

أثر البراجيل في درجة حرارة جامع الرحمانية في مدينة سكاكا بالمملكة العربية السعودية

د. عبدالله المسند

أستاذ المناخ المشارك بقسم الجغرافيا، في جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

ملخص البحث. حاول الإنسان في منطقة الخليج العربي وغيرها من بقاع العالم التخفيف من وطأة عناصر الطقس، وحيث إن المناخ شديدة الحرارة والجفاف في فصل الصيف الطويل في منطقة الخليج العربي وشبه الجزيرة العربية بوجه عام؛ فإن الأفكار والحلول لعملية التعايش مع خصائص المناخ دفعت الإنسان إلى ابتكار حلول عملية، وتقنيات مختلفة للتخفيف من درجة الحرارة في فصل الصيف داخل المنازل، ومن ذلك تقنية أبراج الهواء Wind Towers أو ما يُسمى بالبراجيل، البادجير Bad Gear والتي حسّنت من أجواء المنازل من جهة، وأضفت جمالاً في تصميم البناء. وأبراج التبريد (البراجيل) أستخدمت في جامع الرحمانية في مدينة سكاكا بمنطقة الجوف في شمال المملكة العربية السعودية وبشكل مطور، عبر تبريد الهواء النافذ من خلال البرج وترطيبه عن طريق آلية مبخرات الماء، الشبيهة بالية المكيف الصحراوي وذلك منذ عام ١٤١٥هـ. اعتمدت هذه الدراسة على بيانات مناخية يومية ساعية داخل وخارج الجامع، تم جمعها من قبل الباحث أثناء فترة الدراسة الممتدة من شهر مايو حتى شهر أغسطس من صيف عام ٢٠١٧م، وذلك عبر ١٧ مجسماً حراريًا داخل الجامع، ومحطة رصد واحدة خارج جامع الرحمانية خاصة بالدراسة. وكشف التحليل الإحصائي إلى أن أبراج الهواء في أشد الشهور حرارة وجفافاً خلال العام أثبتت كفاءتها، وفعاليتها، في تبريد الأجواء داخل الجامع، ومن ثم التقليل من الاستهلاك الكهربائي من أجل التبريد. حيث كشفت التحاليل الإحصائية أن متوسط درجة الحرارة داخل الجامع في فترة الدراسة بلغ ٢٥,٣م، في حين بلغ متوسط درجة الحرارة الخارجية ٤٢م، أي بفارق حراري يصل إلى ١٦,٧م، ما يعني أن تقنية البراجيل نجحت في خفض درجة الحرارة بنحو ٦٠٪، كما دلت النتائج على أن التغيرات في متوسط درجات الحرارة الداخلية في جامع الرحمانية ترتبط بالضرورة بتغيرات متوسط درجات الحرارة الخارجية بما يعادل نسبة تتراوح بين ٦٩,٠٪ و ٧١,٢٪ عند مستوى الدلالة ٠,٠٥.

الكلمات المفتاحية: المملكة العربية السعودية، الجوف، سكاكا، المناخ الأصغري، درجة الحرارة، الرياح، البراجيل، أبراج الهواء، التبريد، التكييف، العمارة والبيئة، المساجد.

مقدمة

قيل: "إن الحاجة أم الاختراع"، أو (أن الحاجة تُفتق الحيلة) والإنسان بطبعه خلاق ومبتكر بما وهبه الله تعالى العقل والتفكير والتدبير، ولأن منطقة شبه الجزيرة العربية بشكل عام، ومنطقة الخليج العربي على وجه التحديد تتميز بخصائص جوية حارة معظم شهور السنة، إذ إن درجة الحرارة المزعجة للإنسان تبدأ على وجه التقريب من أواخر شهر أبريل حتى نهاية شهر أكتوبر، وهي الفترة التي يستعمل فيها الإنسان في جزيرة العرب على وجه العموم أجهزة التكييف؛ لتبريد الأجواء داخل المباني حيث درجة الحرارة العالية، وفصل الصيف الطويل والذي يمتد بل يطغى على الحدود المجالية الزمنية لفصلي الربيع والخريف يعكس بالضرورة الموقع الفلكي للمنطقة، حيث يمر مدار السرطان في وسطها.

وكان من أهم ما أوجده المعماري المسلم، في تصميماته للمباني الخليجية التقليدية، عدداً من النظم الطبيعية الخاصة بالتبريد، والتي تقوم بعمل مكيفات الهواء الحديثة، إلا أنها تتميز عنها في كونها لا تستهلك طاقة، ولا تُحدث ضجيجاً، أو أي نوع من أنواع المخاطر البيئية والصحية، كتلك التي تُحدثها أجهزة التكييف الكهربائية (عبدالحافظ، ٢٠٠١). لذا لجأ الناس في المناطق الحارة والجافة والدافئة الرطبة قبل ظهور الأساليب الميكانيكية الحديثة، إلى اكتشاف وسائل تبريد مساكنهم، باستخدام مصادر الطاقة والظواهر الفيزيائية الطبيعية، وتبين أن هذه الحلول عموماً هي أكثر انسجاماً مع وظائف جسم الإنسان الفسيولوجية، من الوسائل الحديثة التي تعمل بالطاقة الكهربائية كأجهزة التبريد وتكييف الهواء وفقاً لـ (فتحي، ١٩٨٨). وفي مُدن المناطق الصحراوية، وشبه الصحراوية، فإن المرء يُدهش ويزداد إعجاباً بالأساليب المعمارية، حيث أخذ بالاعتبار فيها ظروف البيئة السائدة، وروعي فيها المحافظة على

القيم الدينية من جهة، والإرث الثقافي الإسلامي من جهة أخرى، والمتمثل في الحفاظ على حرمة العائلة وخصوصيتها (جونسون، ١٩٩٥).

وتندرج هذه الدراسة (البراجيل وأثرها على درجة حرارة جامع الرحمانية بمدينة سكاكا بمنطقة الجوف في المملكة العربية السعودية) تحت سقف الدراسات المناخية، وعلى وجه التحديد فرعها المسمى بالمناخ الأصغري أو المصغر Micro-climate أو المناخ التفصيلي أو المناخ المجهرى، فقد أصبح فرع المناخ المصغر من أهم فروع علم المناخ للجانب التطبيقي والنفعي الذي يشغله، ويات الاهتمام بهذا الفرع في عصرنا الحالي لا يقل عن الاهتمام بالمناخ العام، بل تعد دراسة المناخ الأصغري من أهم الدراسات المناخية وأكثرها تعقيداً، نتيجة التداخل والتفاعل المتبادل مابين المناخ العام من جهة وسطح الأرض بما عليه من جهة أخرى (موسى، ١٩٩١).

وتعد درجة الحرارة أهم عنصر من عناصر المناخ الأصغري داخل البيئات المغلقة؛ لذلك لجأ الإنسان منذ القديم إلى تنظيم درجة حرارة منزله سواء بشكل طبيعي من خلال تصميم منزل سكنه بتوجيهه نحو الشمس، أو بحجبه عنها - حسب موقع البناء من درجة العرض - وباختيار الموقع الملائم قريباً من البحر ليلتقى نسيم البحر وتعديلاته الحرارية أو مرتفعاً عن سطح البحر لتخفيف شدة الحرارة، أو بشكل صناعي باستخدام وسائل التدفئة المعروفة للوقاية من البرد داخل البناء في المناطق الباردة وذات الفصل البارد التي يتطلب فيها الإنسان مزيداً من الدفء أو التخفيف من شدة الحر في المساكن والأبنية في البقاع الصحراوية وأشباهها باستخدام أجهزة التبريد (الوكيل وآخرون، ١٩٨٩). وتعدّ درجة حرارة الهواء أهم عامل في تحقيق الراحة الفيزيولوجية لجسم الإنسان؛ فإذا كانت أعلى من درجة حرارة البشرة فإن الحرارة المتولدة من الجسم تجد صعوبة في الخروج، وينتج عن ذلك ارتفاع في درجة

حرارة البشرة ونشاط في الغدد التي تفرز العرق حيث ينتج عند تبخره إحساس بالبرودة الناتجة عن امتصاص الحرارة اللازمة للبخار (الحداد، ٢٠١٣)

وبسبب الظروف الطبيعية الجوية المناخية القاسية والحارة في منطقة الجزيرة العربية، والخليج العربي على وجه التحديد لجأ الإنسان إلى بناء الأبراج الهوائية (البراجيل)؛ لتحسين وتلطيف أجواء المباني من الداخل، وهي تقنية ليست نظاماً للتهوية والتبريد فحسب، بل هي أيقونة جمالية، تُزين وتُجمل المنازل من الخارج، فهي بمنزلة القبة في المسجد.

