العظمى السنوية داخل أحواض التصريف المحيطة بـ المسجد الحرام لعامي ٢٠٠٥ م و ٢٠٢٥ م، مع إبراز أثر التوسع العمراني والكتل الخرسانية على المناخ المحلي بمنطقة الدراسة.

أولاً: متوسط درجات الحرارة العظمى عام ٢٠٠٥ م

- متوسط درجات الحرارة العظمى تراوحت بين أقل من 34.5°C وحتى أكثر من 36°C .
- سُجلت أعلى القيم في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية من حوض وادي إبراهيم والمنطقة المركزية للحرم.
- انخفضت الحرارة تدريجيًا باتجاه الشرق والجنوب الشرقي من حوض وادي عرنة.

ثانياً: متوسط درجات الحرارة العظمى عام ٢٠٢٥ م

توضح الخريطة ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة مقارنة بعام ٢٠٠٥ م، حيث:

- ارتفع متوسط الحد الأعلى إلى أكثر من 37.4°C .
- توسعت النطاقات الحرارية المرتفعة داخل المنطقة المركزية وحوض وادي إبراهيم.
- أصبحت معظم منطقة الدراسة ضمن نطاق يتراوح بين 37.4°C – 35.4°C .
- استمرت المناطق الشرقية في تسجيل درجات أقل نسبياً.

تفسير التغير الحراري بين ٢٠٠٥ و ٢٠٢٥ م

أدى التوسع العمراني المكثف حول الحرم إلى تكوّن ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية نتيجة:

- زيادة الأسطح الخرسانية والأسفلتية.
- انخفاض المساحات المفتوحة والغطاء النباتي.
- امتصاص وتخزين الحرارة نهائياً ثم إعادة إشعاعها ليلاً.
- ساهمت المباني المرتفعة والمنشآت الحديثة في:
- تقليل التهوية الطبيعية.
- احتجاز الحرارة داخل المنطقة المركزية.
- رفع درجة حرارة الهواء السطحي.

تشير النتائج إلى وجود تغير مناخي محلي واضح داخل منطقة الدراسة خلال العقدين الماضيين، مرتبط بالتوسع العمراني السريع وزيادة الكتل الخرسانية، مما انعكس على ارتفاع درجات الحرارة العظمى واتساع نطاقات الحرارة المرتفعة حول الحرم المكي.

تؤكد الخرائط أن التطور العمراني المكثف في المنطقة المركزية لمكة المكرمة أسهم بصورة مباشرة في رفع متوسط درجات الحرارة العظمى، وتعزيز ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، الأمر الذي يستدعي تبني استراتيجيات تخطيط عمراني مستدام لتحسين المناخ الحضري وجودة البيئة المحيطة بالحرم المكي.

توصيات للحد من ارتفاع درجات الحرارة والجزر الحرارية بمنطقة الحرم المكي

استنادًا إلى نتائج التحليل المكاني لدرجات الحرارة العظمى داخل أحواض التصريف المحيطة بالمسجد الحرام خلال عامي ٢٠٠٥م و٢٠٢٥م، يمكن اقتراح مجموعة من التوصيات البيئية والعمرانية للتخفيف من تأثير الجزر الحرارية وتحسين المناخ الحضري في المنطقة المركزية:

أولاً: توصيات تخطيطية وعمرانية

١. زيادة المساحات الخضراء

- التوسع في التشجير الحضري داخل الساحات والطرق المحيطة بالحرم.
- استخدام نباتات محلية قليلة الاستهلاك للمياه وقادرة على تحمل الحرارة.

٢. تقليل الأسطح الخرسانية المكشوفة

- استخدام مواد بناء عاكسة للحرارة (Cool Materials).
- استبدال بعض الأرصفة والأسطح الداكنة بمواد ذات انعكاسية حرارية أعلى.

٣. تحسين التهوية الحضرية

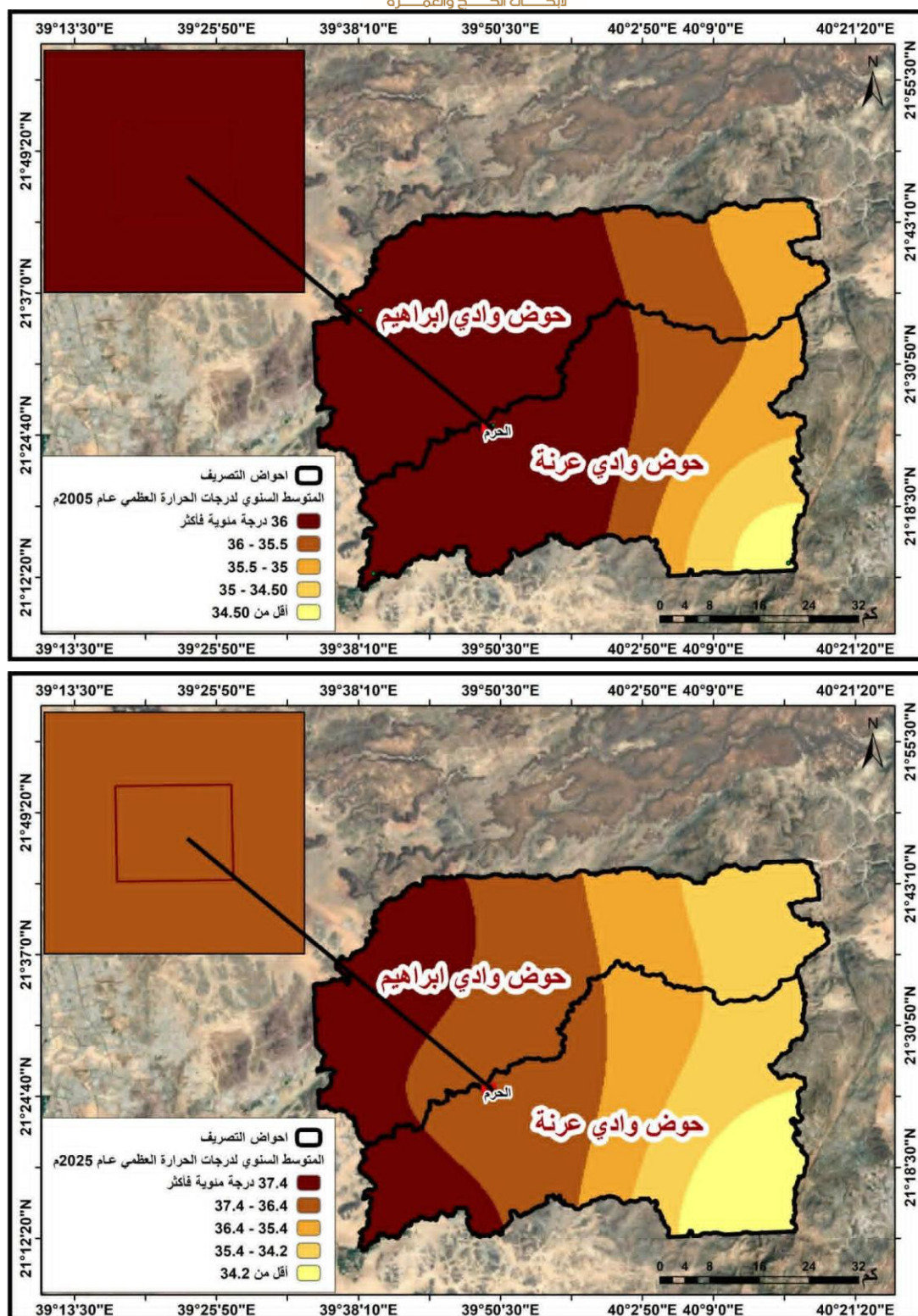
- الحفاظ على ممرات هوائية مفتوحة تسمح بمرور الرياح الطبيعية.
- مراعاة اتجاهات الرياح عند تصميم الأبراج والمباني المرتفعة.

٤. التوسع في الأسطح الخضراء

- تشجيع استخدام الأسطح والجدران الخضراء بالمباني الفندقية والتجارية.

٥. إدارة الكثافة العمرانية

- الحد من التكدس العمراني الشديد في بعض القطاعات المركزية.
- توزيع الخدمات والأنشطة بصورة تقلل الضغط الحراري.



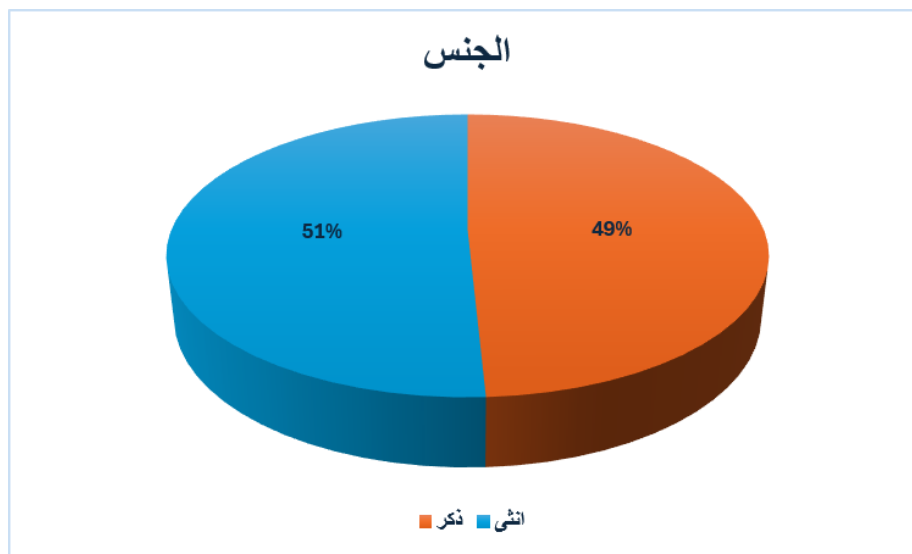
شكل (٢٥): المتوسط السنوي لدرجات الحرارة العظمى لعامي ٢٠٢٥ و ٢٠٠٥ كما تم اشتقاقها من بيانات الأقمار الصناعية.

٩,٣ قياس رضا الحجاج والمعتمرين عن تعرضهم للمخاطر البيئية بمنطقة الحرم:

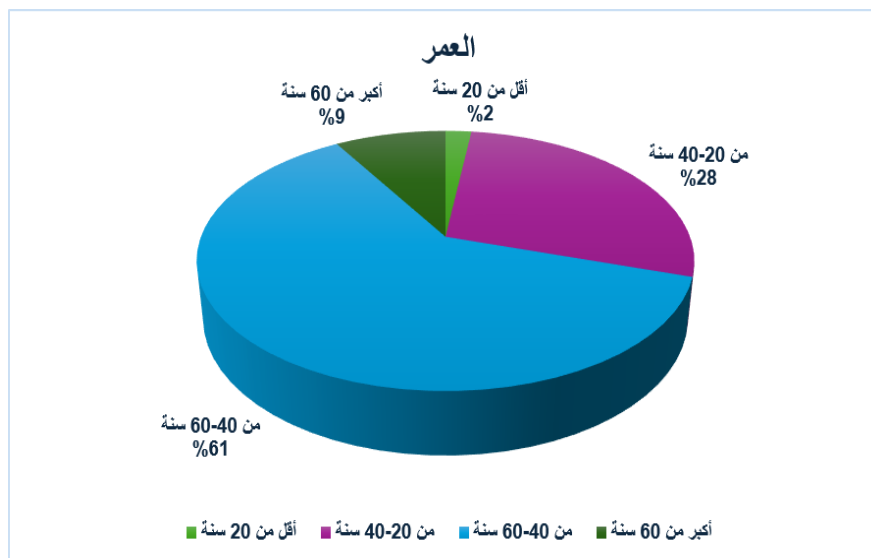
تم قياس واستطلاع آراء الحجاج عن بعض العوامل والمخاطر التي قد يواجهها أثناء تواجده في منطقة الحرم المكي كما هو موضح بالاستبانة المرفقة بلغ حجم العينة ٤٦٥ حاج من الجنسين وجنسيات متعددة راعت التنوع الديموغرافي لمجتمع العينة.



شكل (٢٦): صور جامعي البيانات أثناء اجراء استبيان ضيوف الرحمن عن بعض المخاطر البيئية والسلامة المهنية بمنطقة الحرم.

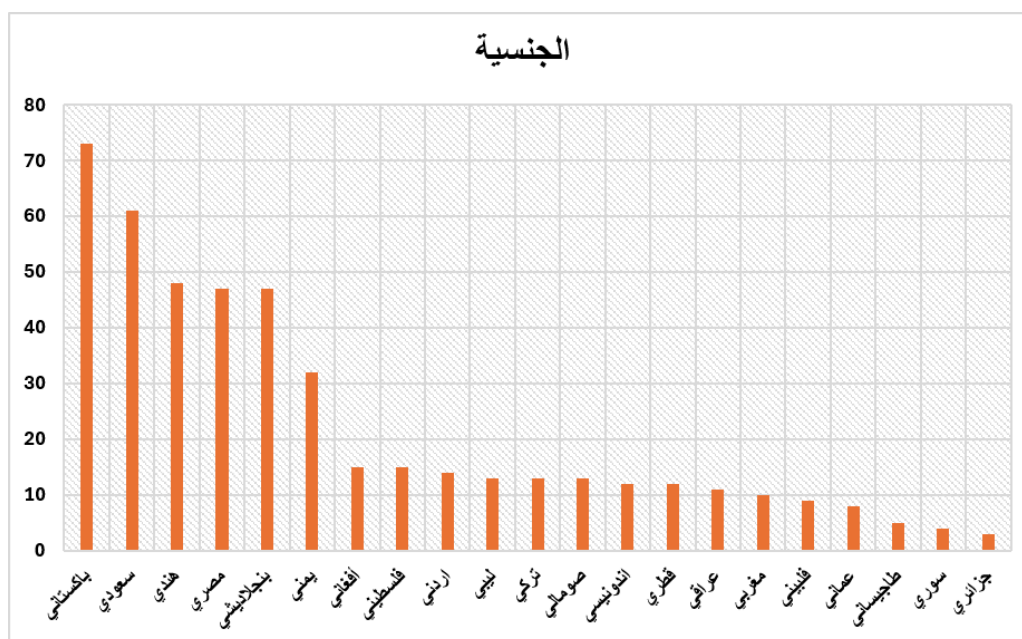


شكل (٢٧): يوضح الشكل التوزيع النسبي للجنس بين أفراد عينة الدراسة، حيث بلغت نسبة الإناث (٥١٪) مقابل (٤٩٪) للذكور. وتشير هذه النتائج إلى وجود توازن واضح بين الجنسين في العينة، الأمر الذي يسهم في تعزيز تمثيل مختلف فئات مرتادي الحرم المكي الشريف، ويزيد من موثوقية النتائج المتعلقة بتقييم المخاطر البيئية ومستوى تطبيق اشتراطات السلامة والصحة المهنية في منطقة الدراسة.



