الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم: الهندسة المعمارية
المرجع:.....

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : **Architecture**
Ref :.....

رسالة مقدمة لنيل شهادة

دكتوراه علوم في الهندسة المعمارية

تخصص: هندسة معمارية

المجال الأخضر كعنصر مناخي للتصميم العمراني بواحات الصحاري الحارة

ـ المحاكاة الرقمية كنظرة جديدة لظاهرة قديمة ـ

من إعداد:
أحريز عاطف

نوقشت في 04 جويلية 2018

أعضاء لجنة المناقشة

بن عباس مصدق	**أستاذ التعليم العالي**	**رئيسا**	**جامعة بسكرة**
زموري نور الدين	**أستاذ التعليم العالي**	**مقررا**	**جامعة بسكرة**
سحنون الطيب	**أستاذ التعليم العالي**	**ممتحنا**	**جامعة قسنطينة**
علقمة جمال	**أستاذ التعليم العالي**	**ممتحنا**	**جامعة قالمة**

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

إلى من لهما كل المحبة و الإحترام

أمي و أبي

إلى كل من علمني حرفا

إلى كل من أحبني، إحترمني

و ساعدني

أقدم هذا العمل

شكر و عرفان

الحمد و الشكر لله الذي وفقنا لإتمام هذا العمل
و واجب علينا تقديم الشكر و العرفان لكن من ساهم في إنجازه

شكرا لكل من علمني حرفا في هذه الدنيا

شكرا لكل أساتذتي الكرام بقسم العمارة – جامعة بسكرة

شكرا لأستاذي، معلمي و مؤطري و لأول من عشقت العمارة على يديه
الأستاذ زموري نور الدين

شكرا لأستاذي و الذي عاملني كأخ و زميل و لم يبخل علينا بشيء و الذي دائما
يقول أنا هنا لخدمتكم الأستاذ علقمة جمال

شكرا للأخت و الزميلة و التي لولا وقفتها و عون الله لما نوقش هذا العمل
بوزاهر سمية

شكرا لكل أعضاء اللجنة الموقرة اللذين رضوا أن يناقشوا هذا العمل المتواضع
الأستاذ بن عباس مصدق، الأستاذ الطيب سحنون، الأستاذ علقمة جمال، الأستاذة
بوزاهر سمية و الأستاذ زموري نور الدين

الشكر للأستاذ Valéry Masson من فرنسا و الأستاذ E.S. Krayenhoff من
كندا على العون المقدم لنا دون أي سابق معرفة

شكرا لابن خالتي و أخي معطى الله محمد الهادي لمساعدته في أن يناقش هذا
العمل في آجاله

شكرا أبي، أمي، زوجتي، أبنائي و إخوتي
وعذرا إن كنت قد قصرت في واجبكم بسبب هذا العمل

شكرا لأصحابي الذين لولاهم لما كان هناك طعم لهذه الحياة: سفيان، بوفاتح،
حيدر، غاني، أمين، الهاشمي، الصالح و محمد

شكرا أصدقائي، زملائي، طلبتي و كل من ساندني و لو بالكلمة الطيبة

الملخص

إن العلاقة بين المجال الأخضر والفضاء الذي يشغله الإنسان كانت محط دراسات جادة منذ أواخر القرن الماضي، أين إستنتج العلماء العديد من النقاط الإيجابية والأدوار الهامة للمجال الأخضر في حياة الإنسان وعلى عدة مستويات، كالجانب الجمالي، البصري، الرمزي، الصوتي، الاجتماعي والمناخي. أما على المستوى العمراني فللمجالات الخضراء العديد من الأدوار صنفها الباحثون إلى: الدور البيئي، الدور الإقتصادي، الدور الإجتماعي والدور المناخي. هذا الأخير الذي يعتبر محط إهتمام بحثنا هذا.

اين سطرنا الهدف العام لهذا العمل وهو تقييم التعديل المناخي الناتج عن السلوك الحراري للمجالات الخضراء في الفضاءات العمرانية المفتوحة بواحات الصحاري الحارة وهذا بالمرور عبر الأهداف الرئيسية له: أولهما كان تقييم قدرات المجال الأخضر على التعديل المناخي في الفضاءات العمرانية المفتوحة وثانيهما تقييم مدى تأثيرها على مستوى الإحساس بالراحة الحرارية الخارجية.

و لأجل هذا و للوصول إلى أدق النتائج الممكنة لجأنا إلى المحاكاة الرقمية و بالضبط إلى ميدان تمثيل المناخ العمراني Urban Climate Modeling، أين قمنا بتطوير نموذج رياضي جديد SPUCAL (Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands) من شأنه تمثيل المناخ العمراني بالأقاليم الجافة بتقديم تحاليل للراحة الحرارية الخارجية من جهة و توجيه الباحث و المصمم على إتخاذ قراراته في إختيار كمية و نوع المجالات الخضراء الواجب زراعتها في الفضاءات العمرانية المفتوحة و من ثم تقييم مدى فعاليتها المناخية و تأثيرها على الراحة الحرارية الخارجية للمستعمل.

وبعد القيام بالتجربة العلمية على عينة من واحات الصحاري الحارة بالضبط من وادي ريغ في شمال الصحراء الجزائرية، إستطعنا إثبات صحة فرضية أن قدرة المجال الأخضر على تعديل المناخ العمراني لها حدود وأن هناك نسبة معينة من المجال الأخضر GCR يصل فيها الأداء الإيجابي إلى أقصاه والتي قدرناها بـ 60% على أقصى تقدير ومن ثم توصلنا أن هناك حالتين إما ثبات الأداء حتى إستعمال 100% من GCR أو إنخفاض في الأداء عند زيادة إستعمال مفرط للمجال الأخضر وهو ما فسرناه علميا بتولد ظاهرة الدفيئة على مستوى الوادي العمراني.

في الختام توصلنا إلى تطوير علاقات رياضية من شأنها توقع وتقييم الأداء المناخي الإيجابي للمجالات الخضراء بنسبة دقة وصلت إلى 96% حسب نسبة GCR المستعملة، والآداء المناخي الموصل لمجال الراحة الحرارية الخارجية بنسبة دقة وصلت إلى 95% حسب نسبة GCR المستعملة.

الكلمات المفتاحية: المجالات الخضراء، التصميم العمراني، الراحة الحرارية الخارجية، واحات الصحاري الحارة، تمثيل المناخ العمراني.

Abstract

The relation between the vegetation and the human occupied space has been the subject of several serious studies since the end of the last century where scientists have concluded many positive points and important roles of the vegetation in human life at several levels: aesthetic, visual, symbolic, acoustic, social and climate. on the urban level, the vegetation or the urban greening has many roles that researchers have classified into: environmental role, economical role, social role and climatic role which is the focus of our research.

the main goal of this work is to assess the climatic modification due to the thermal behavior of the vegetation in open urban spaces of the hot desert oases, passing through the main objectives: starting with the assessment of the capacity of the vegetation on modifying the urban climate, then the evaluation of its impact on the outdoor thermal comfort.

In order to achieve the most accurate possible results, we resorted to the digital simulation, exactly to the urban climate modeling field (UCM), where we developed a new mathematical model SPUCAL (Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands) that would simulate the urban climate in arid lands by providing analysis for evaluating the outdoor thermal comfort, and directing urban researchers and designers to make decisions on selecting the quantity and type of vegetation to be cultivated in the studied open urban space. Finally, SPUCAL can predict the effectiveness of the decisions on the urban climate modification and its impact on the outdoor thermal comfort.

After conducting a scientific experiment on a sample of hot desert oases from the Righ valley in the northern Algerian SAHARA, we were able to prove the hypothesis that the ability of the vegetation to modify the urban climate has a limit at a certain percentage of the green coverage ratio (GCR), where the positive performance reaches its maximum at 60% of GCR. Next, we distinguished two cases: either the stability of performance until the use of 100% of GCR or the decline in performance when excessive use of the green cover, which we interpreted scientifically to a local greenhouse phenomenon.

In conclusion, we have developed new mathematical equations to predict and evaluate the positive climatic performance of the vegetation with an accuracy of 96% according to the used ratio of GCR and the climatic performance achieving to the outdoor thermal comfort state with an accuracy of 95% according to the GCR used ratio.

Key Words: vegetation, urban design, outdoor thermal comfort, hot desert oases, urban climate modeling.

الفهرس

إهداء .....
تشكرات .....
الملخص I
الفهرس III
قائمة الأشكال XI
قائمة الجداول XXI
قائمة الرموز XXV
مقدمة..... 01

الفصل التمهيدي

تمهيد 03
1. إقليم الدراسة 05
2. تساؤلات البحث 06
3. فرضيات البحث 06
4. أهداف البحث 07
5. منهجية البحث 08
6. عينة الدراسة 09
7. المساهمة العلمية 09
8. خطة البحث 09
9. بنية البحث 10

الفصل الأول
الأقاليم القصوى، الصحاري والواحات

تمهيد 16
1. الأقاليم القصوى 16
2. الصحاري في العالم 17
1.2. تعريف الصحاري 17
2.2. تصنيف الصحاري 18
1.2.2. تصنيف Meigs 18
2.2.2. تصنيف Logan 19
3.2.2. تصنيف Whittaker 21
3. الصحاري الحارة 22
4. الواحات 23
1.4. واحات الصحاري الحارة 23
2.4. مكونات الواحة 25
1.2.4. المياه 25

2.2.4. النخيل 26
3.2.4. المجال المشيد 26
5. إستراتيجيات تعامل سكان الواحات مع قساوة المناخ الصحراوي 27
1.5. النخل والنخيل كعنصر بيئي تصميمي رئيسي 28
1.1.5. الحماية من الرياح المختلفة 28
2.1.5. التعامل مع الحرارة والرطوبة 30
2.5. الوحدة التوسعية 31
3.5. نظام الشوارع الملتوية 32
4.5. نظام الأروقة نصف المغطاة 33
5.5. مبدأ الجوانية 34
خاتمة 34

الفصل الثاني
المناخ العمراني: ظواهر ونظريات

تمهيد 36
1. المناخ العمراني مفاهيم و إصطلاحات 36
1.1. العوامل المؤثرة على المناخ العمراني 36
2.1. مستويات و طبقات المناخ العمراني 37
1.2.1. مستويات المناخ العمراني 37
2.2.1. طبقات المناخ العمراني 38
3.1. عناصر المناخ العمراني 40
1.3.1. الميزانية الطاقوية للمجال العمراني 40
2.3.1. الميزانية الإشعاعية في المجال العمراني 41
3.3.1. حركة الهواء داخل المجال العمراني 42
4.3.1. درجة الحرارة في المجالات العمرانية 43
5.3.1. رطوبة الهواء في المجالات العمرانية 44
2. ظواهر مناخية في المجال العمراني 44
1.2. الجزيرة العمرانية الحارة (Urban Heat Island) UHI 44
2.2. الجزيرة العمرانية الباردة (Urban Cool Island) UCI 45
3.2. الجزيرة الحدائقية الباردة PCI park cool island 45
4.2. الجزيرة العمرانية الرطبة (Urban Wet Island) UWI 46
5.2. الرطوبة العمرانية المفرطة (Urban Moisture Exess) UME 47
6.2. ظاهرة الضباب الدخاني SMOG phenomenon 47
7.2. ظاهرة الدفيئة العمرانية UGH Urban Green House 48
8.2. الأمطار الحمضية AR Acid Rains 49
3. إستراتيجيات تعديل المناخ العمراني 50
1.3. إستراتيجية Brown 50
2.3. الإستراتيجية الخماسية لـ Setaih 51
3.3. إستراتيجية المناطق البيومناخية 52
4.3. إستراتيجية (Water Sensitive Urban Design) WSUD 54
5.3. إستراتيجية (Climate Sensitive Urban Design) CSUD 56
خاتمة 57

الفصل الثالث
المجالات الخضراء: خصائص ونظريات

تمهيد 59
1. الوظائف المناخية للمجالات الخضراء داخل الفضاء العمراني 60
1.1. التحكم والتأثير في الأشعة الشمسية 63
2.1. التحكم والتأثير على الرياح وحركة الهواء 64
3.1. التأثير على درجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية 65
2. مكونات و خصائص المجالات الخضراء 66
1.2. تركيبة المجالات الخضراء العمرانية 66
2.2. الخصائص النباتية للمجالات الخضراء 69
1.2.2. مؤشر المساحة الورقية Leaf Area Index 69
2.2.2. كثافة التغطية الخضراء Leaf area Density 70
3.2.2. نسبة التغطية الخضراء Green Coverage Ratio 70
4.2.2. نسبة المجال المزروع Green Plot Ratio و مساحة المجال الأخضر 71
5.2.2. معامل الأوراق الخضراء Green Leaf Factor 72
3.2. الخصائص الفيزيائية للمجالات الخضراء 72
1.3.2. التبخر- نتح Evapotranspiration 73
2.3.2. التوصيل الحراري Heat Transmision 73
3.3.2. الإنعكاسية الحرارية Albedo 73
4.3.2. المسامية Permeability 73
5.3.2. درجة التحمل الحراريThe Hardiness Zones 73
4.2. الخصائص النباتية المتحكمة في المناخ العمراني 74
3. النظريات و الظواهر الطبيعية المتدخلة في خلق المناخ المصغر 75
1.3. مفعول التبريد The Cooling Effect أو نظرية التبريد بالتظليل 75
2.3. مفعول الواحة Oases Effect أو نظرية التبريد بالتبخير 76
3.3. نظرية التبريد بالتظليل بالإعتماد على خصائص النبات 77
4.3. نظرية تبريد و ترطيب الهواء بالإعتماد على كثافة الغطاء النباتي 78
خاتمة 79

الفصل الرابع
الراحة الحرارية الخارجية

تمهيد 81
1. تعاريف، مفاهيم وعناصر 81
2. مؤشرات الراحة الحرارية الخارجية 84
1.2. المؤشرات الحرارية البسيطة 84
2.2. المؤشرات الحرارية المركبة 86
3. تقييم الراحة الحرارية الخارجية 89
1.3. تقييم الراحة الحرارية الخارجية بالطرق البسيطة 89
1.1.3.TEK (Equivalent Temperature) 89
3.1.2. TSP (Thermal Sensation Perception) 89

90 ..... TEP (Temperature of Equivalent Perception).3.1.3
91 ..... ET (Effective Temperature).4.1.3
92 ..... Sangkertadi Y Method.5.1.3
93 ..... T.S Givoni Method (thermal Sensation).6.1.3
93 ..... ASV (Actual Sensation Vote).7.1.3
94 ..... TS_cheng (Thermal Sensation).8.1.3
95 ..... C_fergus method.9.1.3
95 ..... HI (Heat Index).10.1.3
96 ..... HUMIDEX.11.1.3
97 ..... WBGT.12.1.3
97 ..... DI (Discomfort Index).13.1.3
98 ..... CPI (Cooling Power Index).14.1.3
99 ..... 2.3. تقييم الراحة الحرارية الخارجية بالطرق المركبة
99 ..... 1.2.3. طريقة COMFA the COMfort FormulA method
105 ..... 2.2.3. طريقة COMFA+ the COMFA+ Method
106 ..... 3.2.3. معدل الإحصاء المتوقع PMV (Predicted mean vote)
107 ..... 4.2.3. نسبة عدم الرضا المتوقعـــــــــــة PPD
108 ..... خاتمة

الفصل الخامس
دراسات سابقة في ميدان تمثيل المناخ العمراني

110 ..... تمهيد
110 ..... 1. نماذج المناخ العمراني Urban Climate Models
112 ..... 2. معايير تصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني
116 ..... 1.2. تدفقات الطاقة
116 ..... 2.2. المجال الأخضر وتدفقات الطاقة الكامنة
117 ..... 3.2. تدفقات الطاقة الأنثروبية
117 ..... 4.2. التوزيع الزمني لتدفقات الطاقة الأنثروبية
118 ..... 5.2. مورفولوجية المجال العمراني
118 ..... 6.2. مورفولوجية المجال العمراني (الأسطح و التوجيه)
119 ..... 7.2. تدفقات الطاقة الإشعاعية (الإنعكاسات)
120 ..... 8.2. تدفقات الطاقة الإشعاعية (الألبيدو و الإنبعاثية)
120 ..... 9.2. تدفقات الطاقة المختزنة
121 ..... 10.2. المقاومة الحرارية
121 ..... 11.2. درجة حرارة الأسطح
122 ..... 12.2. درجة حرارة و رطوبة هواء
122 ..... 3. تمثيل المجالات الخضراء في نماذج المناخ العمراني
125 ..... 4. مناهج تمثيل المناخ العمراني Urban climate modeling Aproaches
127 ..... 5. تمثيل المناخ العمراني و المجالات الخضراء في الأقاليم الجافة و الصحاري
128 ..... خاتمة

الفصل السادس
تطوير النموذج الرياضي SPUCAL

تمهيد 130
1. هندسة الوادي العمراني..... 131
2. الميزانية الطاقوية للمجال العمراني 133
3. تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع 133
1.3. نموذج تقييم الأشعة الحرارية في الوادي العمراني 134
2.3. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المباشرة 135
3.3. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المشتتة 137
4.3. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المنعكسة 138
5.3. تقييم مجمل الأشعة قصيرة الأمواج الممتصة 138
6.3. تقييم الأشعة طويلة الأمواج الجوية 139
4. تبادلات الطاقة المضطربة 140
1.4. الطاقة المختزنة 140
2.4. تدفقات الطاقة الكامنة 141
3.4. تدفقات الطاقة المحسوسة 141
4.4. تدفقات الطاقة الأنثروبية 141
5.4. متغيرات عامة 142
1.5.4. ميل التشبع بضغط البخار 142
2.5.4. الثابت البسايكرومتري 142
5. تقييم درجة حرارة الأسطح 143
1.5. توقع درجة الحرارة القصوى والدنيا 143
2.5. توقع درجة حرارة السطح لكل ساعة 144
6. الرياح في الوادي العمراني 144
7. تقييم خصائص هواء الوادي العمراني 146
1.7. تقييم التوزع الزمني لدرجات الحرارة 148
2.7. تقييم التوزع الزمني لنسب الرطوبة 148
3.7. متوسط الحرارة الإشعاعية 149
8. معادلات خاصة بتقييم كميات الطاقة في المجال المفتوح 150
9. معادلات فيزيائية عامة 151
10. معادلات فلكية عامة 152
11. تقييم الراحة الحرارية الخارجية 154
خاتمة 154

الفصل السابع
تطوير النموذج الرياضي الخاص بتمثيل السلوك المناخي للمجالات الخضراء

تمهيد 157
1. بنية النموذج SPUCAL_veg 157
1.1. مرحلة التحضير و إتخاذ القرارات 157
2.1. مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر 157
2. مرحلة التحضير و إتخاذ القرارات 160
1.2. إختيار شكل الوادي العمراني 160

2.2. إختيار شكل المجال الأخضر 160
3.2. إختيار أنواع المجالات الخضراء 162
4.2. حساب عدد الأشجار ونسبة الغطاء الأخضر GCR 165
5.2. حساب نسبة المجال المظلل PSA و معامل رؤية السماء SVF 166
1.5.2. نسبة المجال المظلل PSA 166
2.5.2. تقييم معامل رؤية السماء SVF 167
3. مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر 169
1.3. تحديد نسبة GCR و تقييم نسبة المجال المزروع GNpR 169
2.3. تقييم سرعة الهواء تحت تأثير المجال الأخضر 169
3.3. محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر بتطبيق نظرية التبريد بالتظليل 170
1.3.3. نظرية التبريد بالتظليل 170
2.3.3. نظرية التبريد بالتبخير 174
3.3.3. نظرية التبريد المركب 176
4. تقييم الراحة الحرارية الخارجية 177
خاتمة 178

الفصل الثامن
تقديم عينات الدراسة وتحديد سيناريوهات التجربة

تمهيد 180
1. تقديم منطقة الدراسة 180
1.1. مدينة المغير 182
2.1. دراسة مناخية لمدينة المغير 183
1.2.1. المؤشر البيومناخي لـ EMBERGER 183
2.2.1. مؤشر الجفاف لـ DE MARTONNE 184
3.2.1. مؤشر الجفاف لـ BAGNOULS/GAUSSEN 185
4.2.1. مؤشر التساقطات لـ MORAL 186
5.2.1. مؤشر الجفاف الصيفي لـ GIACOBBI 186
6.2.1. مؤشر الأمطار لـ LANG 187
2. إستخراج العينات 188
1.2. تصنيف الوديان العمرانية في مدينة المغير 188
2.2. إنتقاء العينات 190
3. تحديد سيناريوهات التجربة 193
4. مراحل سير التجربة 194
1.4. المرحلة 01 194
2.4. المرحلة 02 194
3.4. المرحلة 03 195
4.4. المرحلة 04 195
5.4. المرحلة 05 197
6.4. المرحلة 06 199
7.4. المرحلة 07 199
8.4. المرحلة 08 201
9.4. المرحلة 09 201
خاتمة 202

الفصل التاسع
الدراسة التجريبية على العينة A

تمهيد 204
1. الحالة AX 204
1.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة AX 204
2.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة AX 206
3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة AX 209
4.1. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة AX 211
1.5. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة AX 213
2. الحالة AY 216
1.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة AY 216
2.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة AY 218
3.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة AY 219
4.2. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة AY 223
5.2. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة AY 225
3. مناقشة نتائج النموذج A 228
الخاتمة..... 229

الفصل العاشر
الدراسة التجريبية على العينة B

تمهيد 232
1. الحالة BX 232
1.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة BX 232
2.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة BX 234
3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة BX 237
4.1. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة BX 239
5.1. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة BX 240
2. الحالة BY 243
1.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة BY 243
2.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة BY 245
3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة BY 248
4.2. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة BY 250
5.2. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة BY 252
3. مناقشة نتائج النموذج B..... 254
الخاتمة 256

الفصل الحادي عشر
الدراسة التجريبية على العينة C

تمهيد 259
1. الحالة CX 259
1.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة CX 259
2.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة CX 261
3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة CX 264
4.1. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة CX 266
5.1. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة CX 268
2. الحالة CY 271
1.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة CY 271
2.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة CY 273
3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة CY 276
4.2. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة CY 278
5.2. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة CY 280
3. مناقشة نتائج النموذج C 282
الخاتمة 284

الخلاصة العامة

مقدمة 287
1. النتائج المتوصل إليها 288
2. توصيات 291
3. حدود البحث 291
4. العوائق التي صادفت هذا البحث 292
5. آفاق مستقبلية 292

المراجع

المراجع 294

قائمة الأشكال

الفصل التمهيدي

الشكل 0. 1. خطة العمل العامة..... 13

الشكل 0. 2. خطة العمل المفصلة 14

الفصل الأول

الشكل 1. 1. مؤشر الرطوبة لـ Thornthwaite 17

الشكل 1. 2. تصنيف الصحاري الأفريقية حسب Meigs 19

الشكل 1. 3. تصنيف Whittaker موضحا فيه أنواع الصحاري في العالم 21

الشكل 1. 4. تموقع الصحاري الحارة في العالم 22

الشكل 1. 5. خريطة التجارة العابرة للصحراء الكبرى 25

الشكل 1. 6. المخطط العام للفوقارة 25

الشكل 1. 7. نظام الزراعة متعدد الطوابق 26

الشكل 1. 8. نظام الإحتواء و المجاورة بين المجال المشيد و غابات النخيل 27

الشكل 1. 9. كيفية تغلغل الرياح الرملية و تقليل سرعتها و عفورتها 28

الشكل 1. 10. أحد أنواع مصدات الرياح الرملية و يتمثل في قافز الرياح مع النخيل كمدعم للحماية 29

الشكل 1. 11. عملية ترطيب الرياح الجافة حسب نظرية مفعول الواحة 29

الشكل 1. 12. حركة نسيم الغاب الناتج عن وجود غابات النخيل 30

الشكل 1. 13. صورة جوية لقصري تمرنة القديمة في الأعلى و تمرنة الجديدة في الأسفل تبين انتقال القصر من تلة إلى أخرى و هو ما يعرف بنظام الوحدة التوسعية 31

الشكل 1. 14. مخطط مدينة كربلاء بالعراق، تظهر فيه درجة تعقيد الشوارع الملتويـــــة وهو يعكس قدرتهـــا على كسر الرياح المختلفة 32

الشكل 1. 15. صورة لأحد شوارع واحة غدامس الليبية. وتبين الصورة أن الشارع به أجزاء مشمسة وأجزاء مظللة مما يؤدي إلى حدوث نسيم مفتعل في فصل الصيف وهو ما يعرف بنظام الأروقة نصف المغطاة 33

الشكل 1. 16. صورة لأحد أحياء مدينة فاس المغربية تبين مدى تراص النسيج العمراني وإنفتاح المساكن نحو الداخل باستعمال الأفنية والأحواش، وهو ما يعرف بنظام الجوانية 34

الفصل الثاني

الشكل 2. 1. شكل و أبعاد مستويات المناخ العمراني 38

الشكل 2. 2 طبقات المناخ العمراني 39

الشكل 2. 3. طبقة UBL مع طبقة الحزمة العمرانية 39

الشكل 2. 4. تشكل القبة العمرانية 39

الشكل 2. 5. مختلف تدفقات الطاقة في المجال العمراني 42

الشكل 2. 6. مختلف طبقات الهواء داخل وفوق المجال العمراني 43

الشكل 2. 7. ظاهرة الجزيرة الحرارية 44

الشكل 2. 8. خريطة حرارية لمدينة أربيل بالعراق تبين الفرق الحراري بين المجال العمراني و الصحراء المحيطة بها 45

الشكل 2. 9. خريطة حرارية تبين ظاهرة الجزيرة الحدائقية الباردة في أحد أحياء مدينة Phoenix, Arizona. 46

الشكل 2. 10. مفعول الواحة وتشكل ظاهرة الجزيرة العمرانية الرطبة 46

الشكل 2. 11 دراسة مقارنية بين مجال عمراني و فضاء ريفي تبين قيمة.UME 47

الشكل 2. 12. العناصر المتدخلة في تشكل الضباب الدخاني 48

الشكل 2. 13. تشكل ظاهرة الدفيئة العمرانية 48

الشكل 2. 14. العوامل المشكلة و مسار الأمطار الحمضية 49

الشكل 2. 15. مصفوفة تبين الحلول المقترحة ضمن إستراتيجية .Brown 51

الشكل 2. 16. أدوات التبريد العمراني حسب إستراتيجية Setaih 52

الشكل 2. 17. إستراتيجة المناطق البيومناخية 53

الشكل 2. 18. مخطط توضيحي لأهداف إستراتيجية.WSUD 55

الشكل 2. 19. مراحل تطبيق إستراتيجية.CSUD 56

الشكل 2. 20. مستويات تطبيق و نتائج إستراتيجية .CSUD 57

الفصل الثالث

الشكل 3. 1. فوائد المجال الأخضر 59

الشكل 3. 2. مخطط توضيحي يشرح العملية الكاملة لتأثير المجال الأخضر على المناخ العمراني 62

الشكل 3. 3. نسب إمتصاص، عكس و توصيل الأوراق للأشعة الشمسية 63

الشكل 3. 4. على اليمين عملية التظليل و تصفية الأشعة الشمسية و على الشمال إختلاف الحماية حسب شكل و عدد الأشجار 64

الشكل 3. 5. دور المجال الأخضر بأنواعه في إنحراف و توجيه الرياح 64

الشكل 3. 6. مدى تأثير المجال الأخضر على المناخ العمرانـــــــي حراريا بوجود الرياح. 65

الشكل 3. 7. إستعمال عدة طبقات من المجال الأخضر و تأثيرها على درجة الحرارة و الرطوبة النسبية 66

الشكل 3. 8. إسقاط أفقي لتاج النبات يعبر عن قيمة .LAI 70

الشكل 3. 9. نسبة التغطية الخضراء 71

الشكل 3. 10. قيم GnPR لكل من العشب، الشجيرات و الأشجار 72

الشكل 3. 11. معامل الأوراق الخضراء 72

الشكل 3. 12. على اليمين مفعول التبريد بالتظليل وعلى اليسار مفعول التبريد بالتبخير 75

الشكل 3. 13 ظاهرة التبريد بالتظليل 76

الشكل 3. 14. ظاهرة التبريد بالتبخير 77

الشكل 3. 15 خصائص أوراق النباتات 78

الشكل 3. 16. نظرية التبريد بالإعتماد على كثافة الغطاء النباتي 79

الفصل الرابع

الشكل 4. 1. مجمل العناصر المتدخلة في تحديد الراحة الحرارية الخارجية للإنسان 82

الشكل 4. 2. قيم ET حسب مختلف أشهر السنة 91

الفصل الخامس

الشكل 5. 1. في الأعلى على اليمين مخطط لنموذج متعدد الطبقات، على اليمين مخطط توضيحي لنموذج أحادي الطبقة و في الأسفل نموذج الكتلة الموحدة 112

الشكل 5. 2. معايير تصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 115

الشكل 5. 3. مخطط نموذج تمثيل المناخ العمراني مع إدماج المجال الأخضر بنظام التطبيقات المدمجة أو المستقلة 123

الشكل 5. 4. مخطط نموذج تمثيل المناخ العمراني مع إدماج المجال الأخضر 124

الشكل 5. 5. مخطط توضحي لمنهج العملية 127

الفصل السادس

الشكل 6. 1. تبادلات الطاقة المحتملة داخل الوادي العمراني في نموذج .SPUCAL 132

الشكل 6. 2. الميزانية الطاقوية في المجال العمراني 133

الشكل 6. 3. تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع في الوادي العمراني 134

الشكل 6. 4. خوارزمية النموذج SPUCAL 155

الفصل السابع

الشكل 7. 1. مخطط مرحلة التحضير و إتخاذ القرارات لنموذج .SPUCAL_veg 158

الشكل 7. 2. مخطط مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر لنموذج .SPUCAL_veg 159

الشكل 7. 3. أشكال الوادي العمراني المقترحة في نموذج .SPUCAL_veg 160

الشكل 7. 4. أشكال الأشجار المقترحة في نموذج .SPUCAL_veg 161

الشكل 7. 5. خصائص المجالات الخضراء 163

الشكل 7. 6. مخطط توضيحي لتقييم معامل رؤية السماء تحت الأشجار 168

الشكل 7. 7. خوارزمية النموذج SPUCAL_veg 178

الفصل الثامن

الشكل 8. 1 خريطة واحات وادي ريغ 181

الشكل 8. 2. مخطط توضيحي لمدينة المغير مع مساحة النخيل التابعة لها 182

الشكل 8. 3. مؤشر حاصل الأمطار لـ .Emberger 184

الشكل 8. 4. مخطط Gaussen الحراري لمنطقة وادي ريغ 186

الشكل 8. 5. مقياس مؤشر .Lang 187

الشكل 8. 6. نسب معيار توجيه الأودية العمرانية في مدينة المغير 189

الشكل 8. 7. النسب الهندسية للأودية العمرانية بمدينة المغير 189

الشكل 8. 8. العينة AX بنسبة 0.4 وتوجيه شمال-جنوب 190

الشكل 8. 9. العينة AY بنسبة 0.4 وتوجيه شرق-غرب 190

الشكل 8. 10. العينة BX بنسبة 0.8 وتوجيه شمال-جنوب 191

الشكل 8. 11. العينة BY بنسبة 0.8 وتوجيه شرق-غرب 191

الشكل 8. 12. العينة CX بنسبة 1.2 وتوجيه شمال-جنوب 192

الشكل 8. 13. العينة CY بنسبة 1.2 وتوجيه شرق-غرب 192

الشكل 8. 14. أحد صفحات عملية المحاكاة بإستخدام نموذج .SPUCAL 194

الشكل 8. 15. عملية تقييم الراحة الحرارية الخارجية بإستخدام 12 مؤشرا مختلفا 195

الشكل 8. 16. أشكال المجالات الخضراء والأشجار المقترحة من النموذج .SPUCAL .. 196

الشكل 8. 17. تقييم GCR نسب المجال الأخضر من المجال العام بإستخدام النموذج SPUCAL. 196

الشكل 8. 18 أحد صفحات تمثيل المناخ العمراني بعد إدماج المجالات الخضراء بإستعمال نموذج .SPUCAL 197

الشكل 8. 19. عملية تقييم الراحة الحرارية الخارجية بإستخدام 12 مؤشرا مختلفا تحت تأثير المجالات الخضراء 199

الشكل 8. 20. أحد صفحات النموذج SPUCAL تقدم دراسة مقارنية للراحة الحرارية الخارجية في الوادي العمراني قبل وبعد إستخدام المجالات الخضراء بإستخدام 12 مؤشرا حراريا مطبقا على 03 نظريات تبريد 200

الشكل 8. 21. دراسة تحليلية يقوم بها النموذج SPUCAL لإظهار مؤشرات التحليل الثلاث +ENC، -DECو .COMF 200

الشكل 8. 22. المخططات التوضيحية لمدى قدرة المجالات الخضراء على التعديل المناخي وفقا لمؤشرات التحليل الثلاث+ENC ، -DECو .COMF 201

الشكل 8. 23. مخطط مقارني بين نظريات التبريد الثلاث المستخدمة في التجربة حسب مؤشرات التحليل الثلاث+ENC ، -DECو .COMF 201

الشكل 8. 24. أحد المنحنيات النهائية التي تم تطويرها لتقييم مدى قدرة المجالات الخضراء على تعديل المناخ العمراني 202

الشكل 8. 25. المخطط العام للتجربة 202

الفصل التاسع

الشكل 9. 1. نتائج المؤشر +Inc للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 204

الشكل 9. 2. نتائج المؤشر Comf للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 205

الشكل 9. 3. نتائج المؤشر -Dec للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 206

الشكل 9. 4. نتائج المؤشر +Inc للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 207

الشكل 9. 5. نتائج المؤشر Comf للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 208

الشكل 9. 6. نتائج المؤشر -Dec للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 208

الشكل 9. 7. نتائج المؤشر +Inc للحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب 209

الشكل 9. 8. نتائج المؤشر Comf للحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب 210

الشكل 9. 9. نتائج المؤشر -Dec للحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب 211

الشكل 9. 10. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر +Inc بمعدل شهر/السنة في الحالة AX. 212

الشكل 9. 11. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة AX. 212

الشكل 9. 12. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. 214

الشكل 9. 13. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. 214

الشكل 9. 14. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. 215

الشكل 9. 15. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. 215

الشكل 9. 16. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. 215

الشكل 9. 17. نتائج المؤشر +Inc للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 216

الشكل 9. 18. نتائج المؤشر Comf للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 217

الشكل 9. 19. نتائج المؤشر -Dec للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 218

الشكل 9. 20. نتائج المؤشر +Inc للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 219

الشكل 9. 21. نتائج المؤشر Comf للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 219

الشكل 9. 22. نتائج المؤشر -Dec للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 220

الشكل 9. 23. نتائج المؤشر +Inc للحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب 221

الشكل 9. 24. نتائج المؤشر Comf للحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب 222

الشكل 9. 25. نتائج المؤشر -Dec للحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب 222

الشكل 9. 26. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر +Inc بمعدل شهر/السنة في الحالة AY. 223

الشكل 9. 27. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة AY. 224

الشكل 9. 28. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. 226

الشكل 9. 29. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. 226

الشكل 9. 30. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. 227

الشكل 9. 31. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. 227

الشكل 9. 32. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. 227

الشكل 9. 33. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي للحالة A. 229

الشكل 9. 34. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الواصل إلى حدود الراحة الحرارية للحالة A. 230

الفصل العاشر

الشكل 10. 1. نتائج المؤشر +Inc للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 232

الشكل 10. 2. نتائج المؤشر Comf للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 233

الشكل 10. 3. نتائج المؤشر -Dec للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 234

الشكل 10. 4. نتائج المؤشر +Inc للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 235

الشكل 10. 5. نتائج المؤشر Comf للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 235

الشكل 10. 6. نتائج المؤشر -Dec للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 236

الشكل 10. 7. نتائج المؤشر +Inc للحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب 237

الشكل 10. 8. نتائج المؤشر Comf للحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب 238

الشكل 10. 9. نتائج المؤشر -Dec للحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب 238

الشكل 10. 10. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر +Inc بمعدل شهر/السنة في الحالة .BX 239

الشكل 10. 11. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة .BX 240

الشكل 10. 12. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. 241

الشكل 10. 13. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. 241

الشكل 10. 14. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. 242

الشكل 10. 15. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. 242

الشكل 10. 16. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. 242

الشكل 10. 17. نتائج المؤشر +Inc للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 243

الشكل 10. 18. نتائج المؤشر Comf للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل..... 244

الشكل 10. 19. نتائج المؤشر -Dec للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 245

الشكل 10. 20. نتائج المؤشر +Inc للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير..... 246

الشكل 10. 21. نتائج المؤشر Comf للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 246

الشكل 10. 22. نتائج المؤشر -Dec للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 247
الشكل 10. 23. نتائج المؤشر +Inc للحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب 248
الشكل 10. 24. نتائج المؤشر Comf للحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب 249
الشكل 10. 25. نتائج المؤشر -Dec للحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب 249
الشكل 10. 26. . دراسة مقارنة لقيم التعديل المناخي للمؤشر +Inc بمعدل شهر/السنة في الحالة .BY 250
الشكل 10. 27. . دراسة مقارنة لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comfبمعدل شهر/السنة في الحالة .BY 251
الشكل 10. 28. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. 252
الشكل 10. 29. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. 253
الشكل 10. 30. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. 253
الشكل 10. 31. : نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. 253
الشكل 10. 32. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. 254
الشكل 10. 33. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي للحالة .B 256
الشكل 10. 34. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الواصل إلى حدود الراحة الحرارية للحالة .B 257

الفصل الحادي عشر

الشكل 11. 1. نتائج المؤشر +Inc للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 259
الشكل 11. 2. نتائج المؤشر Comf للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 260
الشكل 11. 3. نتائج المؤشر -Dec للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 261
الشكل 11. 4. نتائج المؤشر +Inc للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 262
الشكل 11. 5. نتائج المؤشر Comf للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 262
الشكل 11. 6. نتائج المؤشر -Dec للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 263
الشكل 11. 7. نتائج المؤشر +Inc للحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب 264
الشكل 11. 8. نتائج المؤشر Comf للحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب 265
الشكل 11. 9. نتائج المؤشر -Dec للحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب 266
الشكل 11. 10. دراسة مقارنة لقيم التعديل المناخي للمؤشر +Inc بمعدل شهر/السنة في الحالة .CX 267

الشكل 11. 11. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة CX. 267
الشكل 11. 12. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. 269
الشكل 11. 13. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. 269
الشكل 11. 14. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. 269
الشكل 11. 15. : نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. 270
الشكل 11. 16. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. 270
الشكل 11. 17. نتائج المؤشر +Inc للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 271
الشكل 11. 18. نتائج المؤشر Comf للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 272
الشكل 11. 19. نتائج المؤشر -Dec للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 273
الشكل 11. 20. نتائج المؤشر +Inc للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 274
الشكل 11. 21. . نتائج المؤشر Comf للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 274
الشكل 11. 22. نتائج المؤشر -Dec للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 275
الشكل 11. 23. نتائج المؤشر +Inc للحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب 276
الشكل 11. 24. نتائج المؤشر Comf للحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب 277
الشكل 11. 25. نتائج المؤشر -Dec للحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب 277
الشكل 11. 26. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر +Inc بمعدل شهر/السنة في الحالة CY. 278
الشكل 11. 27. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة CY. 279
الشكل 11. 28. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. 280
الشكل 11. 29. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. 281
الشكل 11. 30. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. 281
الشكل 11. 31. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. 281
الشكل 11. 32. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. 282
الشكل 11. 33. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي للحالة C. 284
الشكل 11. 34. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الواصل إلى حدود الراحة الحرارية للحالة C. 284

قائمة الجداول

الفصل الأول

الجدول 1. 1. تصنيف أشهر صحاري العالم حسب نظرية .Logan 20

الفصل الثاني

الجدول 2. 1. أبعاد مستويات المناخ العمراني 37
الجدول 2. 2. المناطق و أدورها في إستراتيجية المناطق البيومناخية 54

الفصل الثالث

الجدول 3. 1 مقاييس التأثير المناخي للمجالات الخضراء 62
الجدول 3. 2. مصفوفة توضيحية تربط إرتفاع المجال الأخضر مع خصائصه 67
الجدول 3. 3. نظرة عامة على فئات و أنماط المجال الأخضر في الفضاء العمراني UVST ... 68
الجدول 3. 4. خصائص النباتات 74

الفصل الرابع

الجدول 4. 1. السلم الحراري للمؤشر .TEK 89
الجدول 4. 2. السلم الحراري للمؤشر .TSP 90
الجدول 4. 3. السلم الحراري للمؤشر .TEP 90
الجدول 4. 4. السلم الحراري للمؤشر .ET 91
الجدول 4. 5. السلم الحراري للمؤشر .Y 92
الجدول 4. 6. مستويات تقييم الإحساس بالحرارة للمؤشر .T.S.Givoni 93
الجدول 4. 7. السلم الحراري للمؤشر .ASV 94
الجدول 4. 8. مستويات تقييم المؤشر .TS_cheng 94
الجدول 4. 9. مستويات تقييم المؤشر .C_fergus 95
الجدول 4. 10. مستويات تقييم المؤشر .HI 96
الجدول 4. 11. مستويات تقييم المؤشر .Humidex 97
الجدول 4. 12. مستويات تقييم المؤشر .WBGT 97
الجدول 4. 13. مستويات تقييم المؤشر .DI 98
الجدول 4. 14. مستويات تقييم المؤشر .CPI 98
الجدول 4. 15. الميزانية الطاقوية COMFA و الإحساس بالراحة 99
الجدول 4. 16. نشاطات الإنسان و كمية M الموافقة 100
الجدول 4. 17. بعض قيم rco و .P 102
الجدول 4. 18. القيم التجربية للثوابت .A,n 103
الجدول 4. 19. السلم الحراري لمقياس .PMV 106

الفصل الخامس

الجدول 5. 1. نماذج تمثيل المناخ العمراني المشاركة في المشروع الدولي للتصنيف والمقارنة 113
الجدول 5. 2. معيار تدفقات الطاقة لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 116
الجدول 5. 3. معيار المجال الأخضر وتدفقات الطاقة الكامنة لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 116
الجدول 5. 4. معيار تدفقات الطاقة الأنثروبية لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 117
الجدول 5. 5. معيار التوزيع الزمني لتدفقات الطاقة الأنثروبية لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 117
الجدول 5. 6. معيار مورفولوجية المجال العمراني لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 118
الجدول 5. 7. معيار مورفولوجية المجال العمراني (الأسطح و التوجيه) لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 118
الجدول 5. 8. معيار تدفقات الطاقة الإشعاعية (الإنعكاسات) لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 119
الجدول 5. 9. تدفقات الطاقة الإشعاعية (الألبيدو و الإنبعاثية) لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 120
الجدول 5. 10. معيار تدفقات الطاقة المختزنة لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 120
الجدول 5. 11. معيار المقاومة الحرارية لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 121
الجدول 5. 12. درجة حرارة الأسطح لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني 121
الجدول 5. 13. معيار درجة حرارة و رطوبة الهواء لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني. 122

الفصل السادس

الجدول 6. 1. المستويات المختارة لتطوير نموذج .SPUCAL 130
الجدول 6. 2. الناقلية الجوية للأشعة الشمسية .τ 137
الجدول 6. 3. معاملات تقييم الطاقة المختزنة 140
الجدول 6. 4. معاملات تقييم الطاقة المضطربة حسب طبيعة المحيط الخارجي للمدينة 143
الجدول 6. 5. مستويات إختلاط الهواء بين الوادي العمراني و المجال الخارجي 147
الجدول 6. 6. قيم المعاملات$a1$ ، $a2$و $a3$ لتقييم الطاقة المختزنة في المجالات المفتوحة خارج المجال العمراني 151

الفصل السابع

الجدول 7. 1. احتمالات إستعمال المجالات الخضراء حسب أشكال الوادي العمراني المقترحة في نموذج .SPUCAL_veg 161
الجدول 7. 2. مناطق قدرة الصلابة النباتية 163
الجدول 7. 3. خصائص المجالات الخضراء وعلاقتها بالعناصر المناخية في نموذج .SPUCAL_veg 164

الفصل الثامن

الجدول 8. 1. المعطيات المناخية لمنطقة وادي ريغ حسب محطة الأرصاد الجوية سيدي ماضي 183
الجدول 8. 2. قيم مؤشر .DE MARTONNE 184
الجدول 8. 3. قيم المؤشر .BGI 185
الجدول 8. 4. المخطط العاملي لتحديد سيناريوهات التجربة 193
الجدول 8. 5. الخصائص الهندسية لعينات الدراسة 194
الجدول 8. 6. بنية الوادي العمراني و خصائص المجالات الخضراء المنتقاة للتجربة 196
الجدول 8. 7.. مختلف قيم SVF و GCRحسب السيناريوهات المختلفة للعينة .AX 197
الجدول 8. 8. مختلف قيم SVF و GCRحسب السيناريوهات المختلفة للعينة .AY 198
الجدول 8. 9. مختلف قيم SVF و GCRحسب السيناريوهات المختلفة للعينة .BX 198
الجدول 8. 10. مختلف قيم SVF و GCRحسب السيناريوهات المختلفة للعينة .BY 198
الجدول 8. 11. مختلف قيم SVF و GCRحسب السيناريوهات المختلفة للعينة .CX 198
الجدول 8. 12. مختلف قيم SVF و GCRحسب السيناريوهات المختلفة للعينة .CY 199

الفصل التاسع

الجدول 9. 1. نتائج الحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 204
الجدول 9. 2. نتائج الحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 207
الجدول 9. 3. نتائج الحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب 209
الجدول 9. 4. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة .AX 211
الجدول 9. 5. نتائج الحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 216
الجدول 9. 6. نتائج الحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 218
الجدول 9. 7. نتائج الحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب 221
الجدول 9. 8. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة .AY 223

الفصل العاشر

الجدول 10. 1. نتائج الحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 232
الجدول 10. 2. نتائج الحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 234
الجدول 10. 3. نتائج الحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب 237
الجدول 10. 4. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة .BX 239
الجدول 10. 5. نتائج الحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 243
الجدول 10. 6. نتائج الحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 245
الجدول 10. 7. نتائج الحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب 248
الجدول 10. 8. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة .BY 250

الفصل الحادي عشر

الجدول 11. 1. نتائج الحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 259
الجدول 11. 2. نتائج الحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 261
الجدول 11. 3. نتائج الحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب 263
الجدول 11. 4. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة .CX 266
الجدول 11. 5. نتائج الحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل 271
الجدول 11. 6. نتائج الحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير 273
الجدول 11. 7. نتائج الحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب..... 276
الجدول 11. 8. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة .CY 278

قائمة الرموز

رموز عامة

a_1, a_2, a_3	Zoning Coefficients	$/$
abs_r	Shortwave absorptivity of the surface road	$/$
AH	Absolute Humidity	g/kg
Adu	Area of body skin (surface of Dubois)	m^2
ah	Hour angle	Rad
$albedo$	Surface albedo	$/$
a_k	Human body absorptivity	$/$
$azim$	Sun azimuth	Rad
Cc	Cloud Cover	$/$
CD	Depth-integrated mean drag coefficient (=1.2)	$/$
Cpd	Heat capacity of dry air	$/$
DL	Day length	$Hours$
D_{tree}	Diameter of trees	m
D_{wind}	Wind direction from the north	^{o}
e	Constant e=2.718	$/$
Eq_{time}	Equation of time	$/$
E_r	Emissivity of the road	$/$
E_{soil}	Emissivity of soil	$/$
E_{veg}	Emissivity of vegetation	$/$
E_w	Emissivity of walls	$/$
ET	Evapotranspiration	mm
$ET0$	Potential evapotranspiration	mm
$Elev$	The location height above sea level	m
Emi	Surface emissivity	$/$
GCR_{grass}	Green coverage Ratio of grass	$/$
GCR_{shrubs}	Green coverage Ratio of shrubs	$/$
GCR_{trees}	Green coverage Ratio of tress	$/$
$GnPR_{Grass}$	Green Plot ratio of grass	$/$
$GnPR_{shrubs}$	Green Plot ratio of shrubs	$/$
$GnPR_{tree}$	Green Plot ratio of trees	$/$
GCA	Green coverage area	m^2
GCR	Green coverage Ratio	$/$
$GnPR$	Green Plot ratio	$/$
h_c	Surface convective heat exchanges	$W/m^2 \cdot Hour$
h_{can}	Canyon height	m
h_{loc}	the location height above sea level	km
h_{sur_hor}	convective heat exchanges at the horizontal surfaces	$W/m^2 \cdot Hour$
h_{sur_ver}	Surface convective heat exchanges at the vertical surfaces	$W/m^2 \cdot Hour$
h_{surf}	Surface convective heat exchanges at the surface	$W/m^2 \cdot Hour$
h_{tree}	Tree height	m
H_{sat}	Specific humidity at saturation	$Kg\ water/Kg\ dry\ air$
Ha	Specific air humidity	$Kg\ water/Kg\ dry\ air$
HFD	Heat flux density	$MJ/m^2 \cdot Hour$
J	Number of the day	$/$
k_karman	Von Karman constant (=0.41)	$/$
Kc	Crop Coefficient	$/$
kv	Vegetation thermal transmittance	$/$
LR^*	Net Longwave radiations	W/m^2
LR_r^*	Net Longwave radiations received by road	W/m^2
LR_w^*	Net Longwave radiations received by walls	W/m^2
L_{can}	Canyon length	m

$LR\uparrow$	Upward longwave radiations	W/m^2
$LR\downarrow$	Downward longwave radiations	W/m^2
lat	Latitude of the case study	^{o}
$long$	Longitude of the case study	^{o}
MRT^*	Mean radiant temperature under sunny conditions	^{o}C
MRT	Mean radiant temperature	^{o}C
m	Air mass	/
N_{tree}	Number of trees	/
PSA_r	Partial shaded area of the road	/
PSA_w	Partial shaded area of walls	/
$PSNA_r$	Partial sunned area of the road	/
$PSNA_w$	Partial sunned area of walls	/
PSA	Partial shaded area	/
Pa	Atmospheric pressure	$Pa\ or\ hPa$
Pc	Psychrometric Constant	$kPa/°C$
$Perm$	Tree permeability	/
Q_{An}	Anthropogenic energy fluxes	W/m^2
Q_{Be}	Buildings Anthropogenic fluxes	W/m^2
Q_{Hm}	Human Anthropogenic fluxes	W/m^2
Q_{La}	Latent energy fluxes	W/m^2
QR^*	Net radiation exchanges	W/m^2
Q_{Sn}	Sensible energy fluxes	W/m^2
Q_{Sn_can}	Sensible energy at the urban canyon	W/m^2
Q_{Sn_met}	Sensible energy at the meteorological station	W/m^2
Q_{St}	Stored energy fluxes	W/m^2
Q_{Vh}	Vehicles Anthropogenic fluxes	W/m^2
q	Specific humidity of air	g/kg
RH_{max}	Max Relative humidity	%
RH_{min}	Min Relative humidity	%
r_{surf}	Convective heat resistance between the air and the surface	/
Rd	Gas constant for dry air (Rd = 287)	$J/kg\ K$
Rda	gas constant for dry air (=287)	$J/kg\ K$
RH	Relative humidity	%
r	Sensible energy exchanges resistance	/
SR_r^*	Net shortwave radiations received by road	W/m^2
SR_w^*	Net shortwave radiations received by walls	W/m^2
SR^*	Net shortwave radiations	W/m^2
SR_{hor}	Horizontal solar radiation	W/m^2
SR_{dif}	Diffused solar radiations	W/m^2
SR_{dif_r}	Diffused solar radiations received by road	W/m^2
SR_{dif_urb}	Urban diffused solar radiations	W/m^2
SR_{dif_w}	Diffused solar radiations received by walls	W/m^2
SR_{dir_b}	Direct brut solar radiations	W/m^2
SR_{dir_r}	Direct solar radiations received by road	W/m^2
SR_{dir_w}	Direct solar radiations received by walls	W/m^2
SR_{globe}	Global solar radiation	W/m^2
SR_i	Solar radiation intensity	W/m^2
SR_{ref}	Reflected solar radiations	W/m^2
SR_{ref_r}	Solar radiations reflected by the road	W/m^2
$SR_{ref\_r}^*$	Net Solar radiations reflected by the road	W/m^2
SR_{ref_w}	Solar radiations reflected by walls	W/m^2
$SR_{ref\_w}^*$	Net Solar radiations reflected by walls	W/m^2
SVF_r	Road sky view factor	/
SVF_w	Wall sky view factor	/
S_{can}	Canyon area	W/m^2

S_{con}	Solar constant	W/m^2
S_{tree}	Horizontal Surface of tree	m^2
Sun_{hight}	Sun height	Rad
SVD	Vapor density saturation point	g/m^3
SVF	Sky view factor	$/$
Sl	Slope of saturation	$kPa/°C$
sol_dec	Solar declination	Rad
T_{can}	Canyon air temperature	$℃$
T_{max}	Max air temperature	$℃$
T_{met}	Meteorological air temperature	$℃$
T_{min}	Min air temperature	$℃$
T_r	Temperature of road surface	$℃$
T_{s_max}	Max Surface temperature	$℃$
T_{s_min}	Min Surface temperature	$℃$
T_{soil}	Soil temperature	$℃$
T_{sol_r}	Sol-Air temperature	$℃$
T_{sunset}	Temperature at the sunset	$℃$
T_{surf_day}	Surface temperature at day	$℃$
T_{surf_night}	Surface temperature at night	$℃$
T_w	Temperature of wall surface	$℃$
T_{wet}	Wet bulb temperature	$℃$
t_{max}	Time of the MAX air temperature	$/$
t_{min}	Time of the MIN air temperature	$/$
$t_{sunrise}$	Time of sunrise	$/$
t_{sunset}	Time of sunset	$/$
Ta	Air temperature	$℃$
Td	Dew point temperature	$℃$
Tg	Globe temperature	$℃$
t	Time	$/$
$Vert_{tree\_surf}$	Vertical surface of Trees	m^2
vp_s	Water vapor saturation pressure	$Pa\ or\ hPa$
va	Air velocity	m/s
vp	Vapor pressure	$Pa\ or\ hPa$
w_{can}	Canyon width	m

رموز إغريقية

α	Zoning Coefficient	$/$
α_w	Albedo of walls	$/$
α_r	Albedo of the road	$/$
α_{soil}	Albedo of the soil	$/$
β	Zoning Coefficient	$/$
τ	Air transmittance	$/$
$\acute{\tau}$	Corrected Air transmittance	$/$
γ	Zenith angle	Rad
$\gamma_{tree_{gr}}$	Vertical angle between tree and the road	Rad
$\gamma_{tree_{wall}}$	Vertical angle between tree and the wall	Rad
γ_0	Geometrical canyon angle	Rad
θ_0	Critical canyon orientation	Rad
σ	Stephan - Boltzmann constant	$W/m^2 \cdot k^4$
f_p	Projected factor	$/$
ε_p	Human body emissivity	$/$
$\_cor$	Value corrected	$/$
$\_new$	New value	$/$

رموز خاصة بتقييم حركة الهواء

A_d	Total lot area covered by obstacles	m^2
A_f	Frontal area of obstacles	m^2
A_p	Planar area of obstacles	m^2
A_{wind}	Physical variable for estimating the 03 wind components	$/$
h_{obs}	Average height of obstacles	m
k	Physical variable for estimating the 03 wind components	$/$
u_{cross}	Cross wind component in the urban canyon	$/$
u_{top}	Air velocity above the urban canyon	m/s
va_{hor}	Horizontal average of the air velocity based on the 03-component theory	m/s
va_{urb}	Average Air velocity in the urban canyon based on the 03-component hypothesis	m/s
$v_{vertical}$	Vertical wind component in the urban canyon	$/$
WS	Wind speed from the meteorological station	m/s
w_{along}	along wind component in the urban canyon	$/$
x_{can}	New canyon width with obstacles	m
x	Physical variable for estimating the 03 wind components	$/$
y	Physical variable for estimating the 03 wind components	$/$
z_0	The Roughness length based on the hypothesis of (Theurer, 1993)	m
z_r	Reference height of the measured wind speed	m
z	The human height (2m)	m
λ_f	Frontal area ratio	$/$
λ_p	Planar area ratio	$/$
β	Physical variable for estimating the 03 wind components	$/$

رموز خاصة بمؤشرات الراحة الحرارية

ASV	Actual Sensation Vote
C_{fergus}	method C_Fergus
CPI	Cooling Power Index
DI	Discomfort Index
ET	Effective Temperature
HI	Heat Index
$Humidex$	HUMIDEX
TEK	Equivalent Temperature
TEP	Temperature of Equivalent Perception
TS	Thermal Sensation Givoni
TS_{cheng}	TS_Cheng Thermal Sensation
TSP	Thermal Sensation Perception
$WBGT$	Wet-Bulb Globe Temperature
Y	Sangkertadi Y index

مقدمة

يعتبر ميدان المناخ العمراني ميدان بحث حديث العهد ومتشعب إلى درجة كبيرة، فالمهتمون به هم باحثوا علم المناخ، الجغرافيا، الفيزياء، العمارة والعمران. وهو يمس العديد من المواضيع كالمناخ العام، المباني والمنشآت في المدن، المجالات الخضراء والإنسان طبعا كعامل رئيسي ومحوري.

بحثنا هذا يتناول موضوع المجالات الخضراء وتأثيرها على الراحة الحرارية الخارجية للإنسان في المجالات العمرانية المفتوحة، أين يعتبر هذا الموضوع ذو أهمية عالية من عدة جوانب: فمن وجهة نظر مناخية بإمكاننا تحديد وتقييم كميات تدفقات الطاقة في المجالات العمرانية مما يساعدنا على تقييم المعطيات المناخية المختلفة بداخله. من وجهة نظر بيومناخية فيمكننا من محاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء ومدى تأثيرها على الراحة الحرارية الخارجية للمستعمل، بينما عمرانيا فكل ما ذكر يساعدنا على التصميم المناخي الأمثل للمجالات العمرانية المفتوحة.

من وجهة نظر إبيستمولوجية فالبحث يمس العديد من التخصصات والتي يأتي على رأسها التصميم العمراني، علم المناخ وعلم النبات وذلك لفهم الظواهر المختلفة ومن ثم لجأنا إلى علم الفيزياء، الرياضيات والإعلام الآلي لتطوير نموذج رياضي جديد من شأنه تمثيل المناخ العمراني.

هذا النموذج المطور SPUCAL (Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands) يفتح أبعاد علمية جديدة للباحثين والمصممين العمرانيين، أين كانت النماذج المطورة سابقا تخدم أهداف مناخية وفيزيائية بحتة بينما يقدم هذا البحث نظرة جديدة للباحث والمصمم العمرانيين بطرح خرائط لونية تبين مدى الإحساس بالراحة الحرارية الخارجية عبر 12 مؤشرا حراريا كما يقدم خرائط لونية مقارنية بين حالتي المجال العمراني قبل التهيئة وبعد إدراج المجالات الخضراء.

هذا العمل لا يعتبر نتيجة بقدر ما يعتبر بذرة أعمال مستقبلية في ميدان تمثيل المناخ العمراني بالأقاليم الجافة على العموم والصحاري الحارة على وجه الخصوص، بتقديمه لنظريات، نموذج رياضي وعلاقات فيزيائية جديدة من شأنها مساعدة الباحثين في هذا الميدان كما من شأنها دفع عجلة البحث العلمي في ميدان المناخ العمراني والمجالات الخضراء على الراحة الحرارية الخارجية.

الفصل التمهيدي

Research is to see what everybody else has seen, and to think what nobody else has thought.

--Albert Szent-Györgyi--

تمهيد:

مذ خلق الإنسان على وجه الأرض وهو يستعمل النبات في شتى مجالات حياته الخاصة والعامة كمأكل، ملبس، مسكن، منظر وحامي من شتى الظروف الطبيعية والمناخية؛ فللنبات أو ما يلقب علميا بالمجال الأخضر آثار عديدة على البيئة العامة، على المحيط العمراني وعلى المجال المعماري أيضا، قد رآها العلماء والباحثون كل على حدة وكل حسب اختصاصه.

فمن وجهة نظر بيوفيزيائية فإنه يلعب دورا هاما في تحسين حياة الإنسان، أين يلخصها لنا الباحث Stewart et al (2010) في خمس نقاط: (أ) التأثير على نفسية الإنسان، (ب) التأثير على صحة الإنسان، (ج) التأثير على نقاوة الهواء، (د) إنشاء الظلال و الرطوبة، (ه) إضفاء جانب جمالي على الموقع و (و) التنوع البيولوجي؛ أما علماء الاجتماع فترجموا المجال الأخضر على أنه عنصر هام يتدخل في تهذيب السلوك البشري (Abdelhalim, 1996)؛ باحثو علم النفس يأخذونه من وجهة نظر تعامله مع الذات و اللاشعور (AFCE, 2007)، مختصو علم المناخ و الطقس يدرسون تأثيره و تأثره مع الكرة الحية the Biosphere و مركباتها مثل ما يتحدث عنه Otto (2000)، بالإضافة إلى العديد من الرؤى العلمية الأخرى كالاقتصاد, البيئة و الطب [(Akbari et al, 1992)، (Lin and Lin, 2010)، (Brown et al, 2015)].

أما على المستوى العمراني فللمجالات الخضراء العديد من الفوائد ويعود هذا التنوع إلى عدة عناصر منها: كثافة المجال الأخضر، شكله، أبعاده وتموضعه في الفضاء العمراني. لكن بصفة عامة فأي نوع من المجالات الخضراء شجرا كان، نباتا أو عشبا و مهما صغر حجمه فإن له دور ما في الفضاءات العمرانية المفتوحة (Akbari et al, 1992).

هذه الفوائد و الآثار كانت محط أنظار العديد من الباحثين جلهم يفصلها في خمس نقاط: (أ) تغيير حرارة الأسطح، (ب) الرقابة المائية للهواء، (ج) تنقية الهواء من الملوثات، (د) الرقابة الصوتية، (ه) رقابة إنبعاث الكربون [(Picot, 2004)، (Mills, 2006)، (Shashua-Bar et al, 2009)، (Lehmann et al, 2014)، (Abreu-Harbich et al, 2015)].

أما أحد أهم هذه التصنيفات فيعود للباحث Akbari et al (1992) الذي يقسمها حسب الأدوار وحسب الأثار. فأما الشق الأول فتحدث فيه الباحث عن أدوار عديدة ومنها: الدور البيئي، الإقتصادي، الإجتماعي والمناخي، ليأتي الشق الثاني أين صنف الباحث المجالات الخضراء حسب تأثيرها عن كل دور من الأدوار السابقة الذكر، وقسمها إلى نوعين: التأثيرات المباشرة والتأثيرات غير المباشرة. فأما المباشرة

منها فهي التي تؤثر مباشرة على المباني داخل المجال العمراني ومنها التظليل وتقليل سرعة الرياح، في حين أن الآثار غير المباشرة فمنها التبخر- نتح، الدفيئة، التلوث الجوي، الضجيج والعامل النفسي.

و منذ النصف الثاني من القرن العشرين قام العلماء بالمئات أو بالأحرى الآلاف من الأبحاث العلمية الجادة حول الأدوار المختلفة للمجال الأخضر ومدى تأثيـــــره على المناخ العمرانـــــــي بالخصوص [(Cionco, 1965)، (Williamson and Erell, 2001)، (Baklanov et al, 2009)، (Dorer et al, 2013)، (Krayenhoff et al, 2015)،(Upreti, 2017)]. أين أكد بعضهم أن تأثيره على الفضاء العمرانـــــــــــــي يصل إلى حدود 20 °C (Wilmers, 1991) و ذلك نقلا عـــــــن Shashua-Bar and Hoffman (2000) على مدى تأثير مختلف حسب حجم المجال المشجر. و نقلا عن المرجع نفسه فإن العالم Jauregui (1991) وجد أن أثر حديقة Chapultepec ذات مساحـــــة 500 هكتار بمكسيكو يصل تأثيرها إلى حدود 02 كلم, في نفس السياق و على حديقة Tama المركزية بطوكيو ذات مساحة 35 هكتار أكد الباحث Ca et al (1998) أن أثرها وصـــــل إلى حدود 01 كلم, أما على مستوى أصغر فإن آثار المجال الأخضر على الفضاء العمراني تقل لكنها تبقى ملموسة حسب ما أكده الباحث Givoni (1972) أين وجد أن أثر حديقة Benjamin بحيفا ذات مساحة 0.5 هكتار يتغير بين 20 م إلى 150 م على أقصى تقدير؛ كما توجد أعمال متعددة أخرى تتحدث عن تأثير المجالات الخضراء على الوادي العمراني أين قدمت Shashua-Bar and Hoffman (2000) بحثا قيما حول محاولة إدراج الأشجار كمعدل مناخي في شوارع مدينة تل أبيب، في الوقـت الذي يتناول فيه Atsushi et al (2006) أثر تظليل أشجار الشوارع على الأشعة الشمسية المستقبلة. في هذا السياق يمكننا الحكم أن هناك وفرة كبيرة في الأبحاث التي تتناول موضوع التأثير المناخي للمجال الأخضر على المناخ العمراني وعلى عدة مستويات في عدة أقاليم مناخية مختلفة من العالم لكن ما شد إنتباهنا أمران هامان:

- أولهما لاحظنا أن معظم أو جل الدراسات المقدمة إلى يومنا هذا تتحدث عن قيم التأثير المناخي للمجالات الخضراء من جانب درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الهواء وكمية الأشعة الشمسية ولا تتناول موضوع الراحة الحرارية الخارجية ومدى تأثير المجالات الخضراء عليها؛ في الوقت الذي تكثر فيه العديد من الأبحاث الأخرى في علم المناخ العمراني العام التي تتحدث عن الراحة الحرارية الخارجية بإعتبارها الهدف الرئيسي لأي مصمم مناخي.
- ثانيهما أن جل إن لم نقل كل هذه الأعمال المتوفرة تتناول موضوع قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي في الفضاءات العمرانية المفتوحة لكن دون التساؤل عن حدود هذا التعديل؛ فإن كنا نؤمن إيمانا تاما بقدرة المجالات الخضراء على خلق مناخ مصغر و هو ما نعتبره أحد مسلمات علم المناخ العمراني لكننا في نفس الوقت نؤمن أن لكل قدرة حدود، فعلى مستوى

وادي عمراني فإن نسبة المجال الأخضر من المساحة العامة أو ما نطلق عليها بـ GCR (Green Coverage Ratio) لها قيمة قصوى فهل يجب علينا استعمالها كليا للوصول إلى أقصى درجات التعديل المناخي؟، أو بسؤال أبسط هل يجب تشجير كل الوادي العمراني للوصول إلى أقصى قيـــــــــــم التعديل المنـــــــــاخي على مستوى الوادي العمراني؟ أوليس لهذه القدرة حدود؟

وللوصول إلى معرفة قيمة هذا التعديل الذي يقوم به المجال الأخضر وحدوده وجب علينا دراسة السلوك المناخي للمجالات الخضراء في الفضاءات العمرانية المفتوحة، هذا السلوك الذي حدده العلماء بأنه يخضع إلى أحد النظريتين: التبريد بالتظليل أو التبريد بالتبخير (De Munck, 2013). فأما نظرية التبريد بالتظليل فتعتمد على ظاهرة مفعول التبريد the cooling effect phenomenon و التي تعتمد على عدة محددات هي : (أ) تظليل سقف الأشجار the tree canopy shading effect (ب) مفعول الخلفيـــة the background effect و (ج) مفعول الموقع site specification effect؛ و أما نظرية التبريد بالتبخير فتعتمد على ظاهرة مفعول الواحة the oases effect phenomenon و التي تعتمد على عدة محددات هي: (أ) مفعول كثافة الغطاء النباتي the vegetated density، (ب) مفعول التبخـــر- نتح the evapotranspiration effect و (ج) مفعول حركة الهواء the air effect، [(Riou, 1990)، (Shashua-Bar and Hoffman, 2000)].

1. إقليم الدراسة:

كتكملة و استمرارية للبحث الذي قمنا به في رسالة الماجستير (أحريز, 2003) و الذي كان صلب موضوعه يتحدث عن دراسة تأثير المجال الأخضر على مناخ المجال العمراني لكن ككتلة واحدة منسجمة بواحات الصحراء الكبرى، إخترنا لهذا البحث أيضا الصحاري الحارة كنموذج للأقاليم الجافة، مثلما إخترنا الواحة منها كأرضية للدراسة.

و ما الصحاري إلا مناطق تندر فيها الحياة النباتية و هذا ما ينجر عنه ندرة في الحياة الحيوانية و البشرية و هذا ناتج عن قسوة مناخ الصحاري بكل أنواعها الحارة, المعتدلـــــــــــــــة و الباردة و ما يهمنا منها في هذا البحث الصحاري الحارة (Ahriz, 2009). و ما الواحات إلا أحد أكبـــــــــــــــر إنجازات البشرية إبداعا بالتضاد الذي تخلقه بين قسوة الصحراء و طراوة الواحة, و لقد كانـــــــــــــت الواحات أول التجمعات البشرية التي تحدت الصحراء القاحلة على الإطلاق و من ثم توسعت و تضخمت لتصبح قرى و مدنا واسعة المدى مغيرة المورفولوجية الأصلية لها و المكونـــــــــــة من الثلاثية المترابطة **الماء – النخيل – المجال المشيد** (أحريز, 2003).

هذه الثلاثية التي كانت تعيش في وقت ما حالة الانسجام البيئـــــــــــــي Eco_Symbiosis (Daget, 1974) التي أوصلتها إلى ما يسمى علميا بالاستقرار البيئي أو حالة Climax (Daget, 1974) والذي من مظاهره الفرق الحراري و الرطوبي الشاسع بين مناخ الصحراء القاحلة و منـــــاخ الواحات. كل هذا تغير إلى أشكال عمرانية جديدة قد لا نحكم عليها بالسيئة إنما كانت وفق معايير إقتصادية، إجتماعية وإدارية مدروسة لكن أهمل و همش فيها الجانب المناخي الذي هو صلب موضوعنا؛ فالمجال الأخضر أصبح عنصرا مكملا للمجال المشيد بعد أن كان جزءا لا يتجزأ منه. و المجال المشيد تغير نمطه تغيرا كبيرا فاتسعت الطرق و عبدت الشوارع بالإسفلت و استوردت مواد بناء جديدة و غاب عن كل هذا المجالات الخضراء مما يؤدي إلى ارتفاع كبير في درجات الحرارة و انخفاض في الرطوبة داخل المجال العمراني مثل ما أكده الباحث Rosenfeld et al (1995).

2. تساؤلات البحث:

من خلال هذا الطرح التمهيدي حاولنا تسطير التساؤلات العلمية التالية:

- إن آمنا حقا بقدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الإيجابي في الفضاءات العمرانية المفتوحة، فهل هناك نسبة ما من المجال المزروع GCR على مستوى الوادي العمراني يجب استعمالها للوصول إلى أقصى قيم التعديل المناخي وهل ينجر عن تجاوزها أي آثار سلبية في واحات الصحاري الحارة؟
- إن كان هناك حقا تعديل إيجابي للعناصر المناخية من طرف المجال الأخضر، فما أثر ذلك على الراحة الحرارية الخارجية The Out Door Thermal Comfort لمستعملي الوادي العمراني بواحات الصحاري الحارة؟
- من أجل الوصول إلى توقع وتقييم قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي في الوادي العمراني، ما هي نظرية التبريد التي يجب تطبيقها والتي من شأنها إعطاء توقعات عالية في الدقة بواحات الصحاري الحارة؟

3. فرضيات البحث:

من أجل الإجابة على التساؤلات المطروحة حاولنا الإنطلاق من الفرضيات التالية:

- قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي محدودة وعمليـــــــــة تغطية الوادي العمراني بنسبـــــــة عالية بهدف تظليله ينجـــر عنها إحتباس الأشعة الحرارية طويلـــــــــة الأمواج أو ما نسميـــــــــها بظاهرة الدفيئة المصغرة the Micro Green House Effect وهذا خلال الأشهر الحارة من السنة.

- يقوم المجال الأخضر بتعديل العناصر المناخية على مستوى الوادي العمراني تعديلا إيجابيا هاما من شأنه خلـــــــق مناخ مصغر مما يؤثر إيجابا على مستوى الراحة الحرارية الخارجية للمستعمل بنسبة كبيرة على مدار اليوم وطوال السنة.

- إنطلاقا من الخصائص المناخية لواحات الصحاري الحارة من درجة حرارة جد مرتفعة ورطوبة نسبية منخفضة وللوصول إلى تقييم التعديل المناخي للمجـال الأخضر في الوادي العمراني نلجأ إلى عملية تركيب نظريتي التبريد بالتظلـــــــيل والتبريد بالتبخير وهو ما أطلقنا عليها بنظرية التبريـــد المركب والتي تعتبـــــــر الأمثل لمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء بالصحاري الحارة.

4. أهداف البحث:

نرمي من خلال بحثنا هذا إلى الوصول عدة أهداف مترابطة ومتسلسلة نلخصها فيما يلي:

- تقييم التعديل المناخي الناتج عن السلوك الحراري للمجالات الخضراء في الفضاءات العمرانية المفتوحة بواحات الصحاري الحارة.
- معرفة النسبة القصوى من المجال المزروع GCR والتي يصل عندها المجال الأخضر إلى أقصى درجات التعديل المناخي في الفضاءات العمرانيـــــــة المفتوحة بواحات الصحاري الحارة.
- تقييم مدى تأثير المجالات الخضراء على مستوى الإحساس بالراحة الحرارية الخارجية في الفضاءات العمرانية المفتوحة بواحات الصحاري الحارة.
- معرفة ذلك يساعدنا فـــــــــي البحث عن أساليب إدراج المجال الأخضر كعنصر مناخي بالتصميم العمراني.

5. منهجية البحث:

ترتكز هذه الدراسة على التجربة و المنهج التجريبي في البحث العلمي، هذا المنهج الذي يقسم التجربة إلى أربع: التجربة المرتجلة، التجربة غير المباشرة، التجربة العملية التطبيقية و التجربة العملية النظرية و التي سنعتمد عليها في هذا العمل و هي تستند أساسا على المعالجة النظرية لمعطيات مختلفة، معالجة رقمية تمكننا من محاكاة الواقع و توقع المعطيات المناخية الجديدة وفقا للتعديل الذي يقوم به المجال الأخضر؛ و هو ميدان حديث العهد يلقب بتمثيل المناخ العمراني Urban Climate Modeling، هذا الأخير الذي كان موضوع بحث جدي منذ النصف الثاني من القـرن XX و إلى يومنـــــا هذا [(Cionco, 1965)، (Greene, 1980)، (Williamson and Erell, 2001)، (Baklanov et al, 2009)، (Dorer et al, 2013)، (Krayenhoff et al, 2015)،(Upreti, 2017)].

لكن ما لفت انتباهنا هو أن مجمل إن لم نقل كل النماذج المنجزة لحد اليوم لتوقع المعطيات المناخية في المجال العمراني تحت تأثير المجال الأخضر لا تمس مناخ الصحراء والواحات كتجمعات بشرية صحراوية وإن وجدت فهي لا تخدم أهداف هذا البحث، لأجل ذلك سنحاول في عملنا هذا تطوير نموذج رياضي جديد من شأنه تمثيل المناخ العمراني و أثر المجالات الخضراء عليه و على الإحساس بالراحة الحرارية الخارجية؛ وعملية إنشاء نموذج من هذا النوع تخضع للعديد من المناهج العلمية أثناء عملية التطوير أهمهـــــــــــا [(Grimmond and Oke, 2002)، (Aschwanden and Oke, 2003)، (Bruse, 2015)، (Krayenhoff et al, 2015)]:

- المنهج التجريبي the experimental - Based modeling.
- منهج العملية the Process Based Modeling.
- المنهج الإقتراني the Coupled Based Modeling.
- المنهج التجميعي the Synthesis Approach Modeling.
- المنهج الشمولي the Holistic Approach Modeling.

ولحد كتابة هذه الأسطر فإن منهج العملية the Process Based Modeling في إنشاء نماذج تمثيل المناخ العمراني هو الرائد في هذا الميدان و ذلك حتى المستقبل القريب بمنحه دقة لا متناهية في النتائج بتخصصه في ميدان محدد، في نفس الوقت فهو يمنح إمكانية الإقتران أو التجميع مع نماذج أخرى؛ و هو المنهج الذي سنعتمد عليه في تطوير نموذجنا الرياضي الذي أطلقنا عليه إسم: SPUCAL (Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands)، نموذج سيكون الأول من نوعه في العالم و المتخصص بتقييـــــــــــــــم المناخ العمراني بالأقاليم الجافة بصفة عامة و الصحاري الحارة على وجه الخصوص.

6. عينة الدراسة:

إخترنا لهذه الدراسة مدينة المغير كأحد أكبر واحات وادي ريغ والمتواجد بشمال الصحراء الكبرى، و ذلك تكملة للبحث المقدم في رسالة الماجستير و أبحاث أخرى تلته، وبعد القيام بدراسة وتصنيف الوديان العمرانية بها إستخلصنا إلى أن المدينة تحوي بنسبة 90% على ثلاث أشكال هندسية من الوديان صنفناها بناءا على النسبة الهندسية للعرض على الإرتفاع H/W، أين جاء الصنف الأول بنسبة 0.4، الصنف الثاني بنسبة 0.8 والأخير بنسبة 1.2 كما قمنا بإختيار عينتين من كل صنف الأولى ذات التوجيه شمال-جنوب والثانية شرق-غرب لكونهما الإتجاهين الأكثر سوادا بالمدينة. ليكون الناتج 06 عينات بثلاث نسب هندسية مختلفة واتجاهين متعامدين.

7. المساهمة العلمية:

ينطوي هذا العمل تحت لواء علم المناخ العمراني أين سنحاول المساهمة بتطويره ولو بالشيئ اليسير وكما تنص أهداف هذا البحث ومنهجيته فسنحاول تقديم نموذج رياضي جديد من شأنه تسهيل عملية المختصين في ميدان المناخ العمراني بالأقاليم الجافة، كما سنقوم بتطوير العديد من العلاقات الرياضية التي ستستعمل لأول مرة في هذا الإختصاص؛ ومن جهة أخرى سيقدم هذا البحث نتائجه النهائية كعلاقات رياضية نسبية تظهر قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي من أجل توفير الراحة الحرارية الخارجية.

8. خطة البحث:

ينقسم هذا البحث إلى ثلاث أجزاء هامة مترابطة ومتسلسلة:

- **قسم نظري:** سنحاول فيه تقديم أهم ما توصل إليه العلم من أسس، نظريات ومفاهيم تخص الصحاري الحارة، المناخ العمراني وعلاقته بالمجالات الخضراء والراحة الحرارية الخارجية خاتمين كل فصل بتقديم أهم الإستراتيجيات المتوفرة في الساحة العلمية.
- **قسم رياضي:** والذي سنحاول فيه صب كل ما توصلنا إليه في القسم النظري ومن ثم بلورته لتطوير نموذجنا الرياضي لتمثيل المناخ العمراني بالأقاليم الجافة والذي سيقدم على هيئة البرنامج المعلوماتي SPUCAL.
- **قسم تطبيقي:** أين سنقوم بتجربة علمية عملية وذلك بتطبيق نموذجنا الرياضي المطور في القسم الرياضي على العينات المختارة لأجل الوصول إلى تحقيق الأهداف المسطرة مسبقا.

9. بنية البحث:

جاء بحثنا هذا في أحد عشر فصلا بين نظري وتطبيقي منطلقا بفصل تمهيدي ومنتهيا بخلاصة عامة أين طرحنا أهم النتائج المتوصـــــــل إليها مع جملة من التوصيات والأهداف المستقبلية، أما باقي الفصول فجاءت كما يلي:

- **<u>الفصل الأول:</u> الأقاليم القصوى، الصحاري والواحات:**

تطرقنا في هذا الجزء من الأطروحة إلى تصنيف الأقاليم في العالم بين المعتدلة والقصوى، ومن ثم صنفنا الأقاليم القصوى واصلين إلى الحديث عن الصحاري: أشكالها وأصنافها، لنفسح المجال لحديث مطول عن أحد أهم التجمعات البشرية في الصحاري ألا وهي الواحات. خاتمين هذا القسم بعرض أهم الإستراتيجيات التي إتبعها سكان الواحات لمجابهة مناخ الصحاري القاسي وخلق مناخ عمراني معتدل وهو موضوع الفصل الثاني.

- **<u>الفصل الثاني:</u> المناخ العمراني: ظواهر واستراتيجيات:**

قسمنا هذا الفصل إلى 03 أقسام رئيسية: في أولاها تناولنا أهم المفاهيم والنظريات التي تتحدث عن ماهية المناخ العمراني، مستوياته، عناصره والعوامل المؤثرة عليه، لنتحدث في القسم الثاني عن أهم الظواهر المناخية التي تنشأ بفعل تداخل هاته العناصر والعوامل، خاتمين هذا الفصل بالتطرق إلى أهم إستراتيجيات التعديل المناخي المتوفرة عالميا أين وجدنا أن إستراتيجية CSUD تعتبر الأحدث و الأوسع إنتشارا و هي تعتمد أساسا على إستعمال المجال الأخضر كعنصر تصميمي و هو ما سنتحدث عنه في الفصل الثالث من هذا البحث.

- **<u>الفصل الثالث:</u> المجالات الخضراء: خصائص ونظريات:**

خصص هذا القسم للحديث عن المجالات الخضراء، مصنفين أدوارها حسب رأي العديد من العلماء، لنخصص جزءا كبيرا من هذا الفصل للحديث عن أهم الخصائص النباتية والحرارية التي تتحكم في آداءه الحراري، خاتمينه بالتطرق إلى النظريات المتوفرة التي تدرس السلوك المناخي للمجال الأخضر في الفضاءات العمرانية المفتوحة، نظريات تتحدث كلها عن مفهوم جديد هو الراحة الحرارية الخارجية و هو ما سنتطرق إليه بتفصيل في الفصل الرابع.

- **<u>الفصل الرابع:</u> الراحة الحرارية الخارجية:**

تقييم الراحة الحرارية الخارجية يعتبر أحد أهم أهداف عملنا هذا، لذا خصصنا لها فصلا كاملا متحدثين فيه عن أهم المفاهيم والنظريات التي تنظم هذا الميدان، مخصصين الجزء الأكبر منه للحديث عن تصنيف المؤشرات الحرارية التي تساعدنا في تقييمها، مصنفينها إلى مؤشرات بسيطة ومعقدة. و من ثم قدمنا تفاصيل أكثر المؤشرات دقة و ملائمة لمناخ الأقاليم الجافة لإستعمالها في الفصول القادمة لتطوير النموذج الرياضي.

- **<u>الفصل الخامس:</u> الدراسات السابقة في ميدان تمثيل المناخ العمراني:**

يعتبر هذا الفصل حلقة الربط بين الجزء النظري والقسم التطبيقي أين تطرقنا فيه إلى الحديث عن النماذج الرياضية المتوفرة عالميا لتمثيـــــــــل المناخ العمراني، مصنفينها إلى أقسام ومقاربات علمية، خاتمين هذا الفصل بالتطرق إلى معاييـــــــــــــر تصنيفها والتي من شأنها مساعدتنا في الانطلاق لتنظير وبرمجة نموذجنا الرياضي في الفصلين المقبلين.

- **<u>الفصل السادس:</u> تطوير النموذج الرياضي SPUCAL:**

يعتبر هذا الفصل بداية القسم الرياضي أين إنطلقنا في وضع أسس نموذجنا الرياضي SPUCAL مستغلين أحدث وأدق العلاقات الرياضية المتوفرة في ميدان المناخ العمراني كما قمنا بتعديل العديد منها وفي نفس الوقت قمنا بتطوير العشرات من العلاقات الرياضية التي تخص تمثيل المناخ الصحراوي و التي ستستعمل لأول مرة في ميدان المناخ العمراني.

- **<u>الفصل السابع:</u> تطوير النموذج الرياضي الخاص بتمثيل السلوك المناخي للمجالات الخضراء:**

في هذا الجزء من العمل سنقوم بتطوير الجزء الثاني من نموذجنا الرياضي والذي أطلقنا عليه SPUCAL_veg أين قمنا بتطويره لمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء داخل الفضاءات العمرانية المفتوحة، معتمدين دائما على أدق وأحدث العلاقات الرياضية المتوفرة كما طورنا العديد منها ليتأقلم النموذج مع الأهداف المرجوة.

- **<u>الفصل الثامن:</u> تقديم عينات الدراسة وتحديد سيناريوهات التجربة:**

وللوصول إلى التأكد من صحة فرضياتنا وتحقيق أهدافنا المرجوة ولتكون الدراسة أكثر دقة قمنا بإختيار عينات نموذجية لتكون معيارا لما يوافقها في الخصائص، وتكملة لبحثنا المقدم في الماجستير وقع الإختيار على منطقة وادي ريغ لتكون نموذجا عن واحات الصحاري الحارة، مستخرجين منها 03 عينات مختلفة تمثل نماذج الأودية العمرانية والتي نظمناها إلى 108 سيناريـــــــو بإستخدام المخطط العاملـــــــــي the Factorial Plan، خاتمين هذا الفصل بالتطرق إلى كل المراحـــــــــــل التي ستتم بها التجربة في الفصول القادمة.

- **<u>الفصل التاسع:</u> الدراسة التجريبية على العينة A:**

يعتبر هذا الفصل الإنطلاقة الحقيقية للدارسة التطبيقية ببداية التجربة على العينة الأولى أين قمنا بمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء بالأودية العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 وتمثيل المناخ العمراني قبل وبعد تجريب المجالات الخضراء، متوصلين في النهاية إلى تطوير علاقة رياضية من شأنها توقع قيمة التعديل المناخي حسب نسبة المجال الأخضر المزروع.

- **<u>الفصل العاشر:</u> الدراسة التجريبية على العينة B:**

في الفصل العاشر قمنا بدراسة العينة الثانية، أين قمنا بمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء بالأودية العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 وتمثيل المناخ العمراني قبل وبعد تجريب المجالات الخضراء، متوصلين في النهاية إلى تطوير علاقة رياضية من شأنها توقع قيمة التعديل المناخي حسب نسبة المجال الأخضر المزروع.

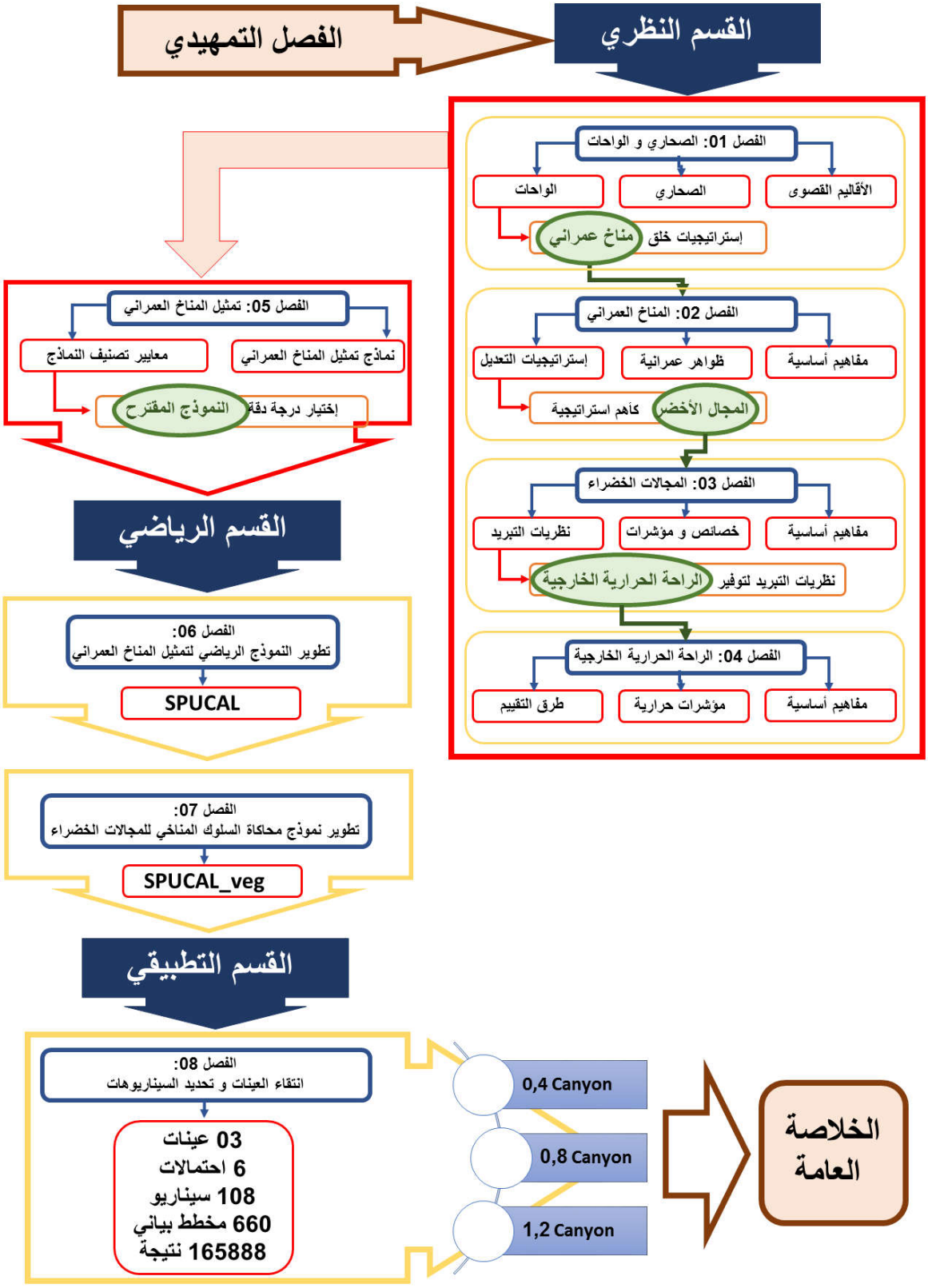
- **<u>الفصل الحادي عشر:</u> دراسة تجريبية على العينة C:**

في الفصل الأخير قمنا بدراسة العينة الثالثة، أين قمنا بمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء بالأودية العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2 وتمثيل المناخ العمراني قبل وبعد تجريب المجالات الخضراء، متوصلين في النهاية إلى تطوير علاقة رياضية من شأنها توقع قيمة التعديل المناخي حسب نسبة المجال الأخضر المزروع.

- **<u>الخاتمة العامة:</u>**

أين لخصنا فيها أهم ما توصلنا إليه في الفصول السابقة الذكر متطرقين إلى أهم النتائج التي توصلنا إليها من خلال التجربة العلمية المقدمة، في الأخير ختمنا عملنا بجملة من التوصيات، الأهداف وأفاق مستقبلية لهذا البحث.

الشكل 0. 1. خطة العمل العامة. المصدر. الباحث.



الشكل 0. 2. خطة العمل المفصلة. المصدر. الباحث.

الفصل الأول

الأقاليم القصوى، الصحاري و الواحات

Dans une oasis, on n'a rien,
mais on ne manque de rien.
-- Achille Tournier --

تمهيد:

يقسم العالم الذي نعيش فيه إلى عدة مناطق و تختلف هذه التصنيفات حسب الفكر، الوجهة و الأهداف، فمن الجغرافيون من يقسمه إلى ثلاث أقاليم: باردة، معتدلة و حارة (Climate-Challenge, 2015)، و منهم من يقسمه إلى أربع أقاليم مناخية: أقاليم إستوائية، شبه إستوائية، أقاليم معتدلة و أخرى باردة (MeteoBlue, 2015). و منهم أيضا من يقسم المناخات بدورها إلى ستة: (أ) قطبي، (ب) معتدل، (ج) جاف، (د) إستوائي، (ه) متوسطي و (و) جبلي (Bennett, 2015). في الوقت الذي قسم فيه الباحث Köppen العالم إلى خمس: (أ) إستوائي، (ب) جاف، (ج) معتدل، (د) قاري و (و) قطبي (Koppen, 2011).

1. الأقاليم القصوى:

التنوع الكبير في تصنيف الأقاليم المناخية في العالم يعود بالدرجة الأولى إلى جملة من الشروط والمعايير التي بإمكاننا الإستناد إليها للحكم عن نوع مناخ أو صبغة إقليم ما. هذه المعايير التي تأخذ الحياة البشرية أساسا لها، هذه المعايير التي تقسم العالم قبل كل شيء إلى مجالين هما Berre and Ramousse (2006):

- المجالات المعتدلة Moderate environments.
- المجالات القصوى Extreme environments.

أما المجالات المعتدلة فهي التي تعرف بإعتدال العناصر البيئية فيها ومنها: (أ) PH قريب من الحيادية، (ب) درجة حرارة تتراوح بين 20 °C و30 °C، (ج) ضغط جوي في حدود 1000 HP، (د) تركيزات معقولة للملوحة، (ه) تناوب معتدل بين الليل والنهار، (و) فصول مقروءة وغير متداخلة، (ز) قيم فيزيائية وكيميائية للجو معقولة. و كلما ابتعدنا عن هذا النموذج يصبح المجال أقصى [(Berre and Ramousse, 2006), (Thiel, 2015)].

هذا الأخير الذي يعرف بأنه مجال أين العديد من العناصر البيئية تأخذ قيما أكبر بكثير أو أقل بكثير من القيم العادية، و من المجالات القصوى في العالم البراكين، قمم الجبال، المسطحات المائية، القطبين و الصحاري (Berre and Ramousse, 2006) هذه الأخيرة التي تعتبر محط دراستنا.

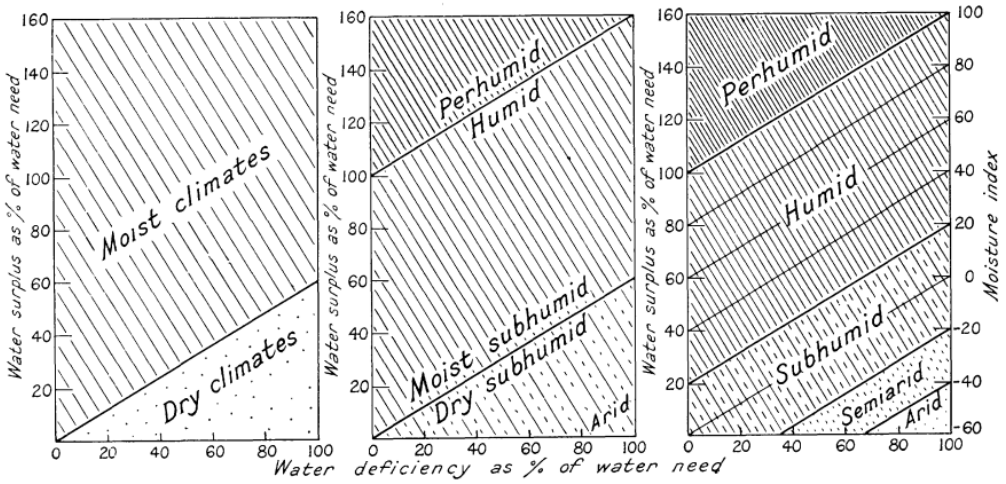
2. الصحاري في العالم:

تغطي الصحاري في العالم ازيد من 50 مليون كلم^2 (Larousse, 2016) و هو ما يعادل ثلث مساحة القارات, و هي تنتشر في كل بقاع الأرض مشتركة في بعض العوامل: ندرة التساقطات، ندرة الغطاء النباتي و الحياة الحيوانية، الإشعاع الشمسي الكبير، الرطوبة المنخفضـــة و الفارق الحراري النهاري الشاسع أين الفارق الحراري اليومي وصل إلى حدود 50 °C (Larousse, 2016) في حين وصل حدود الفارق السنوي إلى 60 °C (Encarta, 2009).

1.2. تعريف الصحاري:

إصطلاحا فإن الصحراء تعرف على أنها منطقـــــــــة ما تندر فيها التساقطات لتصل إلى أدنى من 100 mm في السنة، كما تقل فيها الحياة النباتية و تكاد تنعدم فيها الحياة البشرية (Larousse, 2016). أما حسب كبار المؤرخين و الجغرافيين في التاريـــخ كـــــهيرودوتس و اليعقوبي فإن الصحراء تعني منطقة بدون حيـــــــــاة أو أرض بور بمعنـــــى آخـــــــر (Berre and Ramousse, 2004)، و من وجهة نظـــــــــر بيوجغرافيـــــــة حســـــــــــــب DA Lage and Metailie (2000) و ذلك نقلا عن GEOLAB (2010a) أن الصحراء محيط أين الشروط البيئية به (مناخية كانت، هيدرولوجية أو عوامل التربة) لا تتيح مجالا للحياة النباتية أو الحيوانية إلا في بعض المناطق النقطية الأكثر إعتدالا. أما الباحث Thornthwaite (1948) فيعطي تعريفا و تصنيفا دقيقا للصحاري يعتمد على مؤشر الرطوبة *(Moisture Index)* ، فإذا كانت قيمة MI أقل من -20 فإن المنطقة تصنف ضمن الأقاليم الجافة و هي صحراء (الشكل 1.1)؛ أين:

$$MI = 100 \cdot {(Annual\ Rains - 0.6 \cdot Annual\ Deficit)}/{ET0} \quad \text{..... 1. 1}$$



الشكل 1. 1. مؤشر الرطوبة لـ Thornthwaite. المصدر. Thornthwaite (1948).

و كتعريف عام يمكننا القول أن الصحراء إقليم شبه جاف إلى جاف أين: (أ) كمية التبخر تفوق كمية التساقطات، (ب) الإشعاع الشمسي من متوسط إلى قوي، (ج) التساقطات نادرة إن لم نقل منعدمـــــــة، و (د) الغطاء النباتي غير مستمر أو غائب تماما مما يعرض الأرضية مباشرة للعوامـــــــل الجويـــــــة المختلفة (GEOLAB, 2010a).

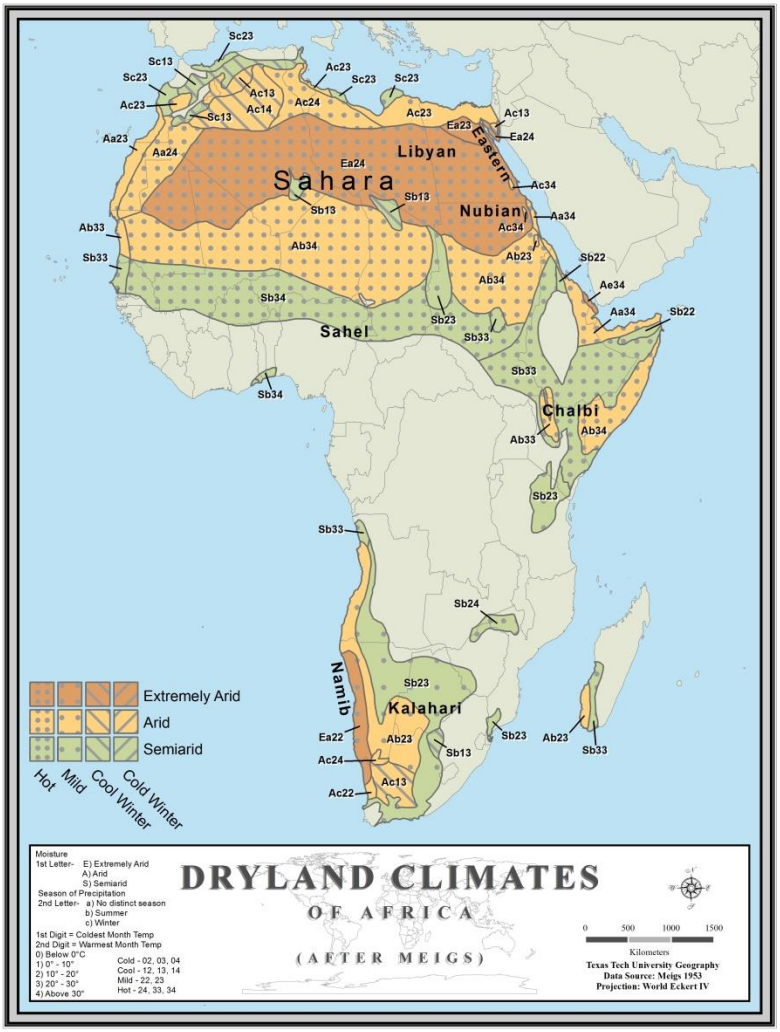
2.2. تصنيف الصحاري:

هناك عدة تصنيفات للصحاري و هذا حسب المناخ، الموقع، الخصائص الجغرافية و غيرها من التصنيفات التي سطرها الباحثون في هذا الميدان؛ كما توجد العديد من الإصطلاحات المعتمدة و التي تعبر عن الجفاف كظاهرة عامة كـ: (أ) إقليم جاف Arid land، (ب) صحراء Desert، (ج) إقليم شبه جاف Semi-arid land، (د) إقليم شبه صحراوي Semi-desert، (ه) صحراء مطلقة Absolute desert، (و) صحراء حقيقية True desert، (ز) صحراء قصوى Extreme desert، (Meigs, 1952)؛ و من أهم التصنيفات المتداولة نذكر:

1.2.2. تصنيف Meigs:

و يعتمد تصنيف Meigs (1952) على مؤشر الرطوبـــــة للباحث Thornthwaite (1948)، أين يصنـــــــف الباحـــــــث الأقاليم الصحراوية إلى ثلاث (أنظر الشكل 2.1):

- ✓ **أقاليم شبه صحراوية:** أو أقاليم شبه جافة، أين مؤشر الرطوبة $-40 < MI < -20$ ، والتساقطات تكفي لإنتاج بعض المحاصيل الزراعية.
- ✓ **أقاليم صحراوية:** أو جافة، أين مؤشر الرطوبة $MI \leq -40$، والتساقطات لا تكفي لإنتاج أي نوع من المحاصيل الزراعية.
- ✓ **صحاري قصوى:** أو أقاليم شديدة الجفاف ، هذا المصطلح المعتمد لأول مرة من طرف الأستاذ Emberger (1942) و ذلك نقلا عن Meigs (1952) أين عرف به أي منطقة لم تسجل بها أي نسبة من التساقطات لمدة 12 شهرا.



الشكل 1. 2. تصنيف الصحاري الأفريقية حسب Meigs. المصدر. (2011) .Nice.

2.2.2. تصنيف Logan:

إبتكر الباحـــث Logan عام 1968 و ذلك نقـــــــــــلا عن Webb and Wilshire (2012) تقسيما جديدا للصحاري حسب أسباب جفافها و هو تصنيف أقرب إلى التقسيم الجغرافي، فقسمها إلى 05 أصناف (الجدول 1.1):

أ. **الصحاري شبه المدارية Subtropical Deserts**: تتميز بالحرارة العالية، التشميس الحاد، شتاء معتدل، كما تعرف فرقا حراريا يوميا شاسعا.

ب. **الصحاري الساحلية الباردة Cool Coastal Deserts:** هي أشرطة صحراوية ضيقة وتكون غرب القارات، محصورة جغرافيا بين المناطق المدارية حتى خط الاستواء وهي تعرف بالرياح البحرية الباردة.

ت. **الصحاري القارية Continental Deserts:** يعرف هذا النوع بشتاء قارس وصيف حار جدا أين السنة مقسمة إلى فصلين: (أ) شتاء حاد جدا مع تشكل الجليد (ب) صيف حار جدا مع ظاهرة الجفاف القاسي؛ وبهذا فالحياة النباتية والبشرية تواجه عائقين: مائي وحراري.

ث. **الصحاري القطبية Polar Deserts:** بالنسبة للقطبين فإن الأمطار تكاد تكون منعدمة بسبب البرد القارس وحالة مياه هذه المناطق إما ثلوج أو جليد.

ج. صحاري المأوى Rain Shadow Deserts: وهي الصحاري التي تأتـــــــــــــــي في أقدام السلاسل الجبلية الكبرى والتي تمنع وصول الأمطار إليـــــــــــها. و تستمد جفافها من مفعول فوهن FOEHN Effect (GEOLAB, 2010b).

الجدول 1. 1. تصنيف أشهر صحاري العالم حسب نظرية Logan.
المصدر. الباحث بتصرف عن Webb and Wilshire (2012).

الصحاري		التصنيف			
		الشبه مدارية	الساحلية الباردة	المأوى	القارية
صحراء موهافي	Mojave	X (جزء)		X (جزء)	X (جزء)
صحراء سونورا (جيلا)	Sonoran	X (جزء)		X (جزء)	
الحوض العظيم	Great Basin			X (جزء)	X (جزء)
صحراء الشيواوا	Chihuahuan	X			
صحراء كالاهاري	Kalahari	X			
صحراء ناميبيا	Namib		X		
الصحراء الكبرى	Sahara	X			
الصحراء الصومالية الكينية	Somali-Chalbi	X			
شبه الجزيرة العربية	Arabian	X			
صحراء إيران	Iranian				X
صحراء ثار	Thar	X			
صحراء تركستان	Turkestan				X
صحراء تكلامكان	Takla-Makan				X
صحراء غوبي	Gobi				X
الصحراء الأسترالية	Australian	X			
صحراء باتاغونيا	Monte-Patagonia			X	
صحراء أتاكاما البيروفية	Atacama-Peruvian		X		

3.2.2. تصنيف Whittaker:

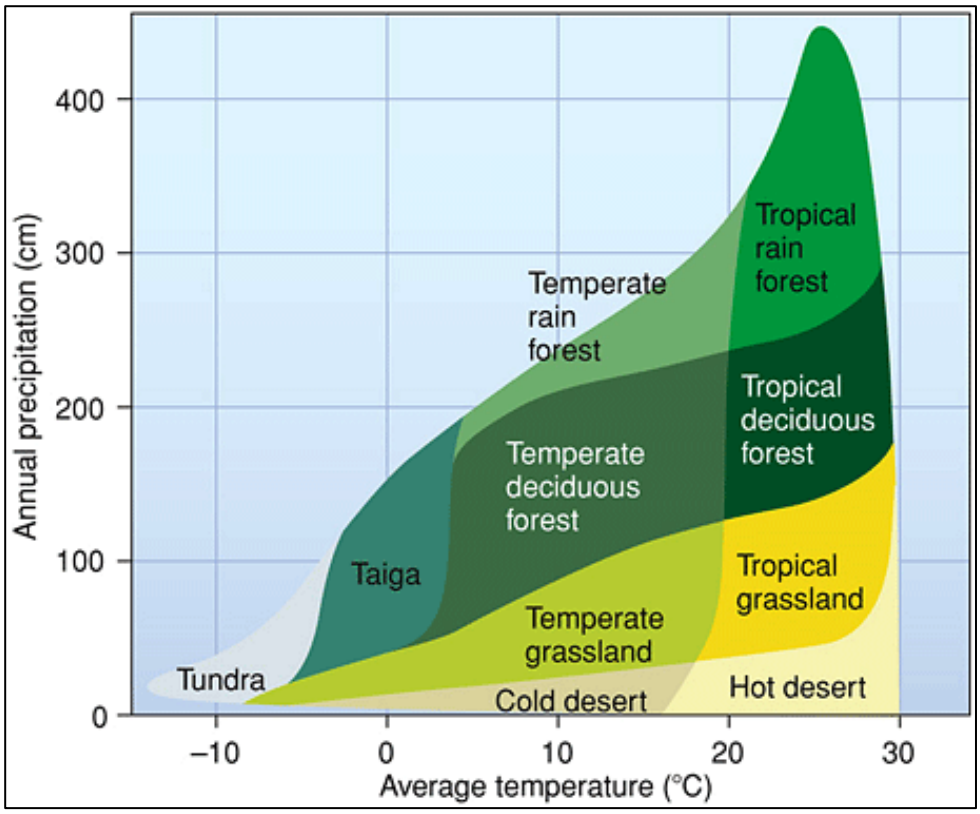
إعتمد الباحث Whittaker في تصنيفه المنجـــــــــــــــــــــز عام 1970 و ذلك نقلا عن Agarwal and Sangal (2008)، تصنيف حراري قسم فيه الصحاري إلى 04 أقسام:

أ. **الصحاري المدارية وشبه المدارية:** وهي صحاري شبه مدارية واستوائية أيضا، وهي صحاري حارة والفرق الحراري فيها كبير جدا مع فصولها المتباينة.

ب. **الصحاري المعتدلة:** و هي الصحاري ذات متوسط الحراري بين 0 °C و 20 °C و ذات شتاء طويل نسبيا بمعدل حراري أدنى من درجة الصفر CADI (2017).

ت. **الصحـــــــاري الباردة:** و هي الصحاري التي تكون فيهـــــا التساقطات ثلوج وجليد بدون أمطار MBG (2002).

ث. **الصحاري القارسة والجبلية:** والمتميزة بدرجة الحرارة جد المنخفضة والإرتفاعات العالية، وتسمى أيضا علميا بأقاليم التندرا Tundra Lands.

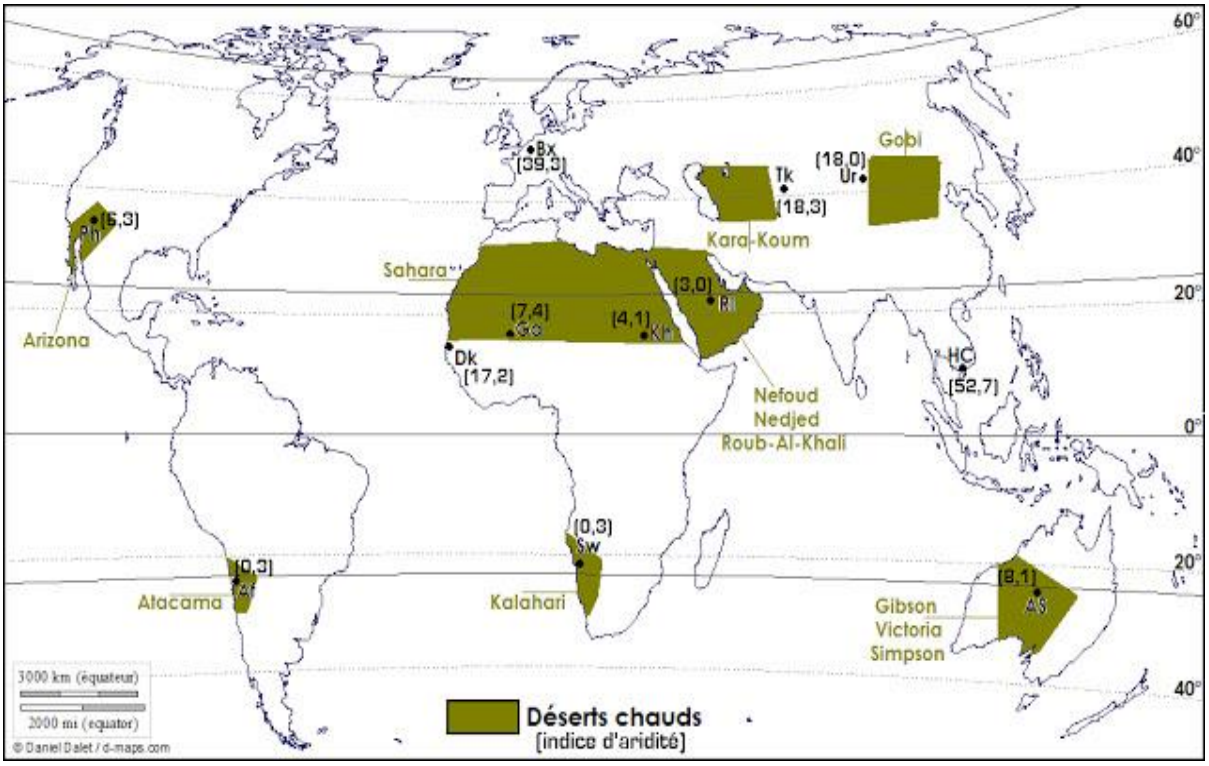


الشكل 1. 3. تصنيف Whittaker موضحا فيه أنواع الصحاري في العالم. المصدر. EarthLabs (2015).

3. الصحاري الحارة:

تعتبر الصحاري الحارة في العالم صحاري مدارية إلى شبه مدارية وهذا حسب التصنيفات السابق ذكرها، وهي محصورة جغرافيا على العموم بين مداري الجدي والسرطان (أنظر شكل 4.1).

و تمتاز الصحـــــــــــــــاري الحارة في العالم بخصائص مناخية تميزها عن غيرها من الصحاري و الأقاليـــــــــم الأخرى : (أ) تعتبر من أكثر المناطـــــــــق جفافا في العالـــــــــــم، (ب) المعدل الحراري السنوي يفوق C°18 بفصول حارة على العموم، (ج) رطوبة نسبية منخفضة جدا، (د) تساقطات ضئيلة و متذبذبة، (ه) أكبر نسب تشميس في العالم، (و) فارق حراري نهاري شاسع جدا وصل إلى -19 C° ليلا +49 C° نهارا أين الفقدان الحراري السريع يعود إلى نقص كمية الرطوبة في الهواء، (ز) سجلت بها أقصى درجات الحرارة في العالم، (ح) التساقطات سنويا أقل من نصـــــــــــف كميات التبخر- نتح [(GEOLAB, 2010b)، (WildTracks, 2013)].



الشكل 1. 4. تموقع الصحاري الحارة في العالم. المصدر. Faes (2012).

4. الواحات:

تاريخيا فقد ذكر مصطلح الواحة لأول مرة في التاريخ من طرف المؤرخ و الجغرافي الإغريقي هيرودوتس و ذلك عام 450 ق.م، مستعملا إياه لوصف واحـــــــــة خرجة المصريـــــــــة (Toutain et al, 1989). هذا المصطلح Oasis الذي نقل من الإغريقية إلى كل لغات العالم دون تغيير يذكر؛ و هو يرمز اليوم إلى غابات النخيل بالرغم من أن العديد من واحات الصحاري الباردة كواحات طرق الحرير في الصين لا تتواجد بها غابات النخيل (Toutain et al, 1989).

أصل الكلمة مستلهم من اللغة المصرية القديمة و قد وجدت نفس الكلمة في كل من اللغات القبطية و الأمازيغية و كانت تعني " المكان المأهول" (Toutain et al, 1989)؛ والواحة لغة تعني أي مكان يمنح راحة نفسية و فيزيائية لإنسان ما في وسط محيط عدائي و قاس (أحريز, 2003). في الوقت الذي يعرفها الباحث Riou (1990) عن أنها منطقة تختلف تماما عن محيطها الخارجي الجاف بخلقها مناخا مصغرا في قلب الصحراء. و أين يثبت الباحث Lacoste (2016) التعريف السابق متحدثا عن التضاد الصارخ بين مكوناتها كالماء و المجال الأخضر و بين المحيط الخارجي لها الجاف أو شبه الجاف.

1.4. واحات الصحاري الحارة:

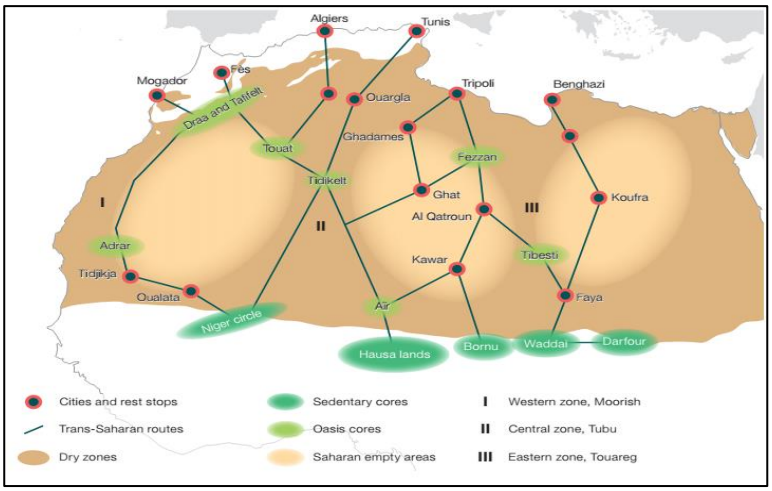
حسب هيرودوتس فإن أولى واحات العالم كان بالصحراء الكبرى بالضبط بالصحراء المصرية غرب النيل أين تحدث عن واحات دخله، خرجه و الفرافرة؛ واصفا التضاد الكبير الحاصل بين مناخها و منظرها العام و بين الصحراء المحيطة بها (Larcher, 1850). و حسب المؤرخين فإن هاته الواحات كانت أكبر، أغنى و أكثر عددا من السكان منها اليوم، حتى أن الإسكندر الأكبر اختار سواح Siouah ليتوج نفسه فيها ملكا على مصر (أحريز, 2003).

و في العالم القديم أين كان عبور الصحاري الحارة يدوم لأيام، أسابيع بل لأشهر طويلة كانت الواحات نقاطا معلمية هامة و إلا فإن عابر الصحراء تاه و مات عطشا، فأكبر عدد من الواحات نشأت و عاشت كمحطة توقف و تزود للقوافـــــل كطرق الذهب في الصحراء الكبرى و طرق الحرير في آسيا (Toutain et al, 1989) (أنظر الشكل 5.1). إلا أنه مثبت تاريخيا أن أكبر و أضخم الواحات و أكثرها سكانا كانت تلك المتواجدة على ضفاف المجاري المائية مصر، العراق و أواسط آسيا حيث كانت تعتبر مراكز استقرار معيشي و هذا يعود إلى العصور العتيقة أين كانت معظم الشعوب التي تعيش في مثل هذه الواحات تعتمد على الزراعة المعاشية كالقمح و الأرز بالإضافة إلى بعض أعمال البستنة البسيطة، لكن المهم ذكره أن هاته الواحات الكبيرة كانت مصدرا تاريخيا ديمغرافيا هاما لنشأة أعظم إمبراطوريات العالم

القديم، و هنا يعكس سبب النشأة في حجم و نوعية الواحة فالسابقة ذكرها نشأت لتكون مراكز استقرار معيشي في حين أن النمط الذي ذكر قبلا (واحات القوافل) نشأ لضرورة تجارية و عسكرية، فالحاجة الماسة لمحطة تزود القوافل خاصة بالماء أدت بالمعنيين إلى إنشاء واحات في مناطق جد صعب الاستقرار فيها و هذا ما يفسر الأحجام الصغيرة و العدد القليل من السكان القاطنين بها عكس النمط الآخر الذي تضخم بفعل ترسب السكان أجيال بعد أجيـــــــــــال قرب المياه المتوفـــــــــــــرة طبيعيا و بكميات هائلة و دائمة (أحريز, 2003).

لكن سرعان ما طورت تقنيات جد حديثة ومتقنة في استخراج المياه والزراعة ومدت واحات القوافل بساطها على مناطق أوسع وجلبت أعدادا هامة من السكان للزراعة، الري والصيانة بصفة عامة، وأصبحت هاته الواحات زراعية بالدرجة الأولى أين إعتمدت في المراحل الأولى على المنتجات السهلة النقل والثمينة كالتمر والأعشاب الطبية أين كانت عائداتها تغطي مصاريف استخراج المياه والصيانة. في نفس الحقبة الزمنية يظهر نمط آخر من الواحات مشابه للسابق هي الواحات الزراعية النشأة و التي من خصائصها الزراعة التجارية مثل واحات إقليم السوس في المغرب و واحات جنوب العراق اللتان كانتا مصدرا هاما لسكر القصب، كما كان ذلك إنتاجا رئيسيا لواحات البيرو (Toutain et al, 1989).