ولما كانت الأبنية تُنشأ كي توفر لقاطنيها السكن والأمن والراحة فلا بد من وجود ضوابط للظروف الجوية في داخلها بما يلائم الإنسان والحيوان، كما أنه من الضروري توفير الحماية من عنصار الطقس غير المرغوبة كالرياح الشديدة والتهطال، الأمر الذي يسهل تحقيقه، وفكرة وآلية البراجيل ليست لغرض التبريد فحسب بل حتى لتدوير الهواء وتجديده داخل المنزل ليكون صحياً، وهذه الفكرة أو التقنية ليست حديثة بل ضاربة في عمق التاريخ حيث عرفت قبل الميلاد لدى الفراعنة المصريين، وبعدها انتشرت في المناطق المجاورة. وتعدّ أبراج الهواء أو البرجيل كما يطلق عليها من أهم العلامات المميزة في البستكية في دبي حيث شاع استعمالها للتغلب على الظروف المناخية غير المريحة بالمنطقة، وتوجد أيضاً في مناطق أخرى على امتداد الخليج العربي، وهي أبراج أُقتبست من إيران حيث توجد هناك بأشكال متنوعة (الوكيل وآخرون، ١٩٨٩) صورة رقم (١).



صورة رقم (١) البراجيل في البستكية بدبي وأخرى في مدينة يزد في إيران.

المصدر: (El-Shorbagy, 2010)

١- تعريف نظام البراجيل ومسمياتها

والبراجيل كلمة تعني مسرب الرياح أو ملقط الهواء، وهو عبارة عن برج طويل مستطيل الشكل يشبه نوعاً من أبراج الأجراس الإيطالية، وله فتحات في كل جانب لتمسك بأي نسيم يهب أيّاً كان اتجاهه، ويتصل البرجيل بغرفة أسفله مما يجعله يعمل كمروحة فيوفر حركة الرياح ويلطف الأجواء على سكان المنزل صورة رقم (٢) (إسحاق، ٢٠١٠). والبراجيل نظام تكييف ذكي يقوم بتلطيف الأجواء داخل المباني بطريقة طبيعية من خلال مرور الهواء الحار من الخارج إلى الداخل عبر منفذ رطب وهو جرم البراجيل.

وذكر (النعيم، ١٩٩٨) أن أبراج الهواء (الملاقيف أو البراجيل) من الملامح البارزة في العمارة الساحلية للخليج العربي، والتي ما زالت قائمة حتى الآن في بعض المدن كدبي والشارقة، والمنامة، والمحرق والدوحة ومدينة الكويت. وأصبح من الممكن التحكم في المناخ بواسطة استعمال البرج الهوائي، وهي أهم الوسائل التي اشتهرت بها منازل حي البستكية حيث يتم سحب الهواء الخارجي وخلق تيار داخلي للتهويه والترطيب وفكرة البرج هي أنه مفتوح من جوانبه الأربعة ليتمكن من سحب الهواء من أي اتجاه يهب منه سواء من ناحية الصحراء بهوائها الخفيف الجاف أو من ناحية البحر الذي يهب بقوه في فترة الظهيرة ويكون محمل بالرطوبة ورائحة البحر، ويرتفع البرج الخاص بمنزل من دورين الى حوالي ١٥ متراً من سطح الأرض، وعند هذا الارتفاع تبلغ سرعة الهواء حوالي مرة ونصف ارتفاع البرج قدر تلك التي على ارتفاع متر واحد من سطح الأرض، ويعتبر نصف ارتفاع البرج على الأقل كنفق مقلوب تزداد فيه سرعة الهواء المسحوب إلى أسفل ليسقط مباشرة في الغرفة التي تقع أسفله حيث ينتهي البرج على ارتفاع ٢ متر من أرضية الغرفة ويخلق بذلك حركة هواء ديناميكية في فراغ الغرفة (الوكيل وآخرون، ١٩٨٩).



صورة رقم (٢) صورة خارجية نموذجية تمثل برجًا هوائيًا.

المصدر: (نوري، ٢٠١٢)

وأورد (نوري، ٢٠١٢) أن البراجيل عبارة عن بناء مرتفع، مربع الشكل يبنى على سطوح الغرف الرئيسية في البيوت القديمة، أو فوق بيوت العرشان، يشبه أبراج الأجراس الإيطالية، وينشأ بين زواياه الأربع جداران متقاطعان يقسمان الفراغ إلى أربع فتحات مثلثة، مما يسمح بالتقاط الهواء من جميع الجهات، وخاصة ما يهب على هذه السطوح، إذ يمر عبر منافذ البراجيل إلى الداخل بينما يرتفع الهواء الساخن إلى الأعلى. ومع اشتداد حركة الهواء تجري عملية التبريد في الغرفة الخاصة حين تكون فيها الرطوبة مرتفعة، فتتم عندئذ عملية التهوية بغض النظر عن اتجاه الرياح، لأن البراجيل

تعمل على نفث الهواء إلى داخل الغرف بطريقة بطيئة لتمنحها البرودة على مدار أشهر الصيف.

وكلما زاد ارتفاع البراجيل نفسها زادت سرعة الرياح والهواء الذي يأخذ طريقه نحو أسفل البارجيل، أي نحو غرف المنزل السفلية، وتغلق فتحات البارجيل في فصل الشتاء حين لا تكون هناك حاجة إلى مزيد من التهوية. (عبدالله، ٢٠١٦). و ينحصر انتشار معظم الهواء القادم من البراجيل إلى الأسفل في المنطقة الواقعة أسفل البرج، حيث تكون عادة مكاناً للراحة والتسامر وأحياناً للنوم، وذلك لكونها أكثر المناطق برودة في المنزل، كما أن القسم العلوي من البراجيل مجهز بشبكة حديدية، تستخدم عادة لمنع دخول طيور الحمام إلى داخل البرج، نظراً إلى ما تسببه فضلات هذه الطيور من مضايقات (إسحاق، ٢٠١٠). ويصف (النعيم، ١٩٩٨) التكوينات الرئيسة للبراجيل على أنها ثلاثة أنواع فيقول: الأول: المسقط المربع، الذي تتساوى فيه عدد الفتحات في كل الجهات. الثاني: المسقط المستطيل، الذي يزيد فيه عدد الفتحات من جهة معينة عن الجهات الأخرى، وغالباً ما تكون باتجاه الرياح الرئيسية أو نسيم البحر. أما التكوين الثالث، والنادر فهو ذو مسقط دائري، بحيث يظهر بُرج الهواء بشكل اسطواني مُفرغ، يُشبه في تكوينه مئذنة المسجد. ويُشير (حسين، ١٩٩٧) إلى أن أبراج الهواء لم تكن قاصرة على مباني المدن الساحلية فحسب، بل وجدت أيضاً في المباني الداخلية البعيدة عن ساحل الخليج العربي، كما في الرياض.

وتُسمى هذه التقنية التي على هيئة مربعات معمارية بارزة فوق سطوح البيوت، تسمى بالبراجيل، أو أبراج الهواء، أو المسارب الهوائية، وهي تسميات مختلفة يمكن وضعها تحت عنوان واحد هو مكيفات الزمن الغابر قبل أن تغزو المكيفات الحديثة البيوت الإماراتية (نوري، ٢٠١٢). كما تُسمى هذه التقنية في العديد من البلدان

العربية باسم ملاقف الهواء، وفي إيران باسم البادجير، وهي كلمة فارسية تعني برج الهواء، كما يعرفها البعض باسم مسرب الريح (عبدالله، ٢٠١٦).

أما موسوعة العمارة الإسلامية فقد وضعت ثلاثة أسماء لجهاز التهوية الذي سماه العرب الملقف، والذي استخدم في أبنية العصر المملوكي والعثماني. هذه الأسماء هي باذهنج وباذنج وبادهنج. أما في المصطلحات المعمارية في الوثائق المملوكية فيرد مسمى باذاهنج أو باذهنج وهو لفظ فارسي معرب من باذ وآهنج ويعني سحب الهواء، أو فتحة التهوية أو طريق النسيم. أما في العراق فيطلق عليه اسم البادكير وهو كذلك اصطلاح فارسي معرب بمعنى جالب الهواء، ويتكون من كلمتين باد وكير جالب أو مجرى الهواء في الحائط أو في سقف المنزل، أو الطريق المجوف الذي يوضع في سقف أو سطح حائط الحجرة. (عبدالله، ٢٠١٦).

أما في شرق المملكة العربية السعودية خصوصاً في منطقة الأحساء فالاسم أصبح البادجين، وربما تحور الاسم قد نتج عن أن ملقف الهواء المعروف في الأحساء يختلف كثيراً من حيث الشكل عن الملاقف الموجودة في المدن الخليجية الأخرى ما عدا مدينة الكويت التي تشترك مع الأحساء في كثير من العناصر المعمارية التقليدية بما فيها أبراج الهواء، أما في الإمارات فيأخذ الاسم منحى مختلفاً بحيث يصبح الاسم هو البارجيل، أما في البحرين فيسمى الكشتيل هذه الأسماء المختلفة لنفس العنصر هي عمل عفوي تاريخي مارست فيه المجتمعات المحلية الخليجية دورها في توطين العناصر المعمارية وجعلها ضمن الذاكرة الجماعية (النعيم، ٢٠٠٢).