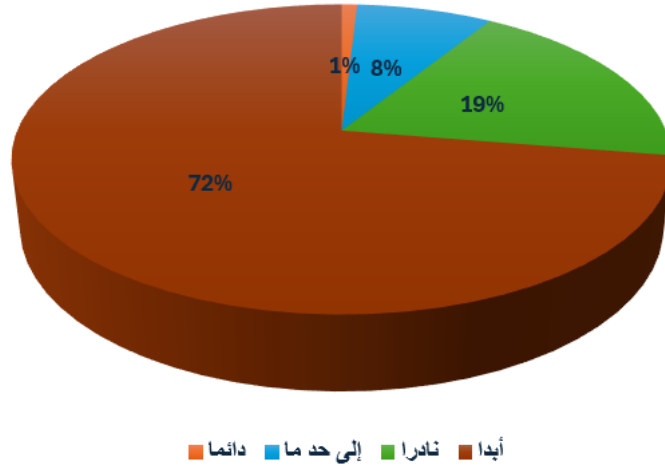
شكل (٢٨): يوضح الشكل التوزيع العمري لأفراد عينة الدراسة، حيث شكلت الفئة العمرية من (٤٠-٦٠ سنة) النسبة الأكبر من المشاركين بنسبة بلغت (٦١٪)، تلتها الفئة العمرية من (٢٠-٤٠ سنة) بنسبة (٢٨٪). كما بلغت نسبة المشاركين الذين تزيد أعمارهم عن (٦٠ سنة) نحو (٩٪)، في حين مثلت الفئة العمرية الأقل من (٢٠ سنة) نسبة محدودة بلغت (٢٪). وتشير هذه النتائج إلى أن العينة تتركز بشكل رئيس في الفئات العمرية القادرة على أداء المناسك والتنقل داخل منطقة

الحرم، مما يعزز من موثوقية البيانات المتعلقة بتقييم المخاطر البيئية ومستوى السلامة والصحة المهنية في منطقة الدراسة. ارتفاع نسبة المشاركين فوق ٤٠ سنة يجعل السلامة وإمكانية الوصول من القضايا المهمة في الحرم. وجود نسبة من كبار السن (٩٪) يزيد من أهمية: جودة الأرضيات ومنع التعثر. توفير مسارات الكراسي المتحركة. تقليل الازدحام ومخاطر الحشود. تحسين الراحة الحرارية وجودة الهواء.



شكل (٢٩): يوضح الشكل التوزيع النسبي لجنسيات أفراد عينة الدراسة ٤٦٥ حاج، حيث أظهرت النتائج تنوعاً كبيراً في الخلفيات الوطنية للمشاركين. وقد استحوذت الجنسية الباكستانية على النسبة الأعلى من إجمالي العينة بنسبة بلغت نحو (١٩٪)، تلتها الجنسية السعودية بنسبة (١٥٪). كما سجلت بعض الجنسيات الأخرى نسباً متقاربة بلغت حوالي (١١٪) لكل منها، في حين توزعت بقية الجنسيات بنسب تراوحت بين (١-٦٪). وتشير هذه النتائج إلى أن العينة تعكس الطبيعة الدولية والمتعددة الجنسيات لمترادي منطقة الحرم المكي الشريف، مما يعزز من تمثيل الدراسة لمختلف فئات الزوار والمعتزمين.

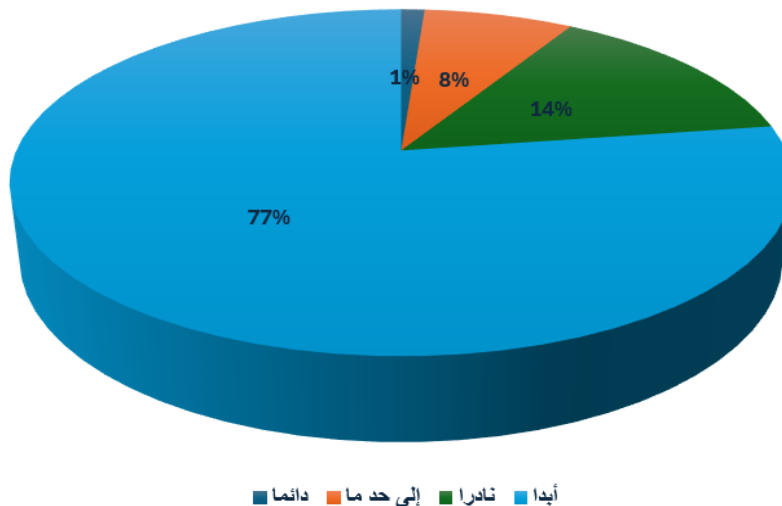
شعرت بزيادة في مستوى الغبار أثناء وجودي في الحرم



شكل (٣٠): ظهرت نتائج الاستبيان أن غالبية أفراد العينة (٧٢٪) لم يشعروا بزيادة في مستوى الغبار أثناء وجودهم في الحرم المكي، في حين أفاد (١٩٪) بأنهم شعروا بذلك نادراً، و(٨٪) إلى حد ما، بينما أشار (١٪) فقط إلى شعورهم بزيادة الغبار بصورة دائمة. وتدل هذه النتائج على أن جودة الهواء داخل الحرم تُعد مقبولة من وجهة نظر غالبية المشاركين، إلا أن وجود نسبة من المستجيبين لاحظت الغبار بدرجات متفاوتة يؤكد أهمية الاستمرار في تطبيق إجراءات الحد من الانبعاثات والغبار الناتج عن الأنشطة التشغيلية والإنشائية في المنطقة المحيطة بالحرم. هذه النتيجة تعني أن:

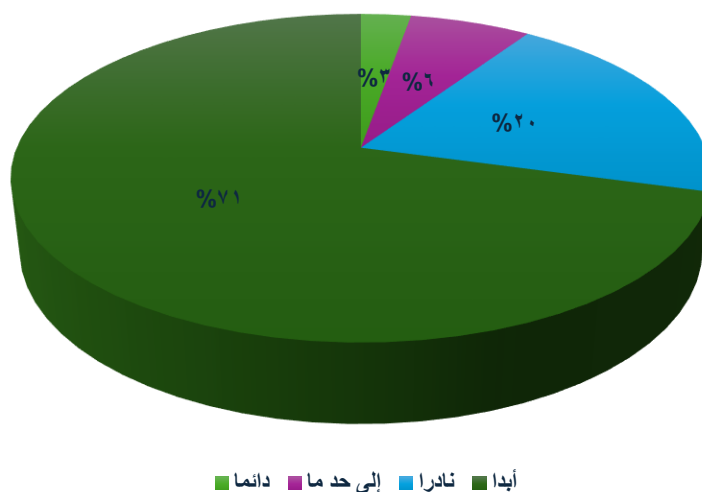
- غالبية الزوار لا يلاحظون مشكلة غبار مؤثرة داخل الحرم .
- إجراءات التحكم في الغبار تبدو فعالة نسبياً داخل نطاق الحرم .
- التأثيرات المحتملة للإنشاءات أو العوامل المناخية لا تنعكس بشكل مباشر على غالبية مرتادي الحرم .
- رغم ذلك، فإن نسبة ٢٨٪ (دائماً + إلى حد ما + نادراً) تشير إلى وجود فئة من الزوار تلاحظ الغبار بدرجات متفاوتة، مما يستدعي استمرار برامج الرصد البيئي والتحكم في الانبعاثات.

لاحظت وجود روائح كريهة ناتجة عن أعمال الإنشاءات

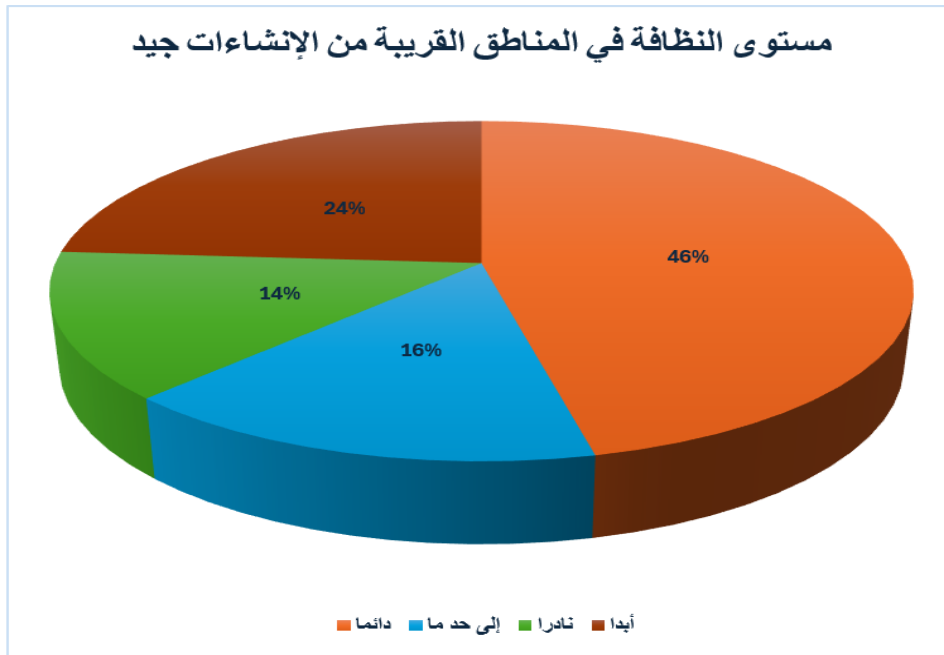


شكل (٣١): أظهرت نتائج الاستبانة أن معظم المشاركين (٧٧٪) لم يلاحظوا وجود روائح كريهة ناتجة عن أعمال الإنشاءات أو بالمرافق المختلفة بالحرم، بينما أفاد ١٤٪ بأنهم يلاحظونها نادراً، و ٨٪ إلى حد ما، في حين بلغت نسبة من يلاحظونها دائماً ١٪ فقط. وتشير هذه النتائج إلى أن الروائح الناتجة عن أعمال الإنشاءات لا تمثل مشكلة بيئية بارزة في منطقة الدراسة من وجهة نظر غالبية المشاركين لكن هناك مصادر أخرى للروائح الكريهة كمخبرات تصريف مياه السيول ومخازن النفايات والتدخين بدورات المياه.

مستوى الضوضاء كان مزعجاً



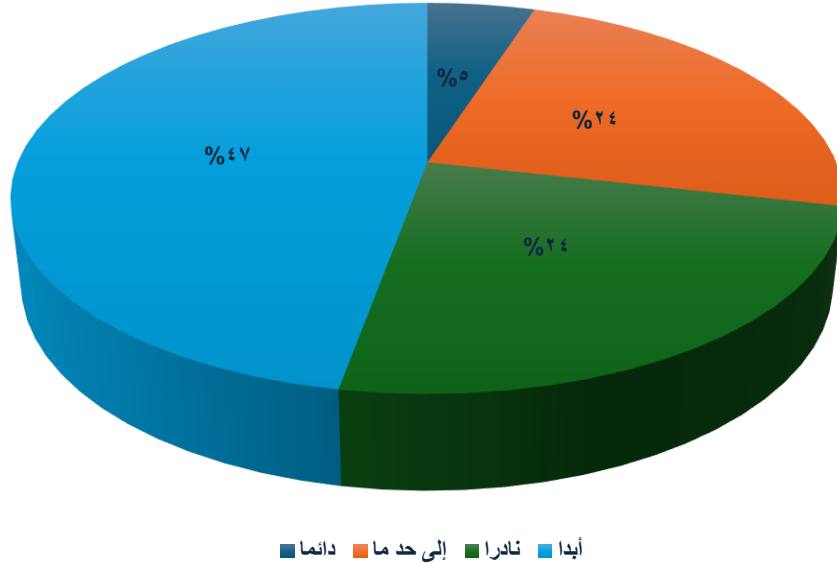
شكل (٣٢): أظهرت نتائج الاستبيان أن مستوى الضوضاء لم يكن مصدر إزعاج لغالبية المستفيدين، حيث أفاد ٧١٪ بأن الضوضاء لم تكن مزعجة أبداً، و ٢٠٪ بأنها كانت مزعجة نادراً. بينما أشار ٦٪ إلى وجود إزعاج إلى حد ما، و ٣٪ فقط إلى أن الضوضاء كانت مزعجة دائماً. وتشير هذه النتائج إلى ارتفاع مستوى الرضا فيما يتعلق بالبيئة الصوتية وانخفاض تأثير الضوضاء على تجربة المستفيدين.