و ابتداء من النصف الثاني من القرن العشرين يشهد العالم ظهور واحات زراعية جد متطورة عن سابقاتها، واحات تمنح منتجات فلاحية ذات قيمة عالية تتجه نحو التصدير للأسواق الوطنية و العالمية، و مثال ذلك واحات جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية في ولايتي كاليفورنيا California و المكسيك الجديدة New Mexico، أين خلق إنشاء السدود ثروات مائية هائلة و أصبحت الحرارة العالية بوجود هاته الثروة المائية عنصرا إيجابيا و رئيسيا للحصول على المداخيل الضخمة خاصة من زراعة القطن العالي الجودة و الفواكه و ذلك بواحتي الوادي الكبير Grand-Valley و الوادي الإمبراطوري Imperial-Valley، في حين أن الاتحاد السوفياتي سابقا شجع تطور الواحات الزراعية فقد شهدت سهوب أذربيجان نشأة واحات أو بالأحرى مستثمرات قطنية جد متطورة و لم تقتصر هذه الحركة على إنشاء واحات جديدة بل مست حتى الواحات القديمة كواحات أوزبكستان، طاجكستان و كازخستان أين تحولت زراعاتها المتعددة و المعاشية بصورة جذرية إلى إنتاج القطن بكميات هائلة و بنوعية رفيعة (أحريز, 2003).



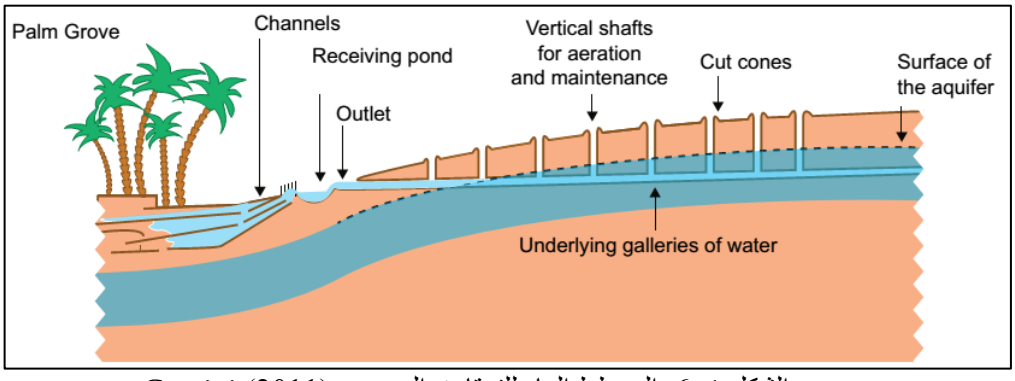
الشكل 1. 5. خريطة التجارة العابرة للصحراء الكبرى. المصدر. OECD (2014).

2.4. مكونات الواحة:

وكما تحدثنا من قبل فإن مكونات الواحات الأم أو الواحات المرجعية إن صح التعبير ثلاث هي: الماء، النخيل والمجال المشيد، هذه الثلاثية التي كانت تعيش في حالة الاستقرار Climax state البيئي مما أتاح للإنسان كصانع لهذه الرائعة أن يجابه قساوة الصحراء لقرون عديدة دون اللجوء إلى حلول إصطناعية كما هو الحال اليوم.

1.2.4. المياه:

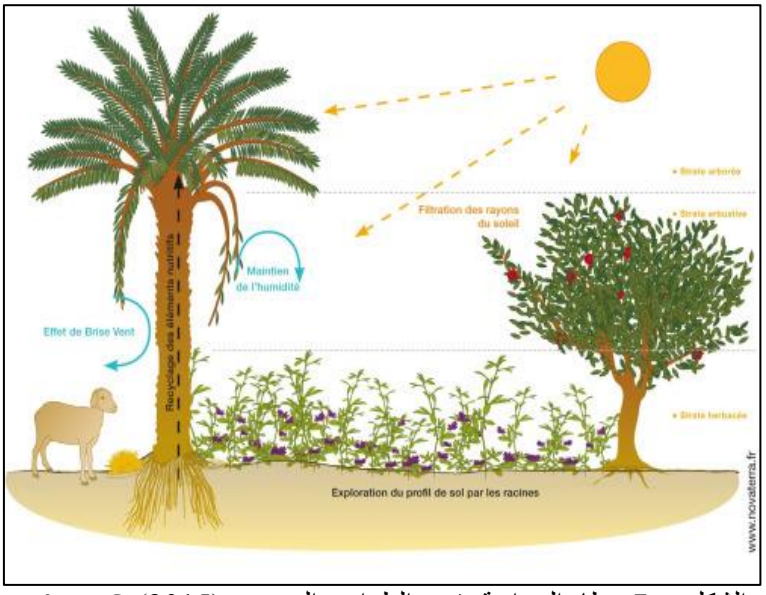
مـــــــــــن الأمور الشائعة علميا أن وجود الواحة دائما مرتبط ارتباطا وثيقا بوجود الماء سواء كان مصدره سطحيا أو جوفيا. لكنه يعتبر عنصر أساسي وليس رئيسي إذ أن سبب نشوء الواحة وطريقة عيشها هي التي تختار في الغالب من الأحوال تموقعها وذلك بتوفر الماء طبعا كعنصـــــــــــــر أساسي في هذا التطور. بصفة عامة فإنه في الواحـــــــــــات، الماء موجه للسقي بالدرجة الأولى ويعتمد سكان الصحاري في هذا على المياه السطحية والتي يكون استعمالها سهلا أو على المياه الجوفية واستخراجها بشتى الطرق كـ: (أ) آبار البكرات الخشبية، (ب) الآبار الارتوازية، (ج) تقنية الفوقارة وغيرها.



الشكل 1. 6. المخطط العام للفوقارة. المصدر. Corsini (2011).

2.2.4. النخيل:

يعتبر النخيل العنصر والمكون الرئيسي في الواحة فهو الذي يضمن وجودها البيئي إن صح التعبير وهو الذي يضمن لها الحماية اللازمة والكافية لمجابهة مختلف الظواهر الطبيعية لمناخ الصحراء القاسي. لكن هنا نحن لسنا بصدد الحديث عن النخل كشجر بل عن النخيل كصناعة بشرية شأنه شأن الواحة، فالنخيل عبارة عن غابات متعددة الطوابق الزراعية. فشجرة النخلة تعتبر شجرة حساسة جدا وتتطلب كميات معتبرة من المياه إلا أنها تستطيع مقاومة شمس الصحراء، وبالإضافة إلى الارتفاعات المعتبرة لها فإنها تخلق فضاءا تحتها مظللا وواسعا في آن واحد. فضاء تمكن الإنسان من استغلاله في عدة ميادين كالزراعة، فغرس أشجار مثمرة مختلفة كالرمان، الزيتون، العنب و التين و بعض الأشجار الأخرى التي تأقلمت مع الجو المظلل الذي خلقه النخل و تحت هذه الأشجار المثمرة توجد أنواع من المزروعات و هي تعتبر زراعة معاشية و بعض أعمال البستنة و تتمثل عموما في الحشائش (كالأعشاب الطبية، حشائش لعلف الحيوان و غيرها)، الحبوب و البقول و الخضار ؛ و هكذا كان هذا النوع من الزراعة يسمى الزراعة متعدد الطوابق و هي استغلال حقيقي و تام للتربة و المياه المتوفرة في الأرضية، و الظل الذي يخلقه النخل.

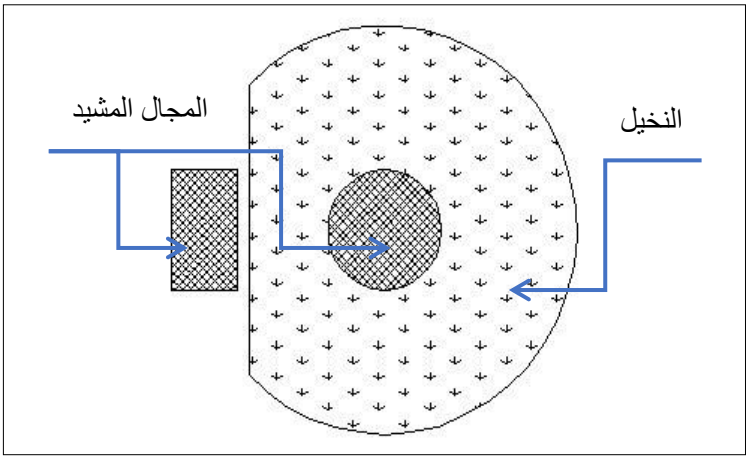


الشكل 1. 7. نظام الزراعة متعدد الطوابق. المصدر. RADDO (2015).

3.2.4. المجال المشيد:

ونصل للحديث عن المجال المشيد في الواحات وما نقصد بالمجال المشيد، إلا الفضاء العمراني والذي أخذ أبعادا، أشكالا ووضعيات مختلفة بالنسبة لغابات النخيل. فمختلف العلاقات التي تربط النخيل بالمجال المشيد يمكننا أن نصنفها ضمن قسمين عامين هما العلاقات الأفقية والعلاقات العمودية، فأما الأفقية فتنقسم إلى ثلاث هي : (أ) التداخل: و هي أن يحوي النخيل المجال المشيد احتواء كليا من كل الجهات و

ينقسم هذا إلى عدة أقسام أهمها الاحتواء و الأحزمة، (ب) المجاورة: و هو ان يكون المجال المشيد مجاورا للنخيل في هذه الحالة توفير الحماية المناخية يتعلق بجهة التجاور و توجيه المجال المشيد، (ج) الانفصال: و هو أن يكون المجال المشيد منفصلا عن النخيل، انفصالا تاما و في هذه الحالة لا يمكننا أن نتحدث عن وجود حماية مناخية. أما العلاقات العمودية فهي ابسط من العلاقات الأفقية بحيث أنها تنقسم إلى نمطين فقط الأول أن يكون فيه المجال المشيد تحت مستوى النخيل أي أن يشيد على نفس الأرضية, في هذه الحالة نستطيع القول أن هناك حماية مناخية قصوى, و الثاني بأن يكون المجال المشيد فوق مستوى النخيل كأن يكون على كدية طبيعية أو تل و قد يعود هذا الاختيار إلى أسباب عدة (أحريز, 2003).



الشكل 1. 8. نظام الإحتواء والمجاورة بين المجال المشيد وغابات النخيل. المصدر. أحريز (2003).

5. إستراتيجيات تعامل سكان الواحات مع قساوة المناخ الصحراوي:

بالرغم من قساوة مناخ الصحاري الحارة إلا أن الإنسان استطاع أن يجابهها، يستوطنها و ينشأ فيها تجمعات عمرانية منذ عشرات القرون، و ما يلفت الإنتباه هو طريقة التأقلم مع هذا المناخ القاسي فالسكان القدامى أبدعوا في ميدان التصميم العمراني بأفكار بسيطة لكنها من وجهة نظر بيئية ذات مردودية رائعة كمبدأ الجوانية، نظام الشوارع نصف المغطاة، نظام الشوارع الملتوية و استغلال النخيل كعنصر تصميمي، في الوقت الذي تسببت فيه عجلة النمو الديمغرافي و الإقتصادي السريع بتغير شامل على المستوى العمراني بين واحات الماضي و الحاضر أين إختفت الشوارع الملتوية تاركة المجال للمخطط الشطرنجي بشوارعه العريضة و الواسعة مزيحة بذلك فكرة الشوارع نصف المغطاة، مع التوسعات العمرانية التي تبتعد رويدا رويدا عن غابات النخيل بتفضيل الإختيارات الإدارية و الاقتصادية مما يجعل من فضاءاتنا المعمارية اليوم لا تطاق حراريا في أغلب أيام السنة.

1.5. النخل والنخيل كعنصر بيئي تصميمي رئيسي:

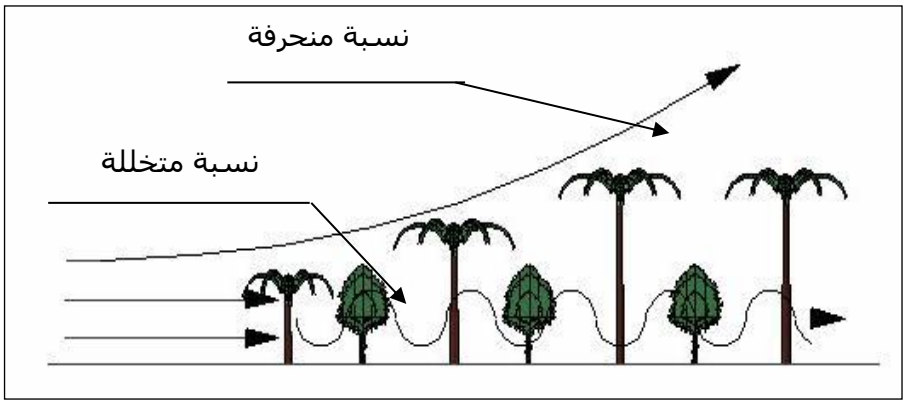
من وجهة نظر تحليلية فلم يعتمد السكان القدامى على النخيل كمورد اقتصادي فحسب بل كعنصر هام في التصميم العمراني، فنسبة كبرى من القصور يشيد على جوانب وحواف النخيل بينما جزء كبير منها يقع في قلب غابات النخيل للاستفادة من عدة عوامل هي:

1.1.5. الحماية من الرياح المختلفة:

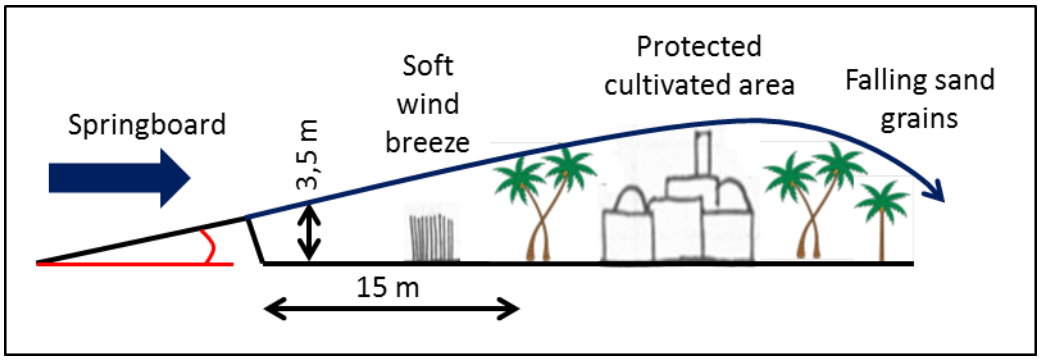
إن كل النظريات والقياسات التي درست ظاهرة الرياح بين الصحراء والواحة أثبتت أن وجود النخيل يفسر بوجود مستوى ذو درجة احتكاك قوية عكس مستوى الصحراء الذي لا يقاوم الرياح بتاتا كما أن النخيل يحول المستوى المعلمي لتحرك الرياح من سطح الأرض 00 م إلى ارتفاع معيـــــن. حيث أن Cionco (1965) نقلا عن أحريز (2003) أثبت أن سرعة الرياح تختلف كل الاختلاف بين الصحراء وفوق النخيل.

أ. الرياح الرملية:

بالنسبة للرياح الرملية فهي قوية جدا في العديد من الأحيان, و لذا تعتمد فعالية صدها على إحداث انحراف في مسارها بواسطة النخيل أو مصدات الرياح و التقليل من حدتها و عفورتها بواسطة الأشجار و المزروعات التحتية, و لهذا نجد انه في الغابات الخارجية للواحات فتستعمل عادة صفوف من النخيل أقصر طولا من المغروس بالداخل و أحيانا صفوفا عديدة و متدرجة و هذا يعطي انحرافا في اتجاه الرياح القوية دون حدوث دوامات هوائية كبيرة قد تؤثر على النخيل (أنظر الشكل 9.1) مع استعمال مصدات للرياح الرملية و المصنوعة عادة من جدار طيني يعلوه تاج من الجريد, او قافزات للرياح (أنظر الشكل 10.1) كما انه لولا وجود الأشجار و المزروعات تحت النخيل لعبرت كل الرياح تحته خاصة و أن المساحات شاغرة أسفل الجريد.



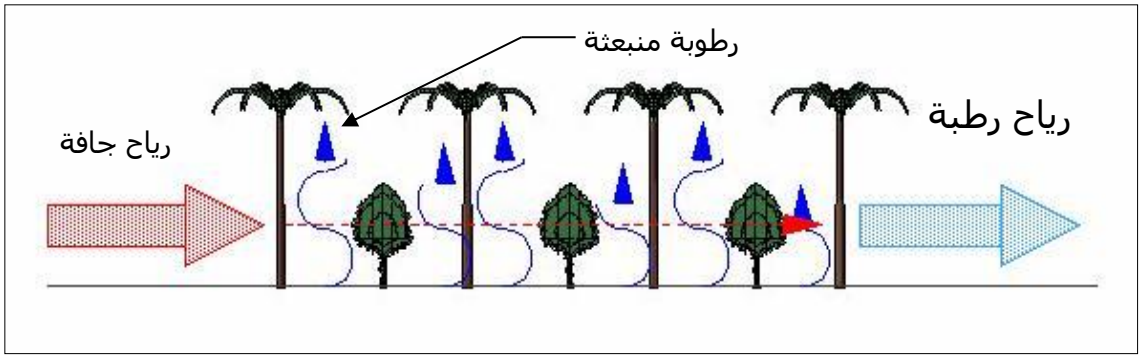
الشكل 1. 9. كيفية إنحراف الرياح الرملية وتقليل سرعتها وعفورتها. المصدر.(2017) Ahriz et al.



الشكل 1. 10. أحد أنواع مصدات الرياح الرملية ويتمثل في قافز الرياح مع النخيل كمدعم للحماية.
المصدر. Ahriz et al (2017).

ب. الرياح الحارة والجافة:

من ناحية الرياح الحارة والجافة والتي تكون عادة بشدات أقل وبسرعات أبطأ فالنخيل في هذه الحالة لا يقوم بالدور الأكبر في ترطيبها إنما دوره هو حماية الأشجار والمزروعات التحتية التي ستقوم بعملية ترطيب الرياح وتخفيض حرارتها (أنظر الشكل 11.1). فوضع منطقة رطبة في قلب منطقة جافة يغير تماما مستويات الرطوبة هذا التغيـير الذي كـان موضوع دراسات Itier and Perrier (1976) و ذلك نقلا عن Ahriz (2009) و اللذان عالجا الموضوع بدراسة درجة حرارة و رطوبة الرياح قبل دخولها الواحة و بعد خروجها منها مع اعتبار أن سرعة الرياح ثابتة لا تتغير. إلى أن أثبـــــــــــت نتائجهما Rider et al (1963) نقلا عن المرجع نفسه.



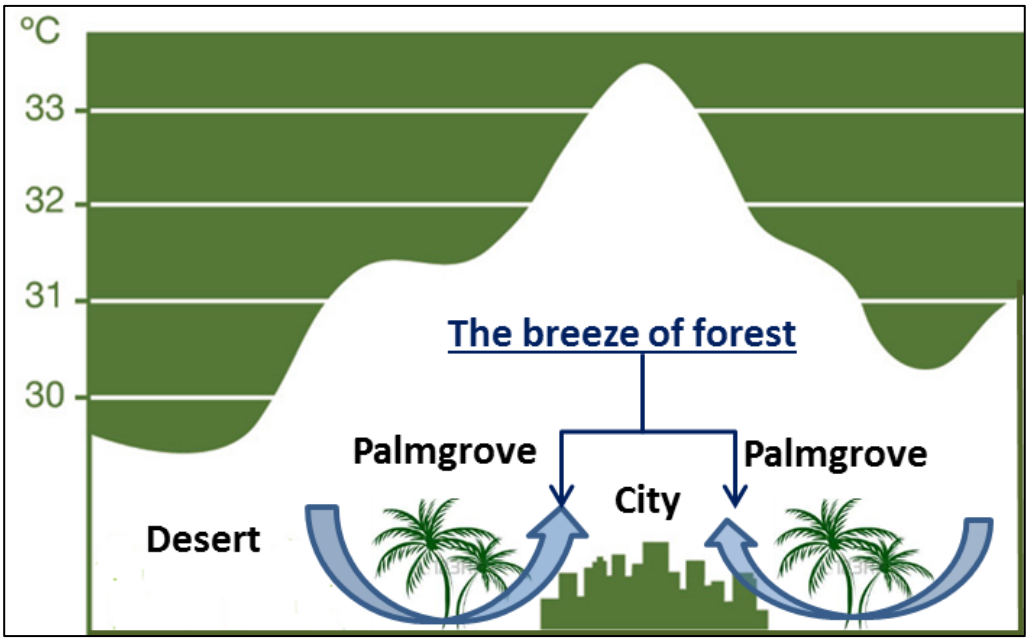
الشكل 1. 11. عملية ترطيب الرياح الجافة حسب نظرية مفعول الواحة. المصدر. أحريز (2003).

في حين أنه في المساكن فقد تتغير وظيفة النخيل خاصة وأننا في هاته الحالة لا نتحدث عن مساحات نخيل شاسعة بل نتحدث عن نخلة مفردة أو زوج لا أكثر، وهنا نستعمل أنواع خاصة من النخيل والتي تكون شابة ولا تتجاوز ارتفاعها قدرا معينا، كما أنه في بعض المناطق من العالم يغرس النخيل قرب الملقف الهوائي لتنظيف الجو وتلطيفه قبل دخوله الملقف.

2.1.5. التعامل مع الحرارة والرطوبة:

تستطيع العديد من الأشجار الكاملة النمو إنتاج كميات معتبرة من المياه التي ترفع من درجة الرطوبة و تخفض من درجة الحرارة و هي كميات ناتجة عن عملية التبخر- نتح, و هاته الكميات تتعلق بنوعيات الأشجار و بدرجة حرارة الهواء؛ و نباتات و أشجار الصحراء عموما و النخيل خصوصا تفقد كميات بسيطة من المياه لتحافظ عليها لنفسها, لذا فإن الرطوبة العالية المقاسة في الواحات ليست ناتجة عن النخيل في حد ذاته بل عما يحميه من أشجار, مزروعات و تربة رطبة, كما أن حركة الرياح الجافة تحول من أن يكون لعدد قليل من النخيل والأشجار تأثير كبير على حرارة و رطوبة الجو إذ أن ناتج التأثير على الجو لا يتضح إلا في المساحات الخضراء الشاسعة و نتحدث عن الشساعة نسبة للمجال المشيد لأن نخلة واحدة تكون كافية لترطيب فناء مسكن و في نفس الوقت فتأثيرها ينعدم على المستوى العمراني (أنظر الشكل 12.1). حيث أثبتت النتائـــــــــــــج المتوصل إليـــــــــــها من خلال البرنامج المعلوماتي حاسب مفعول الواحة Oases Effect Calculator وهو برنامج صمم خصيصا لمثل هذه الحالات بواحات الصحراء الكبرى Ahriz (2009) أن درجة الحرارة داخل المجال المشيد تقل بمقدار 2 °C إلى 6 °C مئوية حسب الفصل و الشهر بينما تزيد الرطوبة النسبية داخله إلى حدود 18% عن نظيرتها في قلب الصحراء.

كما أنه سجل في بعض الحالات وفي أيام الصيف القائضة التي تنعدم فيها حركة الهواء فإن المجال المشيد يسخن بدرجة أسرع منه في غابات النخيل المجاورة مما يخلق مجال ضغط منخفض يسحب به الهواء البارد من النخيل وهو ما يسمي بنسيم الغاب.

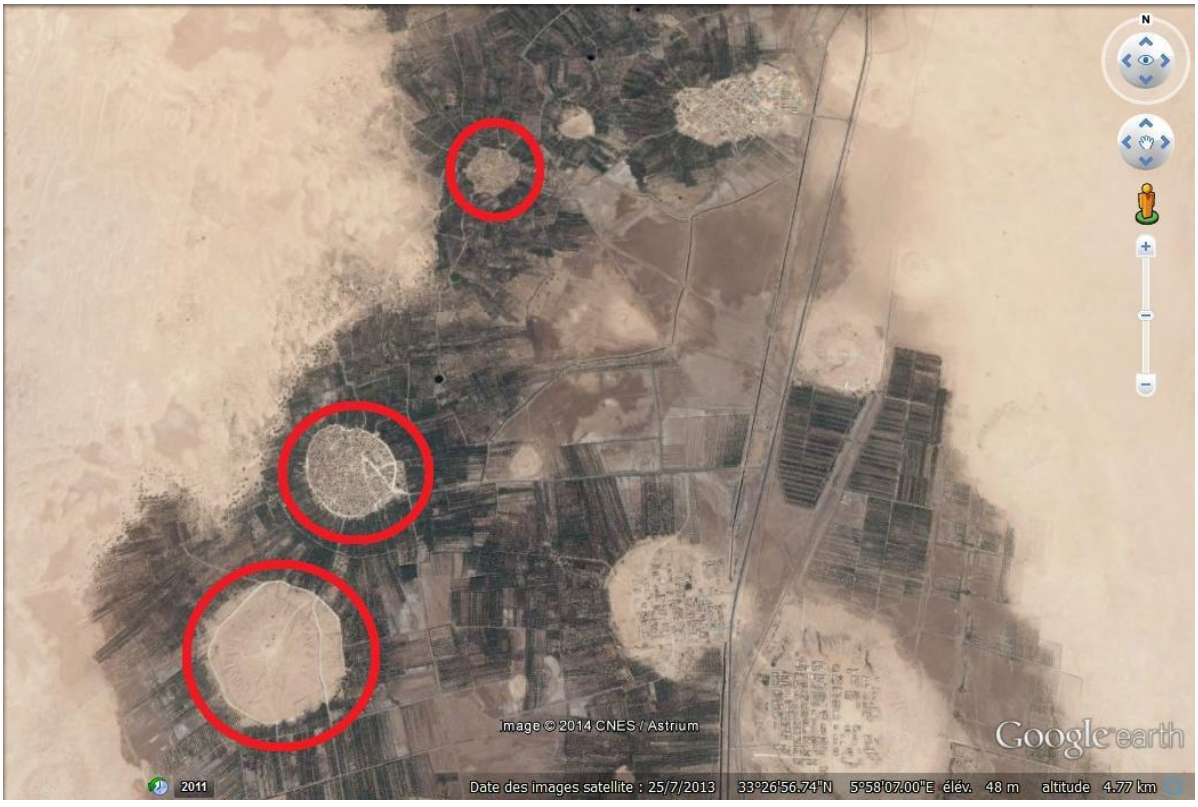


الشكل 1. 12. حركة نسيم الغاب الناتج عن وجود غابات النخيل. المصدر.(2017) Ahriz et al.

2.5. الوحدة التوسعية:

تأخذ المجالات المبنية أحجاما مختلفة من صغيرة إلى متوسطة وهذا لعدة أسباب ربما منها الاجتماعية والاقتصادية لكن أهمها البيئية وهي:

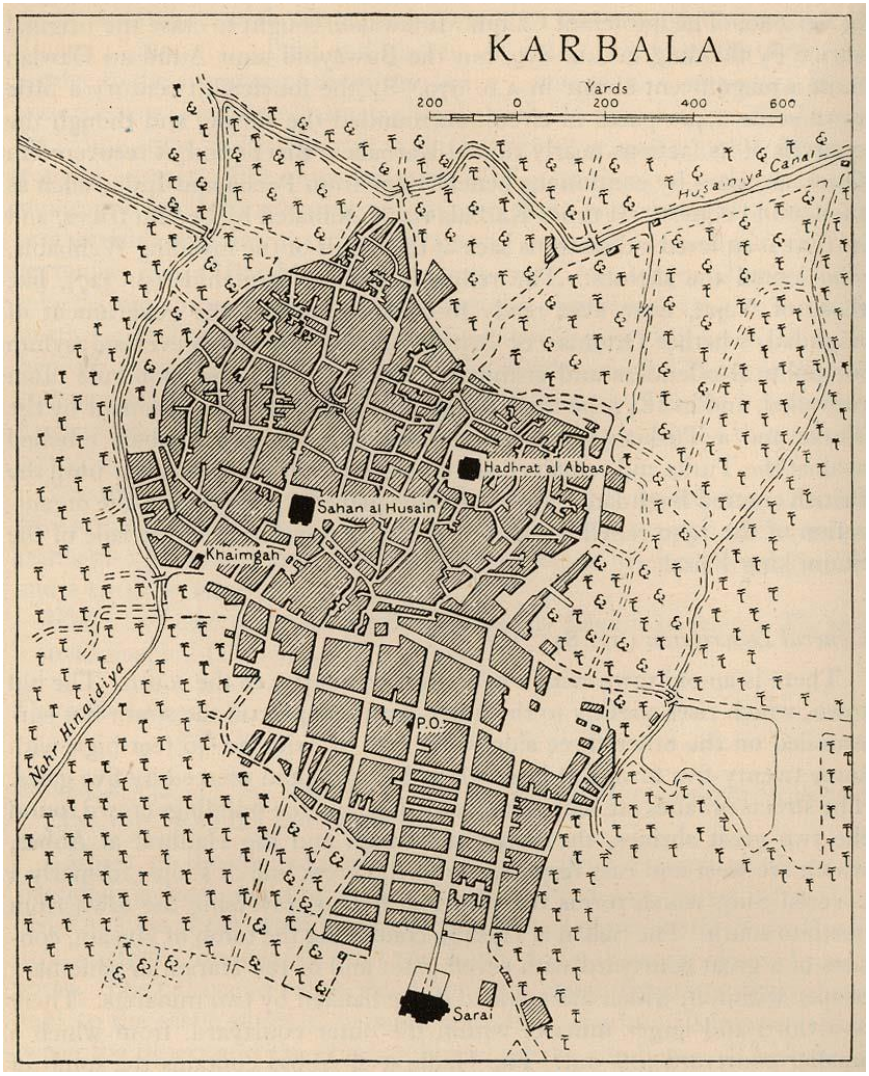
- عدم توفر مساحات صالحة للتشييد من جهة باعتبارهم كانوا يعتمدون على التلال والكديات الجبلية أو أرض صلبة.
- عدم السيطرة البيئية إن كبر القصر عن حد معين.
- فكانت المجالات المبنية ذات أشكال صغيرة وقابلة للتوسع ومن أشهر الأمثلة حالة القصور الخمس لوادي ميزاب بالصحراء الكبرى والموزعة خطيا على طول الوادي وغابات النخيل مع الذكر أن لكل قصر سوره وبوابته الخاصة.
- قصري تمرنة بوادي ريغ (أنظر الشكل 13.1): تمرنه القديمة وتمرنه الجديدة والتي انتقلت من تلة إلى أخرى قريبة ولها نفس المعايير وكأنها توأم مع الذكر بوجود تلة ثالثة كانت قابلة لتعميرها هي أيضا لولا عوامل أخرى أدت بالسكان هجر القصر والتحول إلى نواة أخرى.



الشكل 1. 13. صورة جوية لقصري تمرنة القديمة في الأعلى وتمرنة الجديدة في الأسفل تبين انتقال القصر من تلة إلى أخرى وهو ما يعرف بنظام الوحدة التوسعية. المصدر.(2017) Ahriz et al.

3.5. نظام الشوارع الملتوية:

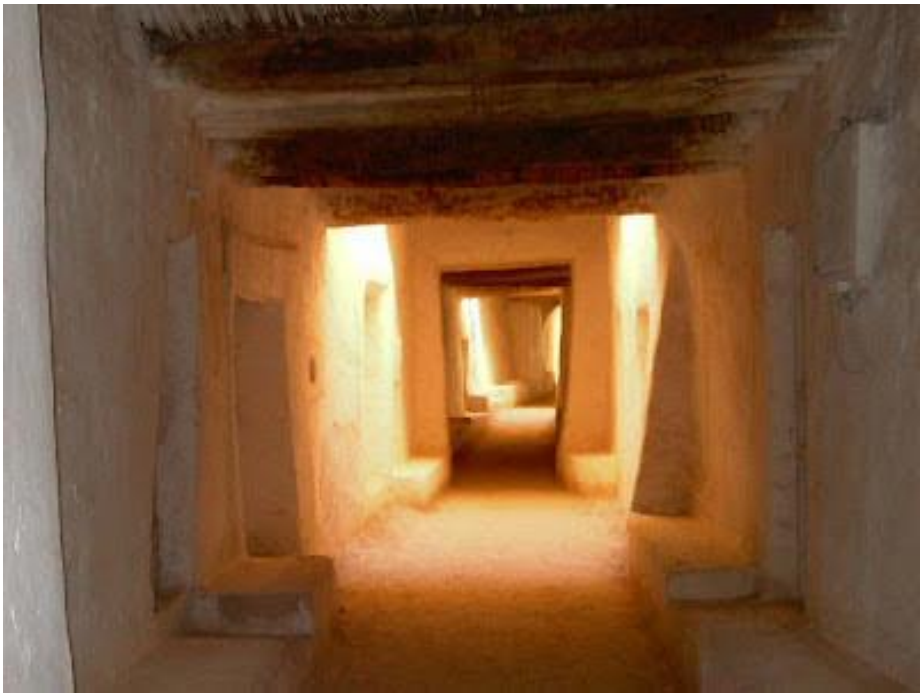
لربمـــــا كان نظام الشوارع الملتوية (أنظر الشكل 14.1) استعمل خصيصا لظروف استغلال الموقع الطوبوغرافي و الاندماج معه لكنه قدم فوائد أخرى اجتماعية منها و بيئية، حيث أثبتت دراسة رقمية قمنا بها عام 2006 باستعمال برنامج flovent على كل من قصور تمرنة الجديدة، النزلة، وغلانة و سيدي يحي القديـــــــم بوادي ريغ أن الشوارع الملتوية تلعب دورا هاما في تغيير منحى الرياح من جهة و التقليل من شدتها بالتعامل مع لزوجة الهواء التي تحدث عنها Cionco (1965) نقلا عن Ahriz (2009)، كما أكدت النتـــــــائج المتوصل إليها أنه في العديـــــد من الشوارع لا تزيد سرعة الهواء عن 3 م/ثا و هي سرعة مثالية للوصول للراحة الحرارية الخارجية.



الشكل 1. 14. مخطط مدينة كربلاء بالعراق، تظهر فيه درجة تعقيد الشوارع الملتويـــــة وهو يعكس قدرتهـــا على كسر الرياح المختلفة. المصدر.(2018) Iraqena.

4.5. نظام الأروقة نصف المغطاة:

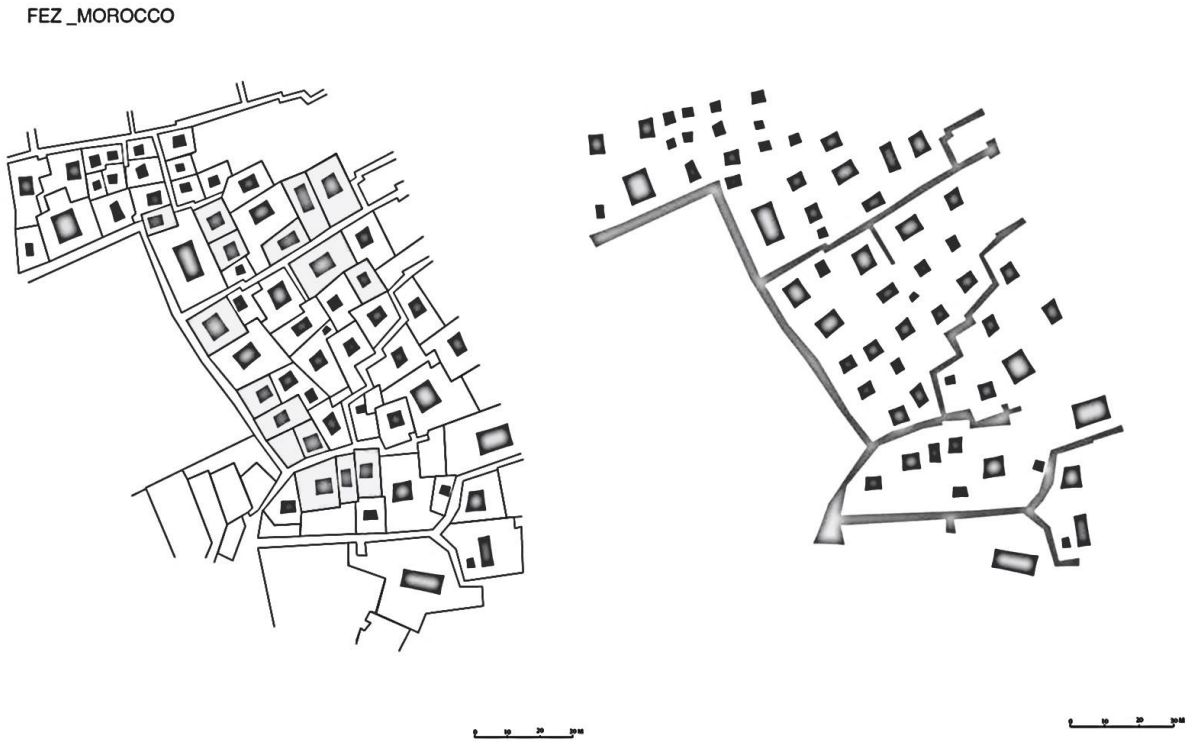
يعتبـــــــر نظام الأروقة نصف المغطاة إبداع رائع ساهمت فيه الشوارع الضيقة (أنظر الشكل 15.1) بحيث يستعمل الطابـــــــــق العلوي بين مسكنيـــــن متجاورين والطابـــــــــق الأرضي يعتبر جزء من الشارع ومجال عمراني مهيئ. لكن بيئيا فإن الشوارع نصـــــــــف المغطاة تخلق نوع من فرق الضغـــــــــــــط الجوي الذي يحرك الهواء من المجال ذو الضغط المرتفع أي المظـــــــلل نحو المجال ذو الضغط المنخفـــــــــــــض أي المشمس وهذا ما يسمى علميا بالنسيم المفتعـــــل والذي يؤدي دورا هاما في التهويـــــــــة وتبريـــــد المجال العمراني في الأيام القائضة.



الشكل 1. 15.صورة لأحد شوارع واحة غدامس الليبية. وتبين الصورة أن الشارع به أجزاء مشمسة وأجزاء مظللة مما يؤدي إلى حدوث نسيم مفتعل في فصل الصيف وهو ما يعرف بنظام الأروقة النصف مغطاة. المصدر. اللافي (2012).

5.5. مبدأ الجوانية:

يعرف مبدأ الجوانية في التصميم العمراني بتقليل المساحات الخارجية وتحويلها إلى داخل المساكن لذا نجد في تصميم الواحات أن المجالات العمرانية المفتوحة قليلة جدا ومساحتها صغيرة وهذا ما يسمى بالتراص العمراني والذي يؤدي دورا بيئيا هاما يتمثل في تقليل الكسب الطاقوي في أيام الصيف الحارة وهو ما تثبته الجداول المناخية للباحث Mahoney، بينما يلعب التراص دور التدفئة المتبادلة بين المساكن في أيام الشتاء الباردة مثل ما تنص عليه مخططات Givoni.



الشكل 1. 16. صورة لأحد أحياء مدينة فاس المغربية تبين مدى تراص النسيج العمراني وإنفتاح المساكن نحو الداخل باستعمال الأفنية والأحواش، وهو ما يعرف بنظام الجوانية. المصدر Anina (2011).

خاتمة:

جاء الفصل الأول من هذا البحث على شاكلة مقدمة عامة لمنطقة الدراسة، أين تطرقنا فيه إلى تصنيف الأقاليم القصوى في العالم بين الباردة، المائية والصحاري. هاته الأخيرة التي تطرقنا فيها بإلمام بالحديث عن تصنيفاتها العالمية كتصنيف Meigs، Loganو Whittaker والتي إستنتجنا منها أن الصحاري الحارة تعتبر الأشسع، الأقصى والأقسى على وجه الأرض.

هاته الصحاري الحارة التي حاول الإنسان أن يستوطنها ويشيد فيها أحد أروع إنجازات البشرية على مر التاريخ ألى وهي الواحة – OASIS – تلك التوليفة الرائعة التي توصل إليها الإنسان بين ثلاث مركبات **الماء-النخيل-المجال المشيد** والتي وصلت في وقت مضى إلى أقصى حالات الاستقرار البيئي أو ما يطلق عليها بحالة Climax.

ليكون ختام هذا الفصل مخصصا بالحديث عن أهم الإستراتيجيات التي إتبعها سكان الواحات القدامى على مجابهة قساوة المناخ الصحراوي بخلق مناخ عمراني مريح للإنسان، ممهدين ذلك للتطرق والحديث عن المناخ العمراني باسترسال في الفصل الثاني.

الفصل الثاني

المناخ العمراني:
ظواهر و نظريات

By careful site planning and design it is possible to create very local climates where people can be screened from the worst extremes of an area's climate

-- Beer and Higgins--

تمهيد:

المناخ العمراني ميدان بحث مشترك بين المصممين وعلماء المناخ وهو ميدان خصب وحديث النشأة. فإذا كانت الدراسات و البحوث الجادة التي تتحدث عن الراحة الحرارية داخل المباني قد انطلقت فعليا وبصفة ملموسة في السبعينيات من القرن الماضي في أعمال العديد من الباحثين أمثال [Olgyay and Olgyay (1963)، Fanger (1970)، Givoni (1976)، Markus and Morris (1980)] وغيرهم. فإن الراحة الحرارية الخارجية the outdoor thermal confort أحدث منها و هي اليوم محط إهتمام العديد من الأعمال من أمثال [Spagnolo and de Dear (2003)، Givoni et al (2003)، Gaitani et al (2007)، HONJO (2009)، Nikolopoulou (2011)، Setaih et al (2013)] و غيرهم.

1. المناخ العمراني مفاهيم وإصطلاحات:

هناك العديد من التعاريف العامة للمناخ العمراني و لعل أهمها الذي ذكره Richard (2006) معرفا إياه عن أنه تغيير محلي على المستوى العمراني للعوامل الجوية : الإشعاع الشمسي, الحرارة, الرياح, الرطوبة و التساقط؛ موسوعة علم المناخ ESPERE (2003) تعطى نظرة أخرى معرفة إياه كنتيجة تداخل عدة عوامل طبيعية و اصطناعية كالتلوث، مواد البناء، الحرارة الأنثروبية مع المناخ العام.

1.1. العوامل المؤثرة على المناخ العمراني:

عدة عناصر متداخلة و متسلسلة تتحكم بالمناخ العمراني و على عدة مستويات لخصتها موسوعة ESPERE (2003) كما يلي: (أ) المناخ المحلي خصوصا الإشعاع الشمسي و الرياح، (ب) حجم و بنية المجال العمراني، (ج) الحرارة المصطنعة Anthropogenic heating، (د) التلوث و الذي يؤثر على المحيط الحراري, الضوئي, و نوعية الهواء، (ه) المجال الأخضر، (و) تعداد السكان، (ز) المسطحات المائية و (ح) التضاريس.

الباحث Rizwan et al (2008) يصنف هاته العوامل إلى عائلتين: متغيرات يمكن التحكم فيها و متغيرات لا يمكن التحكم بها، فأما المتغيرات المتحكم بها فهي: (أ) هندسة المباني و مواد البناء، (ب) المجالات الخضراء، و (ج) معامل رؤية السماء. والمتغيرات غير الممكن التحكم بها هي: (أ) الفصول، (ب) تعاقب الليل والنهار، (ج) الرياح، (د) السحب و (ه) التساقطات.

2.1. مستويات وطبقات المناخ العمراني:

للمناخ العمراني تقسيمين أفقي وشاقولي، فأما الأفقي فنطلق عليه مستويات تأثير المناخ العمراني وأما الشاقولي فنسميه طبقات المناخ العمراني.

1.2.1. مستويات المناخ العمراني:

إن المناخ العمراني و إعتمادا على انتشاره الأفقي ينقسم إلى 03 مستويات (Johansson, 2006) (الشكل 1.2) و (الجدول 1.2):

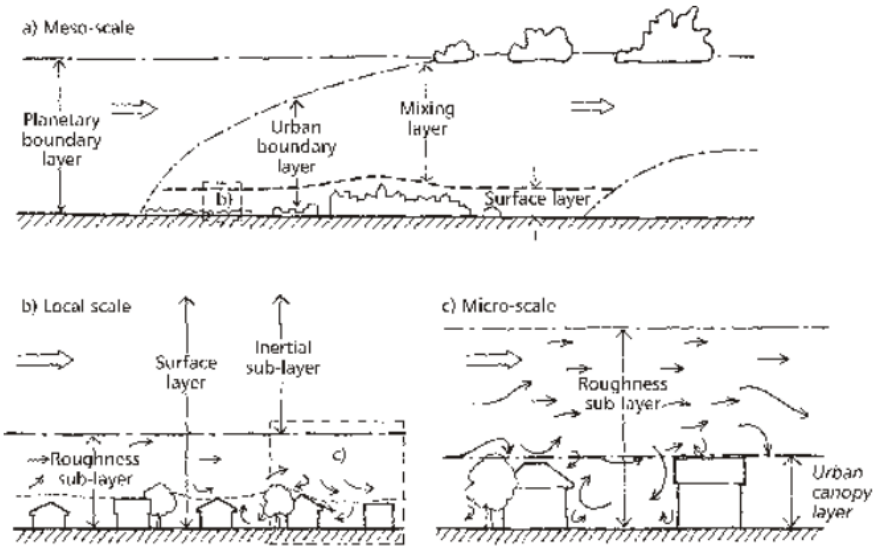
أ. **المستوى المصغر Micro Scale**: ويكون على مستوى شارع، حديقة أو مجال عمراني محدود هندسيا، ولا يزيد مداه على 300م.

ب. **المستوى المحلي Local Scale**: ويكون على مستوى جملة من الشوارع أي حي أو مجموعة من الأحياء، ويبدأ مداه من 100م ويصل إلى حدود 10 كلم.

ت. **المستوى المتوسط:Meso Scale** ويكون على مستوى جزء كبير من المدينة أو المدينة كلها، ويبدأ مداه من 10 كلم حتى إحتواء المدينة بأكملها.

الجدول 2. 1. أبعاد مستويات المناخ العمراني. المصدر. Johansson (2006)

Scale	Urban Level	Horizontal Distance
Micro	Street canyons, Squares, gardens	< 200 – 300 m
Local	Neighborhood	100 m – 10 Km
Meso	City	> 10 Km



الشكل 2. 1 .شكل وأبعاد مستويات المناخ العمراني .المصدر: Johansson (2006).

2.2.1. طبقات المناخ العمراني:

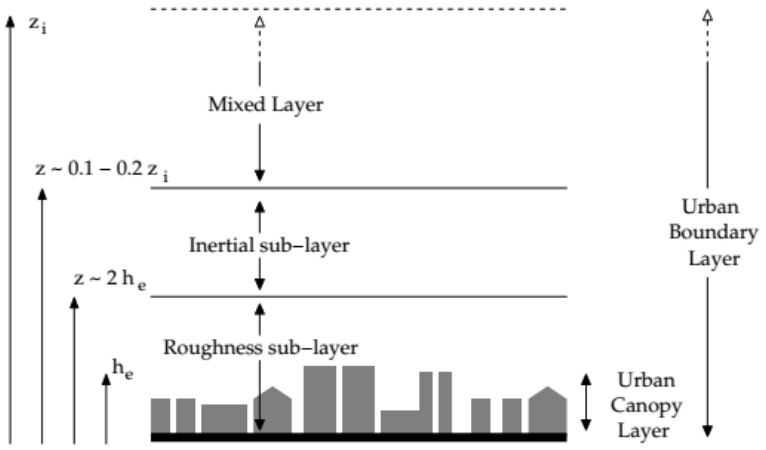
يتكون المناخ العمراني شاقوليا من طبقتين هما UCL وUBL وتعلوهما الطبقة الجوية ABL (Atmospheric Boundary Layer) (الشكل 2.2):

- **طبقة UCLأو طبقة السقف العمراني Urban Canopy Layer:**

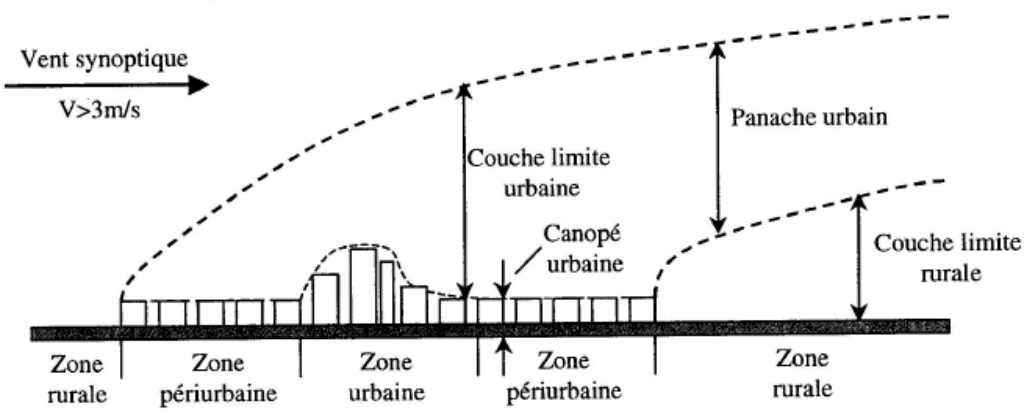
و هي الطبقة التي يتم فيها النشاط البشري كما عرفها Mills (2006) و هي تحوي المباني و الهواء المحصور بينها بالإضافة إلى الأرضية إلى عمق محدود. أما حدودها العلوية فهي مع ارتفاعات المباني، ومناخها فتحدده طبيعة المحيط كالتكوين الهندسي ومواد البناء (الشكل 2.2).

- **طبقة UBL أو طبقة الحد العمراني Urban Boundary Layer:**

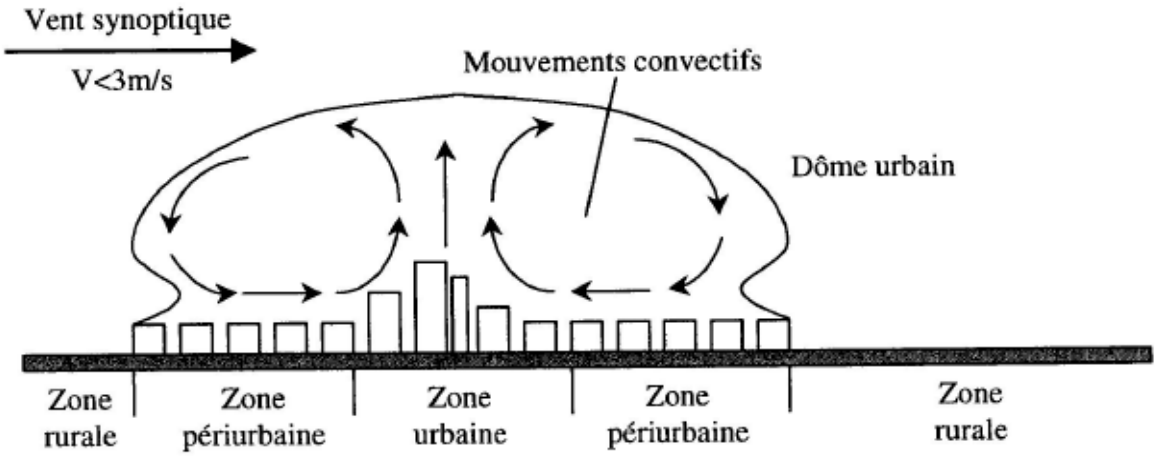
وهي الطبقة المحدودة ما بين المجال الجوي ABL وطبقة UCL ومناخها يتأثر بوجود المدينة تحته، ويصل سمكها إلى مئات الأمتار فوق المجال العمراني. وعندما تدفع الرياح هذه الطبقة خارج المجال العمراني نحو المجال الريفي ينشأ فوق هذه الأخيرة طبقة جديدة تسمى طبقة الحزمة العمرانية the Urban Panache (الشكل 3.2). أما في حالة ضعف أو انعدام الرياح فتتشكل طبقة تسمى القبة السماوية Urban Dome (الشكل 4.2).



الشكل 2. 2. طبقات المناخ العمراني. المصدر. (2003) Harman.



الشكل 2. 3. طبقة UBL مع طبقة الحزمة العمرانية. المصدر. (2004) Ringenbach.



الشكل 2. 4. تشكل القبة العمرانية. المصدر. (2004) Ringenbach.

3.1. عناصر المناخ العمراني:

يتكون المناخ العمراني من عدة عناصـــــــــــــــــــــــــــــــر: (أ) كالطاقة بأشكالها المختلفة، (ب) الحرارة، (د) حركة الهواء، (ه) الأشعة الشمسية، (و) الإضاءة الطبيعية، (ز) التلوث الهوائي.

1.3.1. الميزانية الطاقوية للمجال العمراني:

الميزانية الطاقوية للمجال العمراني هي عملية فيزيائية يتم فيها تقييم التبادلات الطاقوية الهامة بين المجال العمراني و الطبقة الجويـــــــــة الحديـــــــــــة the boundary layer (Harman, 2003). و لقد كانت تدفقات الطاقة داخل المجال العمراني محل دراسات عديدة ، فتعدد أشكال الطاقة و مصادرها جعل منها موضوع إهتمام علمي كبـــــــــــــير و منها: الطاقة الأنثروبية، المختزنة، الكامنة، المحسوسة و الإشعاعية (الشكل 5.2) (Tareb, 2002).

أ. الطاقة الأنثروبية Anthropogenic energy:

الطاقة الأنثروبية تتعلق بالمدينة و بكثافة السكان و المباني لأنها طاقة ناتجة عن النشاط البشري و هي ناتجة عموما عن المسخنات، المكيفات و حركة المرور؛ و قد اثبتت العديد من الدراسات أن الطاقة الأنثروبية قد تفوق الطاقة الشمسية في بعض المدن ذات الكثافة العالية و قد تنعدم في بعضها فهي طاقة متغيرة و غير ثابتة (Ringenbach, 2004).

ب. الطاقة المختزنة Stored energy:

و هي تتعلق بقدرة المواد المشكلة للمجال العمراني على تخزين أو توصيل الطاقة، و مع غياب المجال الأخضر و توفر قدرة عالية على الإمتصاص يتجلى الفرق الطاقوي الرهيب بين الريف و المدينة؛ فالأسطح المختلفة تعتبر ملتقطات طاقوية في النهار و مصادر طاقوية في الليل و هو ما يفسر ظاهرة الجزيرة الحرارية (Ringenbach, 2004).

ت. الطاقة الكامنة Latent energy:

هي الطاقة التي تستهلكها المسطحات المائية لعملية التبخر و المجال الأخضر لعملية التبخر- نتح، هذه الطاقة تكون عالية في المناطق الريفية و ضعيفة إلى شبه منعدمة في المدن بسبب غياب المجال الأخضر، إن الطاقة الكامنة إن انعدمت في المجال العمراني فهي تقسم ما بين المختزنة و المحسوسة، فأما

المحسوسة فتزيد من درجة حرارة الهواء في النهار و المختزنة فتزيده في الليل؛ لذا فالطاقة الكامنة عنصر هام جدا للتقليل من الكسب الطاقوي العام (Ringenbach, 2004).

ث. الطاقة المحسوسة Sensitive energy:

وهي كمية الطاقة التي تبقى في الهواء وتقوم بدورها بتسخين الهواء الخارجي. وتتألف من الإشعاع الطاقوي الشمسي المباشر ومن الطاقة المنبعثة من الجدران والأرضية. وهذا ما يعني أن الطاقة المحسوسة داخل المدينة أعلى بكثير من الريف المظلـــــــــــــــــــــــل و هو ما يخلق ظاهرة الجزيرة الحرارية (Ringenbach, 2004).

ج. الطاقة الإشعاعية Radiation Energy:

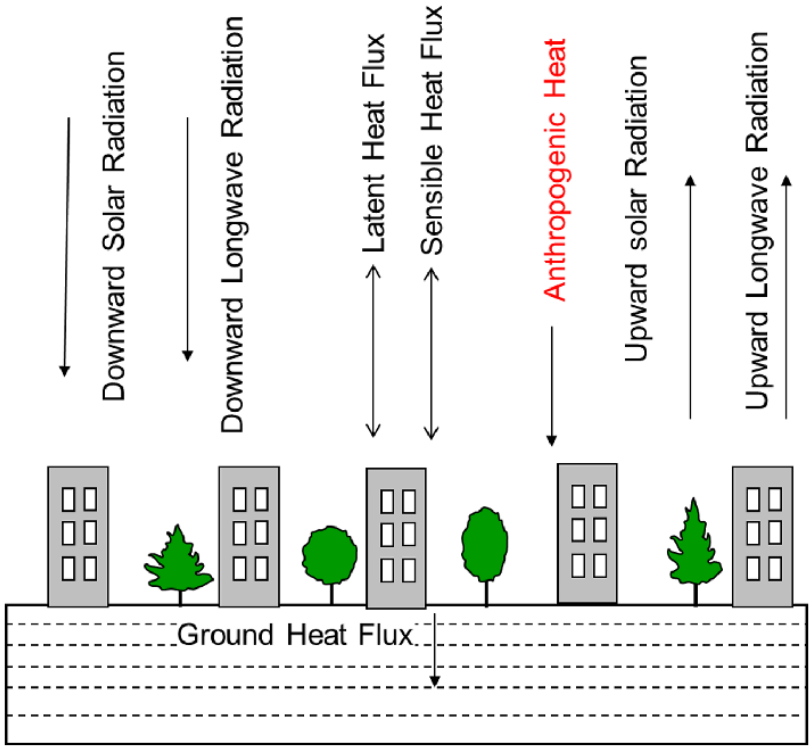
و هي كمية الأشعة الحرارية في الوادي العمراني و هي قسمان هامان: الأشعة قصيرة الأمواج أو ما تسمى بالأشعة الشمسية و الأشعة طويلة الأمواج أو ما تسمى بالأشعة الأرضية (Ahriz et al, 2015).

2.3.1. الميزانية الإشعاعية في المجال العمراني:

إن الأشعة الحراريـــــــــة داخل المجال العمراني لها مصدرين إما أشعـــة شمسية أو أشعة أرضية، إنما علميا فنصنفـــــــــها حسب طول الأمواج فتقسم إلى نوعين: الأشعة قصيرة الأمواج و الأشعة طويلة الأمواج (Ahriz et al, 2015):

- ✓ **الأشعة قصيرة الأمواج:** ويطلق عليها أيضا بالأشعة الشمسية وتنقسم بدورها إلى ثلاث أصناف من الأشعة: (أ) الأشعة الشمسية المباشرة، (ب) الأشعة الشمسية المشتتة، (ج) الأشعة الشمسية المنعكسة.
- ✓ **الأشعة طويلة الأمواج:** ويطلق عليها أيضا بالأشعة الأرضية وبها صنفان من الأشعة: (أ) الأشعة الجوية وهي المنبعثـــــــــة مباشرة من الغلاف الجوي، (ب) الأشعة الأرضية وهي المنبعثة من المحيط المجاور.

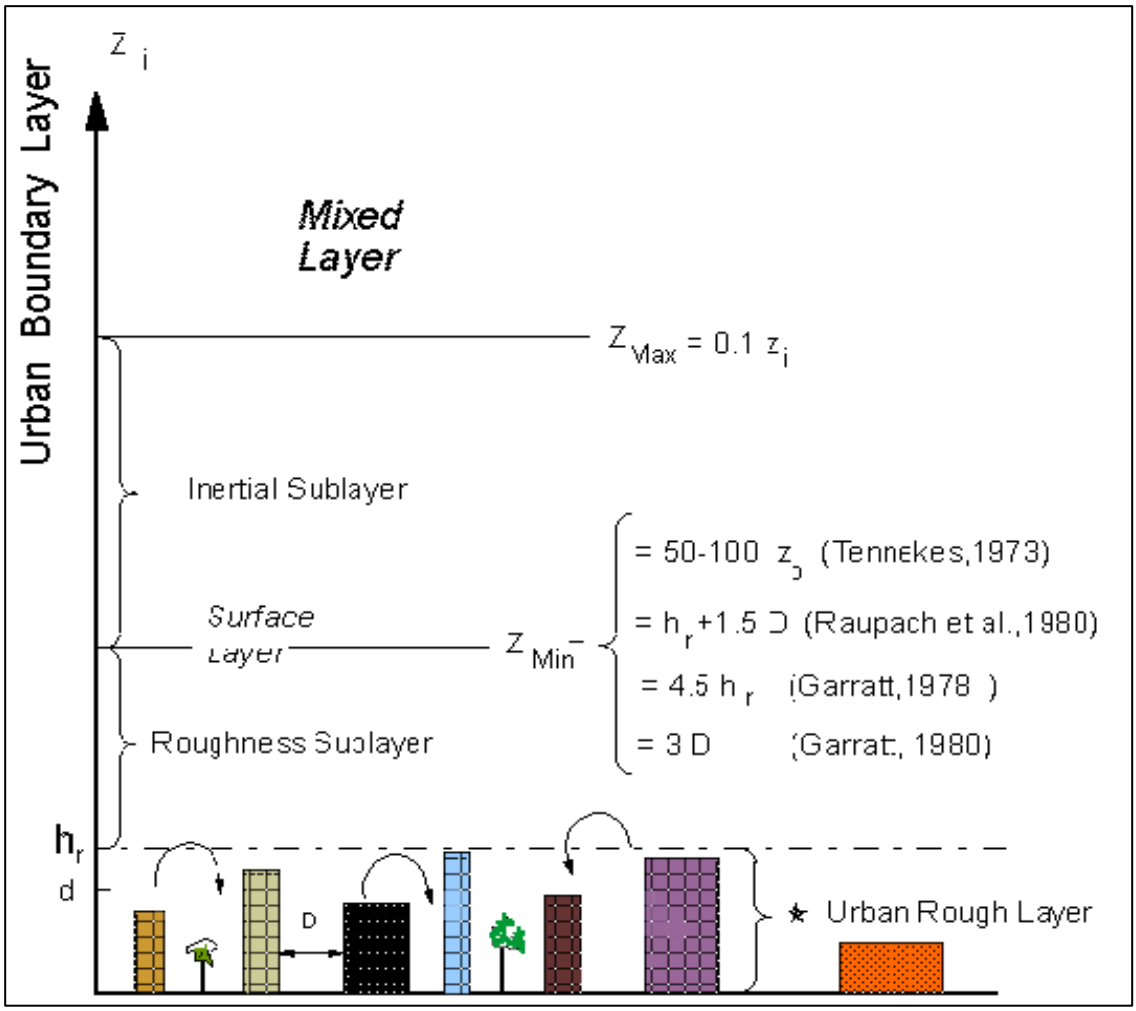
و تأثير كل هاته الأشعة على المجال العمراني يتعلق تعلقا كبيرا بالموقع، الشهر، اليوم و الساعة، ففي الليل مثلا فإن الأشعة قصيرة الأمواج تلغى تماما لكن يبقى دورها كبيرا جـــــــــــــــدا في الأوقات المشمسة (Ahriz et al, 2015).



الشكل 2. 5. مختلف تدفقات الطاقة في المجال العمراني. المصدر. Meng (2017).

3.3.1. حركة الهواء داخل المجال العمراني:

إن منحنى حركة الهواء والرياح داخل المجال العمراني يختلف تماما عن المنحنى اللوغاريتمي لها في موقع متجانس، لأن حركة الهواء غير مستقرة بسبب وجود المباني إلا أنها تعود إلى طبيعتها فيما أعلى طبقة UCL، وقد أنجزت العديد من الأبحاث التي تهدف إلى تقييم سرعة الهواء في المجال العمراني. أما من جانب حركة الرياح فتنقسم شاقوليا إلى ثلاث طبقات: (أ) URL (Urban Rough Layer) الطبقة العمرانية الخشنة، (ب) RS (Roughness Sublayer) الطبقة الفرعية الخشنة، (ج) IS (Inertial Sublayer) الطبقة الفرعية المعطلة (أنظر الشكل 6.2)؛ كما تنقسم أفقيا إلى نمطين: (أ) حركة طولية إذا كان إتجاه الوادي مع اتجاه الرياح، (ب) عرضية إذا كان اتجاه الوادي يقطع اتجاه الرياح (BOZONNET, 2005).



الشكل 2. 6. مختلف طبقات الهواء داخل وفوق المجال العمراني. المصدر. Srivastava and Rao (2011).

4.3.1. درجة الحرارة في المجالات العمرانية:

إن حرارة الهواء داخل المجال العمراني تختلف اختلافا كبيرا عنها خارجه و هذا راجع لتعقيده و تعدد المواد المكونة له، و لهذا تنشأ به عدة ظواهر حرارية ليلية و نهارية و لعل أهمها : الجزيرة الحرارية، بالإضافة إلى أن مصادر الحرارة و العوامل المؤثرة فيها داخله متعددة تعتبـــــــــــــر أهمها حسب Johansson (2006) : (أ) الحرارة الأنثروبية: و التي قد تجعل من الجزيرة الحرارية ظاهرة نهارية أيضا، (ب) التلوث الهوائي: و الذي له تأثير مباشر على كمية الأشعة الشمسية المستقبلة و المنبعثة من و إلى المجال، (ج) المجالات الخضراء و التي تغير من التوزيع الحراري داخله بفعل التظليل و التبخير.

5.3.1. رطوبة الهواء في المجالات العمرانية:

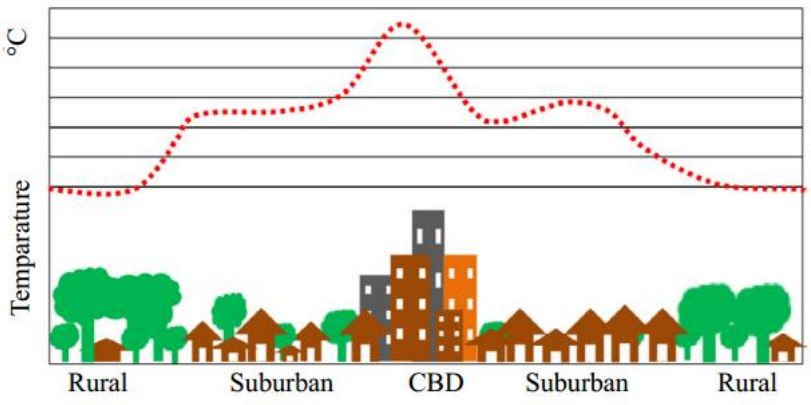
إذا كانت فرضية الفرق الرطوبي الكبير بين المجال العمراني والريفي مثبتة في ظل إنعدام المجالات الخضراء والمسطحات المائية داخله، فإنه ثُبتت فرضية أخرى تنص على عدم وجود فرق رطوبي كبير بين المجالين في ظل وجود مجالات خضراء ومسطحات مائية داخل المجال العمراني، بل أثبتت بعض الدراسات أن نسبة الرطوبة في المجال العمراني قد تكون أعلى ليلا بنظيرتها خارجه وهي ظاهرة طبيعيـــة تسمى الرطوبة العمرانية المفرطة (Johansson, 2006).

2. ظواهر مناخية في المجال العمراني:

عندما تتفاعل العديد من العناصر المناخية في ما بينها أو بتدخل طرف آخر كأحد مكونات المجال العمراني كمواد البناء او المجالات الخضراء أو أحد أطرافه كالإنسان بالتصنيع و تلويث الهواء تنشأ العديد من الظواهر المناخية و على كل مستويات المناخ العمراني، فيها ما هو إيجابي لحياة الإنسان و فيها ما هو سلبي عليها و أهم هاته الظواهر: الجزيرة العمرانية الحارة، الجزيرة العمرانية الباردة، الجزيرة الحدائقية الباردة، الجزيرة العمرانية الرطبة، الأمطار الحمضية، الدفيئة العمرانية، الضباب الدخاني و الرطوبة العمرانية المفرطة.

1.2. الجزيرة العمرانية الحارة UHI (Urban Heat Island):

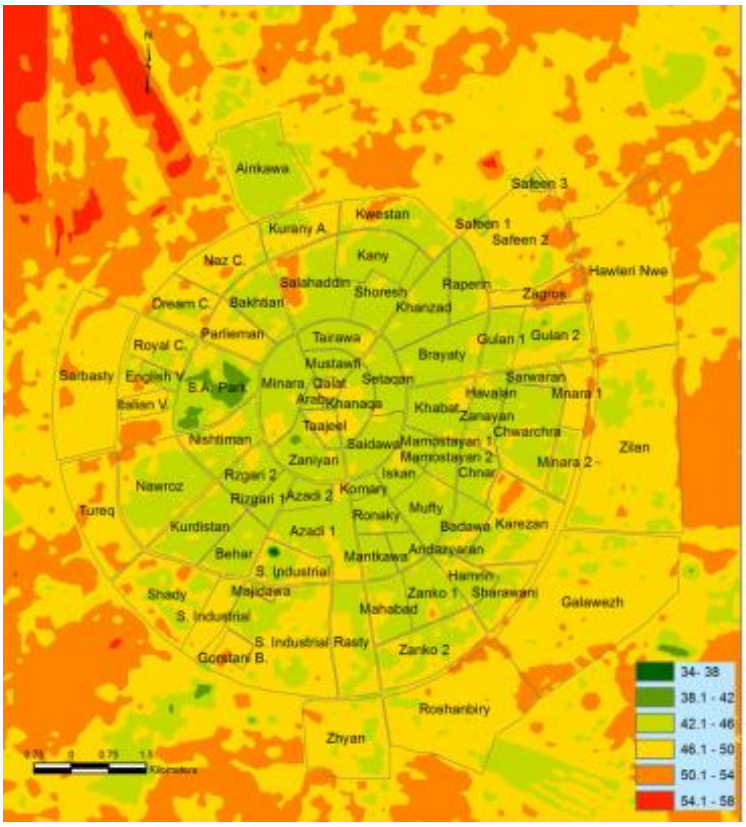
هي ظاهرة محسوسة في الليل و تتمثل في أن درجة الحرارة داخل مجال عمراني ليلا أعلى بكثير منها في منطقة غير عمرانية (Myrup, 1969) (الشكل 7.2)، بحيث يصل الفرق الحراري في المدن ذات كثافة المباني العالية إلى حدود 10م° (Ringenbach, 2004). كما أن شكل وحجم الجزيرة الحرارية يختلف حسب المجال والزمان وحسب العوامل الجوية وخصائص المدينة.



الشكل 2. 7. ظاهرة الجزيرة الحرارية. المصدر. Bhargava et al (2017).

2.2. الجزيرة العمرانية الباردة UCI (Urban Cool Island):

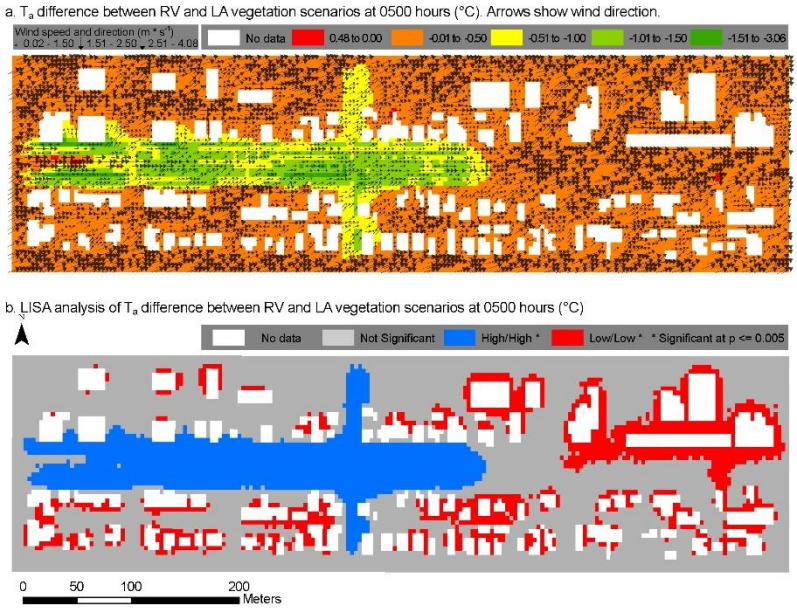
على عكس الجزيرة العمرانية الحارة فإنه أثبت علميا أنه في الأقاليم الجافة و شبه الجافة تم تسجيل إنخفاض محسوس في درجات الحرارة في المجال العمراني مقارنة بالمحيط الخارجي القاحل خصوصا عند وصول درجة الحرارة إلى أقصاها بعد ساعة الزوال، و هو ما أطلق عليه بالجزيرة العمرانية الباردة UCI (الشكل 8.2) (Rasul et al, 2015).



الشكل 2. 8. خريطة حرارية لمدينة أربيل بالعراق تبين الفرق الحراري بين المجال العمراني والصحراء المحيطة بها.
المصدر. Rasul et al (2015).

3.2. الجزيرة الحدائقية الباردة PCI Park Cool Island:

أثبتت العديد من الدراسات الميدانية وجود إنخفاض حراري محسوس و بعدة درجات مئوية بين المجالات الخضراء الكثيفة داخل المدن و محيطها العمراني المجاور، و لقبت هذه الظاهرة بالجزيرة الحدائقية الباردة أين يتحدث العديد من العلماء بأنها تكون أكثر وضوحا في المرحلة الليلية و يتسع مداها حسب إتساع الرقعة الخضراء و كثافة الغطاء النباتي (الشكل 9.2) (Coutts et al, 2013).

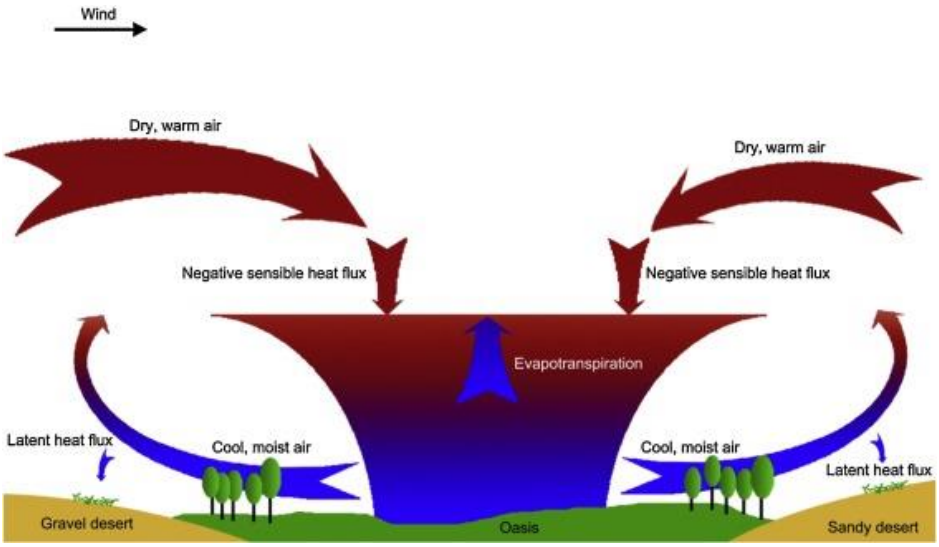


الشكل 2. 9. خريطة حرارية تبين ظاهرة الجزيرة الحدائقية الباردة في أحد أحياء مدينة Phoenix, Arizona.

المصدر. Declet-Barreto et al (2013).

4.2. الجزيرة العمرانية الرطبة UWI (Urban Wet Island) :

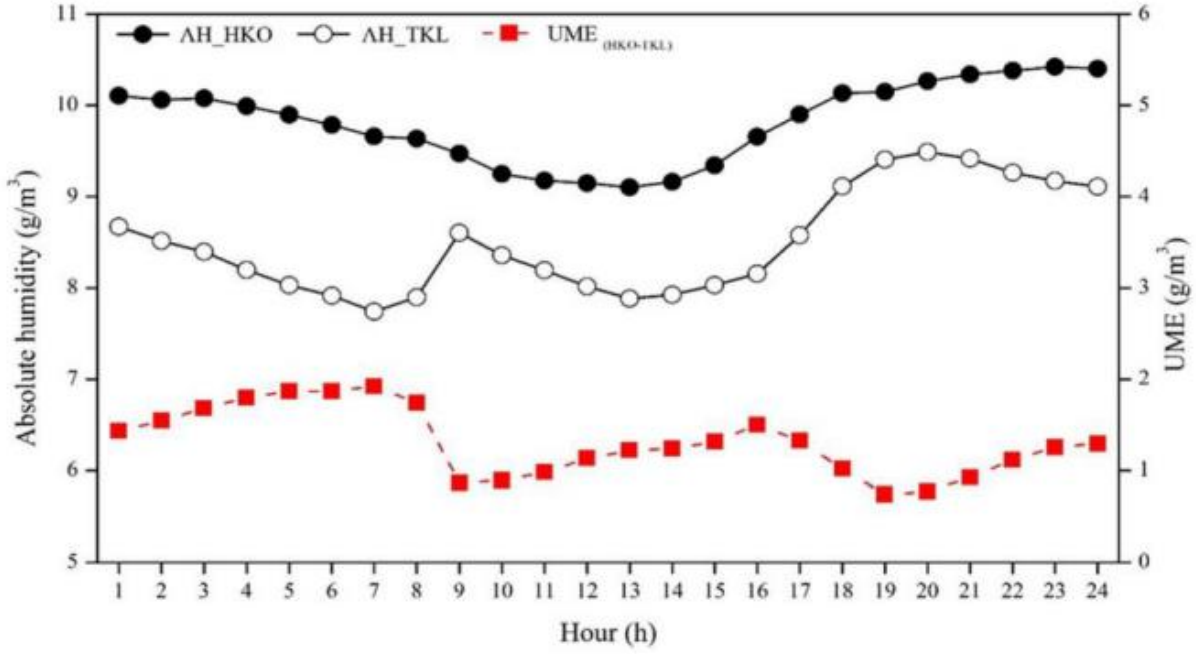
هي ظاهرة تفســـــر بوجود فرق رطوبي كبير بين مجال يحتوي على مسطحات مائية، مجالات خضراء مسقية أو بكل بساطة مصادر بخار الماء وبين محيط عمراني يفتقد لأدنى مصادر بخار الماء، هذه الظاهرة تعتمد أساسا على مفعول الواحة الذي يعرف بأنه تعديل مناخي لمجال ما نتيجة مصدر مائي أو مصـــــــــــــدر رطوبة معين (ماءا كان أو مجال أخضر) في وسط محيط جاف (الشكل 10.2) (Potchter et al, 2008).



الشكل 2. 10. مفعول الواحة وتشكل ظاهرة الجزيرة العمرانية الرطبة. المصدر. Li et al (2016).

5.2. الرطوبة العمرانية المفرطة UME (Urban Moisture Exess):

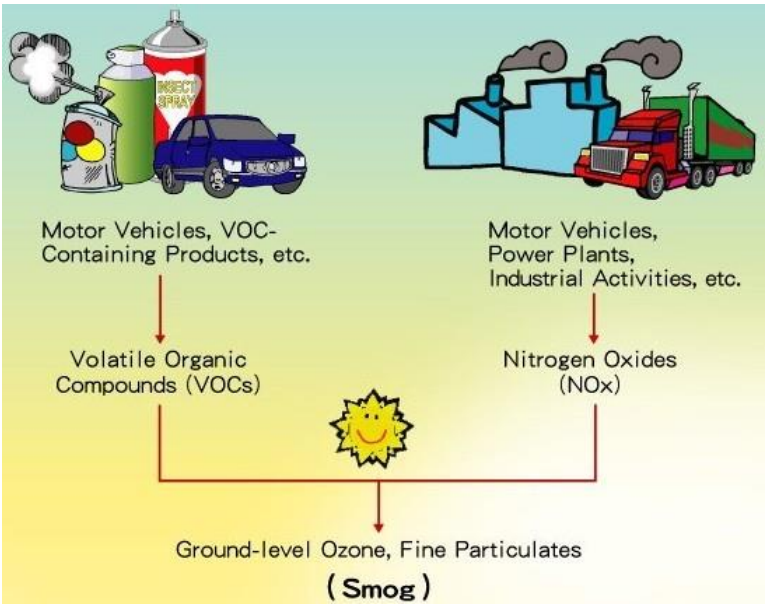
حسب Mayer et al (2003) و Wang et al (2015) فإنه في الفترة الليلية و عندما تكون السماء مغطاة بالإضافة إلى إنعدام الرياح، تتشكل ظاهرة طبيعية تسمى الرطوبة العمرانية المفرطة UME و هي تسجيل نسبة بخار الماء في الجو في المجالات العمرانية أعلى بكثير منها في الفضاءات الريفية و هذا فسر علميا بتذبذب في الميزانية الطاقوية لبخار الماء (الشكل 11.2).



الشكل 2. 11. دراسة مقارنية بين مجال عمراني وفضاء ريفي تبين قيمة UME. المصدر.(2015) .Wang et al.

6.2. ظاهرة الضباب الدخاني SMOG phenomenon:

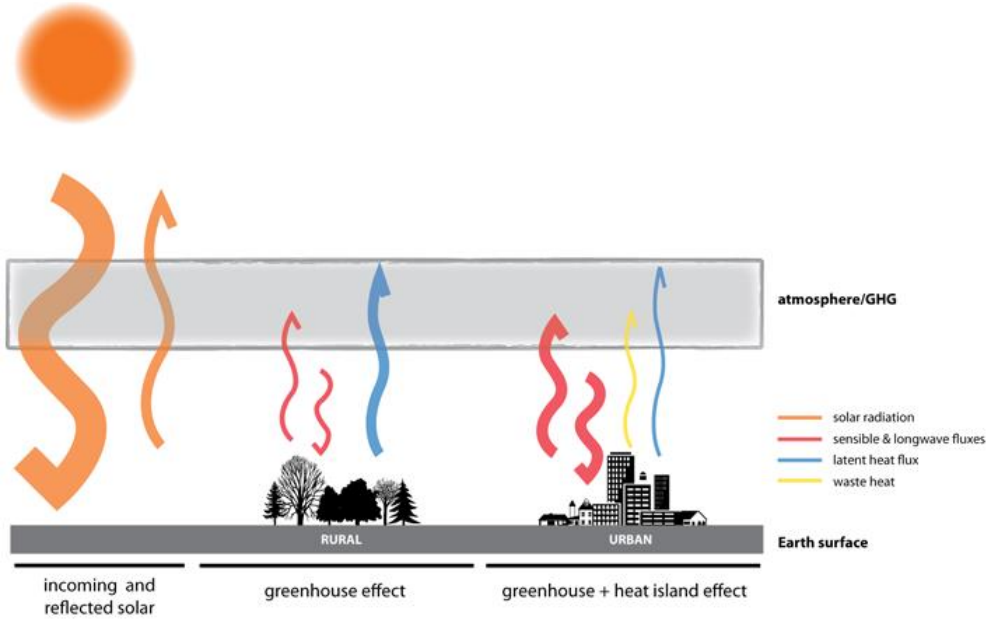
مصطلح SMOG هو إختصار لظاهرة تنشأ في المجالات العمرانية تسمى الضـــباب الدخاني Smoky Fog، و هو أحد الظواهر غير المرغوب بها تماما لما تشكله من خطر على صحة الإنسان، و يتشكل هذا النوع من الضباب عند إلتقاء ملوثات الهواء الناتجة عن عوادم السيارات، الآلات و المصانع خصوصا أكسيد النيتروجين مع الأشعة الشمسية و الحرارة المرتفعة فيحدث تفاعل كيميائي ينتج عنه طبقة من الأوزون السلبي يتشكـــــل في هيئـــــــة ضباب يضر بالجانب البصري، الجهاز التنفسي و صحة الإنسان بصفة عامة (الشكل 12.2) [(Nag, 2017)، (West, 2017)] .



الشكل 2. 12. العناصر المتدخلة في تشكل الضباب الدخاني. المصدر. (2017) EPD.

7.2. ظاهرة الدفيئة العمرانية Urban Green House UGH :

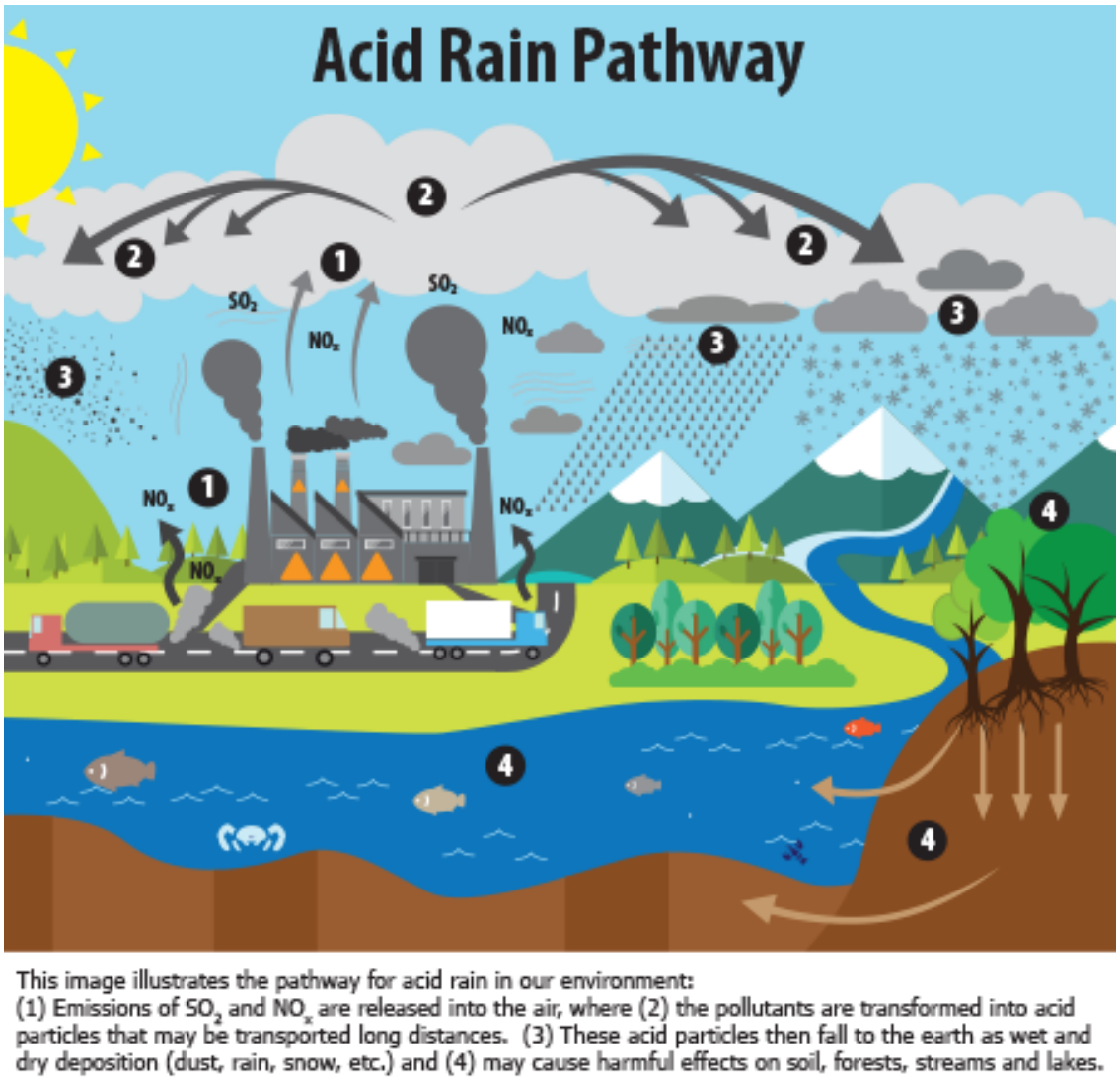
عندما تلتقي الغازات الدفيئة: ثاني أكسيد الكربون CO2، الميثان CH4، أكسيد النيتروجين N2O و سداسي أكسيد الكبريت SF6 تتشكل طبقة جوية تسمى ظاهرة الدفيئة تتسب في تخلخل الميزانية الطاقوية للمجالات العمرانية؛ هذه الغازات تنتج عن أزيد من 50 نشاط مختلف تصنف إلى 06 عائلات هي: الزراعة، الطاقة، الصناعة، السكن، النقل و النفايات و التي 05 منها تكون داخل المجال العمراني مما يجعله أكثر عرضة لهذه الظاهرة (الشكل 13.2) (Marcotullio et al, 2014).



الشكل 2. 13. تشكل ظاهرة الدفيئة العمرانية. المصدر. (2017) UCL.

8.2. الأمطار الحمضية AR Acid Rains:

تعتبر الأمطار الحمضية نتيجة إلتقاء ثنائي أكسيد الكبريت SO_2 مع أكسيد النيتروجين NO، اللذان ينتقلان بفعل الرياح ليتفاعلان مع المياه المختزنة داخل الغيوم لينتج عن هذا التفاعل مياه ملوثة بالأحماض و التي تعود للأرض بفعل الأمطار لتسبب أضرارا بيئية خطيرة (الشكل 14.2) (EPA, 2017).



This image illustrates the pathway for acid rain in our environment:
(1) Emissions of SO_2 and NO_x are released into the air, where (2) the pollutants are transformed into acid particles that may be transported long distances. (3) These acid particles then fall to the earth as wet and dry deposition (dust, rain, snow, etc.) and (4) may cause harmful effects on soil, forests, streams and lakes.

الشكل 2. 14. العوامل المشكلة ومسار الأمطار الحمضية. المصدر. EPA (2017).

3. إستراتيجيات تعديل المناخ العمراني:

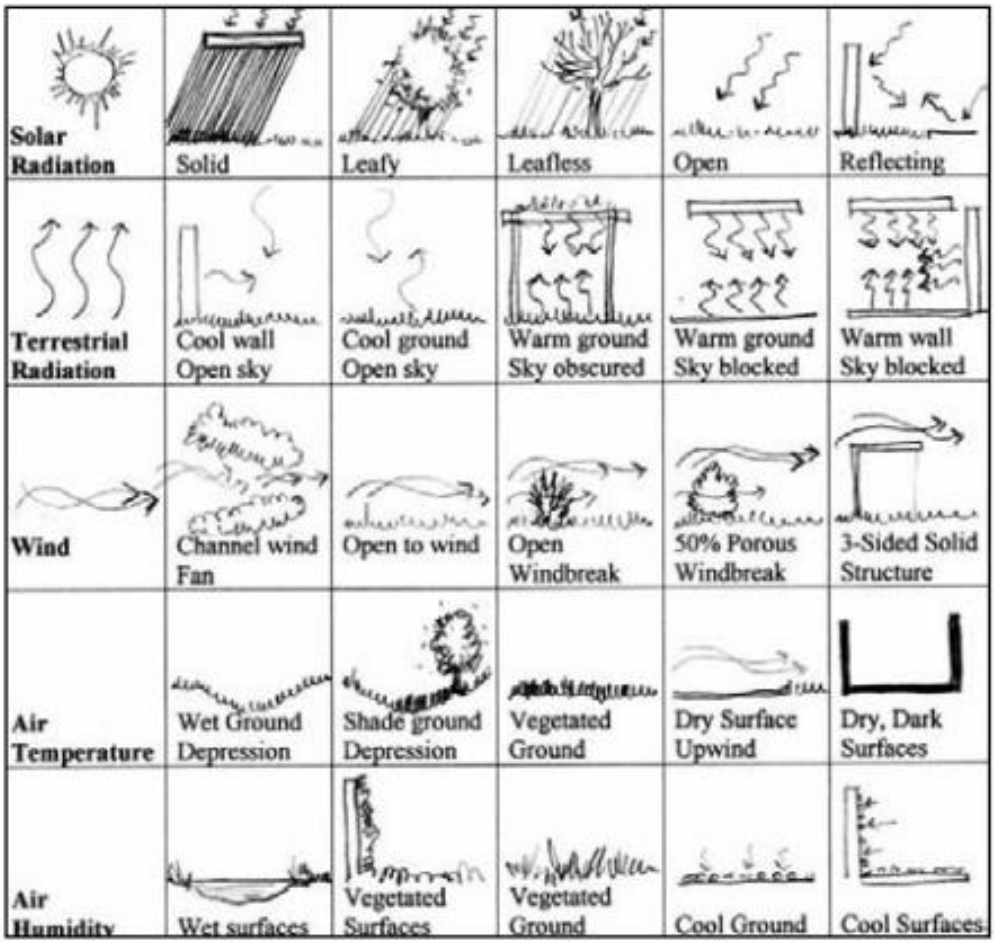
بغرض تحقيق راحة الإنسان داخل المجالات العمرانية ظهرت في بداية العقد الأخير من القرن الماضي عدة إستراتيجيات قد تختلف في طريقة آدائها أو في أساليبها لكنها تتفق كلها على الهدف الأسمى هو تعديل المجال العمراني على كل المستويات ومنها تعديل المناخ العمراني وكأحد أهم هاته الإستراتيجيات نجد: طريقة Brown، إستراتيجية Setaih، منهجية العمل بالمناطق البيومناخية وأما أحدثها فهما إستراتيجيتي WSUD وCSUD واللتان تعتمدان على إستخدام المياه والمجالات الخضراء.

1.3. إستراتيجية Brown:

إستنادا إلى العناصر المناخية المذكورة أعلاه سطر Brown (2010) في كتابه الشهير حول تصميم المجالات العمرانية إستراتيجية تعتمد على خلق مناخ مصغر باستخدام العناصر التالية: الأشعة الشمسية، الأشعة الأرضية، الرياح، درجة الحرارة و الرطوبة النسبية و جاءت الحلول كما يلي:

- إستراتيجية التعامل مع الأشعة الشمسية تعتمد على زيادة نسبة التظليل للتبريد وزيادة نسبة الإنفتاح والإنعكاس للتسخين.
- أما بالنسبة للأشعة الأرضية فالإستراتيجية تتحدث عن ظاهرة الدفيئة وكلما زادت درجة إنغلاق المجال العمراني كل ما إرتفعت حرارته.
- أما الرياح فهي تنقسم بين تقنية التركيز، التوجيه والحواجز الهوائية في حالة ما إذا أردنا تسخين المجال.
- درجة الحرارة إستراتيجيتها واضحة ومعلومة وهي إما التظليل أو الترطيب للتبريد والعكس للتسخين.
- وأخيرا بالنسبة للرطوبة النسبية فإن الحل في تبريد الفضاءات المفتوحة يعتمد على المجالات الخضراء والمسطحات المائية كمصادر لبخار الماء.

(الشكل 15.2) يبين الإستراتيجية أين الحلول المقترحة إن قرأناها من اليمين إلى اليسار فإننا نستعمل حلول للتبريد وإن كانت القراءة من اليسار إلى اليمين فإن الحلول موجهة لتسخين المجال العمراني.



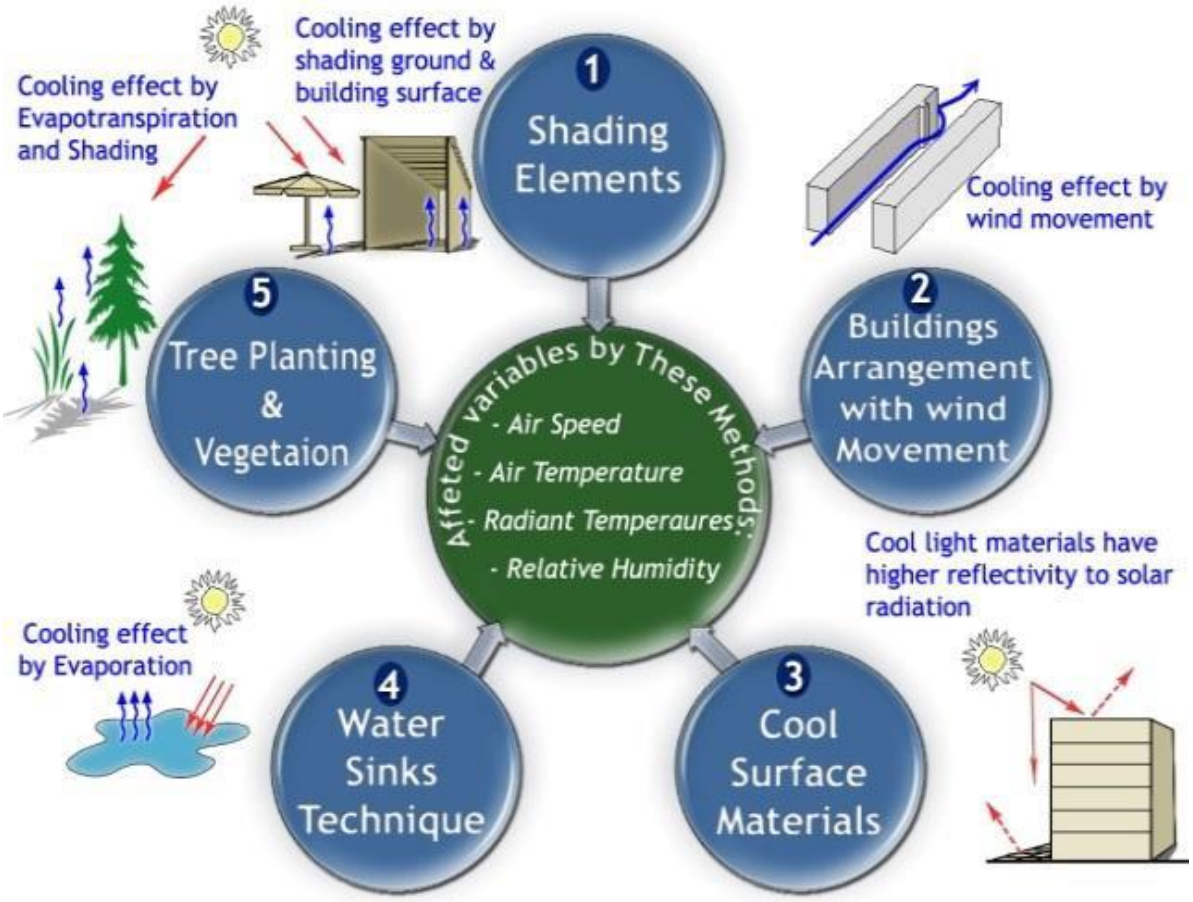
الشكل 2. 15. مصفوفة تبين الحلول المقترحة ضمن إستراتيجية Brown. المصدر. Brown (2010).

2.3. الإستراتيجية الخماسية لـ Setaih:

أما Setaih et al (2013) فيتحدث عن إستراتيجيـــــــــــــة خماسية الحلول لتبريد المجالات العمرانية المفتوحة في الأقاليم الحارة إعتمادا على تغييـــر العناصر المناخيـــــــــة الهامة في المجال العمراني: متوسط الحرارة الإشعاعية، الرياح، درجة الحرارة و الرطوبة النسبية، فجاءت الإستراتيجيات كما يلي (الشكل 16.2):

- التبريد بإستعمال عناصر لتظليل أرضية المجال العمراني وجدران البنايات المجاورة.
- تصميم نتوءات، بروزات وعناصر معمارية لتحول مسار وتوجيه الرياح بالإضافة إلى زيادة سرعتها.

- إستعمال المواد الباردة حراريا وهي المواد، الحبكات والألوان ذات درجة إنعكاسية عالية جدا للأشعة الشمسية.
- إستعمال المسطحات المائية أو مصادر مائية للإستفادة من ظاهرة التبريد بالتبخير.
- إستعمال المجالات الخضراء للإستفادة من ظاهرة التظليل والتبخر- نتح.

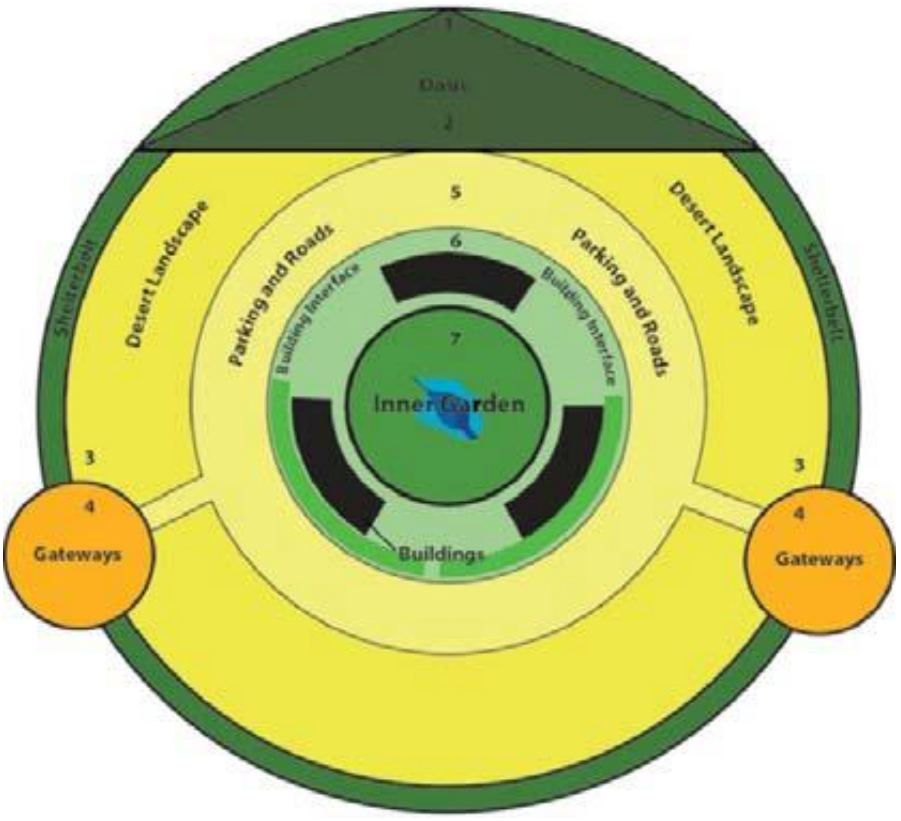


الشكل 2. 16. أدوات التبريد العمراني حسب إستراتيجية Setaih. المصدر. Setaih et al (2013).

3.3. إستراتيجية المناطق البيومناخية:

الباحث Attia and Duchhart (2011) يتحدث عن تعديل المناخ العمراني في الأقاليم الصحراوية الحارة بتطبيق إستراتيجية جديدة للتصميم العمراني تسمى إستراتيجية المناطق البيومناخية، و هي تعتمد على فكرة تقسيم المجال العمراني إلى مناطق بيومناخية و لكل منطقة منها أهداف مناخية معينة و الكل يخدم المنطقة المركزية (الشكل 17.2). أساس الإستراتيجية هو خلق 07 حلقات متسلسلة أين 06 منها تحمي المنطقة المركزية و التي تلقب بالقلب البارد، أما الحلقات الأخرى فجاءت كما يلي:

- **المنطقة الأولى**: كحزام حامي من الرياح و خصوصا الرملية منها.
- **المنطقة الثانية**: الواحة، لتنقية الهواء و تخفيض درجة الحرارة.
- **المنطقة الثالثة**: منطقة صحراوية داخلية، و بها نباتات صحراوية الهدف منها إبعاد المساكن عن المناطق الخارجية حسب الباحث.
- **المنطقة الرابعة**: المداخل الرئيسية، و تكون مصممة و مهيئة بحيث تقلل من استقطاب الأشعة الشمسية.
- **المنطقة الخامسة**: الشوارع و المواقف، أين يتم التقليل من حدة الأشعة الشمسية.
- **المنطقة السادسة**: المساكن و المباني، و فيها يتم التحكم الكبير بالأشعة المباشرة و غير المباشرة.
- **المنطقة السابعة**: الحدائق الداخلية أو ما أطلق عليها بالقلب البارد للتصميم ككل.



الشكل 2. 17. إستراتيجية المناطق البيومناخية. المصدر. Attia and Duchhart (2011).

الجدول 2. 2. المناطق و أدورها في إستراتيجية المناطق البيومناخية.
المصدر. الباحث بتصرف عن Attia and Duchhart (2011)

	Zone Name		Climatic Impacts
1	Shelterbelt		• Wind, sand storm reduction
2	Oasis		• Air filtration • Lower temperature • Better comfort
3	Desert Landscape		• Drought tolerant vegetation • Soft barrier
4	Gateways & Entries		• Reduce solar radiations • Better comfort
5	Parking & Roads		• Minimize solar intensity
6	Building/ Landscape Interface		• Reduce direct radiations • Reduce indirect radiations
7	Inner Garden		• Promote winds • Lower temperature • Reduce solar radiations • Better comfort

4.3. إستراتيجية WSUD (Water Sensitive Urban Design):

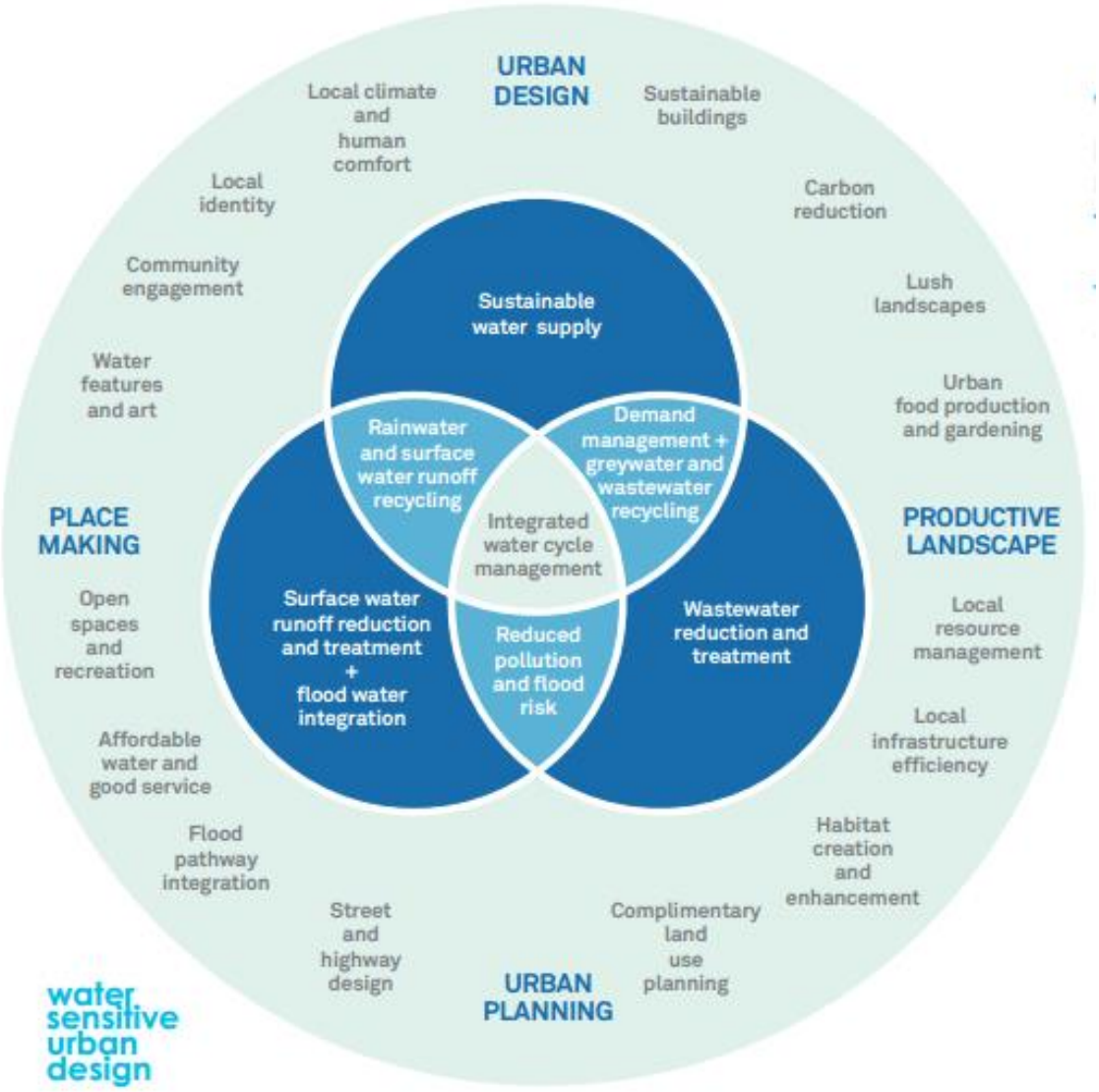
WSUD هي إستراتيجيـــــــــة تعتمد على إعادة تدوير و إستعمال المياه المختلفـــــــــــة في المجال العمرانـــــــي: مياه الأمطار، المياه المنزلية و مياه السقي، من أجل خلق مناخ معتدل بالإضافة إلى تحسيـــــــــن المنظر العمراني العام؛ و هي مطبقة بالشرق الأوسط و أستراليا، نفس الإستراتيجيـــــــــة تأخذ إسم SUDS (Sustainable Drain System) في بريطانيا، و في أمريكا تلقب بـ LID (Low Impact Developement) (Shaffer, 2017) (الشكل18.2).

حسب NRM (2012) ترمي إستراتيجية WSUD إلى تحقيق عدة اهداف أهمها :

- ✓ الحد من تدفقات مياه الأمطار والأحمال الملوثة وبالتالي حماية المجاري المائية عن طريق جمع ومعالجة مياه الأمطار.

- ✓ الحفاظ على المياه الصالحة للشرب من خلال جمع مياه الأمطار في خزانات مياه وتخزينها تحت الأرض لإعادة استخدامها في الحدائق والمراحيض.
- ✓ توفير مجالات مفتوحة و مريحة للسير، الترفيه و الإستجمام.

و تعتمد إستراتيجية WSUD على العديد من التقنيات أهمها: (أ) أحواض رسوبية sediment basins، (ب) مرشحات رملية sand filters، (ج) البرك ponds، (د) خزانات لمياه الأمطار rainwater tanks، (ه) أراضي رطبة constructed wetlands، (و) أنظمة عازلة swale/ buffer systems و العديد من التقنيات الأخرى حسب الإمكانيات المتاحة. هذه الإستراتيجية حسب Nice (2016) تقدم تغيرات معتبرة على مستوى المناخ العمراني و بالضبط على تبادلات الطاقة خصوصا في النهار (الشكل 18.2).



الشكل 2. 18. مخطط توضيحي لأهداف إستراتيجية WSUD. المصدر. CIRIA (2017).

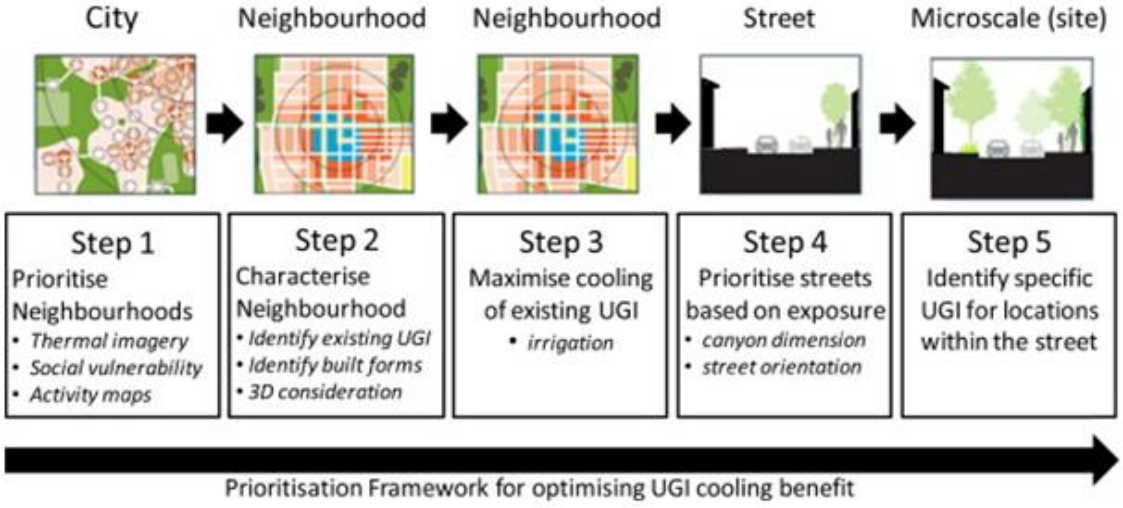
5.3. إستراتيجية CSUD (Climate Sensitive Urban Design):

تعتبر CSUD أحد أعقد الإستراتـيجيـــــات الناجحة في ميدان التصميـــــم المناخـــــــي العمراني و تعرف أيضا بأسماء أخرى: كـ CRD (Climatic Responsive Design) و BCD (Bio-Climatic Design)، و توجد العديد من الأمثلة التطبيقية لها عبر العالم أين سجلت مستويات جد مقبولة من التعديل المناخي على المستوى العمراني مقارنة بالمحيط المجاور خصوصا في الأقاليم الصحراوية الحارة (Coutts et al, 2013).

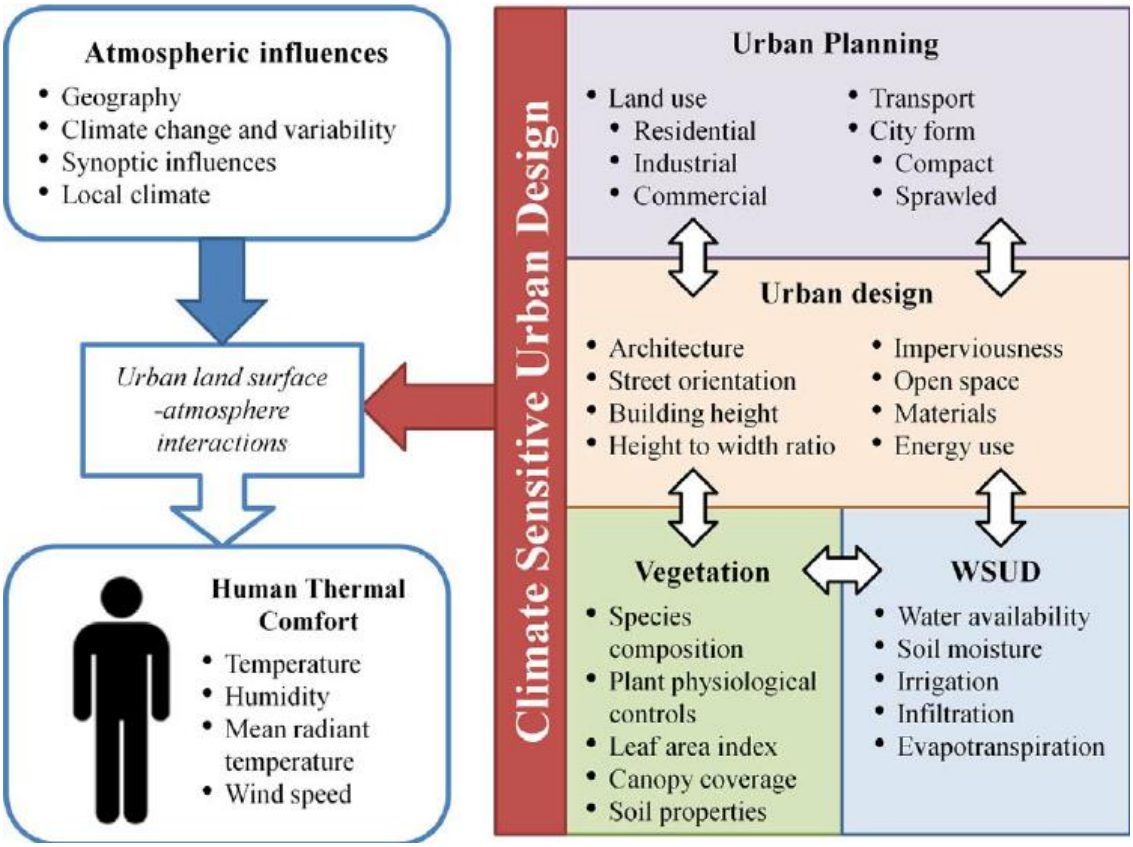
عموما تعتبر CSUD إستراتيجية تصميمية موجهة لتحسين الراحة الحرارية للإنسان سواء داخل المجالات المعمارية أو في الفضاءات العمرانية المفتوحة، و تعتمد أساسا على إدراج المجالات الخضراء على إستراتيجية WSUD للوصول إلى أقصى درجات التعديل المناخي و تستعمل العديد من الوسائل أهمها (Coutts et al, 2013):

- ✓ إستعمال المجالات الخضراء في الفضاءات العمرانية المفتوحة.
- ✓ إستعمال الأسطح و الواجهات الخضراء.
- ✓ إستخدام أنظمة تنقية و تخزين مياه الأمطار.
- ✓ إستعمال المسطحات المائية.

حسب Hide (2017) و Coutts et al (2013) نستطيع تطبيق إستراتيجية CSUD في كل مستويات التخطيط و التصميم العمرانيين، و يمكن إقتراح حلول على مستوى المدينة ثم الأحياء السكنية وصولا إلى الشوارع و يتم هذا على عدة مراحل كما يبينه (الشكل19.2) و على عدة مستويات كما يبينه (الشكل 20.2).



الشكل 2. 19. مراحل تطبيق إستراتيجية CSUD. المصدر. Hide (2017).



الشكل 2. 20. مستويات تطبيق ونتائج إستراتيجية CSUD. المصدر.(2013) Coutts et al.

خاتمة:

يعتبر المناخ العمراني الذي حاول سكان الواحات القدامى خلقه ميدان بحث هام جدا منذ النصف الثاني من القرن العشرين، حيث كان محط إهتمام العديد من الباحثين الذين صنفوه إلى عدة مستويات: المصغر، المحلي و المتوسط. أين يجدر بنا الحديث عن عناصره و المتمثلة في الميزانية الطاقوية من طاقة أنثروبية، مختزنة، كامنة، محسوسة و إشعاعية بالإضافة إلى الميزانية الإشعاعية المنقسمة بين الأشعة قصيرة الأمواج الشمسية و الأشعة طويلة الأمواج الأرضية هذا دون نسيان العناصر الهامة الأخرى و المتمثلة في حركة الهواء، درجة حرارة و رطوبة الهواء. هاته العناصر و التي عندما تتفاعل فيما بينها أو بتدخل طرف آخر تنشأ ظاهرة مناخية معينة و التي تعتبر أهمها بالنسبة للأقاليم الصحراوية: الجزيرة العمرانية الحارة، الجزيرة العمرانية الباردة، الجزيرة الحدائقية الباردة و الجزيرة العمرانية الرطبة.

خاتمين هذا الفصل بالتطرق إلى أهم الإستراتيجيات المتبعة عالميا لتعديل المناخ العمراني لصالح الإنسان كإستراتيجية Brown، إستراتيجية Setaih، نظرية المناطق البيومناخية للباحث Attia و أحدث و أشهر الإستراتيجيات في هذا الميدان WSUD و CSUD و التي تعتمد على المجالات الخضراء كعنصر تصميمي هام و رئيسي و الذي سيكون محط إهتمامنا في الفصل المقبل من هذا العمل.