٢- نشأة البراجيل وأصلها

أما عن أصل البراجيل فيقول (رزق، ٢٠٠٤): الحقيقة، وعلى الرغم من اتفاق جميع الباحثين على أن البراجيل هي أهم عنصر في تصميم البيت الإماراتي، فإن هناك خلافاً على أصل الكلمة، وأيضاً على زمن دخولها إلى منطقة الإمارات، فالتسمية العلمية للبراجيل هي برج الهواء، أما كلمة براجيل فهي المصطلح الشائع في المنطقة، وقيل إن الاسم الأصلي لهذه الأبراج هو بادكير، وهي تسمية فارسية شاعت منذ العصر العباسي في إيران، وإن كان البادكير الإيراني يختلف في تصميمه عن الخليجي صورة رقم (٣)، إلا أن الهدف واحد وهو إدخال الهواء إلى الغرف، كما يعرف بتسميات أخرى في الخليج والإمارات مثل: باركيل وبارج كتشيل، إلا أنه من المرجح أنها جميعاً مصطلحات محرفة من الأصل الفارسي بادجير، ويعتقد أنها انتقلت إلى الساحل الغربي للخليج عن طريق الإيرانيين المهاجرين والمستقرين في الساحل الغربي، حيث نقلوا معهم هذه التقنية المعمارية، خصوصاً في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين، ثم طورها أهل الإمارات وأبدعوا وابتكروا وزادوا في فاعليتها وشكلها الجمالي.

في حين أشار (النعيم، ٢٠٠٢) أنه لا يمكن أن ننسب برج الهواء الموجود في منطقة الخليج إلى المناطق المجاورة فقط وإن كان هناك مؤشرات بصرية تدل على هذا النسب إلا أننا نستطيع أن نقول وباطمئنان أن برج الهواء كان أحد الحلول القديمة التي استخدمها المصريون القدماء في بعض مبانيهم، لقد دلت الدراسات الأثرية على أن فكرة سحب الهواء البارد إلى الأسفل ليدخل الحجرات الداخلية كانت موجودة في بعض النماذج الصغيرة لبعض البيوت التي اكتشفت في مقابر الدولة المصرية القديمة، ويرجع تاريخ هذه المقابر إلى ٢١٠٠ سنة قبل الميلاد، كما أن رسومات الدولة

الفرعونية الحديثة صورت ملاقف الهواء التي كانت موجودة على أسطح المنازل بالإضافة إلى أن هناك أدلة لاستخدام أمثلة مشابهة في حضارة ما بين النهرين اكتشفت في بعض النقوش من عصر ساجرون الثاني ٧٢٢ - ٧٠٢ قبل الميلاد، وهذا يؤكد أن هذا العنصر المعماري قديماً جداً في المنطقة.



صورة رقم (٣) مظاهر عمرانية تظهر فيها البراجيل في مدينة يزد في إيران.

المصدر: (El-Shorbagy, 2010)

كما ذهب (El-Shorbagy، ٢٠١٠) إلى أن هناك شواهد وأدلة على أن فكرة البراجيل قديمة، وتعود إلى الفترات الفرعونية القديمة. في حين ذكر (عبدالحافظ، ٢٠٠١) أن معماريي ما بعد الحداثة أقروا بأن العمارة التقليدية في منطقة الخليج

العربي، لم تكن يوماً ما بالعمارة الناسخة الجامدة التي تتطفل على فكر غيرها، بل هي عمارة ابتكارية إبداعية، تسعى إلى تحقيق الخصوصية، بما يتوافق مع عادات وتقاليد وقيم سكان المنطقة، وتحقيق التواء مع متطلبات الظروف البيئية المكانية. وأشار (عبدالله، ٢٠١٦) واستخدمت بهذا الاسم منذ العهد العباسي، في حين تشير بعض المصادر التاريخية إلى أن عرب منطقة النجا على الضفة الأخرى من الخليج مقابل الشارقة هم أول من بنوها وجاءوا بها إلى المنطقة. وفي السعودية طورت بعض المناطق التي يسودها طقس حار جاف مصيدة للرياح أو مجمعاً للهواء يسمى الملقف لتبريد المنازل المقامة في المناطق الصحراوية، وكان الملقف في منازل المنطقة الغربية في المملكة العربية السعودية يرتبط ببئر السلم الرئيس بغرض نشر الهواء في أرجاء المنزل (الهيئة العامة للسياحة والآثار، ١٤٣١هـ).

٣- البراجيل في السعودية

وتعدّ ملاقف الهواء (البادجير) من العناصر المعمارية المميزة لعمائر المنطقة الشرقية، ومن المعروف أن ملقف الهواء ابتكر من أجل التهوية الطبيعية داخل المبنى، وهو عبارة عن مهوى فراغ رأسي يعلو المبنى، وله فتحة مقابلة لاتجاه الرياح السائدة في المنطقة؛ لاقتناص الهواء المار فوق المبنى، والذي عادة ما يكون أبرد، ثم دفعه إلى داخل المبنى (الهيئة العامة للسياحة والآثار، ١٤٣١هـ).

وأورد (الحمدي، ٢٠٠٤) أن أبراج التبريد المطورة من ملاقف الهواء التقليدية حضيت برواج وإقبال في الأوساط العلمية وأفراد المجتمع السعودي لاستخدامها في مشاريع متعددة في مدن المملكة العربية السعودية. ففي حديقة وزارة الشؤون البلدية والقروية تم تنفيذ برج تبريد ضخّم يدفع الهواء البارد تحت خيمة يحيط بها مسطح أخضر وأشجار وشجيرات وبرك مائية تضيء جمالاً ساحراً للحديقة صورة رقم (٤).

وفي مدينة الرياض، شيد مركز التعمير التجاري في وسط مدينة الرياض ونفذ ثلاثة عشر برجاً منها ثمانية أبراج تبرد ممرات المشاة في شارع العطايف والساحة وباقي الأبراج تبرد ممرات داخلية في الطابق الأرضي من السوق التجاري (الحمدي، ١٩٩٧)



صورة رقم (٤) برج تبريد ضخم في حديقة وزارة الشؤون البلدية والقروية في الرياض.

٤- فاعليّة البراجيل في خفض درجة الحرارة

وخارج المنطقة العربية أُجرى بحثاً موسعاً في جامعة أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية، عام ١٩٨٥، للوقوف على مدى فائدة أبراج الهواء، وإمكانية الاستفادة منها في توظيف تقنيات التكييف الحديثة، وفي إطار هذه الأبحاث تمت الاستعانة بفكرة عمل برج الهواء «مع إضافة مضخة لترطيب الوسادة الموضوعية أفقياً على الجهات الأربع، وبسُمك أربع بوصات، وقد وجد الباحثون أن هناك اختلافاً في درجات الحرارة بين الجو الخارجي والداخلي، يصل إلى ١٠ درجات مئوية على الأقل، في أشد فصول السنة حرارة ورطوبة (حسين، ١٩٩٧) و (عبدالحافظ، ٢٠٠١).

وقام (Cunningham et al., 1986) بدراسة بعنوان: " Passive Cooling with Natural Draft Cooling Towers in Combination with Solar Chimneys " في مدينة توسان في ولاية أريزونا الأمريكية في ٢٢ - ٢٣ أغسطس ١٩٨٥م حيث تبين في البحث أن الأبراج الهوائية فعالة في تبريد الهواء داخل المباني ، كما بينت الدراسة أنه عند الساعة ١٦:٠٠ كانت درجة حرارة الهواء الخارجة من برج الهواء نحو ٢٣.٩م ، في حين سجلت درجة حرارة الهواء الخارجية نحو ٤٠.٦م.

كما أظهرت نتائج دراسة (الحمدي ، ٢٠٠٤) بعنوان: "أبراج التبريد الطبيعية وأثرها على الأداء الحراري للمساجد: حالة دراسية لجامع الأمير عبدالله بن مساعد في عرعر" أن أبراج الهواء المطورة من الملاقف باستخدام التبخير لتبريد فراغ الجامع حقق نطاق راحة حرارية "Thermal comfort" للمصلين. بالإضافة إلى ذلك، أوضحت الدراسة فاعلية ملاقف الهواء في خفض معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية بالمقارنة مع مجموعة من جوامع مدينة الرياض التي تقارب حجم جامع الأمير عبدالله بن مساعد. وعندما سجلت كل من درجة حرارة ونسبة الرطوبة للهواء الخارجي ٤٥ درجة مئوية والرطوبة النسبية حوالي ١٢٪ وصلت درجة حرارة ونسبة الرطوبة للهواء الخارج من برج التبريد حوالي ٣٠ درجة مئوية والرطوبة النسبية حوالي ٣٥٪ بينما وصلت درجة حرارة والرطوبة النسبية للهواء في قاعة الصلاة حوالي ٣٢ درجة مئوية والرطوبة النسبية حوالي ٣٥٪، على التوالي. بينما وجد بأن الكفاءة التبريدية تتراوح ما بين ٧٥٪ إلى ٨٥٪.