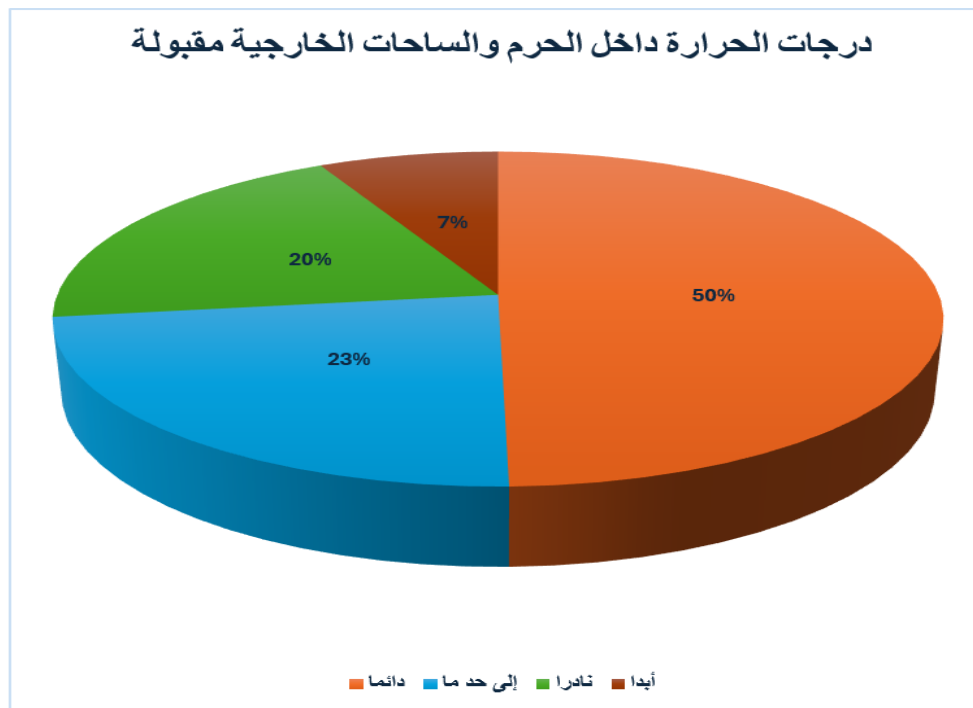
شكل (٣٣): أظهرت نتائج الاستبيان تبايناً في آراء المشاركين حول مستوى النظافة في المناطق القريبة من أعمال الإنشاءات، حيث أفاد ٤٦٪ بأن مستوى النظافة جيد دائماً، و ١٦٪ بأنه جيد إلى حد ما. في المقابل، أشار ١٤٪ إلى أن النظافة تكون جيدة نادراً، بينما يرى ٢٤٪ أنها ليست جيدة أبداً. وتشير هذه النتائج إلى وجود مستوى مقبول من النظافة بشكل عام، إلا أن نسبة غير قليلة من المشاركين ما زالت ترى الحاجة إلى تعزيز جهود النظافة وإدارة المخلفات في محيط مواقع الإنشاءات لضمان بيئة أكثر ملاءمة للمستفيدين. وضحت النتائج أن ٣٨٪ من المشاركين يرون أن مستوى النظافة في المناطق القريبة من الإنشاءات كان جيداً نادراً أو غير جيد أبداً. وتُعد هذه النتيجة مؤشراً على وجود مخاطر بيئية محتملة مرتبطة بإدارة المخلفات والمواد الإنشائية، والتي قد تؤدي إلى:

- زيادة الأتربة والجسيمات العالقة في الهواء .
- تشوه المظهر العام للموقع .
- احتمالية انبعاث الروائح غير المرغوبة من مواقع تجميع النفايات .
- زيادة فرص التعثر أو الحوادث الناتجة عن تراكم المخلفات.

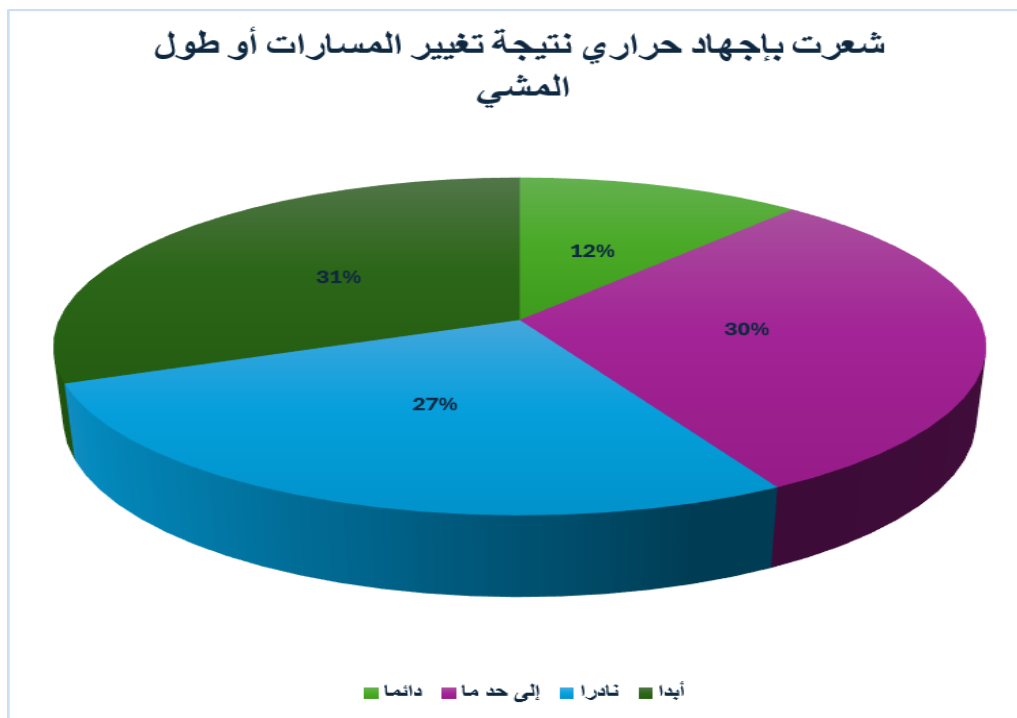
التهوية في بعض المناطق كانت غير جيدة



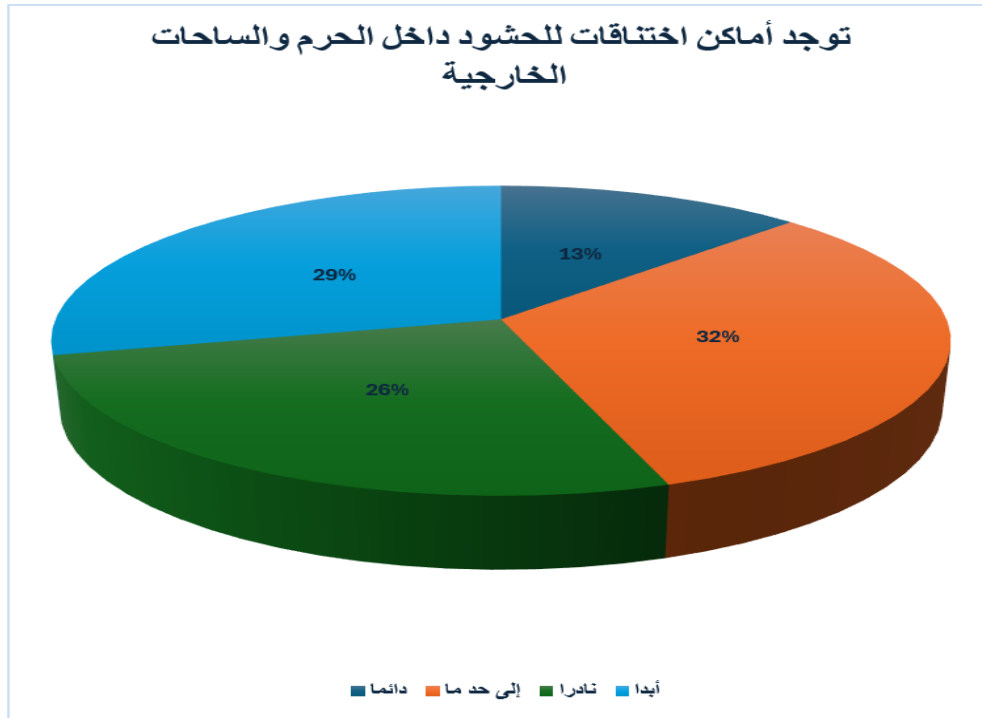
شكل (٣٤): تُعد التهوية من العوامل البيئية المهمة في الحرم المكي، خاصة في المناطق ذات الكثافة العالية أو القريبة من مواقع الإنشاءات والخدمات. ويمكن أن يؤدي ضعف التهوية إلى زيادة التعرض للغبار والأتربة والملوثات الهوائية، فضلاً عن الشعور بعدم الراحة الحرارية، خاصة خلال مواسم الذروة. وتشير النتائج إلى أن مخاطر ضعف التهوية ليست مرتفعة بشكل عام، حيث أفاد معظم المشاركين بعدم وجود مشكلة واضحة في التهوية. ومع ذلك، فإن نسبة 29% التي رصدت وجود ضعف في التهوية بدرجات مختلفة تمثل مؤشراً يستحق المتابعة، خصوصاً في المناطق المغلقة أو القريبة من الأعمال الإنشائية. أظهرت نتائج الاستبيان أن غالبية المشاركين (٧١٪) لا يرون أن التهوية تمثل مشكلة مؤثرة في المناطق محل الدراسة، مما يشير إلى فعالية أنظمة التهوية الطبيعية والميكانيكية في معظم المواقع. ومع ذلك، فإن وجود ٢٩٪ من المشاركين الذين أشاروا إلى ضعف التهوية بدرجات متفاوتة يستدعي الاستمرار في مراقبة جودة الهواء وتدفعه، خاصة في المناطق ذات الكثافة العالية أو القريبة من الأنشطة الإنشائية، وذلك ضمن إطار إدارة المخاطر البيئية للحرم المكي بهدف المحافظة على راحة وسلامة قاصدي بيت الله الحرام.



شكل (٣٥): أظهرت نتائج الاستبيان أن غالبية المشاركين (٧٣٪) يرون أن درجات الحرارة داخل الحرم المكي والمساحات الخارجية كانت مقبولة دائماً أو إلى حد ما، مما يعكس فعالية التدابير المتبعة للحد من التأثيرات الحرارية على الزوار والمصلين. ومع ذلك، فإن ٢٧٪ من المشاركين أشاروا إلى أن درجات الحرارة لم تكن مقبولة بشكل كافٍ، وهو ما يستدعي الاستمرار في تعزيز إجراءات التخفيف من الإجهاد الحراري، خاصة خلال فترات الذروة والمواسم ذات درجات الحرارة المرتفعة. وتُصنف المخاطر الحرارية ضمن المخاطر البيئية ذات التأثير المرتفع التي تتطلب متابعة مستمرة ضمن منظومة إدارة المخاطر البيئية في الحرم المكي. وتشير نتائج الاستبيان إلى أن إجراءات التخفيف من الحرارة، مثل أنظمة التكييف داخل الحرم، والمظلات، ومراوح الرذاذ، وتوفير مياه الشرب، أسهمت في تحقيق مستوى جيد من الراحة الحرارية لدى غالبية المشاركين. ومع ذلك، فإن نسبة ٢٧٪ التي أبدت عدم رضا كامل عن درجات الحرارة تشير إلى استمرار وجود مخاطر حرارية في بعض المواقع أو خلال أوقات الذروة التي تشهد كثافة بشرية مرتفعة.

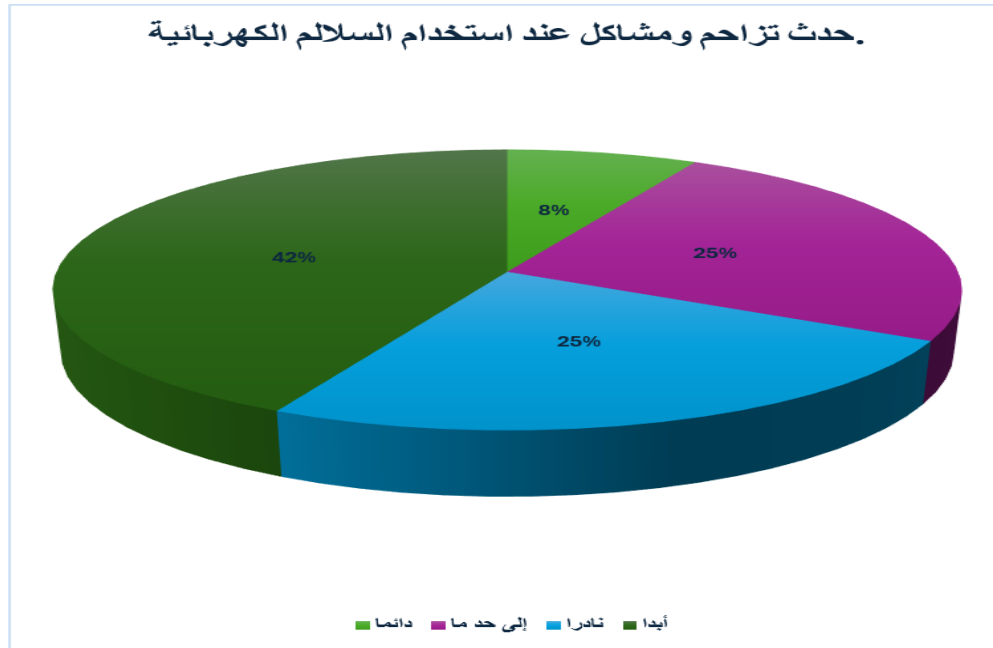


شكل (٣٦): أظهرت نتائج الاستبيان أن ٤٢٪ من المشاركين شعروا بإجهاد حراري بدرجات متفاوتة نتيجة تغيير المسارات أو زيادة مسافات المشي، في حين أفاد ٥٨٪ بأنهم لم يتعرضوا لذلك أو تعرضوا له بشكل نادر. وتشير هذه النتائج إلى أن طول مسارات الحركة والتغيرات المؤقتة المرتبطة بإدارة الحشود أو المشاريع الإنشائية قد تسهم في زيادة مخاطر الإجهاد الحراري، خاصة خلال فترات ارتفاع درجات الحرارة. وعليه، توصي الدراسة بالاستمرار في توفير مسارات مظلة، ونقاط توزيع المياه، ومناطق الاستراحة، وتحسين توجيه الحركة لتقليل الجهد البدني والحد من الآثار الصحية المرتبطة بالإجهاد الحراري في الحرم المكي.

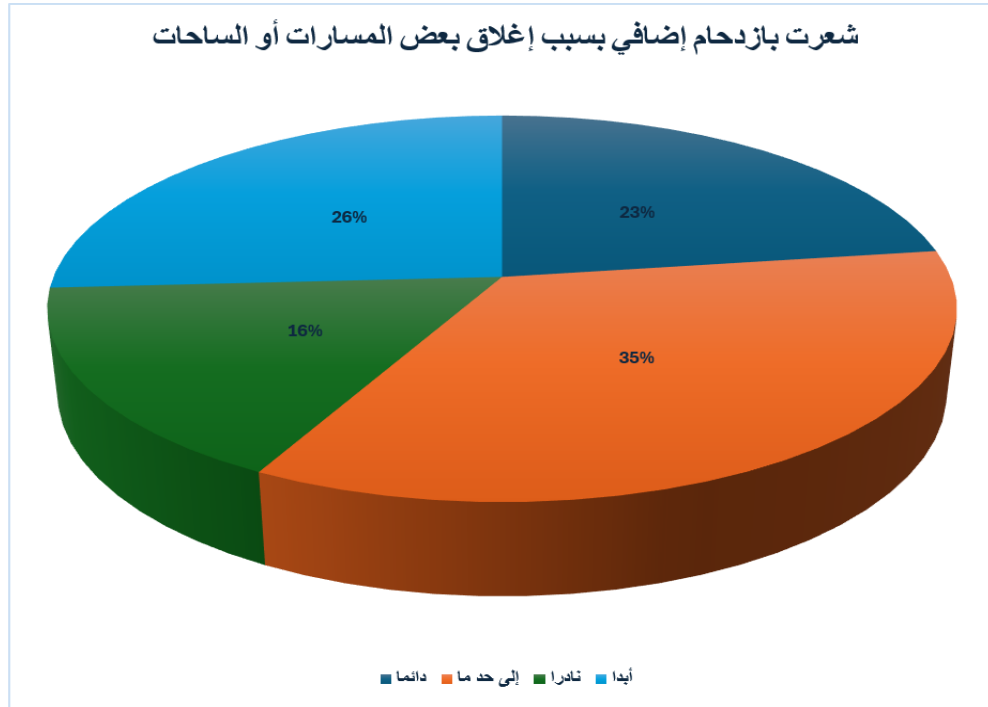


شكل (٣٧): أوضحت نتائج الاستبيان أن ٤٥٪ من المشاركين يرون وجود اختناقات للحشود داخل الحرم المكي والساحات الخارجية بشكل دائم أو إلى حد ما، بينما أفاد ٥٥٪ بعدم وجودها أو حدوثها بشكل نادر. وتشير هذه النتائج إلى أن الاختناقات تمثل أحد المخاطر التشغيلية ذات التأثير المرتفع، نظراً لارتباطها بزيادة الإجهاد الحراري وإعاقة حركة الحشود والتأثير على كفاءة الاستجابة للحالات الطارئة. تُعد اختناقات الحشود من أهم المخاطر التشغيلية والبيئية المرتبطة بإدارة الحشود في الحرم المكي، نظراً لما قد يترتب عليها من آثار مباشرة وغير مباشرة تشمل:

- إبطاء حركة المصلين والمعتمرين والزوار .
- زيادة زمن التعرض للحرارة والإجهاد الحراري .
- ارتفاع احتمالية التعثر والسقوط والإصابات البسيطة .
- زيادة الضغط على مخارج الطوارئ ومسارات الإخلاء .
- صعوبة وصول الفرق التشغيلية والخدمات الإسعافية عند الحاجة.