الفصل الثالث

المجالات الخضراء:
خصائص و نظريات

of all the tools available to the planner, VEGETATION is the most flexible

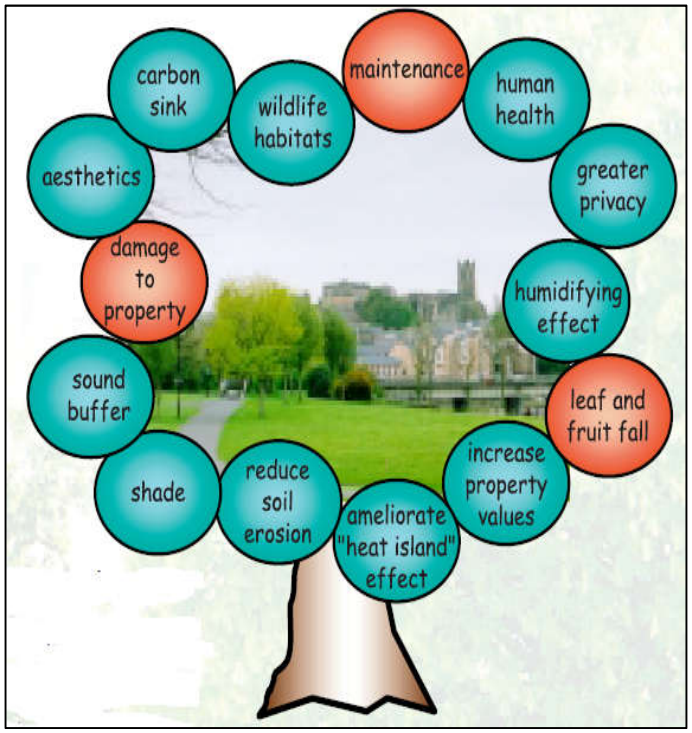
-- Gerald Mills --

تمهيد:

إن العلاقة بين المجال الأخضر والفضاء الذي يشغله الإنسان كانت محط دراسات جادة وعديدة منذ أواخر القرن الماضي كأعمـــــــــــــــال [Givoni (1991)، Bernatzky (1978)، Rowntree (1986)، Chiesura (2004)، Vailshery et al (2013)]. أين إستنتج أصحاب هذه الأبحاث وغيرها العديد من النقاط الإيجابية والأدوار الهامة للمجال الأخضر في حياة الإنسان وعلى عدة مستويات، كالجانب الجمالي، البصري، الرمزي، الصوتي، الإجتماعي، المناخي وغيرها.

من وجهة نظر بيوفيزيائية، إجتماعية وثقافية فإن المجال الأخضر يلعب دورا هاما في تحسين حياة الإنسان، أين يلخصها لنا الباحث Stewart et al (2010) في النقاط التاليـــــــــة أنظر (الشكل 3.1):

- التأثير على نفسية الإنسان.
- التأثير على صحة الإنسان.
- التأثير على نقاوة الهواء.
- إنشاء الظلال والرطوبة.
- إضفاء جانب جمالي على الموقع
- التنوع البيولوجي



الشكل 3. 1. فوائد المجال الأخضر. المصدر. Stewart et al (2010).

ومن هذا المنطلق الفكري فإن آثار المجال الأخضر على حياة الإنسان تكون على عدة مستويات، وتتعلق أساسا بحجمه وتموقعه، فمن آثاره على المستويين المعماري والعمراني مرورا بتأثيره على جزء من المدينة أو مدينة بأسرها وصولا إلى المستوى الإقليمي والعالمي كالغابات الإستوائية وغابات الأمـــازون التـــي تصنف على أنها رئـــــــــــة العالم [(Akbari et al, 1992)، (Lin and Lin, 2010)، (Brown et al, 2015)].

أما على المستوى العمراني فللمجالات الخضراء العديد من الفوائد ويعود هـــــــــــذا التنوع إلى عدة عناصر منها: كثافة المجال الأخضر، شكله، أبعاده وتموقعه في الفضاء العمراني. لكن عموما فأي نوع من المجالات الخضـــــــــــراء شجرا كان، نباتا أو أعشابا ومهما صغر حجمه فإن له دور ما في الفضاء العمراني (Akbari et al, 1992).

هذه الفوائد والآثار كانت محط أنظار العديد من الباحثين جلهم يفصلها في خمـــــس نقـــاط: (أ) تغـيـيـــر حرارة الأسطـــح، (ب) الرقابة المائيـــــة للهواء، (ج) تنقية الهـــــواء من الملوثـات، (د) الرقابة الصوتية، (ه) رقابة إنبعـاث الكربـــــــــــــــون [(Picot, 2004)، (Mills, 2006)، (Shashua-Bar et al, 2009)، (Lehmann et al, 2014)، (Abreu-Harbich et al, 2015)].

أما أحد أهم هذه التصنيفات فيعود للباحث Akbari et al (1992) الذي يقسمها حسب الأدوار وحسب الأثار. فأما الشق الأول فتحدث فيه الباحث عن أدوار عديدة ومنها: الدور البيئي، الدور الإقتصادي، الدور الإجتماعي والدور المناخي، ليأتي الشق الثاني أين صنف الباحث المجالات الخضراء حسب تأثيرها عن كل دور من الأدوار السابقة الذكر، وقسمها إلى نوعين: التأثيرات المباشرة والتأثيرات غير المباشرة. فأما المباشرة منها فهي التي تؤثر مباشرة على المباني داخل المجال العمراني ومنها التظليل وتقليل سرعة الرياح، في حين أن الآثار غيـــــــــــــر المباشرة فمنها التبخر- نتح، الدفيئة، التلوث الجوي، الضجيج والعامل النفسي.

1. الوظائف المناخية للمجالات الخضراء داخل الفضاء العمراني:

إن الوظائف المناخية للمجالات الخضراء في الفضاء العمراني كانت محط أنظار دراسات جادة إشتركت في جل النقاط لكنها إختلفت في التعبير عنها وكأول وأقوى التصنيفات التي تطرح نفسها تلك التي تحدث عنها Andrade and Vieira (2007) مصنفـــــــــــا التأثيرات المناخية للمجالات الخضراء إلى 03 مقاييـــــس تأثير مناخيـــــــــة: (أ) المناخ المصغـــــــر، (ب) المناخ المحلي و (ج) المناخ المتوسط (أنظر الجدول 1.3)، ومن ثم تأتي التصنيفات الأخرى كل حسب مقياس التأثير المناخي.

فحسب الباحثين Brown and Gillespie (1995) و ذلك نقلا عن Shahidan and John (2008) أن هناك أربعة طرق من خلالها يمكن للمجال الأخضر التأثير على المناخ العمراني ألا و هي: (أ) تغيير شدة و إتجاه و نوعية الرياح، (ب) الرطوبة النسبية، (ج) الأشعة الشمسية، (د) الأشعة الحرارية الأرضية. في الوقت الذي تحدث فيه الباحث Akbari et al (1997) و ذلك في دراسات مست الولايات المتحدة الأمريكية أن وجود 03 أشجار في كل منزل من شأنها الوصول إلى نسبة تبريد تتراوح ما بين 17% إلى 57% على مستوى المدينة كما تضمن نسبة تظليل مباشر ما بين 10% إلى 35% (Panagopoulos, 2008).

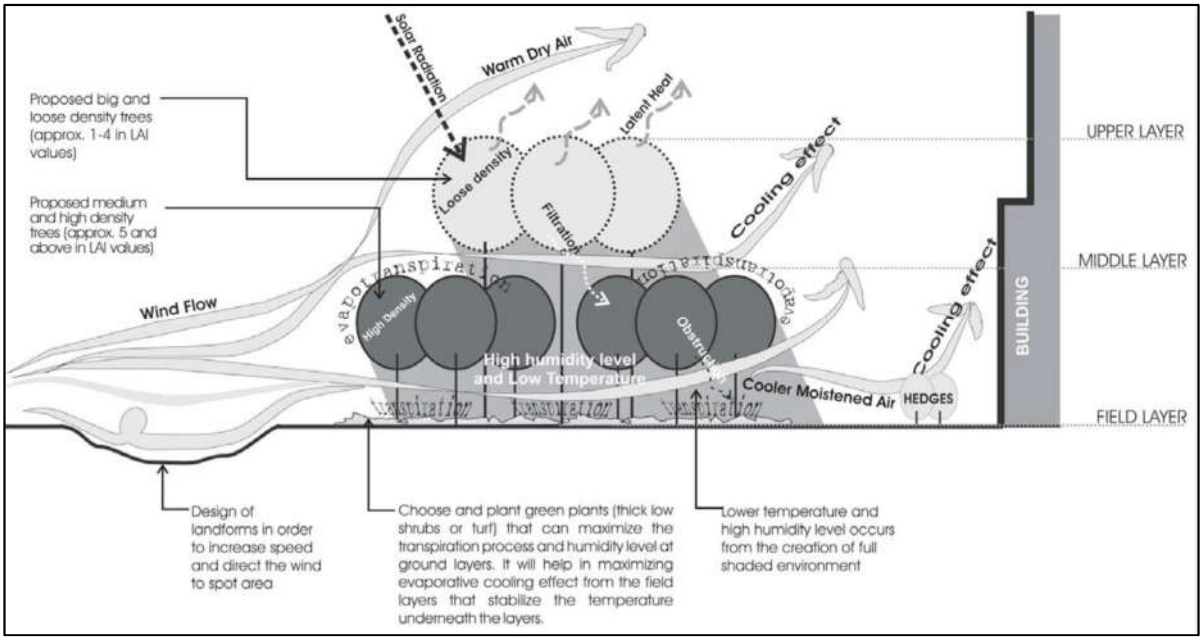
الباحث Okeil (2001) أثبت أن مفعول التبريد ظاهرة لا غبار عليها، ليأتي الدور على Dimoudi and Nikolopoulou (2003) اللذان لخصا الوظائف المناخية للمجالات الخضراء في : (أ) التقليل من الكسب الحراري بعملية الإشعاع لكل من الجدران، الأسقف و الأرضيات بواسطة التظليل، (ب) التقليل من تبادلات الطاقة ذات الأمواج الطويلة بين المجال العمراني و الجوي، (ج) التقليل من الكسب الحراري عن طريق الحمل و التوصيل بعملية التبخر- نتح، (د) زيادة نسبة الرطوبة الجوية عن طريق عملية التبخر- نتح. بينما Atsushi et al (2006) صنفها في خمس نقاط: (أ) مفعول التظليل، (ب) تقليل الحرارة المنعكسة، (ج) نشر الحرارة الكامنة، (د) تغيير لزوجة الرياح و (ه) زيادة نسبة الرطوبة في الجو.

الباحث Yoshida et al (2006) صرح أن للمجال الأخضر ثلاث قدرات مناخية هامة هي: (أ) القدرة على مقاومة الرياح، (ب) القدرة على التظليل، (ج) القدرة على إنتاج بخار الماء. في الوقت الذي يقسم فيه الباحثان Andrade and Vieira (2007) تأثير المجال الأخضر حسب درجات التأثير بالتصنيف التالي: (أ) التأثير على الإشعاع، الطاقة وميزان الرطوبة، (ب) التأثير على درجة حرارة الهواء وسرعته، (ج) التأثير على الميزان الطاقوي للإنسان ومن ثم التأثير على مستوى الراحة الحرارية له. بينما ركز Spangenberg et al (2008) أبحاثهم عن دور هام هو التقليل من الأشعة الشمسية وتخفيض درجة الحرارة للمشاة.

الباحث Panagopoulos (2008) يتحدث عن أن المجال الأخضر بإمكانه التأثير على المناخ المصغر حسب ما يلي: (أ) التبريد بظاهرة التبخر- نتح، (ب) التظليل، (ج) التحكم في لزوجة الهواء، (د) تجديد الهواء. في الوقت الذي صادق فيه Gandhi (2011) عن كل ما سبق ذكره مضيفا دورا آخر يتمثل في تحويل الحرارة المحسوسة إلى حرارة كامنة. أما Brown et al (2015) فقد تحدثوا عن ظاهرتين

طبيعيتين: التظليل والتبريد بالتبخير واللتان من شأنهما التأثير على: (أ) الأشعة الشمسيـــــــــــــــة، (ب) الأشعة الأرضية، (ج) الرطوبة النسبية، (د) الرياح و (ه) درجة حرارة الهواء.

وكحوصلة لكل ما سبق ذكره فإن جل الأبحاث تتحدث عن الأدوار الثلاث الرئيسية للمجال الأخضر: (أ) التظليل، (ب) الرطوبة النسبية، (ج) التعامل مع شتى أنواع الرياح، كما هو موضح في (الشكل 2.3).



الشكل 3. 2. مخطـــــــط توضيحـــــي يشرح العملية الكاملة لتأثير المجال الأخضر على المناخ العمراني.

المصدر. Shahidan and John (2008).

الجدول 3. 1. مقاييـــــــــــس التأثيـــــــــــر المناخي للمجالات الخضراء.

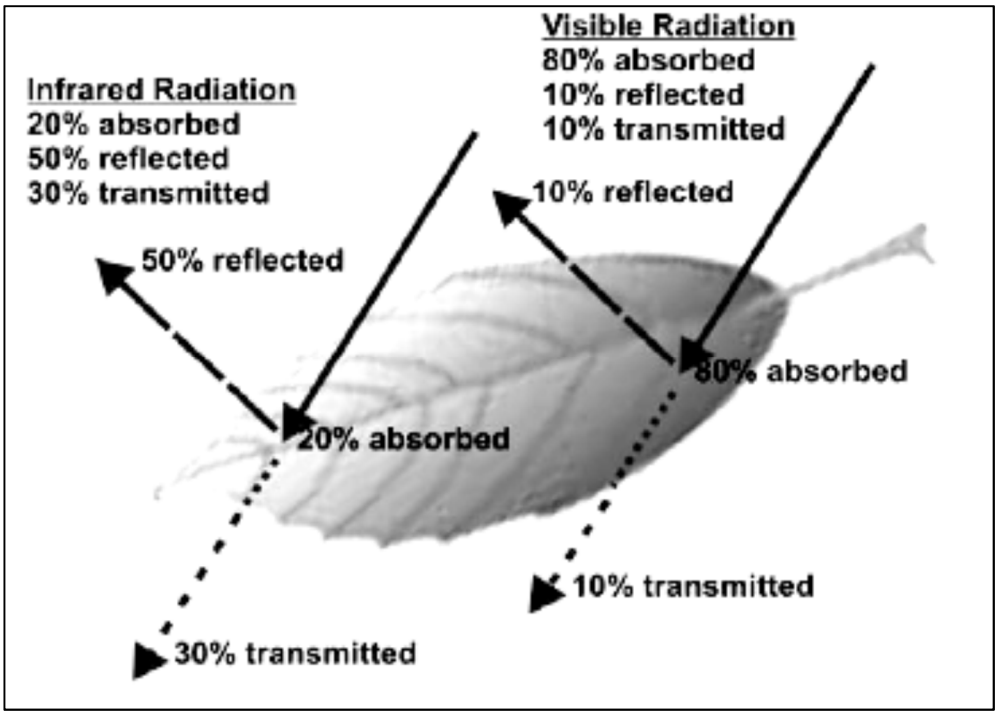
المصدر. الباحث بتصرف عن Andrade and Vieira (2007).

مقياس التأثير المناخي	حجم المجال الأخضر	أمثلة
المناخ المصغر	بضع العشرات من الأمتار	نباتات منعزلة، خطوط أشجار ومجالات خضراء صغيرة
المناخ المحلي	بين عشرات وآلاف الأمتار	حدائق عمرانية متوسطة الأحجام
المناخ المتوسط	بضع كيلومترات	الحدائق الكبرى، الغابات الحضرية والمحيطة بالمدن
		مجمل المجالات الخضراء المتواجدة بالمدينة

1.1. التحكم والتأثير في الأشعة الشمسية:

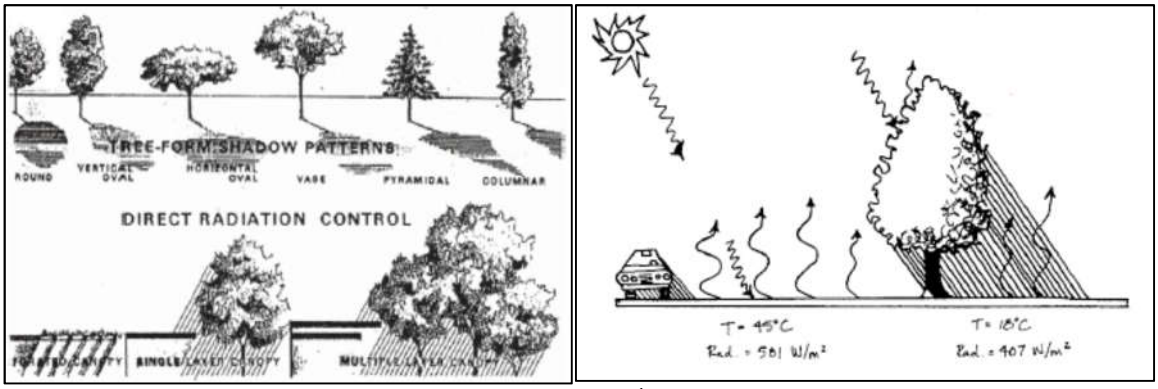
حسب Gary O. Robinette (1972) و ذلك نقلا عن Shahidan and John (2008) فإن أهم دور مناخي يقوم به المجال الأخضر هو التحكم بالأشعة الشمسية. فالأشجار، الشجيرات والأعشاب هي من أهم العناصر الخارجية المتحكمة في الأشعة الحرارية. فالنباتات النفضية وفي حالة إكتمالها تعتبر من أحسن الحلول الحرارية في المناطق المعتدلة، بينما في المناخات الإستوائية والحارة فالنباتات الدائمة الخضرة هي المرغوبة لأنها تقوم بالحماية طوال العام.

و حسب(1995) Brown and Gillespie نقلا عن Shahidan and John (2008) فإن الغطاء النباتي بإمكانه امتصاص 80% من الأشعة المرئية، يعكس 10% و يمرر 10%. بينما يمتص 20% فقط من الأشعة الحرارية ويعكس منها 50% ويمرر 30% الباقية (الشكل 3.3).



الشكل 3. 3. نسب إمتصاص، عكس وتوصيل الأوراق للأشعة الشمسية. المصدر. Shahidan et al (2007).

وبمجرد إيقاف الأشعة الشمسية فإن النباتات تقلل مباشرة من الطاقة الحرارية الواصلة إلى الأرضية. ولمراقبة الأشعة الشمسية هناك بعض الخصائص الهامة للمجال الأخضر والتي تساهم في عملية التصفية، التظليل والمشاركة في تحسين المناخ العمراني (الشكل 4.3)، وهي حسب Shahidan and John (2008) و Abreu-Harbich et al (2015): (أ) كثافة الغطاء النباتي (أعراف، أغصان وأوراق)، (ب) إرتفاع الغطاء النباتي، (ج) مسامية الغطاء النباتي حسب الفصول، (د) عدد طبقات وبنية الغطاء الأخضر، (ه) شكل وحجم الغطاء النباتي (الشكل 4.3) و (و) نوعية الأوراق.

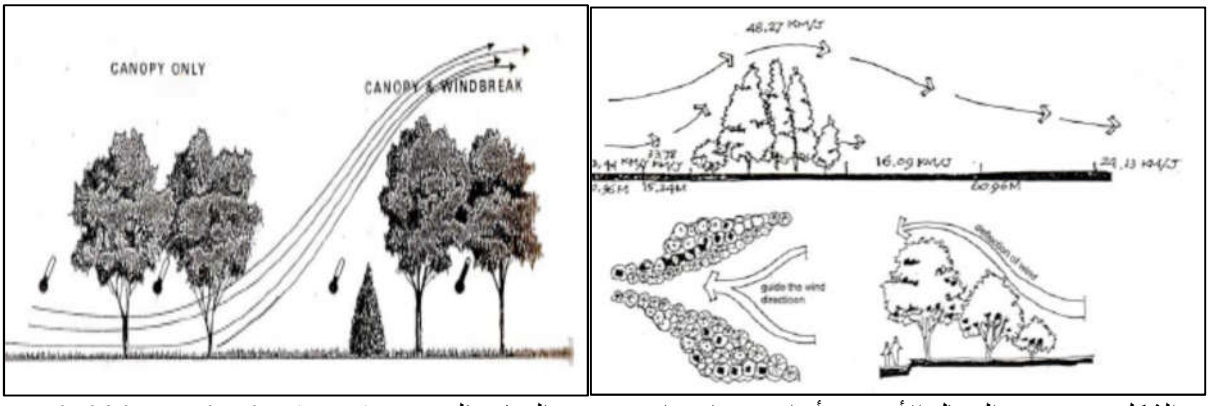


الشكل 3. 4. على اليمين عملية التظليل وتصفية الأشعة الشمسية وعلى الشمال إختلاف الحماية حسب شكل وعدد الأشجار. المصدر. Shahidan and John (2008).

2.1. التحكم والتأثير على الرياح وحركة الهواء:

الرياح عامل هام جدا في المناخ العمراني فهي تأثر تأثيرا حراريا مباشـــــــــــــرا على مستعملي الفضاء الخارجي، لكن في نفس الوقت هي صعبـــــــــــــــــــــة التحكم والسيطرة. مبدئيا وحسب Shahidan and John (2008) فإن المجال الأخضر يستطيع التحكم بالرياح من ناحيـــــــــة: (أ) الإعتراض Obstruction، (ب) التوجيـــــــــه Guidance، (ج) الإنحـــــــــراف Deflection و (د) التصفية Filtration.

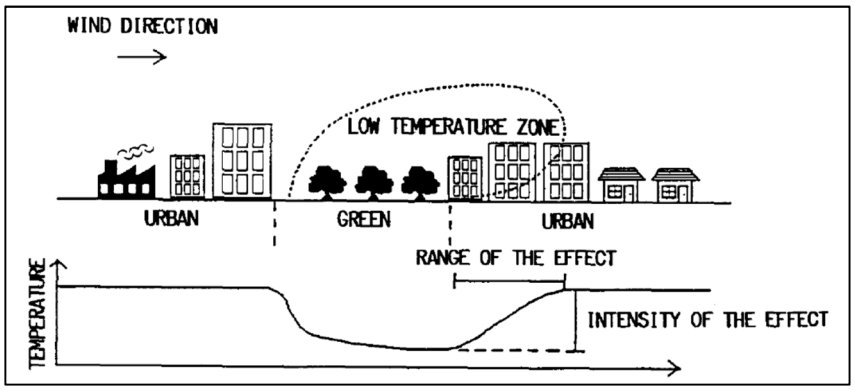
كما أن النباتات بكل أشكالها دائمة الخضرة أو النفضية، مستعملة بشكل فردي أو تركيبي وبتصميم معين بإمكانها التأثير على الرياح كما يريده المصمم. بالإضافة إلى عوامل أخرى من شأنها التأثير على الرياح وهي: حجم، موقع، توجيه ومسامية المجال الأخضر أنظر (الشكل 5.3) و (الشكل 6.3).



الشكل 3. 5. دور المجال الأخضر بأنواعه في إنحراف وتوجيه الرياح. المصدر. Shahidan and John (2008).

3.1. التأثير على درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية:

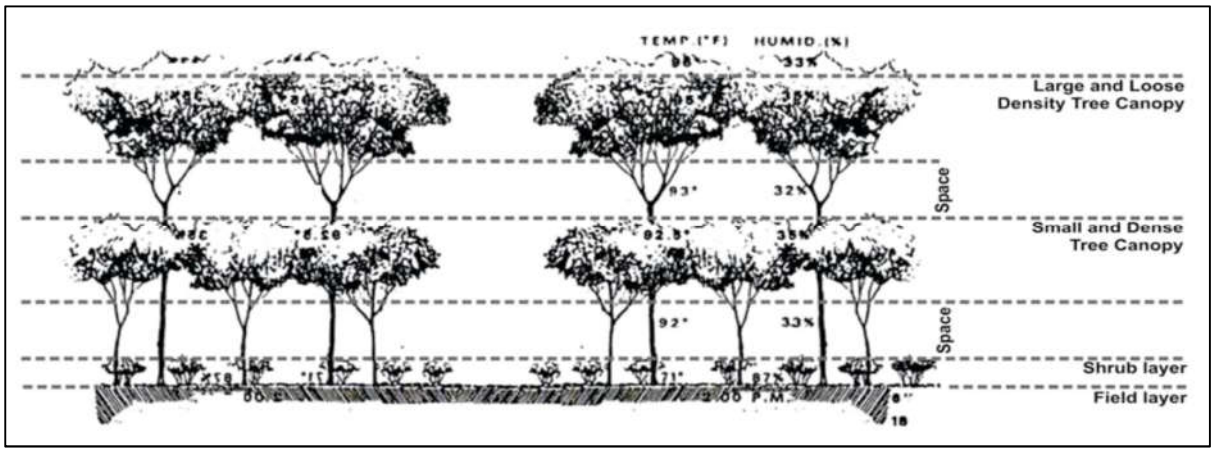
إن تبريد الفضاء العمراني هو إشكالية في حد ذاتها لأن درجة الحرارة فيه أصلا أكبر ببضع درجات مئوية من المحيط المجاور وهي ما تسمى بالجزيرة الحرارية (Bowler et al, 2010). كما أن تأثير المجـــــال الأخضر على المناخ العمرانـــــي حراريـــــا يكون على عـــــدة مستويات (Macro & Micro Level)، حيث أن المدى الحراري قد يتراوح بين 150م إلى 700م وذلك بمساعدة الرياح (أنظر الشكل 6.3)، كما ان وجود مجالات خضراء صغيرة بتباعدات متناسبة قد يكون لها تأثير حراري أكبر من المساحات الشاسعة النقطية (Honjo and Takakura, 1991). بيد أن الفرق الحراري بين المجال المشمس والمظلل بفعل الأشجار قد يصل إلى حدود 20°م (Shashua-Bar et al, 2010).



الشكل 3. 6. مدى تأثير المجال الأخضر على المناخ العمرانـــــي حراريا بوجود الرياح.
المصدر. Honjo and Takakura (1991).

درجة الحرارة ونسبة الرطوبة لا تتأثران مباشرة بوجود المجال الأخضر لكن يمكن الوصول إلى هذه النتيجة الحتمية بالتأثير على بعض العناصر الأخرى كالإشعاع الشمسي، الرياح وظاهـــرة التبخر- نتح. وكلما إزدادت درجة تعقيـــد وتركيب المجال الأخضر إزدادت التأثيـــــرات والتي لخصـــــها Shahidan and John (2008) في النقاط التالية: (أ) الإحتفاظ بالرطوبة النسبية في الهواء، (ب) الحماية من الأشعة الشمسية والرياح والتقليل من التبخر، (ج) الحماية بالتظليل مما يخفض درجة الحرارة على السطح المظلل، (د) التبريد بالتبخير عبر ظاهرة التبخر- نتح.

كما يجب التعامل مع عدة مستويات للمجال الأخضر: المستوى الأعلى، المستوى المتوسط والمستوى الأدنى والتي مشتركة تأثر على العناصر المناخية. فالأعلى دوره الرئيسي التظليل والتصفية الجزئية للأشعة الشمسية وإنتاج البخار بعملية التبخر- نتح، الوسطي يستطيع ضمان حماية قوية جدا من الأشعة الشمسية بينما الأدنى يؤثر تأثيرا مباشرا على الرطوبة النسبية للهواء كما يلعب دورا هاما في عملية التبريد الليلية (الشكل 7.3) [(Shahidan and John, 2008) (Lehmann et al, 2014)].



الشكل 3. 7. إستعمال عدة طبقات من المجال الأخضر وتأثيرهـــــــــــا على درجة الحرارة والرطوبة النسبية.
المصدر. Shahidan and John (2008).

2. مكونات وخصائص المجالات الخضراء:

لدراسة وفهم السلوك المناخي للمجالات الخضراء وتقييم تأثيرها على المناخ العمراني لا يكفي الوقوف عند الخصائص العامة والمبسطة لها بل يجب الدخول في حيثيات وتفاصيل عميقة من شأنها أن تزيد من دقة الدراسة والتقييم، وأهم هذه الخصائص قسمان النباتية منها والفيزيائية.

1.2. تركيبة المجالات الخضراء العمرانية:

إن أحد الجوانب الهامة للمجالات الخضراء والممهدة لها للتأثير على المناخ العمراني هو شكلها ونوعها ومن ثم يأتي كميتها وحجمها. وحسب Panagopoulos (2008) فإن المجال الأخضـــر يمكن ان يكون بأربعـــــة أشكـــــال: غطاء نباتـــــي، أشجار خطية، أشجار منعزلة وبساتيـــــن، اما قياسا على Dimoudi and Nikolopoulou (2003) فإن المجال الأخضـــــر يكمن تصنيفه إلى قسمين: (أ) أجسام مستوية، Planar Objects: كالعشب والنباتـــــــــات الصغيرة، (ب) أجسام ثلاثية الأبعاد، 3D Objects: كالشجيرات والأشجار.

كما أن البنية الشاقولية للمجال الأخضر تلعب دورا هاما جدا في عملية التعديل المناخي، نظريا فالمجال الأخضر يأخذ ثلاث مستويات مختلفة: المستوى الأدنى، المستوى المتوسط والمستوى الأعلـــــــــــى (Lehmann et al, 2014). ولهدف الوصول إلى أدق النتائج قسمت أنواع المجالات الخضراء وطبقاتها إلى أقسم فرعية (أنظر الجدول 2.3):

- الطبقة السفلية (أقل من 01 م): كالعشب، الأزهار، الأعشاب والشجيرات الصغيرة.
- الطبقة المتوسطة (من 01 م إلى 03م): كالأعشاب، الأسيجة الخضراء، الشجيرات الكبيرة والأشجار الصغيرة.
- الطبقة العليا (أكثر من 03 م): كالأشجار المتوسطة والأشجار الكبيرة.

بينما Picot (2004) يتحدث عن أن المجال الأخضر بإمكانه أخذ أربعة أشكال في الفضاء العمراني: (أ) غطاء نباتي، (ب) بساتين، (ج) أشجار منعزلة، (د) أشجار خطية.

الجدول 3. 2. مصفوفة توضيحية تربط إرتفاع المجال الأخضر مع خصائصه.

المصدر. الباحث بتصرف عن Lehmann et al (2014).

	فئات إرتفاع المجال الأخضر	التغطية المجالية وترتيبها البصري				
		مبعثر	كثافة قليلة	في مجموعات	في خطوط	كثيف
الطبقة السفلية	العشب					
	المرج					
	الأعشاب والنباتات ≤1م					
الطبقة المتوسطة	الأعشاب والنباتات ≤1م					
	وشيع أخضر منخفض ≤1م					
	1م ≤ وشيع أخضر متوسط					
	وشيع مكون من أشجار ≤2.5م					
	شجيرات ≤ 2م					
	شجيرات ≤ 2م					
	أشجار صغيرة ≤ 3م					
الطبقة العليا	3م ≤ أشجار متوسطة ≤ 10م					
	أشجار كبيرة ≤ 10م					

وعمليا يمكننا تصنيف أنماط المجال الأخضر في الفضاء العمراني إلى 13 فئة رئيسية تنقسم بدورها إلى 57 نمطا فرعيا (أنظر الجدول 3.3) مبنية على حسب بنية المجال العمراني ونوعية المجـــــــال الأخضر (Lehmann et al, 2014).

الجدول 3. 3. نظرة عامة على فئات وأنماط المجال الأخضر في الفضاء العمراني
المصدر. UVST (Urban Vegetation Structure Types) Lehmann et al (2014).

1. Residential sites, mixed-use sites as well as industrial, commercial and specialized sites	**7. Grassland**
1.1. Built-up land with richly structured, park-like gardens	7.1. intensive grassland
1.2. Built-up land with richly structured gardens, medium to high proportion of deciduous trees	7.2. Grassland with little or no trees and shrubbery
1.3. Built-up land with poorly structured, intensively maintained gardens	7.3. Grassland with communities of tall herbaceous vegetation
1.4. Built-up land with little or no vegetation	Grassland with trees and shrubbery
1.5. Built-up land with no or few trees and shrubbery	**8. Trees, shrubs and bushes**
1.6. Built-up land with trees and extensive shrubbery	8.1. Bushes; pre-forest shrubbery
2. Transport facilities and infrastructure	8.2. Hedges; row of shrubs
2.1. Railway site and facilities, tracks, embankments	8.3. Row of trees; group of trees
2.2. Road site with bordering greenway	8.4. Meadow with scattered fruit trees
2.3. Transport facilities, transport area largely to completely sealed	8.5. Prominent individual tree
2.4. Transport area; car park; greened	**9. Woodland (deciduous, coniferous and mixed)**
3. Green spaces	9.1. Wood
3.1. Green space with trees and closed canopy	9.2. Reforestation; tree nursery
3.2. Green space with diverse amount of trees and shrubbery	9.3. Clear-felling; cleared corridor
3.3. Lawn and sport field	9.4. Clearing with herbaceous vegetation
3.4. Green space with little or no vegetation	9.5. Clearing with meadow, wildflowers
3.5. Green space with young trees and partly with dense woodland	9.6. Developed edge of the wood
3.6. Green space with a lot of trees and extensive shrubbery, fruit trees	**10. Near-natural wetlands**
3.7. Green space with few trees and shrubbery, primarily decorative function	10.1. Near-natural wetland with reed beds, reed, bulrush-and sedge-marshland
3.8. Green space with few trees and shrubbery, primarily lawns	10.2. Near-natural wetland with communities of tall herbaceous vegetation
4. Urban wastelands	10.3. Near-natural wetland with shrubbery
4.1. Urban wastelands with ruderal and other herbaceous plants, early stage of succession	10.4. Near-natural wetland with trees

4.2. Urban wastelands with pioneer trees, groves and woodland, middle stage of succession	**11. Watersides zones**
4.3. Urban wastelands with mature trees, groves and woodland, late stage of succession	11.1. Watersides zone with reeds, bulrushes and sedges
5. Landfills and quarries	11.2. Watersides zone with tall herbaceous vegetation, trees and shrubbery
5.1. Partly or fully overgrown; restored landfill or quarry	11.3. Watersides zone with grassy banks
5.2. Landfill or quarry with little vegetation, partly overgrown	11.4. Watersides zone with little or no vegetation
5.3. Landfill or quarry with no or little vegetation	**12. Arid grassland, heathland**
6. Agricultural sites	12.1. Arid and semi-arid grassland; heathland
6.1. Arable land	12.2. Bushy to wooded dry grassland and heathland
6.2. Land for fruit cultivation, orchard	**13. Open sites**
6.3. Horticultural site, commercial use	13.1. Rocky area
6.4. Horticultural site, private use	13.2. Sandy area
6.5. vineyard	13.3. Dune

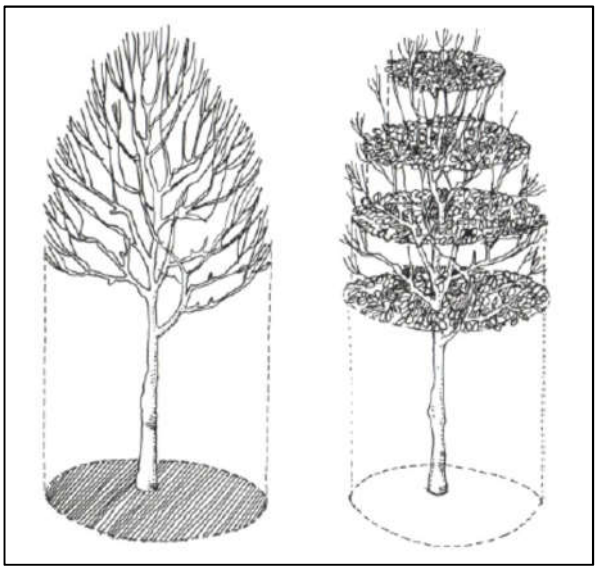
2.2. الخصائص النباتية للمجالات الخضراء:

للمجالات الخضراء خصائص نباتية من شأنها التحكم والمساعدة في عملية التعديل المناخي ولعل أهمها:(أ) مؤشر المساحة الورقية LAI، (ب) كثافة التغطية الخضراء LAD، (ج) المساحة المغطاة الخضراء GCA، (د) نسبة التغطية الخضراء GCR و (ه) نسبـــــــــة المجال المزروع GnPR و (و) معامل الأوراق الخضراء GLF.

1.2.2. مؤشر المساحة الورقية Leaf Area Index:

تعتبر LAI أهم العناصر البيوفيزيائية للنبات والمؤثرة على المناخ المصغـــــر، فحسب Shinzato and Duarte (2012) فإن LAI هي نسبة مجموع المساحة العلوية للأوراق على المساحة العامة التي يشغلها النبات على الأرضية والتي تعتبر الوحدة المساحية. وتعتبر LAI متغير عددي بدون وحدة قياسية وتتنوع حسب تنوع النبات، حجمه وسنه. ونظريا فإن LAI يرمز إلى بنية النبات التنظيمية حيث تتدرج قيمتـــــــــــــــه من 00 إلى 10، وحسب (الشكل 8.3) التعريفي له فإن شجرة مـــا أين مؤشرها LAI = 4 نستطيع إن نستنتج أن لها 04 طوابق نموذجيـــــة من الأوراق. ولتقييم قيمة LAI هناك طريقتـان: المباشرة والتي تعتمد على قياس مساحـة الأوراق، وغير المباشرة والتي تعتمد على قياس

كميـة الإشعاع الشمسي المار من التاج، هذه الأخيــرة التي بها ثلاث طرق مختلفة المستوى والدقـــــة: (أ) بتطبيـــق قانون *Beer-Lambert*، (ب) بالتصوير الفوتوغرافـــــــي النصـــــــف كروي، (ج) الصور القمرية بتقنية (Normalize Different Vegetation Index) NDVI.



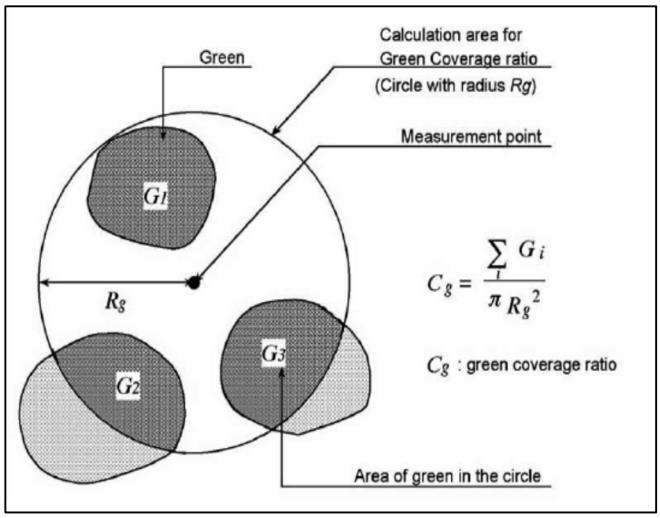
الشكل 3. 8. إسقاط أفقي لتاج النبات يعبر عن قيمة LAI. المصدر. Shinzato and Duarte (2012).

2.2.2. كثافة التغطية الخضراء Leaf area Density:

تعتبر كثافة التغطية الخضراء LAD من اهم العوامل النباتية والتي تتعلق مباشرة بـ LAI، وهي تعرف على انها نسبة مجموع المساحات العلوية للأوراق على حجم النبات كوحدة قياسيـــــــــــــــة (Hosoi and K.Omasa, 2009)، ولتقييم LAD هناك وسيلتان: (أ) الوسائـــــــــــــل غير المباشرة كطريقة المربع وطريقة قياس الفراغ الجزئـــــــــــــــي، (ب) الوسائل المباشـــــــرة كطريقة LIDAR (Light Detection And Ranging).

3.2.2. نسبة التغطية الخضراء Green Coverage Ratio:

نسبة التغطية الخضراء GCR هي نسبـــــــــــــة مجموع مساحات كل الأشجار، الشجيرات، النباتات والأعشاب من المساحة العامة (Tsutsumi et al, 2003)، نفس الخاصية أعاد صياغتـــــــــــــــــها Arboit and Betman (2017) ويلقبـــــــــــــه بمؤشر الغطاء النباتي IVC (Index of Vegetation Cover) (أنظر الشكل 9.3).



الشكل 3. 9. نسبة التغطية الخضراء. المصدر. Tsutsumi et al (2003).

وتقيم GCR أو IVC حسب المعادلة التالية:

$$GCR = \sum_{i=1}^{n} G_i / GS \quad \text{..... 3. 1}$$

أين: GS: هي المساحة العامة، Gi: هي مساحة المجال الأخضر وعدده n.

4.2.2. نسبة المجال المزروع Green Plot Ratio ومساحة المجال الأخضر Green Covered Area:

يعبر GnPR عن كمية المجال الأخضر في المجال العمراني بالإعتماد عن القيمة الرياضيـــــــــــة لإخضرار المكان مقارنة بالمجـــــــــــال المزروع فوق الأرض حسب المعادلات التالية (الشكل 10.3) (Koerniawan, 2016):

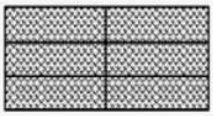
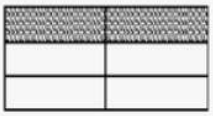
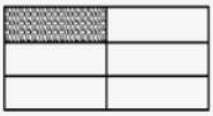
$$GnPR_{tree} = [(Coverage\ shaded\ trees)/(Total\ Area\ Calculated\ )] \cdot 6 \quad \text{..... 3. 2}$$

$$GnPR_{Brush} = [(Coverage\ shaded\ Brush)/(Total\ Area\ Calculated\ )] \cdot 3 \quad \text{..... 3. 3}$$

$$GnPR_{Grass} = [(Coverage\ shaded\ Grass)/(Total\ Area\ Calculated\ )] \cdot 1 \quad \text{..... 3. 4}$$

$$GnPR = GnPR_{tree} + GnPR_{brush} + GnPR_{grass} \quad \text{..... 3. 5}$$

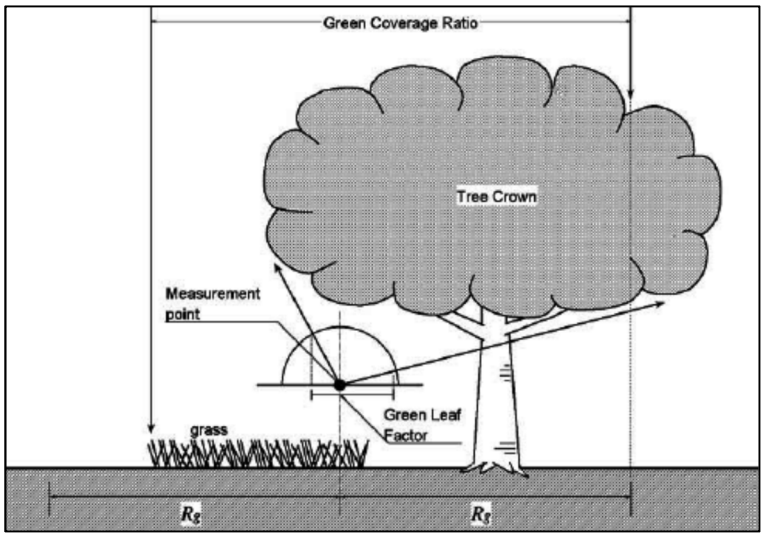
كما يمكن حساب المساحة العامة للمجالات الخضراء GCA بإحتساب مجموع المساحات الخضراء سواءا كانت أعشاب، نباتات، شجيرات أو أشجار.

Plant	Grass	Shrub	Tree
Leaf Area Index (LAI)*	Grass LAI = 1 	Shrubs LAI =3 	Trees LAI = 6 
Proportion Planted	6/6	2/6	1/6
Green Plot Ratio	6/6 x 1 = 1	2/6 x 3 = 1	1/6 x 6 = 1

الشكل 10.3. قيم GnPR لكل من العشب، الشجيرات والأشجار. المصدر. Koerniawan (2016).

5.2.2. معامل الأوراق الخضراء Green Leaf Factor:

GLF هو معامل زاوية الأوراق الخضراء المغطية للنصف الكروي العلوي أين المركز هو مركز ثقل المساحة العامة و هي نقطة القياس، و هو يعني المساحة المغطاة بالمجال الأخضر العلوي بإسقاط عمودي على قاعدة نقطة القياس و يشبه معامل رؤية السماء (الشكل 11.3) (Tsutsumi et al, 2003).



الشكل 3. 10. معامل الأوراق الخضراء. المصدر. Tsutsumi et al (2003).

3.2. الخصائص الفيزيائية للمجالات الخضراء:

إستنادا إلى Dimoudi and Nikolopoulou (2003) فإن الخصائص الفيزيائية للمجال الأخضر تتلخص في: (أ) التبخر- نتح Evapotranspiration، (ب) التوصيل الحراري Heat Transmission، (ج) الإنعكاسية الحرارية Albedo، (د) المسامية Permeability.

1.3.2. التبخر- نتح Evapotranspiration:

أحد أهم الخصائص الفيزيائية للمجال الأخضر والتي تصنف كظاهرة مفتاحيـــــــة هي عملية التبخر- نتح، أين يـــــــــفقد النبات بخار الماء لصالح الهواء الخارجـــــي بإستهلاك طاقة حرارية معينة (Bowler et al, 2010). عمليا فإن تقييم ET الناتجة عن المجال الأخضر تعتمد على تقييم ET_0 أو كمية التبخر- نتح المحتملة وهي قيمة ET المرجعية وتحسب ET بالملم تحت شروط مناخية ثابتة وهذا بعد تعديلها بمعامل تصحيحي خاص بكل نوع نباتي Kc (Akbari et al, 1992). رياضيا يمكن تقييم ET0 بالعديد من العلاقات الرياضية الشهيرة و التي أثبتت جدارتها و دقتها في هذا الميدان (FAO, 2017).

2.3.2. التوصيل الحراري Heat Transmision:

معامل التوصل الحراري يتعلق بتأثير المجال الأخضر على الأشعة الشمسية والضوئية وهو ما يتغير مع الفصول بتفعيل الخاصية النفضية للأشجار، وهو معامل هام جدا لتمثيل وتقييم كمية الظلال الناشئة وكمعدل عام فتستعمل عادة قيمة 0.15 لفصل الصيف و0.80 لفصل الشتاء للأشجار النفضية و0.15 للأشجار الدائمة الإخضرار (Dimoudi and Nikolopoulou, 2003).

3.3.2. الإنعكاسية الحرارية Albedo:

معامل الإنعكاسية الحرارية الألبيدو يؤثر بدوره على الأشعة الشمسية والضوئية وله دور هام في تمثيل المناخ العمراني ومحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء فيه، لأنه يؤثر مباشرة على كمية الأشعة الحرارية المستقبلة، عموما فقيمته تكون حوالي 0.2 وتصل إلى 0.25 في الأقاليـــــــــم الحارة والجافة (Dimoudi and Nikolopoulou, 2003).

4.3.2. المسامية Permeability:

وهي مسامية إنتقال الهواء خلال الأوراق وتعتمد أساسا على قيمة LAD ولها ثلاث درجات، مسامية عالية، متوسطة ومسامية منخفضة وكل ما زادت كثافة الأوراق نقصت المسامية.

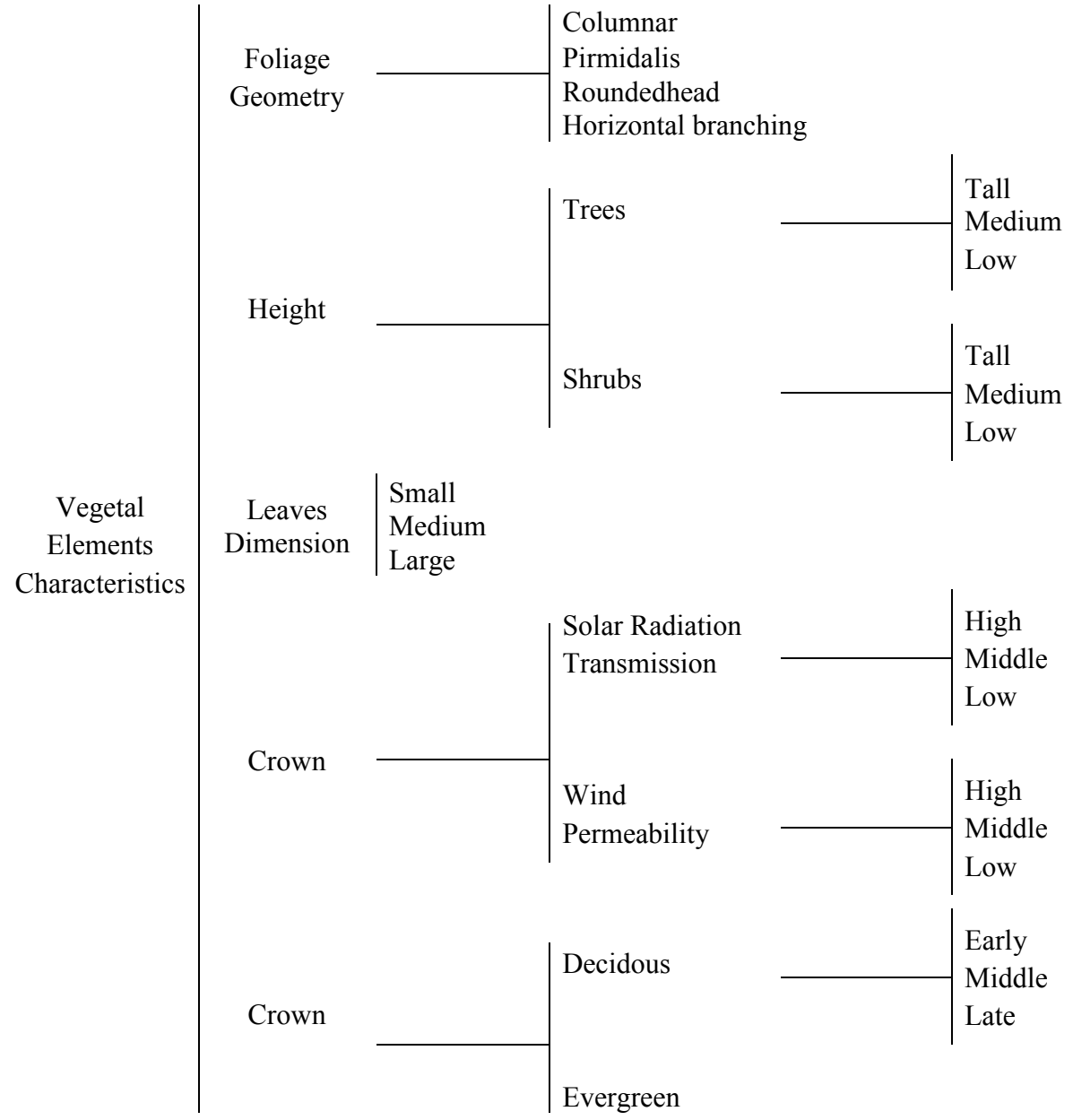
5.3.2. درجة التحمل الحراري The Hardiness Zones:

و هي أن تكون النباتات و الأشجار ملائمة للمناخ حسب خرائـــــــــط قدرة الصلابة النباتيـــــــة hardiness zones map، و التي تعتبر طريقة حديثة لمعرفة و تصنيف مختلف النباتات و الأشجار حسب قدرتها على مقاومة المناخ و التعايش معه، و هي خرائط مبنية على سلم من 13 درجة مقسمة حسب معدل درجة الحرارة الشتوية (USDA, 2017).

4.2. الخصائص النباتية المتحكمة في المناخ العمراني:

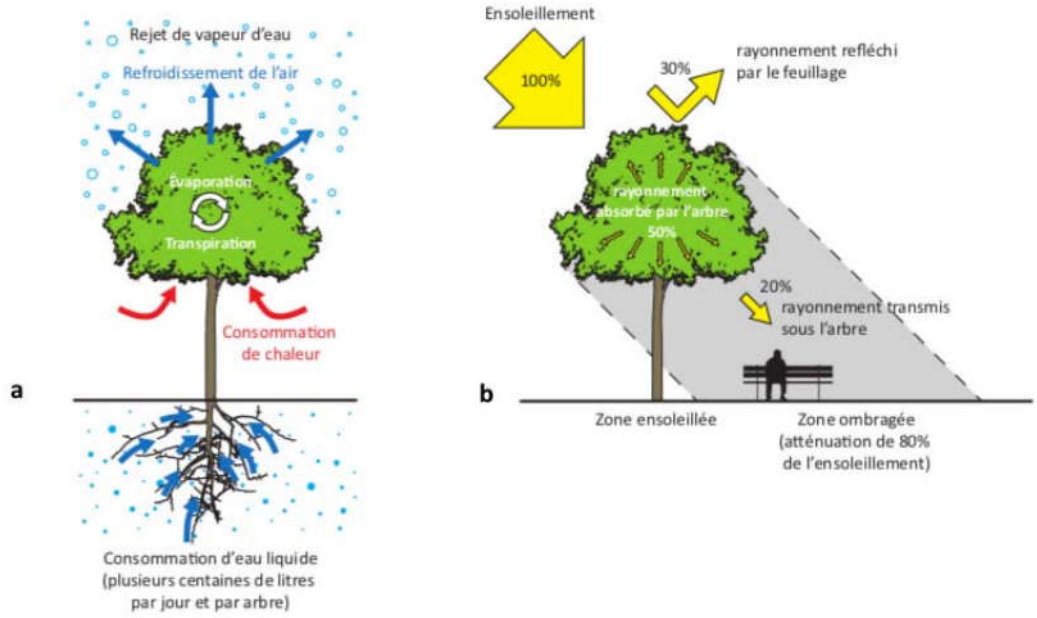
حسب Scudo (2002) فإن للمجالات الخضراء خصائص من شأنها التحكم في العناصر المناخية، هذه الخصائص و إن إستعملت بطريقة ذكية فسيكون التأثير إيجابيا حسب الحاجة، أهم هاته الخصائص هي: (أ) الشكل الهندسي، (ب) الإرتفاع، (ج) مساحة الأوراق، (د) المسامية و معامل التوصيـــــــــل الحراري و (ه) الخاصية النفضية، و (الجدول 4.3) يبين أهم تلك الخصائص بتوضيح:

الجدول 3. 4. خصائص النباتات. المصدر. Scudo (2002).



3. النظريات والظواهر الطبيعية المتدخلة في خلق المناخ المصغر:

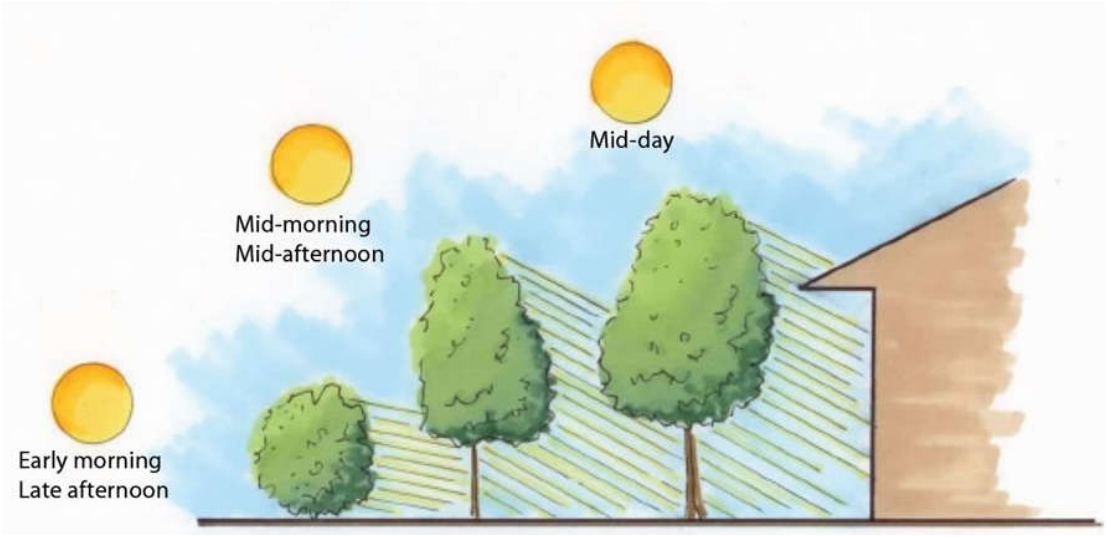
هناك العديد من الظواهر الطبيعية التي تفسر التعديل المناخي المطبق من طرف المجالات الخضراء و هو ما ترجم إلى نظريات لتقييم هذا التعديل، فحسب Dimoudi and Nikolopoulou (2003) فإن المجال الأخضر يخلق مناخ عمرانيا مصغرا بطريقتين، سوآءا: (أ) بالتظليل المباشر على المساحات العمرانية و هو ما يسمى مفعول التبريد أو نظرية التبريد بالتظليل، أو (ب) بتعديل الكسب الحراري بعملية التبخر- نتح و هو ما يسمى بمفعـــول الواحة أو نظرية بالتبريد بالتبخيـــــــــــــــر(الشكل12.3)؛ الباحث Lin and Lin (2010) يتحدث عن نظرية التبريد بتفعيل خصائـــــــــــص النبات، أما Zhang et al (2013) فله وجهة نظر أخرى تعتمد على فرضية كثافة الغطاء النباتي.



الشكل 3. 11. على اليمين نظرية التبريد بالتظليل وعلى اليسار نظرية التبريد بالتبخير. De Munck (2013).

1.2. مفعول التبريد The Cooling Effect أو نظرية التبريد بالتظليل:

نظرية مفعول التبريد تعتمد على مبـــدأ رئيسي وثلاثة متغيرات. فأما المبدأ فهو النقطة المرجعية the Reference Point والتي يجب أن تكون خارج المجال الأخضر وأن تكون خاليـــــة تماما من وجود أي أثر للمجال الأخضر، مع وجوب إستقبالها أكبر قدر ممكن من الأشعـــــــــــــة الشمسية (Shashua-Bar and Hoffman, 2000). أما العوامل المؤثرة على مفعول التبريد فهي: نسبة تغطية الظلال، درجة الحرارة الأصلية ومفعول خصائص الموقع.



الشكل 3. 12. نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. Gilmer (2018).

- **نسبة تغطية الظلال the Shading Coverage Ratio:**

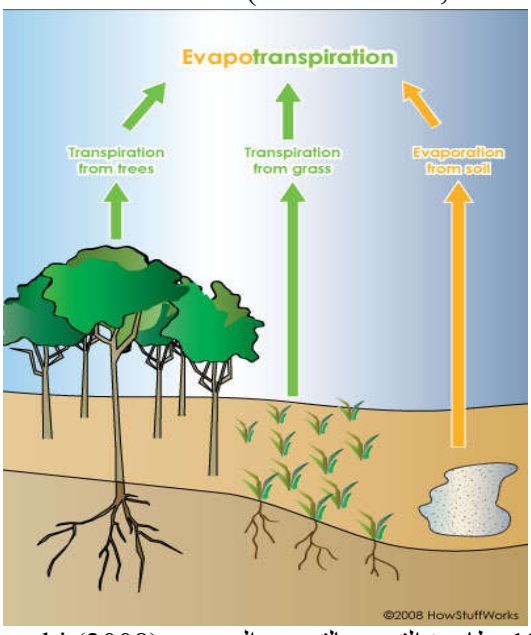
نسبة تغطيـــــــــــــة الظلال تلعب دورا هاما في التأثير على العوامل المناخية، وهي تتعلق بكمية الظلال المنشأة والمرتبطة بدورها بشكل تيجان الأشجار، نوعها، أوراقهـــــــــا والتباعدات التي بينها (Shashua-Bar and Hoffman, 2000).

- **درجة الحرارة الأصلية Background temperature** : درجة الحرارة الأصلية مهمة جدا في عملية المقارنة بين النقطة المرجعية والموقع المراد دراسته وتحديد القيمة الحقيقية لتأثير المجال الأخضر (Shashua-Bar and Hoffman, 2000).
- **مفعول خصائص الموقع Site specifications:** مفعول خصائص الموقع يجمع عدة خصائص أهمها: الشكل الهندسي للموقع، الخصائص الحرارية للموقع وخصائص الأشجار والمجال الأخضر بصفـــــــــــــة عامـــــــــــة (Shashua-Bar and Hoffman, 2000).

2.3. مفعول الواحة The Oases Effect أو نظرية التبريد بالتبخير:

مفعول الواحة يعرف أنه إنخفاض لحرارة مجال ما نتيجة مصدر مائي أو مصدر رطوبة معين (ماءا كان أو مجال أخضر) (Potchter et al, 2008)، بعض الباحثين يرجع هذه الظاهرة إلى مفعول التبريد بالتبخير كأعمال الباحث Oke (1987) أما البعض الآخر فيرجع الظاهرة إلى مفعول التبريد كأعمال Givoni (1991). حيث أن الباحث Potchter et al (2008) أثبت أن مصدر مائي معزول في وسط إقليم جاف نجده دائما أبرد من المحيط المجاور له.

ويعتمد مفعول الواحة أساسا على ظاهرة التبخر- نتح التي تعتبر أحد أهم الخصائص الفيزيائية للمجال الأخضر أين يـــــــــــفقد النبـات بخار الماء لصالح الهواء الخارجـــــي بإستهـــــــــــــلاك طاقة حرارية معينة (الشكل 14.3) (Bowler et al, 2010).



الشكل 3. 13. ظاهرة التبريد بالتبخير. المصدر. Trimarchi (2008).

3.3. نظرية التبريد بالتظليل بالإعتماد على خصائص النبات:

نظرية أخرى تحدث عنها Lin and Lin (2010) أرجع مفعول التبريد بالتظليل إلى ثلاث عناصر هامة: (أ) كثافة أوراق المجال/*الأخضر Foliage density*، (ب) بعض الخصائص النباتية له و المشتركة مع بعضها ألا و هي اللون، الحبكة و سماكة الأوراق، (ج) بعض العوامل المناخية و هي بدورها ثلاث: الأشعة الشمسية، الضغط الجوي و لزوجة الرياح فأما حبكة الأوراق *Leaf texture* فتتغير من سطح أملس إلى سطح خشن، في حين سمك الأوراق يترواح بين السميك و الرفيع (الشكل 15.3)، ليأتي الدور على لون الأوراق و الذي كان محط دراسة جادة للباحـــــــــث McGuire (1992) أين أرجع تأثير ألوان المجال الأخضر إلى أربع مؤشرات:

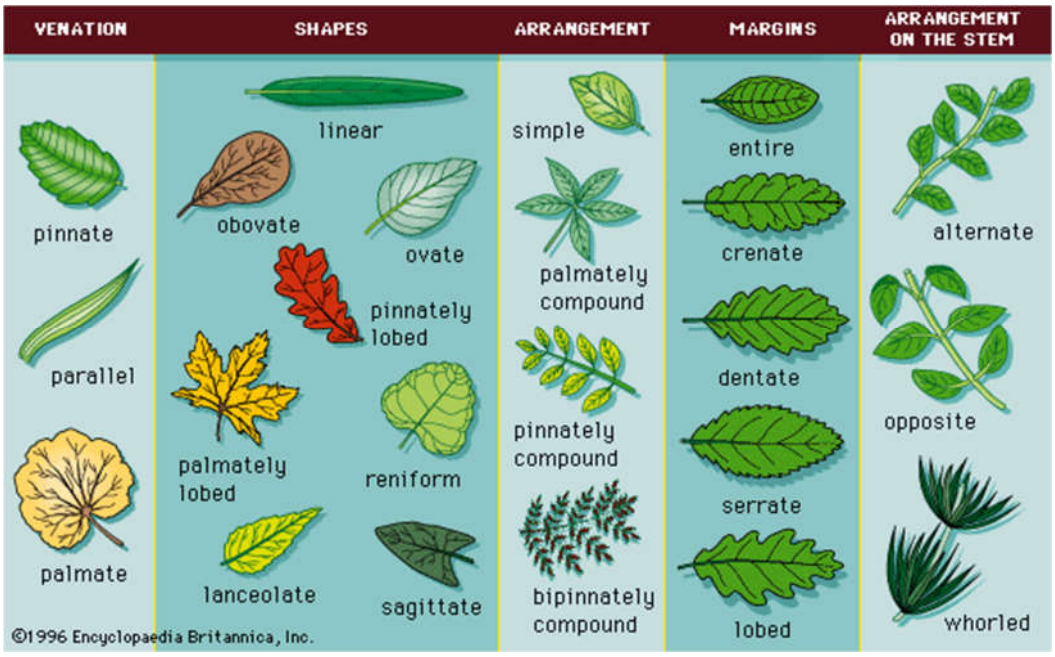
- ✓ L: معامل الخفة الضوئية *Lightness coefficient* و يتغير من 00 للون الأســـــــــود إلى 100 للون الأبيض.
- ✓ A*: معامل الدرجة اللونية الأولي و الذي إن كان موجب فإن الدرجة اللونية من حمراء إلى بنفسجية، و إن كان سالب فإن الدرجة اللونية من أزرق إلى أخضر.
- ✓ B*: معامل الدرجة اللونية الثانوي و الذي إن كان موجب فإن اللون مائل للإصفرار و كان سالب فهو مائل للزرقة. وكلما كانت قيمة B* موجبة مال اللون للإصفرار.
- ✓ C*: كمؤشر للشدة اللونية و الذي يقيم بالمعادلة التالية (McGuire, 1992):

$$C^* = \left(A^{*^2} + B^{*^2}\right)^{1/2} \quad \text{..... 3. 6}$$

لتصبح معادلات التعديل المناخي تحت تأثير المجال الأخضر كما يلي (Lin and Lin, 2010):

$$\Delta T_a = -6.969 + 0.114 \cdot L^* + 0.290 \cdot LAI + 1.692 \cdot L_{thikness} + 0.214 \cdot L_{texture} + 1.011 \cdot Sol_{rad} - 0.072\, Wind_{vel} - 0.730 \cdot Vap_{pres} \quad \text{..... 3. 7}$$

$$\Delta T_s = 9.186 + 0.025 \cdot L^* + 0.655 \cdot LAI + 3.755 \cdot L_{thikness} + 0.643 \cdot L_{texture} + 0.682 \cdot Sol_{rad} - 0.063\, Wind_{vel} - 3.267 \cdot Vap_{pres} \quad \text{..... 3. 8}$$



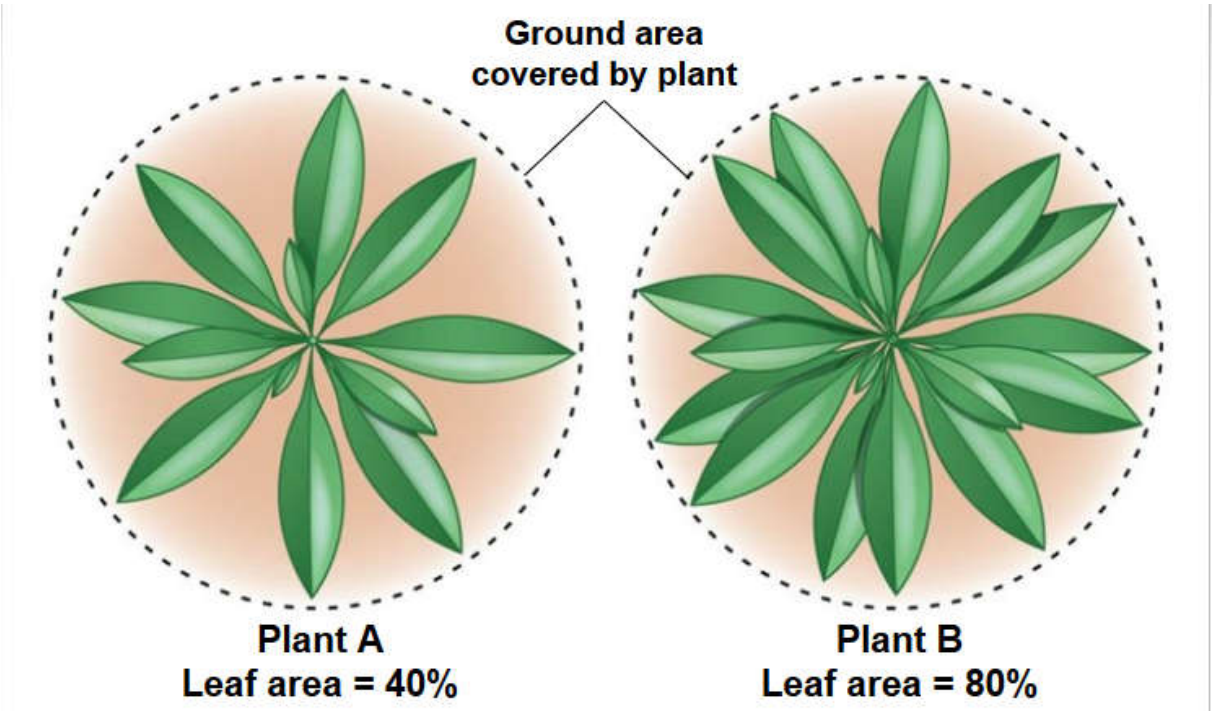
الشكل 3. 14. خصائص أوراق النباتات. المصدر. Encyclopædia_Britannica (1996).

4.3. نظرية تبريد وترطيب الهواء بالإعتماد على كثافة الغطاء النباتي:

قدم Zhang et al (2008) نظرية أخرى تعتمد على كثافة الغطاء النباتي بعد دراسة مقارنية ميدانية على 15 موقعا، أين قام بمحاولة إيجاد علاقة رياضية تربط بين كثافة الغطاء النباتي و كمية التعديل المناخي على مستوى الفضاءات العمرانية المفتوحة ليصل في آخر هذا البحث إلى تسطير المعادلات التالية لتقييم كمية التعديل المناخي لدرجة الحرارة و الرطوبة النسبية (الشكل 16.3):

$$\Delta T = -2.973 + 0.041 \cdot canopy\ density\ (\%) + 0.032 \cdot canopy\ area\ (m^2) - 0.025 \cdot tree\ height\ (m) + 0.027\ \cdot solar\ radiation\ (\mu mol/m^2 s \quad \text{..... 3. 9}$$

$$\Delta RH = 1.786 + 0.026 \cdot canopy\ area\ (m^2) + 0.025 \cdot canopy\ density\ (\%) + 0.047 \cdot tree\ height\ (m) + 0.014 \cdot solar\ radiation\ (\mu mol/m^2 s \quad \text{..... 3. 10}$$



الشكل 3. 15. نظرية التبريد بالإعتماد على كثافة الغطاء النباتي. المصدر. Pearson (2014).

خاتمة:

يعتبر المجال الأخضر أحد أهم العناصر التي لها تأثير كبير على حياة الإنسان وخاصة في المجالات العمرانية المفتوحة، فقد وجد له العلماء والباحثين أدوارا إيجابية وعلى عدة مستويات كالجانب الجمالي، البصري، الرمزي، الصوتي، الاجتماعي والمناخي والذي يعتبر صلب موضوع بحثنا والذي صنفه الباحثين إلى العشرات من الأدوار ربما تلخص في ثلاث نقاط هامة: التظليل، زيادة الرطوبة النسبية والتعامل مع شتى أنواع الرياح.

وللتمكن من محاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء ومدى إمكانيتها على التعديل المناخي وجب علينا التطرق إلى مكوناتها وخصائصها من تركيبتها العامة وخصائصها النباتية كالمؤشرات LAI، LAD، GCR، GCA، GnPR وGLF مرورا بخصائصها الفيزيائية والنباتية المختلفة.

خاتمين هذا الفصل بالتطرق إلى أهم النظريات المفسرة والظواهر الطبيعية المتدخلة في خلق مناخ مصغر والتي صنف العلماء أشهرها إلى إثنتين: مفعول التبريد ومفعول التبخير. هاته النظريات ستكون سندا لنا لتقييم دور المجال الأخضر على خلق مناخ مصغر معتدل بمعدلات مقبولة للراحة الحرارية الخارجية والتي ستكون صلب موضوع الفصل الرابع.

الفصل الرابع

الراحة الحرارية الخارجية

"كمهندس، طالما أملك القدرة والوسيلة لإراحة الناس
فإن الله لن يغفر لي مطلقًا أن أرفع الحرارة داخل
البيت 17 درجة مئوية متعمدًا"
-- حسن فتحي --

تمهيد:

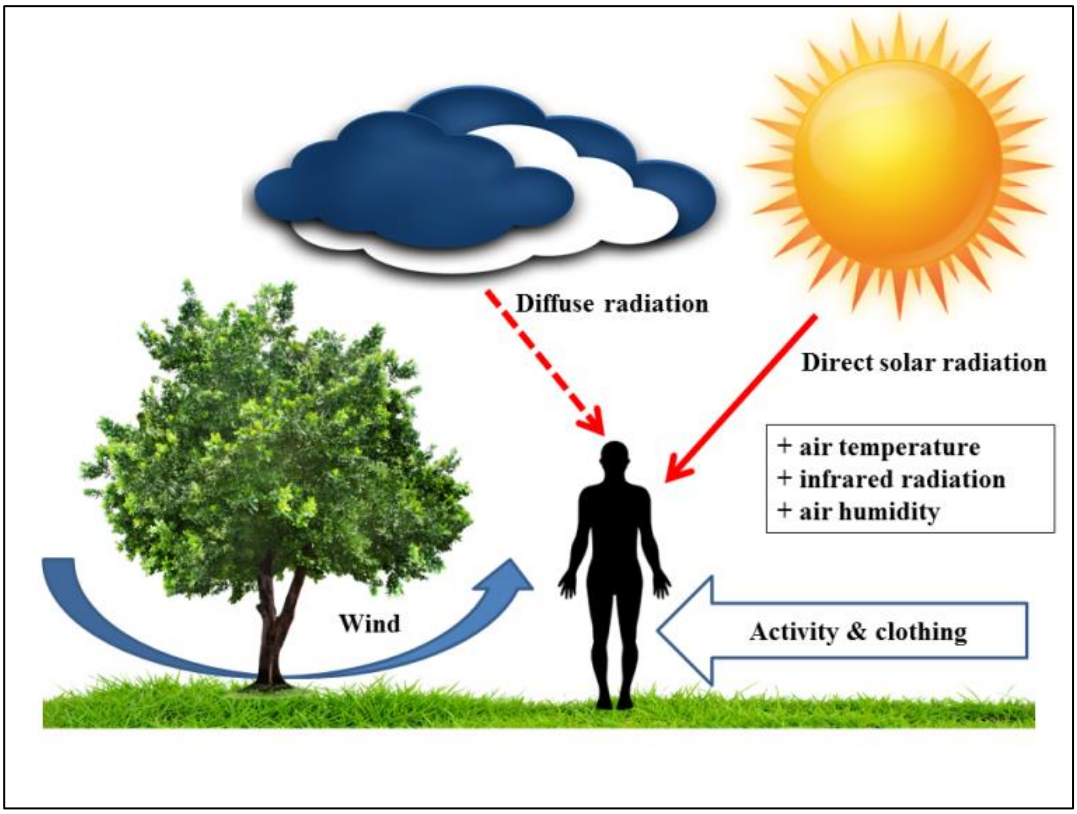
في الوقت الذي تتعدد فيه الدراسات حول الراحة الحرارية الداخلية كأعمال Fanger (1970)، Givoni (1976) و ASHRAE (2009) تبقى الراحة الحرارية الخارجية صعبة المنال، إلا ان دراسات جادة أقيمت في بدايات القرن 21 كأعمال Becker et al (2002)، Givoni et al (2003)، Brown (2010)، Kessling et al (2015) ، Mazhar et al (2015) ، Farajzadeh et al (2015) و Koerniawan (2016) إنطلقت من استعمال أدوات تقييم الراحة الداخلية و من ثم تطويعها. خاصة وأن العوامل المؤثرة على الراحة الداخلية هي نفسها المؤثرة على الراحة الخارجية لكنها متغيرة تغيرا أكبر زمنيا ومجاليا بالإضافة إلى نشاطات الإنسان المتعددة في مختلف المجالات العمرانية كالشوارع، الساحات، مجالات اللعب والحدائق (Givoni et al, 2003).

1. تعاريف، مفاهيم وعناصر:

هناك العديد من التعاريف للراحة الحرارية بصفة عامة:

- ASHRAE (2009) تتحدث عن البعد البسيكولوجي لمعرفة الراحة الحرارية بقولهم إن الراحة الحرارية حالة للنفس ترضى فيها عن المحيط الحراري.
- أما Fanger (1970) فيعرفها أنها حالة تكون فيها التدفقات الحرارية من وإلى انسان متوازنة.

إن الوصول إلى تقييم الراحة الحرارية للإنسان في المجالات الخارجية ليس بالأمر البسيط ولا يعتمد فقط على درجة حرارة الهواء Ta كما يعتقد البعض بل إن الجسم البشري له حساسية أكبر للعديد من العناصر المناخية الأخرى والتي لها تأثيرا مباشرا وكبيرا عليه وهي ثمانية عناصر رئيسية (أنظر الشكل 1.4): الأشعة الشمسية المباشرة والمشتتة، الأشعة الحرارية طويلة الأمواج، سرعة الهواء، نوعية النشاط واللباس وأخيرا نسبة رطوبة ودرجة حرارة الهواء (Kessling et al, 2015).



الشكل 4. 1. مجمل العناصر المتدخلة في تحديد الراحة الحرارية الخارجية للإنسان. المصدر. Ahriz et al (2016).

لكن ولصعوبة التعامل مع هذا الكم الهائل من المتغيرات السابق ذكرها والتي يجب الإضافة لها متغيرات المجال العمراني والتي تفوق المجالات الداخلية بكثير، أنشأ في هذا الميدان فهرس حراري صنفت فيه مجموعة من المؤشرات الحرارية التي من شأنها تركيب تجريبي أو رياضي لعدة عناصر مناخية أهمها درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الهواء وكمية الإشعاع الشمسي إلى عنصر واحد من شأنه التعبير عنها كلها وهذا لتسهيل وتبسيط عملية توقع الراحة الحراريـــــــــــــــــــة من جهة وزيادة الدقة من جهة ثانية (Kessling et al, 2015).

منذ بدايات الأبحاث و الدراسات حول موضوع الراحة الحرارية سواءا كانت الداخلية أو الخارجية إستعملت العشرات من المؤشرات الحرارية و يعتبر عمل Auliciems and Szokolay (2007) من أهم الأعمال الشاملة لها أين تحدث الباحثون عن أزيد من 20 مؤشرا حراريا، و منذ العشريات الأولى من القرن الماضي و إلى غاية كتابة هذه الأسطر ظهرت العديد من المؤشرات لتقييم الراحة الحرارية الخارجية صنفها Koerniawan (2016) إلى 04 عائلات مختلفة :

أ. **مؤشرات حرارية Thermal Index:** وتعتمد على المعادلات البسيطة أشهرها: WIC وDI.

ب. **مؤشرات بسيكوإجتماعية Psycho-Socioligical Index:** وهي مؤشرات تربط بين الحكم الموضوعي والمتغيرات المناخية وأشهرها: SI، ASV وPMV.

ت. **مؤشرات الميزانية الحرارية Heat Balance Equation Index:** وهي تعتمد على معادلات التبادلات الحرارية بين الإنسان والمحيط وأهمها:PET ، *ET، SET، OUT_SET وOUT_MRT.

ث. **مؤشرات الميزانية الطاقوية Energy Balance Equation Index**: وهي تعتمد على الميزانية الطاقوية للإنسان وأكثرها شيوعا: PT، COMFA.

أما الباحث Höppe (2002) وذلك نقلا عن Koerniawan (2016) يصنف مختلف المؤشرات إلى ثلاث عائلات:

أ. **المؤشرات الحسية the psychological Index:** والتي تعتمد على الإحساس بالراحة الحرارية وتعتبر الإستبيانات أهم وسائلها.

ب. **مؤشرات الفيزيولوجيا الحرارية the thermophysiological Index:** وتعتمد على المعطيات الفيزيولوجية كالعمر، الجنس، النشاط ونوعية اللباس.

ت. **مؤشرات الميزانية الحرارية للإنسان The human body heat balance Index**: وتعتمد على الميزانية الحرارية لجسم الإنسان.

بينما Farajzadeh et al (2015) يصنفها إلى عائلتين وهو التصنيف الأكثر شيوعا:

أ. **مؤشرات بسيطة:** تعتمد على المعطيات المناخية المباشرة كـ: TEK, ET, WCT, WBGT وHumidex.

ب. **مؤشرات مركبة:** وهي مستمدة من نماذج الميزانية الطاقوية أو الحرارية مثل: PET, SET, MENEX و UTCI .

2. مؤشرات الراحة الحرارية الخارجية:

منذ 1923 وإلى غاية يومنا هذا ظهرت العديد من المؤشرات الحرارية المختلفة والتي من شأنها المساعدة على تقييم الراحة الحرارية الخارجية صنفناها إستنادا إلى Farajzadeh et al (2015) إلى عائلتين البسيطة والمركبة كما يلي:

1.2. المؤشرات الحرارية البسيطة:

وهي التي تعتمد على المعطيات المناخية مباشرة وأهمها:

أ. **ET (Effective Temperature):** نقلا عن Monteiro and Alucci (2009) فإن Houghton and Yaglou عام 1923 قاما بعملية دمج درجة الحرارة الجافة مع درجة الحرارة الرطبة و سرعة الهواء في مؤشر وحيد هو ET، و حسب نفس المرجع فإن Vernon and Warner عام 1932 قدما نسخة مصححة لها أطلقا عليها إسم Corrected Effective Temperature (CET) مستبدلين درجة الحرارة الجافة بدرجة الحرارة الكروية.

ب. **TEK (Equivalent Temperature):** ظهر مؤشر TEK على يد Dufton (1932) و ذلك نقلا عن Farajzadeh et al (2015) و هو مؤشر يأخذ بعين الاعتبار التأثير الحراري لدرجة الحرارة و الضغط الجوي على الإنسان.

ت. **ET* (New Effective Temperature):** هي حرارة محيط منتظم أين الرطوبة النسبية RH = 50%، الأشعة الحرارية منسجمة في المجال، و التبادلات الحرارية مبنية على أساس سرعة الهواء لا تتجاوز حدود m/s2 مع نسبة تغطية اللباس clo=0.6 (Bradshaw, 2010).

ث. **WCI (Wind Chill Index):** طور Siple and Passel (1945) مؤشر WCI و يعتمد على المعدل الحراري المفقود لبشرة ما معرضة مباشرة للرياح و البرد (Canada, 2015) ، لكنه مؤشر يستعمل في درجات حرارة منخفضة أقل من 10 °C و بسرعة هواء $v \geq 1$ m/s.

ج. **WBGT (Wet Bulb Globe Temperature):** طرحه Yaglou and Minard (1957) و ذلك نقلا عن Monteiro and Alucci (2009) كمعادلة بديلة للحالات تحت التعرض المباشر لأشعة الشمس.

ح. **DI (Discomfort Index):** طرح مؤشر DI من طرف Landsberg (1972) و ذلك نقلا عن Ghani et al (2017) و هو يعتبر تعديل رياضي لمؤشر ET.

خ. **SET (Standard Effective Temperature):** هي **Teq** لمجال منتظم حراريا برطوبة نسبية RH=50% و أين الجسم البشري له نفس الإستجابة الحرارية في المحيط الحالي (Melikov, 2010).

د. **SET* (New Standard Effective Temperature):** قدم Gagge et al (1967) نقلا عن Monteiro and Alucci (2009) نسخة جديدة لـ SET و التي عرفها بدرجة حرارة مجال معين أين درجة حرارة و رطوبة جلد الإنسان نفسهما في المحيط العادي.

ذ. **HUMIDEX**: هو إبداع كندي طرح لأول مرة عام 1965 ثم راجعـــــــــــــــه و طوره Masterton et al (1979) و ذلك نقلا عن Blazejczyk et al (2012)، مؤشر HUMIDEXيعتبر معدل حسابي مبني على درجة الحرارة و الضغط الجوي.

ر. **CPI (Cooling Power Index):** نقـــــــــــــــلا عن Ghani et al (2017) أن Landsberg (1972) عرف مؤشر CPI بعلاقة رياضية بين درجة الحرارة الجافة و سرعة الهواء معتمدا على سلم من 06 درجات.

ز. **HI (Heat Index):** قدم Steadman (1979) و ذلك نقلا عن Blazejczyk et al (2012) مؤشر HI و الذي يعتمد على معدل بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية معطيا درجة الخطورة من التعرض للحرارة.

س. **AT (Apparent Temperature):** يعتبر مؤشر AT للباحث Steadman (1984) و ذلك نقلا عن Blazejczyk et al (2012) رؤية رياضية لدرجة حرارة مجال معين تحت تأثير مستوى معين من الرطوبة.

ش. **TS_givoni (Thermal Sensation):** لقد قام الباحثون Givoni et al (2003) ببحث ميداني على سكان مدينة طوكيو عام 2000 و ذلك بتجريب طريقة جديدة لتقييم الراحة الحرارية، و توج هذا العمل بمؤشر جديد لقب بـ TS.

ص. **ASV (Actual Sensation Vote):** قدم CRES (2002) مؤشرا جديدا يأخذ بعين الإعتبار جل المعطيات لتقييم مدى الإحساس بالراحة الحرارية في المجالات الخارجية لقب بـ ASV.

ض. **C_fergus Index:** عام 2006 ظهر مؤشر C_fergus كخلاصة لمشروع ASCCUE (Adaptive Strategies for Climate Change in an Urban Environment) و التي أقيمت ببريطانيا (Nicol et al, 2006)

ط. **TS_cheng (Thermal Sensation):** قدم Cheng and Ng (2008) نموذجا مستحدثا لمؤشر TS أخذا بعين الإعتبار تأثير الرياح على الراحة الحرارية الخارجية.

ظ. **TSP (Thermal Sensation Perception):** قدم Monteiro and Alucci (2009) مؤشرا مزدوجا جديدا لتقييم الراحة الحرارية في المجالات الخارجية لقب بـ TSP-TEP (Temperature of Equivalent Perception) و الذي يعتمد تقريبا على جل المعطيات المناخية العامة و سلمين للإحساس الحراري.

ع. **Sangkertadi Y Index:** عام 2014 قدم الباحث Sangkertadi and Syafriny (2014) مؤشر Y لتقييم الراحة الحرارية الخارجية و الذي يعتمد على متغيرات الإنسان و المتغيرات المناخية المختلفة بثلاث وضعيات مختلفة و سلم من 08 درجات حرارية.

غ. **MCV (Mean comfort Vote):** يتعلق مؤشر MCV تعلقا مباشرا بالإحساس الفردي الحراري و هو مرتبط مباشرة بمؤشر PMV (Ghani et al, 2017).

2.2. المؤشرات الحرارية المركبة:

وهي التي تعتمد على الميزانية الطاقوية أو الحرارية للإنسان وأهمها:

أ. **HSI (Heat Stress Index):** إقترح Belding and Hatch (1955) و ذلك نقلا عن (Monteiro and Alucci, 2009) مؤشر HSI معتمدا على نموذج للميزانية الحرارية للإنسان ومعادلات تجريبية لكل نوع من التبادلات الحرارية.

ب. **Teq (Equivalent Temperature):** هي الحرارة الموحدة لمجال إفتراضي بسرعة هواء معدومة و أين الإنسان يتبادل نفس كمية الطاقة الحرارية عن طريق الإشعاع و الحمل كما في المجال الحالي و غير المنتظم (Melikov, 2010).

ت. **OUT_SET* (Out Standard Effective Temperature):** هي ET* لكن مع تغير كبير للباس أين الألبسة نظامية لكل نشاط معين، و هي خاصة بالمجالات الخارجية بحيث يأخذ الإشعاع الشمسي بعين الإعتبار (Spagnolo and de Dear, 2003).

ث. **RT (Resultant Temperature):** هي عبارة عن ET لكن مجربة لوقت أطول للوصول إلى إتزان حراري أكبر (ETBox, 2015).

ج. **OP (Operative Temperature):** هي درجـــــــــــــــة حرارة محيط منتظم أين الجسم البشري يفقد نفس الطاقة في المحيط الحالي، و هي عبارة عن معـــــــــــــــــــدل جبري بين Ta و Tmrt (Melikov, 2010).

ح. **HOP (Humid operative Temperature):** هي حرارة محيط تخيلي أين الإنسان يفقد نفس الكم الحراري في المحيط الحالي مع شرط أن RH = 100% (GAGGE et al, 1971).

خ. **ITS (Index of Thermal Stress):** قدم Givoni (1969) و ذلك نقـــــــــــــلا عن Monteiro and Alucci (2009) مؤشر ITS و الذي يأخذ بعين الإعتبار التبادلات الحرارية، معدل الأيض و الملابس لكنه لا يأخذ التبادلات الإشعاعية بعين الإعتبار تماما.

د. **PT (Perceived Temperature):** نقلا عن Blazejczyk et al (2012) فإن مؤشر PT ظهر لأول مرة على يد Fanger (1970) و هو يعبر عن حرارة محيط نموذجي أين الإحساس بالحرارة هو نفسه في المحيط الحالي .(Jendritzky et al, 2005).

ذ. **PMV (Predicted Mean Vote):** طور مؤشر PMV من طرف Fanger (1970) و ذلك نقلا عن HONJO (2009) هو يعتبر المؤشر الرسمي المعتمد من طرف هيئة ASHRAE و هو يرتكز على 06 عناصر مختلفة منقسمة بين الموضوعية و الفيزيولوجيـــــــــــــــــة (Ghani et al, 2017)، كما يستعمل معها عادة مؤشر PPD و الذي يعبر عن نسبة عدم الرضا الحراري (Gaitani et al, 2007).

ر. **KMM (Klima Michel Model):** قدم Jendritzky et al (2005) نقلا عـــــــن Monteiro and Alucci (2009) نموذج KMM و الذي يعتبر إعادة تكييف لنموذج Fanger الشهير مع الأخذ بعين الإعتبار الأشعة قصيرة الأمواج.

ز. **Swreq (Sweat Required Rate):** يعتبر مؤشر Swreq مؤشر حديث مقارنة بسابقيه متعلقا بمعدل التعرق الناجم عن النشاط الذي يقوم به الإنسان (Vogt and Metz, 1981) نقلا عن Monteiro and Alucci (2009) .

س. **COMFA Method:** قدم Brown and Gillespie (1995) نقـــــــــــــــــلا عن Gaitani et al (2007) نموذجا رياضيا خاصا بالراحة الحرارية الخارجية معتمدا على تقييم التدفقات الحرارية للإنسان.

ش. **Tne (Outdoor Neutral Temperature):** في نفس العام الذي ظهر فيه نموذج COMFA طرح فيه Aroztegui (1995) و ذلك نقلا عن Monteiro and Alucci (2009) مؤشرا جديدا لقبه بـ Tne معتمدا فيه على دراسات لـ Humphreys et al (1975) و ذلك نقلا عن المرجع نفسه، و آخذا بعين الإعتبار الإشعاع الشمسي و سرعة الهواء.

ص. **PET (Physiological Equivalent Temperature):** هي درجـة حرارة نموذجية لمجال داخلي بدون أشعة شمسية، حركة الهواء $v \leq 0{,}1$ m/s، و الجسم البشري تحت نشاط خفيف بـ $Clo \approx 0.9$ ، يتبادل نفس كمية الطاقة في المجال الحالي (Höppe, 1999).

ض. **UTCI (Universal Thermal Climate Index):** هو مؤشر معد لتقييم الراحة الحرارية الخارجية لإنسان بمعدل أيض 135 w/m2 و سرعة مشي تقارب 1.1 m/s (Johansson et al, 2014).

ط. **MENEX (Man Environment Heat Exchange model):** كانت بدايات نموذج MENEX مع عمل Blazejczyk (1992) و الذي طوره عام 2002 ثم قدم النسخة المنقحة عام 2005 و التي تقدم عدة مؤشرات جديدة (Blazejczyk, 2005):

- PST (the Physiological Subjective Temperature)
- DR (Dehydration Risk)
- OOR (Overheating & Over cooling Risk)

ظ. **+Comfa:** نسخة منقحة من مؤشر COMFA تأخذ بعين الإعتبار تأثير المباني على كمية الأشعة الشمسية المستقبلة من طرف الإنسان بإدراج معاملات للرؤية على عدة مستويات (Angelotti et al, 2007).

ع. **TSV (Thermal sensation vote) :** هو مؤشر حديث يعبر عن عتبة للراحة الحرارية في المجالات الخارجية و يعتمد على PET و سلم للشعور الحراري من 09 درجات (Xue and Xiao, 2016).

3. تقييم الراحة الحرارية الخارجية:

نقلا عن Koerniawan (2016) أنه منذ بدايات القرن الماضي بدأت بعض المحاولات لتقييم ودراسة الراحة الحرارية للإنسان في المجالات الخارجية كأعمال Houghton and Yaglou عام 1923 بدراسة تمت حول جودة العمل وراحة العمال في المملكة المتحدة، أين ظهرت دراسات في نفس السياق من طرف Vernon and Warner عام 1932 تلاه Bedford عام 1936. وقد كان موضوع تقييم الراحة الحرارية محط إهتمام العديد من المختصين في ميدان الهندسة، الطاقويات، الفيزيولوجيا، الطب، الجغرافيا وعلم المناخ، نصنف أهمها وأكثرها نجاعة ودقة معتمدين على التصنيف السابق ذكره.

1.3.تقييم الراحة الحرارية الخارجية بالطرق البسيطة:

1.1.3. TEK (Equivalent Temperature):

استنادا إلى Farajzadeh et al (2015) فإن تقييم TEK يعتمد على المعادلة التالية وسلم من 06 درجات (الجدول 1.4):

$$TEK = Ta + (1.5 \cdot vp) \quad \text{..... 4. 1}$$

الجدول 4. 1. السلم الحراري للمؤشر TEK. المصدر. الباحث بتصرف عن Farajzadeh et al (2015).

الشعور الحراري	قيمة TEK
Very cold	$TEK \leq 18$
Cold	$18 < TEK \leq 24$
Moderate hazard	$24 < TEK \leq 32$
Comfort	$32 < TEK \leq 44$
Warm	$44 < TEK \leq 56$
Hot	$56 < TEK$

2.1.3. TSP (Thermal Sensation Perception):

قدم Monteiro and Alucci (2009) طريقة جديدة لتقييم الراحة الحرارية في المجالات الخارجية معتمدا على سلم من 07 درجات (أنظر الجدول 2.4) وإعتمادا على المعادلة التالية:

$$TSP = -3.557 + 0.0632 \cdot T_a + 0.0677 \cdot MRT + 0.0105 \cdot RH - 0.304 \cdot va \quad \text{..... 4. 2}$$

أين $R^2 = 0.875$، T_a، MRT درجة حرارة الهواء ومتوسط الحرارة الإشعاعية على الترتيب بـ C°، RH الرطوبة النسبية، va سرعة الهواء بـ m/s.

الجدول 4. 2. السلم الحراري للمؤشر TSP. المصدر. الباحث إقتباسا عن Monteiro and Alucci (2009).

الإحساس الحراري	قيمة TSP
Very hot	*TSP>2.5*
Hot	*1.5<TPS≤2.5*
Warm	*0.5<TSP≤1.5*
Neutral	*-0.5<TSP≤0.5*
Cool	*-1.5<TSP≤-0.5*
Cold	*-2.5<TSP≤-1.5*
Very cold	*TSP≤-2.5*

.3.1.3 TEP (Temperature of Equivalent Perception):

أما TEP وهو المؤشر التابع لطريقة Monteiro and Alucci (2009) فيقيم حسب المعادلة التالية و (الجدول 3.4).

$$TEP = -3.777 + 0.4828 \cdot Ta + 0.5172 \cdot MRT + 0.0802 \cdot RH - 2.322 \cdot va \quad \text{..... 4. 3}$$

أين $R^2 = 0.96$، MRT ،T_a درجة حرارة الهواء ومتوسط الحرارة الإشعاعية على الترتيب بـ °C، RH الرطوبة النسبية، va سرعة الهواء بـ m/s.

الجدول 4. 3. السلم الحراري للمؤشر TEP. المصدر. الباحث إقتباسا عن Monteiro and Alucci (2009).

الإحساس الحراري	قيمة TEP (°C)
Very hot	*TEP>42.5*
Hot	*34.9< TEP ≤42.4*
Warm	*27.3< TEP ≤34.8*
Neutral	*19.6< TEP ≤27.2*
Cool	*12.0< TEP ≤19.5*
Cold	*4.4< TEP ≤11.9*
Very cold	*TEP ≤4.3*

:ET (Effective Temperature) .4.1.3

نقلا عن Farajzadeh et al (2015) فإن ET تقيم حسب المعادلة التالية:

$$ET = 37 - \frac{37-Ta}{0.68-(0.0014\cdot RH)+\frac{1}{1.76+1.4\cdot va^{0.75}}} - \left(0.29\cdot Ta\cdot(1-0.01\cdot RH)\right) \quad \text{..... 4. 4}$$

مع سلم من 06 درجات مبينة في (الجدول 4.4)، أما Blazejczyk et al (2012) فيتحدث عن قيم أكثر دقة لـ ET وذلك حسب الأشهر كما هو مبين في (الشكل 2.4):

الجدول 4. 4. السلم الحراري للمؤشر ET. المصدر. الباحث إقتباسا عن Farajzadeh et al (2015).

الإحساس الحراري	قيمة ET (°C)
Hot	$ET>27$
Warm	$23<ET\leq27$
Comfortable	$21<ET\leq23$
Fresh	$17<ET\leq21$
Cool	$9<ET\leq17$
Cold	$1<ET\leq9$
Very cold	$ET\leq1$

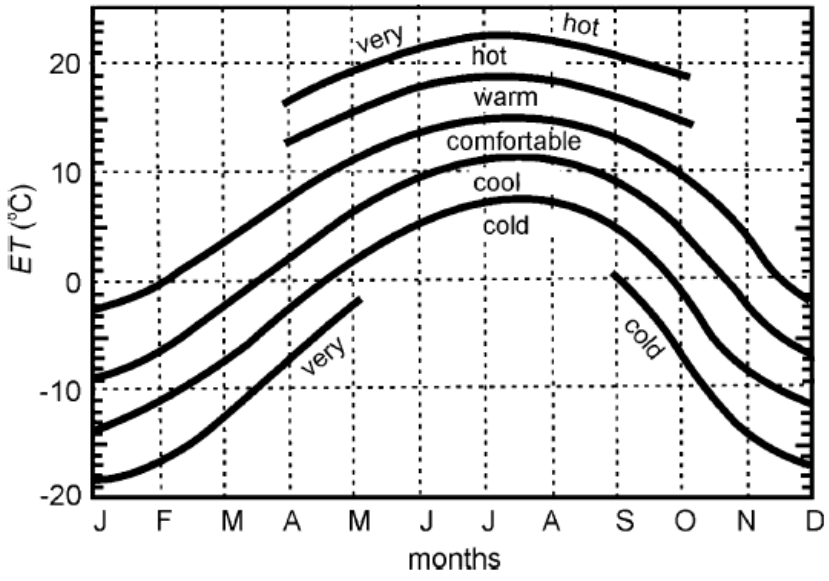


Fig. 1 Effective temperature (ET) thresholds at different months in

الشكل 4. 2. قيم ET حسب مختلف أشهر السنة. المصدر. Blazejczyk et al (2012).

:Sangkertadi Y Method .5.1.3

بناءا على Sangkertadi and Syafriny (2014) فإن المؤشر Y يقيم حسب الوضعيات التالية:

حالة المشي العادي بسرعة 02 كلم/سا حسب المعادلة التالية:

$$Y = -3.4 - 0.36 \cdot va + 0.04 \cdot Ta + 0.08 \cdot Tg - 0.01 \cdot RH + 0.96 \cdot Adu \quad \text{..... 4. 5}$$

أين $R = 0.70$

حالة المشي السريع بمتوسط سرعة بين 4-5 كلم/سا حسب المعادلة التالية:

$$Y = 2.53 - 0.29 \cdot va + 0.11 \cdot Ta + 0.05 \cdot Tg - 0.0009 \cdot RH + 0.35 \cdot Adu \quad \text{..... 4. 6}$$

أين $R = 0.50$

حالة الجلوس والنشاطات الخفيفة حسب المعادلة التالية:

$$Y = -7.91 - 0.52 \cdot va + 0.05 \cdot Ta + 0.17 \cdot Tg - 0.0007 \cdot RH + 1.43 \cdot Adu \quad \text{..... 4. 7}$$

أين $R = 0.75$

أين: Tg ،T_a درجة حرارة الهواء ودرجة الحرارة الكروية على الترتيب بـ C°، RH الرطوبة النسبية، va سرعة الهواء بـ m/s، Adu مساحة الجسم البشري m^2 إعتمادا على قانون Dubois.

ويقيم الإحساس الحراري بناءا على سلم Y للإحساس الحراري المبين في (الجدول 5.4):

الجدول 4. 5. السلم الحراري للمؤشر Y. المصدر. الباحث إقتباسا عن Sangkertadi and Syafriny (2014).

الإحساس الحراري	قيمة Y
Cold	-2
Cool	-1
Comfortable	0
Warm	1
Hot	2
Very hot	3
Very-very hot and feel pain	4
Very not tolerable	5

6.1.3. T.S Givoni Method (thermal Sensation) :

قام الباحثون Givoni et al (2003) ببحث ميداني وذلك بتجريب طريقة جديدة لتقييم الراحة الحرارية تعتمد على استمارات أسئلة واحصائيات والتي لخصها الباحثون في (الجدول 6.4) أين سطروا معادلة لتقييم الإحساس بالحرارة TS بالإعتماد على 05 متغيرات:

$$TS = 1.7 + (0.1118 \cdot Ta) + (0.0019 \cdot SR_{hor}) - (0.322 \cdot va) - (0.0073 \cdot RH) + (0.0054 \cdot Tg) \quad \text{..... 4. 8}$$

مع $R^2 = 08792$

الجدول 4. 6. مستويات تقييم الإحساس بالحرارة للمؤشر T.S.Givoni.
المصدر. الباحث بتصرف عن Gaitani & all, 2007.

المستوى	الإحساس
01	very cold
02	quite cold
03	cold
04	comfort
05	hot
06	quite hot
07	very hot

7.1.3. ASV (Actual Sensation Vote):

بناءا على مشروع RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) الذي قام به مركز CRES (*Centre for Renewable Energy Sources*) بين 1998-2002 قدم الباحثون مؤشر ASV والذي يعتمد على سلم حراري من 05 درجـــــــــــــات (أنظر الجدول 7.4) والمعادلة التالية (CRES, 2002):

$$ASV = 0.049 \cdot Ta + 0.001 \cdot SR_{globe} - 0.051 \cdot va + 0.014 \cdot RH - 2.079 \quad \text{..... 4. 9}$$

أين R=0.78، SR_{globe} هي كمية الإشعاع الشمسي العام (W/m2).

الجدول 4. 7. السلم الحراري للمؤشر ASV. المصدر. الباحث إقتباسا عن (2002) CRES.

الإحساس الحراري	قيمة ASV
Very cold	2-
Cold	1-
Comfort	0
Hot	1
Very hot	2

4. 8. 1. 3. TS_cheng (Thermal Sensation) :

قدم Cheng and Ng (2008) تحديثا على مؤشر TS بحيث أخذ تأثير سرعة الهواء بإهتمام كبيركما يعتمد على سلم من 07 درجات (الجدول 8.4) والمعادلة التالية:

$$TS_{cheng} = 0.1895 \cdot Ta - 0.7754 \cdot va + 0.0028 \cdot SR^{*} + 0.1953 \cdot AH - 8.23 \quad \text{..... 4. 10}$$

أين: AH هي الرطوبة المطلقة بـ g/Kg of air

الجدول 4. 8. مستويات تقييم المؤشر TS_cheng. المصدر: الباحث اقتباسا عن Cheng and Ng (2008).

قيمة TS_cheng	الإحساس
-3	too cold
-2	quite cold
-1	cold
0	comfort
1	hot
2	quite hot
3	too hot

4.1.9. C_fergus method:

يقدم مؤشر C_fergus تقييما للراحة الحرارية الخارجية بسلم بـ 07 درجات (الجدول 9.4) وحسب المعادلة التالية:

$$C_{fergus} = 1.761 + 0.132 \cdot Ta + 0.00108 \cdot SR_i - 0.432 \cdot \sqrt{va} \quad \text{..... 4. 11}$$

أين: R^2= 0.471، و SR_i شدة الإشعاع الشمسي w/m2،

الجدول 4. 9. مستويات تقييم المؤشر C_fergus. المصدر. الباحث بتصرف عن Nicol et al (2006).

قيمة C_fergus	الإحساس
1	Much too cool
2	Too cool
3	Comfortably cool
4	Neither. Warm nor cool
5	Comfortably warm
6	Too warm
7	Much too warm

4.1.10. HI (Heat Index):

يقدم HI تقييما لمدى التعرض للحرارة وهو صالح للأقاليم ذات المعدل الحراري يفوق 20 °C ويقيم حسب المعادلة التالية (Blazejczyk et al, 2012):

$$HI = -8.784695 + 1.61139411 \cdot Ta + 2.338549 \cdot RH - 0.14611605 \cdot Ta \cdot RH - 1.2308094 \cdot 10^{-2} \cdot Ta^2 - 1.6424828 \cdot 10^{-2} \cdot RH^2 + 2.211732 \cdot 10^{-3} \cdot Ta^2 \cdot RH + 7.2546 \cdot 10^{-4} \cdot Ta \cdot RH^2 - 3.582 \cdot 10^{-6} \cdot Ta^2 \cdot RH^2 \quad \text{..... 4. 12}$$

وتأخذ القراءة من (الجدول 10.4):

الجدول 4. 10. مستويات تقييم المؤشر HI. المصدر: الباحث بتصرف عن Blazejczyk et al (2012).

قيمة HI (°C)	الفئة	الإحساس
32-27	الحذر	إمكانية الإحساس بالتعب بسبب التعرض لأشعة الشمس أو القيام بنشاطات فيزيائية
41-32	الحذر الشديد	إمكانية التعرض لضربة شمس، تشنجات عضلية أو إرهاق حراري
54-41	الخطر	تضاعف إحتمال التعرض لضربة شمس، تشنجات عضلية أو إرهاق حراري
>54	الخطر الشديد	التعرض لضربة شمس بكل تأكيد

HUMIDEX.11.1.3:

يقدم مؤشر HUMIDEX قراءة رياضية بين درجة حرارة الهواء الخارجي والضغط الجوي مقدما قيما لمدى الراحة في الأقاليم الحارة ويقيم بناءا على (Blazejczyk et al, 2012) حسب المعادلة التالية:

$$Humidex = Ta + 0.5555 \cdot (vp - 10) \quad \text{..... 4. 13}$$

$$vp = 6.11 \cdot e^{\left(5417.753 \cdot \left(\frac{1}{273.16}\right) \cdot \left(\frac{1}{273.16+Td}\right)\right)} \quad \text{..... 4. 14}$$

أما حسب (Ghani et al, 2017) فيقيم بالمعادلة التالية:

$$Humidex = Ta + \frac{5}{9} \cdot (e - 10) \quad \text{..... 4. 15}$$

$$e = 6.112 \cdot \left(\frac{RH}{100}\right) \cdot 10^{\left(\frac{7.5 \cdot Ta}{237.7+Ta}\right)} \quad \text{..... 4. 16}$$

أين: vp: هو vapor pressure بـ hPa، وtd: هي درجة حرارة نقطة الندى °C

وتتم القراءة بناءا على (الجدول 11.4):

الجدول 4. 11. مستويات تقييم المؤشر Humidex. المصدر. الباحث بتصرف عن Blazejczyk et al(2012) .

قيمة Humidex (°C)	الإحساس
20-29	Much too cool
30-39	Too cool
40-45	Comfortably cool
<46	Neither. Warm nor cool

WBGT .12.1.3 :

يعتبر مؤشر WBGT نسخة منقحة لـ CET (Corrected Effective Temperature) ويعتمد على المعادلة التالية (Blazejczyk et al, 2012) و (الجدول 12.4):

$$WBGT = 0.567 \cdot Ta + 0.393 \cdot vp + 3.94 \quad \text{..... 4. 17}$$

الجدول 4. 12. مستويات تقييم المؤشر WBGT. المصدر: الباحث بتصرف عن Blazejczyk et al (2012) .

قيمة WBGT (°C)	الإحساس
$WBGT \leq 18$	/
$18 < WBGT \leq 23$	إحتمال التعرض لإجهاد حراري
$23 < WBGT \leq 28$	توقف النشاطات المجهدة لغير المتمرنين
$28 < WBGT \leq 30$	توقف النشاطات المجهدة لغير المتأقلمين
$30 < WBGT$	توقف لكل أنواع النشاطات الفيزيائية

DI (Discomfort Index) .13.1.3:

إستنادا على Ghani et al (2017) فإن مؤشر DI يقيم حسب المعادلة التالية و (الجدول 13.4):

$$DI = Ta - \left[\left(0.55 - (0.005 \cdot RH)\right) \cdot (Ta - 14.5)\right] \quad \text{..... 4. 18}$$

الجدول 4. 13. مستويات تقييم المؤشر DI. المصدر: الباحث بتصرف عن (2017) Ghani et al.

الشعور	قيمة DI (°C)
لا يوجد حالة إنعدام الراحة	DI≤21
أقل من 50% يشعرون بعدم الراحة	21<DI≤24
أكثر من 50% يشعرون بعدم الراحة	24<DI≤27
معظم السكان يعانون من إنعدام الراحة	27<DI≤29
كل شخص يعاني من الإجهاد الحراري	29<DI≤32
حالة الطوارئ	32≤DI

14.1.3. CPI (Cooling Power Index):

حسب Ghani et al (2017) فإن مؤشر CPI يعتمد على المعادلة التالية و (الجدول 14.4):

$$CPI = [0.37 + (0.51 \cdot va^{0.63})] \cdot [36.5 - Td] \quad \text{..... 4. 19}$$

أين Td هي درجة الحرارة الجافة.

الجدول 4. 14. مستويات تقييم المؤشر CPI. المصدر: الباحث بتصرف عن(2017) Ghani et al .

الشعور الحراري	قيمة CPI (mcal/cm2 s)
Hot	CPI<5
Mild	5<CPI<10
Cool	11<CPI<15
Cold	16<CPI<22
Very cold	23<CPI<30
Extreme cold	CPI>30

2.3. تقييم الراحة الحرارية الخارجية بالطرق المركبة:

1.2.3. طريقة COMFA، the COMfort FormulA method:

إن طريقة COMFA للباحث Brown and Gillespie (1995) و ذلك نقـــــــــــــلا عن Gaitani et al (2007) و Kenny et al (2009) تعتمد على معادلة للميزانية الطاقوية للإنسان في مجال خارجي و هي :

$$B = M + R_{abs} - Conv - Evap - TR_{emmited} \quad \text{..... 4. 20}$$

أين: B: الميزانية الطاقوية، M: الطاقة البنيوية التي يستعملها جسم الإنسان، R_{abs}: الطاقة الممتصة من الشمس والأرضية، Conv: الطاقة المحسوسة المفقودة في عمليات التبادل،Evap : الطاقة المفقودة بالتبخر، $TR_{emitted}$: الطاقة المنبعثة من الأرضية.

إذا كان B قريب من الصفر فإن الإنسان في حالة راحة حرارية وكلما كانت B إيجابية فإن الإنسان يكسب طاقة أكثر مما يفقدها والعكس إذا كانت B سالبة فإن الجسم يفقد أكثر مما يكسب، و (الجدول 15.4) يوضح درجات الراحة:

الجدول 15.4. الميزانية الطاقوية COMFA والإحساس بالراحة.
المصدر. الباحث بتصرف عن Gaitani & all (2007).

B	الإحساس بالراحة
B < -150	بارد جدا
-150 < B < -50	بارد
-50 < B < +50	راحة
+50 < B < +150	حار
+150 < B	حار جدا

وأما متغيرات معادلة تقييم B فتحسب بالطريقة التالية:

- **<u>حساب M:</u>** وهي الطاقة التي يستعملها الجسد للتسخين الداخلي و (الجدول 16.4) الآتي يوضح بضع من النشاطات وكمية الطاقة M الموافقة لها:

الجدول 4. 16. نشاطات الإنسان وكمية M الموافقة. المصدر. Gaitani & all (2007).

كمية M (W/m^2)	النشاط
50	النوم
60	متكأ مستريح
90	جالس أو واقف في مكانه
95	على كرسي ما
120	جالس أو واقف بمقابلة منبع ضوئي
180	مشي بطيء 4 كلم/سا
250	مشي متوسط 5،5 كلم/سا
600	رياضة خفيفة أو نشاط مكثف

في الوقت الذي قام فيه Kenny et al (2009) بتعديل معادلة M بإدراج معامل تصحيح لكمية الحرارة المستعملة أثناء عملية التنفس لتصبح معادلة M كما يلي:

$$\grave{M} = (1 - \not{f}) \cdot M \quad \text{..... 4. 21}$$

$$\not{f} = 0.150 - (0.0173 \cdot vp) - (0.0014 \cdot Ta) \quad \text{..... 4. 22}$$

أين $\grave{M}$هي M المعدلة، $\not{f}$ هي معامل تصحيح لكمية الحرارة المستعملة أثناء عملية التنفس

- **<u>حساب R_{abs}:</u>** ينقسم الإشعاع الممتص من طرف الإنسان إلى قسمين:

K_{abs}: الإشعاع الشمسي الممتص.

L_{abs}: الإشعاع الأرضي الممتص.

✓ فأما الإشعاع الشمسي K_{abs} الممتص فيمكن حسابه بالمعادلة التالية:

$$K_{abs} = (T + D + S + R) \cdot (1 - a_{hum}) \quad \text{..... 4. 23}$$

أين: T: الإشعاع الشمسي المباشر المستقبل من طرف الإنسان، D: الإشعاع الشمسي المشتت والمستقبل من طرف الإنسان، S: الإشعاع الشمسي المشتت والمنعكس من العناصر السماوية والمستقبل من طرف الإنسان، R: الإشعاع الشمسي المنعكس على الأرض والمستقبل من طرف الإنسان، a_{hum}: ألبيدو الإنسان.

➢ المتغير T فيقيم بالمعادلة التالية:

$$T = \left\{\left[\frac{(K-K_d)/\tan(e)}{\pi}\right]\right\} \times t \quad \text{..... 4. 24}$$

أين: K: الإشعاع الشمسي المباشر على سطح أفقي مستوي، K_d: الإشعاع الشمسي المشتت، t: الناقلية الشمسية للنباتات، الأشجار أو أي حاجز بين الإنسان والشمس، e: زاوية إرتفاع الشمس.

- المتغير D فيقيم بالمعادلة التالية:

$$D = K_d \times SVF \quad \text{..... 4. 25}$$

- المتغير S فيقيم بالمعادلة التالية:

$$S = [K_d \times (1 - SVF)] \times a_0 \quad \text{..... 4. 26}$$

أين: a_0: هو ألبيدو العناصر السماوية.

- المتغير R فيقيم بالمعادلة التالية:

$$R = K \times t \times a_{gr} \quad \text{..... 4. 27}$$

أين: a_{gr}: ألبيدو الأرضية.

✓ أما الإشعاع الأرضي L_{abs} فيحسب بالعلاقة:

$$L_{abs} = \{[0{,}5(V + F)] + (0{,}5 \times G)\}(1 - a_{hum}) \quad \text{..... 4. 28}$$

أين: V: الإشعاع غير المباشر من السماء، F: الإشعاع غير المباشر من العناصر في السماء، G: الإشعاع غير المباشر الأرضي، a_{hum}: ألبيدو الإنسان.

- المتغير V فيقيم بالمعادلة التالية:

$$V = L \times SVF \quad \text{..... 4. 29}$$

أين: L: هي الإشعاع الأرضي الممتص من السماء وتحسب بالعلاقة التالية:

$$L = [1{,}2 \times (5{,}67 \times 10^{-8}) \times T_a^4] - 171 \quad \text{..... 4. 30}$$

أين Ta: درجة حرارة الهواء.

- المتغير F فيحسب بالعلاقة التالية:

$$F = [E_{0\times}(5{,}67 \times 10^{-8}) \times T_0^4] \times (1 - SVF) \quad \text{..... 4. 31}$$

أين T_0: درجة حرارة العنصر، E_0: إشعاعية العنصر.

➢ المتغير G فيقيم بالعلاقة التالية:

$$G = \left[E_{gr}(5{,}67 \times 10^{-8}) \times T_{gr}^{4}\right] \quad \text{..... 4. 32}$$

أين: Tgr: هي درجة حرارة الأرضية، Egr: هي إشعاعية الأرضية.

- **حساب الحرارة المحمولة من شخص للهواء الخارجي Conv:**

$$Conv = \frac{HC_{air} \times (T_{sk} - Ta)}{r_t + r_c + r_a} \quad \text{..... 4. 33}$$

أين: T_c: حرارة الجسم، T_a: حرارة الهواء الخارجي، r_t: مقاومة الجسم للحمـــــــل الحراري، r_c: مقاومة اللباس للحمل الحراري، r_a: مقاومة المحيط للحمل الحراري.

HCair = 1212 j/m3وهي الطاقة الحرارية للهواء

وكل هذه القيم يمكن حسابها كالتالي:

$$T_c = 36{,}5 + (0{,}0043 \times M) \quad \text{..... 4. 34}$$

$$r_t = -0{,}1 \times M + 65 \quad \text{..... 4. 35}$$

$$r_c = 0{,}17 \times (Re^{n} \times Pr^{0{,}33} \times \eta) \quad \text{..... 4. 36}$$

$$r_a = r_{co} \times [1 - (0{,}5 \times P^{0{,}4} \times va^{0{,}5})] \quad \text{..... 4. 37}$$

أين: r_{co}: إشعاعية اللباس، P: مسامية اللباس، Re: معامل Reynolds، Pr: معامـــــــــل Prandtl (0.71)، W: سرعة الهواء، η: الناقلية الحرارية للهواء$(22 \cdot 10^{-6}\ m^2/s)$.

$$Re = \frac{0.17 \cdot V}{v} \quad \text{..... 4. 38}$$

أما v هي لزوجة الهواء $(1.5 \cdot 10^{-5}\ m^2/s$

و (الجدول 17.4) يوضح بعض قيم r_{co} و P.

الجدول 4. 17. بعض قيم r_{co} و P. المصدر Gaitani & all (2007).

