Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 39, No 2, pp. 453-471, March 2011

THERMAL PERFORMANCE OF THE RESIDENTIAL OPEN SPACE IN SANA`A CITY – YEMEN (SUMMER PERIOD)

(Received Journey 18, 2011 Accepted March 22, 2011)

More attention is being paid to the provision of thermal comfort in the environments in which people live. To achieve this, the need arises to study the impact of climate on design of urban and architectural spaces. Urban development projects provide a good opportunity for the designer to take into account the elements of climate in order to achieve human comfort and to enhance the climatic performance of these spaces.

The aim of this paper is to study the thermal performance of urban spaces, especially the residential ones, in summer period. This happens through making field measurements for air temperature, relative humidity and air speed in chosen residential urban spaces in two parts of Sana'a: the old and the new to identify the features of the generated microclimate and to analyze its patterns and characteristics, and to know the best performance for the residential urban spaces. It is hoped that the concluded recommendations will help when designing the residential urban spaces in Sana'a city.

الأداء الحراري للفراغات العمرانية السكنية بمدينة صنعاء- اليمن (فترة الصيف)

م. سميرة صالح حسين الشاوش

مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة- جامعة صنعاء- الجمهورية اليمنية.
arch_samira_ss@yahoo.com

أ.د. مراد عبد القادر عبد المحسن

أستاذ العمارة والتحكم البيئي- كلية الهندسة- جامعة عين شمس- القاهرة- جمهورية مصر العربية
moradabdelkader@gmail.com

أ.د. عبد المنطلب محمد علي

أستاذ العمارة والتحكم البيئي- كلية العلوم والهندسة- جامعة العلوم والتكنولوجيا- صنعاء- الجمهورية اليمنية.
a.monteleb@yahoo.com.

ملخص البحث:

مع التزايد المطرد للسكان في مدن العالم، زاد الاهتمام بتوفير الراحة الحرارية في البيئات التي يعيش فيها هؤلاء السكان سواء الداخلية منها أو الخارجية، ولتحقيق ذلك يلزم دراسة تأثير المناخ على تصميم الفراغات العمرانية والمعمارية. وتمثل مشروعات التنمية العمرانية فرصة جيدة تتيح للمصمم أن يأخذ عناصر المناخ بعين الاعتبار من أجل تحقيق راحة الإنسان، وتفعيل الدور المناخي للفراغات العمرانية. وتهتم هذه الورقة البحثية بدراسة الأداء الحراري للفراغات العمرانية بمدينة صنعاء وبالأخص السكنية منها في فترة الصيف، وذلك عبر عمل قياسات ميدانية لكل من درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وسرعة الهواء بفراغات عمرانية سكنية تم اختيارها من الجزئين القديم والحديث بالمدينة لمعرفة كيفية عملها وما يتولد فيها من مناخ مصغر والقيام بتحليله للتعرف على أنماطه وخصائصه والتوصل إلى بعض التوصيات التي يمكن أخذها بعين الاعتبار عند تخطيط وتصميم تلك الفراغات.

مقدمة:

تتميز مدينة صنعاء بمناخ متفرد عن بقية المدن اليمنية الأخرى، وبما أنها عاصمة الجمهورية اليمنية فإنها تشهد توسعا عمرانيا متسارعا في مناطق النمو المتاحة في الاتجاه الشمالي والجنوبي للمدينة، وذلك على شكل مشروعات عمرانية سكنية جديدة لوحظ فيها اختفاء وجود الفراغات العمرانية السكنية بنسيجها العمراني الحديث، وتم الاكتفاء عوضا عن ذلك بعمل شوارع إسفلتية تفصل مابين المباني السكنية، على الرغم من التواجد الواضح لتلك الفراغات في نسيج المدينة القديمة. وقد يرجع ذلك إلى عدم توافر الفهم والوعي اللازم لدى المخططين والمصممين بأهمية وجودها نظرا لعدم توفر دراسات أو قياسات ميدانية تسعى إلى معرفة أدائها الحراري والدور الذي يمكن أن تلعبه في تحسين ما يعرف بالمناخ المصغر وتأثيره على راحة المشاة والسكان، وعلى الأداء الحراري للفراغات الداخلية بالمباني السكنية المطلة على تلك الفراغات.

1. الوصف الجغرافي والمناخي للمدينة

توجد مدينة صنعاء في الجزء الغربي من اليمن وسط السلسلة الجبلية الغربية التي تمتد من أقصى شمال اليمن إلى جنوبه[1]. ويبلغ ارتفاعها (2300 م) فوق سطح البحر وهي على خط عرض (21 ً 15°شمالا) وخط طول (12 ً 44°غربا)[2]. والشكل رقم (1) يوضح موقع مدينة صنعاء بالنسبة لليمن.

شكل (1): تقسيمات المدن اليمنية وموقع مدينة صنعاء[2].

تحيط الأرض المرتفعة بصنعاء من جميع النواحي، لتصبح أقرب إلى أن تكون منطقة حوضية. ويحتل موقع مدينة صنعاء جزءاً من حوض صنعاء الذي يميل إلى الاستواء العام بانحدار عام جنوباً مع وجود مناطق مرتفعة شرق وغرب المدينة مما يؤثر في تحديد مناطق النمو بالمدينة ومسارات السيول وتنظيم شبكة الطرق ونظام تصريف المجاري[3]. يتميز مناخ المدينة بالاعتدال طوال العام فيما عدا الانخفاض في درجات الحرارة في فصل الشتاء والتي قد تصل إلى ما تحت الصفر في بعض الليالي، مع ملاحظة ارتفاع درجات الحرارة في فترة الظهيرة وما بعد الظهيرة في فصل الصيف حيث تتجاوز 30°م.

الرطوبة النسبية على العموم منخفضة بالمدينة ماعدا في الفترات التي تسقط فيها الأمطار على المدينة وذلك في فصل الربيع (مارس وأبريل) وفي فصل الصيف (يوليو وأغسطس). والاتجاه السائد للرياح بالمدينة طوال العام هو الاتجاه الشمالي الشرقي والشمالي، مع احتمال هبوب الرياح طوال العام في الاتجاهات الأخرى ولكن بنسب ضئيلة. تمثل الرياح الساكنة 55% من إجمالي الرياح السنوية، بينما تمثل الرياح المتحركة 45 %. وتتراوح

[1] http://www.marefa.org/index.php 2010/5/28

[2] http://www.google Earth 2010/10/12

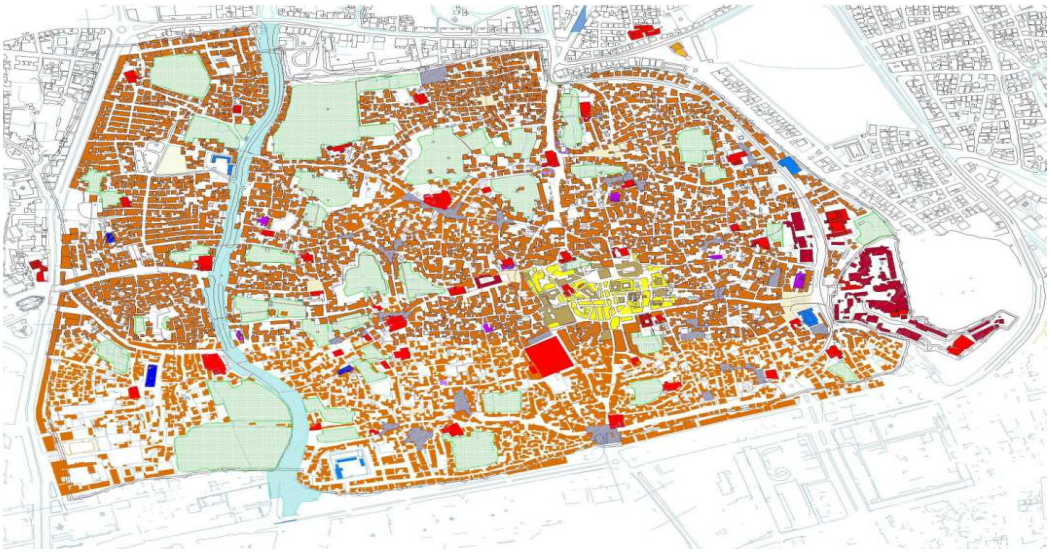
[1] http://travel.m3com.com.sa 2010 /5 /28

[2] محمد عبد الله اللساني:" المناخ والموارد المائية في حوض صنعاء"، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة صنعاء، 2002م.

ساعات السطوع الشمسي السنوية بمدينة صنعاء مابين 8- 10 ساعات تقريبا خلال أشهر العام، ويكون أعلى معدل لساعات السطوع الشمسي في كل من شهر يناير، فبراير، مايو، يونيو، ديسمبر[1].

2. مناطق الدراسة

تم اختيار مدينة صنعاء للدراسة لاحتوائها على جزئين مختلفين تماما من حيث النسيج والتكوين العمراني وهما: المدينة القديمة، والمدينة الحديثة (الامتدادات الحديثة منذ ثورة 26 سبتمبر1962م).
تتميز المدينة القديمة بالتخطيط التلقائي المتضام، ذي النسيج المتشابك من المباني والشوارع والاستعمالات الأخرى. وتمثل كتلة المباني في المسقط الأفقي العام لمدينة صنعاء القديمة نسبة أكبر من مسطح الفراغات المكشوفة سواء كانت فراغات أو أفنية داخلية وغيرها كما يتبين من الشكل رقم (2). وتتجمع المباني السكنية على شكل كتل متراصة ومتلاحمة أفقيا مكونة مخطط المدينة. تتميز طبيعة الشوارع بمدينة صنعاء القديمة بعدم استقامتها وتعرجها، وتتفاوت عروض الشوارع وتدرجاتها لتصب في دروب ضيقة غير منتظمة، وغالبا ما يقل عرض الشارع كثيرا عن ارتفاع المباني على جانبيه. ونسيج المدينة اعتمد على نظام العمارة البرجية ذات التوجه الرأسي (تعدد الطوابق للمبنى السكني)، ومن أهم خصائص هذا التوجه المعماري الانفتاح إلى الخارج بدلا عن الداخل وإيجاد فراغات خضراء في أطراف الحارات وفي وسطها. ويتميز التكوين العمراني لمدينة صنعاء القديمة بالفراغات (الساحات) التي تصب عليها الشوارع وهي على شكل ميادين عامة أمام المساجد، بينما تتكون الفراغات الأصغر بين المجموعات السكنية والتي تعددت أشكالها وأنواعها.



