

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

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



جامعة محمد خيضر - بسكرة -
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة المعمارية
المرجع:

رسالة مقدمة لنيل شهادة

دكتوراه علوم الهندسة المعمارية

تخصص هندسة معمارية

بـعـوان:

المجالات الخضراء وتأثيرها الحراري على المناخ المصغر للمناطق السكنية

حالة الدراسة: السكنات الجماعية في مدينة بسكرة

من إعداد:

غـانـمـي فـاتـن

نوقشت في يوم: الإثنين 26 جوان 2023

أعضاء لجنة المناقشة

جامعة بسكرة	رئيسا	أستاذ تعليم عالي	بوزاهر سمية
جامعة بسكرة	مقرا	أستاذ تعليم عالي	زموري نور الدين
جامعة تبسة	ممتحنا	أستاذ محاضر - أ -	أحريز عاطف
جامعة تبسة	ممتحنا	أستاذ محاضر - أ -	فزاعي سفيان

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ " و ما بكم من نعمة فمن الله "

الحمد لله

الحمد لله الذي أتم نعمته علي وأوصلني لما أنا فيه، من دونه لا حول لنا
ولا قوة، سبحانك ربي خالقي ومجيبني في السراء والضراء، اهدني
الصراط المستقيم، صراط الخير والصلاح فيما تزودت به من علم، وفيما
أنا مقدمة عليه، واجعل لعبادك الصالحين بمثله فيما دعوتك به، وحدك
القادر على كل شيء.

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع:

إلى أمي وأبي حفظهما الله وبارك في عطائهما، وأدامهما ذخرا لي

إلى روح أبي الثاني حمزاوي محمد الصغير-رحمه الله وأسكنه فسيح جناته -

وإلى أمي الثانية حفظها الله وأدامها ذخرا لي

إلى كل عائلة غانمي وحمزاوي

وإلى زوجي الغالي، وابنتي العزيزتين "زينة وهبة"

إلى كل من سخرهم الله عز وجل في تكوين ديناً، خُلُقاً، علماً، فكراً،.....

منذ الولادة إلى دنو الأجل

شكر و عرفان

أشكر كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل من قريب أو بعيد، وعلى رأسهم:

- أستاذي ومؤطري، الأستاذ: زموري نور الدين.
- كما أقدم الشكر الكبير للأستاذة: عاطف أحريز، سمية بوزاهر، سفيان فزاعي.
- كما أوجه كل الشكر والعرفان لمخبر الهندسة المعمارية (LACOMOFA)، على الدعم التقني الذي قدمه لنا، وأشكر كذلك كلا من الأستاذة: مزردى توفيق، معطى الله محمد الهادي، محاية شفيق، سخري عادل، مدوكي مصطفى والسيد خلاف ناصر مسئول في مخبر (LACOMOFA).
- كما أقدم شكري الخاص لكل من الأخوات: خليصة هامل، منيات النفوس سكساف، عبدو يمينة، مخلوفي سمية، مريم ماضوي، يمينة قويزي، إيناس عوني، حكيمة نصيرة، سارة خليل، صباح علي إسماعيل، سحر مقري الواجري، ربيعة صولي....
- كما أقدم شكري إلى السيد (شوقي حمزاوي) على سنده ودعمه.
- أشكر الأستاذ (Andreas Matzarakis)، أستاذ في جامعة (Freiburg)، ومدير مركز أبحاث علم الأرصاد الجوية البشرية التابع لخدمة الأرصاد الجوية الألمانية، ومطور للعديد من النماذج والأدوات في علم المناخ التطبيقي وعلم الأرصاد الحيوية من أشهرها تطبيق (RayMan) بمختلف نسخه.

أشكر كل من يستحق الشكر الفعلي وإن لم يكن مذكورا على الورق فهو محفوراً في الذاكرة.

المخلص

إن العلاقة بين المجال الأخضر والمجال الذي يشغله الإنسان كانت محط تركيز بدراسات عديدة ومكثفة منذ أواخر القرن الماضي، أين توصل الباحثون للعديد من العناصر 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 الاقتصادي، الدور الاجتماعي والدور المناخي. هذا الأخير الذي يعتبر هدف دراستنا هذه.

أين كان الهدف العام لهذا العمل وهو تقييم التعديل المناخي الناتج عن الأداء الحراري للمجالات الخضراء في الفضاءات الخارجية العمرانية بالمناخ الحار وهذا بالمرور عبر الأهداف الرئيسية له: أولها كان تقييم قدرات المجال الأخضر على التعديل المناخي في المجالات العمرانية المفتوحة، ثانيها تقييم مدى تأثيرها على مستوى الإحساس بالراحة الحرارية الخارجية، وثالثها الوصول بتوصيات وقواعد تخص كيفية تواجد العنصر النباتي في المناطق السكنية والتي من الممكن أن تسهم في التصميم العمراني المستقبلي للمجالات الخارجية.

وللوصول إلى هذه الأهداف اعتمدنا في هذه الدراسة على طريقتين، الأولى استقصائية، تتوضح في استجواب مستعملي عينات الدراسة في الفترة الحارة من سنة 2018، في مدينة بسكرة، قصد التوصل لمجال الراحة الحرارية المحسوس و الذي يعبر عنه بـ (ATSV)؛ بتحديد مجال درجة الحرارة، الرطوبة النسبية وسرعة الهواء (V, RH, T)، كما هو الحال لجمع أكبر عدد من المستجوبين لدراسة سلوكهم الحراري في كل عينة، واستعمال معطياتهم (النوع، الوزن، السن، الطول، نوع اللباس، النشاط الفيزيائي) كمدخلات لحساب مؤشرات الراحة الحرارية (PET) و (PMV)؛ ومقارنتها مع (ATSV). والطريقة الثانية هي المحاكاة باستخدام نموذج (ENVI-met)، حيث في كل عينة نقترح عدة سيناريوهات تتعلق بكيفية تصميم الغطاء النباتي للعينة، بما يحقق فرضيات البحث، وذلك اعتمادا على استراتيجيين في التصميم البيومناخي للمجالات الخضراء، ألا وهي استراتيجية التبريد بواسطة التظليل والمتمثلة في التركيبات النباتية المسطحة، وإستراتيجية التبريد بواسطة التبخر-النتح والمتمثلة في التركيبات النباتية الكثلية. ومنه الخروج بمؤشر الراحة الحرارية في السيناريو الذي يحقق مجالا من الراحة الحرارية، أو يقاربها.

الكلمات الدلالية: المجالات الخضراء – الراحة الحرارية الخارجية – المناخ العمراني – الفترة الحارة -السكنات الجماعية.

Abstract

The relationship between the green areas and the field occupied by humans has been the focus of numerous and intensive studies since the end of the last century, when researchers concluded many positive points and the important roles of the green field in human life on several levels, such as the aesthetic, visual, symbolic, acoustic, social and climatic aspects. On the urban level, green spaces have many roles, which the researchers classified as: the environmental role, the economic role, the social role and the climatic role. The latter is the focus of our study.

Where was the general objective of this work, which is to evaluate the climate modification resulting from the thermal performance of green areas in urban outdoor spaces in hot climates, and this is by going through its main objectives: the first was to evaluate the capabilities of the green field to modify the climate in open urban spaces, and the second was to assess the extent of its impact on the level of sensation External thermal comfort, and the third is access to recommendations and rules regarding how the plant element should be present in residential areas, which may contribute to the future urban design of external areas.

In order to reach these goals, we relied in this study on two methods, the first is investigative, which is illustrated in the questioning of users of study samples during the hot period of 2018, in the city of Biskra, in order to reach the tangible thermal comfort range, which is expressed by (ATSV); By determining the range of temperature, relative humidity and air velocity (T, RH, V), as is the case for collecting the largest number of respondents to study their thermal behavior in each sample, and using their data (gender, weight, age, height, type of clothing, physical activity) as inputs For calculating the thermal comfort indices (PET) and (PMV); And compare it with (ATSV). The second method is simulation using the (ENVI-met) model, where in each sample we propose several scenarios related to how to design the vegetation cover of the sample, in order to achieve the research hypotheses, based on two strategies in the bioclimatic design of green fields, namely the cooling strategy by shading, which is represented in the compositions flat vegetation and the evaporative-transpiration cooling strategy represented in the mass vegetation structures. One of them is the conclusion of the thermal comfort index in the scenario that achieves a range of thermal comfort, or close to it.

Key words: Green areas –outdoor thermal comfort - urban climate – summer period – collective housing.

الفهرس

I	..... الحمد لله
II	..... إهداء
III	..... شكر و عرفان
IV	..... الملخص
VI	..... الفهرس
VI	..... قائمة الأشكال

الفصل التمهيدي

02	..... مقدمة
05	..... الإشكالية
08	..... الفرضيات
08	..... الأهداف العلمية من البحث
09	..... التحليل المفاهيمي
09	..... منهجية البحث
12	..... محتوى البحث
14	..... هيكلية البحث

الفصل الأول: المجالات الخضراء في النطاق العمراني

16	..... مقدمة
16	..... 1. مفهوم المجالات الخضراء
17	..... 2. تعدد أنماط وأنواع المجالات الخضراء في الوسط العمراني
17	..... 1.2 أنماط المجالات الخضراء في الوسط العمراني
18	..... 2.2 أنواع المجالات الخضراء في الوسط العمراني
20	..... 3. مكونات المجالات الخضراء العمرانية
20	..... 1.3 العناصر النباتية
23	..... 2.3 العناصر البنائية
25	..... 4. أسس تصميم المجالات الخضراء العامة

27	..... أشكال ومفهوم المجالات الخضراء في المناطق السكنية	5.
29	..... التصميم البيومناخي للمجالات الخضراء	6.
31	..... 1.6 الخصائص النباتية المتكيفة في المناخ العمراني	
33	..... 7. الوظائف المناخية للمجالات الخضراء داخل الوسط العمراني	
35	..... 1.7 التأثير في الأشعة الشمسية	
35	..... 2.7 التأثير في الرياح وحركة الهواء	
36	..... 3.7 تأثير الغطاء النباتي على درجة الحرارة والرطوبة	
37	..... 4.7 تأثيره على تغيير حرارة الأسطح	
38	..... 8. خصائص الغطاء النباتي للمجالات الخضراء	
38	..... 1.8 تركيبة الغطاء النباتي العمراني	
39	..... 2.8 الخصائص النباتية للغطاء الأخضر	
40	..... 3.8 الخصائص الفيزيائية للغطاء النباتي في المجالات الخضراء	
41	..... الخلاصة	

الفصل الثاني: المناخ العمراني

43	..... مقدمة	
43	..... 1. مفهوم المناخ العمراني	1.
43	..... 1.1 خصائص المناخ العمراني	
44	..... 2.1 مستويات وطبقات المناخ العمراني	
46	..... 2. مكونات المناخ العمراني	2.
49	..... 3. طبيعة العناصر المناخية في المجال العمراني	3.
50	..... 1.3. درجة حرارة الهواء	
50	..... 2.3 حركة الهواء داخل المجال العمراني	
51	..... 3.3. الرطوبة في المجال العمراني	
52	..... 4. الظواهر المناخية الناتجة عن التحضر	4.
52	..... 1.4. الجزيرة العمرانية الحارة (Urban Heat Island)	
52	..... 2.4. الجزيرة العمرانية الباردة (Urban Cool Island)	
53	..... 3.4. الجزيرة الحدائقية الباردة (Park Cool Island)	
54	..... 4.4. الجزيرة العمرانية الرطبة (Urban Wet Island)	

55	..... (Urban Moisture Excess) الرطوبة العمرانية المفرطة
56	..... (Smog Phenomenon) ظاهرة الضباب الدخاني
56	..... (Acid Rains) ظاهرة الأمطار الحامضية
57	..... (Urban Green House) ظاهرة الدفيئة العمرانية
57	..... 5. استراتيجيات إعادة توازن المناخ العمراني
58	..... 1.5. استراتيجية (Brown)
59	..... 2.5. استراتيجية (Setaih)
61	..... 3.5. استراتيجية المناطق البيومناخية
63	..... 4.5. استراتيجية (Water Sensitive Urban Design)
64	..... 5.5. استراتيجية التصميم العمراني الحساس للمناخ (Climate Sensitive Urban Design) ...
66	..... الخلاصة

الفصل الثالث: الراحة الحرارية الخارجية

68	..... مقدمة
68	..... 1. مفهوم الراحة الحرارية
68	..... 2. الاتزان الحراري لجسم الإنسان
69	..... 3. نطاق الراحة الحرارية
71	..... 4. الراحة الحرارية في المجالات الخارجية
72	..... 1.4 العناصر المحددة للراحة الحرارية
75	..... 5. مؤشرات الراحة الحرارية الخارجية
76	..... 1.5 المؤشرات البسيطة للراحة الحرارية
81	..... 2.5 المؤشرات المركبة للراحة الحرارية
86	..... الخلاصة

الفصل الرابع: المجالات السكنية

88	..... مقدمة
88	..... 1. مفهوم السكن
88	..... 2. مفهوم أشكال السكن
89	..... 1.2 مفهوم الأحياء السكنية الجماعية
89	..... 3. تاريخ ظهور السكن الجماعي

90	1.3 السكنات الجماعية
90	2.3 هيكله المناطق السكنية الجماعية
91	4. أشكال تجميع السكنات الجماعية
92	5. تأثير التشكيل العمراني للسكنات على العناصر المناخية
92	1.5 التشكيل المعماري للبيئة المبنية
92	1.1.5 الوادي العمراني
96	2.5 حد الخضونة العمرانية
97	3.5 الرياح في المناطق السكنية
98	1.3.5 أنماط تدفقات الرياح حول المباني
102	4.5 مواد البناء وأسطحها في المجال العمراني
103	5.5 طبيعة سطح الأرضية في المجال العمراني
104	6.5 تشكيل المجال المبني وتأثير مفعول التظليل
107	الخلاصة

الفصل الخامس: دراسات ومراجعات أدبية

109	مقدمة
109	1. دراسات حول تأثير الغطاء النباتي على الراحة الحرارية في المجال العمراني
116	2. دراسات ومراجعات أدبية حول مدى دقة نمودجي (ENVI-met) و(RayMan):
126	3. دراسات ومراجعات أدبية حول دقة مؤشر (PET) في الراحة الحرارية الخارجية
127	الخلاصة

الفصل السادس: التعريف بعينات الدراسة وتحديد سيناريوهات المحاكاة

130	مقدمة
130	1. التعريف بمنطقة الدراسة
131	2. الخصائص التضاريسية لمدينة بسكرة
131	3. الخصائص العمرانية لمدينة بسكرة
131	1.3 دراسة مناخية لمدينة بسكرة
132	2.3 مؤشر المناخ الحيوي EMBERGER
133	3.3 مؤشر MARTONNE
134	4. استخراج عينات الدراسة

134	..... 1.4 إحصاء وتصنيف السكنات الجماعية في مدينة بسكرة
137	..... 2.4 انتقاء العينات
138	..... 5. منهجية الدراسة التجريبية
139	..... 6. تصميم سيناريوهات المحاكاة
140	..... 1.6 قواعد تصميم سيناريوهات العينات
143	..... 7. برنامج المحاكاة الحاسوبية
144	..... 1.7 مدى ملائمة ENVI-met للدراسة
145	..... الخلاصة

الدراسة التجريبية على العينات

الفصل السابع: العينة 1

148	..... مقدمة
148	..... 1. دراسة العينة 1
148	..... - الموقع
148	..... - مكونات العينة وشكلها
148	..... - المحيط القريب بالحي
149	..... - التركيبة والأنواع النباتية المتواجدة في العينة
150	..... 2. نتائج الاستبيان المجرى مع مستعملي مجال العينة 1
151	..... - النتائج الإحصائية لتصويت الإحساس الحراري الآني (ATSV)
150	..... 3. التحليل السلوكي لمستعملي مجال العينة
155	..... 4. التحليل التجريبي للمحاكاة
155	..... - إثبات صحة نتائج نموذج (ENVI-met)
156	..... 5. تصميم سيناريوهات العينة
158	..... 6. التعريف بالتركيبة النباتية لكل سيناريو من الحالات المقترحة للمحاكاة
162	..... 7. دراسة مقارنة لسيناريوهات (A,B,C,D,E,F,G) في العينة (1)
162	..... 1.7 درجة حرارة الهواء (T)
163	..... 2.7 ظاهرة الدفيئة العمرانية في سيناريوهات العينة
164	..... 3.7 متوسط درجة الحرارة المشعة MRT
165	..... 4.7 الرطوبة النسبية RH

166	..... 5.7 حركة وسرعة الهواء (V)
168	..... 6.7 دراسة معامل عرض السماء (Sky View Factor)
169	..... 7.7 دراسة مؤشر الظلال (shadow flag)
170	..... 8. دراسة الراحة الحرارية لمستعملي مجال العينة
172	..... 9. المناقشة
173	..... الخلاصة

الفصل الثامن: العينة 2

176	..... مقدمة
176	..... 1. دراسة العينة 2
176	..... - الموقع
176	..... - المحيط القريب بالحي
177	..... - مكوناته وشكله
177	..... - التركيبية والأنواع النباتية المتواجدة في العينة
178	..... 2. نتائج الاستبيان المجرى مع مستعملي مجال العينة 1
178	..... 1.2 النتائج الإحصائية لتصويت الإحساس الحراري الأني (ATSV)
179	..... 2.2 مقارنة (ATSV) مع (PMV) للمستجوبين
180	..... 3. التحليل السلوكي لمستعملي مجال العينة
182	..... 4. التحليل التجريبي للمحاكاة
182	..... - إثبات صحة نتائج نموذج (ENVI-met)
183	..... 5. تصميم سيناريوهات العينة
185	..... 6. التعريف بالتركيبية النباتية لكل سيناريو من الحالات المقترحة للمحاكاة
188	..... 7. دراسة مقارنة لسيناريوهات (A,B,C,D,E,F,G) في العينة (2)
188	..... 1.7 درجة حرارة الهواء
189	..... 2.7 ظاهرة الدفيئة العمرانية في سيناريوهات العينة
190	..... 3.7 متوسط درجة الحرارة المشعة MRT
191	..... 4.7 الرطوبة النسبية RH
192	..... 5.7 حركة وسرعة الهواء (V)
194	..... 6.7 دراسة معامل عرض السماء (Sky View Factor)

194	..... 7.7 دراسة مؤشر الظلال (shadow flag)
195	..... 8. دراسة الراحة الحرارية لمستعملي مجال العينة
197	..... 9. المناقشة
199	..... الخلاصة

الفصل التاسع: العينة 3

202	..... مقدمة
202	..... 1. دراسة العينة 3
202	..... - التعريف بالعينة 3
203	..... - التركيبة النباتية للعينة
203	..... 2. نتائج الاستبيان المجرى مع مستعملي مجال العينة 3
203	..... 1.2 النتائج الإحصائية لتصويت الإحساس الحراري الأني (ATSV)
207	..... 3. التحليل التجريبي للمحاكاة
207	..... - إثبات صحة نتائج نموذج (ENVI-met)
208	..... 4. تصميم سيناريوهات العينة
210	..... 5. التعريف بالتركيبة النباتية لكل سيناريو مقترح للمحاكاة
213	..... 6. مقارنة بين نتائج مختلف السيناريوهات للعينة 3
213	..... 1.6 درجة حرارة الهواء
214	..... 2.6 ظاهرة الدفينة العمرانية في سيناريوهات العينة
215	..... 3.6 متوسط درجة الحرارة الإشعاعية والرطوبة النسبية
216	..... 4.6 حركة وسرعة الهواء (V)
218	..... 5.6 دراسة معامل عرض السماء (Sky View Factor)
219	..... 6.6 دراسة مؤشر الظلال (shadow flag)
220	..... 7. دراسة الراحة الحرارية لمستعملي مجال العينة
222	..... 8. المناقشة
224	..... الخلاصة

النتائج الشاملة للعينات

227	..... 1. تقييم الأداء الحراري لأفضل السيناريوهات في كل عينة
228	..... 2. الخصائص العمرانية للعينات
229	..... 3. الخصائص النباتية لأفضل التركيبات النباتية في جميع العينات

الخلاصة العامة

234	..... المقدمة
235	..... النتائج المتوصل إليها
236	..... تحقيق الأهداف العلمية من البحث
237	..... التوصيات
237	..... حدود البحث
237	..... الصعوبات التي صادفتنا في البحث
238	..... آفاق مستقبلية

المراجع

239 المراجع
-----	---------------

الصفحة

قائمة الأشكال

الفصل التمهيدي

7	الجدول 0-1: يبين تناقص مساحة غابات النخيل أمام المحيط الحضري في مدينة بسكرة، المصدر: غانمي، ف، 2007
9	الجدول 0-2: التحليل المفاهيمي لمفاهيم البحث الأساسية.
2	الشكل 0-1: تزايد ارتفاع درجة الحرارة العالمية من مرحلة ما بعد الصناعة، المصدر: WMO، 2020
4	الشكل 0-2: أهم فوائد وأدوار الغطاء النباتي والمجالات الخضراء، المصدر: (Hewitt, 2008)
6	الشكل 0-3: أ) الفرق في درجة حرارة الهواء بين داخل الوسط العمراني وخارجه
6	الشكل 0-3: ب) الفرق في الرطوبة النسبية بين داخل الوسط العمراني وخارجه.
6	الشكل 0-3: ج) الفرق في سرعة الرياح بين داخل الوسط العمراني وخارجه
7	الشكل 0-4: أنماط النسيج العمرانية الموجودة في مدينة بسكرة، المصدر: (Hamel, 2005)
8	الشكل 0-5: يمثل تغيرات درجة الحرارة المتوسطة كل 10 سنوات في مدينة بسكرة، المصدر: غانمي، ف، 2007.
8	الشكل 0-6: مقارنة في درجة الحرارة المتوسطة؛ للسنوات 1980، 1990، 2000، 2010، 2020
11	الشكل 0-7: منهجية العملية النظرية لدراسة عينات البحث
14	الشكل 0-8: الهيكل العام للبحث

الفصل الأول

19	الجدول 1-1: أنواع المجالات الخضراء العامة المتخصصة، المصدر: غانمي 2007 بالتصرف
20	الجدول 1-2: يوضح نمطية أشكال الأشجار و الشجيرات، المصدر: الباحث بتصرف عن طارق محمود القيعي، 1995
25	الجدول 1-3: أنواع عناصر الأثاث العمراني في المجالات الخضراء العامة
27	الجدول 1-4: يمثل أهم المبادئ التصميمية للمجالات الخضراء
28	الجدول 1-5: أنواع المجالات الخضراء على مستوى التجمعات السكنية

- الجدول 6-1: تأثير معايير التصميم الحضري على المناخ العمراني 31
- الجدول 7-1: أجزاء ووظائف الأشجار في المجالات المفتوحة 33
- الجدول 8-1: النطاق الذي تحدث فيه التأثيرات المناخية الرئيسية للمساحات الخضراء الحضرية 33
- الشكل 1-1: يمثل تصنيف المجالات الخضراء في الوسط العمراني، المصدر: غانمي، ف، 2007 20
- الشكل 2-1: الخصائص والعناصر المتكاملة في التصميم البيومناخي للمجالات الخضراء العمرانية 30
- الشكل 3-1: رسم تخطيطي يوضح العملية الكاملة لتعديل مكونات المناخ المحلي الأربعة 34
- الشكل 4-1: امتصاص الأوراق وانتقالها وانعكاسها 35
- الشكل 5-1: (أ) تأثير حركة طبقات الهواء حسب تصميم الأشجار والشجيرات 36
- الشكل 5-1: (ب) يمكن أن تزيد التضاريس من الرياح أو تغير اتجاهها 36
- الشكل 5-1: (ج) وظيفة الأشجار والشجيرات في تقليل وتوجيه وتحويل الرياح 36
- الشكل 5-1: (د) تأثير الرياح على التبريد عن طريق التبخر 36
- الشكل 6-1: خفض درجة الحرارة في كتلة هوائية 37
- الشكل 7-1: منحني يمثل ترابط مؤشر كثافة الغطاء النباتي مع مؤشر درجة حرارة سطح الأرض (LST)، بما فيها مؤشر التربة العارية، مؤشر كثافة البناء، ومؤشر الماء والظلال؛ في سنة 2014؛ في مدينة (Bandung) في أندونيسيا 37
- الشكل 8-1: الأنواع النباتية لكل تصنيف طبقي 38
- الشكل 9-1: تصميم قياس مؤشر مساحة الورقة (LAI) 39
- الشكل 10-1: الطريقة غير المباشرة لتقييم (LAI) عن طريق قياس كمية الإشعاع الشمسي 39
- الشكل 11-1: صورة عين السمكة لحساب GLF لغطاء نباتي 40
- الشكل 12-1: مقارنة بين كيفية حساب GCR و GLF هندسيا 40
- الصورة 1-1: شارع مشجر بنباتات مشكلة بالقص في محافظة الحريق، السعودية 17
- الصورة 2-1: شارع مشجر بنباتات مشكلة بالقص في محافظة الحريق، السعودية 17
- الصورة 3-1: حديقة مجمع سكني بمدينة تروندهايم النرويجية 18
- الصورة 4-1: حديقة سكوار لمسكن فردية 18
- الصورة 5-1: منتزه مركزي في مدينة نيويورك 18
- الصورة 6-1 و 7-1: مثال عن سياج نباتي تزييني على النمط الصيني وسياج مانع 21
- الصورة 8-1: مثال على المتسلقات المزهرة بغرض تزيين المسكن 22
- الصورة 9-1: مغطيات التربة مزهرة من نوع جازانيا يونفلورا 22
- الصورة 10-1: المسطح الأخضر وتناسقه مع العناصر الأخرى للحديقة 23
- الصورة 11-1: مدخل حديقة الحيوان برونكس في نيويورك 23

الفصل الثاني

- الجدول 2-1: حدود كلى مستوى مناخي؛ ودرجات تأثيره العمراني 45
- الجدول 2-2: مفهوم المناطق المناخية الحيوية: مصفوفة القرارات والآثار 62
- الشكل 2-1: العمليات الرئيسية المؤدية إلى جزيرة الحرارة العمرانية 44
- الشكل 2-2: جزء تمثيلي من الغلاف الجوي العمراني، يوضح تطور طبقة الحدود العمرانية (UBL) بالنسبة لطبقة المظلة العمرانية (UCL) 46
- الشكل 2-3: الميزانية الطاقوية في المجال العمراني 47
- الشكل 2-4: تأثيرات هندسة السطح العمراني على تغلغل وامتصاص وانعكاس الإشعاع الشمسي، وعلى انبعاث الإشعاع طويل الموجة 49
- الشكل 2-5: أهم العوامل التي تؤثر على المناخ العمراني 50
- الشكل 2-6: الانتقال من تأثير حركة الرياح على مستوى الارصادي إلى تأثيرها على المستوى المصغر 51
- الشكل 2-7: التقسيم العامودي لمختلف طبقات حركة الهواء في الوسط العمراني 51
- الشكل 2-8: التغيرات في درجات الحرارة السطحية والجوية من المنطقة الريفية إلى مركز المجال 52

العمراني

- 53 الشكل 2-9: مقارنة البيانات المرصودة حول درجة حرارة الهواء اليومية في المجال العمراني والريفي (هونغ كونغ) والبيانات المحسوبة باستخدام نموذج درجة حرارة الهواء العمراني المجمع
- 54 الشكل 2-10: مقارنة درجة الحرارة الفيسيولوجية المكافئة PET بين سيناريو الحالة الأصلية وسيناريو الغطاء النباتي في تولوز
- 55 الشكل 2-11: تأثير مفعول رطوبة الواحة في المجال العمراني على محيطه المجاور
- 55 الشكل 2-12: رسم توضيحي لنموذج يقارن الرطوبة بدرجات الحرارة العمرانية
- 56 الشكل 2-13: رسم توضيحي لدورة الأمطار الحمضية وأسبابها
- 57 الشكل 2-14: تركيز الغلاف الجوي من الغازات الدفيئة منذ 2000 سنة مضت، تعزى الزيادات منذ حوالي سنة 1750 إلى الأنشطة البشرية في العصر الصناعي
- 59 الشكل 2-15: مصفوفة تبين استراتيجيات (Brown) في تعديل المناخ العمراني
- 61 الشكل 2-16: وسائل استراتيجية (Setaih) في تعديل المناخ العمراني في الأقاليم الحارة
- 62 الشكل 2-17: توضيح مفهوم المناطق المناخية الحيوية لصحاري نصف الكرة الشمالي بافتراض الرياح السائدة في الشمال والجنوب
- 63 الشكل 2-18: أهداف استراتيجية WSUD
- 65 الشكل 2-19: يمثل عناصر (WSUD) على نطاق مصغر، إلى جانب استخدام وسائل (CSUD) مما يؤدي إلى التبريد على المستوى المحلي، وتحسين الراحة الحرارية

الفصل الثالث

- 70 الجدول 3-1: أهم الدراسات التي أنجزت لتحديد نطاق الراحة الحرارية
- 74 الجدول 3-2: معدل إنتاج الحرارة نتيجة للتفاعل الحيوي
- 74 الجدول 3-3: معامل العزل الحراري ونسبة التغطية لمجموعة من الملابس
- 77 الجدول 3-4: السلم الحراري لمؤشر (*ET)
- 78 الجدول 3-5: السلم الحراري لمؤشر (WBGT)
- 80 الجدول 3-6: السلم الحراري لمؤشر درجة الحرارة المكافئة
- 83 الجدول 3-7: نطاقات (PET) لدرجات مختلفة من الإدراك الحراري للإنسان والضغط الفسيولوجي على البشر؛ إنتاج الحرارة الداخلية: 80 واط، مقاومة انتقال الحرارة للملابس: 0.9 كلو
- 85 الجدول 3-8: سلم مؤشر PMV مع الإدراك الحراري
- 69 الشكل 3-1: درجة حرارة الأنسجة الداخلية لجسم الإنسان وعلاقتها بدرجة حرارة المناخ المحيط
- 71 الشكل 3-2: الرسم البياني للرطوبة النسبية (RH) / درجة الحرارة (T) بناءً على منطقة الراحة وفقاً لـ ASHRAE 55-1992
- 75 الشكل 3-3: العناصر المؤثرة على الراحة الحرارية الخارجية عند الإنسان
- 76 الشكل 3-4: مخطط مؤشر درجة الحرارة الفعالة
- 77 الشكل 3-5: مخطط مؤشر درجة الحرارة الفعالة الجديدة
- 78 الشكل 3-6: جهاز مراقبة درجة حرارة البصيلة الرطبة الكروية (WBGT) لقياس الحرارة البيئية
- 79 الشكل 3-7: تظهر مطابقة درجة حرارة الهواء (الأعمدة) مع سرعة الرياح (الصفوف) مكافئ برودة الرياح والوقت التقريبي لقضمة الصقيع
- 80 الشكل 3-8: قيم (Humidex) حسب درجة الحرارة والرطوبة النسبية
- 82 الشكل 3-9: درجة الحرارة القياسية الفعالة ومناطق الراحة حسب ASHRAE
- 84 الشكل 3-10: مكونات ميزان الحرارة البشري
- 85 الشكل 3-11: مفهوم UTCI كمقياس درجة حرارة مكافئ مصنف مشتق من الاستجابة الديناميكية لنموذج فسيولوجي حراري مقترن بنموذج ملابس سلوكي
- 86 الشكل 3-12: العلاقة بين متوسط التصويت المتوقع (PMV) ونسبة عدم الرضا المتوقعة (PPD)

الفصل الرابع

- الجدول 4-1: مكونات وحدة حي كاملة بنسبها المئوية 91
- الجدول 4-2: تصنيف طبيعة الأرضيات على أساس طول الخشونة 97
- الشكل 4-1: صورة لـ (HLM) ديار المحصول 89
- الشكل 4-2: أمثلة على التشكيل المستمر في السكن الجماعي 91
- الشكل 4-3: أمثلة على التشكيل المتقطع في السكن الجماعي 92
- الشكل 4-4: أمثلة على التشكيل المستمر والمتقطع في السكن الجماعي 92
- الشكل 4-5: رسم تخطيطي لوادي عمراني متناظر الأحاديد ومنحنى بين علاقة عامل عرض السماء (SVF) كدالة لنسبة أبعاد الوادي (H / W) 93
- الشكل 4-6: المعلمات الهندسية لحساب SVF من نقطة على الأرض في مساحة من نوع المجال الخطي المحاط من جانب واحد 94
- الشكل 4-7: المعلمات الهندسية لحساب SVF عند النقطة المركزية لمساحة دائرية 94
- الشكل 4-8: المعلمات الهندسية لحساب SVF عند النقطة المركزية لمجال مستطيل 95
- الشكل 4-9: أمثلة لتقدير SVF العمراني باستخدام نماذج ثلاثية الأبعاد مع برنامج تحليل نظام المعلومات الجغرافية (GIS) 95
- الشكل 4-10: صورة لعدسة عين السمكة متجهة لأعلى لتقدير SVF في منطقة عمرانية 95
- الشكل 4-11: توقع سرعة الرياح في الشارع بحسب قيم نسبة الإنسداد (R_b) 98
- الشكل 4-12: نمط تدفق الهواء حول مبنى مرتفع من الألواح 98
- الشكل 4-13: رسم تخطيطي يوضح نمطاً نموذجياً لتدفق الهواء فوق مبنى معزول، كما هو موضح في شكل خطوط انسيابية (أعلى) ومناطق تدفق عامة (أسفل) 99
- الشكل 4-14: نمط التدفق حول مبنى ذي حواف حادة 99
- الشكل 4-15: نمط التدفق في اتاه الوادي العمراني وعكسه 99
- الشكل 4-16: نمط التدفق حول منطقة عمرانية 100
- الشكل 4-17: نظم التدفق المرتبطة بتشكيلات عمرانية مختلفة 100
- الشكل 4-18: انسياب حول مبنى مرتفع مع مبانٍ منخفضة عكس اتجاه الريح 101
- الشكل 4-19: تدفق الهواء في المباني المرفوعة على أعمدة أم ذات الممرات 101
- الشكل 4-20: التمثيل البياني للتأثيرات الديناميكية الهوائية في البيئة العمرانية 102
- الشكل 4-21: (أ) تأثير تغير البياض على درجات حرارة التربة القريبة من السطح (10 ملم). بيانات من قطع الأراضي ذات اللون الأبيض والأسود والتحكم (عشب قصير فوق طمي رملي ناعم) في 16 يوليو 1964 في Ontario (43، Hamilton) درجة شمالاً 103
- الشكل 4-21: (ب) مقارنة بين المواد ذات البياض المرتفع والمنخفض 103
- الشكل 4-22: جدول يمثل البياض والانبعائية لبعض مواد البناء 103
- الشكل 4-23: دور شكل السطح في التبادل الإشعاعي، مقارنة بين الأسطح الأفقية والمعقدة (عن طريق التلال والأحاديد) 104
- الشكل 4-24: تظليل مباني الحي في 21 ديسمبر بناءً على زاوية خط الارتداد 45 درجة 105
- الشكل 4-25: تظليل مباني الحي في 21 يونيو على أساس زاوية خط الارتداد 45 درجة 105
- الشكل 4-26: تأثير التوجيه بالدوران على مساحة التظليل في المجال العمراني 105
- الشكل 4-27: تأثير التشكيل العمراني على ساعات التظليل (ShH) على درجة حرارة الهواء (Ta) ودرجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة (PET) 107

الفصل الخامس

- الجدول 5-1: ملخص دراسة (et al., 2022 Shahfahad) 110
- الجدول 5-2: ملخص دراسة (Song, 2019 & Li) 112
- الجدول 5-3: ملخص دراسة (al., 2018 Sodoudi et) 114
- الجدول 5-4: ملخص دراسة (الجوادي & البياتي, 2014) 116
- الجدول 5-5: ملخص المراجعة الأدبية (Tsoka et al., 2018) 119

- 121 الجدول 5-6: ملخص المراجعة الأدبية (Égerhazi et al., 2014)
- 122 الجدول 5-7: المزايا والعيوب الرئيسية لنموذجي ENVI-met و RayMan، المصدر: (Égerhazi et al., 2014)
- 123 الجدول 5-8: ملخص دراسة (al., 2012 Hien et)
- 125 الجدول 5-9: ملخص دراسة (Sharples, 2019 & Ayyad)
- 112 الشكل 5-1: خرائط توزيع كلا من T_{air} ، RH، MRT و PMV لمختلف السيناريوهات على الساعة 15، المصدر: (Song, 2019 & Li)
- 114 الشكل 5-2: خرائط توزيع T_{air} لمختلف تشكيلات الغطاء النباتي، المصدر: (Sodoudi et al., 2018)
- 116 الشكل 5-3: قياسات دورية لدرجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، وسرعة الهواء فوق الرصيف في حالتها التظليل (بالأشجار أو الكتل البنائية)، المصدر: (الجوادي & البياتي، 2014)
- 120 الشكل 5-4: (a) عدد الدراسات التي تستخدم نموذج المناخ المحلي ENVI-met من 1998 إلى 2017 (المنشورات سنويًا) (b) نوع النشر، (c) توزيع دراسات ENVI- حسب المنطقة الجغرافية و (d) توزيع دراسات ENVI-met وفقًا لتصنيف مناخ (Köppen)
- 124 الشكل 5-5: أهم نتائج دراسة (al., 2012 Hien et)

الفصل السادس

- 136 الجدول 6-1: إحصاء السكنات الجماعية بحسب تشكيلها العمراني وتموقعها في مدينة بسكرة
- 137 الجدول 6-2: اختيار العينات التمثيلية بحسب المعايير
- 138 الجدول 6-3: خصائص أدوات القياس (TESTO 480)
- 139 الجدول 6-4: جدول نمطي لأخذ القياسات اثناء استجواب مستعملي العينة
- 140 الجدول 6-5: استراتيجيات تحديد سيناريوهات العينة
- 130 الشكل 6-1: تحديد موقع مدينة بسكرة
- 131 الشكل 6-2: خارطة ومقاطع طبوغرافية لمرتفعات مدينة بسكرة
- 132 الشكل 6-3: (أ) متوسط درجة حرارة القصوى والدنيا لكل شهر، على مدى 20 سنة، في مدينة بسكرة، الشكل 6-3: (ب) متوسط درجة الحرارة الساعي، مشفرة بالألوان إلى نطاقات. تشير التراكبات المظلمة إلى فترة الليل.
- 132 الشكل 6-3: (ج) متوسط درجة الحرارة والتساقط لكل شهر (1880-2018)
- 133 الشكل 6-4: مؤشر المناخ الحيوي EMBERGER
- 134 الشكل 6-5: يبين درجة الحرارة المتوسطة، متوسط درجة الحرارة الدنيا، متوسط درجة الحرارة القصوى، التساقط، الرطوبة النسبية، عدد أيام التساقط، ساعات التشميس في مدينة بسكرة من 1991 إلى 2021
- 137 الشكل 6-6: مواقع العينات المختارة في مدينة بسكرة
- 141 الشكل 6-7: حالات تصميم الغطاء النباتي في التشكيل الشريطي
- 142 الشكل 6-8: حالات تصميم الغطاء النباتي في تشكيل مستطيل بقضبان منفصلة
- 143 الشكل 6-9: حالات تصميم الغطاء النباتي في تشكيل بحرف U قضبان مستمرة

الفصل السابع

- 149 الجدول 7-1: معلومات حول العينة 1
- 149 الجدول 7-2: إحصاء الأنواع النباتية الموجودة في العينة
- 150 الجدول 7-3: الأنواع النباتية الموجودة في العينة 1
- 151 الجدول 7-4: حدود الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل شهر قياس
- 155 الجدول 7-5: إحصاء سلوكيات مستعملي مجال العينة 1 في الفترة الحارة
- 156 الجدول 7-6: مقارنة بين T المحاكاة (المتوقعة) وبين T المقاسة في مجال العينة عين طريق (-ENVI met)
- 157 الجدول 7-7: نتائج الاستبيان المتعلق باحتياجات المستعمل في مجال العينة

158	الجدول 7-8: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة A
159	الجدول 7-9: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة C
159	الجدول 7-10: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة D
160	الجدول 7-11: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة E
161	الجدول 7-12: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة F
161	الجدول 7-13: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة G
162	الجدول 7-14: نسب مساحة الغطاء النباتي وقيم (LAD) لكل سيناريو
170	الجدول 7-15: القيم المتوسطة لمعطيات المستجوبين في العينة 1
148	الشكل 7-1: تعيين موقع حي البدر (HLM)
149	الشكل 7-2: يمثل خارطة توضع الأنواع النباتية المتواجدة في العينة
151	الشكل 7-3: نسبة المستجوبين الذين يعبرون عن إحساسهم بالراحة الحرارية في مجال العينة
152	الشكل 7-4: خارطة سلوك لموقع المستجوبين؛ في كل شهر قياس
153	الشكل 7-5: مقارنة بين (PMV) و (ATSV) في كل شهر تمت فيه القياسات
154	الشكل 7-6: تغيير سلوك مستعملي مجال العينة في كل شهر قياس
155	الشكل 7-7: مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة والقيم المحاكاة، في نقاط محددة من العينة
157	الشكل 7-8: الخارطة السلوكية لمستعملي العينة 1 خلال الفترة الحارة
158	الشكل 7-9: الأنواع النباتية المستعملة في تصميم سيناريوهات العينة
159	الشكل 7-10: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو C
160	الشكل 7-11: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو D للعينة
160	الشكل 7-12: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو E للعينة
161	الشكل 7-13: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو F للعينة
162	الشكل 7-14: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو G للعينة
163	الشكل 7-15: القيم المتوسطة لـ (T) والفارق (ΔT) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 14 يوليو
163	الشكل 7-16: مقارنة القيم المتوسطة لـ (T) لسيناريوهات العينة مع درجة حرارة الهواء لمحطة الارصاد الجوية
164	الشكل 7-17: القيم المتوسطة لـ (MRT) و (ΔMRT) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 14 يوليو
165	الشكل 7-18: الخرائط الحرارية لـ (MRT) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة
165	الشكل 7-19: القيم المتوسطة لـ (RH) و (ΔRH) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 14 يوليو
166	الشكل 7-20: خرائط (RH) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة
166	الشكل 7-21: القيم المتوسطة لسرعة الهواء حسب كل سيناريو
167	الشكل 7-22: خارطة سرعة الهواء (V) في سيناريوهات العينة
168	الشكل 7-23: خرائط سلوك حركة الهواء على ارتفاع 1.5م، في سيناريوهات العينة
168	الشكل 7-24: مقارنة بين ترتيب التنازلي لـ (SVF) والترتيب التنازلي لـ (T) في سيناريوهات العينة
169	الشكل 7-25: تأثير الظلال على (T) في جميع سيناريوهات العينة
169	الشكل 7-26: المساحات المظلمة حسب كل سيناريو في ساعة الذروة 7p.m1
170	الشكل 7-27: القيم المتوسطة لـ PMV لذكور المستجوبين، في جميع السيناريوهات
171	الشكل 7-28: القيم المتوسطة الساعية لـ PET لمعطيات شخص نمطي يمثل مجموعة المستجوبين في العينة
173	الشكل 7-29: تمثيل السلوك الحراري لكل تركيبة نباتية؛ في الليل والنهار

الفصل الثامن

177	الجدول 8-1: معلومات حول العينة 2
177	الجدول 8-2: إحصاء الأنواع النباتية الموجودة في العينة
178	الجدول 8-3: الأنواع النباتية الموجودة في العينة 3

- الجدول 4-8: حدود الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل شهر قياس 179
- الجدول 5-8: إحصاء سلوكيات مستعملي مجال العينة 2 في الفترة الحارة 182
- الجدول 6-8: مقارنة بين درجة الحرارة المحاكاة عين طريق (ENVI-met) وبين درجة الحرارة المقاسة في العينة 183
- الجدول 7-8: نتائج الاستبيان المتعلق باحتياجات المستعمل في مجال العينة 184
- الجدول 8-8: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة A 185
- الجدول 9-8: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة C 186
- الجدول 10-8: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة D 186
- الجدول 11-8: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة E 187
- الجدول 12-8: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة F 187
- الجدول 13-8: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة G 188
- الجدول 14-8: نسب مساحة الغطاء النباتي وقيم (LAD) لكل سيناريو 188
- جدول 15-8: ترتيب سيناريوهات المحاكاة بحسب القيم القصوى، الدنيا والمتوسطة لدرجة حرارة الهواء 189
- الجدول 16-8: القيم المتوسطة لمعطيات المستجوبين في العينة 196
- الشكل 1-8: تعيين موقع حي 216 مسكن 176
- الشكل 2-8: يمثل خارطة توضع الأنواع النباتية المتواجدة في العينة 177
- الشكل 3-8: نسبة المستجوبين الذين يعبرون عن إحساسهم بالراحة الحرارية في مجال العينة 179
- الشكل 4-8: مقارنة بين (PMV) و (ATSV) في كل شهر تمت فيه القياسات 180
- الشكل 5-8: خارطة سلوك لموقع المستجوبين؛ في كل شهر قياس 181
- الشكل 6-8: تغيير سلوك مستعملي مجال العينة في كل شهر قياس 182
- الشكل 7-8: مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة والقيم المحاكاة، في نقاط محددة من العينة 183
- الشكل 8-8: الخارطة السلوكية لمستعملي العينة 2 خلال الفترة الحارة 184
- الشكل 9-8: الأنواع النباتية المستعملة في تصميم سيناريوهات العينة 185
- الشكل 10-8: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو C للعينة 186
- الشكل 11-8: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو D للعينة 186
- الشكل 12-8: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو E للعينة 187
- الشكل 13-8: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو F للعينة 187
- الشكل 14-8: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو G للعينة 188
- الشكل 15-8: أ) القيم المتوسطة لـ (T) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 13 يوليو 189
- الشكل 15-8: ب) الفارق في القيم المتوسطة لـ (T) في جميع السيناريوهات مع السيناريو B للعينة 189
- الشكل 16-8: مقارنة القيم المتوسطة لـ (T) لسيناريوهات العينة مع درجة حرارة الهواء لمحطة الارصاد الجوية 190
- الشكل 17-8: القيم المتوسطة لـ (MRT) و (MRT Δ) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 13 يوليو 190
- الشكل 18-8: الخرائط الحرارية لـ (MRT) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة 191
- الشكل 19-8: القيم المتوسطة لـ (RH) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 13 يوليو 192
- الشكل 20-8: خرائط (RH) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة 193
- الشكل 21-8: القيم المتوسطة لسرعة الهواء حسب كل سيناريو 193
- الشكل 22-8: خرائط سلوك حركة الهواء على ارتفاع 1.5م، في سيناريوهات العينة 194
- الشكل 23-8: مقارنة بين ترتيب التنازلي لـ (SVF) والترتيب التنازلي لـ (T) في سيناريوهات العينة 195
- الشكل 24-8: مقارنة بين ترتيب التصاعدي لـ (shadow flag) والترتيب التنازلي لـ (T) في سيناريوهات العينة 195
- الشكل 25-8: المساحات المظلمة حسب كل سيناريو في ساعة الذروة p.m17 196
- الشكل 26-8: خارطة PET للمستجوبين الذكور في جميع السيناريوهات، 197
- الشكل 27-8: خارطة PET للمستجوبين الإناث في جميع السيناريوهات 197

الفصل التاسع

- الجدول 9-1: معلومات حول العينة 3 203
- الجدول 9-2: التعريف بأنواع الغطاء النباتي الموجودة وموقعها في العينة 203
- الجدول 9-3: حدود الراحة الحرارية عند المستجوبين، لكل شهر قياس 203
- الجدول 9-4: القيم المتوسطة لـ (CLO)، السن، الطول، الوزن، النشاط الأيضي للمستجوبين في كل شهر قياس 205
- الجدول 9-5: قيم PMV عند الذكور والإناث المستجوبين، أثناء قياس القيم الدنيا والقصى لـ (T, RH, V) 206
- الجدول 9-6: إحصاء سلوكيات مستعملي مجال العينة 3 في الفترة الحارة 207
- الجدول 8-7: التحقق من ترابط القيم المقاسة مع القيم المتنبأ بها عن طريق (ENVI-met)؛ باستعمال مؤشر (RMSE) 208
- الجدول 9-8: نتائج الاستبيان المتعلق باحتياجات المستعمل في مجال العينة 209
- الجدول 9-9: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة A 210
- الجدول 9-10: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة C 211
- الجدول 9-11: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة D 211
- الجدول 9-12: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة E 212
- الجدول 9-13: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة F 212
- الجدول 9-14: الأنواع النباتية الموجودة وتموقعها في العينة، الحالة G 213
- الجدول 9-15: نسب مساحة الغطاء النباتي وقيم (LAD) لكل سيناريو 213
- الجدول 9-16: القيم المتوسطة لمعطيات المستجوبين في العينة 220
- الشكل 9-1: (أ، ب) تحديد موقع العينة في المدينة 202
- الشكل 9-1: (ج) صور لمجال العينة 202
- الشكل 9-2: النسبة المئوية للمستجوبين عن مدى إحساسهم بالراحة الحرارية في مجال العينة 204
- الشكل 9-3: تحديد مواقع المستجوبين مع أحاسيسهم الحرارية، طيلة فترة القياس 205
- الشكل 9-4: تغير سلوك مستعملي مجال العينة في كل شهر قياس 206
- الشكل 9-5: المقارنة بين القيم المقاسة والمتنبأ بها بواسطة (ENVI-met)، في نقاط محددة من العينة 207
- الشكل 9-6: الخارطة السلوكية لمستعملي العينة 3 خلال الفترة الحارة 209
- الشكل 9-7: الأنواع النباتية المستعملة في تصميم سيناريوهات العينة 209
- الشكل 9-8: مقارنة درجة حرارة الهواء بين جميع سيناريوهات المحاكاة 214
- الشكل 9-9: مقارنة على مستوى الخارطة الحرارية لمختلف سيناريوهات المحاكاة 214
- الشكل 9-10: مقارنة القيم المتوسطة لـ (T) لسيناريوهات العينة مع درجة حرارة الهواء لمحطة الارصاد الجوية 215
- الشكل 9-11: حركة الرياح وسرعتها في السيناريو B على الساعة 20 215
- الشكل 9-12: (أ) توزيع MRT في الخرائط الحرارية، عند ساعة الذروة. 216
- الشكل 9-12: (ب) مقارنة قيم MRT في نقاط تحت المظلة، لجميع السيناريوهات 216
- الشكل 9-12: (ج) خارطة توزيع RH لكل سيناريو في ساعة الذروة 216
- الشكل 9-12: (د) مقارنة قيم RH في نقطة تحت المظلة لكل سيناريو 216
- الشكل 9-13: القيم المتوسطة لسرعة الهواء حسب كل سيناريو، المصدر: الباحث، 2018 216
- الشكل 9-14: خرائط سلوك حركة الهواء على ارتفاع 1.5م، في سيناريوهات العينة 217
- الشكل 9-15: تقييم MRT في نقاط من العينة ذات قيمة أعلى من SVF، في ساعات محددة من يوم المحاكاة 217
- الشكل 9-16: خارطة توزيع قيم SVF في كل سيناريو، مع القيم المتوسطة لـ SVF و T 219

- 219 الشكل 9-17: مؤشر الظلال لكل سيناريو على مدار 24 ساعة
- 220 الشكل 9-18: المساحات المظللة حسب كل سيناريو على ساعة p.m17
- 221 الشكل 9-19: خارطة PET للمستجوبين الذكور والإناث في جميع السيناريوهات
- 223 الشكل 9-20: تمثيل السلوك الحراري لكل تركيبة نباتية؛ في الليل والنهار

النتائج الشاملة

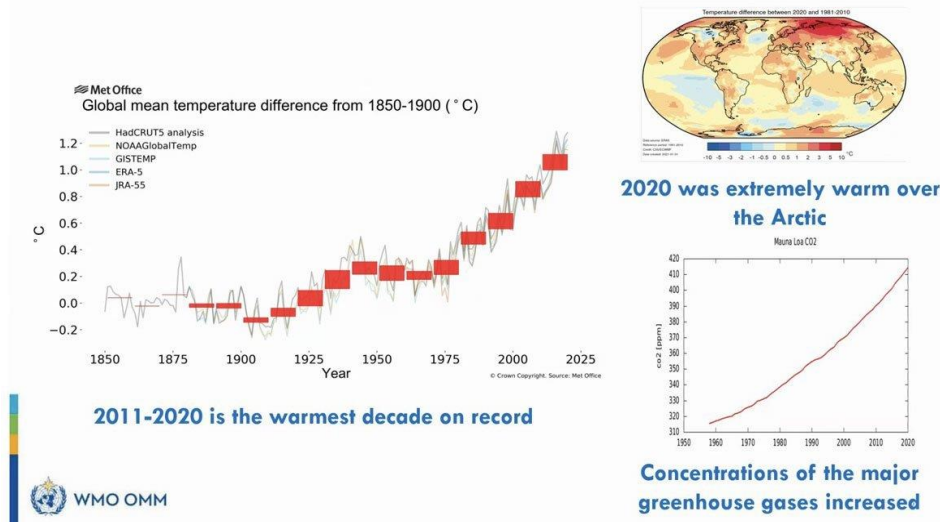
- 227 الجدول 10-1: نسبة الأداء الحراري لأفضل السيناريوهات في كل عينة
- 228 الجدول 10-2: الخصائص عمرانية لكل عينة
- 229 الجدول 10-3: الخصائص النباتية لأفضل السيناريوهات في كل عينة
- 232 الجدول 10-4: استخراج الخصائص البعدية لأفضل التركيبات النباتية في كل عينة
- 228 الشكل 10-1: قيم PET الساعية لأفضل السيناريوهات في كل عينة
- 231 الشكل 10-2: أبعاد مختلف التركيبات النباتية، وتحديد مسافات التداخل والتباعد بين العناصر؛ في السيناريوهات الأمثل في كل عينة.
- 232 الشكل 10-3: التركيبة النباتية الأمثل لتحقيق أو مقارنة مجال الراحة الحرارية في منطقة مناخية عمرانية حارة

الفصل التمهيدي:

“Science knows no country, because knowledge belongs to humanity, and is the torch which illuminates the world.”

- Louis Pasteur-

أصبحت ظاهرة التحضر السريع في المدن أحد الموضوعات المهمة في التخطيط الحضري والتنمية المستدامة. وذلك غالبًا ما يؤدي إلى تأثيرات بيئية سلبية، بما في ذلك التعديلات على المناخ المحلي الحضري. يشمل المعرضون للخطر بشكل خاص والمقيمين في المناطق العمرانية ذات الكثافة السكانية العالية مع النباتات المحيطة المحدودة. علاوة على ذلك، فإن التحضر السريع مع المناطق الطبيعية المحدودة يؤثر سلبيًا على صحة الإنسان بسبب التلوث المتزايد (Fuladlu et al., 2018). وهذا بدوره له تأثير على المناخ المحلي والراحة الحرارية للسكان. ارتفاع درجات الحرارة في المدن وبصورة مستمرة هي وليدة عدة عوامل، أولها ازدياد عدد السكان وتوسع نشاطاته المستمر؛ وسرعة التحضر الرهيب؛ أنتج إحداث تغيرات مناخية ذات آثار مدمرة ولم تكن درجات الحرارة بعيدة عن هذه التأثيرات، ومع ظاهرة تغير المناخ الملحوظة، ووفقًا لتقرير حالة المناخ العالمي الرائد الصادر عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، بلغ متوسط درجة الحرارة العالمية في عام 2020 حوالي 1,2 درجة مئوية فوق مستوى ما قبل الصناعة، وقد اتسمت السنوات الست منذ عام 2015 بكونها الأكثر دفئًا على الإطلاق، وكان العقد الذي بدأ هذا العام العقد الأكثر دفئًا على الإطلاق. من المتوقع أن تكون أحداث الطقس المتطرفة أكثر شيوعًا في المستقبل. فمثلًا؛ ستكون موجات الحرارة أقوى وستستمر لفترة أطول، خاصة في المناطق ذات المناخ الدافئ وتشمل العواقب زيادة حدوث الإجهاد الحراري والأمراض الأخرى المرتبطة بالحرارة. علاوة على ذلك، يتضاءل أداء الإنسان للمهام العقلية والجسدية في درجات الحرارة المرتفعة غير المريحة. كما أن الوفيات والأمراض الناجمة عن تلوث الهواء تميل إلى الزيادة خلال الطقس الحار السابق (Hansen et al., 2010). تعتبر المدن معرضة للخطر بشكل خاص لأنها - بالإضافة إلى الاحترار العالمي - تتعرض أيضًا لجزيرة الحرارة العمرانية. داخل المدن.



الشكل 1-0: تزايد ارتفاع درجة الحرارة العالمية من مرحلة ما بعد الصناعة، المصدر: WMO، 2020

من أجل الحد من التأثيرات المناخية السلبية في مدننا، يجب أن يبدأ المشاركون في التنمية الحضرية والتخطيط والتصميم في دمج المعرفة المناخية في استراتيجيات التخطيط وإنشاء روابط بين المناخ المحلي والراحة الحرارية والتصميم وأنظمة التخطيط العمراني.

يُعطى المناخ المحلي الحضري والراحة الحرارية الخارجية بشكل عام أهمية كبيرة في عمليات التصميم والتخطيط الحضري (Tumini et al., 2016) (Dissanayake & Weerasinghe, 2021). علاوة على ذلك، تناولت دراسات قليلة العلاقة بين

لوائح التخطيط الحضري والمناخ المحلي. ومع ذلك، تشير العديد من الدراسات إلى أن لوائح التخطيط الحالية في المناخات الحارة والجافة لا تتكيف مع المناخ.

على مستوى المناخ العمراني تتأثر درجات الحرارة الهواء كعنصر مناخي مهم بعدة عوامل من أهمها تناقص الغطاء النباتي، و الذي يلعب أدوارا مهمة بالنسبة للإنسان في بيئته الحالية المعاشة، فغيابه يحدث الضرر في المجتمع، البيئة، المناخ، وكذا الجانب النفسي. فكانت عدة محاولات للتخفيف من هذه الأضرار، تتجه أغلبها نحو إحداث التوازن بين العناصر الاصطناعية و العناصر الطبيعية في الأوساط العمرانية، و أخرى تتجه نحو استحداثات تكنولوجيات للتقليل من الأضرار، وفي خضم تداخل العلاقات ما بين الإنسان و محيطه الطبيعي و بيئته المستحدثة، نسلط الضوء على عنصر من عناصر الطبيعة ألا و هو المجالات الخضراء، التي تملك تأثيرا كبيرا من شأنه أن يعيد التوازن العمراني إذا أحسن استغلاله.

تكمن أهمية المجالات الخضراء في أثرها على الجانب النفسي والعقلي حيث يشعر الإنسان بالراحة النفسية بعيدا عن الضوضاء في مكان يتميز ببعض المقومات الطبيعية والنشاطات البشرية فتعكس آثار ذلك على قدرة الإنسان العقلية من تركيز وإبداع؛ وذلك لارتباط الجانب النفسي بالجانب العقلي، بالإضافة لما لها من آثار على الجانب الاقتصادي بتوفير فرص عمل لعدد كبير من السكان بصورة مباشرة أو غير مباشرة من خلال الأنشطة الاقتصادية المتعلقة بهذه الفراغات والمساحات الخضراء، عدا عما تحققه من دخل للمدينة حيث يستفاد منه ضمن مشاريع أخرى (Rugel, 2015) (Manusset, 2012).

وتبرز أهميتها وآثارها على الجانب البيئي حيث تحد من التلوث والضوضاء ووجود هذه الفراغات وسط الأبنية و العمارات؛ يعمل على إحداث تغير على مستوى المناخ المصغر (Micro-climate)؛ من خلال إحداث تيارات هوائية، بالإضافة لما يترتب على عملية البناء الضوئي للغطاء النباتي، فكلما زادت المجالات الخضراء ساعد ذلك في تحسين بيئة المدينة عمرانيا ومناخيا. وكذلك الأمر على الجانب التربوي والجانب الثقافي من خلال الحياة الاجتماعية للسكان المستعملين لهذه المجالات (الأمم المتحدة 2007) (Organization, World Health, 2019).

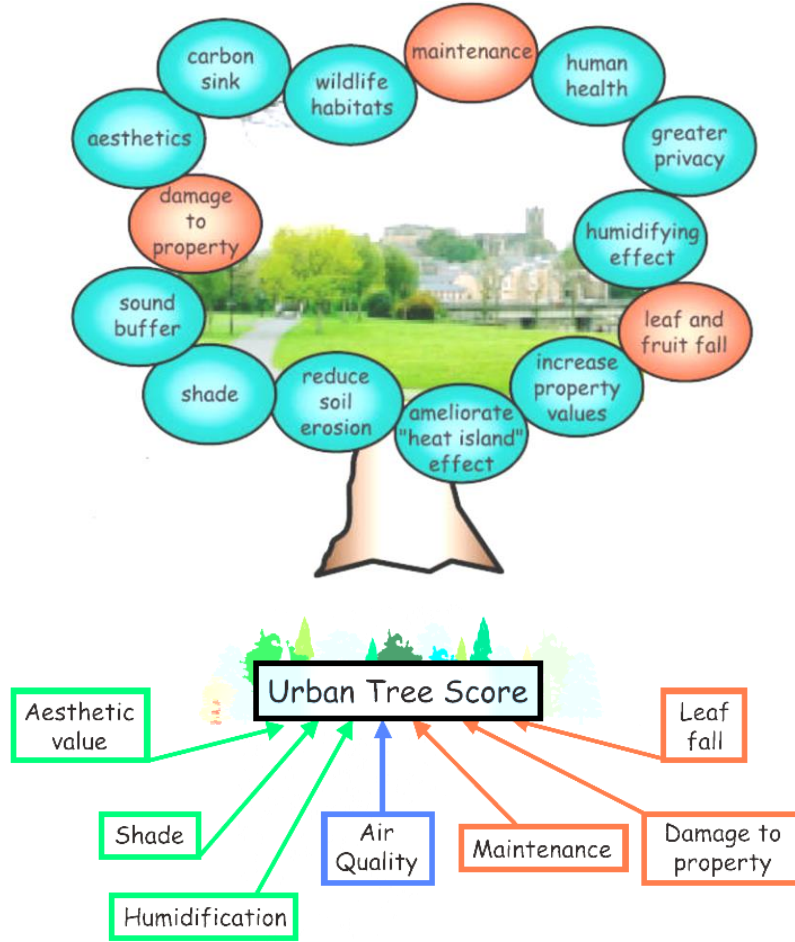
كما لا يمكن إحصاء فوائد وأهمية الغطاء النباتي الطبيعي لأي بقعة من بقاع الأرض وذلك بسبب الفوائد الكثيرة المباشرة وغير مباشرة والتي تقوم بها النباتات، فمن السهولة مشاهدة أو لمس بعض الفوائد المباشرة ولكن يصعب علينا ملاحظة الفوائد الكبيرة غير المباشرة والتي يلزمها سنين لمعرفة أهميتها على حياتنا اليومية وحياة أجيالنا. وفيما يلي بعض من فوائد وأهمية النباتات (Chu & Karr, 2017) (Achparaki et al., 2012):

حيث يعتبر الغطاء النباتي القاعدة الأساسية في الهرم الغذائي لكافة الكائنات الحية، كما يعتبر أهم النظم البيئية بما يحويه من كافة الأنواع النباتية والتي تقوم من خلال عملية التمثيل الضوئي باستخدام الطاقة الشمسية في امتصاص ثاني أكسيد الكربون وإنتاج غاز الأوكسجين اللازم لتنفس كافة أشكال الحياة على سطح الأرض ومنع ظاهرة الاحتباس الحراري.

النبات من أهم النظم البيئية في تصفية و تخليص الجو من الغازات السامة، كما يحافظ على درجة الحرارة المناسبة للحياة وخاصة في تقلب الفوارق الحرارية بين النهار والليل.

يحافظ الغطاء النباتي على دورات العناصر المعدنية والعضوية في التربة، كما يحافظ على رطوبة ودورة المياه فيها، ويمنع ظاهرتي الانجراف والتعرية للتربة والتضاريس، كما ينظم الرياح وحركة السحب والأمطار وتوزيعها على سطح الأرض. يوفر الغطاء النباتي للإنسان الموارد الطبيعية التي يستخدمها في الغذاء.

يوفر الغطاء النباتي للإنسان الموارد الطبيعية التي يستخدمها في الكساء، كما يوفر الموارد الطبيعية الأولية واللازمة للصناعات الدوائية وخامات التصنيع والمواد الأولية. كما يعتبر الغطاء النباتي من أهم العوامل للمكونات الأحيائية والتوازن البيئي الذي يترجع على رأسه الإنسان.



الشكل 2-0: أهم فوائد وأدوار الغطاء النباتي والمجالات الخضراء، المصدر: (Hewitt, 2008)

إن الحدائق والمجالات الخضراء أماكن عامة مهمة في معظم المدن. فهي توفر حلاً لما تنتجه العمرنة السريعة المفتقرة لمقومات الاستدامة من آثار في الصحة والسلامة. والفوائد الاجتماعية والاقتصادية التي تحققها المجالات الخضراء العمرانية هي على نفس القدر من الأهمية وينبغي أن ينظر إليها في سياق القضايا العالمية مثل تغير المناخ، والأولويات الأخرى المنصوص عليها في أهداف التنمية المستدامة، بما في ذلك المدن المستدامة والصحة العامة والمحافظة على الطبيعة (Wolch et al., 2014) (Andersson et al., 2017).

وتصف الأدبيات العلمية الطرق المختلفة التي يمكن من خلالها للبيئة الطبيعية أن تؤثر بشكل إيجابي على صحة الإنسان وسلامته، حيث إن المناطق الطبيعية توفر الفرص لممارسة النشاط البدني والتواصل الاجتماعي وخفض الإجهاد النفسي. وأثبت عدد متزايد من الدراسات الوبائية أن المحافظة على المجالات الخضراء العمرانية تحقق آثاراً صحية إيجابية متنوعة؛ بما في ذلك تحسين الصحة العقلية وخفض الاكتئاب؛ وتحسين نتائج الحمل؛ وخفض معدلات الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية والوفيات الناجمة عنها، والسمنة، وداء السكري.

أغلب الأحيان، تعيش الجماعات المحرومة في أحياء لا يتوفر فيها إلا القليل من المساحات الخضراء المتاحة، رغم أن الدراسات تشير إلى أن الأشخاص المحرومين اجتماعياً واقتصادياً يمكن أن يستفيدوا كثيراً من تحسين فرص التمتع بالمساحات الخضراء العمرانية. ولذا فإن تقليص الفوارق الاجتماعية والاقتصادية فيما يتعلق بتوافر المساحات الخضراء العمرانية يمكن أن يساعد على خفض أوجه التفاوت في الصحة نتيجة الدخل، والانتماء إلى الأقليات، والإعاقة، وعناصر اجتماعية واقتصادية وديمغرافية أخرى (Allen et al., 2014) (Braubach et al., 2017) (Rao, 2012).

الحدائق المنشأة على سطوح الأبنية الحضرية تنقص درجات الحرارة القصوى وتخفض تأثير جزر الاحترار العمرانية، كما تؤدي إلى تحقيق توفير في الطاقة وتحسين نوعية المناخ في المدن (Norton et al., 2015). ويساهم تلوث الهواء في ارتفاع درجات الحرارة وفي نشوء موجات الحر، ويؤدي ذلك إلى زيادة معدلات الوفيات الناجمة عن النوبات القلبية أو السكتة الدماغية نتيجة لضربات الشمس، وبخاصة للأشخاص الذين يعانون أصلاً من أمراض غير معدية. ويقدر أن كل شجرة مزروعة في موقع استراتيجي بهدف توفير الظل، يمكن أن تؤدي مباشرة إلى خفض حوالي 10 كغ من انبعاث الكربون من محطات توليد الطاقة، عن طريق خفض الطلب على مكيفات الهواء. وفي أوروبا وحدها، تقع 400 000 وفاة مبكرة سنوياً نتيجة لتلوث الهواء، بتكلفة تتراوح بين 330 بليون يورو و 940 بليون يورو (WHO, 2004) (Moda et al., 2019).

وبالإضافة إلى الفوائد الواضحة المتمثلة في التخفيف من آثار تغير المناخ والحد من تلوث الهواء، تساعد المجالات الخضراء على تقليل التعرض لعامل رئيسي من العوامل المسببة للأمراض غير المعدية -انعدام النشاط البدني- الذي يسبب 3.2 مليون وفاة سنوياً. فالحدائق والمساحات الخضراء توفر للناس فرصاً لزيادة ممارسة رياضة المشي وركوب الدراجات والانخراط في النشاط البدني في أوقات الفراغ. ولذا فإن الاستثمارات في حدائق المدن والمساحات الخضراء تمثل وسيلة فعالة واقتصادية لتحسين الصحة والتخفيف من آثار تغير المناخ على حد سواء (Tainio et al., 2021).

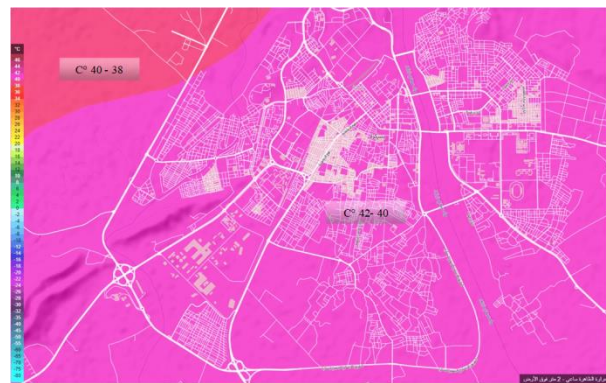
الإشكالية:

الغطاء النباتي من أشكال الحياة على سطح الأرض، يساهم في دورة الحياة بين الناس والكائنات الحية، فهو موطن الحياة والغذاء، ويستفاد من الغطاء النباتي في كل المجالات المفتوحة الريفية والعمرانية، حيث تأتي قوة تغير الغطاء النباتي ضمن التأثير على الاتزان البيئي؛ فهي تحقق التوازن بين الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون، كما تمكن من تحقيق التعايش والتآلف بين الكائنات الحية.