Clothing ensemble	Rco (s/m)	*P*
T-shirt, short pants, socks, running shoes	50	175
T-shirt, long pants, socks, shoes or boots	75	150
T-shirt, long pants, socks, windbreaker	100	100
Shirt, long pants, socks, shoes, windbreaker	125	65
Shirt, long pants, socks, shoes, sweater	175	125
Shirt, long pants, socks, shoes, sweater, windbreaker	250	50

أما Kenny et al (2009) فيتحدث أن :

$$r_a = \frac{0.17}{(A \cdot Re^n \times Pr^{0,33} \times \eta)} \quad \text{..... 4. 39}$$

أين A,n ثوابت تجريبية تأخذ حسب (الجدول 18.4):

الجدول 4. 18. القيم التجريبية للثوابت A,n. المصدر: الباحث بتصرف عن Kenny et al (2009).

n	A	Re
0.466	0.683	<4000
0.618	0.193	4000 – 40.000
0.805	0.0266	>40.000

$$r_c = r_{co} \times [1 - (0,05 \times (0.196 \cdot P)^{0,4} \times va^{0,5})] \quad \text{..... 4. 40}$$

- **<u>تقييم الحرارة المفقودة بالتبخر Evap:</u>**

وتقيم بالمعادلة التالية:

أين Ei: الحرارة المفقودة عبر الجلد: Es: الحرارة المفقودة عبر التنفس

$$Evap = E_i + E_s \quad \text{..... 4. 41}$$

حيث:

$$E_s = 0,42 \times (M - 58) \quad \text{..... 4. 42}$$

$$E_i = 5,24 \times 10^6 \times (q_s - q_a) \Big/ (r_{cv} + r_{av} + r_{tv}) \quad \text{..... 4. 43}$$

أين: rcv, r_{av}, r_{tv}: هي مقاومات الماء للتبخر.

$$rtv = 7.7 \cdot 10^3 \quad \text{..... 4. 44}$$

$$rav = 0.92 \cdot ra \quad \text{..... 4. 45}$$

$$rcv = rc \quad \text{..... 4. 46}$$

Qs: هي الرطوبة الخاصة للتشبع عند درجة البشرة Ts و تقيم كالتالي:

$$Qs = 0{,}6108 \times \left\{ exp\left[{(17{,}269 \times T_{sk})}/{(237{,}3 + T_{sk})} \right] \right\} \quad \text{..... 4. 47}$$

أما qa: الرطوبة الخاصة للتشبع عند درجة حرارة الهواء Ta فتقيم كالتالي:

$$Qa = 0{,}6108 \times \left\{ exp\left[{(17{,}269 \times T_{a})}/{(237{,}3 + T_{a})} \right] \right\} \quad \text{..... 4. 48}$$

- **تقييم الإشعاع الأرضي $TR_{emitted}$:**

$$TR_{emitted} = 5{,}67 \times 10^{-8} \times \left(T_{sf} + 273\right)^4 \quad \text{..... 4. 49}$$

أين :Tsf: هي درجة حرارة سطح الإنسان و تقيم كالتالي :

$${(\mathrm{T_{sf}} - \mathrm{T_a})}/{\mathrm{r_a}} = {(\mathrm{T_c} - \mathrm{T_a})}/{(\mathrm{r_t} + \mathrm{r_c} + \mathrm{r_a})} \quad \text{..... 4. 50}$$

أما Kenny et al (2009) فأعطى المعادلات التالية:

$$TR_{emitted} = A_{eff} \cdot \varepsilon \cdot \sigma (T_{sf} + 273.15)^4 \quad \text{..... 4. 51}$$

أين ε هي إنبعاثية الجسم البشري (0.95)، σ هو ثابت Stefan-Boltzmann ($5{,}67 \times 10^{-8}$)، A_{eff} هو معامل تصحيحي 0.78 للمشي و العدو، 0.70 للدراجات الهوائية.

$$T_{sf} = \left[\left[{(T_{sk} - T_a)}/{(r_c + r_a)} \right] \cdot r_a \right] + T_a \quad \text{..... 4. 52}$$

$$T_{sk} = \left[\left[{(T_c - T_a)}/{(r_c + r_a + r_t)} \right] \cdot (r_a + r_c) \right] + T_a \quad \text{..... 4. 53}$$

4.2.3. طريقة COMFA+، the COMFA+ Method:

قام الباحثون Angelotti et al (2007) بإيجاد صيغة جديدة لنموذج COMFA بحيث يأخذ بعين الإعتبار أقصى حد لتأثير المباني على المناخ العمراني و هو ما تحدث عنه الباحثون بإحداث الفرق بين *the Landscape* و *the Townscape*. أين إقترحوا إدراج معاملات رؤية جديدة من شأنها التدخل على كمية الإشعاع الشمسي و الأرضي داخل المجال العمراني و هي: (أ) *BVF (Building View Factor)*، (ب) *SVF (Sky View Factor)*، (ج) *GVF (Ground View Factor)*، (د) *OVF (Object View Factor)*. كل هذه المعاملات مرتبطة بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\sum_i BVF_i + \widehat{SVF} + GVF + OVF = 1 \quad \text{..... 4. 54}$$

أين:

$$\widehat{SVF} = 0.5 \cdot SVF \quad \text{..... 4. 55}$$

$$OVF = 0.5 \cdot (1 - SVF) \quad \text{..... 4. 56}$$

$$GVF = 0.5 \quad \text{..... 4. 57}$$

أما *BVF* فيقيم حسب خوارزمية Cannistraro et al (1992)، لتبصح معادلات تقييم متغيرات *COMFA* كما يلي:

$$D = K_d \cdot \widehat{SVF} \quad \text{..... 4. 58}$$

$$S = OVF \cdot K_d \quad \text{..... 4. 59}$$

$$R = GVF \cdot a_{gr} \cdot \left(K_d + (SFG \cdot K_b)\right) \quad \text{..... 4. 60}$$

مع إستحداث عنصر جديد هو B و الذي يعبر عن كمية الأشعة قصيرة الأمواج المنبعثة من المباني و التي تقيم حسب المعادلة التالية:

$$B = \sum_i BVF_l \cdot a_{bui} \cdot \left(K_d + (SFB_i \cdot K_b)\right) \quad \text{..... 4. 61}$$

أين : K_b هي قوة شعاع الأشعة الشمسية.

SFB, SFG: *Sunlight Fraction of (Building & Ground)* الجزء المشمس من الأرضية و المباني.

لتصبح في الختام معادلة تقييم K_{abs} كما يلي:

$$K_{abs} = (1 - a_{hum}) \cdot (T + D + S + R + B) \quad \text{..... 4. 62}$$

كما قام الباحثون بتعديل على معادلة تقييم الأشعة المشتتة L_{abs} لتصبح كما يلي:

$$L_{abs} = \varepsilon_{hum} \cdot (V + G + F + U) \quad \text{..... 4. 63}$$

أين:

$$V = \widehat{SVF} \cdot \sigma \cdot \varepsilon_{sky} \cdot T_{sky}^4 \quad \text{..... 4. 64}$$

$$G = GVF \cdot \sigma \cdot \varepsilon_{gr} \cdot T_{gr}^4 \quad \text{..... 4. 65}$$

$$F = OVF \cdot \sigma \cdot \varepsilon_{ob} \cdot T_{ob}^4 \quad \text{..... 4. 66}$$

$$G = \sum_i BVF_i \cdot \sigma \cdot \varepsilon_{bui} \cdot T_{bui}^4 \quad \text{..... 4. 67}$$

أين : $\sigma \cdot \varepsilon \cdot T$ هي الحرارة المطلقة، الإنبعاثية و ثابت stephan boltzman .

3.2.3. معدل الإحصاء المتوقع (Predicted mean vote) PMV :

وهو معدل يحسب وفقا لمعطيات إحصائية لمجموعة معينة في محيط معين، وهذا لمعرفة درجة الإحساس بالراحة. و يقسم مقياس PMV إلى 07 درجـــــــــــات من (بارد جدا = -3) إلى (حار جدا = +3) (أنظر الجدول 19.4) مرورا بدرجة الـ 00 و الذي يعتبر العنصر الحيادي رياضيا و الذي يعبـــــــــــــــر عن الراحة (Gaitani et al, 2007).

الجدول 4. 19. السلم الحراري لمقياس PMV. المصدر. Silva (2013).

درجة المقياس	الإحساس بالراحة
3+	Hot
2+	Warm
1+	Slightly warm
00	Neutral
1-	Slightly cool
2-	Cool
3-	Cold

وأما قيمة PMV فتقيم بالمعادلة التالية:

$$PMV = (0.303 \times e^{-0.036 \cdot M} + 0.028) \times [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}] \quad \text{..... 4. 68}$$

أين: M: معدل الأيض، W: الطاقة الميكانيكية المستخدمة من طرف الإنسان، H: الحرارة الجافة المفقودة، Ec: تبادلات الحرارية الرطبة على مستوى الجلد، Cres: تبادلات الحمل الحراري عن طريق التنفس، Eres. و يقيم كل منها حسب المعادلات التالية (Silva, 2013) :

$$H = 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad \text{..... 4. 69}$$

$$E_c = 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6.99 \cdot (M - W) - pa] - 0.42 \cdot [(M - W) - 58.15] \quad \text{.... 4. 70}$$

$$C_{res} = 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \quad \text{..... 4. 71}$$

$$E_{res} = 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - pa) \quad \text{..... 4. 72}$$

أين: e هو Euler's number ويساوي (2.718).

$$t_{cl} = t_{sk} - I_{cl} \cdot 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left[(t_{cl} + 273)^4 - \left(t_{eq} + 273\right)^4\right] - I_{cl} \cdot f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_{eq})$$
73 .4 .....

$$t_{sk} = 35.7 - 0.028(M - W) \quad \text{..... 4. 74}$$

حسب Autodesk (2017) فإن:

$$h_c = 12.1 \cdot va^{0.5} \quad \text{..... 4. 75}$$

و حسب : Summers (2005) فإن :

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.0 + 0.2 \cdot I_{cl} & I_{cl} < 0.5\ clo \\ 1.05 + 0.1 \cdot I_{cl} & I_{cl} > 0.5\ clo \end{cases} \quad \text{..... 4. 76}$$

أين: I_{cl} الناقلية الإشعاعية للملابس، f_{cl} معامل مساحة الملابس و t_{cl} درجة حرارة سطح الملابس.

إستنادا إلى Yao et al (2009) و Vanos (2011) فإنه PMV يخضع إلى معاملات تصحيحية حسب نوعية المناخ حارا كان أو بارد كما يلي:

$$PMV_{warm} = \frac{PMV}{1+(0.293 \cdot PMV)} \quad \text{..... 4. 77}$$

$$PMV_{cool} = \frac{PMV}{1-(0.125 \cdot PMV)} \quad \text{..... 4. 78}$$

4.2.3. نسبة عدم الرضا المتوقعة (Predicted Percentage of Dissatisfied) PPD :

ولتوقع نسبة الأشخاص الغير راضين عن محيط حراري، طريقة جديدة تدخل في هذا الميدان وهي PPD وهي نسبة تأخذ بعين الإعتبار الأشخاص الذين صوتوا بـ (-3، -2، +2، +3) في مقياس PMV والذين هم منطقيا غير راضين. وأما عن نسبة PPD فتقيم بالمعادلة التالية (Silva, 2013):

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0.03353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV^2)} \quad \text{..... 4. 79}$$

خاتمة:

تعتبر الراحة الحرارية الخارجية أحد أهم أهداف أي مصمم عمراني لهذا فقد كانت محط إهتمام دراسات جادة منذ النصف الثاني من القرن العشرين، لكن صعوبة التعامل مع الكم الهائل من العناصر المناخية المختلفة ولإمكانية تقييمها طور الباحثون مؤشرات حرارية مختلفة من شأنها تركيب تجريبي أو رياضي لعدة عناصر في نفس الوقت وإعطاء قراءة موحدة لمدى الإحساس بهذه الراحة الحرارية الخارجية.

هذه المؤشرات صنف لها العلماء فهارس حرارية مختلفة بين مؤشرات حرارية، بسيكوإجتماعية، حسية، فيزيولوجية و غيرها في الوقت الذي طور فيه الباحث Farajzadeh et al (2015) تصنيفا بسيطا، متكاملا و شاملا لها مقسما إياها بين المؤشرات البسيطة التي تعتمد على المعطيات المناخية المباشرة أين يعتبر كل من HUMIDEX، ET، WCT و WBGT أحد أشهرها، و مؤشرات مركبة تعتمد على نماذج الميزانية الطاقوية و الحرارية للإنسان أين يعتبر كل من PET، MENEX و UTCI أشهرها و أدقها.

جاء هذا الجزء من البحث كفهرس حراري متكامل قدمنا فيه أشهر 37 مؤشرا حراريا متوفر على الساحة العلمية خاتمينه بتفاصيل 18 مؤشر تعتبر الأكثر دقة والتي سنختار منها 12 مؤشرا الأكثر تلائما مع مناخ الأقاليم الجافة لاستعمالها في تطوير النموذج الرياضي SPUCAL. وهنا نصل في هذا البحث إلى منعرج مهم ألى وهو طريقة وأساليب تمثيل ومحاكاة كل ما ذكر فيما سبق من: المناخ العمراني، تأثير المجالات الخضراء عليه وعلى الراحة الحرارية الخارجية وكل هذا على مستوى الأقاليم الصحراوية الحارة وهو ما سيكون صلب موضوع الفصل الخامس.

الفصل الخامس

دراسات سابقة في ميدان تمثيل المناخ العمراني

Normal science' means research firmly based upon one or more past scientific achievements

-- Thomas Kuhn --

تمهيد:

لقد كان موضوع تمثيل المناخ العمراني موضوع بحث جدي منذ النصف الثاني من القرن XX و إلى يومنا هذا [(Cionco, 1965)، (Greene, 1980)، (Williamson and Erell, 2001)، (Baklanov et al, 2009)، (Dorer et al, 2013)، (Krayenhoff et al, 2015)، (Upreti, 2017)]. حسب Masson (2000) فإن أولى التجارب التي بدأت في الستينيات كانت تحاكي تأثير مبنى وحيد على المناخ العمراني حيث توجت بعدة أعمال أهمها نموذج URBAN -3 للباحث Terjung and O'Rourke (1980) و أطلق على هذه المرحلة إسم BRM (Building Resolving Modeling)، لتنطلق مرحلة جديدة في الثمانينيات أطلق عليها BAM (Building Averaged Modeling) أين ظهر أشهر مفهوم على الإطلاق بميدان المناخ العمراني ألا و هو الوادي العمراني للباحث Oke (1987). لتأتي مرحلة التسعينيات و تلقب بمرحلة UCM (Urban Climate Modeling) و التي كانت بداياتها الحقيقية بأعمال Johnson et al (1991)، Mills (1993) و Mills and Arnfield (1993).

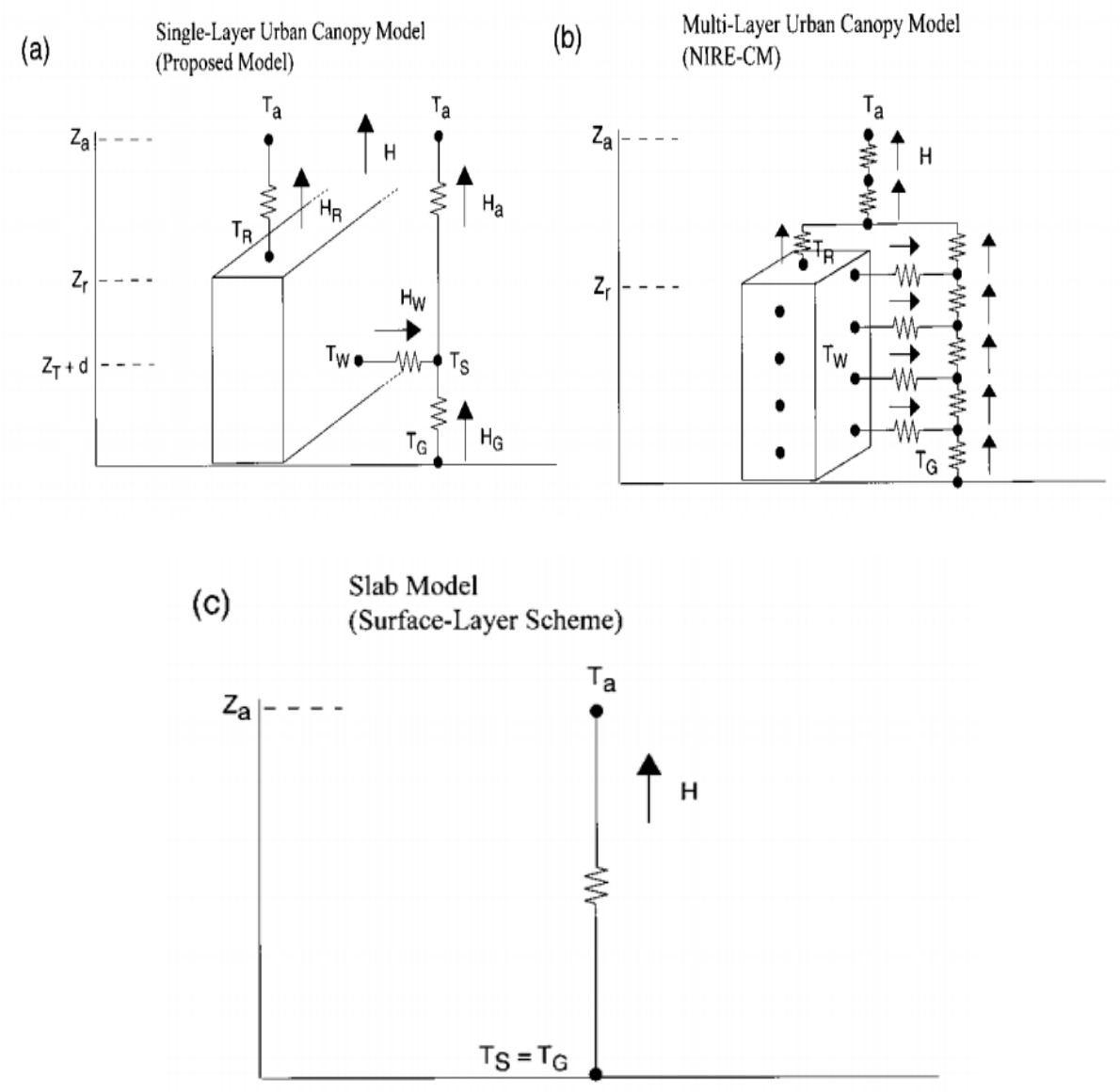
1. نماذج المناخ العمراني Urban Climate Models:

إن النماذج العمرانية المعروفة باسم UCMs تتكهن بالمناخ العمراني على عدة مستويات مختلفة و تبسطه للمستعمل بعدة وسائل فعلى سبيل المثال فإن تبادلات الطاقة المحسوسة بين الأسطح أصبحت ذات نطاق أوسع و أسهل، الطرقات تأخذ كسطح موحد و لا تقطع، بالإضافة إلى أن تبادلات الأشعة توحد في مؤشرات بسيطة، كما أن التفاصيل العمرانية للمنشآت كالشرفات و البروزات تلغى مثلها مثل بعض آثار مستعملي المجال و العربات الميكانيكية؛ و على العموم فإن نماذج UCMs تقدم توافقا مقبولا بين الكفاءة المعلوماتية، دقة النتائج و الشمولية (Krayenhoff, 2014). و للوصول إلى تقييم المناخ العام للمدينة فإن Masson (2006) يتحدث عن لجوء الباحثين إلى إقتران نماذج UCMs مع نماذج MCMs (Meso Climate Models) للوصول إلى: (أ) محاكاة و توقع مناخ المدينة العام، (ب) توقع مدى تأثير و حجم الجزيرة الحرارية،(ج) توقع المعطيات المناخية لطبقة UBL.

حسب (Masson, 2006) فإن نماذج UCM's تقسم إلى 05 أصناف (أ) النماذج التجريبية، (ب) النماذج المستلهمة من نماذج SVAT (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) مع إعتماد ظاهرة السحب الحراري، (ج) النماذج المستلهمة من نماذج SVAT مع عدم إعتماد ظاهرة السحب الحراري، (د) النماذج أحادية الطبقة و (ه) النماذج متعددة الطبقات. فأما النماذج التجريبية فمبنية على الملاحظة و هدفها ترجمة النتائج و الإحصائيات المستخرجة من التجارب المختلفة، و لعل أكثرها إكتمالا

و أشهرها هو نموذج LUMPS للباحث Grimmond and Oke (2002) . في الوقت الذي إعتمدت فيه نماذج أخـــــــــــــــــرى على تطويع النماذج القديمة لـ SVAT و ذلك لتلائم الفضاء العمراني أو إقترنت بها و يعتبر نموذج ISBA (Interaction Soil–Biosphere–Atmosphere) للباحث Noilhan and Planton (1989) الأكثر ملائمة للإندماج و الإقتران مع النماذج العمرانية؛ و بحثا عن دقة أكبر ظهرت تقنية جديدة لتمثيل المناخ العمراني بنموذجين أولهما أحادي الطبقة المناخية أين تتم فيها تبادلات الطاقة عادة على ارتفاع معين أدنى السقف العمراني، و لعل أبسط و أشهر نماذج هذه التقنية هو TEB (Town Energy Balance) للباحث Masson (2000)؛ أما النموذج الثاني فهو متعدد الطبقات معتمدا على ظاهرة السحب الحراري مع إمكانية تداخل عدة طبقات بينه و بين نموذج MCM و يعتبر BEP (Building Effect Parameterization) للباحث Martilli (2002) أحد أشهر هذه النماذج.

و على خلاف Masson (2006) فإن العديد من الأعمال الأخرى مثل Kusaka et al (2001) و Krayenhoff et al (2015) تبسط تقسيم نماذج UCMs إلى 03 أصناف: أولاها نماذج الكتلة الموحدة UC Slab Models و هي تعتمد على أن المجال العمراني كتلة موحدة أين البنايات و الشوارع تأخذ نفس القيم الحرارية مثل نموذج SUEB (Slab Urban Energy Balance) للباحـــــــــــــــث Fortuniak et al (2003) ؛ و للوصول إلى نتائج أدق ظهر نظام جديد أطلق عليه نماذج أحادية الطبقة المناخية UC Single Layer Models و التي تعمل بطبقة جوية واحدة في ما بين المباني يعني انه بإمكانه توقع قيم وحيدة لدرجة الحرارة، سرعة الهواء و الرطوبة النسبية و التي تعبر بدروها عن كامل المناخ العمراني مثل نموذج TEB للباحث Masson (2000). لنصل في نهايات القرن XX إلى أحدث النماذج و أصعبها و هي النماذج متعددة الطبقات المناخية UC Multi Layer Models و التي بإمكانها تقدير نفس القيم لكن على طبقات مختلفة الإرتفاع، و هي النماذج الأكثر صعوبة للإقتران بالنماذج الجوية لكنها تبقى الأكثر دقة و أهمها نموذج BEP للباحث Martilli (2002).



الشكل 5. 1. في الأعلى على اليمين مخطط لنموذج متعدد الطبقات، على اليسار مخطط توضيحي لنموذج أحادي الطبقة وفي الأسفل نموذج الكتلة الموحدة. المصدر. Kusaka et al (2001).

2. معايير تصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني:

أقيمت العديد من الأعمال التي ترمي إلى إيجاد معايير من شأنها تصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني، وكأحد أهم الأعمال في هذا الميدان كان مشروع بحث مشترك بين مجموعة مكونة من 20 أكبر باحث في ميدان المناخ العمراني لتصنيف ومقارنة نماذجهم الرياضية:

C. S. B. Grimmond, M. Blackett, M. J. Best, J. Barlow, J-J. Baik, S. E. Belcher, S. I. Bohnenstengel, I. Calmet, F. Chen, A. Dandou, K. Fortuniak, M. L. Gouvea, R. Hamdi, M. Hendry, T. Kawai, Y. Kawamoto, H. Kondo, E. S. Krayenhoff, S-H. Lee, T. Loridan, A.

Martilli, V. Masson, S. Miao, K. Oleson, G. Pigeon, A. Porson, Y-H. Ryu, F. Salamanca, L. Shashua-Bar, G-J. Steeneveld, M. Tombrou, J. Voogt, D. Young, N. Zhang .

أين شارك كل الباحثين المذكورين أعلاه بنماذج لتمثيل المناخ العمراني والمبينة في (الجدول 1.5).

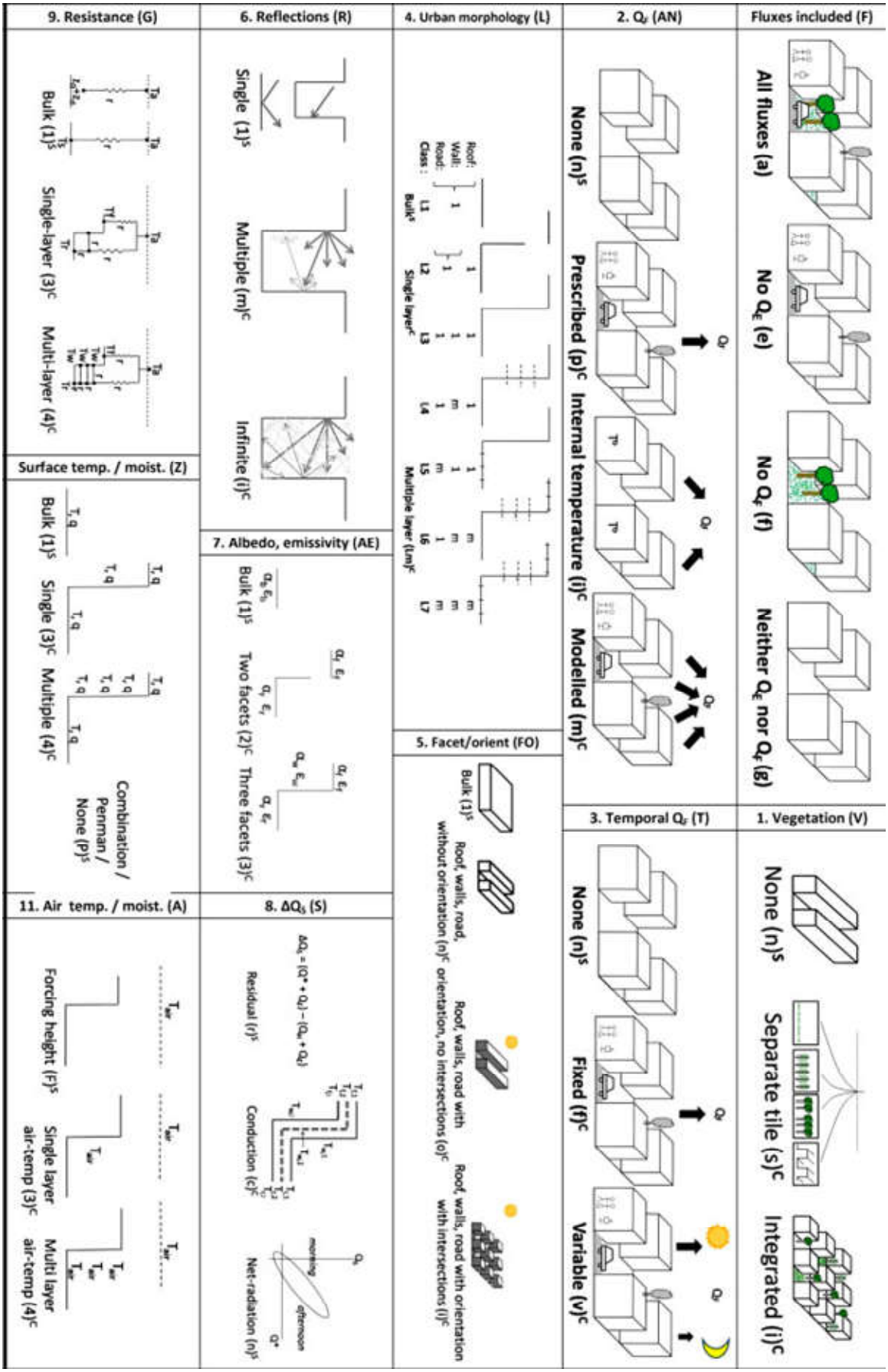
الجدول 5. 1. نماذج تمثيل المناخ العمراني المشاركة في المشروع الدولي للتصنيف والمقارنة.
المصدر. Grimmond et al (2010).

Code	**Model name**	**Developer**
BEP02	Building effect parameterization	Martilli. 2002
BEP BEM08	BEP coupled with building energy model	Martilli and Salamanca. 2009
CLMU	Community land model – urban	Oleson. 2008
IISUCM	Institute of industrial science urban canopy model	Kawamoto and Ooka.2009
JULES	Joint UK land environment simulator	Essery and Best. 2006
LUMPS	Local-scale urban meteorological parameterization scheme	Grimmond and Oke. 2003
NKUA	University of Athens model	Dandou. 2005
MORUSES	Met Office reading urban surface exchange scheme	Harman and Porson. 2010
MUCM	Multi-layer urban canopy model	Kondo and Liu. 2010
NJU-UCM-S	Nanjing University urban canopy model-single layer	Masson and Kusaka. 2001
NJUC-UM-M	Nanjing University urban canopy model-multiple layer	Kondo and Kanda. 2005
NSLUCM/ NSLUCMK/ NSLUCM- WRF	Noah land surface model/ single-layer urban canopy model	Kusaka, Chen and Loridan. 2010
SM2U	Soil Model for sub mesoscales (urbanized)	Dupont and Mestayer. 2006
SNUUCM	Seoul National University urban canopy model	Ryu. 2009
SRUM2/ SRUM4	Single column reading urban model tile version	Harman and Belcher. 2006
SUEB	Slab urban energy balance model	Fortuniak. 2005

SUMM	Simple urban energy balance model for mesoscale simulation	Kanda and Kawai. 2009
TEB	Town energy balance	Masson, Lemonsu and Pigeon. 2008
TEB-ml	Town energy balance with multi-layer option	Hamdi, Masson and Seity. 2009
TUF2D	Temperatures of urban facets 2D	Krayenhoff and Voogt. 2007
TUF3D	Temperatures of urban facets 3D	Krayenhoff and Voogt. 2007
VUCM	Vegetated urban canopy model	Lee and Park. 2008

أين صنف الباحثون 12 معيارا مختلفا من شأنها تصنيف أي نموذج لتمثيـــــــــــــــــل المناخ العمراني في العالم، هاته المعايير تمس كل جوانب ومراحل تطوير النمـــــــــــوذج مثل ما هو مبين في (الشكل 2.5) وهي:

- تدفقات الطاقة.
- المجال الأخضر وتدفقات الطاقة الكامنة.
- تدفقات الطاقة الأنثروبية.
- التوزيع الزمني لتدفقات الطاقة الأنثروبية.
- مورفولوجيا المجال العمراني.
- مورفولوجيا المجال العمراني (الأسطح والتوجيه).
- تدفقات الطاقة الإشعاعية (الإنعكاسات).
- تدفقات الطاقة الإشعاعية (الألبيدو والإنبعاثية).
- تدفقات الطاقة المختزنة.
- المقاومة الحرارية.
- درجة حرارة الأسطح.
- درجة حرارة ورطوبة الهواء.



الشكل 5. 2. معايير تصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني. المصدر. Grimmond et al (2010).

1.2. تدفقات الطاقة:

المعيار الأول يعبر عن مدى قابلية النموذج على إدراج تدفقات الطاقة المختلفة في حيثيات تمثيل المناخ العمراني وصنف لها الباحثون 04 عائلات مبينة في (الجدول 2.5):

الجدول 5. 2. معيار تدفقات الطاقة لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
E	No Anthropic energy	بدون إدراج الطاقة الأنثروبية
F	No Latent energy	بدون إدراج الطاقة الكامنة
G	No Anthropic and Latent energy	بدون إدراج الطاقة الأنثروبية والكامنة
A	All energy fluxes included	يتم إدراج جميع أشكال الطاقة

2.2. المجال الأخضر وتدفقات الطاقة الكامنة:

يعتبر هذا المعيار أحد أهم المعايير لما له من قيمة كبيرة لتمثيل المناخ العمراني والذي صنف له الباحثون 03 إقتراحات مختلفة كما هو موضح في (الجدول 3.5):

الجدول 5. 3. معيار المجال الأخضر وتدفقات الطاقة الكامنة لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
Vn	Vegetation not Integrated	المجالات الخضراء غير مدمجة
Vs	Vegetation modeled using a separate tile	المجالات الخضراء مدرجة بتطبيق تكميلي
Vi	Vegetation integrated	المجالات الخضراء مدمجة

3.2. تدفقات الطاقة الأنثروبية:

تزيد قيمة تدفقات الطاقة الأنثروبية كلما زادت كثافة المجال العمراني و النشاط البشري و يمكن أن تصل إلى قيم أكثر من الطاقة الإشعاعية في المجالات العمرانية خصوصا في الأجواء المغيمة و الباردة و يحدث هذا عادة في فصل الشتاء، و كتدفقات الطاقة الكامنة فليس كل النماذج الرياضية المتوفرة تعتمد على إدراج الطاقة الأنثروبية و عليه صنف Grimmond et al (2010) 04 إقتراحـــــــــــات لها مبينة في (الجدول 4.5):

الجدول 5. 4. معيار تدفقات الطاقة الأنثروبية لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
ANn	assumed to be zero, negligible, or ignored	منعدمة أو متجاهلة بقيمة 00 w/m^2
ANp	assumed to be a fixed amount	لها قيمة ثابتة حسب كثافة المجال العمراني
ANi	Is calculated based on assumed internal building temperature	تقيم حسابيا حسب درجة الحرارة الداخلية للبنايات
ANm	is calculated and incorporates internal heat sources from buildings, traffic and metabolism	تقيم بحسابات أكثر دقة وبتدخل كل الأطراف (البنايات، العربات الميكانيكية والإنسان)

4.2. التوزيع الزمني لتدفقات الطاقة الأنثروبية:

تختلف قيم تدفقات الطاقة الأنثروبية باختلاف الليل والنهار وباختلاف الفصول ويعود هذا إلى تعلقها المباشر بنشاط الإنسان وصنف لها الباحثون 03 إقتراحات ممكنة كما هو موضح في (الجدول 5.5):

الجدول 5. 5. معيار التوزيع الزمني لتدفقات الطاقة الأنثروبية لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
Tn	assumed to be zero, negligible, or ignored	منعدمة أو متجاهلة بقيمة 00 w/m^2
Tf	Fixed value	لها قيمة ثابتة طوال اليوم
Tv	diurnal and/or seasonal cycle value	متغيرة حسب الليل والنهار وحسب الفصول

5.2. مورفولوجية المجال العمراني:

مورفولوجية المجال العمراني تأثر تأثيرا مباشرا على تبادلات الطاقة الإشعاعية والمضطربة ولهذا صنف لها الباحثون 04 إقتراحات متفاوتة في الدقة مبينة في (الجدول 6.5):

الجدول 5. 6. معيار مورفولوجية المجال العمراني لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
Sm	Slab or bulk surface	نماذج الكتلة الموحدة
SLm1	single-layer approach (1st generation)	نماذج أحادية الطبقة (الجيل الأول) أين يتم فصل المجال إلى قسمين: سقف ووادي عمراني
SLm2	single-layer approach (2^{nd} generation)	نماذج أحادية الطبقة (الجيل الثاني) أين يتم تقسيم المجال العمراني إلى 04 أسطح: سقف، أرضية وجدارين.
Mm	multiple-layer approach	نماذج متعددة الطبقات أين يتم فصل كل سطح إلى شبكة من المعطيات.

6.2. مورفولوجية المجال العمراني (الأسطح والتوجيه):

معيار مورفولوجية المجال العمراني من ناحية عدد الأسطح المستخدمة ومدى اعتمادها على الإتجاهات البوصلية هام جدا لذا صنف له الباحثـــــــــــــــــــــــون 05 إقتراحات متفاوتة في الدقة موضحة في (الجدول 7.5):

الجدول 5. 7. معيار مورفولوجية المجال العمراني (الأسطح والتوجيه) لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
FO1	Slab or bulk surface no facets (or orientation)	نماذج الكتلة الموحدة بدون أسطح وبدون إتجاهات

نماذج تعتمد على مختلف الأسطح لكن بدون إتجاهات	one infinitely long canyon without orientation	FOn
نماذج تعتمد على مختلف الأسطح مع الإعتماد على الإتجاهين الشهيرين فقط للمجالات العمرانية	One infinitely long canyons that run in two cardinal directions	FOo1
نماذج تعتمد على مختلف الأسطح مع الإعتماد التام لإتجاهات المجالات العمرانية المختلفة	One infinitely long canyons that run in Multi directions	FOo2
نماذج تعتمد على مختلف الأسطح مع الإعتماد التام لإتجاهات المجالات العمرانية مع إدراج عنصر تقاطعات الأودية العمرانية	canyons that run in Multi directions with intersection between canyons	FOi

7.2. تدفقات الطاقة الإشعاعية (الإنعكاسات):

بغرض تقييم كميات الأشعة المستقبلة والمرسلة من المجال العمراني يدخل عامل الإنعكاسات بقوة ولأجل هذا حدد له 03 إقتراحات ممكنة للأشعة قصيرة الأمواج واقتراحين للأشعة طويلة الأمواج كما هو مبين في (الجدول 8.5):

الجدول 5. 8. معيار تدفقات الطاقة الإشعاعية (الإنعكاسات) لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

الإقتراحات	**Possibilities**	**Code**
إنعكاسات موحدة وتستعمل في نماذج الكتلة الموحدة والنماذج أحادية الطبقة	single reflection model	R1
إنعكاسات متعددة وتستعمل في النماذج أحادية الطبقة ومتعددة الطبقات	multiple reflections model	Rm
إنعكاسات عير محدودة وتستعمل في كل النماذج	Infinite reflections model	Ri

8.2. تدفقات الطاقة الإشعاعية (الألبيدو والإنبعاثية):

معاملي الألبيدو والإنبعاثية الحرارية بدورهمـــــــــــــــا يقسمان النماذج إلى 03 إقتراحات ممكنة موضحة في (الجدول 9.5):

الجدول 5. 9. تدفقات الطاقة الإشعاعية (الألبيدو والإنبعاثية) لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
AE1	single value	قيمة موحدة لكل الأسطح
AE2	two facets value	إستخدام قيمتين: واحدة للسقف العمراني والأخرى للوادي العمراني
AEf	combinations of various facets value	إستخدام قيم مختلفة لكل سطح

9.2. تدفقات الطاقة المختزنة:

تعتبر الطاقة المختزنة أحد العوامل الرئيسية في تقييم مستوى الراحة الحرارية في المجالات العمرانية المفتوحة وهي تعبر أساسا على قابلية الأسطح لإختزان الطاقة الحرارية لإرجاعها للمجال العمرانـــــــــــــــي في وقت آخر وقد حدد لها الباحثون 03 إقتراحات مختلفة لتقييمها مثل ما هو موضح في (الجدول 10.5):

الجدول 5. 10. معيار تدفقات الطاقة المختزنة لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
Sr	Difference or residual of the energy balance	تحسب إستنادا إلى ما تبقى من الطاقة الكامنة والمحسوسة
Sc	Solution of the heat conduction equation	تحسب إستنادا على درجة الحرارة والخصائص الحرارية للأسطح
Sn	Function of Q*	تقيم إعتمادا على كمية الأشعة الحرارية المستقبلة من طرف الأسطح

10.2. المقاومة الحرارية:

وتتبع في إقتراحاتها مورفولوجية المجال العمراني ولهذا صنف لها الباحثون 03 إقتراحات متفاوتة في الدقة مبينة في (الجدول 11.5):

الجدول 5. 11. معيار المقاومة الحرارية لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
BL	Slab or bulk surface	قيمة موحدة لنماذج الكتلة الموحدة
SL	single-layer value	قيم متعددة لكل سطح وهي خاصة نماذج أحادية الطبقة (الجيل الثاني)
ML	multiple-layer value	قيم متعددة وعلى عدة مستويات وتخص النماذج متعددة الطبقات

11.2. درجة حرارة الأسطح:

وتتبع في إقتراحاتها مورفولوجية المجال العمراني ولهذا صنف لها الباحثون 03 إقتراحات متفاوتة في الدقة كما هو موضح في (الجدول 12.5):

الجدول 5. 12. درجة حرارة الأسطح لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
BL	Slab or bulk surface	قيمة موحدة لنماذج الكتلة الموحدة
SL	single-layer value	قيمة متعددة لكل سطح وهي خاصة نماذج أحادية الطبقة (الجيل الثاني)
ML	multiple-layer value	قيم متعددة وعلى عدة مستويات وتخص النماذج متعددة الطبقات

12.2. درجة حرارة ورطوبة هواء:

وتتبع في إقتراحاتها مورفولوجية المجال العمراني ولهذا صنف لها الباحثون 03 إقتراحات متفاوتة في الدقة موضحة في (الجدول 13.5):

الجدول 5. 13. معيار درجة حرارة ورطوبة الهواء لتصنيف نماذج تمثيل المناخ العمراني.
المصدر. الباحث بتصرف عن Grimmond et al (2010).

Code	Possibilities	الإقتراحات
FH	Forcing height temperature	قيمة واحدة على ارتفاع السقف العمراني
SL	single-layer value	قيمة واحدة على مستوى ارتفاع معين داخل الوادي العمراني
ML	multiple-layer value	قيم متعددة وعلى عدة مستويات من الوادي العمراني

3. تمثيل المجالات الخضراء في نماذج المناخ العمراني:

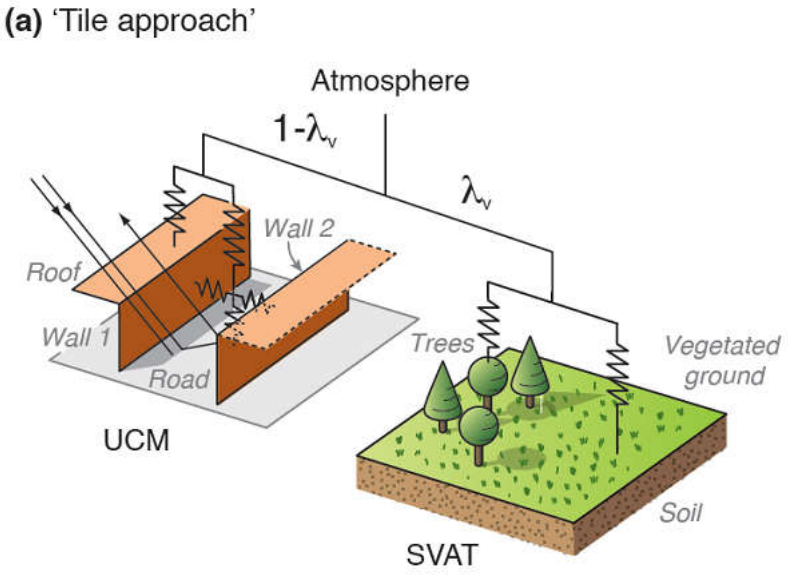
إن تمثيل آثار المجالات الخضراء على المناخ العمراني و حتى الوقت القريب كان محط دراسات جادة رغم قلتها فالبعض يتحدث عن تمثيل دور الأشجار على مستوى الشوارع و المناخ المصغر (Shashua-Bar et al, 2010)، البعض الآخر يتحدث عن تمثيل دور الحدائق على مستوى المناخ المحلي (Brown et al, 2015) في الوقت الذي تأخذ بعض الدراسات منحى آخر لدراسة مدى إمكانية تمثيل دور المجالات الخضراء على التأثير على مناخ المدينة العام (Grimmond et al, 2011).

بناءا على أبحاث كل من Katul (1998) و Krayenhoff (2014) فإن بدايات هذا الميدان كانت بنماذج من شأنها تمثيل السلوك المناخي للمجالات الخضراء معتبرة إياها مستقلة عن الفضاء العمراني؛ أين صنفها الباحثين إلى 03 أجيال متفاوتة في درجة التعقيد، الحدود و دقة النتائج. فكانت البداية مع أعمال Cionco (1965) و التي كانت تتحدث على حركة الهواء داخل المجالات الخضراء المستقلة؛ و نقلا عن Krayenhoff (2014) فإن الجيل الأول توج بتطبيق CUPID للباحث Norman, J. M. عام 1979 الذى طوره الباحث بنموذج SVAT (Soil–Vegetation–Atmosphere Transfer) (Olioso et al, 1999). هذا الأخير يعتبر ثورة في ميدان تمثيل المناخ العام و العمراني و هي نماذج طورت في السبعينيات من القرن XX و تهتم بالتمثيل الرياضي للعلاقات الفيزيائية المتبادلة بين المجالات الخضراء و الجو (Petropoulos et al, 2009). لكن هذه النماذج كانت محدودة من ناحية المجاهيل وبسيطة في بنيتها؛ ليأتي الجيل الثاني بنماذج أعطت بعض الحرية بتعاملها مع عدة طبقات من المجالات الخضراء كأعمال Deardoff, J. W.؛ وصولا إلى الجيل الأخير و

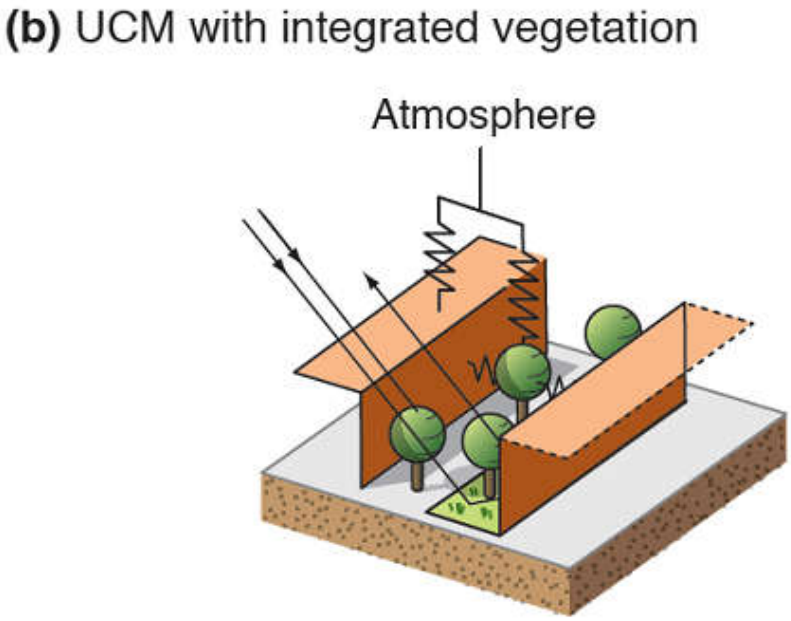
الذي كانت بداياته مع أعمال Meyers, T. P. & Paw. U. و أعطى للباحثيـــــــــــن في هذا الميدان حرية أكبر لكنها نماذج لاقت صعوبات من ناحية التكنولوجيا في بدايات ظهورها و أشهر نماذجـــــها ACASA (Advanced Canopy Atmosphere Simulation Algorithm) للباحـــــــــــــــــــث Marras et al. (2011).

لكن حسب Chen et al (2012) فإن المشكل لا يكمن في تمثيل سلوك المجال الأخضر إنما في كيفية إدماجه في نماذج UCMs؛ و ليس تمثيله مستقلا أو إستعمال تطبيقات مستقـــــــــــــلة و تكميلية « Tile Approach ». ففيزيائيا فإن التفاعلات بين المجال الأخضر والمباني تلغى فيها ولا تبقى إلا أدوارها وآثارها على المناخ العمراني لكن كل على حدى. فالعلاقات و التفاعلات المباشرة في ما بينها يجب أن تفهم بصفة أدق و أن تمثل بصورة أكبر، هذه التداخلات تعتبر أكبر بالنسبة للمجالات الخضراء كلما زاد إرتفاعه عن سطح الأرض (Krayenhoff, 2014).

حسب Lemonsu et al (2012) فإن كل النماذج القديمة أي ما قبل 2012 لم تكن قادرة على على تمثيل السلوك المناخي للمجال الأخضر في الفضاء العمراني بصفة ملموسة، فبعد الدراسة المقارنية العالمية التي قام بها Grimmond et al (2011) لمقارنة أشهر 20 نموذج موجود على الساحة العلمية فتصنف النماذج حسب درجة إدماج المجال الأخضر في عملية التمثيل إلى 03: (أ) نماذج لا تتعامل تماما مع المجال الأخضر، (ب) نماذج تتعامل مع المجال الأخضر بتقنية التطبيقات المدمجة أو المستقلـــــة، (ج) نماذج تدمج المجال الأخضر في مراحل التمثيل.



الشكل 5. 3. مخطط نموذج تمثيل المناخ العمراني مع إدماج المجال الأخضر بنظام التطبيقات المدمجة أو المستقلة.
المصدر. Krayenhoff et al (2015).



الشكل 5. 4. مخطط نموذج تمثيل المناخ العمراني مع إدماج المجال الأخضر. المصدر. Krayenhoff et al (2015).

و لحد الساعة القلة من النماذج في العالم من يتعامل تعاملا كاملا مع المجال الأخضر، و كانت البدايات الحقيقية مع نموذج Green CTTC للباحث Shashua-Bar and Hoffman (2002)، نموذج LUMPS للباحث Grimmond and Oke (2002)، و نموذج SUEB للباحث Fortuniak et al (2003) و غيرهم من النماذج التي تتبع المنهج الإحصائي. لينتقل الباحثون في هذا الميدان إلى منهج العملية الأكثر صعوبة لكن في نفس الوقت الأقرب للوصول إلى الأهداف المرجوة، و لحد كتابة هذه الأسطر لا يوجد في العالم إلا 04 نماذج تتبع هذا المنهج. فكانت الإنطلاقة بنموذج الكتلة الموحدة DA-SM2-U للباحث Dupont et al (2004) الذي يعتبر نقلة نوعية في ميدان UCMs أين تمكن الباحث من إدماج ظاهرة السحب الحراري متمكنا من توقع المناخ العمراني في الأقاليم الريفية. ليظهر بعده نموذج VUCM للباحث Lee and Park (2008) و الذي يعتبر أول عمل هام و هو نموذج أحادي الطبقة بحيث يأخذ بعين الإعتبار تأثير المجالات الخضراء على سرعة الرياح، تبادلات الطاقة و الأشعة الحرارية المختلفة. ليقوم Lemonsu et al (2012) بإنشاء تطبيق جديد TEB_Veg و هو تعديل قام به الباحث على النموذج الأصلي TEB لصاحبه Masson (2000) بإدراجه للتبادلات الإشعاعية بينهما مبينا ذلك في تمثيل بياني لمناخ الوادي العمراني، و قد برمج هذا التطبيق في إطار إدماجه في المشروع المناخي العالمي SURFEX (**SURF**ace **EX**ternalisée) . ليقدم الباحث Krayenhoff et al (2015) أحد أحدث النماذج بإدخال تعديلات على نموذج BEP لصاحبه Martilli (2002)، أين قام الباحث بتطوير نموذج

جديد و الذي يعتبر أول نموذج UCM في العالم متعدد الطبقات معتمدا على منهج العملية و الذي يتعامل مع المجالات الخضراء بشتى إرتفاعاتها و علاقاتها مع المجال العمراني؛ BEP_Tree يقوم بقياس الميزانية الطاقوية لأوراق النباتات، بالإضافة إلى تطويرين على النموذج الأصلي BEP: (أ) نموذج تقييم الأشعة الشمسية و الحرارية عبر تيجان الأشجار و الأوراق، (ب) دراسة علاقة المجال المبني و المجال الأخضر و تأثيرهما المزدوج على تدفقات الطاقة. أما أحدث نموذج حتى كتابة هذه الأسطر فهو(VTUF-3D (Vegetated Temperatures Of Urban Facets للباحث Nice (2016) و الذي يعتبر النسخة المطورة للنموذج الأصل TUF-3D أين, يعتمد هذا النموذج في تطويره على نموذج MAESPA و هي دمج النموذجين MAESTRA و SPA و اللذان يقومان بتقييم العلاقة بين الأشجار و المناخ (Nice, 2016)، هذه التقنية ظهرت خلال النموذج الأولي في السبعينيات من القرن الماضي على يد John Norman و هي تتعلق بمحاكاة الأشعة الحرارية، التركيب الضوئي و الميزانيـــــــــــة المائية للغابات (Duursma, 2017).

4. مناهج تمثيل المناخ العمراني Urban climate modeling Approaches:

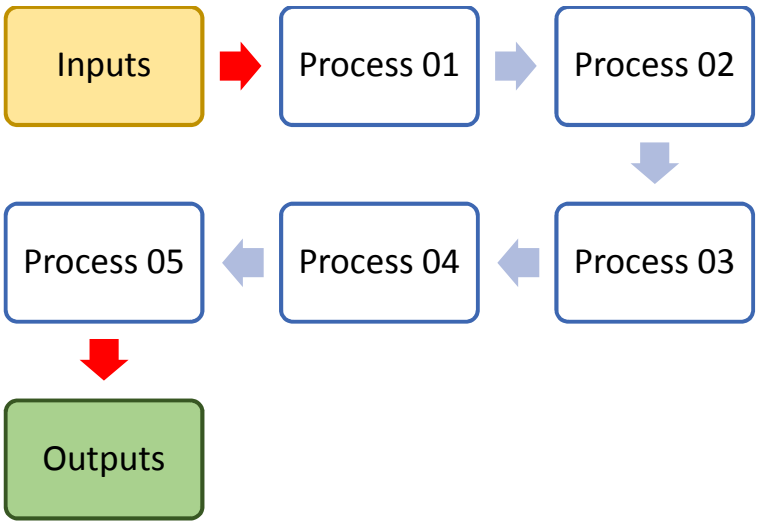
منذ ظهور هذا الميدان إتبعت العديد من المناهج العلمية أثناء عملية تطوير النماذج المتخصصة في تمثيل مختلف عناصر المناخ العام والعمراني على الخصوص كـ: (أ) المنهج التجريـــــــــــــبي، (ب) المنهج الإقتراني، (ج) المنهج التجميعي و (د) المنهج الشمولي و (ه) منهج العملية.

فكانت بدايات هذا الميدان مع المنهـــــــــج التجريـــــــــــبي في التمثيـــــــــــــل the experimental - Based modeling و الذي يعتمد على الملاحظات و القياسات الميدانية و ترجمتها إلى معادلات فيزيائية و علاقات رياضية، و لعل أكثر هذه النمـــــــــــاذج اكتمالا هو LUMPS للباحث Grimmond and Oke (2002) إنما صعوبة تطوير هذا النوع من النماذج مع محدودية نتائجه عبر التوقعات المستقبلية أجبرت المختصين بالبحث عن البديل و الذي وجد في منهج العملية في التمثيل Process - Based Modeling و الذي يعتمد على تقسيم العمل إلى عمليات متتالية و متتابعة أين نتائج الأولى تعتبر معطيات للثانية بالإضافة إلى معطيات خارجية أخرى و هكذا دواليك ، و يعتبر هذا المنهج هو الأكثر شيوعا في هذا الميدان حاليا و يعتبر BEP للباحث Martilli (2002) أحد أشهر هذه النماذج؛ لكن إعتماد النماذج على منهج العملية إعتبر نقطة ضعف من حيث حدود إمكانياتها في تمثيل المناخ العام للمدينة لكن تخصصه في المناخ المصغر يعتبر نقطة القوة الكبرى، بعدها لهذا لجأ الباحثون إلى منهج جديد بحثا عن كسب المزيد من الإيجابيات فظهر المنهج الإقتراني Coupled – Based Modeling و الذي يجمع بين التخصص و التعدد في نفس الوقت. فأصبح في الإمكان تمثيل المناخ على كل مستوياته من العمراني و حتى الطبقات الجوية السفلى و من أشهـــــــــــــر عمليات الإقتران نجـــــــــــــد مشروع :

TEB_ISBA (Town Energy Balance _ **Interaction Sol-Biosphere-Atmosphere)** الذي أتاح إمكانية تمثيل كميـــــــــات التبخر نتح ما فوق المجال العمرانـــي (Aschwanden and Oke, 2003)، BEP_TAPOM و الذي أعد لدراسة تأثير المجـــــال المبني على نسيم البحر في المدن الساحلية (Masson, 2006)، و مشـــــــــــــــــــــــــــــــروع TEB_MesoNH (Town Energy Balance _ Mesoscale Non-Hydrostatic Atmospheric Model) و الذي يقوم بدراسة أثار الطاقة في المجال العمراني على التلوث الجوي (Masson, 2006).

لتظهر منذ 05 سنوات فقط نماذج جديدة من شأنها التلاعب وتمثيل المناخ على كل مستوياته معتمدة على منهجين هما التجميعي والشمولي. فأما المنهج التجميعي فيعتمد على تجميع عدة نماذج متخصصة في قاعدة تمثيلية كبرى و أحد أشهر هذه القواعد هي SURFEX (CNRM, 2011)، و هو مشروع قامت به Méteo France مع كبار الباحثين لدمج أشهر النماذج المتوفرة في قاعدة واحدة فكانت النتيجة قاعدة SURFEX و التي جمعـــــــــــت أزيد من 10 نماذج منـــــــــها : ISBA، TEB، TEB_Veg، Flake (**Freshwater Lake**) و غيرهـــــــــــــــا. في الوقت الذي أخذ فيه المنهج الشمولـــــــــــــــي the Holistic Approach Modeling إتجاها آخر لكن بنفس الأهداف و جاء بصيغة دمج النماذج و التطبيقات في نموذج به عدة عمليات و يعتبر نموذج ENVI_met (**Envi**ronmental **Met**eorology) في نسخته الرابعة أحد أشهر هذه النماذج (Bruse, 2015). و يمكن القول أن لهذا المنهج مستقبل لكن ليس في القريب العاجل و ذلك لحدود التكنولوجيا المتوفرة حاليا مع الكميات الرهيبة من العمليات المدمجة مما يزيد من وقت التنفيذ و في بعض الأحيان نصل إلى إستحالة التنفيذ، و لهذا فنماذج المنهج الشمولي تضطر أحيانا للتخلي عن بعض العناصر و المعطيات لتسهيل العمليات الحسابية مما يضعف دقة النتائج في العديد من الحالات و نقلا عن Nice (2016) فإن المئات من الباحثين تفاجئوا بنتائج غير مرضية لنموذج ENVI_met و على السبيل الذكر لا الحصـــــــــــر فإن Ali-Toudert and Mayer (2006) وجدت أن كميات تدفقات الطاقة الإشعاعية كبيرة جدا مقارنة بالواقع، Krüger et al (2011) إكتشف إرتيـــــــــــــابا يقارب 2 م/ثا عند تقييم سرعة الرياح، Nice and Isaac (2012) صادف إرتيابا حراري وصل إلى 6 °C و هو رقم كبير جدا مقارنة بالنماذج الأخـــــــــــــرى و الباحـــــــــــث Acero and Herranz-Pascual (2015) وجد بدوره إختلافا كبيرا في متوسط الحرارة الإشعاعية بينه و بين الواقع؛ لكن بالرغم من كل هـــــــــــــذا فيبقى نموذج ENVI_met أحد أهم النماذج المتوفرة في الساحة العلمية.

ولحد كتابة هذه الأسطر فإن منهج العملية في إنشاء نماذج تمثيل المناخ العمراني هو الرائد في هذا الميدان وذلك حتى المستقبل القريب بمنحه دقة لا متناهية في النتائج بتخصصه في ميدان محدد في نفس الوقت الذي يمنح فيه إمكانية الإقتران أو التجميع مع نماذج أخرى.



الشكل 5. 5. مخطط توضحي لمنهج العملية. المصدر. الباحث إقتباسا عن Sigma (2014).

5. تمثيل المناخ العمراني والمجالات الخضراء في الأقاليم الجافة والصحاري:

في الوقت الذي توجد فيه العديد من الأعمال التي تتحدث عن المناخ العمراني في مختلف المناطق المناخية في العالم (Alcoforado and Matzarakis, 2010)، فإنه توجد الآلاف من الدراسات المتخصصة في المناخ العمراني بإقليم مناخي محدد و المئات منها فقط مختص بدراسته في الأقاليم الجافة و الصحاري كأعمال (Meir, 1992)، (PEARLMUTTER, 1998)، (Chalfoun, 2003). و من الأعمال أيضا من يتناول أدوار وآثـــــــــــــــــار المجالات الخضراء في الفضاءات العمرانية بالأقاليم الجافة كأعمال US_EPA (2009).

لكن بالرغم من هذا فإن الدراسات المتخصصة باستعمال نماذج التمثيل المناخي بالأقاليم الجافة تبقى محتشمة مقارنة بالأقاليم الأخرى بالرغم من وجود المئات منها (Ali-Toudert and Mayer, 2006)، (ERELL et al, 2006)، (Snir et al, 2013)، (Elnabawi et al, 2015)، في الوقت الذي تندر فيه نماذج متخصصة بالمناخ العمراني بالأقاليم الجافة و الصحاري و تمثيل أدوار و آثار المجالات الخضراء عليها على الخصوص، فكل النماذج المتوفرة حاليا هي نماذج عامة لتمثيل المناخ العام و تمثيل المجالات الخضراء بصفة عامة أو بالأقاليم المعتدلة و الباردة بصفة خاصة، أما نحن هنا بصدد الحديث عن تطوير نموذج متخصص يأخذ بعين الإعتبار خصائص الصحاري الحارة المناخية منها و النباتية للوصول إلى أدق النتائج من أجل تقييم آثار المجالات الخضراء على الراحة الحرارية للمستعمل.

خاتمة:

إن نماذج تمثيل المناخ العمراني UCMs تعتبر أحدث ما توصل إليه العلم في ميدان دراسة المناخ العمراني فهي تمكننا من تقليص الوقت والجهد المبذولين وتقدم لنا توقعات مستقبلية للمعطيات المناخية المتعددة على مستوى الفضاءات العمرانية المفتوحة قصد تحديد المشكلات وإيجاد الحلول لها، في الوقت الذي كان فيه علم المناخ العمراني يعتمد أساسا على التجارب والقياسات الميدانية التي تعتبر مكلفة من جهة وتأخذ أوقاتا كبيرة من جهة أخرى.

وبعد المراحل التي مر بها هذا الميدان من نماذج BRM مرورا بنماذج BAM ووصلا إلى نماذج UCM (Urban Climate Modeling) توصل الباحثون إلى تطوير جملة من المعايير المختلفة والتي من شأنها تصنيف أي نموذج متوفر على الساحة العلمية أو تطوير نماذج مستقبلية، وتتحدث هذه المعايير عن جملة من العناصر كتدفقات الطاقة المختلفة وتوزيعها المجالي والزمني من الطاقة المختزنة، المحسوسة، الكامنة والأنثروبية مرورا بالتطـــــــــــــــــــرق إلى مورفولوجيا المجال العمراني كأسطحه، توجيهاته وخصائصها الحرارية.

كما يلخص هذا الفصل مختلف المناهج العلمية لتطوير النماذج الرياضية الخاصة بتمثيل المناخ العمراني بين المنهج التجريبي، الإقتراني، التجميعي، الشمولي ومنهج العملية والذي سنعتمد عليه في تطوير نموذجنا الرياضي SPUCAL في الفصل السادس.

الفصل السادس

تطوير النموذج الرياضي SPUCAL

"الحاجة أم الإختراع"

-- أفلاطون --

تمهيد:

تعتبر قاعدة SPUCAL قاعدة تمثيل ومحاكاة رقمية للمناخ العمراني في الأقاليم الجافة وهي تعني Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands قاعدة تمثيل المناخ العمراني بالأقاليم الجافة، وقد إنطلقنا في برمجتها عام 2013 أين وضعنا أسسها المبدئية. و تعتبر قاعدة SPUCAL تجميع لعدد من النماذج و التطبيقات المناخية و التي من شأنها تمثيل و تقييم مختلف عناصر المناخ العمراني، فكانت الإنطلاقة الحقيقية بحاسب مفعول الواحة Oases Effect Calculator (أحريز, 2003) و الذي طور عام 2015 إلى النسخة الجديدة $SPUCAL\_{OEC}$ و ذلك بغرض إدماجه في القاعدة و هو برنامج طور لتقييم مدى تأثير غابات النخيل على مستوى مناخ المدينة العام (Ahriz, 2009). ثم تلاه تطبيق $SPUCAL\_{MRT}$ و هو حاسب لمتوسط الحرارة الإشعاعية في الوادي العمراني (Ahriz et al, 2015) ليفتح المجال للعديد من التطبيقات الأخرى كحاسب الميزانية الطاقوية $SPUCAL\_{UEB}$، حاسب سرعة الرياح $SPUCAL\_{WV}$، محاكي الراحة الحرارية الخارجية $SPUCAL\_{OTC}$، وغيرها ممن سيتم إدماجه مع كل تطوير لهذه القاعدة.

في هذه الأطروحة نحن بصدد تطوير نموذج عام للتطبيقات التي تخص الوادي العمراني و تمثيل تبادلات الطاقة فيه بهدف الوصول إلى الراحة الحرارية الخارجية تحت تأثير المجالات الخضراء، فجاءت البنية الأساسية للقاعدة مقسمة حسب تبادلات الطاقة في الوادي العمراني و التي صنفـــــــــــــــــــها كل من Harman (2003) و Krayenhoff (2014) إلى قسمين هامين: (أ) تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع Radiative Exchanges، (ب) تبادلات الطاقة المضطربة Turbulent Exchanges.

وإحتراما لمعايير تصميم نماذج UCM قمنا بإختيار المعايير الإثني عشر والمبينـــــــــــــة في (الجدول 1.6) حسب المناخ، المنطقة المدروسة، الأهداف المرجوة والإمكانيات المتاحة.

الجدول 6. 1. المستويات المختارة لتطوير نموذج SPUCAL. المصدر. الباحث.

	المعيار	المستوى
01	تدفقات الطاقة	يتم إدراج جميع أشكال الطاقة
02	المجال الأخضر وتدفقات الطاقة الكامنة	المجالات الخضراء مدمجة
03	تدفقات الطاقة الأنثروبية	لها قيمة ثابتة حسب كثافة المجال العمراني
04	التوزيع الزمني لتدفقات الطاقة الأنثروبية	متغيرة حسب الليل والنهار وحسب الفصول

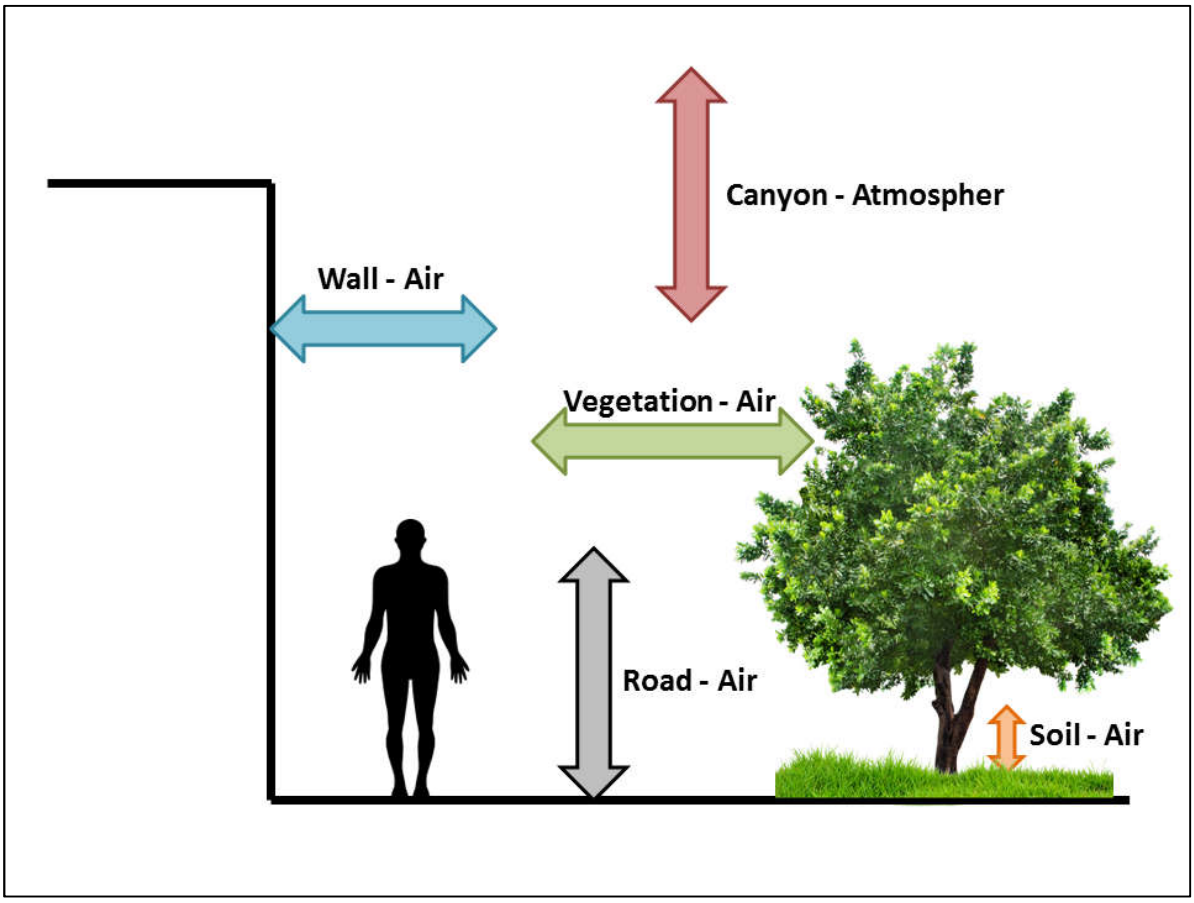
05	مورفولوجية المجال العمراني	نماذج أحادية الطبقة (الجيل الثاني) أين يتم تقسيم المجال العمراني إلى 04 أسطح: سقف، أرضية وجدارين.
06	مورفولوجية المجال العمراني (الأسطح والتوجيه)	نماذج تعتمد على مختلف الأسطح مع الإعتماد التام لإتجاهات المجالات العمرانية المختلفة
07	تدفقات الطاقة الإشعاعية (الإنعكاسات)	إنعكاسات موحدة وتستعمل في نماذج الكتلة الموحدة والنماذج أحادية الطبقة
08	تدفقات الطاقة الإشعاعية (الألبيدو والإنبعاثية)	إستخدام قيم مختلفة لكل سطح
09	تدفقات الطاقة المختزنة	تقيم إعتمادا على كمية الأشعة الحرارية المستقبلة من طرف الأسطح
10	المقاومة الحرارية	قيمة متعددة لكل سطح وهي خاصة بنماذج أحادية الطبقة (الجيل الثاني)
11	درجة حرارة الأسطح	قيمة متعددة لكل سطح وهي خاصة بنماذج أحادية الطبقة (الجيل الثاني)
12	درجة حرارة ورطوبة هواء	قيمة واحدة على مستوى ارتفاع معين داخل الوادي العمراني
SPUCAL Classification Code	A, Vi, ANp, Tv, SLm2, FOo2, R1, AEf, Sn, SL, SL, SL	

1. هندسة الوادي العمراني Geometry of the urban canyon:

مع درجة التعقيد العالية للمجالات العمرانية من مباني، طرقات، مجالات خضراء، مواد بناء و غيرها، يلجأ الباحثون في ميدان المناخ العمراني إلى تبسيط البنية الهندسية للوادي العمراني (Lee and Park, 2008) كما هو الشأن في النموذج SPUCAL_UC. فأخذنا نموذج الوادي العمراني (Oke, 1987) كنواة أساسية و من ثم تطويره ليأخذ بعين الإعتبار المجالات الخضراء و آثارها العامة على المناخ العمراني فكانت البنية الهندسية للوادي في النموذج المذكور مقسمة إلى ثلاث مكونات: الوادي العمراني، الهواء العمراني و السقف العمراني.

فأما الوادي العمراني فهو مكون من ثلاث مركبات: (أ) الأرضية وهي الطريق بكل مكوناتهـــا، (ب) الجدران الجانبية وهي المباني، (ج) العناصر والمكونات الطبيعية كالمجالات الخضراء والتربة. وأما الهواء العمراني فنقصد به حجم الهواء المحصور بين الجدران وحجمه يتعلق بأبعاد الوادي العمراني؛ ليتبقى السقف العمراني وهو سقف المباني والطبقة الجوية المحصورة بين نهاية الوادي العمراني وحتى بداية الطبقة الجوية الأولى.

و بناءا على هذه المكونات فإن إحتمالات تبادلات الطاقة الحرارية و الرطوبة في الوادي العمراني محدودة و هو هدف كل النماذج الرياضية في هذا الميدان (Lee and Park, 2008)، و حسب ما هو مبين في (الشكل 1.6) فإن إحتمالات التبادلات تكون بين: (أ) الطريق و الهواء العمراني، (ب) الجدران و الهواء العمراني، (ج) المجالات الخضراء و الوادي العمراني، (د) التربة و الهواء العمراني، (ه) الهواء العمراني و الطبقة المرجعية.

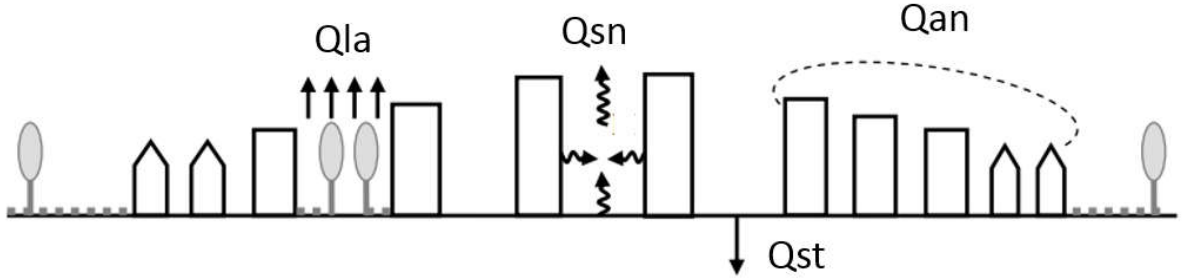


الشكل 6. 1. تبادلات الطاقة المحتملة داخل الوادي العمراني في نموذج SPUCAL. المصدر. الباحث.

2. الميزانية الطاقوية للمجال العمراني:

الميزانية الطاقوية للمجال العمراني هي عملية فيزيائية يتم فيها تقييم التبادلات الطاقوية الهامة بين المجال العمراني و الطبقة الجوية الحدية the boundary layer (Harman, 2003). و لقد كانت الطاقة داخل المجال العمراني محل دراسات عديدة (Grimmond and Oke, 2002)، (Tareb, 2002)، (Ringenbach, 2004) و (NAJJAR et al, 2010)، فتعدد أشكال الطاقة و مصادرها جعل منها موضوع إهتمام علمي كبير و هي تقسم إلى خمسة أشكال: الطاقة الإشعاعية، الأنثروبية، المختزنة، الكامنة و المحسوسة، كلها تخضع إلى القانون العام للميزانية الطاقوية (Ringenbach, 2004) و (NAJJAR et al, 2010):

$$QR^* + Q_{An} = Q_{Sn} + Q_{La} + Q_{St} \quad \text{..... 6. 1}$$



الشكل 6. 2. الميزانية الطاقوية في المجال العمراني. المصدر. الباحث بتصرف عن (2004) Ringenbach.

3. تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع Radiative Exchanges:

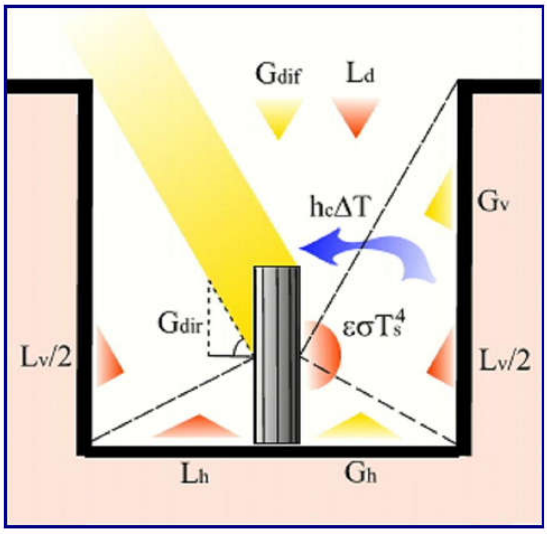
إن تقييم تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع في المجالات العمرانية معقد نوعا ما، وتعود هذه الصعوبة إلى ثلاث أسباب: (أ) عدم إنسجام حجم المباني، الإتجاهات و مواد البناء، (ب) البنية الهندسية للمجال، (ج) تعدد الأشعة المنعكسة و هي التي تعطي الفارق الكبير للتبادل الطاقوي عن طريق الإشعاع بين المجال العمراني و المجالات المفتوحة (Harman, 2003).

و يعتبر الوادي العمراني هو النموذج الأمثل لمثل هذه الدراسات (Oke, 1987) لكن في نفس الوقت تبقى عملية تقييم كمية الإشعاعات تختلف من وضعية إلى أخرى في نفس الوادي و لقد كان هذا الأمر محط دراسات جادة من أمثال (Masson, 2000)، (Masson, 2006)، (Merino et al, 2010)، (IES, 2015) و (Honsberg and Bowden, 2016) و بتطبيق منهج الوادي العمراني مع إعتبار الهدف هو تقييم خصائص الهواء العمراني بغية الوصول إلى تقييم و تحقيق الراحة الحرارية الخارجية إعتمدنا على تصنيف PEARLMUTTER (1998) و Kántor and Unger (2011) و اللذان يقسمان

فيه مصادر الأشعة الحرارية في الوادي العمراني إلى مصدرين إما أشعـــة شمسية أو أشعة أرضية، إنما علميا فنصنفـــــــــها حسب طول الأمواج فتقسم إلى نوعين: الأشعة قصيرة الأمواج و الأشعة طويلة الأمواج (Ahriz et al, 2015):

- ✓ **الأشعة قصيرة الأمواج:** ويطلق عليها أيضا بالأشعة الشمسية وتنقسم بدورها إلى ثلاث أصناف من الأشعة: (أ) الأشعة الشمسية المباشرة، (ب) الأشعة الشمسية المشتتة، (ج) الأشعة الشمسية المنعكسة.
- ✓ **الأشعة طويلة الأمواج:** ويطلق عليها أيضا بالأشعة الأرضيـــــــــــة وبها صنفان من الأشعـــة: (أ) الأشعة الجوية وهي المنبعثـــــــــة مباشرة من الغلاف الجوي، (ب) الأشعة الأرضية وهي المنبعثة من المحيط المجاور.

و تأثير كل هاته الأشعة على المجال العمراني يتعلق تعلقا كبيرا بالموقع، الشهر، اليوم و الساعة، ففي الليل مثلا فإن الأشعة قصيـــــــــــــرة الأمواج تلغى تماما لكن يبقى دورها كبيرا جدا في الأوقات المشمسة (Ahriz et al, 2015).



الشكل 6. 3. تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع في الوادي العمراني. المصدر.(1998) PEARLMUTTER.

1.3. نموذج تقييم الأشعة الحرارية في الوادي العمراني:

تعتبر الأشعة الحرارية أو تبادلات الطاقة عن طريق الإشعاع من أهم تدفقات الطاقة في الوادي العمراني لكونها المصدر الرئيسي للحرارة داخله وهي تنقسم إلى شقين هامين: أشعة شمسية و أشعة أرضية (Ahriz et al, 2015)، و حسب Offerle et al (2003) فإن الميزانية الإشعاعية الصافية على مستوى سطح معين من الوادي العمراني تعتبر صافي مجموع الأشعة الشمسية و الأرضية على مستوى السطح و تقيم حسب المعادلة التالية:

$$QR^* = SR^* + LR^* \quad \text{..... 6. 2}$$

2.3. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المباشرة Direct Short-wave Radiations:

إنطلاقا من مطابقة المعادلات الشهيرة لتقييم الأشعة الشمسية المباشرة الخام ، الأولى للباحث Meinel and Meinel (1976) و ذلك نقلا عن Honsberg and Bowden (2016) و التي تعتمد على كتلة الهواء m :

$$SR_{dir\_b} = 1{,}353 \cdot 0{,}7^{m^{0{,}678}} \quad \text{..... 6. 3}$$

المعادلة الثانية تم فيها إضافة إرتفاع المكان عن سطح البحر $h_{loc}\,(km)$ كمتغير جديد بناءا على أبحاث Laue (1970) و ذلك نقلا عن Honsberg and Bowden (2016):

$$SR_{dir\_b} = 1{,}353 \cdot \{(1 - 0{,}14 \cdot h_{loc}) \cdot 0{,}7^{m^{0{,}678}} + 0{,}14 \cdot h_{loc}\} \quad \text{..... 6. 4}$$

المعادلة الثالثة تمت إضافة الناقلية الجوية للأشعة الشمسية τ و ذلك حسب Campbell and Norman (2012) نقلا عن Merino et al (2010) أين أصبحت المعادلة كالتالي:

$$SR_{dir\_b} = 1{,}353 \cdot \tau^{m} \quad \text{..... 6. 5}$$

في الأخير قمنا بتطوير المعادلة التالية:

$$SR_{dir\_b} = 1{,}353 \cdot \{(1 - 0{,}14 \cdot h_{loc}) \cdot \tau^{m} + 0{,}14 \cdot h_{loc}\} \quad kW/m^2 \quad \text{..... 6. 6}$$

أين h_{loc} ارتفاع الموقع عن سطح البحر *(km)*

و بسبب مفعول الظلال و الإتجاهات المختلفة للوادي العمراني فإنه يتوجب علينا القيام بحسابات خاصة لتقييم مختلف أنواع الأشعة الشمسية قصيرة الأمواج المستقبلة من طرف الأسطح المختلفة؛ و لأجل هذا هناك حالتان عامتان: الأولى أن يكون الوادي العمراني عمودي على منحى الأشعة و بهذا تقيم الكمية حسب Masson (2000):

$$SR_{dir\_w} = \begin{cases} \frac{1}{2} \cdot \frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot SR_{dir\_b} & if\ \gamma > \gamma_0 \\ \frac{1}{2} \cdot \tan(\gamma) \cdot SR_{dir\_b} & if\ \gamma < \gamma_0 \end{cases} \quad \text{..... 6. 7}$$

$$SR_{dir\_r} = \begin{cases} 0 & if\ \gamma > \gamma_0 \\ \left(1 - \frac{h_{can}}{w_{can}} \cdot \tan(\gamma)\right) \cdot SR_{dir\_b} & if\ \gamma < \gamma_0 \end{cases} \quad \text{..... 6. 8}$$

الحالة الثانية و هي الشائعة و هي أن يكون الوادي العمراني غير عمودي على منحى الأشعة، هنا نلجأ إلى بعض التصحيحات على المعادلات (7.6 و 8.6) باللجوء إلى ما نسميه بالزاوية الحرجة θ_0 أين تقيم حسب Masson (2006) بالمعادلة التالية :

$$\theta_0 = \sin^{-1}\left(min\left[\frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot \frac{1}{\tan(\gamma)}\ ; 1\right]\right) \quad \text{..... 6. 9}$$

أين تصبح المعادلة العامة لتقييم الأشعة المباشرة حسب Masson (2000) كما يلي:

$$SR_{dir\_w} = SR_{dir\_b} \cdot \left[\frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_0}{\pi}\right) + \frac{1}{\pi} \cdot \tan(\gamma) \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right] \quad \text{..... 6. 10}$$

$$SR_{dir\_r} = SR_{dir\_b} \cdot \left[\frac{2 \cdot \theta_0}{\pi} - \frac{2}{\pi} \cdot \frac{h_{can}}{w_{can}} \cdot \tan(\gamma) \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right] \quad \text{..... 6. 11}$$

وإستنادا على المعادلات (10.6 و11.6) قمنا بتطوير معادلة عامة لتقييم كمية الإشعاع الشمسي المباشر المستقبل من كل سطح في الوادي العمراني كما يلي:

$$SR_{dir\_w} = \begin{cases} SR_{dir\_b} \cdot \left[\frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_0}{\pi}\right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right] & if\ \gamma > \gamma_0 \\ SR_{dir\_b} \cdot \left[\frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_0}{\pi}\right) + \frac{1}{2} \cdot \tan(\gamma) \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right] & if\ \gamma < \gamma_0 \end{cases} \quad \text{.....}$$

6. 12

$$SR_{dir\_r} = \begin{cases} 0 & if\ \gamma > \gamma_0 \\ \left(\frac{2 \cdot \theta_0}{\pi} - \frac{h_{can}}{w_{can}} \cdot \sin(\theta_0) \cdot \tan(\gamma) \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right) \cdot SR_{dir\_b} & if\ \gamma < \gamma_0 \end{cases} \quad \text{.... 6.}$$

13

أين:

$$\lambda_0 = arctan\left(\frac{w_{can}}{h_{can}}\right) \quad \text{..... 6. 14}$$

- كتلة الهواء m فتقيم حسب Merino et al (2010) بالمعادلة التالية:

$$m = \frac{1}{\cos\lambda} \quad \text{..... 6. 15}$$

أما Kasten and Young (1989) نقلا عن Honsberg and Bowden (2016) فقاما بتقييمها بمعادلة أدق نوعا ما بإدخال معاملات تصحيح جوية :

$$m = \frac{1}{\cos\lambda + 0{,}50572(96{,}07995 - \lambda)^{-1{,}6364}} \quad \text{..... 6. 16}$$

طريقة أخرى و ذلك بإدراج ارتفاع المنطقة عن سطح البحر $Elev$ طورها Fu and Rich (2000) في نموذج The Solar Analyst 1.0:

$$m = \frac{exp(-0{,}000118 \cdot Elev - 1{,}638 \cdot 10^{-9} \cdot Elev^2)}{\cos\lambda} \quad \text{..... 6. 17}$$

في الوقت الذي تقيم فيه الناقليـــــــــــة الجوية للأشعة الشمسية τ حسب الرطوبة النسبية للهواء حسب (الجدول 2.6).

الجدول 6. 2. الناقلية الجوية للأشعة الشمسية τ. المصدر. Riza et al (2011).

RH	τ
RH≤40	0.69
40<RH≤45	0.67
45<RH≤55	0.57
55<RH≤65	0.47
65<RH≤75	0.41
75<RH≤80	0.3
RH>80	0.2

إلا أن Spokas and Forcella (2006) و ذلك نقلا عن Riza et al (2011) تحدث عن أن قيمة τ تتغير عند فارق حراري يومي ΔT<10°C و ذلك حسب المعادلة التالية:

$$\acute{t} = \frac{\tau}{11-\Delta T} \quad \text{..... 6. 18}$$

3.3. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المشتتة Diffused Short-wave Radiations:

نموذج SPUCAL يعتمد على المعادلة الشهيرة لتقييم الأشعة الشمسية المشتتة الخام و ذلك نقلا عن Merino et al (2010)، و التي تعتمد على كتلة الهواء m و الناقلية الجوية للأشعة الشمسية τ :

$$SR_{dif} = S_{con} \cdot 0{,}3(1-\tau^m) \quad \text{..... 6. 19}$$

أين S_{con} : 1365 w/m2 (Li et al, 2011).

ليتم تقييم الأشعة الشمسية المشتتة الصافية حسب هندسة الوادي العمراني بتطبيق معادلة تصحيحية بإدخال معامل رؤية السماء كمتغير جديد و ذلك نقلا عن Merino et al (2010) بالمعادلة التالية:

$$SR_{dif\_urb} = SR_{dif} \cdot SVF \quad \text{..... 6. 20}$$

و بما أن معامل رؤية السماء يختلف حسب زاوية ميلان السطح و التركيبة الهندسية للوادي العمراني فإن كل من SVF_w و SVF_r يقيم حسب المعادلات التالية (Masson, 2000) :

$$SVF_r = \sqrt{1 + \left({h_{can}}/{w_{can}}\right)^2} - \left({h_{can}}/{w_{can}}\right) \quad \text{..... 6. 21}$$

$$SVF_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left({}^{h_{can}}/_{w_{can}}\right)+1-\sqrt{1+\left({}^{h_{can}}/_{w_{can}}\right)^2}}{{}^{h_{can}}/_{w_{can}}} \quad \text{..... 6. 22}$$

وبناءا على هذا فإن مجموع الأشعة قصيرة الأمواج المشتتة على مستوى كل سطح تقيم كما يلي:

$$SR_{dif\_w} = SR_{dif} \cdot SVF_w \quad \text{..... 6. 23}$$

$$SR_{dif\_r} = SR_{dif} \cdot SVF_r \quad \text{..... 6. 24}$$

4.3. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المنعكسة Reflected Short-wave Radiations:

حسب Merino et al (2010) فإن كمية الإشعاع المنعكسة العامة تقيم حسب معامل الإنعكاسية α بالمعادلة التالية :

$$SR_{ref} = SR_{dir} \cdot \alpha \quad \text{..... 6. 25}$$

إلا أن Masson (2000) يتحدث عن أن الأشعة قصيرة الأمواج المنعكسة من أسطح الوادي العمراني أن جزء منها يعود إلى الغلاف الجوي و الجزء الآخر يعود ليمتص من طرف نفس الأسطح، و يتم تقييم هذا الكم من الأشعة بإعتبارها موحدة في الإتجاهـــــــــات Isotropic reflections حسب المعادلات التالية:

$$SR^*_{ref\_r} = \frac{SR_{ref\_r}+\{(1-SVF_r)\cdot\alpha_r\cdot[SR_{ref\_w}+SVF_w\cdot\alpha_w\cdot SR_{ref\_r}]\}}{1-[(1-2\cdot SVF_w)\cdot\alpha_w]+[(1-SVF_r)\cdot SVF_w\cdot\alpha_r\cdot\alpha_w]} \quad \text{..... 6. 26}$$

$$SR^*_{ref\_w} = \frac{SR_{ref\_w}+SVF_w\cdot\alpha_w\cdot SR_{ref\_r}}{1-[(1-2\cdot SVF_w)\cdot\alpha_w]+[(1-SVF_r)\cdot SVF_w\cdot\alpha_r\cdot\alpha_w]} \quad \text{..... 6. 27}$$

أين:

$$SR_{ref\_r} = \alpha_r \cdot \left(SR_{dir\_r} + SR_{dif\_r}\right) \quad \text{..... 6. 28}$$

$$SR_{ref\_w} = \alpha_w \cdot \left(SR_{dir\_w} + SR_{dif\_w}\right) \quad \text{..... 6. 29}$$

5.3. تقييم مجمل الأشعة قصيرة الأمواج الممتصة Absorbed Short-wave Radiations:

ليتم في النهاية تقييم مجمل الأشعة الشمسية قصيرة الأمواج الممتصة من طرف الأسطح المختلفة حسب Masson (2000) كما يلي:

$$\mathrm{SR}^*_r = (1-\alpha_r)\cdot SR_{dir\_r} + (1-\alpha_r)\cdot SR_{dif\_r} + (1-\alpha_r)\cdot(1-SVF_r)\cdot SR^*_{ref\_w} \quad \text{.... 6. 30}$$

$$\mathrm{SR}^*_w = (1-\alpha_w)\cdot SR_{dir\_w} + (1-\alpha_w)\cdot SR_{dif\_w} + (1-\alpha_w)\cdot(1-2\cdot SVF_w)\cdot SR^*_{ref\_w} + (1-\alpha_w)\cdot SVF_w\cdot SR^*_{ref\_r} \quad \text{..... 6. 31}$$

6.3. تقييم الأشعة طويلة الأمواج Long-wave Radiations:

في عملية تقييم كمية الأشعة الشمسية طويلة الأمواج يجب تقييم كمية الأشعة طويلة الأمواج الجوية الخام و الساقطة على سطح أفقي و ذلك حسب المعادلة التالية (IES, 2015) :

$$LR \downarrow = \sigma \cdot (Ta + 273.15)^4 \cdot \{0{,}904 - ((0{,}304 - 0{,}061 \cdot \sqrt{vp}) \cdot (1 - Cc)) - (0{,}005 \cdot \sqrt{vp})\} \quad \text{.... 6. 32}$$

أين:

$$\sigma = 5.67 * 10^{-8} \quad \text{..... 6. 33}$$

أما معامل السحب Cc فيقيم حسب الخوارزمية التالية و ذلك حسب Denneman (2007):

$$Cc = 1.1 \; if \; T_{max} \geq 30°C \quad \text{..... 6. 34}$$

$$Cc = 1.0 \; if \; T_{max} < 30°C \quad \text{..... 6. 35}$$

و تختلف عملية تقييم الأشعة طويلة الأمواج الجوية حسب درجة ميلان السطح و بإعتبار أن كل الأسطح المستقبلة للأشعة الحرارية في الفضاء العمراني تكون أفقية أو عمودية و إعتمادا على كمية الأشعة طويلة الأمواج الخام الساقطة مع الأخذ بعين الإعتبار كمية الأشعة طويلة الأمواج المنبعثة من الجدران و الأرضية نستطيع تقييم كمية الأشعة طويلة الأمواج الصافية على مستوى كل سطح من الوادي العمراني كما يلي (Masson, 2000):

$$LR_r^* = \{E_r \cdot SVF_r \cdot LR \downarrow\} - \{E_r \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4\} + \{E_r \cdot E_w \cdot (1 - SVF_r) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_r \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - SVF_r) \cdot SVF_w \cdot LR \downarrow\} + \{E_r \cdot E_w \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - SVF_r) \cdot (1 - 2 \cdot SVF_w) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_r \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - SVF_r) \cdot SVF_w \cdot (E_r \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4)\} \quad \text{..... 6. 36}$$

$$LR_w^* = \{E_w \cdot SVF_w \cdot LR \downarrow\} - \{E_w \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w \cdot SVF_w \cdot (E_r \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4)\} + \{E_w^2 \cdot (1 - 2 \cdot SVF_w) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w \cdot (1 - E_r) \cdot SVF_r \cdot SVF_w \cdot LR \downarrow\} + \{E_w \cdot (1 - E_w) \cdot SVF_w \cdot (1 - 2 \cdot SVF_w) \cdot LR \downarrow\} + \{E_w^2 \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - 2 \cdot SVF_w)^2 \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w^2 \cdot (1 - E_r) \cdot SVF_w \cdot (1 - SVF_r) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w \cdot (1 - E_w) \cdot SVF_w \cdot (1 - 2 \cdot SVF_w) \cdot (E_r \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4)\} \quad \text{..... 6. 37}$$

4. التبادلات الطاقوية المضطربة Turbulent Energy Exchanges:

تعتبر التبادلات الطاقوية المضطربة أحد التبادلات الهامة في المجالات العمرانية المفتوحة خاصة بوجود المسطحات المائية والمجالات الخضراء وهي 04 أشكال: الطاقة المختزنة، الطاقة الأنثروبية، الطاقة الكامنة والطاقة المحسوسة.

1.4. تدفقات الطاقة المختزنة Heat storage:

بناءا على Grimmond and Oke (1999) فإن كميات الطاقة المختزنة في الوادي العمراني تقيم بدقة كبيرة إن إعتمد فيها على تدفقات الطاقة الإشعاعية على مستوى الأسطح حسب المعادلة التالية:

$$Q_{st} = a_1 \cdot QR^* + a_2 \cdot \frac{\xi QR^*}{\xi t} + a_3 \quad \text{..... 6. 38}$$

$$\frac{\xi QR^*}{\xi t} = 0.5 \cdot [QR^*_{t+1} - QR^*_{t-1}] \quad \text{..... 6. 39}$$

أين المعاملات a_1، a_2 و a_3 تأخذ من (الجدول 3.6):

الجدول 6. 3. معاملات تقييم الطاقة المختزنة. المصدر. Grimmond and Oke (1999).

Canyon Orientation	a_1	a_2	a_3
N-S Canyon	0.32	0.01	-27.7
E-W Canyon	0.71	0.04	-39.7

أما إذا كانت زاوية دوران الوادي العمراني X لا تخضع إلى الزوايا الأربع الشهيرة فنعتمد على الخوارزمية التالية:

If $X >= 0$ *And* $X < 90$ *Then*

$$a1 = 0.0043 * X + 0.32 \quad \text{..... 6. 40}$$

$$a2 = 0.0003 * X + 0.01 \quad \text{..... 6. 41}$$

$$a3 = -0.1333 * X - 27.7 \quad \text{..... 6. 42}$$

If $X >= 90$ *And* $X <= 180$ *Then*

$$a1 = -0.0043 * X + 1.1 \quad \text{..... 6. 43}$$

$$a2 = -0.0003 * X + 0.07 \quad \text{..... 6. 44}$$

$$a3 = 0.1333 * X - 51.7 \quad \text{..... 6. 45}$$

$If\ X > 180\ And\ X <= 270\ Then$

$$a1 = 0.0043 * X - 0.46 \quad \text{..... 6. 46}$$

$$a2 = 0.0003 * X - 0.051 \quad \text{..... 6. 47}$$

$$a3 = -0.1333 * X - 3.7 \quad \text{..... 6. 48}$$

$If\ X > 270\ And\ X <= 360\ Then$

$$a1 = -0.0043 * X + 1.88 \quad \text{..... 6. 49}$$

$$a2 = -0.0003 * X + 0.13 \quad \text{..... 6. 50}$$

$$a3 = 0.1333 * X - 75.5 \quad \text{..... 6. 51}$$

2.4. تدفقات الطاقة الكامنة Latent heat flux:

حسب Masson (2000) فإن تبادلات الطاقة المضطربة بين الوادي العمراني و الهواء الخارجي تتأثر بعاملين رئيسيين الأول هو الطاقة المكتسبة على مستوى الأسطح و الثاني هو مستوى السقف العمراني أدنى الطبقة الجوية الأولى. و بناءا على أعمال Erell (2005) فإن تقييم الطاقة الكامنة في المجال العمراني يخضع إلى الطاقة الإشعاعية الصافية و الطاقة المختزنة على مستوى الأسطح حسب المعادلة التالية:

$$Q_{La} = \frac{\alpha}{1+(Pc/Sl)} \cdot (QR^* - Q_{St}) + \beta \quad \text{..... 6. 52}$$

3.4. تدفقات الطاقة المحسوسة Sensible heat flux:

حسب أعمال Erell (2005) فإن تقييم الطاقة المحسوسة في المجال العمراني يخضع إلى الطاقة الإشعاعية الصافية و الطاقة المختزنة على مستوى الأسطح حسب المعادلة التالية:

$$Q_{Sn} = \frac{(1-\alpha)+(Pc/Sl)}{1+(Pc/Sl)} \cdot (QR^* - Q_{St}) - \beta \quad \text{..... 6. 53}$$

4.4. تدفقات الطاقة الأنثروبية Anthropogenic heat:

حسب Smith et al (2015) فإن عملية تقييم الطاقة الأنثروبية يعتمد على تقييم مصادر الطاقة الثلاث في المجال العمراني ألا و هي: (أ) الطاقة المنبعثة من العربات الميكانيكية، (ب) الطاقة المنبعثة من المباني و (ج) الطاقة المنبعثة من الجسم البشري، و ذلك حسب المعادلة العامة للباحث Athamena (2012) :

$$Q_{An} = Q_{Hm} + Q_{Be} + Q_{Vh} \quad \text{..... 6. 54}$$

و حسب Sailor et al (2003) فإن:

$$Q_{Vh} = \frac{n_{Vh} \cdot E_{Vh} \cdot L_{can}}{S_{can}} \quad \text{..... 6. 55}$$

أين n_{Vh} هو معدل عدد السيارات في الساعة

$$E_{Vh} = S_{Vh} \cdot L_{can} \qquad kw \quad \text{..... 6. 56}$$

و S_{Vh} معدل ما ينبعث من طاقة من طرف السيارات المارة عبر الوادي العمراني

أما معدل ما ينبعث من المباني فهو 0.52 kw/h

$$Q_{Be} = 520 \cdot \frac{L_{can}}{10} \cdot 2 \cdot nbr_{fl} \quad w \quad \text{..... 6. 57}$$

في الوقت الذي تكون فيه الطاقة المنبعثة من الإنسان الواحد في حالة المشي العادي تقدر بـ:

$$Q_{Hm} = 250\ w/person \quad \text{..... 6. 58}$$

5.4. متغيرات عامة:

للوصول إلى تقييم كميات كل من Q_{Sn} و Q_{La} فإن المعطيات تحسب مما يلي:

1.5.4. ميل التشبع بضغط البخار slope of the saturation vapor pressure:

حسب Tetens (1930) و Murray (1967) و ذلك نقلا عن NRED (2017) فإن ميل التشبع يقيم حسب المعادلة التالية:

$$Sl = \frac{2504 \cdot exp\left(\frac{17.27 \cdot Ta}{237.3+Ta}\right)}{(237.3+Ta)^2} \quad \text{..... 6. 59}$$

2.5.4. الثابت البسايكرومتري psychrometric constant :

من المعادلة الشهيرة لتقييم الثابت البسيكرومتري (Ponce, 2014) إستطعنا تطوير معادلة رياضية مبسطة لتقييمه حسب درجة حرارة الهواء و الضغط الجوي بدقة $R^2 = 0.9998$ كما يلي:

$$Pc = (0.0006 \cdot Ta + 0.6482) \cdot \frac{Pa}{1003} \quad \text{..... 6. 60}$$

- **المعاملات α و β:**

α و β معاملان مرتبطان بنوعية المجال الخارجي و إستنادا إلى أعمال Grimmond and Oke (2002) إستخلصنا (الجدول 4.6) و الخاص بالأقاليم ذات المناخ الحار:

الجدول 6. 4. معاملات تقييم الطاقة المضطربة حسب طبيعة المحيط الخارجي للمدينة.
المصدر. الباحث بتصرف عن *Grimmond and Oke* (2002)

Region	α	β (W/m2)
Dry desert with no rain for months	0.0 – 0.2	20
Arid rural area	0.2 – 0.4	20

5. تقييم درجة حرارة الأسطح:

نقلا عن Denneman (2007) فأنه طورت العديد من الأعمال الهامة لتقييم درجة حرارة الأسطح و أشهرها للباحث Kennedy et al (1994) و Viljoen (2001)، أين لخص الباحث تلك الأعمال في خوارزمية لحساب حرارة الأسطح الأفقية أو الشوارع. و عملية حساب درجة حرارة السطح تعتمد أساسا على توقع درجتي الحرارة القصوى و الدنيا للسطح لإمكانية توقع حرارته في باقي ساعات اليوم، إلا أن عمل Diefenderfer et al (2006) وصل إلى أكثر واقعية بإدخاله لمتغير جديد و هام ألا وهو كمية الإشعاع الشمسي المباشر الذي يتدخل تدخلا مباشرا في الميزانية الطاقوية للأسطح.

1.5. توقع درجة الحرارة القصوى والدنيا للأسطح:

يعتمد توقع درجة الحرارة القصوى للسطح على الخصائص الحرارية للهواء و الخصائص الحرارية للسطح و أهمها معامل الإمتصاص الحراري و معامل الإنبعاثية الحرارية و زاوية ميلان الشمس أين يقيم حسب المعادلة التالية (Denneman, 2007):

$$T_{s\_max} = T_{max} + 24.5 \cdot \cos^2(dec_{min}) \cdot Cc \quad \text{..... 6. 61}$$

وبإدخال معامل الإمتصاص الحراري تمكنا من تعديل المعادلة (61.6) لإمكانية التعامل مع مختلف المواد المشكلة للأسطح حسب ما يلي:

$$T_{s\_max} = T_{max} + 24.5 \cdot \cos^2(dec_{min}) \cdot Cc \cdot \frac{1-albedo}{0.9} \quad \text{..... 6. 62}$$

أما درجة الحرارة الدنيا فحسب Kennedy et al (1994) فهي تقترب كثيرا من درجة حرارة الهواء الدنيا لذا فحسابيا فهي تأخذ نفسها، إنما Viljoen (2001) و ذلك نقلا عن Denneman (2007) قدم نظرة رياضية تعتمد على كمية الإشعاع الشمسي المستقطب خلال النهار حسب المعادلة التالية:

$$T_{s\_min} = 0.89 \cdot T_{min} + 5.2 \quad \text{..... 6. 63}$$

أين قمنا بالتعديل بإستعمال معامل الإنبعاثية الحرارية Emi لتصبح المعادلة كالآتي:

$$T_{s\_min} = 0.89 \cdot T_{min} + \left(5.2 \cdot \frac{Emi}{0.93}\right) \quad \text{..... 6. 64}$$

2.5. توقع درجة حرارة السطح لكل ساعة:

نقلا عن Denneman (2007) فإن Viljoen (2001) قام بتطوير نموذج لتقييم درجة حرارة السطح طوال اليوم إعتمادا على درجة حرارته القصوى و الدنيا و ذلك بإستعمال معادلتين واحدة نهارية و أخرى ليلية.

أين يتم توقع درجة حرارة السطح خلال النهار بالإعتماد على المعادلة التالية (Denneman, 2007):

$$T_{surf\_day} = T_{min} + \left\{[T_{max} - T_{min}] \cdot \sin\left[\pi \cdot \frac{t - t_{sunrise} - 1.5}{DL}\right]\right\} \quad \text{..... 6. 65}$$

كما يتم توقع درجة حرارة السطح خلال الفترة الليلية بالاعتماد على المعادلة التالية (Denneman, 2007):

$$T_{surf\_night} = T_{min} + \left\{[T_{sunset} - T_{min}] \cdot \exp\left[-\frac{3.9 \cdot (t - t_{sunset})}{25.5 - DL}\right]\right\} \quad \text{..... 6. 66}$$

أين:

$$DL = \frac{2}{15} \cdot cos^{-1}\{-tan(lat) \cdot tan(sol\_dec)\} \quad \text{..... 6. 67}$$

6. الرياح في الوادي العمراني winds in the urban canyon:

قام الباحث Hotchkiss et al (1973) إلى تقديم معادلات عالية في الدقة لتقييم المكونتين الرئيسيتين للهواء في الوادي العمراني: المكون العرضي *cross component* ، و المكون الشاقولي *vertical component* والتي تقيم حسب المعادلات التالية:

$$u_{cross} = \frac{A_{wind}}{k} \cdot \left[e^{ky} \cdot (1 + ky) - \beta \cdot \frac{(1 - ky)}{e^{ky}}\right] \cdot \sin(kx) \quad \text{..... 6. 68}$$

$$v_{vertical} = -A_{wind} \cdot y \cdot \left[e^{ky} - \frac{\beta}{e^{ky}}\right] \cdot \cos(kx) \quad \text{..... 6. 69}$$

أين كل k، β، A_{wind} و y يقيم بالمعادلات التالية:

$$k = \frac{\pi}{w_{can}} \quad \text{..... 6. 70}$$

$$\beta = exp(-2kh_{can}) \quad \text{..... 6. 71}$$

$$A_{wind} = \frac{k \cdot u_{top}}{1-\beta} \quad \text{..... 6. 72}$$

$$y = z - h_{can} \quad \text{..... 6. 73}$$

$$x = {}^{\beta}/_{2} \quad \text{..... 6. 74}$$

أين u_{top} هي سرعة الهواء في الوضعية $z = h_{can}$.

نقـــــــــــــــلا عن Georgakis and Santamouris (2005) فـــــــــــــــإن Yamartino and Wiegand (1986) قد قاموا بتجربة النموذج المذكور و أثبتوا مدى الدقة العالية للنتائج المسجلة، كما قاموا في نفس العمل بتطوير معادلة لتقييم المكون الثالث للرياح في المجال العمراني: المكون الطولي Along component و الي يقيم حسب المعادلة التالية:

$$w_{along} = WS \cdot \left\{ \log\left[\frac{z+z_0}{z_0}\right] \Big/ \log\left[\frac{z_r+z_0}{z_0}\right] \right\} \quad \text{..... 6. 75}$$

أين ws هي سرعة الهواء الرئيسية المقاسة على ارتفاع z_r (10م في المحطة الجوية).

أما سمك طبقـــــــــــــــة الإحتكاك z_0 فحسب Theurer (1993) و ذلك نقلا عـــــــن Abdi and Bitsuamlak (2010) تقيم حسب المعادلة التالية معتمدا على معدل المساحة الأفقية و الشاقولية للحواجز λ_p و λ_f:

$$z_0 = h_{obs} \cdot 1.6 \cdot \lambda_f \cdot (1 - 1.67 \cdot \lambda_p) \quad \text{..... 6. 76}$$

أين:

$$\lambda_f = {}^{A_f}/_{A_d} \quad \text{..... 6. 77}$$

$$\lambda_p = {}^{A_p}/_{A_d} \quad \text{..... 6. 78}$$

بينما Oleson et al (2010) قدم معادلات أخرى لتقييم كل من λ_p و λ_f كما يلي:

$$\lambda_p = \frac{{}^{h_{can}}/_{w_{can}}}{\left({}^{h_{can}}/_{w_{can}}\right)+1} \quad \text{..... 6. 79}$$

$$\lambda_f = (1 - \lambda_p) \cdot \left({}^{h_{can}}/_{W_{can}}\right) \cdot \lambda_p \quad \text{..... 6. 80}$$

أين طول المساحة العامة هو طول الوادي العمراني Lcan وعرضها هو x_{can} على جانبي الوادي العمراني، والذي نستنتجه من مطابقة المعادلات (77.6) إلى غاية (80.6) وذلك بتطوير العلاقة التالية:

$$x_{can} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\lambda_p \cdot w_{can}}{1-\lambda_p}\right) \quad \text{..... 6. 81}$$

في الأخير قدم Georgakis and Santamouris (2005) معادلات أخرى لتقييم كل من معدل السرعة الأفقية لحركة الهواء و المعدل العام لسرعة الهواء في الوادي العمراني كما يلي:

$$va_{hor} = \sqrt{{u_{cross}}^2 + {v_{vertical}}^2} \quad \text{..... 6. 82}$$

$$va_{urb} = \sqrt{va_{hor}^2 + {w_{along}}^2} \quad \text{..... 6. 83}$$

7. تقييم خصائص هواء الوادي العمراني:

حسب Erell (2005) فنستطيع تقييم درجة حرارة الهواء في الوادي العمراني بالرجوع إلى التدفق الحراري المحسوس Q_{Sn} لكن هذا التقييم يتأثر بتبادلات الطاقة بين الوادي و طبقة الإحتكاك (الطبقة المختلطة) أعلى السقف العمراني و التي تتأثر بعاملين مهمين: (أ) هندسة الوادي العمراني، (ب) خصائص الهواء أعلى السقف العمراني خاصة سرعته و إتجاهه.

وقد تكون نتائج هذا التوقع جد عالية بإستعمال أنظمة *CFD* لكن هذه الأخيرة تتطلب معطيات مناخية جد كبيرة ووقت أكبر للوصول إلى توقع المعطيات المناخية لفترات طويلة، بيد أن النماذج التحليلية فمتطلباتها أقل ونتائجها عالية في الدقة أيضا.

في نموذج $SPUCAL_{can\_air}$ إعتمدنا في الوصول إلى تقييم خصائص هواء الوادي العمراني على نظرية نسبة إختلاط الهواء وفقا للفارق الحراري للهواء.

- في البداية فإن نسبة إختلاط الهواء بين الوادي العمراني و الطبقات الجوية تعتمد أساسا على معامل الإختلاط *mt* و الذي يحدد وفق الفارق الحراري بين *Tsol_air* للأرضية و درجة الحرارة المرجعية و تنقسم إلى 04 درجات (Erell, 2005):

$$T_{sol\_r} = Ta + \frac{(SR_r^* \cdot abs_r) + (LR^* \cdot E_r)}{h_c} \quad \text{..... 6. 84}$$

R2=0.968

الجدول 6. 5. مستويات إختلاط الهواء بين الوادي العمراني والمجال الخارجي. المصدر. Erell (2005).

Tsol_air depression (°C)	Mixing coefficient mt
$\Delta T \leq -2$	0.61
$-2 \leq \Delta T \leq 0$	0.76
$0 \leq \Delta T \leq 5$	0.81
$\Delta T \geq 5$	0.92

أما درجة حرارة الهواء العمراني و حسب Erell (2005) فتقيم حسب المعادلة الشهيرة:

$$T_{can} = T_{met} + (\Delta T_{can} - \Delta T_{met}) \quad \text{..... 6. 85}$$

أين T_{met} هي درجة حرارة الهواء الأصلية، أما ΔT_{met} وΔT_{can} هي التغيرات الحرارية لكل من الوادي العمراني والنقطة المرجعية المستقاة منها المعطيات المناخية.

ويقيمان حسب المعادلات التالية:

$$\Delta T_{met} = Q_{Sn\_met} \cdot r \quad \text{..... 6. 86}$$

$$\Delta T_{can} = Q_{Sn\_can} \cdot r \quad \text{..... 6. 87}$$

أين Q_{Sn_met} و Q_{Sn_can} هي التدفق الحراري المحسوس لكل من الموقعين

r هي المقاومة لتبادلات الطاقة المحسوسة وتقيم حسب المعادلة التالية:

$$r = (1 - mt) \cdot r_{surf} \quad \text{..... 6. 88}$$

أين mt هو معامل الإختلاط، و r_{surf} هو مقاومة إنتقال الحرارة المحسوسة بين الأسطح والهواء وهي تقيم حسب معامل إنتقال حرارة الأسطح h_{surf} مضافة إليها نسبة مساحة الأسطح مقارنة بالمساحة الأفقية للوادي x حسب المعادلة التالية:

$$r_{surf} = \frac{1}{h_{surf} \cdot x} \quad \text{..... 6. 89}$$

أين النسبة x هامة جدا لأنها كلما زادت مساحة الأسطح زاد إنتقال الحرارة وتقل المقاومة r_{surf}

h_{surf} معامل الحمل الحراري للأسطح يتأثر بدرجة حرارة الأسطح، إتجاه الأسطح مقارنة بالمستوى الأفقي و سرعة الهواء و يقيم بـ $\left(W/_{m^2K}\right)$ ، حسب *Hagishima and Tanimoto* (2003) فإن h_{surf} تقيم حسب لمعادلات التجريبية التالية:

$$h_{sur\_hor} = 3.96 \cdot \sqrt{\overline{u^2 + v^2 + w^2}} + 6.42 \quad \text{..... 6. 90}$$

$$h_{sur\_ver} = 10.2 \cdot \sqrt{\overline{u^2 + v^2 + w^2}} + 4.47 \quad \text{..... 6. 91}$$

أين u, v, w هي سرعة أشعة الريح حسب المعادلات المحسوبة سابقا

1.7. تقييم التوزع الزمني لدرجات الحرارة:

إقتباسا عن *Bulut et al* (2003) فإن درجة الحرارة لكل ساعة t نستطيع إستخلاصها من $Tmax$ و $Tmin$ و المقاستان على الساعة $tmax$ و $tmin$ على الترتيب بتقسيم اليوم إلى 03 مراحل كما يلي:

✓ المرحلة الأولى أين $t_{max} \geq t \geq t_{min}$

$$T_t = T_{min} + (T_{max} - T_{min}) \cdot \left\{\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{t - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}\right)\right)\right\}^{1.4} \quad \text{..... 6. 92}$$

✓ المرحلة الثانية أين $24 \geq t > t_{max}$

$$T_t = T_{max} - (T_{max} - T_{min}) \cdot \left\{\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{t - t_{max}}{24 + t_{min} - t_{max}}\right)\right)\right\}^{1.2} \quad \text{..... 6. 93}$$

✓ المرحلة الثالثة أين $t_{min} > t \geq 1$

$$T_t = T_{max} - (T_{max} - T_{min}) \cdot \left\{\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{24 + t - t_{max}}{24 + t_{min} - t_{max}}\right)\right)\right\}^{1.2} \quad \text{..... 6. 94}$$

2.7. تقييم التوزع الزمني لنسب الرطوبة:

إستنادا على معادلات تقييم التوزع الزمني لدرجات الحرارة (Bulut et al, *2003*) و إعتمادا على المنحنيات الجيبية للرطوبة النسبية، قمنا بتطوير معادلات لتقييم الرطوبة النسبية لكل ساعة t إستخلاصا من $RHmax$ و $RHmin$ و المقاستان على الساعة $tmax$ و $tmin$ على الترتيب بتقسيم اليوم إلى 03 مراحل كما يلي:

✓ المرحلة الأولى أين $t_{min} \geq t \geq t_{max}$

$$RH_t = RH_{max} - (RH_{max} - RH_{min}) \cdot \left\{\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{t - t_{max}}{t_{min} - t_{max}}\right)\right)\right\}^{1.4} \quad \text{..... 6. 95}$$

✓ المرحلة الثانية أين $24 \geq t > t_{min}$

$$RH_t = RH_{min} + (RH_{max} - RH_{min}) \cdot \left\{\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{t-t_{min}}{24+t_{max}-t_{min}}\right)\right)\right\}^{1.2} \quad \text{..... 6. 96}$$

✓ المرحلة الثالثة أين $t_{max} > t \geq 1$

$$RH_t = RH_{min} + (RH_{max} - RH_{min}) \cdot \left\{\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{24+t-t_{min}}{24+t_{max}-t_{min}}\right)\right)\right\}^{1.2} \quad \text{..... 6. 97}$$

3.7. متوسط الحرارة الإشعاعية The Mean Radiant Temperature:

حسب Ahriz et al (2015) فإنه في المجالات العمرانيـــــــة المفتوحة فإن تبادلات الطاقة الإشعاعية تعتبر مهمة جدا خصوصا في الأجواء المشمســـــــة و لأجل هذا طور مفهوم T_{mrt} ليلخص كل أنواع الطاقة الإشعاعيـــــــــــــــة و التي تعبر عن أنها متوســـــــــــط الحرارة لعلبة تخيلية أين تبادلات الطاقة الإشعاعية هي نفسها في المحيط الحالي (ASHRAE, 2009) و هي ما يطلق عليه بمفهوم العلبة السوداء the black body enclosure (Fanger, 1970)، و تقيم حســـــــــــب المعادلة التالية (Ahriz et al, *2015*):

$$MRT = \frac{0.08\cdot(T_{up}+T_{down})+0.23\cdot(T_{right}+T_{left})+0.35\cdot(T_{front}+T_{back})}{2\cdot(0.08+0.23+0.35)} \quad \text{..... 6. 98}$$

وهذا تحـــــــــــــت الظل وفي حالة وجود أشعة شمسية مباشرة تكون المعادلـــــــة المصححة كما يلي (Matzarakis et al, *1999*):

$$MRT^* = \left[MRT^4 + f_p \cdot a_k \cdot \frac{SR^*}{\varepsilon_p \cdot \sigma}\right]^{0.25} \quad \text{..... 6. 99}$$

أين: *the projected factor* يقيم كما يلي بالنسبة لزاوية ارتفاع الشمس

$$f_p = 0.308 \cdot \cos\left[\gamma\left(1 - \frac{\gamma^2}{48402}\right)\right] \quad \text{..... 6. 100}$$

أما ε_p فهي الإنبعاثية الحرارية للجسم البشري وتعادل 0.97، a_k هي معامل إمتصاص الجسم البشري للأشعة الشمسية المباشرة ويعادل 0.7.

8. معادلات خاصة بتقييم كميات الطاقة في المجال المفتوح:

و للوصول إلى تقييم الخصائص الحرارية للهواء في الوادي العمراني يجب تقييم الخصائص الهوائية و كميات تبادلات الطاقة المختلفة في الفضاءات المفتوحة خارج المجال العمراني أي بدون تدخل أي عوامل بشرية (Erell, 2005):

- **تبادلات الطاقة الإشعاعية *All Radiation exchanges*:**

في المجالات المفتوحة فإن مجمل تبادلات الطاقة الإشعاعية تقيم حسب المعادلة التالية:

$$QR^* = SR^* + LR^* \quad \text{..... 6. 101}$$

✓ **تبادلات الأشعة قصيرة الأمواج *Shortwave Radiation exchanges*:**

في المجالات المفتوحة فإن مجمل الأشعة قصيرة الأمواج تعتمد على المعادلات التالية وذلك إستنادا إلى المعادلات (3.6) إلى غاية (31.6):

$$SR_{dir} = 1{,}353 \cdot \{(1 - 0{,}14 \cdot h_{loc}) \cdot \tau^m + 0{,}14 \cdot h_{loc}\} \quad kW/m^2 \quad \text{.... 6. 102}$$

$$SR_{dif} = S_{con} \cdot 0{,}3(1 - \tau^m) \quad \text{..... 6. 103}$$

$$SR^* = (1 - \alpha_{soil}) \cdot SR_{dir} + (1 - \alpha_{soil}) \cdot SR_{dif} \quad \text{..... 6. 104}$$

✓ **تبادلات الأشعة طويلة الأمواج *Longwave radiation exchange*:**

في المجالات المفتوحة فإن مجمل الأشعة طويلة الأمواج تعتمد على المعادلات التالية وذلك إستنادا إلى المعادلات (32.6) إلى غاية (37.6):

$$LR^* = LR\downarrow - LR\uparrow \quad \text{..... 6. 105}$$

$$LR\downarrow = \sigma \cdot (Ta + 273.15)^4 \cdot \{0{,}904 - ((0{,}304 - 0{,}061 \cdot \sqrt{vp}) \cdot (1 - Cc)) - (0{,}005 \cdot \sqrt{vp})\} \quad \text{..... 6. 106}$$

$$LR\uparrow = \sigma \cdot (T_{soil} + 273.15)^4 \cdot E_{soil} \quad \text{..... 6. 107}$$

- **تبادلات الطاقة المختزنة *Qstored*:**

تبادلات الطاقة المختزنة وحسب ما ذكر سابقا تقيم حسب العلاقات التالية:

$$\Delta Q_s = a_1 \cdot QR^* + a_2 \cdot \frac{\xi QR^*}{\xi t} + a_3 \quad \text{..... 6. 108}$$

$$\frac{\xi QR^*}{\xi t} = 0.5 \cdot [QR^*_{t+1} - QR^*_{t-1}] \quad \text{..... 6. 109}$$

الجدول 6. 6. قيم المعاملات a_1، a_2 و a_3 لتقييم الطاقة المختزنة في المجالات المفتوحة خارج المجال العمراني. المصدر. Grimmond and Oke (1999).