شكل (2): مخطط عام لمدينة صنعاء القديمة[2].

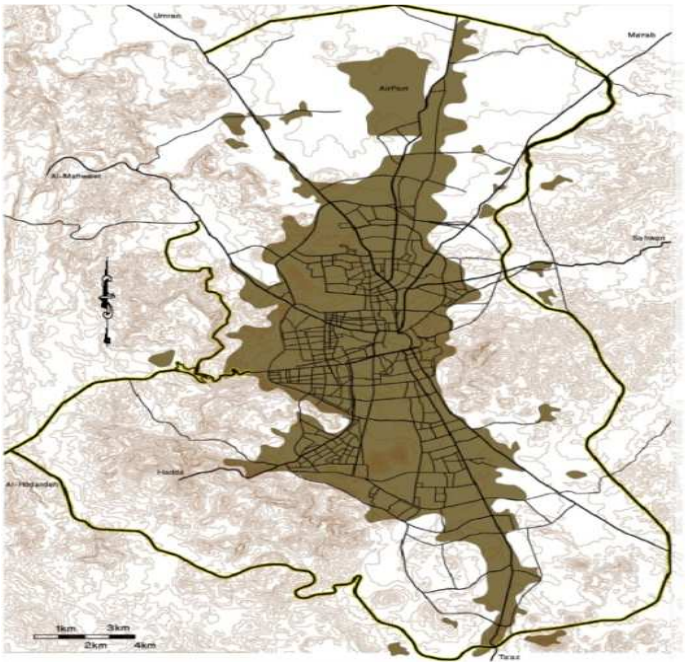
وقد بدأت هذه البيئة العمرانية في مدينة صنعاء بالتغير من بعد قيام الثورة اليمنية وتزايد النمو السكاني والهجرة إليها من القرى والمدن المحيطة. وقد كانت ثورة أيضاً ضد العمران المتوارث وأساليب البناء القديمة فغزت الأساليب ومواد البناء الحديثة العمارة المحلية، وتعددت الأنماط المعمارية بها، وظلت مدينة صنعاء بعد الثورة تعاني الكثير من التحديث والتجديد من حيث التوسع العمراني الأفقي على حساب الأرض واستمرت المدينة بالامتداد بشكل سريع وغير مدروس، شكل (3).
فقد بلغت مسطحات المباني بمدينة صنعاء حتى العام 2004 (km2145)، ووصل تعداد سكانها تقريبا إلى (1,747,627 شخص)، وذلك بمعدل (83 m2 / شخص) لنفس العام[1]. وأصبح نسيج المدينة الحديثة ذا خطوط

---

[3] سميرة صالح الشاوش:" تأثير الظروف المناخية على عمارة المباني السكنية بمدينة صنعاء - اليمن"، قسم العمارة، جامعة أسيوط، مصر، 2007 م.

[1] مركز الدراسات والتدريب المعماري، الهيئة العامة للمحافظة على المدن التاريخية، صنعاء، اليمن، تحديث 2008.

هندسية منتظمة على عكس التلقائية الموجودة في نسيج المدينة القديمة، وظهرت المباني السكنية والمباني العامة المختلفة والتي منها ما حاول الالتزام بالنمط التقليدي ومنها ما كان مغايرا له.
ونظرا للامتداد الأفقي للمدينة فقد اندمجت المناطق الريفية بنسيج المدينة وزادت من المشاكل والنمو العشوائي، مما أدى إلى ظهور مشاكل عمرانية وخدمية كبيرة. وافتقدت المدينة بشكل عام والأحياء السكنية بشكل خاص لوجود الفراغات العمرانية والحدائق والمسطحات الخضراء وظهر التضارب في استعمالات الأراضي نظرا لتداخل الاستعمالات الأخرى كالتجارية والصناعية مع المباني السكنية في كثير من مناطق وشوارع المدينة.



شكل (3): مخطط عام يوضح امتداد مدينة صنعاء [2].

وظهرت الأنماط الحديثة من المباني ذات الشكل المكعب مسقطها الأفقي إما مربع أو مستطيل، ولا تزال المباني السكنية تحمل نفس روح العمارة التقليدية من حيث الخصوصية وعلاقة الفراغات الداخلية ببعضها البعض.
وقد تم اختيار مناطق عمل القياسات الميدانية بالجزئين القديم والحديث كأمثلة للفراغات العمرانية السكنية الموجودة للتعرف على كيفية أدائها حراريا. وفيما يلي وصف للفراغات المختارة لعمل القياسات:

2. 1 المدينة القديمة (حارة الجلاء):

تقع حارة الجلاء بالناحية الغربية من المدينة القديمة وقد اختيرت فراغات القياس بها لانتظام شكلها (ممر، مربع ومستطيل) ولأنها تمثل غالبية الفراغات العمرانية السكنية الموجودة بالمدينة القديمة ذات النسيج العمراني المتضام، وتقع الفراغات المدروسة في قطاع سكني واحد يصب فيه كل فراغ على الآخر، وارتفاعات المباني السكنية المطلة على هذه الفراغات متقاربة تتراوح من دورين إلى أربعة أدوار، ومادة البناء فيها متماثلة حيث مادة البناء في الدورين الأرضي والأول من الحجر أما بقية الأدوار فقد تم بناؤها بالطوب الأحمر (الياجور)، وأرضية الفراغات مكسوة بالحجر. وقد تم اختيار أربعة مواقع لعمل القياسات بالحارة موضحة بالجدول رقم (1) والشكل رقم (4).

---

[2] شركة تيم الدولية للهندسة والتدريب، مهندسون استشاريون، لبنان:" الدراسة الشاملة لتنظيم حركة المرور في مدينة صنعاء"، أمانة العاصمة صنعاء، نوفمبر، 2006 م.

[1] مركز الدراسات والتدريب المعماري، الهيئة العامة للمحافظة على المدن التاريخية، صنعاء، اليمن، تحديث 2008.

2. 2 المدينة الحديثة (المدينة السياحية- شيراتون):

توجد المدينة السياحية بالجزء الشمالي من مدينة صنعاء وهي عبارة عن تجمع سكني ذي نسيج عمراني مفتوح محاطة بسور، وقد تم اختيارها كمنطقة قياس لأنها تمثل أحد الأنماط العديدة للمشاريع العمرانية السكنية بالمدينة الحديثة، ولا تزال تحتفظ بوحدتها العمرانية من حيث مواد البناء (جميع الوحدات مبنية من الطوب الخرساني والمكسو بطبقة إسمنتية مطلية بدهان فاتح اللون) كما أنها ذات ارتفاع موحد. المدينة عبارة عن مباني سكنية يبلغ عددها 50 وحدة سكنية تتكون كل وحدة من دورين، وفي كل دور شقتين. وتطل كل وحدة سكنية على شارعين أحدهما شارع إسفلتي للعربات والآخر ترابي مخصص لحركة المشاة فقط، وقد تم اختيار ثلاثة مواقع للقياس بها مبينة بالجدول رقم (2) والشكل رقم (5).

جدول (1): تفاصيل مواقع القياسات بالمدينة القديمة[*].

الموقع	توجيه الموقع	نسبة الارتفاع/ العرض	متوسط ارتفاع المباني م	النسبة المئوية لعناصر الموقع %		
				مباني	أرضيات	منطقة خضراء
1	شمالي جنوبي	1.35	10	75	25	0
2	شمالي جنوبي	6.3	11	82	18	0
3	شمالي جنوبي	3.5	11	83	17	0
4	شرقي غربي	1.6	8	67	33	0

جدول (2): تفاصيل مواقع القياسات بالمدينة الحديثة[*].

الموقع	توجيه الموقع	نسبة الارتفاع/ العرض	متوسط ارتفاع المباني م	النسبة المئوية لعناصر الموقع %		
				مباني	أرضيات	منطقة خضراء
1	شمالي جنوبي	2.5	8	23	64	13
2	شرقي غربي	1.1	8	25	54	21
3	شمالي جنوبي	1.2	8	23	51	26

3. الأجهزة المستخدمة للقياس

تم إجراء القياسات الميدانية باستخدام جهازي رصد، أحدهما اتوماتيكي – Tinytag logger لقياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية وهو جهاز صغير الحجم يتم تعليقه في منتصف الفراغ لأخذ القياسات بشكل مستمر وعلى ارتفاع 3م وذلك حتى لا يتم العبث به.

والآخر عبارة عن جهاز رصد يدوي – 45160- لقياس سرعة الهواء بشكل لحظي في ساعات معينة فقط لعدم توفر أجهزة قياس مستمرة لقياس سرعة الهواء بشكل دائم داخل الفراغات، وتؤخذ قراءاته من منتصف الفراغ وعلى ارتفاع 1.2م، ومواصفاتهما مبينة بالجدول رقم (3).

[*] تم تحديد النسب المئوية لعناصر مواقع القياسات بمساحة دائرة قطرها 100م، حول كل فراغ.