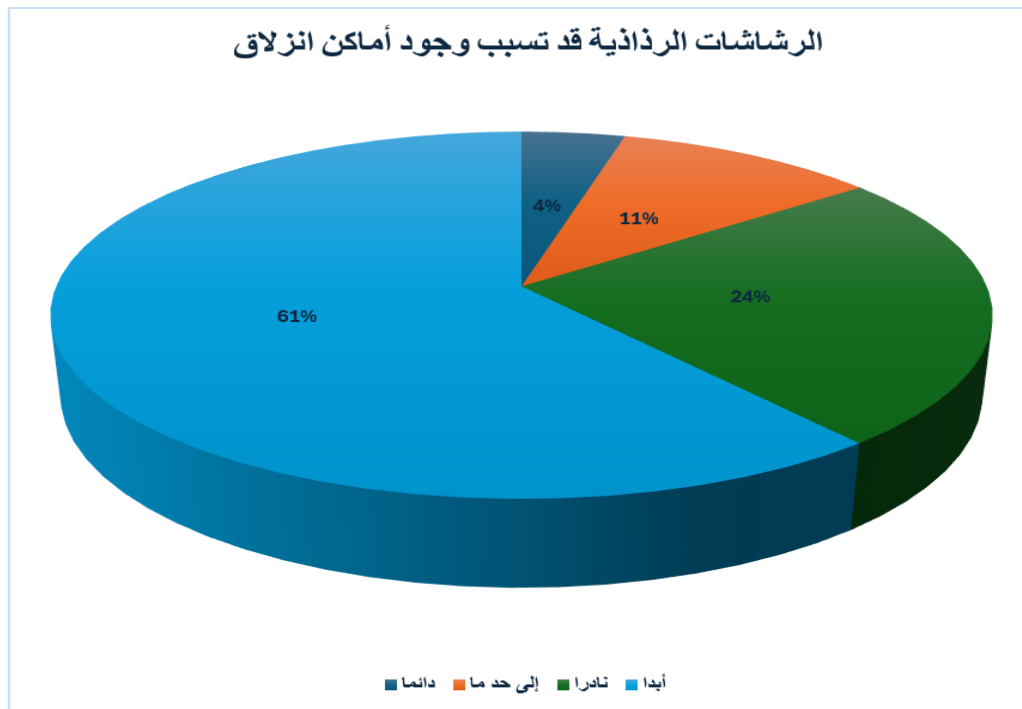


شكل (٣٨): تمثل السلالم الكهربائية إحدى نقاط الحركة الرأسية المهمة داخل الحرم المكي، ويؤدي أي ازدحام أو تعطل أو سوء تنظيم عند استخدامها إلى زيادة المخاطر التشغيلية المرتبطة بإدارة الحشود، خاصة خلال أوقات الذروة. وتشير النتائج إلى أن غالبية المشاركين (٦٧٪) لم يواجهوا مشكلات أو واجهوها بشكل نادر، مما يدل على كفاءة تشغيلية جيدة للسلالم الكهربائية بشكل عام. إلا أن نسبة الثلث تقريباً التي أبلغت عن وجود مشكلات بدرجات مختلفة تعكس احتمالية وجود نقاط اختناق في بعض المواقع أو خلال فترات الازدحام المرتفع. وتوصي الدراسة بالاستمرار في تحسين إدارة تدفقات الحشود عند السلالم الكهربائية، وتعزيز التوجيه الميداني، ومراقبة كثافات المستخدمين بصورة مستمرة للحد من الاختناقات وتعزيز سلامة وراحة قاصدي الحرم المكي.

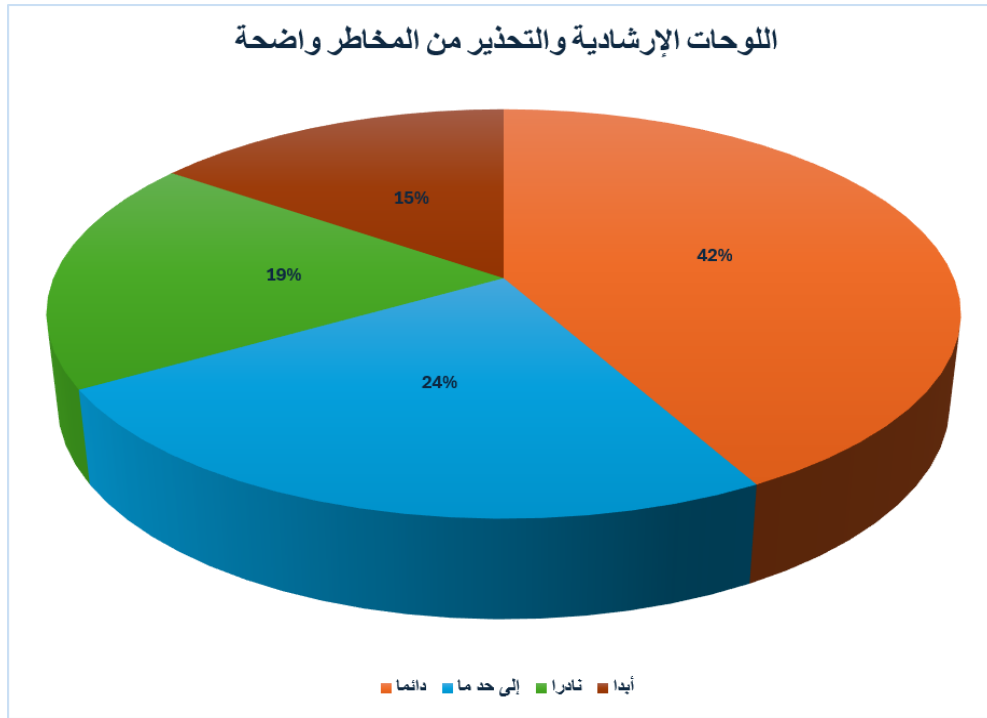


شكل (٣٩): تُعد إغلاق المسارات أو الساحات من الإجراءات التشغيلية المرتبطة بأعمال الصيانة والتطوير أو تنظيم حركة الحشود، إلا أنها قد تؤدي إلى تحويل تدفقات المشاة نحو مسارات بديلة ذات سعة أقل، مما يزيد من احتمالية تشكل نقاط ازدحام واختناق في بعض المواقع. وتشير النتائج إلى أن أكثر من نصف المشاركين لاحظوا زيادة في الازدحام نتيجة هذه الإغلاقات، وهو ما يدل على أن التحويلات المؤقتة للمسارات تمثل أحد العوامل المؤثرة في مستوى المخاطر التشغيلية داخل الحرم المكي والساحات المحيطة.

أظهرت نتائج الاستبيان أن ٥٨٪ من المشاركين شعروا بازدحام إضافي بدرجات متفاوتة نتيجة إغلاق بعض المسارات أو الساحات داخل الحرم المكي أو في المناطق المحيطة به، بينما أفاد ٤٢٪ بعدم ملاحظة هذا التأثير أو ملاحظته بشكل نادر. وتشير هذه النتائج إلى أن التحويلات المؤقتة للمسارات تمثل أحد أهم العوامل المؤثرة في كثافة الحشود، وقد تسهم في زيادة احتمالية الاختناقات والإجهاد الحراري وإطالة زمن الوصول إلى الوجهات المختلفة.



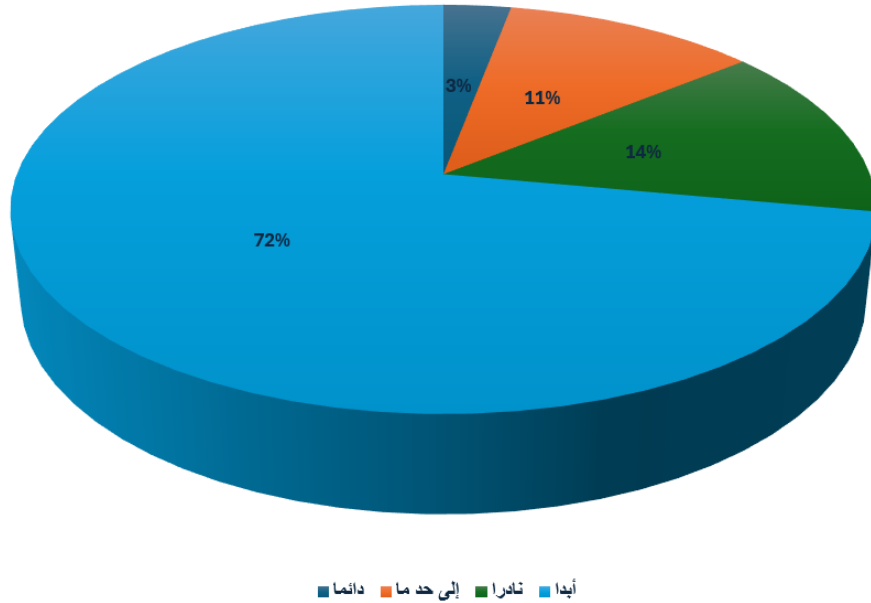
شكل (٤٠): أظهرت نتائج الاستبيان أن ٨٥٪ من المشاركين لا يرون أن الرشاشات الرذاذية تسبب في وجود أماكن انزلاق أو يرون أن ذلك يحدث بشكل نادر، بينما أشار ١٥٪ إلى وجود هذه المشكلة بدرجات متفاوتة. وتشير هذه النتائج إلى أن أنظمة الرذاذ المستخدمة في الحرم المكي تحقق أهدافها في تحسين الراحة الحرارية دون أن تشكل خطراً كبيراً على سلامة المشاة. ومع ذلك، توصي الدراسة بالاستمرار في مراقبة مستويات الرطوبة على الأرضيات، وتحسين تصريف المياه، وإجراء الصيانة الدورية للرشاشات لضمان الاستفادة القصوى من هذه الأنظمة مع المحافظة على أعلى مستويات السلامة لفاصدي الحرم المكي.



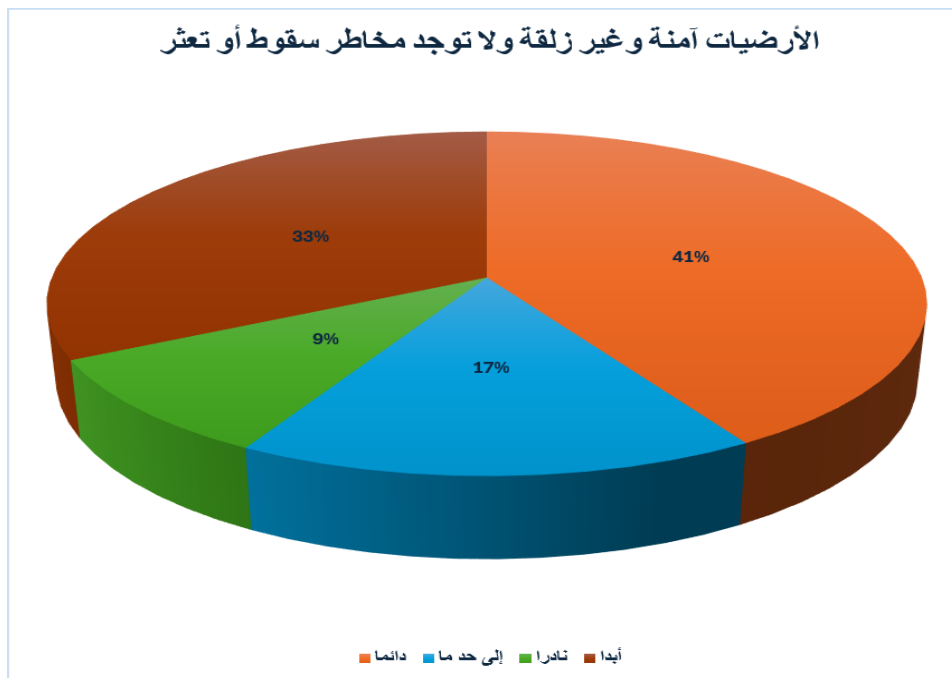
شكل (٤١): أوضحت نتائج الاستبيان أن ٦٦٪ من المشاركين يرون أن اللوحات الإرشادية والتحذيرية داخل الحرم المكي والساحات الخارجية كانت واضحة دائماً أو إلى حد ما، مما يعكس مستوى جيداً من كفاءة أنظمة التوجيه والتحذير. إلا أن ٣٤٪ من المشاركين أشاروا إلى أن هذه اللوحات كانت واضحة نادراً أو غير واضحة، وهو ما قد يؤثر على كفاءة إدارة الحشود والاستجابة للمخاطر المختلفة. وعليه، توصي الدراسة بمراجعة توزيع اللوحات الإرشادية، وزيادة وضوحها وتعدد لغاتها، واستخدام الوسائل الذكية والشاشات التفاعلية في المواقع ذات الكثافة العالية، بما يساهم في تعزيز السلامة وتقليل المخاطر التشغيلية والبيئية داخل الحرم المكي. تمثل اللوحات الإرشادية والتحذيرية أحد أهم عناصر إدارة المخاطر في الحرم المكي، حيث تساهم في:

- توجيه الحشود إلى المسارات الآمنة.
- التحذير من المناطق الخطرة أو أعمال الصيانة والإنشاءات.
- تقليل احتمالية وقوع الحوادث والإصابات.
- تسهيل عمليات الإخلاء والاستجابة للطوارئ.
- الحد من الازدحام الناتج عن ضياع المسارات أو سوء التوجيه.