Surface cover type	a^1	a^2	a^3
Mixed forest	0.11	0.11	-12.3
Short grass	0.32	0.54	-27.4
Bare soil	0.38	0.56	-27.3
Bare soil-wet	0.33	0.07	-34.9
Bare soil-dry	0.35	0.43	-36.5
Soil	0.36	0.27	-42.4
Water	0.50	0.21	-39.1

أين معطيات معاملي الإنبعاثية والإنعكاسية الحرارية لكل من خصائص المجالات الصحراوية هي كما يلي:

$$E_{soil}: Sand = 0.9 \;\&\; Dry\ soil = 0.92 \quad \checkmark$$

$$\propto_{soil}: Sand = 0.4 \;\&\; Dry\ soil = 0.17 \quad \checkmark$$

- **تبادلات الطاقة الكامنة *Qlatent*:**

تبادلات الطاقة الكامنة وحسب ما ذكر سابقا تقيم حسب العلاقات التالية:

$$Q_{La} = \frac{\alpha}{1+(Pc/Sl)} \cdot (QR^* - Q_{St}) + \beta \quad \text{…….. 6. 110}$$

- **تبادلات الطاقة المحسوسة *Qsensible*:**

تبادلات الطاقة المحسوسة وحسب ما ذكر سابقا تقيم حسب العلاقات التالية:

$$Q_{Sn} = \frac{(1-\alpha)+(Pc/Sl)}{1+(Pc/Sl)} \cdot (QR^* - Q_{St}) - \beta \quad \text{…….. 6. 111}$$

9. معادلات فيزيائية عامة:

حسب E.O.laboratory (2017) فإن كل من ما يلي يقيم حسب المعادلات المذكورة:

- **الرطوبة الخاصة Specific humidity:**

$$q = \frac{0.622 \cdot vp}{Pa-(0.378 \cdot vp)} \cdot 1000 \quad \text{…….. 6. 112}$$

- **ضغط التشبع بالبخار Water vapor saturation pressure:**

$$vp_s = 6.112 \cdot exp\left(\frac{17.67 \cdot Ta}{243.5+Ta}\right) \quad \text{…….. 6. 113}$$

- **ضغط البخار Vapor pressure:**

$$vp = vp_s \cdot \frac{RH}{100} \quad \text{…….. 6. 114}$$

- **درجة حرارة نقطة الندى Dewpoint temperature:**

$$T_d = \frac{\log\left(\frac{vp}{6.112}\right)\cdot 243.5}{17.67-\log\left(\frac{vp}{6.112}\right)} \quad \text{…….. 6. 115}$$

أما حسب Willett (2007) فإن كل من ما يلي يقيم حسب المعادلات المذكورة:

- **درجة الحرارة الرطبة Wet bulb temperature**:

$$T_{wet} = (0.6 \cdot T_d) + (0.4 \cdot Ta) \quad \text{…….. 6. 116}$$

أما بناءا على VAISALA (2013) فإن كل من ما يلي يقيم حسب المعادلات المذكورة:

- **الرطوبة المطلقة Absolute humidity:**

$$AH = \frac{2.16679\cdot vp\cdot 100}{Ta+273.15} \quad g/m3 \quad \text{…….. 6. 117}$$

10. معادلات فلكية عامة:

- **زاوية ميل الشمس :** بناءا على Beckers and Beckers (2010) فإن زاويـــــــــــة ميل الشمس Solar declination تقيم حسب المعادلة التالية:

$$Sol\_Dec = 0.006918 - 0.399912\cos\gamma + 0.070257\sin\gamma - 0.006758\cos 2\gamma + 0.000907\sin 2\gamma - 0.002697\cos 3\gamma + 000148\sin 3\gamma$$

…….. 6. 118

$$\gamma = \frac{2\pi}{365}\cdot(J-1) \quad \text{…….. 6. 119}$$

- **زمن الشروق و الغروب النظري:** حسب gallinelli (2005) فإن زمن شروق و غروب الشمس النظري يقيم حسب العلاقات التالية:

$$ahs = \cos^{-1}[-\tan(lat)\cdot\tan(dec)] \quad \text{…….. 6. 120}$$

$$t_{sunrise} = 12 - \frac{ahs\cdot 12}{\pi} \quad \text{…….. 6. 121}$$

$$t_{sunset} = 12 + \frac{ahs\cdot 12}{\pi} \quad \text{…….. 6. 122}$$

أما الزمن الحقيقـــــــــــــــــي للشروق و الغروب فيعتمـــــــــــــــد على العلاقات التاليـــــــــــة (association.meridienne, 2017)

$$Real_{Sunrise} = t_{sunrise} + Eq_{time} + \left(4 \cdot \frac{long}{60}\right) + (GMT + x) \quad \text{…….. 6. 123}$$

$$Real_{Sunset} = t_{sunset} + Eq_{time} + \left(4 \cdot \frac{long}{60}\right) + (GMT + x) \quad \text{…….. 6. 124}$$

أين: $long$ موجب في الغرب وسالب في الشرق.

- **معادلة الزمن:** عملية تصحيح الزمن هي علمية رياضية يتم فيها تحويل الزمن بين الشمسي و المتعامل به و يقيم بناءا على العلاقات التالية (gallinelli, 2005) :

$$m = 357.5291 + (0.98560028 \cdot Dy + 365 \cdot 17) \quad \text{…….. 6. 125}$$

$$c = 1.9148 \cdot \sin\left(m \cdot \frac{3.14}{180}\right) + 0.02 \cdot \sin\left(2 \cdot m \cdot \frac{3.14}{180}\right) + 0.0003 \cdot \sin\left(3 \cdot m \cdot \frac{3.14}{180}\right) \quad \text{…….. 6. 126}$$

$$l = 280.4665 + \left(c \cdot \frac{180}{3.14}\right) + \left(0.98564736 \cdot (Dy + 365 \cdot 17)\right) \quad \text{…….. 6. 127}$$

$$r = -2.46569 \cdot \sin\left(2 \cdot l \cdot \frac{3.14}{180}\right) + \left(0.05303 \cdot \sin\left(4 \cdot l \cdot \frac{3.14}{180}\right)\right) - \left(0.0014 \cdot \sin\left(6 \cdot l \cdot \frac{3.14}{180}\right)\right) \quad \text{…….. 6. 128}$$

$$Eq_{time} = (c + r) \cdot 4 \ minutes \quad \text{…….. 6. 129}$$

- **تحديد وضعية الشمس:** بناءا على أعمال gallinelli (2005) فإن علاقات تحديد وضعية الشمس تكون كما يلي:

✓ **قياس الزاوية الساعية Hour angle:**

$$ah = \frac{t \cdot \pi}{12} + \pi \quad \text{…….. 6. 130}$$

✓ **قياس زاوية الزوال Zenith angle:**

$$zenith = \cos^{-1}[(\sin(lat) \cdot \sin(dec)) + (\cos(lat) \cdot \cos(dec) \cdot \cos ah)]$$

…….. 6. 131

✓ **قياس زاوية ارتفاع الشمس Hight Angle:**

$$Sun_{hight} = \frac{\pi}{2} - zenith \quad \text{…….. 6. 132}$$

✓ **قياس زاوية سمت الشمس Azimuth angle:**

$$azim_a = [\sin(lat) \cdot \cos(ah)] - [\cos(lat) \cdot \tan(sol\_dec)] \quad \text{…..... 6. 133}$$

$$azim = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(ah)}{azim_a}\right) \quad \text{…..... 6. 134}$$

ولتقييم زاوية سمت الشمس نتبع الخوارزمية التالية:

$$if\ azim_a < 0\ then\ azim = azim + \pi \quad \text{…..... 6. 135}$$

$$azim = azim - \pi \quad \text{…..... 6. 136}$$

$$if\ azim < 0\ then\ azim = azim + 2\pi \quad \text{…..... 6. 137}$$

11. تقييم الراحة الحرارية الخارجية:

وكمرحلة ختامية وبعد الوصول إلى تقييم خصائص الهواء على مستوى الوادي العمراني يقوم نموذج SPUCAL في النهاية بتقييم مستويات الراحة الحرارية فيه بإستعمال 12 مؤشرا حراريا تعتبر الأكمل، الأدق والأنسب للأقاليم الجافة وهي: HUMIDEX, WBGT, DI, CPI, TEK, ET, C_Fergus, HI, TSP, TS_GIVONI, TEP, TS_Cheng، وكيفية تقييم كل من المؤشرات المذكورة تطرقنا إليها بتفصيل في الفصل الرابع من هذا البحث.

خاتمة:

يعتبر هذا الفصل بداية العمل الرياضي لتطوير النموذج SPUCAL الخاص بتمثيل المناخ العمراني بالأقاليم الجافة أين إعتمدنا في تطويره على البنية الأساسية للنماذج العالمية وعلى المعايير الإثني عشر المفصلة والمنظمة لهذا النوع من التطبيقات.

لأجل هذا و ليكون النموذج على مستوى عال من الدقة في التوقعات المناخية و أن يتلاءم و طبيعة مناخ الأقاليم الجافة و الصحاري على وجه الخصوص قمنا بالإعتماد في تطويره على 137 علاقة رياضية، فيزيائية و فلكية منها 102 معادلة تعتبر الأدق مقارنة بنظيراتها في الساحة العلمية بالإضافة إلى تعديل 14 علاقة رياضية أخرى قصد تلائمها مع أهداف النموذج كما قمنا بتطوير 21 معادلة و علاقة رياضية و فيزيائية جديدة تستعمل لأول مرة في ميدان المناخ العمراني دائما لأجل تحقيق أهداف هذا البحث و تأقلم النموذج مع مناخ الأقاليم الجافة. و (الشكل 4.6) يوضح خوارزمية النموذج أين نجد البنية العامة له مع

المراحل خطوة بخطوة من إدخال خصائص المنطقة والمجال العمراني إلى توقع الراحة الحرارية بإستعمال 12 مؤشرا حراريا.

الشكل 6. 4. خوارزمية النموذج SPUCAL. المصدر. الباحث.

الفصل السابع

تطوير النموذج الرياضي الخاص بتمثيل السلوك المناخي للمجالات الخضراء

It is important to get results from experiments, but the most important is the process in getting that results

-- Nick Ahmad Nizam--

تمهيد:

بعد الوصول إلى تقييم الراحة الحرارية الخارجية الخام وفقا للمؤشرات الحرارية، تنطلق المرحلة الثانية من النموذج SPUCAL والتي سنقوم فيها بمحاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر داخل الفضاءات العمرانية المفتوحة وهذا بعد إختيار شكل، نوع ونسبة المجال الأخضر من الفضاء العمراني العام، لذا سنقوم في هذا القسم من العمل بتطوير تطبيق رياضي من شأنه المساعدة والتوجيه في إتخاذ القرارات اللازمة ومن ثم عملية المحاكاة و الوصول إلى المعطيات المناخية الجديدة تحت تأثير المجال الأخضر، هاته القيم التي ستكون معطيات لعملية تقييم الراحة الحرارية الخارجية من جديد.

1. بنية النموذج :SPUCAL_veg:

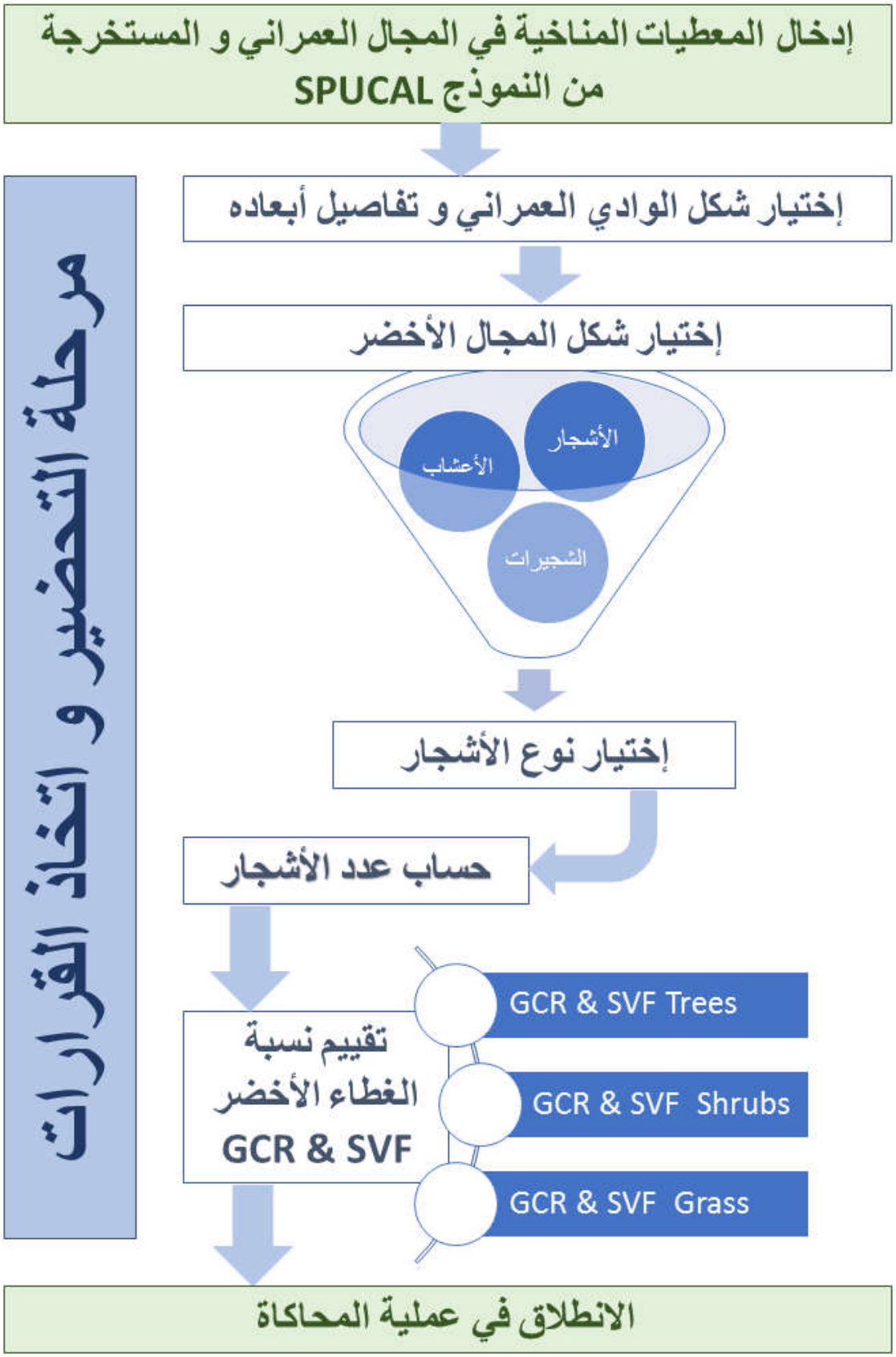
يعتبر SPUCAL_veg نموذجا رياضيا يعمل تحت النموذج الأم SPUCAL أين يستمد منه المعطيات المناخية داخل الفضاءات العمرانية المفتوحة ليقوم النموذج بمساعدة الباحث أو المصمم على حد سواء؛ قمنا بتطوير نموذج SPUCAL_veg بتقسيمه إلى مرحلتين هامتين الأولى أطلقنا عليها مرحلة التحضير وإتخاذ القرارات والثانية مرحلة المحاكاة الرقمية.

1.1. مرحلة التحضير وإتخاذ القرارات:

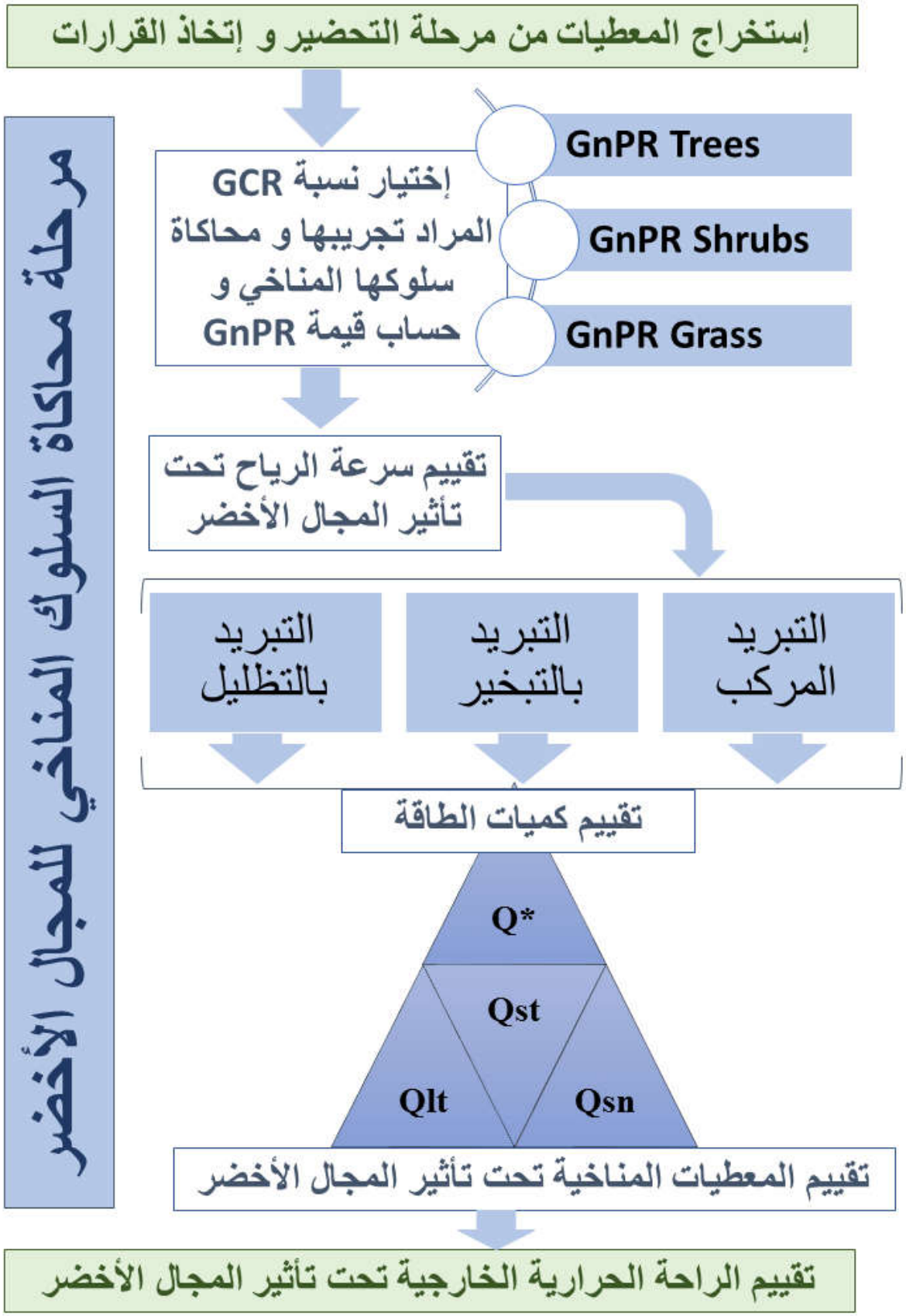
تعتبر هاته المرحلة هامة جدا بكونها تحضيرا لعملية المحاكاة، فقمنا بتزويد النموذج بمساعد آلي في إتخاذ القرارات Computer Aided Decision، أين يوجه النموذج المستعمل عبر عدة مراحل أولاها إختيار شكل الوادي العمراني وتفاصيل أبعاده، مما يساعدنا على إختيار أشكال المجال الأخضر المراد إختبارها ومن ثم إختيار نوع الأشجار لنفسح المجال للنموذج الرياضي بتقييم أكبر كم من الأشجار والمساحات الخضراء الممكن زراعتها حسب المعطيات المدخلة.

2.1. مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر:

تعتبر مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر تتويجا لكل المراحل السابقة وفيها سنحاول الحديث عن اهم تفاصيل النظريات الخاصة بمحاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر والتي إخترنا منها ثلاث التي تعتبر الأشهر والأدق والأكثر ملائمة لمناخ الأقاليم الحارة وهي: (أ) نظرية التبريد بالتظليل، (ب) نظرية التبريد بالتبخير و (ج) نظرية التبريد المركب.



الشكل 7. 1. مخطط مرحلة التحضير وإتخاذ القرارات لنموذج SPUCAL_veg. المصدر. الباحث.



الشكل 7. 2. مخطط مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر لنموذج SPUCAL_veg. المصدر. الباحث.

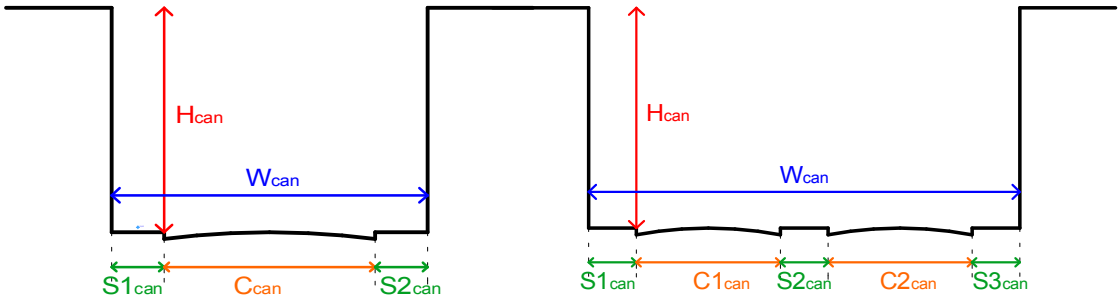
2. مرحلة التحضير وإتخاذ القرارات:

تعتبر هاته المرحلة هامة جدا بكونها تحضيرا لعملية المحاكاة، والنموذج مزود بمساعد آلي في إتخاذ القرارات Computer Aided Decision أين يوجه النموذج المستعمل عبر عدة مراحل أولاها إختيار شكل الوادي العمراني وتفاصيل أبعاده، مما يساعدنا على إختيار أشكال المجال الأخضر المراد إختبارها ومن ثم إختيار نوع الأشجار لنفسح المجال للنموذج الرياضي بتقييم أكبر كم من الأشجار والمساحات الخضراء الممكن زراعتها حسب المعطيات المدخلة.

1.2. إختيار شكل الوادي العمراني:

في هاته المرحلة يتم إختيار الشكل العام للوادي العمراني بين الشكلين الشهيرين طريق وسطي مع رصيفين جانبيين، وطريقين مفصولين برصيف وسطي بالإضافة إلى رصيفين جانبيين (الشكل 3.7) كما يجب القيـــــــــــــــام بإدخال تفاصيل الأرصفة أين يقترح النموذج 03 أبعاد مختلفة تعبر عن الأنماط المختلفة للأرصفة كما يلي:

- رصيف ضيق بعرض أقصى 01 م.
- رصيف متوسط بعرض يتراوح ما بين 01 م و 03 م.
- رصيف عريض بعرض أكثر من 03 أمتار.



الشكل 7. 3. أشكال الوادي العمراني المقترحة في نموذج SPUCAL_veg. المصدر. الباحث.

2.2. إختيار شكل المجال الأخضر:

أحد أهم معايير تصنيف المجالات الخضراء عموما والأشجار على الخصوص هي الشكل العام أو بالأحرى الشكل الهندسي أين ينطلق أول تصنيف بأن الأعشاب ثنائية الأبعاد 2D و أما الباقي فهي ثلاثية الأبعاد 3D، بينما الأشجار و الشجيرات في حد ذاتها لها العديد من الأشكال، لهذا زودنا نموذج SPUCAL_veg بستة أشكال هندسية مختلفة هي الأكثر شيوعا (de Abreu-Harbich et al, 2015) على أن تتم إدراج أشكال أخرى في نسخ أخرى منه.

الأشكال الهندسية المقترحة هي: (أ) النخليات Fountain Trees، (ب) العمودية Columnar Trees، (ج) الهرمية Pyramidal Trees، (د) الكروية Rounded Head Trees، (ه) المزهرية Vase Trees و (و) المفتوحة Spreading Trees (الشكل 4.7).

الشكل 7. 4. أشكال الأشجار المقترحة في نموذج SPUCAL_veg من اليمين إلى اليسار ومن الأعلى إلى الأسفل: النخليات، العمودية، المزهرية، الهرمية، الكروية والمفتوحة. المصدر. الباحث.

الجدول 7. 1. احتمالات إستعمال المجالات الخضراء حسب أشكال الوادي العمراني المقترحة في نموذج SPUCAL_veg. المصدر. الباحث.

		Narrow canyon	Medium canyon	Wide canyon
Trees	Fountain	**X**	**X**	**X**
	Columnar	**X**	**X**	**X**
	Pyramidal		**X**	**X**
	Rounded head		**X**	**X**
	Vase			**X**
	Spreading or Open			**X**
Shrubs	Large			**X**
	Medium			**X**
	Small		**X**	**X**
	Low-growing		**X**	**X**
Grass			**X**	**X**

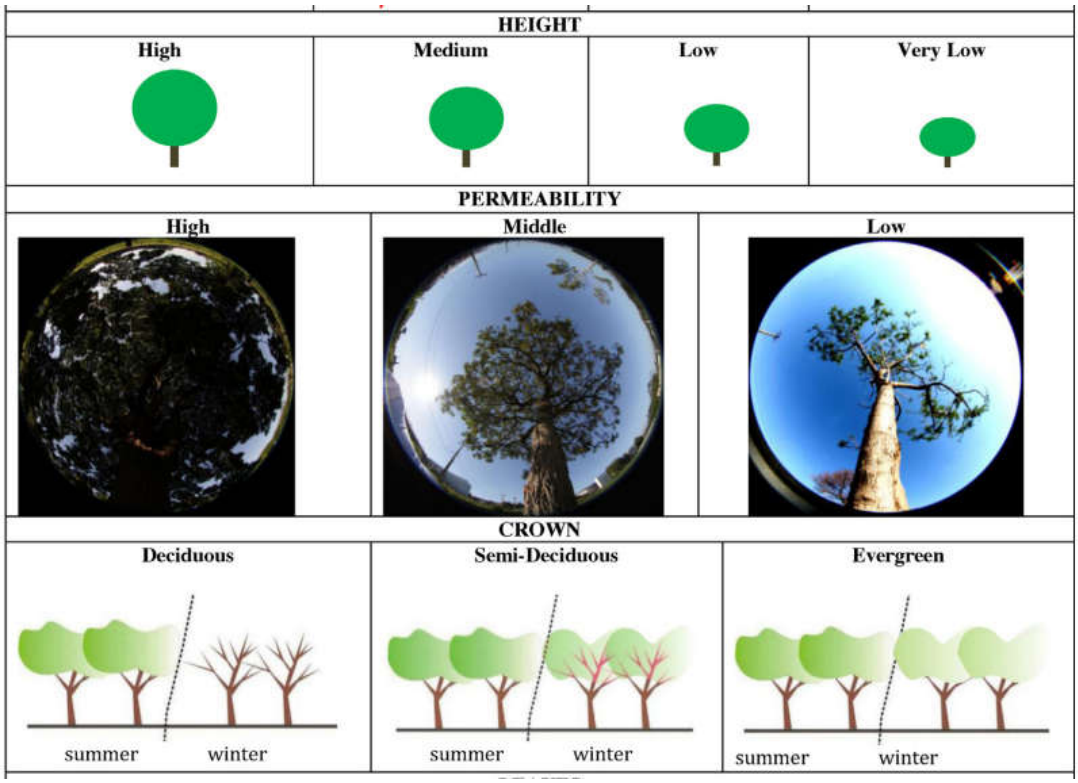
3.2. إختيار أنواع المجالات الخضراء:

عملية إختيار أنواع الأشجار، الشجيرات والنباتات المراد إختبارها عملية معقدة نوعا ما نظرا للكم الرهيب من تلك الأنواع، لذا حاولنا إدماج محرك مساعد في إتخاذ قرار إختيار نوع المجال الأخضر إستنادا إلى الخصائص النباتية والحرارية الشهيرة والتي تهم الجانب الجمالي والمناخي على حد سواء والتي صنفناها كما يلي:

- **الشكل الهندسي**: الأشكال الهندسية المقترحـــــــــــــة في النموذج هي: (أ) النخليات Fountain Trees، (ب) العمودية Columnar Trees، (ج) الهرمية Pyramidal Trees، (د) الكروية Rounded Head Trees، (ه) المزهرية Vase Trees و (و) المفتوحة Spreading Trees.
- **تموضع المجالات الخضراء**: كثافة المجال الأخضر المختارة تعبر مباشرة عن تموضعه في الوادي العمراني أين نجد 03 حالات مختلفة: مستمرة، مجتمعة ومبعثرة.
- **الإرتفاع**: تختلف المجالات الخضراء في الأودية العمرانية بين المرتفعة، متوسطة الإرتفاع، المنخفضة والمنخفضة جدا.
- **الإخضرار الموسمي**: وهي حالتان أشجار دائمة الإخضرار، أشجار نفضية تتساقط أوراقها في فصل الخريف وأشجار نصف نفضية.
- **التوصيل الحراري**: وهي مسامية إنتقال الأشعة الشمسية وتعتمد أساسا على قيمة LAI ولها ثلاث درجات، مسامية عالية، متوسطة ومسامية منخفضة وكل ما نقصت المسامية زادت كثافة الأوراق.
- **المسامية الهوائية**: وهي مسامية إنتقال الهواء خلال الأوراق وتعتمد أساسا على قيمة LAD ولها ثلاث درجات، مسامية عالية، متوسطة ومسامية منخفضة وكل ما زادت كثافة الأوراق نقصت المسامية.
- **قدرة التحمل الحراري**: و هي أن تكون النباتات و الأشجار ملائمة للمناخ حسب خرائط قدرة الصلابة النباتية plan hardiness zones map، و التي تعتبر طريقة حديثة لمعرفة و تصنيـــــــــــــــــف مختلف النباتات و الأشجار حسب قدرتها على مقاومة المناخ و التعايش معه، و هي خرائط مبنية على سلم من 13 درجة (الجدول 2.7) مقسمة حسب معدل درجة الحرارة الشتوية (USDA, 2017).

الجدول 7. 2. مناطق قدرة الصلابة النباتية. الباحث بتصرف عن USDA (2017).

Zones	Min Temperature	Max Temperature
01	X	-45.6
02	-45.6	-40
03	-40	-34.4
04	-34.4	-28.9
05	-28.9	-23.3
06	-23.3	-17.8
07	-17.8	-12.2
08	-12.2	-6.7
09	-6.7	-1.1
10	-1.1	+4.4
11	+4.4	+10
12	+10	+15.6
13	+15.6	+21
14	+21	X



الشكل 7. 5. خصائص المجالات الخضراء. المصدر de Abreu-Harbich et al (2015).

الجدول 7. 3. خصائص المجالات الخضراء وعلاقتها بالعناصر المناخية في نموذج SPUCAL_veg.

المصدر. الباحث بتصرف عن Wardoyo et al (2011).

		Solar Radiation (Shade)	Terrestrial Radiation	Wind Channeling	Air Humidity	Air Temperature
Geometry	Columnar	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Pyramidal	**X**		**X**	**X**	**X**
	Round Head	**X**			**X**	**X**
	Spreading or Open	**X**		**X**	**X**	**X**
	Fountain	**X**				
	Vase	**X**			**X**	**X**
Disposition	Continuous	**X**		**X**	**X**	**X**
	Irregular		**X**		**X**	**X**
	Group	**X**		**X**	**X**	**X**
Hight	High	**X**		**X**	**X**	**X**
	Medium	**X**		**X**	**X**	**X**
	Low			**X**	**X**	**X**
	Very Low				**X**	**X**
Crown	Deciduous	**X**		**X**		**X**
	Ever Green	**X**		**X**	**X**	**X**
Transmission	High		**X**			
	Middle	**X**				
	Low	**X**				**X**
Air Permeability	High		**X**		**X**	**X**
	Middle				**X**	**X**
	Low			**X**		**X**
Hardiness Zone	Hardiness Zones Scale					

4.2. حساب عدد الأشجار ونسبة الغطاء الأخضر GCR:

- في حالة ما إذا كان هناك نوع وحيد من الأشجار فإن عملية تقييم العدد الأقصى من الأشجار الممكن وضعها في المجال العمراني تقيم كما يلي:

$$N_{tree} = \frac{L_{can}}{D_{tree}} \cdot 2 \qquad \text{..... 7. 1}$$

أما المساحة الخضراء التي تشغلها شجرة وحيدة فتقيم كما يلي:

$$S_{tree} = \frac{\pi \cdot D_{tree}^2}{4} \qquad \text{..... 7. 2}$$

المساحة العامة الخضراء المشغولة من طرف العدد الأقصى من الأشجار المقترحة GCA تقيم كما يلي:

$$GCA = N_{tree} \cdot S_{tree} \qquad \text{..... 7. 3}$$

أين يقيم في الأخير نسبة المجال المغطى من المجال العمراني GCR العام كما يلي:

$$GCR = \frac{GCA}{L_{can} \cdot W_{can}} \qquad \text{..... 7. 4}$$

- أما في حالة إقتراح عدة أنواع من الأشجار فلكل نوع نسبة مئوية معينة من التغطية $X\%$ أين يقيم العدد الأقصى من كل نوع مقترح من الأشجار كما يلي:

$$N_{tree} = \frac{L_{can} \cdot X\%}{D_{tree}} \cdot 2 \qquad \text{..... 7. 5}$$

والمجموع العام هو العدد العام الأقصى لكل الأنواع.

المساحة العامة الخضراء GCA تعتمد على المجموع العام للمساحات الخضراء لكل نوع على حدي، بيد أن نسبة المجال المغطى من المجال العمراني GCR العام تقيم كما يلي:

$$GCR = \frac{\sum_n^1 GCA}{L_{can} \cdot W_{can}} \qquad \text{..... 7. 6}$$

5.2. حساب نسبة المجال المظلل PSA ومعامل رؤية السماء SVF:

كآخر مرحلة في عملية التحضير وإتخاذ القرارات هي تقييم نسبة المجال المظلل من المجال العام ومعامل رؤية السماء بوجود الأشجار التي تحجب جزء منها.

1.5.2. نسبة المجال المظلل PSA:

يعتبر مفهوم نسبة المجال المظلل PSA (Partial Shaded Area) مفهوما هاما جدا و يعطي قراءة سريعة لكمية الظلال الناتجة عن وجود الأشجار في الوادي العمراني (Shashua-Bar and Hoffman, 2000)، و يقابله نسبة المجال المشمس PSNA (Partial Sunned Area) و التي تعبر عن الجزء المتبقي المشمس من الوادي العمراني أين مجموعهما يساوي 01. هاتين النسبتين سنحاول تقييمهما على مستوى كل من الأرضية والجدران، ولأجل هذا قمنا بتطوير العلاقات الرياضية التالية:

- **تقييم نسبة المجال المظلل والمشمس على مستوى الطريق PSA & PSNA:**

توجد ثلاث حالات هندسية عامة لتقييم نسبة المجال المظلل على مستوى الطريق وهي: (أ) أن تكون زاوية سقوط الأشعة أكبر من الزاوية القطرية للوادي، (ب) أن تكون زاوية سقوط الأشعة أقل من الزاوية القطرية للوادي والشرط الثاني أن زاوية سقوط الأشعة بدورها أقل من الزاوية المحصورة بين الأشجار (ج) الحالة الثالثة أن زاوية سقوط الأشعة أقل من الزاوية القطرية للوادي لكنها أكبر من الزاوية المحصورة بين الأشجار وجاءت العلاقات الرياضية كما يلي:

$$PSA_r = \begin{cases} \frac{\sum_n^1 GCA}{W_{can} \cdot L_{can}} \cdot Perm & if\ \gamma < \gamma_0\ and\ \gamma < \gamma_{tree_{gr}} \\ (W_{can} - D_{Tree}) \cdot L_{can} \cdot Perm & if\ \gamma < \gamma_0\ and\ \gamma > \gamma_{tree_{gr}} \\ 1 & if\ \gamma > \gamma_0 \end{cases} \quad \text{.... 7. 7}$$

أين:

$$\gamma_0 = arctan\left(\frac{W_{can}}{H_{can}}\right) \quad \text{..... 7. 8}$$

$$\gamma_{tree_{gr}} = arctan\left(\frac{W_{can} - 2 \cdot D_{Tree}}{h_{tree}}\right) \quad \text{..... 7. 9}$$

أما نسبة المجال المشمس من الطريق فتقيم حسب المعادلة التالية:

$$PSNA_r = 1 - PSA_r \quad \text{..... 7. 10}$$

- **تقييم نسبة المجال المظلل والمشمس على مستوى الجدران PSA & PSNA:**

توجد حالتين هندسيتين هامتين لتقييم نسبة المجال المظلل على مستـــــــــوى الجدران وهـــي: (أ) أن تكون زاوية سقوط الأشعة أقل من الزاوية المحصورة بين الجدار والأشجار و (ب) زاوية سقوط الأشعة تكون أكبر من الزاوية المحصورة بين الجدار والأشجار، ولأجل هذا قمنا بتطوير المعادلتين التاليتين:

$$PSA_w = \begin{cases} \frac{\sum_n^1 Vert_{tree\_surf}}{H_{can} \cdot L_{can}} \cdot Perm & \gamma > \gamma_{tree_{wall}} \\ 0 & if\ \gamma < \gamma_{tree_{wall}} \end{cases} \quad \text{... 7. 11}$$

أين:

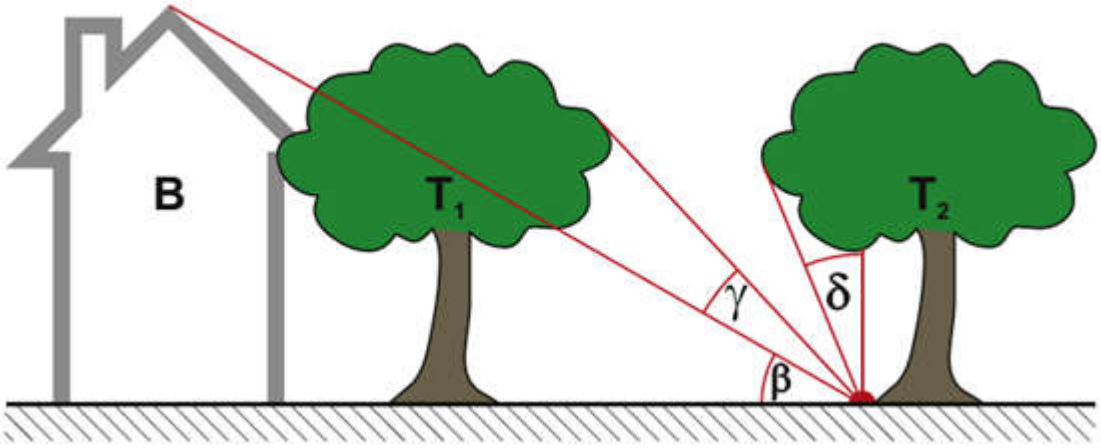
$$\gamma_{tree_{wall}} = arctan\left(\frac{Dist_{(wall\_tree)}}{h_{tree}}\right) \quad \text{..... 7. 12}$$

أما نسبة المجال المشمس من الطريق فتقيم حسب المعادلة التالية:

$$PSNA_w = 1 - PSA_w \quad \text{..... 7. 13}$$

2.5.2. تقييم معامل رؤية السماء SVF:

في وقت ما كان يعتبر تقييم معامل رؤية السماء SVF تحت الأشجار مسألة صعبة رياضيا حتى ظهور أحد أهم العلاقات الهندسية في هذا الميدان و التي أثبتت نجاعة و دقة كبيرتين (Gál and Unger, 2014) إلى حد ما و تعتمـــــــــــــــــــد أساسا على معامل الأوراق الخضراء GLF و على ثلاث زوايا حسابية (الشكل6.7).



الشكل 7. 6. مخطط توضيحي لتقييم معامل رؤية السماء تحت الأشجار. المصدر. Gál and Unger (2014).

$$SVF = 1 - \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{\alpha}{2\pi} \cdot sin^2\beta_i + \sum_{i=1}^{n} \tau \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot (sin^2(\beta_i + \gamma_i) - sin^2\beta_i) + \sum_{i=1}^{n} \tau \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot (1 - sin^2(90 - \delta_i))\right) \quad \text{..... 7. 14}$$

إستنادا إلى معادلة تقييم SVF للباحث Gál and Unger (2014) و إعتمادا على بنية و مورفولوجية الوادي العمراني قمنا بتطوير العلاقة الرياضية (15.7) لتقييم معامل رؤية السماء للأرضية كما يلي:

$$SVF_{r\_new} = 1 - \left[0.5 \cdot sin^2\left(\text{atan}\left(\frac{h_{can}}{w_{can}/_2}\right)\right) + \tau * 0.5 * sin^2\left(\text{atan}\left(\frac{h_{tree}}{\frac{w_{can}}{2} - D_{tree}}\right)\right)\right] \quad \text{..... 7. 15}$$

أما بخصوص معامل رؤية السماء بالنسبة للجدران و إستنادا إلى نظرية Gál and Unger (2014) و إعتمادا على البنية الهندسية و مورفولوجية الوادي العمراني حاولنا الوصول إلى علاقة رياضية تربط بين الأشجار و مساحة الجدار فكانت كما يلي :

$$SVF_{w\_new} = SVF_w \cdot PSNA_w \quad \text{..... 7. 16}$$

3. مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر:

تعتبر مرحلة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر تتويجا لكل المراحل السابقة وفيها سنحاول الحديث عن اهم تفاصيل النظريات الخاصة بمحاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر والتي إخترنا منها ثلاث التي تعتبر الأشهر والأدق والأكثر ملائمة لمناخ الأقاليم الحارة وهي: (أ) نظرية التبريد بالتظليل، (ب) نظرية التبريد بالتبخير و (ج) نظرية التبريد المركب.

1.3. تحديد نسبة GCR وتقييم نسبة المجال المزروع GnPR:

قبل بداية عملية المحاكاة يجب تحديد نسبة GCR المراد تجريبها ومحاكاة سلوكها المناخي من النسبة القصوى للغطاء الأخضر GCR_max، واستنادا إلى هذه النسبة سنقوم بتقييم المساحة الخضراء العامة ونسبة المجال المزروع GnPR حسب المعادلات التالية:

$$GnPR_{tree} = [(Coverage\ shaded\ trees)/(Total\ Area\ Calculated\ )] \cdot 6 \quad \text{..... 7. 17}$$

$$GnPR_{shrubs} = [(Coverage\ shaded\ shrubs)/(Total\ Area\ Calculated\ )] \cdot 3 \quad \text{..... 7. 18}$$

$$GnPR_{Grass} = [(Coverage\ shaded\ Grass)/(Total\ Area\ Calculated\ )] \cdot 1 \quad \text{..... 7. 19}$$

$$\text{GnPR} = GnPR_{tree} + GnPR_{shrubs} + GnPR_{grass} \quad \text{..... 7. 20}$$

2.3. تقييم سرعة الهواء تحت تأثير المجال الأخضر:

أثناء عملية تقييم معدل سرعة الرياح داخل المجال العمراني تحت تأثير المجال الأخضر نلجأ إلى العلاقات الرياضية (68.4) إلى غاية (83.4) والمستخدمة لتقييم معدلات سرعة الهواء داخل المجالات العمرانية المفتوحة مع الأخذ بعين الإعتبار القيم الجديدة للمجال الأخضر كحاجز للرياح مما يؤثر على عدة قيم أهمها سمك طبقة الاحتكاك z_0، أين تقيم نسبة الحواجز الأفقية λ_{p_new} ونسبة الحواجز الشاقولية λ_{f_new} حسب المعادلات التالية:

$$\lambda_{f\_new} = \frac{\lambda_{f+(L_{can} \cdot L_{can} \cdot GNpR)}}{A_d} \qquad \text{..... 7. 21}$$

$$\lambda_{f\_new} = \left(1 - \lambda_{p\_new}\right) \cdot \left({}^{h_{can}}/_{w_{can}}\right) \cdot \lambda_{p\_new} \qquad \text{..... 7. 22}$$

أين:

$$A_d = \left(w_{can} + \left(\frac{\lambda_p \cdot w_{can}}{1-\lambda_p}\right)\right) \cdot L_{can} \qquad \text{..... 7. 23}$$

3.3. محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر بتطبيق نظريات التبريد:

بعد الحصول على المعطيات اللازمة لبداية عملية محاكاة السلوك المناخي وتقييم التعديل الحراري الناتج عن وجود المجالات الخضراء المحددة وفقا لكل ما سبق ذكره تنطلق عملية المحاكاة بتجريب ثلاث نظريات للتبريد الأكثر تكاملا والأكثر ملائمة للأقاليم الجافة ألا وهي: (أ) نظرية التبريد بالتظليـــــــل، (ب) نظرية التبريد بالتبخير و (ج) نظرية التبريد المركب.

1.3.3. نظرية التبريد بالتظليل:

تعتمد نظرية التبريد بالتظليل أساسا على ظاهرة طبيعية تسمى ظاهرة مفعول التبريـــــــــــد (Shashua-Bar and Hoffman, 2000)، هذه الظاهرة تقوم على مبدأ رئيسي و ثلاث متغيرات. فأما المبدأ فهو النقطة المرجعية the Reference Point و التي يجب أن تكون خارج المجال الأخضر بمسافة تفوق 50م و أن تكون خالية تماما من و جود أي أثر للمجال الأخضر، مع وجوب إستقبالها أكبر قدر ممكن من الأشعة الشمسية (Shashua-Bar and Hoffman, 2000). أما العوامل المؤثرة على مفعول التبريد فهي: نسبة تغطية الظلال، درجة الحرارة الأصلية ومفعول خصائص الموقع.

- **نسبة تغطية الظلال the Shading Coverage:**

نسبة تغطية الظلال تلعب دورا هاما في التأثير على العوامل المناخية، وهي تتعلق بكمية الظلال الناشئة والمرتبطة بدورها بشكل تيجان الأشجار، نوعها، أوراقها والتباعدات التي بينها وهو ما قيمناه ولقبناه سابقا بنسبة المجال المظلل PSA والتي قسمناها إلى قيمتين الظلال الساقطة على الأرضية PSA_r والظلال الساقطة على الجدران PSA_w.

- **درجة الحرارة الأصلية Background temperature**:

درجة الحرارة الأصلية مهمة جدا في عملية المقارنة بين النقطة المرجعية والموقع المراد دراسته وتحديد القيمة الحقيقية لتأثير المجال الأخضر وتأخذ قيمها من النموذج الأول أين تمت عملية تمثيل المناخ العمراني وتوقع درجة الحرارة داخل الوادي العمراني بدون تواجد المجالات الخضراء.

- **مفعول خصائص الموقع Site specifications:**

مفعول خصائص الموقع يجمع عدة خصائص أهمها : الشكل الهندسي للموقع، الخصائص الحرارية للموقع و خصائص الأشجار و المجال الأخضر بصفة عامة (Shashua-Bar and Hoffman, 2000).

أ. **تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المباشرة SR_dir Direct Short-wave Radiations:**

يتم تعديل العلاقات الرياضية المستعملة في النموذج الأول بإدخال نسبة المجال المشمس PSNA لتصبح معادلات تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المباشرة كما يلي:

$$SR_{dir\_w} = \begin{cases} SR_{dir\_b} \cdot \left[\frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_0}{\pi}\right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right] \cdot PSNA_w & if\ \gamma > \gamma_0 \\ SR_{dir\_b} \cdot \left[\frac{w_{can}}{h_{can}} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_0}{\pi}\right) + \frac{1}{2} \cdot \tan(\gamma) \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right] \cdot PSNA_w & if\ \gamma < \gamma_0 \end{cases}$$

..... 7. 24

$$SR_{dir\_r} = \begin{cases} 0 & if\ \gamma > \gamma_0 \\ \left(\frac{2 \cdot \theta_0}{\pi} - \frac{h_{can}}{w_{can}} \cdot \sin(\theta_0) \cdot \tan(\gamma) \cdot (1 - \cos(\theta_0))\right) \cdot SR_{dir\_b} \cdot PSNA_r & if\ \gamma < \gamma_0 \end{cases}$$

..... 7. 25

ب. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المشتتة SR_dif Diffused Short-wave Radiations:

يتم تعديل العلاقات الرياضية المستعملة في النموذج الأول بإدراج معامل رؤية السماء المصحح تحت تأثير المجال الأخضر لتصبح معادلات تقييم الأشعة المشتتة كما يلي:

$$SR_{dif\_w} = SR_{dif} \cdot SVF_{w\_new} \quad \text{..... 7. 26}$$

$$SR_{dif\_r} = SR_{dif} \cdot SVF_{r\_new} \quad \text{..... 7. 27}$$

ت. تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المنعكسة SR_ref Reflected Short-wave Radiations:

تبقى نفس المعادلات السابقة والمستعملة في النموذج الأول بإدراج معامل رؤية السماء المصحح تحت تأثير المجال الأخضر كما تصحح وتعمم قيم الألبيدو للطريق بين الطريق والمجال الأخضر:

$$SR^*_{ref\_r} = \frac{SR_{ref\_r}+\{(1-SVF_{r\_new})\cdot\alpha_{r\_cor}\cdot[SR_{ref\_w}+SVF_{w\_new}\cdot\alpha_w\cdot SR_{ref\_r}]\}}{1-[(1-2\cdot SVF_{w\_new})\cdot\alpha_w]+[(1-SVF_{r\_new})\cdot SVF_{w\_new}\cdot\alpha_{r\_cor}\cdot\alpha_w]} \quad \text{..... 7. 28}$$

$$SR^*_{ref\_w} = \frac{SR_{ref\_w}+SVF_{w\_new}\cdot\alpha_w\cdot SR_{ref\_r}}{1-[(1-2\cdot SVF_{w\_new})\cdot\alpha_w]+[(1-SVF_{r\_new})\cdot SVF_{w\_new}\cdot\alpha_{r\_cor}\cdot\alpha_w]} \quad \text{..... 7. 29}$$

أين:

$$SR_{ref\_r} = \alpha_{r\_cor}\cdot\left(SR_{dir\_r}+SR_{dif\_r}\right) \quad \text{..... 7. 30}$$

$$\alpha_{r\_cor} = \alpha_{veg}\cdot\left(GCR_{grass}+GCR_{shrubs}\right)+\alpha_r\cdot\left[1-\left(GCR_{grass}+GCR_{shrubs}\right)\right]$$
..... 7. 31

أين ألبيدو المجال الأخضر يقارب قيمة 0.25

ث. تقييم مجمل الأشعة قصيرة الأمواج الممتصة SR_abs Absorbed Short-wave Radiations

تبقى نفس المعادلات السابقة والمستعملة في النموذج الأول بإدراج معامل رؤية السماء المصحح تحت تأثير المجال الأخضر كما تصحح وتعمم قيم الألبيدو للطريق بين الطريق والمجال الأخضر:

$$\mathrm{SR}^*_r = \left(1-\alpha_{r\_cor}\right)\cdot SR_{dir_r}+\left(1-\alpha_{r_{cor}}\right)\cdot SR_{dif_r}+\left(1-\alpha_{r_{cor}}\right)\cdot \left(1-SVF_{r_{new}}\right)\cdot SR^*_{ref\_w} \quad \text{..... 7. 32}$$

$$\mathrm{SR}^*_w = (1-\alpha_w)\cdot SR_{dir_w}+(1-\alpha_w)\cdot SR_{dif_w}+(1-\alpha_w)\cdot\left(1-2\cdot SVF_{w\_new}\right)\cdot SR^*_{ref\_w}+(1-\alpha_w)\cdot SVF_{w\_new}\cdot SR^*_{ref\_r} \quad \text{..... 7. 33}$$

ج. تقييم الأشعة طويلة الأمواج LR_atm Long-wave Radiations:

تبقى نفس المعادلات السابقة والمستعملة في النموذج الأول بإدراج معامل رؤية السماء المصحح تحت تأثير المجال الأخضـــــــــر كما تصحح وتعمم قيم الألبيدو والإنبعاثية الحرارية للطريق بين الطريق والمجال الأخضر:

$$LR_r^* = \{E_{r\_cor} \cdot SVF_{r\_new} \cdot LR\downarrow\} - \{E_{r\_cor} \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4\} + \{E_{r\_cor} \cdot E_w \cdot (1 - SVF_{r\_new}) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_{r\_cor} \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - SVF_{r\_new}) \cdot SVF_{w\_new} \cdot LR\downarrow\} + \{E_{r\_cor} \cdot E_w \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - SVF_{r\_new}) \cdot (1 - 2 \cdot SVF_{w\_new}) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_{r\_cor} \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - SVF_{r\_new}) \cdot SVF_{w\_new} \cdot (E_{r\_cor} \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4)\} \quad \text{..... 7. 34}$$

$$LR_w^* = \{E_w \cdot SVF_{w\_new} \cdot LR\downarrow\} - \{E_w \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w \cdot SVF_{w\_new} \cdot (E_{r\_cor} \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4)\} + \{E_w^2 \cdot (1 - 2 \cdot SVF_{w\_new}) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w \cdot (1 - E_{r\_cor}) \cdot SVF_{r\_new} \cdot SVF_{w\_new} \cdot LR\downarrow\} + \{E_w \cdot (1 - E_w) \cdot SVF_{w\_new} \cdot (1 - 2 \cdot SVF_{w\_new}) \cdot LR\downarrow\} + \{E_w^2 \cdot (1 - E_w) \cdot (1 - 2 \cdot SVF_{w\_new})^2 \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w^2 \cdot (1 - E_{r\_cor}) \cdot SVF_{w\_new} \cdot (1 - SVF_{r\_new}) \cdot \sigma \cdot (T_w + 273.15)^4\} + \{E_w \cdot (1 - E_w) \cdot SVF_{w\_new} \cdot (1 - 2 \cdot SVF_{w\_new}) \cdot (E_{r\_cor} \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^4)\} \quad \text{..... 7. 35}$$

أين:

$$E_{r\_cor} = E_{veg} \cdot (GCR_{grass} + GCR_{shrubs}) + E_r \cdot [1 - (GCR_{grass} + GCR_{shrubs})] \quad \text{..... 7. 36}$$

ح. تقييم الطاقة المختزنة:

تقييم كمية الطاقة المختزنة يخضع لنفس العلاقة الرياضية المستعملة في النموذج الأول بدون أدنى تغيير إنما المستجد هو تغير قيم كمية الطاقة الإشعاعية والمحسوبة حسب العلاقات المذكورة سابقا، و بناءا على Grimmond and Oke (1999) فإن الطاقة المختزنة تقيم كما يلي:

$$Q_{st} = a_1 \cdot QR^* + a_2 \cdot \frac{\xi QR^*}{\xi t} + a_3 \quad \text{..... 7. 37}$$

$$\frac{\xi QR^*}{\xi t} = 0.5 \cdot [QR^*_{t+1} - QR^*_{t-1}] \quad \text{..... 7. 38}$$

خ. تقييم الطاقة الكامنة:

تقييم كمية الطاقة الكامنة يخضع لنفس العلاقة الرياضية المستعملة في النموذج الأول بدون أدنى تغيير إنما المستجد هو تغير قيم الثابت البسيكرومتري و: slope of the saturation vapor pressure آخذين بعين الإعتبار قيمة درجة الحرارة الجديدة أو المرجعية.

$$Q_{La} = \frac{\alpha}{1+(Pc_{cor}/Sl_{cor})} \cdot (QR^* - Q_{St}) + \beta \quad \text{..... 7. 39}$$

د. تقييم الطاقة المحسوسة:

تقييم كمية الطاقة المحسوسة يخضع لنفس العلاقة الرياضية المستعملة في النموذج الأول بدون أدنى تغيير إنما المستجد هو تغير قيم الثابت البسيكرومتري و: slope of the saturation vapor pressure آخذين بعين الإعتبار قيمة درجة الحرارة الجديدة أو المرجعية.

$$Q_{Sn} = \frac{(1-\alpha)+(Pc_{cor}/Sl_{cor})}{1+(Pc_{cor}/Sl_{cor})} \cdot (QR^* - Q_{St}) - \beta \quad \text{..... 7. 40}$$

2.3.3. نظرية التبريد بالتبخير:

تعتمد نظرية التبريد بالتبخير على ظاهرة طبيعية تسمى مفعول الواحة و الذي يعرف على أنه إنخفاض لحرارة مجال ما نتيجة مصدر مائي أو مصدر رطوبة معين (ماءا كان أو مجال أخضر) (Potchter et al, 2008)؛ بعض الباحثين يرجع هذه الظاهرة إلى مفعول التبريد بالتبخير كأعمال الباحث Oke (1987) أما البعض الآخر فيرجع الظاهرة إلى مفعول التبريد كأعمال Givoni (1991). حيث أن الباحث Potchter et al (2008) أثبت أن مصدر مائي معزول في وسط إقليم جاف نجده دائما أبرد من المحيط المجاور له و هي نظرية تعتمد عموما على مفهوم رئيسي هو التبخر/نتح.

أ. تقييم كمية التبخر/نتح المحتملة ET0:

عملية التبخير تعود إلى ظاهرة تدعى التبخر/نتح و التي لها العشرات من الطرق و العلاقات الرياضية التي تمكننا من تقييمها، في هذا النموذج سنستعمل أحدث علاقة رياضية معدلة و التي من شأنها تقييم قيم التبخر/نتح المحتملة *ET0* لكل ساعة بناءا على العلاقة الشهيرة المعدلة لـ Penman-Monteith (*FAO, 2017b*) أين جاءت المعادلة كما يلي:

$$ET0 = \frac{0.408 \cdot Sl \cdot (QR^* - HFD) + Pc \cdot \frac{37.5}{T+273} \cdot WS \cdot (VPS - VP)}{Sl + Pc \cdot (1 + 0.34 \cdot WS)} \quad \text{..... 7. 41}$$

مع الذكر أن المعطيات التالية تحول بناءا على الوحدات التالية:

- VPS و VP تقيمان بـ kPa
- Pc و Sl تقيمان بـ kPa/C°
- HFD و QR^* تقيمان بـ $MJ/m^2 \cdot Hour$
- $ET0$ تقيم بـ $mm/hour$

أين كثافة التدفق الحراري HFD يقيم بالاعتماد على الناقلية الحرارية للنبات kv و كثافة التشبع ببخار الماء SVD حسب المعادلة التالية (Cherkauer, 2009):

$$HFD = -kv \cdot SVD \quad \text{..... 7. 42}$$

أما كثافة التشبع ببخار الماء SVD فتقيم حسب المعادلة التالية (Easycalculation, 2017):

$$SVD = \frac{18}{0.0623665 \cdot (T+273.15)} \cdot Ps(Ta) \quad \text{..... 7. 43}$$

أين:

$$Ps(T) = (0.61078 \cdot 7.501) \cdot e^{(17.2694 \cdot Ta/(238.3+Ta))} \quad \text{..... 7. 44}$$

ب. تقييم كمية التبخر/نتح الحقيقية:

لنصل في النهاية لتقييم كمية التبخر/نتح الحقيقية داخل المجالات الخضراء ET التي تقيم بناءا على ثلاثة معطيات:(أ) كمية التبخر/نتح المحتملة ET0، (ب) المساحة المزروعة GCA و (ج) المعامل الزراعي Kc (Crop Coefficient) ، و إستنادا على Saxena (2002) فإن كمية التبخر/نتح الحقيقية تقيم حسب المعادلة التالية:

$$ET = ET0 \cdot Kc \cdot GCA \quad \text{..... 7. 45}$$

أين Kc في الأقاليـــــــــم الجافـــــــــة يأخذ قيمة 0.5 و ذلك حسب التصنيف المناخي للباحث (Dennis R. Pittenger, 2017).

ت. تقييم كمية الطاقة الكامنة:

تتغير كميات الطاقة المضطربة داخل الفضاء العمراني بوجود المجالات الخضراء و ذلك لأنها تستهلك كمية من تدفقات الطاقة لأجل عملية التبخر/نتح و التي تقيم بـ 28.6 W/m2 لكل mm من بخار الماء (FAO, 2017a) و بناءا على ذلك فإن كمية الطاقة الكامنة الجديدة تقيم حسب المعادلة التالية:

$$Q_{La\_new} = Q_{La} + (ET \cdot 28.36) \quad \text{..... 7. 46}$$

ث. تقييم كمية الطاقة المحسوسة:

كمية الطاقة المستهلكة في عملية التبخر/نتح تضاف إلى كمية الطاقة الكامنة وتحذف من كمية الطاقة المحسوسة أي أن المجال الأخضر يستهلك الطاقة المحسوسة لأجل تبريد الهواء وهو ما يؤثر إيجابا على الراحة الحرارية الخارجية وبناءا على ذلك فإن كمية الطاقة المحسوسة الجديدة تقيم حسب المعادلة التالية:

$$Q_{Sn\_new} = Q_{Sn} - Q_{La\_new} \quad \text{..... 7. 47}$$

3.3.3. نظرية التبريد المركب:

تعتمد الفكرة الأساسية لنظرية التبريد المركب على ترابط و تسلسل نظريتي التبريد بالتظليل و التبريد بالتبخير أين تنطلق العملية الأساسية بتقييم درجة حرارة المجال العمراني تحت تأثير المجال الأخضر بناءا على نظرية التبريد بالتظليل، و من ثم إستعمالها لتقييم كميات التبخر/نتح لأجل الحصول على نسبة الرطوبة داخل الفضاء العمراني تحت تأثير المجال الأخضر و كميات الطاقة المضطربة الجديدة التي ستستعمل لتقييم درجة الحرارة من جديد لكن هذه المرة بإستعمال نظرية التبريد بالتبخير فالإعتماد في الأول و الأخير يعود إلى العلاقات الرياضية المبينة سابقا و الخاصة بتقييم التعديل المناخي تحت تأثير المجالات الخضراء بإستعمال كل من نظريتي التبريد بالتظليل و التبريد بالتبخير لكن حسب المراحل التالية:

- **تطبيق نظرية التبريد بالتظليل لحساب ما يلي:**
  - ✓ تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المباشرة.
  - ✓ تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المشتتة.
  - ✓ تقييم الأشعة قصيرة الأمواج المنعكسة.
  - ✓ تقييم مجمل الأشعة قصيرة الأمواج الممتصة.
  - ✓ تقييم الأشعة طويلة الأمواج.
  - ✓ تقييم الطاقة المختزنة.
  - ✓ تقييم الطاقة الكامنة.
  - ✓ تقييم الطاقة المحسوسة.
  - ✓ تقييم درجة حرارة الهواء.

- **إستنادا إلى النتائج المتحصل عليها من تطبيق نظرية التبريد بالتظليل نقوم بتطبيق نظرية التبريد بالتبخير لحساب ما يلي:**
  - ✓ تقييم كمية التبخر/نتح المحتملة ET0.
  - ✓ تقييم كمية التبخر/نتح الحقيقية.
  - ✓ تقييم كمية الطاقة الكامنة.
  - ✓ تقييم كمية الطاقة المحسوسة.
  - ✓ تقييم الرطوبة النسبية.
  - ✓ تقييم درجة الحرارة.

4. تقييم الراحة الحرارية الخارجية:

وكمرحلة ختامية وبعد الوصول إلى تقييم خصائص الهواء على مستوى الوادي العمراني تحت تأثير المجالات الخضراء يقوم النموذج SPUCAL في النهاية بتقييم مستويات الراحة الحرارية فيه بإستعمال 12 مؤشرا حراريا السابقة، الأدق وهي: HUMIDEX, WBGT, DI, CPI, TEK, ET, C_Fergus, HI, TSP, TS_GIVONI, TEP, TS_Cheng لكن هذه المـــــــــــــــرة تحت تأثير المجالات الخضراء.

ولتسهيل عملية القراءة والتحليل قمنا بتطوير 03 مؤشرات تحليلية وإدراجها في النموذج لتصبح خاتمته وهي مؤشـــــــــــرات تربط بين حالة الراحة الحرارية قبل وبعد إستعمال المجالات الخضراء وهي كالتالي:

- +INC : و هو مؤشر يعطي قراءة بأن هناك تعديل مناخي إيجابي لكن لم يصل إلى حدود الراحة الحرارية و هذا طبعا حسب المؤشر الحراري المختار.
- -DEC: و هو مؤشر يعطـــــــــــــــي قراءة بأن هناك تعديل مناخي سلبي و هذا طبعا حسب المؤشر الحراري المختار.
- Comf: و هو مؤشر يعطي قراءة بأن هناك تعديل مناخي إيجابي وصل إلى حدود الراحة الحرارية و هذا طبعا حسب المؤشر الحراري المختار.

خاتمة:

يعتبر هذا الفصل خاتمة العمل الرياضي لتطوير النموذج SPUCAL_veg الخاص بمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء ومدى تأثيرها على المناخ العمراني والراحة الحرارية الخارجية بالأقاليم الجافة أين إعتمدنا في تطويره على إنشاء فكرة جديدة تعتمد على نظام مساعدة الحاسوب لأخذ القرارات Computer aided decision.

لأجل هذا وليكون النموذج على مستوى عال من الدقة في التوقعات المناخية وأن يتلاءم وطبيعة مناخ الأقاليم الجافة والصحاري على وجه الخصوص قمنا بالإعتماد في تطويره على 47 علاقة رياضية، فيزيائية منها 13 معادلة تعتبر الأدق مقارنة بنظيراتها في الساحة العلمية بالإضافة إلى تعديل 17 علاقة رياضية أخرى قصد تلائمها مع أهداف النموذج كما قمنا بتطوير 17 معادلة وعلاقة رياضية وفيزيائية جديدة تستعمل لأول مرة في ميدان المناخ العمراني دائما لأجل تحقيق أهداف هذا البحث وتأقلم النموذج مع مناخ الأقاليم الجافة. و (الشكل 7.7) يوضح خوارزمية النموذج أين نجد البنيـــــــــــــــة العامة له مع المراحل خطوة بخطوة من إدخال خصائـــــــــــــــص المجال العمراني إلى توقع الراحة الحرارية تحت تأثير المجال الأخضر بإستعمال 12 مؤشرا حراريا.

الشكل 7. 7. خوارزمية النموذج SPUCAL_veg. المصدر. الباحث.

الفصل الثامن

تقديم عينات الدراسة وتحديد سيناريوهات التجربة

We must never make experiments to confirm our ideas, but simply to control them

-- claude bernard--

تمهيد:

سنحاول في هذا العمل القيام بتجربة محاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر لمعرفة مدى تأثيره على المناخ العمراني والراحة الحرارية، لأجل ذلك وتطبيقا لأهداف هذا البحث وقع الاختيار على مدينة المغير لتكون محطة لهذه التجربة بصفتها أحد أكبر واحات وادي ريغ والتي من خلال تحليل أصناف الوديان العمرانية فيها نتحصل على العينات النموذجية المرجوة.

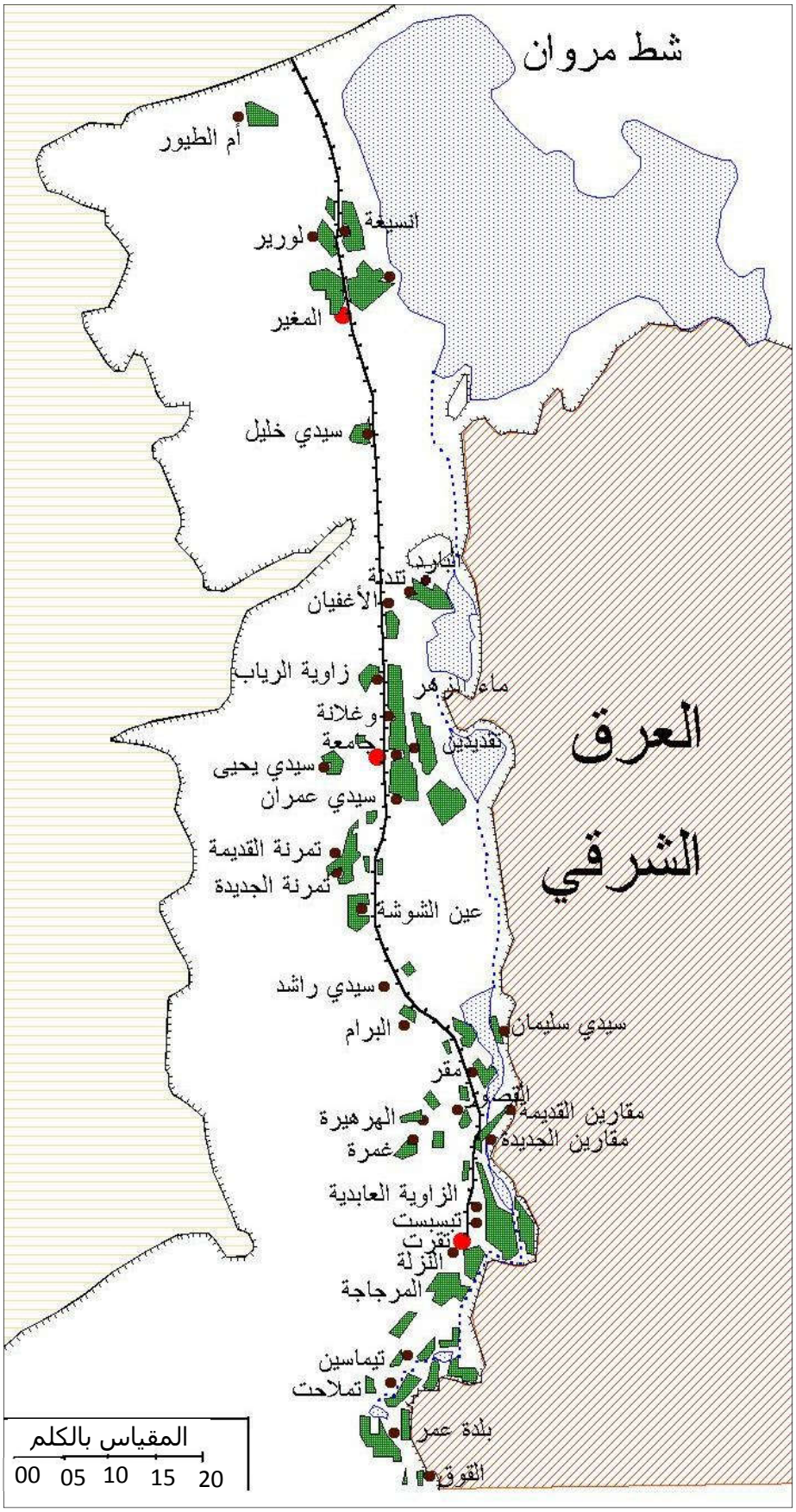
1. تقديم منطقة الدراسة:

يعتبر وادي ريغ أحد المناطق الجغرافية الشهيرة بشمال الصحراء الكبرى أو بلاد العطش كما أطلق عليها Fasi (1994)، و يقع تحديدا شمال شرق الصحراء الجزائرية أو ما تسمى بالصحراء المنخفضة، و هو منطقة غنية بالمياه الجوفية مما سمح بنشأة شبكة من الواحات المتوزعة خطيا من الجنوب إلى الشمال (خليفة, 2011) على مسافة تقارب 170 كلم بين دائرتي عرض 32.54°و 34.9° شمالا (أحريز, 2003) ، جغرافيا يحده من الشمال وادي الزاب، من الجنوب وادي ميه، من الشرق وادي سوف و غربا منطقة الحجيرة (بن صغير حضري 2014).

تاريخيا فإن وادي ريغ ليس اسم وادي معين إنما اسم منطقة جغرافية و قد أطلق هذا الاسم في وقت قريب كما ذكر ذلك العلامة الشيخ عبد المجيد بن حبة قائلا " فإن كل من تحدث عنه من المؤرخين يقتصرون على تسميته ريغ أو أرض ريغ و يسميه بن خلدون ريغة ... و ريغ كلمة بربرية تعني السبخة " (خليفة, 2011). في وقت مضى كان وادي ريغ مركز إنطلاق قوافل و وصول أخرى، فقد ربط السكان القدامى علاقات تجارية هامة وصلت إلى تونس، المغرب، السودان و حتى الحجاز (خليفة, 2011).

من وجهة نظر مناخية فأكثر من 06 أشهر معدل درجة الحرارة أعلى من 20 °م و كمية الأمطار المستلمة لا تصل إلى 100 ملم في السنة (METEONORM, 2017) رغما أنه متموقع على بعد 300 كلم من الساحل، إنما تموقعه في وسط حوض إرتوازي ضخم مكون من طبقات مائية الواحدة فوق الأخرى و أقربها إلى السطح هي من سمحت باستصلاح الأراضي الصحراوية و نشوء الواحات فيه منذ عدة قرون (أحريز, 2003).

و ينقسم وادي ريغ إلى ثلاث تجمعات نخيل كبرى هي المغير في الشمال, جامعة في الوسط و تقرت في الجنوب (الشكل 1.8) بمساحة تفوق 20.000 هكتار تحوي أكثر من 3.000.000 نخلة مما يجعلها أكبر تجمعات النخيل في الصحراء الكبرى، و المسافة بين كل مدينة مذكورة حوالي 50 كم و هي مسافة مدروسة بحث تقدر برحلة يوم واحد ما يؤكد دورها كمحطات لراحة القوافل (خليفة, 2011).

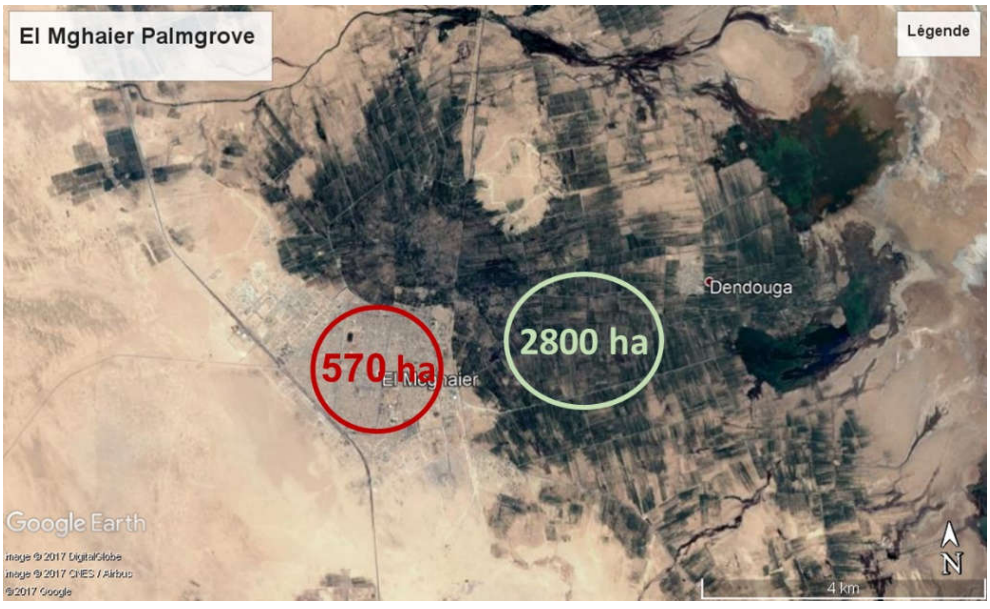


الشكل 1.8. خريطة واحات وادي ريغ. المصدر. أحريز (2003).

1.1. مدينة المغير:

تقع مدينة المغير في شمال وادي ريغ وهي إحدى واحاته الثلاث الكبرى مع جامعة وتقرت؛ حاليا هي مقر البلدية، الدائرة وأيضا ولاية منتدبة، فلكيا تقع على تقاطع دائرة العرض 33.98 شمالا وخط الطول 5.91 شرقا بإرتفاع 03 أمتار عن سطح البحر، يقطنها 74000 ألف ساكن وتتربع المدينة على 570 هكتار كمساحة عمرانية تابعة لها 2800 هكتار كتلة خضراء كلها غابات نخيل (الشكل 2.8). تاريخيا أسست عام 937 م على يد سيدي مبارك الصائم (بن عون, 2011)، و أصل تسميتـــــــها إختلف فيه الكثير.

أما مناخيا وحسب مؤشرات ومقاييس Emberger و DE Martonne فهي إقليم صحراوي جاف بشتاء معتدل. فبالنسبة لدرجة الحرارة فحوالي 07 أشهر من السنـــــــــة يفوق المعدل الحراري 20 C°، بفارق حراري سنوي يتعدى 35 C°، درجة الحرارة القصـــــــوى المسجلة كانت بحـدود 41 C° (الجدول 1.8). الرطوبة النسبية تنزل إلى حدود 18% و هي نسبة خطيرة صحيا إلى حد كبير ما لم تصاحبها مصادر رطوبية محلية أخرى كما يصل أقصاهـا صيفا 42% فقط (الجدول 1.8)؛ بالنسبة لحركة الهواء فهي تهب بسرعات بطيئة على العموم بخلاف حالات شاذة لا يقاس عليها، أين تراوحت سرعة الرياح بين 2.5 م/ثا كأدنى حد و 4.1 م/ثا كأقصاها في شهر ماي، بالنسبة لإتجاهات الهبوب فاعتمادا على المعطيات المناخية فمن شهر أكتوبر إلى شهر ماي أي بمعدل 08 أشهر تهب بزاوية 234° إلى 270° أي رياح جنوبية غربية إلى غربية، بالإضافة إلى 03 أشهر جوان، جويلية و أوت بزاوية 76° أي شمالية شرقية و شهر وحيد و هو شهر سبتمبر بزاوية 117° أي جنوبية شرقية. التساقطات ضئيلة جدا أين المجموع السنوي 70ملم فقط (METEONORM, 2017).



الشكل 8. 1. مخطط توضيحي لمدينة المغير مع مساحة النخيل التابعة لها.
المصدر الباحث بتصرف عن Google_Earth (2017) .

الجدول 8. 1. المعطيات المناخية لمنطقة وادي ريغ حسب محطة الأرصاد الجوية سيدي ماضي.
المصدر. (2017) .METEONORM

	1st Time	2nd Time	Tmax	Tmin	Hmax	Hmin	WS	WO	Rain
January	07:00	15:00	15,92	5,36	88	44	2,6	253	21
February	07:00	15:00	18,76	7,31	74	33	2,8	270	1
March	07:00	16:00	24,25	11,94	62,5	25,9	3,6	270	6
April	06:00	16:00	27,68	15,57	56,9	23,7	4	270	7
May	06:00	16:00	33,28	21,05	50	21	4,1	234	2
June	06:00	16:00	37,44	24,92	45,4	18,6	3,4	76	1
July	06:00	16:00	41,3	28,68	42	18	3,2	76	1
August	06:00	16:00	40,28	27,81	47	20	3,1	76	4
September	06:00	15:00	34,3	22,28	60,7	28,2	3	117	7
October	07:00	15:00	30,13	18,34	67	29	2,7	270	7
November	07:00	15:00	21,65	10,4	80	35	2,5	270	6
December	07:00	15:00	17,54	6,81	85	41	2,7	270	7

2.1. دراسة مناخية لمدينة المغير:

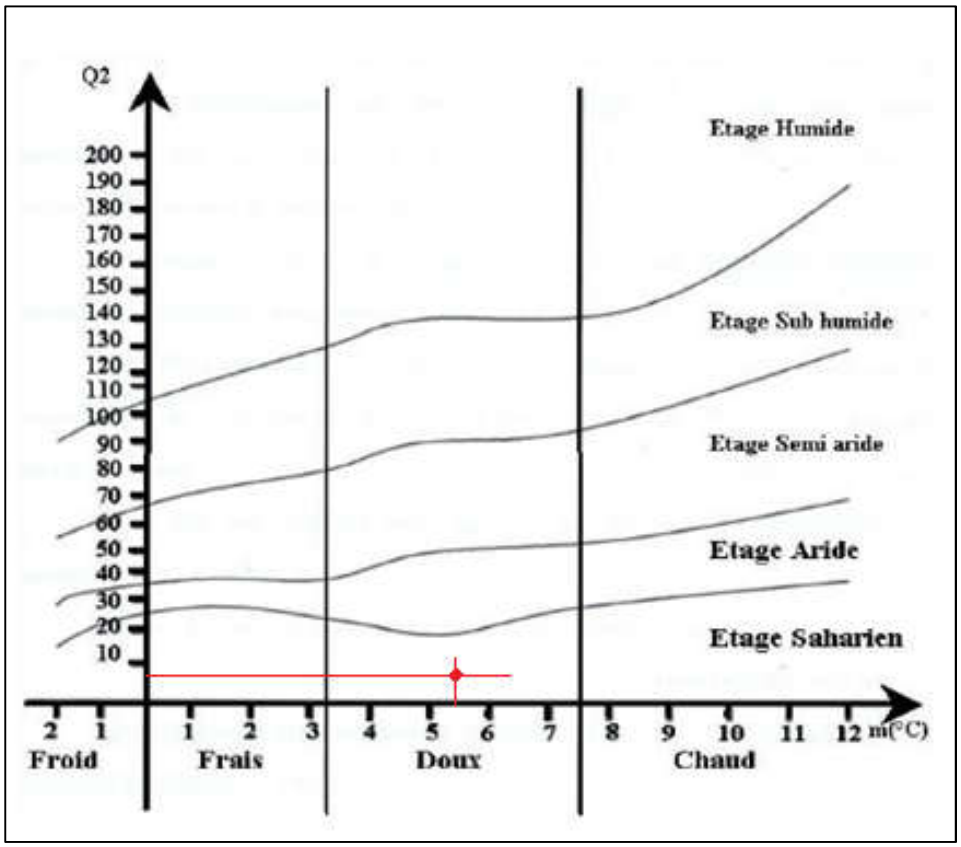
بناءا على المؤشرات والمقاييس المناخية الشهيرة والخاصة بتصنيف الأقاليم الجافة والصحاري فإن النتائج كانت كما يلي:

1.2.1. المؤشر البيومناخي لـ EMBERGER:

و يطلق عليه أيضا Rainfall Quotient of Emberger أو حاصل الأمطار لـ Emberger و هو أحد أشهر المؤشرات المناخية و المستعملة لدراسة و تصنيف الأقاليم بشمال أفريقيا و المناطق الجافة و شبه الجافة بصفة عامة و يقيم المؤشر Q2 حسب العلاقة التالية (Mokhtari et al, 2013):

$$Q_2 = \frac{2000 \cdot Rain}{(T_{\max\_max} + T_{\min\_min} + 546.4) \cdot (T_{\max\_max} - T_{\min\_min})} \quad \text{..... 8. 1}$$

أين كانت النتيجة بالنسبة لمدينة المغير 6.57 أي مناخ صحراوي بشتاء معتدل (الشكل 3.8).



الشكل 8. 2. مؤشر حاصل الأمطار لـ Emberger. المصدر. الباحث بصرف عن Amara et al (2017).

2.2.1. مؤشر الجفاف لـ DE MARTONNE:

يعتبر مؤشر الجفاف السنوي للباحث DE Martonne أحد أهم المؤشرات المتوفرة عالميا، و هو يعطي قراءة عامة حول حالة الجفاف بإقليم الدراسة و التي يصنفها من أقاليم صحراوية شديدة الجفاف أين I<5 إلى أقاليم رطبة أين I>40، و يقيم المؤشر حسب العلاقة التالية (Mokhtari et al, 2013):

$$I = \frac{Rain}{T_{ave}+10} \quad \text{..... 8. 2}$$

أين كانت النتيجة بالنسبة لمدينة المغير 2.14، أي إقليم صحراوي شديد الجفاف (الجدول 2.8)، أما شهريا فيقيم المؤشر حسب العلاقة التالية (Massenet, 2011):

$$I = \frac{12 \cdot Rain}{T_{ave}+10} \quad \text{..... 8. 3}$$

أين تبين النتائج أن شهرا واحدا هو شهر جانفي يعتبر جاف أما الباقي فهي شديدة الجفاف.

الجدول 8. 2. قيم مؤشر DE MARTONNE. المصدر. الباحث بتصرف عن Massenet (2011).

قيم I	نوعية المناخ	نوعية الإقليم
5 - 0	Hyper Arid	Absolute desert
10 - 5	Arid	desert
20 - 10	Semi-Arid	Steppe
30 – 20	Sub Humid	Forest
40 - 30	Humid	Forest
55 - 40	Humid	Large Forest

3.2.1. مؤشر الجفاف لـ BAGNOULS/GAUSSEN:

يعتبر مؤشر BGI أو Ombrothermic Index أحد المؤشرات المتبعة في دراسة مدى جفاف الأقاليم بشمال أفريقيا و ضواحي البحر الأبيض المتوسط، أين يترجم المؤشر إضطرابات التساقطات و علاقتها بدرجة الحرارة كما يبين المخطط Ombrothermic Chart (الشكل 4.8) المدة السنوية و التي يكون فيها إقليم الدراسة جاف أو $2T_{ave} > Rain$، و يقيم مؤشر BGI حسب العلاقة التالية (Mokhtari et al, 2013):

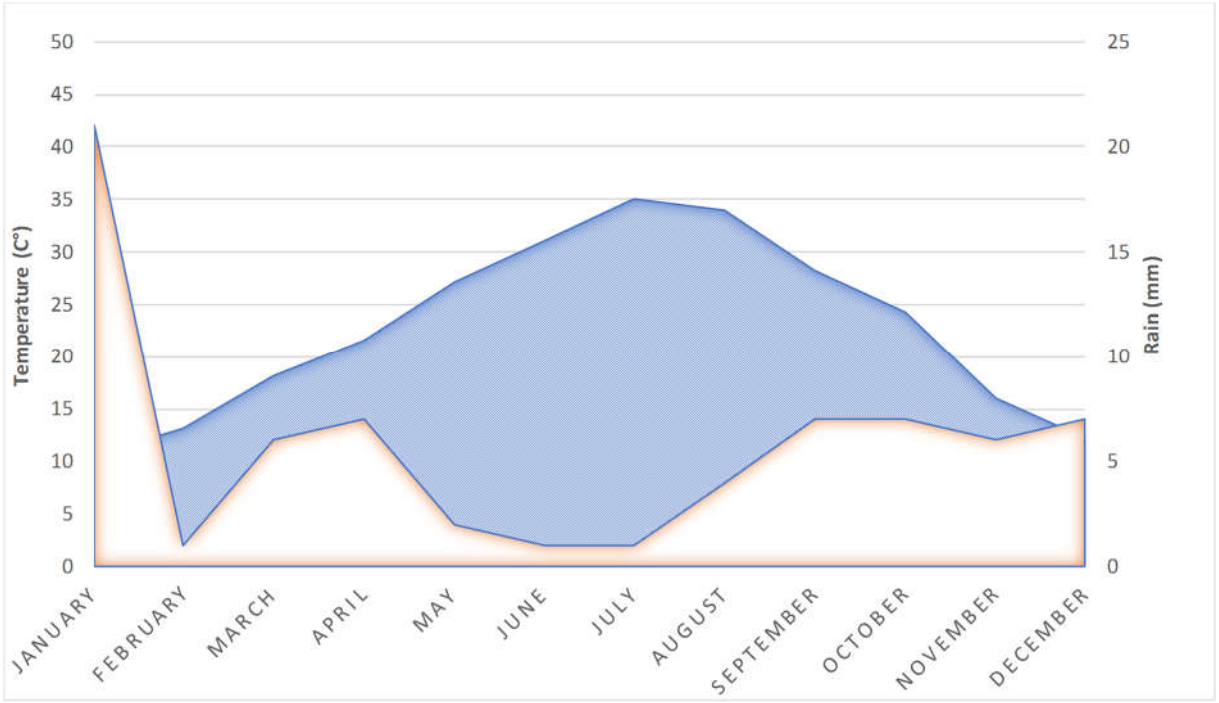
$$BGI = \frac{N+1}{12} \cdot \sum_{i=0}^{12}(2 \cdot T_i - Rain_i) \quad \text{..... 8. 4}$$

أين N هو عدد الأشهر الجافة في السنة أين $2T_{ave} > Rain$

الجدول 8. 3. قيم المؤشر BGI. المصدر. الباحث بتصرف عن Mokhtari et al (2013).

قيمة المؤشر BGI	المناخ
BGI < -50	Humid & Sub humid
-50 < BGI < 150	Semi-arid
150 < BGI < 350	Arid
BGI > 350	Hyper arid

أين كانت النتيجة لمدينة المغير 512 أي إقليم شديد الجفاف.



الشكل 8. 3. مخطط Gaussen الحراري لمنطقة وادي ريغ. المصدر. الباحث.

4.2.1. مؤشر التساقطات لـ MORAL:

يصنف مؤشر التساقطات لـ Moral الأقاليم بين جافة ورطبة بناءا على نسبة التساقطات، فإذا كانت قيمة المؤشر أقل من 01 فإن المنطقة تعتبر جافة و إن كانت اكبر من 01 فإن المنطقة تصنف رطبة و يقيم مؤشر Moral حسب العلاقة التالية (Lebourgeois, 2010):

$$I_M = \frac{Rain}{T_{ave}^2 - 10 \cdot T_{ave} + 200} \quad \text{..... 8. 5}$$

فكانت النتيجة بالنسبة لمدينة المغير 0.14 أي المنطقة جافة إلى شديدة الجفاف.

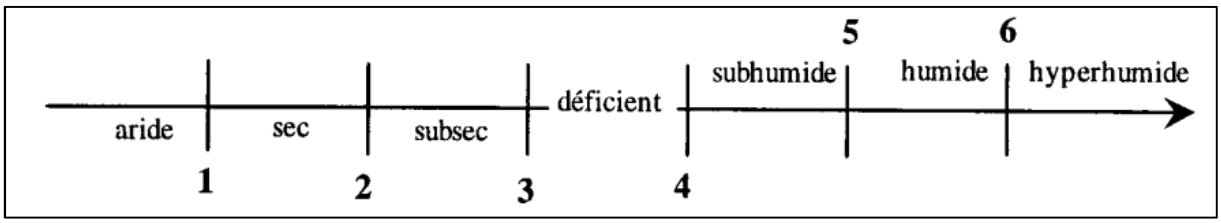
5.2.1. مؤشر الجفاف الصيفي لـ GIACOBBI:

هو احد المؤشرات البسيطة و الدقيقة و يعبر عن درجة جفاف الفصل الصيفي و يعتبر فصل الصيف جافا إذا كانت قيمة المؤشر أقل من 7، وهو يقيم بالعلاقة بين مجموع التساقطات الصيفية و معدل أقصى درجة حرارية مسجلة في فصل الصيف (Lebourgeois, 2010). وكانت النتيجة لمنطقة الدراسة 0.12 وهي قيمة تكاد تكون منعدمة مما يؤكد على جفافها خلال الفترة الصيفية.

6.2.1. مؤشر الأمطار لـ LANG:

يعتبر مؤشرLang أول مؤشر يربط بين نسبـــــــــــة التساقطات ودرجات الحرارة وله مقياس من 07 درجات تصنـــــــــــف به الأقاليـــــــــــم من جافة إلى رطبة جدا. و يقيم حسب العلاقة التالية (Lebourgeois, 2010):

$$I_L = \frac{Rain}{T_{ave}} \quad \text{..... 8. 6}$$



الشكل 8. 4. مقياس مؤشر Lang. المصدر. (2010) Lebourgeois.

أين كانت النتيجة السنوية 0.25 أي في أدنى درجات السلم، اما شهريا فلم تسجل إلا قيمة 2 في شهر جانفي والذي يعتبر شهرا شبه جاف إلى قليل الجفاف بخلاف 11 شهرا الأخرى التي سجلت مؤشراتها قيم متدنية أقل من 01.

2. إستخراج العينات:

تعتبر عملية إستخراج العينات من أجل القيام بالتجربة العلمية عملية هامة جدا لما يجب أن تتميز به من دقة وعناية، وفي عملنا هذا حاولنا تصنيف جملة من المعايير التي من شأنها تحديد نوعية وكم العينات، وإستنادا إلى أهم الأعمال العلمية في ميدان المناخ العمراني وتطبيقا لأهداف هذا البحث إخترنا معياري النسبة الهندسية للوديان العمرانية وتوجيهها كمعيارين رئيسيين للتصنيف.

1.2. تصنيف الوديان العمرانية في مدينة المغير:

قبل الإنطلاق في عملية إنتقاء العينات، قمنا بتصنيف للوديان العمرانية الموجودة في المدينة ككل بإتباع معيارين للتصنيف: (أ) النسبة الهندسية (Hcan/Wcan) و (ب) التوجيه. وبعد عملية التحليل توصلنا إلى النتائج التالية:

- **بالنسبة لمعيار التوجيه:**

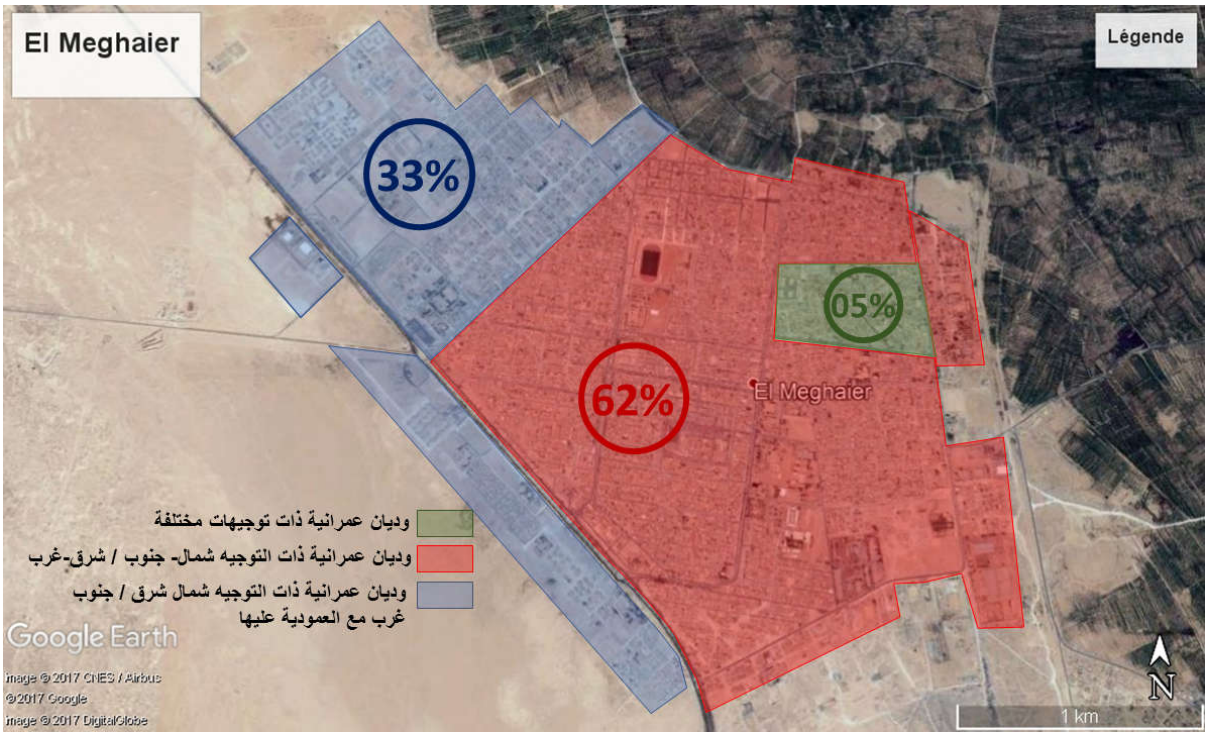
المدينة تتبع المخطط الشطرنجي بنسبة 98% مما يجعلنا نتحدث عن الثنائيات في التوجيه بطريقة مباشرة، والنتائج النهائية المرفقة في (الشكل 6.8) كانت كما يلي:

- ✓ 62% من الوديان العمرانية ذات إتجاه يقارب شمال – جنوب مع الوديان العمودية شرق – غرب.
- ✓ 33% من الوديان العمرانية ذات إتجاه جنوب شرق- شمال غرب مع الوديان العمودية عليها بإتجاه شمال شرق – جنوب غرب.
- ✓ 5% المتبقية عبارة عن الوديان العمرانية ذات الإتجاهات المختلفة الأخرى.

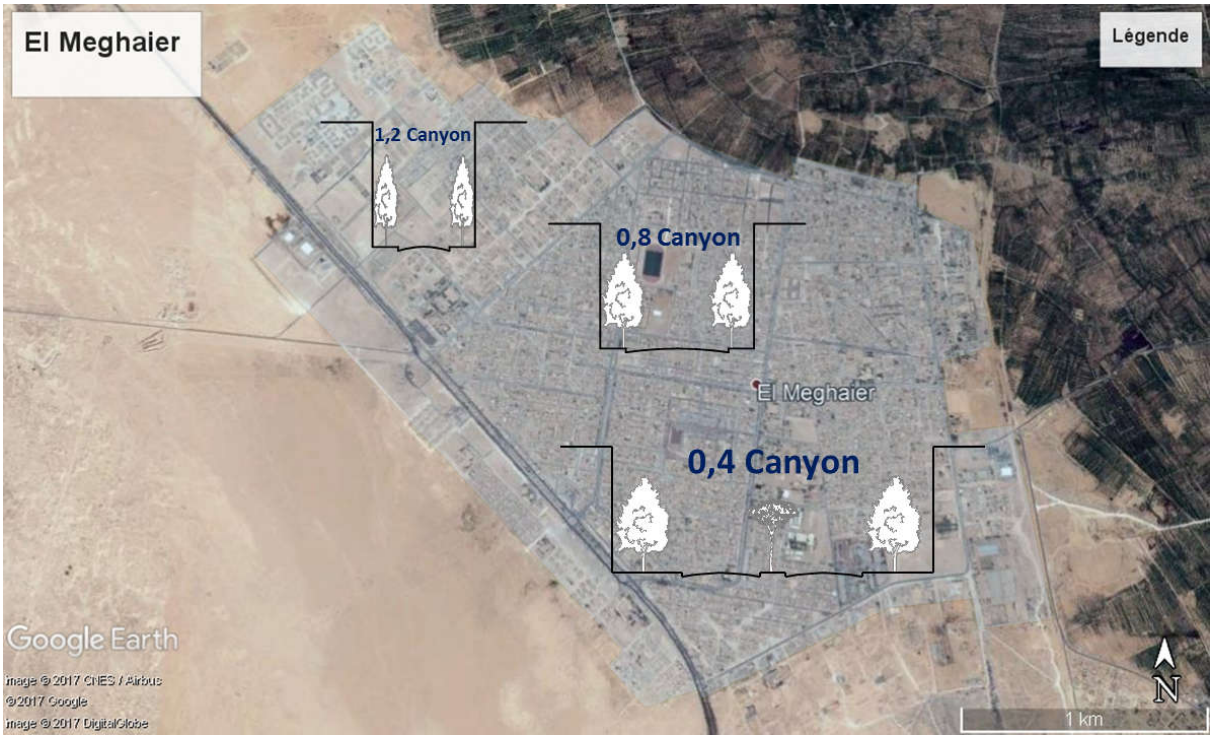
- **بالنسبة لمعيار النسبة الهندسية:**

الوديان العمرانية في المدينة تخضع بنسبة 98% إلى 03 نسب هندسية وهذا راجع إلى أن مدينة المغير مدينة مخططة حديثا بنسبة تفوق 95% بعد فيضانات 1969، مع إرتفاع مباني بين طابق أول وطابق ثاني كأقصى حد وتؤول النسبة العظمى منها إلى مباني ذات الطابقين بمعدل ارتفاع 10 أمتار وكانت النتائج كما يلي (الشكل 7.8):

- ✓ وديان عمرانية ذات نسبة هندسية 0.4 ومعدل عرض الوادي 25 م.
- ✓ وديان عمرانية ذات نسبة هندسية 0.8 ومعدل عرض الوادي 12.5 م.
- ✓ وديان عمرانية ذات نسبة هندسية 1.2 ومعدل عرض الوادي 8 م.



الشكل 8. 5. نسب معيار توجيه الأودية العمرانية في مدينة المغير.
المصدر. الباحث بتصرف عن (Google_Earth (2017.



الشكل 8. 6. النسب الهندسية للوديان العمرانية بمدينة المغير. المصدر الباحث بتصرف عن (Google_Earth (2017.

2.2. إنتقاء العينات:

بناءا على التصنيفات السابقة الذكر وقع الاختيار على العينات النموذجية التالية:

✓ **العينة الأولى:**

تعبر الحالة الأولى عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسية في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب، أبعادها 10، 25، 150.

الشكل 8. 7. العينة AX بنسبة 0.4 وتوجيه شمال-جنوب. المصدر. الباحث بتصرف عن (2017) Google_Earth.

✓ **العينة الثانية:**

تعبر الحالة الثانية عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسية في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشرق-غرب، أبعادها 10، 25، 155.

الشكل 8. 8. العينة AY بنسبة 0.4 وتوجيه شرق-غرب. المصدر. الباحث بتصرف عن (2017) Google_Earth.

✓ **العينة الثالثة:**

تعبر الحالة الثالثة عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب، أبعادها 10، 12.5، 113.

الشكل 8. 9. العينة BX بنسبة 0.8 وتوجيه شمال-جنوب. المصدر. الباحث بتصرف عن (2017) Google_Earth.

✓ **العينة الرابعة:**

تعبر الحالة الرابعة عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشرق-غرب، أبعادها 10، 12.5، 85.

الشكل 8. 10. العينة BY بنسبة 0.8 وتوجيه شرق-غرب. المصدر. الباحث بتصرف عن (2017) Google_Earth.

✓ **العينة الخامسة:**

تعبر الحالة CX عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب، أبعادها 10، 08، 62.

الشكل 8. 11. العينة CX بنسبة 1.2 وتوجيه شمال-جنوب. المصدر. الباحث بتصرف عن (2017) Google_Earth.

✓ **العينة السادسة:**

تعبر الحالة CY عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشرق-غرب، أبعادها 10، 08، 62.

الشكل 8. 12. العينة CY بنسبة 1.2 وتوجيه شرق-غرب. المصدر. الباحث بتصرف عن (2017) Google_Earth.

3. تحديد سيناريوهات التجربة:

إستنادا إلى تصنيف الوديان العمرانية على أساس نسبتها الهندسية وللضرورة العلمية وقع الإختيار على ثلاث عينات ذات النسب الهندسية 0.4، 0.8 و1.2؛ ولكل عينة إتجاهين مختلفين شمال-جنوب وشرق-غرب لنتحصل حاليا على ست حالات مختلفة. وفي كل حالة سنقوم بمحاكاة السلوك المناخي للمجال الأخضر حسب النسبة المستعملة من GCR بمعدل تزايد 20% فكانت كما يلي: 0%، 20%، 40%، 60%، 80% و100% لنحصل على 36 سيناريو مختلف هاته السيناريوهات التي ستطبق على ثلاث نظريات تبريد مختلفة: (التبريد بالتظليل، التبريد بالتبخير والتبريد المركب) لنتحصل في الختام على 108 سناريو مختلف. وللسيطرة على هذا الكم من السيناريوهات سنقوم بتنظيمها وفقا للمخطط العاملي Factorial Plan الذي يمكننا من تشفيرها والسيطرة عليها فكانت النتيجة النهائية لكل السيناريوهات مبينة في (الجدول 4.8) أين توصلنا في ختام التجربة إلى تحليل 03 عينـــات، 06 إحتمالات، 108 سيناريو، 660 مخطط بياني و165888 قيمة رياضية.

الجدول 8. 4. المخطط العاملي (Factorial Plan) لتحديد سيناريوهات التجربة. المصدر. الباحث.

		Cases	A		B		C	
		H/W	0,4		0,8		1,2	
			H	w	H	W	H	w
			10	25	10	12,5	10	8
		Orientation	X	Y	X	Y	X	Y
theories			NS (8°)	EO (98°)	NS (8°)	EO (98°)	NS (8°)	EO (98°)
Shading cooling	0	0%	1	19	37	55	73	91
	1	20%	2	20	38	56	74	92
	2	40%	3	21	39	57	75	93
	3	60%	4	22	40	58	76	94
	4	80%	5	23	41	59	77	95
	5	100%	6	24	42	60	78	96
Evaporative Cooling	0	0%	7	25	43	61	79	97
	1	20%	8	26	44	62	80	98
	2	40%	9	27	45	63	81	99
	3	60%	10	28	46	64	82	100
	4	80%	11	29	47	65	83	101
	5	100%	12	30	48	66	84	102
Combined Cooling	0	0%	13	31	49	67	85	103
	1	20%	14	32	50	68	86	104
	2	40%	15	33	51	69	87	105
	3	60%	16	34	52	70	88	106
	4	80%	17	35	53	71	89	107
	5	100%	18	36	54	72	2^2	1

4. مراحل سير التجربة:

تمر هذه التجربة عبر عدة مراحل متسلسلة تطبيقا لمنهج العملية في التمثيل أين كانت المراحل الرئيسية كما يلي:

1.4. المرحلة 01:

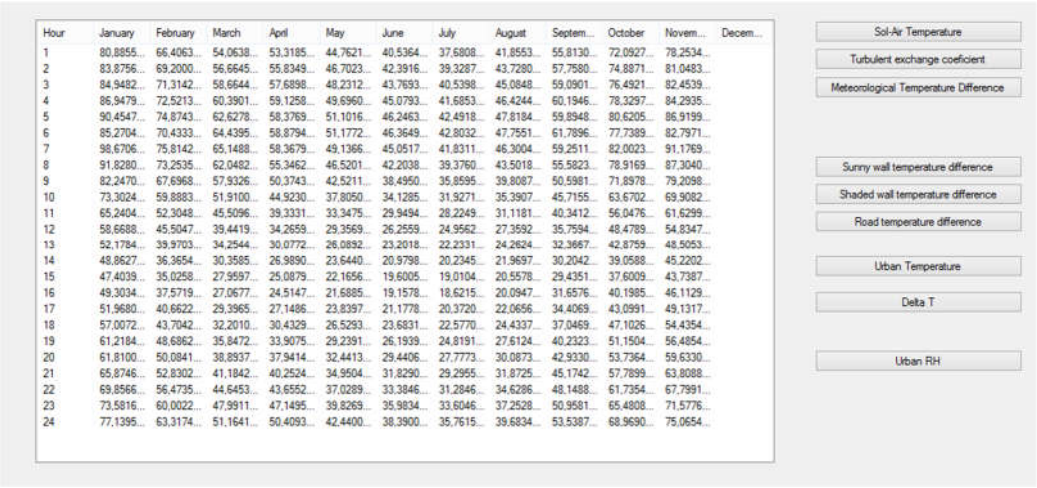
إدخال مختلف المعطيات المناخية، وخصـــائص الموقع من درجة الحرارة، الرطوبة النســـبية، ســـرعة الهواء، إتجاه الرياح، كمية التســـاقطات، الموقع الفلكي والضـــغط الجوي كل هاته المعطيات مستخلصـة من الموقع المتخصـص METEONORM والمبينة أعلاه في (الجدول 1.8)؛ بالإضـافة إلى خصـائص الوادي العمراني المراد دراسـته أين أبعاده H_{can}، W_{can} و L_{can} وتوجيهه مقارنة بالشـمال وكانت خصائص العينات كما هو مبين في (الجدول 5.8).

الجدول 8. 5. الخصائص الهندسية لعينات الدراسة. المصدر. الباحث.

	AX	AY	BX	BY	CX	CY
Hcan	10	10	10	10	10	10
Wcan	25	25	12,5	12,5	8	8
Lcan	150	155	113	85	62	62
Orientation	8°	98°	8°	98°	8°	98°

2.4. المرحلة 02:

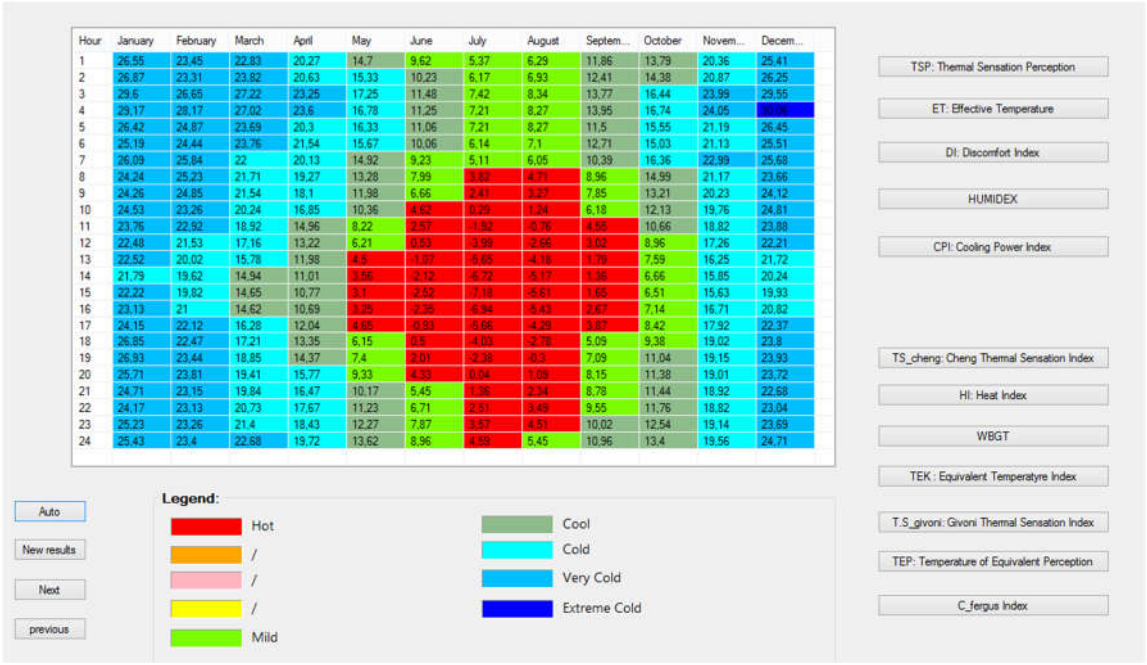
تمثيل المناخ العمراني بالوصول إلى كل القيم المحددة بالنموذج الرياضي من: الأشعة الشمسية والأرضية، تدفقات الطاقة المضطربة من المحسوسة، الكامنة والمختزنة مرورا بتقييم معدلات سرعة الهواء ووصولا إلى تقييم درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخل المجال العمراني (الشكل 14.8).



الشكل 8. 13. أحد صفحات عملية المحاكاة بإستخدام نموذج SPUCAL. المصدر. الباحث.

3.4. المرحلة 03:

تقييم الراحة الحرارية الخارجية بناءا على 12 مؤشرا حراريا والتي من شأنها التعامل مع معطيات الأقاليم الجافـــــة وهي: CPI، HUMIDEX، DI، ET، TSP، WBGT، C-Fergus، TEP، TS-Cheng، TS-Givoniو TEK لنتحصل على خرائط لونيـــــــــــــــة من شأنها تسهيل عملية القراءة (الشكل 15.8).



الشكل 8. 14. عملية تقييم الراحة الحرارية الخارجية بإستخدام 12 مؤشرا حراريا مختلفا. المصدر. الباحث.

4.4. المرحلة 04:

إختيار شكل المجال الأخضـــــــــــــــــــر أين يقترح النموذج الأشكال التالية: Fountain, Columnar, Vase, Pyramidal, Rounded Head, Spreading, هذا بالإضافـــــــــــــة إلى Grass & shrubs (الشكل 16.8)، نوعه ومساحته وهذا بمساعدة وتوجيه من النمـــــــــــوذج الرياضي (الشكل 17.8)؛ أين كانت إختياراتنا العامة تتعلق بنماذج متوسطة الآداء للوصول إلى نتائج متقاربة من الكل إلى حد كبير والمبينة في (الجدول 6.8).

الشكل 8. 15. أشكال المجالات الخضراء والأشجار المقترحة من النموذج SPUCAL. المصدر. الباحث.

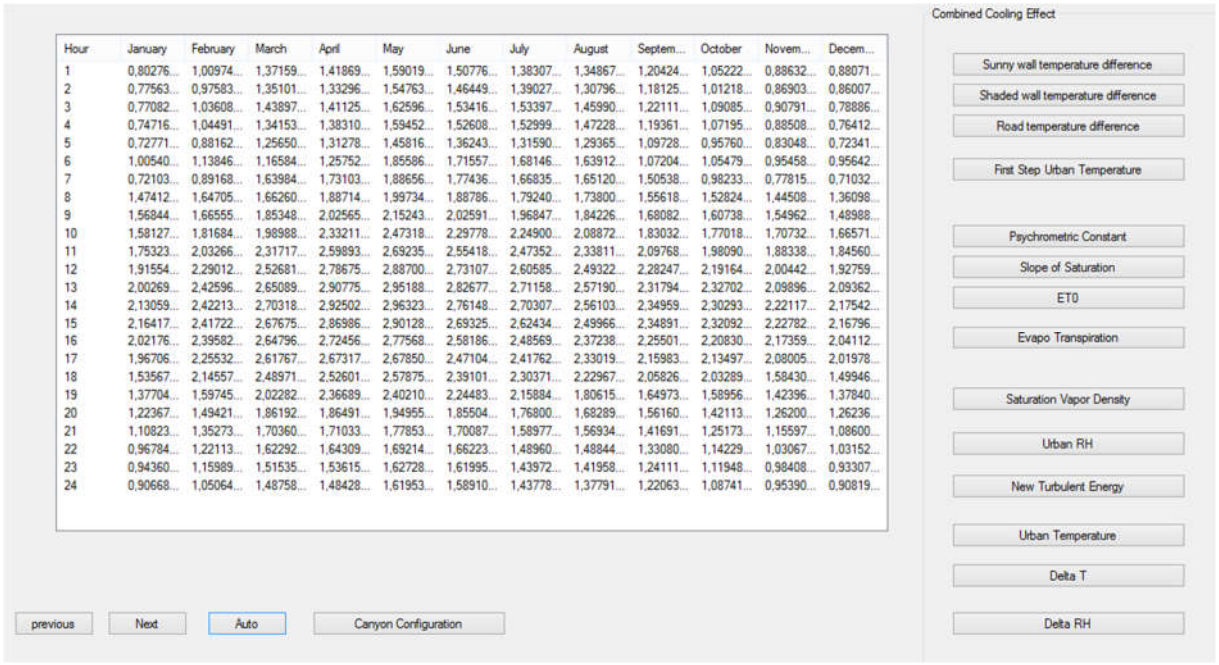
الشكل 8. 16. تقييم GCR او نسب المجال الأخضر من المجال العام بإستخدام النموذج SPUCAL. المصدر. الباحث.

الجدول 8. 6. بنية الوادي العمراني وخصائص المجالات الخضراء المنتقاة للتجربة. المصدر. الباحث.

	AX	AY	BX	BY	CX	CY
Middle Ground	with	with	NO	NO	NO	NO
side walk	>3	>3	<3	<3	<1	<1
Type	spreading	spreading	rounded	rounded	columnar	columnar
Species	Arizona	Arizona	Texas ash	Texas ash	Norway	Norway
grass	YES	YES	NO	NO	NO	NO

5.4. المرحلة 05:

تمثيل المناخ العمراني من جديـــــد لكن هذه المرة تحت تأثير المجال الأخضر المختار في المرحلة السابقة حسب كل نظريات التبريد (بالتظليل، بالتبخير و المركب) بالوصـــــــــــــول إلى حساب كل القيم المحسوبة سابقا في المرحلة 02، و هذا حسب نســـــــــــــب GCR المحددة مسبقا 0%، 20%، 40%، 60%، 80% و 100% أين نتحصل على قيم SVF_{wall}، SVF_{road}، GCR_{grass}، GCR_{tree_road} و GCR_{tree_wall} عند كل نسبة و لكل حالة حسب ما هو مبين في الجداول (7.8) إلى غاية (12.8).



Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	Septem...	October	Novem...	Decem...
1	0,80276...	1,00974...	1,37159...	1,41869...	1,59019...	1,50776...	1,38307...	1,34867...	1,20424...	1,05222...	0,88632...	0,88071...
2	0,77563...	0,97583...	1,35101...	1,33296...	1,54763...	1,46449...	1,39027...	1,30796...	1,18125...	1,01218...	0,86903...	0,86007...
3	0,77082...	1,03608...	1,43897...	1,41125...	1,62596...	1,53416...	1,53397...	1,45990...	1,22111...	1,09085...	0,90791...	0,78886...
4	0,74716...	1,04491...	1,34153...	1,38310...	1,59452...	1,52608...	1,52999...	1,47228...	1,19361...	1,07195...	0,88508...	0,76412...
5	0,72771...	0,88162...	1,25650...	1,31278...	1,45816...	1,36243...	1,31590...	1,29365...	1,09728...	0,95760...	0,83048...	0,72341...
6	1,00540...	1,13846...	1,16584...	1,25752...	1,85586...	1,71557...	1,68146...	1,63912...	1,07204...	1,05479...	0,95458...	0,95642...
7	0,72103...	0,89168...	1,63984...	1,73103...	1,88656...	1,77436...	1,66835...	1,65120...	1,50538...	0,98233...	0,77815...	0,71032...
8	1,47412...	1,64705...	1,66260...	1,88714...	1,99734...	1,88786...	1,79240...	1,73800...	1,55618...	1,52824...	1,44508...	1,36098...
9	1,56844...	1,66555...	1,85348...	2,02565...	2,15243...	2,02591...	1,96847...	1,84226...	1,68082...	1,60738...	1,54962...	1,48988...
10	1,58127...	1,81684...	1,98988...	2,33211...	2,47318...	2,29778...	2,24900...	2,08872...	1,83032...	1,77018...	1,70732...	1,66571...
11	1,75323...	2,03266...	2,31717...	2,59893...	2,69235...	2,55418...	2,47352...	2,33811...	2,09768...	1,98090...	1,88338...	1,84560...
12	1,91554...	2,29012...	2,52681...	2,78675...	2,88700...	2,73107...	2,60585...	2,49322...	2,28247...	2,19164...	2,00442...	1,92759...
13	2,00269...	2,42596...	2,65089...	2,90775...	2,95188...	2,82677...	2,71158...	2,57190...	2,31794...	2,32702...	2,09896...	2,09362...
14	2,13059...	2,42213...	2,70318...	2,92502...	2,96323...	2,76148...	2,70307...	2,56103...	2,34959...	2,30293...	2,22117...	2,17542...
15	2,16417...	2,41722...	2,67675...	2,86986...	2,90128...	2,69325...	2,62434...	2,49966...	2,34891...	2,32092...	2,22782...	2,16796...
16	2,02176...	2,39582...	2,64796...	2,72456...	2,77568...	2,58186...	2,48569...	2,37238...	2,25501...	2,20830...	2,17359...	2,04112...
17	1,96706...	2,25532...	2,61767...	2,67317...	2,67850...	2,47104...	2,41762...	2,33019...	2,15983...	2,13497...	2,08005...	2,01978...
18	1,53567...	2,14557...	2,48971...	2,52601...	2,57875...	2,39101...	2,30371...	2,22967...	2,05826...	2,03289...	1,58430...	1,49946...
19	1,37704...	1,59745...	2,02282...	2,36689...	2,40210...	2,24483...	2,15884...	1,80615...	1,64973...	1,58956...	1,42396...	1,37840...
20	1,22367...	1,49421...	1,86192...	1,86491...	1,94955...	1,85504...	1,76800...	1,68289...	1,56160...	1,42113...	1,26200...	1,26236...
21	1,10823...	1,35273...	1,70360...	1,71033...	1,77853...	1,70087...	1,58977...	1,56934...	1,41691...	1,25173...	1,15597...	1,08600...
22	0,96784...	1,22113...	1,62292...	1,64309...	1,69214...	1,66223...	1,48960...	1,48844...	1,33080...	1,14229...	1,03067...	1,03152...
23	0,94360...	1,15989...	1,51535...	1,53615...	1,62728...	1,61995...	1,43972...	1,41958...	1,24111...	1,11948...	0,98408...	0,93307...
24	0,90668...	1,05064...	1,48758...	1,48428...	1,61953...	1,58910...	1,43778...	1,37791...	1,22063...	1,08741...	0,95390...	0,90819...