جدول (3): الأجهزة المستخدمة للقياس.

نوعية الجهاز		النوع والمنشأ	المدى والدقة
جهاز رصد اتوماتيكي TGP-4500 Tinytag Plus 2 Dual Channel / Logger		Tinytag البريطانية	يقيس درجات الحرارة والرطوبة النسبية -25 to +85°C/ 0 to 100% RH
جهاز رصد يدوي 45160		Extech البريطانية	يقيس كل من درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح ولكنه استخدم لقياس سرعة الهواء 0 t0 30m/s ±4%

4. فترة القياس

أجريت القياسات الميدانية بجميع الفراغات المختارة للقياس وذلك لكل من درجات الحرارة والرطوبة النسبية لمدة شهرين خلال فترة الصيف (شهر يونيو ويوليو وتم استثناء شهر أغسطس لزيادة معدل سقوط الأمطار فيه)، وبمعدل قراءة لكل ربع ساعة وبنفس التوقيت لكل الأجهزة التي تمت معايرتها من قبل الشركة المصنعة وبشهادة ضمان لمدة سنة وهي الفترة التي تمت فيها القياسات، أما بالنسبة لقياس سرعة الهواء فقد تم خلال 26 يوم وبمعدل 13 يوم لفراغات حارة الجلاء و13 يوم لفراغات المدينة السياحية، والجدول رقم (4) يوضح فترات القياس.

جدول (4): فترات القياس بفراغات الدراسة

المنطقة	عدد مواقع القياسات	الفترة الزمنية للقياسات المستمرة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية	الفترة الزمنية للقياسات اللحظية لسرعة الهواء
صنعاء القديمة (حارة الجلاء)	4	2010/05/31 - 2010/07/30	2010/06/16 - 2010/07/14
صنعاء الحديثة (المدينة السياحية)	3		

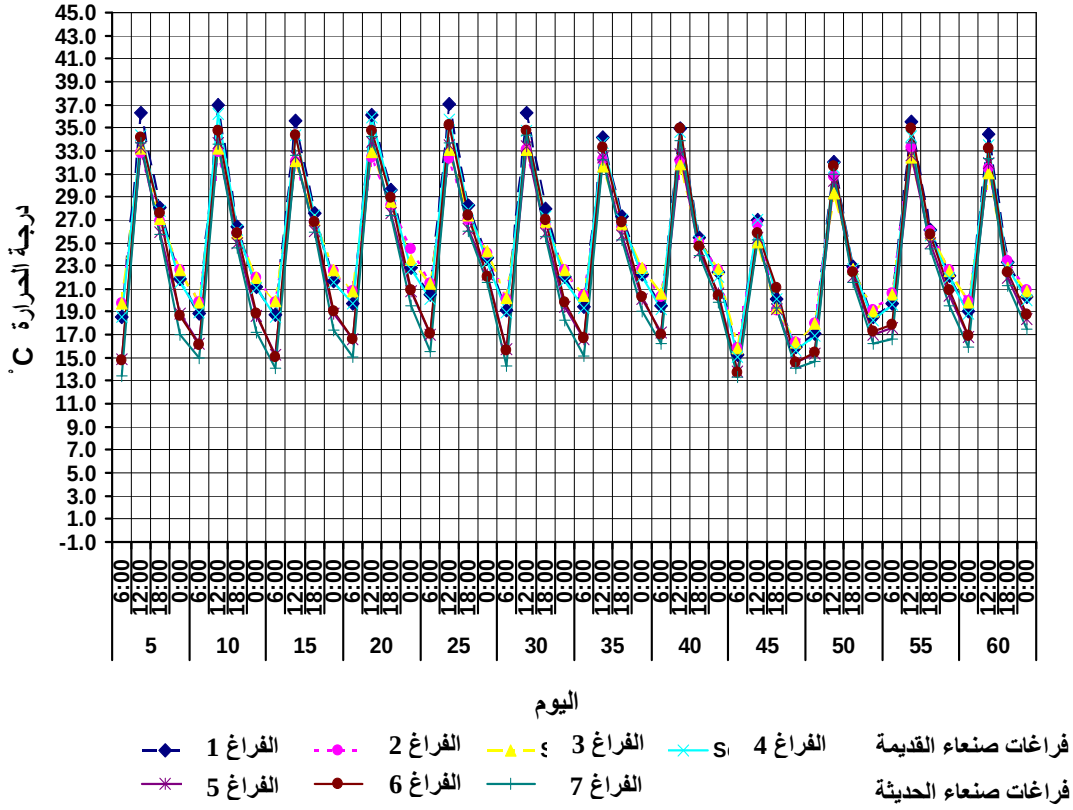
5. تحليل نتائج القياسات لفترة الصيف

تم تحليل القياسات الميدانية بفراغات الدراسة في فترة الصيف، وذلك للتعرف على تأثير تلك الفراغات على كل من درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء.

5. 1 تحليل قياسات درجات الحرارة:

أجريت القياسات لدرجات الحرارة بالفراغات المختارة للقياس بحارة الجلاء بمدينة صنعاء القديمة، والمدينة السياحية بمدينة صنعاء الحديثة وذلك لمدة ستين يوما بإجمالي 5760 قراءة، وقد تم تقسيم الفترة السابقة لمتوسطات كل 5 أيام حتى يسهل التعرف على أدائها الحراري بشكل عام. ويلاحظ من الشكل رقم (6) أن جميع الفراغات المدروسة تشكل نفس المنحنيات وتأخذ نفس النمط من الارتفاع والانخفاض بدرجات الحرارة مع وجود فروقات،

وقد رصدت أعلى درجات حرارة في جميع الفراغات المدروسة بفراغات المدينة القديمة وأعلاها بالفراغ (1) والفراغ (4) - عند ساعات الظهيرة- وكذلك بالفراغ (6) من فراغات المدينة الحديثة.
وتكون أكثرها انخفاضا بفراغات المدينة السياحية (في ساعات الصباح الأولى)، وبما أن الفترة الموضحة بالشكل رقم (6) مقسمة إلى 4 فترات طوال اليوم بمعدل 6 ساعات، فقد تبين أن الفارق ما بين درجات الحرارة يكون أعلى ما يمكن في جميع الفراغات بين الساعة السادسة صباحا والثانية عشر ظهرا (الفترة الأولى) ويصل إلى حوالي 15 كلفن في فراغات المدينة القديمة وحوالي 18 كلفن في فراغات المدينة الحديثة، فيما يكون مابين الساعة الثانية عشر ظهرا والسادسة مساء 10 كلفن (الفترة الثانية) ونجد أنه مابين السادسة مساء والثانية عشر منتصف الليل (الفترة الثالثة) تنخفض بحوالي 7 كلفن وهي تقريبا كذلك أو أقل مابين منتصف الليل وحتى السادسة صباحا (الفترة الرابعة). ويتضح أن الفروق في درجات الحرارة المنخفضة بالمدينة القديمة تنخفض من 4 إلى 5 كلفن بين جميع الفترات المذكورة مع ملاحظة أن هذه الفروق تزداد في الساعات الأكثر برودة خلال فترة القياسات. ولكي تتضح فروق درجات الحرارة فيما بين فراغات الدراسة بالمدينة القديمة والمدينة الحديثة وكيف تعمل تلك الفراغات حراريا، تم تحليل متوسطات درجات الحرارة المرصودة بجميع الفراغات كمتوسط ساعي ليوم واحد مع مقارنتها بدرجات الحرارة الخارجية المسجلة بواسطة محطة الأرصاد[1].

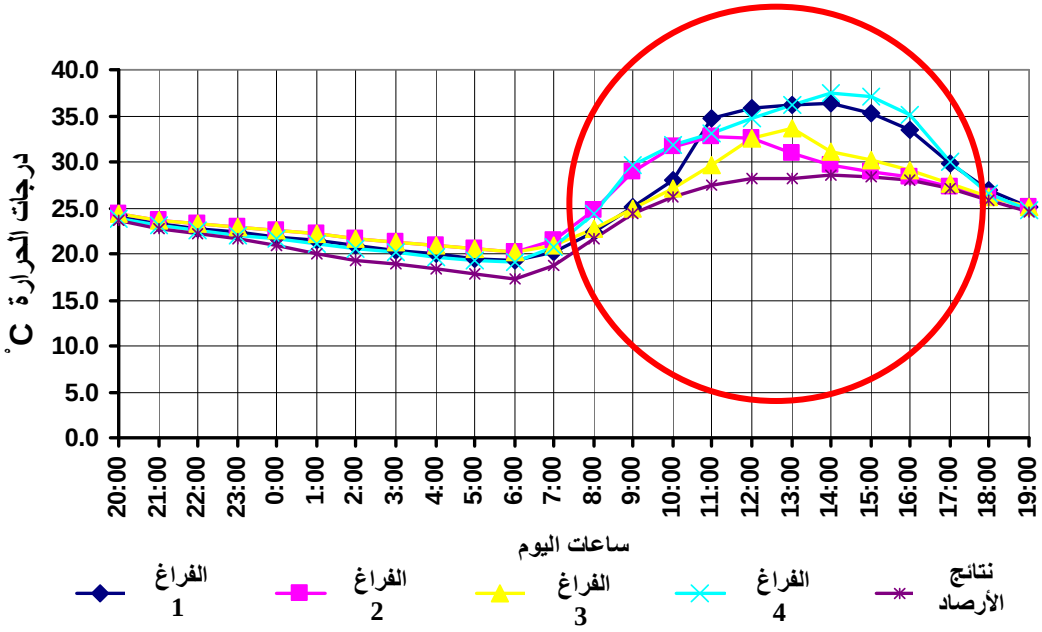


شكل(6): منحنيات درجات الحرارة بجميع الفراغات العمرانية السكنية المختارة للدراسة – فترة الصيف.