ولعل أهم دور للغطاء النباتي هو تأثيره المناخي على الوسط العمراني، فهي بصفة عامة تحسن النوعية الفيزيو- كيميائية لهواء المدن، وإدراج مختلف أنواع النباتات بالأخص الشجرة لتحسين الإطار المعيشي بتغيير بقوة في توظيف عدد الأشجار بموقعها و بنوع مشاركتها (بشكل مصفف، متنزه، شريط مشجر.....)، كما أن التعديل الحراري (Thermoregulation) التي تقوم به نباتات المجالات الخضراء في الهواء يسمح بتخفيض درجة الحرارة و يزيد من الرطوبة النسبية في الهواء، فانخفاض الحرارة يسمح بتعويض حركة الهواء الصاعدة في مستوى المناطق المبنية؛ والنباتات وبالأخص الأشجار منها تؤثر على حركة الهواء؛ فدرجة الحرارة المسجلة بالقرب منها بالطبع تكون منخفضة، أما درجة الحرارة المسجلة بعيداً عنها فتكون مرتفعة، وهذا الفارق في درجة الحرارة يحرض الهواء على التحرك و بالتالي انتقال الرطوبة عبره وهذا ما يسمى بالتهوية العمرانية للمدينة، و الذي ينتج المناخ المصغر الذي تختلف خصائصه نسبياً عن المناخ العام.

و ما يدعو للملاحظة أن المناخ العمراني لمدينة بسكرة يتميز بارتفاع في درجة حرارة الهواء تزيد بـ 2 م° عن درجة الحرارة خارج النطاق العمراني في الفترة الحارة، وكذا الرطوبة النسبية فهي تنقص بحوالي 2% عن الرطوبة خارج حدود المدينة، و فيما يخص سرعة الرياح فهي تنقص بحوالي 2 إلى 3 كم/سا (https://www.meteoblue.com/ar/weather/maps)، وبحسب دراسة (Hamel, 2005)، التي تنطرق إلى أنواع النسيج العمرانية في مدينة بسكرة وتأثيرها على عناصر المناخ العمراني، فإن درجة الحرارة العمرانية تزيد على درجة الحرارة الارصادية بقيمة تتراوح بين 1,85 و 3,54 م°، وعن الرطوبة النسبية في الوسط العمراني تنقص عن الرطوبة الارصادية بقيمة تتراوح بين 1.76 إلى 9 %، كما أن سرعة الرياح تنقص بشدة تتراوح بين 2 و 3,80 م/ثا. هذا الاختلاف في قيم عناصر المناخ هو ما يحدث الفرق بين المناخ المحلي والمناخ العمراني، والذي ينتج عن:

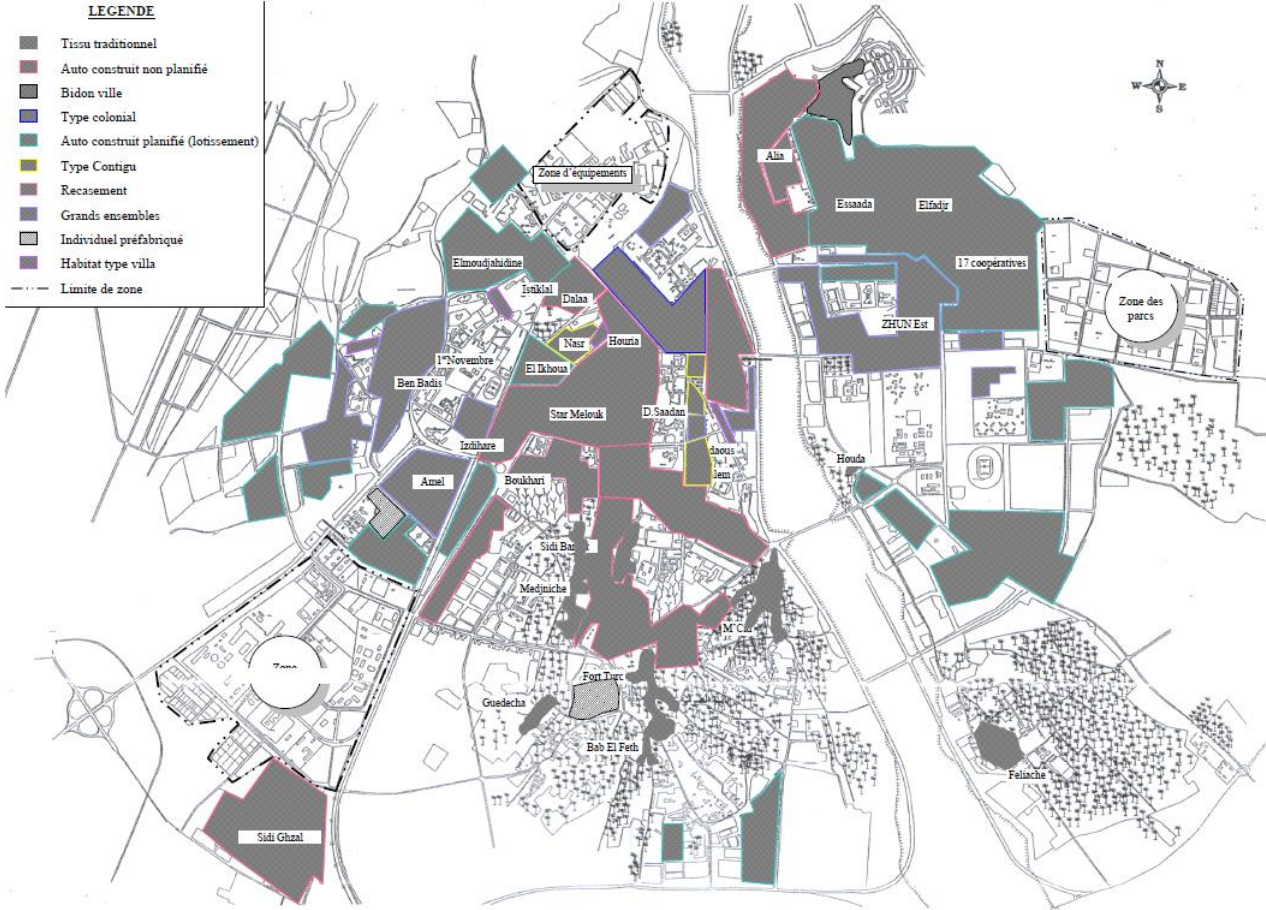
- مرفولوجية المدينة التي تتمثل في الامتداد العمراني لمدينة بسكرة حيث يصل إلى 6860 م اتجاه شرق-غرب و 7840 م اتجاه شمال-جنوب الذي يتربع على مساحة وقدرها 127.55 كم²، هذا الامتداد الكبير تندرج تحته هيكلية عمرانية من نظام شبكي للطرق المعبدة الذي يبلغ طولها حوالي 4783 م.
- الكثافة العمرانية مختلفة بحسب النسيج العمرانية الموجودة في مدينة بسكرة حيث تكون كثافة شديدة جدا في النسيج التقليدي وبناء ذاتي غير مخطط، كثافة شديدة والتي تتمثل في النسيج الاستعماري والبناء الذاتي المخطط، أما عن الكثافة القليلة فتتمثل في السكنات الجماعية.



- الشكل 3-0: أ) الفرق في درجة حرارة الهواء بين داخل الوسط العمراني وخارجه
 ب) الفرق في الرطوبة النسبية بين داخل الوسط العمراني وخارجه.
 ج) الفرق في سرعة الرياح بين داخل الوسط العمراني وخارجه

المصدر: (https://www.meteoblue.com/ar/weather/maps)



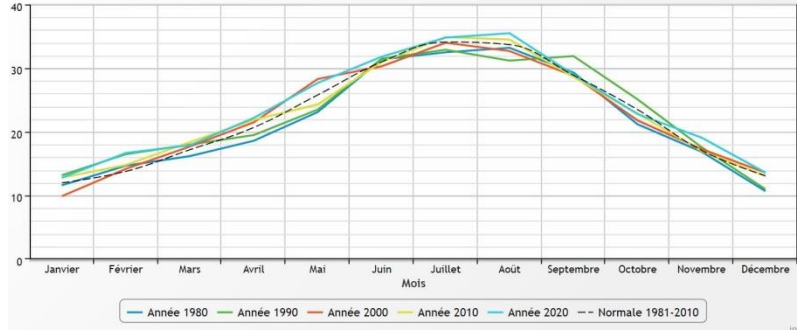


الشكل 0-4: أنماط النسيج العمرانية الموجودة في مدينة بسكرة، المصدر: (Hamel, 2005)

- العناصر الطبيعية الخاصة بالمدينة: و تتمثل في غابات النخيل التي تقع في جنوب المدينة، الوادي الذي يجزأ المدينة إلى جزء شرقي و جزء غربي، كما توجد سلسلة المرتفعات الموجودة في الجهة الشمالية الغربية للمدينة.
- تناقص غابات النخيل حيث كانت تعرف مدينة بسكرة بغاباتها الكثيفة التي تؤدي أدوار متعددة في الحياة الاجتماعية لسكانها من مورد اقتصادي مهم، نشاط أساسي وعنصر مهيكّل للكتل البنائية، بالإضافة إلى الدور البيومناخي المحسوس من قبل سكان المنطقة، وهذا ما يبينه الجدول و المنحنى التاليان اللذان يعبران عن تناقص مساحة غابات النخيل الذي يلازمه عكسيا ارتفاع في متوسط درجة الحرارة:

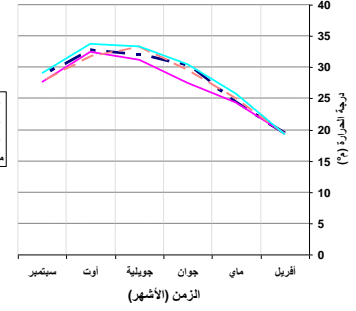
السنة	1962 م	1966 م	1978 م	1992 م
عدد النخيل	150000	150000	100000	45000
مساحة غابات النخيل (ها)	1400	1400	600	250
نسبة: مساحة النخيل/ المحيط الحضري	% 95	% 85	% 60	% 25

جدول 0-1: يبين تناقص مساحة غابات النخيل أمام المحيط الحضري في مدينة بسكرة، المصدر: غانمي. ف، 2007



الشكل 6-0: مقارنة في درجة الحرارة المتوسطة؛ للسنوات 1980، 1990، 2000، 2010، 2020، المصدر: الموقع (infoclimat.fr)، 2020

معدل درجات الحرارة المتوسطة كل 10 سنوات في مدينة بسكرة



الشكل 5-0: يمثل تغيرات درجة الحرارة المتوسطة كل 10 سنوات في مدينة بسكرة، المصدر: غانمي . ف، 2007.

سؤال الإشكالية:

كل هذه العوامل والأسباب المذكورة سابقا تؤثر سلبا على المناخ العمراني للمدينة ولعل أحد هذه العوامل يمكن التحكم فيه للتخفيف من حدة وقساوة المناخ العمراني، فالغطاء النباتي و المجالات الخضراء ضرورة واحتياج ملح على جميع المستويات (السكان، التوازن البيئي، الجمال العمراني...)، وهذه الدراسة هي محاولة بسيطة للتأثير أو للتقليل من أضرار التغير المناخي العنيف الذي نشهده معظم - أو إن صح التعبير - كل دول العالم في الآونة الأخيرة، حيث تعنى الدراسة بالمجالات الخضراء في الأحياء السكنية الجماعية في المناطق الحارة، هذا ما يدفعنا إلى طرح هذا السؤال التالي: **كيف يمكن للمجالات الخضراء؛ أن تحدث راحة حرارية في المجالات الخارجية للسكنات الجماعية لمدينة بسكرة في الفترة الحارة؟**

الفرضيات:

لابد أن الكيفية التي تكون عليها المجالات الخضراء لإيجاد راحة حرارية في المجالات الخارجية السكنية لمدينة بسكرة تقودنا إلى دراسة الفرضيات التالية:

- حجم الغطاء النباتي هو الذي يؤثر في المجال الخارجي للوصول لنطاق الراحة الحرارية لدى سكان الأحياء الجماعية في الفترة الحارة.
- شكل أو نمط الغطاء النباتي هو الذي يؤثر في المجال للوصول لنطاق الراحة الحرارية لدى سكان الأحياء الجماعية في الفترة الحارة.

الأهداف العلمية من البحث:

يركز معظم المصممين بشكل كبير على القيمة الجمالية للنباتات وعناصر المناظر الطبيعية الأخرى ذات الصلة بدلاً من الجوانب الفنية. يمكن للجانب التقني للعناصر النباتية أن يغير الأجواء المحيطة لتوفير المزيد من الراحة الحرارية، لكل من البيئات الخارجية والداخلية. لذا كان الهدف الأساسي من البحث هو استغلال الجانب التقني للمجالات الخضراء وذلك عبر الوصول للكيفية التي يكون عليها الغطاء النباتي في التجمعات السكنية الجماعية في مدينة بسكرة محققا مجال راحة حرارية لمستعمليها في الفترة الحارة.

كما نهدف في هذه الدراسة إلى الخروج بتوصيات وقواعد تخص كيفية تواجد العنصر النباتي في المناطق السكنية والتي من الممكن أن تسهم في التصميم العمراني المستقبلي للمجالات الخارجية، متمثلة في:

- الوصول للكيفية التي يكون عليها الغطاء النباتي المجالات الخضراء في نطاق السكنات الجماعية في مدينة بسكرة و ذلك للوصول الراحة الحرارية لمستعملي مجالاتها الخارجية في الفترة الحارة.

- الوصول إلى مقاييس كمية ونوعية تختص بها المجالات الخضراء المراد تهيئتها في المدن المشابهة مناخها لمدينة بسكرة.

التحليل المفاهيمي (Conceptual analysis):

المؤشرات (index)	الأبعاد (dimensions)	المفاهيم (concepts)
أنواع وأنماط المجالات الخضراء مكونات المجالات الخضراء أسس تصميم المجالات الخضراء	المجالات الخضراء في النطاق العمراني	
أشكال ومفهوم المجالات الخضراء في المناطق السكنية التصميم البيومناخي للمجالات الخضراء الخصائص النباتية المتكيفة في المناخ العمراني الوظائف المناخية للمجالات الخضراء داخل الوسط العمراني	المجالات الخضراء في المناطق السكنية	المجالات الخضراء
الخصائص النباتية للمجالات الخضراء خصائص المناخ العمراني في المناطق الجافة مكونات المناخ العمراني طبيعة العناصر المناخية في المجال العمراني الظواهر المناخية الناتجة عن التحضر	المناخ العمراني	المناخ العمراني
استراتيجيات إعادة توازن المناخ العمراني نطاق الراحة الحرارية العناصر المحددة للراحة الحرارية مؤشرات الراحة الحرارية البسيطة مؤشرات الراحة الحرارية المركبة	توازن المناخ العمراني مفهوم الراحة الحرارية مؤشرات الراحة الحرارية الخارجية	الراحة الحرارية الخارجية
مفهوم السكن وأشكاله السكن الجماعي خصائص السكن الجماعي هيكلية المناطق السكنية الجماعية	السكن الجماعي	
أشكال التجمعات السكنية تأثير التشكيل العمراني للسكنات على العناصر المناخية	عناصر تأثير المجالات السكنية على المناخ العمراني	المجالات السكنية

جدول 2-0: التحليل المفاهيمي لمفاهيم البحث الأساسية.

منهجية البحث:

في هذا البحث نعتد على منهجية البحث الوثائقي فيما يخص الجزء النظري، والذي يتطرق لمعالجة عدة مفاهيم ألا وهي المجالات الخضراء حيث تعتبر المفهوم المحوري والذي يتطرق لمؤشرات تمس المجال الأخضر كعنصر أساسي من النسيج العمراني في المدينة، وكذلك كجزء مهم من المناطق السكنية من حيث مكوناتها، أشكالها وأنواعها، تأثيرها على المناخ بمستوياته، المحلي، العمراني، المتوسط والمصغر.

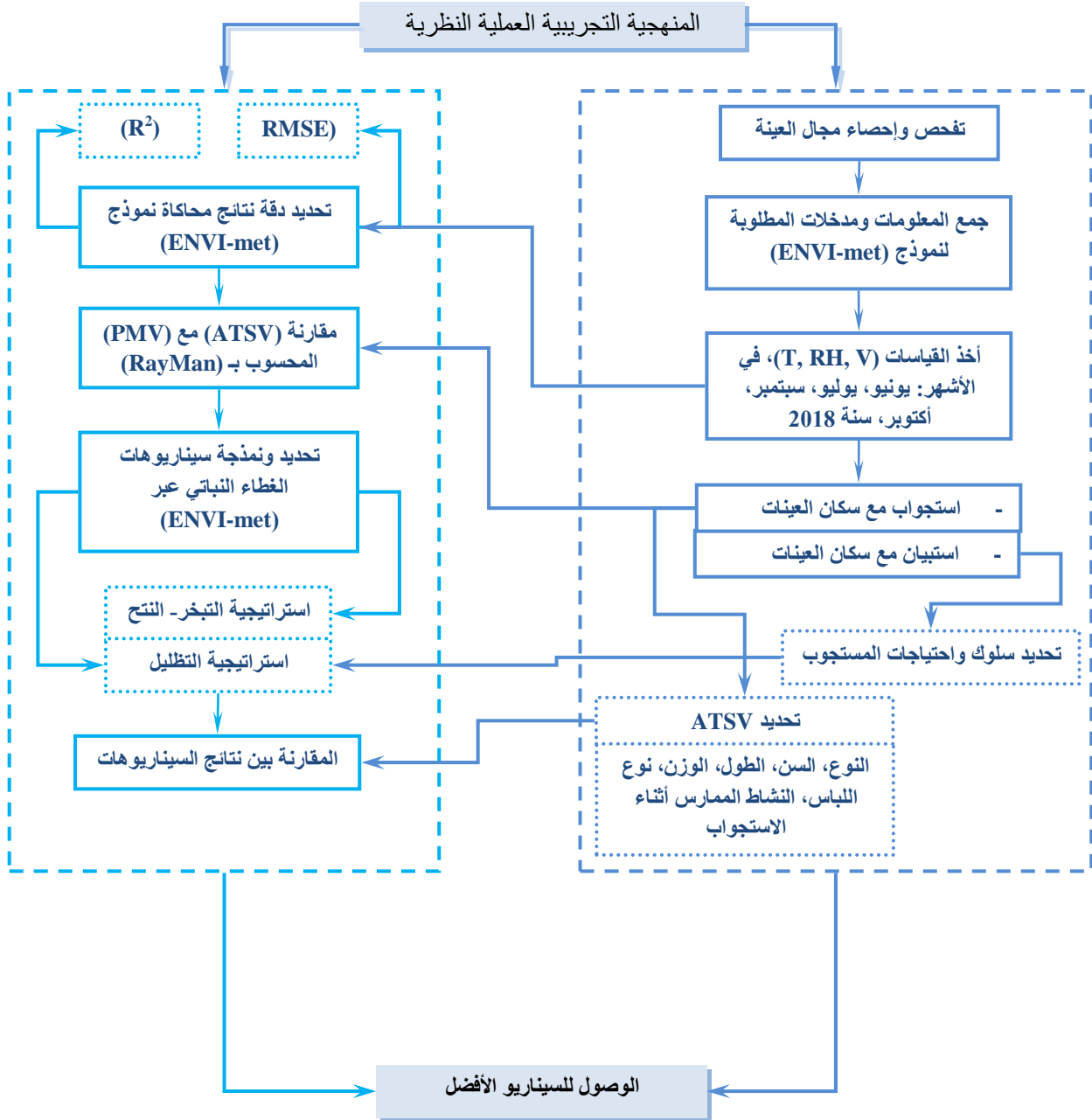
المفهوم الثاني وهو الراحة الحرارية لدى المستعمل، الذي يرتبط بالمنطقة المناخية، عناصر النسيج العمراني (البناء، المساحات الإسفلتية، الأسطح العاكسة، العناصر المائية، العناصر النباتية، النشاطات العمرانية...)، والذي ينتج عنه خصائص تميز المناخ العمراني (Urban climate) عن المناخ العام كما أنها تصل إلى تحديد خصائص المناخ المصغر (micro-climate). المفهوم الثالث والذي يشمل المناطق السكنية والذي يرتبط بمجالاتها الخارجية و مدى تأثيرها بالبيئة المحيطة و الخصائص المناخية وبالتالي التأثير على طبيعة نشاطاتها اليومية.

نعمد في الجزء العملي للدراسة على المنهجية التجريبية العملية النظرية، والتي تتلخص في شق يخص العمل الميداني والشق الآخر نظري يخص نموذج المحاكاة، حيث يتمثل الشق الميداني في:

- زيارة تفحصية وإحصائية لمجالات العينة، لدراسة مكوناتها، بهدف استخراج المدخلات (Inputs) المطلوبة في نموذج المحاكاة (تحديد أرضية العينة، طبيعية، خرسانية، إسفلتية / تحديد ارتفاع المبني / تحديد الغطاء النباتي الموجود، الأنواع النباتية، أبعادها، تموقعها في مجال العينة...).
- أخذ القياسات المطلوبة في العينات المختارة، في أزمنة محددة من الفترة الحارة، في نقاط محددة من مجال العينة.
- استجواب مستعملي مجال العينات، مع تحديد معلومات مطلوبة (الجنس، السن، الطول، الوزن، نوع اللباس، نوع النشاط الممارس قبيل الاستجواب)، بهدف تحديد مجال الراحة الحرارية، وتحديد (ATSV)، وكذلك جمع مدخلات تخص حساب مؤشرات الراحة الحرارية.
- استبيان مع مستعملي مجال العينة، بهدف، تحديد سلوك المستجوب في مجال العينة، وتحديد احتياجاته التي تنقص في هذا المجال.

وفيما يخص شق المحاكاة باستخدام نمودجي (ENVI-met) و (RayMan)

- تحديد مدى دقة نتائج محاكاة نمودج (ENVI-met) مع القياسات المأخوذة في العينات، باستعمال مؤشر (RMSE) و معامل التحديد R^2 (coefficient of determination).
- مقارنة نتائج تصويت الإحساس الحراري الأني (ATSV) مع قيم (PMV) المحسوبة بنمودج (RayMan_2017)، للأشخاص المستجوبون في العينات، وتحديد مدى تقارب مجال الراحة الحرارية المحسوس لدى المستجوبين مع مجال الراحة المحسوب.
- تحديد ونمذجة سيناريوهات الغطاء النباتي المحاكاة عبر نمودج (ENVI-met) في كل عينة مدروسة، حيث تعتمد السيناريوهات المقترحة على إستراتيجية التبريد عن طريق التبخر النتح، وإستراتيجية التظليل.
- المقارنة بين نتائج السيناريوهات، للخروج بالتركيبة النباتية الأفضل التي تحقق مجال راحة حرارية أو تقاربه في الفترة الحارة، كما تحقق تقليص لمجال الإجهاد الحراري الشديد، مع مراعاة احتياج مستعملي مجال العينة المستخرجة من استبيان الجزء الميداني.



الشكل 7-0: منهجية العملية النظرية لدراسة عينات البحث

محتوى البحث:

الجزء النظري:

1. **الفصل الأول:** المجالات الخضراء في النطاق العمراني، و يتضمن أنواع و أنماط المجالات الخضراء، حجمها و شكلها و مكوناتها، كما يتضمن شكل و مكونات المجالات الخضراء في الأحياء السكنية، أنواع النباتات بها، النشاطات التي يمارسونها السكان فيها، طرق تنسيقها و تهيئتها. كما يتطرق إلى الوظائف المناخية والبيئية للمجالات الخضراء
2. **الفصل الثاني:** مناخ العمراني في المناطق الحارة
 - المناخ: مبادئ ونظريات
 - خصائص المناخ العمراني في المناطق الجافة
 - عناصر المناخ العمراني مقارنة بالمناخ العام في المناطق الجافة
 - العوامل التي تتدخل في إكساب المناخ العمراني خصوصية عن المناخ العام في المناطق الجافة
 - خصائص و عناصر المناخ المصغر.
3. **الفصل الثالث:** الراحة الحرارية الخارجية، ويتضمن أهم العناصر التالية:
 - مفهوم و عناصر الراحة الحرارية.
 - علاقة الراحة الحرارية الداخلية بالخارجية.
 - العوامل التي تتحكم في الراحة الحرارية الخارجية.
 - مؤشرات الراحة الحرارية
 - تقييم الراحة الحرارية الخارجية
4. **الفصل الرابع:** المناطق السكنية ويتضمن أهم العناصر:
 - السكنات الجماعية وخصائصها
 - هيكلية المناطق السكنية
 - أشكال تجميع السكنات الجماعية
 - تأثير التشكيل العمراني للسكنات على العناصر المناخية
 - التشكيل المعماري للبيئة المبنية
 - الوادي العمراني
 - حد الخشونة العمرانية
 - الرياح في المناطق السكنية
 - مواد البناء وأسطحها في المجال العمراني
 - طبيعة سطح الأرضية في المجال العمراني
 - التشكيل المجال المبني وتأثير مفعول التظليل

الجزء العملي:

1. تبرير اختيار العينات: العينات المختارة هي عبارة عن مجالات خارجية للسكنات الجماعية في مدينة بسكرة، أسس اختيارها كما يلي:
 - تموقعها في المدينة: و ذلك بحسب قربها لمركز المدينة أو بعدها عنه (كلما كانت أقرب من مركز المدينة، كلما زادت المعوقات المناخية التي تؤثر على نقصان سرعة الهواء وزيادة درجة حرارة الهواء) و كذلك كثافة النسيج العمراني الموجودة فيه (و بالتالي يتعلق بحد خشونة في موقع القياس " roughness length ").
 - العينات المختارة مأهولة ومستعملة من طرف السكان، و هذا عامل مهم جدا نحتاجه في عملية أخذ القياسات مع استجواب القاطنين عن إحساسهم بدرجة الراحة الحرارية أثناء القياس.
 - اختيار العينات بحسب معايشة الباحث لها (إما أن يكون ساكنا بها أو بالقرب منها، أو دائم التردد عليها)، وهذا يخدم الجانب الاستقصائي من البحث، كما يسهل الملاحظة السلوكية للسكان مستعملي مجال العينة.
 - شكل المجال الخارجي الناتج عن توضع البناءات، درجة انفتاحه وتوجيهه.
 - العناصر النباتية الموجودة في مجال العينة (درجة كثافتها، طريقة توضعها، أنواعها).
 - نوع أرضية مجال العينة (تربة طبيعية، مساحة إسفلتية، تبليط خرساني..).
2. التعريف بعينة الدراسة
3. النتائج الإحصائية لـ (ATSV)
4. التحليل السلوكي لمستعملي مجال العينة
5. التحليل التجريبي للمحاكاة
 - إثبات صحة نتائج نموذج (ENVI-met)
 - مقارنة (ATSV) مع (PMV) للمستجوبين
6. مرحلة نمذجة سيناريوهات المقترحة لمحاكاة العينة
 - التعرف بالتركيبة النباتية لكل سيناريو من الحالات المقترحة للمحاكاة
7. دراسة مقارنة لنتائج السيناريوهات المقترحة في العينة
 - درجة حرارة الهواء (T)
 - متوسط درجة حرارة الإشعاعية (MRT)
 - الرطوبة النسبية (RH)
 - سرعة وسلوك حركة الهواء (V)
 - معامل رؤية السماء (Sky View Factor : SVF)
 - مؤشر الظلال (shadow flag)
8. دراسة مقارنة لمؤشر الراحة الحرارية لمستعمل نمطي في مجال العينة



الشكل 8-0: الهيكل العام للبحث

الفصل الأول:

" ينمو البشر، كالنباتات، في تربة القبول لا في جو الرفض "

جون باول

مقدمة:

تمثل المجالات الخضراء رئة المدينة وهي بالنظر لحساسيتها ومورفولوجيتها المكون العمراني الأكثر صعوبة في التسيير، لأنها أهم معيار يحدد مدى التوازن بين الإنسان والبيئة ومؤشر بالغ الدلالة على نوعية الحياة ودرجة الرفاهية في المدن كما تعد أيضا من أكثر الأبعاد البيئية فعالية في التهيئة العمرانية والتعمير.

ويتضح تأثير المجالات الخضراء في انعكاساته الإيجابية على حياة الأفراد ونوعية الوسط بالنظر لوظائفها المتعددة التي تؤديها في خدمة السكان، ولمساهمتها في عدة فعاليات تعتبر من صميم أهداف المنفعة العامة فمن الناحية الاجتماعية والثقافية توفر المجالات الخضراء إطار يقيم ويشجع النشاطات الاجتماعية والترفيهية والثقافية ويحفز العلاقات الجوارية والحميمية بين السكان ويقوي من شعورهم بالانتماء والألفة لمناطق إقامتهم، زيادة على ترقية أذواقهم وحسبهم المدني وثقافتهم البيئية.

من الناحية الجمالية ترتبط صورة المدينة عموما بهندسة مجالاتها الخضراء وحدائقها لما تضفيه عليها من لمسات جمالية بنباتاتها المختلفة وأشكال تهيئتها وتجهيزاتها مما يخلق التوازن والانسجام بين مختلف صور استخدام الأرض، ويوفر إطار حياة وظيفي مريح، كما يمكن استخدامها في تغطية المناظر البيئية في المدينة.

أما من الناحية البيئية، فهي تعمل على تلطيف الجو وتنقية الهواء وتوفير الظل والتخفيف من الضوضاء، إضافة إلى دورها في حماية المناطق الحساسة، كالأراضي المعرضة للانزلاق والتعرية والانجراف.

إن التطرق لموضوع المجالات الخضراء العمرانية ليس بالأمر الهين و السهل، لأنه نتاج الحضارة التي نعيشها كضرورة حتمية، ولأهمية هذا الموضوع الذي يمس العديد من الجوانب، بل يكون العنصر الأساسي منها، فهو بالدرجة الأولى يدخل في تركيب المدينة ويعتبر من العناصر الأساسية و المهمة في تكوينها - لما فرضته الحضارة و العمران الحديث كضرورة من الأولويات- فالمجالات الخضراء هي المتنفس الوحيد وسط زخم المدينة، ومن الدرجة الثانية فإن المجالات الخضراء تدخل في التغيير المناخي العمراني، بغض النظر عن الإقليم المناخي المتواجد في المنطقة، يتطرق في هذا الفصل للمجال الأخضر كمفهوم و تطورات عبر التاريخ، كما يتطرق إلى علاقاته بالجانب الاجتماعي، البيومناخي و عدة جوانب غيرها.

1. مفهوم المجالات الخضراء:

المجالات الخضراء عنصر بالغ الأهمية لأي مدينة تسعى إلى تحقيق عنصر الراحة و الوقاية و التنزه لسكانها، كما أنها تعتبر رئة المدينة، و هي المجال الوحيد لتوفير التسلية و الترفيه في المحيط العمراني إضافة إلى التهيئة و التجهيز.

وتعرف المجالات الخضراء على أنها مساحات تكون داخل المدينة أو خارجها بحيث يكون أكبر قسط منها مغطى بالنباتات (مروج، أشجار، شجيرات... إلخ) هذه المساحات تستعمل كحدائق و أماكن للراحة و هي تحتوي على مجالات مخصصة للعب و قاعات موجودة في الهواء الطلق، أي المسابح و الملاعب و هي تعمل على تلطيف الجو و تنقيته و تعطي منظرا جميلا بالإضافة إلى الدور الصحي و المناخي (Despot et al., 2018) (WHO Regional Office for Europe, 2016).

ومفهوم المجالات الخضراء حديث نسبيا ظهر مع التعمير و زيادة المساحات المبنية التي حرضت على إعادة إظهار مجالات مخصصة للراحة، ويشمل الحدائق القديمة، السكوار (square)، الحدائق و الطرقات المشجرة، كما نستطيع تعريف المجال الأخضر كمساحة متغيرة غلبية أو مشجرة، يؤمن دور بيولوجي و مخصص للراحة و الترفيه، النشاطات الثقافية و الرياضية (Ali & Al-Kodmany, 2012) (Van de Ven et al., 2016)

و من هذا المفهوم تنتج أقسام من المجالات الخضراء (Bekkouche, 1997):

- مجالات خضراء عامة: مجالات مفتوحة لعامة الناس.
- مجالات خضراء عمرانية: مجالات خضراء على مستوى التقسيم الإداري سواء كانت ولاية أو محافظة.
- مجالات خضراء شبه عمرانية (Suburban): مجالات خضراء على مستوى التجمع العمراني أو المدينة التي من الممكن أن تكون جزءاً من تقسيم إداري أو التقسيم الإداري نفسه

2. تعدد أنماط وأنواع المجالات الخضراء في الوسط العمراني:

التصنيف النوعي و النمطي للمجالات الخضراء يرتبط ارتباطاً وثيقاً بنوع المجال الأخضر و بالتالي يستلزم الأمر النظر إلى نوعية مستعمليه الذي يتطلب تحديد احتياجاتهم في هذا المجال، و تحديد بدقة النشاطات التي تمارس فيه، فإن تحديد أنواع و أنماط المجالات الخضراء في الوسط العمراني يرتبط بنفس العوامل السابقة الذكر، حيث تصنف المجالات الخضراء في الوسط العمراني من حيث النمط و هو الذي يتعلق بشكل المجال، و كذلك تصنف من حيث النوع الذي يتعلق بتخصص المجال الأخضر من حيث الاستعمال، و هذا ما سندرجه في هذه النقطة (de la Barrera et al., 2016) (Hillsdon et al., 2006).

1.2 أنماط المجالات الخضراء في الوسط العمراني:

وتتركز في نمطين رئيسيين يتعلقان بشكل المجال من حيث أنه مجال خطي أو كتلي و هي كالاتي:

- مجالات خضراء بشكل خطي و تتمثل في الشوارع مغروسة، فقد ظهر هذا النمط ناتج عن مشاكل المرور و ارتفاع نسبة التلوث بدرجة كبيرة، فأصبح من الحتمي غرس الشوارع بالأشجار و التي يتميز اختيارها بأن تكون أكثر الأنواع تحملاً لعوامل التلوث و يليه الاعتبار الثاني و هو نسبة حجم الشارع إلى حجم الشجرة (Yang et al., 2005)، أما الاعتبار الثالث فهو طبيعة الشارع نفسه و موقعه إن كان بمنطقة سكنية أو في طريق سريع أو في منطقة خالية غير مزدحمة، وكما أن الأحواض المغروسة - و هي عبارة عن أحواض بنائية تنشأ لغرس العشبيات و الأزهار، التي يكون موقعها في أركان الحدائق أو في نهاياتها يمكن أن تكون كذلك في الأرصفة كتجميل و تزيين لها مع مراعاة عرض الرصيف المناسب للاستعمال.



الصورة 1-2: شارع مشجر بنباتات مشكلة بالقص في محافظة الحريق، السعودية، المصدر: صحيفة الحريق الإلكترونية، 2017 (park.alriyadh.gov.sa)



الصورة 1-1: شارع مشجر بنباتات مشكلة بالقص في محافظة الحريق، السعودية، المصدر: صحيفة الحريق الإلكترونية، 2017

- مجالات خضراء ذات أشكال كتلية؛ تتمثل في (غانمي، 2007):
 - حدائق المجمعات السكنية: وكانت نتيجة لتوسع التجمعات السكنية في الأحياء المزدهمة حيث تكون بشكل عمارات في صفوف منتظمة تتخللها بعض الفراغات وتفصلها طرق، فاستغلت هذه الفراغات بشكل حدائق

صغيرة نسبياً تتخللها مسطحات، بغرض تجميل المكان وتلطيف الجو ومنع الأتربة وتوفير وسائل الاستمتاع والراحة للسكان (الصورة 1-3).

■ حدائق السكوار (square): هي من الحدائق ذات الأبعاد الصغيرة، مساحتها متغيرة من 4 أو 5 هكتار، وقد ظهرت قديماً في إنكلترا بشكل ديكور عمراي و مكان للتنزه والاستراحة، و من النادر أن تكون مهياًة بالأثاث العمراي و إن وجد فهو أثاث لعب خفيف مثل أحواض الرمل، حلبات الانزلاق الصغيرة (Clifford, 2019).

■ الحدائق العامة والمتنزهات: وهي حدائق لعامة الشعب و ليست قاصرة على فئة معينة و تتولى إنشائها و إدارتها مباشرة المؤسسات الحكومية أو البلديات أو المحافظات، و للحدائق العامة و المتنزهات أنواع كثيرة نذكر منها: الحدائق العامة البسيطة التي تنشأ ضمن الأحياء و تزود بمرافق بسيطة كدورات مياه و كافيتيريا و ملاعب أطفال الخ...، و كذلك المتنزهات المركزية والتي هي أكبر حجماً و بها شلالات كبيرة و نافورات و بحيرات و ملاعب كبيرة رياضية و ملاعب أطفال (Tyrer, 1992).



الصورة 1-5: منتزه مركزي في مدينة نيويورك، المصدر: موقع (pinterest)



الصورة 1-4: حديقة سكارو لمساكن فردية، المصدر: موقع (miogarden.com)



الصورة 1-3: حديقة مجمع سكني بمدينة تروندهايم النرويجية، المصدر: موقع (budgetplaces.com)

2.2 أنواع المجالات الخضراء في الوسط العمراني:

في الوسط العمراني تعددت أنواع المجالات الخضراء و هذا بتعدد احتياجات سكانها فهي تندرج من المجالات الخاصة إلى المجالات العامة و التي تندرج تحتها مجالات متخصصة و غير متخصصة (بكوش، 2007)، بحسب استعمالاتها و هي تصنف كالآتي:

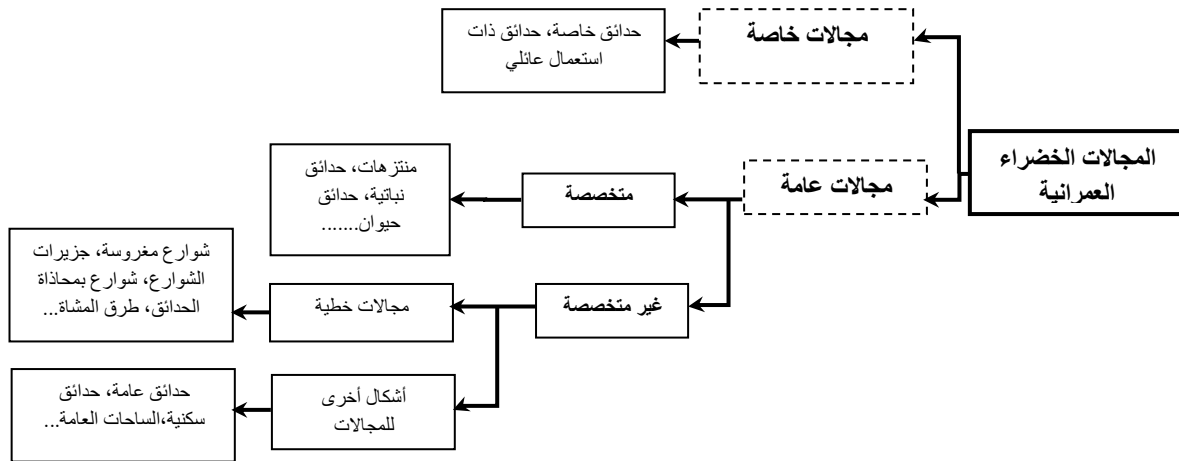
- **المجالات الخاصة:** وتتضمن الحدائق الخاصة والتي هي مجالات زراعية، ذات مساحات صغيرة وتكون دائماً مجاورة للسكنات أو المنازل الفردية، لذا تحديد مساحتها مرتبط بخصوصية العائلة والمساحة المتوفرة لها لإقامة الحديقة.
- **المجالات العامة:** وتنشأ حول المنشآت أو المؤسسات أو لفئات خاصة قصد تجميلها وعزلها والترفيه عن المترددين عليها أو العاملين أو المقيمين بها ومن أمثلتها: حدائق الأطفال، الأسطح، الحدائق السكنية....
- **المجالات الخضراء العامة المتخصصة:** وتتضمن الأنواع التالية:

التسمية	التعريف	صورة مثل على المجال
الحدائق المائية والنصف المائية	انتشر منذ العصور القديمة؛ حيث يعتبر عنصر الماء أهم العناصر على الإطلاق لما له من أهمية جمالية من كل النواحي وأهمها المناخية في تلطيف الجو وهذا لا يعني انعدام النباتات والمغروسات في.	
الحدائق الصخرية	حدائق طبيعية الطراز ما يميزها وجود الصخور، النباتات العشبية المزهرة والشجيرات كما يمكن أن يوجد عنصر الماء، وما يعطيها جاذبية وإقبال عليها هي تمثيلها لصورة الطبيعة الخام.	
حدائق الأطفال	عادة ما تكون جزءا من الحدائق العامة أو الحدائق السكنية أو من الممكن أن تكون حدائق خاصة بالأطفال قائمة بذاتها، وما يميزها احتوائها على مساحة واسعة للعب وتنقسم إلى نوعين حدائق مستقلة وهي منشأة خصيصا لهذه الشريحة من المجتمع حيث تتوفر فيها كل مستلزماتهم وحدائق مكملة؛ وهي عبارة عن جزء من الحديقة العامة أو السكنية.	
حدائق الحيوان	هذا النوع من الحدائق يعتبر مكان للراحة والتمتع بالهدوء والجمال ومختلف صور الطبيعة بحيواناتها. ويقسم هذا النوع من الحدائق إلى عدة أقسام حيث كل واحد منها يمثل البيئة المماثلة التي تفضلها حيواناتها.	
الحدائق التاريخية	حدائق أثرية لإحياء ذكرى أو موقع تاريخي، حيث يحتفظ بها على ما هي عليه حتى في أنق تفاصيلها ومن أمثلتها حديقة فرساي بباريس	
الحدائق النباتية	تنشأ هذه الحدائق للأغراض التعليمية والبحوث العلمية والمساعدة في دراسة النباتات من النواحي البيئية والفسولوجية و المورفولوجية وهذه الحدائق تحتوي على أكبر مجموعة من أنواع وأصناف النباتات المحلية والمستوردة	
حدائق مراكز الشباب	مخصصة لفئة من المجتمع وهي الشباب (أعمارهم من 15 إلى 25 سنة)، والغرض الأساسي هو ترويجي بطبيعة الحال حيث خلق أماكن كهذه لقضاء وقت الفراغ فيما هو مفيد، يمنع الكثير من الأمراض الاجتماعية التي تعلي منها هذه الفئة من المجتمع	

الجدول 1-1: أنواع المجالات الخضراء العامة المتخصصة، المرجع: غانمي 2007 بالتصرف

المجالات الخضراء العامة غير المتخصصة:

و تتمثل في جميع أنواع المجالات الخطية من شوارع وأحواض مغروسة و الكتلية من حدائق المجمعات السكني، حدائق السكوار، الحدائق العامة و المنتزهات؛ الساحات العامة، و قد سلف ذكرها في أنماط المجالات الخضراء في الوسط العمراني (غانمي، 2007)



الشكل 1-1: يمثل تصنيف المجالات الخضراء في الوسط العمراني، المصدر: غانمي، ف، 2007

3. مكونات المجالات الخضراء العمرانية:

لا بد أن المجالات الخضراء بصفة عامة هي مجالات لا تخلو من المكونات الغير النباتية، فلا يمكن تسمية مجال أخضر عمراني إلا إذا كان يتألف من عدة مكونات اصطناعية وطبيعية تلبي احتياجات المستعمل، وهذا ما يحدث الاختلاف بين مجال أخضر عمراني ومجال أخضر طبيعي، وتختلف هذه المكونات باختلاف أنماط المجالات الخضراء في الوسط العمراني وهي كالتالي:

1.3 العناصر النباتية: وهي جميع أنواع النباتات باختلاف أنماطها وأنواعها (الأشجار، الشجيرات، المتسلقات والمددات، مغطيات التربة...).

- الأشجار: هي عبارة عن نباتات خشبية تتكون من ساق طويلة، تبدأ في التفرع بعد أن يزيد طولها عن ثلاثة أمتار تقريبا، وتتخذ تيجانها عدة أشكال في الطبيعة فهي بشكل مروحي، مخروطي، قائم، طويل، دائري، قمعي، مثلثي، متفرع ومحيطي.... كل هذه الأشكال تتخذها بصفة طبيعية، وهناك أشجار قابلة للقص والتشكيل حيث تتخذ جميع هذه الأشكال بالإضافة لأشكال الحيوانات، أشكال هندسية مركبة، زخارف فنية بديعة.
- الشجيرات: هي نباتات دائمة الخضرة أو متساقطة زخرافية الأوراق ذات نموات جميلة وبعض أزهارها ذات ألوان جذابة وروائح عطرية وأحجامها مختلفة تدخل في تنسيق الحدائق ويستعمل فيها جمال أزهار وأوراق الشجيرات تختلف في نموها وتعلو من 1 إلى 3 م؛ ويظل بعضها على ارتفاع متر كالفل والورد، سيفانها صلة خشبية وتحمل التفريعات في نموات مختلفة وهذه تحمل الأوراق التي

يختلف شكلها وحجمها ولونها حسب نوع النبات وما يحمله من أزهار مختلفة الألوان والأحجام تبعاً للعائلات النباتية التي تتبعها (القيعي، 1995).

		
الشكل قائم الطويل	الشكل المخروطي (الهرمي)	الشكل المروحي
		
الشكل المفتوح وغير المنتظم	الشكل الدائري (كروي)	الشكل المتهدل
		
الشكل المتفرع	الشكل المثالي	الشكل المحيطي (الخيبي)

الجدول 1-2: يوضح نمطية أشكال الأشجار والشجيرات، المصدر: الباحث بتصريف عن طارق محمود القيعي، 1995

الأسيجة النباتية (plant hedge): نباتات دائمة الخضرة كثيفة التفرع، تزرع في صفوف منتظمة منسقة حول الحدائق والبساتين والحقول وفي داخلها، وعلى حواف السواقي والممرات والمنشآت المختلفة. والغاية من زراعتها التزيين والتحديد والحماية والعزلة والتقسيم وتشكيل منظر جميل وخلفي للنباتات التزيينية المناسبة، وهي نوعان الأسيجة التزيينية وهي لغرض التجميل حيث تختار النباتات ذات الأوراق النظرة والأزهار الجميلة، والنوع الثاني الأسيجة المانعة وتستخدم للتزيين والحماية لكونها تحمل أشواكاً على سوقها وفروعها (نبيل البطل وعدنان الشيخ عوض، 1995).



الصورة رقم 1-6 و 1-7: مثال عن سياج نباتي تزييني على النمط الصيني وسياج مانع، المصدر: خولة علي، 2012، موقع (alittihad.ae)

- المتسلقات والمددات: هي النباتات ضعيفة الساق ولا تقوى على النمو بمفردها، ولذلك فهي تتسلق الأشجار والأسوار لترتفع وتصل إلى ضوء الشمس، فهي تستخدم في التنسيق لتكسب المبنى طرازا طبيعيا، للإكثار من اللون الأخضر والأزهار في الحديقة وخاصة إن كانت مساحتها صغيرة، كم أنها تخفي بعض العيوب المعمارية، وقد تنمو المتسلقات بكثافة كبيرة مغطية الجدران بكاملها، حاجة الرؤية، كما أن هناك نوع من المتسلقات تنمو بكثافة أقل مما تعطي فرصة للنظر من خلالها. وقد تنمو في وسط المسطحات على هيئة شجيرات متهدلة أو مشكلة (Gunjal et al., 2012).



الصورة 8-1: مثال على المتسلقات المزهرة بغرض تزيين المسكن،
المصدر: موقع (mazra3a.net)

- مغطيات التربة: يجب التفريق بين المسطحات الخضراء و مغطيات التربة، فالمسطحات الخضراء بالحديقة هي مساحات من الأرض يكتسي سطحها بخضرة الأوراق و سيقان نباتاتها مفترشة لا تعلق عن سطح الأرض بضعة سنتيمترات و قد تترك طبيعية أو توالى بالقص أما مغطيات التربة قد تكون شجيرة أو عشب و لكن تكون مفترشة أو زاحفة بحيث لا تعلق عن 0,50 م و تغطي الأرض تامة (Thomas, 1941).



الصورة 9-1: مغطيات التربة مزهرة من نوع جازانيا يونفلورا
، المصدر: موقع (albustan.com.sa)

- المسطح الأخضر: تعرف بالأبسطة أو المروج وهي أجزاء مسطحة من الأرض أو ذات ميل ومنحدرات تغطي تماماً بنباتات عشبية خضراء اللون تختلف مساحتها باختلاف الغرض الذي أنشئت من أجله وغالباً ما تكون الجزء الأكبر والأهم في الحديقة، وتشكل المسطحات الخضراء ما بين 30% و 80% من مساحة الحدائق، و100% من مساحة الملاعب، يتميز المسطح الأخضر بأن يكون معمر و مستديم الخضرة، سريع النمو و يتجدد بسهولة، يغطي سطح الأرض تماما، مقاوم الإصابة بالأمراض و الحشرات، يتلاءم مع جو المنطقة المزروع فيها و كذلك مع نوع التربة (الوكيل, 2010).



الصورة 10-1: المسطح الأخضر وتناسقه مع العناصر الأخرى للحديقة، المصدر: موقع (alhadeeqa.com)

2.3 العناصر البنائية: وهي كل العناصر التي تحتاج لإنجاز وبناء (المدخل والأبواب، التماثيل والمجسمات، التعريشات "pergolas"، الدرجات والسلالم والمنحدرات، المماشي بجميع أنواعها، تلبيط الأرضيات، المقاعد، الأحواض البنائية، عناصر تأثيث أخرى، عناصر خدمات مساندة).

- المدخل والأبواب: تحدد مداخل المجال الأخضر بحيث تسهل الدخول فيكون موقعها في الطريق المناسب، ويختلف اتساع المدخل بحسب نوع المجال ومساحته، ففي حدائق الحيوان والحدائق العامة وكذلك حدائق التسلية تكون المداخل متسعة، حيث تتموقع على الشوارع الكبيرة الرئيسية.
- الأسوار: وهي الحدود الخارجية لنوع من المجالات الخضراء كالحدائق بأنواعها (المجالات الخضراء العامة المتخصصة)، وهي تختلف تبعاً لنوع الحديقة ومساحتها وموقعها والحالة الأمنية في المنطقة، أو تكون بغرض توفير العزلة والهدوء أو لغرض تجميلي، فإما أن تكون أسوار نباتية، خشبية، حديدية، بنائية، أو حتى مائية أو مركبة من عدة مواد (مصطفى بدر، 1992).



الصورة 11-1: مدخل حديقة الحيوان برونكس في نيويورك، المصدر: موقع (alhadeeqa.com)

- الطرق والممرات: وهي الشرايين التي تتخلل المجالات الخضراء للسير والتنقل عليها، و المواد التي تنجز منها الطرق و الممرات عديدة و متنوعة، يتوقف اختيارها على عدة عوامل منها: نوع المجال و بالتالي عدد المترددين عليه، نوع تصميم

الحديقة إن كان هندسي أو طبيعي أو مزدوج أو حر، مساحة المجال الأخضر و التي لها ارتباط وثيق بعرض الطرق، كثافة المرور و نوعية المركبات المارة على الطرقات، العامل المناخي من درجة الحرارة و قوة سطوع الشمس و كمية الأمطار...، كل هذه العوامل تحدد اختيار مواد الطرق و الممرات المنجزة في المجالات الخضراء، ومنه نذكر بعض الأنواع: الطرق الإسفلتية، الخرسانية، البلاط، الحجارة، الفسيفساء، الرمل، الخشبية، العشبية...

■ التآثيث العمراني: هو مصطلح يشير إلى العناصر المستعملة في تهيئة المجالات العامة و المجالات الخضراء على الخصوص، حيث يضم عدة عناصر منها المقاعد، المظلات، أعمدة الإعلانات و الإضاءة، تلبيط الأرضيات، الأدرج و السلالم والمنحدرات، التماثيل و النصب (Carmona et al., 2010) (P. Merlin & Choay, 1988).

عناصر الأثاث العمراني

العصر	التعريف	الصورة
المقاعد وأماكن الاستراحة	يراعى في تصميم المجالات الخضراء توفر أماكن للجلوس وتكون مطلة على مناظر أساسية في تنسيق المجال. عموما فإن أماكن الجلوس يجب ألا تعترض انسيابية الحركة في الممرات الرئيسية والساحات ويمكن دمج أماكن الجلوس في التكوين مع أحواض الزرع والجدران الخارجية للمباني بحيث تكون هذه الأماكن مواجهة لمحاور حركة المشاة	
مقاعد عامة مستقلة ومدمجة مع أحواض النباتات، المصدر: موقع (klyoom.com/globally)		
المظلات	تنشأ على امتداد بعض الممرات في المجال الأخضر، كما أنها بصفة تلائم المقاعد وأماكن الاستراحة أو ممرات المشاة، وهذا بغرض الحماية من عوامل المناخ القاسية، وهي إما أن تكون اصطناعية من القماش أو حتى بنائية أو تكون طبيعية من حوامل خشبية تتخللها نباتات ممتدة.	
مظلات إنشائية ومظلات نباتية في أماكن الجلوس والممرات، المصدر: موقع (klyoom.com/globally)		
عناصر الإضاءة الاصطناعية	هي عناصر مهمة تتمثل في إعطاء الإحساس بالأمان، كما تسهم في التركيز على بعض أنواع النباتات. وبالنسبة لإضاءة ممرات وساحات المشاة يجب ألا يزيد ارتفاع مصدر الإضاءة عن أربعة أمتار مع إعطاء عناية خاصة لإضاءة المناطق التي تشمل سلالم.	
عناصر الإضاءة في منتزه هاكون غورا في اليابان، المصدر: موقع (hakone-tozan.co.jp)		
الأدرج والسلالم والمنحدرات	لتنظيم حركة الإنسان داخل أي موقع وخصوصا عندما يكون هناك اختلاف في مناسيب مسطحة، في مثل هذه الحالة فإن الربط بين هذه المصاطب يمكن أن يتم إما بالسلالم والدرجات أو باستخدام المنحدرات والنوعان يعطيان سطح رصف صلب يسمح للناس بالحركة إلى أسفل.	
السلالم والمنحدرات في حديقة بوتانيكو دي كورينثيا بالبرازيل و بوتشارت بكندا، المصدر: موقع (universemagic.com)		



تعتبر التكوينات المائية عنصر أساسي في المجالات الخضراء وبالأخص في الحديقة، حيث ترجع أهمية استخدامها إلى تأثيراتها الجمالية والوظيفية وذلك من خلال شكلها وحركة الماء الانسيابية وخرير صوته، بالإضافة إلى الدور الهام الذي تقوم به المسطحات المائية في تلطيف درجة حرارة الجو وزيادة الرطوبة النسبية.

العناصر المائية

عنصر الماء بشكل شلال صناعي وفسقية حديقة قصر فرساي، المصدر: موقع (alhadeeqa.com)

وتتمثل في دورات المياه، مطاعم للأكل الخفيف، الأسوار والمداخل، المصلي، مواقف السيارات، وكل ما يؤدي خدمة لمستعمل المجال.

العناصر الخدمائية

الجدول 1-3: أنواع عناصر الأثاث العمراني في المجالات الخضراء العامة، المصدر: (مصطفى بدر، 1992)، (Sablet & Giraud, 1991)، (أبو الذهب محمد، 1998)، (نبيل البطل وعدنان الشيخ عوض، 1995)

4. أسس تصميم المجالات الخضراء العامة:

التصميم بمعناه الشامل هو عبارة عن تنظيم الأجزاء البسيطة في صورة مركبة وبطريقة فنية للوصول إلى تنظيم وبالتالي تنسيق جيد، وهناك عدد من الأسس التي ينبغي لمصمم الحدائق الإلمام بها ومعرفتها قبل الشروع في تنفيذ التصميم المقترح لها ولتحقيق التخطيط والتنسيق المطلوب للحديقة يجب مراعاة الأسس الآتية:

مبادئ تصميم المجالات الخضراء



محاور إشعاعية لحديقة هندسية الطراز



محور رئيسي لحديقة هندسية الطراز ينتهي بنافورة

هي خطوط وهمية، فمنها المحور الرئيسي الطولي ومحور أو آخر ثانوي أو عرضي عمودي على الرئيسي، ولكل محور بداية ونهاية كأن يبدأ بنافورة في طرف يقابلها كشك وفي الطرف المقابل. ما يسمى بمحور التصميم الأساسي يعتبر من الأهمية بمكان في تنسيق المجالات الخضراء الهندسية الطراز ولكن لم يعد له أهمية تذكر في التصميمات الحديثة.

محاور الحديقة



الوحدة والترابط بتكرار وتناظر وحدة من النباتات المقصوصة



الوحدة والترابط في خلق حدود بتكرار نوع من الشجيرات

وهي الرابطة أو القالب أو الإطار الذي يربط وحدات المجال الأخضر معا ومن الممكن إضفاء الوحدة عليها عن طريق زراعة سياج حول الحديقة أو إقامة أية حدود بنائية كذلك عن طريق ربطها بممرات وطرق وتكرار مجموعات نباتية متشابهة في اللون أو الصنف أو الجنس.

الوحدة والترابط

يجب أن تتناسب أجزاء المجال الأخضر مع بعضها وكذلك مكوناتها، فلا تستعمل نباتات قصيرة جداً في مكان يحتاج لنباتات عالية أو أشجار ذات أوراق عريضة في حديقة صغيرة ولا تزرع أشجار مرتفعة كبيرة الحجم أمام مبنى صغير أو تزرع أشجار كبيرة الحجم في طرق صغيرة ضيقة. يجب أن تتوازن جميع أجزاء الحديقة حول المحاور.

التناسب والتوازن



هيمنة وسيادة الأشجار ذات اللون القرمزي عن باقي عناصر حديقة بوتشارت، كندا

يراعى في تصميم الحدائق سيادة وجه معين على باقي أجزائها مثل سيادة عنصر في الحديقة له قوة جذب الانتباه مثل النافورة أو المجسم البنائي أو أي شكل هندسي بارز أو سيادة منظر طبيعي على باقي أجزاء الحديقة.

السيادة



البساطة في عناصر الحديقة الحديثة

تستخدم البساطة في الاتجاه الحديث لتخطيط وتنسيق الحدائق إذ تراعى البساطة التي تعمل على تحقيق الوحدة في الحديقة وذلك بالتحديد بالأسوار وشبكة الطرق والمساحات، واختيار أقل عدد من الأنواع والأصناف بمقدار كاف، والابتعاد عن ازدحام الحديقة بالأشجار والشجيرات أو المباني والمنشآت العديدة وهذه تسهل عمليات الخدمة والصيانة.

البساطة



تكرار وتنوع مجموعات زهرية على مدى الممشى

يحسن إتباع التكرار في بعض مكونات الحديقة من نباتات وخلافها بحيث تحقق التتابع بدون انقطاع لربط أجزاء الحديقة، وذلك بزراعة بعض الأشجار على الطريق، أو مجموعة من النباتات تتكرر بنفس النظام بحيث يكون لها إيقاع وتكون ملفتة وجميلة الشكل

التكرار والتنوع

بالتتابع ترتيب عناصر التصميم بحيث ينظر إليها تدريجياً في اتجاه معين مثل تدرج النباتات من المسطح الأخضر إلى سياج من الأشجار المرتفعة محيطة بالحديقة في الجهة الخلفية وتزيد أهمية الاتساع في التنسيق الحديث للحدائق حيث تقل مساحاتها، وكلما كانت الحديقة واسعة كان ذلك أدعى لراحة النفس

التتابع والاتساع



استخدام الألوان الهادئة وزراعة الشجيرات على حواف المسطح الأخضر لخلق اتساع ظاهري في الحديقة



مثال عن التدرج الضوئي للأخضر في حديقة ليفينز هول في بريطانيا

هو إظهار العنصر اللوني، وهذا يتأتى إما عن طريق اللون الأخضر للمجموع الخضري لمعظم النباتات أو من خلال ألوان الأزهار المختلفة، والمنظر الأخضر هو اللون السائد في الحدائق والمفضل ولذا يعمل على الإكثار من المساحات الخضراء.

الألوان ودرجة توافقها



اختيار الألوان المتناقضة على مستوى الأزهار يحدث ارتباك في النظر



اختيار الألوان المتوافقة في الحديقة

التناقض معناه عدم وجود صلة بين عنصرين من عناصر التصميم وعكسه التوافق في وجود الصلة التي تربط بينهما وعلى سبيل المثال تناقض الحديقة العصارية مع المائبة للاختلاف في طبيعة نمو نباتات كل منها، والتوافق الموجود بين الحديقة المائبة والحديقة الطبيعية المكونة من مجموعة غير منتظمة من الأشجار والشجيرات والنباتات العشبية وكذلك الحال بالنسبة لتوافق الألوان وتناقضها

التناقض والتوافق

يشكل الضوء والظل عنصر مهم في تنسيق الحدائق إذ يتأثر لون العنصر وشكله وقوامه بموقعه من حيث الظل أو شدة الضوء وقد ترجع أهميته في تنسيق الحديقة إلى شكله وتوزيع الضوء والظل فيه، ويتم توزيع زراعة النباتات المختلفة واختيارها من حيث كثافتها ومدى حاجتها من الضوء والظل في الحديقة ويراعى مواقع العناصر المستخدمة في التنسيق حسب احتياجها للضوء أو

الإضاءة والظل

الظل.

اختيار الأنواع النباتية يتم على أساس معرفة طبيعة نموها ومميزاتها؛ حتى يتم اختيار المكان المناسب لوضعها فيه، فإما أن تكون بشكل مفرد، بشكل مجموعات، أو كمناظر خلفية.

الجدول 1-4: يمثل اهم المبادئ التصميمية للمجالات الخضراء المصدر: محمود القيعي، 1995 بتصرف من الباحث

5. أشكال ومفهوم المجالات الخضراء في المناطق السكنية:

تتميز المجالات الخضراء في الأحياء السكنية بأشكال وأنواع متعددة بحسب (P. Merlin & Choay, 1988)، هناك عدة مستويات مختلفة:

- على مستوى الوحدة السكنية؛ يوجد حدائق خاصة وحدائق البنائيات وهي عبارة عن مساحات لعب، استراحات ومروج.
- على مستوى وحدة مجاورة؛ سكوار (suar)، الساحات والحدائق العمومية، أرضيات لمغامرات الأطفال، الملاعب، مساحات للرياضة المدرسية وحدائق الحي.
- من الحي: الحدائق والمنتزهات والملاعب الرياضية؛
- المدينة: المنتزهات الحضرية، والمنتزهات الترفيهية، والحدائق النباتية، وحدائق الحيوان، والمرافق الرياضية متعددة الأغراض.

الوحدة السكنية	
هي مجال عام عمراني مغروس بمختلف النباتات، وله ثلاث أشكال:	
 <p>حديقة مباني بـ (HLM) بمنطقة Vincennes بباريس</p>	<p>مجال مغروس بين العمارات بمختلف النباتات والأشجار، يكون مشترك بين سكان البناية، طبيعة المغروسات فيه تتنوع ما بين التزيينية؛ الجمالية، والمغروسات المثمرة، كما تتخللها ساحات لعب وملاعب، ممرات مشاة، كراسي...</p> <p>حديقة البناية (العمارة)</p>
 <p>حديقة سطح في مركز Rockefeller بـ Manhattan</p>	<p>مجال مغروس على سطح العمارات؛ مشترك بين السكان، طبيعة المغروسات فيه تكون بشكل نباتات، مسطح أخضر، وشجيرات صغيرة الحجم، كما يمكن أن تتخللها كراسي وتعريشات نباتية، كذلك يمكن غرس الخضر والفواكه.</p>

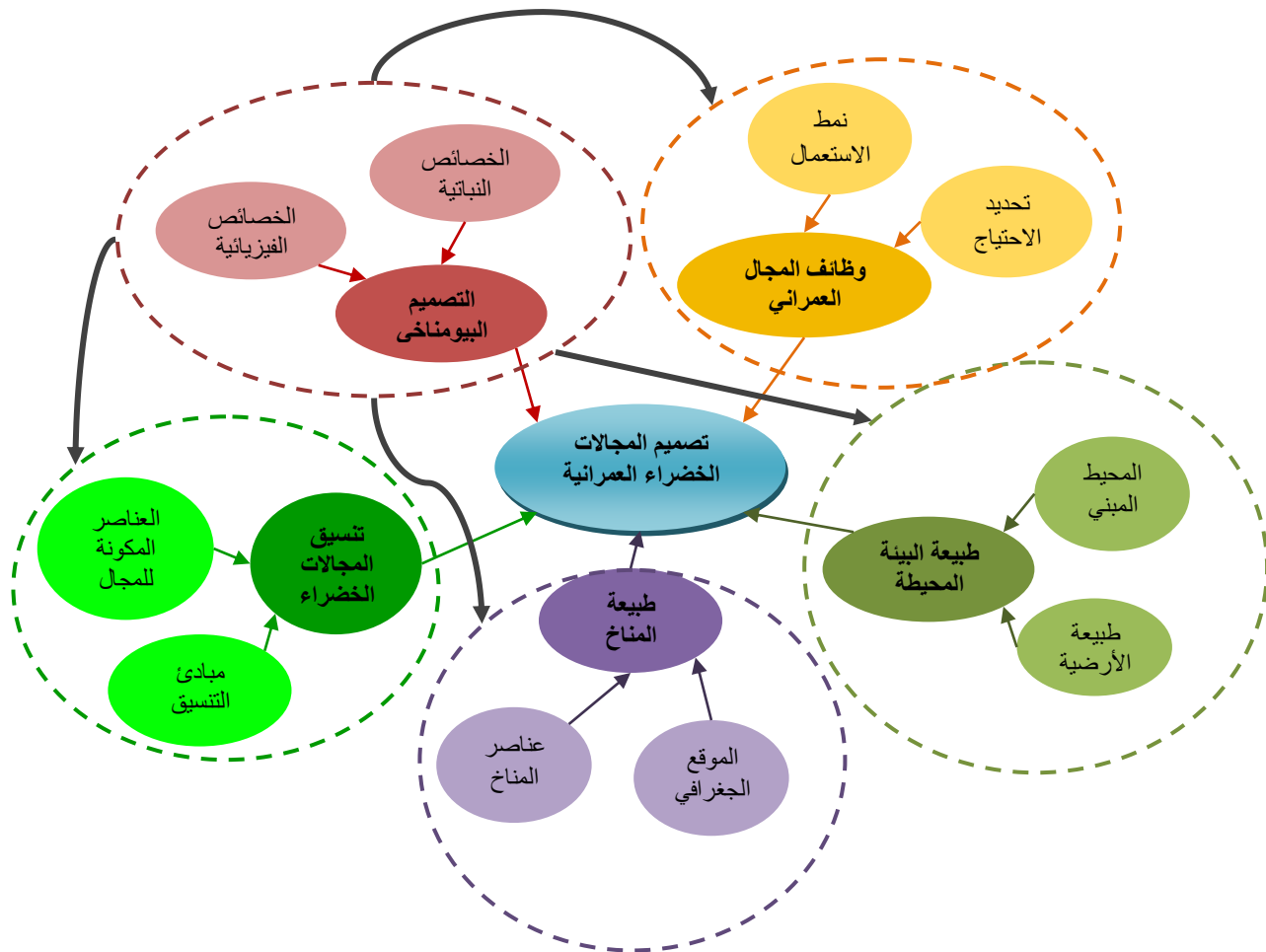
 <p>حديقة معلقة ببنائية في Sydney</p>	<p>حدائق الشرفات والواجهات من خلال غرس المساحات الخضراء على الجدران أو الأسطح أو في ممرات المشاة أو حتى في المباني بأكملها. حيث يمكن استعمال النباتات كالحالب، الأعشاب، النباتات المتسلقة، الأزهار الجميلة، حتى الأشجار والشجيرات صغيرة الحجم، هذا النوع من المجالات الخضراء هو أسلوب من المرونة البيئية الطبيعية التي تساعد في إعادة بناء الأرض التي أضعفتها كارثة طبيعية أو بشرية.</p>	
وحدة مجاورة		
 <p>ساحة الحديقة في Bloomsbury Square) مركز لندن</p>	<p>هي نوع من الحدائق العامة في منطقة حضرية محاطة كلياً أو جزئياً بالمباني؛ تم تصميمها كمكان للاسترخاء والاستجمام متاح لجميع العائلات، وجميع الأطفال. فهي مجهزة بأكشاك الحلوى، المراحيض ومختلف الألعاب للأطفال، كما تتميز بممرات مخصصة للمشاة وتحتوي على نباتات أكثر بكثير من الأسطح الصلبة أو المعالم الأثرية الكبيرة.</p>	<p>السكرار (square) ساحة الحديقة</p>
 <p>ساحة Washougal في Vancouver، كندا</p>	<p>مساحة مفتوحة مصممة للاستخدام العام ومحددة بالمباني و / أو الشوارع المحيطة. وتتمثل وظائفها الأساسية في تشجيع مجموعة متنوعة من الفرص للتفاعل الاجتماعي والأنشطة، لتوفير الراحة والاسترخاء، لتوسيع وتقوية المجال العام والمساهمة في الحياة والرفاهية العامة في وسط المدينة والأجزاء النامية الأخرى من المدينة.</p>	<p>الساحة</p>
 <p>حديقة عامة في مدينة Béthune، فرنسا</p>	<p>عبارة عن أرض ذات مناظر طبيعية ومزروعة، تتكون من الغابات أو المروج، بما في ذلك في بعض الأحيان مجالات مائية، ومسارات مخصصة للمشاة أو الاستمتاع العام.</p>	<p>الحديقة العامة</p>
 <p>مساحات لعب تابعة لحديقة Jardin Nelson Mandela، فرنسا.</p>	<p>مساحة مُصممة للأطفال ومجهزة بمعدات مثل الزلاقات والأراجيح وغيرها؛ غالباً تكون ملحقة بمجال للكبار.</p>	<p>مساحات اللعب</p>

	<p>الحدائق المشتركة متعددة الوظائف؛ فهي تتيح للمزارعين الحصول على مساحة حيث يمكنهم الاسترخاء في بيئة طبيعية، والاستمتاع بنشاط في الهواء الطلق، وبناء الروابط الاجتماعية، وتعلم مهارات البستنة وزراعة الخضروات.</p>	<p>حديقة الحي (الحديقة المشتركة)</p>
حديقة ver têt؛ باريس		
الحي		
	<p>الحديقة هي منطقة محددة من إقليم، يتم الحفاظ عليها في حالتها الطبيعية؛ لغرض الحفاظ على الطبيعة، أو شبه طبيعية بمناظر خلابة؛ لغرض الاستجمام.</p>	المنتزهات
منتزه (Queen Elizabeth) في Vancouver		
	<p>هو مساحة للعب تُستخدم لمختلف الرياضات. قد تكون هذه الأرضية خارجية، ملحقة بحديقة عامة أو منتزه، أو قد تكون مستقلة، تحيط بها مختلف أنواع المغروسات لحماية البيئة المحيطة، مجهزة لممارسة الرياضات المتنوعة، محاطة بسياج؛</p>	ملعب متعدد الرياضات
ملعب متعدد الرياضات في Cran-Gevrier، فرنسا		

الجدول 1-5: أنواع المجالات الخضراء على مستوى التجمعات السكنية، المصدر: (P. Merlin & Choay, 1988) (Vancouver,) (Brunon & Mosser, 2006) (1992)

6. التصميم البيومناخي للمجالات الخضراء:

وجود الغطاء النباتي في المجال العمراني يوفر العديد من الفوائد لسكانها كما هي المساهمة في تحسين صحة الإنسان، والشعور بالراحة والرفاهية وكذلك الحفاظ على التنوع البيولوجي. هناك تحدٍ حقيقي حول تصميم المجالات العامة ذات المناظر الطبيعية والتي تشكل معاً بنية نباتية يشاركها السكان كما تسهم في هوية المدينة، عن طريق المجالات العامة ذات المناظر الطبيعية يمكن تحديد جميع الأماكن العامة أو الخاصة مع الاستعمال الجماعي، حيث يتواجد النبات. هذه الأماكن تمثل تنوع كبير من حيث الشكل والاستعمال: حديقة عامة، حظيرة عمرانية، تجوال على مدى المجرى المائي، طرقات وخطوط نقل، مقابر، غابات، مجالات طبيعية مهياً، مجالات خارجية للأحياء السكنية أو النشاطات، حدائق جماعية (Aronson et al., 2017)، ولتصميم هذا النوع من المجالات العمرانية، يجب مراعاة عدة خصائص ومعايير تتحكم في تصميمه بيومناخياً، أهمها؛ وظيفة المجال، طبيعة البيئة المحيطة، العملية التنسيقية، طبيعة المناخ، وكلها تتداخل فيما بينها، وهذا ما يخلق تحدٍ حقيقي لإنتاج هذا المجال العمراني.