الشكل 8. 17. أحد صفحات تمثيل المناخ العمراني بعد إدماج المجالات الخضراء بإستعمال نموذج SPUCAL.

المصدر. الباحث.

الجدول 8. 7. مختلف قيم SVF وGCR حسب السيناريوهات المختلفة للعينة AX. المصدر. الباحث.

ORIGINAL		AX0	AX1	AX2	AX3	AX4	AX5
0,68	SVF ROAD	0,68	0,6	0,52	0,44	0,36	0,28
0,4	SVF WALL	0,4	0,32	0,24	0,16	0,08	0
0,2	GCR GRASS	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
0,58	GCR TREE ROAD	0	0,116	0,232	0,348	0,464	0,58
1	GCR WALL	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

الجدول 8. 8. مختلف قيم SVF وGCR حسب السيناريوهات المختلفة للعينة AY. المصدر. الباحث.

ORIGINAL		AY0	AY1	AY2	AY3	AY4	AY5
0,68	SVF ROAD	0,68	0,6	0,52	0,45	0,37	0,3
0,4	SVF WALL	0,4	0,32	0,24	0,16	0,08	0
0,2	GCR GRASS	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
0,56	GCR TREE ROAD	0	0,112	0,224	0,336	0,448	0,56
1	GCR WALL	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

الجدول 8. 9. مختلف قيم SVF وGCR حسب السيناريوهات المختلفة للعينة BX. المصدر. الباحث.

ORIGINAL		BX0	BX1	BX2	BX3	BX4	BX5
0,48	SVF ROAD	0,48	0,43	0,38	0,34	0,29	0,24
0,32	SVF WALL	0,32	0,28	0,23	0,19	0,14	0,1
0	GCR GRASS	0	0	0	0	0	0
0,5	GCR TREE ROAD	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,69	GCR WALL	0	0,138	0,276	0,414	0,552	0,69

الجدول 8. 10. مختلف قيم SVF وGCR حسب السيناريوهات المختلفة للعينة BY. المصدر. الباحث.

ORIGINAL		BY0	BY1	BY2	BY3	BY4	BY5
0,48	SVF ROAD	0,48	0,43	0,39	34	0,29	0,24
0,32	SVF WALL	0,32	0,28	0,23	0,19	0,14	0,1
0	GCR GRASS	0	0	0	0	0	0
0,5	GCR TREE ROAD	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,69	GCR WALL	0	0,138	0,276	0,414	0,552	0,69

الجدول 8. 11. مختلف قيم SVF وGCR حسب السيناريوهات المختلفة للعينة CX. المصدر. الباحث.

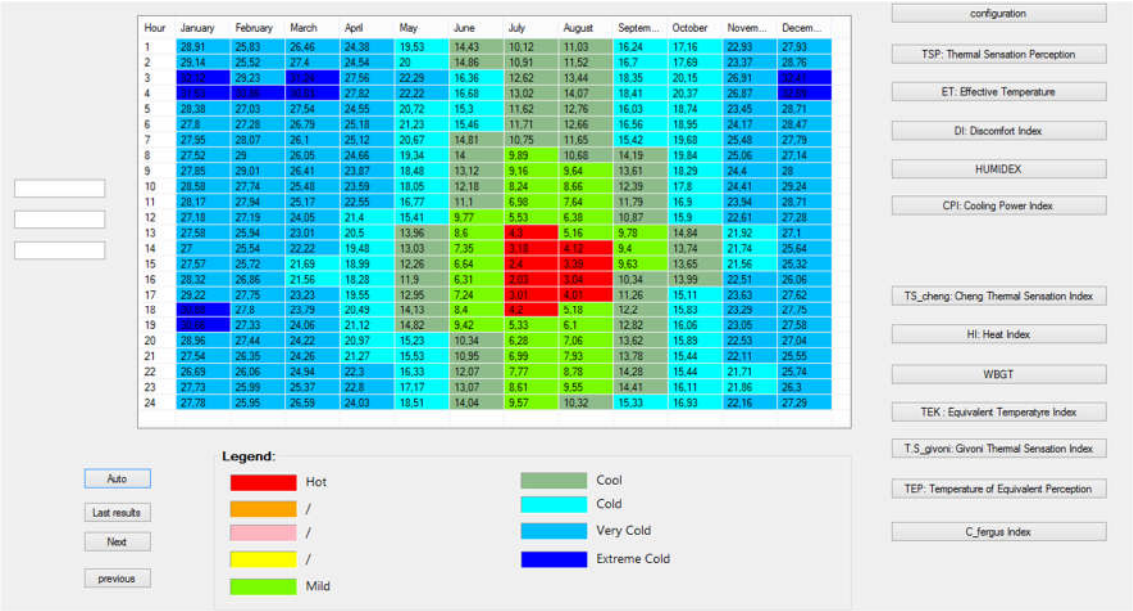
ORIGINAL		CX0	CX1	CX2	CX3	CX4	CX5
0,32	SVF ROAD	0,32	0,43	0,3	0,27	0,24	0,21
0,22	SVF WALL	0,22	0,28	0,19	0,15	0,11	0,07
0	GCR GRASS	0	0	0	0	0	0
0,39	GCR TREE ROAD	0	0,078	0,156	0,234	0,312	0,39
0,7	GCR WALL	0	0,14	0,28	0,42	0,56	0,7

الجدول 8. 12. مختلف قيم SVF وGCR حسب السيناريوهات المختلفة للعينة CY. المصدر. الباحث.

ORIGINAL		CY0	CY1	CY2	CY3	CY4	CY5
0,35	SVF ROAD	0,35	0,32	0,39	0,3	0,24	0,21
0,26	SVF WALL	0,26	0,22	0,23	0,19	0,11	0,08
0	GCR GRASS	0	0	0	0	0	0
0,39	GCR TREE ROAD	0	0,078	0,156	0,234	0,312	0,39
0,7	GCR WALL	0	0,14	0,28	0,42	0,56	0,7

6.4. المرحلة 06:

تقييم الراحة الحرارية الخارجية تحت تأثير المجال الأخضر بناءا على 12 مؤشرا حراريا السابق ذكرها في المرحلة 03 كما هو مبين في (الشكل 19.8).



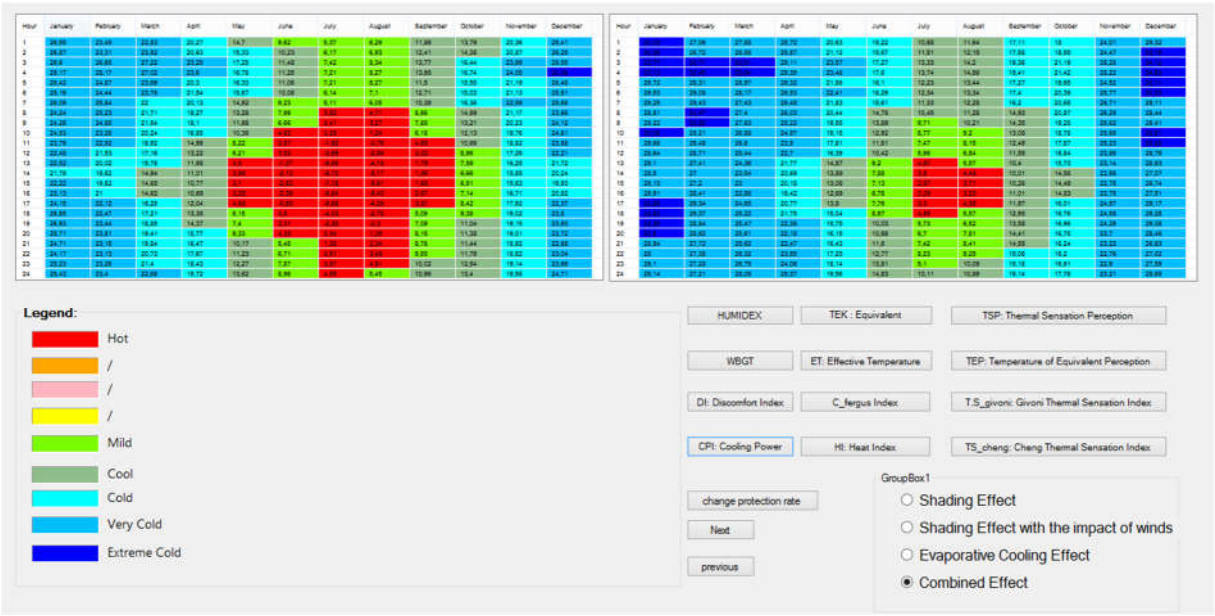
الشكل 8. 18. عملية تقييم الراحة الحرارية الخارجية بإستخدام 12 مؤشرا مختلفا تحت تأثير المجالات الخضراء.

المصدر. الباحث.

7.4. المرحلة 07:

القيام بدراسة مقارنية بين كل السيناريوهات المحددة مسبقا وتمر الدراسة عبر مرحلتين: دراسة بصرية أين يتم مقارنة الخرائط اللونية لمعرفة تفاصيل التعديل المناخي المطبق من المجـــــــال الأخضر (الشكل 20.8)، ومن ثم نمر إلى المقارنة الحسابية بإستعمال المؤشرات الحسابية المطورة في النموذج

(أنظر العنصر 4 من الفصل السابع) وهي +INC، -DEC وComf والتي من شأنها تزويدنا بالمعطيات اللازمة من أجل التحليل العام وإنشاء المنحنيات التجميعية (الشكل 21.8).

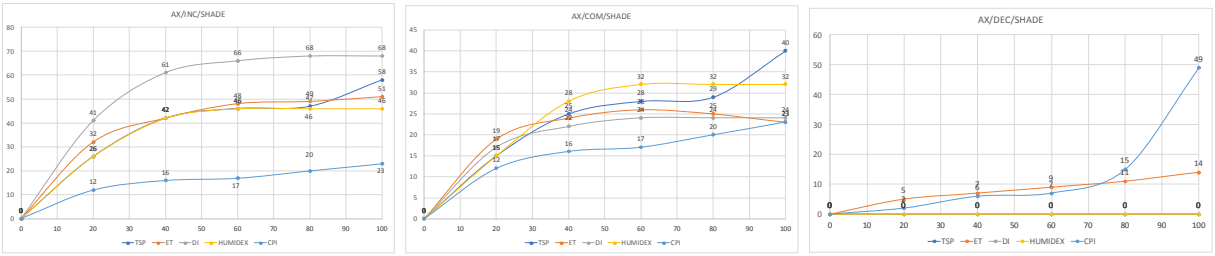


الشكل 8. 19. أحد صفحات النموذج SPUCAL تقدم دراسة مقارنية للراحة الحرارية الخارجية في الوادي العمراني قبل وبعد إستخدام المجالات الخضراء بإستخدام 12 مؤشرا حراريا مطبقا على 03 نظريات تبريد. المصدر. الباحث.

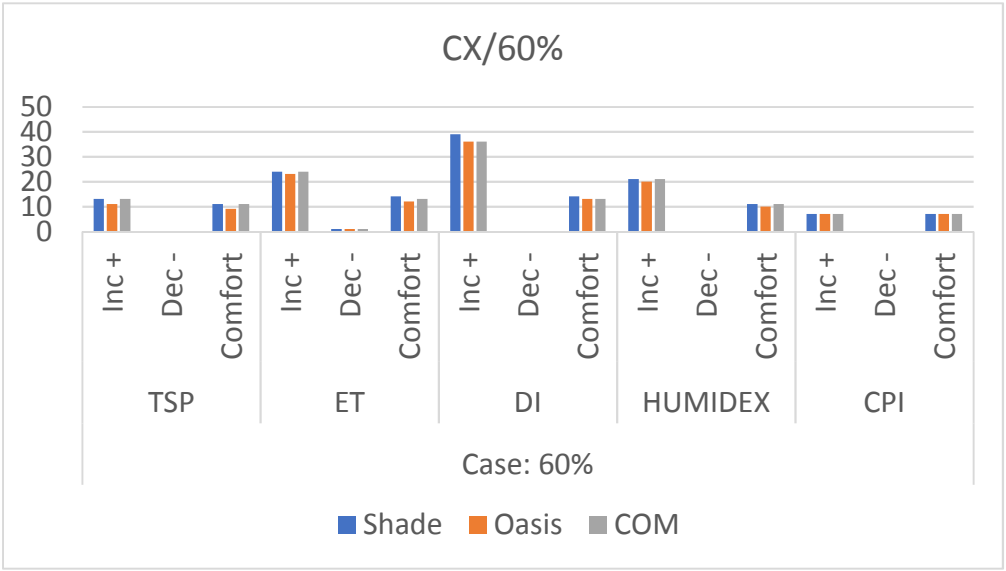
الشكل 8. 20. دراسة تحليلية يقوم بها النموذج SPUCAL لإظهار مؤشرات التحليل الثلاث +ENC، -DEC وCOMF. المصدر. الباحث.

8.4. المرحلة 08:

تلخيص النتائج في جداول ومنحنيات تجميعية من أجل تحليلها والوصول إلى قراءة عامة، اين نتحصل في كل حالة دراسة على جداول ومنحنيات تجمع بين كل المؤشرات الحرارية في كل نظرية على حدى (الشكل 22.8) وهذ من اجل الوصول إلى قيم التعديل المناخي، ومن ثم نتحصل أيضا على منحنيات بيانية أخرى تجمع كل المؤشرات الحرارية في كل النظريات وهذا من أجل الوصول إلى دراسة مقارنية بين دقة نظريات التبريد الثلاث (الشكل 23.8).



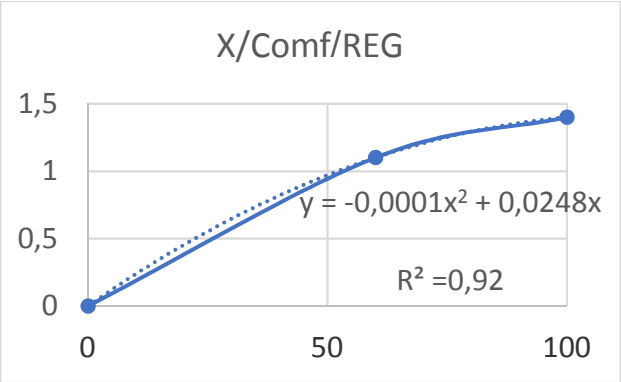
الشكل 8. 21. المخططات التوضيحية لمدى قدرة المجالات الخضراء على التعديل المناخي وفقا لمؤشرات التحليل الثلاث ENC+، DEC- وCOMF. المصدر. الباحث.



الشكل 8. 22. مخطط مقارني بين نظريات التبريد الثلاث المستخدمة في التجربة حسب مؤشرات التحليل الثلاث ENC+، DEC- وCOMF. المصدر. الباحث.

9.4. المرحلة 09:

الوصول إلى النتائج النهائية والتي تعتبر تتويج للتجربة التي قمنا بها أين قمنا بتطوير علاقات رياضية من شأنها التعبير عن أي حالة أخرى تتماثل مع النماذج المدروسة، هاته العلاقات تربط نسبة المجال الأخضر GCR مع آداءه الحراري وتقييم قدرته على التعديل المناخي (الشكل 24.8).

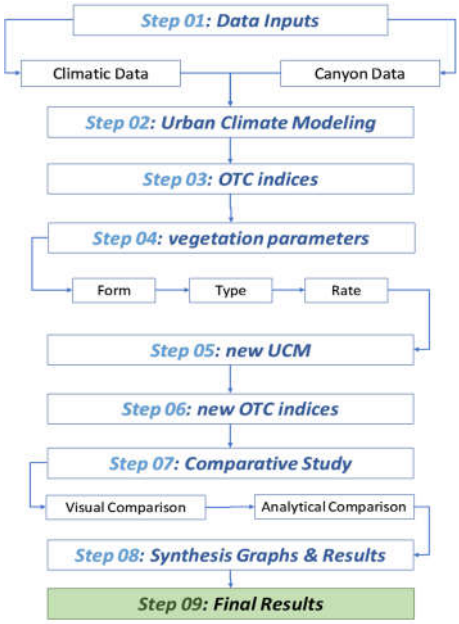


الشكل 8. 23. أحد المنحنيات النهائية التي تم تطويرها لتقييم مدى قدرة المجالات الخضراء على تعديل المناخ العمراني. المصدر. الباحث.

خاتمة:

يعتبر هذا القسم من البحث تحضيرا للتجربة العلمية التي سنقوم بها في الفصول الثلاث المتبقية أين قدمنا فيه منطقة الدراسة تقديمنا مناخيا مفصلا بالإستعانة بأشهر المؤشرات البيومناخية الخاصة بدراسة الأقاليم الصحراوية؛ ومن ثم قمنا بتحليل عمراني يعتمد على معياري النسبة الهندسية للوادي العمراني وتوجيهه لإستخراج العينات والتي صنفت إلى 03 أودية عمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4، 0.8 و1.2 وإتجاهين مختلفين شمال-جنوب وشرق-غرب.

ولتحديد سيناريوهات التجربة والتي ستتم بتجريب مختلف النسب المئوية من قيمة المجال المزروع GCR قمنا باللجوء إلى نظرية المخطط العاملي the Factorial Plan أين تحصلنا في النهاية على 108 سيناريو مختلف أثمرت بـ 660 مخطط بياني و165888 قيمة رياضية سنقوم بتحليلها ودراستها في الفصول القادمة، و (الشكل 25.8) يبين تسلسل المراحل العامة للتجربة.



الشكل 8. 24. المخطط العام للتجربة. المصدر. الباحث.

الفصل التاسع

الدراسة التجريبية
على العينة A

An experience is a question which science poses to nature, and a measurement is the recording of nature's answer

-- Max Planck --

تمهيد:

في هذا الجزء من البحث سنقوم بدراسة تجريبية لمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء على مستوى الوديان العمرانية ذات النسب الهندسية 0.4 بإتجاهاتها المختلفة.

1. الحالة AX:

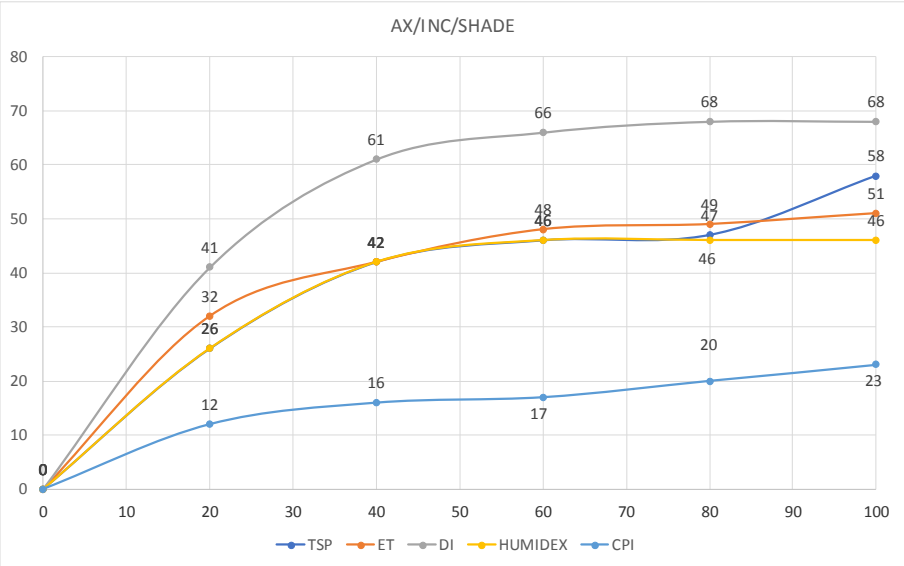
تعبر الحالة AX عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسية في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب.

1.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة AX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة AX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 1.9) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Inc+، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

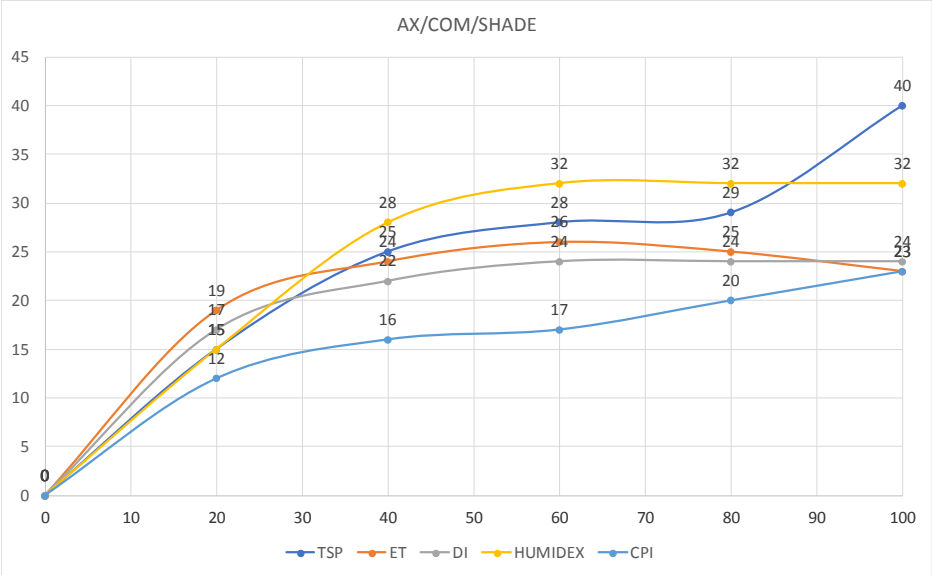
الجدول 9. 1. نتائج الحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	26	0	15	32	5	19	41	0	17	26	0	15	12	2	12
40	42	0	25	42	7	24	61	0	22	42	0	28	16	6	16
60	46	0	28	48	9	26	66	0	24	46	0	32	17	7	17
80	47	0	29	49	11	25	68	0	24	46	0	32	20	15	20
100	58	0	40	51	14	23	68	0	24	46	0	32	23	49	23



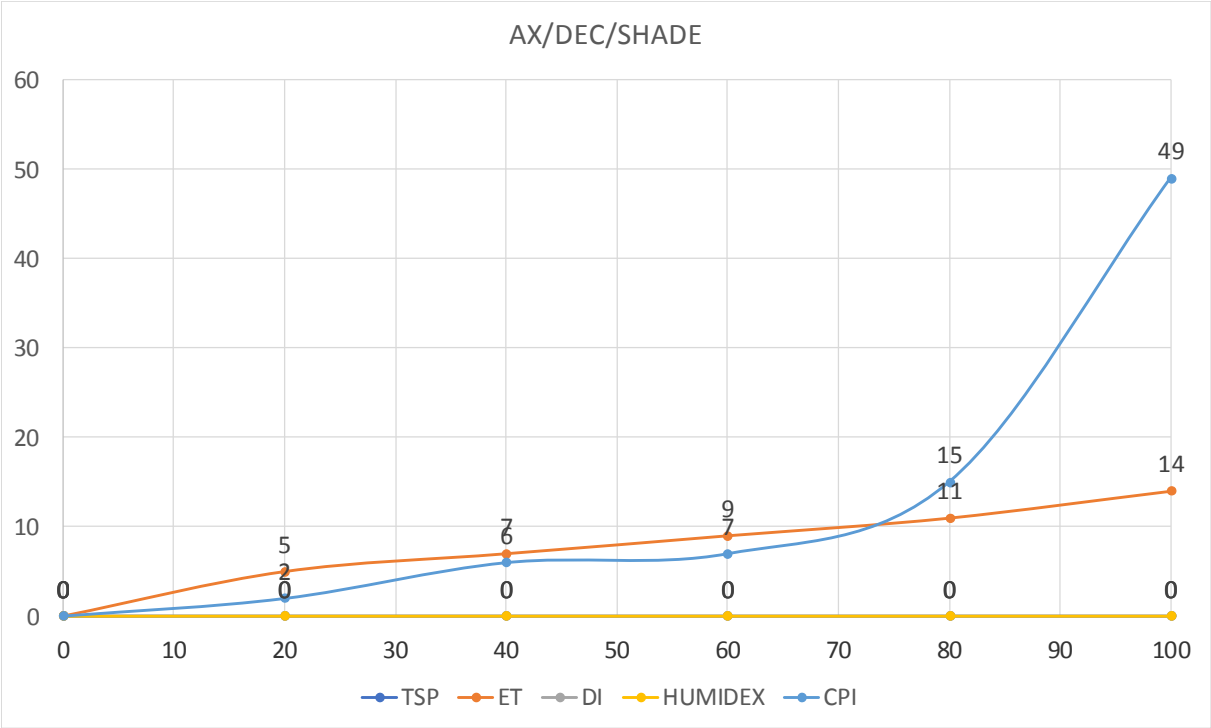
الشكل 9. 1. نتائج المؤشر Inc+ للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 1.9) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 66 ساعة عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 68 ساعة فقط في 40% المتبقية؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 48 ساعة عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 51 ساعة فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايد التأثير الإيجابي حتى 58 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 23 ساعة عند النسبة 100%.



الشكل 9. 2. نتائج المؤشر Comf للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 2.9) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات TSP، ET، DI وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتروح بين 24 و32 ساعة في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 40 ساعة عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين DI وHUMIDEX ثبات ملحوظ في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% اما مؤشر ET فيبين تراجعا طفيفا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة. في الوقت الذي يقدم فيه مؤشر CPI مستويات ضعيفة في بداية العملية مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصول إلى نفس قيم التأثير الإيجابي عند النسبة 100%.



الشكل 9. 3. نتائج المؤشر Dec- للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

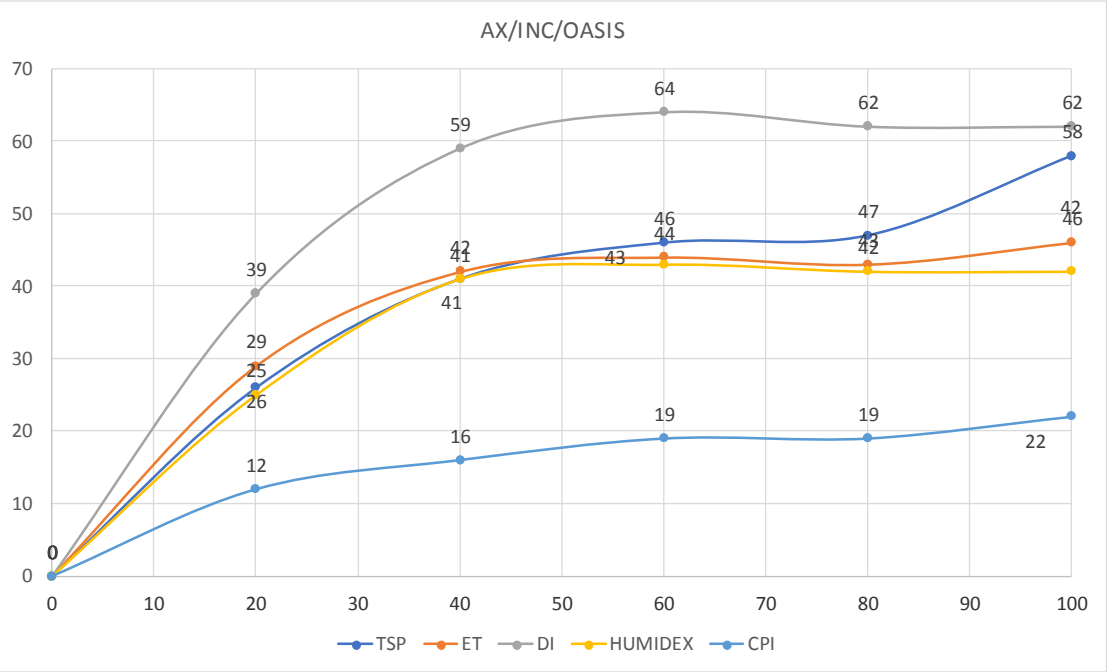
- يمثل (الشكل 3.9) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP، DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 14 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 70% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 49 ساعة عند النسبة 100%.

2.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة AX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة AX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 2.9) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Dec- ،Inc+ وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

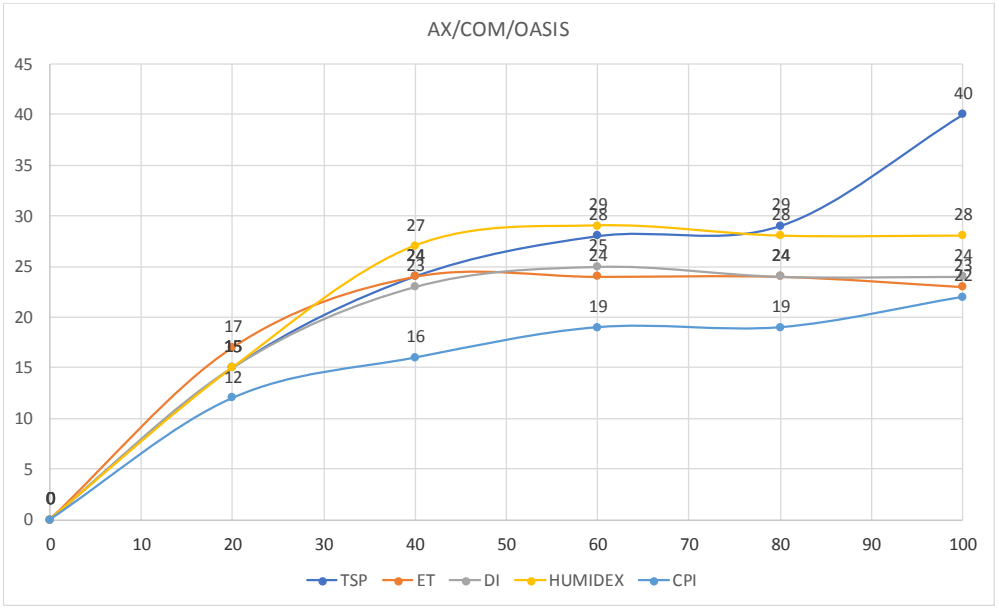
الجدول 9. 2. نتائج الحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	26	0	15	29	5	17	39	0	15	25	0	15	12	2	12
40	41	0	24	42	9	27	59	0	23	41	0	27	16	6	16
60	46	0	28	44	9	24	64	0	25	43	0	29	19	7	19
80	47	0	29	43	11	24	62	0	24	42	0	28	19	16	19
100	58	0	40	46	17	23	62	0	24	42	0	28	22	43	22



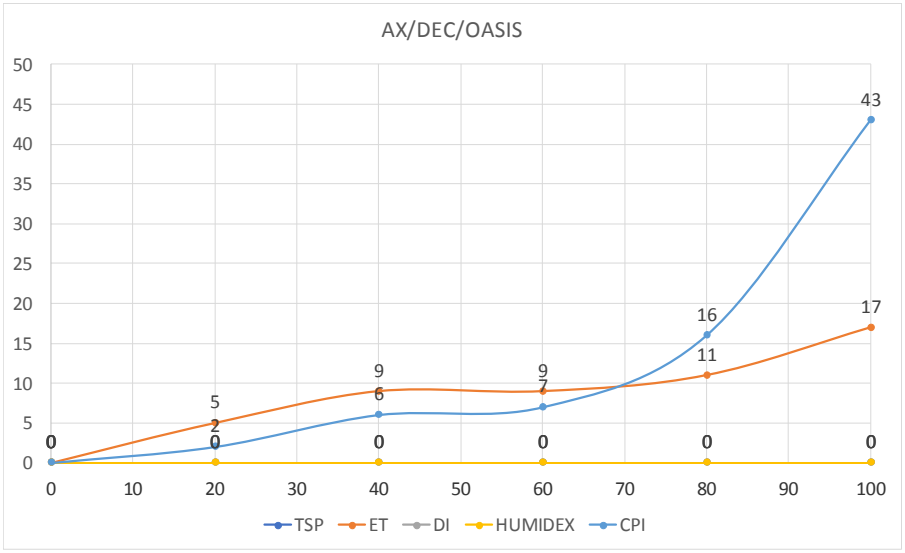
الشكل 9. 4. نتائج المؤشر Inc+ للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 4.9) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 64 ساعة عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى إنخفاضا طفيفا في التأثير أين وصل إلى حدود 62 ساعة فقط في 40% المتبقية؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 45 ساعة عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 46 ساعة فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايدا في التأثير الإيجابي حتى 58 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 22 ساعة عند النسبة 100%.



الشكل 9. 5. نتائج المؤشر Comf للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 5.9) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات TSP، ET، DI وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتروح بين 24 و29 ساعة في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 40 ساعة عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين DI وHUMIDEX ثبات ملحوظ في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% أما مؤشر ET فيبين تراجعا طفيفا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة. في الوقت الذي يقدم فيه مؤشر CPI مستويات متوسطة في بداية العملية مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصول إلى نفس قيم التأثير الإيجابي عند النسبة 100%.



الشكل 9. 6. نتائج المؤشر Dec- للحالة AX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

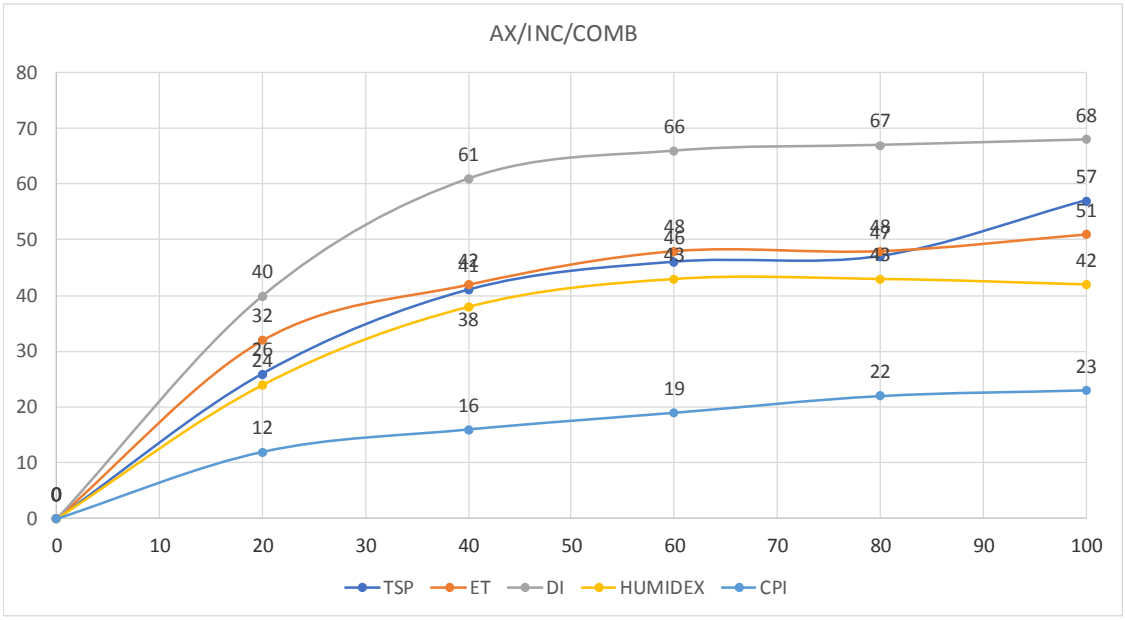
- يمثل (الشكل 6.9) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP، DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 17 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 60% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 43 ساعة عند النسبة 100%.

3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة AX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة AX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 3.9) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Dec-، Inc+ وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

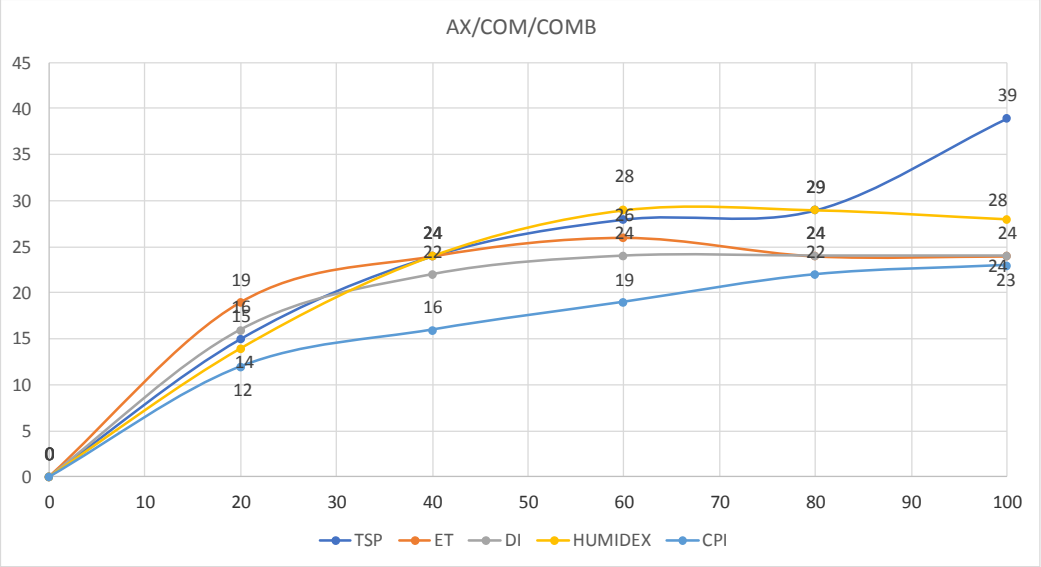
الجدول 9. 3. نتائج الحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	26	0	15	32	5	19	40	0	16	24	0	14	12	2	12
40	41	0	24	42	7	24	61	0	22	38	0	24	16	6	16
60	46	0	28	48	9	26	66	0	24	43	0	29	19	7	19
80	47	0	29	48	12	24	67	0	24	43	0	29	22	15	22
100	57	0	39	51	14	24	68	0	24	42	0	28	23	48	23



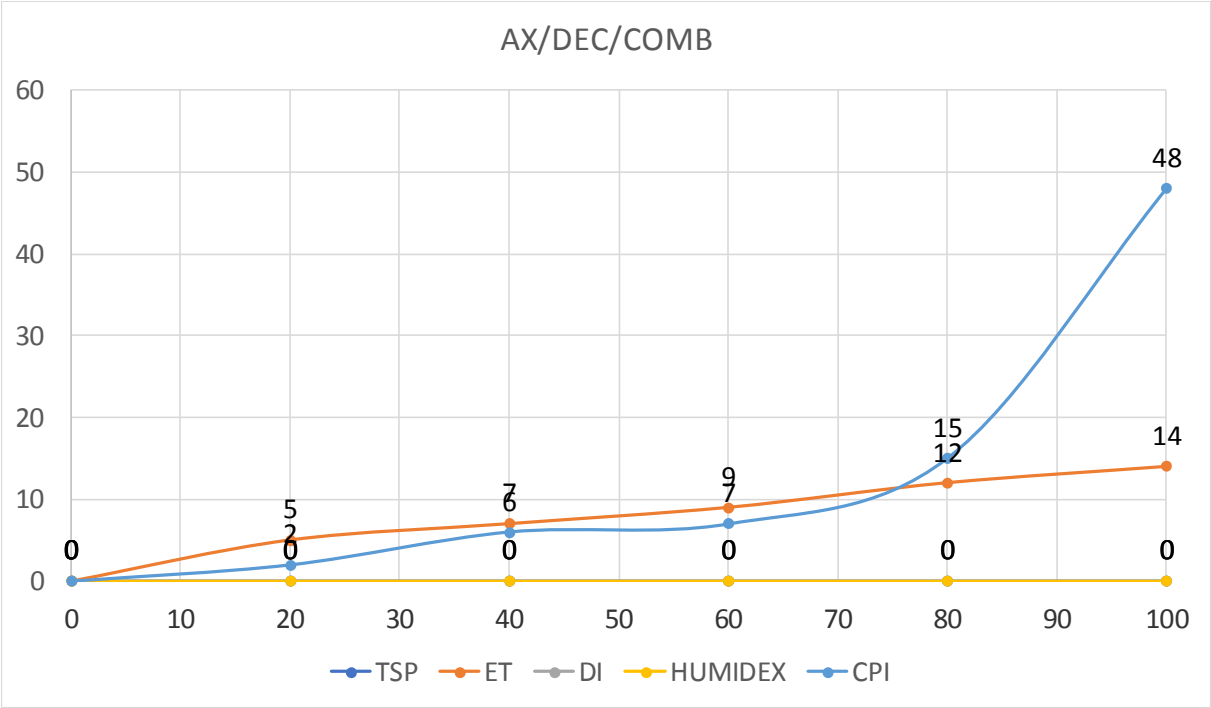
الشكل 9. 7. نتائج المؤشر Inc+ للحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 7.9) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 66 ساعة عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 68 ساعة فقط في 40% المتبقية؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 46 ساعة عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 51 ساعة فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايدا في التأثير الإيجابي حتى 57 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 23 ساعة عند النسبة 100%.



الشكل 9. 8. نتائج المؤشر Comf للحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 8.9) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات TSP، ET، DI وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتراوح بين 24 و28 ساعة في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 39 ساعة عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين DI وHUMIDEX ثباتا ملحوظا في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% أما مؤشر ET فيبين تراجعا طفيفا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة. في الوقت الذي يقدم فيه مؤشر CPI مستويات متوسطة في بداية العملية مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصول إلى نفس قيم التأثير الإيجابي عند النسبة 100%.



الشكل 9. 9. نتائج المؤشر Dec- للحالة AX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

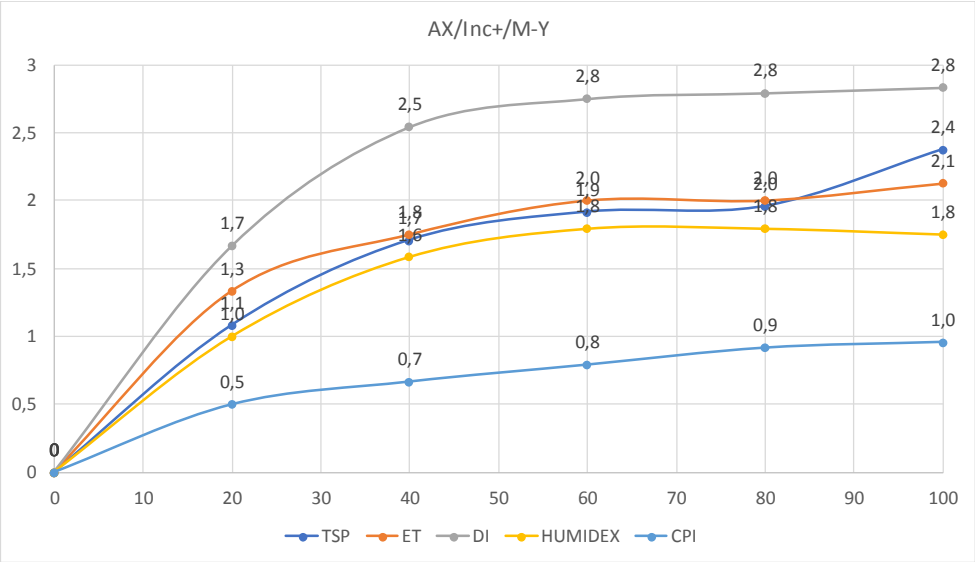
- يمثل (الشكل 9.9) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP، DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 14 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 60% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 48 ساعة عند النسبة 100%.

4.1. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة AX:

وكقراءة مقارنية عامة لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر في السنة يبين (الجدول 4.9) أهم هذه النتائج.

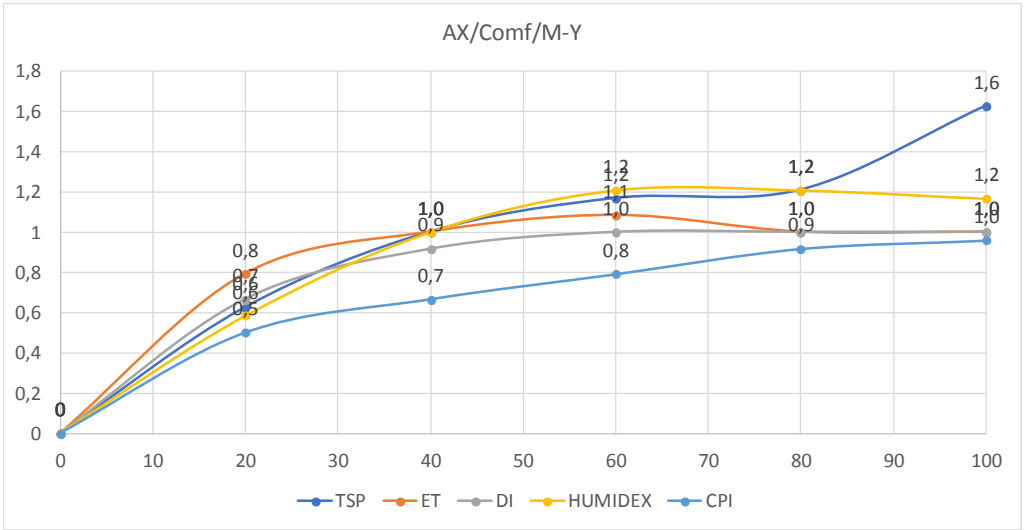
الجدول 9. 4. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة AX. المصدر. الباحث.

	TSP		ET		DI		HUMIDEX		CPI	
	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1,1	0,6	1,3	0,8	1,7	0,7	1,0	0,6	0,5	0,5
40	1,7	1,0	1,8	1,0	2,5	0,9	1,6	1,0	0,7	0,7
60	1,9	1,2	2,0	1,1	2,8	1,0	1,8	1,2	0,8	0,8
80	2,0	1,2	2,0	1,0	2,8	1,0	1,8	1,2	0,9	0,9
100	2,4	1,6	2,1	1,0	2,8	1,0	1,8	1,2	1,0	1,0



الشكل 9. 10. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Inc+ بمعدل شهر/السنة في الحالة AX. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 10.9) قيمة عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 2.8 ش/س عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى ثبات في التأثير؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 1.9 ش/س عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 2.0 ش/س فقط عند 100% بينـــــــــــما المؤشر TSP فيبين تزايدا في التأثير الإيجابي حتى 2.4 ش/س عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنـــــــــــة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 1.0 ش/س عند النسبة 100%.



الشكل 9. 11. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة AX. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 11.9) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات TSP، ET، DI وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتروح بين 0.8 و1.2 ش/س في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 1.6 ش/س عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين DI وHUMIDEX ثبات ملحوظ في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% أما مؤشر ET فيبين تراجعا طفيفا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة. في الوقت الذي يقدم فيه مؤشر CPI مستويات ضعيفة في بداية العملية مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصول إلى نفس قيم التأثير الإيجابي عند النسبة 100%.

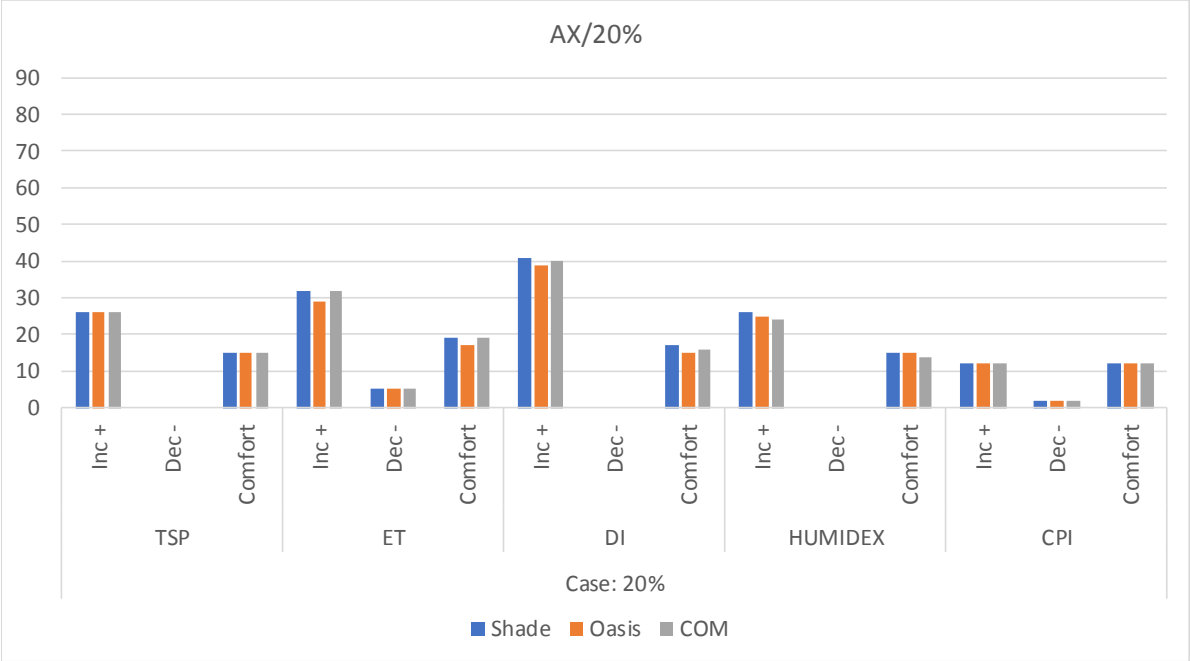
5.1. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة AX:

بناءا على كل من الأشكال (12.9) إلى غاية (16.9) والتي تبين قيمة المؤشرات Dec- ،Inc+ وComf حسب كل من المؤشرات الحرارية TSP، ET، DI، HUMIDEX، وCPI والمستخدمة في التجربة لتقييم مدى الراحة الحرارية في المجال الخارجي للحالة AX. أين تقدم الأشكال نظرة شاملة لكل العناصر المذكورة حسب نظريـــــــــــــــات التبريد المراد تجريبها: التبريد بالتظليل، التبريد بالتبخير والتبريد المركب.

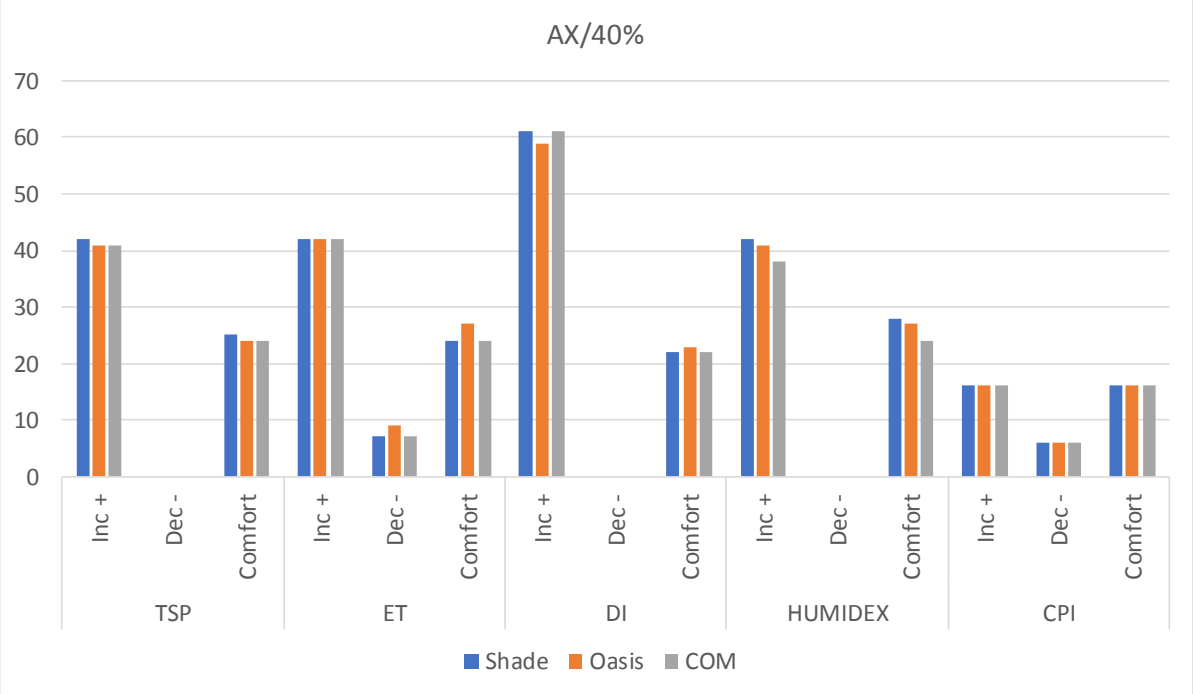
و حسب (الشكل 12.9) وعند نسبة 20% من التجربة يبين المنحنى تقاربا كبيرا جدا في النتائج بين النظريات الثلاث بخلاف تقدم طفيف لنظرية التبريد بالتظليل عند كل من المؤشريـــــــــن ET وDI؛ (الشكل 13.9) يبين نتائج التجربة عند النسبة 40% أين يوضح المنحنى تقاربا ملحوظا بين النتائج على مستوى كل من مؤشر TSP، ET وCPI بينما نجد إختلافا صغيرا جدا بينها في قيم كل من DI وHUMIDEX أين نجد تقدما في نتائج نظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي.

(الشكل 14.9) يوضح نتائج التجربة عند مستوى 60% أين تطابقت نتائج كل من مؤشري TSP وCPI مع وجود بعض الاختلافات الطفيفة عند مؤشر HUMIDEX أين نلاحظ كالسابق تقدم نتائج نظرية التبريد بالتظليل إنما عند قيم كل من ET و DI نلاحظ تقدم نتائج كل من النظرية السابقة الذكر مع نظرية التبريد المركب؛ (الشكل 15.9) يقدم قيم تأثير المجال الأخضر عند نسبة التجربة 80% أين نجد كل المؤشرات HUMIDEX، DI، ET وCPI تتفق على وجود تأخر خفيف في نتائج نظرية التبريد بالتبخير مقارنة بالنظريات الأخرى في الوقت الذي يبين منحنى TSP توافقا تاما فيما بينها.

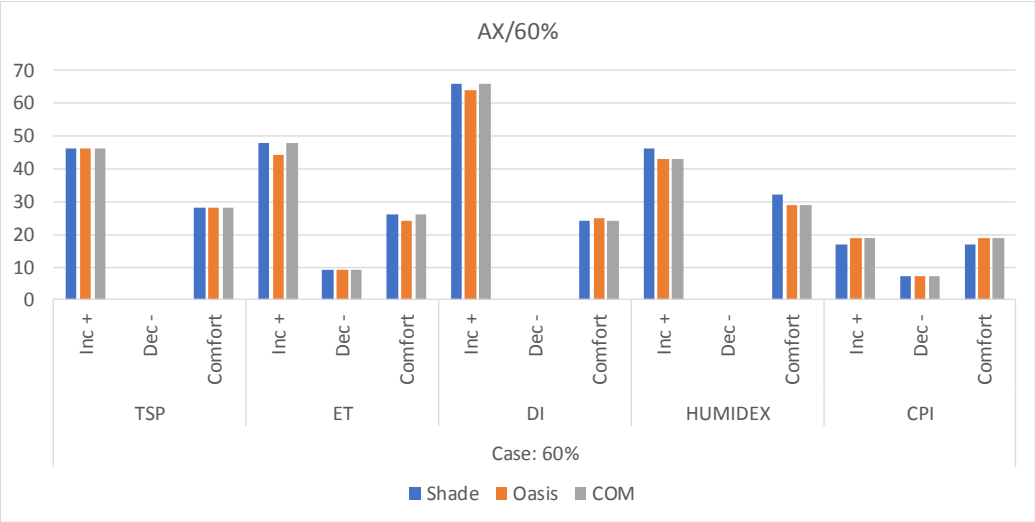
(الشكل 16.9) يقدم النتائج النهائية عند النسبة 100% من التجربة أين أصبح التأخر الملاحظ في المحطة السابقة محسوسا على مستوى كل المؤشرات HUMIDEX، DI، ET بينما يوضح المؤشر CPI تقدما طفيفا لنظرية التبريد المركب، في الوقت الذي تبين فيه نتائج المؤشر TSP تقاربا كبيرا جدا فيما بينها.



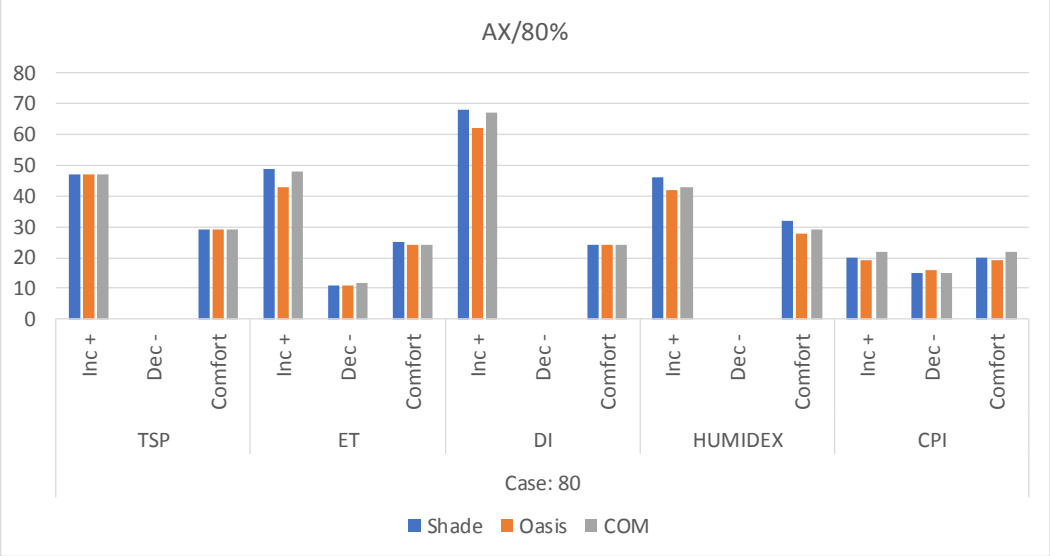
الشكل 9. 12. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



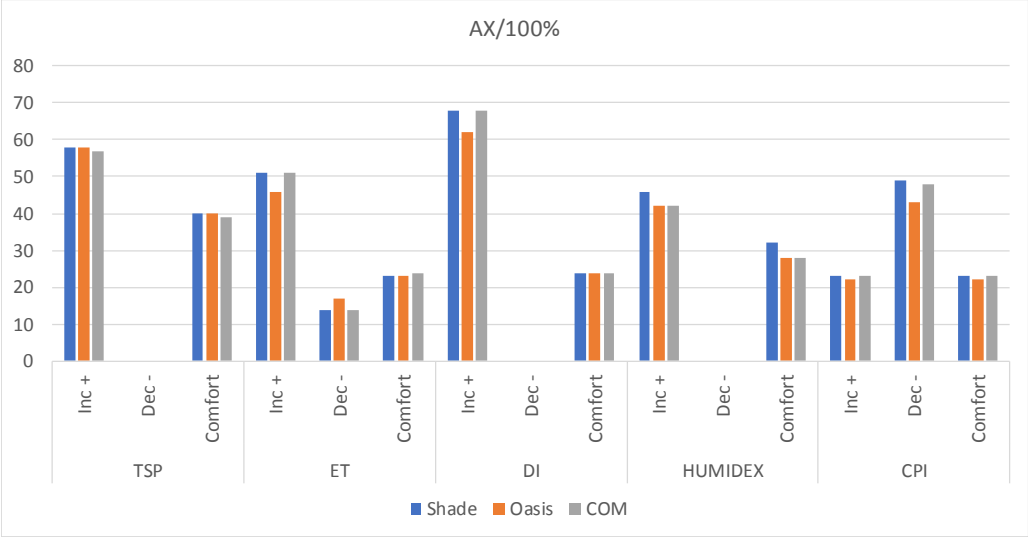
الشكل 9. 13. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 9. 14. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 9. 15. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 9. 16. نتائج التجربة للحالة AX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.

2. الحالة AY:

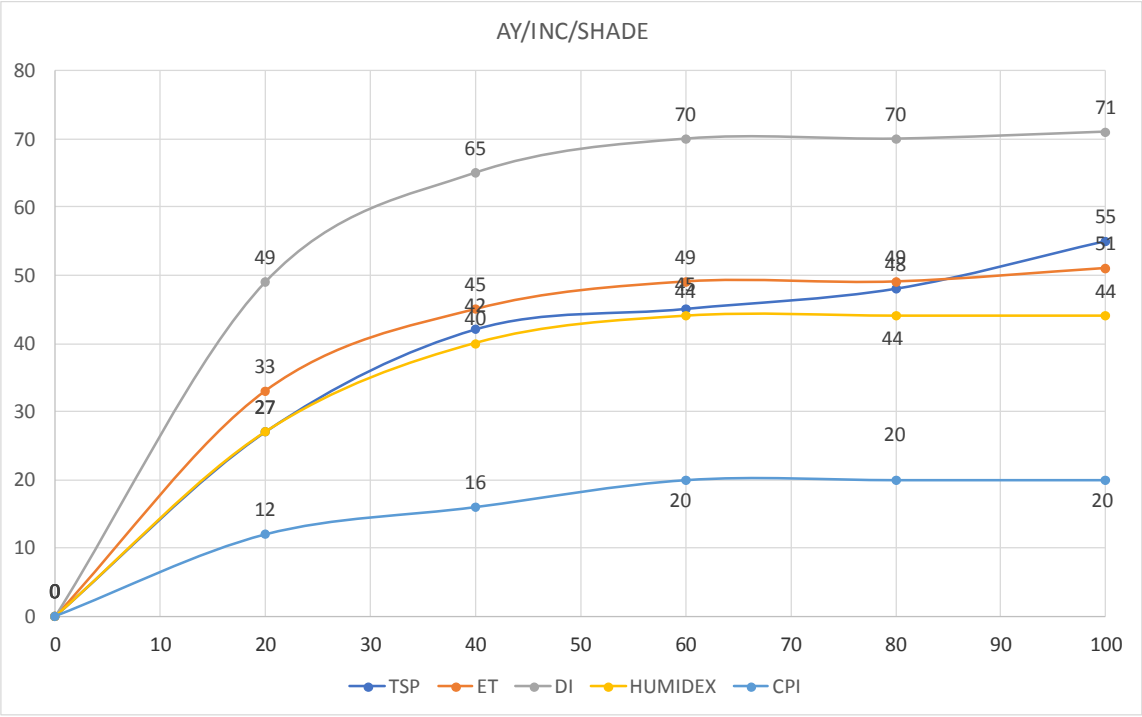
تعبر الحالة AY عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسية في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشرق-غرب.

1.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة AY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة AY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 5.9) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Dec-، Inc+ وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

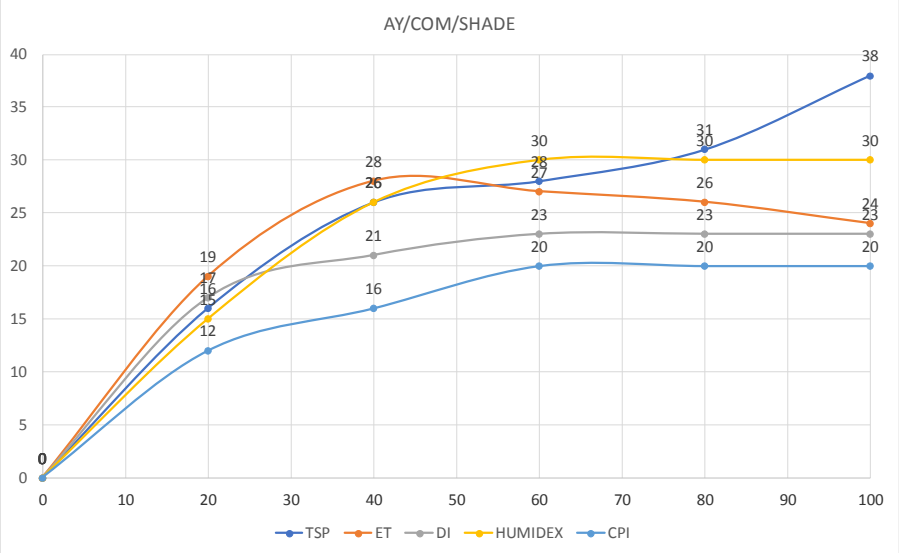
الجدول 9. 5. نتائج الحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	27	0	16	33	2	19	49	0	17	27	0	15	12	3	12
40	42	0	26	45	6	28	65	0	21	40	0	26	16	4	16
60	45	0	28	49	6	27	70	0	23	44	0	30	20	8	20
80	48	0	31	49	8	26	70	0	23	44	0	30	20	13	20
100	55	0	38	51	13	24	71	0	23	44	0	30	20	38	20



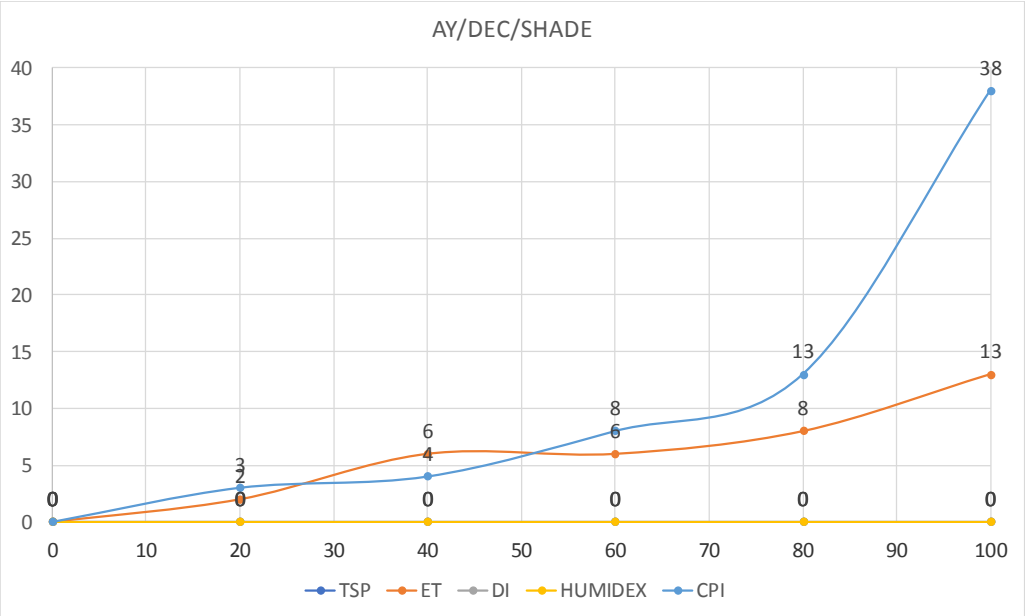
الشكل 9. 17. نتائج المؤشر Inc+ للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 17.9) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 70 ساعة عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 71 ساعة فقط في 40% المتبقية؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 46 ساعة عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 51 و44 ساعة على الترتيب فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايد التأثير الإيجابي حتى 55 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 20 ساعة كأقصى حد عند النسبة 60% ومن ثم تثبت حتى نهاية التجربة.



الشكل 9. 18. نتائج المؤشر Comf للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 18.9) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات TSP، ET، وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتراوح بين 27 و30 ساعة في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 38 ساعة عند 100%، بينما يبين منحنى HUMIDEX ثبات ملحوظ في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% أما مؤشر ET فيبين تراجعا طفيفا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة. في الوقت الذي يقدم فيه كل من مؤشر CPI وDI مستويات متوسطة في بداية العملية مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصول إلى نفس قيم التأثير الإيجابي عند النسبة 100%.



الشكل 9. 19. نتائج المؤشر Dec- للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

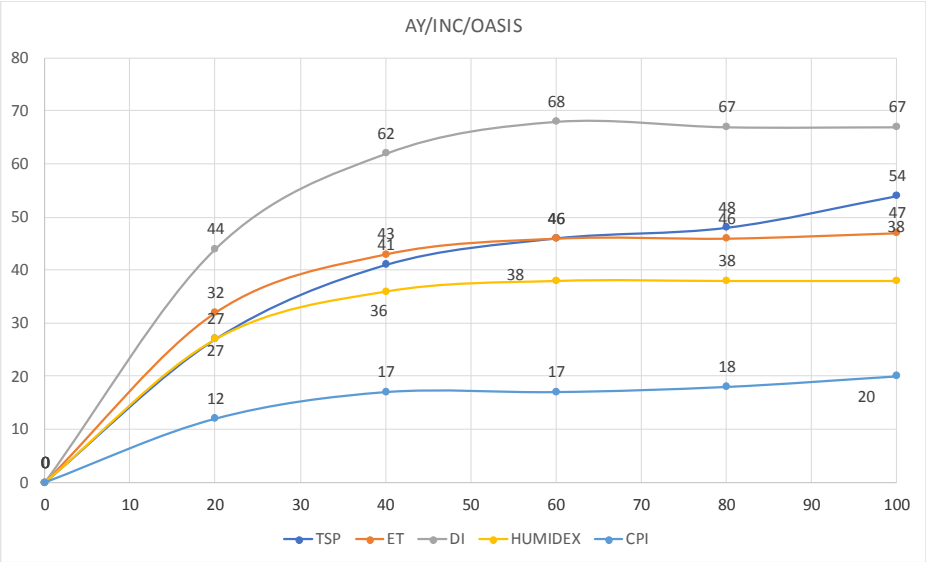
- يمثل (الشكل 19.9) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP، DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 13 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 80% أين لاحظنا ارتفاعا كبيرا جدا لقيمة CPI وصلت إلى 38 ساعة عند النسبة 100%.

2.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة AY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة AY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 6.9) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Dec- ،Inc+ وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

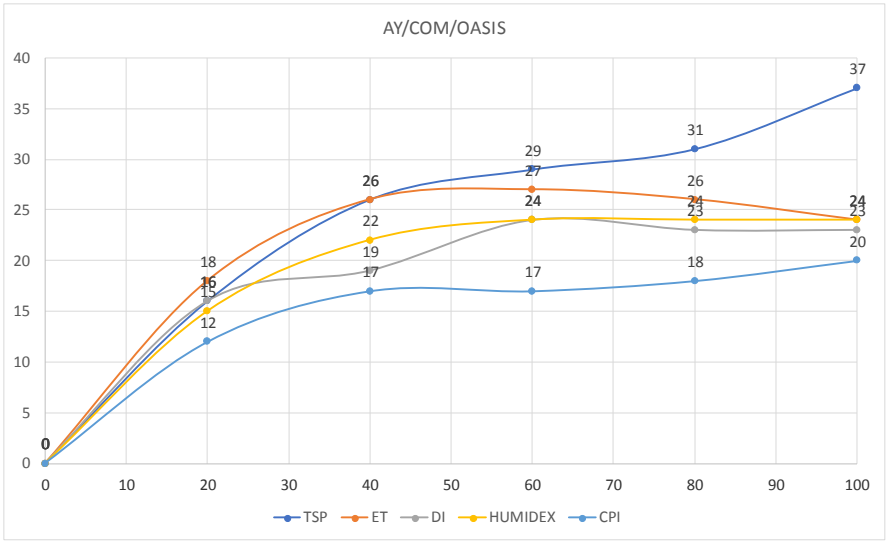
الجدول 9. 6. نتائج الحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	27	0	16	32	2	18	44	0	16	27	0	15	12	3	12
40	41	0	26	43	5	26	62	0	19	36	0	22	17	5	17
60	46	0	29	46	5	27	68	0	24	38	0	24	17	8	17
80	48	0	31	46	6	26	67	0	23	38	0	24	18	11	18
100	54	0	37	47	15	24	67	0	23	38	0	24	20	35	20



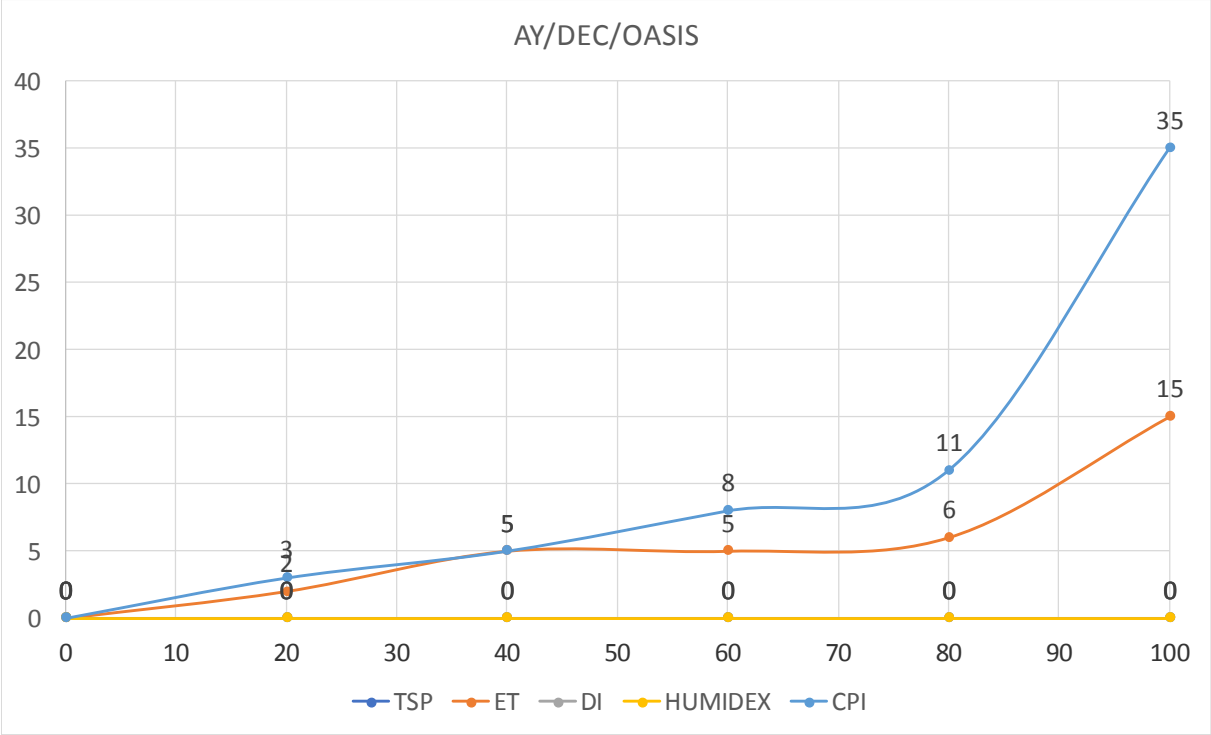
الشكل 9. 20. نتائج المؤشر Inc+ للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 20.9) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 68 ساعة عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى إنخفاض طفيف في التأثير أين وصل إلى حدود 67 ساعة فقط في 40% المتبقية؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 46 ساعة عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 47 و38 ساعة فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايد التأثير الإيجابي حتى 54 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 20 ساعة كأقصى حد عند النسبة 100%.



الشكل 9. 21. نتائج المؤشر Comf للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 21.9) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات DI ،ET ،TSP وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتراوح بين 24 و29 ساعة في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 37 ساعة عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين DI وHUMIDEX ثباتا ملحوظا في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% أما مؤشر ET فيبين تراجعا طفيفا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة. في الوقت الذي يقدم فيه مؤشر CPI مستويات متوسطة في بداية العملية مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصول إلى نفس قيم التأثير الإيجابي عند النسبة 100%.



الشكل 9. 22. نتائج المؤشر Dec- للحالة AY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

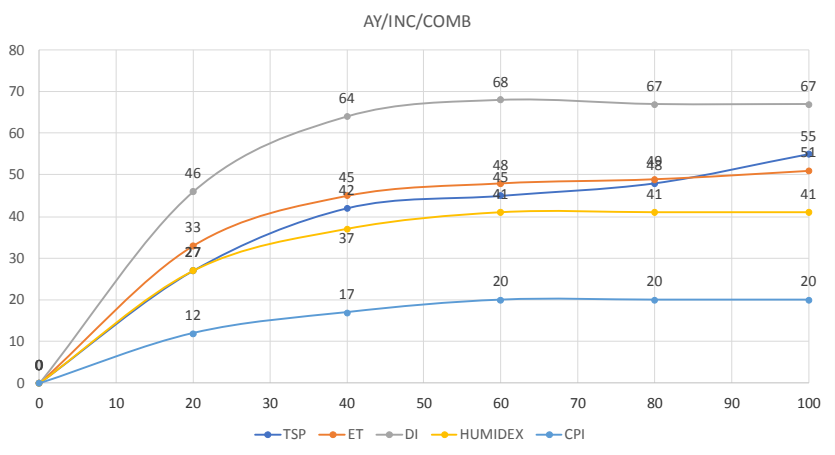
- يمثل (الشكل 22.9) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP، DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 80% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 35 ساعة عند النسبة 100%.

3.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة AY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة AY وفقا للسيناروهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 7.9) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Dec- ،Inc+ وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

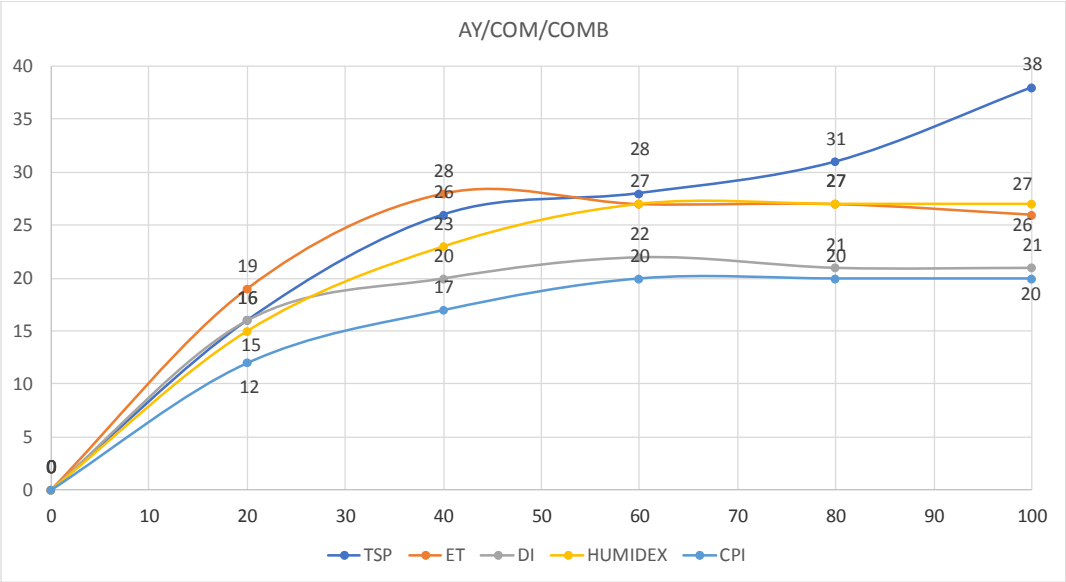
الجدول 9. 7. نتائج الحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	27	0	16	33	2	19	46	0	16	27	0	15	12	3	12
40	42	0	26	45	5	28	64	0	20	37	0	23	17	4	17
60	45	0	28	48	5	27	68	0	22	41	0	27	20	8	20
80	48	0	31	49	7	27	67	0	21	41	0	27	20	14	20
100	55	0	38	51	13	26	67	0	21	41	0	27	20	39	20



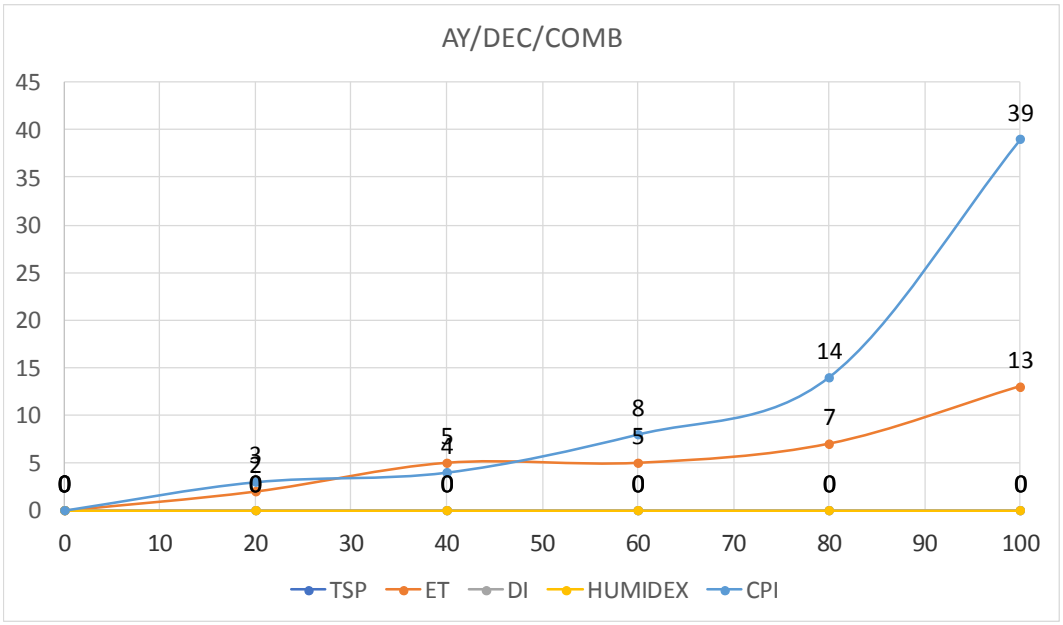
الشكل 9. 23. نتائج المؤشر Inc+ للحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 23.9) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 68 ساعة عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى إنخفاضا خفيفا في التأثير أين وصل إلى حدود 67 ساعة فقط في 40% المتبقية؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 45 ساعة عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 51 و41 ساعة فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايد التأثير الإيجابي حتى 55 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل إلى 20 ساعة كأقصى حد عند النسبة 60% ومن ثم مرحلة الثبات.



الشكل 9. 24. نتائج المؤشر Comf للحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 24.9) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل المؤشرات بدون إستثناء مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتروح بين 20 و28 ساعة في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 38 ساعة عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين DI، HUMIDEX وCPI ثبات ملحوظ في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100% اما مؤشر ET فيبين تراجع طفيف جدا في 40% الأخيرة من عملية المحاكاة.



الشكل 9. 25. نتائج المؤشر Dec- للحالة AY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

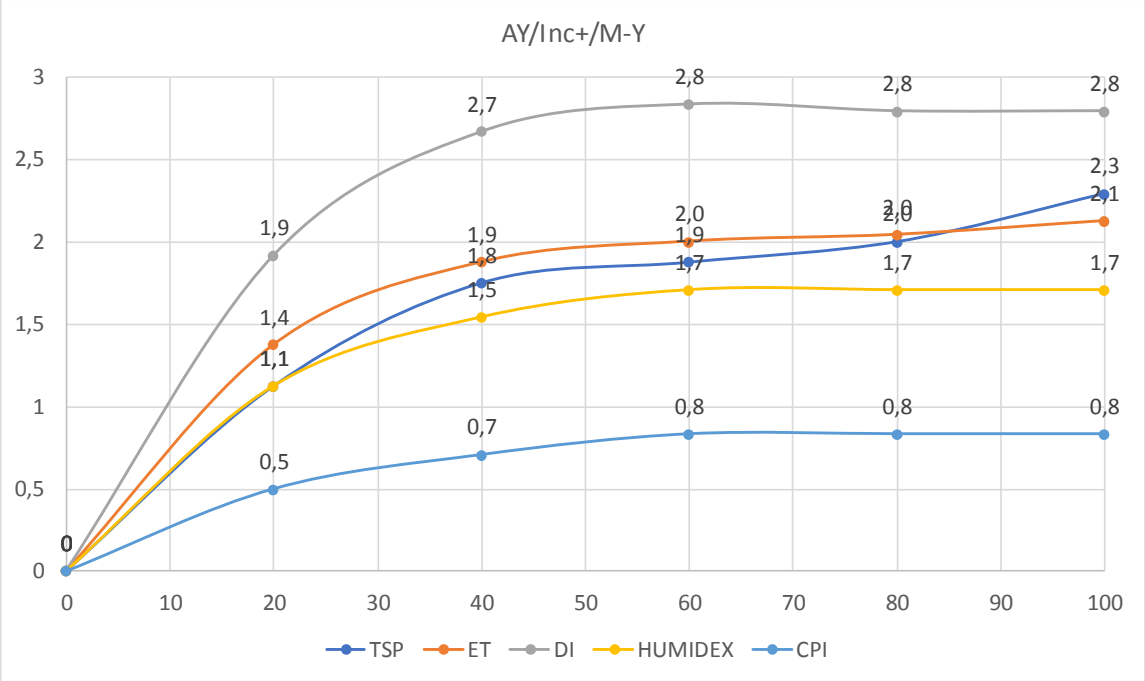
- يمثل (الشكل 25.9) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP، DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 13 ساعة عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 80% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 39 ساعة عند النسبة 100%.

4.2. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة AY:

وكقراءة مقارنية عامة لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر في السنة يبين (الجدول 8.9) أهم هذه النتائج.

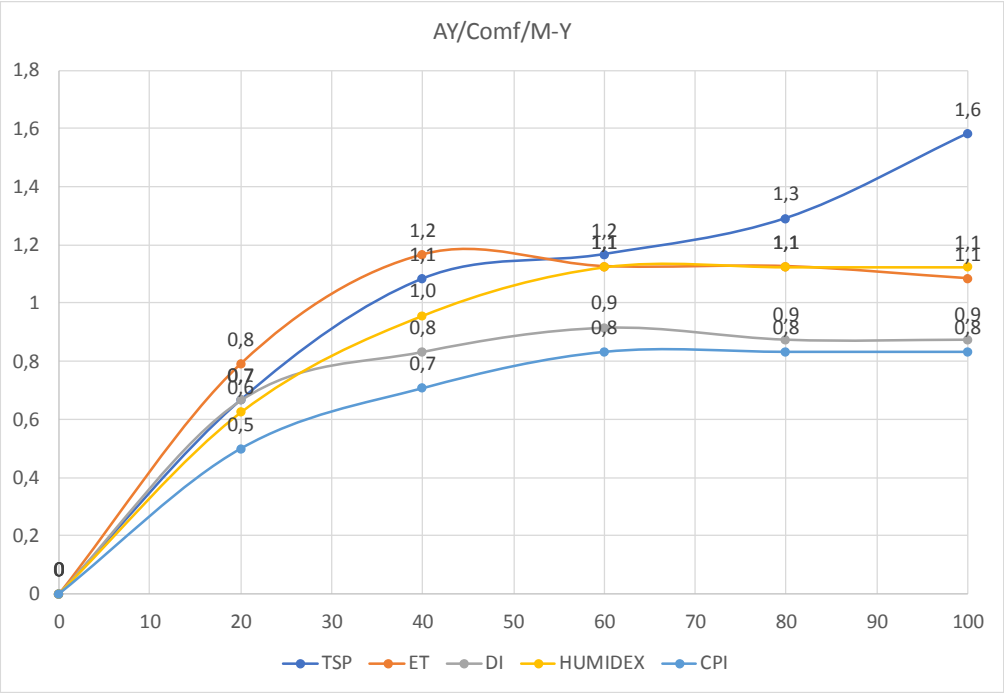
الجدول 9. 8. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة AY. المصدر. الباحث.

	TSP		ET		DI		HUMIDEX		CPI	
	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1,1	0,7	1,4	0,8	1,9	0,7	1,1	0,6	0,5	0,5
40	1,8	1,1	1,9	1,2	2,7	0,8	1,5	1,0	0,7	0,7
60	1,9	1,2	2,0	1,1	2,8	0,9	1,7	1,1	0,8	0,8
80	2,0	1,3	2,0	1,1	2,8	0,9	1,7	1,1	0,8	0,8
100	2,3	1,6	2,1	1,1	2,8	0,9	1,7	1,1	0,8	0,8



الشكل 9. 26. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Inc+ بمعدل شهر/السنة في الحالة AY. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 26.9) قيمة عدد في السنة الأشهر (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين يقدم مؤشر DI أعلى مستويات التأثير الإيجابي بحيث يتزايد من 0 إلى 2.8 ش/س عند النسبة 60% ثم يبين المنحنى ثبات في التأثير؛ كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX تقدم مستويات جد متقاربة من التأثير والتي بدورها تتزايد من 0 إلى حدود 1.9 ش/س عند النسبة 60%، كما يبين منحنى ET وHUMIDEX ثبات في التأثير أين وصل إلى حدود 2.0 ش/س فقط عند 100% بينما المؤشر TSP فيبين تزايد التأثيـــــــــــر الإيجابي حتى 2.3 ش/س عند النسبة 100%. في الوقت الذي يبين فيه المؤشر CPI مستويات ضعيفة للتأثير مقارنة بالباقي أين تتزايد قيمته ببطيء كبير لتصل حدود 0.8 ش/س عند النسبة 100%.



الشكل 9. 27. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة AY. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 27.9) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. أين تقدم كل من المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX مستويات متقاربة نوعا ما من التأثير الإيجابي تتروح بين 0.9 و1.2 ش/س في أقصاها عند حدود النسبة 60%، ليبين بعدها المؤشر TSP تزايدا ملحوظا في قيمة التعديل أين وصلت إلى 1.6 ش/س عند 100%، بينما يبين منحنيي كل من المؤشرين ET وHUMIDEX ثبات ملحوظ في مستوى التأثير حتى الوصول إلى النسبة 100%. في الوقت الذي يقدم فيه مؤشر CPI وDI مستويات أقل نوعا ما مقارنة بالباقي لكن بتزايد مستمر أدى إلى الوصـــول إلى قيمة 0.8 ش/س عند النسبة 100%.

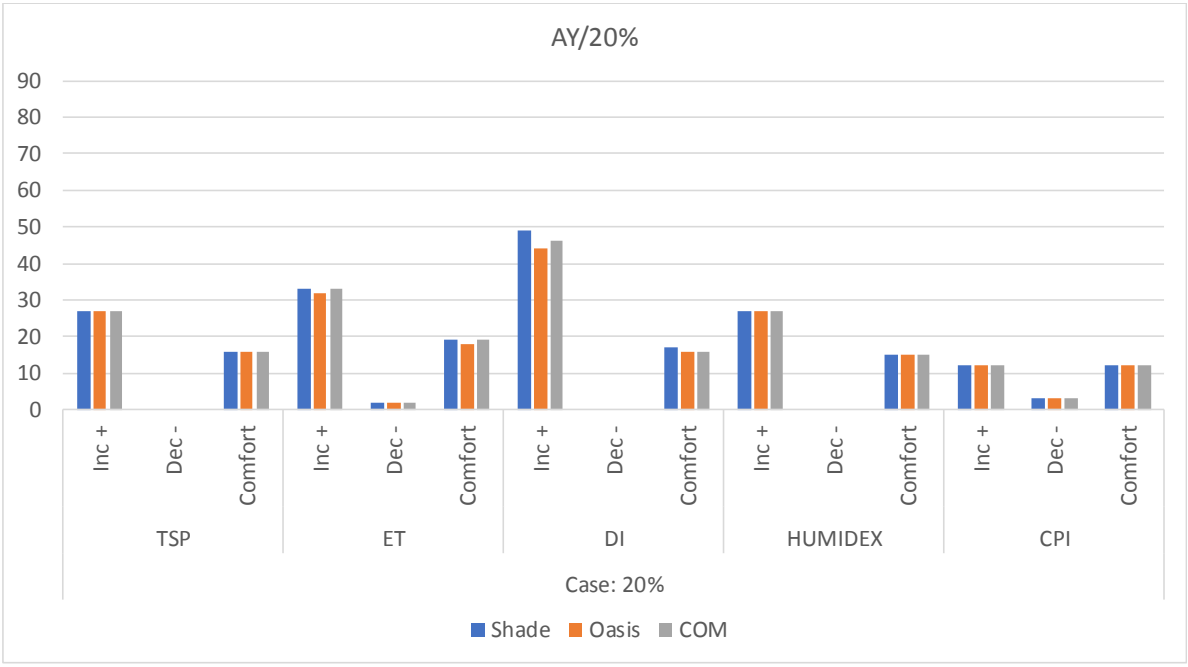
5.2. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة AY:

بناءا على كل من الأشكال (28.9) إلى غاية (32.9) والتي تبين قيمة المؤشرات Dec- ،Inc+ وComf حسب كل من المؤشرات الحرارية TSP، ET، DI، HUMIDEX، وCPI والمستخدمة في التجربة لتقييم مدى الراحة الحرارية في المجال الخارجي للحالة AY. أين تقدم الأشكال نظرة شاملة لكل العناصر المذكورة حسب نظريات التبريد المراد تجريبها: التبريد بالتظليل، التبريد بالتبخير والتبريـــــــــد المركب.

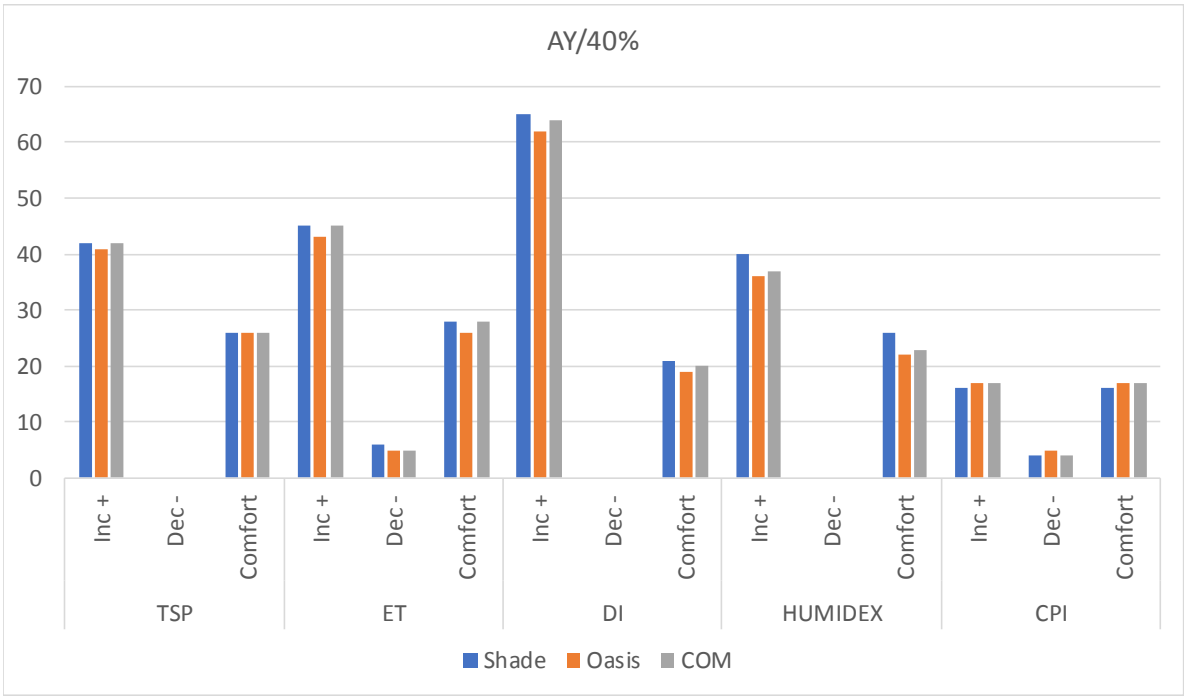
و حسب (الشكل 28.9) وعند نسبة 20% من التجربة يبين المنحنى تقاربا كبيرا جدا في النتائج بين النظريات الثلاث بخلاف تقدم طفيف لنظرية التبريد بالتظليل عند كل من المؤشرين DI ، أما المؤشر ET فيبين تأخرا طفيفا بدوره على مستوى نظرية التبريد بالتبخير مقارنة بالباقي؛ (الشكل 29.9) يبين نتائج التجربة عند النسبة 40% أين يوضح المنحنى إختلافا ملحوظا بين النتائج فعلى مستوى المؤشرات TSP، ET فنجد تأخرا في نتائج نظرية التبريد بالتبخير بينما المؤشرين DI و HUMIDEX فيقدمان تقدما لنتائج نظريـــــــــــة التبريـــــــــــــد بالتظليل لتتراجع هذه الأخيرة مقارنـــــــــة بالباقي عند المؤشر CPI.

(الشكل 30.9) يوضح نتائج التجربة عند مستوى 60% أين تطابقت نتائج مؤشر TSP مع وجود بعض الاختلافات الطفيفة عند المؤشرات الأخرى أين نلاحظ كالسابق تقدم نتائج نظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي؛ (الشكل 31.9) يقدم قيم تأثير المجال الأخضر عند نسبة التجربة 80% أين نجد كل المؤشرات HUMIDEX، DI، ET وCPI تتفق على وجود تأخر خفيف في نتائج نظرية التبريد بالتبخير مقارنة بالنظريات الأخرى في الوقـــــــــــــــــت الذي يبـــــــــــــين منحنى TSP توافقا تاما فيما بينها.

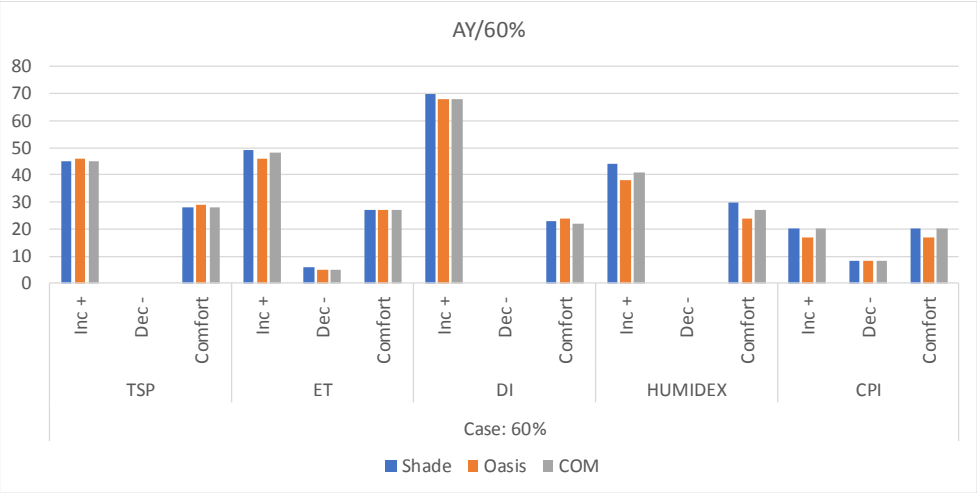
(الشكل 32.9) يقدم النتائج النهائية عند النسبة 100% من التجربة أين أصبح التأخر الملاحظ في المحطة السابقة محسوسا على مستوى كل المؤشرات HUMIDEX، DI، ET بينما يوضح المؤشر CPI تقدما طفيفا لنظرية التبريد المركب، في الوقت الذي تبين فيه نتائج المؤشر TSP تقاربا كبيرا جدا فيما بينهـــــــــا.



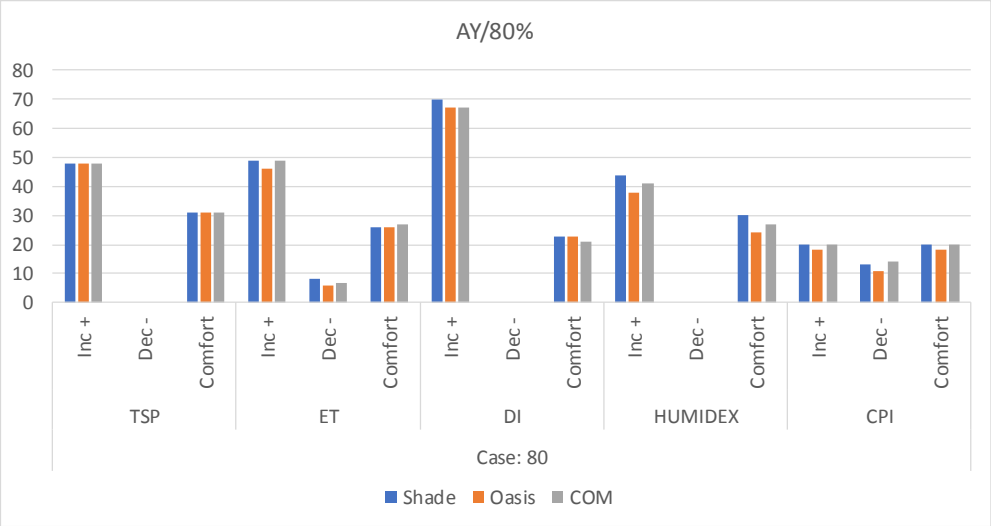
الشكل 9. 28. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



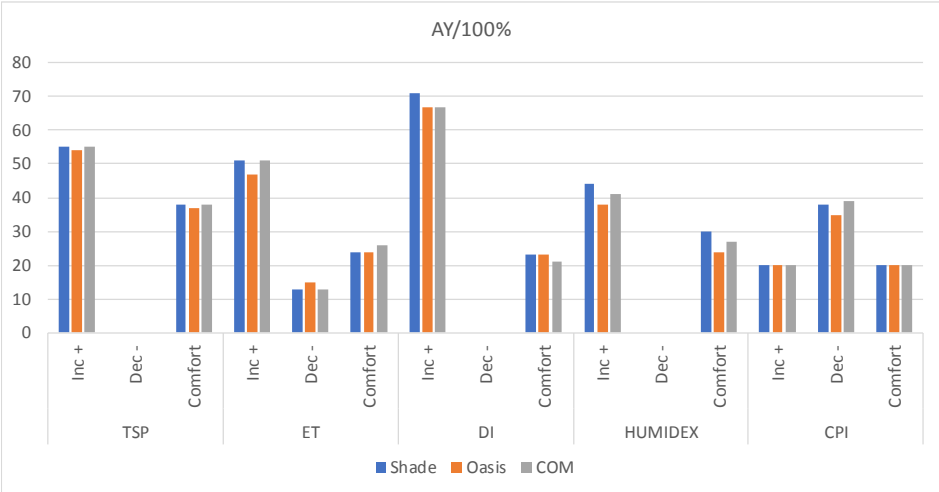
الشكل 9. 29. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 9. 30. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 9. 31. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 9. 32. نتائج التجربة للحالة AY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.

3. مناقشة نتائج النموذج A:

يعتبر النموذج A مثالا عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسية في المدينة ذات الإتجاه المقارب للشمال-جنوب و الشرق-غرب، بعد التجربة التي قمنا بها عن طريق المحاكاة الرقمية على كل من الحالتين الثانويتين AX و AY بالمرور عبر ست سيناريوهات مختلفة تمثل نسبة إستعمال المجال الأخضر GCR من المجال العام بتزايد مستقر 0، 20، 40، 60، 80 و 100%؛ تحصلنا على النتائج المبينة في الجداول السابقة و التي ترجمناها إلى منحنيات بيانية ممثلة في الأشكال المبينة في التحليل و التي تبرز قيم كل من المؤشرات الحسابية Comf ،Inc+ و Dec- حسب كل من مؤشرات الراحة الحرارية المستخدمة في التجربة HUMIDEX، DI، ET، TSP و CPI؛ كل هذا جرب ثلاث مرات بتغيير نظريات التبريـــــــد المختلفة: التظليل، التبخير و التبريد المركب للوصول إلى نتائج شاملة و عامة.

و كقراءة نهائية لكل النتائج المبينة في الجداول و الأشكال المذكورة أعلاه فإننا نستنتج من المؤشرات الحرارية المستخدمة و من المؤشر الحسابي Inc+ أن نسبة 60% من قيمة GCR القصوى تفي لغرض الوصول إلى أعلى قيم التأثير الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجيـــــة و التي تتراوح بين 1.8 إلى 2.8 ش/س أي 15% إلى 24% من السنة كما تتفق كل النتائج عن تذبذب في 40% الأخيرة من قيمة GCR بين إستمرار التزايد في التأثير كمؤشر TSP و CPI و الثبات في المؤشرات المتبقية، كما توضح المنحنيات تطابقا و إتفاقا كبيرا جدا لهذه النتائج على مستوى كل نظريات التبريد المجربة، كما تجدر الإشارة أنه أثناء عمليـــــــــة المحاكاة إتضح أن 90% من الأداء الحراري الإيجابي يكون في فصول الصيف، الربيع و الخريف.

كقراءة لمؤشر Comf الذي يعتبر جزء من Inc+ أو التأثير الإيجابي الذي وصل إلى مجال الراحة الحرارية فإن المؤشرات DI، ET وHUMIDEX تأكد على نسبة 60% كقيمة قصوى لـ GCR لأحسن آداء حراري بمعدل 1.1 ش/س أي ما يقارب 10% من السنة مع الثبات فيه في 40% المتبقية بينما مؤشري TSP وCPI يبينان أن التأثير الإيجابي يستمر بالإرتفاع إلى معدل 1.4 ش/س أو 12% من السنة حتى إستعمال 100% من قيمة GCR القصوى. والشيء المستنتج أيضا وجود توافق كبير إلى التطابق بين نظريات التبريد الثلاث. كما تجدر الإشارة أنه أثناء عملية المحاكاة إتضح أن 90% من الأداء الحراري الإيجابي الذي يصل إلى حدود الراحة يكون في فصلي الخريف والربيع؛ هذا زيادة عن المدة الزمنية التي أصلا تتوفر بها شروط الراحة الحرارية بدون تأثير المجال الأخضر والتي تتراوح بمعدل 3.5 ش/س أو 28% من السنة.

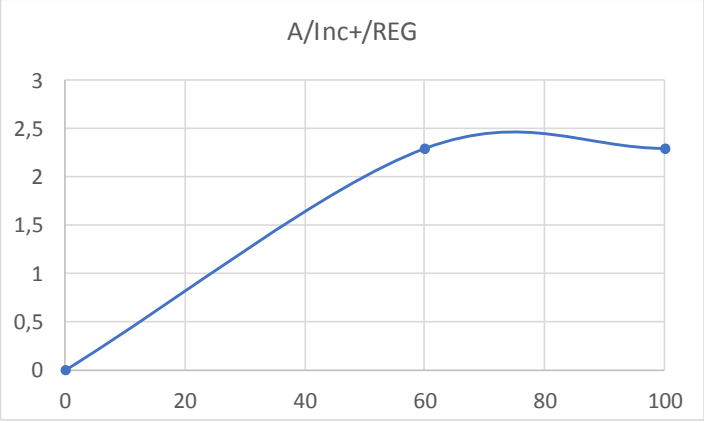
مؤشر Dec- والذي يمثل الأداء الحراري السلبي فإن المؤشرات DI ،TSP وHUMIDEX تبين إنعدام تام للأداء الحراري السلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية، بينما مؤشري ET وCPI فيبينان أن هناك بعض الأوقات من السنة ينقلب فيها الأداء الحراري إلى الأسوء وهذا خاصة عند الوصول إلى نسبة إستعمال 80% من قيمة GCR القصوى وهذا بإتفاق كل نظريات التبريد وعند العودة إلى المنحنيات المستخرجة من عملية المحاكاة فإتضح لنا أنا هذه القيم تتعلـــــــــق بفصل الشتاء خصوص عند الأوقات الليلية.

أما فيما يخص القراءة المقارنية بين نظريات التبريد الثلاث المستخدمة في التجربة فإن 97% من النتائج المتوصل إليها تثبت عن توافق كبير يصل إلى حد التطابق بين النتائج مما يجعلنا نستطيع الحديث أن النموذج Aيثبت وجود خطأ في الفرضية التي إنطلقنا منها عن أن نظرية التبريد بالتظليل هي الأنسب للأقاليم الجافة. بيد أن فرضية وجود حد أقصى للتأثير الإيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية صحيحة في المرحلة الأولى من التجربة للنموذج A وذلك بإستعمال نسبة 60% من قيمة GCR القصوى.

الخاتمة:

بعد التجربة التي أقيمت على العينة A بحالتيها AX , AY و التي تعتبر نموذج مثالي عن الوادي العمراني ذو النسبة الهندسية 0.4 و بعد تحليل كل المنحنيات، المخططات و الجداول توصلنا إلى تطوير علاقة رياضية تربط نسبة المجال الأخضر GCR من المساحة العامة للوادي مع نسبة التأثير الإيجابي المناخية منها Inc+ من جهة و علاقة رياضية أخرى تربط نفس قيمة GCR مع نسبة التأثير الإيجابي التي وصلت حدود مجال الراحة الحرارية الخارجية Comf؛ و جاءت المخططات و العلاقات المستخلصة و التي يمكن إستعمالها في دراسات مستقبلية كما يلي:

- **العلاقة الرياضية بين نسبة GCR وInc+:**



شكل 9. 33. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي للحالة A.
المصدر. الباحث.

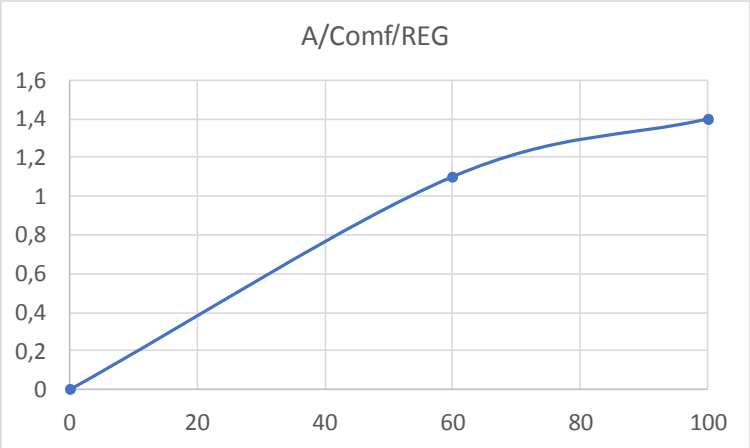
$$+\text{Inc} = (0.0613 \cdot GCR) - (0.0004 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

$$+\text{Inc} = [(0.0613 \cdot GCR) - (0.0004 \cdot GCR^2)] \cdot 8.33 \quad \dots \quad (\%)$$

$$GCR_{max} = 0.76 \cdot L_{can} \cdot W_{can}$$

بمعامل دقة $R^2 = 0.96$

العلاقة الرياضية بين نسبة GCR وComf:



الشكل 9. 34. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الواصل إلى حدود الراحة الحرارية للحالة A. المصدر. الباحث.

$$\text{Comf} = (0.0248 \cdot GCR) - (0.0001 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

$$\text{Comf} = [(0.0248 \cdot GCR) - (0.0001 \cdot GCR^2)] \cdot 8.33 \quad \dots \quad (\%)$$

$$GCR_{max} = 0.76 \cdot L_{can} \cdot W_{can}$$

بمعامل دقة $R^2 = 0.95$

الفصل العاشر

الدراسة التجريبية
على العينة B

If you can't explain it simply,
you don't understand it
well enough.
-- Albert Einstein --

تمهيد:

في هذا الجزء من البحث سنقوم بدراسة تجريبية لمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء على مستوى الوديان العمرانية ذات النسب الهندسية 0.8 بإتجاهاتها المختلفة.

1. الحالة BX:

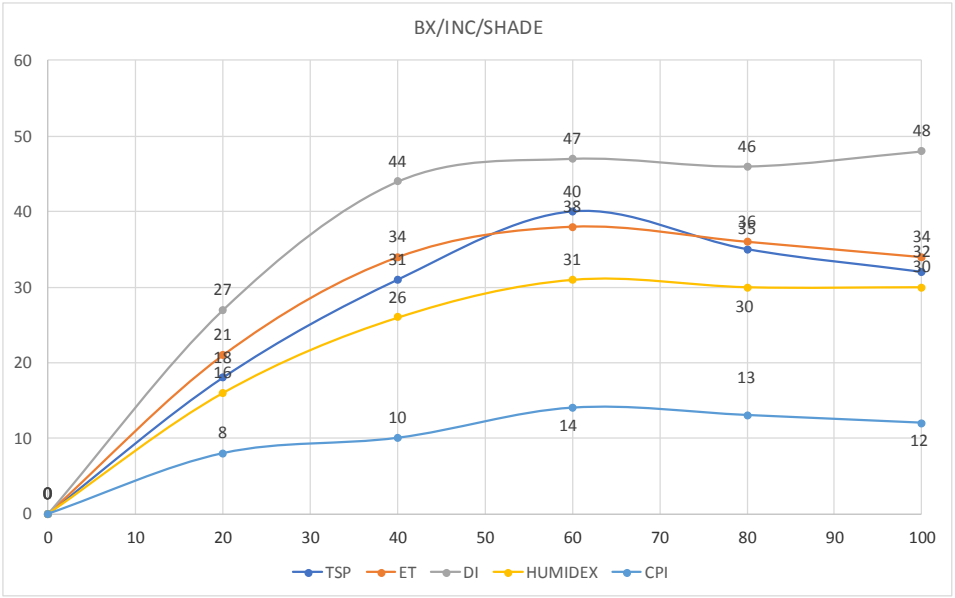
تعبر الحالة BX عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب.

1.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة BX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة BX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 1.10) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، -Dec وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

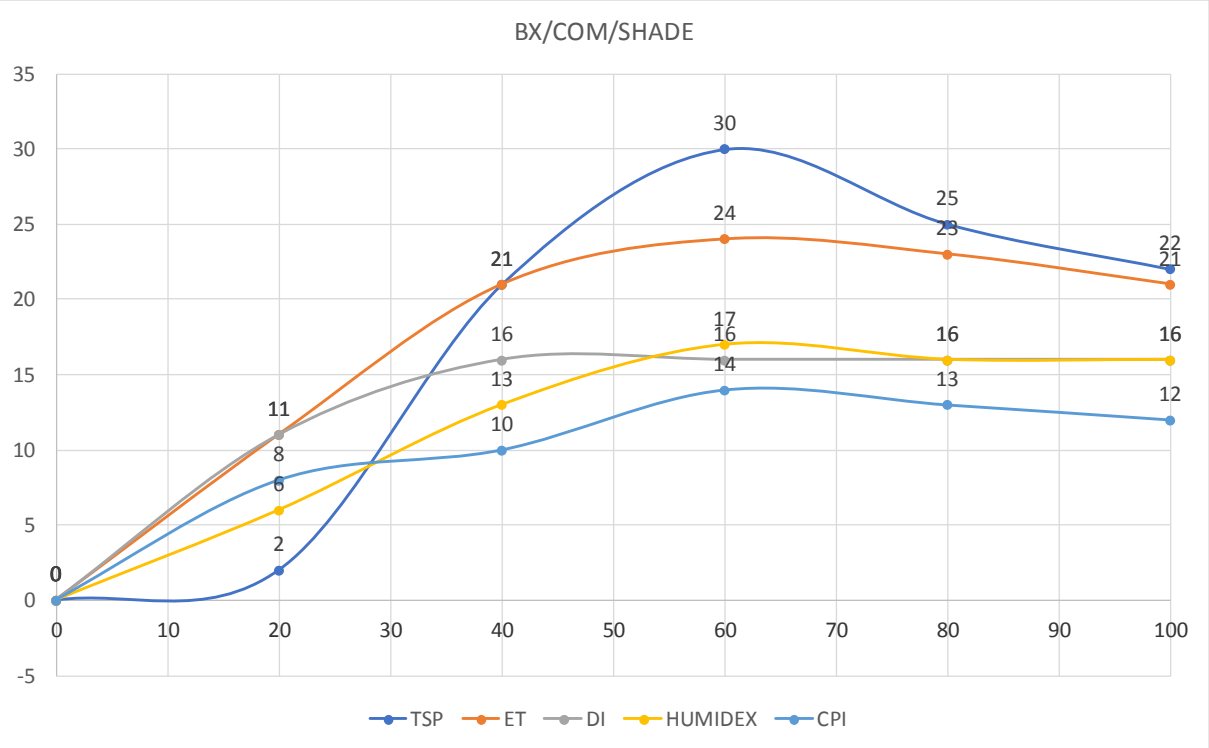
الجدول 10. 1. نتائج الحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	2	21	4	11	27	0	11	16	0	6	8	3	8
40	31	0	21	34	7	21	44	0	16	26	0	13	10	8	10
60	40	0	30	38	15	24	47	0	16	31	0	17	14	51	14
80	35	0	25	36	8	23	46	0	16	30	0	16	13	10	13
100	32	0	22	34	6	21	48	0	16	30	0	16	12	6	12



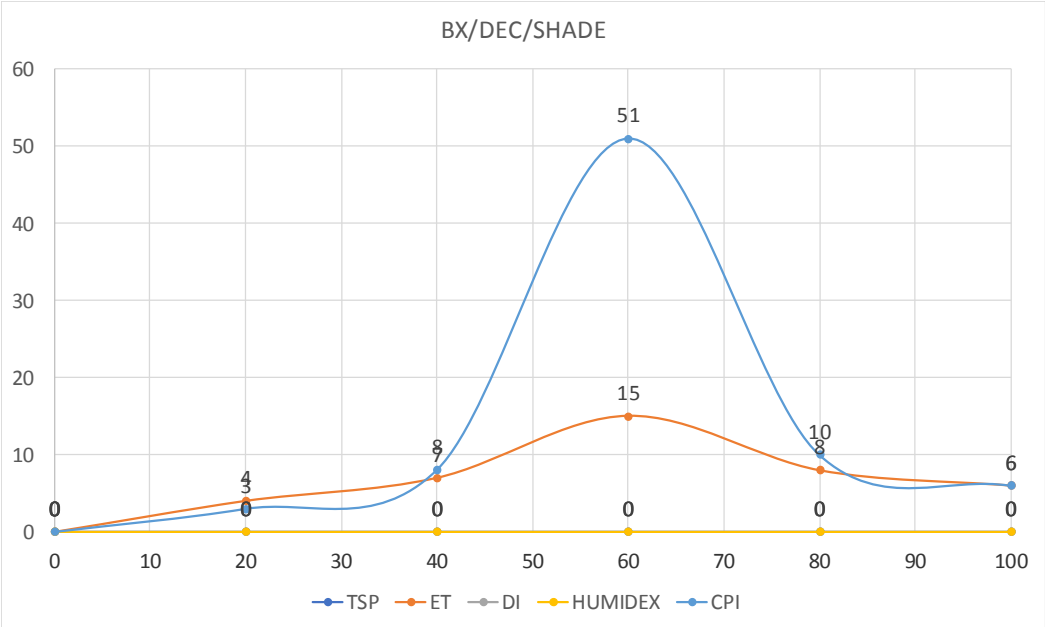
الشكل 10. 1. نتائج المؤشر Inc+ للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 1.10) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 47 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 48 عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 31 و14 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاتها عند النسبة 60% بقيمة 40 و38 ساعة إلا أنها تتراجـــــع بقيمة 8 ساعات كاملة عند نهاية العملية.



الشكل 10. 2. نتائج المؤشر Comf للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 2.10) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 30 و24 ساعة كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 22 ساعة. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 17 ساعة عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 12 ساعة كأدنى حد عند المؤشر CPI.