[1] تقع محطة أرصاد مدينة صنعاء بالقرب من مطار صنعاء على ارتفاع 2190م عن سطح البحر، وتبعد حوالي 15كم عن وسط المدينة وتم الحصول على البيانات من الهيئة العامة للطيران والأرصاد- قطاع الأرصاد- صنعاء- اليمن.

5. 1. 1 درجات الحرارة بالمدينة القديمة:

يتبين من الشكل رقم (7) أن أعلى درجات حرارة سجلت بالفراغ (4)، وقد رصدت بالساعة الثانية ظهرا وبفارق 1 كلفن عن الفراغ (1) ومن 4 - 5 كلفن عن الفراغين (3)، (2) على التوالي. ويتضح كذلك أن أقل درجات حرارة خلال اليوم كانت في فترة الصباح عند الساعة السادسة ودرجات الحرارة بالفراغين (2) و(3) أعلى منها بالفراغين (1) و(4) بفارق واحد كلفن تقريبا.
فيما يلاحظ تقارب درجات الحرارة المنخفضة بين كل من الفراغين (1) و(4) والفراغين (2) و(3). ونجد أن منحنيات درجات الحرارة بالفراغات جميعها أعلى من درجات الحرارة المسجلة بمحطة الأرصاد طوال ساعات اليوم. ترتفع درجات الحرارة المنخفضة عن مثيلاتها المسجلة بمحطة الأرصاد ولا تقل درجات الحرارة المنخفضة بفراغات المدينة القديمة عن 19° س.



رقم الفراغ	أعلى درجات حرارة خلال اليوم	
	درجات الحرارة	الوقت
1	36.4°س	الثانية ظهرا
2	32.7°س	الحادية عشر ظهرا
3	33.7°س	الواحدة ظهرا
4	37.5°س	الثانية ظهرا
قياسات الأرصاد	28.5°س	الثالثة ظهرا

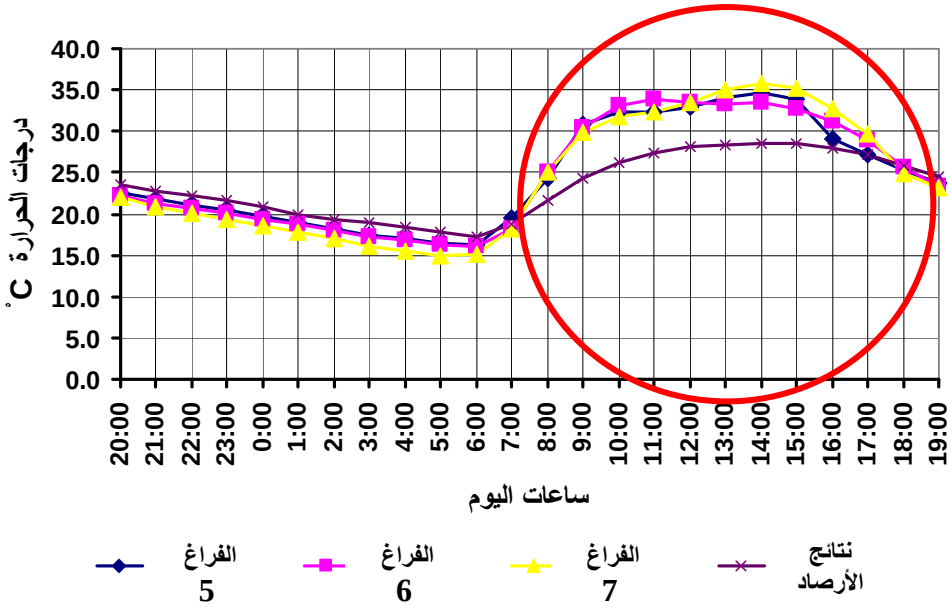
رقم الفراغ	أدنى درجات حرارة خلال اليوم	
	درجات الحرارة	الوقت
1	19.2° س	السادسة صباحا
2	20.2° س	السادسة صباحا
3	20.2° س	السادسة صباحا
4	19.1° س	السادسة صباحا
قياسات الأرصاد	17.2° س	السادسة صباحا

شكل(7): درجات الحرارة بالفراغات العمرانية السكنية المختارة للقياس بحارة الجلاء خلال فترة الصيف.

5. 1. 2 درجات الحرارة بالمدينة الحديثة:

وفيما يختص بالقياسات التي تمت بالفراغات المختارة للقياس بالمدينة الحديثة يلاحظ أن أعلى درجة حرارة قد سجلت بالفراغ (7) عند الساعة الثانية ظهرا، وتقل بفارق من 1- 2 كلفن في الفراغين (5) و(6). ويتبين أن درجات الحرارة في جميع الفراغات تصل إلى أقل قيمة لها في السادسة صباحا وأقلها على الإطلاق بالفراغ (7)، بينما تماثلت درجات الحرارة المنخفضة تقريبا وذلك في الفراغين (5) والفراغ (6).

وتقل درجات الحرارة المنخفضة عن تلك المرصودة بمحطة الأرصاد وكذلك عن درجات الحرارة المطلوبة لتحقيق الراحة الحرارية وذلك من الساعة الثانية عشر مساء وحتى السادسة صباحا لتصل إلى أقل قيمة لها في الفراغ (7) 15° س، كما هو موضح بالشكل رقم (8).



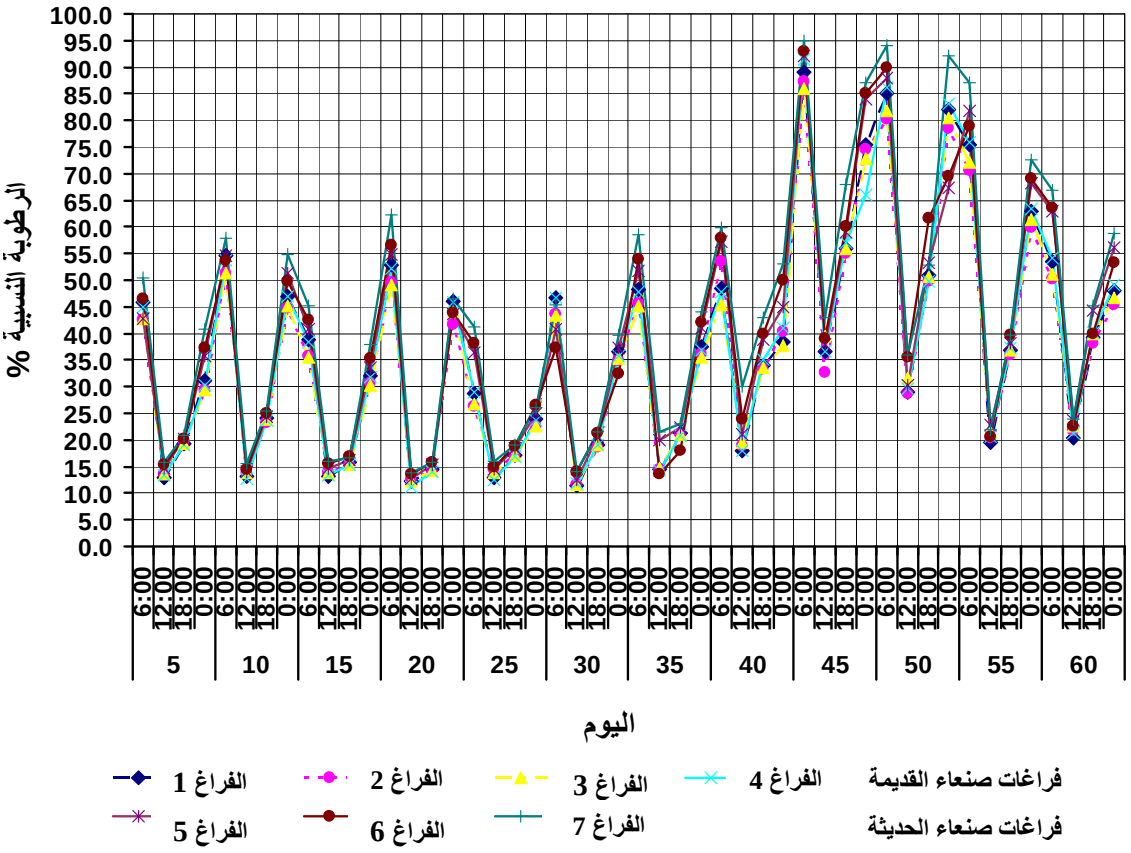
رقم الفراغ	أعلى درجات حرارة خلال اليوم	
	درجات الحرارة	الوقت
5	34.7° س	الثانية ظهرا
6	33.5° س	الثانية ظهرا
7	35.8° س	الثانية ظهرا
قياسات الأرصاد	28.5°س	الثانية ظهرا

رقم الفراغ	أدنى درجات حرارة خلال اليوم	
	درجات الحرارة	الوقت
5	16.3° س	السادسة صباحا
6	16.1° س	السادسة صباحا
7	15.1° س	السادسة صباحا
قياسات الأرصاد	17.2° س	السادسة صباحا

شكل(8): درجات الحرارة بالفراغات العمرانية السكنية المختارة للقياس بالمدينة السياحية خلال فترة الصيف.