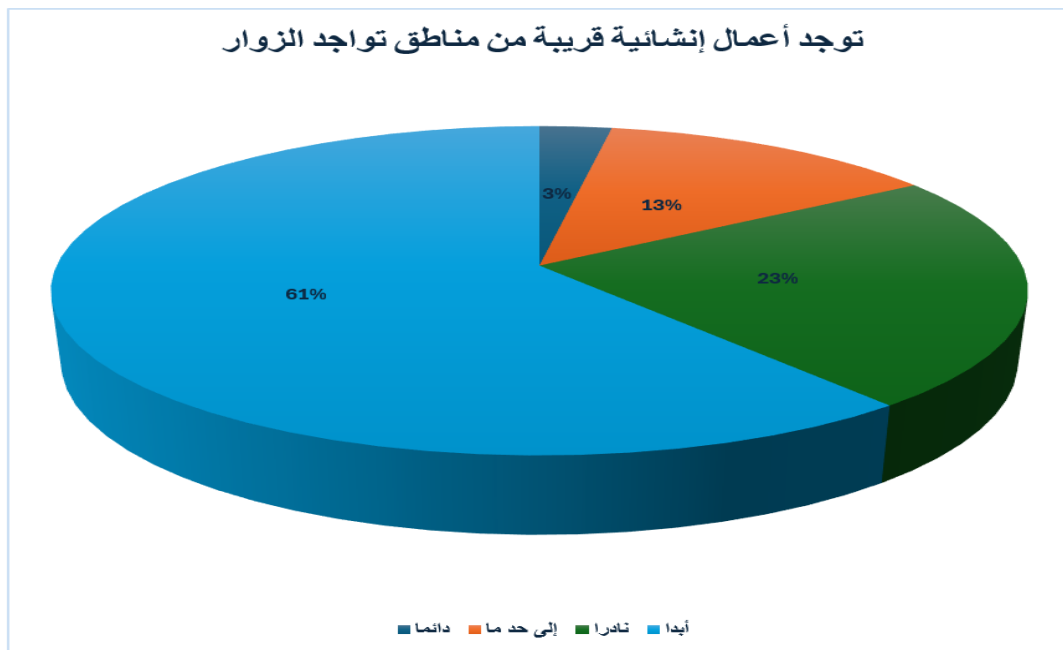
لاحظت وجود مخاطر محتملة مثل أسلاك أو معدات مكشوفة



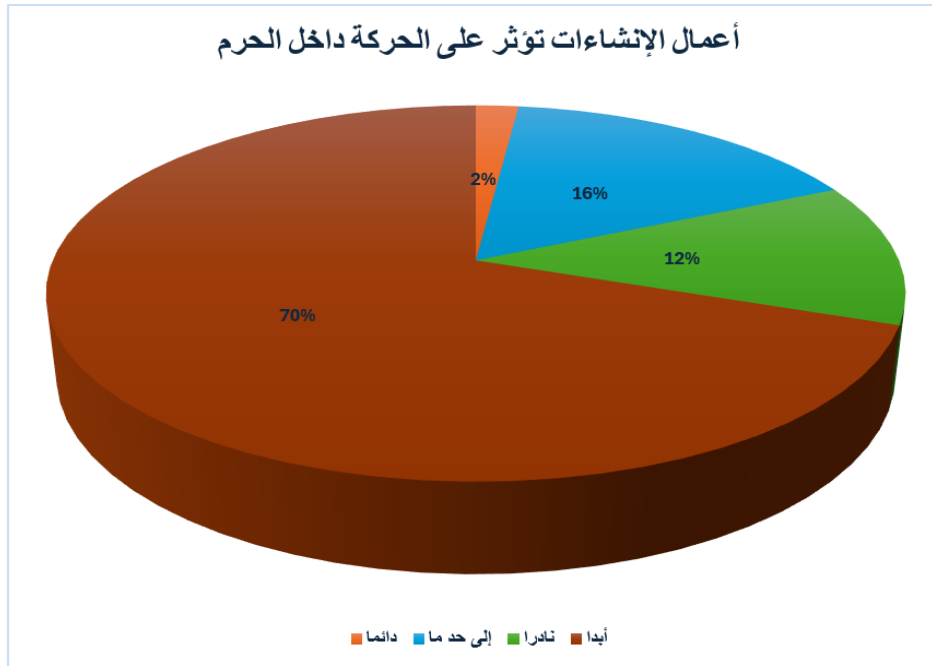
شكل (٤٢): أفاد 72% من المشاركين بأنهم لم يلاحظوا أي مخاطر محتملة مثل الأسلاك أو المعدات المكشوفة. وأشار 14% إلى أنهم لاحظوا هذه المخاطر بشكل نادر. بينما ذكر 11% أنهم لاحظوها إلى حد ما، وأفاد 3% بوجودها بشكل دائم. وبذلك فإن 86% من المشاركين لم يلاحظوا هذه المخاطر أو لاحظوها بشكل نادر، مما يعكس مستوى جيداً من الالتزام بإجراءات السلامة الميدانية: في المقابل، فإن 14% من المشاركين رصدوا وجود مخاطر بدرجات متفاوتة، وهو ما يستدعي استمرار أعمال التفتيش والمتابعة الوقائية. أظهرت نتائج الاستبيان أن غالبية المشاركين (٧٢٪) لم يلاحظوا وجود مخاطر محتملة مثل الأسلاك أو المعدات المكشوفة داخل الحرم المكي أو الساحات الخارجية، بينما أشار ١٤٪ فقط إلى ملاحظتها بدرجات متفاوتة. وتدل هذه النتائج على فعالية إجراءات السلامة والرقابة الميدانية المطبقة في المنطقة محل الدراسة، إلا أن وجود بعض الملاحظات المتعلقة بالمخاطر المكشوفة يستدعي الاستمرار في تنفيذ برامج التفتيش الوقائي والصيانة الدورية، والتأكد من عزل وتأمين جميع المعدات والخدمات المؤقتة والدائمة، بما يضمن المحافظة على أعلى مستويات السلامة لقاصدي الحرم المكي والعاملين فيه.



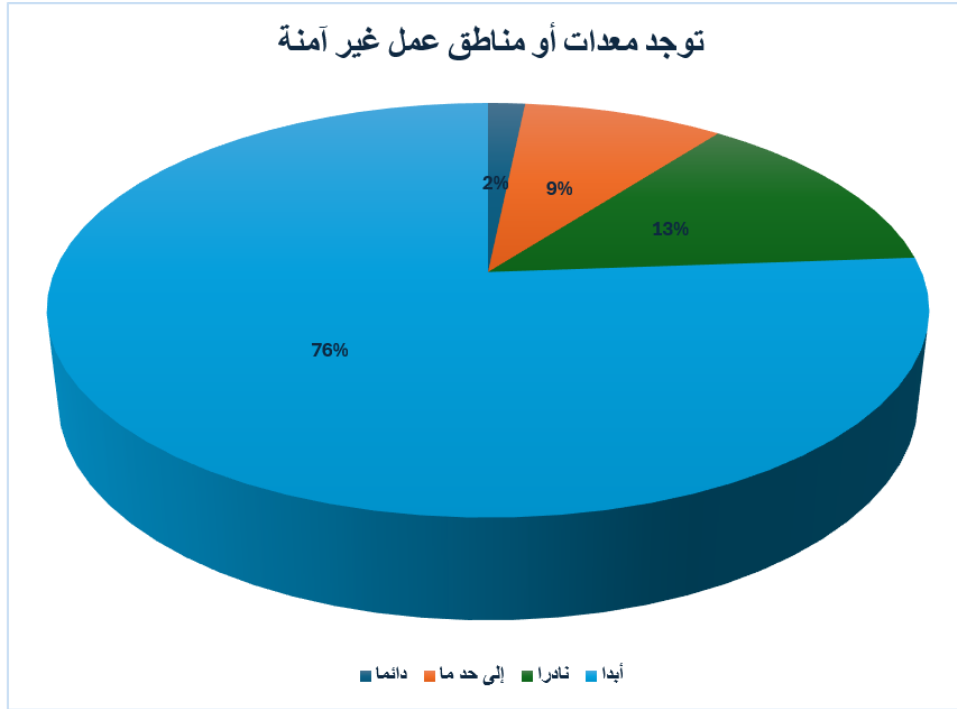
شكل (٤٣): أفاد 41% من المشاركين بأن الأرضيات آمنة وغير زلقة دائماً. وأشار 17% إلى أنها آمنة إلى حد ما. في المقابل، ذكر 9% أنها آمنة نادراً، بينما أفاد 33% بأنها ليست آمنة أو لا تخلو من مخاطر التعثر والسقوط. وبذلك فإن 58% من المشاركين (41% + 17%) لديهم تقييم إيجابي لمستوى سلامة الأرضيات، مقابل 42% لديهم ملاحظات أو مخاوف تتعلق بسلامة المشي والحركة. وتشير هذه النتائج إلى أن مستوى السلامة العام مقبول، إلا أن مخاطر الانزلاق والتعثر لا تزال تمثل أحد الجوانب التي تتطلب اهتماماً مستمراً، خاصة في المناطق ذات الكثافة العالية أو القريبة من أعمال الصيانة والتطوير. وتوصي الدراسة بالاستمرار في برامج التفتيش الميداني، وتحسين خصائص مقاومة الانزلاق للأرضيات، والتأكد من إزالة العوائق بشكل فوري، بما يعزز سلامة وراحة قاصدي الحرم المكي.



شكل (٤٤): أظهرت نتائج الاستبيان أن ٨٤٪ من المشاركين لا يلاحظون وجود أعمال إنشائية قريبة من مناطق تواجدهم أو يلاحظونها بشكل نادر، مما يدل على نجاح الإجراءات التنظيمية المتبعة في عزل مناطق الإنشاءات عن مسارات الزوار والمصلين داخل الحرم المكي ومحيطه. وعلى الرغم من أن ١٦٪ من المشاركين أشاروا إلى وجود أعمال إنشائية بالقرب منهم بدرجات متفاوتة، فإن هذه النسبة تظل محدودة مقارنة ببقية المشاركين. وتشير النتائج إلى فعالية التدابير الحالية في الحد من تعرض الزوار للمخاطر البيئية المرتبطة بالإنشاءات، مع أهمية الاستمرار في تطبيق الحواجز الوقائية، وإدارة الأتربة والضوضاء، ومراقبة تأثير المشاريع التطويرية على حركة الحشود وسلامة الزوار.



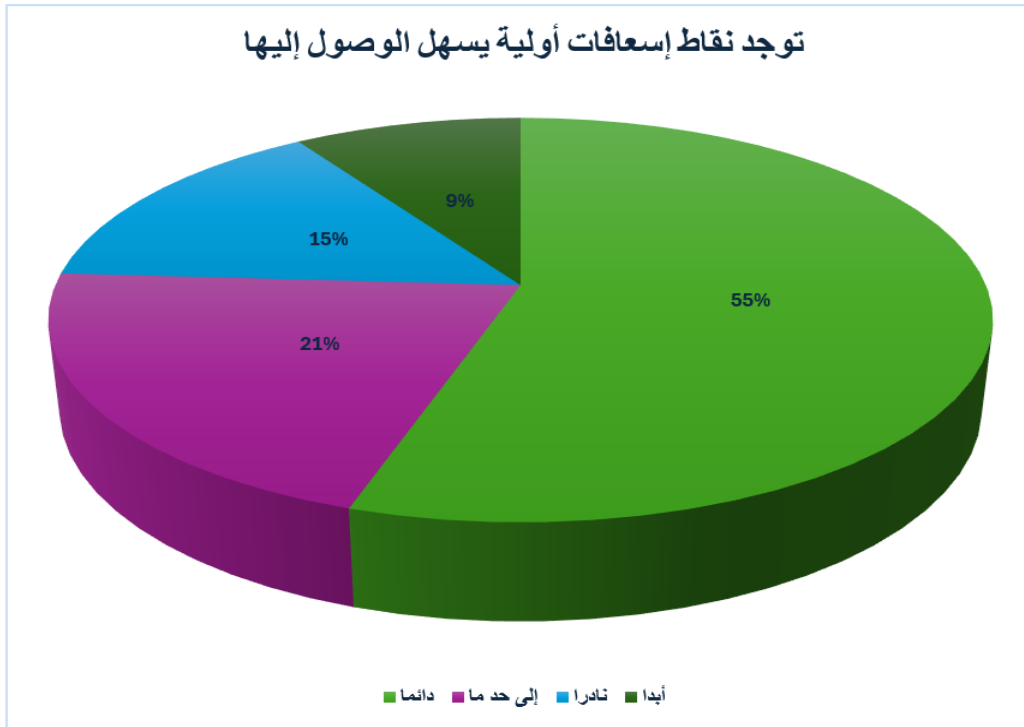
شكل (٤٥): أظهرت نتائج الاستبيان أن غالبية المشاركين (٨٢٪) لا يرون أن أعمال الإنشاءات تؤثر على الحركة داخل الحرم المكي أو يرون أن تأثيرها يحدث بشكل نادر، مما يعكس نجاح الإجراءات التنظيمية وإدارة الحشود في تقليل الآثار المباشرة للمشروعات التطويرية على حركة الزوار والمصلين. ومع ذلك، أشار ١٨٪ من المشاركين إلى وجود تأثير بدرجات متفاوتة، وهو ما قد يرتبط بالتحويلات المؤقتة للمسارات أو زيادة مسافات التنقل في بعض المواقع. وتشير النتائج إلى أن المخاطر المرتبطة بتأثير الإنشاءات على الحركة تقع ضمن المستوى المنخفض إلى المتوسط، مع أهمية الاستمرار في تحسين تخطيط المسارات البديلة، وتطوير وسائل التوجيه والإرشاد، وضمان المحافظة على انسيابية الحركة خلال مراحل تنفيذ المشاريع المستقبلية داخل الحرم المكي.