الشكل 1-2: الخصائص والعناصر المتكاملة في التصميم البيومناخي للمجالات الخضراء العمرانية، المصدر: الباحث

ميزة هيكل البيئة الحضرية هو النمط العمراني، توزيع المباني، شكل المساحات المفتوحة، الشوارع، الغطاء النباتي، ومواد الرصف. المجالات الخضراء العمرانية لها وظائف حرارية واجتماعية. كما تؤثر على الراحة الحرارية الداخلية للمباني المحيطة، وكذلك على الأنشطة الخارجية للمستخدمين (Othman et al., 2020). أحد العناصر المستخدمة في قياس جودة الحياة في المدن هو التوازن الحراري للمجالات المفتوحة وإمكانية استخدامها في الأنشطة الخارجية للمستخدمين (Jamei et al., 2016).

تؤثر المجالات العمرانية أيضًا على كمية الطاقة المستهلكة. لوحظ أنه إذا كانت المجالات العمرانية متوازنة حرارياً، فيمكن توفير الطاقة بنسبة تصل إلى 30% في المباني التجارية، و 19% في المباني السكنية (Jamei et al., 2016).

يمكن تصنيف خصائص المجالات الخضراء إلى ثلاث مجموعات. تتضمن المجموعة الأولى الخصائص الهندسية مثل الاتجاه ونسبة العرض إلى الارتفاع H/W وعامل عرض السماء (Elnabawi et al., 2015) (Johansson, 2006). يؤثر كل من الاتجاه ونسبة العرض إلى الارتفاع H/W على الإشعاع الشمسي الوارد إلى المجالات العمرانية، مما يؤثر بدوره على درجة حرارة الهواء. يتحكم اتجاه المحور الطويل للمجالات العمرانية في تعرض واجهات المباني المحيطة للإشعاع الشمسي وسرعة الرياح في المساحات (Elnabawi et al., 2015) (Bakarman & Chang, 2015). تؤثر نسبة العرض إلى الارتفاع (H/W)

(W) على المساحات العمرانية المفتوحة في تكوين مساحات تظليل خلال النهار وكمية الحرارة المنبعثة إلى السماء في الليل (Johansson, 2006) (Atwa et al., 2017).

تتحكم الخواص الحرارية لمواد التشطيب والمباني المحيطة في الانعكاسية والانبعاثية وامتصاص الإشعاع الشمسي للهواء المحيط (El-Bardisy et al., 2016) (Boukhelkhal & Bourbia, 2016). تؤثر المواد السطحية لواجهات المباني المحيطة على الإشعاع الشمسي المنعكس. ومع ذلك، فإن الإشعاع المنعكس عادة ما يكون أعلى من مستوى المشاة. وبالتالي يكون لها تأثير أقل على مستخدمي الفضاء. تؤثر انعكاسية مواد الرصف ومراقبتها بشكل مباشر على درجة حرارة الهواء المحيط، حيث تتم ممارسة الأنشطة الخارجية (Chatzidimitriou & Yannas, 2015).

كما تشكل النسبة المئوية لعناصر الغطاء النباتي مثل الحشائش والشجيرات والأشجار والنخيل وكذلك الأسطح الخضراء الرأسية (الجدران الخضراء) المجموعة الثالثة من المعايير المميزة للمجالات العمرانية المفتوحة (El-Bardisy et al., 2016) (AboElata, 2017). تتحكم كمية الغطاء النباتي في انعكاس الإشعاع الشمسي ونفاذه. كما أنه يتحكم في اتجاه الرياح وسرعتها. يلخص الجدول 1-6 بعض الدراسات التي تركز على تأثير خصائص المجالات الخضراء العمرانية على المناخ المصغر.

الخصائص	المرجع	المناخ	النتائج الرئيسية
	(Gaspari & Fabbri, 2017)	المتوسطي	
H/W ratio نسبة ارتفاع/ عرض (المبني)	(Gaspari & Fabbri, 2017) (Johansson, 2006) (Jamei et al., 2016) (Boukhelkhal & Bourbia, 2016) (Fahmy, 2017) (Ali-Toudert & Mayer, 2006) (Tsitoura et al., 2017) (Ali-Toudert & Mayer, 2007)	حار جاف	- نسب H / W المناسبة للقاء والمربع هي 0,5 و 1,0 و 2,0. - تأثير نسبة H / W يتناسب عكسيا مع التعرض للإشعاع الشمسي.
التوجيه	(Gaspari & Fabbri, 2017) (Chatzidimitriou & Yannas, 2015) (El-Bardisy et al., 2016)	حار جاف	- يفضل الاتجاه الشمالي-الجنوبي مع نسبة H / W منخفضة. - واجهات الشرق والغرب معرضة لأعلى إشعاع شمسي.
تظليل الأشجار الخيمية	(Ali-Toudert & Mayer, 2007) (Akbari et al., 2001)	حار جاف	- تظليل الأشجار الخيمية تقلل من درجة حرارة الهواء (Ta) في النهار، لكنها في بعض الأحيان تخزن الحرارة تحتها في الليل.
خصائص مواد الرصف (paving)	(Gaspari & Fabbri, 2017) (Akbari et al., 2001) (Santamouris et al., 2012) (AA.VV. Nikolopoulou, 2004) (O'Malley et al., 2014)	المتوسطي حار جاف	- التربة الطبيعية أفضل من مواد الرصف ذات معامل الانعكاس المنخفض - مواد الرصف ذات الانعكاسية العالية للإشعاع الشمسي تزيد من Ta و MRT (متوسط درجة الحرارة الإشعاعية). - يمتاز الاسفلت بامتصاصية وانبعاثية عالية مما يؤدي إلى ارتفاع Ta.
الغطاء النباتي	(Chatzidimitriou & Yannas, 2015) (Boukhelkhal & Bourbia, 2016) (AA.VV. Nikolopoulou, 2004) (AboElata, 2017)	حار جاف	- زيادة غطاء الشجرة يقلل من Ta خلال النهار بمقدار 1,5 درجة مئوية ويعزز الراحة الحرارية الخارجية. - يتميز الغطاء العشبي بامتصاصية عالية وانبعاثية منخفضة مما يؤدي إلى أدنى درجة حرارة للسطح.

الجدول 1-6: تأثير معايير التصميم الحضري على المناخ العمراني، المصدر: (Othman et al., 2020) بتصرف الباحث

1.6 الخصائص النباتية المتحركة في المناخ العمراني:

يمكن للعنصر النباتي تقليل مستوى الإشعاع الشمسي الوارد، وذلك باستخدام التظليل وتقليل كمية ضوء الشمس التي تصل إلى الأرض، كما يمكن أن يشكل حاجز عاتم للضوء وذلك بحسب طبيعة ونوع الغطاء النباتي. للأشجار خاصية الأخرى؛ وهي امتصاص ثاني أكسيد الكربون واستبداله بالأكسجين، ويمكن أن تمتص الماء وتدمجه في التربة بحيث تكون الأرض باردة. لنتمكن من خفض درجة الحرارة تحتها. يمكن أن تؤثر النباتات أيضًا على سرعة الرياح واتجاه الرياح وضغط الرياح حولها. يمكن تمييز الأشجار حسب الوظيفة في التأثير على المناخ والعمراني وفقًا لأغصان الطول والعرض والهندسة ونوع الأوراق. يؤثر وضع الأشجار وكيفية تصنيفها أيضًا على المناخ العمراني تحتها. هذا ما يوضحه الجدول 1-7 من استظهار أجزاء من الشجرة ووظيفتها.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Vegetation Parameters (الخصائص النباتية)	Geometry هندسيا	Columnar عمودية	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Pirmidalis هرمية	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Horizontal branching فروع أفقية	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Round head رأس كروي	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Disposition التموضع	Continus مستمر	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Irregular غير منتظم	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Group مجموعة	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Height الارتفاع	High مرتفع	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Medium متوسط	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Low منخفض	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Very low منخفض جدا	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Transmission الانبعاث	High عال	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Middle وسط		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Low منخفض		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Permeability النفاذية	High	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Middle	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	low	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

(hills, valleys, etc)

Large urban and suburban parks and forests

مناطق ذات اختلافات طوبوغرافية أو تخضع لظروف مختلفة من حيث التعرض (التلال والوديان وما إلى ذلك)

* The GP is an example of a medium-sized green space

* GP هو مثال لمساحة خضراء متوسطة الحجم

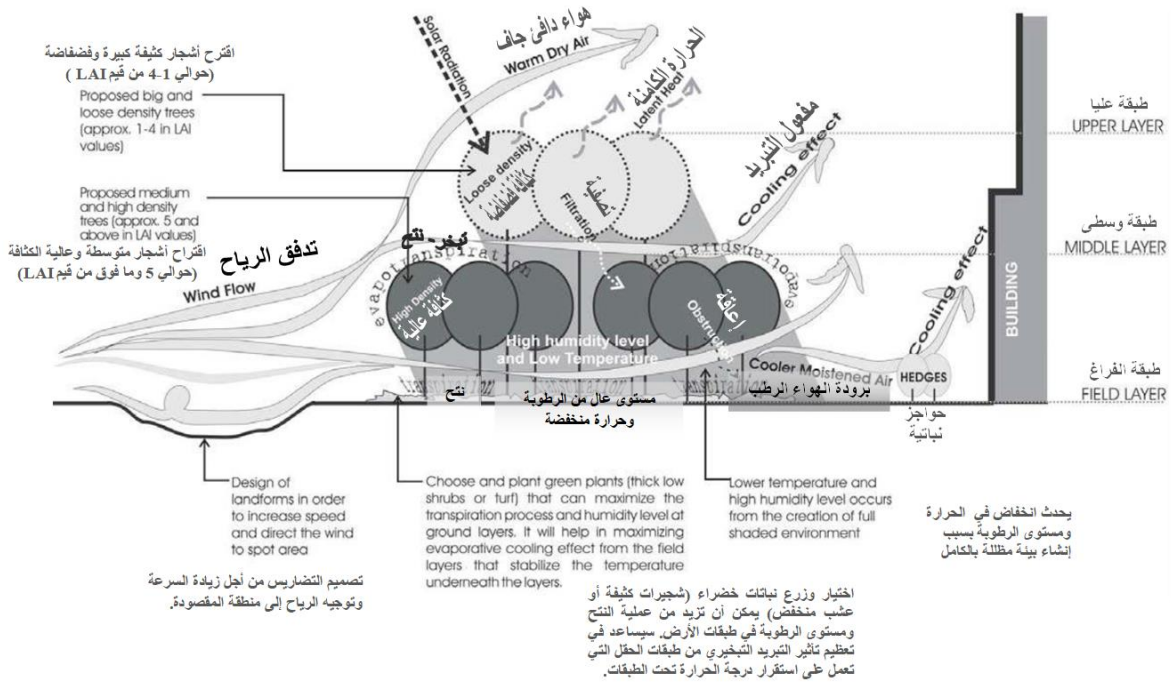
الجدول 8-1: النطاق الذي تحدث فيه التأثيرات المناخية الرئيسية للمساحات الخضراء الحضرية، المصدر: (Andrade & Vieira, 2007) بثصرف من الباحث

أما الدراسة الثانية؛ فحسب (Brown & Gillespie, 1995)، يتكون المناخ المحلي من خمسة مكونات رئيسية تؤثر على حالة المساحات الخارجية. المكونات هي الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي والرياح ودرجة حرارة الهواء والرطوبة وهي عناصر مهمة في خلق محيط حراري مريح. فيزيائياً، يمكن تعديل المكونات بواسطة البيئة المناخية من خلال المناظر الطبيعية، وذلك بأربع طرق رئيسية؛ وهي تشمل تعديل الرياح والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي الوارد والإشعاع الأرضي من الأرض والأسطح الأخرى.

وبحسب دراسة (Andrade & Vieira, 2007) التأثير المناخي للمجالات الخضراء يتميز بدرجات متفاوتة من التعقيد، والتي تحدث على مستويات مختلفة:

- تأثير المجالات الخضراء على موازين الإشعاع والطاقة والهيدرولوجيا وموازن النشاط؛
- التأثير على سمات مناخية محددة، مثل درجة حرارة الهواء (Ta) وسرعة الرياح (v)؛
- التأثير المشترك للعناصر المناخية على توازن الطاقة في جسم الإنسان، مع ما يترتب على ذلك من عواقب على مستوى الراحة الحرارية وعلى صحة الإنسان.

وكنتيجة فإن تأثير المجالات الخضراء أو الغطاء النباتي بصفة عامة، على مستويات المناخ تكمن في الأدوار الأساسية له، وهي التظليل، ترطيب الهواء عن طريق التبخر والنتح، التحكم في الرياح من حيث شدتها وتوجيهها، وهذا كما يوضحه الشكل التالي:

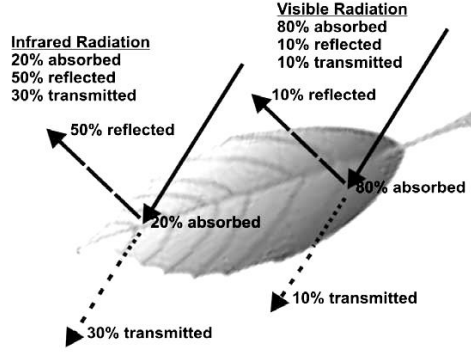


الشكل 1-3: رسم تخطيطي يوضح العملية الكاملة لتعديل مكونات المناخ المحلي الأربعة، المصدر: (M. Shahidan, 2011). بتصرف الباحث

1.7 التأثير في الأشعة الشمسية:

بحسب (Robinette, G.O. 1968) إن أحد الاستخدامات المهمة لمجالات الخضراء في التحكم المناخي هو التحكم في الإشعاع. تعد الأشجار والشجيرات والأغطية الأرضية والعشب من بين أفضل أجهزة التحكم في الإشعاع الشمسي الخارجي. كل صنف نباتي يلقي بظلاله المميزة من حيث الشكل والكثافة. ومن هنا فإن أداء الأشجار في إعطاء أفضل ظل وترشيح الإشعاع يكون حسب شكل وامتانة المظلة. تعتمد الشخصية على شكل مظلة الشجرة وهيكل الشجرة الذي يتأثر بعنصرين رئيسيين، وهما الأغصان والغصينات؛ وتغطية الأوراق. قد يؤثر هذان العنصران على الطابع العام لشكل الشجرة وكثافتها (Brown & Gillespie, 1995) (Picot, 2004).

وفقاً لـ (Brown & Gillespie, 1995)، تمتص طبقة واحدة من الأوراق بشكل عام 80% من الإشعاع المرئي الوارد، بينما تعكس 10% وتنتقل 10%. يتم امتصاص ما يقرب من 20% من الأشعة تحت الحمراء مع انعكاس 50% ونقل 30% (الشكل 2). لذلك، فإن النسبة المئوية لهذين النوعين من الإشعاع الممتص هي حوالي 50%؛ تنعكس 30% ويتم إرسال 20% فقط. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لجميع الأشجار ترشيح ما يقرب من 80-90% اعتماداً على كثافة الأوراق وترتيبها وأنواعها (Mohd Fairuz Shahidan et al., 2007). وبالتالي، فإن المزيد من طبقات الأوراق ستكون أكثر كفاءة في تقليل الإشعاع الشمسي تحت الشجرة.

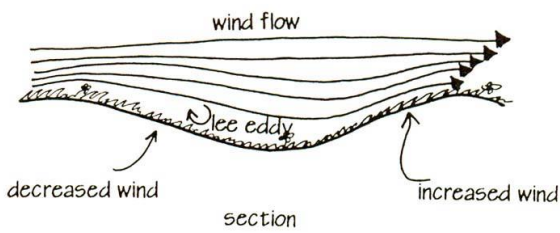


الشكل 1-4: امتصاص الأوراق وانتقالها وانعكاسها، المصدر: (Mohd Fairuz Shahidan & Jones, 2008)

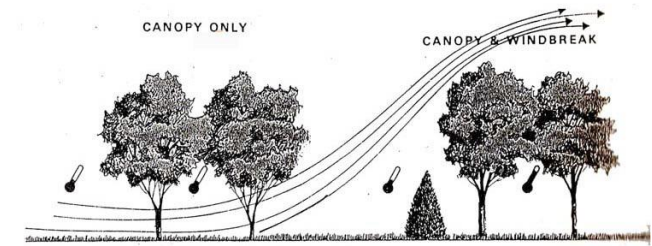
2.7 التأثير في الرياح وحركة الهواء:

يمكن استخدام الأشجار والشجيرات الكبيرة والصغيرة لحجب الرياح غير المرغوب فيها. يمكن استخدام الأشجار لتوجيه الرياح لزيادة التهوية في مناطق محددة. يمكن للأنواع المختلفة من الغطاء النباتي وأنماط الزراعة أن توفر مصدات الرياح وحواجز الرياح، كما أن كل شكل من الأشكال النباتية له طريق مميزة في التأثير على سرعة الهواء وحركته؛ بحيث:

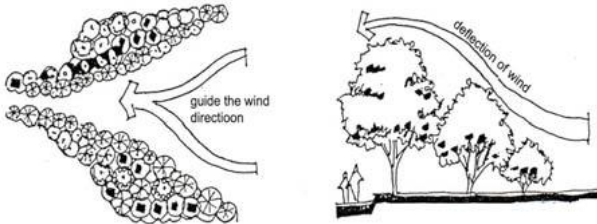
- توفر المناطق العشبية أقصى درجات التهوية.
- تعيق الشجيرات تدفق الرياح بالقرب من سطح الأرض وفوقها.
- الأشجار، وخاصة الأشجار العالية ذات الستائر الكبيرة، تقلل بشكل كبير من سرعة الرياح في منطقة مجموعة الأشجار وفي اتجاه الريح.
- يمكن لشجرة واحدة ذات جذع مرتفع ومظلة عريضة أن تركز الرياح بالقرب من الأرض، وبالتالي تزيد من سرعة الرياح.
- عندما يتم وضع مثل هذه الشجرة الكبيرة بجانب نافذة على الجانب المواجه للريح من المبنى، يمكن تحسين التهوية الداخلية.



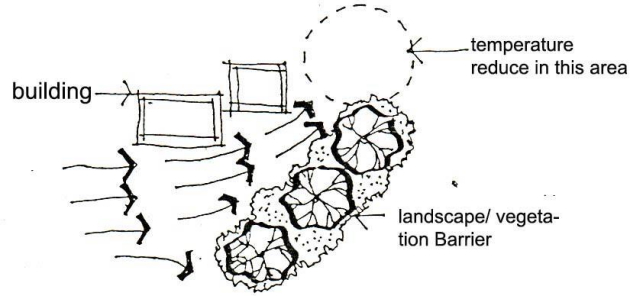
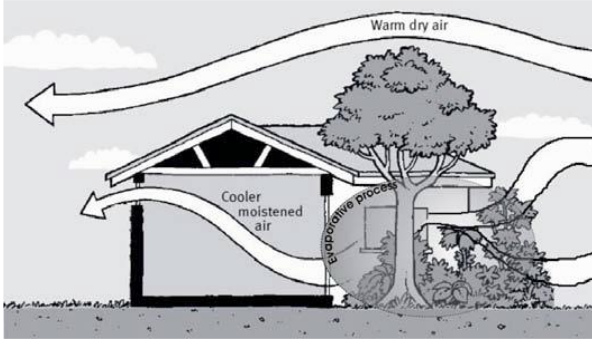
الشكل 1-5: (أ) تأثير حركة طبقات الهواء حسب تصميم الأشجار والشجيرات (المصدر: Robinette, 1968)



الشكل 1-5: (ب) يمكن أن تزيد التضاريس من الرياح أو تغير اتجاهها (المصدر: Brown & Gillespie, 1995)



الشكل 1-5: (ج) وظيفة الأشجار والشجيرات في تقليل وتوجيه وتحويل الرياح، المصدر: (Mohd F. Shahidan & Shariff, 2005)

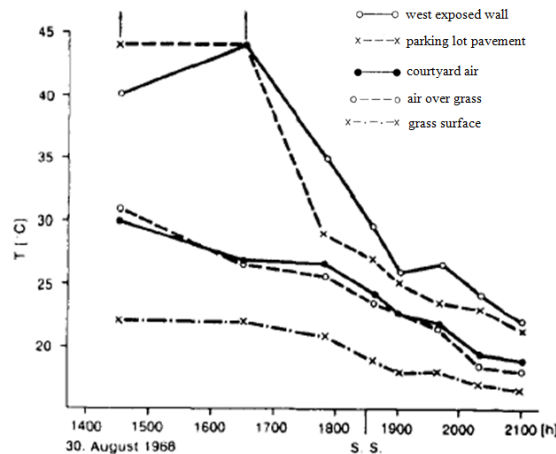


الشكل 1-5: (د) تأثير الرياح على التبريد عن طريق التبخر، المصدر: (Mohd F. Shahidan & Shariff, 2005)

3.7 تأثير الغطاء النباتي على درجة الحرارة والرطوبة:

استراتيجية التكيف التي تم اقتراحها هي المناطق العمرانية الخضراء، بشكل أساسي عن طريق زيادة وفرة الغطاء النباتي (Givoni, 1991). تختلف المواد النباتية والعمرانية في الرطوبة والديناميكية الهوائية والخصائص الحرارية، وبالتالي يمكن أن تؤثر التخضير الحضري على درجات الحرارة من خلال عمليات مختلفة (Monteith & Oke, 1980) (Givoni, 1991).

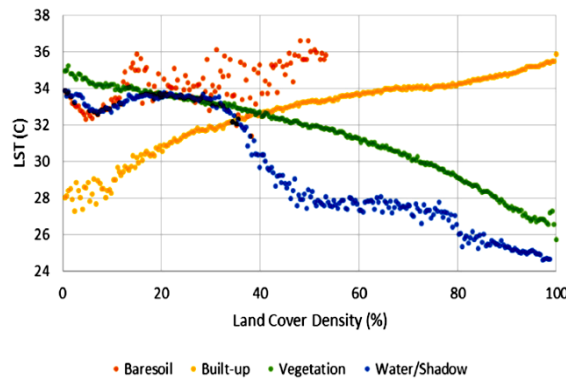
عملية رئيسية هي التبخر، والتي تصف فقدان الماء من النبات كبخار في الغلاف الجوي. يستهلك التبخر النتح الطاقة من الإشعاع الشمسي ويزيد الحرارة الكامنة بدلاً من الحرارة المعقولة، مما يؤدي إلى تبريد الورقة ودرجة حرارة الهواء المحيط بها (Sedán et al., 2020). يتناقض هذا مع تأثير المواد العمرانية غير نافذة مثل الإسفلت والخرسانة، والتي لا تحتفظ بالمياه للتبخير وتمتص الحرارة وتحتفظ بها بسرعة عند تعرضها للإشعاع الشمسي. بالإضافة إلى التبريد التبخيري، يمكن أن يعمل التظليل من الأشجار على تبريد الغلاف الجوي ببساطة عن طريق اعتراض الإشعاع الشمسي ومنع ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض والهواء. قد يؤدي تأثير التظليل هذا إلى إنشاء مناطق باردة محلية تحت مظلات الأشجار، والتي ستكون مهمة في المساحات المفتوحة بخلاف ذلك داخل منطقة حضرية. أخيراً، قد يؤثر الغطاء النباتي على حركات الهواء وتبادل الحرارة (Bonan, 1997). ومع ذلك، يمكن توقع أن يعتمد هذا التأثير بشكل حاسم على نوع الغطاء النباتي. قد يحتفظ غطاء الشجرة بالهواء الدافئ أسفل المظلة؛ في المقابل، فإن حقل العشب المفتوح الذي يوفر مقاومة منخفضة لتدفق الهواء قد يعزز التبريد بالحمل الحراري.



الشكل 1-6: خفض درجة الحرارة في كتلة هوائية، المصدر: (BERNATZKY, 1978)

4.7 تأثيره على تغيير حرارة الأسطح: أكدت الأدلة التجريبية التي تمت دراستها في الماضي القريب من آسيا ، وإفريقيا ، وأوروبا ، والولايات المتحدة الأمريكية ، والأمازون أيضاً أن نقصان الغطاء النباتي تحول إلى ظاهرة الاحتباس الحراري على نطاق عالمي وترابط مع ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض (Land Surface Temperature LST) (Fattah et al., 2021) (Xu et al., 2020).

حيث أكدت نتائج دراسة أجراها (Kafy et al., 2022) على مدينة كومبلا ببنغلادش أنها تشهد فقداناً ثابتاً للغطاء النباتي منذ عام 1994 ، لا سيما في المناطق السكنية والصناعية. قُدر أن منطقة الدراسة شهدت انخفاضاً بنسبة 9٪ في الغطاء النباتي من 1994 إلى 2019، مما أدى إلى متوسط زيادة في درجة حرارة سطح الأرض (LST) بمقدار 2.24 درجة مئوية / سنوياً. بسبب النقص الملحوظ للغطاء النباتي في الـ 25 سنة الماضية، زاد متوسط LST بمقدار 11 درجة مئوية.



الشكل 1-7: منحني يمثّل ترابط مؤشر كثافة الغطاء النباتي مع مؤشر درجة حرارة سطح الأرض (LST)، بما فيها مؤشر التربة العارية، مؤشر كثافة البناء، ومؤشر الماء والظل؛ في سنة 2014؛ في مدينة (Bandung) في أندونيسيا، المصدر: (Wardana, 2015)

8. خصائص الغطاء النباتي للمجالات الخضراء:

لدراسة وفهم السلوك المناخي للعنصر النباتي للمجالات الخضراء وتقييم تأثيرها على المناخ العمراني، لا يكفي التوقف عند الخصائص العامة والمبسطة لهذا العنصر، بل الدخول في التفاصيل الدقيقة التي تساعدنا أكثر على دراسة وتقييم سلوك مناخي لأنواع النباتات في المناخ الحار، وتنقسم هذه الخصائص إلى جزئين النباتية والفيزيائية.

1.8 تركيبة الغطاء النباتي العمراني:

بحسب (Panagopoulos, 2008) إن الغطاء النباتي للمجالات الخضراء العمراني يمكن أن يكون بشكل أربعة هياكل مختلفة؛ مغطيات التربة (العشب والحشائش)؛ الأشجار المعزولة، الأشجار المتراففة خطياً والبساتين. أما بالنسبة لـ (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003) فقد صنفا الغطاء النباتي إلى صنفين الأول هو الغطاء النباتي ذو الأجسام المستوية (Planar object)، مثل العشب والحشائش، والصنف الثاني غطاء نباتي ثلاثي الأبعاد (3D object) كالأشجار والشجيرات. وبحسب دراسة (Lehmann et al., 2014) فإن الهيكلة الشاقولية للغطاء النباتي تأخذ 3 مستويات مختلفة، وهي المستوى الأدنى ذو العناصر النباتية ذات الارتفاع الأقل من 1م ، المستوى المتوسط ذو العناصر النباتية ارتفاعها ما بين 1 و3م، والمستوى الأعلى ذو العناصر النباتية ارتفاعها أكثر من 3م، وهذا ما يوضحه بالتفصيل الشكل 5.

Vegetation structure of the UVST 1.1 : Built-up land with richly structured, park-like gardens

- large proportion of mainly mature deciduous trees
- low proportion of conifers and lawns
- extensive in size with park-like character

Height class of vegetation layer	Selected structural characteristics										Specific height class of vegetation layer [m]	Proportionate area [%]
	Spatial coverage and arrangement (visual assessment)					Intensity of use and maintenance		Special features				
	sparse	of low density	in groups	in rows	dense	low	high	spontaneous vegetation	border greenery beside roadways, pathways, etc.			
Lawn							X					
Meadow						X						
Shrubbery and herbs ≤ 1 m												
Shrubbery and herbs > 1 m												
Low hedges ≤ 1 m												
Medium hedges > 1 ≤ 2.5 m					X	X						
Tree hedges > 2.5 m												
Bushes ≤ 2 m		X										
Bushes > 2 m					X							
Small trees ≤ 3 m	X											
Medium trees > 3 ≤ 10 m			X		X							
Tall trees > 10 m		X			X							

Height class of vegetation layer

"low"

"medium"

"high"

Further areas within the urban vegetation structure type	Proportionate area [%]
Areas without vegetation	
Built-up areas	

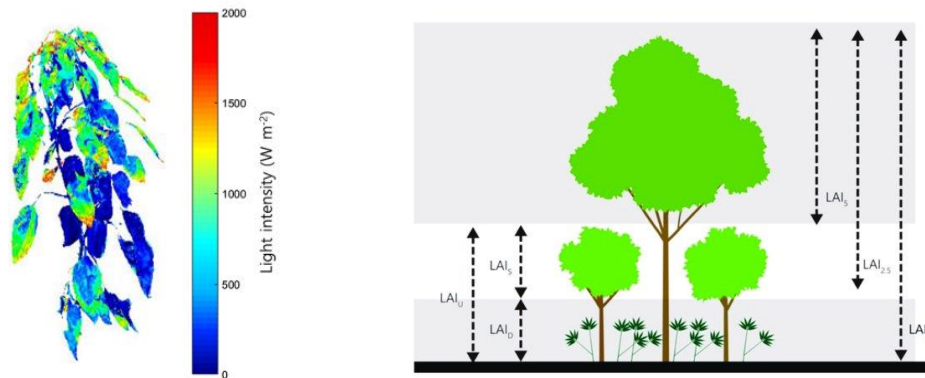
الشكل 8-1: الأنواع النباتية لكل تصنيف طبقي حسب (Lehmann et al., 2014)

2.8 الخصائص النباتية للغطاء الأخضر:

للغطاء الأخضر بكل أنواعه وأصنافه، عدة خصائص ومميزات وهي التي تؤثر وتتحكم في التعديل المناخي، أهمها: كثافة التغطية الخضراء (LAD)، مؤشر المساحة الورقية (LAI)، المساحة المغطاة الخضراء (GCA)، نسبة المجال المغروس (GnPR)، نسبة التغطية الخضراء (GCR) ومعامل الأوراق الخضراء (GLF).

- **كثافة التغطية الخضراء (Leaf Area Density):** هو مؤشر رئيسي لتوصيف هياكل التاج الرأسية والأفقية ويتم تعريفه على أنه إجمالي مساحة الورقة من جانب واحد لكل وحدة حجم. تم تطوير طرق مختلفة غير مباشرة أرضية لقياس توزيع LAD، وله علاقة مباشرة بـ (LAI)، هناك طريقتان لتقييم (LAD) الأولى غير مباشرة؛ تعتمد على التقسيم المربعي لإسقاط العنصر النباتي وقياس الفراغ الجزئي، أما الطريقة الثانية مباشرة مثل طريقة كشف الضوء والمدى (LIDAR: Light Detection And Ranging) (de Almeida et al., 2019).

- مؤشر المساحة الورقية (**Leaf Area Index**): يعبر مؤشر مساحة الورقة (LAI) عن مساحة الورقة لكل وحدة أرض أو مساحة سطح جذع للنبات ويستخدم بشكل شائع كمؤشر لمعدل نمو النبات (Watson, 1947). LAI هو متغير معقد لا يتعلق فقط بحجم المظلة، ولكن أيضًا بكثافتها، والزوايا التي يتم فيها توجيه الأوراق فيما يتعلق ببعضها البعض وبمصادر الضوء. بالإضافة إلى ذلك، يختلف LAI باختلاف التغيرات الموسمية في نشاط النبات (Maass et al., 1995)، وعادة ما يكون أعلى في فصل الربيع عندما يتم إنتاج أوراق جديدة ويكون أدنى مستوى له في أواخر الصيف أو أوائل الخريف عندما تتكاثر الأوراق (في حال الأشجار النفضية). دراسة LAI تسمى (phyllometry) (Tomažič & Korošec-Koruza, 2003). هناك طريقتان لتقييم (LAI)، الأولى مباشرة؛ تعتمد على قياس مساحة الأوراق، والثانية غير مباشرة؛ تعتمد على قياس كمية الإشعاع الشمسي المار من الشجرة.



الشكل 1-10: الطريقة غير المباشرة لتقييم (LAI) عن طريق قياس كمية الإشعاع الشمسي، المصدر: (Lee et al., 2020)

الشكل 1-9: تصميم قياس مؤشر مساحة الورقة (LAI)، المصدر: (Tanioka et al., 2020)

- نسبة المجال المغروس (**Green Plot Ratio**) ومساحة المجال الأخضر (**Green Covered Area**): يمكن التعبير عن قيمة الغطاء النباتي في منطقة ما في نسبة قطعة الأرض الخضراء (GnPR) هي القيمة المستخدمة لحساب مدى اخضرار المنطقة (Ong, 2003). يتم التعبير عن GnPR بوحدات الأرقام. عند حساب قيمة GnPR يمكن تمييزها إلى ثلاث فئات، وهي نباتات الأشجار والشجيرات والعشب. تعتمد هذه الفئة على قيمة التغطية المحفورة أسفل الأوراق. يتم تحديد قيمة كل نطاق بواسطة LAI. يمكن حساب (GnPR) بالمعادلات التالية (Koerniawan, 2016):

$$Tree Value = (Coverage shade trees) / (Area calculated) \times 6 \dots\dots\dots (1)$$

$$Brush value = (Coverage shaded bush) / (Total Area calculated) \times 3 \dots\dots\dots (2)$$

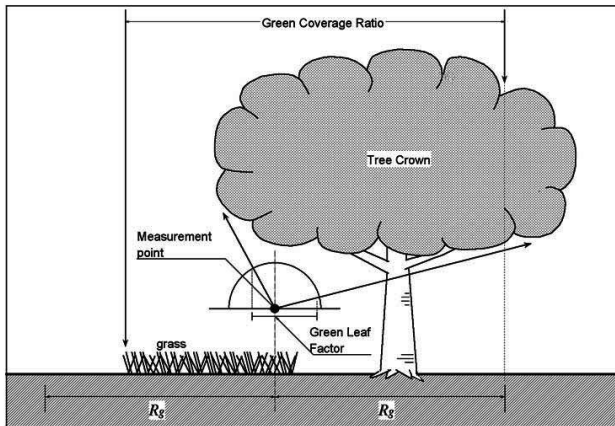
$$Grass Value = (Coverage shaded grass) / (Total Area calculated) \times 1 \dots\dots\dots (3)$$

$$GnPR = Value Shrubs Trees + Value brush + Value Grass \dots\dots\dots (4)$$

بالنسبة لمساحة تغطية المجالات الخضراء (GCA) يمكن حسابها بجمع كل المساحات الخضراء بغض النظر عن أنواعها سواء كانت أعشاب، نباتات، شجيرات أو أشجار.

- معامل الأوراق الخضراء (**Green Leaf Factor**): يُقصد بمعامل الورقة الخضراء عامل زاوية الأوراق للأشجار الخضراء التي تغطي الجزء العلوي من نصف الكرة التي يكون المركز هو نقطة قياس فيها. عامل الزاوية يعني نسبة

مساحة معينة من الإسقاط المتعامد على قاعدة الكرة النصفية إلى مساحة القاعدة. غالبًا ما يستخدم الجزء العلوي من الكرة النصفية على القاعدة الأفقية لعامل منظر السماء (Sky View Factor). عامل الورقة الخضراء هو نفسه (SVF) حيث يتم استبدال السماء بأوراق خضراء (TSUTSUMI et al., 2005).



الشكل 1-12: مقارنة بين كيفية حساب GCR و GLF هندسياً، المصدر: (TSUTSUMI et al., 2005)



الشكل 1-11: صورة عين السمكة لحساب GLF لغطاء نباتي، المصدر: (TSUTSUMI et al., 2005)

3.8 الخصائص الفيزيائية للغطاء النباتي في المجالات الخضراء:

تتلخص الخصائص الفيزيائية للعنصر النباتي في المجالات الخضراء العمرانية في عدة ظواهر تؤثر بها على تغيير في عناصر المناخ العمراني، أهمها: التبخر-النتح (Evapotranspiration)، الانعكاسية الحرارية (البياض، Albedo)، المسامية (Permeability)، التوصيل الحراري (Heat transmission).

- **التبخر-نتح (Evapotranspiration):** هو عملية فيزيائية حيوية لنقل كمية من الماء إلى الغلاف الجوي، عن طريق التبخر على مستوى الأرض وعن طريق النتح من الغطاء النباتي. وهو عنصر أساسي في الدورة الهيدرولوجية، يمكن أن تتضمن هذه العملية، وفقاً للنماذج الهيدرولوجية، تدفقات تبخيرية أخرى: المياه المخزنة في شكل سائل أو صلب، والمياه التي يعترضها الغطاء النباتي (بالأخص الأشجار المظللية) (Moreira et al., 1997).

- **الانعكاسية الحرارية (Albedo):** هو مقياس الانعكاس المنتشر للإشعاع من إجمالي الإشعاع الشمسي ويتم قياسه على مقياس من 0، الذي يتوافق مع الجسم الأسود الذي يمتص كل الإشعاع الساقط، إلى 1، المقابلة للجسم الذي يعكس كل الإشعاع الساقط (Coakley, 2003). تبلغ قيمة البياض للأشجار المتساقطة حوالي 0,15 إلى 0,18، بينما تبلغ قيمة الأشجار الصنوبرية حوالي 0,09 إلى 0,15 (Ollinger et al., 2008). أما بالنسبة للغطاء النباتي في الأقاليم الحارة والجافة تتراوح قيمة البياض فيه بين 0,2 إلى 0,25 في الأقاليم الحارة والجافة (أحرز، 2018).

- **المسامية (Permeability):** تتعلق ببنفاذية الغطاء النباتي للرياح. وتعتمد على قيمة LAD؛ فكلما زادت كثافة الأوراق قلت المسامية، وتكون في 3 مستويات مسامية عالية، متوسطة ومنخفضة (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003) (أحرز، 2018).

- **التوصيل الحراري (Heat transmission):** يشير هذا العامل إلى تأثير الغطاء النباتي على الوصول إلى الطاقة الشمسية وضوء النهار ويختلف باختلاف الموسم، خاصة بالنسبة للأشجار المتساقطة. وتكمن أهمية هذا العامل بشكل خاص في نمذجة تأثير تظليل النباتات على المباني المجاورة والأماكن المفتوحة. يتم استخدام قيمة 0,15 للصيف و 0,80 للشتاء

للأشجار المتساقطة و 0,15 للأشجار دائمة الخضرة (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003) (Berry et al., 2013).

الخلاصة:

من خلال هذا الفصل النظري الذي يتعلق بمفهوم المجالات الخضراء حيث تعتبر من المجالات الحديثة الناتجة عن التعمير وتزايد المساحات المبنية، ومع اكتظاظ المباني وزيادة التعمير وتطور الأنشطة الحضرية، أصبح من الضروري إدخال المجالات الخضراء على العمران وهي مجالات مفتوحة لجميع الناس بمختلف أعمارهم وأجناسهم (مثل الحديقة العامة، الساحات....)، مجالات عامة متخصصة وهي مجالات مفتوحة لشريحة اجتماعية معينة (مثل حدائق الأطفال، الشباب، المستشفيات....). كما أن جميع أنواع المجالات الخضراء تشترك في العناصر المكونة لها من العنصر النباتي- الذي هو أساسه - عنصر بنائي، عنصر مائي، وعنصر خدماتي، وكلها تسهم في تسهيل ومرونة استعمال هذا النوع من المجالات العمرانية من طرف السكان، لكن تختلف في المبادئ التنسيقية لها، وكذلك في طبيعة استعمالها، هذا ما يجعل المجالات الخضراء للمناطق السكنية نوعا من الخصوصية تميزها عن البقية، فهي متعددة ومتنوعة الاستعمال من طرف السكان، وهذا بحسب مستوى تواجدها في المنطقة السكنية، ورغم أنها مجالات مفتوحة وعامة، إلا أنها تتميز بخصوصية شديدة لساكنيها.

تصميم المجالات الخضراء العمرانية، يتطلب مراعاة عدة خصائص ومعايير من شأنها أن تتحكم في العملية التصميمية برمتها، وهذا لتداخل وتكامل هذه الخصائص والمعايير فيما بينها؛ مما يخلق تحدٍ حقيقي لإنتاج هذا المجال العمراني. وكما أن التصميم البيومناخي للمجال الأخضر العمراني يعتمد على المعايير الوظيفية والاستخدماتية، المناخية والجغرافية، وطبيعة المحيط العمراني، فهو يرتكز بالدرجة الأولى على الوظائف المناخية التي توفرها الخصائص النباتية والفيزيائية للغطاء النباتي، والتي صنفها الباحثون في دراسات متعددة إلى عشرات الوظائف والأدوار، يمكن تلخيصها في ثلاث وظائف هامة: التظليل، زيادة الرطوبة النسبية والتعامل مع شتى أنواع الرياح.

الفصل الثاني:

“When we say ‘I can’t breathe’ — whether it is an officer with a knee on our neck or the pollution which continues to take away our breath — that’s why we march and that’s why we work so hard to change these dynamics.”

- Mustafa Santiago Ali-

مقدمة:

هناك قلق دولي متزايد بشأن كيفية معالجة آثار تغير المناخ على المناطق العمرانية، لا سيما في البلدان النامية ، حيث تنمو المدن بسرعة وتكون نسبة عالية من سكان المناطق العمرانية فقيرة أو معرضة بشكل آخر للاضطرابات المتعلقة بالمناخ. تشير الأدبيات إلى الحاجة إلى اتخاذ تدابير، بما في ذلك الاستثمار في البنية التحتية والقدرة، للتكيف مع تأثيرات المناخ المتوقعة. بالإضافة إلى ذلك، هناك العديد من متزايدات من الحملات والمنشورات الإرشادية والتوعوية لدعم الحكومات المحلية في تقييم آثار تغير المناخ وتطوير الاستجابات. ومع ذلك ، هناك خبرة عملية محدودة في التخطيط المحلي للتكيف الحضري، وهذا في الغالب في أوروبا وأمريكا الشمالية. هذا ما جعل المصممين وعلماء المناخ يعكفون على دراسة المناخ العمراني، الذي أصبح ميدان بحث حديث وخصب؛ وأصبحت الأبحاث التي تسلط الضوء على الراحة الحرارية الخارجية هي محط اهتمام العديد من الأعمال أحدثها (Spagnolo & de Dear, 2003)، (Givoni et al., 2003)، (Gaitani et al., 2007)، وغيرهم. في هذا الفصل نركز على الخصائص المناخية المرتبطة بالمناطق العمراني، بهدف تلبية الاحتياجات البيومناخية للسكان، كما تهدف هذه الدراسات إلى محاولة تحقيق الراحة الحرارية الخارجية في الأوساط العمرانية.

1. مفهوم المناخ العمراني:

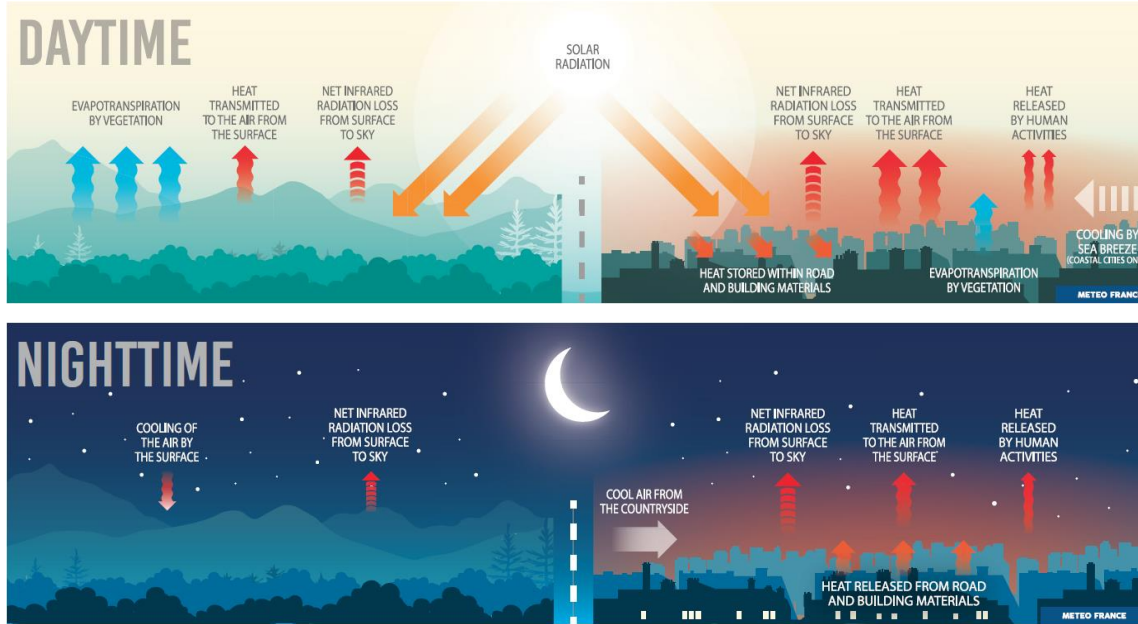
يمكن النظر إلى المدن وحتى المدن الكبرى، من وجهة نظر الأرصاد الجوية على أنها أجسام صغيرة مقارنة بكل من الأنظمة واسعة النطاق التي تؤثر على الطقس والمناخ من محيطات وقرارات، سلاسل الجبال، وأعاصير، والغابات ، وخصائص الجبال والوادي ، وما إلى ذلك. ومع ذلك، فإن تغييرها الواسع لخصائص السطح والغلاف الجوي على المستويات المحلية مس وبقوة تقريباً جميع متغيرات الغلاف الجوي في المناطق المجاورة لها. وبالتالي ، فإن المدن تؤثر على الطقس محلياً بطريقة كبيرة، لا سيما تعديل مخاطر الطقس عالية التأثير وتعزيزها في معظم الأحيان. هذا ما يطلق عليه مفهوم المناخ العمراني (Oke et al., 2017).

1.1 خصائص المناخ العمراني: تتميز المناخات العمرانية بالعديد من السمات هي

- درجات حرارة: أكثر دفئاً خاصة في الليل ، وأكثر دفئاً منها في الريف ، تصل أحياناً إلى 10 درجات مئوية في المدن الكبرى، وتُعرف هذه الظاهرة باسم (Urban Heat Island) UHI. يمتد هذا الدفء صعوداً إلى طبقة الغلاف الجوي بعمق كيلومتر واحد، ويتم نقله في اتجاه الريح. عادةً ما تكون درجات الحرارة السطحية أعلى بالنسبة لمحيطها غير الحضري ، باستثناء المدن في المناخ الصحراوي ، حيث تؤدي درجات الحرارة السطحية الأكثر دفئاً إلى ظهور (Surface Urban Heat) SUHI (Island) مميزاً يختلف اختلافاً واضحاً عن درجات حرارة الهواء بالقرب من السطح، خاصة في النهار.
- الرياح المتغيرة: في ظروف الرياح المعتدلة أو القوية، يعمل السطح العمراني الخشن الديناميكي الهوائي على إبطاء الرياح وتحويلها قليلاً في اتجاه تدرج الضغط. يمكن أن يؤدي أيضاً إلى مناطق التقارب والتباعد التي تؤدي إلى حركة عمودية. في ظروف الرياح الخفيفة ، يحفز UHI تنفق الهواء إلى المدينة من الريف في نظام دوران مشابه لنسيم البحر / الأرض ؛ يمكن أن يؤدي هذا أيضاً إلى إعادة تدوير الملوثات ، وتسهم حركة الهواء المتزايدة فوق المدينة التي تعد جزءاً من هذا الدوران في أنماط السحب والتساقط الحضرية المعجلة (Masson et al., 2020).
- السحب والتهاطل المُعدَّلان في المناطق العمرانية: تؤدي تنفقات الرياح المتغيرة والدوران الناجم عن المناطق الحضرية إلى ظهور مناطق حركة تصاعدية فوق المدن يمكن أن تزيد من الغطاء السحابي الحضري وهطول الأمطار، ترتبط بشكل خاص بأحداث هطول الأمطار بالحمل الصيفي (Liu & Niyogi, 2019). يمكن للمدن أيضاً إما تقسيم العواصف الرعدية الواردة إلى قسمين حول المدينة أو يمكن أن تبدأ العواصف الرعدية فوق مجرى النهر. يمكن أن يؤدي تقارب التنفق وطبقة حد

حضرية أعلى (قليلاً) إلى تكوين غيوم ركامية ذات طقس معتدل ويؤدي إلى زيادة الغطاء السحابي خلال فصل الصيف فوق التجمعات السكانية الكبيرة مثل باريس أو لندن أو موسكو (Masson et al., 2020).

- **جودة الهواء:** يؤثر المناخ الحضري أيضاً بشكل غير مباشر على جودة الهواء (والذي يرجع في المقام الأول إلى انبعاث الملوثات)، بالنظر إلى بنية درجة حرارة عمودية مختلفة للغلاف الجوي من 0,1 إلى 1,0 كم فوق سطح الأرض ودورات الرياح الأفقية المعجلة. يمكن أن يؤدي ذلك إلى مشاكل في التهوية تؤدي إلى تراكم الهواء الدافئ ونوعية الهواء الرديئة، خاصة في المناطق الحضرية الشاهقة الكثيفة.




الشكل 1-2: العمليات الرئيسية المؤدية إلى جزيرة الحرارة العمرانية، المصدر: (Masson et al., 2020)

2.1 مستويات وطبقات المناخ العمراني:

لدراسة عوامل المناخ، قسمه الباحثون إلى تقسيمين أفقي وعمودي، فأما التقسيم الأفقي اصطلح عليه بمستويات تأثير المناخ العمراني، و العامودي يسمى بطبقات المناخ العمراني (أحريز, 2018).

- مستويات المناخ العمراني: ينقسم المناخ العمراني أفقياً إلى ثلاث مستويات وهي المستوى المتوسط، المستوى المحلي، المستوى المصغر (Johansson, 2006) (Erell et al., 2018). وكل مستوى له حدوده البعيدة؛ وتأثيره على المستوى العمراني؛ مبينة في هذا الجدول:

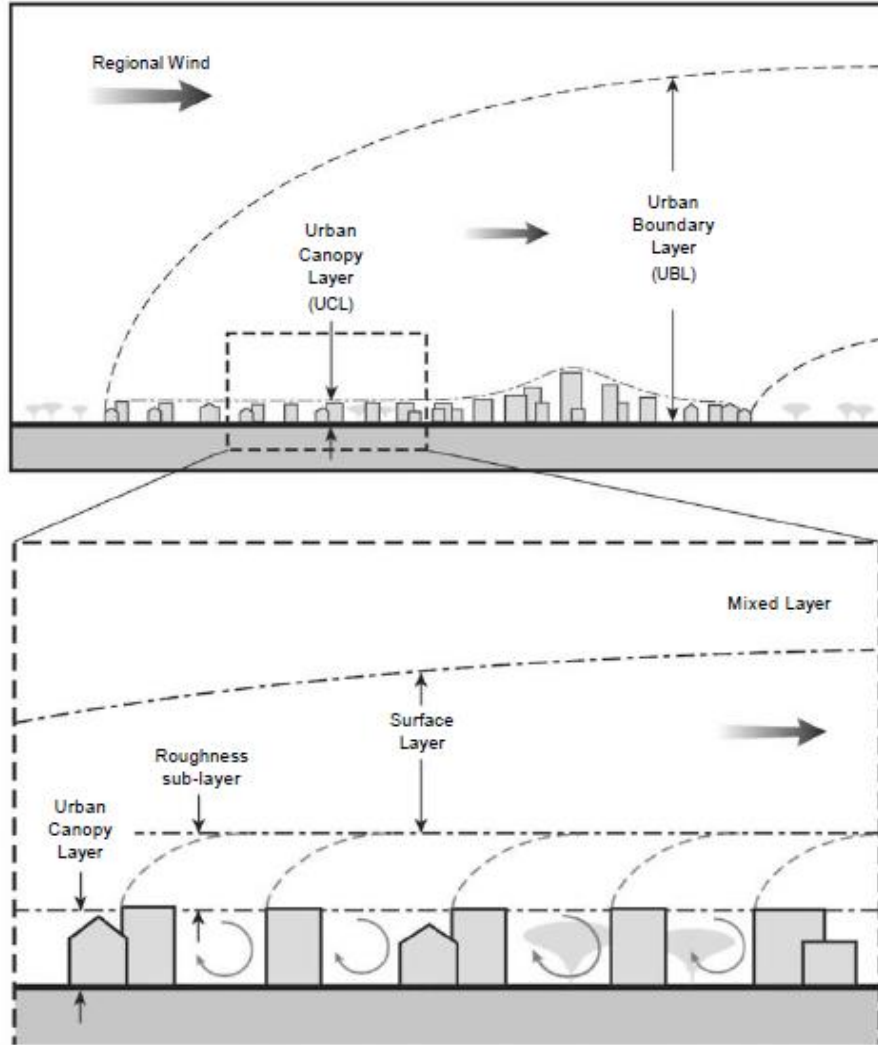
المستوى	الحدود التقريبية	المستوى العمراني	مثال
Scale	Approximate limits	Level urban	
المستوى المتوسط	أكبر من 10 كم	المدينة	
Meso-scale		City	

	حي أو مجاورة Neighborhood	100 م - 10 كم	المستوى المحلي Local -scale
	شوارع، وديان عمرانية، ساحات، حدائق Streets, urban canyons, squares, gardens	أقل من 1 كم	المستوى المصغر Micro -scale

الجدول 1-2: حدود كلى مستوى مناخي؛ ودرجات تأثيره العمراني، المصدر: (Erell et al., 2018) (Johansson, 2006)، بتصرف الباحث.

- **طبقات المناخ العمراني:** على المستوى العامودي يتكون المناخ العمراني من طبقتين هما: طبقة المظلة العمرانية (UCL) و طبقة الحد العمراني (UBL)، تطلوهما طبقة الحد الجوي (Atmospheric Boundary Layer).
- طبقة المظلة العمرانية (Urban Canopy Layer):** هي طبقة الهواء تحت متوسط ارتفاع المباني والأشجار. تهيمن على مناخها عمليات ميكروسكوبية بسبب مجموعة الأسطح المعقدة (اتجاهها، البياض، الانبعاثية، الخصائص الحرارية، الرطوبة، إلخ). إنها منطقة متعددة الانعكاسات والانبعاثات، خاصة في الأخاديد العمرانية (Urban Canyons).
- بمفهوم أبسط هي تجميع المباني والأشجار وجميع العناصر العمرانية التي تكون في المدينة والمسافات بينها، وهو مشابه تقريباً لمظلة نباتية باستثناء أن الجزء المبني مفتوح على السماء وليس له منطقة جذع (AMS, 2012) (Cleugh & Grimmond, 2012).
- طبقة الحد العمراني (Urban Boundary Layer):** وهي الطبقة الموجودة بين طبقة المظلة العمرانية (UCL) وطبقة الحد الجوي (ABL)، يصل سمك هذه الطبقة إلى مئات الأمتار فوق المجال العمراني. في منطقة العمرانية يتأثر (UBL) بشكل حتمي بطبيعة التضاريس المبنية وخصائص سطحها والأنشطة داخلها (Erell et al., 2018). كما تتشكل طبقات فرعية من تداخل طبقتي UCL و UBL تتمثل في :
- عند هبوب الرياح من حافة المدينة، تنمو UBL في الارتفاع مع مرور الهواء فوق التضاريس المبنية. تمتد هذه الطبقة إلى أعلى بعشرة أضعاف ارتفاع المباني في المنطقة العمرانية، وأحياناً تمتد إلى ما وراء المنطقة العمرانية في اتجاه الريح (Erell et al., 2018).
 - الطبقة المختلطة (Mixed layer): هي الجزء العلوي الأكبر حجماً من UBL، يتأثر الغلاف الجوي داخل هذه الطبقة بوجود السطح العمراني، ولكنه لا يتكيف معه تماماً؛ بمعنى آخر، يتم الشعور بتأثير التضاريس غير العمرانية في اتجاه الريح. يختلف ارتفاع الطبقة المختلطة وفقاً لاستقرار الغلاف الجوي وحجم التأثيرات العمرانية (Rotach et al., 2005).

- الطبقة السطحية (Surface layer): يمتد ارتفاعها من أربعة إلى خمسة أضعاف ارتفاع المبنى المتوسط. تتشكل هذه الطبقة السطحية عندما يمر الهواء على مساحة كافية من الأرض لها سمات عمرانية بما في ذلك الخشونة الناتجة عن الحواف الحادة للمباني.
- الطبقة الفرعية الخشنة (Roughness sub-layer): هي طبقة ناتجة عن الهياكل ذات الحواف الحادة والحرارة المتولدة داخل المدينة. ومع ذلك، بسبب الخلط المضطرب للهواء، لا تتأثر خصائص هذه الطبقة بالعناصر العمرانية الفردية مثل المباني والشوارع الفردية. وبدلاً من ذلك، فهي مشروطة بنسيج السطح العمراني ككل (Barlow & Coceal, 2009).



الشكل 2-2: جزء تمثيلي من الغلاف الجوي العمراني، يوضح تطور طبقة الحدود العمرانية (UBL) بالنسبة لطبقة المظلة العمرانية (UCL)، المصدر: (Erell et al., 2018)

2. مكونات المناخ العمراني: يتكون المناخ العمراني من عدة عناصر طاقوية مثل الطاقة بمختلف أشكالها، الحرارة، حركة الهواء، الشعاع الشمسية والإضاءة الطبيعية، بما في ذلك التلوث الهوائي:

1.2 الميزانية الطاقوية في المجال العمراني: يُشتق مفهوم توازن الطاقة من القانون الأول للديناميكا الحرارية، والذي ينص على أنه لا يمكن إنشاء أو تدمير الطاقة، بل يتم تحويلها فقط من شكل إلى آخر (Erell et al., 2018). عند تطبيقه على نظام بسيط، فهذا يعني أن مدخلات الطاقة يجب أن تساوي مجموع الطاقة الناتجة منه والفرق في الطاقة المخزنة فيه (Ringenbach, 2016):

$$Rn+F= H+LE+G$$

حيث:

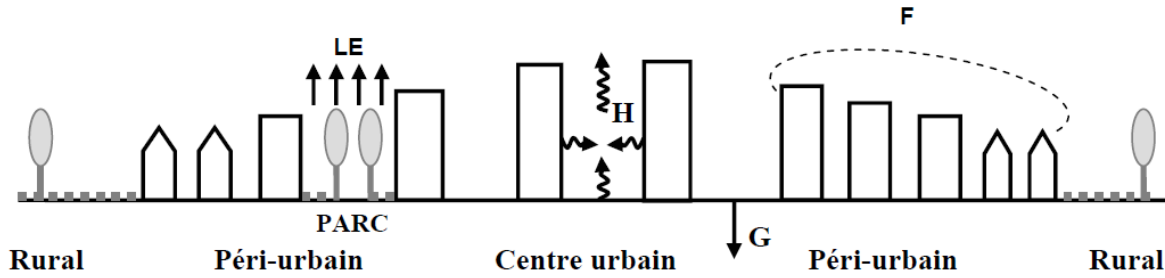
Rn: الإشعاع الصافي

F: الطاقة الأنثروبية

H: الطاقة المحسوسة

LE: الطاقة الكامنة

G: تدفق الحرارة في الأرض والمباني (الطاقة المختزنة)



الشكل 2-3: الميزانية الطاقوية في المجال العمراني، المصدر: (Ringenbach, 2016)

تتعدد أشكال تدفقات الطاقة ومصادرها داخل المجال العمراني منها: الطاقة الأنثروبية، المختزنة، الكامنة، المحسوسة والإشعاعية (أحريز, 2018).

- **الطاقة الأنثروبية (anthropogenic energy):** هي الناتجة عن تأثير البشر على الطبيعة. قبل الثورة الصناعية، كان تأثير البشرية على الطبيعة خفيفاً نسبياً. ولكن مع إدخال القوة المحركة، واستخدام النفط والبنزين لتلبية احتياجات الطاقة، والاعتماد على الكهرباء، زادت التأثيرات البشرية على البيئة بشكل كبير. يحتاج المجتمع إلى الطاقة من أجل خدمات الطاقة لتلبية احتياجاته ولهذا السبب، تأتي الطاقة في طبيعة التأثيرات البشرية (Pennisi, 2015). وبصفة عامة هي الطاقة الناتجة عن النشاط البشري وما ينتجه من السخانات ومكيفات الهواء وحركة المرور؛ وفي هذا العنصر أثبتت العديد من الدراسات أن الطاقة البشرية قد تفوق الطاقة الشمسية في بعض المدن ذات الكثافة الهائلة، وقد تكون منعدمة في بعضها وبالتالي هي طاقة متغيرة وغير مستقرة (Al-Shetwi, 2022).

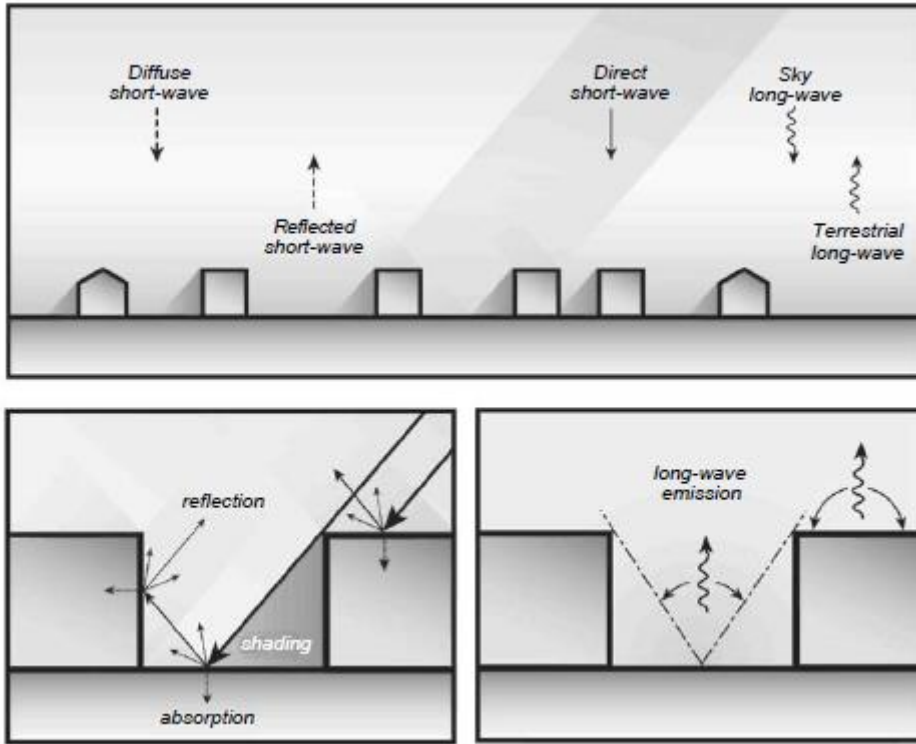
- **الطاقة المختزنة (stored energy):** وهي تتعلق بالمواد المكونة للمجال العمراني من خرسانة، طوب، هياكل حديدية، كساء، طلاء، التربة والإسفلت.. وغير ذلك من العناصر مع قدرتها على تخزين الطاقة أو توصيلها (Oke et al., 2017)، في النطاق العمراني ومع غياب الغطاء النباتي تزيد قدرة هذه المواد على تخزين الطاقة أكثر من

النطاق الريفي، فالواجهات العمودية تزيد من مساحة استقبال الإشعاع الشمسي وتخزين الطاقة الحرارية لتصبح فيما بعد مصدر رئيسي للطاقة في الليل. يصعب قياس الطاقة المخزنة في المجال العمراني، ويتم الحصول عليها عمومًا من خلال التقديرات المستندة إلى مخطط الإعدادات، أو يتم استنتاجه من الشروط الأخرى لميزان الطاقة (Ringenbach, 2016).

- **الطاقة الكامنة (latent energy):** وهي الطاقة المستخدمة لتبخير الماء، أقل بكثير في المدن. يفسر ذلك بأن المناطق الريفية، تتسرب المياه فيها إلى الأرض وتبخّر، ثم تعود إلى الغلاف الجوي من خلال هذه العملية أو من خلال التبخر من الغطاء النباتي. ومع ذلك، في المدينة، يتدفق المطر من الأسطح غير نافذة أو ذات كتامة، ثم يتم صرفه بواسطة المجاري (مرابط، 2005). تكون الحرارة الكامنة منخفضة لأن أسطح المجال العمراني مقاومة للماء بقوة. كما يكون التبخر الناتج أقل في المدينة منه في الريف، بسبب استبدال الغطاء النباتي بمواد غير نافذة. والطاقة LE غير المستخدمة لعودة الماء؛ تتوزع في الغلاف الجوي بين الطاقة المختزنة G في جزء من الأرض والمواد، والطاقة المحسوسة H التي تقوم بتسخين الطبقات السفلى من الغلاف الجوي عن طريق ظاهرة الحمل (Convection) (Ringenbach, 2016).

- **الطاقة المحسوسة (sensitive energy):** هي كمية الطاقة المتبقية في الغلاف الجوي تقوم على تسخين الهواء، وهذه الطاقة المحسوسة تتكون من طاقة الإشعاع الشمسي المباشر بالإضافة إلى انبعاثات الطاقة المختزنة في مواد المجال العمراني، هذه الانبعاثات يظهر تأثيرها في تسخين الهواء في الفترة الليلية في المدينة. في الريف ظاهرة الانبعاثات الحرارية ضئيلة جدًا مقارنة بالمدينة (Fuggle & Oke, 1976).