٥- هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى:

- ١ - فحص مدى كفاءة نظام البراجيل في تلطيف درجات الحرارة العالية في فصل الصيف (مايو، يونيو، يوليو، أغسطس) في جامع الرحمانية في مدينة سكاكا بمنطقة الجوف.
- ٢ - تحديد أثر علاقة كل من: درجة الحرارة الخارجية، الرطوبة النسبية الخارجية، سرعة الرياح على درجة الحرارة الداخلية في جامع الرحمانية.
- ٣ - التعرف على درجة الحرارة المثلى للإنسان ومقارنتها بنتائج الرصد داخل جامع الرحمانية.
- ٤ - تحديد ذروة درجة الحرارة في جامع الرحمانية.

٦- منطقة الدراسة

تقع منطقة الجوف شمال المملكة العربية السعودية، بينما تقع عاصمتها مدينة سكاكا في وسط المنطقة تقريباً، ولفلكياً تقع مدينة سكاكا على دائرة عرض ٢٩°٥٨ شمالاً، وخط طول ١٢°٤٠ شرقاً، وارتفاعها عن سطح البحر حوالي ٥٦٠ م. ومناخ المنطقة بشكل عام قاري صحراوي، بارد شتاءً، وحار جاف صيفاً، وتبلغ درجة الحرارة العظمى في فصل الصيف ٤٢ م، ويعد شهر يوليو أشد الشهور حرارة، بينما شهر يناير أشد الشهور برودة (السديري، ٢٠٠٥). وتبلغ مساحة منطقة الجوف نحو ٨٥ ألف كم^٢ وتشكل ٤.٣٪ من مساحة المملكة العربية السعودية، ويحدها من الشرق والشمال منطقة الحدود الشمالية، ومن الشمال الغربي المملكة الأردنية، ومن الغرب منطقة تبوك، ومن الجنوب منطقة حائل شكل رقم (١)، ويبلغ عدد سكانها نحو ٤٩٧

ألف نسمة، ويشكلون نسبة تُقدر بنحو ١.٦٪ من سكان المملكة العربية السعودية، ويبلغ عدد سكان العاصمة سكاكا بنحو ١٥٠ ألف نسمة (الراشد وآخرون، ٢٠١٧). وتتميز منطقة الجوف عمومًا بحكم موقعها كأحد أهم المناطق الواقعة شمال الدهناء ممثلة في مدنها وقراها التي حباها الله عنصرين حيويين من أهم عناصر الحياة هما: وفرة المياه وعذوبتها، وقابليتها للزراعة إضافة إلى مكانتها في التاريخ القديم كأهم معبر للجزيرة العربية يربطها في نطاق ممتلكات الإمبراطوريات العريقة في بلاد الشام والعراق وفارس، وما تقوم عليه تلك الإمبراطوريات من حضارات تضرب جذورها في أعماق التاريخ (السديري، ٢٠٠٥).



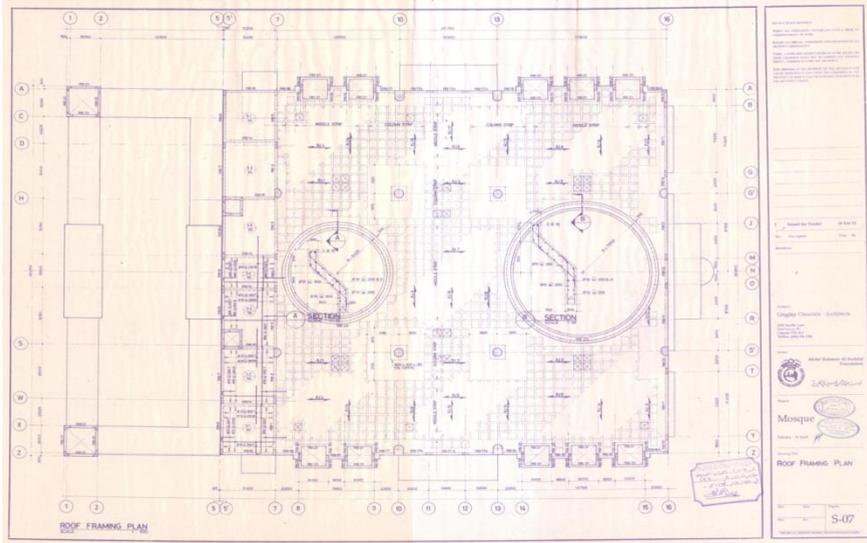
الشكل رقم (١) : موقع منطقة الجوف ضمن المناطق الإدارية في المملكة العربية السعودية.

المصدر: عمل الباحث بتصرف عن المساحة الجيولوجية (٢٠٠٤م).

٧- جامع الرحمانية

تحقيقاً لرغبة المؤسس (عبدالرحمن السديري رحمه الله) وانطلاقاً من أهداف المؤسسة، فقد قامت بإنشاء جامع الرحمانية داخل حرم المؤسسة بمساعدة من خادم الحرمين الشريفين الملك فهد بن عبدالعزيز آل سعود - رحمه الله - وبدعم من عدد من المتبرعين، وقد جرى افتتاح هذا الجامع وإقامة أول صلاة جمعة فيه في يوم الجمعة الموافق للعشرين من شهر ذي الحجة عام ١٤١٥هـ، وشيد الجامع وفق طراز معماري فريد، يعتمد تصميمه على قبة مركزية ضخمة، ومئذنتين خلفيتين باسقتين، كما استخدم في تبريد الجامع نظام جديد، وهو نظام التبريد باستخدام أبراج ملاقف الهواء، وهذا النظام عرف في العمارة التقليدية في منطقة الخليج، إلا أن النظام الجديد المستخدم في جامع الرحمانية يعد نظاماً مطوراً استخدمت فيه تقنيات جديدة وقد أصبح أول جامع في العالم يستخدم هذا النظام الحديث الذي يتميز ببساطته وقلة كلفته (السديري، ٢٠٠٥)، كما تجري تدفئة المسجد خلال فصل الشتاء بوساطة نظام ضخ المياه الساخنة عبر شبكة ممتدة تحت أرضية المسجد (صوانة، ٢٠١٢).

وتبلغ المساحة الإجمالية للمسجد ٢٧٠٢ م^٢، منها ١٦٠٠ م^٢ للمصلى الرئيس الذي يتكون من صالة مربعة الشكل تتوسطها أربعة أعمدة؛ ومصلى للنساء تبلغ مساحته ٥٠٢ م^٢ شكل رقم (٢)، وهو الطابق العلوي للمسجد، وله مداخل مستقلة، وملحق به حوض للوضوء ودورات مياه، ويتسع المسجد بقسميه (مصلى الرجال ومصلى النساء) لحوالي ٣٤٠٠ مصلي، وتعلو المسجد من الخارج قبتان مكسوتان بموازيك برونزي اللون، يبلغ ارتفاع إحدهما ٢٠,٧٥ متراً بقطر ١٤,٣٠ متراً، أما الثانية فيبلغ ارتفاعها ١٧,٣٥ متراً وقطرها ٩,٦٥ متراً، وللمسجد مئذنتان يبلغ ارتفاع كل منهما ٣٧,٢٠ متراً (صوانة، ٢٠١٢) صورة رقم (٥) وشكل رقم (٣).



شكل رقم (٢) المخطط الهندسي لجامع الرحمانية في مدينة سكاكا بمنطقة الجوف.

المصدر: مؤسسة عبدالرحمن السديري الخيرية بسكاكا.



شكل رقم (٣): صورة جوية لجامع الرحمانية في مدينة سكاكا بمنطقة الجوف.

المصدر: (Google Earth, 2017).



صورة رقم (٥) جامع الرحمانية في مدينة سكاكا بمنطقة الجوف.