2.5 تحليل قياسات الرطوبة النسبية:

يتم تحليل نتائج القياسات الميدانية لمعدلات الرطوبة النسبية خلال ستين يوما بواقع 5760 قراءة، ويوضح الشكل رقم (9) متوسطات كل 5 أيام لفترة القياسات مقسمة لأربع فترات طوال اليوم، والملاحظ نقص معدلات الرطوبة النسبية في الفترات الأولى التي تم تقسيمها حتى 40 يوم تقريبا، بسبب قلة سقوط الأمطار. ومن خلال الشكل يتبين أن معدلات الرطوبة النسبية بفراغات المدينة الحديثة أعلى من تلك المسجلة بفراغات المدينة القديمة وذلك في ساعات الصباح الأولى مع تقارب قيم معدلات الرطوبة المنخفضة بجميع فراغات الدراسة عند فترة الظهيرة (الفترة الثانية) وهي أقل معدلات رطوبة طوال اليوم وتبدأ في الارتفاع عنها في الفترة الثالثة لترتفع أكثر عند ساعات منتصف الليل (الفترة الرابعة) وتستمر بالارتفاع حتى أعلى معدل لها عند السادسة صباحا وهكذا. وتم تحليل متوسطات الرطوبة النسبية المسجلة بجميع الفراغات وذلك كمتوسط ساعي ليوم واحد مع مقارنتها بمعدلات الرطوبة النسبية المقاسة بمحطة الأرصاد.



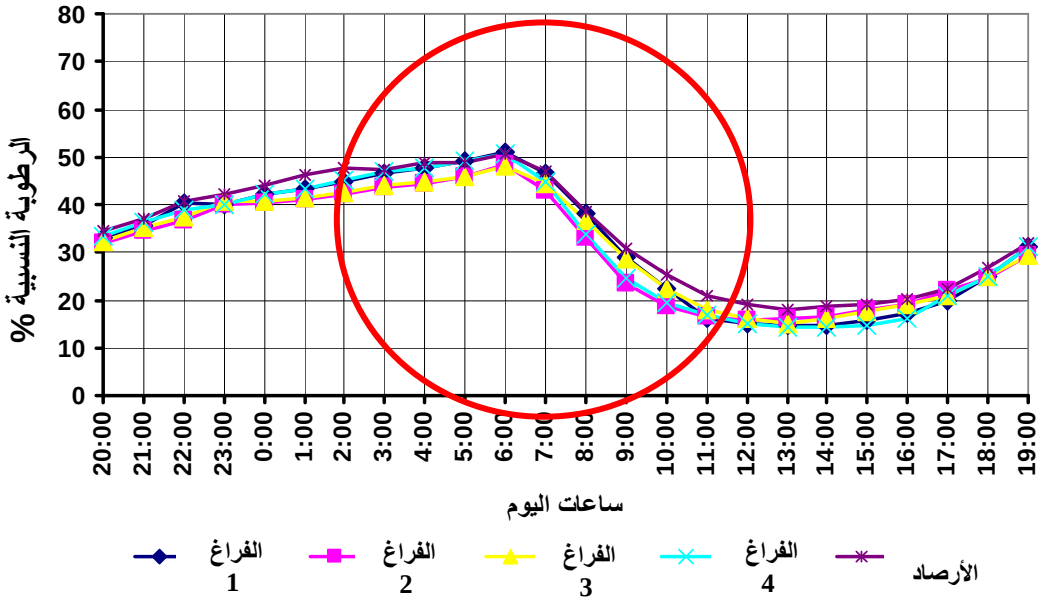
شكل(9): معدلات الرطوبة النسبية بالفراغات العمرانية السكنية المختارة للدراسة خلال فترة الصيف.

5. 2. 1 الرطوبة النسبية بالمدينة القديمة:

من معدلات الرطوبة النسبية المسجلة بفراغات المدينة القديمة يتبين أن أعلى معدل رطوبة نسبية قد تم رصده في الساعة السادسة صباحا وبشكل متطابق مابين الفراغ (1) والفراغ (4)، وتقاربت المعدلات المسجلة بالفراغين (2) و(3)،كما هو موضح بالشكل رقم (10).

وقد انخفضت معدلات الرطوبة النسبية في جميع الفراغات عند الساعة الواحدة ظهرا، وكانت أعلاها بالفراغ (2)، وتساوت بالفراغين (2، 4) بينما سجلت أقل رطوبة نسبية بالفراغ (4).

ورصدت أعلى معدل رطوبة نسبية بواسطة محطة الأرصاد عند السادسة صباحا، بينما كانت أقل ما يمكن عن الواحدة ظهرا. وبذلك فإن معدلات الرطوبة النسبية المرتفعة في الفراغات إما تكون مساوية أو أقل من معدلات الرطوبة النسبية المسجلة بمحطة الأرصاد بينما معدلات الرطوبة النسبية المنخفضة أقل من معدلات الرطوبة المنخفضة بمحطة الأرصاد، وعلى العموم فإن معدلات الرطوبة النسبية داخل المدينة القديمة أقل من المعدلات المسجلة خارج المدينة بواسطة محطة الأرصاد طوال ساعات اليوم.



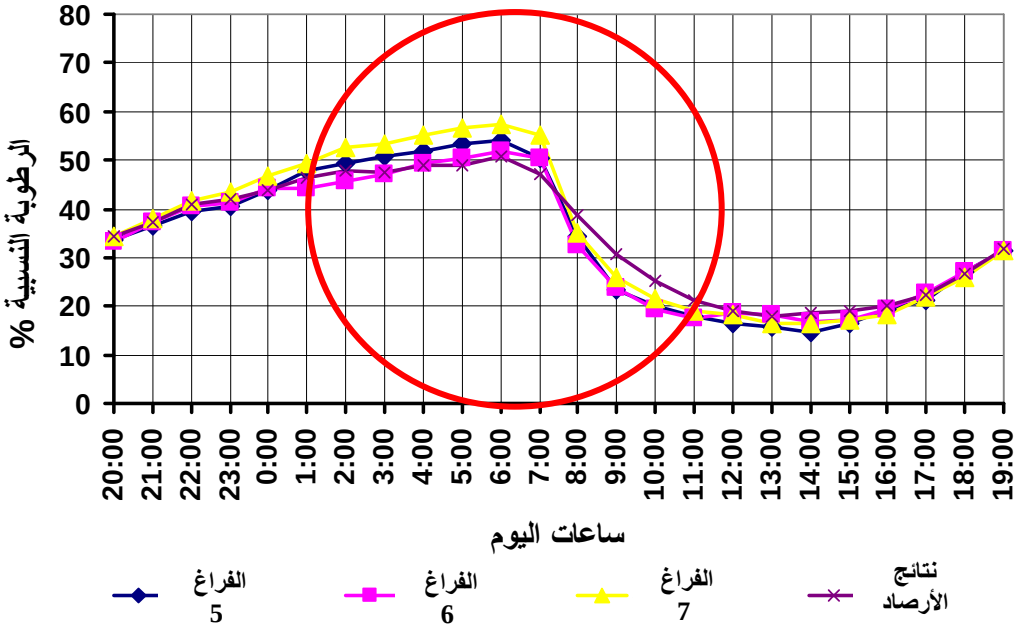
رقم الفراغ	أعلى رطوبة نسبية خلال اليوم	
	الرطوبة النسبية	الوقت
1	% 51	السادسة صباحا
2	% 49	السادسة صباحا
3	% 48	السادسة صباحا
4	% 51	السادسة صباحا
قياسات الأرصاد	% 51	السادسة صباحا

رقم الفراغ	أدنى رطوبة نسبية خلال اليوم	
	الرطوبة النسبية	الوقت
1	% 15	الواحدة ظهرا
2	% 16	الواحدة ظهرا
3	% 15	الواحدة ظهرا
4	% 14	الواحدة ظهرا
قياسات الأرصاد	% 18	الواحدة ظهرا

شكل(10): الرطوبة النسبية بالفراغات العمرانية السكنية المختارة للقياس بمدينة صنعاء القديمة خلال فترة الصيف.

5. 2. 2 الرطوبة النسبية بالمدينة الحديثة:

يتبين من الشكل رقم (11) أن أعلى رطوبة نسبية بفراغات الدراسة الموجودة بالمدينة الحديثة كانت في السادسة صباحا بجميع الفراغات، حيث كانت أعلاها بالفراغ (7)، ثم الفراغ (5) وأقلها في الفراغ (6).
أما أقل رطوبة نسبية تم رصدها طوال ساعات اليوم وفي جميع الفراغات وجدت في الساعة الثانية ظهرا وكانت أقلها بالفراغ (5). ويلاحظ تقارب منحنيات فراغات المدينة الحديثة مع منحنى محطة الأرصاد ماعدا في الفراغين (7) و(5) فهما يصبحان أعلى منه منذ الساعة الواحدة صباحا وحتى الساعة السابعة صباحا وذلك في الفراغين (5) و (7). وتقل منحنيات الفراغات جميعها عنه من الثامنة صباحا وحتى الثالثة ظهرا.



رقم الفراغ	أعلى رطوبة نسبية خلال اليوم	
	الرطوبة النسبية	الوقت
5	%53	السادسة صباحا
6	%50	السادسة صباحا
7	%57	السادسة صباحا
قياسات الأرصاد	%51	السادسة صباحا

رقم الفراغ	أدنى رطوبة نسبية خلال اليوم	
	الرطوبة النسبية	الوقت
5	%15	الثانية ظهرا
6	%17	الثانية ظهرا
7	%16	الثانية ظهرا
قياسات الأرصاد	%18	الواحدة ظهرا

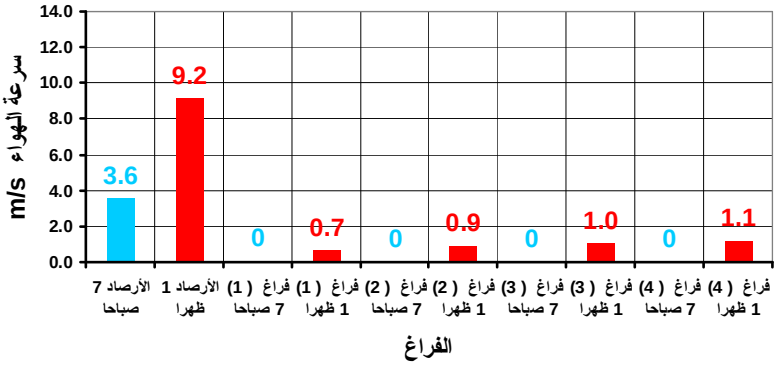
شكل (11): الرطوبة النسبية بالفراغات العمرانية السكنية المختارة للقياس بمدينة صنعاء الحديثة خلال فترة الصيف.