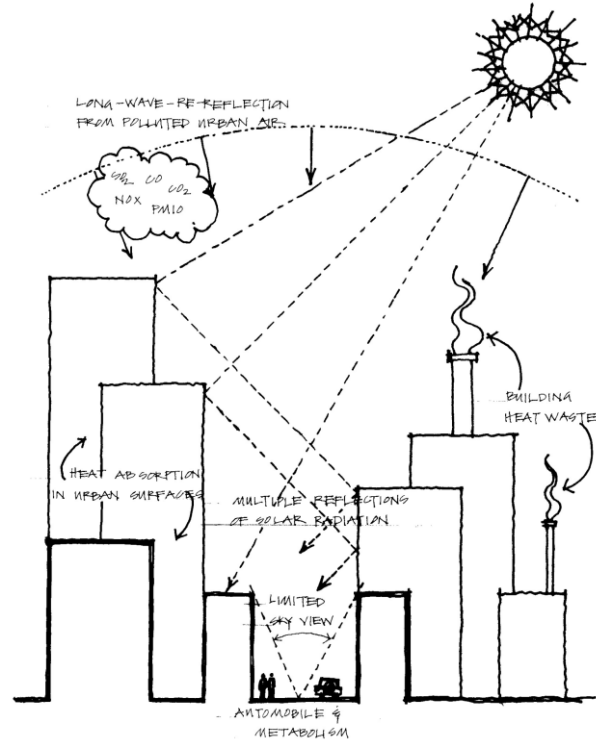
- **الطاقة الإشعاعية (radiation energy):** هي الحرارة الناتجة عن كمية الإشعاع في المجال العمراني. ينقسم هذا الإشعاع إلى نوعين، الأشعة ذات الأمواج قصيرة أو ما يسمى بالأشعة الشمسية (Chen et al., 2012)، والأشعة ذات الأمواج الطويلة أو الأشعة الأرضية (أحريز، 2018).



الشكل 2-4: تأثيرات هندسة السطح العمراني على تغلغل وامتصاص وانعكاس الإشعاع الشمسي، وعلى انبعاث الإشعاع طويل الموجة، المصدر: (Erell et al., 2018)

3. طبيعة العناصر المناخية في المجال العمراني:

تتوقف طبيعة العناصر المناخية في المجال العمراني على طبيعتها في المنطقة عامة، ولكن يوجد عناصر عمرانية لها القدرة على تغيير من طبيعتها الأصلية (كتغيير في درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، شدة ومنحى حركة الهواء..)، قد تتمثل هذه العناصر العمرانية، في الغطاء النباتي، العنصر المائي، مواد البناء المختلفة بخصائصها الفيزيائية (الانبعاثية، الانعكاس، الامتصاص..)، طبيعة الأرضية... (Huang et al., 2020)



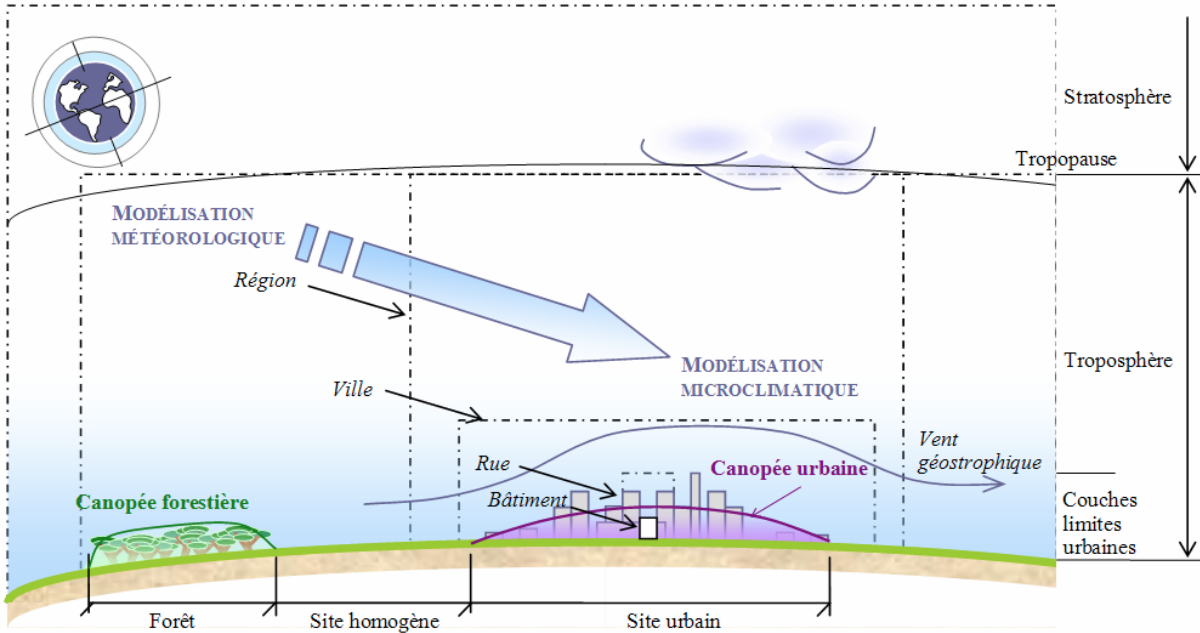
الشكل 2-5: أهم العوامل التي تؤثر على المناخ العمراني، المصدر: (Emmanuel, 2021)

1.3. درجة حرارة الهواء: تتغير داخل المجال العمراني متأثرة بالعديد من العناصر العمرانية المعقدة والمركبة، منتجة بذلك العديد من الظواهر الحرارية ليلية أوهارية، تختلف خصائصها عن الظاهرة الحرارية العامة للمنطقة، أهم هذه الظواهر: الجزيرة الحرارية العمرانية (Urban Heat Island)، وزيادة على هذا هناك بعض المصادر للحرارة تؤثر على الجزيرة الحرارية؛ أهمها الحرارة الأنثروبية التي تحولها من ظاهرة ليلية إلى ظاهرةهارية. وللتلوث الهوائي دوره الكبير في التأثير على هذه الظاهرة الحرارية؛ من حيث كمية الأشعة الشمسية المستقبلية والمنبعثة من وإلى المجال العمراني (أحرز، 2018). وللغطاء النباتي والعنصر المائي تأثيرهما القوي في إعادة توزيع درجة حرارة الهواء بفعل عملية التبريد الناتجة عن تبخرالمياه من الأوراق والنباتات ومسطحات المياه، لتكون بعض الكتل الهوائية الأبرد، كما هو التأثير القوي لخاصية التظليل بالنسبة للغطاء النباتي (Brown, Robert & D, 2010).

2.3 حركة الهواء داخل المجال العمراني:

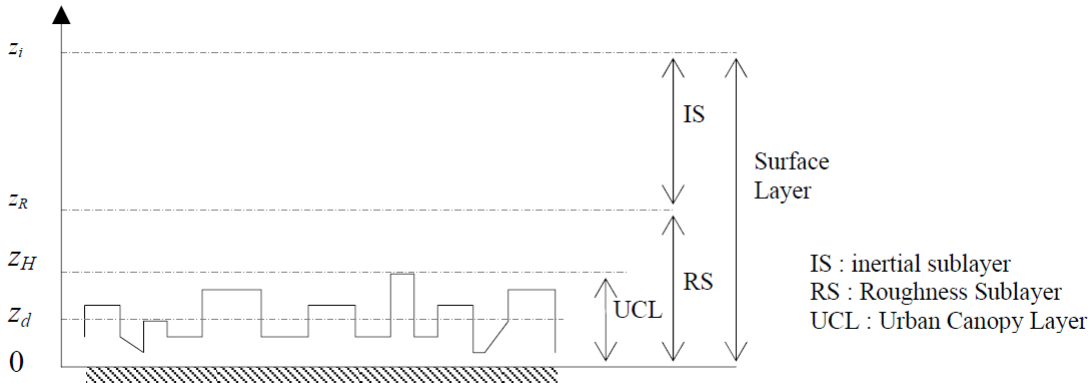
تعد حركة الهواء من عوامل المناخ المؤثرة على المجال العمراني وتتحرك نتيجة لما يسببه الإشعاع الشمسي من اختلاف في درجات حرارة الهواء، أي تنتج بسبب اختلاف توزيع الضغط الجوي بحيث يندفع الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. كما أن للتشكيل العمراني التأثير القوي في شدة واتجاه حركة الهواء (حسام عاشور، 2014).

في المناطق العمرانية، تتعرض حركة الهواء بشدة للعديد من العوائق المختلفة. يمكن التعامل مع هذا العنصر المناخي على مستويات مختلفة، (الشكل 2-6).



الشكل 2-6: الانتقال من تأثير حركة الرياح على مستوى الارصادي إلى تأثيرها على المستوى المصغر، المصدر: (Bozonnet, 2005)

ولعدم استقرار شدة وحركة الهواء بسبب وجود مختلف العناصر العمرانية (مباني، حواجز، غطاء نباتي..) إلا أنها تعود إلى طبيعتها في أعلى طبقة (UCL)، ومنه ينتج أن طبيعة حركة الهواء تنقسم عموديا إلى 3 طبقات، الأولى هي الطبقة العمرانية الخشنة (Urban Rough Layer)، الثانية الطبقة الفرعية الخشنة (Roughness Sub layer)، والثالثة الطبقة الفرعية المعطلة (Inertial Sub Layer).



الشكل 2-7: التقسيم العامودي لمختلف طبقات حركة الهواء في الوسط العمراني، المصدر: (Bozonnet, 2005)

وعلى المستوى الأفقي تنقسم حركة الهواء إلى نوعين، الأول حركة طولية إذا كان اتجاه الهواء على طول التشكيل العمراني أو الوادي (Urban Canyon)، والثاني حركة عرضية في حال تقاطعه مع الوادي العمراني.

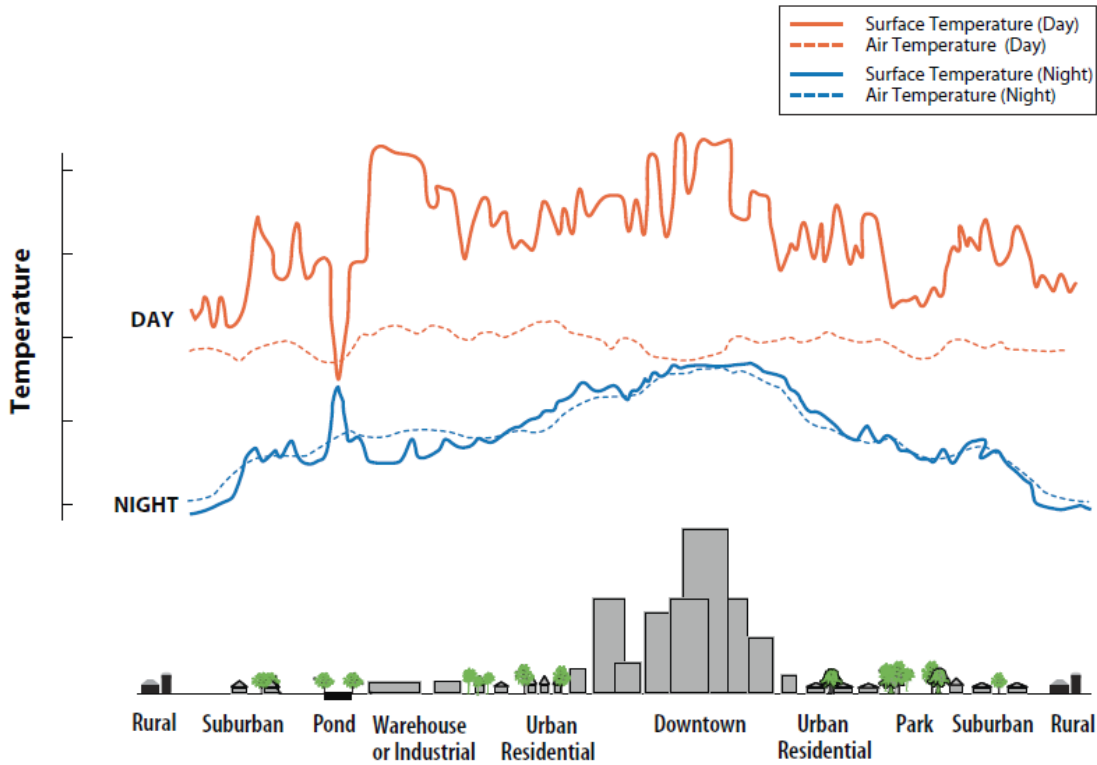
3.3. الرطوبة في المجال العمراني: لوحظت تغيرات مرتبطة بالمناخ العمراني، ربما تكون جزيرة الحرارة العمرانية (UHI) هي أشهر ظاهرة نشأت عن التحضر، لكن لا يمكن فهمها بمعزل عن بقية الظواهر العمرانية الأخرى. على سبيل المثال، لوحظ أن متوسط سرعة الرياح تتناقص بسبب التحضر، مما قد يؤدي إلى ضعف القدرة على إزالة الحرارة

والرطوبة والملوثات في المناطق العمرانية. يعزز ارتفاع درجة حرارة الهواء في المناطق العمرانية إلى المزيد من التبخر، مما يؤدي إلى تبريد الهواء وزيادة الرطوبة في هواء المدن وهذا ما يسمى بالرطوبة العمرانية المفرطة (Wang et al., 2021)، كما أثبتت بعض الدراسات أن نسبة الرطوبة العمرانية المفرطة قد تكون أعلى ليلاً (أحريرز, 2018).

4. الظواهر المناخية الناتجة عن التحضر:

1.4. الجزيرة العمرانية الحارة (Urban Heat Island):

هي المنطقة العمرانية الأكثر دفئاً من محيطها الريفي، يعود ذلك إلى الأنشطة البشرية المتمركزة فيها. يكون الفرق في درجة الحرارة ليلاً أكبر منه خلال النهار، ويتجلى بوضوح عندما تكون الرياح ضعيفة. وتصبح ظاهرة الجزر الحارة محسوسة خلال الصيف أكثر منها في الشتاء (Y. Li & Zhao, 2012). تُعد التغييرات المحدثة على سطح الأرض بفعل التحضر؛ السبب الرئيسي لحدوث تأثير الجزر العمرانية الحارة. تُعتبر الحرارة المهذرة الناتجة عن استخدام الطاقة مساهماً ثانوياً في تأثير الجزر الحرارية الأرضية. يميل المركز السكاني خلال نموه إلى توسيع منطقتة وكنتيجة تزداد متوسط درجة الحرارة فيه (Kundu & Kumar, 2016).



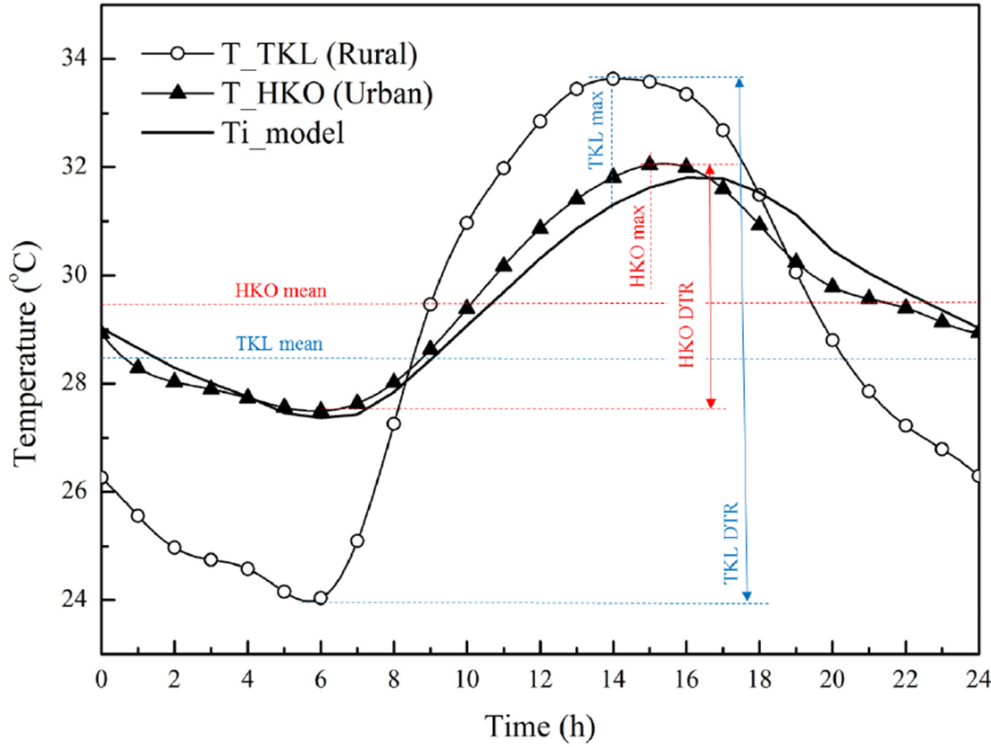
الشكل 8-2: التغييرات في درجات الحرارة السطحية والجوية من المنطقة الريفية إلى مركز المجال العمراني، المصدر: (Kundu &

(Kumar, 2016)

2.4. الجزيرة العمرانية الباردة (Urban Cool Island):

وهي ظاهرة معاكسة للجزيرة العمرانية الحارة، ففي الأقاليم الجافة و شبه الجافة تم تسجيل إنخفاض محسوس في درجات الحرارة في الوسط العمراني مقارنة بالمحيط الخارجي (أحريرز, 2018)؛ أي تكون درجة حرارة الهواء في المنطقة الريفية المحيطة أكثر دفئاً من تلك الموجودة في المجال العمراني وهذا عند وصول درجة الحرارة إلى أقصاها بعد

الزوال، و هو ما يسمى بالجزيرة العمرانية الباردة. تحدث ظاهرة UCI دائماً خلال النهار، مع كثافة ضعيفة نسبياً (Johansson, 2006) (Yeon-Hee & Jong-Jin, 2005). إن المجال العمراني الشاهق ذو الكثافة العالية يشهد المزيد من (UCI)؛ مقارنة بالمجال العمراني المنخفض الارتفاع والكثافة. يمكن تفسير ذلك من خلال الكميات الصغيرة نسبياً من الإشعاع الشمسي؛ التي يتلقاها كل سطح عمراني في مدينة شاهقة وكثيفة وذات سعة تخزين حرارية عالية. كلا هذين العاملين يؤدي إلى زيادة محدودة في درجة حرارة سطح المناطق العمرانية خلال النهار. أثبتت الدراسات والنماذج المطورة، ظاهرة (UCI) تحدث فقط في المدن منخفضة الارتفاع ومنخفضة الكثافة ذات الحرارة البشرية قليلة المنشأ، أو في المدن الشاهقة عالية الكثافة حتى مع وجود كميات كبيرة من الحرارة البشرية المنشأ (Yang et al., 2017).



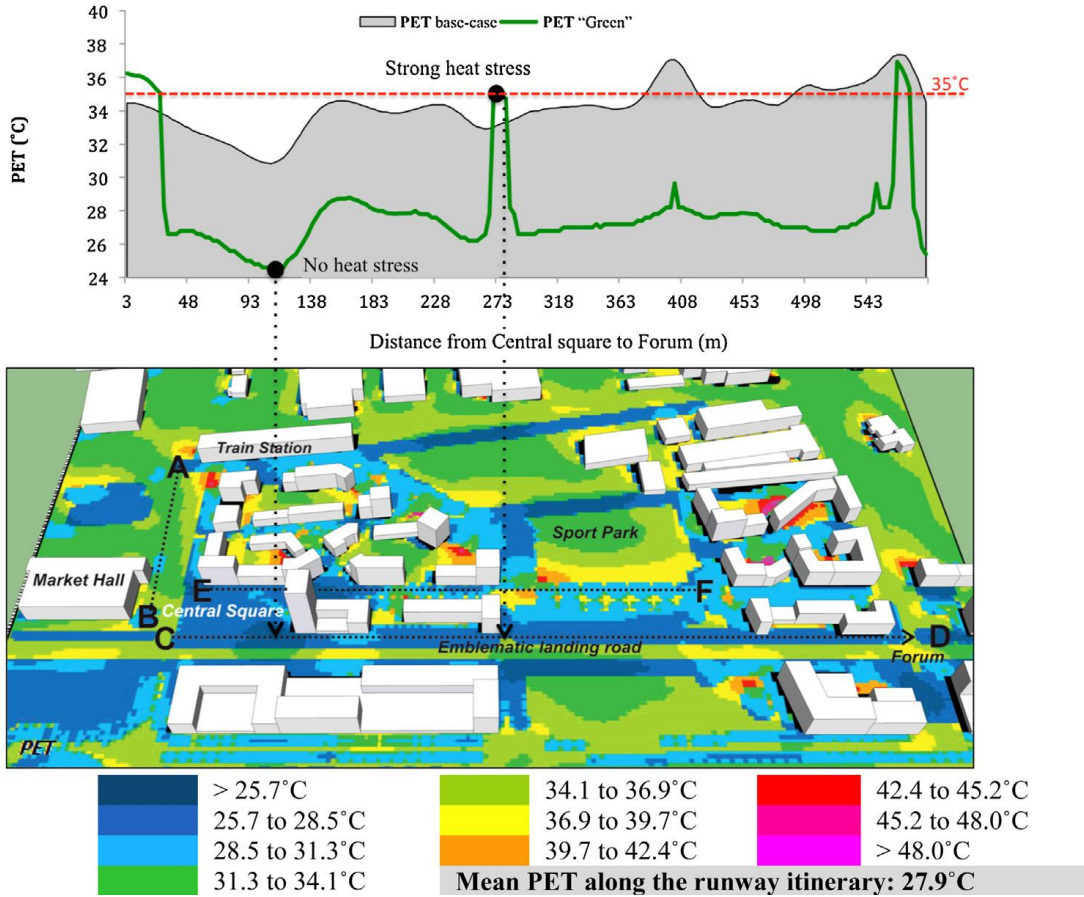
الشكل 9-2: مقارنة البيانات المرصودة حول درجة حرارة الهواء اليومية في المجال العمراني و الريفي (هونغ كونغ) والبيانات المحسوبة باستخدام نموذج درجة حرارة الهواء العمراني المجمع، المصدر: (Yang et al., 2017)

3.4. الجزيرة الحداثقية الباردة (Park Cool Island):

تغطي البيئات القاحلة حاليًا أكثر من 30% من مساحة اليابسة في العالم، وهي نسبة سترتفع مع تغير المناخ في القرن المقبل (Arup, 2018). تعاني المدن في البيئات القاحلة من آثار الجزر الحرارية الحضرية (UHI)، مع تأثيرات سلبية على البيئة والسكان والاقتصاد. تزيد الجزر الحرارية من استخدام المياه واستهلاك الطاقة في المدن لأنها ترفع درجات الحرارة الداخلية والخارجية مما يعزز الطلب على تكييف الهواء لتحقيق الراحة. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تنتج زيادة في تلوث الهواء ولها تأثير خطير على الصحة العامة ونوعية الحياة.

يؤدي تطبيق الغطاء النباتي في المناطق العمرانية إلى تغيير المعايير التي يتكون منها المناخ المصغر (Hyde, 2000). يؤثر الغطاء النباتي على المدن بشكل أساسي من خلال ثلاثة تأثيرات: الظل، الإنتاج، والتبخير، وتغيير أنماط الرياح (T.R.Oke, 1987). يتم دمج الغطاء النباتي في الوسط العمراني من خلال أنماط مختلفة يمكن اعتبار الحداثق العمرانية من بينها واحدة من أهمها، حيث تشكل ما يسمى بظاهرة الجزيرة الحداثقية الباردة (PCI). وهذا ما يحدث الفرق بين

درجة الحرارة الخارجية والداخلية للحديقة، والتي هي أقل من حيث الحجم ويمكن أن تشرح كيف يمكن أن تؤثر خصائص المنتزه على تأثيرات التبريد (Yang et al., 2017). كشفت قياسات مختلفة أن المناطق الخضراء بشكل عام أكثر برودة من المناطق المبنية المحيطة بها. يعتمد تأثير التبريد إلى حد كبير على حجم المنتزه والمسافة، مع اختلاف في درجات الحرارة يتراوح من 1 إلى 7 م° (Correa et al., 2006) (RUIZ et al., 2022).



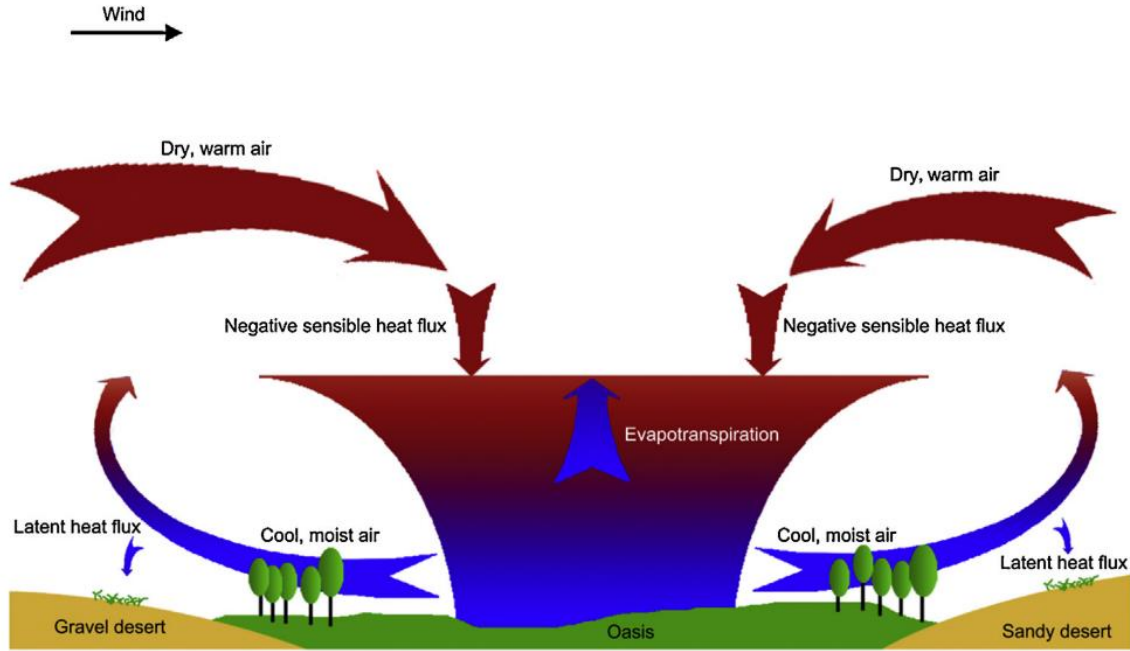
الشكل 10-2: مقارنة درجة الحرارة الفيسيولوجية المكافئة PET بين سيناريو الحالة الأصلية و سيناريو الغطاء النباتي في تولوز، فرنسا،

المصدر: (Martins et al., 2016)

4.4. الجزيرة العمرانية الرطبة (Urban Wet Island):

يتمتع الماء بسعة حرارية عالية محددة تساعد أيضاً في تنظيم معدل تغير الهواء في درجة الحرارة. حيث أن الماء يمتص مزيداً من الحرارة قبل أن يبدأ في الارتفاع ثم يتبخر لاحقاً (Jain & Carpay, 2020). إن الأوساط العمرانية التي لا تحتوي على مسطحات مائية، تظل دافئة وتستغرق وقتاً أطول حتى تبرد من الأوساط ذات المسطحات المائية، مثل الأراضي الرطبة. تتميز المسطحات المائية الكبيرة في الوسط العمراني بتقليل من الجزيرة العمرانية الحارة، أكثر من المسطحات المائية الصغيرة (مثل البرك، السواقي، القنوات...)، فهذه الأخيرة لها تأثير ضئيل في الحد من UHI. تحتاج الأراضي الرطبة العمرانية إلى مساحة لا تقل عن 1 هكتار لتوليد انخفاض قوي في UHI (Hove et al., 2011). كلما كبرت الأرض الرطبة، كان ذلك أفضل. ومع ذلك، قد تساهم المسطحات المائية الأصغر في تقليل مشاكل الحرارة العمرانية إذا كانت المناطق المحيطة بها تظليل من الأشجار، وإذا كان من الممكن أن تتدفق الرياح دون عائق عبر العنصر المائي، فإنها تتمتع بتهوية طبيعية؛ عند إدخال النوافير أو ضباب المياه في المواقع المناسبة، يكون هذا المزيج

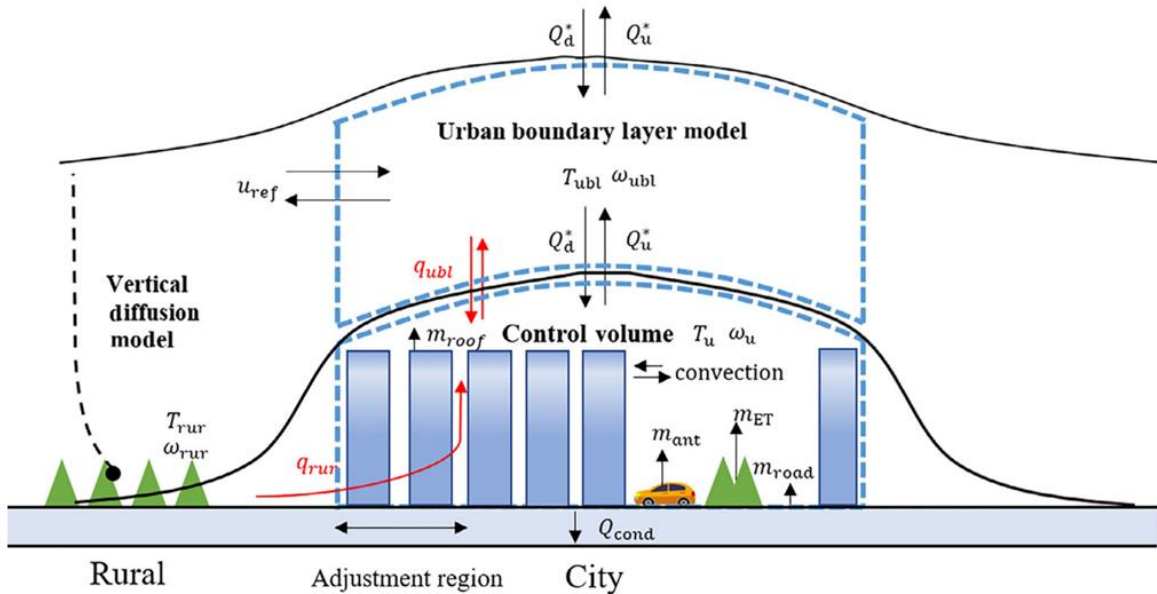
الاستراتيجي أكثر فاعلية؛ عند دمجها مع المسطحات المائية العمرانية الكبيرة، مما يزيد من وظيفة تقليل UHI (Jacobs et al., 2020).



الشكل 2-11: تأثير مفعول رطوبة الواحة في المجال العمراني على محيطه المجاور، المصدر: (X. Li et al., 2016)

5.4 الرطوبة العمرانية المفرطة (Urban Moisture Excess):

إذا تبين أن هناك فرقاً كبيراً في الرطوبة بين المجال العمراني والريفي، في حال انعدام الغطاء النباتي أو مسطحات مائية في الوسط العمراني، فقد تبين من الدراسات المثبتة أيضاً أنه لا يوجد فرق رطوبة كبير بين الوسط العمراني و الريفي؛ عند وجودهما. المجالات الخضراء والمسطحات المائية الموجودة في المنطقة العمرانية تحدث ظاهرة تسمى بالرطوبة العمرانية المفرطة والتي تكون أعلى نسبة في الليل مما هي عليه خلال النهار (Ahriz, 2018).



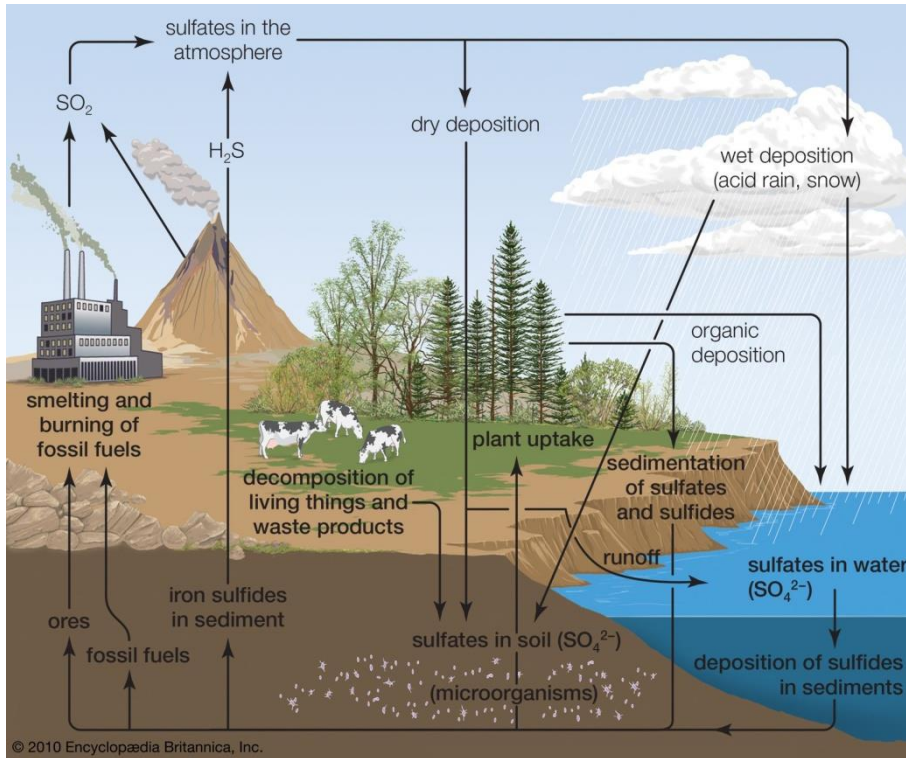
الشكل 2-12: رسم توضيحي لنموذج يقارن الرطوبة بدرجات الحرارة العمرانية، المصدر: (Wang et al., 2021)

6.4. ظاهرة الضباب الدخاني (Smog Phenomenon):

هي ظاهرة خليط من الدخان والضباب يتكون فوق المدن والمناطق الصناعية، وهو أحد أنواع تلوث الهواء، الناتج عن احتراق الفحم بكميات كبيرة واختلاط الدخان بثاني أكسيد الكبريت قديماً. أما حالياً هذه الظاهرة تنتج عن الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل أشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الأوزون. وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي. ظاهرة الضبخان (ضباب- دخان) (smoke fog) يكون لون الهواء بنيًا وله رائحة كريهة ويرتبط حدوثه بارتفاع درجات الحرارة. ومن الملوثات الأخرى المتسببة في ظهوره إلى جانب غاز الأوزون: أكاسيد النيتروجين، الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون. معظم المدن الكبرى مثل لندن ولوس أنجلوس ومدينة مكسيكو والقاهرة تعاني من مناسب خطيرة من الضبخان (Hall et al., 2014).

7.4. ظاهرة الأمطار الحامضية (Acid Rains):

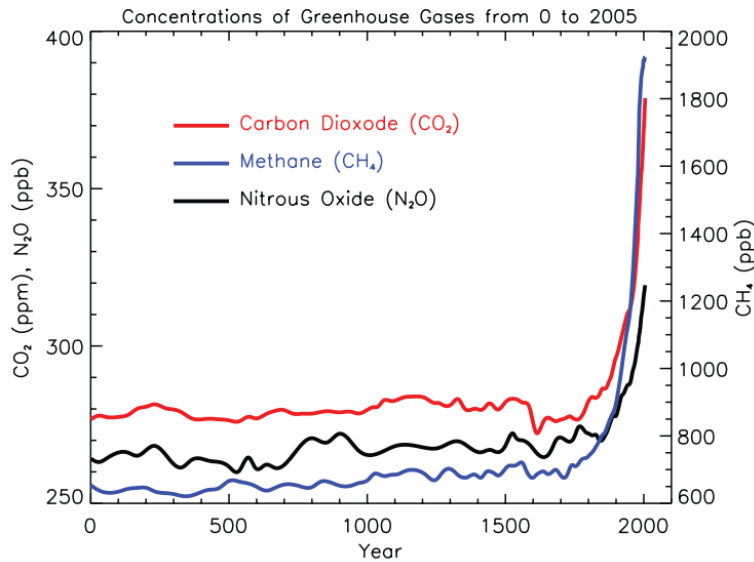
تتشكل الأمطار الحامضية من تفاعل الغازات الناتجة عن محطات توليد الكهرباء والمراكز الصناعية الضخمة، والتي تحتوي على أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين مع الأوكسجين وبخار الماء في الجو. يتحد ثاني أكسيد الكبريت مع أوكسجين الهواء بوجود الأشعة فوق البنفسجية منتجاً ثالث أكسيد الكبريت الذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الجوي معطياً حمض الكبريت. وقد يتحد حمض الكبريت مع بعض الغازات في الهواء مثل النشادر منتجاً كبريتات النشادر. وبنفس الطريقة يتحول أكسيد النيتروجين بوجود الأوكسجين والأشعة فوق البنفسجية إلى حمض الأزوت (Butler, T. J. and Likens, . Gene E., 2019).



الشكل 13-2: رسم توضيحي لدورة الأمطار الحامضية وأسبابها، المصدر: (Butler, T. J. and Likens, . Gene E., 2019)

8.4. ظاهرة الدفيئة العمرانية (Urban Green House):

تنتج عن غازات موجودة في الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وتتميز بقدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تطلقها الأرض وتعيد إطلاقها مما يؤدي لرفع درجة حرارة الهواء. هذه الغازات وأهمها الكربون (CO_2)، الميثان (CH_4)، أكسيد النيتروجين (N_2O)، وسداسي أكسيد الكبريت (SF_6)، عندما تلتقي تشكل طبقة جوية تسمى طبقة الدفيئة (أحريرز, 2018)، ودورها الطبيعي حبس الحرارة المنتقلة من الأرض إلى الفضاء لتقليل من ضياعها، والحفاظ على متوسط درجة حرارة $15^\circ C$ (ما يعادل 59 درجة فهرنهايت)، في حال عدم وجود هذه الغازات سيكون متوسط درجة حرارة سطح الأرض حوالي $-18^\circ C$ (ما يعادل 0 درجة فهرنهايت)، وهذا يعد اختلالاً بالتوازن الطبيعي (Mann, Michael E, 2022) (Yu et al., 2018). وفي حال زيادة إنتاج هذه الغازات في الطبقة الجوية، بفعل أزيد من 50 نشاط بشري مختلف، فإن هذه الغازات تعيق نفوذ الأشعة الشمسية المنعكسة من سطح الأرض إلى الفضاء الخارجي حيث إنها تمتص الإشعاع الشمسي الحراري ذي الموجة الطويلة (الأشعة تحت الحمراء) وتبقيه حبس الغلاف الجوي مما يرفع درجة حرارة الأرض ويشكل خطراً على المناخ والبيئة والصحة (Mora et al., 2013).



الشكل 14-2: تركيز الغلاف الجوي من الغازات الدفيئة منذ 2000 سنة مضت، تعزى الزيادات منذ حوالي سنة 1750 إلى الأنشطة البشرية في العصر الصناعي، المصدر: (Yu et al., 2018)

5. استراتيجيات إعادة توازن المناخ العمراني:

تتوفر المعرفة والتكنولوجيا اليوم لجعل المساكن والأماكن العامة مريحة حرارياً، وموفرة للطاقة، وكفاءة في استخدام المياه، وبيئات معيشة وعمل رائعة بشكل عام. إن مجرد توجيه المبنى في الاتجاه الصحيح يمكن أن يكون له تأثير كبير. بالإضافة إلى هذه الأساسيات، يمكن القيام بالعديد من الأشياء الأخرى لجعل المجالات الداخلية والخارجية أكثر ملائمة من الناحية المناخية. يمكن تعديل ألوان الأسطح والأشياء لامتناس إشعاع أكثر أو أقل. يمكن استخدام المواد ذات الدخول الحراري العالي أو المنخفض لتسخين أو تبريد الأسطح بشكل استراتيجي في الغطاء النباتي الطبيعي. يمكن إضافة الماء لتبريد الأسطح من خلال التبخر. يمكن أن تكون مصدات الرياح في موقع استراتيجي لإبطاء سرعة الرياح الباردة في الشتاء. على العكس من ذلك، يمكن توجيه الرياح السريعة الحركة عالياً إلى السطح من خلال استخدام الأشعة أو الأبراج.





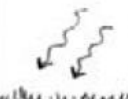

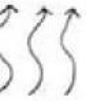




















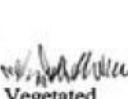


وقد عمل الباحثون في صدد إيجاد استراتيجيات لإعادة توازن المناخ العمراني، لعل أشهرها استراتيجية (Brown)، استراتيجية (Setaih) واللذان تعتمدان على استخدام المياه والمجالات الخضراء، أما أحدث الاستراتيجيات منها (WSUD) و(CSUD)، واللذان تعتمدان على منهجية العمل بالمناطق البيومناخية، وهذا ما سنتطرق له في هذه الجزئية.

1.5. استراتيجية (Brown):

بحسب (Brown, Robert & D, 2010)، تعتمد استراتيجية التعديل المناخي عنده على العناصر الخمسة التالية؛ الأشعة الشمسية، الأشعة الأرضية، الرياح، درجة حرارة الهواء، ورطوبة الهواء، حيث يتم التحكم فيها بحسب التبريد أو التسخين:

- الأشعة الشمسية: لغرض التبريد الزيادة في التظليل باستعمال العنصر النباتي للتخفيف من الأشعة الشمسية، ولمنعها تستعمل التغطيات الاصطناعية. لغرض التدفئة؛ التقليل من التظليل لدرجة انعدامه، والاستعاضة بالأسطح العاكسة لأشعة الشمس للزيادة في التسخين.
- الأشعة الأرضية: عند التبريد، يستعمل النبات على الأرضيات والجدران لتبريدها من حرارة الأشعة الأرضية. عند التسخين يستعمل العنصر النباتي كحاجز للأشعة الأرضية، كما تستعمل الحواجز الاصطناعية للحفاظ أكثر على حرارة الأشعة الأرضية (تستعمل في شكل أسقف وجدران).
- الرياح: لهدف التبريد يستعمل العنصر النباتي على الأرضيات كمرطب للهواء مُحملاً بجزيئات الماء لتقليل من حرارة الهواء، وللزيادة في التبريد تستخدم العناصر النباتية بشكل الشجيرات متحركة في اتجاه حركة الرياح مع الزيادة في سرعتها، وتحميلها بالرطوبة الناتجة عن التبخر- النتج. للتسخين، يستعمل العنصر النباتي كمصدات لإضعاف سرعة الرياح. للزيادة في التسخين، تستعمل هياكل جانبية تخلق مساحات محمية من الرياح.
- درجة حرارة الهواء: للتقليل في درجة حرارة الهواء، تستعمل المسطحات الخضراء كعنصر، ولتقليل الحرارة أكثر تستعمل المنخفضات الأرضية الرطبة والمظللة. لرفع درجة حرارة الهواء تستخدم الأسطح الجافة عكس اتجاه الرياح، وللزيادة في درجة الحرارة تستعمل الأسطح الجافة السوداء.
- رطوبة الهواء: عند التبريد تستعمل المسطحات الخضراء، لزيادة التبريد تستعمل المسطحات الخضراء بالإضافة إلى الجدران النباتية، لحد استعمال المسطحات المائية للزيادة في رطوبة الهواء.

Make it feel cooler ←→ Make it feel warmer

 Solar Radiation	 Solid	 Leafy	 Leafless	 Open	 Reflecting
 Terrestrial Radiation	 Cool wall Open sky	 Cool ground Open sky	 Warm ground Sky obscured	 Warm ground Sky blocked	 Warm wall Sky blocked
 Wind	 Channel wind Fan	 Open to wind	 Open Windbreak	 50% Porous Windbreak	 3-Sided Solid Structure
 Air Temperature	 Wet Ground Depression	 Shade ground Depression	 Vegetated Ground	 Dry Surface Upwind	 Dry, Dark Surfaces
 Air Humidity	 Wet surfaces	 Vegetated Surfaces	 Vegetated Ground	 Cool Ground	 Cool Surfaces

الشكل 15-2: مصفوفة تبين استراتيجيات (Brown) في تعديل المناخ العمراني، المصدر: (Brown, Robert & D, 2010)

2.5. استراتيجية (Setaih):

حسب (Setaih et al., 2013) يستعرض هذه الاستراتيجيات الطرق المتاحة للتعديل المناخي العمراني في طبقة المظلة العمرانية (UCL) في الأقاليم الحارة. تعتبر المعلمات البيئية العمرانية الدقيقة، مثل درجة حرارة الهواء، متوسط درجة الحرارة المشعة (MRT)، الرطوبة النسبية وسرعة الرياح، هي العوامل الأكثر تأثيراً على مستوى الراحة الحرارية لمستعملي المجالات الخارجية، وللتعديل في هذه المعلمات المناخية يستعمل أدوات تبريد المناخ العمراني؛ تتمثل في:

- **مواد عاكسة باردة:** يعد استخدام المواد عالية البياض، والتي تتميز بقدرة أسطحها على عكس الإشعاع الشمسي الوارد في البيئات العمرانية، تقنية فعالة تعتبر طريقة واحدة لتقليل تأثيرات البيئة الحرارية على راحة المستعمل. أظهرت الأبحاث على الأسطح ذات الألوان البيضاء والفاتحة تحسينات كبيرة في الراحة الحرارية نتيجة للقدرة العالية في تقليل درجة الحرارة المحيطة، حيث أن زيادة الانعكاس الشمسي للمواد بمقدار 0.25 يؤدي إلى انخفاض كبير في درجة حرارة المادة بمقدار 10 درجة مئوية (Akbari et al., 2001).

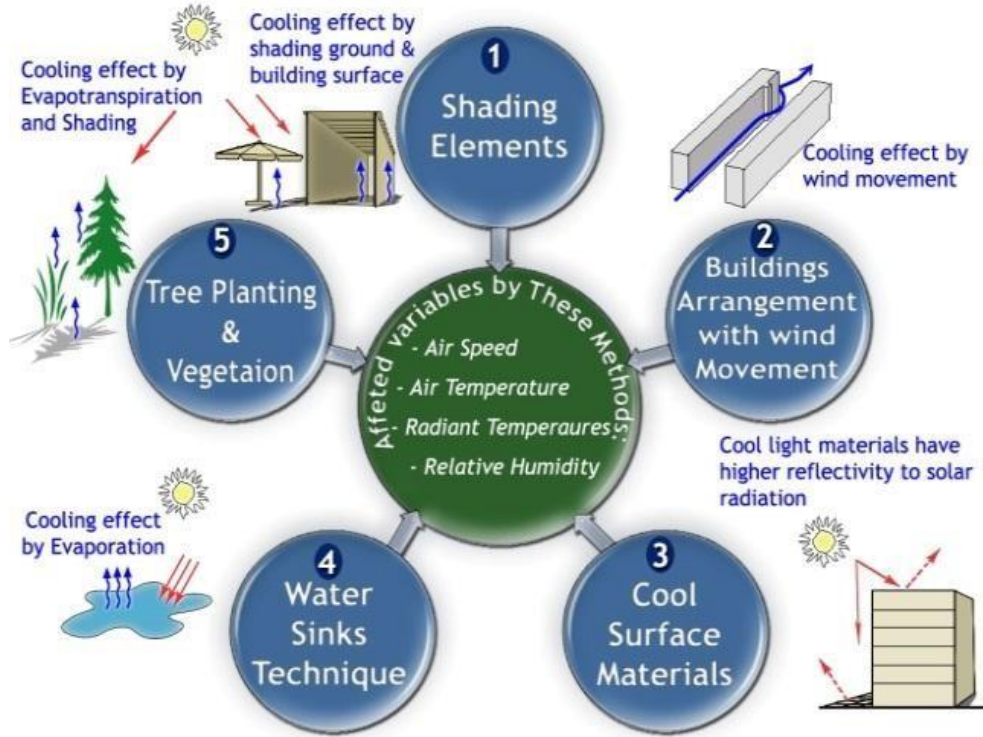
- **الأسطح المائية:** يعد استخدام ميزات المياه تقنية جيدة للمشتتات الحرارية تساعد أيضاً في تحسين مستوى الراحة الحرارية للمستعملين في البيئات المبنية في المناطق العمرانية الجافة والحارة. يمكن لخصائص المياه مثل النوافير، وبرك المياه، وتيارات المياه، والمياه الضحلة في الأماكن العامة تبديد جزء من الحرارة العمرانية الشديدة من خلال نظام التبريد التبخيري. دائماً ما يرتبط التبخر والنتح بنقل الحرارة بين الماء والنباتات والهواء، نظراً لأن وجودهما يحسن البيئة الحرارية الحضرية في المواسم الحارة عن طريق تبريد الهواء.

أكدت نتائج القياسات في الأوساط العمرانية للأقاليم الصحراوية فائدة عناصر المياه في التخفيف من البيئة الحرارية غير المريحة، مع انخفاض درجة حرارة الهواء المناخي إلى 11 درجة مئوية (Nishimura et al., 1998).

- **مساحات خضراء ونباتات:** من أكثر الطرق شيوعاً وفعالية المستخدمة لتحسين حالة الراحة الحرارية للمستعملين في الهواء الطلق في المساحات العمرانية الحارة والجافة هي زراعة النباتات والأشجار في الأماكن العامة. مثل هذه الطريقة يمكن أن تسمح بالاعتدال في اكتساب الحرارة من الشمس إلى البيئة العمرانية. تؤكد الأبحاث أن الغطاء النباتي يلعب دوراً قوياً في تعديل المناخ المصغر العمراني وتعزيز الراحة الحرارية الخارجية. ومع ذلك، فإن العيب الشائع لتأثير الغطاء النباتي على المناخ المصغر هو أنه قد يقف كعائق أمام سرعة الرياح المرغوبة في أودية الشوارع العمرانية الحارة، وذلك بسبب احتكاك الستائر النباتية. على الرغم من ذلك، فإن إحدى المزايا العظيمة للغطاء الشجري هي تأثير التبريد الناتج عن التأثير المشترك للتبخر والنتح وتظليل المظلة.

- **استخدام عناصر التظليل:** التظليل بالعناصر المادية (مثل الأشجار والمباني وأجهزة التظليل الاصطناعية) هو تدخل عمراني مفضل في المناخات الحارة، حيث يوفر التظليل عن طريق منع الإشعاع الشمسي الساقط، مما يؤثر على الأجواء الحرارية الخارجية وبالتالي يؤثر على الحساسيات الحرارية للمستعمل في المناطق الخارجية. أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين قيم الإحساس بالراحة الحرارية للإنسان في المناطق المشمسة عنها في المناطق المظللة نتيجة المساهمة الرئيسية للإشعاع الشمسي (Murakami, 2006).

- **ترتيبات البناء مع حركة الرياح:** بحسب (Montazeri & Blocken, 2013) توزيعات الضغط الناجم عن الرياح تعتمد على العديد من العوامل في البيئة العمرانية، يمكن التحكم في ذلك من خلال التصميم المعماري وميزات مصدات الرياح الأخرى، مثل غرس الأشجار. أظهرت الأبحاث أنه في المناطق العمرانية حيث لا توجد رياح، يمكن أن تزيد قيمة مؤشر حالة الراحة الحرارية للإنسان بين 9-12 درجة مئوية، وبالتالي فإن حركة الهواء في المناطق الساخنة ضرورية (Murakami, 2006). يشير هذا إلى أن درجة حرارة الهواء ليست المعلمة الوحيدة التي تحدد تقييم حالة الراحة الحرارية، ولكن أيضاً سرعة الرياح. يمكن أن يقلل التصميم الجيد للنسيج الحضري مع حركة الهواء من تأثير البيئة الحرارية، حيث يمكن أن يتحكم هذا في اتجاه الرياح وسرعتها.



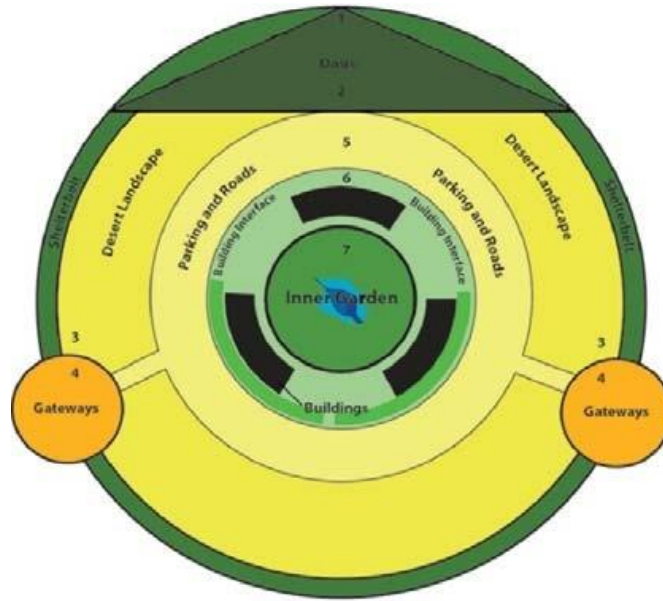
الشكل 16-2: وسائل استراتيجية (Setaih) في تعديل المناخ العمراني في الأقاليم الحارة، المصدر: (Setaih et al., 2013)

3.5. استراتيجية المناطق البيومناخية:

يعتبر مفهوم المناطق المناخية الحيوية أحد مبادئ التصميم الأساسية لتخطيط الموقع في المناخات الحارة القاحلة. بحسب (Attia & Duchhart, 2011)، يعتمد مفهوم المناطق المناخية الحيوية على إنشاء مجموعة من المناطق، حيث تحتوي كل منطقة على مجموعة من قرارات تصميم المجالات الخضراء الإلزامية التي تعكس هدف الراحة المناخية المطلوب. يشكل المفهوم نظرياً سبع مناطق حلقية، حيث تحمي ست مناطق المنطقة الأساسية السابعة. هذه المنطقة السابعة التي تسمى أيضاً باسم "القلب البارد"، تهدف إلى تضمين مجالات خارجية مريحة حراريًا مثل الحدائق الداخلية وساحات الفناء. بمساعدة إرشادات التصميم التوجيهي والتدابير القابلة للتحقق تجريبياً لكل منطقة، يوجه المفهوم المصمم والمخططين لإنشاء خطط موقع مناخي حيوي يمكنها تحسين المناخ المصغر وتحسين الراحة الحرارية للمستعملين. يوضح الشكل (2-17) مفهوم المناطق التي يتم فيها تحديد شروط الراحة المطلوبة لكل منطقة. في الجدول (2-2)، يتم تقديم قرارات التصميم التفصيلية فيما يتعلق بالتأثير المناخي المتوقع.

- المنطقة 1: (shelterbelt)، وتعتبر كحزام أمان وحماية من الرياح بالأخص الرملية منها.
- المنطقة 2: (Oasis)، هي الواحة؛ دورها تنقية الهواء وخض درجة الحرارة.
- المنطقة 3: (Desert Landscape) هي منطقة صحراوية داخلية، تصمم فيها مناظر طبيعية صحراوية (استعمال نباتات صحراوية) وذلك لغرض وضع حدود لتوسع المناطق السكنية وإبعادها عن المناطق الخارجية.
- المنطقة 4: البوابات والمداخل الرئيسية، ويكون دورها التقليل من استقطاب الأشعة الشمسية وذلك بتصميمها وتهيتها بطريقة تحقق فيها هذا الهدف.
- المنطقة 5: الشوارع ومواقف السيارات، أين يتم عبرها التقليل من حدة الأشعة الشمسية.
- المنطقة 6: المساكن والمباني، وفيها يتم التحكم في تقليص الكبير للإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر.

- المنطقة 7: الحدائق الداخلية أو ما يسمى بالقلب البارد للتصميم الكلي.



الشكل 17-2: توضيح مفهوم المناطق المناخية الحيوية لصحاري نصف الكرة الشمالي بافتراض الرياح السائدة في الشمال والجنوب،

المصدر: (Attia & Duchhart, 2011)

اسم المنطقة Zone name	التأثير المناخي Climatic impact	تصميم المناظر Landscape design	الفحص Verification
1.Shelter belt (حزام السكن)	Wind, sand storm protection جماية من الرياح والعواصف الرملية	High barrier trees حاجز عال من الأشجار Mulching and soil stabilization تهيئة التربة واستقرارها	Less wind speed سرعة رياح أقل Cleaner air dust تنظيف الهواء من الغبار
2.Oasis (الواحة)	Air filtering تصفية الهواء Lower temperature حرارة منخفضة Better comfort راحة أفضل	Palm groves غابات النخيل Shading التظليل Ground cover تغطية الأرض	Higher air speed سرعة هواء عالية Lower ambient Temp درجة حرارة المحيطة منخفضة Lower dry bulb Temp درجة حرارة البصيلة الجافة منخفضة
3.Desert landscape (الصحراء)	Drought tolerant vegetation نباتات تتحمل الجفاف Soft barrier حاجز ناعم	Boundary layer حدود الطبقة Xeric-cape ظروف الصحراء	Less wind speed Cleaner air dust
4.Gateways & entries (بوابات ومدخل)	Reduce solar radiation تقليل الإشعاع الشمسي Better comfort راحة أفضل	Water surfaces مساحات مائية Vegetation غطاء نباتي	Lower Temp درجة حرارة منخفضة Lower relative humidity رطوبة نسبية منخفضة
5.parking and roads (موقف السيارات والطرق)	Minimize solar intensity تقليل كثافة الحرارة الشمسية	Shading تظليل	Less direct solar radiation الإشعاع الشمسي المباشر أقل
6.buildings/landscape interface (بنايات/ واجهة أفقية)	Reduce direct radiation تقليل الإشعاع المباشر Reduce indirect radiation تقليل الإشعاع غير المباشر	Deciduous columnar trees الأشجار العمودية النفضية Green roof سطح أخضر Green ground cover تغطية خضراء للأرض	Less direct solar radiation Lower ambient Temp Lower dry bulb Temp
7.inner garden (حديقة داخلية)	Cool reservoir خزان بارد Promote north wind تعزيز الرياح الشمالية Lower temperature Reduce solar radiation Better comfort	Green ground cover Shading canopy of trees تظليل الأشجار الخيمية Water surfaces	Less direct solar radiation Lower ambient Temp Lower dry bulb Temp Higher air speed Cleaner air

الجدول 2-2: مفهوم المناطق المناخية الحيوية: مصفوفة القرارات والآثار، المصدر: (Attia & Duchhart, 2011)، بتصريف الباحث.

4.5. استراتيجية (Water Sensitive Urban Design):

شهدت السنوات الأخيرة عددًا متزايدًا من المبادرات لإدارة المياه العمرانية بطريقة أكثر استدامة. تستند هذه المبادرات إلى المبادئ الأساسية للاستدامة: الحفاظ على المياه، الإدارة المتكاملة لدورة المياه، تقليل النفايات، وحماية البيئة، من أجل خلق مناخ معتدل بالإضافة إلى تحسين المنظر العمراني العام. حسب (Ashley et al., 2013) (Coutts et al.,) (2013)؛ هذه الاستراتيجية مطبقة بالشرق الأوسط وأستراليا، كما طبقت في بريطانيا لكن باسم (Sustainable Drain System)، واستعملت في أمريكا تحت اسم (Low Impact Development). يدمج التصميم العمراني الحساس للمياه (WSUD) هذه المبادئ في التخطيط والتصميم العمراني، وهو أفضل معيار لممارسة تصميم الإدارة من أجل التنمية في جميع أنحاء أستراليا، كما يدمج WSUD ميزات إدارة المياه في المشهد العمراني (Water Sensitive Urban Design Principles, 2012)؛ وله العديد من الفوائد البيئية والجمالية مثل:

- الحد من تدفقات مياه العواصف وأحمال الملوثات - وبالتالي حماية المجاري المائية في اتجاه مجرى النهر - عن طريق جمع مياه الأمطار ومعالجتها في الأراضي الرطبة أو البرك أو مستنقعات التخزين الحيوي أو مستنقعات العشب.
- الحفاظ على المياه الصالحة للشرب عن طريق جمع مياه الصرف السطحية ومياه الأمطار في خزانات مياه الأمطار أو التخزين الجوفي لإعادة استخدامها في الحدائق والمراحيض.
- تقليل الأسطح غير المنفذة باستخدام الأرصفة المسامية (على سبيل المثال لمواقف السيارات والطرق والممرات) وتقليل آثار أقدام المساكن.
- توفير مساحات عامة مفتوحة لمعالجة مياه الأمطار (مثل الأراضي الرطبة)، والترفيه والراحة البصرية (مما يزيد أيضًا من قيمة الأراضي).



الشكل 2-18: أهداف استراتيجية WSUD، المصدر: (Bevington et al., 2013)

5.5. استراتيجية التصميم العمراني الحساس للمناخ (Climate Sensitive Urban Design):

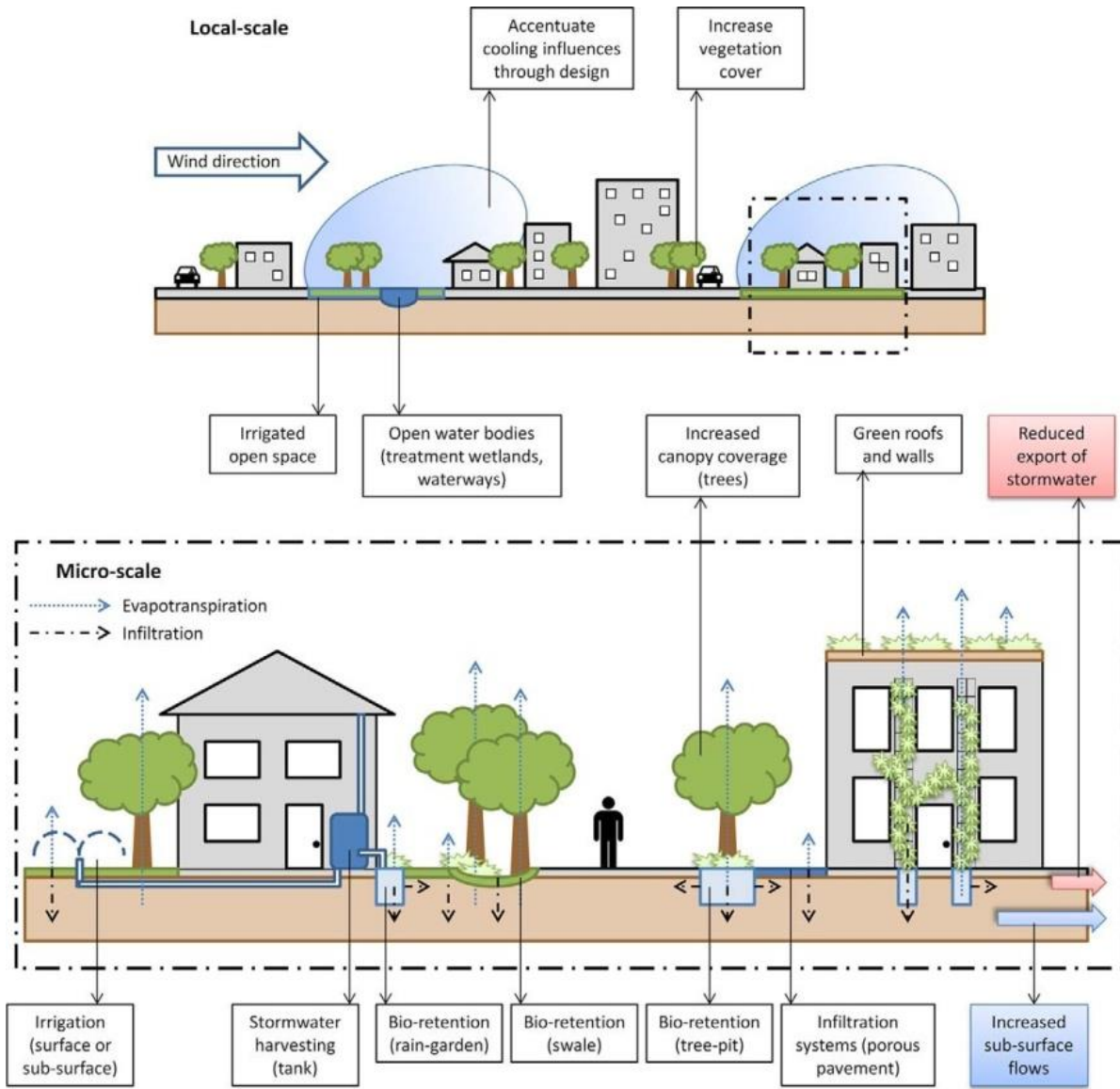
التصميم العمراني الحساس للمناخ (CSUD)، المعروف أيضًا باسم التصميم المستجيب للمناخ أو التصميم المناخي الحيوي، يتعلق بشكل أساسي بالتصميم للإنسان، وقيادة المصممين والمهندسين العمرانيين نحو التركيز على الراحة الحرارية (Emmanuel, 2005). ومع ذلك، تتطلب هذه الاستراتيجية أيضًا أن تكون الهندسة المعمارية منسجمة مع طبيعة التصميم؛ ومع الشعور بالمكان، مع الأخذ في الاعتبار الجوانب الإيجابية والسلبية للموقع. يهدف CSUD إلى تحقيق هدفين رئيسيين:

- استخدام CSUD في تصميم المباني لإنشاء مباني أكثر كفاءة في استخدام الطاقة وبيئات داخلية مريحة.
- تصميم المناظر الطبيعية لإنشاء مجالات خارجية أكثر جاذبية تستهدف تحسينات في الراحة الحرارية للإنسان، يتضمن ذلك تصميمًا لدرجة الحرارة والرطوبة والرياح والوصول إلى الطاقة الشمسية للحفاظ على التوازن الحراري لجسم الإنسان مع البيئة.

تعتمد هذه الاستراتيجية أساسًا على إدراج المجالات الخضراء، مع استخدام استراتيجية التصميم العمراني الحساس للمياه (WSUD) للوصول إلى أقصى درجات التعديل العمراني، وبالتالي الوصول للراحة الحرارية للإنسان سواء في المجالات الداخلية أو المجالات العمرانية المفتوحة، وذلك عبر استعمال العديد من الوسائل (أحريرز, 2018)؛ والتقنيات أهمها:

- استعمال الغطاء النباتي والمجالات الخضراء في المجالات العمرانية المفتوحة.
- استعمال العناصر النباتية في اسطح وواجهات المباني.
- استعمال أنظمة تقنية في نظام السقي وطرق تخزين مياه الأمطار.
- استعمال العناصر المائية من مسطحات، مجاري، نوافير...

إن استراتيجية (التصميم العمراني الحساس للمناخ) تخلق بيئات عمرانية مريحة حراريًا وجذابة وأكثر استدامة من خلال تعزيز الميزات الإيجابية الطبيعية والتي من صنع الإنسان من خلال الهندسة المعمارية والتخطيط وتصميم المناظر الطبيعية، وهذا عبر المشاريع العمرانية المطبقة بوسائل هذه الإستراتيجية (HIDE, M. 2017).



الشكل 19-2: يمثل عناصر (WSUD) على نطاق مصغر، إلى جانب استخدام وسائل (CSUD) مما يؤدي إلى التبريد على المستوى المحلي، وتحسين الراحة الحرارية، المصدر: (Coutts et al., 2013)

الخلاصة:

زيادة التحضر، وتوسع العمران في المدن، مع التحديث في تقنيات ومواد البناء، ومع النمو المتسارع للسكان الذي ينتج عنه تلبية احتياجاته من التمدن والعمران، كل هذا سبب في حدوث ظواهر مناخية؛ لم تكن سابقا موجودة قبل حدوث الثورة الصناعية، أثرت على عناصر المناخ العام فتغير من النقيض إلى النقيض، كما أثرت على المناخ المحلي و المصغر، وأنتجت خسائر بشرية، مادية واقتصادية. بحسب تقرير الأمم المتحدة (المتحدة، 2021)، ذكر التقرير أن أخطار الطقس والمناخ والمياه شكلت، في الفترة من عام 1970 إلى عام 2019، 50 في المائة من جميع الكوارث، و45 في المائة من جميع الوفيات المبلغ عنها، و74 في المائة من جميع الخسائر الاقتصادية المبلغ عنها. ومن بين أكبر 10 كوارث، بحسب التقرير، كانت الأخطار التي أحدثت أكبر خسائر بشرية خلال هذه الفترة هي حالات الجفاف (650 ألف حالة وفاة)، والعواصف (232 577 حالة وفاة)، والفيضانات (700 58 حالة وفاة)، وتطرف درجة الحرارة (55 736 حالة وفاة).

من أهم هذه الظواهر وأكثرها ضررا على المناخ والبشرية، الجزيرة العمرانية الحارة، الجزيرة العمرانية الباردة، الرطوبة العمرانية المفرطة، الضباب الدخاني، الأمطار الحامضية، الدفيئة العمرانية، والتي دفعت كوارثها الناتجة، أغلب الباحثين و المخططين و المصممين إلى استحداث استراتيجيات من شأنها أن تعيد التوازن للمناخ العمراني؛ ومنه للمناخ العام. تعتمد أغلب هذه الاستراتيجيات على إيجاد العناصر الطبيعية المفقودة في المجال العمراني، ألا وهي الغطاء النباتي و الماء، كما تعتمد على استعمال الخصائص الفيزيائية لمواد البناء المؤثرة ايجابيا على المناخ العمراني، نذكر من بين هذه الاستراتيجيات؛ (Brown)، (Setaih)، استراتيجيات المناطق البيومناخية، استراتيجيات (Water Sensitive Urban Design)، استراتيجيات (Climate Sensitive Urban Design). تعمل كلها على استعمال العناصر الطبيعية في المجال العمراني، والرجوع إلى البيئة في حالتها البكر مع الحفاظ على النمط الحياتي المدني، والتقليص من مصادر مختلف الملوثات. وقد أثبتت هذه الاستراتيجيات نجاعتها في التخفيف من الظواهر المناخية العنيفة، وذلك بتطبيقها في شكل مشاريع عمرانية ومعمارية.

الفصل الثالث:

“...To deny or ignore the psychology involved in comfort measurements is not only shortsighted, but treats the human subject as a machine, which it is not.”