٨- هندسة براجيل جامع الرحمانية

توجد في مسجد جامع الرحمانية بمدينة سكاكا في منطقة الجوف ١٠ براجيل، خمسة منها شرق الجامع وخمسة أخرى بغربه، ويبلغ ارتفاعها الكلي من الأرض إلى القمة ١٧.١٣ م، ويبلغ ارتفاعها من سطح الجامع ٤.٣٥ م، وهذه البراجيل تسمح بالتقاط الهواء الخارجي الحار والجاف من جميع الجهات الجغرافية، فيدخل الهواء من خلال الفتحات العلوية ماراً بمادة الكرتون المستخدمة في المكيفات الصحراوية والمبلولة بالمياه (مبخرات كرتونية)، حيث مرحلة تبريد الهواء وترطبيه ثم ينزل تلقائياً ناحية الأسفل مدفوعاً بقوة ضغط الهواء البارد الرطب عندما تزيد كثافته، فيخرج من أسفل قصبه البرجل في

مستوى المصلين بارداً ورطباً وملطفاً لأجواء الجامع والمصلين، بل ومجدداً لأجواء قاعة الصلاة. وفتحة الهواء مربعة الشكل ذات أبعاد ٢م في ١.٧٥م وارتفاعها عن الأرض واحد متر، ويُشار إلى أن جامع الرحمانية لا يوجد فيه تكييف مركزي، بل يعتمد على نظام البراجيل منذ تأسيسه، وفي عام ٢٠١٦ تم تركيب مروحتين سقفيتين ضخمتين بقطر ٦م لتحريك الهواء، وذلك لاستخدامها فقط في صلاة الجمعة؛ نظراً لكثرة المصلين، ولكون أبواب الجامع مشرّعة، كما تم تركيب مروحة إضافية ثالثة في أغسطس ٢٠١٧، علماً أن ارتفاع سقف الجامع ٨.٥م، وحجمه التكعيبي ١٥٥٠٠م^٣، وله ٩ أبواب من ثلاث جهات، لكل جهة ثلاثة أبواب.

٩- مناخ منطقة الدراسة

قبل تحليل المناخ المصغّر لجامع الرحمانية في مدينة سكاكا لتحقيق أهداف الدراسة، نستعرض بإيجاز مناخ منطقة الدراسة متمثلاً بمدينة سكاكا، حيث يوجد محطة مناخية تابعة للهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة بالمملكة العربية السعودية، وطول فترة البيانات المستهدفة ٢٥ سنة من عام ١٩٨٥م وحتى نهاية عام ٢٠١٠م، وتقع المحطة على دائرة عرض ١٩°٤٧'٢٩" وعلى خط طول ٥٥°٠٥'٤٠" وارتفاعها عن سطح البحر ٦٦٩م.

المتأمل في المعطيات الواردة في جدول رقم (١) يلاحظ أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة مرتفع حيث جاء ٢٢.٤م°، وبلغ متوسط فصل الشتاء ١١.١م°، بينما يصل متوسط فصل الصيف إلى ٣٢.٥م°، وعليه يكون المدى الحراري الفصلي ٢١.٤م°، وهذا يدل على جفاف المناخ وقاربيته في المنطقة، هذا ويمثل شهر أغسطس أشد الشهور حرارة بمتوسط ٣٣.٤م°، في حين يمثل شهر يناير أشد الشهور برودة بمتوسط

بلغ ٩.٧ م. والأمطار في منطقة الدراسة قليلة شحيحة ومن خلال الاطلاع على جدول رقم (١) نجد أنها معدلات مطرية متواضعة، بل وتؤكد سمة الجفاف في المنطقة، والتي أبرزتها متوسطات درجات الحرارة السابقة، حيث بلغ متوسط الأمطار السنوي فقط ٥٦.٥ ملم، وأكثر الشهور مطراً هو شهر يناير ١٣.٢ ملم، وأقلها مطراً هما شهرًا يونيو ويوليو صفر ملم. ولفصل الشتاء النصيب الأوفر من الأمطار حيث بلغ المتوسط ٩.٧ ملم، في حين بلغت متوسط فصل الصيف ٠.١ ملم، وبوجه عام معدلات الأمطار في منطقة الدراسة تدل على فقر شديد، وجفاف واضح، وإن كانت موزعة نسبياً بين فصول السنة باستثناء فصل الصيف، وهي في معظمها أمطار تأتي مصاحبة للجهات الباردة للمنخفضات الحركية المتوسطة، أو بسبب تمدد المنخفض الحراري السوداني إلى أجواء المملكة العربية السعودية.

ونظراً لكون منطقة الدراسة بعيدة عن المسطحات البحرية تعاضم الجفاف في أجوائها حيث يشير متوسط الرطوبة السنوي كما ورد في جدول رقم (١) إلى ٣١٪، وسجل شهر يناير ٥٦٪ كأعلى نسبة خلال شهور السنة، في حين سجل شهر يونيو ١٥٪ كأقل نسبة رطوبة خلال أشهر السنة.

وبالنسبة لسرعة الرياح فقد بلغ متوسط سرعة الرياح ١٤ كم في الساعة، وأنشط الرياح سُجل في فصل الربيع حيث بلغ المتوسط ١٥.٩ كم في الساعة، هذا من جهة، ومن جهة أخرى كشفت التحاليل الإحصائية أن اتجاه الرياح السائد في منطقة الدراسة غربي وبنسبة تكرار بلغت ٢٩.٨٪، أخيراً هذه الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة لعبت دوراً بارزاً ومهماً في خلق أجواء صحراوية وجافة شديدة الحرارة معظم شهور السنة.

١٠- مصادر البيانات

اعتمدت الدراسة على بيانات الجوية المسجلة من ١٧ مجساً حرارياً قام الباحث بتثبيتها داخل جامع الرحمانية بمدينة سكاكا على ارتفاع ١,٨٠م صورة رقم (٦)، وواحدة منها في أسفل أحد الأبراج الهوائية (مخرج الهواء) لقاعة الصلاة، ومحطة مناخية واحدة خارج الجامع، وتم جمع وتسجيل البيانات بشكل يومي بمعدل ثلاث مرات يومياً خلال فترة الدراسة (مايو - أغسطس) لعام ٢٠١٧ ومن ثم قام الباحث في إجراء التحليل الإحصائي للوصول لتحقيق أهداف الدراسة.

جدول رقم (١). المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والأمطار، وسرعة الرياح في محطة مدينة سكاكا للفترة من عام ١٩٨٥-٢٠١٠م.

العنصر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
الحرارة (م)	٩,٧	١٢,١	١٦,٤	٢٢,٣	٢٧,٥	٣١,٢	٣٢,٨	٣٣,٤	٣٠,٣	٢٤,٧	١٦,٦	١١,٤	٢٢,٤
الرطوبة (%)	٥٦,٧	٤٤,٩	٣٤,٨	٢٦,٥	١٩,٣	١٥,٢	١٦,١	١٦,٢	٢٠,١	٢٨,١	٤٣	٥٢,٤	٣١,١
الأمطار (مم)	١٣,٢	٦,٥	٥,٩	٥	١,٨	٠,٠	٠,٠	٠,١	٠,٥	٦,٥	٧,٧	٩,٣	٥٦,٥
سرعة الرياح (كم/سا)	١٢,٦	١٤,٦	١٥,٩	١٦,٣	١٥,٦	١٥,٢	١٦,١	١٣,٥	١٢,٦	١٢,٤	١٢	١١,٥	١٤



صورة رقم (٦) توضح بعض الحساسات الحرارية المستخدمة داخل جامع الرحمانية.

١١- النتائج والتحليل

كشفت المتوسطات العامة لدرجة الحرارة الداخلية لجامع الرحمانية خلال فترة الدراسة الممتدة من ١ مايو إلى ٣١ أغسطس ٢٠١٧ أن المتوسط العام لستة عشر مجساً حرارياً داخل الجامع بلغ ٢٥.٣°م، في حين بلغ المتوسط العام لدرجة الحرارة للمجس السابع عشر والمنصوب داخل فتحة أحد أبراج التبريد في الجامع ٢٢°م، بينما المتوسط العام لدرجة الحرارة الخارجية لفترة الدراسة بلغ ٤٢°م.

وعليه يتضح بجلاء أن نظام التبريد الذاتي عبر تقنية أبراج الهواء (البراجيل) والمتبع في جامع الرحمانية في مدينة سكاكا بمنطقة الجوف فعال، لدرجة أنه استطاع - بوجه عام - تخفيض متوسط درجة الحرارة الخارجية في أشد الشهور حرارة في العام من ٤٢°م إلى ٢٥.٣°م، داخل الجامع وإلى ٢٢°م داخل برج التبريد داخل الجامع، وبعبارة أخرى سجل الفرق بين متوسط درجة الحرارة الخارجية والداخلية ١٦.٧°م بينما مع المجس الحراري السابع عشر ٢٠°م.

والدرجة المثالية للإنسان داخل المبنى والتي لا يحتاج معها الإنسان إلى تبريد أو تدفئة تختلف من فصل لآخر، كما تختلف حسب درجة الرطوبة النسبية، وتختلف أيضاً من إنسان لآخر، ومع ذلك وبوجه عام فإن المعدل الوسطي للمجال الحراري لراحة الإنسان داخل المبنى يتراوح بين ٢١°م و ٢٤°م، والحد الأقصى لدرجات الحرارة المثلى ٢٧°م، في حين أن الحد الأدنى يبلغ ١٨°م (حوحو، ١٩٩٧)، وفي فصل الصيف على وجه التحديد تعدّ درجة حرارة ٢٦°م مثالية ومقبولة لراحة الإنسان داخل المباني، وهذا ما حققته تقنية أبراج الهواء في جامع الرحمانية بمدينة سكاكا في الجوف، إذ استطاعت أن تحافظ على درجة الحرارة المثلى للإنسان في سقفها الأعلى.