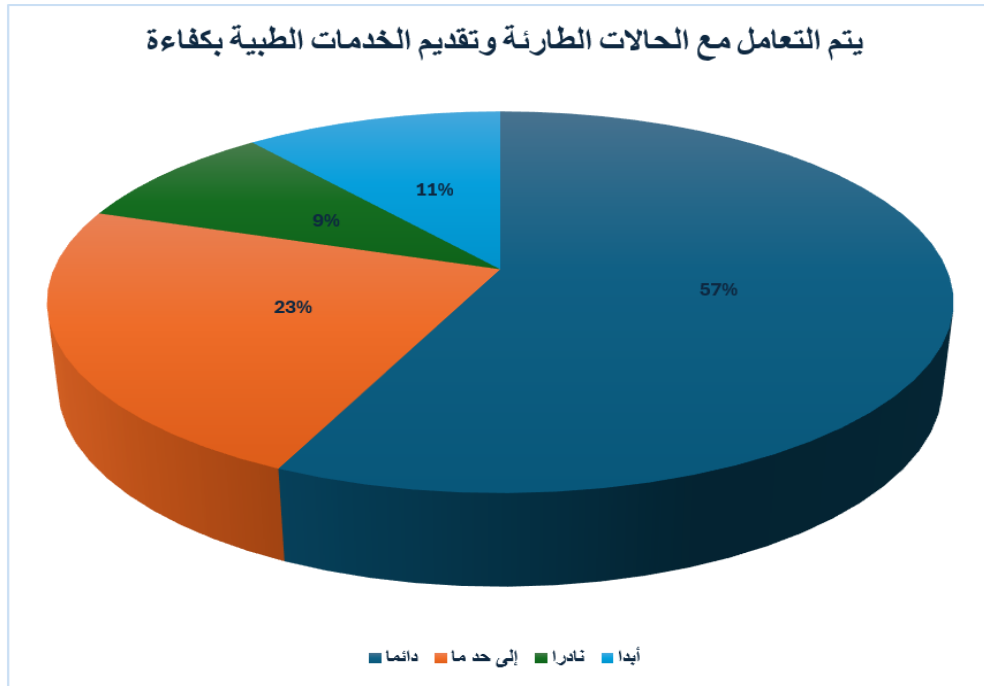
شكل (٤٦): أفاد 76% من المشاركين بعدم وجود معدات أو مناطق عمل غير آمنة. وأشار 13% إلى ملاحظتها بشكل نادر. بينما ذكر 9% أنهم لاحظوا وجودها إلى حد ما، وأفاد 2% بوجودها بشكل دائم. وبذلك فإن 89% من المشاركين لا يرون وجود مخاطر واضحة مرتبطة بالمعدات أو مناطق العمل، وهو مؤشر إيجابي يعكس فعالية إجراءات السلامة في مواقع التشغيل والإنشاءات. في المقابل، أشار 11% من المشاركين إلى وجود ملاحظات تتعلق بالسلامة، وهي نسبة محدودة ولكنها تستوجب المتابعة المستمرة.

تتوافق هذه النتيجة مع مؤشرات أخرى أظهرت:

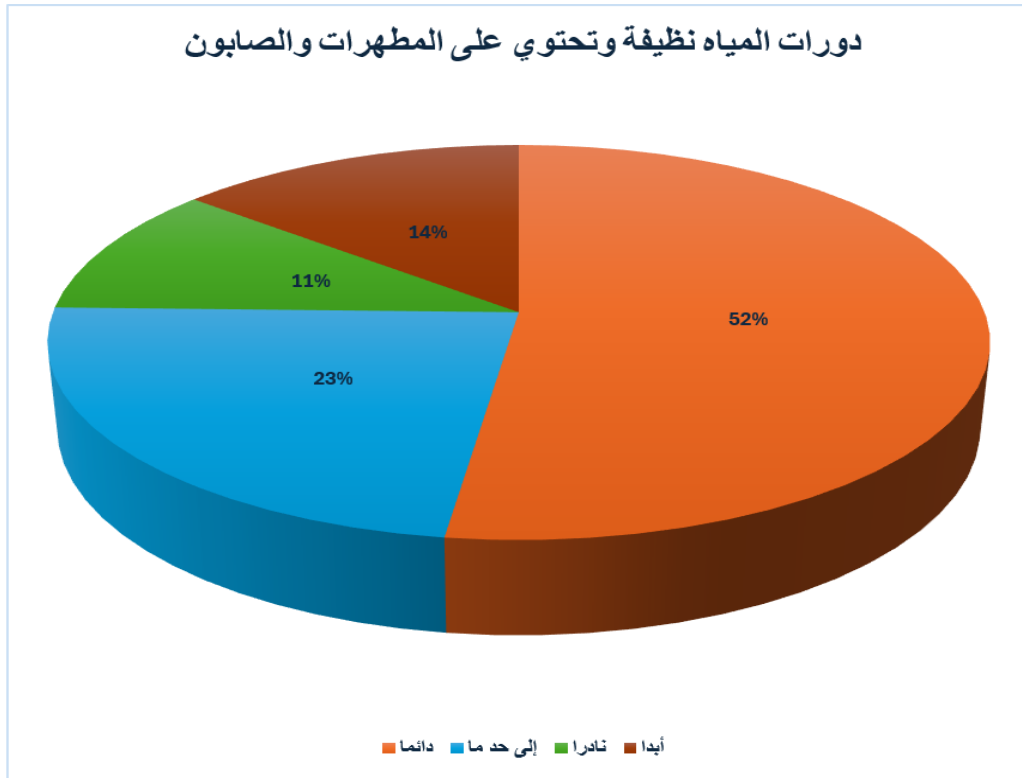
- انخفاض ملاحظة الأسلاك أو المعدات المكشوفة 86% لم يلاحظوها أو لاحظوها نادرًا.
 - انخفاض ملاحظة الأعمال الإنشائية القريبة من الزوار. (84%)
 - محدودية تأثير أعمال الإنشاءات على الحركة داخل الحرم. (82%)
 - انخفاض مستوى الإزعاج الناتج عن الضوضاء.
- وهذا يعزز الاستنتاج بأن المخاطر المباشرة المرتبطة بالإنشاءات ومناطق العمل يتم التحكم فيها بدرجة جيدة داخل الحرم المكي.



شكل (٤٧): يرى 55% من المشاركين أن نقاط الإسعافات الأولية متوفرة ويسهل الوصول إليها بشكل دائم . وأفاد 21% بأنها متاحة إلى حد ما . بينما أشار 15% إلى أن الوصول إليها متاح بشكل نادر، و 9% يرون أنها غير متاحة أو يصعب الوصول إليها . وتشير النتائج إلى أن 76% من المشاركين لديهم انطباع إيجابي حول جاهزية خدمات الإسعافات الأولية، وهو مؤشر مهم على كفاءة الاستعداد والاستجابة للطوارئ. مما يعكس مستوى مرتفعاً من الجاهزية الصحية وقدرة منظومة الطوارئ على التعامل السريع مع الحوادث والحالات الصحية الطارئة. وتؤكد هذه النتيجة فعالية الإجراءات الوقائية المتبعة للحد من آثار المخاطر البيئية والصحية، ولا سيما تلك المرتبطة بالإجهاد الحراري، والازدحام، وحوادث السقوط، والتعثر. كما تشير إلى أن توفر نقاط الإسعافات الأولية يمثل أحد أهم عناصر تعزيز السلامة وحماية قاصدي الحرم المكي، مع أهمية الاستمرار في تحسين التغطية المكانية ورفع مستوى التوعية بمواقع هذه الخدمات لضمان سرعة الوصول إليها عند الحاجة.



شكل (٤٨): يوضح الرسم البياني آراء المشاركين حول كفاءة الاستجابة للحالات الطارئة والخدمات الطبية داخل الحرم المكي والساحات الخارجية، أظهرت نتائج الاستبيان أن ٨٠٪ من المشاركين يرون أن التعامل مع الحالات الطارئة وتقديم الخدمات الطبية داخل الحرم المكي يتم بكفاءة دائماً أو إلى حد ما، مما يعكس مستوى مرتفعاً من الجاهزية الطبية وفعالية منظومة الاستجابة للطوارئ. وتؤكد هذه النتائج قدرة الخدمات الصحية على الحد من الآثار المترتبة على المخاطر البيئية والتشغيلية، خاصة تلك المرتبطة بالإجهاد الحراري، والازدحام، وحوادث السقوط، والتعثر. كما تمثل كفاءة الخدمات الطبية أحد أهم عناصر تعزيز السلامة وإدارة المخاطر في الحرم المكي، الأمر الذي يسهم في توفير بيئة آمنة وصحية لقاصدي بيت الله الحرام، مع أهمية الاستمرار في تطوير القدرات الإسعافية والطبية لمواكبة الزيادة المستمرة في أعداد الزوار والمعتمرين.



شكل (٤٩): أفاد 52% من المشاركين بأن دورات المياه كانت نظيفة وتحتوي على المطهرات والصابون دائماً . وأشار 23% إلى أن ذلك متحقق إلى حد ما . بينما ذكر 11% أن ذلك يحدث نادراً، وأفاد 14% بعدم توفر هذه المعايير بشكل كافٍ . وبذلك فإن 75% من المشاركين (52% + 23%) لديهم تقييم إيجابي لمستوى النظافة والتعقيم، في حين أن 25% أبدوا ملاحظات تتعلق بالنظافة أو توفر المستلزمات الصحية. الأمر الذي يستدعي الاستمرار في تعزيز برامج النظافة والتعقيم، وزيادة وتيرة المتابعة الميدانية، وضمان توفر المستلزمات الصحية بشكل مستمر، وأيضاً منع ظاهرة التدخين التي تم رصدها بكثافة عالية في دورات المياه بالحرم بما يدعم أهداف إدارة المخاطر البيئية والصحية في الحرم المكي.

٩,٤ مصفوفة تقييم المخاطر (Risk Matrix) وفق معيار ISO 45001:2018

منهجية تقييم المخاطر

تم تطبيق منهجية تقييم المخاطر وفق متطلبات المواصفة الدولية ISO 45001:2018 من خلال تحديد المخاطر المحتملة، وتقييم احتمالية حدوثها وشدة أثارها، ومن ثم تحديد مستوى الخطورة واتخاذ الإجراءات التصحيحية والوقائية المناسبة.

مصفوفة تقييم المخاطر لمشاريع الحرم المكي

التصنيف	مستوى الخطر	الشدة	الاحتمالية	الخطر
مرتفع	15	5	3	سقوط مواد من مناطق الأعمال الإنشائية على المارة
مرتفع	16	4	4	تزامن الحشود بالقرب من مناطق الصيانة والإنشاء
مرتفع	12	3	4	التعرض لمستويات مرتفعة من الضوضاء
مرتفع	12	3	4	استنشاق الغبار والجسيمات العالقة
مرتفع	12	4	3	الانزلاق أو التعثر بسبب تلف الأرضيات
مرتفع	12	3	4	التعرض للإجهاد الحراري بالساحات الخارجية
مرتفع	10	5	2	تعطل مسارات الإخلاء أثناء أعمال الصيانة
متوسط	6	2	3	الروائح الكريهة وتأثيرها على راحة الزوار
مرتفع	10	5	2	السيول المفاجئة أثناء الأمطار الغزيرة
مرتفع	10	5	2	تماس كهربائي أو معدات مكشوفة

مصفوفة المخاطر (Risk Matrix)

- 1-4 مخاطر منخفضة (مقبولة مع المتابعة).

- 5-9 مخاطر متوسطة (تتطلب ضوابط إضافية).
 - 10-16 مخاطر مرتفعة (تستلزم إجراءات تصحيحية فورية).
 - 17-25 مخاطر حرجية (تستلزم إيقاف النشاط حتى معالجة الخطر).
- أظهرت نتائج التقييم أن معظم المخاطر المرتبطة بمشاريع الحرم المكي تقع ضمن فئة المخاطر المرتفعة، إلا أن الضوابط الحالية وإجراءات الإدارة المتبعة تسهم في الحد من آثارها. ويوصى بمراجعة مصفوفة المخاطر بشكل دوري وتحديثها عند حدوث أي تغييرات تشغيلية أو إنشائية، بما يضمن توافق مشاريع الحرم المكي مع متطلبات ISO 45001:2018 وأفضل الممارسات العالمية في إدارة السلامة والصحة المهنية.

الإجراءات التصحيحية المقترحة

- عزل مناطق العمل الإنشائي عن مسارات الحشود باستخدام حواجز أمانة.
- زيادة أنظمة التحكم بالغبار والضوضاء في مواقع العمل.
- تنفيذ فحص دوري للأرضيات والسلالم والممرات.
- تعزيز أنظمة الإنذار والإخلاء والطوارئ.
- تكثيف برامج التوعية والتدريب للعاملين والمقاولين.
- رفع كفاءة إدارة الحشود خلال مواسم الذروة.
- تعزيز مراقبة الأحوال الجوية ومخاطر السيول وربطها بخطط الاستجابة للطوارئ.

تقييم بعض العوامل البيئية ضمن مصفوفة المخاطر:

الخطر	التقييم العام	مستوى الاحتمالية	مستوى التأثير
١. الضوضاء	منخفض	منخفض	منخفض
٢. ضعف التهوية	منخفض إلى متوسط	منخفض إلى متوسط	متوسط
٣. النظافة والمخلفات	متوسط	متوسط	متوسط
٤. الإجهاد الحراري	مرتفع	متوسط إلى مرتفع	مرتفع
٥. اختناقات الحشود	مرتفع	متوسط إلى مرتفع	مرتفع جداً

الازدحام الناتج عن إغلاق المسارات	مرتفع جداً	مرتفع	مرتفع جداً
الانزلاق بسبب الرشاشات الرذاذية	منخفض	منخفض	متوسط
ضعف وضوح اللوحات الإرشادية	متوسط إلى مرتفع	متوسط	مرتفع
الأسلاك أو المعدات المكشوفة	متوسط	منخفض	مرتفع جداً
مخاطر الانزلاق أو التعثر بالأرضيات	متوسط إلى مرتفع	متوسط	مرتفع
تدني مستوى النظافة والتعقيم بدورات المياه	متوسط	منخفض إلى متوسط	متوسط إلى مرتفع

المؤشر الوقائي	المساهمة في خفض المخاطر	مستوى التوفر
١٢. نقاط الإسعافات الأولية	مرتفع جداً	مرتفع
١٣. اللوحات الإرشادية والتحذيرية	مرتفع	جيد
١٤. عزل مناطق الإنشاءات	مرتفع	مرتفع
١٥. سلامة المعدات ومواقع العمل	مرتفع	مرتفع
١٦. إدارة الحشود والمسارات	مرتفع	متوسط إلى مرتفع

٩,٥ تحليل الفجوات (Gap Analysis) بين الوضع الحالي والمتطلبات الوطنية للصحة والسلامة المهنية
يهدف تحليل الفجوات إلى مقارنة الوضع الحالي لممارسات السلامة والصحة المهنية في مشاريع الحرم المكي بالمتطلبات
الواردة في البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية، ونظام السلامة والصحة المهنية، ومعايير ISO
45001:2018، وذلك لتحديد نقاط القوة وفرص التحسين ووضع الإجراءات التصحيحية اللازمة لرفع مستوى الامتثال
وتحقيق التحسين المستمر.