Prof. F. Rohles

مقدمة:

في العقود القليلة الماضية، نما تصميم المجالات العمرانية بأهمية كبيرة حيث أصبح هدفاً للتصميم والتخطيط الحضري. كما ذكرت عدة تنبؤات أنه بحلول عام 2025 سيعيش 60 ٪ من سكان العالم في مدن تحتاج إلى التوسع العمراني، عادة ما يتسبب التوسع الحضري في إنتاج الجزر الحرارية (Xu et al., 2018)، فجودة المجالات الخارجية لها تأثير كبير على مستخدميها. لهذا ظهرت اتجاهات حديثة في الهندسة المعمارية والتصميم العمراني؛ تشجع الناس على قضاء المزيد من الوقت في الهواء الطلق، حيث يتعرض الناس لعوامل بيئية متعددة تؤثر بشكل مباشر على حالتهم الفسيولوجية البشرية؛ وتؤثر على راحتهم الحرارية (Fang et al., 2018). لذا سعت مجمل الأبحاث و الدراسات في الأونة الأخيرة إلى السيطرة على المجال الخارجي والتحكم في البيئة الخارجية العمرانية وذلك بدراسة وتقييم الراحة الحرارية الخارجية للمستعملين لهدف تحسينها وتحقيق أفضل الظروف المناخية المصغرة في البيئات العمرانية. حيث تعتبر هذه الأخيرة جانباً أساسياً من التنمية المستدامة.

1. مفهوم الراحة الحرارية:

يعرف واطسون (Watson & Labs, 1983) الراحة الحرارية بأنها " هي حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضا عن ظروف البيئة المحيطة به " ويفضل بعض الباحثين مثل (Markus, 1980) و (de Dear & Brager, 1998) تعريفها بطريقة عكسية بمعنى:

"الراحة الحرارية أو التعادل الحراري هي حالة لا يشعر معها الإنسان لا بالبرد ولا بالحر، أو لا يشعر بأي مضايقة لخلل في البيئة الحرارية".

والتعبير الأخير قد يكون أقرب للفهم، فالإنسان نادراً ما يلفت انتباهه أنه "مرتاح حرارياً" ولكن قد يثير اهتمامه الإحساس بالحرارة أو البرودة أو سطوع أشعة الشمس المباشرة في عينيه، فعندما يبدأ اهتمام الإنسان ينتقل من عمله أو اهتماماته الطبيعية إلى الظروف الحرارية المحيطة به، تبدأ حالة الضيق من هذه الظروف. إن الاتزان الحراري ضروري لحياة الإنسان؛ ولكن وحده ليس كافياً لتحقيق الراحة الحرارية.

2. الاتزان الحراري لجسم الإنسان:

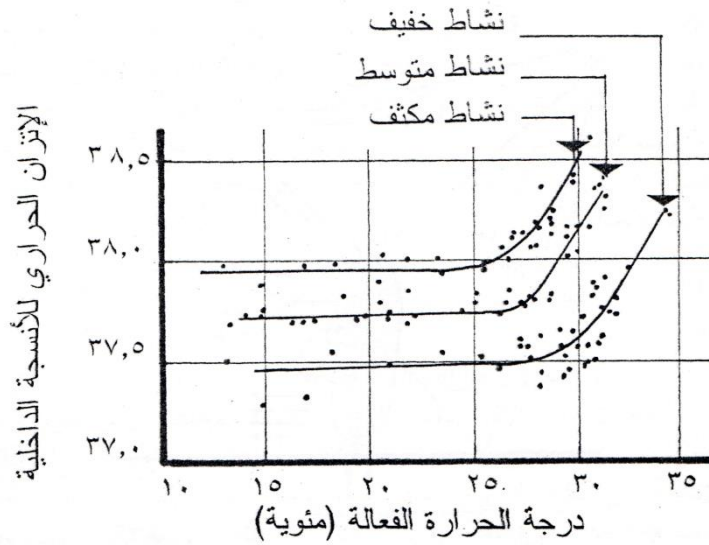
يحتاج الإنسان للحفاظ على درجة حرارة ثابتة لأنسجة الجسم تبلغ 37 م°، ويمثل التغير في هذه الحرارة بوضع درجات خطراً يهدد صحته، بل حياته. ومن أجل الحفاظ على درجة الحرارة هذه في الحدود الملائمة لحياة الإنسان يتمتع الإنسان بجهاز معقد لتنظيم درجة حرارة جسمه يقوم بتحديد درجة حرارة الأجزاء المختلفة للجسم، واتخاذ الإجراءات الملائمة لتعديلها بما يكفل الحفاظ على الصحة والحياة (Braian M et al., 2018).

فجسم الإنسان يقوم بتوليد الحرارة عن طريق حرق المواد الغذائية داخله، لتوليد للطاقة التي يحتاجها الجسم البشري للقيام بوظائفه الحيوية، وحتى لا تؤدي هذه الحرارة إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم، يعمد الجسم إلى التخلص منها في الحالات الطبيعية وفي حالة زيادة درجة حرارة الجو، بينما يحاول الحفاظ عليها من التسرب في حالة انخفاض درجة الحرارة المحيطة بالجسم (Heikens et al., 2011).

والجسم يكتسب الحرارة ويفقدها بطرق عديدة، فإذا تساوت كمية الحرارة المكتسبة مع المفقودة كان الجسم في حالة (اتزان حراري) أما إذا زادت إحداهما على الأخرى تترادى الضغوط على جهاز التنظيم الحراري للحفاظ على درجة حرارة ملائمة ويزداد الشعور بعدم الراحة الحرارية (Garami & Székely, 2014).

تشتمل أنشطة الحياة اليومية على العمل و ما يرتبط به من جهد و إجهاد و راحة بمختلف مستوياتها، و يحتاج جسم الإنسان إلى فترات من الراحة و الترفيه و النوم لكي يستعيد نشاطه بعد العمل، فإذا تعرض الإنسان إلى إجهاد حراري (thermal

(stress) لمدة زمنية كبيرة فإن ذلك يؤدي إلى اعتلال صحته؛ بل من الممكن أن يفقد حياته نتيجة للبرودة الشديدة (hypothermia) أو لضربة شمس (heat stroke) من جراء الحرارة العالية. حتى يبقى الجسم البشري على قيد الحياة يجب أن تحتفظ أنسجته الداخلية بدرجة حرارة في حدود 37.2م°، ولكي يتسنى لجسم الإنسان الاحتفاظ بدرجة حرارته الداخلية في حدود هذا النطاق الضيق، لابد له من جهاز يقوم بعملية التنظيم الحراري بينه وبين المناخ المحيط به. إن جهاز التحكم الحراري لدى الإنسان والموجود ضمن أنسجة المخ، له الدور الأساسي في تنظيم معظم النشاطات المهمة من بينها عملية اتزان الماء داخل الجسم، تنظيم الحرارة... الخ. عند حدوث خلل في الاتزان الحراري نتيجة لارتفاع درجة الحرارة المحيط، يقوم القسم الخاص بالتحكم في الحرارة بإرسال إشعار إلى نظام فقدان الحرارة داخل جسم الإنسان و الذي يتكون من حركة الدم و غدد التعرق لزيادة معدل فقدان الحرارة إلى المناخ المحيط (Bene, 1990).



الشكل 1-3: درجة حرارة الأنسجة الداخلية لجسم الإنسان وعلاقتها بدرجة حرارة المناخ المحيط، المصدر: سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1994

3. نطاق الراحة الحرارية:

إن نطاق الراحة الحرارية هو عبارة عن مجموعة مؤلفة من درجات حرارة الهواء، الحرارة الإشعاعية، الرطوبة النسبية، وسرعة الهواء التي يشعر أثناءها غالبية الناس بالراحة الحرارية التامة والرضا الكامل. إنه ذلك الشعور والإحساس الذي يتعذر فيه تحديد ما إذا كان المناخ بارداً بعض الشيء أو دافئاً إلى حد ما، هذا النطاق يعرف أيضاً بالنطاق الحراري محايد لنوعية محددة من الأشخاص على حسب تأقلمهم، ونوعية الملابس التي يرتدونها، والنشاط الذي يمارسونه (هلال et al., 2020)، إن منطقة الراحة الحرارية هي فترة بسيطة جداً ضمن فترة الاتزان الحراري وفي حدود ضيقة من تفاعل مكونات و تركيبات العناصر المناخية التي تؤثر على التبادل الحراري بين المناخ والإنسان. إن تحديد منطقة الراحة الحرارية بالنسبة لشخص ما داخل فراغ يعتمد أساساً على عدة عناصر، منها ما يتعلق بالنشاط الذي يؤديه الإنسان، و معامل العزل الحراري للملابس التي يرتديها، و البعض الآخر يتعلق بمكونات المناخ الحراري، كدرجة حرارة الهواء، و سرعة الهواء، و نسبة الرطوبة، و متوسط درجة الحرارة الإشعاعية للمساحات المحيطة بالمجال (Sensirion, 2010).

لقد قام عدد كبير من الباحثين و الاختصاصيين في هذا المجال بالعديد من الدراسات القيمة و التجارب الميدانية و العملية التي كان الهدف منها تحديد منطقة الراحة الحرارية. في عام 1950 قام (Drysdale) بإجراء بعض الدراسات في استراليا،

و خلاص إلى أن درجة الحرارة المثالية للراحة الحرارية للإنسان هي 23.7م° و أن الحد الأعلى لمنطقة الراحة الحرارية هو 28.9م° (Albatayneh et al., 2018).

أما (Eliss) فقد أجرى بحثه في المناطق الاستوائية عام 1952م، ووجد أن أكثر من 80% من الأشخاص الذين استعان بهم في تحديد منطقة الراحة الحرارية ذكروا في الاستبيان أنهم مرتاحون تماما أو مرتاحون مع إحساس بسيط بالدفء أو مرتاحون مع إحساس بسيط بالبرودة عندما كانت درجة حرارة الهواء تساوي 26م° (سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1994).

وفي عام 1955م قام (Ambler) بمحاولة لتحديد منطقة الراحة الحرارية في نيجيريا مستعملا معيار درجة الحرارة الفعالة، وكان من أهم الاستنتاجات التي توصل إليها (Ambler) بالنسبة للأشخاص الأوربيين، والذين لا يمارسون أي عمل شاق، يكون الحد الأعلى لمنطقة الراحة الحرارية 26.5م° (فعالة)، في حين أن الحد الأدنى لمنطقة الراحة الحرارية هو 23م° (فعالة). وقد توالى الدراسات الميدانية فيما يخص تحديد منطقة الراحة الحرارية، عبر تسلسل زمني ومع اختلاف الموقع، حيث لخصت في الجدول الآتي:

اسم الباحث صاحب الدراسة	تاريخ البحث	موقع البحث	حدود منطقة الراحة الحرارية	ملاحظات عن الدراسة
Draysdale	1950	أستراليا	م. الراحة $\max \geq 27.9$ م° د.حرارة المثالية = 23.7م°	- استعمال درجة حرارة الهواء
Eliss	1952	المناطق الاستوائية	د. الراحة الحرارية = 26م°	- استعمال درجة حرارة الهواء - 80% من المستجوبين مرتاحين تماما أو نسبيا
Ambler	1955	نيجيريا	23م° \geq م. الراحة ≥ 26.5 م°	- المستجوبون أوربيون لا يمارسون أي عمل شاق - استعمال درجة الحرارة الفعالة
Weiss	1959	سدني، أستراليا	م. الراحة $\max \geq 24$ م° د.حرارة المثالية = 22م°	- استعمال درجة حرارة الهواء
Webb	1960	سنغافورة	د.حرارة المثالية = 25.5م° د.حرارة المثالية = 22.5م°	- استعمال درجة الحرارة الفعالة
Macpherson	1963	أستراليا	19م° \geq م. الراحة ≥ 27 م°	- استعمال درجة حرارة الهواء
koenigsberger	1974	—	د.حرارة المثالية = 25 م° 22م° \geq م. الراحة ≥ 27 م°	- استعمال درجة الحرارة الفعالة المصححة

جدول 1-3: أهم الدراسات التي أنجزت لتحديد نطاق الراحة الحرارية، المصدر: سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1994، بتصريف الباحث

هذه الأبحاث تتعلق بالراحة الحرارية المجراة في المجالات الداخلية، حيث كان الباحثون منذ خمسينيات القرن الماضي مهتمين بتحقيق شروط الراحة الحرارية في الظروف الداخلية، وقد كانت هذه التجارب والأبحاث نقطة البداية للتوجه نحو دراسة الراحة الحرارية في المجالات الخارجية، وبالأخص العمرانية. وبحكم أن المجالات الخارجية العمرانية تعتبر من العناصر المهمة في المدن لأنها تساهم بشكل كبير في استيعاب الأنشطة وحركة المشاة (Chen & Ng, 2012). وفي خضم تطور تصميم المجالات العمرانية بأهمية بالغة؛ حيث أصبح هدفاً للتصميم والتخطيط العمراني (Maruani & Amit-Cohen, 2007). إن جودة المجالات العمرانية الخضراء والمساحات الخارجية لها تأثير كبير على مستخدمي هذه المجالات. شجعت الاتجاهات الحديثة للهندسة المعمارية والتصميم العمراني السكان على قضاء المزيد من الوقت في الهواء

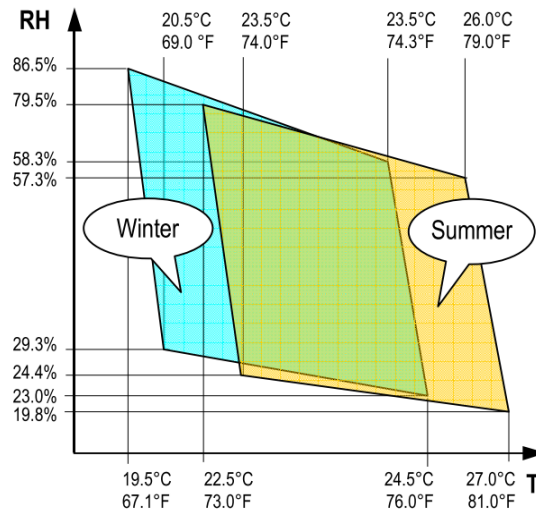
الطلق (Anber & Abdelsalam, 2021). وهنا يتعرض السكان لعوامل بيئية متعددة تؤثر بشكل مباشر على حالتهم الفسيولوجية البشرية والتي بدورها تؤثر على راحتهم الحرارية (Fang et al., 2017). تتأثر البيئات العمرانية والمجالات الخارجية بشكل كبير بتغير المناخ الذي تسبب في الكثير من التحديات. تشكل ضربات الحرارة الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة مخاطر كبيرة. دائمًا ما تكون المجالات العمرانية عالية الكثافة مصحوبة بجزر حرارية حضرية مما يعني درجات حرارة أعلى في المناطق المبنية من المناطق الريفية (Karakounos et al., 2017). يمكن أن يؤدي التحكم في البيئة الخارجية مع مراعاة الراحة الحرارية للمستخدمين إلى إنشاء مساحات خارجية أكثر نجاحًا تحقق مستوى عالٍ من رضا المستخدمين.

4. الراحة الحرارية في المجالات الخارجية:

يعد الإدراك الحراري في المجالات الخارجية مشكلة معقدة يمكن أن تتأثر بالخصائص المناخية للمناطق (Indraganti, 2010). بناءً على دراسة أجريت في سياقات عمرانية شديدة الكثافة، هناك ثلاثة عناصر:

- العناصر المناخية (درجة حرارة الهواء، الإشعاع الشمسي والرطوبة وسرعة الرياح)؛
- عوامل الصحة الشخصية،
- العوامل النفسية،

والتي تؤثر بشكل كبير على الإحساس الحراري الخارجي للأفراد (Sharmin & Steemers, 2020). من بين العوامل البيئية، تعد درجة حرارة الهواء العامل المناخي الأكثر تحديدًا الذي يؤثر على الإحساس الحراري. تعتمد الراحة الحرارية أيضًا على العوامل المناخية الأخرى لدرجة الحرارة المشعة (MRT) وسرعة الرياح. فحركة الهواء بسرعة أعلى من 1,5 م / ث؛ له تأثيرات عميقة على الإحساس الحراري لمستخدمي المساحات الخارجية. إلى جانب نمط الإشعاع الشمسي، يمكن أن تؤدي عوامل التصميم المختلفة أيضًا إلى ظاهرة الجزيرة العمرانية الحارة (UHI) (Abdollahzadeh & Bilorla, 2021).



الشكل 2-3: الرسم البياني للرطوبة النسبية (RH) / درجة الحرارة (T) بناءً على منطقة الراحة وفقاً لـ ASHRAE 55-1992، المصدر: (Sensirion, 2010)

1.4 العناصر المحددة للراحة الحرارية: هناك ستة عوامل تؤثر على الراحة الحرارية. هذه العوامل الستة ضرورية للحفاظ على رضا الناس في بيئتهم والحفاظ على توازن صحي: درجة حرارة الهواء (Ta)، متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (MRT)، سرعة واتجاه حركة الهواء (Va)، الرطوبة، الملابس، ومستوى النشاط البدني، حيث تصنف هذه العوامل إلى عناصر مناخية، عناصر صحية شخصية، وعناصر نفسية:

1.1.4 العناصر المناخية: وتضم درجة الحرارة، متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (MRT)، سرعة واتجاه حركة الهواء (Va)، الرطوبة :

- **درجة الحرارة:** هي درجة حرارة الهواء المحيط بجسم الإنسان مقاسا على ترمومتر ذو بصيلة جافة (dry bulb temperature) (DBT)، ودرجة الحرارة هي المؤثر الرئيسي والمباشر في الإحساس بالراحة أو الإجهاد الحراري، ورغم وجود عدد كبير من المؤثرات، تبقى كلها تدور حول درجة حرارة الهواء، فالجسم يفقد الحرارة عن طريق ملامسته للهواء، الذي تتولد به تيارات الحمل نتيجة لملامسة الجسم له، فتنقل الحرارة إليه (Habeeb et al., 2018).

- **الرطوبة:** تبخر المياه من جسم الإنسان (من الرئتين، من سطح الجلد، العرق) يمثل عنصرا أساسيا في تقنيات تنظيم درجة حرارة الجسم، فمن المعلوم أن عملية التبخر تستهلك طاقة حرارية كبيرة لتتم (الحرارة الكامنة للتبخير) مما ينتج عنه تبريد الجسم. وتتأثر عملية التبخر هذه بمحتوى الهواء الجوي من الرطوبة، إذ كلما زاد محتواه منها واقترب من التشبع، قلت فرصة تبخر العرق والماء، ليحرم الجسم من فرصة تقليل درجة حرارته والدخول في نطاق الراحة الحرارية، وبالتالي يزداد الشعور بالحرارة كلما زادت الرطوبة النسبية للهواء (Baker, 2019).

أثر نقص الرطوبة عن 20%: الإحساس بالجفاف الشديد في الجلد، والعطش المستمر مع جفاف في الشفاه والقدم، وهو ما يتنافى مع الراحة بغض النظر عن درجة الحرارة.

أثر زيادة الرطوبة عن 80%: الشعور بالضيق عند التنفس حيث لا يتمكن الماء من التبخر داخل الرئتين بالإضافة إلى عدم تبخر الماء من على سطح الجلد، وتزيد حالة عدم الراحة الناشئة عن زيادة الرطوبة النسبية بزيادة درجة الحرارة حيث يستحيل تبخر العرق من على سطح الجلد ويتوقف تأثيره في خفض حرارة الجسم مع إضافة الضيق الناتج عن الشعور بالبلل (SAYERS & Davenport, 2016).

- **حركة الهواء:** عندما يلجأ الجسم إلى العرق وتبخره للحفاظ على درجة حرارة الجسم، يبدأ البخار في التصاعد من الجسم، وبسرعة تتشبع طبقة الهواء المحيطة بالجسم بالماء وترتفع حرارتها، وفي حالة عدم حركة للهواء، يتوقف التبخر ويبدو تأثير الحرارة أعلى، ولكن مع تحريكه تتجدد هذه الطبقة الدافئة والمشبعة ببخار الماء، لذا تزداد أهمية حركة الهواء كلما زادت الرطوبة النسبية، ولحركة الهواء تأثير كبير على تزايد معدل التبادل الحراري بالحمل بين الإنسان والهواء المحيط، فإذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من درجة حرارة الجلد، فزيادة الحركة تعنى فقد الجسم لمزيد من الحرارة، وهو ما يزيد الشعور بالراحة - إضافة إلى زيادة التبخر - في الظروف الجوية الحارة، بينما تزيد حركة الهواء من الشعور بالبرودة في حالة الظروف الباردة.

أما إذا زادت درجة حرارة الهواء عن درجة حرارة الجلد، فهذا يزيد من معدل اكتساب الجلد للحرارة بالحمل، وتزداد كذلك عملية التبخر من الجلد وبناء على كل من درجة الحرارة - سرعة الرياح - درجة حرارتها يتحدد أيهما أكبر تأثيرا، ولذلك يلاحظ أن حركة الهواء غير مطلوبة في المناطق شديدة الحرارة حيث يزيد اكتساب

الحرارة من الهواء عن معدل فقد الحرارة بسبب البخر عند سرعات الهواء العالية (Davarzani et al., 2014).

الإشعاع: يؤثر تعرض الجلد لاكتساب أو فقد الحرارة عن طريق الإشعاع تأثيرا مباشرا على الشعور بالراحة، فبغض النظر عن درجة حرارة الهواء، يشعر الإنسان بالحرارة إذا تعرض لأشعة الشمس، وفي الشتاء، رغم برودة الجو، يعطى التعرض لأشعة الشمس شعورا مباشرا بالراحة.

والشمس ليست هي مصدر الإشعاع الوحيد، فأى جسم يخترن قدرا من الحرارة يشع إلى الأجسام الأقل منه حرارة والتي يفصلها عنه وسط شفاف (مثل الهواء أو الزجاج)، فالحوائط الساخنة تشع إلى جسم الإنسان في أي فراغ يشغله، ويؤثر ذلك بشكل مباشر على شعوره بالراحة سلبا وإيجابا. ولقياس تأثير الإشعاع يستعمل مقياس متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (Mean Radiant Temperature)، وهي درجة حرارة افتراضية، تعبر عن متوسط درجات حرارة الأسطح المحيطة بالإنسان، والتي ينتج عنها نفس معدل التبادل الحراري بالإشعاع الذي يحدث بين الجسم ومحيطه [Koenigsberger et al., 1975].

وبدمج تأثيرها مع درجة الحرارة الجافة للهواء يمكن الوصول إلى درجة حرارة تعبر عن التأثير المشترك لدرجة حرارة الهواء والإشعاع الحراري، تسمى درجة حرارة البصيلة الكروية (Globe Temperature) نسبة إلى الترمومتر الذي يمكنه قياسها بشكل مباشر وهو الترمومتر ذو البصيلة الكروية. ويتوقف تأثير كل عنصر مشع في الوسط (حائط، شمس، نافذة، ... الخ) على مساحته وبعده عن النقطة التي يحسب تأثيره عندها، أي على الزاوية الكروية التي يشغلها من الفراغ المحيط بالنقطة.

2.1.4 العناصر البشرية: إضافة للعناصر التي تعبر عن حالة البيئة المحيطة بالإنسان تعبيرا كاملا من حيث تأثيرها على شعوره بالراحة، توجد عناصر أخرى تتعلق بشاغلي المجال من البشر، تؤثر على شعورهم بالراحة، وهي:

- **النشاط:** يتغير شعور الإنسان بالراحة جذريا تبعا لنوع النشاط الذي يمارسه وحالته من السكون أو الحركة، وذلك لسببين:
 - تزايد معدل إفراز الحرارة مع تزايد حرق المواد الغذائية لإنتاج الطاقة اللازمة للنشاط
 - تغير إحساس الإنسان بالراحة والقيمة التي يمكن أن يتقبلها لحرارة الجلد ولمعدل إفراز العرق تبعا لنشاطه
- وتتغير كمية الطاقة المتولدة من جسم الإنسان تبعا لدرجة نشاطه كما هو موضح في جدول (2-3) وكذلك تبعا لوزنه وحجمه، وهو ما يمكن التعبير عنه بمساحة سطح الجسم، وهي في المتوسط للإنسان العادي 1.8 م²، وتتضاعف هذه القدرة عندما يسير بسرعة قليلة (116 واط/م²)، وتعتبر كمية الطاقة المنتجة عند الجلوس وحده لحساب الطاقة المتولدة في الجسم، حيث تسمى (Met) اختصارا لـ (Metabolic Rate) وهي تساوي 58 واط/ م² وبذلك يقاس نشاط السير الهادئ (58/116) و يساوي Met 2 (Huang et al., 2022).

النشاط و نوع العمل	معدل إنتاج الحرارة نتيجة للتفاعل الحيوي (M/A_{Du}) واط/م ²	الفعالية الميكانيكية (η) نسبة مئوية (0.1 - 0.2)	السرعة النسبية للهواء عندما يكون ساكنا م/ثا
شخص مرتاح			
نائم	35	0.00	0.00
جالس بارتياح	50	0.00	0.00
واقف بارتياح	60	0.00	0.00
(ب) عندما يمشي الشخص			
على أرضية مستوية			
3.2 كم/سا	100	0.00	0.9
4.0 كم/سا	120	0.00	1.1
4.7 كم/سا	130	0.00	1.3
5.6 كم/سا	160	0.00	1.6
6.4 كم/سا	190	0.00	1.8
8.00 كم/سا	290	0.00	2.2
(ج) عندما يمشي الشخص على أرضية مائلة بنسبة %			
5% بسرعة 1.6 كم/سا	120	1.07	0.6
5% بسرعة 3.2 كم/سا	150	0.10	0.9
5% بسرعة 4.8 كم/سا	200	0.11	1.3
15% بسرعة 1.6 كم/سا	145	0.15	0.4
15% بسرعة 3.2 كم/سا	230	0.19	0.9
η = تتفاوت من 0.1 للعمل الخفيف إلى 0.2 لتسلق منحدر 15% بسرعة 4 كم/سا			

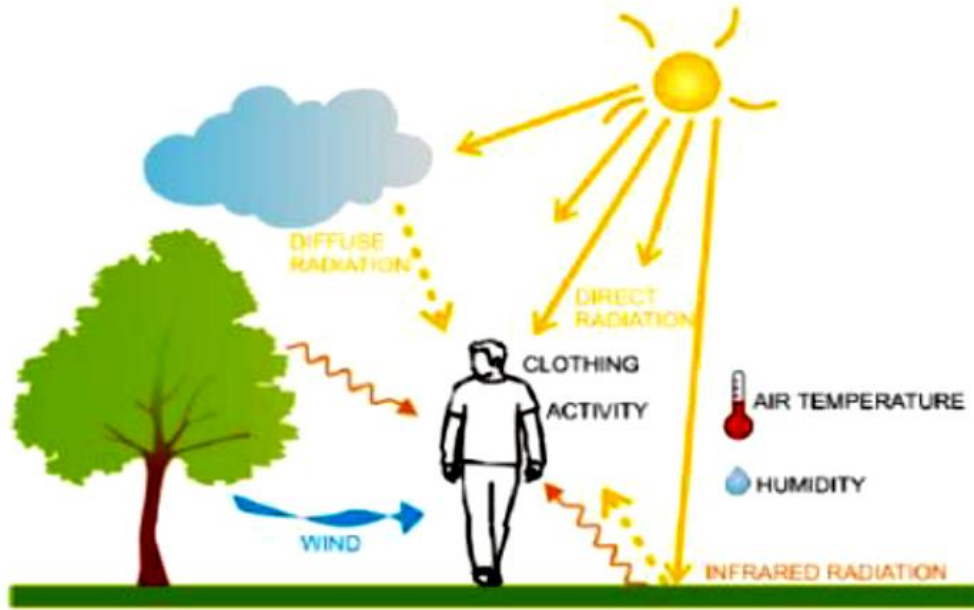
جدول 3-2: معدل إنتاج الحرارة نتيجة للتفاعل الحيوي، المصدر: سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1994

■ الملابس و الأغطية:

عند تغطية الجسم بالملابس تقوم بدور العازل الحراري بين الإنسان وبيئته، مما يغير تماما من معدل فقد أو اكتساب الحرارة من البيئة والملابس من الطرق الهامة للتنظيم الحراري والوصول للراحة. ولما كان دور الملابس هو العزل، فيمكن قياس تأثيرها بقياس عزلها الحراري، فمثلا البدلة الرسمية الغربية (قميص وسروال وسترة مع ملابس داخلية ملائمة) لها عزل حراري يساوي 155 م²م²/° واط. والعزل الحراري لهذه الملابس له وحدة قياس تسمى (Clo)؛ حيث (1Clo = 155 m² c / w). فالشخص العاري يرتدي صفر (Clo) بينما الملابس الصيفية الخفيفة تساوي (5 Clo) و يمكن تحديد هذه القيم من الجدول (3-3) الآتي:

نسبة التغطية f_{cl}	معامل العزل الحراري $I_{cl}=(clo-value)$	نوعية الملابس
1.0	0.00	جسم عار تماما
1.0	0.1	رداء قصير
1.05	0.4 - 0.3	ملابس صيفية، رداء نصف كم، جوارب خفيفة و صندل
1.1	0.5	سروال خفيف و قميص نصف كم
1.1	0.6	ملابس رياضية - قميص قطن
1.15	1.0	بدلة عادية
1.15	1.5	بدلة عادية و معطف
1.15	0.9	قميص قطن، سروال قطن، حذاء رياضي، جوارب
1.2 - 1.15	1.5	بدلة أوروبية ثقيلة و ملابس داخلية قطنية، قميص كم طويل، جوارب صوف و سروال صوف و معطف

جدول 3-3: معامل العزل الحراري و نسبة التغطية لمجموعة من الملابس، المصدر: سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1994



الشكل 3-3: العناصر المؤثرة على الراحة الحرارية الخارجية عند الإنسان، المصدر: (Ridha et al., 2018)

5. مؤشرات الراحة الحرارية الخارجية:

بدأت الدراسات حول الراحة الحرارية في أوائل العشرينات من القرن الماضي، وكانت وبدافع تحقيق النظافة الصناعية في حدود الراحة الحرارية في ظروف العمل، حيث اقتصر على دراسة حدود الراحة الحرارية في المجالات الداخلية. خلال الحرب العالمية الثانية وبعدها، زادت الأنشطة البحثية والعديد من التخصصات المعنية في دراسة الراحة الحرارية، بالإضافة إلى الهندسة، من علم وظائف الأعضاء والطب والجغرافيا وعلم المناخ. وفي الهندسة المعمارية كان (Victor Olgyay) سنة 1963، أول من وحد النتائج من مختلف التخصصات وفسر هذا البحث لأغراض عملية الهندسة المعمارية (Koerniawan, 2016). ويتطور هذه الدراسات و الأبحاث، التي خلصت إلى العديد من المؤشرات المتعلقة بالراحة الحرارية، والتي وصلت منذ عام 1905، إلى حوالي 162 مؤشرًا مختلفًا، وصنفت إلى العيد من التصنيفات (Farajzadeh et al., 2015) بحيث نتطرق لأهمها.

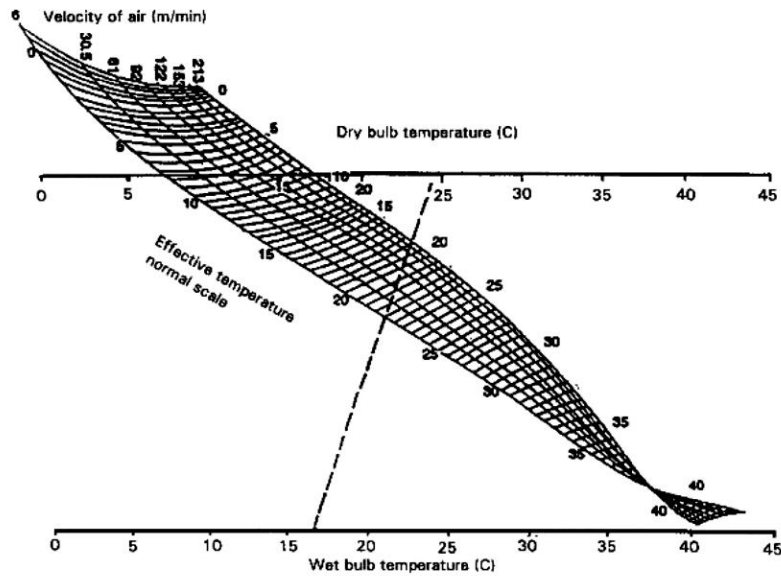
حيث صنفها (Koerniawan) إلى أربع أصناف مختلفة:

- المؤشرات الحرارية (Thermal Index)
 - المؤشرات البسيكو-اجتماعية (Psycho-sociological index)
 - مؤشرات الميزانية الحرارية (Heat Balance Equation Index)
 - مؤشرات الميزانية الطاقوية (Energy Balance Equation Index)
- عند الباحث (Höppe, 2002) صنف مؤشرات الراحة الحرارية إلى 3 أصناف:
- المؤشرات الحسية (the Psychological Index)
 - مؤشرات الفيزيولوجيا الحرارية (the Thermo-Physiological Index)
 - مؤشرات الميزانية الحرارية للإنسان (the Human Body Heat Index)
- أما عند (Farajzadeh et al., 2015) فمؤشرات الراحة الحرارية تنقسم إلى صنفين:

- مؤشرات بسيطة: مثل درجة حرارة البصيلة الرطبة الكروية (wet-bulb globe temperature WBGT)، درجة حرارة الرياح الباردة (WCT wind chill temperature)، درجة الحرارة الفعالة (Effectif Temperature)، درجة الحرارة المكافئة (temperature Equivalent TEK)، مؤشر الرطوبة (Humidex)، وهي تعتمد على مدخلات المعطيات المناخية المباشرة.
- مؤشرات مركبة: هذه المؤشرات المركبة تعتمد على نماذج الميزانية الطاقوية أو الحرارية، نذكر منها: درجة الحرارة القياسية الفعالة (SET, Standard Effective Temperature)، درجة الحرارة الفيزيولوجية المكافئة (PET, Physiological Equivalent Temperature)، نموذج التبادل الحراري للبيئة الحرارية (MENEX, Man Environment Heat Exchange model)، مؤشر المناخ الحراري العالمي (UTCI, Universal Thermal Climate Index).

1.5 المؤشرات البسيطة للراحة الحرارية:

1.1.5 مؤشر درجة الحرارة الفعالة (ET): قام الباحثان (Houghton and Yaglou) سنة 1923؛ بدمج مدخلات درجة الحرارة الجافة مع درجة الحرارة الرطبة، بالإضافة إلى سرعة الهواء، ليتحصلا على مؤشر واحد هو درجة الحرارة الفعالة (ET)، أما الباحثان (Veronon and Warner)، في سنة 1932؛ أخرجوا النسخة المصححة من درجة الحرارة الفعالة؛ حيث استبدلا درجة الحرارة الجافة؛ بدرجة الحرارة الكروية، سمي هذا المؤشر بدرجة الحرارة الفعالة المصححة (CET Corrected Effective Temperature)، (سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1994) (أحرير، 2018).

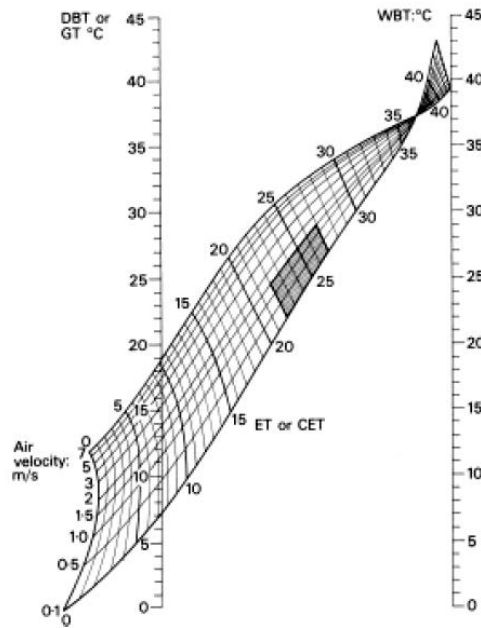


الشكل 3-4: مخطط مؤشر درجة الحرارة الفعالة، المصدر: (Centnerova, 2018)

2.1.5 مؤشر درجة الحرارة الفعالة الجديدة (ET*): هو مؤشر تم تحديده تجريبياً لمجموعات مختلفة من درجة حرارة البصيلة الجافة لبيئة مكافئة حرارياً عند 50% رطوبة نسبية (RH) وحالة إشعاع موحدة محددة. يعتمد التبادل الحراري المكافئ على الملابس عند CLO 0,6 (ملابس مكتب داخلية قياسية)، وهواء ساكن (0,2 م / ثا أو أقل)، ووقت التعرض لمدة ساعة واحدة، ومستوى نشاط مستقر (حوالي 1 MET) (Roy Choudhury et al., 2011). وهنا تُعرّف درجة الحرارة الفعالة (ET) على أنها درجة حرارة الغلاف الجوي الساكن المشبع والذي من شأنه في غياب الإشعاع، أن ينتج

نفس تأثير الغلاف الجوي المعني. يشير إلى التأثيرات المجمعلة للرطوبة النسبية وسرعة الهواء ودرجة حرارة الهواء والملابس.

الميزة الرئيسية للمؤشر هي أنه يشير إلى تأثيرات معظم العوامل الرئيسية على الراحة. بالإضافة إلى ذلك، فإن الرسم البياني بسيط وسهل الاستخدام. ومع ذلك فإن لديها بعض القيود، تتمثل في أنه لا يشير إلى تأثير الإشعاع أو يظهر درجة الانزعاج مباشرة (Ogunsote & Prucnal-Ogunsote, 2002)، كما أن المؤشر يبالغ في تقدير تأثيرات الرطوبة في ظل ظروف باردة ومريحة (Keniger et al., 2012)، كما أنه يقلل من تأثير الرطوبة في درجات الحرارة المرتفعة وأنه يبالغ في الضغط الذي تفرضه سرعة الهواء في البيئات الحارة (Givoni, 1976).



الشكل 3-5: مخطط مؤشر درجة الحرارة الفعالة الجديدة، المصدر: (Ogunsote & Prucnal- (Ogunsote, 2002

قيمة (ET) (C°)	الشعور الحراري
1 >	تجمد (إجهاد شديد البرودة جدا)
1 >	بارد جدا (إجهاد بارد جدا)
9 - 1	بارد (إجهاد بارد معتدل)
17 - 9	بارد قليلا (إجهاد طفيف البرودة)
21 - 17	مريح (لا إجهاد حراري)
23 - 21	دافئ (إجهاد حار إلى معتدل)
27 - 23	ساخن (إجهاد ساخن جدا)
>27	ساخن جدا (إجهاد قوي ساخن جدا)

جدول 3-4: السلم الحراري لمؤشر (ET*)، المصدر: (Farajzadeh et al., 2015) بتصريف من الباحث

3.1.5 مؤشر درجة حرارة البصيلة الرطبة الكروية (WBGT): هو نوع من درجات الحرارة الظاهرة المستخدمة لتقدير تأثير درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح (برودة الرياح) والإشعاع المرئي والأشعة تحت الحمراء (أشعة الشمس) على البشر. يتم استخدامه من قبل خبراء حفظ الصحة الصناعية والرياضيين والأحداث الرياضية والجيش لتحديد مستويات التعرض المناسبة لدرجات الحرارة المرتفعة (Shepherd, 2019). مشتق من الصيغة التالية:

$$WBGT = 0.7T_w + 0.2T_g + 0.1T_d$$

حيث:

T_w : درجة حرارة البصيلة الرطبة الطبيعية (مشاركة مع درجة حرارة البصيلة الجافة، تشير إلى الرطوبة)
 T_g : درجة حرارة ميزان حرارة الكرة (تُقاس بميزان حرارة الكرة، وتسمى أيضاً باسم ترمومتر الكرة السوداء)
 T_d : درجة حرارة البصيلة الجافة (درجة حرارة الهواء الحالية).

الشعور الحراري	قيمة (WBGT) (C°)
مريح (لا إجهاد حراري)	18 >
دافئ (إجهاد حار إلى معتدل)	24 - 18
ساخن (إجهاد ساخن جدا)	28 - 24
ساخن جدا (إجهاد قوي ساخن جدا)	30 - 28
الحر الشديد (القيظ) (أقصى إجهاد شديد)	< 30

جدول 3-5: السلم الحراري لمؤشر (WBGT)، المصدر: (Farajzadeh et al., 2015) بتصرف من الباحث

تم استخدام WBGT كإجراء لرصد البيئة أثناء التمرين في الحرارة في أوائل الخمسينيات من القرن الماضي استجابةً لعدد الإصابات الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة في القوات المسلحة للولايات المتحدة التي حدثت في أربعينيات وخمسينيات القرن العشرين (Shepherd, 2019).

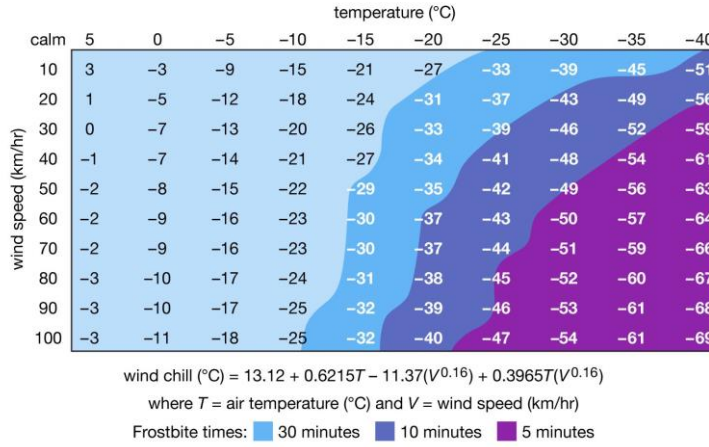


الشكل 3-6: جهاز مراقبة درجة حرارة البصيلة الرطبة الكروية (WBGT) لقياس الحرارة البيئية، المصدر: (<https://www.osha.gov/heat-exposure/hazards>)

4.1.5 درجة حرارة الرياح الباردة (WCT): وتسمى أيضاً عامل تبريد الرياح، وهي مقياس لمعدل فقدان الحرارة من الجلد الذي يتعرض للهواء. ويستند إلى حقيقة أنه مع زيادة سرعة الرياح، يزداد فقدان الحرارة أيضاً، مما يجعل الهواء يُشعر جسم الإنسان بالبرودة. عادةً ما يتم الإبلاغ عن برودة الرياح على أنها "درجة حرارة باردة للرياح" أو "مكافئ لبرد الرياح" - أي درجة الحرارة تحت الهواء الهادئ حيث يكون فقد الحرارة مساوياً للخسارة التي تحدث بالفعل بسبب سرعات الرياح العالية. على سبيل المثال، درجة حرارة 25 °م في الهواء الهادئ سيكون لها درجة حرارة رياح باردة تساوي

درجة حرارة الهواء الفعلية. في ظل هذه الظروف، سيتجمد الجلد المكشوف في غضون 30 دقيقة. عند سرعة رياح تبلغ 40 كم/س، ستكون درجة حرارة الرياح الباردة -41 م°، وسوف يتجمد الجلد في أقل من 10 دقائق (Parsons, 2021).

Wind chill chart (Celsius)



Sources: U.S. National Weather Service and Meteorological Services of Canada.

الشكل 3-7: تظهر مطابقة درجة حرارة الهواء (الأعمدة) مع سرعة الرياح (الصفوف) مكافئ برودة الرياح والوقت التقريبي لقضمة الصقيع، المصدر: (Parsons, 2021)

5.1.5 درجة الحرارة المكافئة (TEK):

درجة الحرارة المكافئة هي درجة حرارة الهواء في جزء من الغلاف الجوي، الذي تم استخلاص كل بخار الماء منه بواسطة عملية ثابتة الحرارة. يحتوي الهواء على بخار الماء الذي تبخر فيه من مصادر سائلة (بحيرات، بحر، إلخ...). الطاقة اللازمة للقيام بذلك مأخوذة من الهواء (Iribarne J. V. & Godson W. L., 1973). أخذ حجم من الهواء عند درجة حرارة T ونسبة خلط r ، وتجفيفه عن طريق التكثيف سيعيد الطاقة إلى الكتلة الهوائية (Farajzadeh et al., 2015). سيعتمد هذا على إطلاق الحرارة الكامنة على النحو التالي:

$$TEK \approx T + 1.5 * E$$

حيث:

TEK : درجة الحرارة المكافئة ($^\circ\text{C}$)

T : درجة حرارة الهواء ($^\circ\text{C}$)

E : ضغط بخار الماء (hPa).

الشعور الحراري	قيمة (TEK) (C°)
بارد جدا (إجهاد شديد البرودة)	18 >
بارد (إجهاد بارد معتدل)	24 - 18
بارد قليلا (إجهاد بارد طفيف)	32- 24
مريح (لا إجهاد حراري)	44 - 32
دافئ (إجهاد حار إلى معتدل)	56 - 44
ساخن (إجهاد ساخن قوي)	< 56

جدول 6-3: السلم الحراري لمؤشر درجة الحرارة المكافئة، المصدر: Farajzadeh et al., 2015) يتصرف من الباحث

6.1.5 مؤشر الرطوبة (HUMIDEX):

هو عبارة عن صيغة يستخدمها خبراء الأرصاد الجوية في كندا لدمج التأثيرات المجمعّة للحرارة والرطوبة. حيث أنه يختلف عن مؤشر الحرارة (HI Heat Index) المستخدم في الولايات المتحدة؛ والذي يعتمد على استعمال نقطة الندى (Dew Point) بدلاً من الرطوبة النسبية. تم تطوير الصيغة الحالية لتحديد مؤشر Humidex في كندا في عام 1979 من قبل (F و J.Masterton) (Sahabi-ABED & KERROUCHE, 2018).

$$\text{Humidex} = T_{\text{air}} + 0.5555 [6.11 \times e^{5417.7530 (1/273.15 - 1/273.15 + T_{\text{dew}})} - 10]$$

حيث:

Humidex: مؤشر الرطوبة (C°)

T_{air}: درجة حرارة الهواء (C°)

e = 2.71828

T_{dew}: درجة حرارة نقطة الندى (C°)

		Relative Humidity (%)																
		100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%
Temperature (°C)	21°C	29	29	28	27	27	26	26	24	24	23	23	22					
	22°C	31	29	29	28	28	27	26	26	24	24	23	23					
	23°C	33	32	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	23				
	24°C	35	34	33	33	32	31	30	29	28	28	27	26	26	25			
	25°C	37	36	35	34	33	33	32	31	30	29	28	27	27	26			
	26°C	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	29	28	28	27			
	27°C	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	28		
	28°C	43	42	41	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31	29	28		
	29°C	46	45	44	43	42	41	39	38	37	36	34	33	32	31	30		
	30°C	48	47	46	44	43	42	41	40	38	37	36	35	34	33	31	31	
	31°C	50	49	48	46	45	44	43	41	40	39	38	36	35	34	33	31	
	32°C	52	51	50	49	47	46	45	43	42	41	39	38	37	36	34	33	
	33°C	55	54	52	51	50	48	47	46	44	43	42	40	38	37	36	34	
	34°C	58	57	55	53	52	51	49	48	47	45	43	42	41	39	37	36	
	35°C		58	57	56	54	52	51	49	48	47	45	43	42	41	38	37	
	36°C			58	57	56	54	53	51	50	48	47	45	43	42	40	38	
37°C				58	57	55	53	51	50	49	47	45	43	42	40			
38°C					57	56	54	52	51	49	47	46	43	42	40			
39°C						56	54	53	51	49	47	46	43	42	41			
40°C							57	54	52	51	49	47	46	44	43			



الشكل 8-3: قيم (Humidex) حسب درجة الحرارة والرطوبة النسبية، المصدر: (Sahabi-ABED & KERROUCHE, 2018)

7.1.5 متوسط درجة الحرارة المشعة (MRT):

يتم تقدير متوسط درجة الحرارة المشعة (MRT) باستخدام طريقة درجة حرارة البصيلة الكروية (Thorsson et al., 2007) ومقارنة طرق مختلفة لتقدير متوسط درجة الحرارة الإشعاعية في الهواء الطلق ووجد أن الفرق كان صغيراً نسبياً بين طريقة ترمومتر البصيلة الكروية والطريقة الأكثر تعقيداً القائمة على قياسات الإشعاع المتكاملة والعامل الزاوي. إذا كانت درجة حرارة البصيلة الكروية ودرجة حرارة الهواء وسرعة الهواء معروفة ، فيمكن حساب متوسط درجة حرارة الإشعاع (WEI, 2014) وفقاً للمعادلة (8):

$$MRT = [(Tg + 273.15)^4 + (1.1 \times 10^8 Va^{0.6} / \varepsilon D^{0.4}) x (Tg - Ta)]^{0.25} - 273.15$$

حيث:

Tg: درجة حرارة البصيلة الكروية (C°)

Ta: درجة حرارة الهواء (C°)

Va: سرعة الهواء (m/s)

D: قطر البصيلة الكروية (mm)

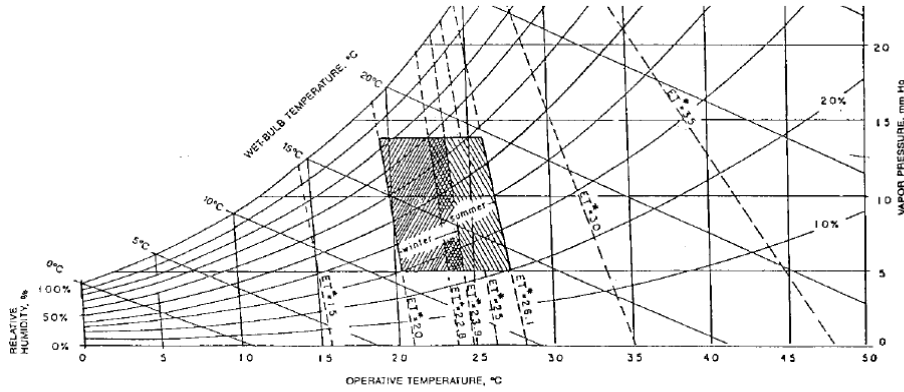
ε: انبعاثية البصيلة الكروية

2.5 تعريف المؤشرات المركبة للراحة الحرارية:

1.2.5 مؤشر درجة الحرارة القياسية الفعالة (SET):

هي درجة حرارة مكافئة نفترض وجود بيئة قياسية لتجسد التأثيرات متعددة العوامل بشكل شامل. في تقييم البيئة الحرارية، يعكس نموذج SET آلية التنظيم الفيزيائية لجسم الإنسان وتبادل الحرارة مع البيئة بطريقة أكثر دقة ومعقولة (Toudert, 2005). تم اقتراح SET أولاً بواسطة (Gagge et al) في ندوة أبحاث البناء عام 1972، والتي تم تطويرها على أساس درجة الحرارة الفعالة (ET). تتمتع SET بمزايا في تقييم البيئة مقارنةً بـ ET، التي تعتمد على درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية، أما (SET) يعتمد على ستة مدخلات هي درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة الإشعاع والرطوبة النسبية وسرعة الهواء ومعدل الأيض وعزل الملابس (Ji et al., 2022).

بعد اختبار هذا المؤشر، وجد أنه يميل إلى المبالغة في تقدير درجة حرارة الجلد والتقليل من ترطيب الجلد (Doherty & Arens, 1988). في سنة 1997 طور (Fountain and Huizenga) أداة تنبؤ بالأحساس الحراري تحسب SET. حيث يمكنها حساب مؤشر SET باستخدام إما أداة (CBE Thermal Comfort Tool) (ASHRAE, 2010)، أو حزمة (Python pythermal Comfort) ، أو حزمة (R comf) (Tartarini & Schiavon, 2020).



الشكل 3-9: درجة الحرارة القياسية الفعالة ومناطق الراحة حسب ASHRAE، المصدر: (Gezer, 2003)

2.2.5 مؤشر درجة الحرارة القياسية الفعالة الجديدة (SET*):

في سنة 1967 قدم (Gagge) درجة الحرارة القياسية الفعالة الجديدة (SET*)، معرفاً إياها بأنها درجة حرارة الهواء التي يكون فيها الشخص في بيئة مرجعية معينة، لديه نفس درجة حرارة الجلد (tsk) والرطوبة (w) في البيئة الحقيقية. لذلك، فإن البيئة المرجعية والبيئات الحقيقية متكافئة في الإجهاد الفسيولوجي والراحة الحرارية. يتم تعريف البيئة المرجعية على النحو التالي: متوسط درجة الحرارة المشعة (trm) = درجة حرارة الهواء (ta)؛ سرعة الهواء 0.15 م / ثا؛ الرطوبة النسبية 50%؛ التمثيل الغذائي (M) = 1.2 MET؛ مقاومة الملابس 0.9 clo (Gagge et al., 1967). يتم تحديد SET* من خلال نموذج ثنائي العقدة للتنظيم الحراري لجسم الإنسان، على النحو الذي اقترحه Gagge في سنة 1986، باتباع الخطوات التي تتمثل في: (1) تحديد درجة حرارة الجلد (tsk) ورطوبة الجسم البشري (w) في بيئة معينة؛ (2) إدخال (tsk) و (w)، وحل المعادلات لإيجاد درجة حرارة هواء جديدة (ta)، مع الأخذ في الاعتبار $trm = ta$ ؛ سرعة الهواء = 0.15 م / ثا؛ الرطوبة = 0.5؛ التمثيل الغذائي = 1.2؛ مقاومة الملابس (Iclo = 0.6clo)، (3) قيمة ta الموجودة هي SET* (Gagge, A. P., Fobelets, A. P. and Berglund, 1986).

3.2.5 مؤشر درجة الحرارة الفيزيولوجية المكافئة (PET):

يجمع مؤشر الراحة PET، المشتق من نموذج توازن الحرارة البشري، بين عوامل الطقس والمعايير الفيزيولوجية الحرارية (الملابس والأنشطة البشرية). يتم استخدامه لقياس الراحة الحرارية للفرد في موقف معين من خلال مقارنة استجاباته الفسيولوجية بتلك التي قد تكون لديه في البيئة المرجعية.

بالمعنى الدقيق للكلمة، مؤشر PET هو درجة حرارة التشغيل لبيئة مرجعية من شأنها أن تسبب نفس الاستجابة الفسيولوجية في الجسم البشري موضوع الدراسة، أي نفس درجة حرارة الجلد ودرجة الحرارة الأساسية.

يتم استخدام مؤشر PET بالفعل في بناء برامج محاكاة الطاقة، مثل Rhino & EnergyPlus، من خلال المكون الإضافي LadyBug.

في بيئة داخلية نموذجية، تتم إضافة توازن حرارة جسم الإنسان (التمثيل الغذائي للعمل 80 واط من النشاط الخفيف، إضافة إلى التمثيل الغذائي الأساسي؛ يتم الحفاظ على مقاومة الملابس للحرارة 0.9 CLO) مع درجات حرارة الجلد تساوي تلك في ظل الظروف التي يتم تقييمها. يتم وضع الافتراضات التالية للمناخ المرجعي الداخلي:

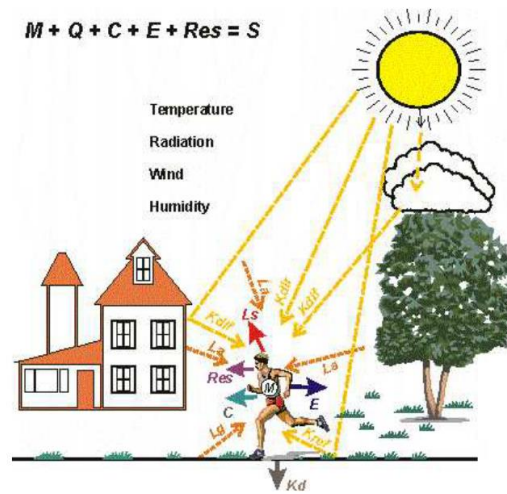
متوسط درجة حرارة الإشعاع يساوي درجة حرارة الهواء ($T_{mrt} = T_a$) ، وسرعة الهواء مضبوطة على 0.1 م / ثا؛ تم ضبط ضغط بخار الماء على 12 hPa (ما يعادل تقريباً رطوبة نسبية تبلغ 50٪ عند $T_a = 20$ درجة مئوية) (Monteiro, 2005)

PET (C°)	Thermal perception	Grade of physiological stress
4.1<	Very cold بارد جدا	Extreme cold stress (إجهاد البرودة الشديدة)
4.1 – 8.0	Cold بارد	Strong cold stress (إجهاد بارد قوي)
8.1 – 13.0	Cool منعش	Moderate cold stress (إجهاد بارد معتدل)
13.1 – 18.0	Slightly cool باردا قليلا	Slight cold stress (إجهاد البرد الخفيف)
18.1 – 23.0	Comfortable مريح	No thermal stress (لا يوجد إجهاد حراري)
23.1 – 29.0	Slightly warm دافئ قليلا	Slight heat stress (إجهاد طفيف بسبب الحرارة)
29.1 – 35.0	Warm دافئ	Moderate heat stress (إجهاد حراري معتدل)
25.1 – 41.0	Hot ساخن	Strong heat stress (إجهاد حراري قوي)
41.0>	Very hot ساخن جدا	Extreme heat stress (الإجهاد الحراري الشديد)

جدول 3-7: نطاقات (PET) لدرجات مختلفة من الإدراك الحراري للإنسان والضغط الفسيولوجي على البشر؛ إنتاج الحرارة الداخلية: 80 واط ، مقاومة انتقال الحرارة للملابس: 0.9 كلو ، المصدر: (Matzarakis & Amelung, 2008) بتصريف من الباحث.

4.2.5 نموذج التبادل الحراري للبيئة الحرارية (MENEX):

يقترح (Krzysztof Blazejczyk, 1992) نموذج التبادل الحراري بين الإنسان والبيئة ، على أساس التوازن الحراري. خصائصه هي: الفقد التبخيري حسب الجنس (1.0 للرجال؛ 0.8 للنساء)، التبادلات الإشعاعية المتأثرة بالضبابية، الإشعاع الشمسي، كما يأخذ هذا النموذج بعين الاعتبار المقاومة الحرارية للملابس وبياض الجلد والملابس، وتقدم معادلات مختلفة وفقاً لارتفاع الشمس والضبابية. يقترح (Blazejczyk) ثلاثة معايير هي الحمل الحراري (HL)، وشدة المنبهات الإشعاعية (R) والسلالة الفسيولوجية (PhS)، كما يقترح مؤشر درجة الحرارة الذاتية (STI) ومؤشر العرق المعقول (SP).



الشكل 10-3: مكونات ميزان الحرارة البشري، المصدر: (Blazejczyk, 2005)

يسمح نموذج MENEX بتقدير التبادل الحراري بين الإنسان ومحيطه في الظروف الثابتة وغير الثابتة. يمكن استخدامه مع التقييم المناخي الحيوي العام للمناطق أو الفصول المختلفة بالإضافة إلى تقييم الإجهاد الحراري في حالات الأرصاد الجوية المختلفة وأنواع المناظر الطبيعية ومع أعباء العمل المتنوعة (Blazejczyk, 2005).

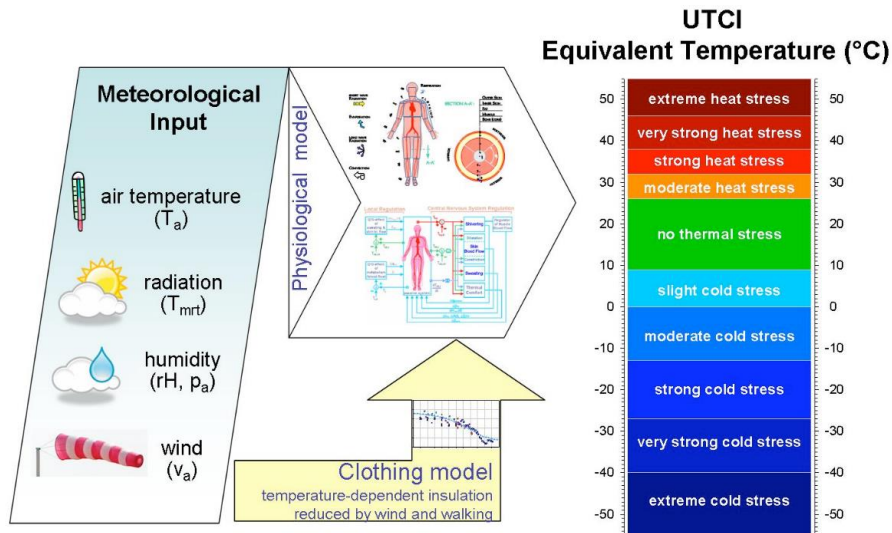
5.2.5 مؤشر المناخ الحراري العالمي (UTCI):

يتم تعريف UTCI على أنه درجة حرارة الهواء (T_a) للحالة المرجعية التي تسبب نفس استجابة النموذج مثل الظروف الفعلية. يعتمد الإزاحة أو انحراف UTCI عن درجة حرارة الهواء، على القيم الفعلية للهواء ومتوسط درجة الحرارة المشعة (T_{mrt}) وسرعة الرياح (v_a) والرطوبة، معبراً عنها بضغط بخار الماء (v_p) أو الرطوبة النسبية (RH). ولتسهيل تفسير وفهم UTCI ، يجب تحديد الشروط المرجعية بمصطلحات تتوافق مع تجارب معظم الناس، و ذات صلة عبر مجموعة كاملة من المناطق المناخية التي سيتم تطبيق UTCI (Bröde et al., 2011).

لذلك، فإن المتغيرات غير الجوية كمعدل الأيض MET والخصائص الحرارية للملابس (العزل ، مقاومة البخار ، نفاذية الهواء) ذات أهمية كبيرة. في عام 2000، حددت لجنة ISB بشأن UTCI النشاط الخارجي التمثيلي على أنه شخص يسير بسرعة 4 كم في الساعة (≈ 1.1 م/ثا).

لذلك، كان من المفترض أن يكون معدل إنتاج الحرارة الأيضية 2.3 MET (≈ 135 واط/م²) بالنسبة للبيئة المرجعية (Blazejczyk et al., 2013)، تقرر استخدام:

- سرعة رياح (v_a) تبلغ 0.5 م/ثا على ارتفاع 10 م (حوالي 0.3 م/ثا عند 1.1 م) ،
- متوسط درجة حرارة الإشعاع (T_{mrt}) يساوي درجة حرارة الهواء،
- ضغط البخار (v_p) الذي يمثل رطوبة نسبية تبلغ 50%؛ عند درجات حرارة الهواء المرتفعة (< 29 م°)، تم أخذ الرطوبة المرجعية لتكون ثابتة عند 20 hPa.



الشكل 11-3: مفهوم UTCI كمقياس درجة حرارة مكافئ مشتق من الاستجابة الديناميكية لنموذج فسيولوجي حراري مقترن بنموذج ملابس سلوكي. المصدر: (Bröde et al., 2011)

6.2.5 متوسط التصويت المتوقع (PMV):

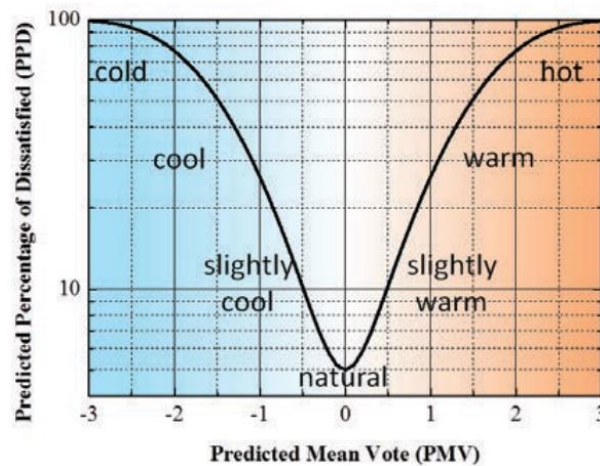
يمكن تحديد الراحة الحرارية من قبل الشخص من خلال مؤشر (Predict Mean Vote). يتم استخدام مؤشر PMV باستخدام سبعة مقاييس لقياس مستوى الراحة الحرارية (الجدول 3-8). يعتمد مؤشر PMV على ستة عوامل، وهي معدل الأيض، وعزل الملابس، ودرجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية، وسرعة الهواء، ومتوسط درجة الحرارة المشعة. يمكن صياغتها بواسطة المعادلة (10) (Dyvia & Arif, 2021).

Scales	Thermal perception
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Neutral
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold

جدول 3-8: سلم مؤشر PMV مع الإدراك الحراري،
المصدر: (Dyvia & Arif, 2021)

7.2.5 نسبة عدم الرضا المتوقعة (PPD):

هو مؤشر يتوقع نسبة الأشخاص غير الراضين عن محيطهم الحراري، نتج هذا المؤشر من دراسات Fanger التي خلص فيها إلى أن تباين مؤشر PMV يمكن تقريبه من خلال تعبير تحليلي يتوافق مع منحنى يشبه مظهره توزيع منحنى (Gaussian) مقلوب (الشكل 3-12)، وبالتالي يتم تحديد مناطق الراحة الحرارية (فئات A و B و C) من خلال نطاقات قيم PMV من (-0,2 إلى 0,2) و (-0,5 إلى 0,5) و (-0,7 إلى 0,7)، والتي تتوافق على التوالي لقيم PPD أقل من 6 و 10 و 15%. يسمح تحليل الشكل (3-12) باستنتاج أنه نظرًا للاختلافات الفردية بين الأشخاص، حتى بالنسبة للحالة التي يعتبرها السكان في المتوسط حياديًا حراريًا ($PMV = 0$)، فإن النسبة المئوية لغير الراضين هي 5% (Manuel Carlos Gameiro da Silva, 2013).



الشكل 3-12: العلاقة بين متوسط التصويت المتوقع (PMV) ونسبة عدم الرضا المتوقعة (PPD)،
المصدر: (Satake et al., 2016)

الخلاصة:

يعد تحليل الراحة الحرارية الخارجية أكثر صعوبة عند مقارنته بالراحة الحرارية الداخلية نظراً لوجود مجموعة واسعة من المعلمات المترابطة في البيئات الخارجية. لذلك، يهدف هذا الفصل إلى ذكر وتعريف أهم المؤشرات التي تنطبق على الراحة الحرارية الخارجية. فكانت دراسات مهمة ومتواصلة منذ النصف الثاني من القرن العشرين، وبدأت بهدف تحقيق النظافة الصناعية في حدود الراحة الحرارية في ظروف العمل، حيث اقتصر على دراسة حدود الراحة الحرارية في المجالات الداخلية، وفي 1973 لدراسة باسم الباحث Humphreys، الذي تتبع دراسة الراحة الحرارية الخارجية في فصل الصيف، عند مستعملي الأسواق و الحدائق، بهدف إيجاد مؤشر موحد يجمع جميع العوامل التي تتدخل في توقع الراحة الحرارية الداخلية، حيث وصل إلى أنه لا ينبغي توقع الراحة الحرارية من درجة حرارة الغرفة نفسها، ولكن من نشأة الانزعاج الحراري الذي يأتي من عدم التوافق بين البيئات التي يتوقعها الناس والبيئات التي يواجهونها. بعبارة أخرى أنه يجب دراسة الراحة الحرارية في البيئات الخارجية لتوقعها في المجالات الداخلية (Humphreys, 1996). وكانت هذه نقطة البداية في البحث عن الراحة الحرارية في الأماكن المفتوحة، التي تطلبت ولازالت تتطلب فهماً جيداً للجسم البشري، ومع صعوبة التعامل مع الكم الهائل من العناصر المناخية المختلفة وإمكانية تقييمها طور الباحثون مؤشرات حرارية مختلفة من تركيب تجريبي أو رياضي لعدة عناصر في نفس الوقت وإعطاء قراءة موحدة لمدى الإحساس بهذه الراحة الحرارية الخارجية.

هذه المؤشرات صنفتها العلماء في عدة فهارس حرارية مختلفة بين مؤشرات حرارية، بسيكولوجية، حسية، فيزيولوجية وغيرها، كما صنفتها بعض الباحثين تصنيفاً واضحاً بسيطاً، بين المؤشرات البسيطة التي تعتمد على معطيات مناخية من درجة حرارة الهواء، الرطوبة، حركة الهواء، أشعة الشمس، إما كل واحدة على حدى، أو عدة عناصر مع بعضها. ميزة المؤشرات البسيطة أنها تعطي توقع للراحة الحرارية بصفة سريعة ودقيقة نوعاً ما، لكن الدراسات التي أنتجت هذه المؤشرات بشكل عام تجاهلت العوامل النفسية والاجتماعية والاقتصادية والثقافية، وافترضت ظروفاً مستقرة لمواضيع المدروسة في البيئة الخارجية (Dzyuban et al., 2022). ومؤشرات مركبة تعتمد على نماذج الميزانية الطاقوية و الحرارية للإنسان أين يعتبر كل من (PET, UTCI, MENEX) من أكثرها استعمالاً ودقة.

الفصل الرابع:

“Home is not merely roof and room”

مقدمة:

المجال السكني هو أهم عنصر في مكونات المجال العمراني في المدينة، على الرغم من اختلاف أشكاله وأنواعه، ففي هذا القطاع قد يقضي الانسان معظم وقته مقارنة بقطاع العمل والترفيه، فالسكن ليس هو المجال الداخلي بل يأخذ نطاقاً أوسع يصل إلى أن يكون المجال الخارجي جزءاً لا يتجزأ منه، بما في ذلك تلبية احتياجات السكان وتقريب الوظائف الضرورية لهم. لذا سعياً منا لفهم المجال السكني وما يتعلق به من عناصر مكونة له، وتأثيراتها على العناصر المناخية منتجة بذلك ظواهر مختلفة عن التي كانت موجودة عليها في الطبيعة، هذه الظواهر مناخية عمرانية في أغلبها ذات تأثير سلبي على الحياة البشرية، الحيوانية والنباتية بل البيئية ككل، محدثة بذلك خلافاً في النظام الطبيعي المتوازن، ومؤثرة على الكائنات الحية، وبالأخص الإنسان الذي يعتبر سبب الرئيسي في وجودها.