هذا من جهة، ومن جهة تفصيلية أخرى دلت النتائج الإحصائية أن متوسط درجة الحرارة الداخلية لستة عشر مجساً حرارياً داخل جامع الرحمانية خلال الساعة الثانية عشرة (منتصف النهار) إبان فترة الدراسة (مايو - أغسطس) بلغ 24.9°C ، وخلال الساعة الثانية ظهراً بلغ 25.4°C ، وخلال الساعة الرابعة عصراً بلغ 25.6°C ، كما بلغ الانحراف المعياري Standard deviation 0.36°C وهذا يشير إلى أن متوسط التذبذب في درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية معتدل، في حين متوسط درجة الحرارة للمجس السابع عشر وموقعه في فتحة أحد أبراج التبريد بلغ 21.6°C ، 22.1°C و 22.4°C على التوالي، والانحراف المعياري بلغ 0.40°C وهو أيضاً يُشير إلى أن متوسط التذبذب في درجة الحرارة داخل برج التهوية معتدل.

وهذا يكشف بجلاء أن درجة الحرارة ترتفع تدريجياً من منتصف النهار حتى تبلغ ذروتها - عادة - عند الساعة الرابعة عصراً تقريباً، أما متوسط درجة الحرارة الخارجية خلال الساعات الثلاث المذكورة جاءت على النحو التالي: 40.5°C ، 42.7°C و 42.7°C ، والانحراف المعياري 1.3°C جدول رقم (٢).

في حين بلغت قيمة الارتباط (Pearson Correlation) بين متوسط درجة الحرارة الداخلية لستة عشر مجساً حراري والمجس السابع عشر داخل برج التبريد 0.89 أي أن هناك علاقة ارتباطية طردية مرتفعة بين العنصرين، كما بلغت قوة الارتباط بين متوسط درجة الحرارة الداخلية لستة عشر مجساً حرارياً ومتوسط الدرجة الخارجية 0.82 وهي علاقة طردية مرتفعة أيضاً، كما بلغت قوة الارتباط بين متوسط درجة الحرارة للمجس السابع عشر داخل برج التبريد ومتوسط الدرجة الخارجية 0.87 وهي أيضاً علاقة طردية مرتفعة.

هذا من جهة، ومن جهة أخرى بلغت قيمة الارتباط بين متوسط درجة الحرارة الداخلية لستة عشر مجساً حرارياً ومتوسط درجة الرطوبة النسبية الخارجية ٠,٢٦ - أي أن هناك علاقة ارتباطية عكسية ضعيفة بين العنصرين، كما بلغت قوة الارتباط بين متوسط درجة الحرارة للمجس السابع عشر داخل برج التبريد ومتوسط درجة الرطوبة النسبية الخارجية ٠,٢٨ - أي أن هناك علاقة ارتباطية عكسية ضعيفة بين العنصرين. علاوة على ذلك تم حساب شكل قيمة الارتباط (Pearson Correlation) بين متوسط درجة الحرارة الداخلية لستة عشر مجساً حرارياً ومتوسط سرعة الرياح الخارجية حيث بلغت ٠,٠٦ - أي أنه لا يوجد علاقة ارتباطية تذكر بينهما، حيث إن فتحات أبراج الهواء فوق سطح الجامع قد وضع فيها الكرتون المستخدم في المكيفات الصحراوية والمبلولة بالمياه (مبخرات كرتونية)؛ وهي بالتالي تحد من قوة الرياح عند دخولها، كما بلغت قيمة الارتباط بين متوسط درجة الحرارة للمجس السابع عشر داخل برج التبريد ومتوسط سرعة الرياح الخارجية ٠,٠٦ - أي أنه لا يوجد علاقة ارتباطية تذكر بينهما.

جدول رقم (٢). متوسط درجة الحرارة الداخلية، والخارجية لجامع الرحمانية خلال فترة الدراسة (مايو - أغسطس) لثلاثة أوقات زمنية مختارة (درجة مئوية).

الانحراف المعياري	المتوسط	الساعة			متوسط درجة الحرارة (°م)
		م٠٤:٠٠	م٠٢:٠٠	م١٢:٠٠	
٠,٣٦	٢٥,٣	٢٥,٦	٢٥,٤	٢٤,٩	داخل الجامع
٠,٤٠	٢٢	٢٢,٤	٢٢,١	٢١,٦	داخل برج التبريد
١,٣	٤٢	٤٢,٧	٤٢,٧	٤٠,٥	خارج الجامع

ووفقاً لفترة الدراسة والتي امتدت من شهر مايو ٢٠١٧ حتى شهر سبتمبر ٢٠١٧ تبين أن متوسط درجة الحرارة الخارجية لشهر مايو الأقل حيث بلغت 37.1°C ، وأعلىها 44.6°C في شهر أغسطس، كما كشفت النتائج أن الرطوبة النسبية منخفضة جداً خلال فترة الدراسة حيث سجل المتوسط العام 10.5% فقط؛ مما يعكس الجفاف الشديد الذي يميز المناخ الصحراوي القاري في منطقة الدراسة، كما بينت الدراسة أن متوسط سرعة الرياح خلال فترة الدراسة بلغ 10 كلم في الساعة.

ومن جانب آخر فإن متوسط درجة الحرارة الداخلية لستة عشر مجساً حرارياً داخل جامع الرحمانية يختلف من شهر لآخر إذ جاءت على النحو التالي: شهر مايو 22.5°C ، وشهر يونيو 26.1°C ، وشهر يوليو 26.5°C ، وشهر أغسطس 26.6°C ، حيث تبين أن أشد الشهور حرارة شهر أغسطس وأقلها شهر مايو، بل يتضح من خلال المتوسطات الآتية الذكر أن متوسط درجة الحرارة في شهر مايو ليس الأقل حرارة فحسب، بل نجد أن المتوسط يقفز في الشهر الذي يليه (يونيو) بقيمة محسوسة نحو 4.5°C ، في حين متوسط بقية الأشهر متقاربة جداً، وهذا يفسره كون شهر مايو من شهور الربيع، والأشعة الشمسية لا زالت مائلة، والمنخفضات الجوية الجالبة للسحب والأمطار باقية في شهر مايو، وهو بعيد نسبياً عن الانقلاب الصيفي في ٢١ يونيو، حيث لا حر إلا بعد الانصراف (أي أن انصراف الشمس من تعامدها على مدار السرطان بعد ٢١ يونيو من كل عام).

ومن أجل دراسة مدى تأثير درجة الحرارة الخارجية، والرطوبة النسبية الخارجية، وسرعة الرياح على درجة الحرارة الداخلية في جامع الرحمانية بالجوف تم فحص علاقة الارتباط بين هذه العناصر باستخدام البيانات اليومية لفترة الممتدة من ١

يونيو إلى ٣١ أغسطس ٢٠١٧ حيث جاءت نتائج الفحص الإحصائي لعلاقة الارتباط بين العناصر السالفة كما يلي :

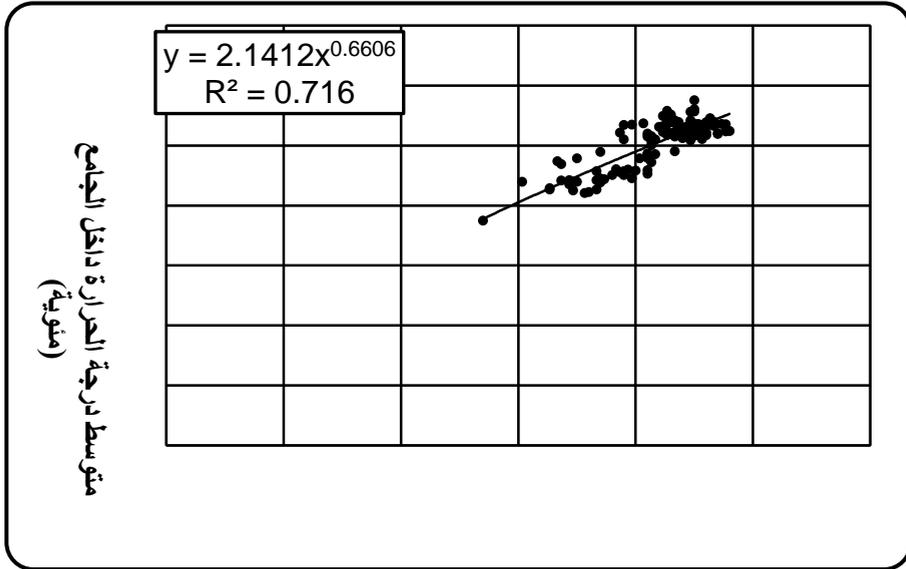
أولاً: علاقة الارتباط بين متوسط درجة الحرارة الخارجية ومتوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف

يتضح من خلال بيانات الجدول رقم (٣) أن هناك تأثيراً واضحاً لمتوسط درجات الحرارة الخارجية على متوسط درجات الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف، كما توضحه نتائج فحص قيمة معامل التفسير والتي تتراوح بين ٠.٦٩٠ بالنسبة لعلاقة الانحدار Inverse و ٠.٧١٢ بالنسبة لعلاقة الانحدار الأسي Power .