منهجية تحليل الفجوات

تم إجراء تحليل الفجوات استناداً إلى:

- نتائج الرصد الميداني للمخاطر البيئية ومخاطر السلامة.
- نتائج الاستبيانات والمقابلات الميدانية.
- مراجعة الأنظمة والتشريعات الوطنية ذات العلاقة.
- متطلبات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية.
- متطلبات المواصفة الدولية ISO 45001:2018.

تم تصنيف مستوى الامتثال وفق الآتي:

التقييم	نسبة الامتثال
امتثال مرتفع	90% فأكثر
امتثال جيد	75% – 89%
امتثال متوسط	60% – 74%
يحتاج إلى تحسين عاجل	أقل من 60%

نتائج تحليل الفجوات

الفجوة	مستوى الامتثال	الوضع الحالي بالحرم المكي	المتطلبات الوطنية	المجال
منخفضة	مرتفع	مطبقة من خلال إجراءات السلامة بالمشاريع	وجود منهجية موثقة لتحديد وتقييم المخاطر	إدارة المخاطر المهنية
متوسطة	جيد	توجد ضوابط جيدة مع بعض نقاط التداخل المحدودة	منع التعارض بين مناطق العمل ومسارات الزوار	إدارة الحشود
منخفضة	مرتفع	مطبق بشكل مستمر	تنفيذ جولات تفتيش دورية موثقة	التفتيش والرقابة
متوسطة	جيد	مطبق مع الحاجة لزيادة التدريب التخصصي	برامج تدريب منتظمة لجميع العاملين	التدريب والتوعية
متوسطة	جيد	توجد إجراءات تحكم فعالة مع استمرار بعض التأثيرات الموضعية	الالتزام بحدود التعرض المهنية للغبار	مكافحة الغبار
مرتفعة	متوسط	بعض المواقع تتطلب إجراءات إضافية للحد من الضوضاء	عدم تجاوز الحدود المسموح بها	التحكم بالضوضاء
منخفضة	مرتفع	متوفرة وفعالة	خطط طوارئ واختبارات دورية	الاستجابة للطوارئ
متوسطة	جيد	توجد بعض الملاحظات على وضوح بعض اللوحات	وضوح وتغطية كاملة لجميع المواقع	اللوحات الإرشادية والتحذيرية
متوسطة	جيد	مطبقة بفاعلية مع بعض الملاحظات المتعلقة بالروائح	إدارة سليمة للمخلفات والمواد الخطرة	إدارة النفايات
منخفضة	مرتفع	مطبق من خلال القياسات الميدانية	مراقبة دورية للمؤشرات البيئية	الرصد البيئي المستمر

أبرز الفجوات المكتشفة

أظهر التحليل أن مستوى الامتثال العام مرتفع، إلا أن هناك عدداً من الفجوات التي تتطلب تحسيناً مستمراً، ومن أهمها:

١. استمرار تعرض بعض المناطق القريبة من الأعمال الإنشائية لمستويات مرتفعة نسبياً من الغبار.
٢. وجود مستويات ضوضاء مرتفعة في بعض المواقع خلال فترات التشغيل والإنشاء.
٣. الحاجة إلى تعزيز الفصل المكاني بين بعض مناطق العمل ومسارات الحشود خلال أوقات الذروة.
٤. الحاجة إلى تطوير اللوحات الإرشادية والتحذيرية باستخدام تقنيات أكثر وضوحاً وتعدد اللغات.
٥. الحاجة إلى تعزيز برامج التدريب التخصصي المرتبطة بإدارة الحشود والطوارئ والمخاطر البيئية.
٦. تحسين إدارة بعض مصادر الروائح الكريهة المرتبطة بمخازن النفايات ومرافق الخدمات.

الإجراءات التصحيحية المقترحة

الإجراء التصحيحي	الفجوة
زيادة أنظمة الرش والتحكم في الانبعاثات ومراقبة جودة الهواء بشكل لحظي	ارتفاع الغبار ببعض المواقع
استخدام حواجز صوتية وتقييد الأعمال عالية الضوضاء خلال أوقات الذروة	ارتفاع الضوضاء
تعزيز الحواجز المؤقتة وإعادة تنظيم مسارات الحركة	تداخل مناطق العمل مع الحشود
تحديث اللوحات الإرشادية وتطبيق الشاشات الذكية متعددة اللغات	ضعف وضوح بعض اللوحات
تنفيذ برامج تدريب دورية متخصصة للعاملين والمقاولين	الحاجة إلى تدريب إضافي
تحسين أنظمة التهوية وإدارة النفايات والتطهير الدوري للمرافق	الروائح الكريهة

أظهرت نتائج تحليل الفجوات أن مشاريع الحرم المكي تحقق مستوى امتثال مرتفعاً لمتطلبات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية ومتطلبات السلامة والصحة المهنية المعمول بها في المملكة. وتتمثل أبرز نقاط القوة في وجود منظومة فعالة لإدارة المخاطر والطوارئ والرصد البيئي، في حين تتركز فرص التحسين في تعزيز التحكم بالغبار والضوضاء، وتطوير وسائل التوعية والإرشاد، ورفع كفاءة إدارة الحشود خلال فترات الذروة. ويُتوقع أن تسهم الإجراءات التصحيحية المقترحة في تقليص الفجوات المتبقية وتحقيق مستويات أعلى من الأداء والاستدامة والسلامة بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠.

١٠. الخلاصة والتوصيات:

أظهرت نتائج الرصد الميداني كذلك القياسات والنمذجة الجيوبئية بمنطقة الحرم المكي والساحات الخارجية عدداً من الملاحظات المتعلقة بالمخاطر البيئية والتشغيلية، وقد شملت أبرز النتائج ما يلي:

- مرور المعتمرين والمصلين أسفل العمليات الانشائية بناحية ساحة الغزة مما يعرض سلامتهم للخطر.
- عدم وجود مسافة أمان كافية بين الروافع العملاقة وطرق المشاة للمعتمرين والمصلين بجوار العمليات الانشائية بناحية التوسعة.
- تغيير ورديات العمال أثناء إقامة الصلوات مما يسبب في ازدحام للمصلين والمعتمرين خلال رحلتهم الى المسجد.
- عدم وضوح اللوحات الارشادية بساحات الحرم مما لا يساعد في تجنب حالات التيه.
- وجود اعمال صيانة في الأدوار العليا داخل الحرم ملاصقة مباشرة لأماكن الصلوات مما يؤدي الى التأثير على الحالة الروحية للمصلين.
- رصد العديد من العيوب والتلفيات في أرضيات الرخام داخل المسجد الحرام، وتشمل تشققات، وكسوراً موضعية، وتفاوتاً في مناسيب البلاطات، ومناطق ترميم مؤقت أو استبدال تعتبر مصدر للمخاطر خاصة التعثر والانزلاق مما يهدد صحة وسلامة الحجاج والمعتمرين.
- تشغيل نظام الرشاشات الرذاذية في ساحات المسجد الحرام بدون ضوابط آلية، حيث يتطلب تركيب حساسات بمحيط تلك الرشاشات لوقف تشغيلها عند وصول الرطوبة النسبية ٤٠٪، لأن زيادة الرطوبة عن هذه النسبة، يزيد الشعور بالإجهاد الحراري، وأيضاً تكوين مساحات مبللة على الرخام مما يزيد من خطر الانزلاق والاصابات.
- زيادة معدلات الضوضاء الى حدود مرتفعة أكبر من ٨٠ ديسيبل في المناطق الشمالية الشرقية والغربية بساحات الحرم، وكذلك ارتفاع معدلات الجسيمات العالقة ذات الأحجام ٢,٥ ميكرون حيث وصلت الى ٧٠ ميكروجرام/ المتر المكعب في نفس الأماكن وأيضاً الجسيمات ذات الأحجام ١٠ ميكرون وصلت معدلاتها الى حدود ١٤٥ ميكروجرام/المتر المكعب.
- تغييراً في اتجاه وشدة الجريان السطحي للأودية المائية بسبب زيادة مساحة الكتل الخرسانية بالمنطقة على مدار ٢٠ عام، حيث تم تحديد المناطق التي شهدت تغييراً في اتجاه الجريان السطحي نتيجة التوسع العمراني. كما أثر الكتل الخرسانية في منطقة الحرم إلى تعديل المسارات الطبيعية للأودية، مما أجبر مياه الأمطار على تغيير اتجاه جريانها السطحي.

- كشفت المعاينات الميدانية عن وجود انبعاثات روائح غير مرغوبة في بعض مواقع تجميع وتخزين النفايات بمنطقة الدراسة، ويرتبط ذلك غالبًا بعمليات التحلل العضوي للمخلفات وارتفاع درجات الحرارة وضعف التهوية أو تأخر عمليات النقل والتخلص. وتُعد هذه الظاهرة أحد مؤشرات التلوث البيئي المحلي، حيث تؤثر على جودة الهواء والراحة البيئية للزوار والعاملين، كما قد ترتبط بانبعاث بعض الغازات الحيوية الناتجة عن التحلل. وتشير النتائج إلى أهمية تطوير أنظمة إدارة النفايات وتحسين كفاءة التخزين والنقل بما يتوافق مع المعايير البيئية والصحية المعتمدة.
 - سلوكيات خاطئة من بعض الحجاج داخل المسجد الحرام مع وجود عدد من مستخدمي الكراسي المتحركة متداخلين مع حركة المشاة، وبعضهم يحمل كرسي حديدية بالإضافة إلى مرور الحشود بالقرب من مناطق أعمال الصيانة والتجهيزات المؤقتة. وتُعد هذه الصور مهمة في تقييم أخطار إمكانية الوصول (Accessibility Risks) ومخاطر الحشود والسلامة أثناء تنفيذ مشاريع التطوير داخل الحرم.
 - يمثل التدخين داخل دورات المياه والمرافق المغلقة أحد مصادر التلوث البيئي الداخلي، حيث يؤدي إلى انبعاث الجسيمات الدقيقة والغازات الضارة وتراكم الملوثات الكيميائية على الأسطح وأنظمة التهوية. كما يسهم في زيادة مخاطر الحرائق والتأثير سلبيًا على جودة الهواء وصحة المستخدمين والعاملين. وتزداد أهمية التحكم في هذه الظاهرة داخل منطقة الحرم المكي الشريف نظرًا للكثافة البشرية المرتفعة وضرورة المحافظة على بيئة صحية وآمنة للمعتمرين والمصلين.
- كذلك أظهرت نتائج الاستبيان أن مستوى المخاطر البيئية والتشغيلية داخل الحرم المكي والساحات الخارجية يقع بشكل عام ضمن الحدود المقبولة، مع وجود بعض الجوانب التي تتطلب المتابعة والتحسين المستمر لضمان أعلى مستويات السلامة والراحة لقاصدي بيت الله الحرام.
- أولاً: المخاطر البيئية
 - الضوضاء: أظهرت النتائج انخفاض مستوى الإزعاج الناتج عن الضوضاء، حيث أفاد معظم المشاركين بأن الضوضاء لم تكن مزعجة أو كانت مزعجة بشكل نادر، مما يشير إلى فعالية إجراءات الحد من التلوث الضوضائي.
 - النظافة وإدارة المخلفات: تبين وجود مستوى جيد من النظافة بشكل عام، إلا أن بعض المشاركين أبدوا ملاحظات تتعلق بالنظافة في المناطق القريبة من أعمال الإنشاءات، مما يستدعي تعزيز برامج إدارة المخلفات والرقابة البيئية.

- التهوية وجودة الهواء: أظهرت النتائج أن غالبية المشاركين لم يواجهوا مشكلات ملحوظة في التهوية، إلا أن بعض المناطق قد تحتاج إلى تحسينات إضافية لضمان جودة الهواء وراحة الزوار.
- الراحة الحرارية والإجهاد الحراري: رغم نجاح إجراءات التخفيف من الحرارة، مثل المظلات وأنظمة التبريد والرياح، إلا أن نسبة ملحوظة من المشاركين أفادت بالشعور بالإجهاد الحراري نتيجة طول المشي أو تغيير المسارات، مما يجعل الإجهاد الحراري من أبرز المخاطر البيئية التي تتطلب اهتماماً مستمراً.
- ثانياً: مخاطر الحشود والحركة
- اختناقات الحشود: أظهرت النتائج وجود اختناقات للحشود في بعض المواقع، خاصة خلال أوقات الذروة، مما يجعلها من المخاطر التشغيلية المهمة التي تستدعي تحسين إدارة الحركة.
- إغلاق المسارات والساحات: تبين أن إغلاق بعض المسارات أو الساحات يؤدي إلى زيادة الازدحام وتحويل تدفقات المشاة إلى مسارات بديلة، وهو أحد أبرز العوامل المؤثرة على كثافة الحشود.
- السلامة الكهربائية: أظهرت النتائج أن التزاحم عند السلالم الكهربائية محدود بشكل عام، إلا أنه يظهر في بعض الفترات والمواقع التي تشهد كثافات مرتفعة.
- ثالثاً: مخاطر السلامة العامة
- الانزلاق والتعثر: أظهرت الدراسة أن مستوى سلامة الأرضيات جيد بشكل عام، إلا أن نسبة من المشاركين أشارت إلى وجود احتمالية للتعثر أو الانزلاق في بعض المواقع.
- الرشاشات الرذاذية: تبين أن الرشاشات الرذاذية لا تمثل خطراً كبيراً للانزلاق من وجهة نظر أغلب المشاركين، مع ضرورة استمرار المتابعة والصيانة الدورية.
- الأسلاك والمعدات المكشوفة: أظهرت النتائج انخفاضاً كبيراً في ملاحظة المخاطر المرتبطة بالمعدات أو الأسلاك المكشوفة، مما يعكس فعالية إجراءات السلامة الميدانية.
- مناطق العمل والإنشاءات: بينت الدراسة أن غالبية المشاركين لم يلاحظوا وجود معدات أو مناطق عمل غير آمنة، كما أن الأعمال الإنشائية لا تؤثر بشكل كبير على حركة الزوار داخل الحرم.
- رابعاً: جاهزية الاستجابة للطوارئ
- اللوحات الإرشادية والتحذيرية: أظهرت النتائج أن مستوى وضوح اللوحات الإرشادية جيد بشكل عام، إلا أن هناك حاجة إلى تحسينات إضافية في بعض المواقع لضمان سهولة التوجيه.