1. مفهوم السكن:

المسكن هو الدار، أو المنزل أو مقر الإقامة، أو المأوى، و يعرف المسكن بأنه محلات الإقامة التي تهيأ للناس في مجتمع معين و هو من اهم العوامل التي تؤمن استقرار الحياة... الخ، و تختلف المساكن من بلدة إلى أخرى تبعاً لظروف و ثقافة كل بلد، فهي من أهم أشكال الثقافة المادية للمجتمع، و توجد في كل المجتمعات ما عدا مجتمع وهناك علاقة بين المسكن والتنظيم العائلي، و في جميع الثقافات نجد أن المنزل يتفق بشكل ما مع التنظيم العائلي كما أنه يدعمه و يقويه (أحمد زكي بدوي، 1982).

يُعرف (Pierre GEORGE) السكن أو المسكن بأنه عنصر أساسي للارتباط بين الفرد و العائلة و الوسط الاجتماعي و الصلة اليومية مع الإطار التاريخي و الجماعي الوظيفي معاً، وهو يضع نموذجاً من الإنسانية (TURNER, 2006). ويوضح (Robert LEROUX) في دراسته البيولوجية للإنسان أن المسكن يستجيب لثلاث وظائف هي:

- يقي الفرد من العدوان الخارجي
- يقي الفرد من العواصف والأمطار و الثلوج من حرارة الشمس.
- يحفظ الأشياء والعلاقات السرية.

السكن هو موضوع مشترك في العديد من التخصصات؛ الهندسة المعمارية، تخطيط المدن، علم الاجتماع، الجغرافيا، علم النفس، ... ولهذا السبب تكشف النظرية عن العديد من التعريفات للسكن. يرتبط هذا المفهوم أولاً بـ "المكان الذي استقر فيه المرء، وحيث يعيش، وحيث يتعود المرء على المجال". وبالتالي، من خلال التعريف السكن هو مكان العادات. غالباً ما تستخدم للإشارة إلى السكن، المسكن، الشقة، المنزل، البيت، المأوى ... بينما معنى السكن أوسع من هذه المعاني، كما يؤكد (Allen. B) "الموطن هو السكن وما بعده...". يشمل السكن كلاً من البيت والمساحات الوسيطة (الدرج، المصعد، بهو الدخول، موقف السيارات، القبو...)، المجالات الخارجية والمعدات وكذلك جميع طرق الحياة اليومية.

2. مفهوم أشكال السكن:

يعرف (le petit Robert) السكن كطريقة للتنظيم والإسكان من الإنسان حيث يعيش. وبالتالي، فإن مفهوم السكن يشير إلى أنه في المقام الأول هو نمط معيشي، بالإضافة إلى سلسلة من العوامل. والمسكن له أشكال مختلفة، في المناطق الريفية أو عادة ما تكون مشتتة في بيئة مشجرة أو زراعية أو في المناطق العمرانية، والسكن بشكل عام يتميز بالكثافة ولكنه يتأثر أيضاً بالعديد من العوامل التي تحدد شكله. ومفهوم شكل المسكن يشير إلى سلسلة من العوامل تتحكم فيه كالجغرافية، التاريخية، المعمارية والاجتماعية، وكلها معاً تميز شكل المسكن (الهيئة الفلسطينية لحقوق الإنسان).

1.2 مفهوم الأحياء السكنية الجماعية:

هي تجميع لعدة مساكن تبنى في بنايات ذات أربعة أو خمسة طوابق في الارتفاع؛ هذه البنايات تختلف أشكالها بحسب عدة عوامل متداخلة فيما بينها أهمها الوظيفية، النفعية، الجمالية، المناخية، كما يخلق هذا التوضع الشاقولي للمساكن العديد من المجالات المشتركة من مجالات شبه عامة إلى مجالات عامة ذات استعمال جماعي بين سكان هذه البنايات (ديلمي.ع، 2007).
يرز هذا النمط من الإسكان في الجزائر في عهد الاستعمار الفرنسي في الخمسينيات، وقد أنجز المستعمر بعض الأحياء بمدينة قسنطينة لتجميع سكان الريف في المناطق العمرانية لمراقبة الثوار والحد من الثورة، وبعد الاستقلال مباشرة وبهدف الحد من توسع الأحياء القصدية، انتهجت الجزائر سياسة الإسكان الشاقولي.

3. تاريخ ظهور السكن الجماعي:

في الجزائر: تم تبنى الإسكان الجماعي خلال الخمسينيات من قبل القوة الاستعمارية من خلال HBM¹ و HLM² ومدن إعادة الإسكان. تم تنفيذ برنامج رئيسي للمباني السكنية الجديدة التي تضم 6900 مسكن ومختلف المرافق في الجزائر العاصمة من قبل F. Pouillon؛ نذكر: ديار السعادة (800 مسكن، 1953-1954)، ديار المحصول (1800 مسكن، 1954-1955) و climat de France (3500 مسكن، 1955-1957).

على الرغم من المشاكل التي ظهرت في مدن المجمعات السكنية الكبيرة في أوروبا، فقد تم نقلها إلى البلدان النامية مثل الجزائر، من خلال عمليات مناطق السكن الحضري الجديد (ZHUN) التي اعتمدها الدولة. في السبعينيات؛ ومن أجل تلبية الطلب القوي على السكن، مما يبرز وتيرة تمدن المدن الجزائرية نحو ضواحيها، دون أي اهتمام بالاستمرارية مع النسيج العمراني القائم. (Saïdouni, 2000).



الشكل 1-4: صورة لـ (HLM) ديار المحصول، الجزائر العاصمة، المصدر:

(batidoc.ch/connaissances-techniques-scene-article/)

¹ HBM: مساكن رخيصة (habitations à bon marché)

² HLM: مساكن منخفضة الإيجار (habitations à loyers modérés)

1.3 السكنات الجماعية:

في المناطق العمرانية، تعتبر السكنات الجماعية هي الموطن الأكثر كثافة لأنه يتطور ومستمر في الارتفاع. وهي عبارة عن بنايات عمودية تحتوي على عدة مساكن. لها مدخل مشترك، ومجالات خارجية مشتركة مثل مواقف السيارات والمساحات الخضراء والبساتين والسلالم والمصاعد بين جميع السكان (أحمد زكي بدوي، 1982).

2.3 هيكلية المناطق السكنية الجماعية:

هيكلية المجالات السكنية هي عملية تدخل في إطار تصميم المدينة، وتحسين المجال الاجتماعي المادي، وبهذا المفهوم لا يعني أن تملأ بالمنشآت والمرافق التي يتم ترتيبها بشكل أو بآخر وترتيبها وظيفيًا وفقًا لقيود الموقع والمصممة وفقًا لقيود الموقع. بل يقصد منه إعطاء مكونات هيكلية المجال؛ المكانة والشكل الأنسب لتجسيد طريقة المعيشة المقترحة وفكرة التنظيم التي تجعلها واضحة وممكنة للجزء نفسه ولاندماجها في البيئة العمرانية (Zucchelli, 1984)، حيث يتكون التجمع العمراني من ثلاث مناطق رئيسية هي: منطقة النشاط ومنطقة الترفيه والمنطقة السكنية (المجال السكني)، وهذه الأخيرة تنقسم الأخيرة بترتيب تنازلي إلى:

- **الحي:** وحدة الأساسية في هيكلية المجال العمراني حيث تكون الوظيفة السكنية هي السائدة مقارنة بالأنشطة الأخرى. يتكون الحي من عدة وحدات سكنية، ويبلغ عدد سكانها ما بين 15000 و30.000 نسمة، أي ما يعادل 2400 إلى 5000 وحدة سكنية. تشمل المرافق الاجتماعية المكملة لتلك الموجودة في الوحدة المجاورة مثل المكاتب المتوافقة مع الإسكان؛ قد تشمل بعض الأنشطة الحرفية وأنشطة المعالجة الصناعية غير الملوثة (أحمد، 2019).
- **وحدة مجاورة (Neighborhood-unit):** مصطلح الوحدة الذي يستخدمه المخططون العمرانيون يعني أن الكل من مساكن، معدات دعم الإسكان، شوارع، مجالات مفتوحة وخضراء؛ مصمم ككل. ويعبر مصطلح الجوار عن المحتوى الاجتماعي والمكاني. وفقًا لـ (Zucchelli, 1984)، فإن وحدة الحي عبارة عن مجمع سكني مبرمج ومخطط ومنظم مكانيًا بطريقة تضمن أن يتمكن سكان معينون من أداء الوظائف المختلفة للمعيشة والاستجمام والترفيه بشكل صحيح. يبلغ عدد سكان وحدة مجاورة ما بين 2400 و4800 نسمة، وتتألف من 400 إلى 800 مسكن. كما تشكل الوحدة الأساسية للتكتل العمراني؛ وهي أيضًا أساس الحياة الاجتماعية والثقافية للمدينة؛ كيان متجانس مزود بالمعدات اللازمة التي توفر الاحتياجات الأساسية للحياة اليومية للسكان؛ ومتوافقة مع الوظيفة السكنية المهيمنة (Dahir, 1947).
- **الحجم:** يجب أن يوفر تطوير الوحدة السكنية السكن لتلك المجموعة السكانية التي تتطلب عادةً مدرسة ابتدائية واحدة، وتعتمد مساحتها الفعلية على الكثافة السكانية.
- **حدود:** يجب أن تكون الوحدة محاطة من جميع الجوانب بشوارع شريانية، واسعة بما يكفي لتسهيل تجاوزها من خلال حركة المرور.
- **مساحات مفتوحة:** يجب توفير نظام حدائق صغيرة ومساحات ترفيهية، مخطط لها لتلبية احتياجات الحي المعين.
- **مواقع المؤسسات:** يجب تجميع مواقع المدرسة والمؤسسات الأخرى التي لديها مجالات خدمة تتوافق مع حدود الوحدة بشكل مناسب حول نقطة مركزية أو منطقة مشتركة.
- **متاجر محلية:** يجب وضع منطقة تسوق واحدة أو أكثر، مناسبة لخدمة السكان، في محيط الوحدة، ويفضل عند تقاطعات المرور والمجاورة لمناطق مماثلة في الأحياء المجاورة.
- **نظام الشارع الداخلي:** يجب تزويد الوحدة بنظام شوارع خاص، بحيث يتناسب كل طريق سريع مع حملة المرور المحتمل، ويتم تصميم شبكة الشارع ككل لتسهيل الدوران داخل الوحدة وتثبيت استخدامها من خلال حركة المرور.

لتقديم صورة واضحة لكل من هذه المبادئ، توضح الأشكال الخطط والمخططات التي تم فيها تطبيق المبادئ (Cookson & Stirk, 2019).

الوحدة السكنية الكاملة	160 فدان *	% 100
تخصيصات المساكن	86,5	54
تخصيصات الشقق	3,4	2,1
المباني التجارية	6,5	4,1
ساحات السوق	2,1	0,8
مدرسة وموقع مبنى ديني	1,6	1,0
الحدائق والملاعب	13,8	8,6
المساحات المخضرة	3,2	2,0
شوارع	43,8	27,4

* 1 فدان = 0,405 هكتار

الجدول 1-4: مكونات وحدة حي كاملة بنسبها المئوية، المصدر: (Cookson & Stirk, 2019) بتصرف من الباحث

- **تجمع سكني:** يتكون التجمع السكني من 50 إلى 400 مسكن. يمثل مجموعة من عدة وحدات سكنية. يشمل شبكة المرور الداخلية ومواقف السيارات والأماكن شبه العامة مثل المجالات الخضراء والملاعب؛ تضم المجموعة السكنية أيضاً المحلات التجارية الأساسية (أحمد، 2019).

- **الوحدة السكنية:** الوحدة السكنية هي عبارة عن بناء واحد، هو إما مسكن منفصل أو مبنى سكني مكون من عدة مساكن؛ كما تشتمل الوحدة السكنية على طرق الخدمات ومواقف السيارات ذات الصلة (www.lawinsider.com/dictionary).

4 أشكال تجمع السكنات الجماعية:

يتنوع التشكيل المعماري للسكنات الجماعية، بحسب طبيعة موقع أرضية السكنات، الميزانية و الجانب الاقتصادي، لهذا السبب اخترنا اشكال السكنات الجماعية الأكثر شيوعاً في العالم (BELLIOT et al., 2006) من بينها:

- **السكن الجماعي المستمر:** يتوافق مع المباني الجماعية المجاورة والخطية المصطفة على طول الفضاء العام والمجموعة بشكل كتلة مغلقة.



الشكل 2-4: أمثلة على التشكيل المستمر في السكن الجماعي، المصدر: الباحث نقلاً من (Google earth, 2022)

- **السكن الجماعي المتقطع:** يشير إلى مجموعات المباني الجماعية التي تتخذ شكل قطع أرض أو قضبان أو أبراج، منفصلة إلى حد ما عن تصميم الأماكن العامة. هذه الكتل المفتوحة، التي ظهرت في فترة ما بين الحربين، تطورت بقوة في مجمعات السكن الاجتماعي الكبيرة في الستينيات والسبعينيات. لكن هذا التصنيف يلهم أيضاً العمليات الأخيرة التي تربط بشكل متكرر فتحات الكتلة والمستوطنات بمحاذاة الشوارع.



الشكل 3-4: أمثلة على التشكيل المتقطع في السكن الجماعي، المصدر: الباحث نقلا من (Google earth, 2022)

- السكن الجماعي المستمر والمتقطع: غالبًا ما يتم الجمع بين الإسكان الجماعي المستمر والمتقطع في العمليات الحديثة.



الشكل 4-4: أمثلة على التشكيل المستمر والمتقطع في السكن الجماعي، المصدر: الباحث نقلا من (Google earth, 2022)

5 تأثير التشكيل العمراني للسكنات على العناصر المناخية:

قبل التطرق لتأثير التشكيل العمراني على العناصر المناخية، لا بد من تعريف بعض المفاهيم التي لا تتفصل على الظواهر المناخية التي تحدث في المجال العمراني، من عامل عرض السماء (SVF)، طول الخشونة العمرانية (length roughness)، البياض (Albedo)، الانبعاثية، حيث يتداخل تعريف هذه المفاهيم مع كل عنصر مناخي.

1.5 التشكيل المعماري للبيئة المبنية:

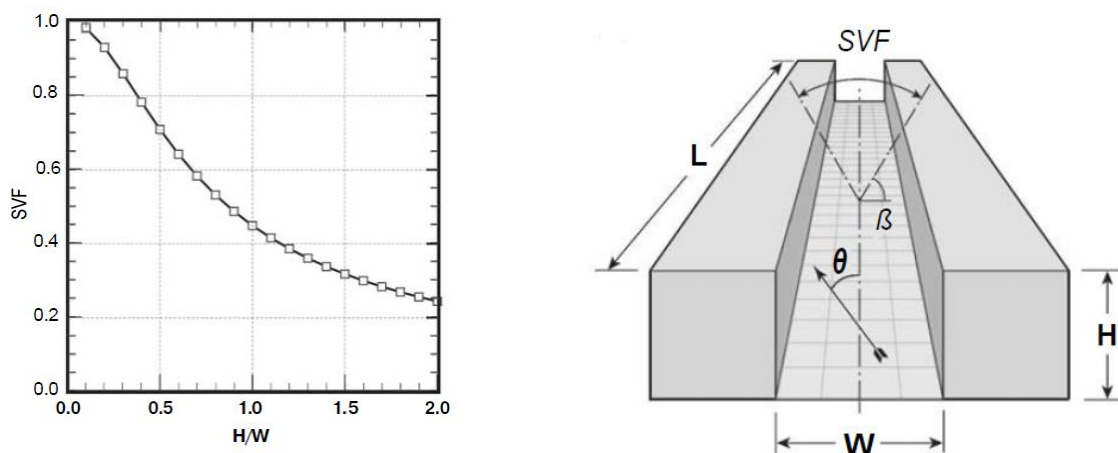
على الرغم من عدم تجانس المظلة العمرانية في أي مدينة حقيقية تقريبًا، فمن المفيد وصف نسيج المباني والمجالات المفتوحة من حيث العناصر القابلة للقياس التي تعبر عن كثافتها أو الخصائص الفيزيائية الأخرى التي تؤثر على مستوى المناخ المصغر.

يعد التشكيل العمراني أحد أكثر العوامل تأثيرًا على المناخ الحيوي في المجالات العمرانية. بحسب نتائج (Grundström et al., 2003)، أظهر أن النسيج المدمج في المناطق شبه القاحلة تتمتع بمزيد من الراحة الحرارية بسبب الأسطح (الواجهات والأرضيات) المحمية من الإشعاع الشمسي (Fahima YOUSFI et al., 2017).

1.1.5 الوادي العمراني:

يعد الوادي العمراني أحد أكثر النماذج استخدامًا على نطاق واسع، وهو عبارة عن مجال خطية مثل الشارع الذي يحده من كلا الجانبين عناصر عمودية مثل جدران المباني المجاورة. كنموذج، قد يمثل الوادي العمراني وحدة متكررة يتكون منها السطح العمراني المتشابه، ومجال فردي على مستوى الأرض، يستعمل للسكن والأنشطة العمرانية (Erell et al., 2018). التشكيل الهندسي للوادي العمراني يمكن يعبر عنه بثلاث أنواع:

- الأخابد المتناظرة: تصف نسبة الارتفاع إلى العرض (H / W)، النسب المقطعية للوادي العمراني. يتم تعريفه على أنه النسبة بين متوسط ارتفاع العناصر الرأسية المجاورة (مثل واجهات المباني) ومتوسط عرض المساحة (أي المسافة من الجدار إلى الجدار عبر الشارع). في حين أن نسبة العرض إلى الارتفاع تنطبق بشكل مباشر على الأخابد المتناظرة.



الشكل 4-5: رسم تخطيطي لوائي عمراني متناظر الأخابد و منحني بين علاقة عامل عرض السماء (SVF) كدالة لنسبة أبعاد الوادي (H / W)، المصدر: (Erell et al., 2018)

- في الشكل (4-5) في المنحنى الذي يمثل علاقة نسبة أبعاد الوادي مع (SVF)، نلاحظ كلما زاد ارتفاع المبنى (H)، زادت النسبة (H/W) نقصت قيم معامل رؤية السماء (SVF).

- يرتبط عامل رؤية السماء (SVF sky view factor) للوادي العمراني ارتباطاً وثيقاً بنسبة العرض إلى الارتفاع (H / W)، حيث يصف أيضاً نسب المقطع العرضي للوادي. SVF هو نسبة قبة السماء التي تُرى بواسطة سطح، إما من نقطة معينة على ذلك السطح أو مدمجة في كامل مساحتها. عند القياس من خط الوسط على مستوى الأرض لوائي متماثل بطول شبه لا نهائي، يتم إعطاء SVF بواسطة:

$$SVF = \cos \beta$$

- أين: $\beta = \tan^{-1}(H/0.5W)$ و H و W على التوالي متوسط ارتفاع وعرض الوادي بالنسبة للوادي غير المتماثل، يمكن حساب SVF بالمثل عن طريق حساب متوسط القيم التي تم الحصول عليها من كل جانب من جانبي الشارع:

$$SVF = (\cos \beta_1 + \cos \beta_2) / 2$$

- أين: $\beta_1 = \tan^{-1}(H_1/0.5W)$ و $\beta_2 = \tan^{-1}(H_2/0.5W)$ ، و H_1 و H_2 متوسط ارتفاعات المباني على جانبي الوادي.

- شكل المجالات العمرانية المختلفة عن الواديان:

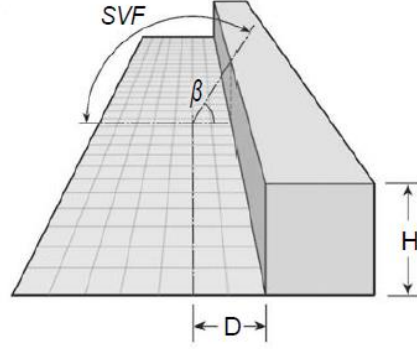
- مجال خطي محاط من جانب واحد: يمكن أيضاً تقدير SVF لأنواع أخرى من المجال العمراني، والتي تختلف هندستها عن الوادي، فهي شارع من النوع الخطي. يمكن وصف بعض هذه المجالات في شكل مبسط، من خلال مقطع عرضي واحد كما هو الحال مع الوادي (الشكل 4-6). تحسب قيمة SVF كالتالي:

$$SVF = (1 + \cos \beta) / 2$$

أين:

$$\beta = \tan^{-1} (H/D)$$

و D هي المسافة من نقطة القياس إلى الحائط



الشكل 4-6: المعلمات الهندسية لحساب SVF من نقطة على الأرض في مساحة من نوع المجال الخطي المحاط من جانب واحد، المصدر: (Erell et al., 2018)

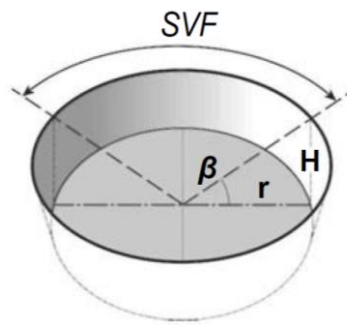
مجال محاط دائري الشكل: سيكون للمجال الدائري صيغة لحساب SVF تختلف اختلافا بسيطاً عن سابقتها، حيث أن الشكل الدائري مركزه ونصف قطره r، و SVF تحسب كالتالي:

$$SVF = \cos^2 \beta$$

أين:

$$\beta = \tan^{-1} (H/r)$$

حيث r هو نصف قطر الدائرة



الشكل 4-7: المعلمات الهندسية لحساب SVF عند النقطة المركزية لمساحة دائرية، المصدر: (Erell et al., 2018)

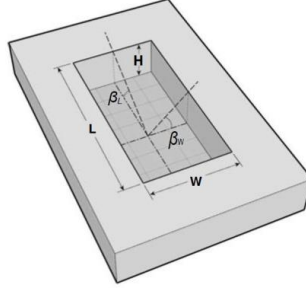
مجال محاط بشكل مستطيل: مثل الفناء على سبيل المثال، يطل على السماء لا يعيقه جدران (كما في الوادي) ولكن بإجمالي أربعة جدران، اثنان في كل اتجاه. يتم حساب تقريبي لـ SVF الذي يمثل الجدران ذات الطول المحدود والهندسة المنتظمة في ثلاثة أبعاد (موصوفة بواسطة H و W و L، كما هو موضح في الشكل 4-8) من خلال منتج SVF في كل من هذين الاتجاهين المختلفين:

$$SVF \approx \cos \beta_w \cos \beta_L$$

$$\beta_w = \tan^{-1}(H/0.5W)$$

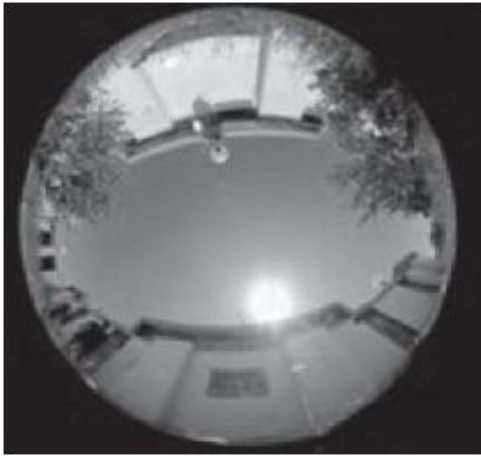
$$\beta_L = \tan^{-1}(H/0.5L)$$

أين:

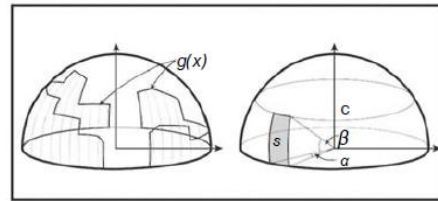


الشكل 4-8: المعلمات الهندسية لحساب SVF عند النقطة المركزية لمجال مستطيل، المصدر: (Erell et al., 2018)

- بالنسبة إلى الأشكال الهندسية الأكثر تعقيداً وغير المنتظمة، والتي تتميز بمعظم الإعدادات العمرانية الحقيقية، يمكن استخدام مجموعة متنوعة من الأدوات لتقدير SVF. بعض هذه الأدوات حسابية، وقد تم دمجها مع برامج النمذجة الصلبة بحيث يمكن بناء الهندسة العمرانية في ثلاثة أبعاد ويمكن الحصول على عوامل الرؤية في نقاط محددة داخل النموذج (انظر الشكل 4-9). تستخدم طريقة أخرى أكثر تقليدية، التصوير بعدسة عين السمكة لتوفير رؤية كاملة للسماء في بيئة عمرانية فعلية (أو نموذجية مجسدة) (انظر الشكل 4-10). تم إجراء تحسينات على هذه التقنيات للسماح بتقديرات عالية الدقة لـ SVF حتى بالنسبة للترتيبات المعقدة بما في ذلك تفاصيل المباني الدقيقة والأشجار وغيرها من الميزات العمرانية غير المنتظمة.



SVF Field Data	3DSky View SVF	Actual Urban Geometry	3DSkyView 2D Stereographic Scene
0.59	0.62		
0.24	0.28		



الشكل 4-10: صورة لعدسة عين السمكة متجهة لأعلى لتقدير SVF في منطقة عمرانية، المصدر: (Erell et al., 2018)

الشكل 4-9: أمثلة لتقدير SVF العمراني باستخدام نماذج ثلاثية الأبعاد مع برنامج تحليل نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، المصدر: (Souza et al., 2003)

2.5 حد الخشونة العمرانية: أو طول الخشونة هو عامل مهم يؤثر على ظروف الرياح وبالتالي البيئة الحرارية داخل منطقة عمرانية. تؤدي زيادة سرعة الرياح وتقليل الحمل الحراري إلى زيادة القضايا الحاسمة التي يجب معالجتها من أهمها التقليل من ظاهرة الجزيرة الحارة (UHI) (Wong et al., 2010) (Oke, 1988). سرعة الرياح على مستوى المشاة، تتأثر بشدة بالعوائق والتشكيل العمراني. طول الخشونة هو عامل يمكن استخدامه لتحديد قوة هذه التأثيرات. كشفت الأبحاث السابقة أنه كلما زاد طول خشونة السطح، كلما قلت التهوية التي يمكن أن تمر عبر الطبقة الحدودية (Wever, 2012). قد تتسبب العوائق المختلفة، بما في ذلك المباني والنباتات ومواد الرصف، في تباين في طول الخشونة، وسيتم تقليل سرعة الرياح مباشرة فوق المناطق التي لها طول خشونة مرتفع. عادة ما يحدث الحمل الحراري المرتفع بسبب نفاذية الرياح المنخفضة داخل المناطق العمرانية ويزيد من الحمل الحراري على البشر (Chen et al., 2017). يظهر طول الخشونة Z_0 في التعبير عن متوسط سرعة الرياح U_z بالقرب من الأرض المشتق باستخدام نظرية تشابه Monin-Obukhov. حسب (Holmes, 2001) كل نوع من الأسطح أو الأرضيات له طول خشونة، وهذا ما يظهره الجدول (4-2).

$$U_z = U_* / k [\ln(z-d/z_0) + \Psi(z-d-z_0/L)]$$

أين:

U_z	سرعة الاحتكاك
k	هو ثابت Von Kármán
z	هو الارتفاع (كما تم قياسه من الأرض)
d	هو ارتفاع مستوى الإزاحة (كما تم قياسه من الأرض)، وهو تعويض يمثل عوائق تباطؤ الرياح مثل المباني أو الأشجار أو أي هياكل أخرى تعوق التدفق
L	هو طول Monin-Obukhov (الذي يُعرّف بأنه الارتفاع الذي يكون فيه الطفو وقص الرياح فعالين بنفس القدر في إحداث الاضطراب)
Ψ	هو عامل تصحيح للنبات، حيث يشير $\Psi = 0$ إلى ظروف محايدة ثابتاً. تكون الظروف محايدة بشكل ثابت عندما تزداد درجة حرارة الهواء بشكل رتيب مع الارتفاع.

هذه طريقة لحساب طول الخشونة (Z_0) عن طريق قياس سرعة الاحتكاك وسرعة الرياح المتوسطة (على ارتفاع معروف) في موقع مسطح نسبياً (في ظل ظروف محايدة) باستخدام مقياس شدة الريح. وتجدر الإشارة إلى أنه في هذا الشكل المبسط، يكون ملف تعريف الرياح السجل متطابقاً في الشكل مع قانون الأبعاد للجدار (Stull, 1988). إذا لم نعرف سرعة الاحتكاك؛ فيمكن حساب خشونة السطح على النحو التالي:

$$Z_0 = \exp(u(z_2) \ln(z_1) - u(z_1) \ln(z_2) / (u(z_2) - u(z_1)))$$

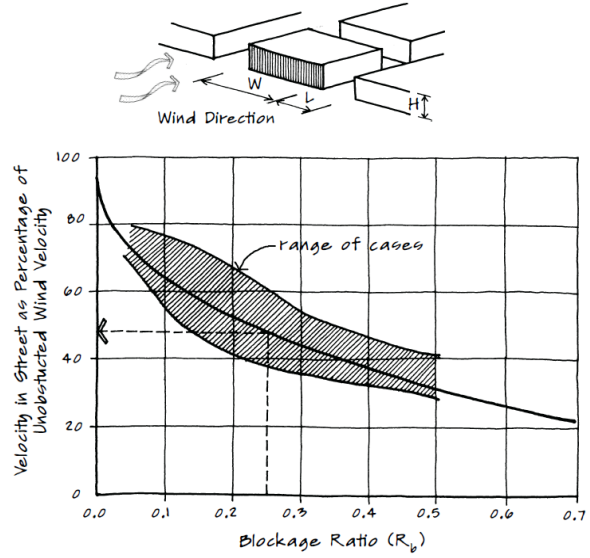
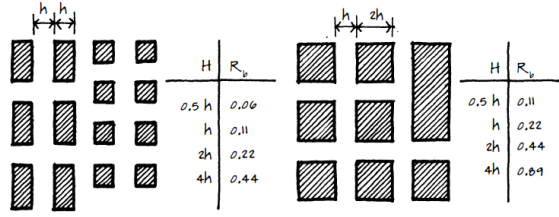
Category صنف	Terrain type نوع التضاريس	Roughness length حد الحشونة	Surface drag coefficient معامل مقاومة السطح
1	Very flat terrain تضاريس مسطحة للغاية	0.001 – 0.005	0.002 – 0.003
2	Open terrain تضاريس مفتوحة	0.01 -0.05	0.003 – 0.006
3	Suburban terrain تضاريس الضواحي	0.1 – 0.5	0.0075 – 0.02
4	Dense urban عمران كثيف	1 - 5	0.03 – 0.3

الجدول 2-4: تصنيف طبيعة الأرضيات على أساس طول الحشونة، المصدر: (Ramli et al., 2009) بتصريف من الباحث

3.5 الرياح في المناطق السكنية:

تعمل الأنماط العمرانية الفضفاضة (loose urban patterns) على زيادة نسمات التبريد إلى أقصى حد في المناخ الحار، بينما تعمل أنماط العمرانية الكثيفة (Dense urban patterns) على تقليل رياح الشتاء في المناخ الدافئ. لتقليل تدفق الرياح في الشوارع، يمكن استخدام مصدات الرياح (Wind breaks) لمنع رياح الشتاء الباردة غير المرغوب فيها أو رياح الصحراء الحارة والمغبرة. المباني المتقاربة من بعضها البعض؛ ستعمل أيضاً على إعادة التدفقات في الشوارع (T.R.Oke, 1987). فإن المباني الشاهقة في الشوارع الضيقة توفر أكبر قدر من الحماية من الرياح، بينما تعزز المباني الأقصر في الشوارع الواسعة حركة هواء أكثر. في المناخ البارد، تتجه الشوارع الرئيسية بشكل متعامد مع رياح الشتاء وأعمال شبكات الشوارع مع تنظيم متقطع والعديد من التقاطعات على شكل T سوف تبطن وتعيق تدفق الرياح في الشوارع (DeKay & Brown, 2014). عندما تكون الشوارع الرئيسية موازية للرياح، فإن العوامل الأساسية التي تؤثر على سرعة الرياح في الشوارع هي عرض الشوارع والمنطقة الأمامية (الارتفاع والعرض) لوجوه المبنى المتجه للريح. يوضح الرسم البياني توقع سرعة الرياح في الشوارع سرعة الرياح في الشوارع كدالة من نسبة الانسداد لمنظمة مجموعة بناء معينة (Wu, 1994). يتم تعريف نسبة الانسداد (R_b)، مع المتغيرات الواردة في الرسم التخطيطي، على النحو التالي:

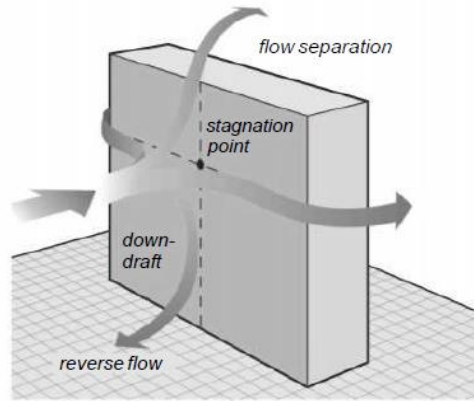
$$R_b = (W \times H) \div (W + L)^2$$



الشكل 4-11: توقع سرعة الرياح في الشارع بحسب قيم نسبة الإنسداد (R_b)، المصدر: (DeKay & Brown, 2014)

1.3.5 أنماط تدفقات الرياح حول المباني:

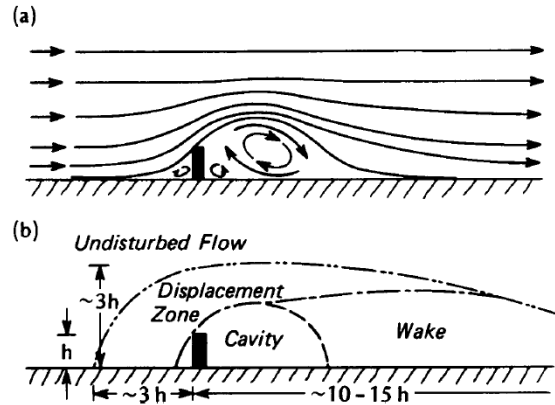
المباني ثلاثية الأبعاد تسمح بتدفق الهواء حول نهاياتها وكذلك فوقها. يمكن أن يتسبب الاضطراب الذي يحدثه هذا في إحداث سرعات عالية للرياح على مستوى الأرض، بسبب آليتين منفصلتين تمامًا، أو ما يسمى بحقول الضغط. النوع الأول من التدفق ناتج عن توزيع الضغط على الوجه المواجه للريح للمبنى؛ والذي يزداد مع الارتفاع والذي يرتبط بضغط الرياح الديناميكي المحلي. النوع الثاني من التدفق ناتج عن اختلاف الضغط بين مناطق الضغط المنخفض (الوجه الأمامي والجانبية) ومناطق الضغط المرتفع نسبيًا في القاعدة على وجه الريح.



الشكل 4-12: نمط تدفق الهواء حول مبنى مرتفع من الألواح، المصدر: (Erell et al., 2018)

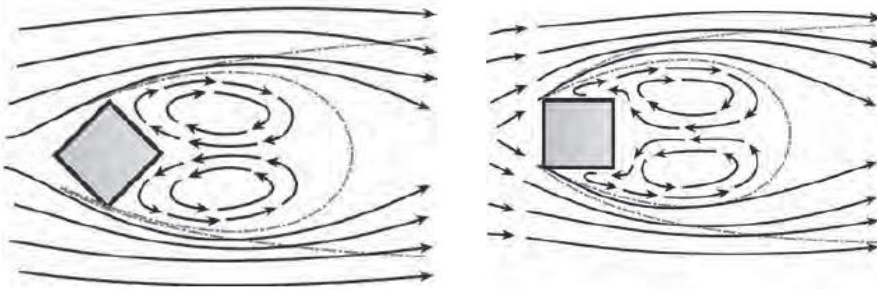
- تدفق الهواء حول مبنى معزول: عندما يواجه تيار من الهواء المتدفق بالتوازي مع الأرض هذا النوع من العوائق المبنية، يتم إنشاء ثلاث مناطق على الأقل تكون فيها حركة الهواء مختلفة تمامًا عن التدفق غير المضطرب. تقع هذه

المناطق، على التوالي ، عند الاقتراب من المبنى (على جانبه في اتجاه الرياح)، وفوق سطحه، والمسافة في اتجاه الرياح، فيما يُعرف باسم أعقابه (انظر الشكل 4-13) (T.R.Oke, 1987b).



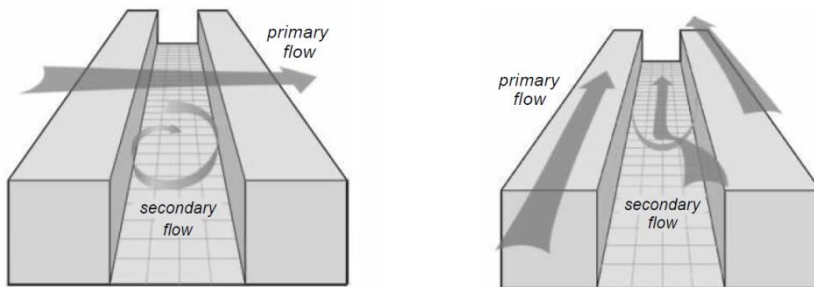
الشكل 4-13: رسم تخطيطي يوضح نمطاً نموذجياً لتدفق الهواء فوق مبنى معزول، كما هو موضح في شكل خطوط انسيابية (أعلى) ومناطق تدفق عامة (أسفل) ، المصدر: (T.R.Oke, 1987)

- تدفق الهواء حول مبنى معزول ذو حواف حادة:



الشكل 4-14: نمط التدفق حول مبنى ذي حواف حادة، المصدر: (T.R.Oke, 1987b)

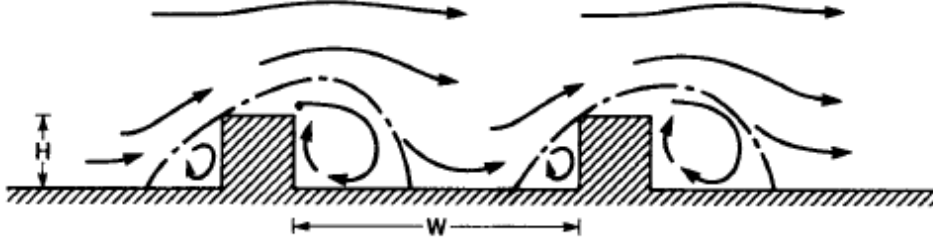
- تدفق الهواء في اتجاه طول الوادي العمراني وعكس اتجاهه: التدفق في الوادي العمراني (شارع) ناتج عن رياح فوق السطح تهب بالتوازي مع محور الوادي. في حال كان تدفق الهواء معاكس لطول الوادي العمراني يتكون تدفق ثانوي في شكل دوامة لي (Lee vortex) في التقعر الطبيعي للوادي.



الشكل 4-15: نمط التدفق في اتاه الوادي العمراني وعكسه، المصدر: (Erell et al., 2018)

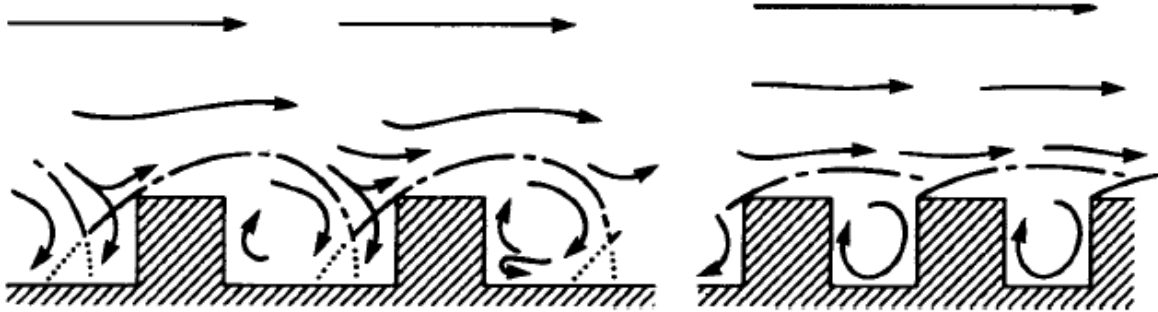
- تدفق الهواء حول منطقة عمرانية:

إذا كان المبنى جزءًا من منطقة عمرانية، فإن نمط التدفق يعتمد على هندسة المصفوفة، وخاصة نسبة الارتفاع إلى العرض (H / W)، حيث H هو متوسط ارتفاع المبنى و W هو تباعد الرياح على طول).
عندما تكون المباني متباعدة نسبيًا ($H / W < 0.4$) للمبنى الواحد وأقل من 0.3 للتباعد بين صفوف المباني) يظهر نمط التدفق كما لو كانت معزولة (الشكل 4-16).



الشكل 4-16: نمط التدفق حول منطقة عمرانية، المصدر: (T.R.Oke, 1987b)

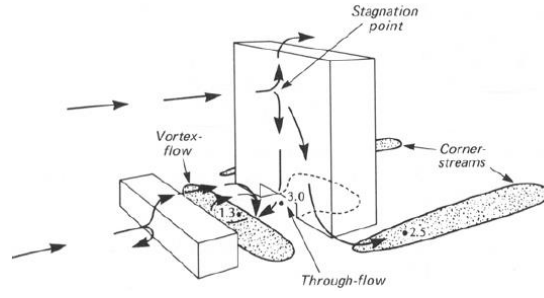
عند التباعد الأقرب (H / W حتى حوالي 0.7 للمباني و 0.65 للتباعد بين الصفوف) يتداخل نشاط أي مبنى مع مجرى النهر التالي مما يؤدي إلى نمط معقد (الشكل 4-17). في المسافات الأقرب من هذه، يبدأ التدفق الرئيسي في الجريان فوق أسطح المباني ويكون في التجويف بشكل دوامة لي (Lee Eddy) (غالبًا في الشوارع).



الشكل 4-17: نظم التدفق المرتبطة بتشكيلات عمرانية مختلفة، المصدر: (T.R.Oke, 1987b)

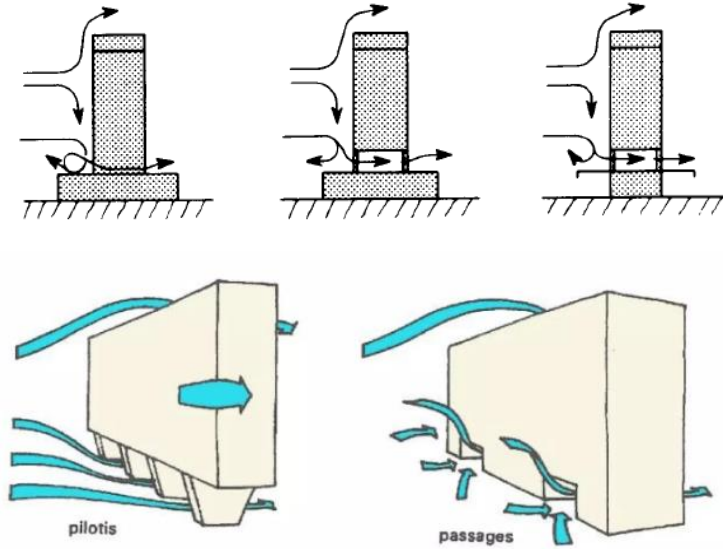
- تدفق الهواء حول مبنيين غير متماثلين في الارتفاع:

يمر البعض الهواء فوق الجزء العلوي ويعطي دوامة Lee في منطقة التجويف، بينما يتدفق الكثير من الباقي إلى أسفل الوجه المواجه للرياح. ينحرف الباقي حول جوانب المبنى على شكل تيارات زاوية تلتف حول الخلف لتعطي شكل حذوة حصان مميزة (الشكل 4-18) (T.R.Oke, 1987).



الشكل 4-18: انسياب حول مبنى مرتفع مع مبانٍ منخفضة عكس اتجاه الرياح، المصدر: (T.R.Oke, 1987)

تساعد تصميمات المباني الشاهقة في التخفيف من زيادة سرعة الرياح بشكل غير مرغوب فيه على مستوى المشاة. يتطابق نمط الرياح المواجه للبنية بشكل ممتاز مع نمط الشكل 4-19 C. إذا تم رفع المبنى فوق الأرض على أعمدة، أو إذا كان هناك ممر تحته، فإن التيار الهابط باتجاه الرياح سينتج تدفقاً عبر النفث (Loubser, 1991).

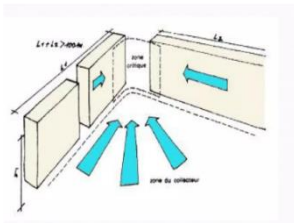


الشكل 4-19: تدفق الهواء في المباني المرفوعة على أعمدة أم ذات الممرات، المصدر: (Loubser, 1991)

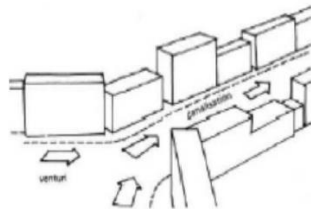
في البيئة العمرانية، يتفاعل تدفق الرياح مع الأشكال العمرانية مما يزعج حركتها. تمت دراسة مبادئ تدفق الهواء في البيئة العمرانية لبعض التشكيلات المعمارية (Tsoka, 2011).

- تأثير (Wise): إنشاء لفافة زوبعة أمام مبنى مرتفع عندما يكون مجاوراً لمبنى أصغر يقع على التوازي. التأثير الحكيم مزعج للغاية للمشاة بسبب المكون الرأسي القوي لسرعة الرياح في المنطقة الحرجة.
- تأثير التوجيه (Channeling effect): يظهر تأثير القناة عندما تشكل المجموعة المكونة ممراً. الصريف ليس سبباً لعدم الراحة في حد ذاته. إنه يعمل فقط إذا كان مرتبطاً بانحراف ديناميكي هوائي ينقله على مدى طوله بالكامل. يمكن أن يكون الجمع بين ظاهرة التوجيه وظاهرة فنتوري مصدرًا رئيسيًا للانزعاج.
- تأثير (Venturi): يؤدي تضيق الممر إلى زيادة سرعة الرياح لتدقق مماثل. منطقة الراحة الحرجة عند المضيق.

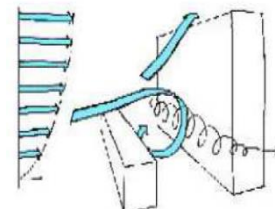
- تأثير الإزاحة (Offset effect): ربط تأثير مناطق الضغط المختلفة بين المباني، هذا هو الحال بالنسبة للمباني التي تقع بانتظام ولكن لا تتم محاذاتها على محور. سيتم إنشاء الضغوط التفاضلية عندما تكون الانتكاسات كبيرة جداً، مع اتساع يتناسب مع صغر أحجام الفصل. تزيد المباني الشاهقة من معامل سرعة الرياح ويمكن أن تسبب تيارات هوائية قوية نسبياً.
- تأثير الشبكة (Mesh effect): تأثير الشبكة يخلق مشكلة هي أنه يمكن أن يكون جيداً أو سيئاً، وبما أن الرياح ديناميكية، فإن تحليل هذا النوع من المواقف ليس بالأمر السهل.



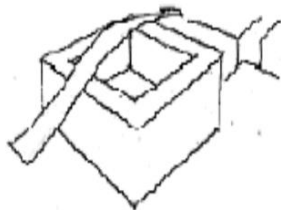
Venturi effect



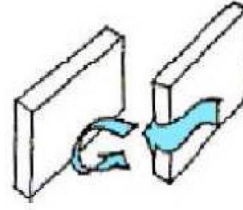
Channeling effect



Wise effect



Mesh effect



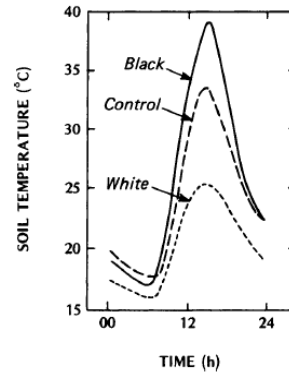
Offset effect

الشكل 20-4: التمثيل البياني للتأثيرات الديناميكية الهوائية في البيئة العمرانية، المصدر: (Tsoka, 2011) (Erell et al., 2018) بتصرف الباحث

4.5 مواد البناء وأسطحها في المجال العمراني:

تتميز المواد البناء في كثير من الأحيان بأهمية قدرتها الحرارية والتوصيل الحراري. حيث يتم تخزين الطاقة فيها أثناء النهار ويتم إطلاقها تدريجياً عن طريق الإشعاع أثناء الليل. وبالتالي فإن التبريد الليلي يكون أبطأ في المدينة منه في المناطق غير العمرانية (Grundström et al., 2003). وجد أن زيادة بياض (Albedo) الأسطح، إلى جانب عمليات أخرى مثل زيادة الغطاء النباتي، يلعب دوراً رئيسياً في التخفيف من ظاهرة الجزيرة الحارة في المجالات العمرانية، ويقلل من تكلفة تكييف الهواء (Fahima YOUSFI et al., 2017).

البياض (Albedo) هو نسبة الطاقة الشمسية المنعكسة من السطح إلى الطاقة الشمسية العارضة. نستخدم مقياساً متدرجاً من 0 إلى 1، مع 0 يتوافق مع الأسود، لجسم بدون انعكاس، و 1 إلى المرآة المثالية، لجسم ينتشر في جميع الاتجاهات وبدون امتصاص كل الإشعاع الكهرومغناطيسي المرئي الذي يتلقاه (Patel & Rix, 2019). أظهر استخدام المواد عالية البياض أنه يقلل من كمية الإشعاع الشمسي الذي يمتصه غلاف المباني والهياكل العمرانية ويحافظ على برودة أسطحها (Taha, 1997). أثبتت التجارب عند قياس البياض ودرجات حرارة سطح مجموعة متنوعة من الأسطح. وجد أن الطلاءات المرنة البيضاء (ذات البياض 0.72) كانت أكثر برودة بمقدار 45 درجة مئوية من الطلاءات السوداء (مع بياض 0.08) في وقت مبكر من بعد الظهر من يوم صافٍ في الصيف (Mansouri et al., 2017).



الشكل 4-21: (أ) تأثير تغيير البياض على درجات حرارة التربة القريبة من السطح (10 ملم). بيانات من قطع الأراضي ذات اللون الأبيض والأسود والتحكم

(عشب قصير فوق طمي رملي ناعم) في 16 يوليو 1964 في Ontario، Hamilton (43 درجة شمالاً)، المصدر: (T.R.Oke, 1987)

(ب) مقارنة بين المواد ذات البياض المرتفع والمنخفض، المصدر: (Fenner & Kibert, 2017)

Surface	α Albedo	ϵ Emissivity	Surface	α Albedo	ϵ Emissivity
1. Roads			4. Windows		
Asphalt	0.05–0.20	0.95	Clear glass		
2. Walls			zenith angle		
Concrete	0.10–0.35	0.71–0.90	less than 40°	0.08	0.87–0.94
Brick	0.20–0.40	0.90–0.92	zenith angle		
Stone	0.20–0.35	0.85–0.95	40 to 80°	0.09–0.52	0.87–0.92
Wood		0.90	5. Paints		
3. Roofs			White, whitewash	0.50–0.90	0.85–0.95
Tar and			Red, brown, green	0.20–0.35	0.85–0.95
gravel	0.08–0.18	0.92	Black	0.02–0.15	0.90–0.98
Tile	0.10–0.35	0.90	6. Urban areas [†]		
Slate	0.10	0.90	Range	0.10–0.27	0.85–0.96
Thatch	0.15–0.20		Average	0.15	~0.95
Corrugated					
iron	0.10–0.16	0.13–0.28			

[†] Based on mid-latitude cities in snow-free conditions.

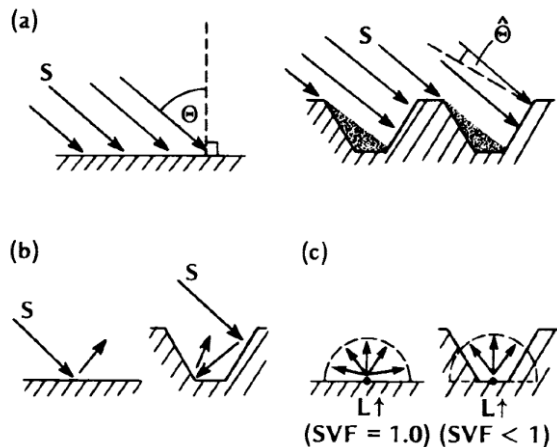
Sources: Threlkeld (1962), Sellers (1965), van Straaten (1967), Oke (1974), Arnfield (1982).

الشكل 4-22: جدول يمثل البياض و الانبعاثية لبعض مواد البناء، المصدر: (T.R.Oke, 1987)

5.5 طبيعة سطح الأرضية في المجال العمراني: لطبيعة وملمس سطح الأرضية تأثير كبير على المناخ العمراني المصغر، وذلك في إمكانية تحقيق الاستخدام الأفضل لإشعاع الموجة القصيرة المتاح عن طريق التلاعب بهندسة الأسطح المستقبلية. تتعرض الأسطح الأفقية للإشعاع الشمسي المباشر (S) في الذروة، وبالتالي تتلقى أقصى كثافة إشعاع. من خلال صنع التلال، تكون المنحدرات المضاءة بضوء الشمس قادرة على استقبال S عند أو بالقرب من ذروة محلية (أي صغيرة: الشكل 4-23 a). هذا مفيد عندما يكون التسخين أمرًا بالغ الأهمية.

التواء السطح يميل إلى حبس S لأنه بعد الانعكاس الأولي من جانب من جوانب النظام، هناك على الأقل فرصة معينة للإشعاع المنعكس (المنتشر) الذي يواجه سطحًا آخر قبل الخروج إلى الغلاف الجوي. هذا يزيد من فرصة الامتصاص وبالتالي يقلل من بياض (Albedo) المجال مقارنة بحالة المستوى.

من ناحية أخرى انبعاث $L \uparrow$ من داخل الأخدود مقيد نسبيًا بسبب انخفاض عامل عرض السماء (SVF). بالنسبة لجميع المواقع في الأخدود، يكون عامل عرض السماء أقل من الوحدة لأن نصف الكرة العلوي الذي يقابلها يتضمن على الأقل بعض المناظر لأجزاء أخرى من الأخدود. يميل حبس S في النهار إلى زيادة درجة حرارة التربة القصوى؛ ومحاصرة $L \uparrow$ يميل إلى تقليل تبريد السطح. وتتمثل الاستجابة الكلية في زيادة درجة حرارة التربة في نظام التلال والأخاديد (T.R.Oke, 1987).

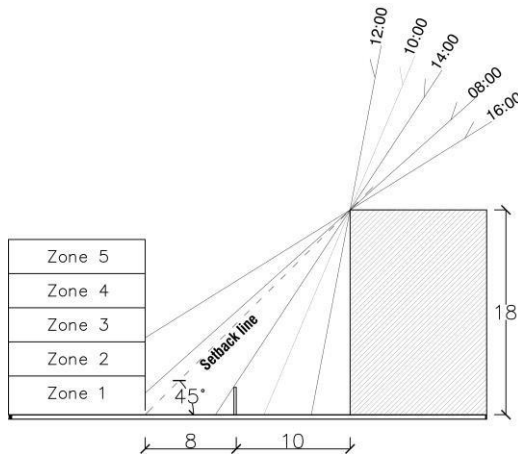


الشكل 4-23: دور شكل السطح في التبادل الإشعاعي، مقارنة بين الأسطح الأفقية والمعقدة (عن طريق التلال والأخاديد)، المصدر: (T.R.Oke, 1987) (a) تلقي إشعاع الموجة القصيرة ذات الحزمة المباشرة S ، (b) انعكاس S ، (c): انبعاث إشعاع الموجة الطويلة ($L \uparrow$)

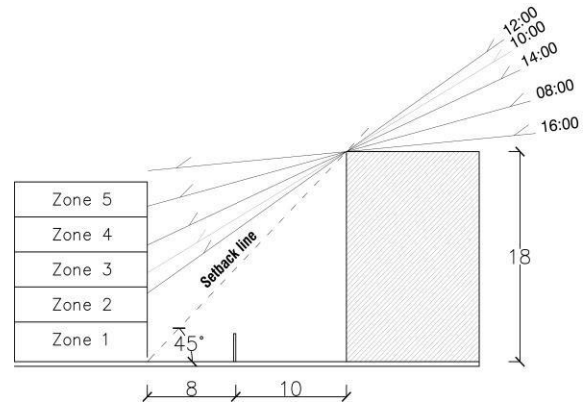
6.5 تشكيل المجال المبني وتأثير مفعول التظليل:

يمكن أن تكون تأثيرات التظليل بواسطة مبنى على آخر إما إيجابية أو سلبية اعتمادًا على الظروف الخاصة بالموقع للخصائص المعنية. قد تكون الفائدة المحتملة لتظليل المباني المجاورة هي تأثير التبريد المكتسب في المناخ الحار. أما عن النتائج السلبية للتظليل، فتتمثل في فقدان الضوء الطبيعي لتطبيقات الطاقة الشمسية السلبية أو النشطة، أو فقدان تأثيرات الاحترار في المناخات الباردة. العوامل التي تؤثر على فعالية الظل خاصة هي الموقع، وتشمل الاختلافات في ارتفاع التضاريس بين الخصائص المعنية، الارتفاع والجزء الأكبر من الهياكل، والوقت من السنة، ومدة التظليل في اليوم، وحساسية فقدان ضوء الشمس للمجالات المجاورة المستخدمة من طرف السكان (Kabirikopaei et al., 2017). الآثار الرئيسية لتظليل المباني المجاورة هي تقليل الهواء الداخلي ودرجات حرارة سطح الغلاف. تبين أن عدم مراعاة تظليل المباني المجاورة يعطي فرقًا في متوسط درجة حرارة الهواء الداخلي يصل إلى 2.3 درجة مئوية (Simá et al., 2015).

في بحث أولي، قام به المهندس المعماري William Atkinson عام 1912، حيث كان ارتفاع المبنى يقتصر على 1.25 مرة من عرض الشارع وكان مسموحًا للمباني العالية فقط في حال احترام خطوط الارتداد (setback lines) (Atkinson, 1912). في قانون ارتفاع المباني في نيويورك عام 1916، كانت ارتفاعات المباني مقتصرة على عرض الشارع، وكان من المفترض أن يتم تشييد المباني الشاهقة وفقًا لخط الارتداد المحدد (Sturz, 1980). للحصول على زاوية خط الارتداد الأمثل؛ يتم إجراء دراسة تستند إلى المحاكاة العددية، نظرًا لحقيقة أن العثور على مباني في ظروف مماثلة مع نفس تظليل الحي في المناطق العمرانية أمر مستحيل.

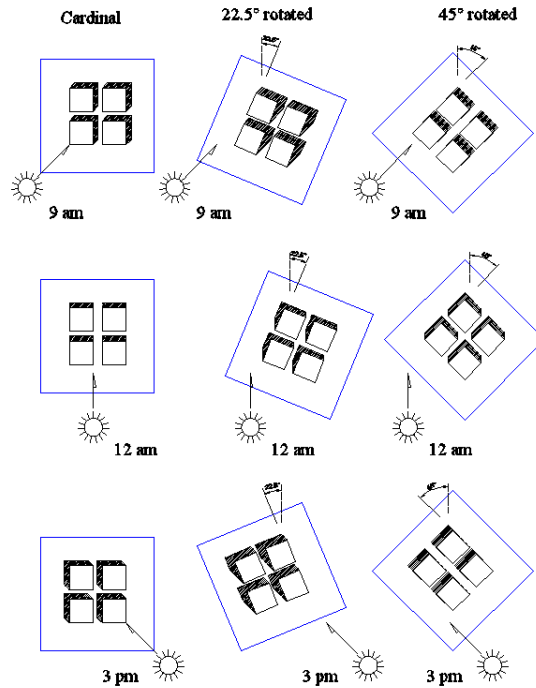


الشكل 4-25: تظليل مباني الحي في 21 يونيو على أساس زاوية خط الارتداد 45 درجة، المصدر: (Kabirikopaei et al., 2017)



الشكل 4-24: تظليل مباني الحي في 21 ديسمبر بناءً على زاوية خط الارتداد 45 درجة، المصدر: (Kabirikopaei et al., 2017)

يمكن توجيه الأنماط العمرانية المتوازنة للشوارع والكتل وحجمها لدمج الاهتمامات بالضوء والشمس والظل وفقاً لخصائص المناخ المحلي. سيؤدي الاتجاه الأساسي بشكل عام إلى إلقاء المزيد من الظل على المباني التي تواجه الشوارع الشمالية والجنوبية أكثر من توجيه بزوايا دوران، وبالتالي يقوم بعمل مساحة لتظليل المباني. في المقابل، يوفر التوجيه بزوايا دوران مزيداً من الظل في الشوارع لفترات أطول أثناء النهار (الشكل 4-26) (Kitio et al., 2014).



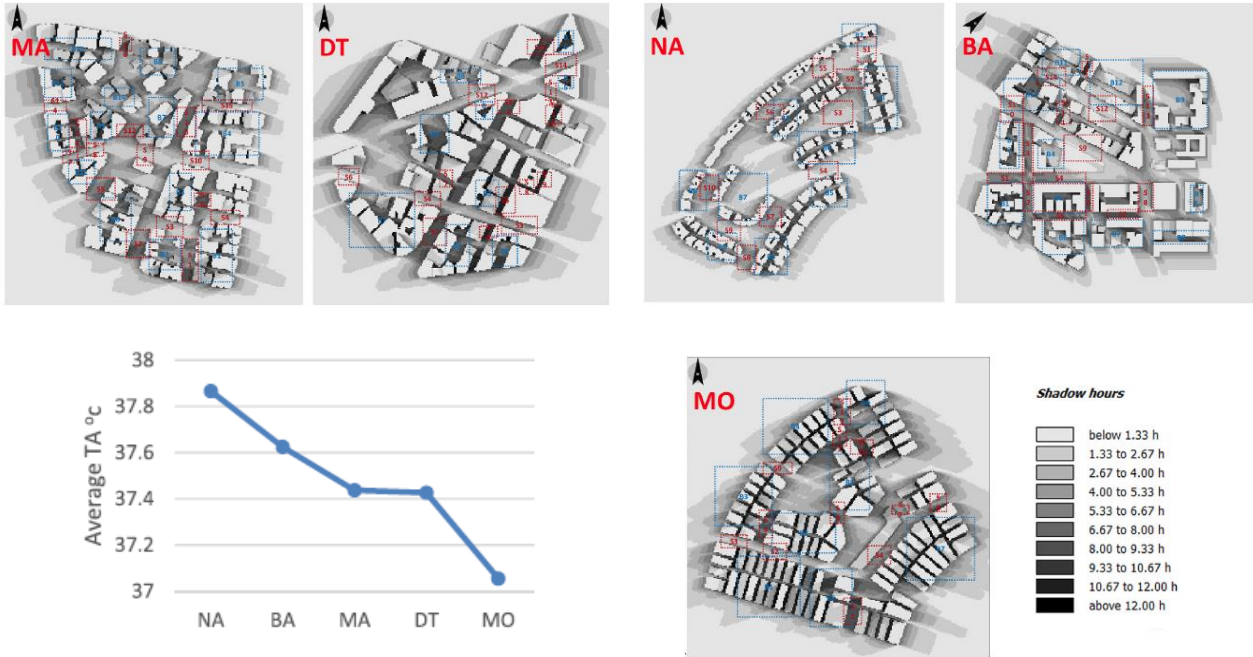
الشكل 4-26: تأثير التوجيه بالدوران على مساحة التظليل في المجال العمراني، المصدر: (Kitio et al., 2014) بتصريف من الباحث.

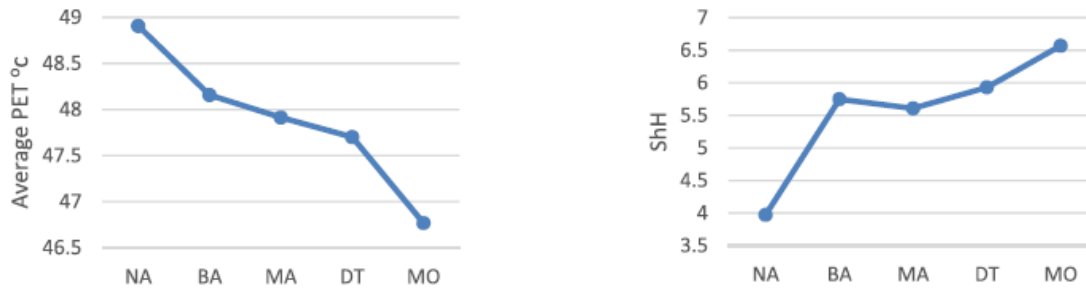
ترتبط قدرة المباني على تخزين أو إطلاق الحرارة بحجمها وكتلتها وشكلها، حيث تحدث الخسائر أو المكاسب من خلال أسطحها. وبالتالي، فإن نسبة السطح إلى الحجم تحدد معدل التسخين أثناء النهار ومعدل التبريد أثناء الليل. علاوة على ذلك، فإن تقليل نسبة السطح إلى الحجم (S/V) يقلل أيضًا من كمية المواد اللازمة لصنع الغلاف، وبالتالي انخفاض تكاليف البناء وكمية أقل من الطاقة المجسدة. في المناطق القاحلة الحارة، حيث يكون التآرجح اليومي في درجة الحرارة مرتفعًا (الأيام الحارة والليالي الباردة) يكون التشكيل المتراس هو الأفضل (نسبة السطح المنخفض إلى الحجم)، لتقليل مساحة الغلاف التي تتعرض لأشعة الشمس (Kitio et al., 2014).

يمكن أن يكون للتشكيل العمراني تأثير كبير على معاملات المناخ المصغر مثل الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء (TA) وسرعة الرياح (WS) وبالتالي الراحة الحرارية الخارجية. استكشفت مجموعة متنوعة من الأدبيات دور معاملات التشكيل العمراني مثل نسبة الارتفاع في الوادي في الشوارع (H/W) والتوجيه وعامل منظر السماء (SVF). يناقش آخرون تأثيرات كثافة البناء أو الاختلافات في ارتفاعات المباني (Muniz-Gäal et al., 2020).

في مقارنة للدراسات السابقة واختبارات أجريت على النسيج العمرانية المعاصرة والتقليدية فيما يتعلق بتأثيرها على المناخ المصغر، حيث تمتعت البيئات العمرانية التقليدية باستمرارها في ظروف مناخية مواتية أكثر في الفترة الحارة.

في هذه الدراسة التي أجريت على مجموعة من النسيج العمرانية الحديثة، وجد أن الوديان الضيقة والتي تتوافق مع متطلبات استعمالها تزيد من ساعات التظليل في الفترة الحارة (الشكل 27-4)، وهي خاصية مرغوبة في المناخات القاحلة. وهذا يتوافق مع ارتفاع المباني الذي يحقق هذه الخاصية؛ ومع متطلبات المرور والعبور والسلامة الأكثر تعقيدًا (Galal et al., 2020).





الشكل 27-4: تأثير التشكيل العمراني على ساعات التظليل (ShH) على درجة حرارة الهواء (Ta) و درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة (PET)، المصدر: (Galal et al., 2020)

الخلاصة:

كلما زاد تطور وتعقيد المجالات العمرانية عبر الزمن؛ كلما أثر أكثر على المناخ العمراني بجميع مستوياته (المحلي، المصغر..)، ولعل أكثر المجالات العمرانية تطورا هو السكن الجماعي، فقد بدأت فكرة انتشار السكن الجماعي الشاقولي مع بداية الثورة الصناعية خصيصا لطبقة العمال، وكانت عبارة عن مأوى فقط يفتقر للمتطلبات النوعية والصحية، فنشأت فكرة سكن صحي للطبقة العاملة التي تعتبر الخطوة الأولى في التطور. بعد الحرب العالمية الأولى ظهرت أزمة سكن حادة في أوروبا، أنتجت مفهوم جديد للسكن، يعتمد على تقنيات بناء جديدة تهدف إلى إسكان عدد أكبر من المواطنين مع التقيد بالمتطلبات الصحية للسكن ناهيك عن المتطلبات الجمالية. بعد الحرب العالمية الثانية زادت حدة أزمة السكن؛ فأنتجت الاعتماد على حجم كبير من المساكن في النمط الشاقولي مع توحيد التصميم المعماري (Standardization of housing) للتقليل من التكاليف. ومنذ السبعينات ظهرت العديد من الآفات الاجتماعية نتجت عن انعدام التكامل الاجتماعي وعدم القدرة على التكيف، كما أنتجت العديد من الظواهر العمرانية التي أثرت على المناخ بجميع مستوياته؛ وأثرت أيضا على الجوانب الصحية، كما أثرت على الراحة الحرارية لمستعملي المجالات العمرانية، بسبب خصائص مواد البناء وتقنياتها (خاصيتي الانعكاس والامتصاص لمختلف مواد البناء)، التشكيل المعماري والعمراني (نسيج متضام، منفتح...)، الارتفاعات الشاهقة للمجال المبني، التقلص في الغطاء النباتي، كل هذه الخصائص تطرقنا لها في هذا الفصل؛ وذلك لفهم مسببات الظواهر العمرانية المفرطة - سبق التطرق لها في الفصل الثاني- كما يساعدنا فهم هذه الخصائص في التحكم الراحة الحرارية ومحاولة إعادة التوازن الحراري الطبيعي.