الشكل 10. 3. نتائج المؤشر -Dec للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

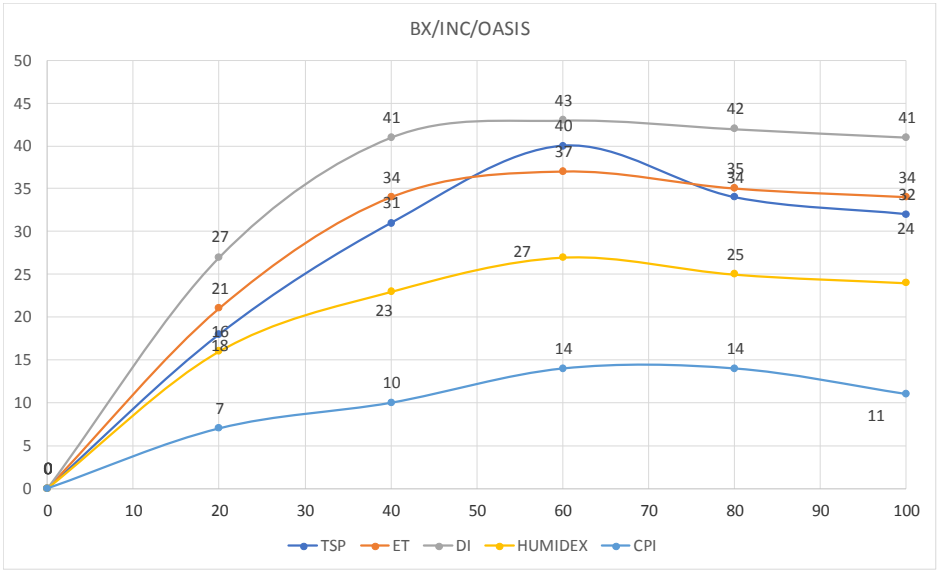
- يمثل (الشكل 3.10) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 60%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 40% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 51 ساعة عند النسبة 60% لتعود القيم إلى حالتها وتقترب من 00 إبتداءا من النسبة 80%.

2.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة BX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة BX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 2.10) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، -Dec وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

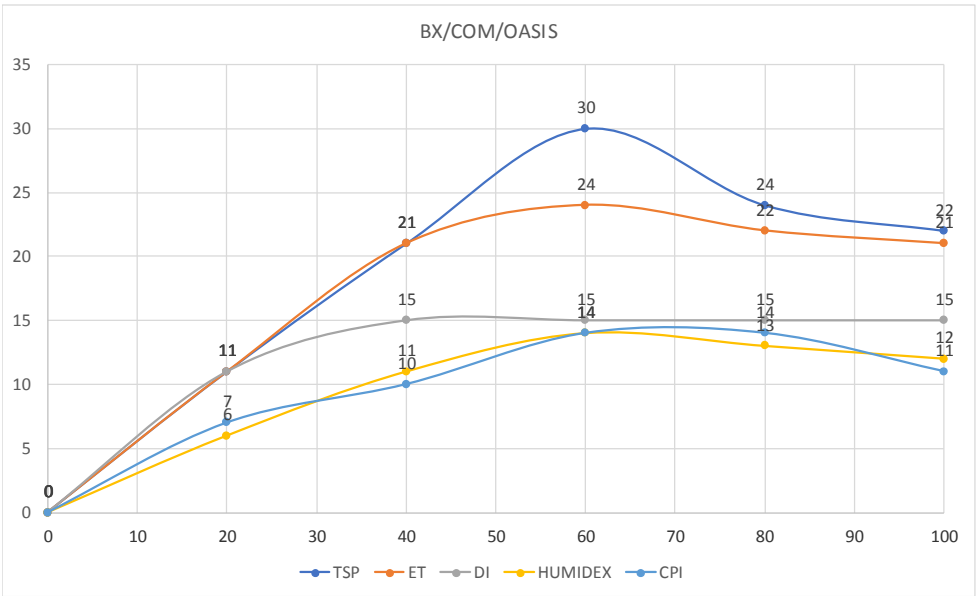
الجدول 10. 2. نتائج الحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	11	21	3	11	27	0	11	16	0	6	7	3	7
40	31	0	21	34	7	21	41	0	15	23	0	11	10	8	10
60	40	0	30	37	15	24	43	0	15	27	0	14	14	50	14
80	34	0	24	35	10	22	42	0	15	25	0	13	14	9	14
100	32	0	22	34	7	21	41	0	15	24	0	12	11	6	11



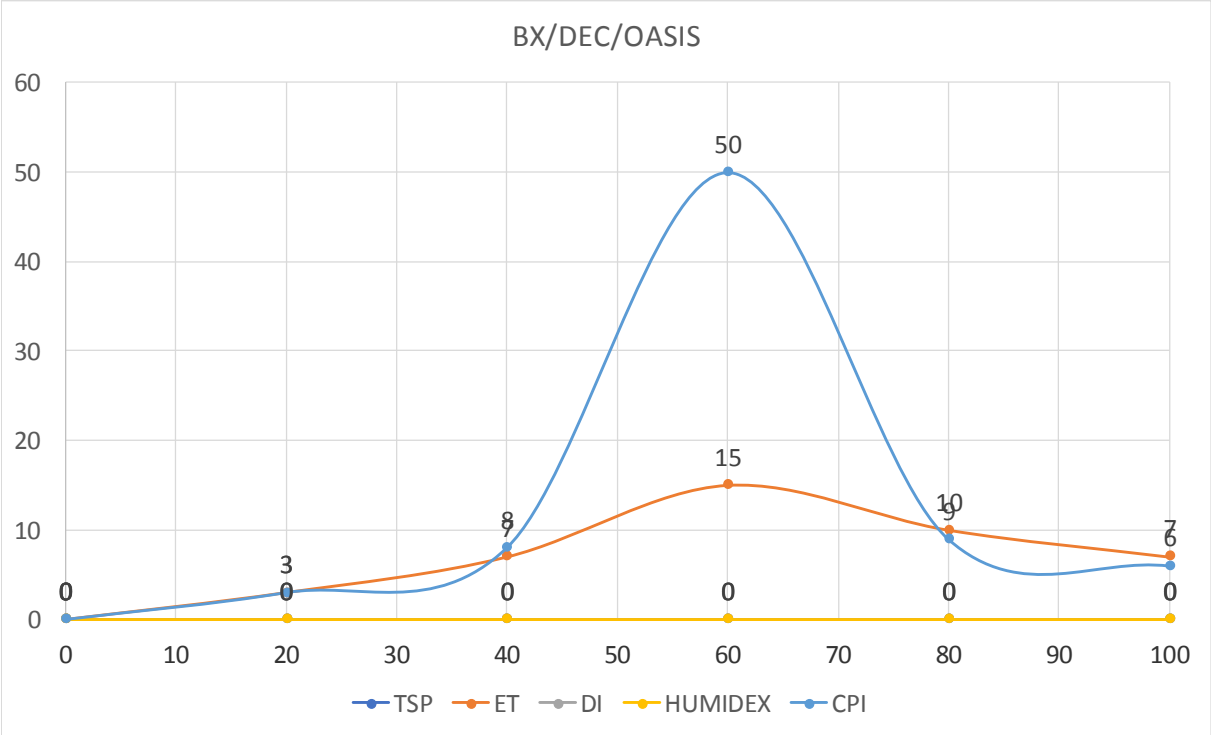
الشكل 10. 4. نتائج المؤشر Inc+ للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 4.10) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 43 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 41 ساعة عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 27 و14 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاتها عند النسبة 60% بقيمة 40 و37 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 6 ساعات كاملة عند نهاية العملية.



الشكل 10. 5. نتائج المؤشر Comf للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 5.10) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 30 و24 ساعة كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 22 ساعة. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 15 ساعة عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 11 ساعة كأدنى حد عند المؤشر CPI.



الشكل 10. 6. نتائج المؤشر Dec- للحالة BX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

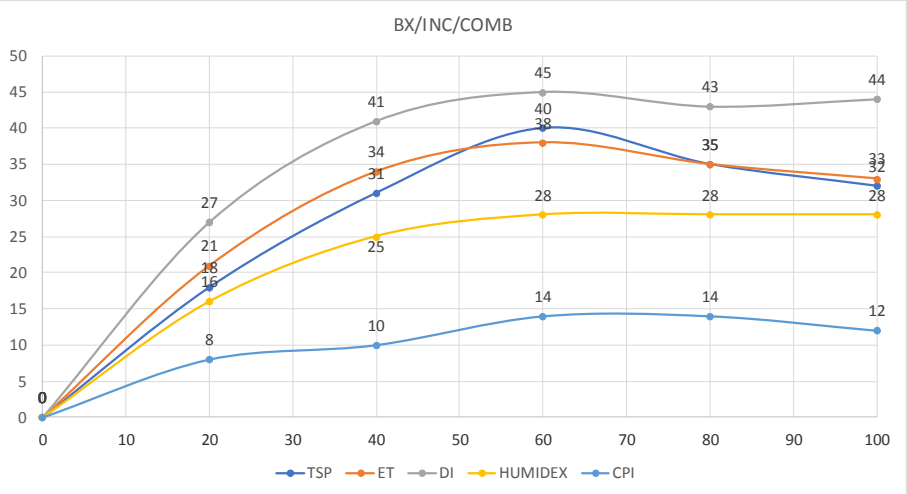
- يمثل (الشكل 6.10) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 60%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 40% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 50 ساعة عند النسبة 60% لتعود القيم إلى حالتها وتقترب من 00 إبتداءا من النسبة 80%.

3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة BX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة BX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 3.10) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، -Dec وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

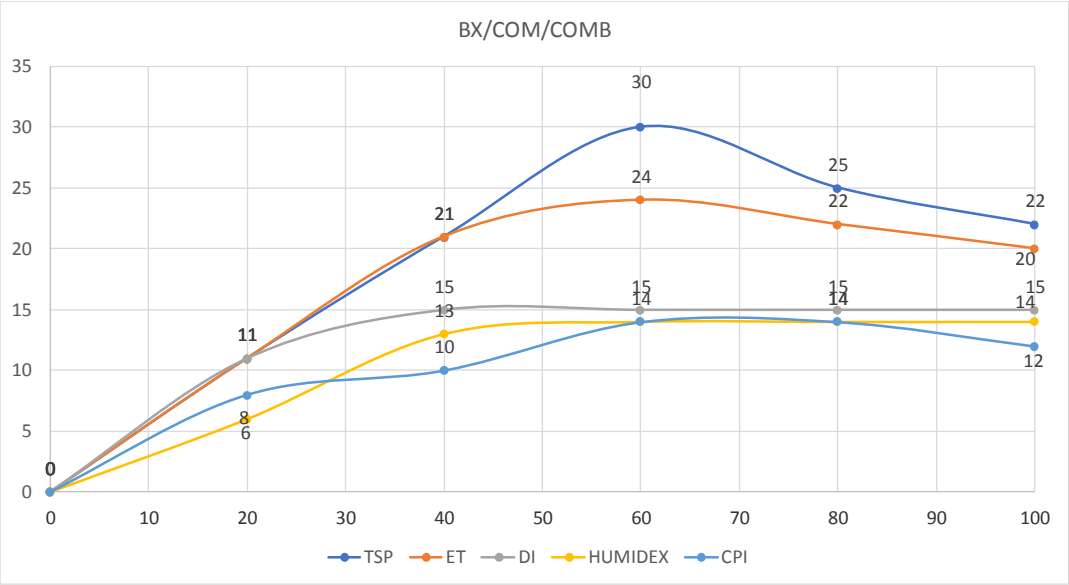
الجدول 10. 3. نتائج الحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	11	21	3	11	27	0	11	16	0	6	8	3	8
40	31	0	21	34	7	21	41	0	15	25	0	13	10	8	10
60	40	0	30	38	15	24	45	0	15	28	0	14	14	50	14
80	35	0	25	35	8	22	43	0	15	28	0	14	14	10	14
100	32	0	22	33	5	20	44	0	15	28	0	14	12	6	12



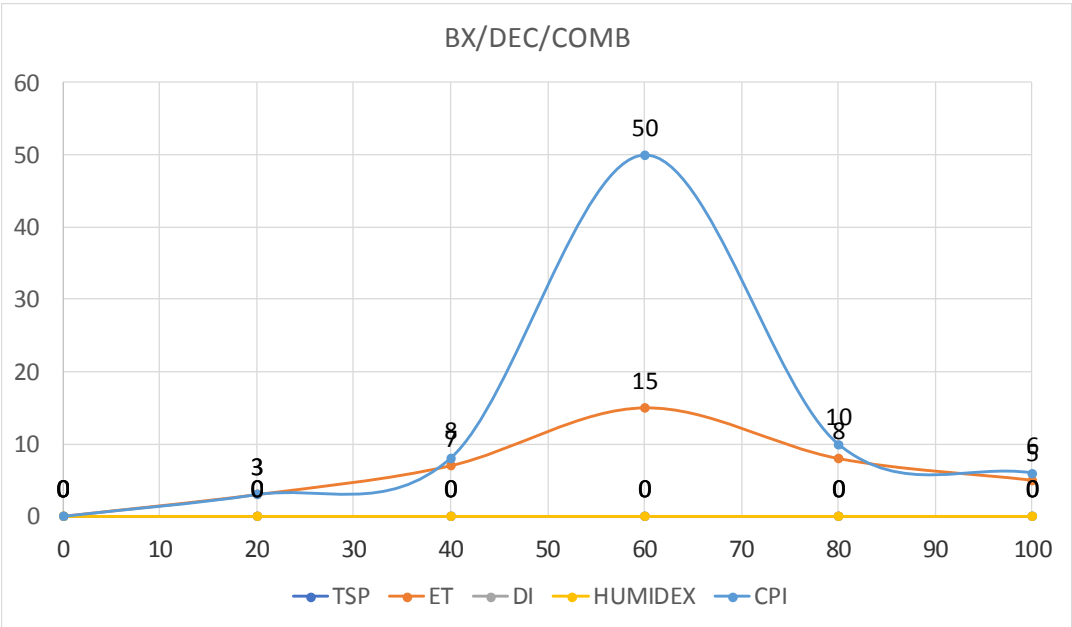
الشكل 10. 7. نتائج المؤشر Inc+ للحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 7.10) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 45 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 44 ساعة عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 28 و14 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاتها عند النسبة 60% بقيمة 40 و38 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 8 ساعات كاملة عند نهاية العملية.



الشكل 10. 8. نتائج المؤشر Comf للحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 8.10) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 30 و24 ساعة كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 22 ساعة. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 15 ساعة عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 12 ساعة كأدنى حد عند المؤشر CPI.



الشكل 10. 9. نتائج المؤشر Dec- للحالة BX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

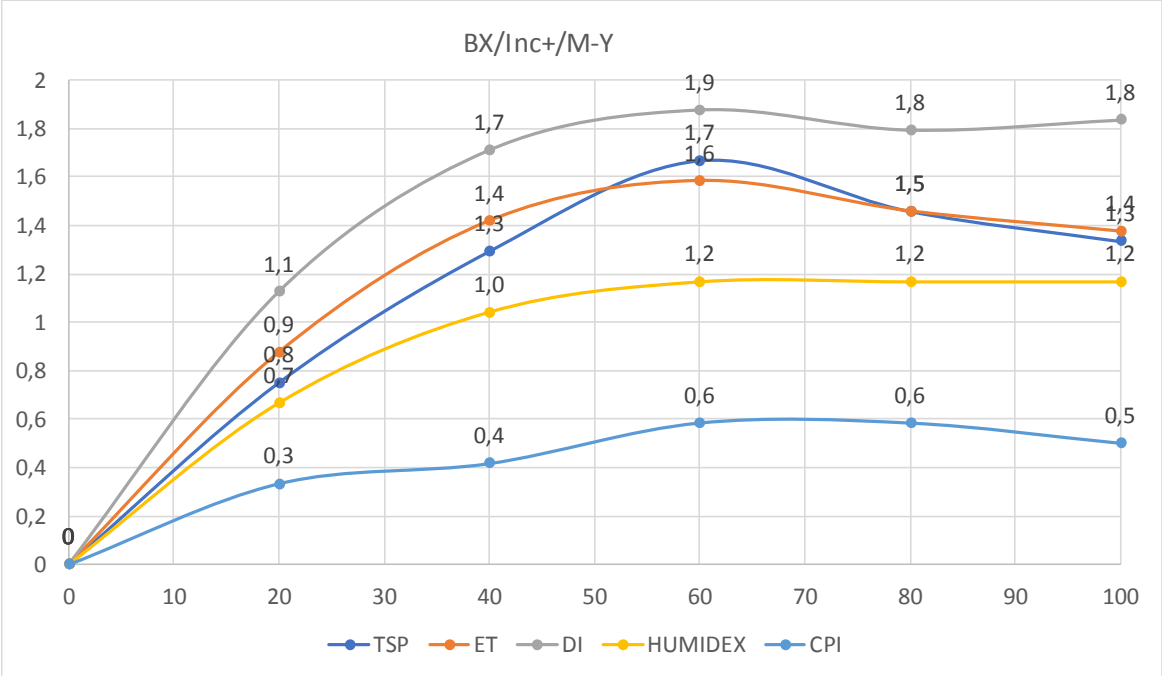
- يمثل (الشكل 9.10) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 60%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 40% أين لاحظنا إرتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 50 ساعة عند النسبة 60% لتعود القيم إلى حالتها وتقترب من 00 إبتداءا من النسبة 80%.

4.1. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة BX:

وكقراءة مقارنية عامة لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر في السنة يبين (الجدول 4.10) أهم هذه النتائج.

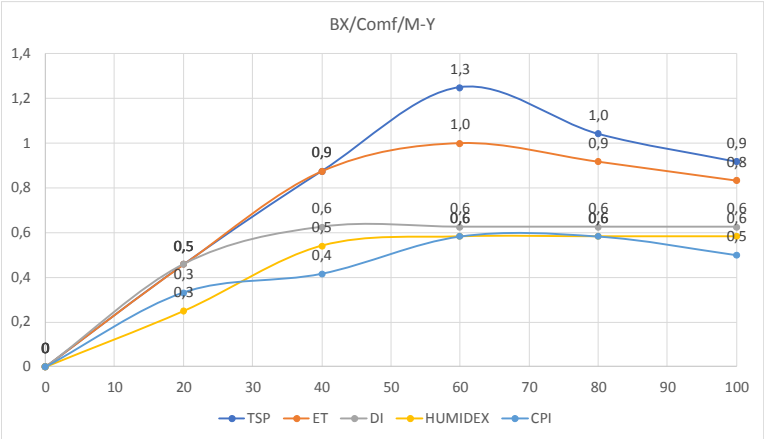
الجدول 10. 4. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة BX. المصدر. الباحث.

	TSP		ET		DI		HUMIDEX		CPI	
	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,8	0,5	0,9	0,5	1,1	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3
40	1,3	0,9	1,4	0,9	1,7	0,6	1,0	0,5	0,4	0,4
60	1,7	1,3	1,6	1,0	1,9	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6
80	1,5	1,0	1,5	0,9	1,8	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6
100	1,3	0,9	1,4	0,8	1,8	0,6	1,2	0,6	0,5	0,5



الشكل 10. 10. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Inc+ بمعدل شهر/السنة في الحالة BX. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 10.10) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 1.9 ش/س عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 1.8 ش/س عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 0.6 و1.2 ش/س عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاتها عند النسبة 60% بقيمة 1.6 و1.7 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 0.3 ش/س عند نهاية العملية.



الشكل 10. 11. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة BX. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 11.10) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 1.3 و1.0 ش/س كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 0.8 ش/س. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 0.6 ش/س عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 0.5 ش/س كأدنى حد عند المؤشر CPI.

5.1. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة BX:

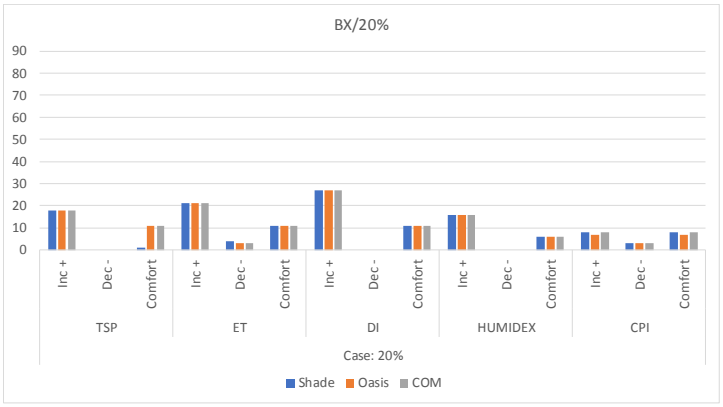
بناءا على كل من الأشكال (12.10) إلى غاية (16.10) والتي تبيـــن قيمة المؤشرات + Inc، Dec- وComf حسب كل من المؤشرات الحرارية TSP، ET، DI، HUMIDEX ، وCPI والمستخدمة في التجربة لتقييم مدى الراحة الحرارية في المجال الخارجـــــــــــــــي للحالة BX.

أين تقدم الأشكال نظرة شاملة لكل العناصر المذكورة حسب نظريات التبريد المراد تجريبها: التبريد بالتظليل، التبريد بالتبخير والتبريد المركب.

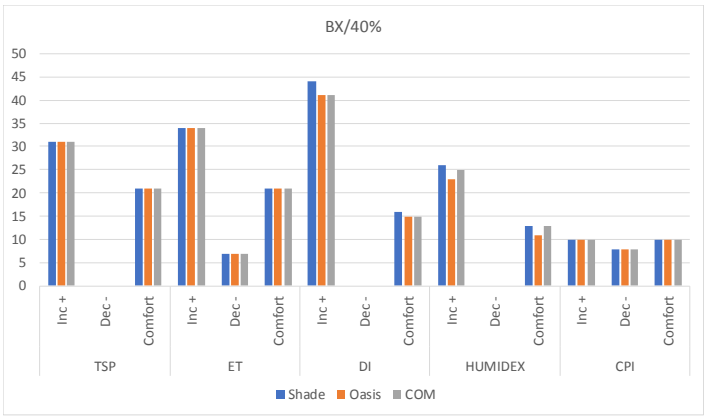
حسب (الشكل 12.10) وعند نسبة 20% من التجربة يبين المنحنى تطابقا تاما في النتائج لكل من المؤشرات DI، ET، TSP وHUMIDEX بخلاف مؤشر CPI الذي يظهر قيمة أقل قليلا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بالباقي؛ (الشكل 13.10) يبين نتائج التجربة عند النسبة 40% أين يوضح المنحنى تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشرات TSP، ET وCPI في الوقت الذي يقدم فيه المؤشر DI تقدما لنظرية التبريد بالتظليل أما المؤشر HUMIDEX فيبين تراجعا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بسابقاتها.

(الشكل 14.10) يوضح نتائج التجربة عند مستوى 60% أين نجد تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشرات TSP، ET وCPI في الوقت الذي يقدم فيه كل من المؤشر DI وHUMIDEX تراجعا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بسابقاتها. وكقراءة عامة للشكل (15.10) الذي يوضح نتائج العملية عند النسبة 80% فإن كل المؤشرات ترمي لنتيجة تقدم طفيف لنتائج نظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي.

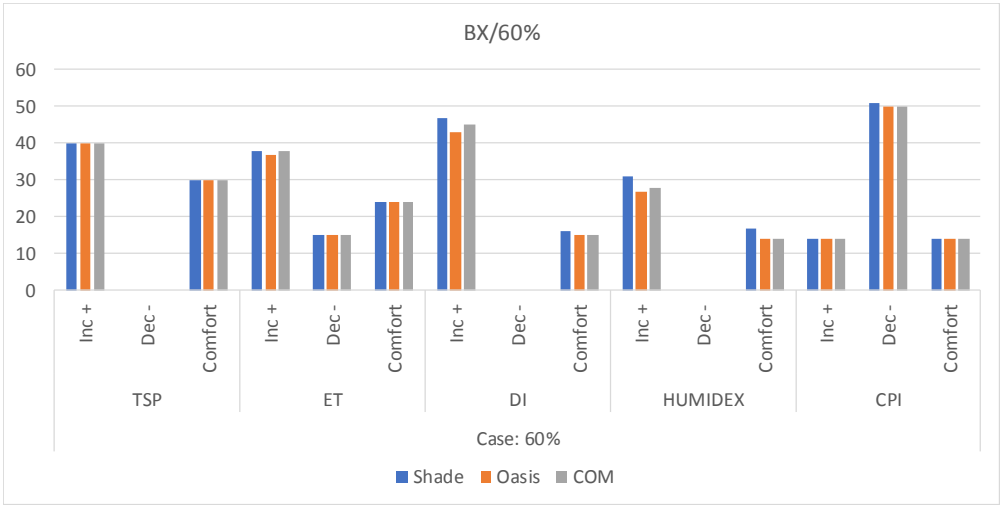
(الشكل 16.10) يقدم النتائج النهائية عند النسبة 100% من التجربة أين أصبح التقدم الملاحظ في المحطة السابقة محسوسا على مستوى كل المؤشرات DI، HUMIDEX بينما توضح المؤشرات تقاربا كبيرا جدا فيما بينها.



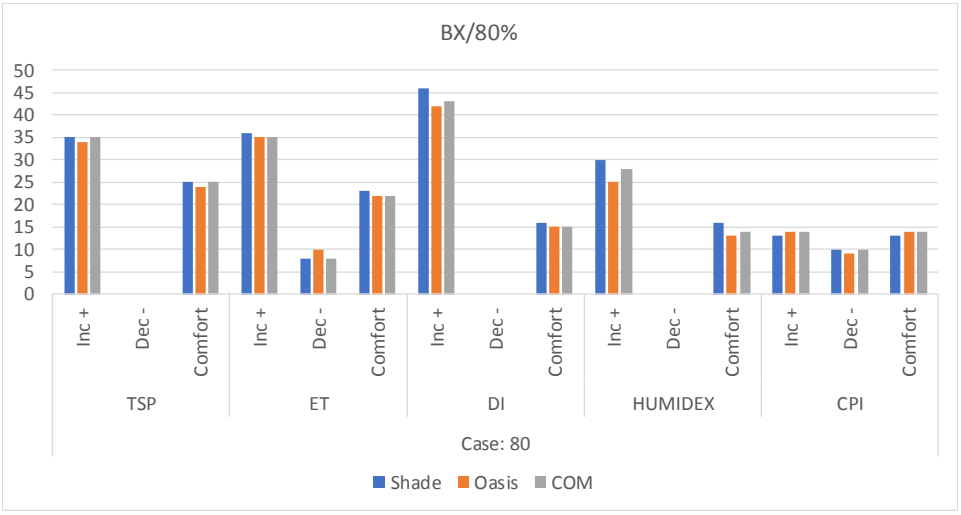
الشكل 10. 12. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



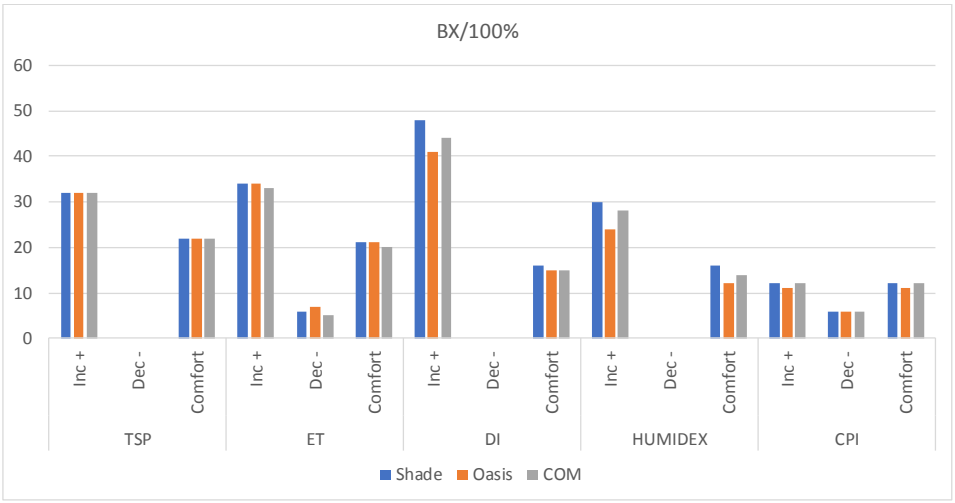
الشكل 10. 13. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 10. 14. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 10. 15. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 10. 16. نتائج التجربة للحالة BX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.

2. الحالة BY:

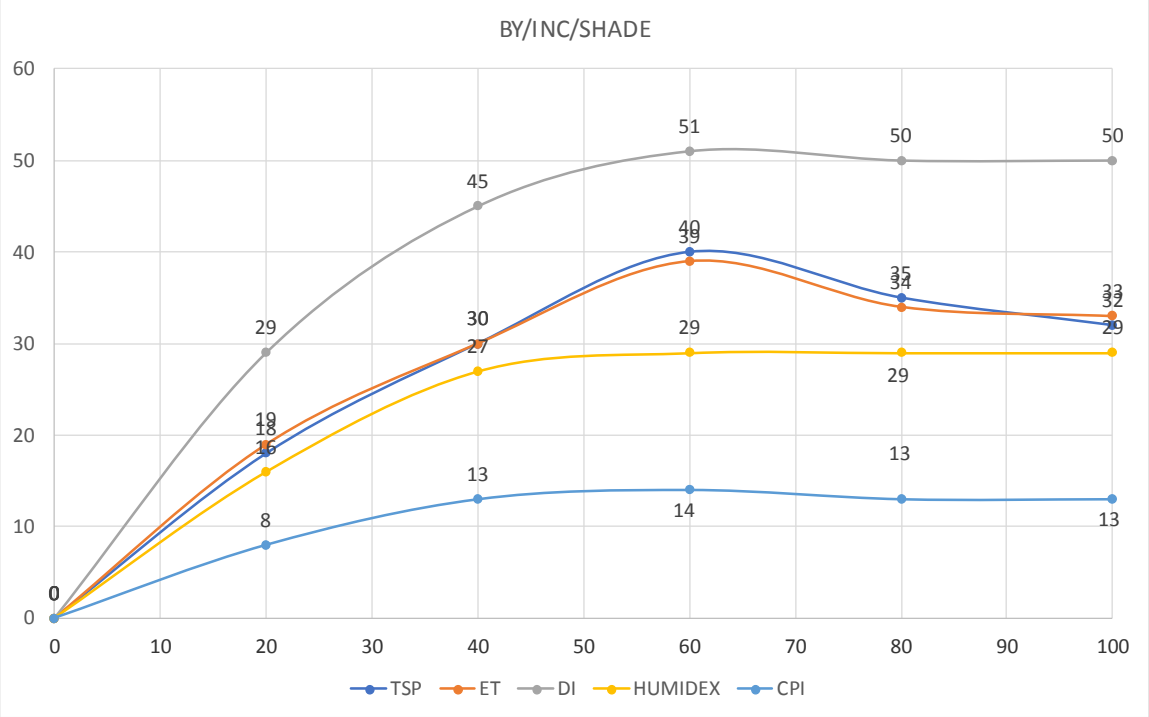
تعبر الحالة BY عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسية في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشرق-غرب.

1.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة BY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة BY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 5.10) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

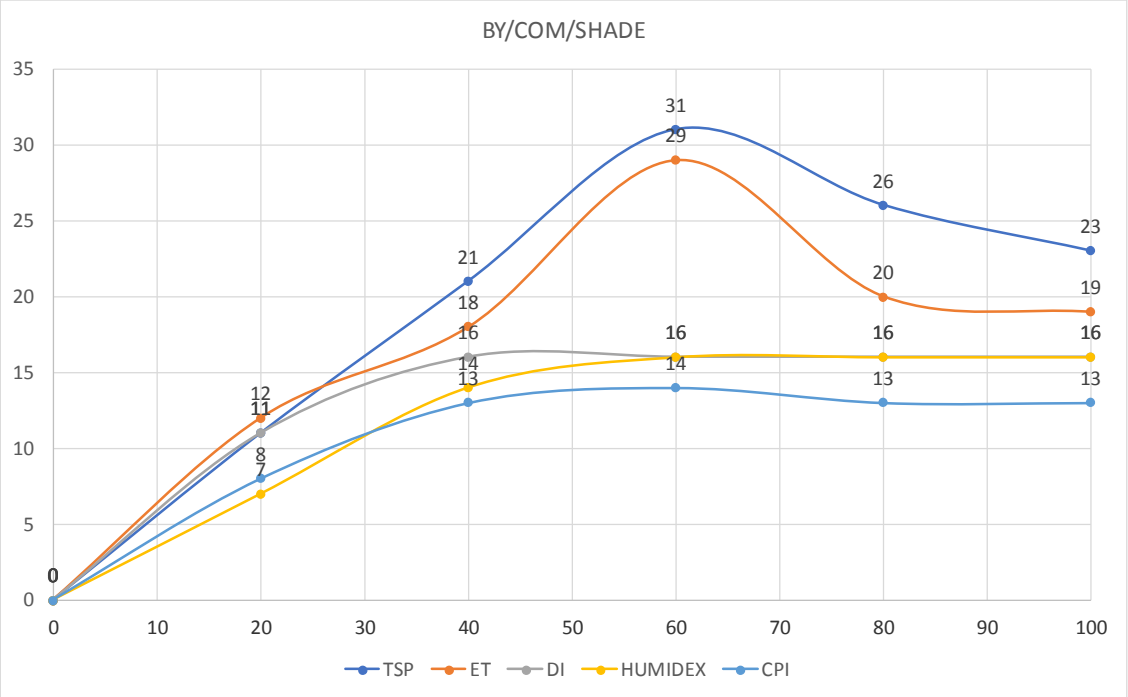
الجدول 10. 5. نتائج الحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	11	19	0	12	29	0	11	16	0	7	8	4	8
40	30	0	21	30	6	18	45	0	16	27	0	14	13	8	13
60	40	0	31	39	15	29	51	0	16	29	0	16	14	47	14
80	35	0	26	34	8	20	50	0	16	29	0	16	13	12	13
100	32	0	23	33	6	19	50	0	16	29	0	16	13	6	13



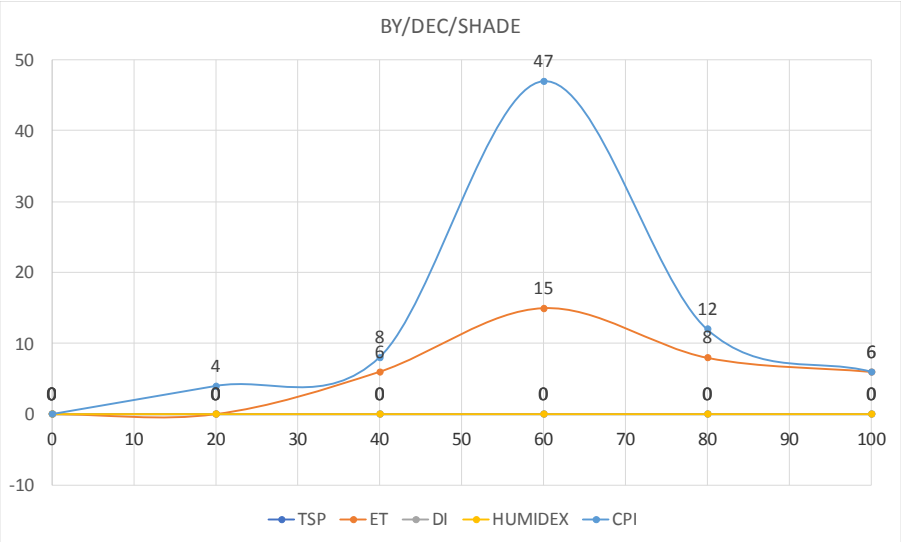
الشكل 10. 17. نتائج المؤشر Inc+ للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 17.10) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 51 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 50 عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 29 و14 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاتها عند النسبة 60% بقيمة 40 و39 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 8 ساعات كاملة عند نهاية العملية.



الشكل 10. 18. نتائج المؤشر Comf للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 18.10) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 31 و29 ساعة كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 23 و19 ساعة. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 16 ساعة عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 13 ساعـــــــــــة كأدنى حد عند المؤشر CPI.



الشكل 10. 19. نتائج المؤشر Dec- للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

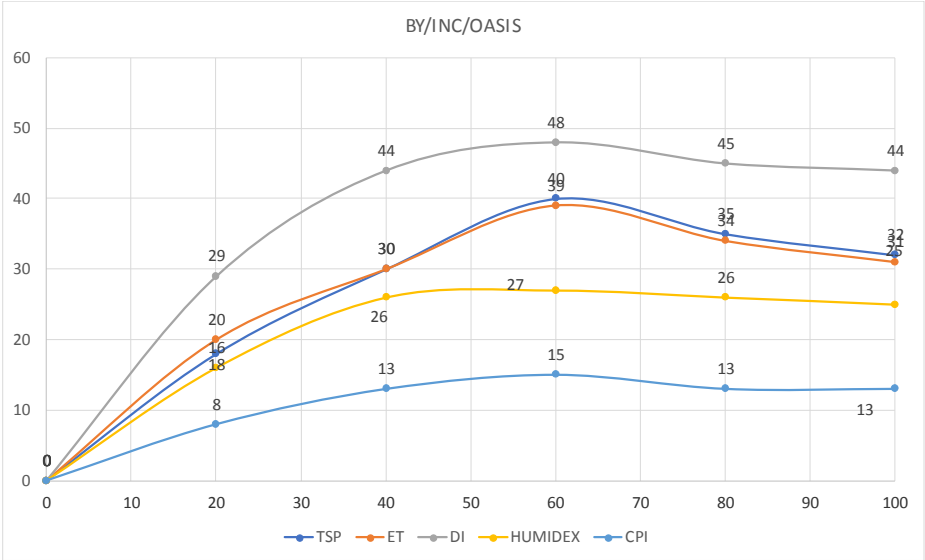
- يمثل (الشكل 19.10) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشـــرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 60%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 40% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 47 ساعة عند النسبـــــــــــــــة 60% لتعود القيم إلى حالتها وتقترب من 00 إبتداءا من النسبة 80%.

2.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة BY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة BY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 6.10) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Inc+، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

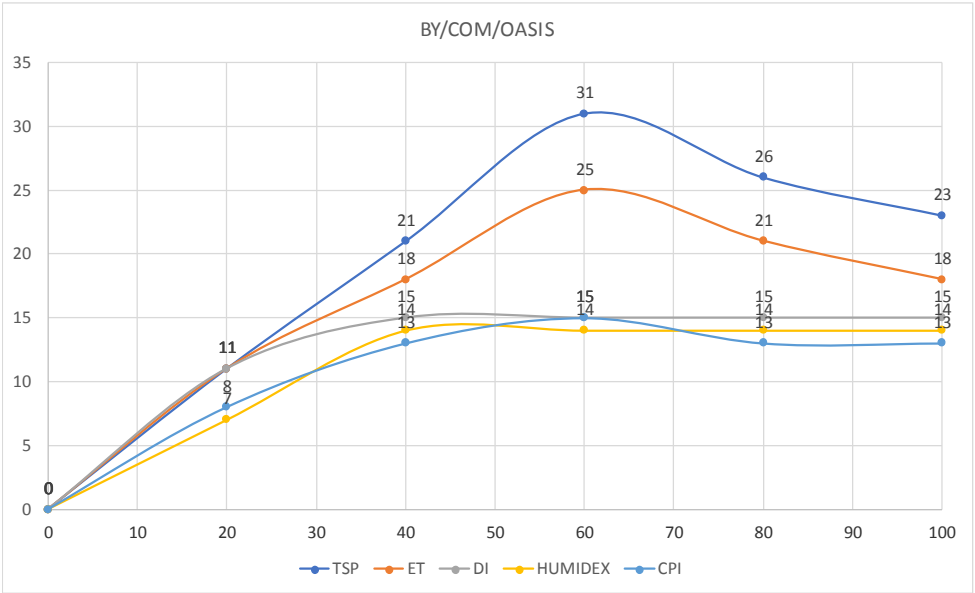
الجدول 10. 6. نتائج الحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	11	20	2	11	29	0	11	16	0	7	8	4	8
40	30	0	21	30	5	18	44	0	15	26	0	14	13	9	13
60	40	0	31	39	15	25	48	0	15	27	0	14	15	46	15
80	35	0	26	34	5	21	45	0	15	26	0	14	13	11	13
100	32	0	23	31	5	18	44	0	15	25	0	14	13	6	13



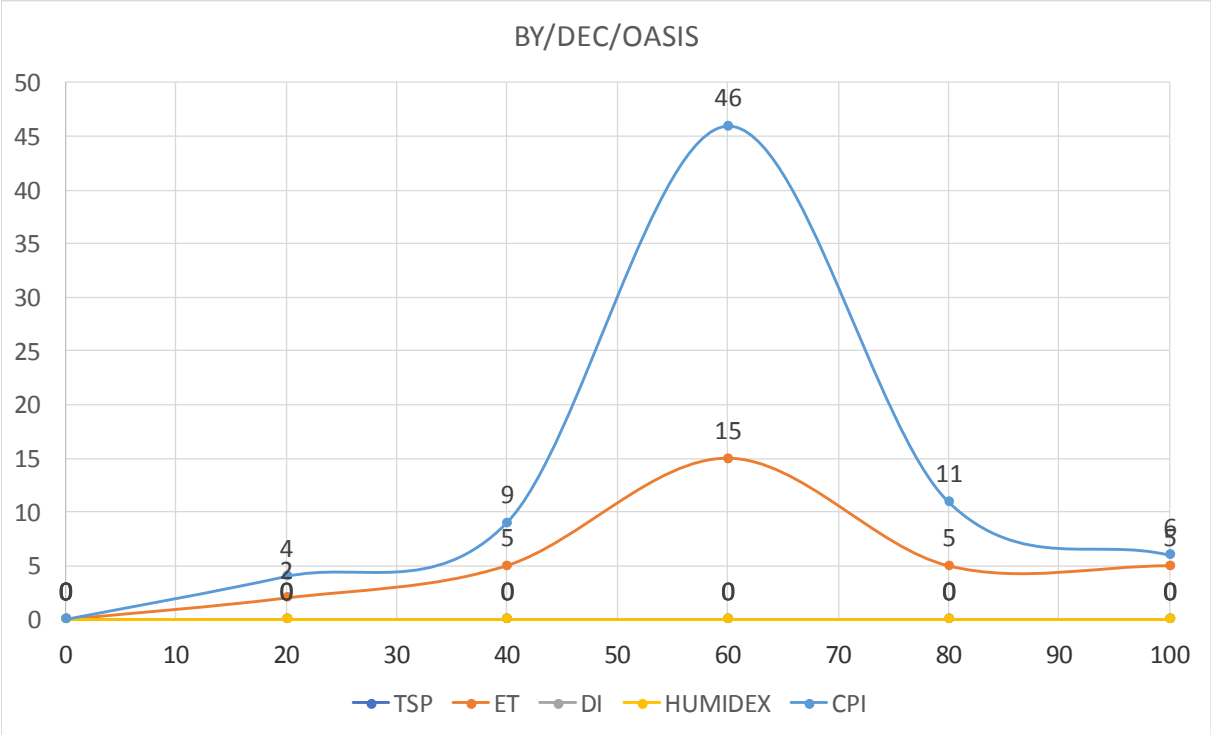
الشكل 10. 20. نتائج المؤشر Inc+ للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 20.10) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 48 ساعة عند نسبة 60% لتنخفض نوعا ما وتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 44 ساعة عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 27 و15 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابـــــــــي تصل إلى أقصى درجاها عند النسبة 60% بقيمة 40 و39 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 8 ساعات كاملة عند نهاية العملية.



الشكل 10. 21. نتائج المؤشر Comf للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 21.10) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 31 و25 ساعة كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 23 ساعة. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 15 ساعة عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 13 ساعة كأدنى حد عند المؤشر CPI.



الشكل 10. 22. نتائج المؤشر Dec- للحالة BY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

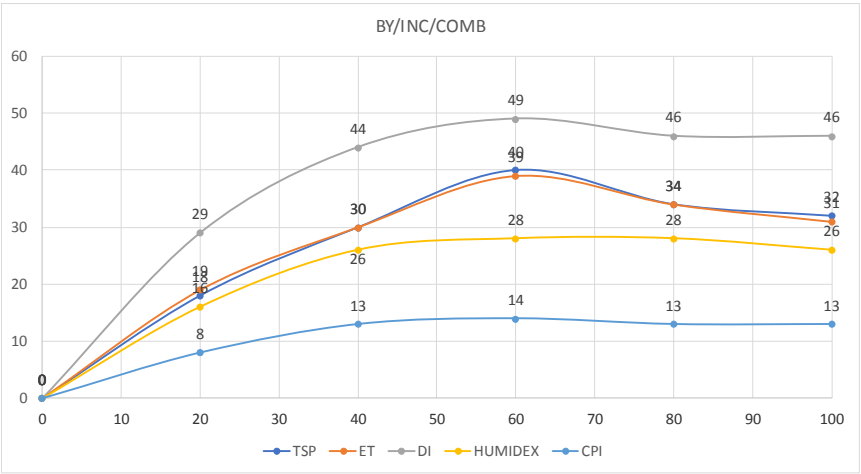
- يمثل (الشكل 22.10) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات DI،TSP وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 60%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 40% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 46 ساعة عند النسبة 60% لتعود القيـــــــــــــم إلى حالتها وتقترب من 00 إبتداءا من النسبة 80%.

3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة BY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة BY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 7.10) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Inc+، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

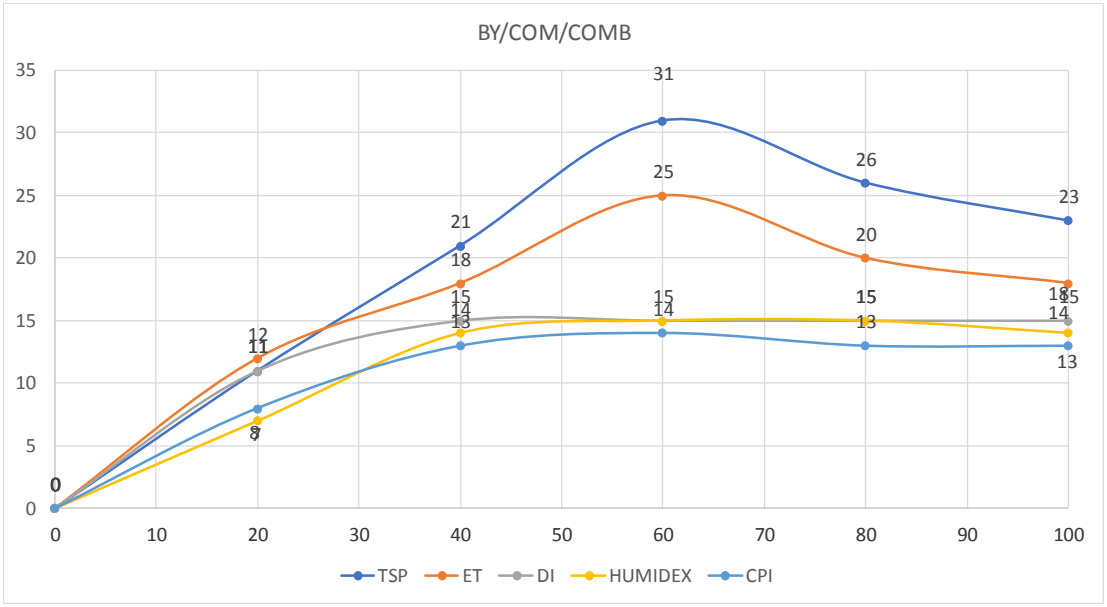
الجدول 10. 7. نتائج الحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	11	19	2	12	29	0	11	16	0	7	8	4	8
40	30	0	21	30	5	18	44	0	15	26	0	14	13	8	13
60	40	0	31	39	15	25	49	0	15	28	0	15	14	46	14
80	34	0	26	34	7	20	46	0	15	28	0	15	13	12	13
100	32	0	23	31	5	18	46	0	15	26	0	14	13	6	13



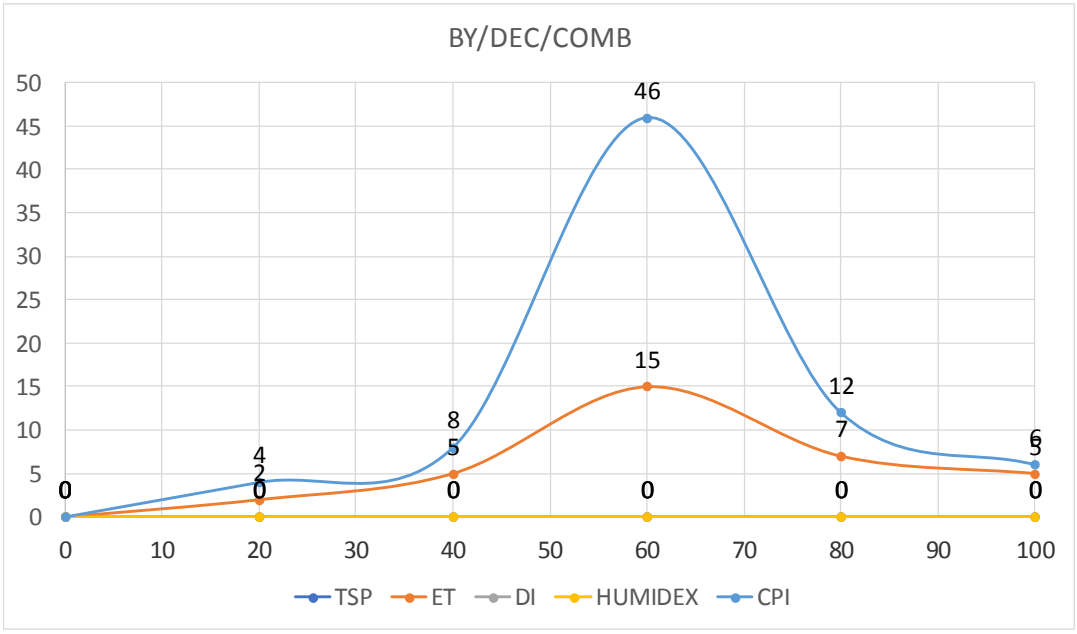
الشكل 10. 23. نتائج المؤشر Inc+ للحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 23.10) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 49 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 46 ساعة عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 28 و14 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاها عند النسبة 60% بقيمة 40 و39 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 8 ساعات كاملة عند نهاية العملية.



الشكل 10. 24. نتائج المؤشر Comf للحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 24.10) قيمة المؤشر Comf والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 31 و25 ساعة كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى 23 ساعة. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 15 ساعة عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 13 ساعة كأدنى حد عند المؤشر CPI.



الشكل 10. 25. نتائج المؤشر Dec- للحالة BY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

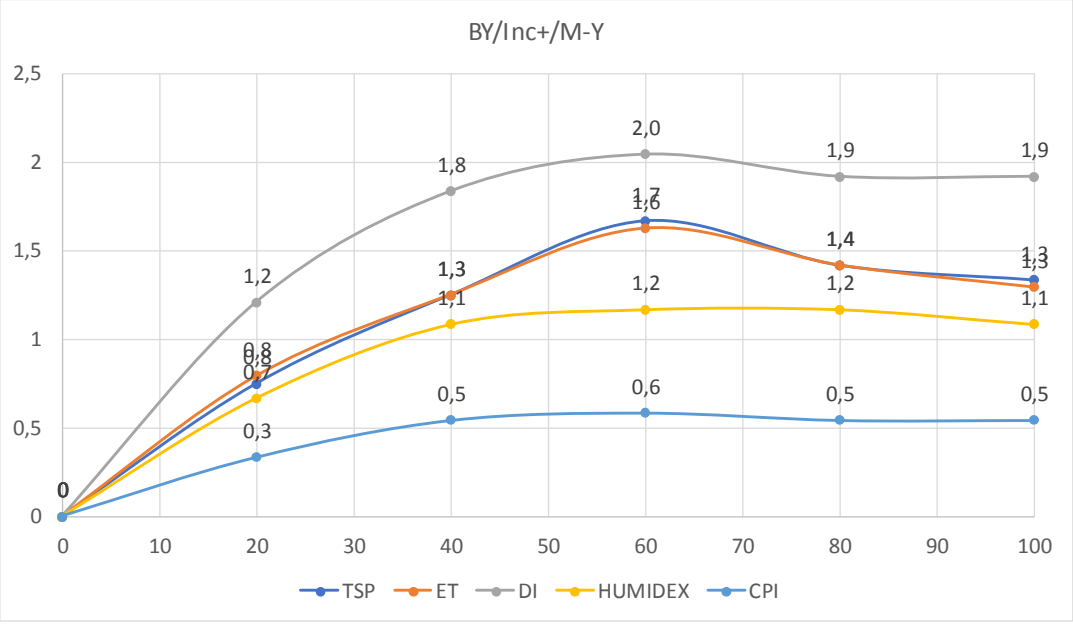
- يمثل (الشكل 25.10) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات DI،TSP وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 15 ساعة عند النسبة 60%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI حالة إستقرار تقترب من 00 حتى الوصول إلى النسبة 40% أين لاحظنا ارتفاع كبير جدا لقيمة CPI وصلت إلى 46 ساعة عند النسبة 60% لتعود القيم إلى حالتـــــــــــــــها وتقترب من 00 إبتداءا من النسبة 80%.

4.2. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة BY:

وكقراءة مقارنية عامة لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر في السنة يبين (الجدول 8.10) أهم هذه النتائج.

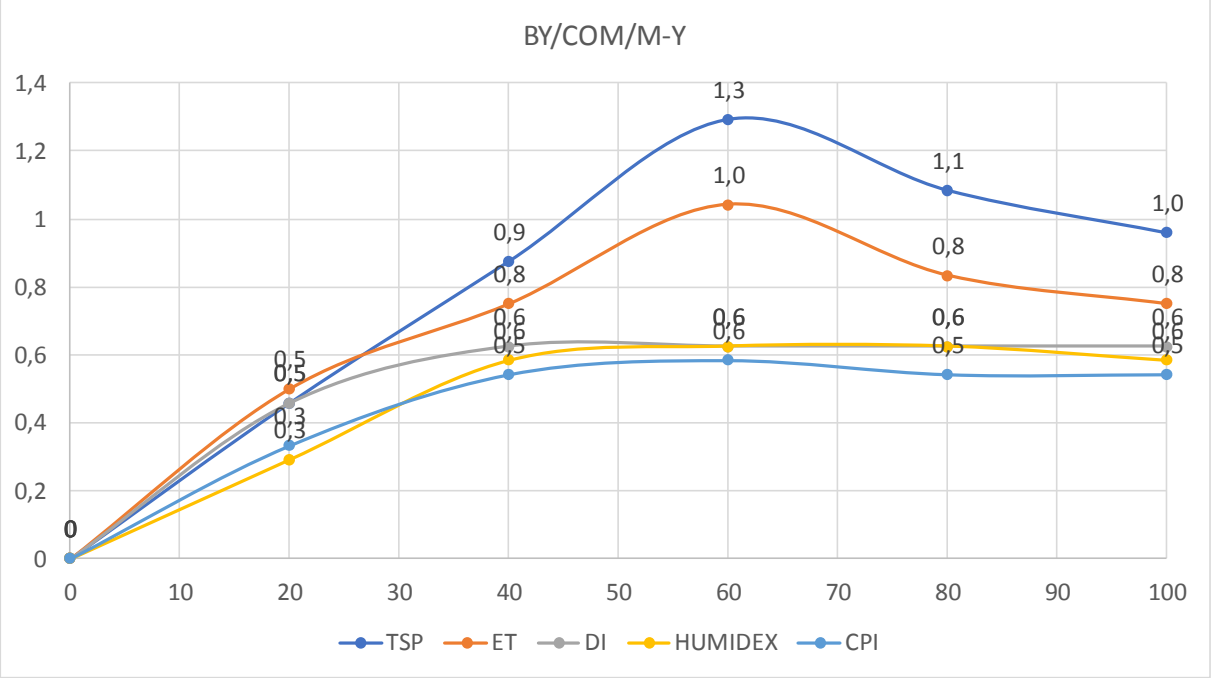
الجدول 10. 8. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة BY. المصدر. الباحث.

	TSP		ET		DI		HUMIDEX		CPI	
	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,8	0,5	0,8	0,5	1,2	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3
40	1,3	0,9	1,3	0,8	1,8	0,6	1,1	0,6	0,5	0,5
60	1,7	1,3	1,6	1,0	2,0	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6
80	1,4	1,1	1,4	0,8	1,9	0,6	1,2	0,6	0,5	0,5
100	1,3	1,0	1,3	0,8	1,9	0,6	1,1	0,6	0,5	0,5



الشكل 10. 26. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Inc+ بمعدل شهر/السنة في الحالة BY. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 26.10) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 2.0 ش/س عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 1.8 ش/س عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وCPI يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 0.6 و1.2 ش/س عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة. إلا أن المؤشرين TSP وET يقدمان قراءة أخرى قد تتفق مع سابقاتها في أن قيمة التعديل الإيجابي تصل إلى أقصى درجاتها عند النسبة 60% بقيمة 1.6 و1.7 ساعة إلا أنها تتراجع بقيمة 0.3 ش/س عند نهاية العملية.



الشكل 10. 27. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشرComf بمعدل شهر/السنة في الحالة BY. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 27.10) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر الذي وصل إلى مجال الراحة في المؤشرات الحرارية. حسب المنحنى نستنتج أن هناك تباين في النتائج فكل من مؤشري TSP وET يبينان قيم أعلى من المؤشرات الأخرى والتي تصل إلى 1.3 و1.0 ش/س كأقصى حد عند نسبة 60% من التجربة ثم تنحدر قيمة المؤشرات في 40% الأخيرة لتصل إلى معدل 0.9 ش/س. المؤشرات HUMIDEX، DI وCPI تقدم قيم أقل من التأثير الإيجابي والتي وصلت أقصاها 0.6 ش/س عند نفس النسبة 60% لتستقر النتائج فيما تبقى من التجربة ولم تنحدر إلا قليلا لتصل إلى قيمة 0.5 ش/س كأدنى حد عند المؤشر CPI.

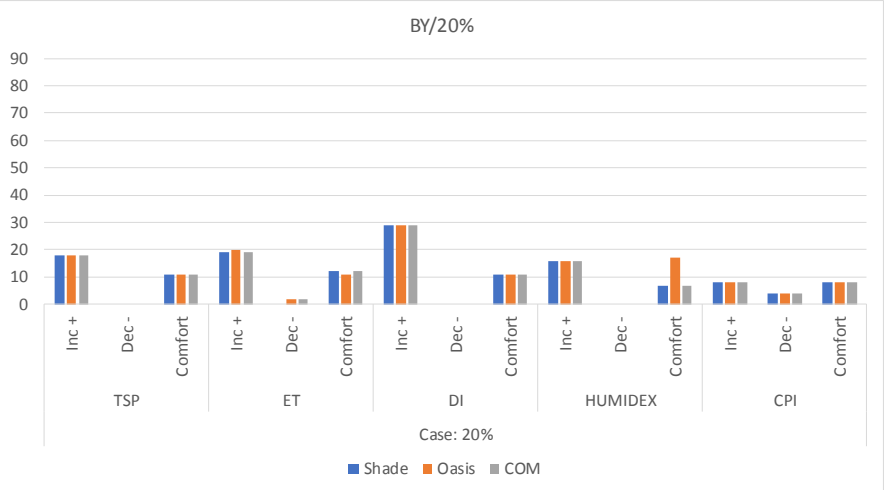
5.2. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة BY:

بناءا على كل من الأشكال (28.10) إلى غاية (32.10) والتي تبين قيمة المؤشرات + Inc، -Dec وComf حسب كل من المؤشرات الحرارية TSP،ET، DI، HUMIDEX ، وCPI والمستخدمة في التجربة لتقييم مدى الراحة الحرارية في المجال الخارجي للحالة BY. أين تقدم الأشكال نظرة شاملة لكل العناصر المذكورة حسب نظريات التبريد المراد تجريبـــــــــــــــــها: التبريد بالتظـــــــليل، التبريد بالتبخير والتبريد المركب.

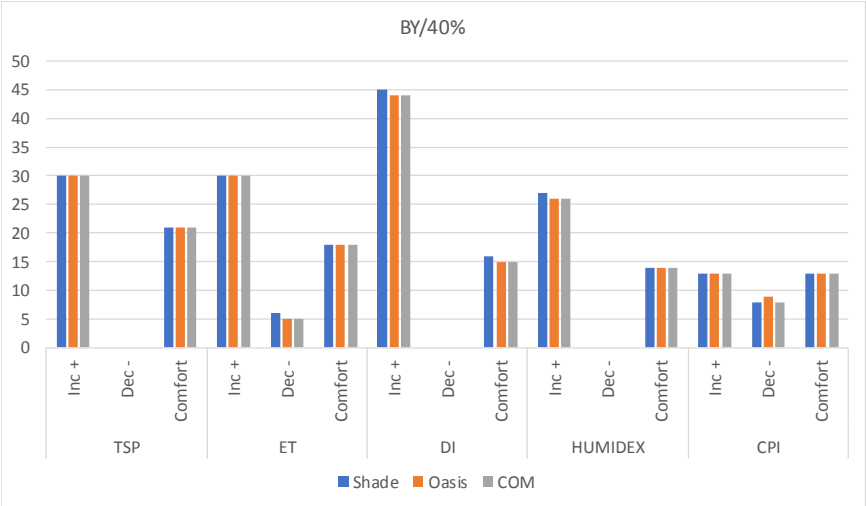
حسب (الشكل 28.10) وعند نسبة 20% من التجربة يبين المنحنى تطابقا تاما في النتائج لكل من المؤشرات TSP، ET، DI وCPI بخلاف مؤشر HUMIDEX الذي يظهر قيمة أعلى قليلا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بالباقي؛ (الشكل 29.10) يبين نتائج التجربة عند النسبة 40% أين يوضح المنحنى تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشرات TSP، ET، CPI وHUMIDEX في الوقت الذي يقدم فيه المؤشر DI تقدما طفيفا لنظرية التبريد بالتظليل.

(الشكل 30.10) يوضح نتائج التجربة عند مستوى 60% أين نجد تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشرات TSP، ET وCPI في الوقت الذي يقدم فيه كل من المؤشر DI وHUMIDEX تراجعا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بسابقاتها. وكقراءة عامة للشكل (31.10) الذي يوضح نتائج العملية عند النسبة 80% فإن المؤشرات DI وHUMIDEX ترمي لنتيجة تقدم طفيف لنتائج نظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي الذي تبين المؤشرات الأخرى تطابقا كبيرا في النتائج.

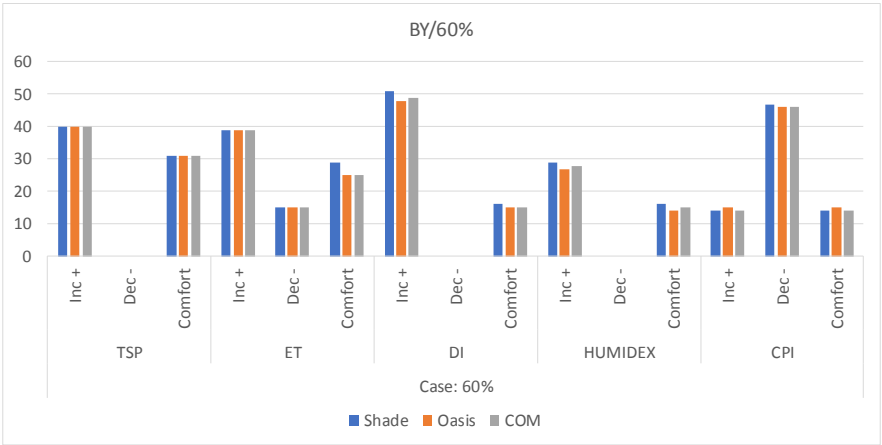
(الشكل 32.10) يقدم النتائج النهائية عند النسبة 100% من التجربة أين أصبح التقدم الملاحظ في المحطة السابقة محسوسا على مستوى كل المؤشرات DI، HUMIDEX بينما توضح المؤشرات تقاربا كبيرا جدا فيما بينها.



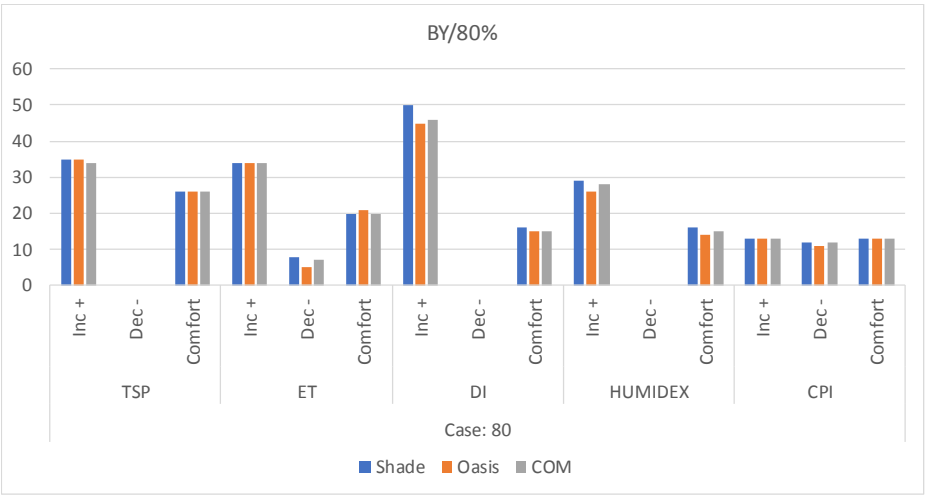
الشكل 10. 28. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



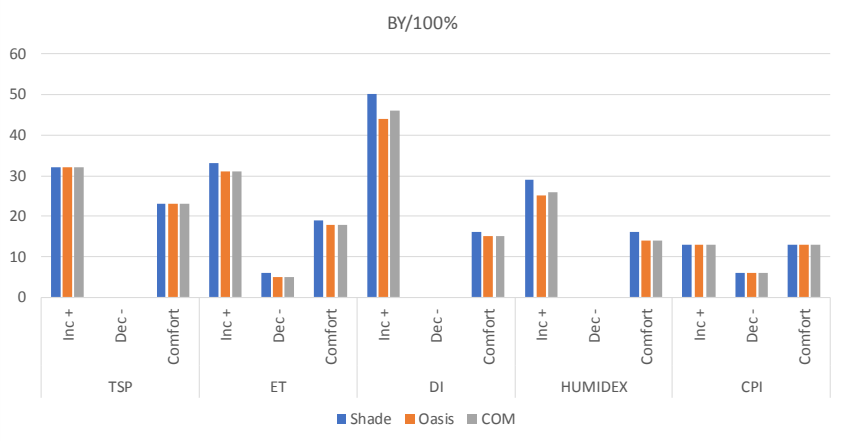
الشكل 10. 29. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 10. 30. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 10. 31. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 10. 32. نتائج التجربة للحالة BY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.

3. مناقشة نتائج النموذج B:

يعتبر النموذج B مثالا عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب و الشرق-غرب، بعد التجربة التي قمنا بها عن طريق المحاكاة الرقمية على كل من الحالتين الثانويتين BX و BY بالمرور عبر خمس سيناريوهات مختلفة تمثل نسبة إستعمال المجال الأخضر GCR من المجال العام بتزايد مستقر 0، 20، 40، 60، 80 و 100%؛ تحصلنا على النتائج المبينة في الجداول السابقة و التي ترجمناها إلى منحنيات بيانية ممثلة في الأشكال المبينة في التحليل و التي تبرز قيم كل من المؤشرات الحسابية Inc+، Comf و Dec- حسب كل من مؤشرات الراحة الحرارية المستخدمة في التجربة TSP، ET، DI، HUMIDEX و CPI؛ كل هذا جرب ثلاث مرات بتغيير نظريات التبريد المختلفة: التظليل، التبخير و التبريـــــــد المركب للوصول إلى نتائج شاملة و عامة.

كقراءة نهائية لكل النتائج المبينة في الجداول و الأشكال المذكورة أعلاه فإننا نستنتج من المؤشرات الحرارية المستخدمة و من المؤشر الحسابي Inc+ أن نسبة 60% من قيمة GCR القصوى تفي لغرض الوصول إلى أعلى قيم التأثيـــــــر الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجية التي تتراوح بين 1.2 إلى 1.9 ش/س أي من 10% إلى 16% كما تتفق كل النتائج عن تذبذب في 40% الأخيرة من قيمة GCR بين إستقرار في التأثير كمؤشر CPI،HUMIDEX و DI حتى النسبة الكلية و بين إنخفاض في الأداء الإيجابي بالنسبة للمؤشرين TSP و ET و نستطيع تفسير هذا علميا بتولد ظاهـــــرة الدفيئة المصغرة Micro Green-House Effet أي عند زيادة نسبة المجال الأخضر فوق 60% فإنه يحدث إحتباس حراري يقلل من آداء المجال الأخضر و بالعودة إلى المخططات البيانية في عملية المحاكاة تتضح أن

الساعات المفقودة هي في فصل الصيف ليلا. ، كما تجدر الإشارة أنه أثناء عملية المحاكاة إتضح أن 90% من الأداء الحراري الإيجابي يكون في فصول الصيف، الربيع و الخريف.

و كقراءة لمؤشر Comf الذي يعتبر جزء من Inc+ أو التأثير الإيجابي الذي وصل إلى مجال الراحة الحرارية فإن المؤشرات ET، DI و HUMIDEX تأكد أن نسبة 60% من قيمة GCR القصوى تفي لغرض الوصول إلى أعلى قيم التأثير الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجية 1.0 ش/س أو 09% من السنة كما تتفق كل النتائج عن تذبذب في 40% الأخيرة من قيمة GCR بين الثبات في التأثير كمؤشر CPI،HUMIDEX و DI و بين إنخفاض في الأداء الإيجابي بالنسبة للمؤشرين TSP و ET بمعدل عام 0.7 ش/س أو 06% من السنة و نستطيع تفسير هذا علميا بتولد ظاهرة الدفيئـــــــــــــــة المصغرة Micro Green-House Effet أي عند زيادة نسبة المجال الأخضر فوق 60% فإنه يحدث إحتباس حراري يقلل من آداء المجال الأخضر و بالعودة إلى المخططات البيانية في عملية المحاكاة تتضح أن الساعات المفقودة هي في فصل الصيف ليلا. ، كما تجدر الإشارة أنه أثناء عملية المحاكاة إتضح أن 90% من الأداء الحراري الإيجابي يكون في فصول الربيع و الخريف، هذا زيادة عن المدة الزمنية التي أصلا تتوفر بها شروط الراحة الحرارية بدون تأثير المجال الأخضـــــــــــــر و التي تتراوح بمعدل 3.6 ش/س أو 30% من السنة.

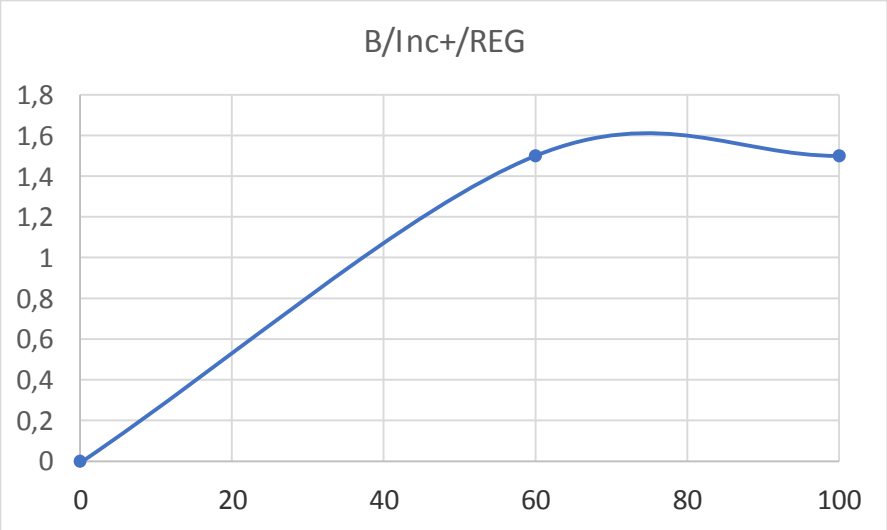
مؤشر Dec- و الذي يمثل الأداء الحراري السلبي فإن المؤشرات TSP، DI و HUMIDEX تبين إنعدام تام للأداء الحراري السلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية، بينما مؤشري ET و CPI فيبينان أن هناك بعض الأوقات من السنة ينقلب فيها الأداء الحراري إلى الأسوء و هذا خاصة عند الوصول إلى نسبة إستعمال 60% من قيمة GCR القصوى و هذا بإتفاق كل نظريات التبريد و عند العودة إلى المنحنيات المستخرجة من عملية المحاكاة فإتضح لنا أنا هذه القيم تتعلق بفصل الشتاء خصوصا عند الأوقات الليلية أين يحدث إضطراب في سرعة الهواء بينما يتناقص التأثير السلبي عند زيادة نسبة GCR المستعملة و تفسير ذلك هو ظاهرة الدفيئة المذكورة سابقا لكن هذه المرة في المرحلة الشتوية.

أما فيما يخص القراءة المقارنية بين نظريات التبريد الثلاث المستخدمة في التجربة فإن 97% من النتائج المتوصل إليها تثبت عن توافق كبير يصل إلى حد التطابق بين النتائج مما يجعلنا نستطيع الحديث أن النموذج B يثبت وجود خطأ في الفرضية التي إنطلقنا منها عن أن نظرية التبريد المركب هي الأنسب للأقاليم الجافة. بيد أن فرضية وجود حد أقصى للتأثير الإيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية صحيحة في المرحلة الأولى من التجربة للنموذج B وذلك بإستعمال نسبة 60% من قيمة GCR القصوى.

الخاتمة:

بعد التجربة التي أقيمت على العينة B بحالتيها BX , BY و التي تعتبر نموذج مثالي عن الوادي العمراني ذو النسبة الهندسية 0.8 و بعد تحليل كل المنحنيات، المخططات و الجداول توصلنا إلى تطوير علاقة رياضية تربط نسبة المجال الأخضر GCR من المساحة العامة للوادي مع نسبة التأثير الإيجابي المناخية منها Inc+ من جهة و علاقة رياضية أخرى تربط نفس قيمة GCR مع نسبة التأثير الإيجابي التي وصلت حدود مجال الراحة الحرارية الخارجية Comf؛ و جاءت المخططات و العلاقات المستخلصة و التي يمكن إستعمالها في دراسات مستقبلية كما يلي:

- **العلاقة الرياضية بين نسبة GCR وInc+:**



الشكل 10. 33. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي للحالة B.
المصدر. الباحث.

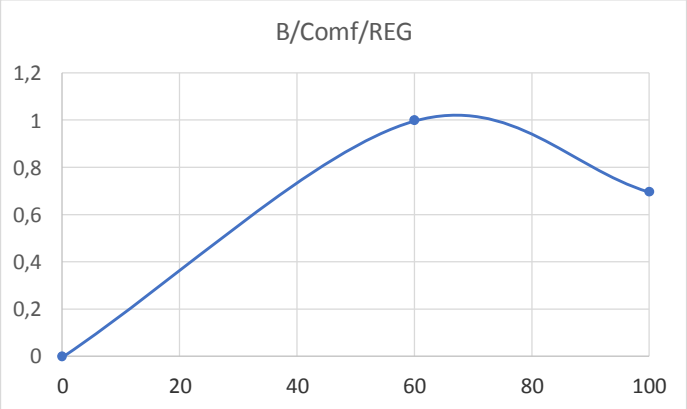
$$+\text{Inc} = (0.0427 \cdot GCR) - (0.0003 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

$$+\text{Inc} = [(0.0427 \cdot GCR) - (0.0003 \cdot GCR^2)] \cdot 8.33 \quad \dots \quad (\%)$$

$$GCR_{max} = 0.50 \cdot L_{can} \cdot W_{can}$$

بمعامل دقة $R^2 = 0.94$

- **العلاقة الرياضية بين نسبة GCR وComf:**



الشكل 10. 34. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الواصل إلى حدود الراحة الحرارية للحالة B. المصدر. الباحث.

$$+\text{Inc} = (0.0294 \cdot GCR) - (0.0002 \cdot GCR^2) \ \ldots \ (m/y)$$

$$+\text{Inc} = [(0.0294 \cdot GCR) - (0.0002 \cdot GCR^2)] \cdot 8.33 \ \ldots \ (\%)$$

$$GCR_{max} = 0.50 \cdot L_{can} \cdot W_{can}$$

بمعامل دقة $R^2 = 0.85$

الفصل الحادي عشر

الدراسة التجريبية
على العينة C

The important thing is to never stop questioning.

-- Albert Einstein --

تمهيد:

في هذا الجزء من البحث سنقوم بدراسة تجريبية لمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء على مستوى الوديان العمرانية ذات النسب الهندسية 1.2 بإتجاهاتها المختلفة.

1. الحالة CX:

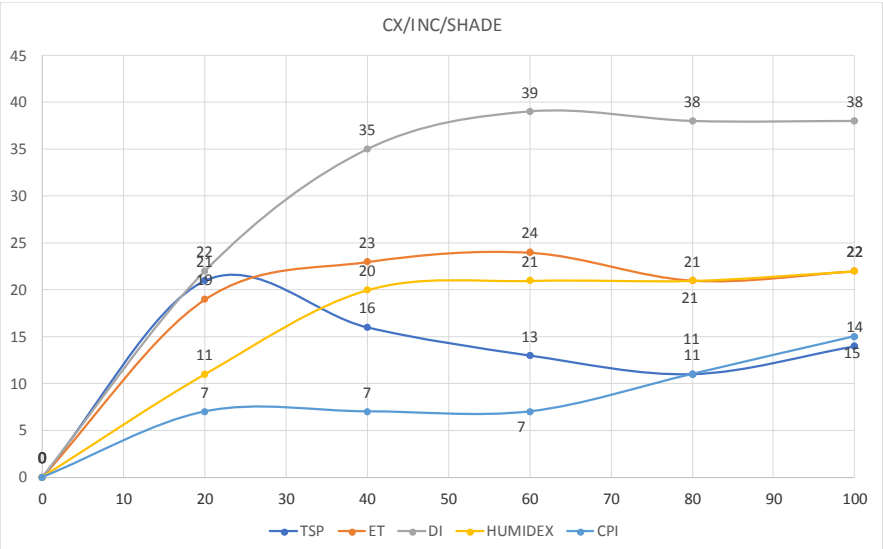
تعبر الحالة CX عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب.

1.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة CX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة CX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 1.11) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، -Dec وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

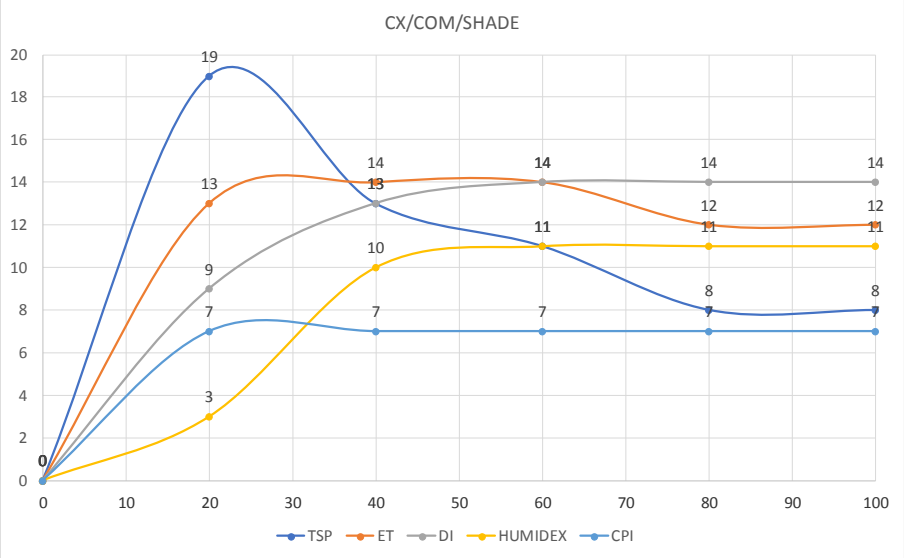
الجدول 11. 1. نتائج الحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	0	19	19	9	13	22	0	9	11	0	3	7	28	7
40	16	0	4	23	3	14	35	0	13	20	0	10	7	3	7
60	13	0	11	24	1	14	39	0	14	21	0	11	7	0	7
80	11	0	8	21	0	12	38	0	14	21	0	11	11	0	7
100	14	0	8	22	0	12	38	0	14	22	0	11	15	0	7



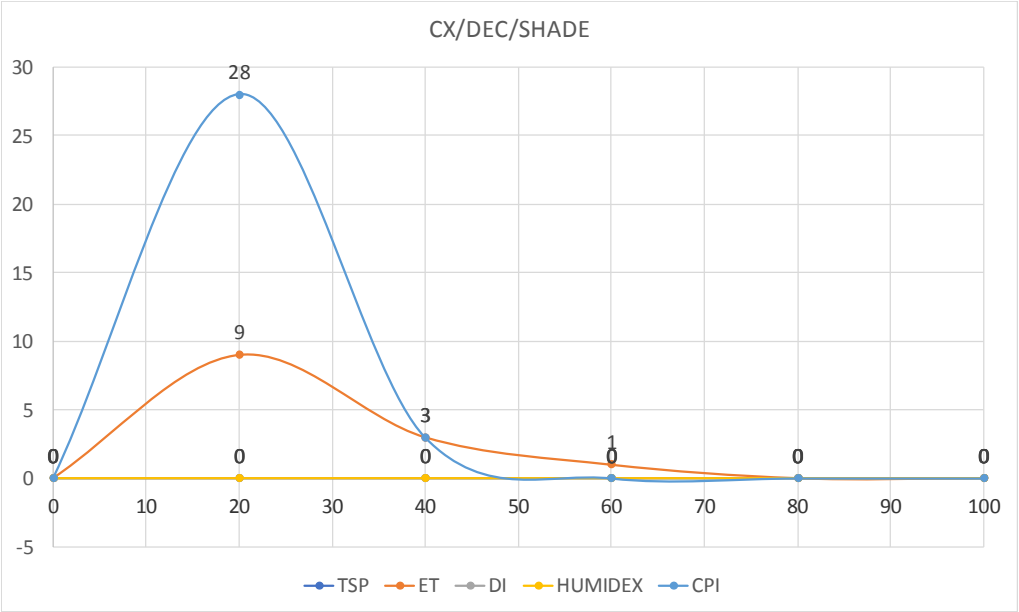
الشكل 11. 1. نتائج المؤشر Inc+ للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 1.11) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 39 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 38 عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 21 و24 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 22 ساعة. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 22 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 11 ساعات فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 2. نتائج المؤشر Comf للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 2.11) قيمة المؤشر Comfوالذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة و مختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 19 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 8 ساعات ليثبت في 20% الأخيرة من العملية؛ مؤشري DI و HUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 14 و 11 ساعة عند نسبة 60% لتستقر تماما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 14 ساعة عند 20% الأولى من التجربة ليستقر حتى نسبة 60% و ينخفض نوعا ما في نهاية التجربة. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 7 ساعات عند النسبة 20% لتستقر تماما حتى نهاية التجربة.



الشكل 11. 3. نتائج المؤشر Dec- للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

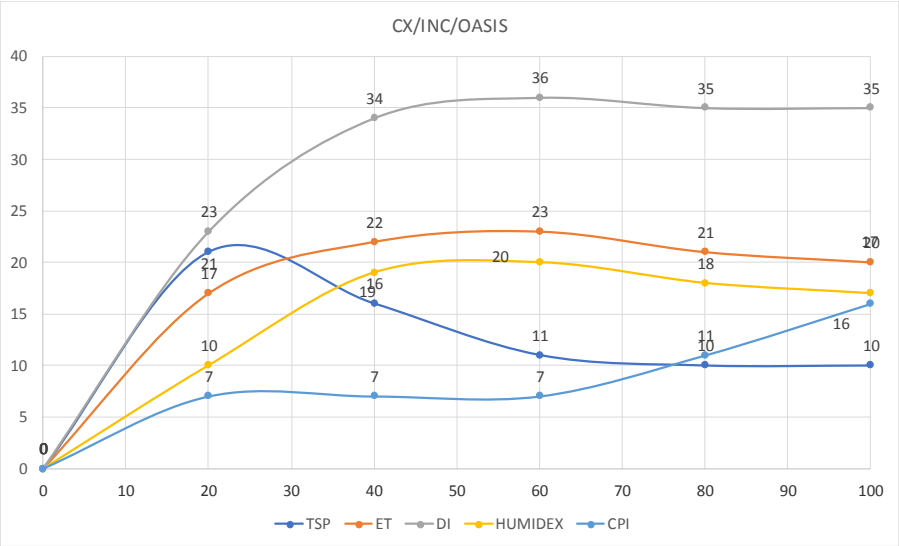
- يمثل (الشكل 3.11) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 09 ساعة عند النسبة 20% لينخفض تدريجيا حتى الإنعدام عند النسبة 80%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI إرتفاعا كبيرا لقيمة الأداء السلبي في 20% الأولى من التجربة لتصل إلى قيمة 28 ساعة ثم تنخفض لتعود إلى 00 عند النسبة 50% حتى نهاية العملية.

2.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة CX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة CX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 2.11) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

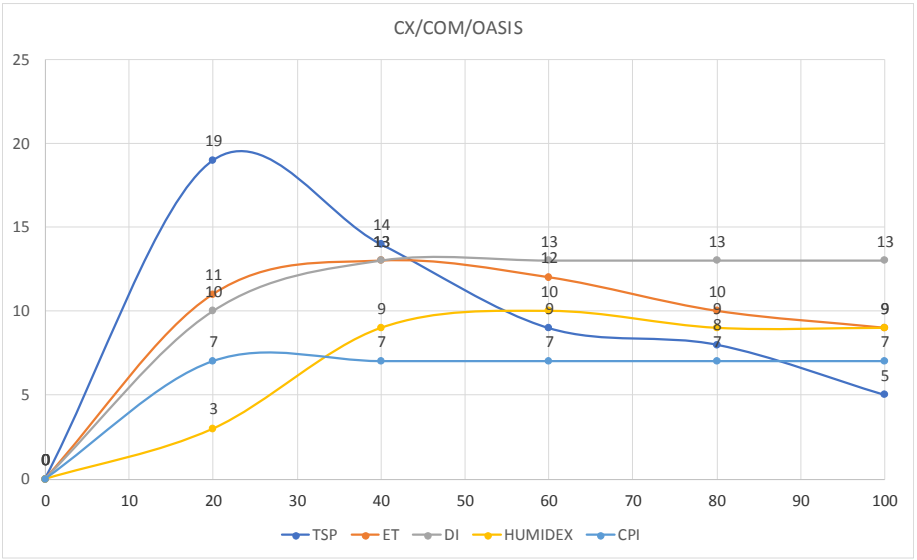
الجدول 11. 2. نتائج الحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	0	19	17	9	11	23	0	10	10	0	3	7	26	7
40	16	0	14	22	3	13	34	0	13	19	0	9	7	3	7
60	11	0	9	23	1	12	36	0	13	20	0	10	7	0	7
80	10	0	8	21	0	10	35	0	13	18	0	9	11	0	7
100	10	0	5	20	0	9	35	0	13	17	0	9	16	0	7



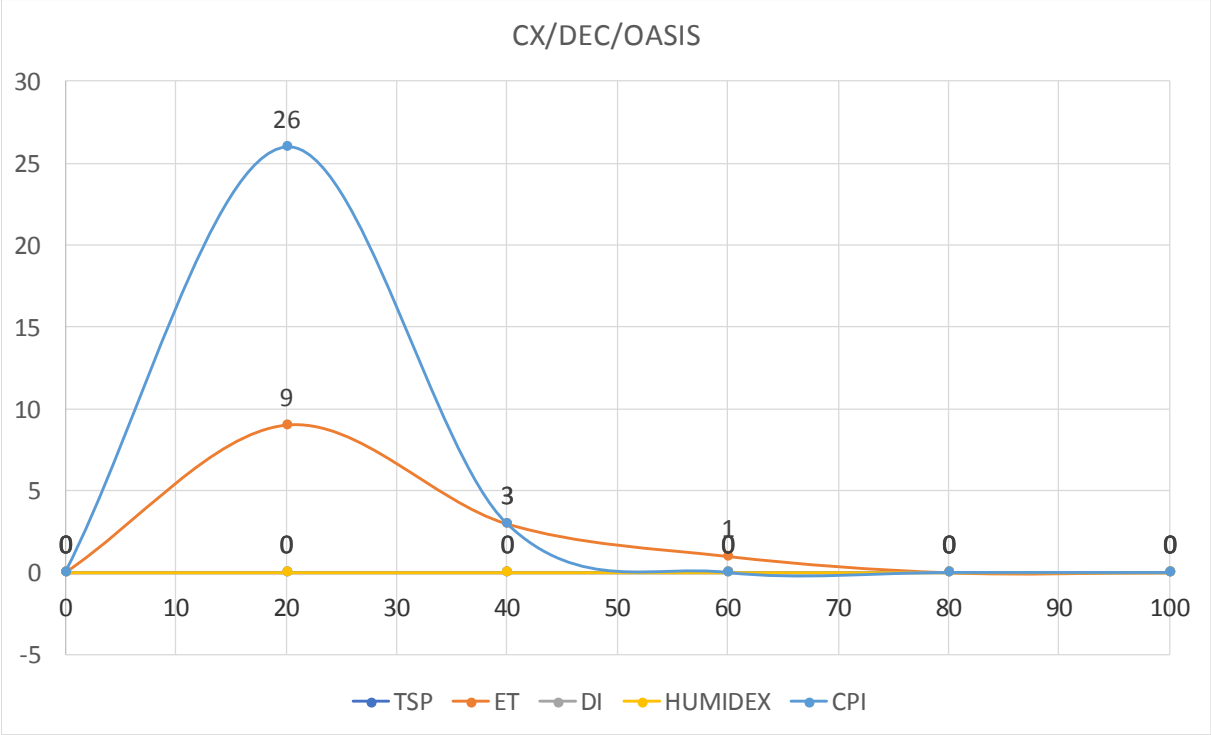
الشكل 11. 4. نتائج المؤشر Inc+ للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 4.11) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 36 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 35 عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 20 و23 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 20 ساعة. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 21 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 10 ساعات ليثبت في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 5. نتائج المؤشر Comf للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 5.11) قيمة المؤشر Comfوالذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 19 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 100% من التجربة لتصل قيمة 5 ساعات؛ مؤشري ET وHUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 09 و13 ساعة عند نسبة 40% لتنخفض تدريجيا حتى نهاية التجربة بقيمة 9 ساعات؛ مؤشر DI يوضح وصول الأداء إلى أقصاه بقيمة 14 ساعة عند النسبة 40% ومن ثم يدخل مرحلة الاستقرار. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 7 ساعات عند النسبة 20% لتستقر تماما حتى نهاية التجربة.



الشكل 11. 6. نتائج المؤشر Dec- للحالة CX بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

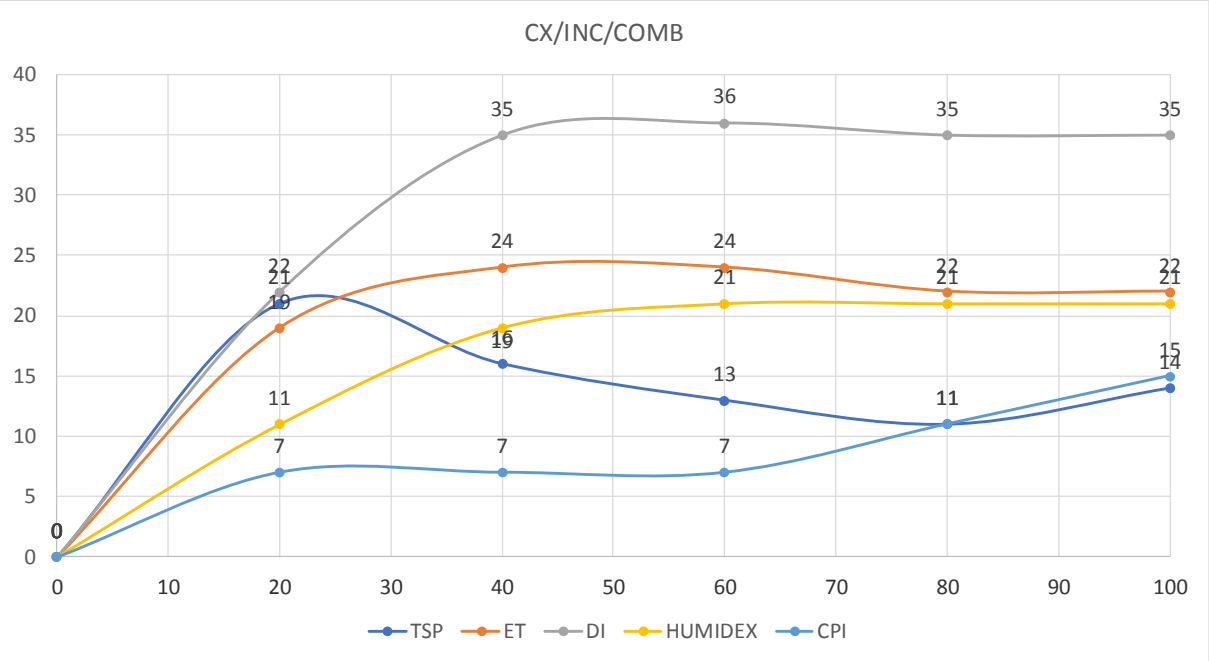
- يمثل (الشكل 6.11) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 09 ساعة عند النسبة 20% لينخفض تدريجيا حتى الإنعدام عند النسبة 80%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI إرتفاعا كبيرا لقيمة الأداء السلبي في 20% الأولى من التجربة لتصل إلى قيمة 26 ساعة ثم تنخفض لتعود إلى 00 عند النسبة 50% حتى نهاية العملية.

3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة CX:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة CX وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 3.11) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

الجدول 11. 3. نتائج الحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

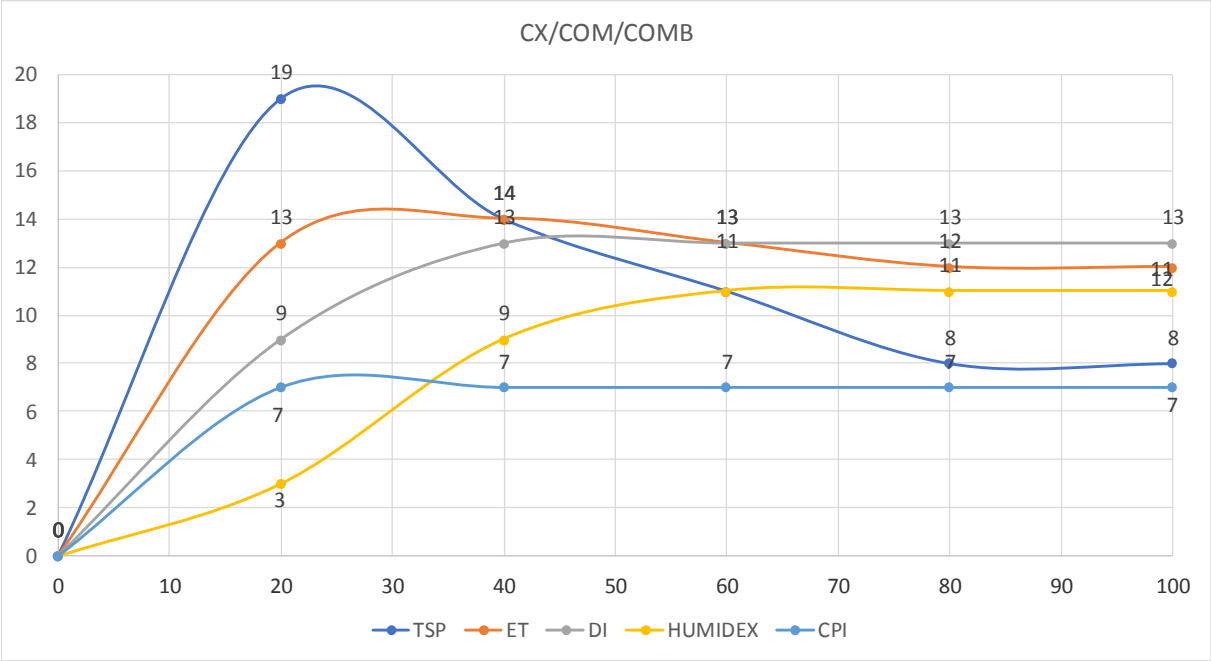
	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	0	19	19	9	13	22	0	9	11	0	3	7	27	7
40	16	0	14	24	3	14	35	0	13	19	0	9	7	3	7
60	13	0	11	24	1	13	36	0	13	21	0	11	7	0	7
80	11	0	8	22	0	12	35	0	13	21	0	11	11	0	7
100	14	0	8	22	0	12	35	0	13	21	0	11	15	0	7



الشكل 11. 7. نتائج المؤشر Inc+ للحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

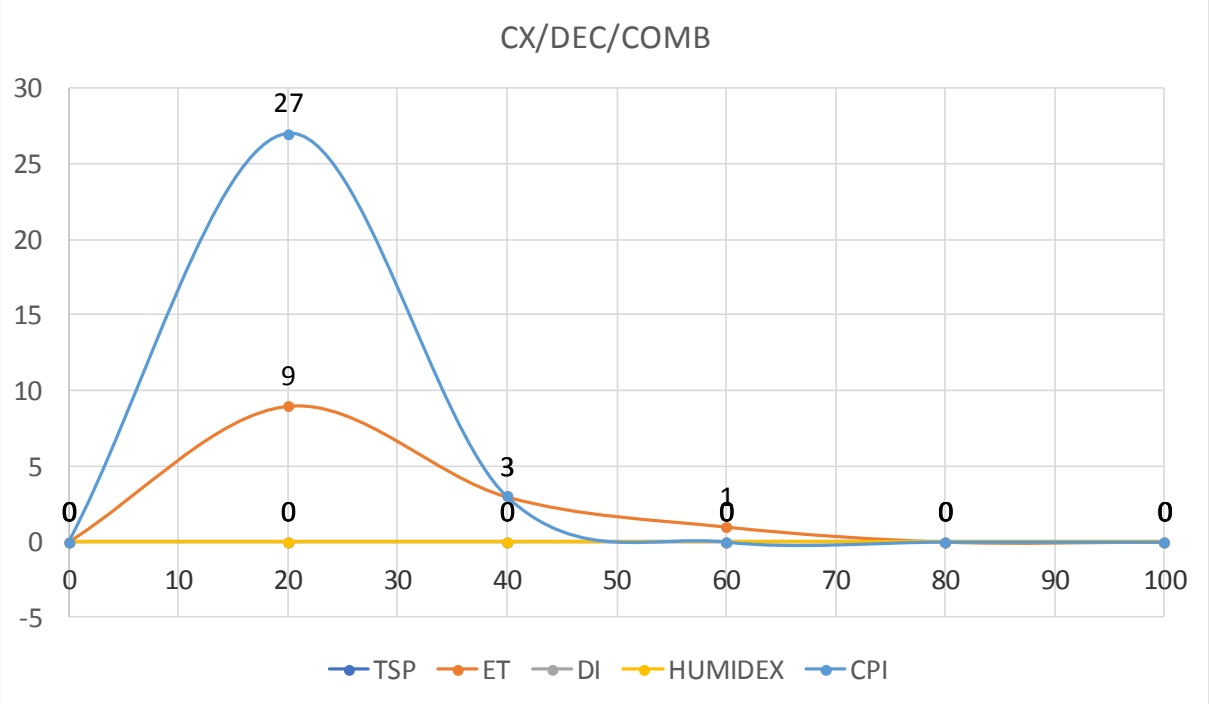
- يمثل (الشكل 7.11) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 36 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة وتصل إلى قيمة 35 عند نهاية التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس

القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 21 و24 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 21 ساعة. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 22 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 11 ساعات فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 8. نتائج المؤشر Comf للحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 8.11) قيمة المؤشر Comfوالذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة و مختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 19 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 8 ساعات ليثبت في 20% الأخيرة من العملية؛ مؤشري DI و HUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 13 و 11 ساعة عند نسبة 60% لتستقر تماما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 14 ساعة عند 20% الأولى من التجربة ليستقر حتى نسبة 60% و ينخفض نوعا ما في نهاية التجربة. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 7 ساعات عند النسبة 20% لتستقر تماما حتى نهاية التجربة.



الشكل 11. 9. نتائج المؤشر Dec- للحالة CX بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

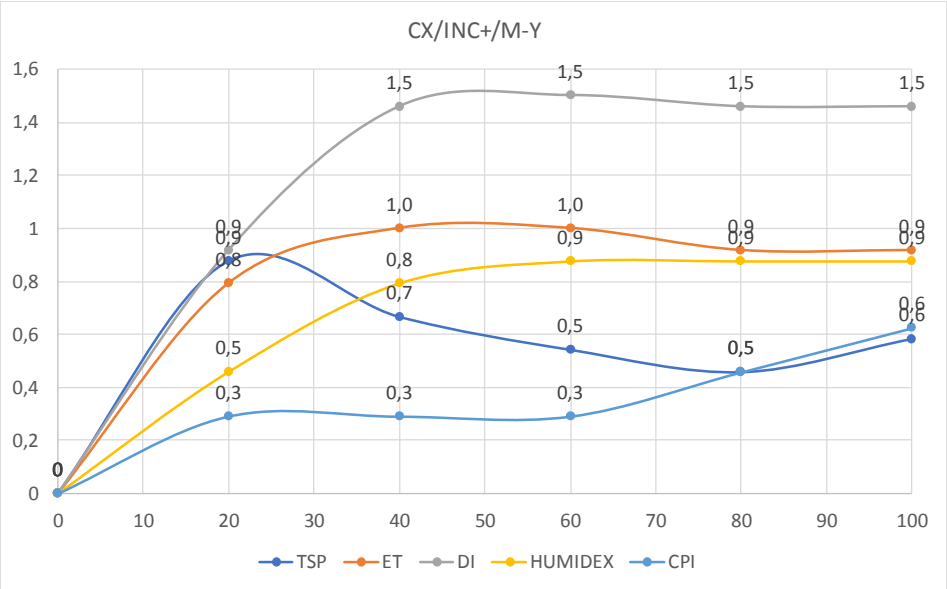
- يمثل (الشكل 9.11) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 09 ساعة عند النسبة 20% لينخفض تدريجيا حتى الإنعدام عند النسبة 80%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI إرتفاعا كبيرا لقيمة الآداء السلبي في 20% الأولى من التجربة لتصل إلى قيمة 27 ساعة ثم تنخفض لتعود إلى 00 عند النسبة 50% حتى نهاية العملية.

4.1. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة CX:

وكقراءة مقارنية عامة لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر في السنة يبين (الجدول 4.11) أهم هذه النتائج.

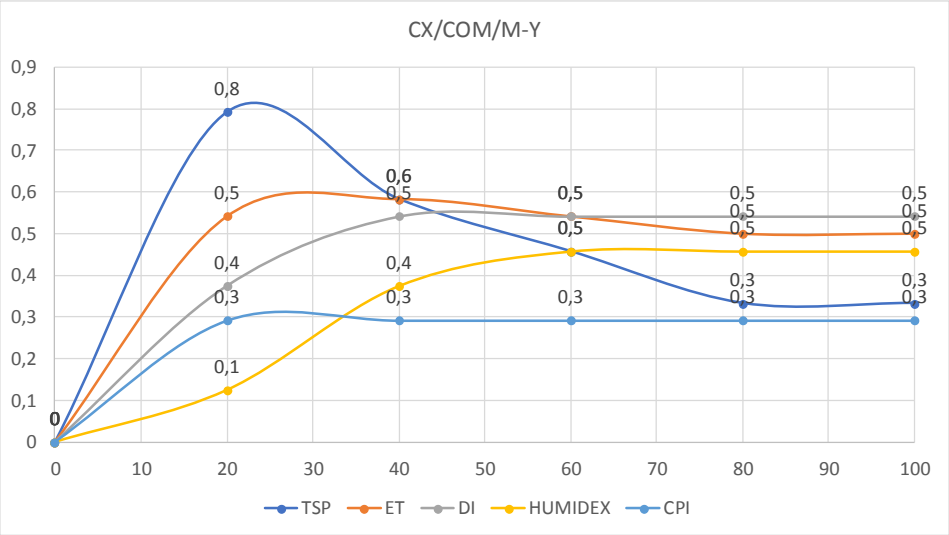
الجدول 11. 4. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة CX. المصدر الباحث.

	TSP		ET		DI		HUMIDEX		CPI	
	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,9	0,8	0,8	0,5	0,9	0,4	0,5	0,1	0,3	0,3
40	0,7	0,6	1,0	0,6	1,5	0,5	0,8	0,4	0,3	0,3
60	0,5	0,5	1,0	0,5	1,5	0,5	0,9	0,5	0,3	0,3
80	0,5	0,3	0,9	0,5	1,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3
100	0,6	0,3	0,9	0,5	1,5	0,5	0,9	0,5	0,6	0,3



الشكل 11. 10. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Inc+ بمعدل شهر/السنة في الحالة CX. المصدر الباحث.

- يمثل (الشكل 10.11) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 1.5 ش/س عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 1.0 و0.9 ش/س عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 0.9 ش/س. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 0.9 ش/س لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 0.5 ش/س فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 11. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة CX. المصدر الباحث.

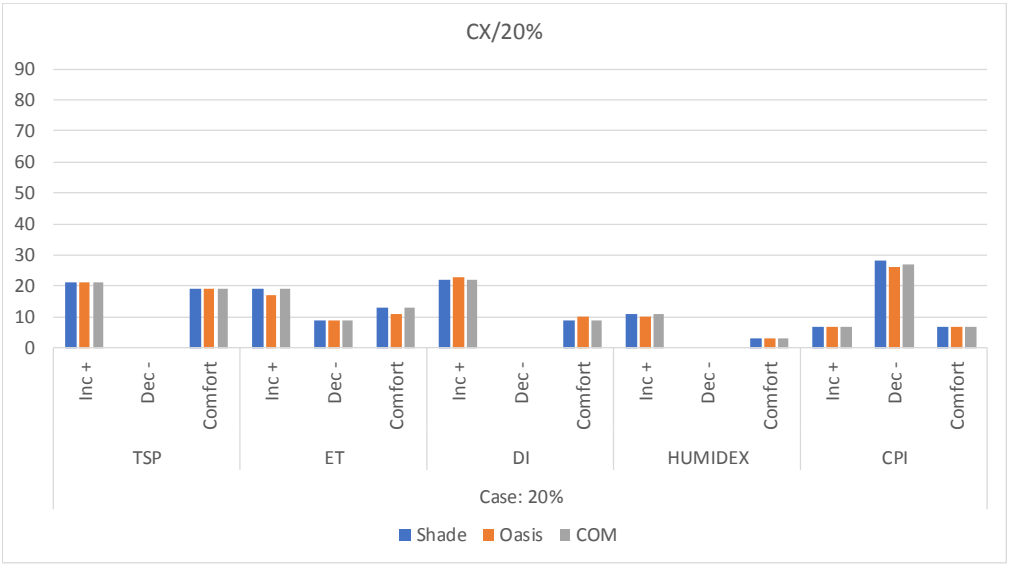
- يمثل (الشكل 11.11) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 0.8 ش/س لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 0.3 ش/س ليثبت في 20% الأخيرة من العملية؛ مؤشري DI وHUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 0.5 ش/س عند نسبة 60% لتستقر تماما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 0.5 ش/س عند 20% الأولى من التجربة ليستقر حتى نسبة 60% وينخفض نوعا ما في نهاية التجربة. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 0.3 ش/س عند النسبة 20% لتستقر تماما حتى نهاية التجربة.

5.1. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة CX:

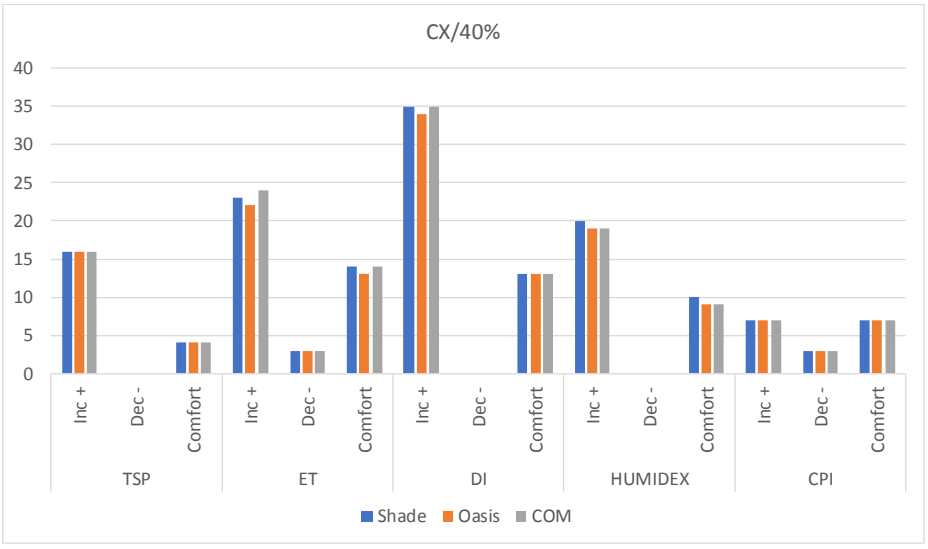
بناءا على كل من الأشكال (12.11) إلى غاية (16.11) والتي تبين قيمـــــة المؤشـرات + Inc، Dec- وComf حسب كل من المؤشرات الحرارية TSP، ET، DI، HUMIDEX ، وCPI والمستخدمة في التجربة لتقييم مدى الراحة الحرارية في المجال الخارجي للحالة CX. أين تقدم الأشكال نظرة شاملة لكل العناصر المذكورة حسب نظريات التبريد المراد تجريبـــــها: التبريد بالتظليل، التبريد بالتبخير والتبريد المركب.

حسب (الشكل 12.11) وعند نسبة 20% من التجربة يبين المنحنى توافقا تاما في النتائج لكل من المؤشرات TSP، ET، DI وHUMIDEX بخلاف مؤشر CPI الذي يظهر قيمة أقل قليلا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بالباقي؛ (الشكل 13.11) يبين نتائج التجربة عند النسبة 40% أين يوضح المنحنى تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشرات TSP وCPI في الوقت الذي يقدم فيه المؤشر DI وHUMIDEX تقدما لنظرية التبريد بالتظليل أما المؤشر ET فيبين تراجعا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بسابقاتها.

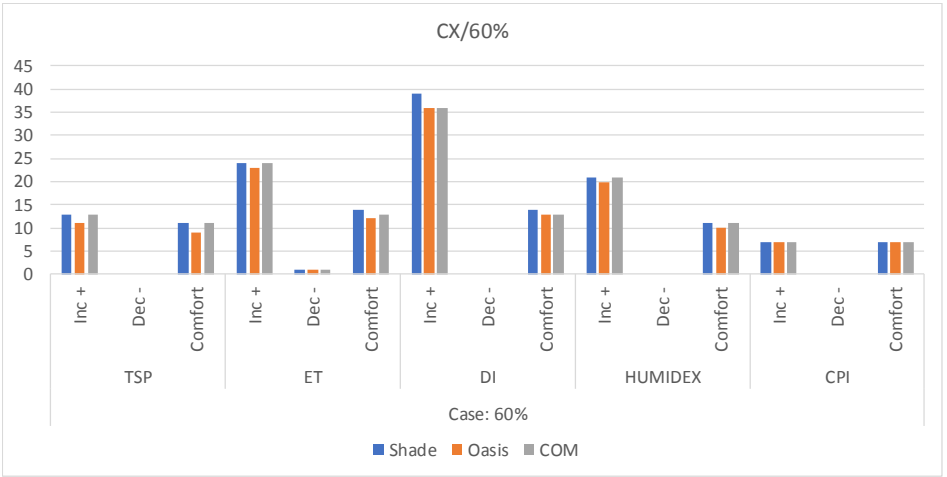
(الشكل 14.11) يوضح نتائج التجربة عند مستوى 60% أين نجد تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشر CPI في الوقت الذي يقدم فيه كل من المؤشر TSP، ET وHUMIDEX تراجعا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بسابقاتها أما المؤشر DI فيبين تقدما طفيفا لنظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي. وكقراءة عامة للشكل (15.11) الذي يوضح نتائج العملية عند النسبة 80% فإن المؤشر DI يرمي لنتيجة تقدم طفيف لنتائج نظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي في الوقت الذي يقدم فيه المؤشر CPI تطابقا تاما في النتائج أما TSP، ET وHUMIDEX فتبين تأخرا نوعيا في نتائج نظرية التبريد بالتبخيـــــــــر. (الشكل 16.11) يقدم النتائج النهائية عند النسبة 100% من التجربة أين أصبحت كل النتائج المقروءة في النسبة 80% واضحة وجلية.



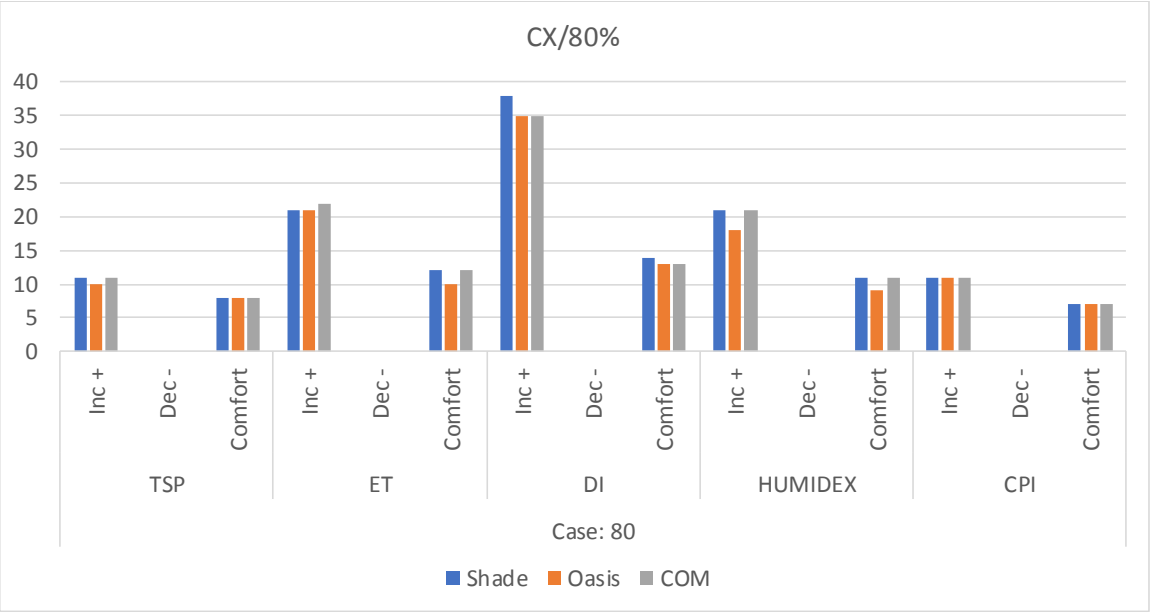
الشكل 11. 12. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



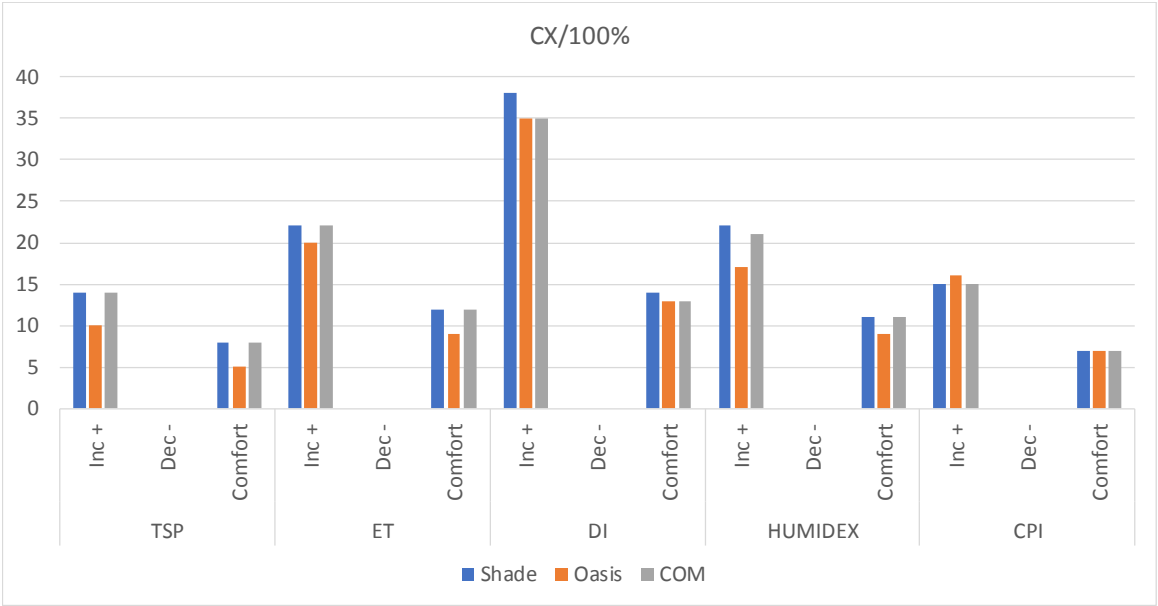
الشكل 11. 13. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 11. 14. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 11. 15. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 11. 16. نتائج التجربة للحالة CX لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.

2. الحالة CY:

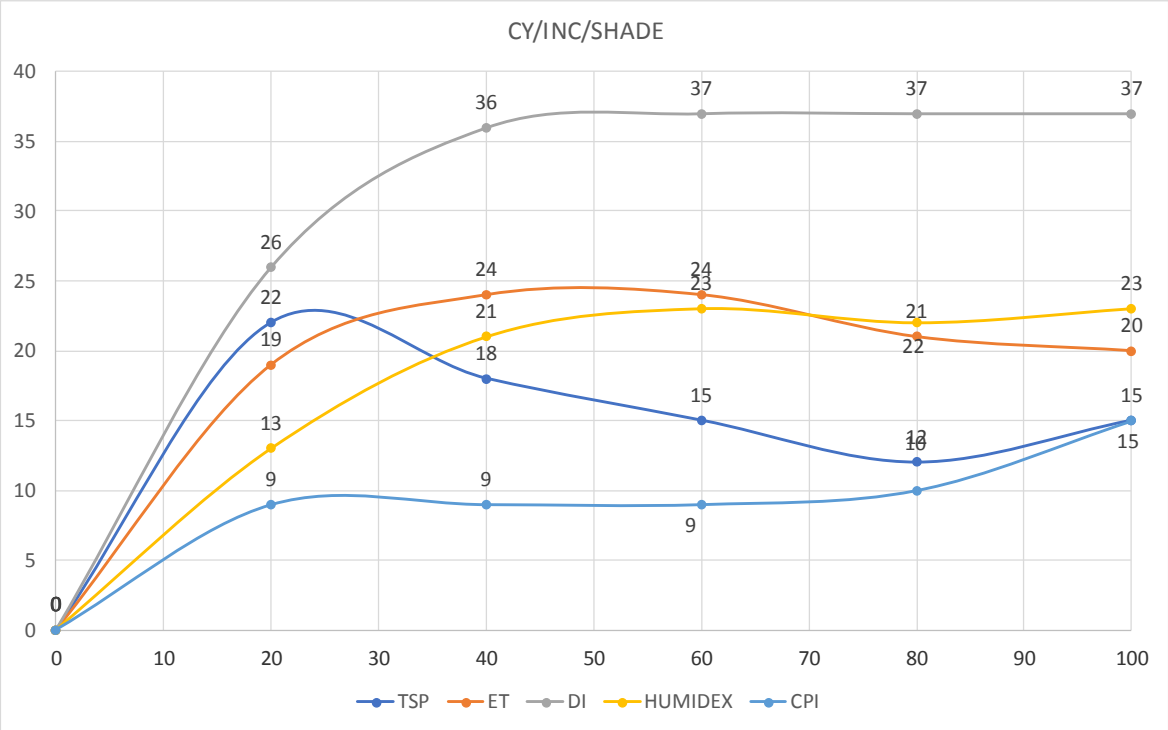
تعبر الحالة CY عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشرق-غرب.