3.5 تحليل قياسات سرعة الهواء:

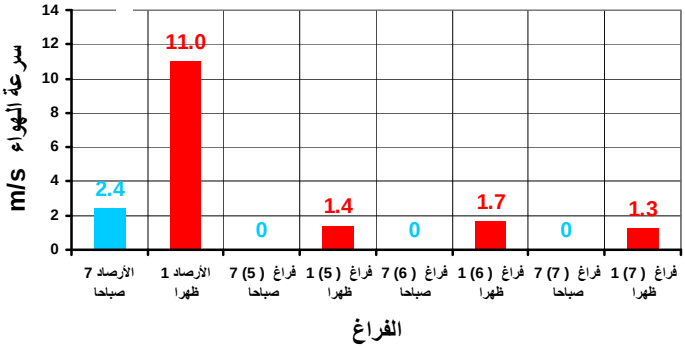
من المعروف أن سرعة الهواء تزداد مع زيادة الارتفاع فوق سطح الأرض، ونادرا ما تكون سرعته ثابتة خلال أي فترة زمنية محسوسة فهي تتغير في العادة تغيرا سريعا ومستمرا ويحدث للهواء تغيرات غير منتظمة من حيث فترة بقائه ومقداره[1]. ويلعب الهواء دورا مميزا في الشعور بالراحة الحرارية حيث يزيد من الشعور بارتفاع أوانخفاض درجة حرارة الهواء، ويؤثر في الإحساس بمعدلات الرطوبة النسبية، ولهذا تم عمل قياسات لحظية داخل الفراغات المختارة للدراسة أحدهما عند السابعة صباحا (كممثل لفترة انخفاض درجات الحرارة) والآخر عند الواحدة ظهرا (ممثل لأعلى درجات حرارة خلال اليوم)، وذلك للتعرف على معدلات سرعة الهواء داخل تلك الفراغات في هذه الأوقات. حيث يوضح الشكل رقم (12) والشكل رقم (13) متوسطات سرعة الهواء المقاسة بفراغات الدراسة بالمدينة القديمة والحديثة على التوالي ويتضح منهما سكون الهواء عند الساعة السابعة صباحا بجميع الفراغات المدروسة القديمة والحديثة. يتبين أن سرعة الهواء اختلفت في فترات القياس مابين الفراغات

[1] ب.ج. ريتاللاك،:" موجز محاضرات لتدريب العاملين في الأرصاد الجوية من الفئة الرابعة"، سكرتارية المنظمة العالمية للأرصاد الجوية- رقم 266، جنيف، سويسرا، ص 71، 72، 75.

القديمة والحديثة نظرا لاختلاف أيام القياس واستخدام جهاز واحد، ويتضح أن سرعة الهواء بالفراغ (4) هي الأعلى مابين فراغات المدينة القديمة والفراغ (6) هو كذلك بين فراغات المدينة الحديثة.
وسرعات الهواء بفراغات المدينة الحديثة أعلى من فراغات المدينة القديمة كما يتبين أن معدل سرعات الهواء خارج المدينة كما وضحت ذلك قراءات سرعة الهواء في نفس توقيت القياس والتي تم الحصول عليها من محطة الأرصاد أكبر من التي تم رصدها داخل الفراغات وتكون أعلى عند الساعة الواحدة ظهرا.



شكل(12): متوسطات سرعة الرياح المقاسة بفراغات حارة الجلاء- المدينة القديمة بفترة الصيف للأيام 16- 19- 21- 23- 25- 28- 2010/06/30 و 3- 5- 7- 9- 11- 2010/07/13.

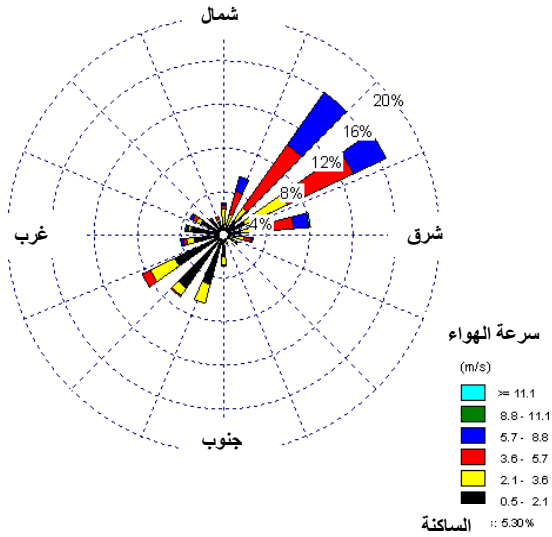


شكل(13): متوسطات سرعة الرياح المقاسة بفراغات المدينة السياحية- المدينة الحديثة بفترة الصيف للأيام 17- 20- 22- 24- 26- 29/ 2010/06 و 1- 4- 6- 8- 10- 12- 2010/07/14.

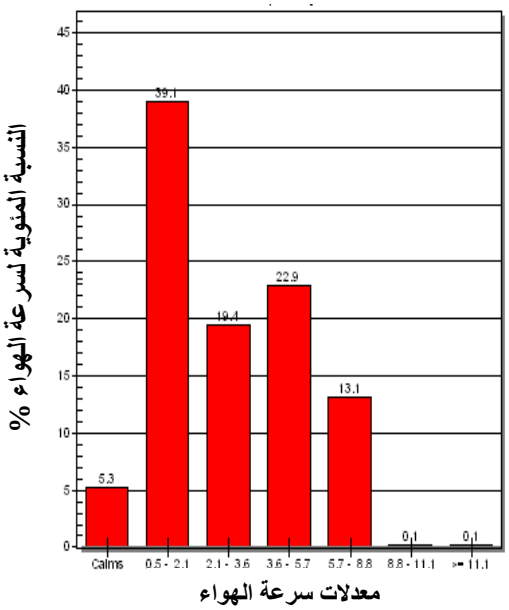
ولقد تم كذلك تحليل نتائج القياسات الساعية لاتجاه وسرعة الرياح المأخوذة من محطة الأرصاد بمدينة صنعاء لفترة الصيف، (يونيو/2010 ويوليو/2010) والمتضمنة لفترة القياسات الميدانية للتعرف على سرعة واتجاه الرياح القادمة إلى المدينة، كما بالأشكال رقم (14)، (15)، (16) و (17)[1]، والتي توضح وردة الرياح وسرعات الهواء لشهري يونيو ويوليو، وقد تبين من دراسة سرعة الهواء خارج المدينة أن الرياح الساكنة تأخذ نسبة 5.3% و7.6% خلال شهري يونيو ويوليو على التوالي كما يتضح من الأشكال (15) و(17)[1]، وتزداد سرعة الهواء في ساعات الظهيرة وما بعد الظهيرة في حين تقل بقية ساعات اليوم وهذا ما دللت عليه دراسة البيانات من محطة الأرصاد.

[1] من عمل الباحثة بواسطة برنامج Lakes Environment software 1999-2008 version 5.9

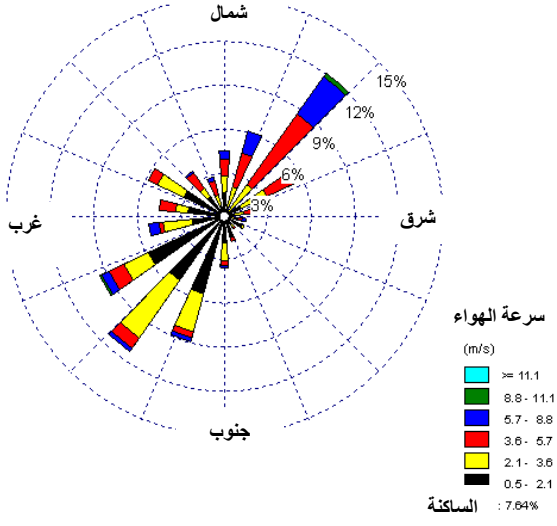
والاتجاه السائد للهواء بمدينة صنعاء هو الاتجاه الشمالي الشرقي في كلا الشهرين مع ظهور الاتجاه الجنوبي الغربي في شهر يوليو، وسرعة الرياح المتكررة بنسبة كبيرة تتراوح مابين 0.5- 4 م/ث تليها 2.1- 3.6م/ث ومن ثم 3.6- 5.7م/ث وبنسبة أقل بسرعة 5.7- 8.8م/ث.



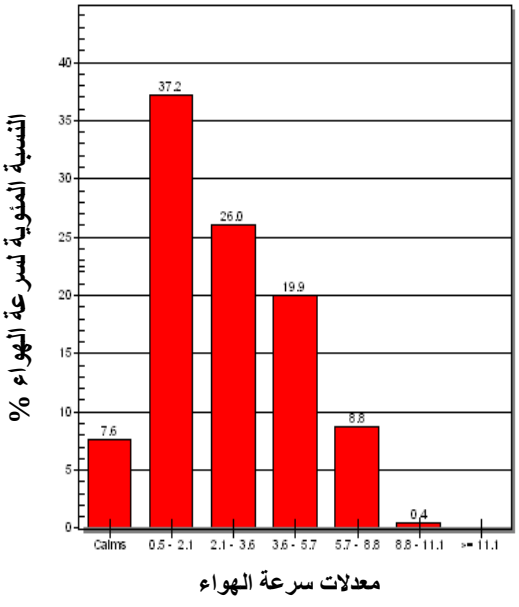
شكل (14): وردة الرياح لشهر يونيو- 2010.