الفصل الخامس:

دراسات ومراجعات أدبية

“I never lose. Either I win or I learn”

Nelson Mandela

مقدمة:

إن الدراسات والمراجعات الأدبية المتعلقة بالراحة الحرارية البشرية في المجالات العمرانية الخارجية؛ والتي تختص بالمناخات الحارة والجافة أو بالأحرى الصحراوية، مقلّة جداً؛ حيث تصل نسبة الأبحاث العلمية في هذا الصدد إلى 12,47% مقارنةً بالتّي تتعلّق بالمناخات المعتدلة (32,10%)، أو المناخات الاستوائية (31,47%)، أو حتى المناخات القارية (16,19%)، فليس من السهل إيجاد مراجعات أدبية أو دراسات سابقة تشمل تأثير الغطاء النباتي على الراحة الحرارية في المجالات الخارجية العمرانية، للمناخات الحارة والجافة، فارتأينا أن تكون هذه الجزئية مقسمة إلى 3 أجزاء رئيسية، الأول يتضمن الدراسات المتعلقة بتأثير الغطاء النباتي على الراحة الحرارية في المجال العمراني، الثاني متعلق بدراسات ومراجعات أدبية حول مدى دقة نموذج (ENVI-met)، وكذلك نموذج (RayMan) في عدة نطاقات مناخية، والثالث يتضمن مراجعات أدبية حول دقة مؤشر (PET) في الراحة الحرارية الخارجية، كما أن بعض أقسام هذه الجزئية تتداخل فيما بينها عبر دراسات تجمعها.

1. دراسات حول تأثير الغطاء النباتي على الراحة الحرارية في المجال العمراني:

يمكن أن يكون للغطاء النباتي تأثير كبير على الراحة الحرارية في المناطق العمرانية الحارة والجافة عن طريق تقليل تأثير الجزر الحرارية الحضرية. تأثير الجزر الحرارية الحضرية هو الظاهرة التي تكون فيها المناطق الحضرية أكثر دفئاً بشكل ملحوظ من المناطق الريفية المحيطة بسبب امتصاص الحرارة والاحتفاظ بها من قبل المباني والطرق والهيكل الأخرى. يظهر هذا في العديد من الدراسات الحديث التي تسعى إلى التخفيف من هذه الظاهرة العمرانية بفعل العنصر النباتي، وهذا ما أظهرته الدراسات الآتية:

الدراسة الأولى:

تعد زيادة كثافة الجزر الحرارية الحضرية (UHII) مصدر قلق للتخطيط العمراني المستدام والحفاظ على الراحة الحرارية العمرانية في المدن الحضرية في البلدان النامية مثل الهند. لذلك، في البحث الحالي، تم تحليل استخدام الأراضي / الغطاء الأرضي (LU/LC) وتأثيره على كثافة السطح (SUHII) (UHI) والراحة الحرارية الحضرية (UTC) باستخدام مجموعات بيانات (land sat) والانحدار الموزون جغرافياً (GWR) في مدينة دلهي الحضرية.

تظهر النتيجة أن المساحة المبنية قد زادت من 315.18 إلى 720.24 كم² في دلهي خلال الفترة من 1991 إلى 2018 بينما انخفضت أنواع LU / LC الأخرى. وقد أدى ذلك إلى زيادة كبيرة في LST و SUHII. زاد الحد الأدنى والحد الأقصى والمتوسط لـ SUHII بمقدار 1.26 م° و 4.6 م° و 1.18 م° خلال الفترة من 1991 إلى 2018، وبالتالي، انخفضت الراحة الحرارية في المدينة.

أظهر تحليل GWR أن أداء نموذج GWR كان جيداً جداً في إظهار الارتباط بين LU / LC و SUHII وأن نمط LU / LC له تأثير كبير على SUHII.

يمكن استخدام نتيجة هذا البحث لصياغة استراتيجيات التخفيف SUHI والحفاظ على الراحة الحرارية الحضرية في دلهي والمدن ذات الظروف الجغرافية المماثلة.

Land use/land cover change and its impact on surface urban heat island and urban thermal comfort in a metropolitan city

عنوان الدراسة
استخدام الأراضي / تغير الغطاء الأرضي وتأثيره على الحرارة السطحية لجزيرة الحرارة العمرانية والراحة الحرارية العمرانية في مدينة ميتروبولية

Urban Climate
journal homepage:
www.elsevier.com/locate/uclim

مجلة النشر

Shahfahad,
Mohd Waseem
Naikoo,
Abu Reza Md.

المؤلفون حسب ترتيب
النشر

		Towfiqul Islam, Javed Mallick, Atiqur Rahman,	
الهند، دلهي	موقع الدراسة	16 ديسمبر 2021	تاريخ النشر
بيانات (LandSat) الخرائط الطبوغرافية لمدينة دلهي	استعمال البيانات	مدينة دلهي	عينة الدراسة
من 1991 إلى 2018	فترة الدراسة	الخرائط الطبوغرافية برنامج ERDAS Imagine	الأدوات المستعملة في الدراسة
Urban expansion Surface/ urban heat island intensity (UHII) / Urban thermal field variation index (UTFVI) Thermal comfort Geographically weighted regression (GWR)	الكلمات المفتاحية	مؤشر تغير المجال الحراري الحضري Urban thermal field variation index (UTFVI)	مؤشر الراحة الحرارية المستخدم في الدراسة
<p>- تم إعداد خرائط LU / LC لدلهي باستخدام النطاقات الضوئية أثناء استرجاع LST و SUHII باستخدام النطاقات الحرارية لمجموعات بيانات Landsat</p> <p>- تمت معالجة بيانات Landsat التي تم تنزيلها مسبقاً باستخدام برنامج ERDAS Imagine.</p> <p>- تم إجراء تقييم الدقة باستخدام 500 عينة تم جمعها من الزيارات الميدانية وكذلك من خلال Google Earth pro.</p> <p>- تم جمع نقاط العينة لنفس المواقع في الخرائط المصنفة وكذلك الأرض بطريقة تغطي جميع أنواع LU / LC في نسبة من مساحتها.</p> <p>- تم إجراء استرجاع LST باستخدام النطاقات الحرارية لمجموعات بيانات Landsat باستخدام خوارزمية النافذة الأحادية تم تصميم نماذج SUHII و UTFVI باستخدامها</p> <p>- حساب الارتباط بين نموذج UHII و LU / LC باستخدام تقنية الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) لتقييم التأثيرات على تغيير LU / LC على SUHII.</p>			
<p>لتقييم دقة التصنيف والتحقق من دقة الخرائط المصنفة وتقييم أداء المصنف المستخدم، تم تطبيق معامل kappa لتحليل دقة تصنيف خرائط LU / LC باستخدام 500 نقطة تم اختيارها عشوائياً من نفس المواقع على الخرائط المصنفة وكذلك من موقع الدراسة أو Google Earth. تشير الدراسات السابقة إلى أن دقة التصنيف التي تزيد عن 80% تحقق اتفاقاً جيداً بين خرائط LU / LC المصنفة والواقع الأرضي. تظهر نتائج معامل kappa أن الدقة الكلية كانت أكثر من 90% لكل خريطة مصنفة.</p>			
<p>- أظهر تحليل تغيير LU / LC وتأثيراته على SUHII والراحة الحرارية الحضرية في دلهي أن SUHII قد زاد بشكل كبير في دلهي خلال الفترة 2018-1991. زادت المساحة المبنية إلى أكثر من الضعف خلال الفترة 2018-1991. بينما تراجع أراضي المحاصيل والأراضي العشبية بأكثر من نصف المساحة الإجمالية في عام 1991.</p> <p>- زاد الحد الأقصى والحد الأدنى والمتوسط لمساحة كثافة جزيرة الحرارة العمرانية (SUHII) بمقدار 1.26 م° و 4.6 م° و 1.18 م° خلال الفترة 2018-1991 على التوالي.</p> <p>- لوحظ نمط مماثل من نقصان المتزايد في التحليل القائم على مؤشر تغير المجال الحراري العمراني (UTFVI) للراحة الحرارية يتناسب مع زيادة (SUHII).</p> <p>- أثرت زيادة SUHII بشكل كبير على الراحة الحرارية والجودة البيئية الحضرية في دلهي.</p>			

الجدول 1-5: ملخص دراسة (Shahfahad et al., 2022)

الدراسة الثانية:

يعد تصميم المناخ المصغر المناسب للمتزهات الحضرية أمراً مهماً، لأنه يؤثر على الراحة الحرارية وبالتالي يؤثر على استخدام المجالات الخارجية من قبل السكان. يمكن أن يؤدي تعديل ترتيب الغطاء النباتي إلى تحسين المناخ المصغر،

خاصة في ظروف الموسم الحار. ومع ذلك، من الصعب قياس الاختلافات المناخية في المكونات الفردية داخل الحديقة. لذلك، تم دمج القياسات في الموقع ونموذج المناخ المصغر ثلاثي الأبعاد ENVI-met، لفحص الاختلافات في المناخ المصغر لمتنزه حي عمراني في سيول، كوريا. تم فحص ترتيبات نباتية مختلفة فيما يتعلق بتأثيرها على المناخ المصغر والراحة الحرارية في يوم صيفي نموذجي. حيث أظهرت الدراسة أن نتائج المحاكاة لـ ENVI-met كانت مشابهة للبيانات المقاسة، بمؤشر اتفاق (Willmott) من 0.69 إلى 0.88. كما توفر المساحات الخضراء ذات الغطاء متعدد الطبقات والمظلة الكثيفة الظروف الأكثر راحة. ومع ذلك، قد تنخفض كفاءة تبريد الغطاء النباتي عندما تكون الحديقة كثيفة للغاية؛ كذلك العامل الرئيسي الذي يؤثر على الراحة الحرارية في الموسم الحار هو متوسط درجة الحرارة المشعة.

Optimization of Vegetation Arrangement to Improve Microclimate and Thermal Comfort in an Urban Park			عنوان الدراسة
تحسين الاستفادة من ترتيبات الغطاء النباتي لتحسين المناخ المصغر والراحة الحرارية في حديقة عمرانية			
International review for Spatial Planning and Sustainable Development (SPSD) ISSN: 2187-3666 (online)	مجلة النشر	Yingnan Li ^{1,3} Youngkeun Song ^{2*}	المؤلفون حسب ترتيب النشر
Gangnam District, Seoul, Korea (37°49'26.4"N, 127°08'26.0"E)	موقع الدراسة	Vol.7 No.1 (2019)	تاريخ النشر
محطات Watchdog 2475 و Watchdog 2550 الصغيرة (Spectrum Technologies USA Inc)	الجهاز المستعمل في القياس	حديقة (Daecheong)	عينة الدراسة
12 أغسطس 2017 / من 8:00 إلى 18:00	تاريخ وزمن المحاكاة	ENVI-met V4.0	البرنامج المستعمل في محاكاة السيناريوهات
Urban park; Microclimate; ENVI-met; Thermal comfort	الكلمات المفتاحية	متوسط التصويت المتوقع (PMV)	مؤشر الراحة الحرارية المستخدم في الدراسة
<p>1. تحديد معايير اختيار عينة الدراسة (مجال العينة لا يكون متصلًا بمجالات خضراء كبيرة أخرى / لا يوجد تباين في غطاء مظلة الشجرة في جميع أنحاء العينة / أن تكون عينة الدراسة مسطحة من دون تضاريس)</p> <p>2. أخذ القياسات في عينة الدراسة في 3 نقاط (النقطة A على سطح مبنى من ثلاثة طوابق يقع في الركن الشمالي من الحديقة، النقطة B على ارتفاع 2م في مساحة مفتوحة في الحديقة، النقطة C مركبة على جذع شجرة على ارتفاع 1.5 م في وسط الحديقة)، وهذا في فترات زمنية متزامنة في النقاط الثلاث على أربع مرات محددة خلال اليوم: 9:00 و 11:00 و 13:00 و 15:00.</p> <p>3. إعداد مدخلات المحاكاة، اعتمادًا على برنامج ArcGIS 10.3 عن طريق رقمنة صورة جوية، حيث يتم التحديد الدقيق لمواقع للأشجار (المسجلة بواسطة GPS)، ارتفاع الشجرة، ارتفاع الجذع، قطر الجذع، ومعلومات مدخلات قطر مظلة الشجرة بناءً على مسح في الموقع.</p> <p>4. تم تصميم خمسة سيناريوهات لمقارنة تأثيرات ترتيبات النباتات المختلفة على البيئة الحرارية</p> <ul style="list-style-type: none"> - الحالة A: استبدلت فيها جميع العناصر النباتية بعناصر خرسانية. - الحالة B: إزالة كل الشجيرات، مما يمثل بنية نباتية أحادية الطبقة. - الحالة C: تضاعف LAD من الأشجار الموجودة وإزالة كل الشجيرات، مما يمثل بنية نباتية أحادية الطبقة مع مظلة خضراء متزايدة. - الحالة D: ترتيب الغطاء النباتي الحالي، الذي يمثل بنية نباتية متعددة الطبقات. - الحالة E: تضاعف LAD من الأشجار الموجودة، مما يمثل بنية نباتية متعددة الطبقات مع مظلة خضراء متزايدة. 			منهجية الدراسة
<p>تم تقييم دقة النتائج المحاكاة باستخدام مؤشر متوسط خطأ التحيز (MBE)، مؤشر متوسط الخطأ المطلق (MAE) ومؤشر (Willmott) بالاتفاق. أظهرت قيم MBE لجميع المقارنات أن النموذج قد أفرط في التنبؤ في درجة الحرارة بمقدار 0.51 - 2.55 م. كانت قيم متوسط الخطأ المطلق (MAE) ما بين 0,59 و 2,55 م. حدثت أخطاء أكبر خلال</p>			تقييم أداء نموذج (ENVI-met)

فترة ما بعد الظهر أي ما بين 13 سا و 15 سا. فيما يخص مؤشر (Willmott)، كانت القيم تتراوح ما بين (0.69) - (0.88)؛ وهي قيم مقبولة. بشكل عام، تتوافق قيم درجة حرارة الهواء التي تمت محاكاتها مع القيم المقاسة بمستوى جيد.

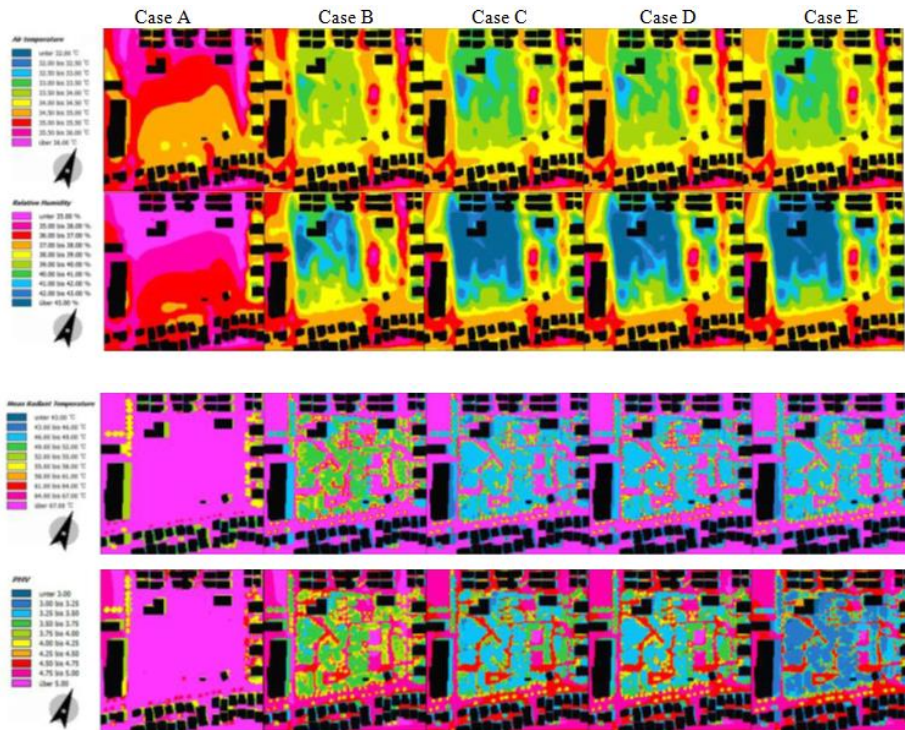
- تم فحص خمسة سيناريوهات مختلفة للغطاء النباتي في الحديقة: أظهرت الحالة (E) أدنى درجة حرارة للهواء وأكثرها راحة، مما يعني أن التحسينات في البيئة الحرارية تزداد بزيادة الغطاء النباتي.

- أنتجت الحالة D ظروفًا حرارية أكثر راحة من الحالة B، مما يشير إلى أن المساحة الخضراء متعددة الطبقات توفر بيئة حرارية أكثر راحة من ترتيب أحادي الطبقة. ومع ذلك، قد تكون كفاءة التبريد للغطاء النباتي أقل أيضًا في ترتيبات الغطاء النباتي متعدد الطبقات مع مظلة كثيفة، حيث كان الفرق في درجة حرارة الهواء بين الحالتين D و E ضئيلاً.

- كان متوسط درجة الحرارة الإشعاعية MRT أقوى ارتباطًا مع PMV، مما يشير إلى أن مصممي المناظر الطبيعية في المناطق العمرانية يجب أن ينظروا في التصاميم التي توفر المزيد من الظل لتحسين راحة زوار الحديقة في فصل الصيف.

النتائج

الجدول 5-2: ملخص دراسة (Li & Song, 2019)



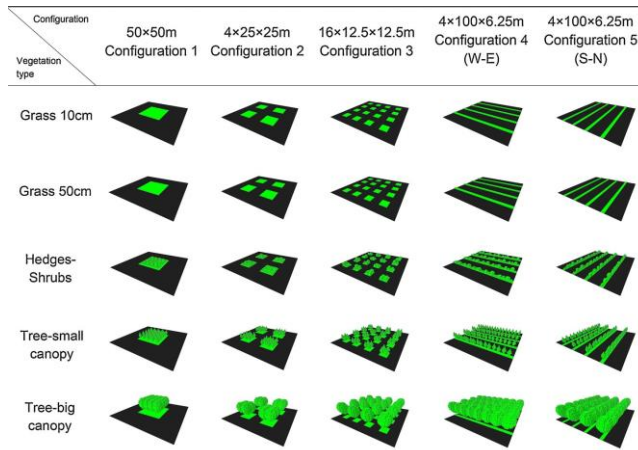
الشكل 5-1: خرائط توزيع كلا من T_{air} ، RH، MRT، وPMV لمختلف السيناريوهات على الساعة 15، المصدر: (Li & Song, 2019)

الدراسة الثالثة:

لقد ثبت أن التشكيل المجالي للغطاء النباتي يمكن أن يؤثر بقوة على تأثير التبريد. ومع ذلك، لم يتم دراسة الارتباط المحدد بشكل كافٍ. لتوضيح العلاقة بشكل منهجي بين التشكيل المجالي وتأثير التبريد للمناطق الخضراء، تم تصميم 25 سيناريو مثالي ومحاكاتها باستخدام نموذج المناخ المصغر ENVI-met. تمثل هذه السيناريوهات الـ 25 مناطق خضراء مع خمسة تشكيلات مجالية مختلفة (منطقة خضراء متكاملة، ومناطق خضراء نقطية متفرقة، ومناطق خضراء كثيفة منقطعة، ومناطق خضراء على شكل حزام موازية لاتجاه الرياح، ومناطق خضراء على شكل حزام عمودياً لاتجاه الرياح) وخمسة أنواع نباتية (الأشجار ذات المظلات الكبيرة والأشجار ذات المظلات الصغيرة والأسيجة النباتية والشجيرات والعشب 50 سم والعشب 10 سم). يتم تقييم الراحة الحرارية البشرية لكل سيناريو عن طريق درجة حرارة الفسيولوجية المكافئة (PET)

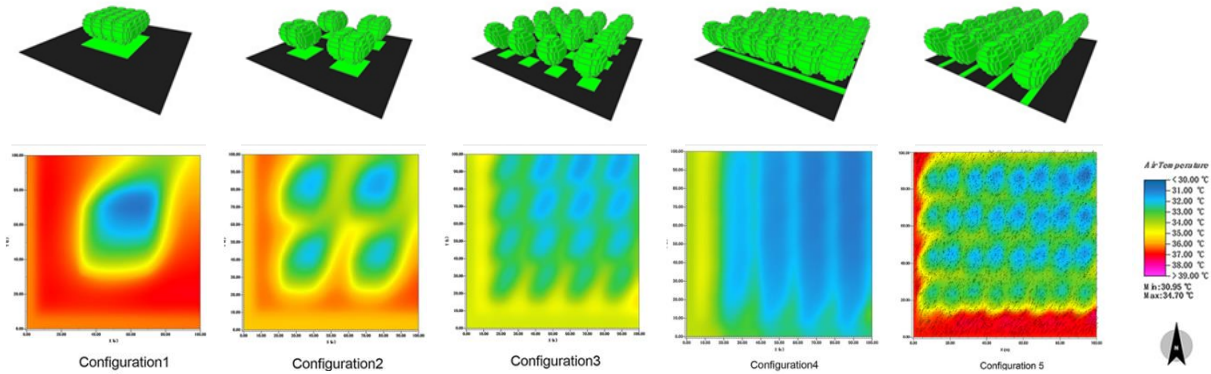
باستخدام Rayman. كشفت النتائج عن تأثير درجة التفتت (fragmentation degree) والمقدرة بكثافة الرقعة وكثافة الحافة، وتعقيد الشكل (shape complexity) بحسب بمؤشر شكل الأرض، واتجاه الحزام الأخضر، ونوع الغطاء النباتي على تأثير التبريد للمنطقة الخضراء. تم العثور على التشكيل المجالي ونوع الغطاء النباتي للمناطق الخضراء بشكل مشترك مما يؤثر على كفاءة تأثير تبريد المناطق الخضراء. يظهر أعلى تأثير تبريد في الساعة 2 بعد الظهر، حيث يصل إلى 6.3 كلفن في سيناريو المناطق الخضراء على شكل حزام موازية لاتجاه الرياح ومع أشجار المظلة الكبيرة.

عنوان الدراسة		The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort تأثير التشكيل المجالي للمساحات الخضراء على المناخ المصغر والراحة الحرارية	
المؤلفون حسب ترتيب النشر	Sahar Sodoudi Huiwen Zhang Xiaoli Chi Felix Müller Huidong Li	مجلة النشر	Urban Forestry & Urban Greening (ELSEVIER)
تاريخ النشر	15 يونيو 2018	موقع الدراسة	Berlin, Germany. (52.52°N, 13.38 °E)
عينة الدراسة	منطقة مطار (Tempelhof) سابقا متنزه عمراني حاليًا	الجهاز المستعمل في القياس	استخدام قياسات محطة الأرصاد الجوية (Tempelhof)
البرنامج المستعمل في محاكاة السيناريوهات	ENVI-met V4.0 RayMan Pro V2.1	تاريخ وزمن المحاكاة	08 و 09 يونيو 2014
مؤشر الراحة الحرارية المستخدم في الدراسة	درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة (PET)	الكلمات المفتاحية	ENVI-met; Landscape metrics; Park cool island (PCI); Rayman; Physiologically equivalent temperature (PET); Vegetation type
منهجية الدراسة	<p>- منطقة مطار (Tempelhof) هي حاليًا كمتنزه حضري يضم 355 هكتارًا ، مغطاة بشكل أساسي بالإسفلت والعشب.</p> <p>- استعمال بيانات محطة الأرصاد الجوية (Tempelhof)، بقياسات على ارتفاع 2م.</p> <p>- تصميم سيناريوهات الغطاء النباتي و التي تركز على 5 تشكيلات نباتية كلها بنفس المساحة، حيث يتم في كل سيناريو من التشكيلات الأساسية تغيير نوع العنصر النباتي (إما عشب، شجيرة، جدار نباتي، شجرة، شجرة كبيرة مظلية)</p>		
تقييم أداء نموذج (ENVI-met)	<p>أنتجت مقارنة درجة حرارة الهواء المحاكاة مع درجة حرارة الهواء المقاسة تباطؤ جيد، حيث قدر معامل الارتباط بـ 0.92 وهي تقرب من 1، وقيمة (RMSE) تصل إلى 1.26. ومنه تم تقييم نموذج المحاكاة ENVI-met على أنه موثوق به في دراسة المجالات الخضراء.</p>		
النتائج	<p>- يرتبط أداء التبريد الذي يزيد عن 50% من السيناريوهات الأشجار ذات مظلات وسيناريوهات غطاء نباتي ذو تشكيل معتدل أو على شكل حزام، حيث تم خفض درجة حرارة الهواء بمقدار 1.5 Kelvin .</p> <p>- باقي السيناريوهات الأخرى كان أداء التبريد فيها أقل من 50%.</p>		



- ظل الغطاء النباتي هو العامل المسيطر على تأثير التبريد. بالإضافة إلى ذلك ، يؤثر مؤشر التهوية ومؤشر مساحة الأوراق (LAI) للمجالات الخضراء على أداء التبريد بشكل واضح.
- عندما يكون نوع الغطاء النباتي عبارة عن مظلة كبيرة على شكل شجرة، فإن أداء التبريد يكون بدرجة كافية.
- يزيد متوسط تأثير التبريد مع زيادة تجزئة المساحات الخضراء، لأنه يمكن توليد المزيد من الظل والتفاعلات.
- عندما تكون أنواع الغطاء النباتي بشكل عشب، جدران نباتية أو شجيرات صغيرة فإن أداء التبريد يكون بدرجة منخفضة.

الجدول 3-5: ملخص دراسة (Sodoudi et al., 2018)

الشكل 2-5: خرائط توزيع T_{air} لمختلف تشكيلات الغطاء النباتي، المصدر: (Sodoudi et al., 2018)

الدراسة الرابعة:

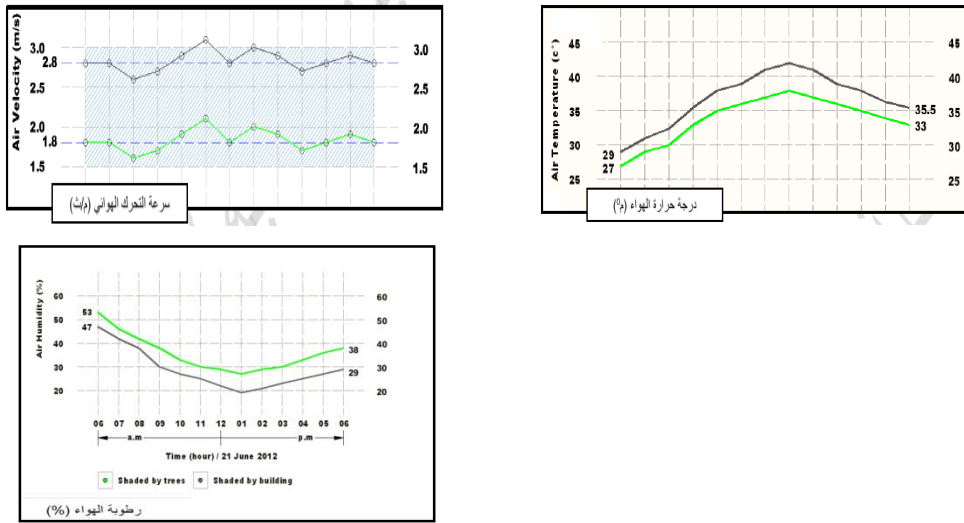
الهدف من هذا البحث هو دراسة أثر التشجير في تقليل الحمل الحراري للإشعاع الشمسي الساقط على منطقة مدينة بغداد ومساهمتها في المعالجات الجوية. نظرًا لأن درجة حرارة الكتلة الخضراء للأشجار أقل من جسم الإنسان وأعلى من درجة حرارة الهواء في الشتاء ، لذلك يتوقع المرء أن تكثف زراعة الأشجار وأوراق الشجر قد تشارك في تقليل درجة حرارة الهواء في الصيف ويمكن أن تجعل مناخ المدينة يقترب من حدود الراحة الحرارية البشرية. منهجية الدراسة تعتمد على أخذ قياسات عن طريق أجهزة التصوير الحراري المتطورة، والتي ساعدت في الحصول على نمط درجة حرارة كل نقطة على الأشجار أو في أي نقطة على أشجار متكثفة، إلى جانب قياس التأثير الحراري للتظليل على جسم الإنسان لأشخاص يستخدمون الطريق. تم اختيار أفضل شجرة مناسبة لبيئة بغداد وهي (Albizia Lebbeck) وباستخدام صور (GIS) لمدينة بغداد يتم تحديد الموقع الأنسب لإجراء القياسات التجريبية في مدينة بغداد كجامعة بغداد نظرا لوجود كافة المتغيرات المطلوبة. تم إجراء التجارب في 21 حزيران 2012 حيث أن هذا اليوم يحتوي على أكبر كمية من الإشعاع الشمسي على مدار العام وقد أظهرت النتائج والتحليلات أن هناك تأثيراً واضحاً للتظليل بالأشجار في التقليل من درجة حرارة هواء الشارع وفي توفير درجة حرارة أفضل للإنسان من تظليل الممرات بالمباني. في محاولة للتحقق نظرياً من حجم هذا التأثير المحسوب على مدينة بغداد بأكملها، تم العثور على كامل طول الشوارع الرئيسية لمدينة بغداد فقط من خلال صور الأقمار الصناعية "GIS" (داخل حدود أمانة بغداد). وهو يوضح أن عملية التشجير، بما في ذلك تأثير التظليل والتبريد بالتبخير، تعادل 45 مليون طن من التبريد، مما سيساعد بالتأكيد في تقليل الطاقة المطلوبة لتبريد المباني. لذلك، فإن النتائج ستشجع على التوصية بالتشجير في جميع الشوارع الرئيسية وكذلك جميع الشوارع في الأحياء السكنية ، مما سيؤدي في المقابل إلى تغيير مناخ مدينة بغداد بالكامل.

أثر تشجير الشوارع الحضرية في تحسين المناخ العام لمدينة بغداد			عنوان الدراسة
المجلة العراقية لهندسة العمارة	مجلة النشر	مقداد حيدر الجوادي علي حسين البياتي	المؤلفون حسب ترتيب النشر
مدينة بغداد	موقع الدراسة	2014	تاريخ النشر
- كاميرا حرارية (Fluke infrared camera-Ti 32) لقياس الاشعاع الحراري. - (Whirling Psychrometer) لقياس درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة البصيلة الجافة والرطوبة. - (Hot Wire Anemometer- REED AM-4234) لقياس سرعة الرياح.	الجهاز المستعمل في القياس	مدخل جامعة بغداد في الجادرية	عينة الدراسة
21 يونيو 2012	تاريخ وزمن المحاكاة	- (GIS) لمسح صور القمر الصناعي. - (Smart View V.3.1) لتحليل الصور الحرارية - برنامج (3D Auto CAD V.2012) لحساب المساحة المظللة	البرنامج المستعمل
التشجير؛ الراحة الحرارية؛ التظليل؛ التبريد التبخيري؛ اختصار استهلاك الطاقة	الكلمات المفتاحية	درجة الحرارة الفعالة (ET)	مؤشر الراحة الحرارية المستخدم في الدراسة
<p>1. دراسة أشجار الشوارع الملائمة للمناخ المحلي لمدينة بغداد.</p> <p>2. اختبار الأداء الحراري للتشجير فيما يخص الراحة الحرارية لمستعملي الطريق، وذلك من خلال:</p> <p>- اختيار الموقع الملائم لإجراء الدراسة (يحتوي على عدة مؤثرات: شوارع مظلة بأشجار Albizia - شوارع مظلة بالأبنية - شوارع مكشوفة - أرضيات عشبية - أرضيات ترابية - أرضيات خرسانية - أرضيات اسفلتية مظلة ومكشوفة)</p> <p>- اجراء القياسات (الاشعاع الحراري، Tair، درجة حرارة البصيلة الجافة والرطوبة، سرعة واتجاه الهواء) في الحالتين: الأولى تحت ظل الأشجار؛ والثانية تحت ظل الكتل البنائية.</p> <p>- تحديد مجال الاقتراب من حدود الراحة الحرارية في حالتي التظليل.</p> <p>3. حساب كمية التبريد التبخيري الناتج عن عملية تشجير الشوارع الرئيسية في بغداد.</p> <p>- حساب أطوال الشوارع العمرانية الرئيسية في المدينة باستخدام الصور الفضائية.</p> <p>- حساب عدد الأشجار المقترض زراعتها في هذه الشوارع.</p> <p>- حساب نظري لكمية التبريد التبخيري الناتج عن عمليتي التظليل والنتح.</p>			
<p>1. أظهرت نتائج القياسات المتحصل عليها لدرجة الحرارة، الرطوبة، الاشعاع الشمسي وحركة الهواء، أن تظليل أرصفة الشوارع العمرانية بصف من شجر (Albizia) يحقق راحة حرارية لمستعملي الرصيف؛ في أكثر أيام السنة شدة من حيث الاشعاع الشمسي (21 يونيو):</p> <p>- تنخفض درجة حرارة الهواء المظلل بالأشجار بما لا يقل عن 2م° مقارنة بالواء المظلل بالكتل البنائية في نفس المنطقة.</p> <p>- ترتفع قيم الرطوبة النسبية في الهواء المظلل بالأشجار بما لا يقل عن 8% مقارنة بالواء المظلل بالكتل البنائية.</p> <p>- تم الوصول إلى حدود الراحة الحرارية عبر التشجير في جميع ساعات النهار؛ إلا في الساعة 12 سا، 13 سا و14 سا فقد خرج الشعور من حدود الراحة الحرارية؛ وهذا في حالة التظليل بالكتل البنائية.</p> <p>2. أظهرت نتائج القياسات لدرجة الحرارة، الرطوبة، الاشعاع الشمسي وحركة الهواء، أن تظليل أرصفة الشوارع العمرانية بصف من أشجار (Albizia) يحقق تبريد تبخيري للمناخ العمراني لشوارع المدينة من خلال عملية التظليل بالدرجة الأولى، ومن خلال عمليات استهلاك الطاقة الحرارية للهواء المحيط بالشجرة خلال عملية النتح بالدرجة الثانية، حيث كانت النتائج الرقمية لكمية الطاقة الحرارية المحجوبة بفعل 320000 شجرة (Albizia) في مدينة بغداد كالآتي:</p>			

- كمية الطاقة الحرارية المحجوبة عن أرض أفقية بفعل الظل، تقدر بـ (39 000 000 R.T)
- كمية الطاقة الحرارية المحجوبة عن أرض أفقية بفعل النتج، تقدر بـ (6 000 000 R.T)
- كمية الطاقة الحرارية المحجوبة عن أرض أفقية، تقدر بـ (45 000 000 R.T)

R.T هي طن تبريد (Refrigeration Tons) وهي وحدة طاقة مستخدمة في بعض البلدان (خاصة في أمريكا الشمالية) لوصف السعة الحرارية لمعدات التبريد وتكييف الهواء. يتم تعريفه على أنه معدل انتقال الحرارة الذي ينتج عنه تجميد أو ذوبان 1 طن أمريكي (ما يعادل 2000 رطل ، 907 كغ) من الثلج النقي عند 0 درجة مئوية (32 درجة فهرنهايت) في 24 ساعة، طن التبريد يعادل ما يقرب 3,5 كيلو واط)

الجدول 4-5: ملخص دراسة (الجوادي & البياتي, 2014)



الشكل 3-5: قياسات دورية لدرجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، وسرعة الهواء فوق الرصيف في حالتها التظليل (بالأشجار أو الكتل البنائية)، المصدر: (الجوادي & البياتي, 2014)

2. دراسات ومراجعات أدبية حول مدى دقة نموذجي (ENVI-met) و(RayMan):

نموذج ENVI-met هو نموذج رقمي لمحاكاة المناخ المحلي في البيئات العمرانية، يستخدمه الباحثون؛ المخططون الحضريون؛ المعماريون والمهندسون لتقييم أداء التصاميم العمرانية، تقييم تأثير تغيير المناخ على البيئات الحضرية، تحسين كفاءة الطاقة، استدامة المباني؛ والمناطق العمرانية.

قيمت العديد من الدراسات دقة ENVI-met في المناخات الجافة. إحدى هذه الدراسات التي أجراها (Elnabawi et al., 2013). تم فيها تقييم دقة ENVI-met في محاكاة لشوارع نسيج عمراني بالقاهرة؛ مصر. بعد ملاحظة متوسط الأرصاد الجوية الخارجية لكل حالة ومقارنتها بمخرجات النمذجة. وجد أن ENVI-met يستنسخ البيانات المرصودة بدقة كافية.

أكدت بعض الدراسات أن ناتج درجة حرارة الهواء في ENVI-met يبلغ عمومًا في تقدير الظروف الفعلية (Lee et al., 2016) (Salata et al., 2016) (Qaid et al., 2016)، في حين أكد البعض الآخر أنه يقلل من تقدير الواقع الفعلي للظروف (Morakinyo et al., 2017) (Sosa et al., 2018) (Acero & Arrizabalaga, 2016).

أظهرت دراسة أخرى أجريت في فناء اختلافاً كبيراً (2-4 درجات مئوية) بين نتائج المحاكاة لبرنامج ENVI-met ونتائج القياس الفعلية، خلال الصيف (López-Cabeza et al., 2018).

أظهرت دراسة أجريت في حرم جامعي في الولايات المتحدة أن ENVI-met يمكن أن تحاكي بشكل معقول مجال درجة حرارة منطقة الدراسة، لكن مركز منطقة الدراسة كان أكثر دقة، في حين أن حافة النموذج كانت أقل دقة بسبب كان من الصعب التفكير بشكل كامل في تأثيرات المناطق المجاورة (Chow et al., 2011).

أظهرت تجربة محاكاة ENVI-met لمناخين مصغرين متعددي الاستخدامات وإعادة تطوير عمراني تجاري في منطقة (Denver) الحضرية، والتي تم إجراؤها أيضاً في الصيف، أن درجات الحرارة المحاكاة كانت أعلى بمقدار 1-2 درجة مئوية من درجات الحرارة المرصودة، في المتوسط (Heris et al., 2020).

تم إجراء دراسة (Zhang et al., 2022)؛ في الموقع تحت الطبقة العلوية لمبنى المدرسة في (Guangzhou)، لتقييم دقة برنامج ENVI-met لمحاكاة بيئة المناخ المحلي في مساحة انتقالية. خلال التجربة، خضع طلاب جامعيون لاختبار المشي المستمر لمدة 20 دقيقة، وهو ما يمثل أربعة مستويات أيضا. تم جمع استبيانات الاستجابة الحرارية وتسجيل المعلمات الحرارية حول موقع الاختبار. تم استخدام برنامج ENVI-met لنمذجة البيئة التجريبية في مساحة ثلاثية الأبعاد وإخراج المعلمات البيئية المحيطة. تم حساب المؤشرات الحرارية، بما في ذلك PET و UTCI و SET* و PMV لموقع الاختبار باستخدام برنامج BIO-met في برنامج ENVI-met. من خلال مقارنة المحاكاة والنتائج التجريبية، يمكن التوصل إلى:

(1) يمكن لبرنامج ENVI-met محاكاة بيئة المناخ المحلي لموقع الاختبار إلى حد معين، لكن النتائج كانت متحيزة. في هذه الدراسة، أظهرت نتائج المحاكاة لدرجة حرارة الهواء المبالغة في تقدير درجة حرارة الهواء الفعلية المقاسة بما يصل إلى 2 درجة مئوية تقريباً. فيما يتعلق بنتائج محاكاة سرعة الرياح، لا يمكن أن تعكس قيمة خرج ENVI-met تقلب سرعة الرياح الفعلية.

(2) يمكن لبرنامج BIO-met في ENVI-met إخراج خرائط ساعية لتوزيع المؤشر الحراري كل ساعة لموقع الاختبار. على الرغم من وجود انحرافات بين نماذج المؤشر الحراري المحاكاة ونماذج المؤشر الحراري الفعلي، إلا أنه كانت هناك نقطة تقاطع فيها للنموذجين. عندما كانت قيم PET و UTC المقاسة أقل من درجة حرارة التقاطع، بالغت PET و UTC المنتبأ بها.

(3) من خلال مقارنة نماذج المؤشر الحراري المقاسة بنماذج المؤشر الحراري المحاكاة، يمكن الحصول على خوارزمية محسنة للحساب الأولي لنماذج المؤشر الحراري لبرنامج BIO-met. يمكن أن توفر هذه النماذج المحسنة مرجعاً للتخطيط العمراني الدقيق في المساحات الانتقالية.

كما أنه برنامج يستخدم على نطاق واسع، لا سيما في مجال علم المناخ العمراني والتخطيط البيئي. تم استخدامه في العديد من الدراسات والمشاريع البحثية حول العالم، بما في ذلك أوروبا وآسيا وأمريكا الشمالية والجنوبية وأستراليا. بالإضافة إلى ذلك، تقوم العديد من الجامعات والمؤسسات البحثية بتدريس الدورات وتقديم التدريب على كيفية استخدام ENVI-met. ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أن استخدام ENVI-met قد يكون أكثر شيوعاً في مناطق أو مجالات دراسة معينة مقارنة بالمناطق الأخرى.

قامت إحدى الدراسات التي أجراها Lin (Lin et al., 2010) بتقييم أداء نموذج RayMan في التنبؤ بالإحساس الحراري في مناخات مختلفة، بما في ذلك المناخات الاستوائية وشبه الاستوائية والمتوسطة. أظهرت النتائج أن

النموذج كان يؤدي أداءً جيداً في جميع المناخات الثلاثة، بمتوسط خطأ أقل من 0.5 وحدة على مقياس مكون من سبع نقاط.

في دراسة أخرى أجراها (Matzarakis and Mayer, 1996) أظهرت دقة نموذج RayMan في ظل ظروف مختلفة، بما في ذلك السماء الصافية والمليدة بالغيوم، ومستويات مختلفة من الإشعاع الشمسي. أظهرت النتائج أن النموذج كان قادراً على التنبؤ بدقة بالإحساس الحراري في جميع الظروف، بمتوسط خطأ أقل من 0.5 وحدة على مقياس مكون من سبع نقاط.

تم التحقق من صحة نموذج RayMan في مناطق مناخية مختلفة وتحت ظروف أرساد جوية مختلفة، وقد ثبت أنه دقيق في التنبؤ بالراحة الحرارية للإنسان في مختلف البيئات الخارجية والداخلية. ومع ذلك، مثل أي نموذج، تعتمد دقة نموذج RayMan على جودة بيانات الإدخال والافتراضات التي تم إجراؤها في النموذج.

الدراسة الخامسة:

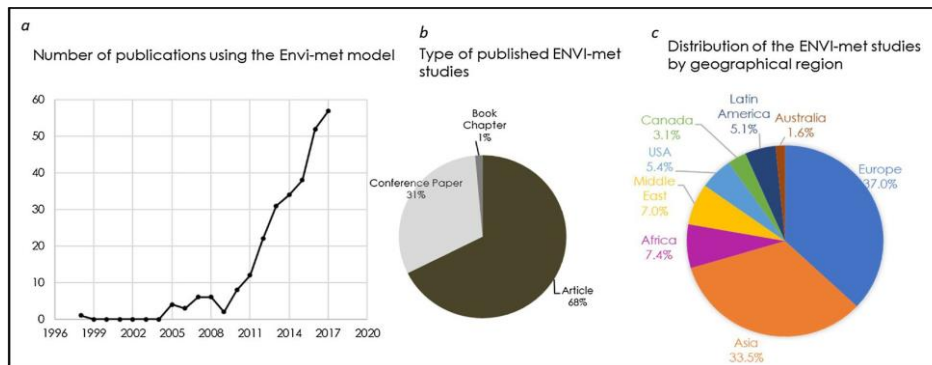
تؤثر درجات حرارة الهواء المتزايدة في المناطق العمرانية بسبب التحضر على أداء الطاقة في المباني والراحة الحرارية الخارجية. بهدف إنشاء استراتيجيات التكيف، تكتسب دراسات المناخ المحلي الحضري باستخدام أدوات المحاكاة الرقمية اهتماماً علمياً كبيراً. يعد نموذج ENVI-met أحد أكثر أدوات المحاكاة الديناميكية استخداماً. بالنظر إلى استخدامه المتزايد، تهدف هذه المراجعة إلى إجراء تحليل تلوّي أو تحليل بعدي (meta-analysis) لنتائج التقييم المبلغ عنها، مما يعكس قدرة النموذج على حساب المظهر الجانبي اليومي للمتغيرات المناخية بدقة. يعتمد التحليل على تعريف نطاق المقاييس المبلغ عنها وعلى التحقيق في العلاقة بين المؤشرات المختلفة المطبقة على تقييم النموذج. ثانياً، تقيم الدراسة نتائج محاكاة ENVI-met الحالية، مما يشير إلى إمكانات التبريد للخضرة العمرانية والمواد الباردة فيما يتعلق بتعديلات الهواء والسطح ومتوسط درجة الحرارة المشعة. كشف التحليل أنه يمكن اعتبار النموذج أداة مفيدة لتحليل المناخ العمراني، شريطة أن يأخذ المستخدم في الاعتبار حدوده وخصائصه أثناء تفسير نتيجة المحاكاة. فيما يتعلق بأداء استراتيجيات التخفيف المدروسة، فإن التكنولوجيا الأكثر شيوعاً هي المساحات الخضراء العمرانية بينما تزداد إمكانات التخفيف عندما يتم الجمع بين استراتيجيات مختلفة.

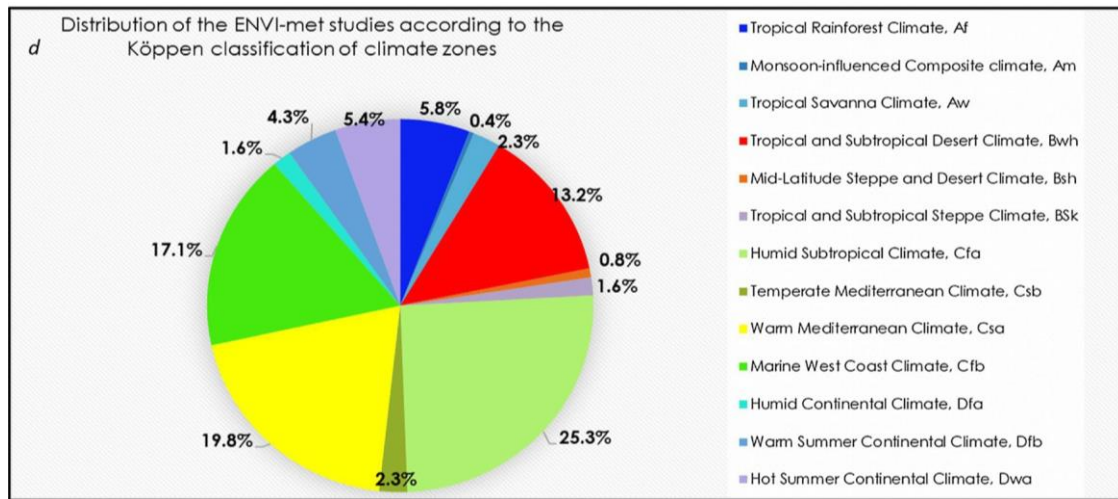
Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review			عنوان الدراسة
تحليل أداء نموذج المناخ المصغر ENVI-met وتقييم المواد الباردة وتطبيقات الغطاء النباتي العمراني - مراجعة			
Sustainable Cities and Society	مجلة النشر	S. Tsoka, A. Tsikaloudaki, T. Theodosiou	المؤلفون حسب ترتيب النشر
Urban microclimate ; ENVI-met ; Meta-analysis ; Evaluation; Urban greenery; Cool materials	الكلمات المفتاحية	2018	تاريخ النشر
دراسات تعتمد على نموذج (ENVI-met) من سنة 1999 إلى 2018 (جمع وتحليل مقاييس الأداء لـ 52 دراسة من أصل 97 دراسة يبلغ عنها)	مجال الدراسة	مراجعة أدبية	طبيعة الدراسة
نظراً للاستعمال المتزايد لنموذج المحاكاة (ENVI-met) في تقييم المناخات المصغرة، فإن هذه المراجعة تهدف إلى: - إجراء تحليل بعدي لنتائج التقييم الكمي المبلغ عنها، وإعادة النظر في قدرة النموذج على إعادة إنتاج بدقة المتغيرات النهارية لمختلف المتغيرات المناخية. - تحديد نطاق المقاييس المبلغ عنها والتحقيق في العلاقة بين المؤشرات الإحصائية المختلفة المطبقة على تقييم النموذج. - تقييم نتائج محاكاة ENVI-met الحالية بطريقة مقارنة وحاسمة، مما يشير إلى إمكانات التبريد لمختلف استراتيجيات			هدف ونطاق الدراسة

- التخفيف من ظاهرة جزيرة الحرارة العمرانية UHI.
- تقييم مخرجات محاكاة درجة حرارة السطح (Tsurf) المُبلغ عنها ومتوسط درجة الحرارة المشعة (Tmrt) لتوفير نظرة ثاقبة إضافية حول العلاقة بين استراتيجيات التخفيف المحددة والمعلمت المناخية المحلية الرئيسية.
 - لم يتم وضع إرشادات شاملة أو قيم قصوى مقبولة لتصنيفات الأداء، من أجل تسهيل تقييم النماذج المناخية الصغرى ؛ وبالتالي، فإن تقييم النموذج يعتمد بشكل أساسي على الأساليب الإحصائية الموصى بها التي تتضمن حساب المقاييس الكمية بين النتائج المنتبأ بها والمقاسة.
 - أغلب الدراسات التي تستعمل نموذج ENVI-met قامت بتقييم أداء النموذج خلال الصيف بدلاً من شتاء.
 - درجة حرارة الهواء (Tair) هي أكثر المتغيرات المناخية تقييماً على نطاق واسع مع الأدلة الموجودة التي تشير إلى أن النموذج يمكنه بشكل عام التقاط الميزات النهارية لـ (Tair) بدقة تتراوح بين 0.27 - 3.67 م° بالنسبة لمؤشر MAE، وتتراوح من 0.52 إلى 4.30 م° بالنسبة لمؤشر RMSE.
 - نموذج ENVI-met يمكن اعتباره أداة مفيدة جداً لدراسات المناخ المصغر، بشرط أن تكون حدوده وميزاته معروفة ومعرفة من قبل المستخدم أثناء تفسير المحاكاة المتحصل عليها.
 - يجب اعطاء عناية خاصة للشروط الحدودية؛ المقدمة في ملف الإعدادت للنموذج (حدود النموذج وخلايا التعشيش المطلوبة)، حيث إنها ستؤثر بشدة على ناتج المحاكاة (out-puts).
 - يوصى استخدام خاصية الإجمار الكلي (Full forcing) لـ Tair و RH لأنه ثبت أنه يعزز دقة مخرجات المحاكاة.
 - أشارت نتائج الدراسات السابقة إلى أن نموذج ENVI-met يمكن أن يعيد بدقة إنتاج الديناميكيات النهارية لدرجة حرارة الهواء في ظل ظروف أرساد جوية مختلفة بمستوى من الدقة يعتمد إلى حد ما على الموسم المجرى فيه المحاكاة.
 - ركزت المراجعة الحالية فقط على تقييم المعلمت التي تؤثر على الشعور الحراري الخارجي للمشاة مثل Tair و Tmrt ولكن لم يتم تحليل القيم المبلغ عنها لمؤشرات الراحة الحرارية، مما يشير إلى إمكانية إضافية لمزيد من البحث.

النتائج

الجدول 5-5: ملخص المراجعة الأدبية (Tsoka et al., 2018)





الشكل 4-5: (a) عدد الدراسات التي تستخدم نموذج المناخ المحلي ENVI-met من 1998 إلى 2017 (المنشورات سنويًا) (b) نوع النشر، (c) توزيع دراسات ENVI-met حسب المنطقة الجغرافية و (d) توزيع دراسات ENVI-met وفقًا لتصنيف مناخ (Köppen)، المصدر: (Tsoka et al., 2018)

الدراسة السادسة: حول مقارنة بين نموجي (ENVI-met) و (Ray Man)

تحلل هذه الورقة ظروف الراحة الحرارية ليوم صيفي نموجي في ملعب شعبي يحاكيه نموذجان للأرصاد الجوية الدقيقة، ENVI-met و RayMan في مدينة وسط أوروبا، Szeged. تم قياس ظروف الراحة الحرارية لمنطقة الدراسة من خلال (PET). تمت مقارنة مخرجات عمليات المحاكاة مع بعضها البعض وتم تجميع القياسات في الموقع التي أجريت في منطقة معرضة للشمس وفي نقطة مظلمة من المنطقة التي تم فحصها. وفقًا للنماذج، حدث أعلى حمل حراري في الفترات الزمنية المحددة في الأجزاء الوسطى من الملعب، والتي تعرضت لأشعة الشمس، في حين يمكن تجربة ظروف أكثر راحة في ظل الغطاء النباتي والمباني. بناءً على مقارنة البيانات المقاسة والنمذجة، قلل كلا النموذجين من المعلومات الحرارية الحقيقية في ظل ظروف التعرض للشمس. ومع ذلك، في الظل، كان RayMan أكثر دقة، وهنا كانت قيم PET المقاسة والنمذجة متطابقة تقريبًا.

Comparison of the results of two microclimatological models and measurements			عنوان الدراسة
مقارنة نتائج نموذجين وقياسات مناخية دقيقة			
Acta Climatologica Et Chorologica	مجلة النشر	L.A ÉGERHÁZI A KOVÁCS Á TAKÁCS L ÉGERHÁZI	المؤلفون حسب ترتيب النشر
thermal comfort; ENVI-met; RayMan; Physiologically Equivalent Temperature (PET); playground	الكلمات المفتاحية	2014	تاريخ النشر
مدينة (Szeged)، المجر 46°N, 20°E	موقع الدراسة	درجة الحرارة الفسولوجية المكافئة (PET)	مؤشر الراحة الحرارية المستخدم في الدراسة
12 يوليو 2011	تاريخ وزمن المحاكاة	ملعب في مدينة (Szeged)	عينة الدراسة
<p>- تم أخذ قياسات لمحطتين في الملعب عينة الدراسة بتاريخ 12 يوليو، المحطة الأولى في موقع مظلل (VK1)؛ والثانية معرض لأشعة الشمس (VK2).</p> <p>- تم استخدام النموذجين (ENVI-met و Ray Man) ببيانات الإدخال الخاصة بيوم صيفي نموجي حار وخالي من السحب والرياح نسبيًا (12 يوليو 2011).</p> <p>- من مخرجات كلا النموذجين، تم اختيار ساعتين نموذجيتين (11 صباحًا و 5 مساءً) لتمثيل المسار اليومي لمعايير الراحة.</p>			منهجية الدراسة

<ul style="list-style-type: none"> - تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من عمليات المحاكاة مع بعضها البعض وكذلك مع القياسات في الموقع. - تم قياس ظروف الراحة الحرارية من خلال مؤشر المناخ الحيوي البشري المستخدم على نطاق واسع، درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة (PET). - تم تحديد نطاقات قيمة PET وفقاً للإحساس الحراري بأوروبا الوسطى ومستويات الإجهاد الفسيولوجي المختلفة. - تم استخدام برنامج Surfer 8 لإدخال شبكة قيم PET النموذجية وإنشاء خرائط الإجهاد الحراري. 	
<ul style="list-style-type: none"> - تم تقييم دقة النتائج المحاكاة لكلا النموذجين باستخدام اختبار t المقترن (paired t-test)، الفارق بين البيانات المتنبأ بها والبيانات المقاسة كانت مهم عند مستوى 5% ($p < 0.001$)، وهذا في كلا تقنيتي القياس (VK1, VK2).. - المحاكاة في كلا النموذجين قللت من تقدير الظروف الحرارية الحقيقية. - يقارب نموذج RayMan الظروف الحرارية الفعلية بشكل أفضل إلى حد ما؛ حيث كان الفارق بينه وبين القيم المقاسة من 5 إلى 10 م°، بينما في حالة ENVI-met بلغ 11.0 م°. - بشكل عام، أداء كلا النموذجين كان متقاربا. 	<p>تقييم أداء النموذجين (ENVI-met) و (Ray Man)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - وفقاً لخرائط الإجهاد الحراري لكلا النموذجين، حدثت ظروف أكثر راحة تحت الأشجار في الأوقات التي تم فحصها (11 صباحاً و 5 مساءً)، بينما تم العثور على أعلى حمل حراري في الجزء الأوسط المعرض للشمس من المنطقة. - على الرغم من انخفاض ارتفاع الشمس، زادت قيم PET بشكل طفيف في منتصف الملعب، في تنبأ كلا النموذجين. - استناداً إلى المقارنة بين نموذجين للنقطة المعرضة للشمس، فإن قيم PET كانت بغير أقل تقديراً مقارنة بالقيم المقاسة. 	<p>النتائج</p>

الجدول 5-6: ملخص المراجعة الأدبية (Egerhazi et al., 2014)

ENVI-met	Ray Man	
منطقة بشكل افتراضي (محددة مسبقاً) an area by default	نقطة بنقطة (النتيجة: شبكة الشبكة) point-to-point (result: grid network)	المحاكاة
جميع معلمات الأرصاد الجوية all the meteorological parameters	فقط بيئة الإشعاع المعقدة only the complex radiation environment	المعلومات المحاكاة simulated parameters
قيمة واحدة فقط لكل بيانات أرصاد جوية؛ لا يوجد تخفيض في سرعة الرياح only 1 value for each meteorological data; no wind speed reduction	المزيد من معلمات الإدخال، تقليل سرعة الرياح (1,1 م)؛ بيانات الأرصاد الجوية الحقيقية more input parameters, reduction of the wind speed (1.1 m); real meteorological data	المدخلات (Input data)
مبسطة (قيمة إدخال واحدة فقط لكل معلمة) simplified (only 1 input value for each parameter)	معقدة (قاعدة بيانات أكبر) complex (larger database)	إعدادات بيانات الإدخال preparation of input data
الغطاء الأرضي، النباتات والمباني land cover, vegetation, buildings	فقط النباتات والمباني only vegetation and buildings	العوائق و الغطاء الأرضي obstacles, land cover
جميع العناصر على شكل متوازي المستطيلات (بدقة شبكة الخلايا) all objects are cuboid-shaped (with gridcell resolution)	أوراق الشجر: كروية الشكل أو مخروطية، الأبنية: أشباه المكعبات foliage: spheriform or cone, buildings: cuboids	شكل العوائق Shape of the obstacles
أقصاها من أسبوع إلى أسبوعين/ محاكاة max. 1-2 weeks/simulation	تصل إلى عدة سنوات / محاكاة even several years/simulation	مدة نموذج بيانات المخرجات output data model duration
10 دقائق على الأقل at least 10 min	تصل إلى دقيقة واحدة even 1 min	الدقة النهارية diurnal resolution
شبكات التعشيش، ذات حجم محدود nesting grids, limited size	لا توجد شبكات متداخلة، ولا حدود للحجم no nesting grids, no size limitation	منطقة التحقيق investigated area
أطول (حتى أسبوع واحد، اعتماداً على الدقة) (longer (even 1 week, depending on resolution)	أقصر (حوالي 3 أيام / منطقة، حسب الدقة) shorter (about 3 days/area, depending (on resolution)	مدة المحاكاة duration of simulation
أقل دقة	دقته أكثر تقريباً للحالة الحقيقية	الدقة

less accurate	more accurate approximation of the real condition	Accuracy
واجهة المستخدم معقدة، سعة حوسبية أكبر	سهل الاستخدام ، وسعة حوسبية أقل	سهولة الاستخدام
complex interface, more computing capacity	user-friendly, less computing capacity	usability

الجدول 5-7: المزايا والعيوب الرئيسية لنموذجي ENVI-met و RayMan، المصدر: (Égerhazi et al., 2014) بتصرف من الباحث

الدراسة السابعة: مقارنة بين نموذجي (ENVI-met) و (STEVE)

في المناطق الحضرية، تم استبدال تربة الأرض الطبيعية بالطرق الإسفلتية والمباني الخرسانية ، والتي تمتص وتحفظ بمزيد من الحرارة أثناء النهار ، مما أدى إلى ظهور ظاهرة جزيرة الحرارة العمرانية (UHI). تظهر الدراسات الحالية أن استراتيجيات التخفيف من تأثير UHI هي زيادة المساحات المفتوحة للسماح بالتهوية العمرانية والغطاء النباتي الأخضر. لاستكمال ذلك، يمكن أن يكون نموذج التنبؤ بدرجة الحرارة فعالاً لمحاكاة وتقدير خفض درجة الحرارة لكل استراتيجية مطورة. تتطرق هذه الدراسة في طريقتين للتنبؤ: STEVE و ENVI-met. نموذج (STEVE) هو أداة تنبؤ قادرة على حساب T_{min} و T_{avg} و T_{max} لنقطة محددة لبعض المناطق العمرانية. درجة الحرارة في تلك النقطة بالذات هي نتيجة البيئة المحيطة بها داخل المنطقة العازلة. سيتم استخدام بيانات الإخراج من STEVE كقاعدة بيانات لنظام المعلومات الجغرافية (GIS) لإنتاج خرائط درجات الحرارة. ENVI-met هو نموذج مناخي دقيق يعتمد على ديناميكيات السوائل الحسابية (CFD) وجودة الهواء المحلي.

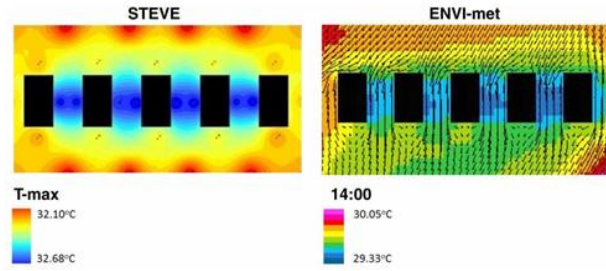
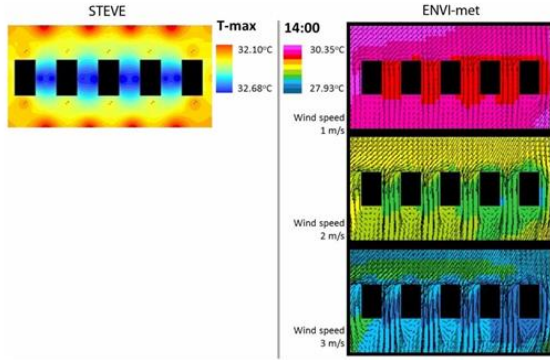
يقوم بحساب درجة الحرارة في فترات زمنية من 24 إلى 48 ساعة. يعتمد الحساب على الشبكة (z ، x) بمسافة شبكة محددة. يسمح هذا القرار بتحليل التفاعلات الصغيرة الحجم بين المباني الفردية والأسطح والنباتات. الاختلافات الرئيسية بين النماذج هي متغير سرعة الرياح وخريطة نقطية ودرجة حرارة السطح وسياق المناخ المحلي. يركز حساب STEVE على ظروف يوم الهدوء النموذجية التي تستنتج متغير سرعة الرياح ، بينما يعتبرها ENVI-met أحد المعلمات. تستند خريطة GIS النقطية التي تم إنشاؤها من درجة حرارة STEVE المتوقعة إلى منطقة عازلة بقطر محدد ، بينما تعتمد ENVI-met على وحدات البكسل الشبكية أو الخلايا التي تنتج خرائط درجة الحرارة بمزيد من التفصيل القرار. الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة كل من نماذج التنبؤ لفهم فوائدها وقيودها، من أجل تبرير النموذج الأكثر ملاءمة للسياق العمراني المداري، وفي هذه الحالة سنغافورة.

Comparison of STEVE and ENVI-met as temperature prediction models for Singapore context			عنوان الدراسة
مقارنة بين STEVE و ENVI-met كنماذج للتنبؤ بدرجة الحرارة لسياق سنغافورة			
International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development	مجلة النشر	Hien, Wong Nyuk Ignatius, Marcel Eliza, Anseina Jusuf, Steve Kardinal Samsudin, Rosita	المؤلفون حسب ترتيب النشر
prediction tool; ENVI-met; STEVE (Screening Tool for Estate Environment Evaluation); urban heat island; tropical climate	الكلمات المفتاحية	3 سبتمبر 2012	تاريخ النشر
مدينة سنغافورة	موقع الدراسة	درجة حرارة الهواء سرعة الهواء	المخرجات المدروسة في المقارنة
6 مارس 2010	تاريخ وزمن المحاكاة	نسيج من مدينة سنغافورة مرصوف بالخرسانة	عينة الدراسة
- تم اختيار 6 مارس 2010 ليكون يوم المحاكاة، نظراً لأنه يوم هادئ نموذجي (مناسب لحساب STEVE)، والأكثر سخونة في عام 2010.			منهجية الدراسة

- اختيار عينة من نسيج المدينة يكون سطح الأرض مرصوفاً بالكامل بالخرسانة (نسبة الأرض الخضراء أو قيمة GnPnR هي صفر).
 - تم رسم المقارنات بين STEVE و ENVI-met على سيناريو يتألف من خمسة كتل بناء، كل منها بارتفاع 48 م.
 - تُأخذ مخرجات نقطة قياس من العينة؛ في 4 حالات من شعاع منطقة التأثير وهي 25 م ، 50 م ، 75 م و 100 م.
 - تم اختبار النموذجين في محاكاة العينة بمدخل سرعة الهواء متغير (1 م/ثا، 3 م/ثا، 5 م/ثا).
 - تم اختبار النموذجين في محاكاة العينة لكن من دون وجود مباني.
-
- المقارنة الأولية لنموذج التنبؤ بدرجة الحرارة بين STEVE و ENVI-met أن دقة مخرج الخريطة النقطية ل-ENVI-met كانت أكثر تفصيلاً مقارنة ب-STEVE.
 - يوفر ENVI-met دقة أفضل حيث يتم حساب درجة الحرارة لكل خلية شبكية، بينما تستند صورة STEVE النقطية على استيفاء بيانات الشبكة 100 م، لذا كان يجب إضافة منطقة عازلة لنموذج STEVE لتحسين دقة خريطة درجة الحرارة.
 - قد يكون إنشاء تنبؤ تفصيلي لخريطة درجة الحرارة داخل حدود مدينة صغير الحجم باستخدام STEVE مضللاً مقارنة باستخدام ENVI-met.
 - يُظهر توقع درجة الحرارة من ENVI-met درجة حرارة أعلى (تتراوح القيم من 302.33 كلفن إلى 303.05 كلفن (29.338 م° إلى 30.358 م°) مقارنة ب-STEVE، حيث تتراوح قيم درجة الحرارة من 32.18 م° إلى 32.688 م°.
 - يركز حساب STEVE على ظروف النهار الهادئة، والتي تستثني متغير سرعة الرياح، بينما يأخذ حساب ENVI-met هذا في الاعتبار.
 - تم اختبار ENVI-met لقيم مختلفة لسرعة الرياح تبلغ 1 و 3 و 5 م/ثا. أظهرت النتيجة أنه عندما زادت سرعة الرياح، تنخفض درجة الحرارة. أما تنبؤ درجة حرارة STEVE ليوم هادئ يتراوح بنفس سرعات الهواء لم يتغير كثيراً (من 32.18 م° إلى 32.688 م°).
 - في سيناريو العينة من دون مباني، أظهرت التجربة أن درجة الحرارة المتوقعة من ENVI-met كانت أقل باستمرار من نتيجة STEVE.
 - كل من STEVE و ENVI-met أظهروا اتجاهات مماثلة لدرجة الحرارة بالرغم من الفارق الحراري بين النموذجين (في حالة الأرض الفارغة تصل Tair إلى 3.778 م° كحد أقصى و 2.388 م° في المتوسط، في حالة وجود المباني؛ يمكن أن يصل إلى 3.508 م° كحد أقصى و 2.268 م° على متوسط).
 - قد يكون STEVE أكثر ملاءمة للتعامل مع منطقة دراسة على مستوى المدينة، نظراً لأنه لا يوجد قيود على حجم الشبكة، في حين أن ENVI-met بها قيود على حجم الشبكة.
 - يراعي ENVI-met فقط التفاعلات بين الغلاف الجوي والمباني والتربة والغطاء النباتي والمساحات المائية، في حين أن العوامل الأخرى مثل الحرارة البشرية (والتي يمكن أن تكون أحد عوامل الخلفية) لا يتم التقاطها على الأرجح داخل محاكاة ENVI-met.
 - يتميز STEVE، بقدرته على تحليل منطقة بمستوى مدينة لإنشاء خرائط درجة الحرارة، مع وقت أقل بكثير لإجراء المحاكاة مقارنة ب-ENVI-met.