جدول رقم (٣). نتائج فحص علاقة الانحدار بين متوسط درجة الحرارة الخارجية ومتوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف.

نوع العلاقة	قيمة معامل التفسير R ²	قيمة معامل الارتباط r	مستوى الدلالة Sig	الأهمية الإحصائية
Linear	٠,٦٩٨	٠,٨٣٥	٠,٠٠٠	مهم
Logarithmic	٠,٦٩٩	٠,٨٣٦	٠,٠٠٠	مهم
Inverse	٠,٦٩٠	٠,٨٣١	٠,٠٠٠	مهم
Quadratic	٠,٦٩٩	٠,٨٣٦	٠,٠٠٠	مهم
Cubic	٠,٧٠٠	٠,٨٣٧	٠,٠٠٠	مهم
Compound	٠,٧٠٨	٠,٨٤١	٠,٠٠٠	مهم
Power	٠,٧١٢	٠,٨٤٤	٠,٠٠٠	مهم
S	٠,٧٠٧	٠,٨٤١	٠,٠٠٠	مهم
Growth	٠,٧٠٨	٠,٨٤١	٠,٠٠٠	مهم
Exponential	٠,٧٠٨	٠,٨٤١	٠,٠٠٠	مهم
Logestic	٠,٧٠٨	٠,٨٤١	٠,٠٠٠	مهم

هذا من جهة، من جهة أخرى تدل هذه النتائج على أن التغيرات في متوسط درجات الحرارة الداخلية في جامع الرحمانية ترتبط بالضرورة بتغيرات متوسط درجات الحرارة الخارجية بما يعادل نسبة تتراوح بين ٦٩,٠٪ و ٧١,٢٪ عند مستوى الدلالة ٠,٠٥. وعليه يكون نموذج الانحدار لعلاقة الارتباط بين المتغيرين المذكورين على النحو الوارد في شكل رقم (٤).



متوسط درجة الحرارة الخارجية (متوية)

شكل رقم (٤). علاقة الانحدار بين متوسط درجات الحرارة الداخلية بجامع الرحمانية ومتوسط درجات الحرارة الخارجية.

ثانياً: علاقة الارتباط بين متوسط درجة الرطوبة النسبية الخارجية ومتوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف

يتضح من خلال بيانات الجدول رقم (٤) أن هناك تأثيراً ضعيفاً لمتوسط درجات الرطوبة النسبية الخارجية على متوسط درجات الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف، كما توضحه نتائج فحص قيمة معامل التفسير التي تتراوح بين ٠.٠٤٢ بالنسبة لعلاقة الانحدار Inverse و ٠.٠٦٥ بالنسبة لعلاقات الانحدار Compound و Exponential و Logistic.

وتدل هذه النتائج على أن تغيرات متوسط درجات الحرارة الداخلية بجامع الرحمانية ترتبط قليلاً بتغيرات متوسط درجات الرطوبة النسبية الخارجية، ونسبة تتراوح بين ٤.٢٪ و ٦.٥٪ عند مستوى الدلالة ٠.٠٥.

جدول رقم (٤). نتائج فحص علاقة الانحدار بين متوسط الرطوبة النسبية الخارجية ومتوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف.

نوع العلاقة	قيمة معامل التفسير R ²	قيمة معامل الارتباط r	مستوى الدلالة Sig	الأهمية الاحصائية
Linear	٠,٠٦١	٠,٢٤٧	٠,٠٠٣	مهم
Logarithmic	٠,٠٥٢	٠,٢٢٨	٠,٠٠٦	مهم
Inverse	٠,٠٤٢	٠,٢٠٥	٠,٠١٣	مهم
Quadratic	٠,٠٦٣	٠,٢٥١	٠,٠٠٩	مهم
Cubic	٠,٠٥٧	٠,٢٣٩	٠,٠١٩	مهم
Compound	٠,٠٦٥	٠,٢٥٥	٠,٠٠٣	مهم
Power	٠,٠٥٦	٠,٢٣٧	٠,٠٠٥	مهم
S	٠,٠٤٦	٠,٢١٤	٠,٠١٠	مهم
Growth	٠,٠٦٥	٠,٢٥٥	٠,٠٠٣	مهم
Exponential	٠,٠٦٥	٠,٢٥٥	٠,٠٠٣	مهم
Logestic	٠,٠٦٥	٠,٢٥٥	٠,٠٠٣	مهم

ثالثاً: علاقة الارتباط بين سرعة الرياح الخارجية ومتوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف

يتضح من خلال بيانات الجدول رقم (٥) أن جميع أنواع علاقات الانحدار عكسية بين متوسط سرعة الرياح الخارجية ومتوسط درجات الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف، وغير ذات أهمية إحصائية كما توضحه نتائج فحص مستوى الدلالة الإحصائية التي تتراوح بين ٠,٥٢٣ بالنسبة لعلاقة الانحدار Compound و Growth و Exponential و Logistic و ٠,٩٣١ بالنسبة لعلاقة الارتباط Inverse.

جدول رقم (٥). نتائج فحص علاقة الانحدار بين سرعة الرياح الخارجية ومتوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية بالجوف.

نوع العلاقة	قيمة معامل التفسير R ²	قيمة معامل الارتباط r	مستوى الدلالة Sig	الأهمية الإحصائية
Linear	-٠,٠٠٥	-٠,٠٧١	٠,٥٤٣	غير مهم
Logarithmic	-٠,٠٠٧	-٠,٠٨٤	٠,٧٢٣	غير مهم
Inverse	-٠,٠٠٨	-٠,٠٨٩	٠,٩٣١	غير مهم
Quadratic	-٠,٠١٧	-٠,١٣٠	٠,٥٦٦	غير مهم
Cubic	-٠,٠١٥	-٠,١٢٢	٠,٧٦٦	غير مهم
Compound	-٠,٠٠٥	-٠,٠٧١	٠,٥٢٣	غير مهم
Power	-٠,٠٠٧	-٠,٠٨٤	٠,٠٧٣	غير مهم
S	-٠,٠٠٨	-٠,٠٨٩	٠,٩١٤	غير مهم
Growth	-٠,٠٠٥	-٠,٠٧١	٠,٥٣٢	غير مهم
Exponential	-٠,٠٠٥	-٠,٠٧١	٠,٥٢٣	غير مهم
Logestic	-٠,٠٠٥	-٠,٠٧١	٠,٥٢٣	غير مهم

تبين من خلال التحليل الإحصائي فاعلية التبريد عبر تقنية وآلية أبراج الهواء (البراجيل) حيث نجحت التقنية في خفض درجة الحرارة بنحو ٦٠٪ عما هي عليه في

الخارج، حيث بلغ متوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية ٢٥.٣°م وذلك في أشد الشهور حرًا خلال العام (مايو - أغسطس)، وهذه الدرجة الحرارية تتناسب وشعور الإنسان بالرضا كما أسلفت.

علاوة على ذلك فإن تقنية وآلية أبراج الهواء (البراجيل) قد وفرت فاتورة كبيرة لاستهلاك الكهرباء من أجل تبريد الجامع، وهذا هدف إستراتيجي في التخطيط الجغرافي، وعليه توصي الدراسة مبدئيًا بتكرار تجربة جامع الرحمانية بمدينة سكاكا في الجوف في الاستعاضة عن المكيفات الكهربائية في تبريد المساجد كما الجوامع بتقنية أبراج الهواء، على الأقل في المناطق والمدن التي تتشابه ومناخ منطقة الجوف، بل حبذا تعميم تقنية أبراج الهواء في الصالات والأسواق وغيرها من المنشآت من أجل توفير في الطاقة، بل والحفاظ على البيئة.

الخاتمة والتوصيات

استعرضت الدراسة الخصائص الهندسية والمعمارية والبيئية لتقنية أبراج الهواء Wind Tower أو ما يسمى بالبراجيل أو البادجير Bad Gear خاصة في منطقة الخليج العربي، وأظهرت الدراسة أهمية الاستفادة من الرياح، وتطويرها في عملية التبريد الذاتي، عبر أبراج الهواء (البراجيل)، وقد تكون هذه التقنية المتجددة النظيفة وسيلة فعالة، وحلاً ناجحاً في توفير الطاقة الكهربائية التقليدية سواء في المساجد، أو المنازل، أو الدوائر الحكومية، كما المحلات التجارية، في حالة استخدامها في نسختها المطورة والمعدلة كما في جامع الرحمانية في مدينة سكاكا في منطقة الجوف.