1.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة CY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتظليل على الحالة CY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 5.11) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

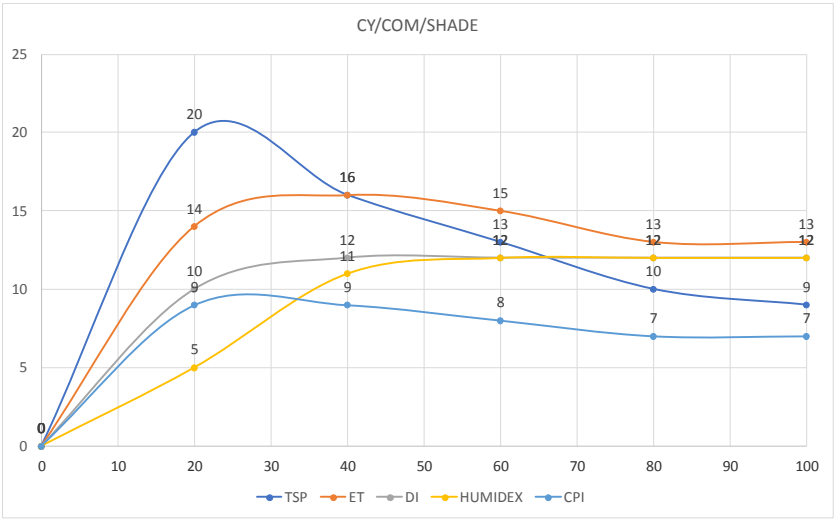
الجدول 11. 5. نتائج الحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	22	0	20	19	10	14	26	0	10	13	0	5	9	26	9
40	18	0	16	24	5	16	36	0	12	21	0	11	9	2	9
60	15	0	13	24	2	15	37	0	12	23	0	12	9	0	8
80	12	0	10	21	0	13	37	0	12	22	0	12	10	0	7
100	15	0	9	20	0	13	37	0	12	23	0	12	15	0	7



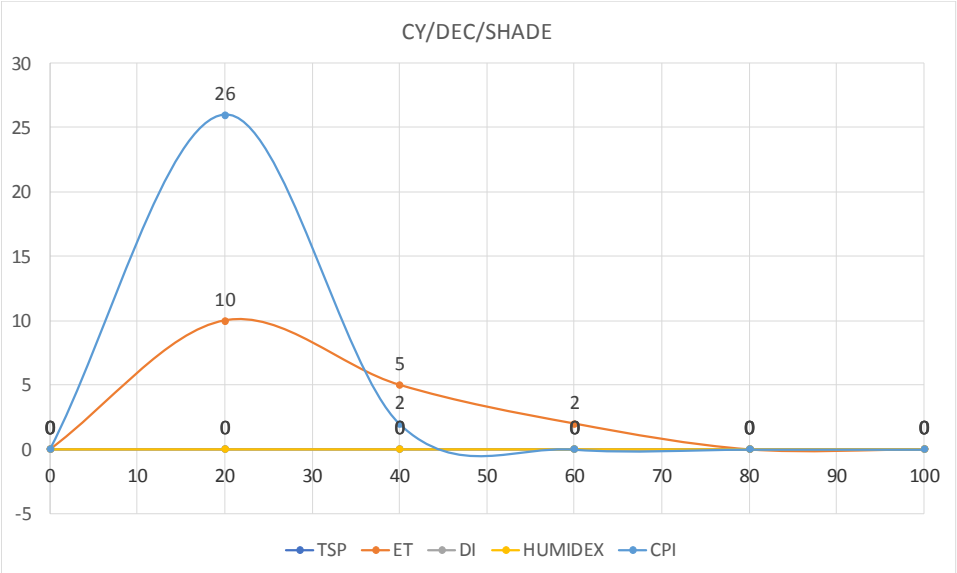
الشكل 11. 17. نتائج المؤشر Inc+ للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 17.11) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 37 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 23 و24 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 21 ساعة. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 22 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 12 ساعات فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 80% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 18. نتائج المؤشر Comf للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 18.11) قيمة المؤشر Comfوالذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 20 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 100% من التجربة لتصل قيمة 9 ساعات عند النهاية؛ مؤشري DI وHUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 12 ساعة عند نسبة 60% لتستقر تماما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 16 ساعة عند 40% الأولى من التجربة لينخفض تدريجيا إلى قيـــــمة 12 ساعة عند نهاية التجربة. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 9 ساعات عند النسبة 20% لتنخفض نوعا ما إلى قيمة 7 ساعات عند نهاية العملية.



الشكل 11. 19. نتائج المؤشر Dec- للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتظليل. المصدر. الباحث.

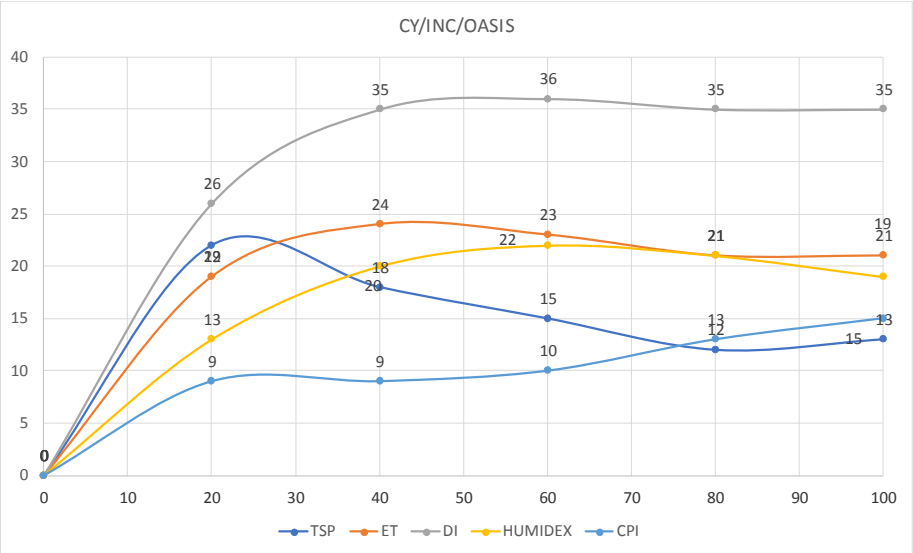
- يمثل (الشكل 19.11) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 10 ساعة عند النسبة 20% لينخفض تدريجيا حتى الإنعدام عند النسبة 80%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI إرتفاعا كبيرا لقيمة الأداء السلبي في 20% الأولى من التجربة لتصل إلى قيمة 26 ساعة ثم تنخفض لتعود إلى 00 عند النسبة 50% حتى نهاية العملية.

2.2. تطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة CY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد بالتبخير على الحالة CY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 6.11) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث Inc+، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

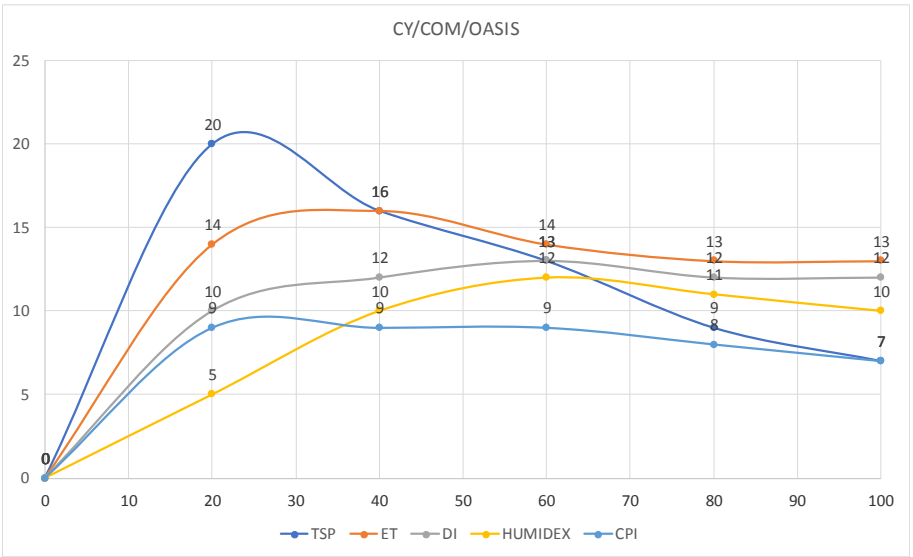
الجدول 11. 6. نتائج الحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	22	0	20	19	10	14	26	0	10	13	0	5	9	26	9
40	18	0	16	24	4	16	35	0	12	20	0	10	9	2	9
60	15	0	13	23	1	14	36	0	13	22	0	12	10	0	9
80	12	0	9	21	0	13	35	0	12	21	0	11	13	0	8
100	13	0	7	21	0	13	35	0	12	19	0	10	15	0	7



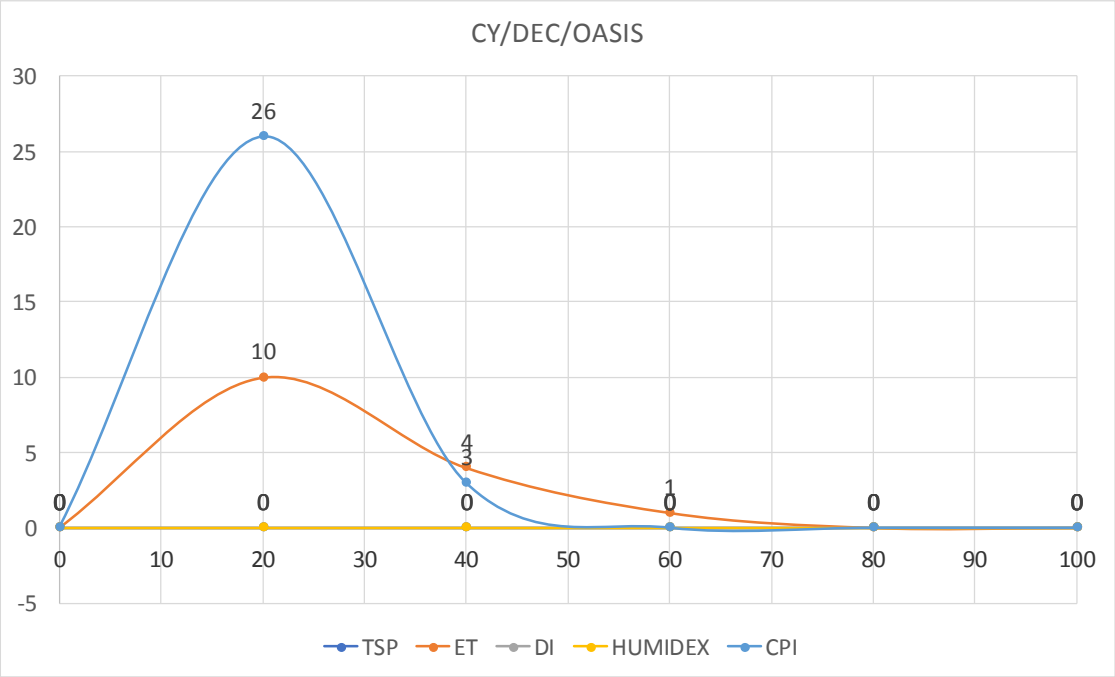
الشكل 11. 20. نتائج المؤشر +Inc للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 20.11) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 36 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 23 و22 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 21 ساعة. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 22 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 12 ساعات فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 21. نتائج المؤشر Comf للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 21.11) قيمة المؤشر Comfوالذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 20 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 100% من التجربة لتصل قيمة 7 ساعات عند نهاية العملية؛ مؤشري DI وHUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصـــــــــــــــاها 13 و12 ساعة عند نسبة 60% لتستقر نوعا ما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 16 ساعة عند 40% الأولى من التجربة لينخفض نوعا ويصل إلى قيمة 13 ساعة عند نهاية العملية. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 9 ساعات عند النسبة 20% لتنخفض نوعا ما إلى قيمة 7 ساعات عند نهاية العملية.



الشكل 11. 22. نتائج المؤشر Dec- للحالة CY بتجريب نظرية التبريد بالتبخير. المصدر. الباحث.

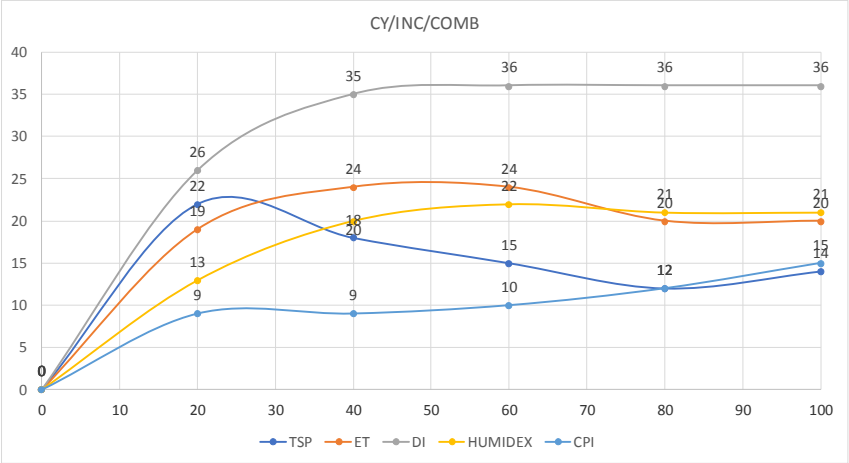
- يمثل (الشكل 22.11) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 10 ساعة عند النسبة 20% لينخفض تدريجيا حتى الإنعدام عند النسبة 80%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI إرتفاعا كبيرا لقيمة الأداء السلبي في 20% الأولى من التجربة لتصل إلى قيمة 26 ساعة ثم تنخفض لتعود إلى 00 عند النسبة 50% حتى نهاية العملية.

3.1. تطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة CY:

بتطبيق نظرية مفعول التبريد المركب على الحالة CY وفقا للسيناريوهات الخمس المحددة بالنسب المئوية 20، 40، 60، 80 و100% تحصلنا على النتائج المبينة في (الجدول 7.11) والتي تعبر عن قيمة المؤشرات الثلاث +Inc، Dec- وComf وذلك لكل من مؤشرات الراحة الحرارية المختارة TSP, ET, DI, HUMIDEX وCPI.

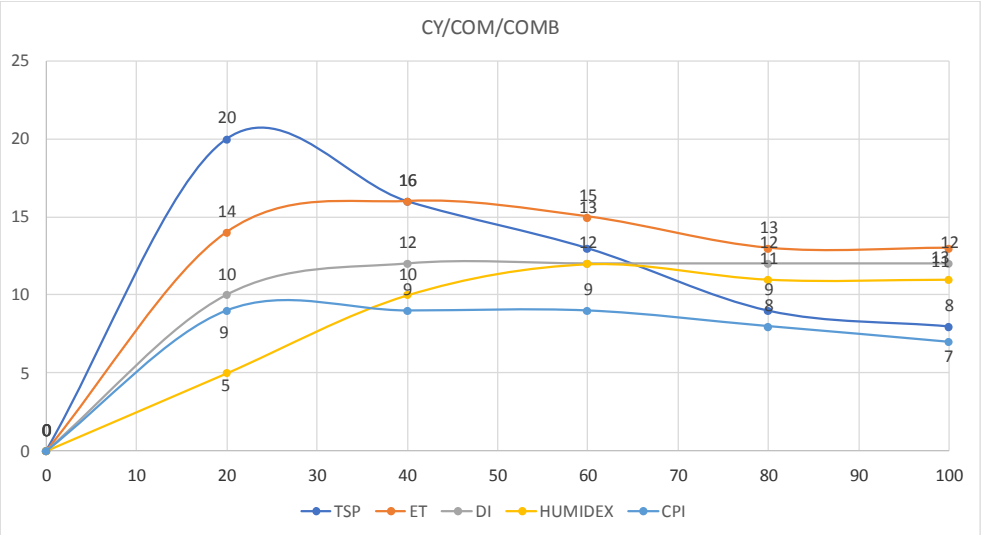
الجدول 11. 7. نتائج الحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

	TSP			ET			DI			HUMIDEX			CPI		
	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf	Inc+	Dec-	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	22	0	20	19	9	14	26	0	10	13	0	5	9	26	9
40	18	0	16	24	4	16	35	0	12	20	0	10	9	2	9
60	15	0	13	24	1	15	36	0	12	22	0	12	10	0	9
80	12	0	9	20	0	13	36	0	12	21	0	11	12	0	8
100	14	0	8	20	0	13	36	0	12	21	0	11	15	0	7



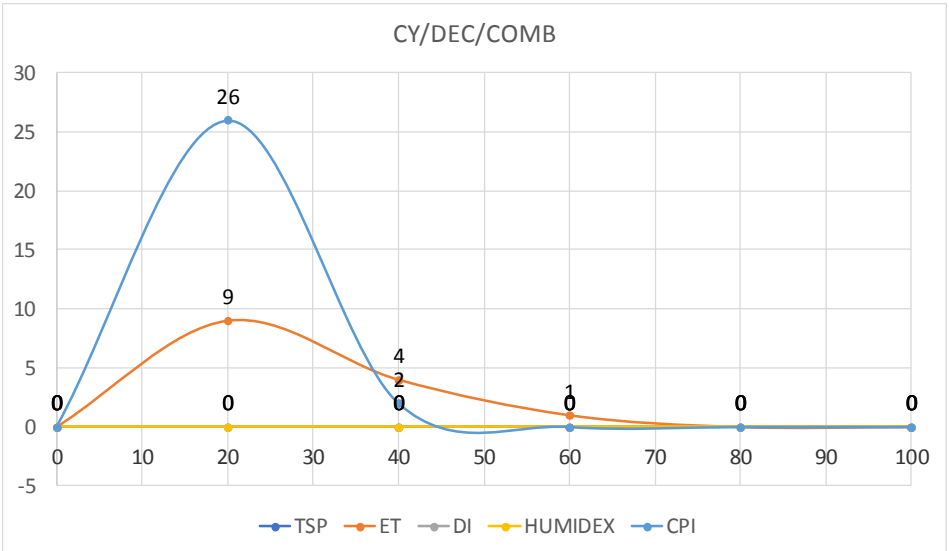
الشكل 11. 23. نتائج المؤشر Inc+ للحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 23.11) قيمة المؤشر Inc+ والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 36 ساعة عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 22 و24 ساعة عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 21 ساعة. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 22 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 12 ساعات فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 24. نتائج المؤشر Comf للحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

- يمثل (الشكل 24.11) قيمة المؤشر Comfوالذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 20 ساعة لينخفض الأداء تدريجيا حتى 100% من التجربة لتصل قيمة 7 ساعات عند نهاية العملية؛ مؤشري DI وHUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 12 ساعة عند نسبة 60% لتستقر نوعا ما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 16 ساعة عند 40% الأولى من التجربة لينخفض نوعا ويصل إلى قيمة 13 ساعة عند نهاية العملية. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 9 ساعات عند النسبة 20% لتنخفض نوعا ما إلى قيمة 7 ساعات عند نهاية العملية.



الشكل 11. 25. نتائج المؤشر Dec- للحالة CY بتجريب نظرية التبريد المركب. المصدر. الباحث.

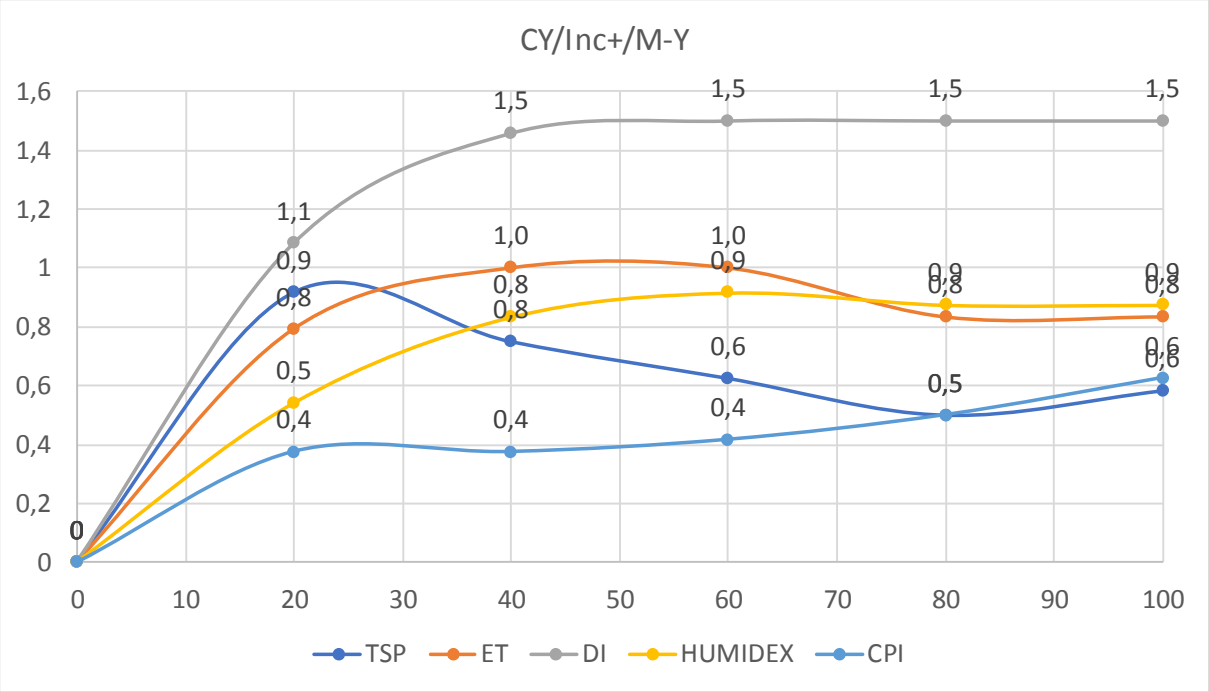
- يمثل (الشكل 25.11) قيمة المؤشر Dec- والذي يعبر عن عدد الساعات التي لوحظ فيها تأثير سلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين تبين كل من مؤشرات TSP،DI وHUMIDEX إنعدام حالة التأثير السلبي طوال عملية المحاكاة، بينما يوضح مؤشر ET تزايدا صغيرا يصل أقصاه إلى 9 ساعة عند النسبة 20% لينخفض تدريجيا حتى الإنعدام عند النسبة 80%. في الوقت الذي يبين المؤشر CPI إرتفاعا كبيرا لقيمة الأداء السلبي في 20% الأولى من التجربة لتصل إلى قيمة 26 ساعة ثم تنخفض لتعود إلى 00 عند النسبة 50% حتى نهاية العملية.

4.2. قراءة عامة لتأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر/سنة في الحالة CY:

وكقراءة مقارنية عامة لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية بمعدل شهر في السنة يبين (الجدول 8.11) أهم هذه النتائج.

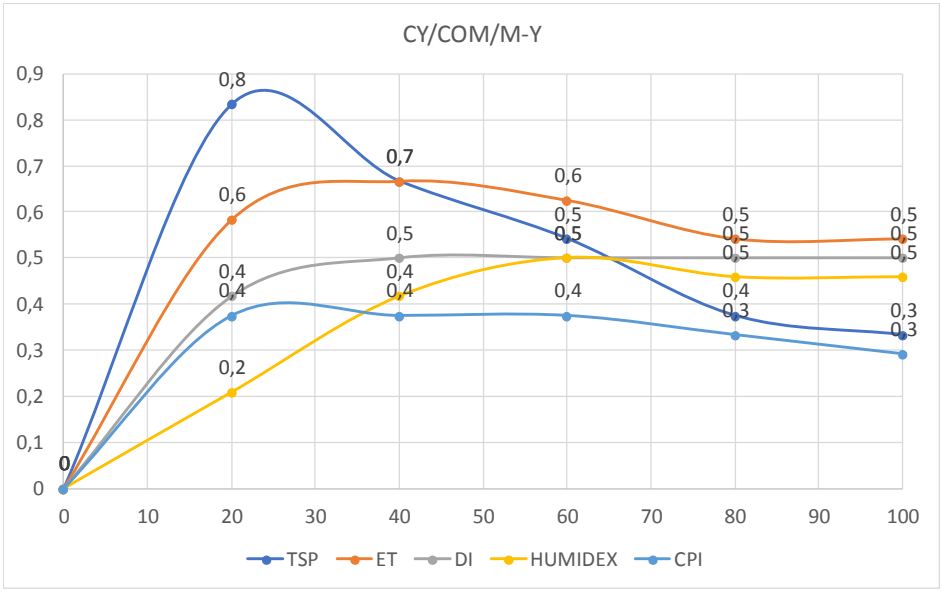
الجدول 11. 8. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي بمعدل شهر/السنة في الحالة CY. المصدر الباحث.

	TSP		ET		DI		HUMIDEX		CPI	
	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf	Inc+	Comf
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,9	0,8	0,8	0,6	1,1	0,4	0,5	0,2	0,4	0,4
40	0,8	0,7	1,0	0,7	1,5	0,5	0,8	0,4	0,4	0,4
60	0,6	0,5	1,0	0,6	1,5	0,5	0,9	0,5	0,4	0,4
80	0,5	0,4	0,8	0,5	1,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3
100	0,6	0,3	0,8	0,5	1,5	0,5	0,9	0,5	0,6	0,3



الشكل 11. 26. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Inc+ بمعدل شهر/السنة في الحالة CY. المصدر الباحث.

- يمثل (الشكل 26.11) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر DI يقدم أعلى مستويات التأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 1.5 ش/س عند نسبة 60% لتستقر في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشري HUMIDEX وET يقدمان نفس القراءة السابقة لكن بقيم أقل راوحت 1.0 و0.9 ش/س عند نسبة 60% لتستقر بدورها فيما تبقى من التجربة في حدود 0.9 ش/س. إلا أن المؤشر TSP يقدم قراءة أخرى أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 0.9 ش/س لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 0.5 ش/س فيتعافى قليلا في 20% الأخيرة من العملية. أما مؤشر CPI فيثبت أن بداية التأثير الإيجابي المحسوس تكون بداية من النسبة 60% أي عكس المؤشرات الأخرى.



الشكل 11. 27. دراسة مقارنية لقيم التعديل المناخي للمؤشر Comf بمعدل شهر/السنة في الحالة CY. المصدر الباحث.

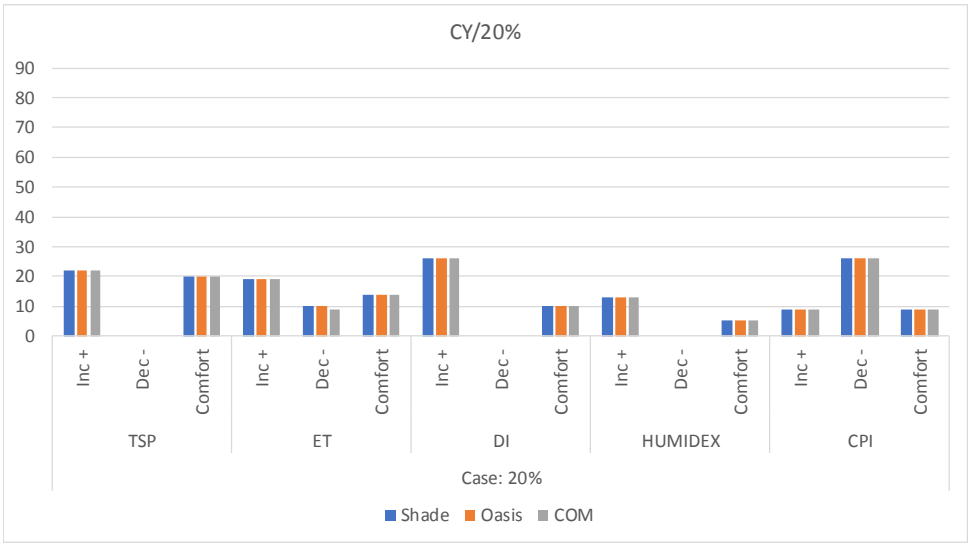
- يمثل (الشكل 27.11) عدد الأشهر في السنة (ش/س) التي لوحظ فيها تأثير إيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية. أين نجد قراءات متفاوتة ومختلفة، فالمؤشر TSP يقدم قراءة خاصة أين يصل التأثير الإيجابي إلى أقصاه عند النسبة 20% بقيمة 0.8 ش/س لينخفض الأداء تدريجيا حتى 80% من التجربة لتصل قيمة 0.3 ش/س ليثبت في 20% الأخيرة من العملية؛ مؤشري DI وHUMIDEX كالعادة يقدمان مستويات مقبولة للتأثير الإيجابي التي تصل أقصاها 0.5 ش/س عند نسبة 60% لتستقر تماما في 40% الأخيرة من التجربة؛ مؤشر ET شأنه شأن TSP يصل إلى أقصى حدوده عن قيمة 0.7 ش/س عند 40% الأولى من التجربة لينخفض نوعا ما في نهاية التجربة. في الوقت الذي يقدم مؤشر CPI قراء أخرى أين يصل الآداء إلى أقصاه بقيمة 0.4 ش/س عند النسبة 20% لتستقر تماما حتى نهاية التجربة.

5.2. قراءة مقارنية لنظريات التبريد على الحالة CY:

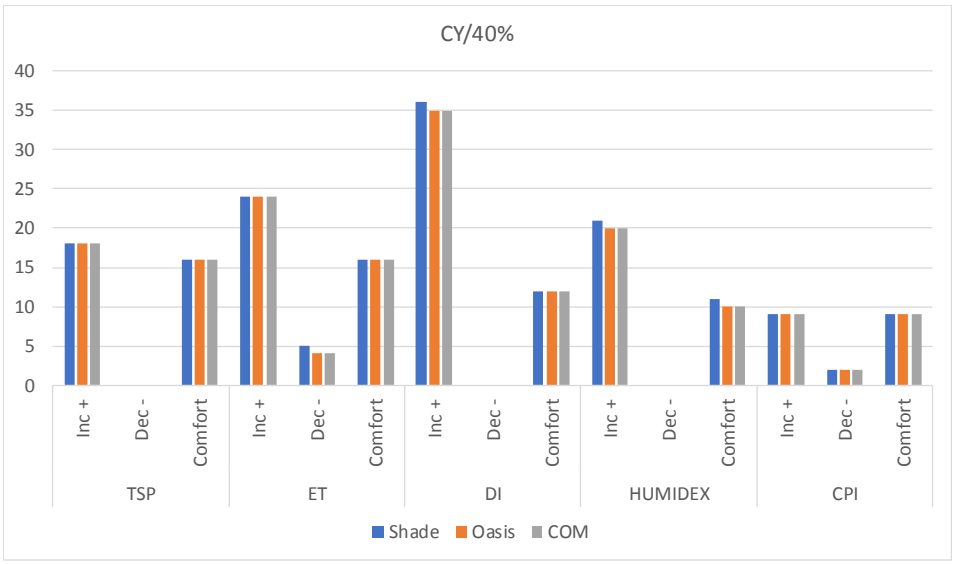
بناءا على كل من الأشكال (28.11) إلى غاية (32.11) والتي تبين قيمـــــة المؤشـرات + Inc، Dec- وComf حسب كل من المؤشرات الحرارية TSP، ET، DI، HUMIDEX ، وCPI والمستخدمة في التجربة لتقييم مدى الراحة الحرارية في المجال الخارجي للحالة CX. أين تقدم الأشكال نظرة شاملة لكل العناصر المذكورة حسب نظريات التبريد المراد تجريبها: التبريد بالتظليـــــل، التبريد بالتبخير والتبريد المركب.

و حسب (الشكل 28.11) وعند نسبة 20% من التجربة يبين المنحنى تطابقا تاما في النتائج لكل المؤشرات TSP، ET، DI وHUMIDEX وCPI؛ (الشكل 29.11) يبين نتائج التجربة عند النسبة 40% أين يوضح المنحنى تطابقا تاما للنتائج على مستوى مؤشرات ET وTSP وCPI في الوقت الذي يقدم فيه المؤشر DI وHUMIDEX تقدما لنظرية التبريد.

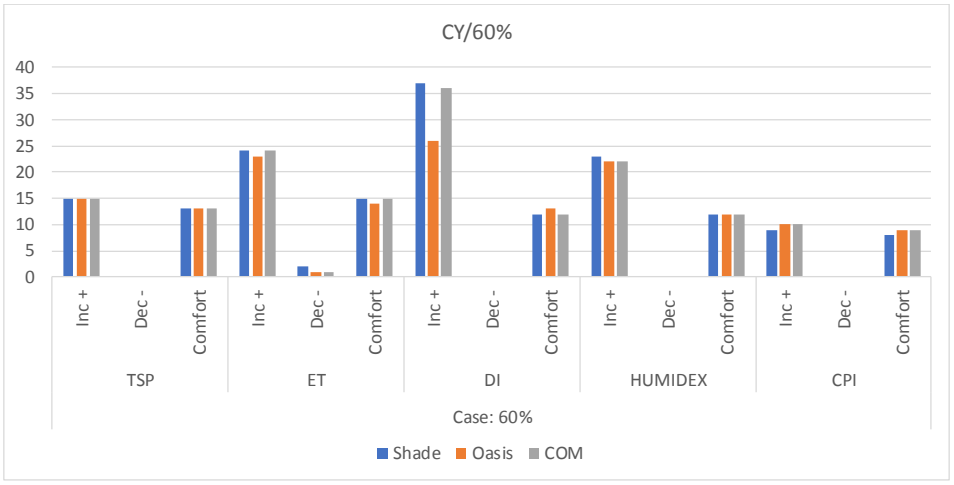
(الشكل 30.11) يوضح نتائج التجربة عند مستوى 60% أين نجد توافقا كبيرا للنتائج على مستوى مؤشر CPI، TSP وHUMIDEX في الوقت الذي يقدم فيه كل من المؤشر ET وDI تراجعا لنظرية التبريد بالتبخير مقارنة بسابقاتها إلا أنه محسوس عند الأخير. وكقراءة عامة للشكل (31.11) الذي يوضح نتائج العملية عند النسبة 80% فإن كل المؤشر DI يرمي لنتيجة تقدم طفيف لنتائج نظرية التبريد بالتظليل مقارنة بالباقي في الوقت الذي يقدم فيه المؤشر CPI تأخرا فيها أما المؤشرات TSP، ET وHUMIDEX فتبين توافقا كبيرا في النتائج. (الشكل 32.11) يقدم النتائج النهائية عند النسبة 100% من التجربة أين يبين كل من TSP، HUMIDEX وDI تقدما لنظرية التبريد بالتظليل، مؤشر ET يتحدث عن تقدم في نظرية التبريد بالتبخير وCPI عن توافق تام في النتائج.



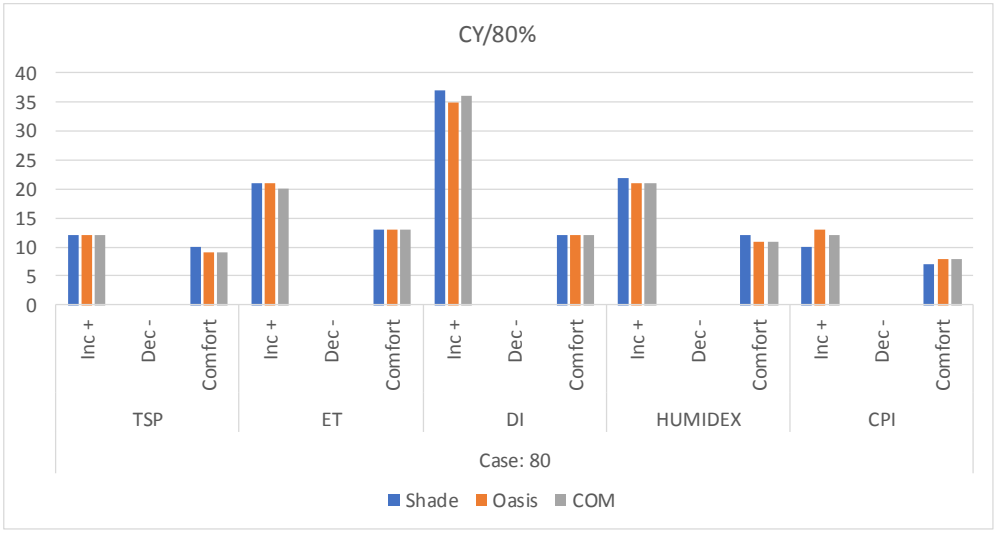
الشكل 11. 28. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 20% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



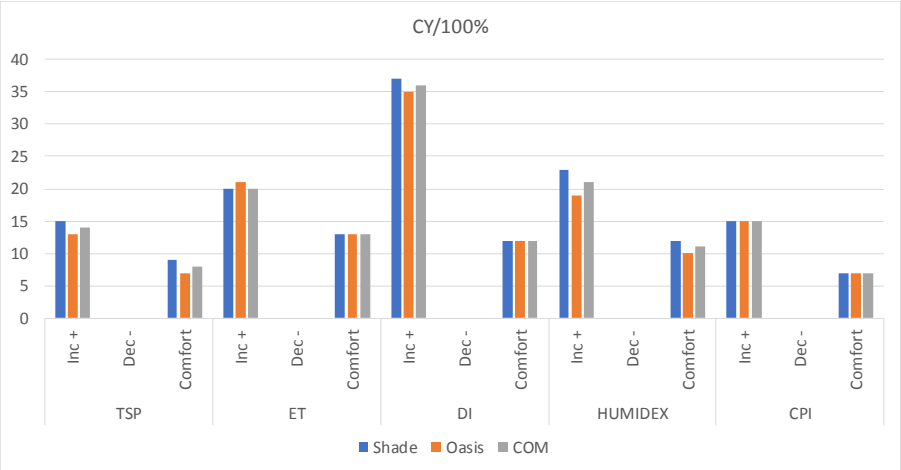
الشكل 11. 29. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 40% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 11. 30. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 60% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 11. 31. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 80% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.



الشكل 11. 32. نتائج التجربة للحالة CY لنظريات التبريد الثلاث عند نسبة 100% من قيمة GCR. المصدر. الباحث.

3. مناقشة نتائج النموذج C:

يعتبر النموذج C مثالا عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب و الشرق-غرب، بعد التجربة التي قمنا بها عن طريق المحاكاة الرقمية على كل من الحالتين الثانويتين CX و CY بالمرور عبر خمس سيناريوهات مختلفة تمثل نسبة إستعمال المجال الأخضر GCR من المجال العام بتزايد مستقر 0، 20، 40، 60، 80 و 100%؛ تحصلنا على النتائج المبينة في الجداول السابق ذكرها و التي ترجمناها إلى منحنيات بيانية ممثلة في الأشكال المبينة و المحللة سابقا و التي تبرز قيم كل من المؤشرات الحسابية +Inc، Comf و Dec- حسب كل من مؤشرات الراحة الحرارية المستخدمة في التجربة TSP، ET، DI، HUMIDEX و CPI؛ كل هذا جرب ثلاث مرات بتغيير نظرية التبريد المختلفـــــــــــــــــــة: التظليل، التبخير و التبريد المركب للوصول إلى نتائج شاملة و عامة.

كقراءة نهائية لكل النتائج المبينة في الجداول و الأشكال المذكورة أعلاه فإننا نستنتج من المؤشرات الحرارية المستخدمة و من المؤشر الحسابي Inc+ أن معدل نسبة 40% من قيمة GCR القصوى يفي لغرض الوصول إلى أعلى قيم التأثير الإيجابـــــــي على الراحة الحرارية الخارجية المقدرة بين 0.7 إلى 1.5 ش/س أي من 06% إلى 13% من السنة كما تتفق العديد من النتائج عن تذبذب في 60% الأخيرة من قيمة GCR بين إستقرار في التأثير كمؤشر HUMIDEX،ET و DI حتى النسبة الكلية و بين إنخفاض في الأداء الإيجابي بمعدل 0.9 ش/س أي 08% من السنة بالنسبة للمؤشر TSP و ارتفاع بالنسبة لـ ET و نستطيع تفسير هذا الإنخفاض علميا بتولد ظاهرة الدفيئة المصغرة Micro Green-House Effet أي عند زيادة نسبة المجال الأخضر فوق النسبة المحددة فإنه يحدث إحتباس حراري يقلل من آداء المجال الأخضر و بالعودة إلى المخططات البيانية في عملية المحاكاة تتضح أن الساعات المفقودة هي في فصل

الصيف ليلا. ، كما تجدر الإشارة أنه أثناء عملية المحاكاة إتضح أن 90% من الأداء الحراري الإيجابي يكون في فصول الصيف، الربيع و الخريف.

و كقراءة لمؤشر Comf الذي يعتبر جزء من Inc+ أو التأثير الإيجابي الذي وصل إلى مجال الراحة الحرارية فإن المؤشرات ET، DI و HUMIDEX تأكد أن معدل نسبة 40% من قيمة GCR القصوى يفي لغرض الوصول إلى أعلى قيم التأثير الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجية و التي تقدر بمعدل بين 0.5 ش/س أو 04% من السنة كما تتفق كل النتائج عن تذبذب في 60% الأخيرة من قيمة GCR بين الثبات في التأثير كمؤشر HUMIDEX، ET و DI و بين إنخفاض في الأداء الإيجابي بالنسبة للمؤشر TSP و ET إلى حدود 0.4 ش/س 03% من السنة و نستطيع تفسير هذا علميا بتولد ظاهرة الدفيئة المصغرة Micro Green-House Effet أي عند زيادة نسبة المجال الأخضر فوق النسبة المحددة فإنه يحدث إحتباس حراري يقلل من آداء المجال الأخضر و بالعودة إلى المخططات البيانية في عملية المحاكاة تتضح أن الساعات المفقودة هي في فصل الصيف ليلا. كما تجدر الإشارة أنه أثناء عملية المحاكاة إتضح أن 90% من الأداء الحراري الإيجابي يكون في فصول الربيع والخريف؛ هذا زيادة عن المدة الزمنية التي أصلا تتوفر بها شروط الراحة الحراريـــــــــــة بدون تأثير المجال الأخضر والتي تتراوح بمعدل 3.5 ش/س أو 28% من السنة.

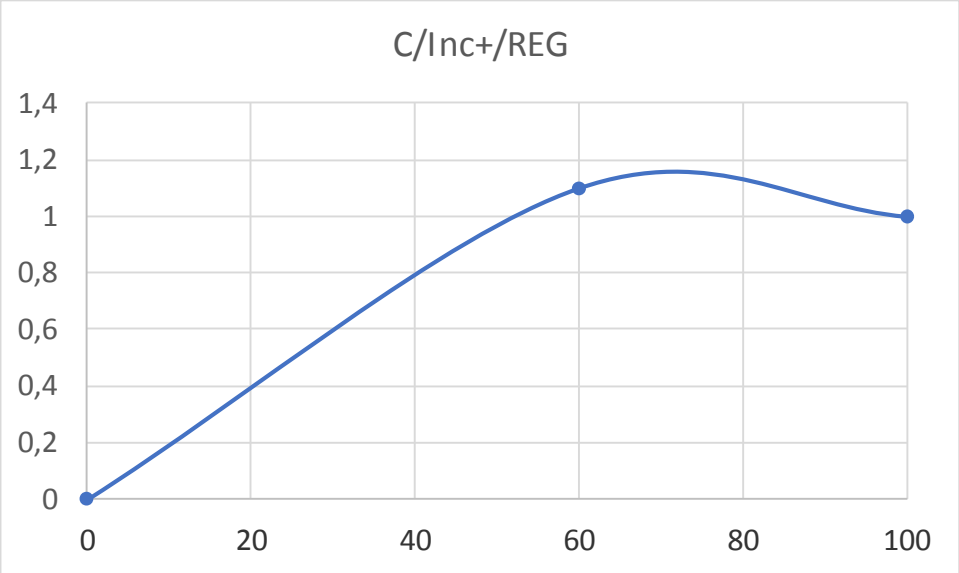
مؤشر Dec- و الذي يمثل الأداء الحراري السلبي فإن المؤشرات TSP، DI و HUMIDEX تبين إنعدام تام للأداء الحراري السلبي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية، بينما مؤشري ET و CPI فيبينان أن هناك بعض الأوقات من السنة ينقلب فيها الأداء الحراري إلى الأسوء و هذا خاصة عند الوصول إلى نسبة إستعمال 20% فقط من قيمة GCR القصوى و هذا بإتفاق كل نظريات التبريد و عند العودة إلى المنحنيات المستخرجة من عملية المحاكاة فإتضح لنا أنا هذه القيم تتعلق بفصل الشتاء خصوص عند الأوقات الليلية أين يحدث إضطراب في سرعة الهواء بينما يتناقص التأثير السلبي عند زيادة نسبة GCR المستعملة و تفسير ذلك هو ظاهرة الدفيئة المذكورة سابقا لكن هذه المرة في المرحلة الشتوية.

أما فيما يخص القراءة المقارنية بين نظريات التبريد الثلاث المستخدمة في التجربة فإن 97% من النتائج المتوصل إليها تثبت عن توافق كبير يصل إلى حد التطابق بين النتائج مما يجعلنا نستطيع الحديث أن النموذج C يثبت وجود خطأ في الفرضية التي إنطلقنا منها عن أن نظرية التبريد المركب هي الأنسب للأقاليم الجافة. بيد أن فرضية وجود حد أقصى للتأثير الإيجابي للمجال الأخضر على الراحة الحرارية صحيحة في المرحلة الأولى من التجربة للنموذج C وذلك بإستعمال نسبة 40% إلى 60% من قيمة GCR القصوى.

الخاتمة:

بعد التجربة التي أقيمت على العينة C بحالتيها CX , CY و التي تعتبر نموذج مثالي عن الوادي العمراني ذو النسبة الهندسية 1.2 و بعد تحليل كل المنحنيات، المخططات و الجداول توصلنا إلى تطوير علاقة رياضية تربط نسبة المجال الأخضر GCR من المساحة العامة للوادي مع نسبة التأثير الإيجابي المناخية منها Inc+ من جهة و علاقة رياضية أخرى تربط نفس قيمة GCR مع نسبة التأثير الإيجابي التي وصلت حدود مجال الراحة الحرارية الخارجية Comf؛ و جاءت المخططات و العلاقات المستخلصة و التي يمكن إستعمالها في دراسات مستقبلية كما يلي:

- **العلاقة الرياضية بين نسبة GCR وInc+:**



الشكل 11. 33. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي للحالة C.

المصدر. الباحث.

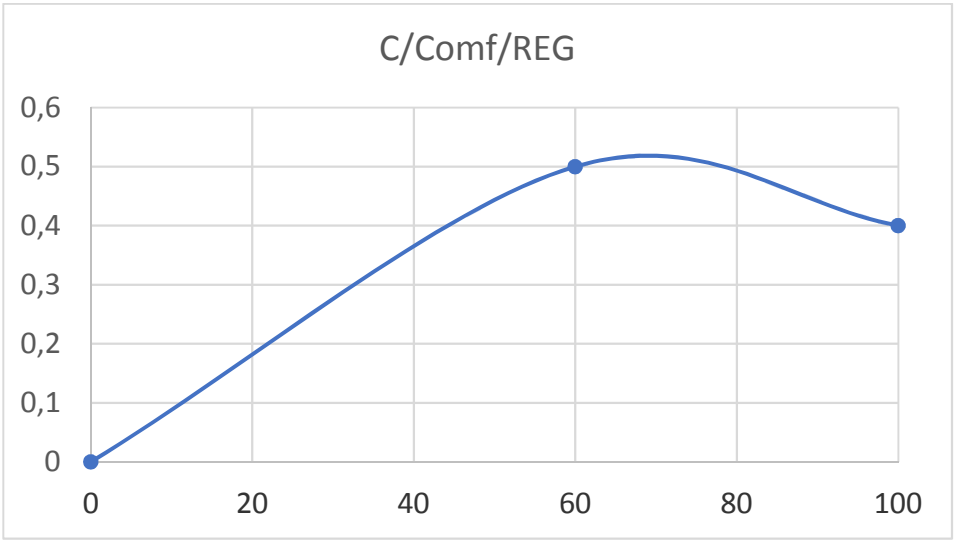
$$+\text{Inc} = (0.0392 \cdot GCR) - (0.0003 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

$$+\text{Inc} = [(0.0392 \cdot GCR) - (0.0003 \cdot GCR^2)] \cdot 8.33 \quad \dots \quad (\%)$$

$$GCR_{max} = 0.39 \cdot L_{can} \cdot W_{can}$$

بمعامل دقة $R^2 = 0.90$

- **العلاقة الرياضية بين نسبة GCR وComf:**



الشكل 11. 34. العلاقة الرياضية المطورة لتقييم مدى قدرة المجال الأخضر على التعديل المناخي الواصل إلى حدود الراحة الحرارية للحالة C. المصدر. الباحث.

$$\text{Comf} = (0.0148 \cdot GCR) - (0.0001 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

$$\text{Comf} = [(0.0148 \cdot GCR) - (0.0001 \cdot GCR^2)] \cdot 8.33 \quad \dots \quad (\%)$$

$$GCR_{max} = 0.39 \cdot L_{can} \cdot W_{can}$$

بمعامل دقة $R^2 = 0.86$

الخلاصة العامة

If the result confirms the hypotheses,
you've made a discovery,
If the result contrary the hypotheses,
you've made a discovery,

-- ***Enrico Fermi*** --

مقدمة:

من خلال هذا البحث المقسم إلى أحد عشر فصلا، حاولنا قدر الإمكان الإلمام بكل جوانب الموضوع خدمة لتحقيق الأهداف المرجوة والمسطرة والتحقق من صحة الفرضيات التي إنطلقنا منها. فجاء القسم النظري من الرسالة في خمس فصول مرتبطة ومتسلسلة يتناول أولاها الحديث عن الأقاليم القصوى، الصحاري والواحات خاتمينه بالتطرق إلى أهم الإستراتيجيات التي إتبعها سكان الواحات لمجابهة مناخ الصحاري القاسي وخلق مناخ عمراني مقبول؛ لنتحدث في الفصل الثاني عن المناخ العمراني وعن أهم مفاهيمه وعناصره مركزين بحثنا عن أهم الظواهر المناخية في المجالات العمرانية والإستراتيجيات المتبعة في تعديله لصالح الإنسان.

وكأحد أهم هذه الإستراتيجيات هي إستعمال المجال الأخضر كعنصر تصميمي، وهو صلب موضوع الفصل الثالث الذي تناولنا فيه الحديث بإسترسال عن المجالات الخضراء وعن أدوارها، أشكالها، أنواعها وعن أهم الظواهر الطبيعية التي يقوم بها خاتمين الفصل بالتطرق إلى النظريات العلمية المتبعة في ميدان تقييم السلوك المناخي لها. هذا التقييم الذي يهدف لشيء واحد هو توفير الراحة الحرارية والتي تعتبر أحد أهم أهداف أي مصمم مناخي معماري أو عمراني كان. الراحة الحرارية الخارجية كانت محط إهتمامنا في الفصل الرابع اين تناولنا فيه عن طرق تقييمها ذاكرين أزيد من 40 طريقة مختلفة الدقة والصعوبة لتقييمها في المجالات العمرانية المفتوحة. كل الفصول السابقة تصب في مصلحة الفصل الخامس كآخر فصل في القسم النظري من بحثنا هذا أين تطرقنا فيه عن كيفية تمثيل كل ما تحدثنا عنه بطريقة معلوماتية وهو ما نطلق عليه علميا بتمثيل المناخ العمراني Urban Climate Modeling (UCM)، أين تطرقنا في هذا الفصل عم أهم الوسائل، الطرق والأساليب المتبعة لتطوير نموذج تمثيل المناخ العمراني الخاص بإقليم دراستنا (الأقاليم الصحراوية)، مركزين الحديث عن معايير تصنيفها مما سيساعدنا في تطوير نموذجنا الرياضي الذي سيكون محط إهتمامنا في الفصل السادس.

أين إنطلقنا في القسم الثاني من البحث و تطوير النموذج الرياضي SPUCAL و المسجل دوليا تحت ترقيم **48XS2HC** من طرف الهيئة الفرنسية لحماية الملكية الفكرية و الذي طورناه خصيصا لهذا البحث و لتمثيل المناخ العمراني في الأقاليم الجافة و شبه الجافة أين زودناه بأهم المعطيات الخاصة بذلك، تاركين المجال في الفصل السابع لتطوير الشق الثاني من النموذج و الذي أطلقنا عليه SPUCAL_veg و هو نموذج يقوم بمحاكاة السلوك المناخي للمجالات الخضراء و يقوم بدوره بمساعدة المصمم أو الباحث على أخذ قراراته ليقوم النموذج في النهاية بتقييم الراحة الحرارية الخارجية تحت تأثير المجالات الخضراء المنتقاة في المجال العمراني المحدد سابقا و الممثل بالنموذج الأصلي.

وكعينة لهذا البحث وقع الإختيار على منطقة وادي ريغ وذلك تكملة لبحثنا المقدم عام 2003 أين قمنا بتطوير نموذج لتقييم مدى تأثير غابات النخيل على المناخ العام للواحات. و من ثم قمنا بإختيار 03 عينات مختلفة الأبعاد و الإتجاهات أين طبقنا عليها طريقة المخطط العاملي the Factorial Plan لنتوصل إلى تحديد 108 سيناريو مختلف، و من ثم قمنا بالتجربة العلمية متوصلين إلى دراسة و تحليل 165888 نتيجة ملخصينها في 660 منحنى بياني أين قمنا بدمجها و تحليلها للوصول إلى النتائج النهائية في الفصل التاسع، العاشر و الحادي عشر أين تناولنا في كل منهم عينة واحدة بتدقيق كبير للوصول إلى أدق النتائج التي تمكنا من ترجمتها إلى علاقات رياضية تمكننا من التوقع مستقبليا لمدى تأثير المجال الأخضر على الراحة الحرارية الخارجية في المجالات العمرانية المفتوحة.

1. النتائج المتوصل إليها:

- توصلنا إلى تطوير نموذج رياضي من شأنه تمثيل المناخ العمراني بالأقاليم الجافة، SPUCAL (Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands) و الذي له القدرة على محاكاة العديد من العناصر المناخية في الفضاءات العمرانية كالأشعة الشمسية و الأرضية، كميات الطاقة الكامنة و المحسوسة، متوسط سرعة الهواء بالإضافة إلى درجة الحرارة و الرطوبة النسبية للهواء و تقييم مدى الإحساس بالراحة الحرارية الخارجية بالإعتمـــــاد على 12 مؤشرا حراريا عالميا؛ كما زودناه بمحرك يساعد المصمم أو الباحث على إختيار نوعية، شكل و مساحة المجال الأخضر و الذي يقوم النموذج بمحاكاة سلوكه المناخي لتقييم مدى تأثيره على المناخ العمراني و على الراحة الحرارية الخارجية. هذا النموذج سيكون الأداة التحليلية للوصول على أهداف هذا البحث وأبحاث مستقبلية أخرى تخص المناخ العمراني بالأقاليم الجافة. هذا النموذج إعتمدنا في تطويره على **197** علاقة ومعادلة رياضية، فيزيائية وفلكية، منها **128** معادلة تعتبر الأكثر دقة في الساحة العلمية كما قمنا بتعديل **31** معادلة لتتلاءم وأهداف البحث في الوقت الذي طورنا فيه **38** علاقة رياضية جديدة تستعمل لأول مرة في ميدان المناخ العمراني خدمة لأهداف البحث وللتأقلم مع مناخ الأقاليم الجافة.
- إستطعنا إثبات صحة فرضية أن قدرة المجال الأخضر على تعديل المناخ العمراني لها حدود وأن هناك نسبة معينة من المجال الأخضر GCR يصل فيها الأداء الإيجابي إلى أقصاه ومن ثم توصلنا أن هناك حالتين إما ثبات الأداء حتى إستعمال 100% من GCR أو إنخفاض في الأداء عند زيادة إستعمال مفرط للمجال الأخضـــــــــــر وهو ما فسرناه علميا بتولد ظاهرة الدفيئة على مستوى الوادي العمراني.

- بعد القيام بالتجربة على العينات المختارة بعناية توصلنا إلى تقييم مدى تأثير المجال الأخضر على المناخ العمراني أين نستطيع الإستنتاج من كل العينات ما يلي:

✓ بالنسبة للعينة A و التي تعتبر مثالا نموذجيا عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 والتي تمثل الشوارع الرئيسيـــــــة في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب و الشرق-غرب، و بعد التجربة التي قمنا بها عن طريق المحاكاة الرقمية على كل من الحالتين الثانويتين AX و AY بالمرور عبر خمس سيناريوهات مختلفة تمثل نسبة إستعمال المجال الأخضر GCR من المجال العام بتزايد مستقر 0، 20، 40، 60، 80 و 100%؛ توصلنا إلى أنه عند نسبة 60% من GCR يصل الأداء المناخي إلى أعلى قيم التأثير الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجية والتي تراوحت قيمتها من 1.8 إلى 2.8 ش/س أي 15% إلى 24% من السنة ليثبت الآداء في النسبة المتبقية ، أما بالنسبة للآداء المناخي المؤدي لمجال الراحة الحرارية فإنه يصل إلى حدود 1.1 ش/ش أي 10% من السنة و يصل أقصاه إلى 1.4 ش/س أي 12% من السنة؛ من جانب آخر توصلنا إلى تطوير علاقات رياضية من شأنها تقييم الأداء المناخي الإيجابي بنسبة دقة وصلت إلى 96% حسب نسبة GCR المستعملة، و الآداء المناخي الموصل لمجال الراحة الحرارية الخارجية بنسبة دقة وصلت إلى 95% حسب نسبة GCR المستعملة.

$$+\text{Inc} = (0.0613 \cdot GCR) - (0.0004 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

$$\text{Comf} = (0.0248 \cdot GCR) - (0.0001 \cdot GCR^2) \quad \dots \quad (m/y)$$

✓ بالنسبة للعينة B و التي تعتبر مثالا نموذجيا عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب و الشرق-غرب، بعد التجربة التي قمنا بها عن طريق المحاكاة الرقمية على كل من الحالتين الثانويتين BX و BY بالمرور عبر خمس سيناريوهات مختلفة تمثل نسبة إستعمال المجال الأخضر GCR من المجال العام بتزايد مستقر 0، 20، 40، 60، 80 و 100%؛ توصلنا إلى أنه عند نسبة 60% من GCR يصل الأداء المناخي إلى أعلى قيم التأثير الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجية والتي تراوحت قيمتها من 1.2 إلى 1.9 ش/س أي 10% إلى 16% من السنة ليثبت الآداء في النسبة المتبقية، أما بالنسبة للآداء المناخي المؤدي لمجال الراحة الحرارية فإنه يصل إلى أقصى حد 1.0 ش/س أي 09% من السنة عند النسبة 60% ثم ينخفض إلى 0.7 ش/س أي 06% من السنة في النسبة المتبقية؛ من جانب آخر توصلنا إلى تطوير علاقات رياضية من شأنها تقييم الأداء المناخي الإيجابي بنسبة دقة وصلت إلى 94% حسب نسبة GCR المستعملة، و الآداء المناخي الموصل لمجال الراحة الحرارية الخارجية بنسبة دقة وصلت إلى 85% حسب نسبة GCR المستعملة.

$$+\text{Inc} \ = (0.0427 \cdot GCR) - (0.0003 \cdot GCR^2) \ \ldots \ (m/y)$$

$$\text{Comf} \ = (0.0294 \cdot GCR) - (0.0002 \cdot GCR^2) \ \ldots \ (m/y)$$

- ✓ بالنسبة للعينة C و التي تعتبر مثالا نموذجيا عن المجالات العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2والتي تمثل نسبة كبيرة من الشوارع في المدينة ذات الاتجاه المقارب للشمال-جنوب و الشرق-غرب، بعد التجربة التي قمنا بها عن طريق المحاكاة الرقمية على كل من الحالتين الثانويتين CX و CY بالمرور عبر خمس سيناريوهات مختلفة تمثل نسبة إستعمال المجال الأخضر GCR من المجال العام بتزايد مستقر 0، 20، 40، 60، 80 و 100%؛ توصلنا إلى أنه عند نسبة 40% من GCR يصل الأداء المناخي إلى أعلى قيم التأثير الإيجابي على الراحة الحرارية الخارجية والتي تراوحت قيمتها من 0.7 إلى 1.5 ش/س أي 06% إلى 13% من السنة لينخفض الآداء في النهاية إلى حدود 0.9 ش/س أي بنسبة 08% من السنة، أما بالنسبة للآداء المناخي المؤدي لمجال الراحة الحرارية فإنه يصل إلى أقصى حد 0.5 ش/س أي 04% من السنة عند النسبة 40% ثم ينخفـــــــــــض إلى 0.4 ش/س أي 0.3% من السنة في النسبة المتبقية؛ من جانب آخر توصلنا إلى تطوير علاقات رياضية من شأنها تقييم الأداء المناخي الإيجابي بنسبة دقة وصلت إلى 90% حسب نسبة GCR المستعملة، و الآداء المناخي الموصل لمجال الراحة الحرارية الخارجية بنسبة دقة وصلت إلى 86% حسب نسبة GCR المستعملة.

$$+\text{Inc} \ = (0.0392 \cdot GCR) - (0.0003 \cdot GCR^2) \ \ldots \ (m/y)$$

$$\text{Comf} \ = (0.0148 \cdot GCR) - (0.0001 \cdot GCR^2) \ \ldots \ (m/y)$$

- بعد مقارنة نتائج النظريات الثلاث (أ) نظرية التبريد بالتظليل أو ما تسمى بمفعول التبريـــــد، (ب) نظرية التبريد بالتبخير أو ما تسمى بظاهرة مفعول الواحة و (ج) نظرية التبريد المركب أو ما تسمى بالظاهرة التركيبية؛ هاته النظريات التي تفسر السلوك المناخي للمجال الأخضر و التي جربت على الفضاءات العمرانية المفتوحة بعينات الدراسة و التي تعتبر نموذجا عن واحات الصحاري الحارة، إتضح لنا أن نتائج النظريات جد متقاربة و ليس هناك فارق كبير من شأنه تفضيل إحداهم عن الأخريات لكن تبقى هذه النتيجة صالحة لواحات الصحاري الحارة لا غير حتى إثبات صحتها على أقاليم أخرى؛ و هنا نستطيع الحكم على عدم صحة الفرضية التي إنطلقنا منها من أن نظرية التبريد المركب هي الأنسب.

2. توصيات:

بعد تحقيق الأهداف المرجوة من هذا البحث نقدم جملة من التوصيات نلخصها فيما يلي:

- إدراج المجال الأخضر في مراحل التصميم العمراني والتهيئة العمرانية لما له من فوائد جمة بخلاف الراحة الحرارية الخارجية التي يتحدث عنها هذا البحث.
- إحترام القيم المتوصل إليها من خلال هذا البحث في الوديان العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.4 ويجب العلم أن تجاوزها لا يؤثر بتاتا على الراحة الحرارية الخارجية لا بالسلب ولا بالإيجاب.
- إحترام القيم المتوصل إليها من خلال هذا البحث في الوديان العمرانية ذات النسبة الهندسية 0.8 ويجب العلم أن تجاوزها لا يؤثر بتاتا على الراحة الحرارية الخارجية لا بالسلب ولا بالإيجاب.
- إحترام القيم المتوصل إليها من خلال هذا البحث في الوديان العمرانية ذات النسبة الهندسية 1.2 ويجب العلم أن تجاوزها يؤثر سلبا على الراحة الحرارية الخارجية.
- تجريب النموذج SPUCAL من طرف الباحثين المهتمين في أبحاثهم المستقبلية للسماح لنا بالعمل على نسخ معدلة ومطورة.

3. حدود البحث:

إستخلصت النتائج المتوصل إليها خلال هذا البحث من تجربة قمنا بها على عينات نموذجية لواحات الصحاري الحارة بإستعمال النموذج الرياضي SPUCAL، ونظرا لهاته المعايير فإن النتائج المتوصل إليها في هذا البحث صالحة للحالات التالية ولا نثبت صحتها من خطأها إن إستعملت في غيرها:

- صالحة لواحات الصحاري الحارة أو أقاليم مماثلة لها لأن النموذج الرياضي مزود بمعاملات حسابية خاصة بنوعية وخصائص الصحراء المحيطة بالمجال العمراني (Grimmond and Oke, 2002).
- صالحة لإستعمالها في الواحات أي بوجود غابات النخيل بالقرب من المجال العمراني لأن النموذج مزود بمعاملات تصحيحية قمنا بتطويرها خصيصا لإدخال تأثير غابات النخيل على المناخ العمراني.
- صالحة للوديان العمرانية ذات النسب الهندسية التالية: 0.4، 0.8 و1.2 بالإتجاهين المقاربين للشمال-جنوب وشرق-غرب.
- النموذج SPUCAL لا يتعامل إلا مع الوديان العمرانية ذات النسب الهندسية المحصورة بين 0.2 و1.5 ونتائجه غير دقيقة في غيرها وهذا راجع للعلاقات الرياضية المستعملة في حساب معدل سرعة الهواء في الوادي العمراني.

4. العوائق التي صادفت هذا البحث:

أهم العوائق التي صادفت هذا البحث كانت في مرحلة تطوير النموذج الرياضي والذي أخذ حصة الأسد من المدة المخصصة للعمل، أين توقف العمل في العديد من المرات نظرا لبحثنا عن أدق العلاقات الرياضية المتوفرة والتي أثبتت نجاعتها في ميدان تمثيل المناخ العمراني من جهة وصعوبة وتعقيد تركيبها من جهة أخرى والشكر الكبير في هذه المرحلة للباحثين:

- ✓ Valéry Masson صاحب نموذج The Town Energy Budget (TEB) من فرنسا.
- ✓ Eric Scott Krayenhoff صاحب نموذج BEP-Tree من كندا.

اللذان قدما لنا يد المساعدة مما سمح لنا من إكمال هذا العمل على أحسن وجه.

5. آفاق مستقبلية:

لا نعتبر ما توصلنا إليه من خلال هذا البحث نتائج نهائية بقدر ما نعتبرها بذرة أو نواة أعمال مستقبلية من شأنها تطوير موضوع إستعمال المجال الأخضر كعنصر مناخي في التصميم العمراني ونهدف في المستقبل القريب إلى:

- القيام بتجارب أخرى تخص واحات أخرى لتعميم النظريات المتوصل إليها.
- القيام بتجارب أخرى حول وديان عمرانية ذات نسب هندسية وإتجاهات مختلفة عما قمنا به.
- القيام بأخذ قياسات ميدانية من أجل الوصول إلى المعاملات التصحيحية الخاصة بكل منطقة على حدى مما يزيد من دقة النتائج المتوصل إليها.
- العمل على تجارب أخرى حول الفضاءات العمرانية الأخرى بخلاف الوديان العمرانية.
- تطوير قاعدة البيانات النباتية لنموذج SPUCAL ليعطي أكثر حرية ومرونة للمستعمل.
- تطوير نسخة منقحة وسهلة الإستعمال من النموذج SPUCAL لتستعمل من طرف المصممين غير المختصين في علم المناخ العمراني.

المراجع

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (1) خَلَقَ الإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ (2) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الأَكْرَمُ (3) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (4)

سورة العلق

المراجع العربية

أحريز, ع. 2003. الروابط البيومناخية بين النخيل و المجال المشيد في واحات وادي ريغ. ماجستير, جامعة بسكرة.

اللافي, ج. ا. 2012. الميراث [Online]. Available: http://mirathlibya.blogspot.com/2012/07 [Accessed 23 January 2018].

بن صغير حضري , ي. 2014. سياسة التوغل الإستعماري الفرنسي بوادي ريغ. الواحات للبحوث و الدراسات مجلة 07, 28-38.

بن عون, م. ا. 2011. أخبار و أيام وادي ريغ. ماجستير, جامعة قسنطينة.

خليفة, ع. ا. 2011. تحولات البنى الإجتماعية و علاقتها بالمجال العمراني في مدن الصحراء الجزائرية. دكتوراه, جامعة بسكرة.

المراجع الأجنبية

ABDELHALIM, A. I. 1996. Culture, environment, and sustainability: theoretical notes and reflection on a community park project in Cairo. Sustainable Landscape Design in Arid Climates, 48-61.

ABDI, D. & BITSUAMLAK, G. T. Estimation of surface roughness using CFD simulation. The Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering. Chapel Hill: International Association for Wind Engineering, 2010. 1-8.

ABREU-HARBICH, L. V. D., LABAKI, L. C. & MATZARAKIS, A. 2015. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. Landscape and Urban Planning, 138, 99-109.

AFCE 2007. l'Arbre te la Foret. CANADA: Association forestière des Cantons de l'Est.

AGARWAL, R. K. & SANGAL, V. K. 2008. Krishna's Environment and Ecology; for B. Tech Ist and IInd semester students of All Engineering Colleges affiliated to U.P. Technical University, Lucknow; As per revised syllabus, w.e.f. , Krishna Prakashan.

AHRIZ, A. 2009. New Green Buildings in Saharan Architecture. IEEES-4 (4th International Exergy, Energy and Environment Symposium. Sharjah, UAE: American University of Sharjah.

AHRIZ, A., ZEMMOURI, N. & FEZZAI, S. 2015. SPUCAL_mrt as a new model for estimating the mean radiant temperature in arid lands. energy Procedia, 74, 273-280.

AHRIZ, A., ZEMMOURI, N. & FEZZAI, S. 2017. Ksour of the SAHARA Desert as A Great Lesson of Sustainable Urban Design in Hot Desert Oases. International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (IJASRE), 03, 109-118.

AHRIZ, A., ZEMMOURI, N., FEZZAI, S. & BELARBI, L. 2016. Outdoor Thermal Comfort: theories and guidelines. ICREGA'16 (International Conference on Renewable Energy: Generations and Applications). Belfort, FRANCE.

AKBARI, H., DAVIS, S., DORSANO, S., HUANG, J. & WINNET, S. 1992. Cooling our communities: A Guidedbook on tree planting and light-colored surfacing, Washington, United States Environmental Agency.

AKBARI, H., KURN, D. M., BRETZ, S. E. & HANFOR, J. W. 1997. Peak power and cooling energy savings of shade trees. Energy and Buildings, 25, 139-148.

ALCOFORADO, M.-J. & MATZARAKIS, A. 2010. Planning With Urban Climate In Different Climatic Zones. GEOGRAPHICALIA, 57.

ALI-TOUDERT, F. & MAYER, H. 2006. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. Building and Environment, 41, 94-108.

ANDRADE, H. & VIEIRA, R. 2007. A Climatic study of an urban green space: the gulbenkian park in lisbon (portugal). FINISTERRA, XLII, 27-46.

ANGELOTTI, A., DESSÌ, V. & SCUDO, G. 2007. The evaluation of thermal comfort conditions in simplified urban spaces: the COMFA+ model. Proceedings of the 2nd PALENC & 28th AIVC Conference. Citeseer.

ANINA. 2011. Splinter Cell [Online]. Ras el Khaima: OrganiCité Available: http://design.epfl.ch/organicites/2010b/1-assignments/splinter-cell-4 [Accessed 23 January 2018].

ANTOINE, D. L. & METAILIE, G. 2000. Dictionnaire de Biogéographie végétale. Paris: CNRS Editions.

ARBOIT, M. & BETMAN, E. 2017. Evaluation of the Energy Impact of Green Area Surfaces and Vegetation Cover in Forested Urban Environments with Dry Climates. Case: Mendoza Metropolitan Area, Argentina. Procedia Environmental Sciences, 37, 112-130.

AROZTEGUI, J. M. 1995. Índice de temperatura neutra exterior. Encontro Nacional Sobre Conforto No Ambiente Construído (ENCAC), 3, 1995.

ASCHWANDEN, A. & OKE, T. 2003. On The Use Of TEB/ISBA To Calculate Evapotranspiration For A Suburban Area. Institute for Atmospheric and Climate Science: ETH Zurich, Switzerland.

ASHRAE 2009. 2009 ASHRAE Handbook: Fundamentals, ASHRAE.

ASSOCIATION.MERIDIENNE. 2017. De l'heure solaire vraie à l'heure légale [Online]. A ssociation Meridienne de Nantes. Available: http://www.meridienne.org/index.php?page=heure [Accessed July 18 2017].

ATHAMENA, K. 2012. Modélisation et simulation des microclimats urbains: Étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers. Ecole Centrale de Nantes (ECN)(ECN)(ECN)(ECN).

ATSUSHI, N., SHINJI, Y. & RYOZO, O. 2006. Study on a method to evaluate the shading effect of street trees on solar radiation based on field observation. In: CLIMATE, I. A. F. U. (ed.) Sixth international conference on urban climate, Göteborg, Sweden

ATTIA, S. & DUCHHART, I. Bioclimatic landscape design in extremely hot and arid climates. PLEA 2011: Architecture & Sustainable Development: Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain-la-Neuve, Belgium, 13-15 July, 2011, 2011. Presses univ. de Louvain, 459.

AULICIEMS, A. & SZOKOLAY, S. V. 2007. THERMAL COMFORT. Passive and Low Energy Architecture International - DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES -. PLEA.

AUTODESK. 2017. human thermal comfort [Online]. Autodesk. Available: https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/human-thermal-comfort [Accessed may 15 2017]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/resultant-globe-temperature-d_1806.html [Accessed 20 September 2015].

BAKLANOV, A., GRIMMOND, S., MAHURA, A. & ATHANASSIADOU, M. 2009. Meteorological and Air Quality Models for Urban Areas, Springer Berlin Heidelberg.

BECKER, S., POTCHTER, O. & YAAKOV, Y. 2002. Thermal sensation in extremely hot and dry urban environments. In: SOCIETY, A. M. (ed.) Fourth Symposium on the Urban Environment Norfolk, VA, USA.

BECKERS, B. & BECKERS, P. 2010. Comment calculer la déclinaison du soleil. rapport Helio_007_fr.

BELDING, H. & HATCH, T. 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. Heating, piping and air conditioning, 27, 129-36.

BENNETT, A. 2015. World Climate Zone [Online]. Internet Geography. Available: http://www.geography.learnontheinternet.co.uk/topics/climatezones.html#zones [Accessed 04 October 2015].

BERNATZKY, A. 1978. Tree ecology and preservation, Elsevier Scientific Pub. Co.

BERRE, M. L. & RAMOUSSE, R. 2004. Aridité et Désert. Association Conservation & Developpement Durable.

BERRE, M. L. & RAMOUSSE, R. 2006. Milieux Naturels Extrêmes. Association Conservation & Developpement Durable.

BHARGAVA, A., LAKMINI, S. & BHARGAVA, S. 2017. Urban Heat Island Effect: It's Relevance in Urban Planning. Journal of Biodiversity & Endangered Species, 5.

BLAZEJCZYK, K. 1992. MENEX· mE MAN-ENVIRONMENT HEAT EXCHANGE MODEL AND ITS APPLICATIONS IN BIOCLIMATOLOGY. The Fifth Int. Conf. on Environmental Ergonomics. Maastricht, The Netherlands.

BLAZEJCZYK, K. 2005. MENEX 2005 [Online]. Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences. Available: https://www.igipz.pan.pl/tl_files/igipz/ZGiK/opracowania/indywidualne/blazejczyk/MENEX_2005.pdf [Accessed March 26 2017].

BLAZEJCZYK, K., EPSTEIN, Y., JENDRITZKY, G., STAIGER, H. & TINZ, B. 2012. Comparison of UTCI to selected thermal indices. International journal of biometeorology, 56, 515-535.

BOWLER, D. E., BUYUNG-ALI, L., KNIGHT, T. M. & PULLIN, A. S. 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning, 97, 147-155.

BOZONNET, E. 2005. Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments - Cas de la rue canyon. Doctorat, Université De La Rochelle.

BRADSHAW, V. 2010. The Building Environment: Active and Passive Control Systems, Wiley.

BROWN, R. 2010. Design With Microclimate: The Secret to Comfortable Outdoor Space, Island Press.

BROWN, R. D. & GILLESPIE, T. J. 1995. Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency, Wiley.

BROWN, R. D., VANOS, J., KENNY, N. & LENZHOLZER, S. 2015. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. Landscape and Urban Planning, 138, 118-131.

BRUSE, M. 2015. Holistic approach [Online]. ENVI-MET GmbH. Available: http://www.envi-met.com/innovation#holistic_approach [Accessed 28 Feb 2016].

BULUT, H., BUYUKALACA, O. & YILMAZ, T. New models for simulating daily minimum, daily maximum and hourly outdoor temperatures. Proceedings of the first international exergy, energy and environment symposium (IEEES-1), 2003. 499-504.

CA, V. T., ASAEDA, T. & ABU, E. M. 1998. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. Energy and Buildings, 29, 83-92.

CADI. 2017. What are temperate deserts? [Online]. Central Asian Desert Initiative. Available: http://cadi.uni-greifswald.de/en/temperate-deserts/ [Accessed 06 January 2018].

CAMPBELL, G. S. & NORMAN, J. M. 2012. An Introduction to Environmental Biophysics, Springer New York.

CANADA, E. 2015. Wind Chill - The chilling facts [Online]. Government of canada. Available: http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=En&n=5FBF816A-1#X-201501151120382 [Accessed 21 September 2015].

CANNISTRARO, G., FRANZITTA, G., GIACONIA, C. & RIZZO, G. 1992. Algorithms for the calculation of the view factors between human body and rectangular surfaces in parallelepiped environments. Energy and Buildings, 19, 51-60.

CHALFOUN, N. V. 2003. Sustainable Urban Design in Arid Regions; Integrating Energy and Comfort. Collaborative Symposium: Urban Design in Arid Regions. The University of Arizona and The Pontificia Universidad Catolica De Chile

CHEN, F., BORNSTEIN, R., GRIMMOND, S., LI, J., LIANG, X., MARTILLI, A., MIAO, S., VOOGT, J. & WANG, Y. 2012. Research Priorities in Observing and Modeling Urban Weather and Climate. Bulletin of the American Meteorological Society, 93, 1725-1728.

CHENG, V. & NG, E. 2008. Wind for Comfort in High Density Cities. In: PLEA (ed.) 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Dublin.

CHERKAUER, K. A. 2009. Notes on the Calculation of Ground Heat Flux [Online]. Dept. of Civil and Env. Engineering, University of Washington. Available: http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/Documentation/TechnicalNotes/GroundHeatFlux.shtml [Accessed 08 November 2017].

CHIESURA, A. 2004. The role of urban parks for the sustainable city. Landscape and Urban Planning, 68, 129-138.

CIONCO, R. M. 1965. A mathematical model for air flow in a vegetative canopy. Journal of Applied Meteorology, 4, 517-522.

CIRIA 2017. Water Sensitive Urban Design in the UK.

CLIMATE-CHALLENGE. 2015. Les zones climatiques [Online]. Climate Challenge. Available: http://www.climatechallenge.be/fr/des-infos-en-mots-et-en-images/le-changement-climatique/le-climat/les-zones-climatiques.aspx [Accessed 04 October 2015].

CNRM. 2011. SURFEX [Online]. Centre National de Recherches Météorologiques. Available: http://www.cnrm-game-meteo.fr/surfex/ [Accessed 28 Feb 2016].

CORSINI, L. 2011. Ancient Mediterranean water supply networks revived In: IRD (ed.) Scientific news. Institut de la Recherche pour le Developpement.

COUTTS, A. M., TAPPER, N. J., BERINGER, J., LOUGHNAN, M. & DEMUZERE, M. 2013. Watering our cities: the capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. Progress in Physical Geography, 37, 2-28.

CRES 2002. Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain: une approche bioclimatique. RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Greece: Centre for Renewable Energy Sources.

DAGET, P. 1974. Vocabulaire d'Ecologie, Paris, HACHETTE.

DE ABREU-HARBICH, L. V., LABAKI, L. C. & MATZARAKIS, A. 2015. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. Landscape and Urban Planning, 138, 99-109.

DE MUNCK, C. 2013. Modélisation de la végétation urbaine et stratégies d'adaptation pour l'amélioration du confort climatique et de la demande énergétique en ville. PhD, École Doctorale Sciences de l'univers, de l'environnement et de l'espace (Toulouse); 159341302.

DECLET-BARRETO, J., BRAZEL, A. J., MARTIN, C. A., CHOW, W. T. L. & HARLAN, S. L. 2013. Creating the park cool island in an inner-city neighborhood: heat mitigation strategy for Phoenix, AZ. Urban Ecosystems, 16, 617-635.

DENNEMAN, E. 2007. The application of locally developed pavement temperature prediction algorithms in performance grade (PG) binder selection. SATC 2007.

DENNIS R. PITTENGER, M. S. 2017. Plant Factor or Crop Coefficient: What's the difference?? [Online]. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, USA: Center for Landscape & Urban Horticulture. Available: http://ucanr.edu/sites/UrbanHort/Water_Use_of_Turfgrass_and_Landscape_Plant_Materials/Plant_Factor_or_Crop_Coefficient__What%E2%80%99s_the_difference/ [Accessed Novermebr 06 2017].

DIEFENDERFER, B. K., AL-QADI, I. L. & DIEFENDERFER, S. D. 2006. Model to predict pavement temperature profile: development and validation. Journal of Transportation Engineering, 132, 162-167.

DIMOUDI, A. & NIKOLOPOULOU, M. 2003. Vegetation in the urban environment: Micoclimatic analysis and benefits. Energy and Buildings, 35, 69-76.

DORER, V., ALLEGRINI, J., OREHOUNIG, K., MOONEN, P., UPADHYAY, G., KÄMPF, J. & CARMELIET, J. 2013. Modelling the urban microclimate and its impact on the energy demand of buildings and building clusters 13th Conference of International Building Performance Simulation Association. Chambéry, France.

DUFTON, A. F. 1932. The Equivalent Temperature of a Room and its Measurement. The Equivalent Temperature of a Room and its Measurement.

DUPONT, S., OTTE, T. L. & CHING, J. K. S. 2004. Simulation of Meteorological Fields Within and Above Urban and Rural Canopies with a Mesoscale Model. Boundary-Layer Meteorology, 113, 111-158.

DUURSMA, R. 2017. The Maespa model [Online]. Available: http://maespa.github.io/ [Accessed 06 January 2018].

E.O.LABORATORY. 2017. CEOP Derived Parameter Equations [Online]. Earth Observing Laboratory. Available: https://www.eol.ucar.edu/projects/ceop/dm/documents/refdata_report/eqns.html [Accessed june 09 2017].

EARTHLABS. 2015. Climate and Biomes [Online]. EarthLabs. Available: http://serc.carleton.edu/eslabs/weather/4a.html [Accessed 07 October 2015].

EASYCALCULATION. 2017. Absolute Humidity to Relative Humidity [Online]. Easycalculation Available: https://www.easycalculation.com/weather/absolute-humidity-to-relative-humidity.php [Accessed 08 November 2017].

ELNABAWI, M. H., HAMZA, N. & DUDEK, S. 2015. Numerical modelling evaluation for the microclimate of an outdoor urban form in Cairo, Egypt. HBRC Journal, 11, 246-251.

EMBERGER, L. 1942. Un projet d'une classification des climats, du point de vue Phytogeographique. Bull Soc d'Hist nat de Toulouse, 77, 97-124.

ENCARTA, M. 2009 désert. [DVD] ed.: Microsoft Corporation.

ENCYCLOPÆDIA_BRITANNICA. 1996. Common leaf morphologies [Online]. Encyclopædia Britannica, Inc. Available: https://www.britannica.com/plant/angiosperm [Accessed 12 January 2018].

EPA. 2017. What is Acid Rain? [Online]. United States Evironmental Protection Agency. Available: https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain [Accessed 13 December 2017].

EPD. 2017. Volatile Organic Compounds and Smog [Online]. Environmental Protection Deparmant of Hong Kong. Available: http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/vocs_smog.html [Accessed 13 December 2017].

ERELL, E. 2005. Predicting air temperatures in city streets on the basis of measured reference data. Phd, University of Adelaide.

ERELL, E., WILLIAMSON, T. & BAIK, J. J. 2006. Simulating air temperature in an urban street canyon in all weather conditions using measured data at a reference meteorological station. International journal of climatology, 26, 1671-1694.

ESPERE 2003. ESPERE Climate Encyclopaedia Environmental Science Published for Every Body Round the Earth.

ETBOX. 2015. Resultant Temperature [Online]. The Engineering ToolBox

FAES, L. 2012. Les principaux déserts chauds (indice d'aridité d'E. de Martonne) [Online]. Available: http://laurentfaes-geo.blogspot.com/2012/01/les-principaux-deserts-chauds-indice.html [Accessed 22 October 2015].

FANGER, P. O. 1970. Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering, McGraw-Hill.

FAO. 2017. FAO Penman-Monteith equation [Online]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available: http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm#fao%20penman%20monteith%20equation [Accessed 08 November 2017].

FAO. 2017a. Annex 1. Units and symbols [Online]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available: http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0i.htm [Accessed 09 November 2017].

FAO. 2017b. FAO Penman-Monteith equation [Online]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available: http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm#fao%20penman%20monteith%20equation [Accessed 08 November 2017].

FARAJZADEH, H., SALIGHEH, M., ALIJANI, B. & MATZARAKIS, A. 2015. Comparison of selected thermal indices in the northwest of Iran. Natural Environment Change, 1, 1-20.

FASI, M. E. 1994. Generale History of Africa – Vol. III – Africa from the Seventh to the Eleventh Century, UNESCO.

FORTUNIAK, K., OFFERLE, B. & GRIMMOND, S. 2003. Slab surface energy balance scheme and its application to parameterisation of the energy fluxes on urban areas Fifth International Conference on Urban Climate. Lodz, Poland: IAUC.

FU, P. & RICH, P. M. 2000. The Solar Analyst 1.0. Helios Environmental Modeling Institute, LLC

GAGGE, A. P., STOLWIJK, J. A. J. & HARDY, J. D. 1967. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environmental Research, 1, 1-20.

GAGGE, A. P., STOLWIJK, J. A. J. & NISHI, Y. 1971. An efective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. ASHRAE Annual Conference. Philadelphia, USA: ASHRAE.

GAITANI, N., MIHALAKAKOU, G., SANTAMOURIS, M. & BAIK, J. J. 2007. On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. Building and Environment, 42, 317-324.

GÁL, T. & UNGER, J. 2014. A new software tool for SVF calculations using building and tree-crown databases. Urban Climate, 10, 594-606.

GALLINELLI, P. 2005. Géométrie solaire [Online]. Cuepe. Available: http://www.enercad.com/solar_geo/ [Accessed December 31 2005].

GANDHI, J. 2011. Vegetation as a climatic component of urban design in hot dry climates. CEPT University.

GEOLAB 2010a. Géographie physique des déserts du globe. In: GEOLAB (ed.). Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand 2, France.

GEOLAB 2010b. Géographie physique des déserts du globe Caractéristiques climatiques In: GEOLAB (ed.). Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand 2, France.

GEORGAKIS, C. & SANTAMOURIS, M. Canyon effects: Calculation of wind speed in an urban street canyon with the aid of a semi-empirical model based on experimental data. International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, 2005.

GHANI, S., ELBIALY, E. M. A. A., BAKOCHRISTOU, F., GAMALEDIN, S. M. A., RASHWAN, M. M. & HUGHES, B. 2017. Thermal comfort investigation of an outdoor air-conditioned area in hot and arid environment. Science and Technology for the Built Environment.

GILMER, M. 2018. Passive Solar Landscaping for Energy Efficiency [Online]. LandscapingNetwork. Available: https://www.landscapingnetwork.com/landscape-design/sustainable/solar.html [Accessed 12 January 2018].

GIVONI, B. 1969. Man, climate, and architecture, Elsevier.

GIVONI, B. 1972. Comparing temperature and humidity conditions in an urban garden and in its surrounding areas. Retrieved from.

GIVONI, B. 1976. Man, Climate and Architecture, Applied Science Publ.

GIVONI, B. 1991. Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. Atmospheric Environment, 25.B, 288-299.

GIVONI, B., NOGUCHI, M., SAARONI, H., POTCHTER, O., YAACOV, Y., FELLER, N. & BECKER, S. 2003. Outdoor comfort research issues. Energy and Buildings, 35, 77-86.

GOOGLE_EARTH. 2017. El Meghaier.

GREENE, G. M. 1980. Testing an Urban Climate Simulator: The Influences of Land Use and Land Cover in Climate Analysis.

GRIMMOND, C. & OKE, T. R. 1999. Heat storage in urban areas: Local-scale observations and evaluation of a simple model. Journal of applied meteorology, 38, 922-940.

GRIMMOND, C. S. B. & OKE, T. R. 2002. Turbulent Heat Fluxes in Urban Areas: Observations and a Local-Scale Urban Meteorological Parameterization Scheme (LUMPS). Journal of Applied Meteorology, 41, 792-810.

GRIMMOND, C. S. B., BLACKETT, M., BEST, M. J., BARLOW, J., BAIK, J.-J., BELCHER, S. E., BOHNENSTENGEL, S. I., CALMET, I., CHEN, F., DANDOU, A., FORTUNIAK, K., GOUVEA, M. L., HAMDI, R., HENDRY, M., KAWAI, T., KAWAMOTO, Y., KONDO, H., KRAYENHOFF, E. S., LEE, S.-H., LORIDAN, T., MARTILLI, A., MASSON, V., MIAO, S., OLESON, K., PIGEON, G., PORSON, A., RYU, Y.-H., SALAMANCA, F., SHASHUA-BAR, L., STEENEVELD, G.-J., TOMBROU, M., VOOGT, J., YOUNG, D. & ZHANG, N. 2010. The International Urban Energy Balance Models Comparison Project: First Results from Phase 1. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 49, 1268-1292.

GRIMMOND, C. S. B., BLACKETT, M., M. J. BEST, B., BAIK, J.-J., BELCHER, S. E., BERINGER, J., BOHNENSTENGEL, S. I., CALMET, I., CHEN, F., COUTTS, A., DANDOU, A., FORTUNIAK, K., GOUVEA, M. L., R. HAMDI, HENDRY, M., KANDA, M., KAWAI, T., KAWAMOTO, Y., KONDO, H., KRAYENHOFF, E. S., LEE, S.-H., LORIDAN, T., MARTILLI, A., MASSON, V., MIAO, S., OLESON, K., OOKA, R., PIGEON, G., PORSON, A., RYU, Y.-H., SALAMANCA, F., STEENEVELD, G. J., TOMBROU, M., VOOGT, J. A., YOUNG, D. T., ZHANG, A. N. & ABREU-HARBICH, L. V. 2011. Initial results from Phase 2 of the international urban energy balance model comparison. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, 31, 244–272.

HAGISHIMA, A. & TANIMOTO, J. 2003. Field measurements for estimating the convective heat transfer coefficient at building surfaces. Building and Environment, 38, 873-881.

HARMAN, I. N. 2003. The energy balance of urban areas. Ph.D, The University Of Reading.

HIDE, M. 2017. CLIMATE SENSITIVE URBAN DESIGN - GREENING THE CITY [Online]. Urban Ecosystem design Lab, Autralia. Available: http://www.urbanecodesignlab.org/csd16/ [Accessed 13 December 2017].

HONJO, T. & TAKAKURA, T. 1991. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrouning areas. Energy and buildings, 15, 443-446.

HONJO, T. 2009. Thermal Comfort in Outdoor Environment. Global Environmental Research, 13, 43-47.

HONSBERG, C. & BOWDEN, S. 2016. Air Mass [Online]. Available: http://www.pveducation.org/pvcdrom/2-properties-sunlight/air-mass [Accessed 21 September 2016].

HÖPPE, P. 1999. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. International journal of Biometeorology, 43, 71-75.

HÖPPE, P. 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. Energy and Buildings, 34, 661-665.

HOSOI, F. & K.OMASA 2009. Estimating Vertical Leaf Area Density Profiles Of Tree Canopies Using Three-Dimensional Portable Lidar Imaging Laserscanning '09 Paris, France: ISPRS

HOTCHKISS, R. S., HARLOW, F. H., SERVICE, U. S. N. T. I., SNYDER, W. H., LABORATORY, L. A. S., RESEARCH, U. S. E. P. A. O. O. & MONITORING 1973. Air Pollution Transport in Street Canyons, U.S. Environmental Protection Agency.

HUMPHREYS, M. A., ESTABLISHMENT, B. R. & STATION, B. R. 1975. Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied, Building Research Station.

IES 2015. ApacheSim Calculation Methods. Integrated Envirenmental Solutions Limited.

IRAQENA. 2018. Iraqmaps [Online]. Iraqena.com. Available: http://iraqena.com/iraqmap/ [Accessed 23 January 2018].

ITIER, B. & PERRIER, A. 1976. Présentation d'une étude analytique de l'advection. - Advection liée aux variations horizontales de concentration et de températu. Ann. Agron, 27, 11-140.

JAUREGUI, E. 1991. Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. Energy and buildings, 15, 457-463.

JENDRITZKY, G., STAIGER, H., BUCHER, K., GRAETZ, A. & LASCHEWSKI, G. 2005. The Perceived Temperature: The Method of the Deutscher Wetterdienst for the Assessment of Cold Stress and Heat Load for the Human Body. Development of a "Universal Thermal Climate Index" (UTCI). UTCI Universal Thermal Climate Index.

JOHANSSON, E. 2006. Urban Design and Outdoor Thermal Comfort in Warm Climates - Studies in Fez andColombo. Phd, Lund University.

JOHANSSON, E., THORSSON, S., EMMANUEL, R. & KRÜGER, E. 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – The need for standardization. Urban Climate, 10, Part 2, 346-366.

JOHNSON, G. T., OKE, T. R., LYONS, T. J., STEYN, D. G., WATSON, I. D. & VOOGT, J. A. 1991. Simulation of surface urban heat islands under 'IDEAL' conditions at night part 1: Theory and tests against field data. Boundary-Layer Meteorology, 56, 275-294.

KÁNTOR, N. & UNGER, J. 2011. The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment — the mean radiant temperature. Central European Journal of Geosciences, 3, 90-100.

KASTEN, F. & YOUNG, A. T. 1989. Revised optical air mass tables and approximation formula. Applied Optics, 28, 4735-4738.

KATUL, G. 1998. An Investigation of Higher-Order Closure Models for a Forested Canopy. Boundary-Layer Meteorology, 89, 47-74.

KENNEDY, T. W., HUBER, G. A., HARRIGAN, E. T., COMINSKY, R. J., HUGHES, C. S., VON QUINTUS, H. & MOULTHROP, J. S. 1994. Superior performing asphalt pavements (Superpave): The product of the SHRP asphalt research program, Strategic Highway Research Program, National Research Council Washington, DC, USA.

KENNY, N. A., WARLAND, J. S., BROWN, R. D. & GILLESPIE, T. G. 2009. Part A: Assessing the performance of the COMFA outdoor thermal comfort model on subjects performing physical activity. International journal of biometeorology, 53, 415.

KENNY, N. A., WARLAND, J. S., BROWN, R. D. & GILLESPIE, T. G. 2009. Part B: Revisions to the COMFA outdoor thermal comfort model for application to subjects performing physical activity. International journal of biometeorology, 53, 429.

KESSLING, W., ENGELHARDT, M. & KIEHLMANN, D. 2015. The Human Bio-Meteorological Chart. 29th Conference, Sustainable Architecture for the a Renewable Future. Munich, Germany: PLEA.

KOERNIAWAN, M. D. 2016. Effect of Urban Structure on Thermal Comfort And Walking Comfort in Jakarta. Phd, The University of Kitakyushu, Japan.

KOPPEN, W. 2011. The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world. Meteorologische Zeitschrift, 20, 351-360.

KRAYENHOFF, E. S. 2014. A multi-layer urban canopy model for neighbourhoods with trees. Phd, The University Of British Columbia.

KRAYENHOFF, E. S., CHRISTEN, A., MARTILLI, A. & OKE, T. R. 2015. A multi-layer urban canopy model for neighbourhoods with trees. In: IAUC (ed.) ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment Toulouse, France.

KUSAKA, H., KONDO, H., KIKEGAWA, Y. & KIMURA, F. 2001. A Simple Single-Layer Urban Canopy Model For Atmospheric Models: Comparison With Multi-Layer And Slab Models. Boundary-Layer Meteorology, 101, 329-358.

LACOSTE, Y. 2016. OASIS [Online]. Encyclopædia Universalis Available: http://www.universalis.fr/encyclopedie/oasis/ [Accessed 19 March 2016].

LANDSBERG, H. E. 1972. The assessment of human bioclimate. In: WMO (ed.).

LARCHER 1850. Histoire d'hérodote. LIVRE III. THALIE. PARIS: Charpentier

LAROUSSE. 2016. Désert [Online]. Available: http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/d%C3%A9sert/42390 [Accessed 19 January 2017].

LAUE, E. G. 1970. The measurement of solar spectral irradiance at different terrestrial elevations. Solar Energy, 13, 43-57.

LEBOURGEOIS, F. 2010. Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers In: FORESTIÈRE, E. E. (ed.). Nancy, France: UFR Forêts, Arbres et Milieux Naturels.

LEE, S.-H. & PARK, S.-U. 2008. A Vegetated Urban Canopy Model for Meteorological and Environmental Modelling. Boundary-Layer Meteorology, 126, 73-102.

LEHMANN, I., MATHEY, J., RÖßLER, S., BRÄUER, A. & GOLDBERGB, V. 2014. Urban vegetation structure types as a methodological approach fo ridentifying ecosystem services – Application to the analysis of micro-climatic effects. Ecological Indicators, 42, 58-72.

LEMONSU, A., MASSON, V., SHASHUA-BAR, L., ERELL, E. & PEARLMUTTER, D. 2012. Inclusion of vegetation in the Town Energy Balance model for modelling urban green areas. Geosci. Model Dev., 5, 1377-1393.

LI, H., LIAN, Y., WANG, X., MA, W. & ZHAO, L. 2011. Solar constant values for estimating solar radiation. Energy, 36, 1785-1789.

LI, X., YANG, K. & ZHOU, Y. 2016. Progress in the study of oasis-desert interactions. Agricultural and Forest Meteorology, 230-231, 1-7.

LIN, B.-S. & LIN, Y.-J. 2010. Cooling Effect of Shade Trees with Different Characteristics in a Subtropical Urban Park. HortScience, 45, 83-86.

MARCOTULLIO, P. J., SARZYNSKI, A., ALBRECHT, J. & SCHULZ, N. 2014. A Top-Down Regional Assessment of Urban Greenhouse Gas Emissions in Europe. Ambio, 43, 957-968.

MARKUS, T. A. & MORRIS, E. N. 1980. Buildings, Climate, and Energy, California, USA, Pitman Pub.

MARRAS, S., PYLES, R. D., SIRCA, C., PAW U, K. T., SNYDER, R. L., DUCE, P. & SPANO, D. 2011. Evaluation of the Advanced Canopy–Atmosphere–Soil Algorithm (ACASA) model performance over Mediterranean maquis ecosystem. Agricultural and Forest Meteorology, 151, 730-745.

MARTILLI, A. 2002. Numerical Study of Urban Impact on Boundary Layer Structure: Sensitivity to Wind Speed, Urban Morphology, and Rural Soil Moisture. Journal of Applied Meteorology 41, 1242-1266.

MASSENET, J.-Y. 2011. Elements de climatologie. In: JOSEPH, I. S. (ed.). Mesnières-en-Bray, France.

MASSON, V. 2000. A Physically-Based Scheme For The Urban Energy Budget In Atmospheric Models. Boundary-Layer Meteorology, 94, 357-397.

MASSON, V. 2006. Urban surface modeling and the meso-scale impact of cities. Theoretical and Applied Climatology, 84, 35-45.

MASTERTON, J. M., RICHARDSON, F. A. & ATMOSPHERIQUE, C. S. D. L. E. 1979. Humidex: A Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity, by J.M. Masterton and F.A. Richardson, Ministere de l'Environnement.

MATZARAKIS, A., RUTZ, F. & MAYER, H. 1999. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures [Online]. Available: http://www.urbanclimate.net/rayman/description.htm [Accessed July 05 2017].

MAYER, H., MATZARAKIS, A. & IZIOMON, M. 2003. Spatio-temporal variability of moisture conditions within the Urban Canopy Layer. Theoretical and Applied Climatology, 76, 165-179.

MAZHAR, N., BROWN, R. D., KENNY, N. & LENZHOLZER, S. 2015. Thermal comfort of outdoor spaces in Lahore, Pakistan: Lessons for bioclimatic urban design in the context of global imate change. Landscape and Urban Planning, 138, 110-117.

MCGUIRE, R. G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience, 27, 1254-1255.

MEIGS, P. 1952. World Distrubtion of arid and semi-arid homoclimates. In: UNESCO (ed.). Paris.

MEINEL, A. B. & MEINEL, M. P. 1976. Applied solar energy. An introduction, Addison-Wesley Publishing Co.,Reading, MA; None.

MEIR, I. A. 1992. Urban space evolution in the desert—the case of Beer-Sheva. Building and Environment, 27, 1-11.

MELIKOV, A. K. 2010. Indoor Climate Standards Indices, Models, Requirements. Technical University of Denmark: International Centre for Indoor Environment and Energy, Department of Civil Engineering.

MENG, C. 2017. Mitigating the surface urban heat island: Mechanism study and sensitivity analysis. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 53, 327-338.

MERINO, L., ANTALUCA, E., AKINOGLU, B. & BECKERS, B. 2010. Solar Energy Inputs Estimation for Urban Scales Applications. 8th International Conference on System Simulation in Buildings. Liege.

METEOBLUE. 2015. Climate zones [Online]. meteoblue. Available: https://content.meteoblue.com/en/meteoscool/general-climate-zones [Accessed 04 October 2015].

METEONORM 2017. base de donnée météorologique globale. In: METEOTEST, C. (ed.). berne, SUISSE.

MILLS, G. 2006. A Climate-freindly built environment. University college dublin.

MILLS, G. M. & ARNFIELD, A. J. 1993. Simulation of the energy budget of an urban canyon—II. Comparison of model results with measurements. Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere, 27, 171-181.

MILLS, G. M. 1993. Simulation of the energy budget of an urban canyon—I. Model structure and sensitivity test. Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere, 27, 157-170.

MISSOURI_BOTANICAL_GARDEN. 2002. Cold Deserts of the World [Online]. Available: http://www.mbgnet.net/sets/desert/cold.htm [Accessed 06 January 2018].

MOKHTARI, N., MRABET, R., LEBAILLY, P. & BOCK, L. 2013. Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 2, 50-66.

MONTEIRO, L. M. & ALUCCI, M. P. 2009. An outdoor thermal comfort index for the subtropics. Proceeding 26th PLEA.

MYRUP, L. O. 1969. A Numerical model of the urban heat island. Journal of Applied Meteorology, 8, 908-918.

NAG, O. S. 2017. Smog And Its Effects On Environmental Health [Online]. World Atlas. Available: http://www.worldatlas.com/articles/smog-and-its-effects-on-environmental-health.html [Accessed 13 December 2017].

NAJJAR, G., KASTENDEUCH, P. & GRUSSENMEYER, P. 2010. Topographie et climatologie urbaine. Revue XYZ, 123, 33-40.

NATURAL.RESOURCES.AND.ENVIRONMENT.DEPARTMENT. 2017. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements [Online]. FAO. Available: http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0k.htm [Accessed july 08 2017].

NESSON, C., ROUVILLOIS, M. & VALLET, J. 1973. Oasis Du Sahara algérien, Paris, FRANCE, I.G.N.

NICE, C. V. 2011. Meig's Maps of Arid and Semiarid Regions [Online]. The Encyclopedia of Earth. Available: http://www.eoearth.org/view/article/168410/ [Accessed 06 October 2015].

NICE, K. 2016. Development, validation, and demonstration of the VTUF-3D v1.0 urban micro-climate model to support assessments of urban vegetation influences on human thermal comfort. PhD, Monash University.

NICOL, F., WILSON, E., UEBERJAHN-TRITTA, A., NANAYAKKARA, L. & KESSLER, M. Comfort in outdoor spaces in Manchester and Lewes, UK. Proceedings of

conference: Comfort and Energy Use in Buildings-Getting them Right, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 2006.
NIKOLOPOULOU, M. 2011. Outdoor thermal comfort. Frontiers in Bioscience, 3, 1552-1568.
NOILHAN, J. & PLANTON, S. 1989. A Simple Parameterization of Land Surface Processes for Meteorological Models. Monthly Weather Review, 117, 536-549.
NRED. 2017. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements [Online]. Natural Resources and Environment Department: FAO. Available: http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0k.htm [Accessed july 08 2017].
NRM 2012. WSUD Engineering Procedures for Stormwater Management in Tasmania 2012. Australia.
OECD 2014. An Atlas of the Sahara-Sahel. Organisation for Economic Co-operation and Development
OFFERLE, B., GRIMMOND, C. & OKE, T. R. 2003. Parameterization of net all-wave radiation for urban areas. Journal of Applied Meteorology, 42, 1157-1173.
OKE, T. R. 1987. Boundary Layer Climates, Routledge, Great Britain.
OKE, T. R., CROWTHER, J., MCNAUGHTON, K., MONTEITH, J. & GARDINER, B. 1989. The micrometeorology of the urban forest. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 324, 335-349.
OKEIL, A. 2001. Microclimatic effect of a large urban forest on the surrounding thermal environment in cities of the hot arid zone. 7th International Arab Solar Energy Conference. Sharjah, UAE.
OLESON, K. W., BONAN, G. B., FEDDEMA, J., VERTENSTEIN, M. & KLUZEK, E. 2010. Technical description of an urban parameterization for the Community Land Model (CLMU). NCAR, Boulder.
OLGYAY, V. & OLGYAY, A. 1963. Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism: Some chapters based on cooperative research with Aladar Olgyay, Michigan, USA, Princeton University Press.
OLIOSO, A., CHAUKI, H., COURAULT, D. & WIGNERON, J.-P. 1999. Estimation of Evapotranspiration and Photosynthesis by Assimilation of Remote Sensing Data into SVAT Models. Remote Sensing of Environment, 68, 341-356.
OTTO, H. J. 2000. Ecologie Forestière, Dijon, FRANCE, Imp Darantiere.
PANAGOPOULOS, T. 2008. using microcimate landscape design to create thermal confort and energy efficiency. In: ALGARVE, U. D. (ed.) 1 a conferencia sobre edificios eficientes. Rio di Janeiro.
PEARLMUTTER, D. 1998. Street canyon geometry and microclimate: Designing for urban comfort under arid conditions. In: PLEA (ed.) Environmentally Friendly Cities. Lisbon, Portugal.
PEARSON. 2014. Ground area covered by plant Plant [Online]. Pearson Education, Inc. Available: http://slideplayer.com/slide/10373177/ [Accessed 12 January 2018].
PETROPOULOS, G., CARLSON, T. & WOOSTER, M. 2009. An Overview of the Use of the SimSphere Soil Vegetation Atmosphere Transfer (SVAT) Model for the Study of Land-Atmosphere Interactions. Sensors, 9, 4286-4308.
PICOT, X. 2004. Thermal comfort in urban spaces: impact of vegetation growth Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. Energy and Buildings, 36, 329-334.
PONCE, V. M. 2014. The psychrometric constant [Online]. Available: http://ponce.sdsu.edu/psychrometric_constant.html [Accessed 08 july 2017].
POTCHTER, O., GOLDMAN, D., KADISH, D. & ILUZ, D. 2008. The oasis effect in an extremely hot and arid climate: The case of southern Israel. Journal of Arid Environments, 72, 1721-1733.

RADDO. 2015. Les Oasis [Online]. Réseau Associatif de Développement Durable des Oasis. Available: http://www.raddo.org/rubrique15.html?lang=fr&PHPSESSID=ea3ae47299282c880d8c2c66ce4d75f8 [Accessed 10 November 2015].

RASUL, A., BALZTER, H. & SMITH, C. 2015. Spatial variation of the daytime surface urban cool island during the dry season in Erbil, Iraqi Kurdistan, from Landsat 8. Urban Climate, 14, 176-186.

RICHARD, Y. 2006. La ville du xxi siècle: climat, air, végétation et politiques. Université de Bourgogne.

RIDER, N., PHILIP, J. & BRADLEY, E. 1963. The horizontal transport of heat and moisture-a micrometeorological study. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 89, 507-531.

RINGENBACH, N. 2004. Bilan radiatif et flux de chaleur en climatologie urbaine: mesures, modélisation et validation sur Strasbourg. Thèses de doctorat, Université Louis Pasteur.

RIOU, C. 1990. Bioclimatologie des oasis. Options Méditerranéenne, 11, 207-220.

RIZA, D. F. A., GILANI, S. I. U. H. & ARIS, M. S. 2011. Hourly Solar Radiation Estimation Using Ambient Temperature and Relative Humidity Data International Journal of Environmental Science and Development, 2, 188-193.

RIZWAN, A. M., DENNIS, L. Y. C. & LIU, C. 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences, 20, 120-128.

ROBINETTE, G. O. 1972. Plants, People, and Environmental Quality: A Study of Plants and Their Environmental Functions, U.S. Department of the Interior, National Park Service.

ROSENFELD, A. H., AKBARI, H., BRETZ, S., FISHMAN, B. L., KURN, D. M., SAILOR, D. & TAHA, H. 1995. Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. Energy and Buildings, 22, 255-265.

ROWNTREE, R. A. 1986. Ecology of the urban forest - introduction to part II. Urban Ecology, 9, 229-243.

SAILOR, D. J., LU, L. & FAN, H. Estimating urban anthropogenic heating profiles and their implications for heat island development. Fifth Internat. Conf. Urban Climate, Lodz, Poland, 2003. 1-5.

SANGKERTADI, S. & SYAFRINY, R. 2014. New Equation for Estimating Outdoor Thermal Comfort in Humid-Tropical Environment. European Journal of Sustainable Development, 3, 43-52.

SAXENA, M. Microclimate modification: calculating the effect of trees on air temperature. PROCEEDINGS OF THE SOLAR CONFERENCE, 2002. AMERICAN SOLAR ENERGY SOCIETY; AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 591-596.

SCUDO, G. 2002. Thermal comfort. In: RESEARCH), E.-C. E. C. I. T. F. O. S. A. T. (ed.) EU-COST Action C 11 'Greenstructure and Urban Planning'. Milan, Italy.

SETAIH, K., HAMZA, N. & TOWNSHEND, T. 2013. Assesment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas. 13 th conference of international building performence simulation association. Chambéry, France.

SHAFFER, P. 2017. What is Water Sensitive Urban Design (WSUD)? [Online]. CIRIA (construction industry research and information association) Available: https://www.ciria.org/Resources/Free_publications/Water_Sensitive_Urban_Design.aspx [Accessed 13 December 2017].

SHAHIDAN, M. F. & JOHN, P. 2008. Plant canopy design in modifying urban thermal environment: theory and guidlines. In: PLEA (ed.) The 25th conference on passive an low energy architecture. dublin.

SHAHIDAN, M. F., SALLEH, E. & K.M.S, M. 2007. Effects of Tree Canopies on Solar Radiation Filtration In a Tropical Microclimatic Environment. In: PLEA (ed.) The 24th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Singapore.

SHASHUA-BAR, L. & HOFFMAN, M. E. 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy and Buildings, 31, 221-235.

SHASHUA-BAR, L. & HOFFMAN, M. E. 2002. The Green CTTC model for predicting the air temperature in small urban wooded sites. Building and Environment, 37, 1279-1288.

SHASHUA-BAR, L., PEARLMUTTER, D. & ERELL, E. 2009. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. Landscape and Urban Planning, 92, 179-186.

SHASHUA-BAR, L., POTCHTER, O., BITAN, A., BOLTANSKY, D. & YAAKOV, Y. 2010. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. international journal of climatology, 30, 44-57.

SHINZATO, P. & DUARTE, D. 2012. Microclimatic Effect of Vegetation for Different Leaf Area Index - LAI. 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. Lima, Perú: PLEA.

SIGMA, S. 2014. The Process Approach to ISO 9001 [Online]. QualityDigest. Available: https://www.qualitydigest.com/inside/quality-insider-article/process-approach-iso-9001.html [Accessed 06 January 2018].

SILVA, M. C. G. D. 2013. Spreadsheets for the calculation of thermal comfort indices pmv and ppd.

SIPLE, P. A. & PASSEL, C. F. 1945. Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Subfreezing Temperatures. Proceedings of the American Philosophical Society, 89, 177-199.

SMITH, S., SUEGRIMMOND, WARD, H., KOTTHAUS, S., BJÖRKEGREN, A., LINDBERG, F. & JÄRVI, L. 2015. Modelling anthropogenic heat flux in urban climate models: capturing agency. ICUC9. Toulouse, France.

SNIR, K., PEARLMUTTER, D. & ERELL, E. 2013. The Moderating Effect of Desert Ground Cover Plants on Pedestrian Thermal Sensation. 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future. Munich, Germany: PLEA.

SPAGNOLO, J. & DE DEAR, R. 2003. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. Building and Environment, 38, 721-738.

SPANGENBERG, J., SHINZATO, P., JOHANSSON, E. & DURATE, D. 2008. Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of sao paulo. SBAU, 3, 1-19.

STEADMAN, R. G. 1979. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. Journal of applied meteorology, 18, 861-873.

STEADMAN, R. G. 1984. A universal scale of apparent temperature. Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, 1674-1687.

STEWART, H., OWEN, S., DONOVAN, R., MACKENZIE, R., FOWLER, S. & FOWLER, D. 2010. Trees & Sustainable urban air quality. Lancaster university.

SUMMERS, L. H. 2005. Environmental Systems for BuildingsI University of colorado Boulder.

TAREB 2002. Energie dans l'environnement urbain. Archi tect ure Basse Energie. Low Energy Architecture Research Unit.

TERJUNG, W. H. & O'ROURKE, P. A. 1980. Influences of physical structures on urban energy budgets. Boundary-Layer Meteorology, 19, 421-439.

THEURER, W. 1993. Dispersion of ground-level emissions in complex built-up areas. PhD thesis, Doctoral thesis, Department of Architecture, University of Karlsruhe, Germany.

THIEL, V. 2015. Extreme Environments [Online]. Springer International Publishing. Available: http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-9212-1_87 [Accessed 04 October 2015].

THORNTHWAITE, C. W. 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review, 38, 55-94.

TOUTAIN, G., DOLLÉ, V. & FERRY, M. 1989. Situation des systemes oasiens en regions chaudes. les cahiers de la recherche dévelopement, 22, 02-15.

TRIMARCHI, M. 2008. How do trees affect the weather? [Online]. HowStuffWorks. Available: https://science.howstuffworks.com/nature/climate-weather/storms/trees-affect-weather1.htm [Accessed 12 January 2018].

TSUTSUMI, J.-I., ISHII, A. & KATAYAMA, T. 2003. Quantity of plants and its effect on local air temperature in an urban area. In: CLIMATE, I. A. F. U. (ed.) Fifth international conference on urban climate. Lodz, Poland.

UCL. 2017. green loss effect project [Online]. Urban Climate Lab. Available: http://www.urbanclimate.gatech.edu/ [Accessed 13 December 2017].

UPRETI, R. 2017. Urban Hydroclimate of Colorado River Basin. Masters Thesis, ARIZONA STATE UNIVERSITY.

US_EPA 2009. Green Infrastructure in Arid and Semi-Arid Climates. United States Environmental Protection Agency.

USDA. 2017. USDA Plant Hardiness Zone Map [Online]. USA: United States Department of Agriculture. Available: http://planthardiness.ars.usda.gov/PHZMWeb/ [Accessed 06 January 2018].

VAILSHERY, L. S., JAGANMOHAN, M. & NAGENDRA, H. 2013. Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. Urban Forestry & Urban Greening, 12, 408-415.

VAISALA 2013. Humidity Conversion Formulas. Vaisala Oyj

VANOS, J. K. 2011. Modelling outdoor thermal comfort of humans performing physical activity: applications to health and emergency heat stress preparedness. The University of Guelph.

VILJOEN, A. 2001. Estimating asphalt temperatures from air temperatures and basic sky parameters. CSIR Transportek, Pretoria.

VOGT, J. & METZ, B. 1981. Ambiances thermiques. SCHERRER J-Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie. 2e édition. Paris: Editions Masson, 585, 217-63.

WANG, Y., LI, Y. & CHAN, P. W. 2015. The Impact of Urbanization on Moisture Excess in Hong Kong. Energy Procedia, 78, 3061-3065.

WARDOYO, J., SUPRAPTI, A. & WEDININGSIH, H. Vegetation configuration as microclimate control strategy in hot humid tropic urban open space. SENVAR+ ISESE E1-3 December 2008, International seminar in sustainable environment & architecture, 2011.

WEBB, R. H. & WILSHIRE, H. G. 2012. Environmental Effects of Off-Road Vehicles: Impacts and Management in Arid Regions, Springer New York.

WEST, L. 2017. The Causes and Effects of Smog [Online]. ThoughtCo. Available: https://www.thoughtco.com/what-is-smog-causes-and-effects-1204194 [Accessed 13 December 2017].

WILLETT, K. M. 2007. Creation and Analysis of HadCRUH: a New Global Surface Humidity Dataset. PhD, University of East Anglia.

WILLIAMSON, T. J. & ERELL, E. 2001. Thermal performance simulation and the urban microclimate: Measurements and prediction. Seventh International IBPSA Conference. Rio de Janeiro, Brazil.

WILMERS, F. 1991. Effects of vegetation on urban climate and buildings. Energy and Buildings, 15, 507-514.

XUE, S. & XIAO, Y. 2016. Study on the Outdoor Thermal Comfort Threshold of Lingnan Garden in Summer. Procedia Engineering, 169, 422-430.

YAGLOU, C. P. & MINARD, D. 1957. Control of heat casualties at military training centers. A.M.A. archives of industrial health, 16, 302-316.

YAMARTINO, R. J. & WIEGAND, G. 1986. Development and evaluation of simple models for the flow, turbulence and pollutant concentration fields within an urban street canyon. Atmospheric Environment 20, 2137-2156.

YAO, R., LI, B. & LIU, J. 2009. A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). Building and Environment, 44, 2089-2096.

YOSHIDA, S., OOKA, R., MOCHIDA, A., MURAKAMI, S. & TOMINAGA, Y. 2006. Developement of three dimensional plant canopy model for numerical simulation of outdoor thermal environment. In: CLIMATE, I. A. F. U. (ed.) Sixth international conference on urban climate. Göteborg, Sweden.

ZHANG, Z., LV, Y. & PAN, H. 2013. Cooling and humidifying effect of plant communities in subtropical urban parks. Urban Forestry & Urban Greening, 12, 323-329.

Knowledge has a
beginning
but no end

-- Geeta S,Lyengar --