- نقاط الإسعافات الأولية: أفاد غالبية المشاركين بسهولة الوصول إلى نقاط الإسعافات الأولية، مما يعكس مستوى جيداً من الجاهزية الصحية.
- الخدمات الطبية والطوارئ: حصلت كفاءة التعامل مع الحالات الطارئة والخدمات الطبية على تقييم مرتفع، مما يؤكد فعالية منظومة الاستجابة للطوارئ في الحرم المكي.

التوصيات:

أولاً: توصيات خاصة بجودة الهواء والأتربة العالقة

١. زيادة محطات الرصد البيئي
 - إنشاء شبكة ذكية لرصد PM10 و PM2.5 داخل المنطقة المركزية والأودية المحيطة.
 - توفير بيانات لحظية لدعم الإنذار المبكر أثناء موجات الغبار.
 - إجراء قياسات دورية لغازات H₂S و NH₃ في المناطق التي تتكرر فيها الشكاوى من الروائح.
 -
٢. رفع كفاءة التشجير الحضري
 - زراعة أحزمة خضراء ونباتات مقاومة للجفاف على مداخل الأودية والطرق المفتوحة.
 - استخدام الأشجار ذات القدرة العالية على احتجاز الغبار.
٣. التحكم في مصادر الغبار
 - إلزام المشاريع الإنشائية بتغطية مواد البناء ورش المواقع بالمياه.
 - تقليل انبعاثات الغبار الناتجة عن الحفريات وحركة الشاحنات.
٤. إدارة الحركة المرورية
 - تقليل الازدحام المروري حول المنطقة المركزية.
 - تعزيز النقل العام والحافلات الكهربائية خلال المواسم.
٥. إصدار تنبيهات صحية
 - تفعيل أنظمة تحذير أثناء ارتفاع تراكيز PM10، خاصة لكبار السن ومرضى الجهاز التنفسي.

ثانياً: توصيات هيدرولوجية وعمرانية

١. الحفاظ على مسارات الأدوية الطبيعية

- منع التعديلات العمرانية على مجاري السيول .
- إعادة تأهيل بعض المجاري المتأثرة بالكتل الخرسانية .
- ٢. زيادة الأسطح المنفذة للمياه
 - استخدام الرصف المنفذ للمياه في الساحات والمواقف .
 - تقليل الاعتماد على الخرسانة غير المنفذة .
- ٣. إنشاء بنية تحتية خضراء
 - تصميم حدائق منخفضة وخزانات تجمع مياه الأمطار داخل الأحواض الحضرية .
- ٤. مراعاة التهوية العمرانية
 - توجيه المباني المرتفعة بما يسمح بمرور الرياح الطبيعية .
 - الحفاظ على ممرات هوائية مفتوحة داخل المنطقة المركزية .
- ٥. دمج الدراسات المناخية في التخطيط الحضري
 - اعتماد نماذج محاكاة الرياح وجودة الهواء قبل تنفيذ المشروعات الكبرى .

ثالثاً: توصيات لإدارة المخلفات

١. تنفيذ برنامج دوري لتطهير وتنظيف مخزات السيول وقنوات التصريف .
٢. إزالة الرواسب والطيني والمخلفات بشكل منتظم .
٣. منع إلقاء المخلفات في فتحات التصريف .
٤. استخدام تقنيات المعالجة الحيوية والإنزيمية للحد من التحلل المسبب للروائح .
٥. ربط مراقبة الروائح البيئية ببرامج الإدارة البيئية للحرم المكي .
٦. استخدام حاويات ومخازن محكمة الإغلاق .
٧. تركيب أنظمة تهوية ومعالجة للروائح داخل غرف النفايات .
٨. تنظيف وتعقيم مخازن النفايات بشكل يومي .
٩. تطبيق نظام فصل النفايات العضوية عن بقية المخلفات .
١٠. استخدام تقنيات التحكم الحيوي أو المرشحات الكربونية للحد من الروائح .
١١. إدراج مؤشرات الروائح البيئية ضمن برامج الرصد البيئي للحرم المكي والمناطق الخدمية المحيطة به .

رابعاً: خطة التحسين والتوصيات التنفيذية:

١. تحسين جودة الهواء والحد من الغبار

خفض متوسط تركيز الجسيمات العالقة (PM10) في مناطق الأعمال الإنشائية المحيطة بالحرم بنسبة لا تقل عن ٢٠٪ مقارنة بخط الأساس لعام ١٤٤٧ هـ، من خلال زيادة عمليات الرش المائي وتركيب أنظمة مراقبة فورية لجودة الهواء. مؤشر الأداء: (KPI)

• متوسط تركيز PM10 و PM2.5

• عدد مواقع الرصد البيئي العاملة.

الإطار الزمني:

12 شهراً.

٢. خفض مستويات الضوضاء

خفض مستويات الضوضاء في المناطق القريبة من مسارات الحشود إلى أقل من ٦٥ ديسيبل خلال أوقات الذروة، وذلك من خلال تركيب حواجز صوتية وجدولة الأعمال عالية الضوضاء خارج أوقات الصلوات. مؤشر الأداء: (KPI)

• متوسط مستوى الضوضاء (dB)

• عدد الشكاوى أو الملاحظات المتعلقة بالضوضاء.

الإطار الزمني:

6 أشهر.

٣. تعزيز سلامة الحشود بالقرب من المشاريع

تحقيق نسبة ١٠٠٪ من فصل مناطق العمل الإنشائي عن مسارات المشاة باستخدام حواجز معتمدة ولوحات تحذيرية واضحة متعددة اللغات.

مؤشر الأداء: (KPI)

• نسبة المواقع المستوفية لمتطلبات العزل.

• عدد الحوادث أو شبه الحوادث المرتبطة بمناطق العمل.

الإطار الزمني:

3 أشهر.

٤. تحسين إدارة الأرضيات والممرات

معالجة جميع العيوب المكتشفة في الأرضيات والممرات والسلالم خلال مدة لا تتجاوز ١٤ يوماً من تاريخ اكتشافها. مؤشر الأداء: (KPI)

- متوسط زمن الاستجابة للمعالجة.
- عدد العيوب المتبقية المفتوحة.

الإطار الزمني:

مستمر مع مراجعة شهرية.

٥. رفع كفاءة الاستجابة للطوارئ

تنفيذ أربعة تمارين طوارئ ميدانية سنوياً على الأقل تشمل سيناريوهات الحشود والسيول والحوادث المهنية.

مؤشر الأداء: (KPI)

- عدد التمارين المنفذة.
- زمن الاستجابة أثناء التمرين.

الإطار الزمني:

سنوي.

٦. تعزيز التدريب والتوعية

تدريب ١٠٠٪ من العاملين والمقاولين في مشاريع الحرم على متطلبات السلامة والصحة المهنية وإدارة الحشود قبل مباشرة العمل.

مؤشر الأداء: (KPI)

- نسبة العاملين الحاصلين على التدريب.
- نتائج اختبارات التقييم بعد التدريب.

الإطار الزمني:

خلال ٦ أشهر ثم بشكل مستمر.

٧. تحسين إدارة النفايات والروائح الكريهة

خفض عدد الملاحظات المرتبطة بالروائح الكريهة في مخازن النفايات ودورات المياه ومخزرات السيول بنسبة ٥٠٪ خلال عام واحد.

مؤشر الأداء: (KPI)

- عدد البلاغات والملاحظات المسجلة.
- عدد جولات التفتيش البيئي المنفذة.

الإطار الزمني:

12 شهراً.

٨. تعزيز الرصد البيئي الذكي

إنشاء منصة رقمية موحدة لمراقبة مؤشرات البيئة والسلامة والصحة المهنية وربطها بغرفة عمليات مركزية تغطي ١٠٠٪ من مواقع المشاريع بالحرم.
مؤشر الأداء: (KPI)

- نسبة المواقع المرتبطة بالنظام.
- عدد الإنذارات والمخاطر التي تمت معالجتها استباقياً.

الإطار الزمني:

18 شهراً.

٩. تقليل مخاطر الإجهاد الحراري

خفض نسبة شكاوى أو حالات الإجهاد الحراري بين العاملين والزوار بنسبة ٣٠٪ من خلال زيادة مناطق التظليل وتحسين كفاءة أنظمة الرذاذ والتبريد.
مؤشر الأداء: (KPI)

- عدد حالات الإجهاد الحراري المسجلة.
- مساحة التظليل المضافة.

الإطار الزمني:

12 شهراً.

١٠. رفع مستوى الامتثال الوطني

تحقيق مستوى امتثال لا يقل عن ٩٥٪ لمتطلبات البرنامج الوطني الاستراتيجي للصحة والسلامة المهنية ومتطلبات ISO 45001 في جميع مشاريع الحرم.
مؤشر الأداء: (KPI)

- نسبة الامتثال في المراجعات الدورية.
- عدد حالات عدم المطابقة المسجلة.

الإطار الزمني:

24 شهراً.

المراجع:

- عبدالله، أحمد حسن". (2020) تقييم تطبيق معايير السلامة والصحة المهنية في مواقع الإنشاءات بالمملكة العربية السعودية. "مجلة الهندسة والعلوم التطبيقية".
- رؤية السعودية ٢٠٣٠ برنامج جودة الحياة والاستدامة البيئية.
- الحميدي، صالح". (2019) المخاطر البيئية الناتجة عن التوسع العمراني بمدينة مكة المكرمة". رسالة ماجستير – جامعة أم القرى.
- العتيبي، محمد". (2022) تقييم جودة الهواء وتأثير الأنشطة العمرانية في المنطقة المركزية بمكة المكرمة". مجلة العلوم البيئية.
- السلي، خالد". (2021) إدارة مخلفات البناء والهدم في المشاريع الكبرى بالمملكة العربية السعودية". مجلة التخطيط والتنمية.
- الجميبي، زين مطلق. "دور مشاريع التشجير في الحد من ظاهرة الجزر الحرارية في مدينة مكة المكرمة". مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية (journals.imamu.edu.sa).
- إبراهيم، محمد عبدالعال. (2021) "تحليل ظاهرة الجزر الحرارية بمدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية". مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية.

Ahmad Baghdadi (2024): EVALUATION OF SAFETY MANAGEMENT DURING TUNNELS CONSTRUCTION IN SAUDI ARABIA. Vol. 11 No. 4 (2024): IJETMR: Volume 11 Issue 4 April 2024.

Ali Al Salman (2004): Assessment of risk management perceptions and practices of construction contractors in Saudi Arabia. Master's thesis, King Fahd University of Petroleum and Minerals.

Khalid Alshmawi (2016): Assessment of Risk Sharing in the Saudi Public Contract. Masters thesis, King Fahd University of Petroleum and Minerals.

Alrashed Ibrahim, Abdulmohsen Alrashed, Taj SaudA., Michael Phillips, Kantamaneni Komali (2014): Risk Assessments for Construction projects in Saudi Arabia. Res. J. Management Sci., Volume 3, Issue (7), Pages 1-6, July,6 (2014).

Mirza Mansoor Baig (2001): Safety assessment of industrial construction projects in Saudi Arabia. Masters thesis, King Fahd University of Petroleum and Minerals.

Emad Abu khashabah , Ahmed Summan , Mansour Balkhyour (2020) : Occupational accidents and injuries in construction industry in Jeddah city. Saudi J Biol Sci. 2020 Jun 25;27(8):1993–1998. doi: 10.1016/j.sjbs.2020.06.033.

SHOEB MOHAMMED: Risk Management in Construction Industry in Saudi Arabia: a Contractors Perspective. <https://drepo.sdl.edu.sa/handle/20.500.14154/1932>

Ibrahim Mosly, Anas A Makki (2020): Safety Climate Perceptions in the Construction Industry of Saudi Arabia: The Current Situation. Int J Environ Res Public Health, 15;17(18):6717. doi: 10.3390/ijerph17186717.

Al-Areeq, A. M., et al. "The Performance of Physically Based and Conceptual Hydrologic Models: A Case Study for Makkah Watershed, Saudi Arabia." Water Journal, 2021. ([MDPI](#))

El-Saoud, W. A., & Othman, A. "Flash Flood Hazard Assessment in Eastern Makkah City." Journal of King Saud University – Science, 2022. ([King Saud University Journal - Science](#))

Abdelkarim, A., & Gaber, A. "Flood Risk Assessment of the Wadi Nu'man Basin, Mecca." Water Journal, 2019. ([MDPI](#))

Hidayatulloh, A., et al. "DEM Study on Hydrological Response in Makkah City." Sustainability Journal, 2022. (MDPI)

Occupational Safety and Health Administration OSHA Standards for Construction Industry.

International Labour Organization "Safety and Health in Construction Convention."

- Goetsch, D. (2019). Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers. Pearson.
- UNEP (United Nations Environment Programme). "Sustainable Urban Development in Arid Regions."
- Al-Harbi, K. (2018). "Sustainable urban growth and environmental management in Saudi cities." Cities Journal.
- Khodeir, M., et al. (2012). "Source apportionment and elemental composition of PM_{2.5} and PM₁₀ in Jeddah City, Saudi Arabia." Journal of Environmental Sciences.
- Munir, S., et al. (2017). "Particulate matter and gaseous pollutants in Makkah during Hajj seasons." Atmospheric Pollution Research.
- Seroji, A. (2011). "Assessment of air pollution levels in Makkah during pilgrimage period." Environmental Monitoring and Assessment.
- Dawod, G., et al. (2012). "GIS-based estimation of flood hazard impacts on road network in Makkah city." Environmental Earth Sciences.
- Subyani, A. (2011). "Hydrologic behavior and flood probability for selected arid basins in Makkah area." Arabian Journal of Geosciences.
- Youssef, A., et al. (2016). "Flash flood hazard assessment in arid mountain regions of Saudi Arabia." Natural Hazards.
- Almazroui, M. (2020). "Urban Heat Island and Climate Change in Saudi Arabia." Arabian Journal of Geosciences.
- Hereher, M. (2017). "Surface urban heat island in Makkah, Saudi Arabia." Sustainable Cities and Society.
- Aflaki, A., et al. (2017). "Urban Heat Island mitigation strategies: A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews.



@Hajj_uqu



<https://uqu.edu.sa/hajj>



hajj@uqu.edu.sa