والذي ثبت من خلال الدراسة الميدانية الرقمية العلمية أن استخدام تقنية أبراج الهواء في الجامع مفيدة، وذات كفاءة، بل وموفرة للطاقة، إذا ثبت أن متوسط درجة

الحرارة الخارجية خلال فترة الدراسة (مايو - أغسطس) في منطقة الدراسة بلغ 42°C في حين بلغ متوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية 25.3°C ، واستطاعت تقنية أبراج الهواء بوجه عام تخفيض متوسط درجة الحرارة الخارجية في أشد الشهور حرارة في العام من 42°C إلى 25.3°C داخل الجامع، وبعبارة أخرى أبراج الهواء في جامع الرحمانية حافظت على الدرجة المثالية للإنسان داخل المبنى والتي لا يحتاج معها الإنسان إلى تبريد أو تدفئة، وسجل الفرق بين متوسط درجة الحرارة الخارجية والداخلية 16.7°C .

في حين بلغت قوة الارتباط (Pearson Correlation) بين متوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية ومتوسط درجة الحرارة الخارجية 0.82 وهي علاقة طردية مرتفعة.

كما كشفت النتائج على أن التغيرات في متوسط درجة الحرارة داخل جامع الرحمانية ترتبط بالضرورة بتغيرات متوسط درجة الحرارة الخارجية بما يعادل نسبة تتراوح بين 69.0% و 71.2% عند مستوى الدلالة 0.05 ، وفي الختام تبين من خلال التحليل الإحصائي فاعلية التبريد عبر تقنية وآلية أبراج الهواء (البراجيل) حيث نجحت التقنية في خفض درجة الحرارة بنحو 60% عما هي عليه في الخارج.

وتوصي الدراسة بما يلي: توسيع البحث عن نماذج أخرى قائمة في مدن ودول أخرى، توسيع نطاق الرصد الزمني ليشمل أكثر من فصل، كما توصي الدراسة بنشر تقنية البراجيل في بناء المساجد وغيرها، خاصة في المناطق التي تتشابه ومنطقة الجوف في مناخها.

شكر وتقدير

يتقدم الباحث بالشكر والتقدير والعرفان لمؤسسة عبدالرحمن السديري - رحمه الله - الخيرية في سكاكا بمنطقة الجوف على إتاحتها الفرصة له بالقيام بهذا البحث العلمي التطبيقي المناخي، وذلك خلال صيف عام ٢٠١٧م، وعلى رأس المشكورين سعادة الدكتور زياد عبدالرحمن السديري العضو المنتدب، والأستاذ القدير حسين الخليفة مدير عام مركز الأمير عبدالرحمن السديري الثقافي، على ما بذلوه من خدمة وتسهيل للباحث طيلة فترة بحثه، وشكر خاص للمهندس القدير مهند راغب السوقي في المؤسسة، والذي تابع وياشر رصد درجات الحرارة وبشكل يومي، وبمعدل ثلاث مرات في اليوم خلال فترة الدراسة .. والله أسأل أن ينفع بهذه الدراسة وهذا البحث البلاد والعباد إنه سميع مجيب.

المصادر والمراجع

أولاً: باللغة العربية

- [١] الحداد، ريم سامي عبد العال (٢٠١٣) : تقييم استخدام المفردات المعمارية التراثية في العمارة المعاصرة باستخدام حساب ديناميكا الموائع، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.
- [٢] الحمدي، ناصر بن عبدالرحمن (١٩٩٧) : تطبيقات نظم التبريد الطبيعية السلبية على المباني الصحراوية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر المعماري الثالث، عمارة وتخطيط الصحراء تجارب الماضي وآفاق المستقبل، جامعة أسيوط، كلية الهندسة، أسيوط، مصر.

- [٣] الحمدي، ناصر بن عبدالرحمن (٢٠٠٤): أبراج التبريد الطبيعية وأثرها على الأداء الحراري للمساجد: حالة دراسية لجامع الأمير عبدالله بن مساعد في عرعر، مجلة العلوم الهندسية، م ٣٢، ج ٢، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، مصر.
- [٤] الراشد، محمد، والعنيزان، عبدالله (٢٠١٧م): المملكة العربية السعودية حقائق وأرقام، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.
- [٥] السديري، عبدالرحمن أحمد (٢٠٠٥): الجوف وادي النفاح، ط ٢، مؤسسة عبدالرحمن السديري الخيرية، الرياض.
- [٦] النعيم، مشاري عبدالله (١٩٩٨): القيمة البصرية لأبراج الهواء في العمارة الخليجية، مجلة القافلة، ع ١ - مجلد ٤٧ ص ٣٦، الظهران، السعودية.
- [٧] النعيم، مشاري عبدالله (٢٠٠٢): كيف ظهر ملقط الهواء في منطقة الخليج؟، صحيفة اليوم، السعودية، الأربعاء الموافق ١٠ يوليو ٢٠٠٢، العدد ١٠٦١٧.
www.alyaum.com/article/1001974
- [٨] الهيئة العامة للسياحة والآثار (١٤٣١هـ): التراث العمراني السعودي تنوع في إطار الوحدة، الهيئة العامة للسياحة والآثار، الرياض.
- [٩] الوكيل، شفق العوضي، و سراج، محمد عبدالله (١٩٨٩): المناخ وعمارة المناطق الحارة، عالم الكتب، القاهرة، ط ٣.
- [١٠] إسحاق، مريم (٢٠١٠): البراجيل مكيفات الهواء العليل، صحيفة البيان، الإمارات، ٢١ أكتوبر ٢٠١٠،
www.albayan.ae/five-senses/2010-10-21-1.295851

- [١١] جونسون، ووران (١٩٩٥) : *المحافظة على التبريد والتدفئة في العمارة الإسلامية* ، ترجمة محمد عبدالقادر الفقي ، أرامكو وورلد.
- [١٢] حسين ، كامل يوسف (١٩٩٧) : *البراجيل في العمارة الخليجية* ، مجلة الفيصل ، ع ٢٥١ - ص ٨٨ ، الرياض.
- [١٣] حوحو ، أسامة (١٩٩٧) : *موسوعة الطقس* ، مؤسسة بحسون للنشر والتوزيع ، بيروت ، لبنان ، ط١.
- [١٤] رزق ، أحمد رجب محمد علي (٢٠٠٤) : *مدخل إلى التراث المعماري والعسكري في دولة الإمارات العربية المتحدة* ، مركز زايد للتراث والتاريخ. العين. ط١.
- [١٥] صوانة ، محمد (٢٠١٢) : *مؤسسة عبدالرحمن السديري الخيرية أنشطة ثقافية وبرامج رائدة* ، صحيفة الجزيرة السعودية ، الأحد ١٨ نوفمبر ٢٠١٢ ، العدد ١٤٦٦١. www.al-jazirah.com/2012/20121118/fe8.htm
- [١٦] عبدالحافظ ، حسني (٢٠٠١) : *نظم التبريد في العمارة الخليجية التقليدية* ، مجلة التريبة قطر ، المجلد ٣٠ ، العدد ١٣٩.
- [١٧] عبدالله ، محمود (٢٠١٦) : *ملاقف الهواء لغة بصرية تغازل الفضاء* ، صحيفة الاتحاد ، الإمارات ، الخميس ٢١ يوليو ٢٠١٦. www.alittihad.ae/details.php?id=32938&y=2016&article=full
- [١٨] فتحي ، حسن (١٩٨٨) : *الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية* ، تحرير ولترسيلر وعبدالرحمن سلطان ، ترجمة المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت ، لبنان.
- [١٩] محمود ، ياسمين (٢٠١٦) : *منطقة الجوف مفخرة التراث السعودي* ، المرسال ، ٥ مايو ٢٠١٦.

[٢٠] موسى، على حسن (١٩٩١) : المناخ الأصغري ، دار دمشق ط١.

www.almrsal.com

[٢١] نوري، شاكر (٢٠١٢) : البراجيل رمز دبي المعماري .. مكيفات الزمن الغابر،

صحيفة الشرق الأوسط ، الاحد ٢٠ مايو ٢٠١٢ العدد ١٢٢٢٧ ، الرياض.

<http://archive.aawsat.com/details.asp?section=67&article=678112&issueno=1>

2227#.WVQpmuGO70

ثانياً: باللغة الإنجليزية

[22] El-Shorbagy , A. (2010) : *Design with Nature: Windcatcher as a Paradigm of Natural Ventilation Device in Buildings*, *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS* Vol. (10) , No. 03.

[23] Cunningham, W. A. and Thompson, T. L. (1986): *Passive Cooling with Natural Draft Cooling Towers in Combination with Solar Chimneys*.

Proceedings of PLEA Conference, Pecks, Hungray.

[24] Google Earth, 2017.