شكل (15): سرعة الرياح لشهر يونيو – 2010



شكل(16): وردة الرياح لشهر يوليو - 2010



شكل(17): سرعة الرياح لشهر يوليو- 2010

6. نتائج الدراسة

ركزت الدراسة الحالية على فصل الصيف باعتباره من الفترات المهمة في مناخ مدينة صنعاء ويتضح من الدراسة السابقة ما يلي:

- من المعروف أن درجات الحرارة في فصل الصيف تكون أعلى من غيرها في جميع فصول العام. ولكن مدينة صنعاء تنخفض فيها درجات الحرارة صيفا نظرا لتساقط الأمطار في هذا الفصل أو تمتلئ سماؤها بالسحب في حالة عدم نزول الأمطار، مما يؤدي إلى حجب الإشعاع الشمسي وبالتالي انخفاض درجات الحرارة بفصل الصيف على غير المتوقع، وهذا ما يجعل مناخ مدينة صنعاء متميزا.
- ارتفاع درجات الحرارة بجميع فراغات الدراسة بالمدينتين القديمة والحديثة في فترة الظهيرة. تكون أقل ارتفاعا بالفراغات الضيقة - الفراغ (2) والفراغ (3)- بالمدينة القديمة، وأعلاها الفراغ (4) في حين كان أقلها في فراغات المدينة الحديثة الفراغ (6) وأعلاها الفراغ (7).
- حقق الفراغ (2) والفراغ (3) أفضل أداء حراري، حيث تبين أن درجات الحرارة المنخفضة فيهما أعلى من جميع الفراغات الأخرى والمرتفعة فيهما أقل وهذا سبب أفضليتهما، ويمكن تفسير ذلك بأنه على الرغم من أن درجات الحرارة ترتفع خلال فترة الظهيرة بسبب الإشعاع الشمسي المباشر وفترة ما بعد الظهيرة بسبب الإشعاع الأرضي إلا أن النسبة الكبيرة مابين عرض الفراغ وارتفاع المباني المطلة عليهما جعلت الجزء السفلي منهما خلال النهار مظللا وهذا يعني عدم تسخين الهواء بهما، علاوة على أن الهواء الساخن الموجود بأعلى سقوف المباني لا يستطيع الوصول إلى الجزء السفلي من الفراغات بسبب خفة وزنه، بالإضافة إلى أن حركة الهواء إذا ما وجدت بأعلى المباني تكون كبيرة فتأخذ الهواء الساخن المتجمع في طريقها. وعلى الرغم من أن هذين الفراغين يأخذان الاتجاه الشمالي – الجنوبي وهذا يعني أن واجهاتهما تصبح معرضة للإشعاع الشمسي أثناء شروق الشمس وأثناء غروبها أكثر من تلك الفراغات التي يكون توجيهها شرقي – غربي إلا أن ضيق هذين الفراغين لم يسمح لتلك الأشعة بالوصول إلى داخلهما في حين لم يحدث ذلك مع الفراغ (1) مع أنه بنفس التوجيه وذلك بسبب انعدام وجود الظل في مثل هذا التوقيت لأن نسب احتوائه مختلفة وأكبر لذلك ارتفعت فيه درجات الحرارة عنهما بفارق 4 كلفن تقريبا واستمرت ساعات ارتفاع الحرارة إلى ست ساعات خلال الظهيرة ولأعلى من 30° وإذا ما قورن بالفراغ (4)- توجيهه شرق غرب غير المظلل- فهو أسوأ منه حراريا كذلك على الرغم من أن درجات الحرارة في الفراغ (4) كانت أعلى من الفراغ (1) في وقت الظهيرة ولكنها استمرت لساعتين فقط، بينما إجمالي ارتفاع درجات الحرارة بالفراغ (1) عن الفراغ (4) كانت أربع ساعات.
- الفراغ (6) هو أفضل فراغات المدينة السياحية المقاسة يأتي بعده الفراغ (5) وهي فراغات ضيقة إذا ما قورنت بالفراغ (7) والذي ارتفعت فيه درجات الحرارة، وذلك بسبب اتساعه الكبير وتعرضه لإشعاع أكبر، كما تنخفض فيه درجات الحرارة في ساعات الصباح عنهما.
- تبين ارتفاع درجات الحرارة في فراغات المدينة القديمة (1) و(4) الواسعة عن فراغات المدينة الحديثة في ساعات الظهيرة وقد يعود ذلك إلى تأثير كل من نسيج المدينة المتضام ومواد البناء ذات التخزين الحراري الكبير (الحجر والطوب الأحمر).
- ترتفع معدلات الرطوبة النسبية بفراغات المدينتين بشكل عام في فترة الليل وساعات الصباح الأولى ولكنهما يتقاربان في معدلات الرطوبة المنخفضة منذ الثامنة صباحا وحتى الخامسة عصرا ، وظلت معدلات الرطوبة بالمدينة القديمة أقل من المعدلات المرصودة بمحطة الأرصاد على عكس فراغات المدينة الحديثة التي كانت في تلك الفترة مرتفعة عنها وهذا يرجع لتأثير وجود النباتات.
- لا توجد فروق كبيرة في معدلات الرطوبة النسبية المنخفضة في جميع فراغات الدراسة القديمة والحديثة وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة خلال ساعات النهار وقد لا يكون لسرعة الهواء تأثير واضح على انخفاضها بسبب السرعات غير الكبيرة للهواء طوال هذه الفترة مع ملاحظة أن وجود النباتات بفراغات المدينة الحديثة لم يعمل على رفع معدلات الرطوبة النسبية في فراغاتها وذلك أن النباتات بطبيعتها تعمل على إغلاق ثغيراتها الموجودة على أسطح أوراقها تجنبا للإشعاع الشمسي الكثيف في فترة الظهيرة حفاظا على الماء وبذلك تتوقف عملية النتح، وهذا يعني عدم زيادة معدل الرطوبة النسبية بتلك الفراغات.
- إن عدم وجود النباتات بفراغات المدينة القديمة لم يؤثر على معدلات الرطوبة النسبية بداخلها فعلى الرغم من أنها أقل من معدلات الرطوبة بالمدينة الحديثة إلا أنها لا تزال ضمن المعدلات المطلوبة للراحة الحرارية وذلك في ساعات ارتفاعها، أما عند ساعات الانخفاض فقد انخفضت في جميع الفراغات على حد سواء في القديمة والحديثة.

- سرعة الهواء بفراغات المدينة السياحية بفترة الصيف أكبر من تلك المسجلة بفراغات المدينة القديمة في الظهيرة ويتم تصنيف الرياح المسجلة بنفس توقيت القياسات اللحظية خارج المدينة على أنها نسيم نشط في ساعات الظهيرة ونسيم لطيف في الصباح بمقياس بيفورت، كما يلاحظ أن الهواء ساكن في الساعة السابعة صباحا في جميع الفراغات. وعلى العموم فإن أعلى لسرعة الهواء المتكررة داخل الفراغات تصنف على أن الهواء في فصل الصيف نسيم هادئ إلى نسيم لطيف.
- تقل معدلات سرعة الهواء داخل الفراغات جميعا وقد يرجع ذلك إلى تعرض الرياح القادمة للمدينة للإعاقة من المباني الموجودة بأطراف المدينة والتي تقوم بالحد من سرعتها.
- وجود مدى حراري كبير مابين درجات حرارة وأقلها خلال ساعات اليوم وخصوصا مابين الساعة السادسة صباحا وساعات الظهيرة حيث تقفز درجات الحرارة من الانخفاض الحاد إلى الارتفاع الكبير وفي خلال ساعات قليلة (ثلاث ساعات)، حيث يصل الفارق بينهما من 13- 15 كلفن بفراغات المدينة القديمة ومن 17 - 21 كلفن بفراغات المدينة الحديثة.
- تبرز ظاهرة الجزيرة الحرارية واضحة بجميع الفراغات المدروسة خلال ساعات الظهيرة وما بعد الظهيرة حيث ترتفع درجات الحرارة داخل المدينة أكثر من خارجها بفارق 8 كلفن تقريبا داخل فراغات الدراسة.

7. التوصيات

نتيجة لما سبق توصلت الدراسة لمجموعة من التوصيات التي من يمكن أخذها بعين الاعتبار، وفيما يلي عرض لأهمها:

1 - استخدام النسيج المتضام والفراغات العمرانية السكنية الضيقة للإسهام في التقليل من درجات الحرارة داخل الفراغات في فترة الظهيرة والمساهمة في رفع درجات الحرارة المنخفضة في ساعات الليل والصباح الأولى.

2- مراعاة أن تأخذ الفراغات العمرانية السكنية بمدينة صنعاء التوجيه الشمالي- الجنوبي إذا كانت ضيقة، والتوجيه الشرقي- الغربي إذا لم تكن فراغات ضيقه، للتقليل قدر الإمكان من اكتساب الإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر في فترة الظهيرة.

3- استخدام مواد بناء ذات سعة حرارية كبيرة نسبيا في عمل واجهات المباني السكنية المطلة على الفراغات العمرانية لها القدرة على التعامل مع المدى الحراري الكبير لفروق درجات الحرارة خلال اليوم وأن تكون بمعامل انعكاسية قليلة حتى لا يعمل على انعكاس الأشعة الشمسية في فترة الظهيرة إلى داخل الفراغ والى زيادة ارتفاع الحرارة به.

4- الاهتمام بوجود النباتات في الفراغات - بواجهات المباني السكنية الخارجية إذا ما كان الفراغ ضيق- حتى ولو لم تكن ذات تأثير ملحوظ في زيادة معدلات الرطوبة النسبية ولكنها تعمل على القضاء على التلوث الذي قد ينشأ بسبب ركود الهواء داخل الفراغات نظرا لسكون الهواء أو قلة سرعته.

5- مراعاة رش أرضية الفراغات وسقاية النباتات والمزروعات إذا ما وجدت، في الفترة التي تهبط فيها معدلات الرطوبة عن المعدلات المطلوبة للراحة الحرارية وهو حوالي 8 ساعات خلال اليوم من العاشرة صباحا وحتى الخامسة عصرا.

6- عمل المزيد من الدراسات والأبحاث على الفراغات العمرانية السكنية بالمدينة للوصول إلى النسب الملائمة لعملها لتحسين أدائها الحراري، وما يترتب على ذلك من تأثير ايجابي على أداء الفراغات السكنية الداخلية، حيث اهتم البحث الحالي بتقييم الأداء الحراري للفراغات العمرانية السكنية بمدينة صنعاء في جزئيها القديم والحديث.

8. المراجع

[1] الهيئة العامة للطيران والأرصاد، قطاع الأرصاد، صنعاء، اليمن، أغسطس 2010.

[2] ب.ج. ريتاللاك، موجز محاضرات لتدريب العاملين في الأرصاد الجوية من الفئة الرابعة"، سكرتارية المنظمة العالمية للأرصاد الجوية- رقم 266، جنيف، سويسرا.

[3] سميرة الشاوش، "تأثير الظروف المناخية على عمارة المباني السكنية بمدينة صنعاء- اليمن"، رسالة ماجستير، قسم عمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، مصر، 2007.

[4] شركة تيم الدولية للهندسة والتدريب، مهندسون استشاريون، لبنان:" الدراسة الشاملة لتنظيم حركة المرور في مدينة صنعاء"، أمانة العاصمة صنعاء، نوفمبر، 2006 م.

[5] محمد عبد الله اللساني:" المناخ والموارد المائية في حوض صنعاء"، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة صنعاء، 2002م.

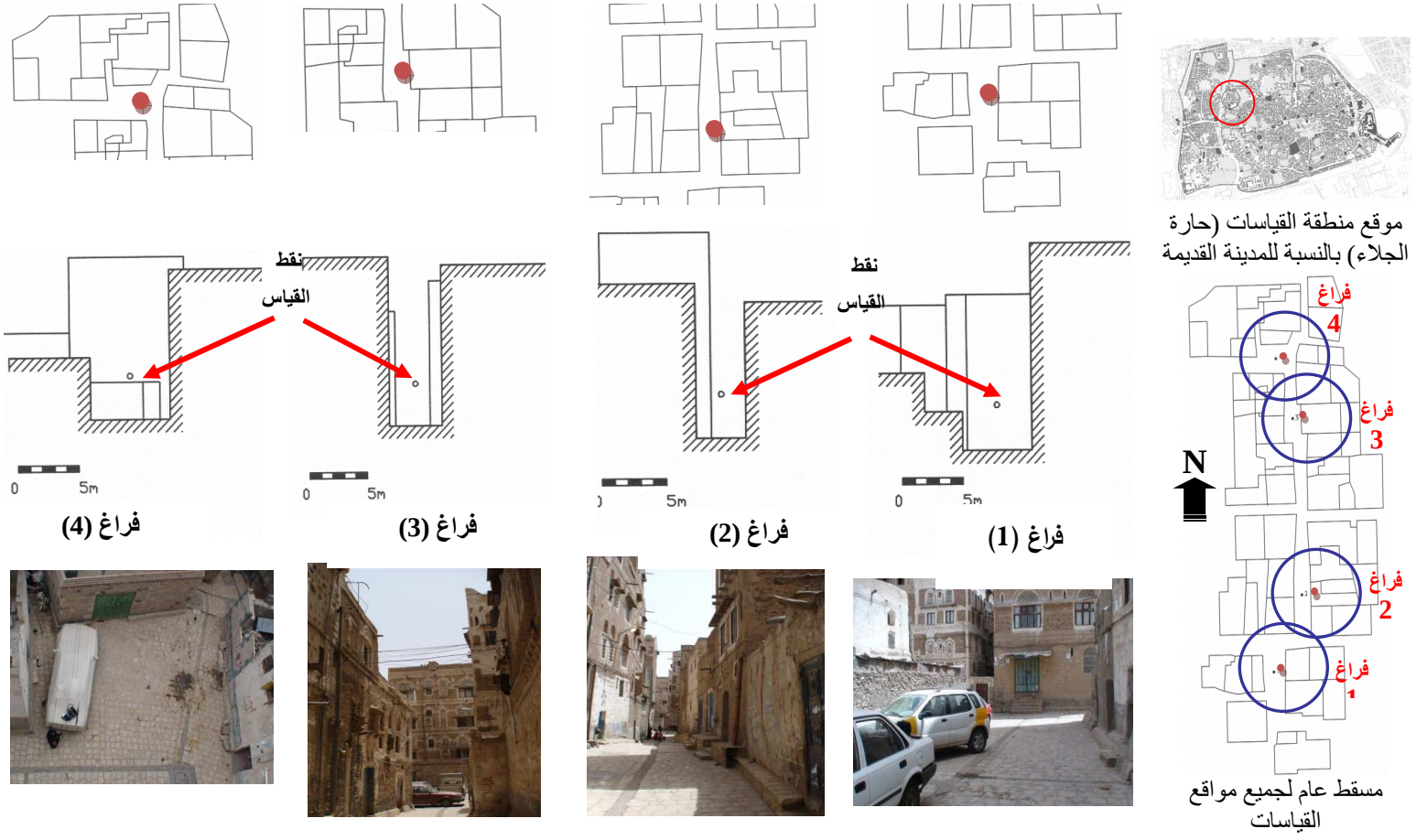
[6] مركز التدريب المعماري، الهيئة العامة للمحافظة على المدن التاريخية، صنعاء، اليمن، تحديث 2008.

[7] Lakes Environment software 1999-2008 version 5.9.

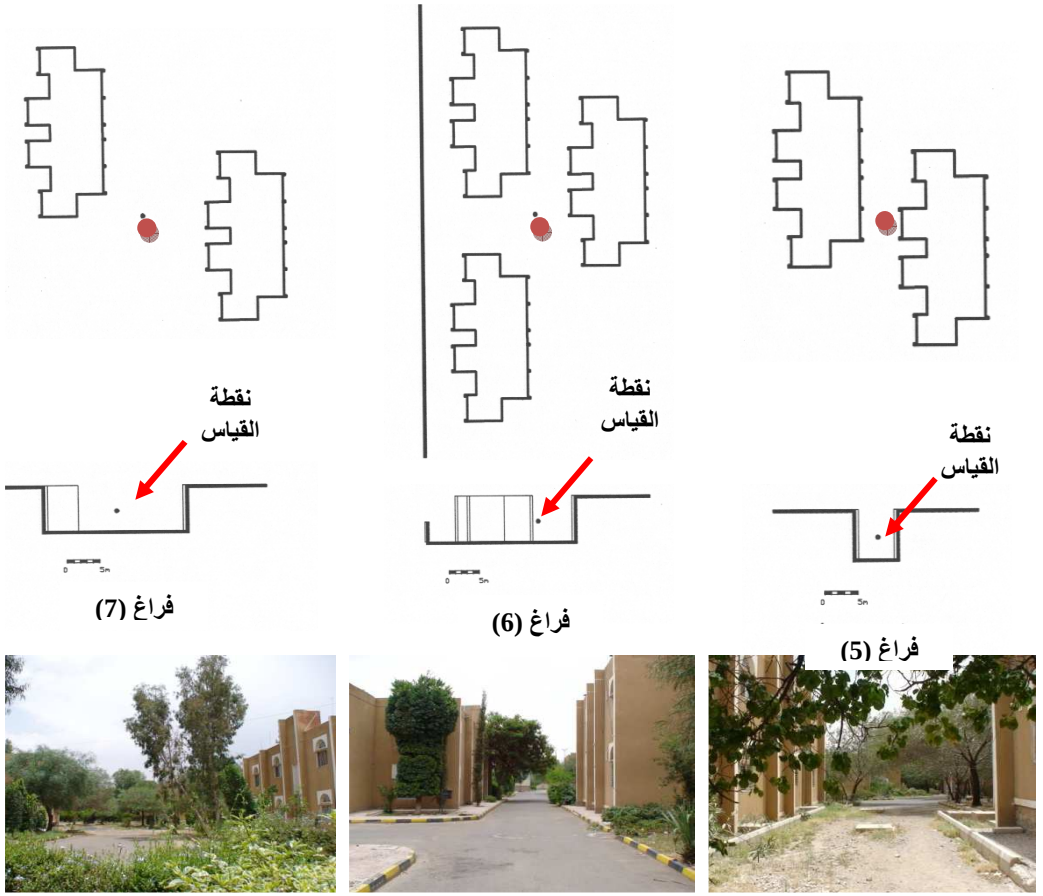
[8] http://www.marefa.org/index.php 2010/5/23

[9] http://travel.m3com.com.sa2010/5/23

]1]0[http://www.google Earth 2010/10/12



شكل (4): مواقع القياسات بحارة الجلاء - المدينة القديمة.



مسقط عام لجميع مواقع القياسات

شكل (5): مواقع القياسات بالمدينة الحديثة (المدينة السياحية- شيراتون).