النتائج

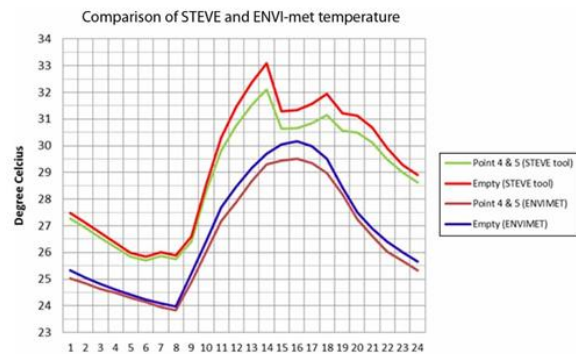
الجدول 5-8: ملخص دراسة (Hien et al., 2012)



نتائج مقارنة الخرائط الحرارية لنموذجي (STEVE) و (ENVI-met)

مقارنة ملف تعريف الرياح STEVE و ENVI-met

الشكل 5-5: أهم نتائج دراسة (Hien et al., 2012)



مخطط مقارنة بين STEVE و ENVI-met

الدراسة الثامنة:

أظهر Envi-MET مستويات حساسية مختلفة عبر المعلمات المختبرة. أظهر تغير الرطوبة النسبية استجابة جيدة لدرجة حرارة الهواء، خاصة عند أعلى قيمة في اليوم، حيث أدى ارتفاع الرطوبة النسبية إلى انخفاض قيم درجة حرارة الهواء والعكس صحيح. بالنسبة لسرعة الرياح، أظهر ENVI-met أيضًا تأثيرًا في تحريك درجة حرارة الهواء مقارنة بالنموذج الأساسي. زادت درجة حرارة الهواء بشكل كبير عند تقليل سرعة الرياح إلى الحد الأدنى ولكنها أظهرت تغيرًا أقل في القيمة عند زيادة سرعة الرياح لمضاعفة النموذج الأساسي. تبين أن خفض عدد الشبكة ينتج عنه نتائج غير دقيقة مقارنة بالنموذج الأساسي، خاصة عند محاكاة قطع الأراضي العمرانية الصغيرة في ENVI-met باستخدام دقة صغيرة. كان لاختبار البياض أقل تأثير على درجة حرارة الهواء مقارنة بالمعلمات الأخرى حيث أظهر انخفاضًا طفيفًا في القيم في الاختبار المنخفض.

على الرغم من أن ENVI-met لديه بعض النتائج غير المرضية، كما هو الحال مع اختبار الرطوبة النسبية، فقد أظهر أن البيانات تفاعلت مع تغير درجة حرارة الهواء ليلا إلى حد ما، وكان لها قيمة ارتباط جيدة لبقية اليوم. أظهر اختبار درجة حرارة الهواء النتائج الأكثر دقة مع أعلى مؤشر لقيم التوافق. بالنسبة لسرعة الرياح، أظهر Envi-MET ارتباطًا جيدًا للغاية.

Envi-MET validation and sensitivity analysis using field measurements in a hot arid climate			عنوان الدراسة
التحقق من صحة ENVI-met وتحليل الحساسية باستخدام القياسات الميدانية في مناخ جاف حار			المؤلفون حسب ترتيب النشر
IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	مجلة النشر	Ayyad, Y. N. Sharples, S.	تاريخ النشر
—	الكلمات المفتاحية	2019	

أدوات القياس	Kestrel 5400 logger	موقع الدراسة	عمان، الأردن
عينة الدراسة	جامعة الأهلية، عمان	تاريخ وزمن المحاكاة	1 أكتوبر 2017
منهجية الدراسة	<p>- تحديد مواضع القياس بظروف مختلفة (A) يكون تحت أشجار أكبر سمكاً، B بالقرب من المرشات المائية) كليهما على أرضية من البلاط الإسمنتي الرمادي.</p> <p>- تم إنشاء موقع نمذجة العينة في ثلاثة سيناريوهات لإعدادات منخفضة، قاعدية وعالية.</p> <p>- تمت دراسة حساسية النموذج عبر سيناريوهات تغيير سرعة الهواء، الرطوبة النسبية وكذلك تغيير البياض (قيم منخفضة، متوسطة، عالية)</p>		
نتائج تقييم أداء نموذج (ENVI-met)	<p>- الأداء في درجة حرارة الهواء</p> <p>- النقطة A: القيم المتوقعة تظهر زيادة طفيفة للفترة الزمنية من الساعة 20 إلى 23 و الساعة 5 إلى 8، بمتوسط اختلاف قدره 0.3 درجة مئوية. تُظهر مجموعتا البيانات ارتباطاً جيداً، حيث يبلغ مؤشر قيمة الاتفاق 0.886 ومعامل ارتباط Pearson 0.933</p> <p>- النقطة B: قيم درجة الحرارة المتوقعة للفترة الزمنية من الساعة 09 إلى 19؛ و الساعة 00 إلى 04 أقل مقارنة بقراءات الجهازين (Kestrel logger) بمتوسط قيمة تغيير 2.9 م°. هناك زيادة طفيفة في متوسط قيمة التغيير 0.2 م°. تظهر مجموعتا البيانات ارتباطاً جيداً، حيث يبلغ مؤشر قيمة الاتفاق 0.890 ومعامل ارتباط Pearson 0.934.</p> <p>الأداء في الرطوبة النسبية</p> <p>- النقطة A: يمكن رؤية الاختلاف بوضوح بالنسبة للفواصل الزمني من الساعة 3 إلى 10، حيث ترتفع قيمة الرطوبة الملحوظة إلى الحد الأقصى اليومي بسبب الانخفاض في قيم درجة حرارة الهواء في الليل. ومع ذلك، فإن هذا التأثير أقل بكثير في القيم المتوقعة. يبدو أن القيم المتوقعة لها سلوك نمط أقرب إلى القيم المرصودة بمتوسط قيمة تغيير تبلغ 8.8٪. تقدم مجموعتا البيانات ارتباطاً مناسباً، مع مؤشر قيمة الاتفاق 0.646 ومعامل ارتباط Pearson 0.743</p> <p>- النقطة B: قيم RH من Envi-MET تتصرف بطريقة مشابهة للموقع A، مع وجود اختلاف كبير بين الساعة 03 و 10 بمتوسط اختلاف رطوبة نسبية 18.4٪. مقارنة بمتوسط 8.1٪ لبقية الوقت. مجموعتا البيانات لها ارتباط مناسب، مع مؤشر قيمة الاتفاق 0.688 ومعامل ارتباط بيرسون 0.768</p> <p>حساسية النموذج في سرعة الرياح</p> <p>- تميل الرياح المنخفضة التي تبلغ 1 م / ثا إلى خفض درجة حرارة هواء النموذج الأساسي من الساعة 6 إلى 8 بمتوسط قيمة 1.5 م°، بحد أقصى 2.3 م° وحد أدنى 0.5 م°</p> <p>- أظهرت سرعة الرياح المنخفضة زيادة كبيرة في درجة حرارة الهواء، بمتوسط 1.8 م°، وقيمة قصوى تبلغ 2.9 م° و 0.3 م° كحد أدنى.</p> <p>- أظهرت سرعات الرياح العالية زيادة طفيفة في درجة حرارة الهواء لنفس الفترات الزمنية في الليل بمتوسط 0.4 م°، وقيمة قصوى 0.8 م° وحد أدنى 0.1 م°.</p> <p>حساسية النموذج في الرطوبة النسبية</p> <p>- تميل الرطوبة النسبية المرتفعة إلى خفض درجة حرارة الهواء في النموذج الأساسي بمتوسط قيمة 0.4 م°، وقيمة قصوى تبلغ 0.8 م° وحد أدنى يبلغ 0.3 م°.</p> <p>حساسية النموذج في البياض (Albedo)</p> <p>- يُظهر اختبار البياض المرتفع عدم وجود أي تغيير تقريباً في درجة حرارة الهواء مقارنة بالنموذج الأساسي. ومع ذلك، أظهر اختبار البياض تغيراً أعلى قليلاً في قيم درجة حرارة الهواء مقارنة باختبار البياض المرتفع، بمتوسط تغيير قدره 0.2 م° وقيمة قصوى تبلغ 0.3 م°.</p>		

الجدول 5-9: ملخص دراسة (Ayyad & Sharples, 2019)

3. دراسات ومراجعات أدبية حول دقة مؤشر (PET) في الراحة الحرارية الخارجية:

تستخدم درجة الحرارة المكافئة الفسيولوجية (PET) على نطاق واسع لتقييم الراحة الحرارية الخارجية في المناطق الحضرية الحارة. يعتمد على مفهوم درجة الحرارة المكافئة ، والتي تأخذ في الاعتبار درجة حرارة الهواء والعوامل البيئية الأخرى التي تؤثر على الراحة الحرارية، مثل الرطوبة وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي. يتم حساب PET باستخدام نماذج رياضية تأخذ في الاعتبار التبادل الحراري بين جسم الإنسان والبيئة.

تم التحقق من صحة PET على نطاق واسع ضد الإدراك البشري للراحة الحرارية في مختلف المناخات والمواسم. أظهرت الدراسات أن PET هو مؤشر موثوق للراحة الحرارية في المناخات الحارة والرطبة، مثل تلك الموجودة في العديد من المناطق الحضرية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، حيث وجدت دراسة أجريت في سنغافورة أن PET كانت مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بتقييمات الراحة الحرارية التي تم الحصول عليها من الأشخاص ، مما يشير إلى أن PET تعكس بدقة الإدراك الحراري للأشخاص في البيئات الحارة والرطبة (Yang et al., 2013).

وجدت دراسة أخرى أجريت في الهند أن PET كان مؤشراً جيداً على الانزعاج الحراري في الأماكن الخارجية، مع مستوى عالٍ من الاتفاق بين تنبؤات PET والتصورات البشرية للراحة الحرارية (Lilly Rose, 2010).

بشكل عام، تعتبر PET أداة مفيدة لتقييم الراحة الحرارية الخارجية في المناطق الحضرية الحارة، خاصة في حالة عدم وجود أدوات قياس أكثر تطوراً. ومع ذلك، من المهم ملاحظة أن PET هو نموذج يعتمد على افتراضات معينة حول جسم الإنسان والبيئة، وقد تتأثر دقته بعوامل مثل مستوى الملابس ونشاط الفرد. لذلك، يجب استخدامه بحذر وبالاقتران مع مقاييس الراحة الحرارية الأخرى، مثل القياسات المباشرة لدرجة حرارة الهواء والرطوبة، ومسوحات الإدراك البشري.

ناقش Matzarakis (1998) الحاجة إلى تقييم الأرصاد الجوية الحيوية البشرية للمكون الحراري لمناخ عمري محلي (Matzarakis et al., 1999). ينقسم المناخ المحلي العمراني إلى عنصر حراري وجودة الهواء. يتكون المكون الحراري من معلمات أرصاد جوية أكثر من درجة حرارة الهواء فقط. يأخذ استخدام PET العوامل المناخية الأخرى في الاعتبار. ناقش Matzarakis و Mayer التطبيقات المختلفة لـ PET لتقييم المكون الحراري للمناخات العمرانية (Matzarakis et al., 2007). درسوا اختلافات PET في Munich و Freiburg و Albuquerque ، في مساحات غابية تقع بالقرب من المدن (غابة Mooswald) وخلصوا إلى أنه يمكن تطبيق PET في بيئات حرارية مختلفة مثل الأربيل داخل المدن، أو تدفق الهواء البارد، والذي مهم في التخطيط الإقليمي. ووجدوا أن PET تبين أنها مناسبة تماماً لتقييم الأرصاد الجوية البشرية للإنسان للمكون الحراري لمختلف المناخات.

حل GuIyas البنية السطحية المعقدة للمناطق الحضرية باستخدام PET. درست الدراسة ظروف الراحة الحرارية في الهواء الطلق من خلال المسوحات الميدانية في زيجيد (Szeged)، المجر. تأثرت تدفقات الإشعاع بالشوارع الضيقة والعديد من الأشجار التي يتراوح ارتفاعها بين 20 و 30 متراً. أظهرت النتائج أن الاختلافات في PET بين المساحات التي تم فحصها يمكن أن تصل إلى 15-20 درجة مئوية بسبب الإشعاعات المختلفة (Gulyás et al., 2006). تم اقتراح أن البيئات العمرانية المعقدة يمكن أن تؤدي إلى أحاسيس مختلفة جداً وغالباً ما تكون شديدة الراحة حتى ضمن مسافات قصيرة. يمكن دراسة عواقب البيئة الحرارية المتغيرة بسبب اختلافات التخطيط من خلال استخدام PET.

أظهرت الدراسات أن مؤشر PET هو مقياس دقيق للراحة الحرارية الخارجية في المناخات الحضرية الحارة والجافة. على سبيل المثال ، قامت دراسة أجراها Ali-Toudert و Mayer (Ali-Toudert & Mayer, 2006) بتقييم أداء مؤشر PET في التنبؤ بالراحة الحرارية الخارجية في الجزائر العاصمة. وجدت الدراسة أن مؤشر PET يرتبط جيداً بالإحساس الحراري الذاتي للمشاركين، بدقة تبلغ 86٪.

يفحص Lin راحة المستخدم الحرارية في ساحة عامة في تايوان ذات مناخ حار ورطب (Lin, 2009). تشير النتائج إلى أن نطاق الراحة الحرارية ودرجة الحرارة المحايدة للأفراد كانت أعلى من تلك الموجودة في المناطق المعتدلة. بالإضافة إلى ذلك، فضل الأشخاص المحليون درجة الحرارة الباردة وضوء الشمس الضعيف، والتكيف مع البيئات الحرارية من خلال البحث عن ملاجئ في الهواء الطلق. تعرض النتائج أيضًا وجود تكيف حراري وتوضيح خصائص وتفاوتات التكيف الحراري. تظهر النتائج التجريبية أن نموذج توازن الطاقة البشرية لا يمكن أن يشرح بشكل كامل تأثير المناخ على استخدام الأماكن العامة؛ أي أن العوامل النفسية والسلوكية تلعب أيضًا أدوارًا مهمة في الراحة الحرارية الخارجية. استنتجت الدراسة نطاق الراحة الحرارية للأماكن المفتوحة في منطقة حارة ورطبة بين 21.3-28.5 درجة مئوية PET. بينما، في الغرب يتم تحديد النطاق المريح لـ PET بين 18 - 23 درجة مئوية.

الخلاصة:

أظهرت لنا هذه الدراسات والمراجعات نتائج جد مهمة تتوافق إلى حد كبير والنتائج المتوصل إليها في هذا البحث، أولها أن الغطاء النباتي ليس له التأثير فقط على المناخ المصغر أو المحلي، بل يذهب إلى التأثير بقوة على مناخ مدينة بأكملها، فزيادة مساحة الغطاء النباتي أو نقصانها يؤثر بالإيجاب أو السلب على مؤشر تغير المجال الحراري العمراني (UTFVI)؛ وهو مقياس يستخدم لتقييم البيئة الحرارية للمناطق الحضرية، يشير إلى حجم واتجاه التغيرات في البيئة الحرارية الحضرية بمرور الوقت، وهذا ما يساعد صانعي السياسات والمخططين العمرانيين على تصميم وتنفيذ تدابير فعالة لتحسين نوعية الحياة لسكان المدن مع تقليل التأثير البيئي للتوسع العمراني. كما للغطاء النباتي فعالية إيجابية على الراحة الحرارية الخارجية؛ ليست فقط في التبريد التبخيري الذي يحدثه الغطاء عبر الزيادة في الرطوبة، لكن تكمن في طريقة تشكيله وتوضعه، أهمها أن عناصره النباتية يجب أن تكون متعددة الطبقات، أي أحداث فراغ شاقولي ما بين الأشجار ليتغلغل الهواء ويساعد على خفض درجة الحرارة وبالتالي أحداث الراحة الحرارية في الفترات الحارة، كما أن التشكيلات المجالية للغطاء النباتي الأكثر فعالية في التبريد هي التي تكون بتجزئات متعددة أي إحداث فراغات بين الكتل النباتية على المستوى الأفقي، مع استخدام الأشجار المظلية ذات خاصية التظليل المهمة، الذي يقودنا إلى أن هذه الأخيرة يمكنها حجب كمية طاقة حرارية عن الأرض أفقياً بمقدار 39 مليون RT (طن تبريد) لمدينة كاملة في نطاق مناخي حار وجاف كمدينة بغداد.

فيما يخص نماذج المحاكاة الرقمية، من المهم ملاحظة أنه لا يوجد نموذج دقيق بنسبة 100٪، ويمكن أن تختلف دقة نتائج النموذج اعتمادًا على المهمة المحددة والبيانات التي يتم تطبيقها عليها. من الممارسات الجيدة دائمًا التحقق من صحة أداء النموذج على مجموعة بيانات اختبار منفصلة أو من خلال التحقق المتبادل للتأكد من أن دقة النموذج متسقة وقوية.

أظهرت المراجعات الأدبية حول دقة مخرجات (outputs) نموذج (ENVI-met)، جدلاً كبيراً بين الدراسات التي تؤكد دقة نتائجه؛ والأخرى التي تعيب دقة مخرجاته، بالرغم من أن الفارق بين القيم المتنبأ بها والمرصودة ليس كبيراً؛ بل يدخل في خانة الخطأ المسموح به، وثلاثة تشجع استخدامه لكن بشروط، وبين هذا وذاك نصل إلى أن استخدام ENVI-met على وجه الخصوص يتطلب عملية معايرة نماذج الدراسة بطريقة جيدة (التأكد من معطيات تحديد الموقع الجغرافية، تحديد بدقة نوعية تربة الأرض، وطبيعة الأرضيات المستخدمة، الدقة في مدخلات مواد البناء، الدقة في أنواع العناصر النباتية وخصائصها، الدقة إدخال طول حد الخشونة roughness lenth...)، كما يتطلب التحري في استعمال المدخلات المناخية في هذا النموذج (استخدام خاصية الإجمار الكلي Full forcing في النموذج).

أما عن نموذج (RayMan) هو نموذج شائع الاستخدام لتقييم الراحة الحرارية للإنسان في البيئات الخارجية. تمت دراسة دقة نموذج RayMan على نطاق واسع في الأدبيات، مع التركيز على قدرته على التنبؤ بالإحساس الحراري، فضلاً عن قابليته للتطبيق في مناخات مختلفة وتحت ظروف مختلفة.

فيما يخص مؤشر درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة (PET) هو مؤشر شائع الاستخدام لتقييم الراحة الحرارية الخارجية. يأخذ المؤشر في الاعتبار المعلمات البيئية مثل درجة حرارة الهواء، ومتوسط درجة الحرارة المشعة، والرطوبة، وسرعة الرياح، بالإضافة إلى العوامل الشخصية مثل عزل الملابس ومعدل التمثيل الغذائي، لتقدير الإحساس الحراري للشخص. تعتمد دقة مؤشر PET في التنبؤ بالراحة الحرارية على عوامل مختلفة، بما في ذلك صحة بيانات الإدخال، ودقة النماذج الفسيولوجية المستخدمة، وتنوع الاستجابات الفردية للمنبهات الحرارية.

أظهرت الدراسات أن مؤشر PET يمكن أن يوفر تقديرًا معقولاً للراحة الحرارية في البيئات الخارجية، خاصة في الظروف الحرارية المعتدلة. ومع ذلك، تنخفض دقة المؤشر في الظروف القاسية، مثل موجات الحرارة أو نوبات البرد، أو في البيئات ذات الرطوبة العالية أو سرعة الرياح المنخفضة. بشكل عام، تعتمد دقة مؤشر PET في التنبؤ بالراحة الحرارية على الظروف البيئية والشخصية المحددة التي يتم تقييمها، ويجب اعتبارها واحدة من عدة أدوات لتقييم الراحة الحرارية في البيئات الخارجية.

الفصل السادس:

التعريف بعينات الدراسة وتحديد سيناريوهات المحاكاة

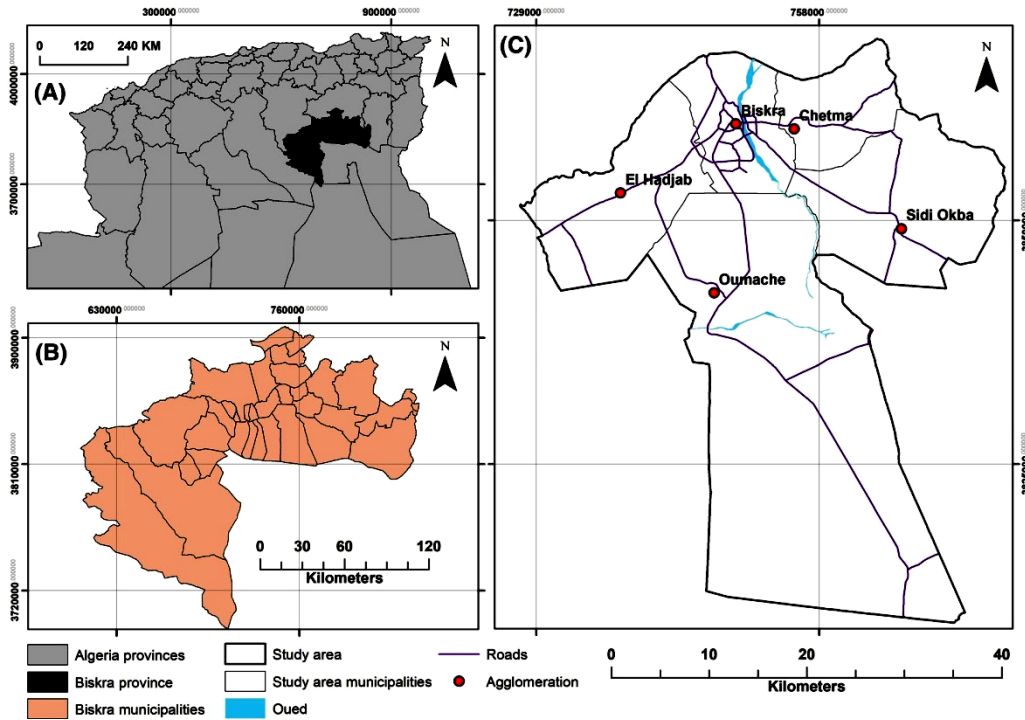
مقدمة:

في هذا الفصل نتطرق للتعريف بالمدينة حالة الدراسة، كما نركز على أنماط التشكيل العمراني في السكنات الجماعية موضوع الدراسة، مع تحديد معايير انتقاء عينات المساكن الجماعية، كما وضحا منهجية الدراسة التجريبية في العينات، وكذلك تحديد استراتيجيات وقواعد تصميم سيناريوهات المحاكاة مع اختيار نوع البرنامج الحاسوبي لعملية المحاكاة ومدى ملائمتها لهذه الدراسة، مع شرح طريقة العمل ببرنامج ENVI-met.

1. التعريف بمنطقة الدراسة:

تقع بسكرة في شمال شرق الجزائر؛ على الحافة الشمالية للصحراء. وهي مركز مجموعة واحات الزاب جنوب منخفض واسع ومفتوح بين أوراس ماسيف وجبال أطلس.

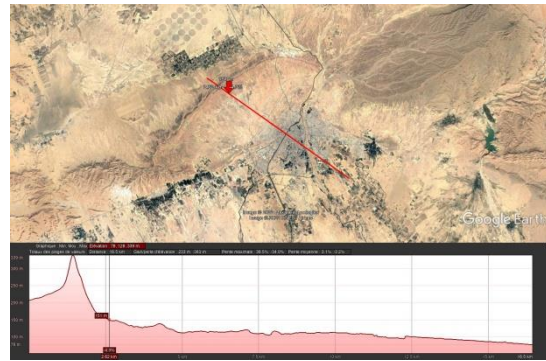
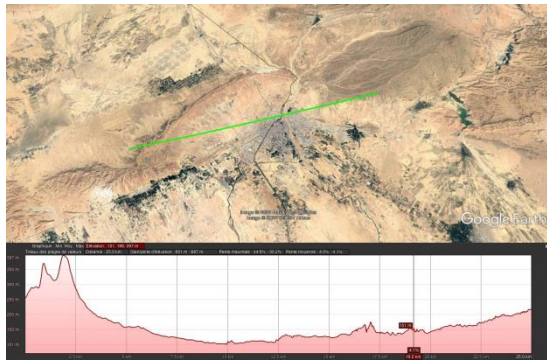
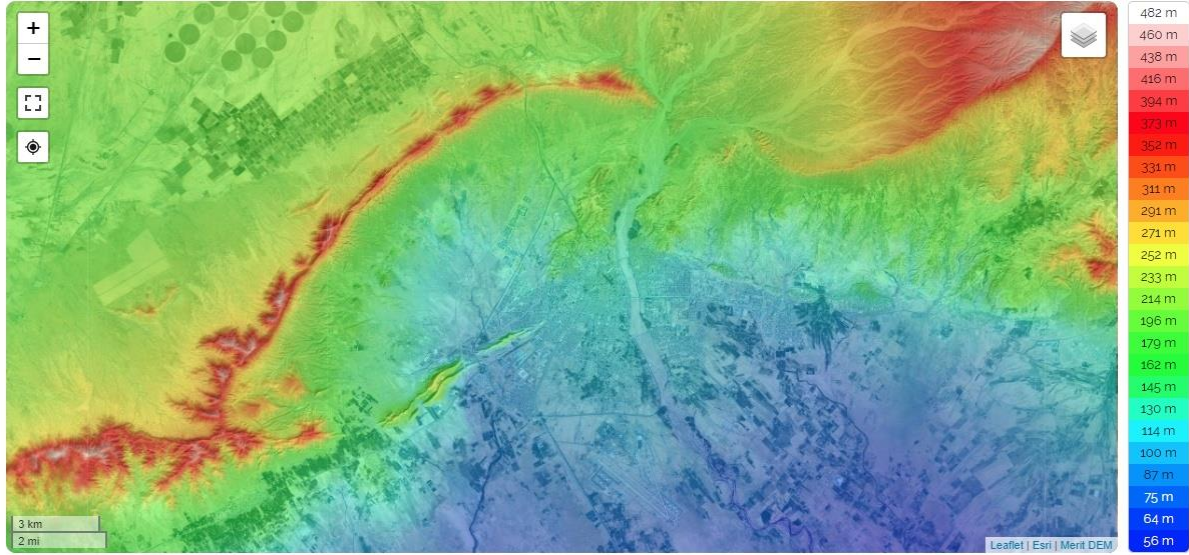
ازدهرت بسكرة في موقع (Vescera)، وهو موقع روماني محصن، بعد الفتح العربي في القرن التاسع. في القرن الحادي عشر، كانت بسكرة عبارة عن عاصمة شبه مستقلة لمنطقة الزاب، لكنها تعرضت لاحقاً لتأثير الصفيين. سكن الأتراك بسكرة عام 1552. وحصنها الاستعمار الفرنسي عام 1844. أصبح حصن سان جيرمان (1849-1851)؛ الذي بني في موقع القصبة التركية السابقة نواة بسكرة حديثاً، والتي كانت تتموقع بالقرب من السكك الحديدية، والطريق من قسنطينة إلى تفرت ومطارها ومناخها المعتدل (من نوفمبر إلى أبريل) جعل مدينة بسكرة منتجعاً شتوياً من شوارع واسعة تصطف على جانبيها الأشجار وفنادق ومتاجر وحدائق عامة (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia 2014).



الشكل 1-6: تحديد موقع مدينة بسكرة، المصدر: (Berghout & Dridi, 2021)

2. الخصائص التضاريسية لمدينة بسكرة:

تقع مدينة بسكرة بالجنوب الشرقي للبلاد و تتربع على مساحة قدرها 127.70 كلم² يحدها من الشمال بلدية الوطاية ومن الجنوب بلدية أوماش ومن الشرق بلدية سيدي عقبة؛ وبلدية شتمة ومن الغرب بلدية الحاجب . موقعها الجغرافي على خط عرض 34.48 وعلى خط طول 5.44 ؛ تحيط مدينة بسكرة سلسلة من المرتفعات في الجهة الشمالية، تصل إلى ارتفاع 400 م (Farhi, 2002)، وهذا ما تبينه الخارطة والمقاطع الطبوغرافية في الشكل 2-6.



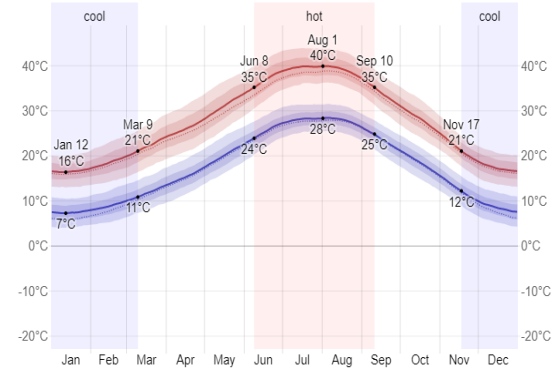
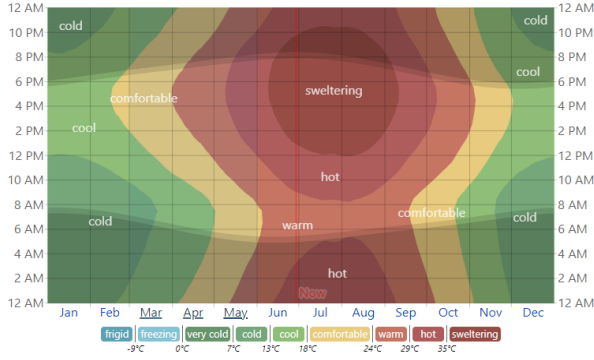
الشكل 2-6: خارطة ومقاطع طبوغرافية لمرتفعات مدينة بسكرة، المصدر: (fr-be.topographic-map.com)، (Google Earth Pro)

3. الخصائص العمرانية لمدينة بسكرة:

1.3 دراسة مناخية لمدينة بسكرة:

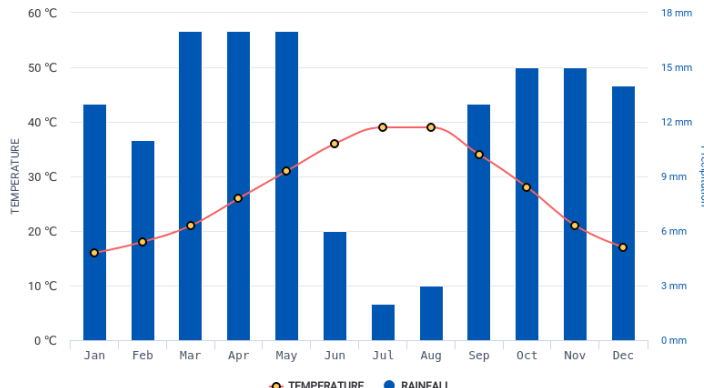
تتميز بسكرة بالصيف ساخن جدا، والشتاء طويل وبارد، وجاف وصافٍ في الغالب على مدار السنة، حيث تتراوح درجة الحرارة عادةً من 7 درجات مئوية إلى 40 م° ونادراً ما تقل عن 4 درجات مئوية أو أعلى من 44 م°. يستمر الموسم الحار لمدة 3.1 شهراً، من 8 يونيو إلى 10 سبتمبر، بمتوسط درجة حرارة مرتفعة يومياً أعلى من 35 م°. يُعد شهر يوليو الأكثر سخونة في السنة في بسكرة، حيث يبلغ أعلى متوسط درجة الحرارة 40 م° وأدناها يصل إلى 28 م°.

يستمر الموسم البارد لمدة 3.8 شهرًا، من 17 نوفمبر إلى 9 مارس، بمتوسط درجة حرارة مرتفعة يومية أقل من 21 م°. يُعد يناير أبرد شهور السنة في بسكرة، بمتوسط منخفض يبلغ 8 درجات مئوية وعظمى 17 م°. معدل هطول الأمطار السنوي في بسكرة منخفض جداً. تستقبل المدينة ما متوسطه حوالي 100 ملم من الأمطار سنويًا، مع حدوث غالبية هطول الأمطار خلال أشهر الشتاء. عادةً ما تكون أشهر الصيف جافة، مع القليل جدًا من الأمطار أو منعدمة.



(ب) متوسط درجة الحرارة الساعي، مشفرة بالألوان إلى نطاقات. تشير التراكبات المظلمة إلى فترة الليل.

(الشكل 3-6: أ) متوسط درجة حرارة القصوى و الدنيا لكل شهر، على مدى 20 سنة، في مدينة بسكرة،



(ج) متوسط درجة الحرارة والتساقط لكل شهر (2018-1880)

المصدر: weatherspark.com

2.3 مؤشر المناخ الحيوي EMBERGER: من بين المؤشرات المناخية الحيوية المستخدمة تقليديًا في شمال إفريقيا وأماكن أخرى في البحر الأبيض المتوسط، يتميز المؤشر (Emberger Bioclimatic) بأخذه في الاعتبار هطول الأمطار السنوي، ومتوسط درجة الحرارة القصوى لأسخن شهر (M بالدرجة المئوية) ومتوسط درجة الحرارة الدنيا لأبرد شهر (m بالدرجة مئوية) (Mokhtari et al., 2013). يتم إعطاء هذا الفهرس من خلال الصيغة:

$$Q2 = \frac{2000 \cdot P}{(M + m + 546,4) \cdot (M - m)}$$

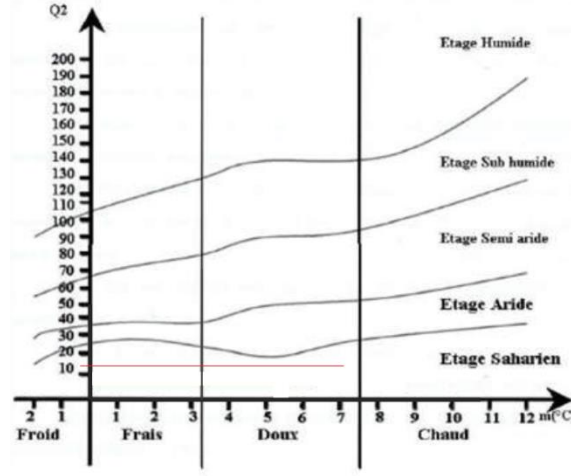
أين:

P: التساقط السنوي بالمليمتر

M: درجة الحرارة القصوى لأسخن شهر (م°)

m: درجة الحرارة الدنيا لأبرد شهر (م°)

حيث كانت النتيجة لمدينة بسكرة 13,19 أي مناخ صحراوي بشتاء معتدل (الشكل 4-6)



الشكل 4-6: مؤشر المناخ الحيوي EMBERGER، المصدر: أحرز، 2018 بتصرف من الباحث.

3.3 مؤشر MARTONNE: هو مؤشر جفاف سنوي (أحرز، 2018)؛ ويكون كالتالي:

$$I = P/T + 10$$

حيث :

T: متوسط درجة الحرارة السنوية (c°)

P: متوسط التساقط السنوي (mm)

يمكن أيضًا حساب هذا المؤشر شهريًا ويعطي مؤشرًا لدرجة الجفاف بالنسبة لمتوسط الطلب التبخيري للغلاف الجوي الذي تقربه درجة الحرارة. يزداد الجفاف عندما تنخفض قيمة المؤشر. على المستوى العالمي، اقترح De Martonne ستة أنواع رئيسية من المناخ الكلي تتراوح من المناطق الصحراوية أو شديدة الجفاف ($I < 5$) إلى المناطق الرطبة ذات الغابات في الغالب ($I > 40$). تتميز المناطق شديدة الجفاف بأمطار استثنائية (Mokhtari et al., 2013).

حيث كانت النتيجة السنوية لمدينة بسكرة تقدر بـ 4,74 أي منطقة شديدة الجفاف، وبالنسبة لشهر جانفي فالمؤشر أعطى قيمة 0,39.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	9.8	11.2	15.8	20.1	24.9	30.2	33.4	32.4	27.6	22.1	14.8	10.6
Température minimale moyenne (°C)	4.8	5.6	9.5	13.4	18.1	23	26.3	25.9	21.7	16.5	9.8	5.9
Température maximale (°C)	15.2	16.9	21.5	25.8	30.7	36	39.2	38	32.7	27.4	19.9	15.8
Précipitations (mm)	15	8	16	16	9	2	0	4	16	14	13	12
Humidité(%)	60%	50%	40%	34%	30%	24%	22%	26%	36%	43%	55%	62%
Jours de pluie (Jrée)	2	2	2	2	1	1	0	1	2	2	2	2
Heures de soleil (h)	8.5	9.4	10.4	11.4	12.5	13.0	12.8	12.1	11.0	9.9	8.9	8.3

الشكل 5-6: يبين درجة الحرارة المتوسطة، متوسط درجة الحرارة الدنيا، متوسط درجة الحرارة القصوى، التساقط، الرطوبة النسبية، عدد أيام التساقط، ساعات التشميس في مدينة بسكرة من 1991 إلى 2021، المصدر: موقع (fr.climate-data.org)

4. استخراج عينات الدراسة:

تعتبر عملية استخراج العينات من أجل القيام بالتجربة العلمية؛ عملية هامة جدا لما يجب أن تتميز به من دقة وعناية، حاولنا في هذه المرحلة تصنيف جملة من المعايير التي من شأنها تحديد العينات التمثيلية للسكنات الجماعية، فكانت معايير اختيار العينات كالآتي:

1م. احتواء العينات على الغطاء النباتي.

2م. العينات مأهولة بالسكان.

3م. اختيارها على أساس التشكيل العمراني الشائع في مدينة بسكرة.

4م. موقعها في المحيط العمراني.

5م. اختيار العينات بحسب معايشة الباحث لها (إما أن يكون ساكنا بها أو بالقرب منها، أو دائم التردد عليها)، وهذا يخدم الجانب الاستقصائي من البحث، كما يسهل الملاحظة السلوكية للسكان مستعملي مجال العينة.

6م. اختيارها على أساس سهولة الوصول إليها، وسهولة القيام بالمراقبة والملاحظة لمستعملي مجال العينة (توفر الأمان الاجتماعي).

7م. درجة ونسبة انفتاح العينة على محيطها القريب.

1.4 إحصاء وتصنيف السكنات الجماعية في مدينة بسكرة:

عملية اختيار العينات كانت على عدة مراحل، الأولى إحصاء وتصنيف السكنات الجماعية، بحسب موقعها في المدينة (ZHUN ouest, ZHUN est)، أو المنطقة المركزية، أو على طريق باتنة)، وبحسب التشكيل العمراني، ونقلا عن العمل الذي أنجزه الباحث (Tibermacine, 2016). النتيجة أن السكنات الجماعية التي بتشكيل القضبان تأخذ أعلى نسبة مئوية 66,67%؛ يندرج تحت هذا التشكيل، التشكيلات التالية (بشكل L، U، I، H) (الجدول 1-6).

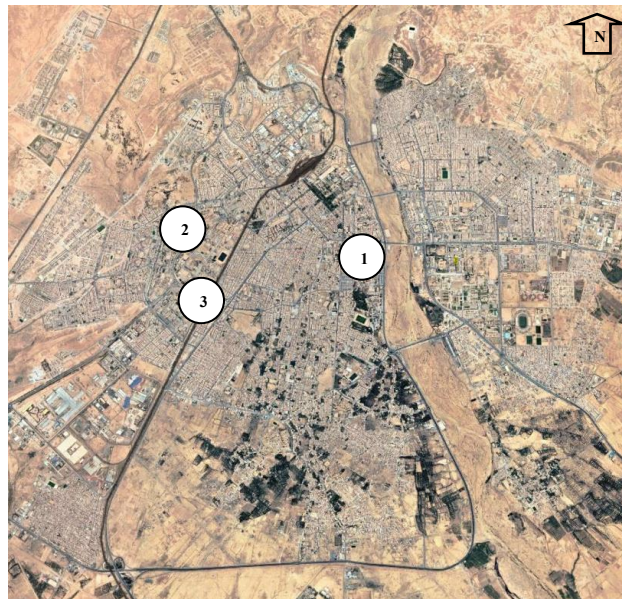
	Urban shape	band shape	Isolated	L shape	U shape	I/H shape	With courtyard	T shape	Others
central area	80 logts HLM	0	1	0	0	0	0	0	0
	150 logts HLM	1	1	0	0	0	0	0	0
	122 logts front d'oued	1	1	0	0	0	0	0	0
	114 logts	1	1	0	0	0	0	0	0
Batna road	40 logt Sarl ZIANI	1	0	0	0	0	0	0	0
	56 logt Sarl HOUHOU	1	0	0	0	0	0	0	0
	100/288 logt Sarl ELHADI	1	0	0	0	0	0	0	0
	146 logt Sarl ZIANI	0	1	0	0	0	0	0	0
	188/288 logt Sarl TAIB ELWARDI	0	0	1	1	0	0	0	1
	70 logt Sarl MADINA	1	0	1	1	0	0	0	0
ZHUN west	32 logt Sarl TAIB ELWARDI	1	0	0	0	0	0	0	0
	56 logt Sarl ALLOUI		1	1					1
	522 logt	0	0	0	1	1	1	1	1
	500 logt	0	0	1	0	0	0	0	0
	1000 logt	1	0	1	1	1	0	0	0
	100 logt	0	0	0	0	1	0	0	0
	156 logt	1	0	0	0	0	0	0	0
	48/112 logt	1	0	0	0	0	0	0	0
	72 logt Sarl NEJMA	0	0	1	0	1	0	0	0
	46 logt BERCAMA	1	1	0	0	0	0	0	0
	240 logt	1	0	0	0	0	0	0	0
	50 logt	0	0	0	0	1	0	0	0
	178 logt	1	0	0	0	0	0	0	0
	350 logt	1	0	0	0	0	0	0	1
	140 logt	0	0	1	1	0	0	0	0
	244 logt	1	0	0	0	0	0	0	0
	120 logt ENICAB	1	0	0	0	1	0	0	0
	82 logt WILAYA	0	1	1	1	0	0	0	0
	50 CNEP	0	0	0	1	0	0	0	0
	396/726 logt	1	1	1	1	0	0	0	0
	120 logt SONATRACH	1	1	0	0	0	0	0	0
	100 logts FN POSTE	1	0	0	0	0	0	0	0
	40 LPA ELHADI YUCEF	0	0	1	1	0	0	0	0
	244 logt MINYAOUUI	1	0	0	0	0	0	0	0
508/830 logt	1	0	0	0	0	0	0	0	
216/504 belaiat	1	0	0	0	0	0	0	0	
288/504 belaiat	1	0	0	0	0	0	0	0	
288 logt MDN	1	0	0	0	0	0	0	0	

	135 logt promotionnels	1	1	0	0	0	0	0	0
	120 logt DNC	0	1	0	0	0	0	0	0
	54/194 logt AMOURI	1	0	0	0	0	0	0	0
	70/194 logt AMOURI	1	0	0	0	0	0	0	0
	72/194 logt AMOURI	1	0	0	0	0	0	0	0
	40 logt ZAABOUB ELHADJ	1	1	0	0	0	0	0	0
	104 logt agence foncière	1	0	0	0	0	0	0	0
ZHUN est	748 logts	1	1	0	0	0	0	0	0
	200 logts POLICE	0	0	1	0	1	0	0	0
	20 logts	0	0	1	0	0	0	0	0
	54 logts	0	1	0	0	0	0	0	0
	322 logts	1	0	0	0	0	0	0	0
	200 logts	1	0	0	0	0	0	0	0
	50 logts POLICE	1	0	0	0	0	0	0	0
	500 logts université	1	0	0	0	0	0	0	0
	100 logts agence foncière	1	0	0	0	1	0	0	0
	50 logts	1	0	1	0	1	0	0	0
	Logements CNEP	1	0	1	0	1	0	0	0
	110 logts	0	0	1	1	0	0	0	0
	400 logts	1	1	1	0	0	0	0	0
	300 logts	1	0	0	1	0	0	0	0
	302 logts agence foncière	1	0	1	1	0	0	0	0
	350/600 logts	1	0	1	1	0	0	0	0
	110 logts	0	0	0	0	0	0	0	1
	186 logts	0	1	0	0	0	0	0	0
	190 logts	1	0	0	0	0	0	0	0
	200 logts	0	1	1	0	0	0	0	0
	50 logts SONATRACH	1	0	0	0	0	0	0	0
	110 logts agence foncière	0	0	1	1	0	0	0	0
	122 logts	1	0	0	0	0	0	0	0
150/600 logts	0	0	1	0	0	0	0	0	
Total	46	18	21	14	10	1	1	5	
%	66,67	26,09	30,43	20,29	14,49	1,45	1,45	7,25	

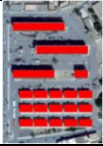


الجدول 1-6: إحصاء السكنات الجماعية بحسب تشكيلها العمراني وتموقعها في مدينة بسكرة، المصدر: (Tibermacine, 2016) بتصريف من الباحث

2.4 انتقاء العينات:

كما ذكرنا سابقا، بعد عملية الإحصاء والتصنيف للسكنات الجماعية في مدينة بسكرة، تمت عملية انتقاء العينات بحسب المعايير التي أدرجناها سابقا، فكانت النتائج كالتالي: اختيار عينة في حي HLM؛ 80 مسكن و 150 مسكن، باعتبار التشكيل العمراني (قضبان معزولة) ذات تراسف أفقي، وكذا موقعها في المنطقة المركزية للمدينة، كما أنها تشمل عينة ذات أكبر نسبة انفتاح على المحيط القريب (50 %)، كما تم اختيار 2 عينتين تقع في الجهة الغربية من المدينة، بتشكيل عمراني متنوع (قضبان معزولة بشكل مستطيل، شكل U)، بنسب انفتاح على المحيط القريب تتراوح بين 21 و14%، وجميع العينات المختارة تتوفر فيها أهم معيارين هما معاشة مجال العينة، الأمان الاجتماعي وسهولة الوصول إليها، كما تظهر الخارطة (الشكل 6-6) تموقع العينات المختارة والجدول 2-6 نتائج معايير الاختيار.



الشكل 6-6: مواقع العينات المختارة في مدينة بسكرة، المصدر: الباحث

مخطط العينة	معايير الاختيار							العينات	الرقم
	7م	6م	5م	4م	3م	2م	1م		
	نسبة ووجهة انفتاح العينة								
	50 % من مختلف الجهات	1	1	وسط المدينة	1	1	0	80+150 logts HLM	1
	21% من مختلف الجهات	1	1	الجهة الغربية	1	1	1	216 logts belaiat	2
	14% من جهة الشمال الشرقي بزواوية 45°	1	1	الجهة الغربية	1	1	1	1000 logts With U shape	3
	0: معيار غير محقق 1: معيار محقق								

الجدول 2-6: اختيار العينات التمثيلية بحسب المعايير، المصدر: الباحث.


5. منهجية الدراسة التجريبية:

تعتمد المنهجية على عمل ميداني يتلخص فيما يلي:

- أخذ صور للعينة: بهدف إحصاء الأنواع النباتية، تصنيفها، استخراج أبعادها...
- استخراج موقع العناصر النباتية في العينة عن طريق (Google map 2018)
- استخراج مكونات العينة من مساحة وحجم النباتات الموجودة فيها، مساحة وحجم النباتات السكنية...الخ.
- الحصول على معلومات إحصائية مناخية لمدينة بسكرة؛ تكون هي مدخلات عملية المحاكاة للعينة لسنة 2018.

هذه الخطوات أساسية لمرحلة نمذجة العينة، بعدها تأتي مرحلة أخذ القياسات وهي كالتالي:

قياسات ميدانية في العينة باستعمال أداة القياس (TESTO 480) وهو مخصص لقياس العناصر المهمة للمناخ، تشمل هذه القياسات درجة حرارة الهواء (T)، الرطوبة النسبية (RH) وسرعة حركة الهواء (V)، تمت القياسات في شهر جوان، جويلية، سبتمبر وأكتوبر في نقاط محددة من كل عينة.

Feature	Values	
Measurement parameters	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature (C°, F°, difference – C°, difference-F°) • Humidity (RH %, td F°, wet bulb C°, wet bulb F°, g/m³, g/ft³, g/kg, g/lb, kJ/kg, BTU/lb, ppm, vol%) • Flow velocity (m/s, ft/m) • Pressure (Pa, hPa, mbar, kPa, bar, psi, inH₂O, inHg, mmH₂O, Torr) • CO₂ (ppm, vol %) • Lux (Lux, footcandle) 	
Measuring cycle	0.5 s	
Operating temperature	0 to +40 °C	
Storage temperature	-20 to +60 °C	
		
Hand instrument	Temperature and Humidity probe	Velocity wind probe

الجدول 3-6: خصائص أدوات القياس (TESTO 480)، المصدر: (TESTO 480)

(Climate Measuring Instrument-Instruction Manual, 2016)

- إجراء استبيان مع مستعملي مجال العينة اشتمل على ثلاثة أجزاء. درس الجزء الأول تقييم العوامل المناخية المختلفة والإحساس الحراري والمتمثل في تحديد درجة الإحساس بالحرارة اللحظية عند المستجوب؛ بالتزامن مع أخذ قياسات (T)، (RH)، (V). كما درس الجزء الثاني جوانب مختلفة من التكيف الجسدي والنفسي بالإضافة إلى تقييم واستخدام مجال العينة والمتمثل في ملاحظة سلوكيات المستجوبين في مجال العينة؛ ومعرفة تعبير المستجوب في إحساسه بالحرارة بحسب هذا السلم (بارد قليلا، مريح، دافئ قليلا، دافئ، ساخن، ساخن جدا). كما تضمن جوانب أوسع، مثل

اعتياد المستعملين العيش لفترة طويلة في مجال العينة، معرفة أوقات استعمال مجال العينة في الفترة الحارة، وما إلى ذلك. وجمع الجزء الأخير من الاستبيان بيانات المراقبة مثل العمر والجنس والملابس وما إلى ذلك.

- إجراء مقارنة بين النتائج المتحصل عليها من المُستجوب فيما يخص الإحساس الحراري اللحظي (ATSV) و قيم PMV المحسوبة لنفس المستجوب باستعمال بيانات معلوماته المتحصل عليها (السن، القامة، الوزن، النوع، النشاط الأيضي و CLO) وذلك باستعمال تطبيق (RayMan_2017)، الذي نحسب به PMV باستعمال جميع المدخلات المتحصل عليها من العمل الميداني لكل مستجوب.

نوع	الساعة	ATSV	قياس T	قياس RH	قياس V	وضعية الشخص	الملابس	Clo معامل العزل الحراري	السن	وزن (كغ)	طول (م)
S ₁	10 سا	0	28.6	35.5	04.0	جالس	قميص - تيان - حذاء رياضي	0.34	25	90	1.75
S ₂	10 سا	0	28.6	35.5	04.0	جالس	قميص - تيان - حذاء رياضي	0.34	28	86	1.74
S ₃	10 سا	1+	28.6	35.5	04.0	جالس	قميص - تيان - حذاء رياضي	0.34	24	78	1.78
S ₄	10 سا	0	28.6	35.5	04.0	جالس	قميص - تيان - حذاء رياضي	0.34	22	85	1.76
S ₅	10 سا	1+	28.6	35.5	04.0	واقف	قميص صلاة - خف بلاستيكي	0.47	26	69	1.80
S ₆	10 سا	0	28.6	35.5	04.0	واقف	قميص - سروال - صندل	0.47	63	58	1.70

الجدول 6-4: جدول نمطي لأخذ القياسات أثناء استجواب مستعملي العينة

بعد هذا الإجراء الميداني تتم عملية المحاكاة عن طريق (Envi-met) وتكون بهذا الترتيب المذكور:

- إجراء محاكاة للعينة في نفس الزمن الذي أجري فيه القياس، مع مقارنة قيم (T) و (RH) و (V) المقاسة بالقيم المحاكاة؛ وحساب نسبة خطأ جذر متوسط التربيع (RMSE)؛ وكذلك استخراج قيمة معامل التحديد R² (coefficient of determination)، لمعرفة مدى تقارب القيم المتوقعة والقيم المقاسة وإثبات مدى دقة نتائج (Envi-met).

- إجراء محاكاة للعينة في سيناريوهات محددة، كل حالة يتم تحديد أنواع العناصر النباتية المقترحة، عددها، أبعادها (الارتفاع، عرض تاج الشجرة، ارتفاع تاج الشجرة، حجم التاج...)، كما يتم حساب (PET) عن طريق (Biomet) الملحق ببرنامج (Envi-met) باستعمال مدخلات شخص نمطي من المستجوبين (القامة، الوزن و السن و كذلك قيمة CLO والنشاط الأيضي) المستنتجة من الاستبيان المجري (Manteghi et al., 2016)، كما يتم استخراج القيم المتوسطة لمعامل عرض السماء (SVF) في العينة لمعرفة مدى تأثيره على درجة حرارة الهواء، القيم المتوسطة للتظليل، متوسط درجة الحرارة الإشعاعية، الرطوبة النسبية، سرعة الهواء و (PET).

6. تصميم سيناريوهات المحاكاة:

إن تصميم سيناريوهات المحاكاة يعتمد على استراتيجيتين، التبريد بالتظليل والتبريد بالتبخير، هذه الاستراتيجيات كل منها يعتمد نمط من الغطاء النباتي، فإستراتيجية التبريد بالتظليل تعتمد على الغطاء النباتي المسطح (النباتات المتسلقة)، وإستراتيجية التبريد بالتبخير تعتمد على الغطاء النباتي الكثلي (أشجار كثيفة التيجان)، والجدول التالي يبين استراتيجيات وحالات استخراج سيناريوهات محاكاة العينة.

استراتيجية التبريد بالتظليل	استراتيجية التبريد بالتبخير	
غطاء نباتي مسطح (نباتات متسلقة) من طبقة واحدة	غطاء نباتي كثيف من نفس النوع من الأشجار	الحالة 1
غطاء نباتي مسطح (نباتات متسلقة) من طبقتين	غطاء نباتي كثيف من أنواع من الأشجار تختلف في الارتفاع (غطاء متعدد الطبقات)	الحالة 2

الجدول 5-6: استراتيجيات تحديد سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث.

1.6 قواعد تصميم سيناريوهات العينات:

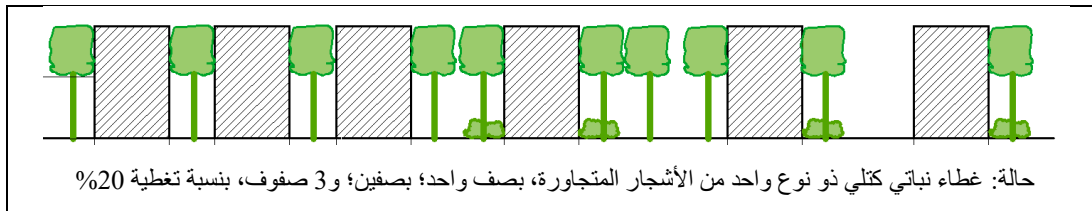
يعتمد تصميم سيناريوهات كل عينة، على استراتيجيتين مهمتين، الأولى هي التبريد بالتبخير عن طريق خاصية التبخر بالنتح، والثانية التبريد عن طريق التظليل، وذلك بهدف الوصول أو الاقتراب إلى مجال الراحة الحرارية في عينة الدراسة، في الفترة الحارة، حيث يعتمد تصميم سيناريوهات كل عينة على قواعد أساسية لا يمكن الاستغناء عنها في المجالات العمرانية:

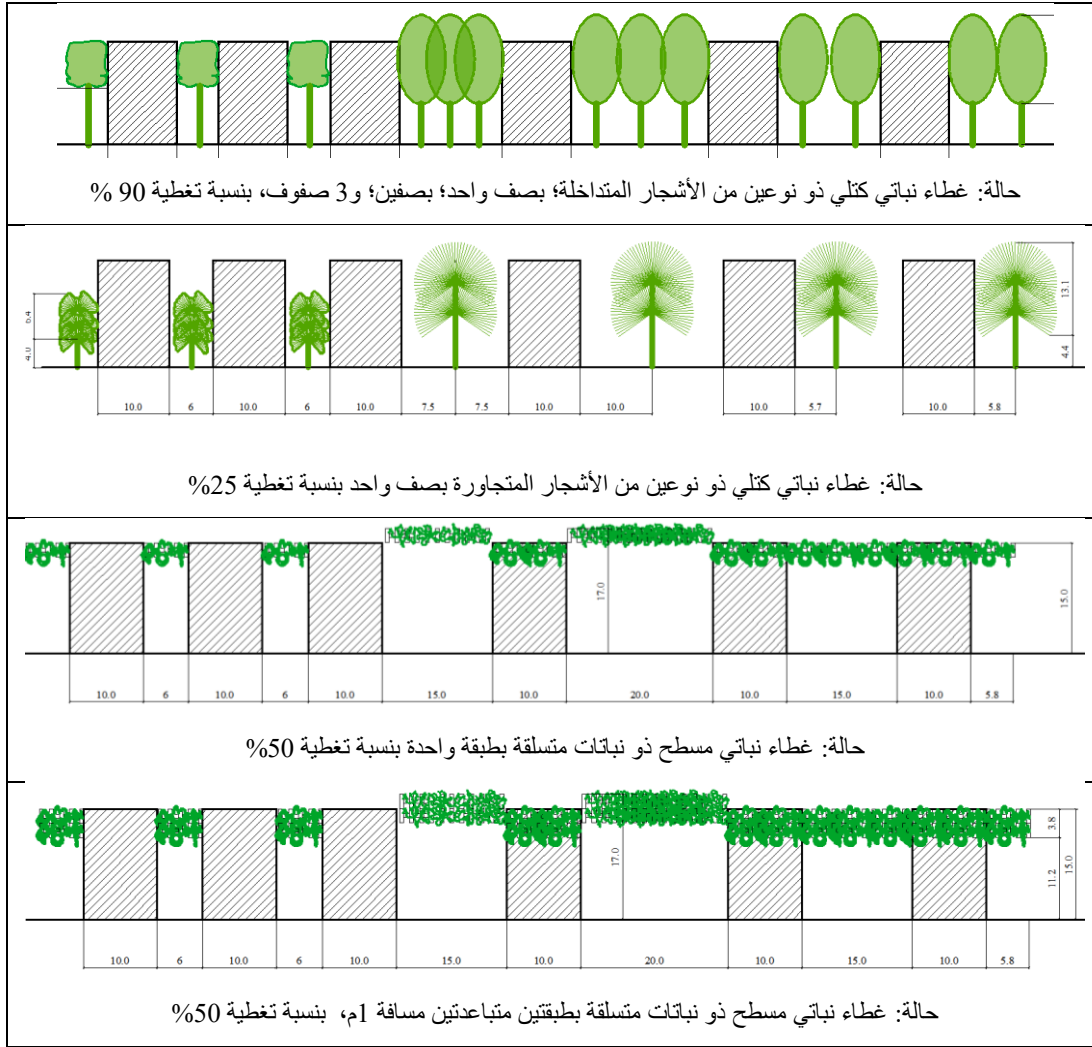
- تحديد كيفية استعمال مجال العينة من قبل السكان (استخلاص خارطة سلوكية للمستعملين في مجال العينة).
- تحديد الاحتياجات المجالية للسكان، وأخذها بعين الاعتبار في تصميم السيناريوهات.
- تحقيق خاصية التبريد بالتظليل باستعمال الأشكال النباتية المسطحة (مثل النباتات المتسلقة Climbs).
- تحقيق خاصية التبريد بالتبخير باستعمال الأشكال النباتية الكتلية .
- اختيار أنواع نباتية تسمح بتحقيق الاستعمالات الوظيفية في مجال العينة.

من هذه القواعد نصل إلى كيفية تصميم سيناريوهات العينات حسب التشكيل العمراني لكل منها، وهي كالاتي:

- **التشكيل الشريطي:** هذا النوع من التشكيلات العمرانية لا يتيح تنوعا كبيرا من حالات توضع الغطاء النباتي، لأنه يصنع ممرات تستعمل للحركة بنوعها (ميكانيكية، مشاة)، وهذا لا يتيح المجال استخدام الأشجار الكبيرة أو المظلية، طبيعة العنصر النباتي المستعمل يتراوح بين الشجيرات والأشجار ذات عرض تاج محدود يتحكم فيها عرض ممرات العينة. تتوضع عناصر الغطاء النباتي بحسب كل حالة؛ فإما أن تكون متجاورة بصف؛ صفين؛ و3 صفوف، أو متداخلة؛ بصف واحد؛ بصفين؛ و3 صفوف، أو متجاورة بصف واحد، هذا بالنسبة للغطاء النباتي ذو الطبيعة الكتلية.

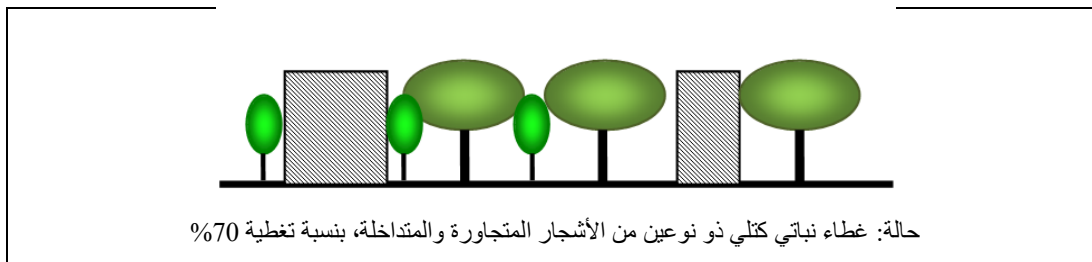
بالنسبة للحالات التي تندرج تحت الغطاء النباتي المسطح، فهي تعتمد على النباتات المتسلقة، في الأولى تشكل تغطية بطبقة واحدة، والثانية تشكل تغطية بطبقتين بفارق مسافة بينهما تقدر بـ 1م

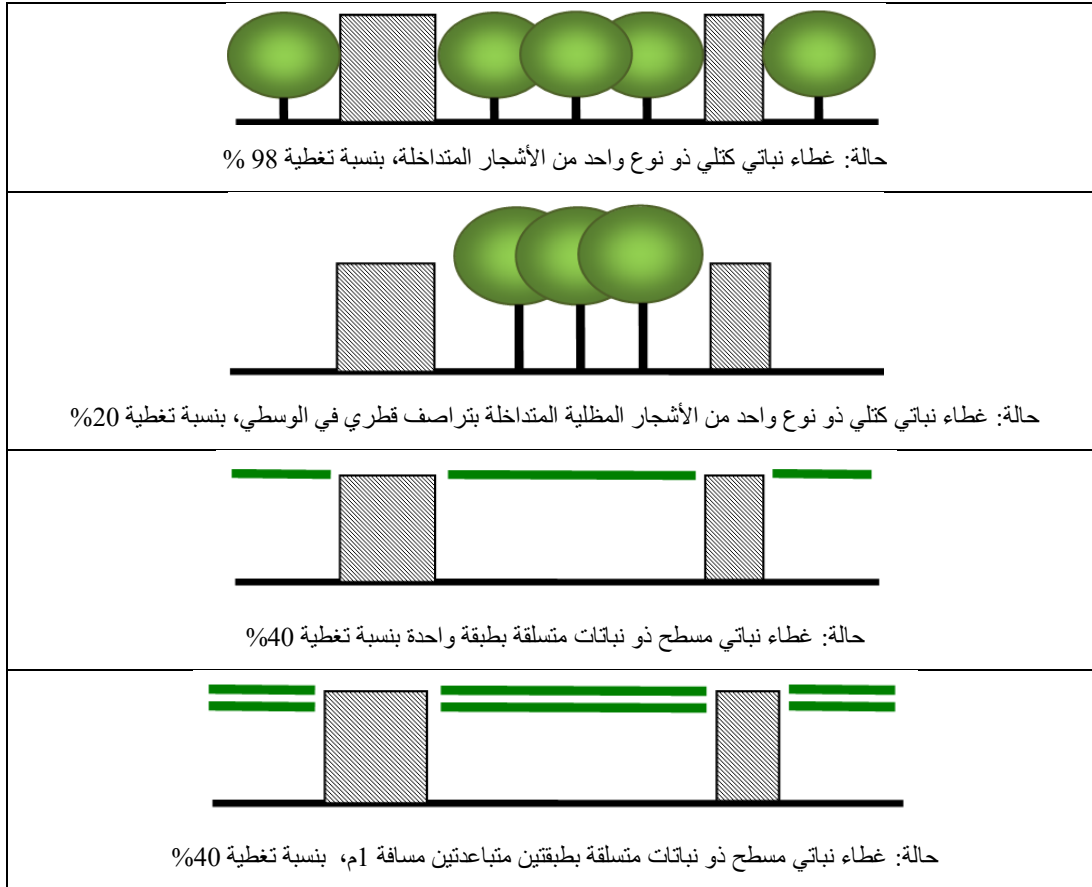




الشكل 6-7: حالات تصميم الغطاء النباتي في التشكيل الشريطي، المصدر: الباحث.

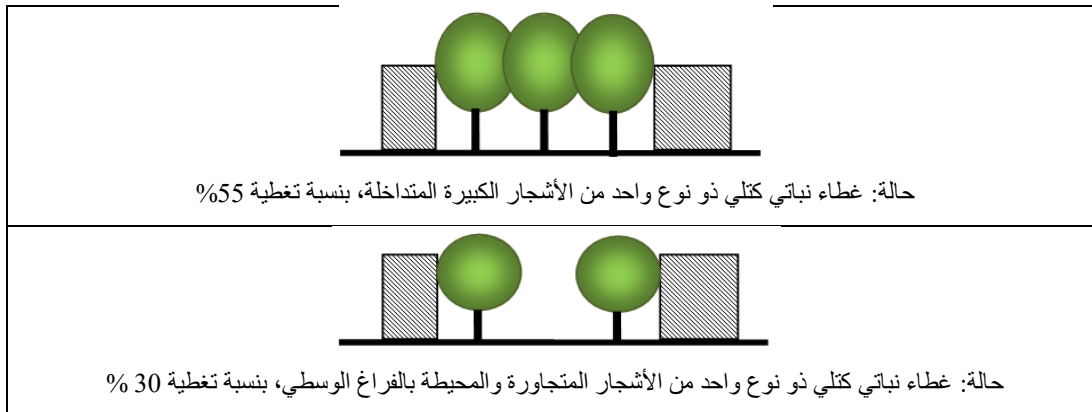
تشكيل مستطيل بقضبان منفصلة: هذا النوع من التشكيلات العمرانية يسمح بتنوع كبير من حالات توضع الغطاء النباتي، بحكم توسع مجاله الواسع، حيث يتيح استخدام الأشجار الكبيرة أو المظلية بكل سهولة تسمح بها حركة المشاة والحركة الميكانيكية التي تكون محيطية بمجال العينة. تتوضع عناصر الغطاء النباتي بحسب كل حالة؛ فإما أن تكون بنوعين من الأشجار المتداخلة والمتجاورة، أو نوع واحد من الأشجار الكبيرة المتداخلة، أو الأشجار المظلية بتراصف قطري متداخل. بالنسبة للحالات التي تندرج تحت الغطاء النباتي المسطح، فهي تعتمد على النباتات المتسلقة، في الأولى تشكل تغطية بطبقة واحدة، والثانية تشكل تغطية بطبقتين بفارق مسافة بينهما تقدر بـ 1م.

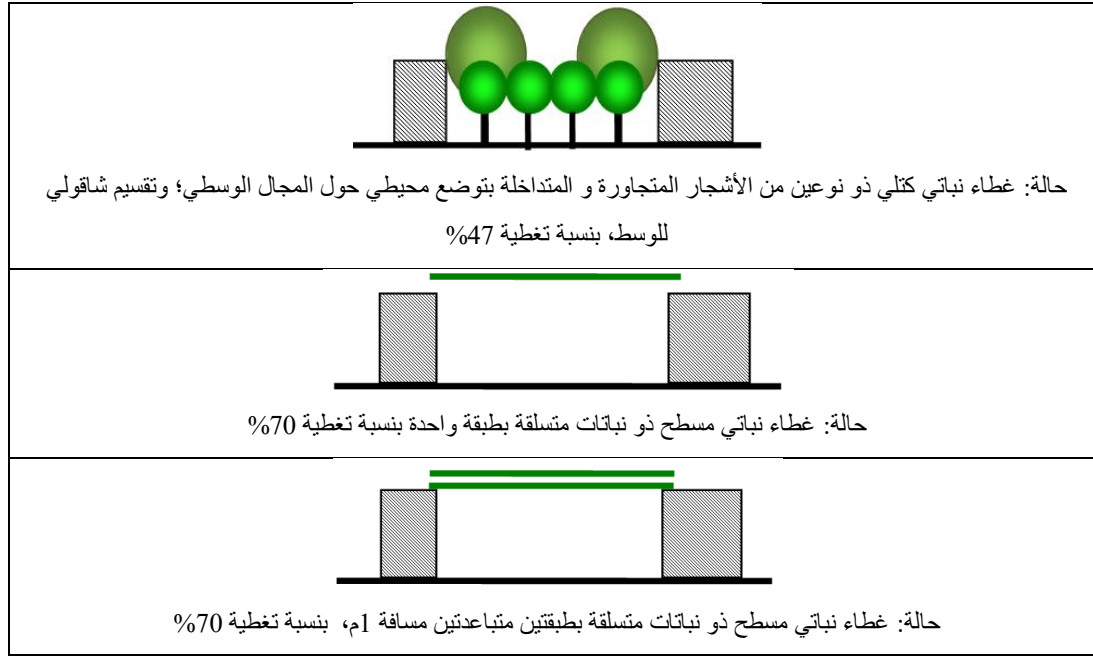




الشكل 6-8: حالات تصميم الغطاء النباتي في تشكيل مستطيل بقضبان منفصلة، المصدر: الباحث.

- **تشكيل بحرف U قضبان مستمرة:** هذا النمط من التشكيل العمراني يكون منغلقا من جهة واحدة، كما يسمح بتنوع حالات توضع الغطاء النباتي، واستخدام الأشجار الكبيرة بكل سهولة. تتوضع عناصر الغطاء النباتي بحسب كل حالة؛ فتكون بنوع من الأشجار الكبيرة متداخلة على المحور العمودي ومتجاورة على المحور الأفقي، أو متجاورة بتوضع محيطي حول الفراغ الوسطي، أو بنوعين من الأشجار المتجاورة و المتداخلة بتوضع محيطي حول المجال الوسطي للأشجار الكبيرة؛ وتقسيم شاقولي للمجال الوسطي بالشجيرات. بالنسبة للحالات التي تندرج تحت الغطاء النباتي المسطح، فهي تعتمد على النباتات المتسلقة، في الأولى تشكل تغطية بطبقة واحدة، والثانية تشكل تغطية بطبقتين بفارق مسافة بينهما تقدر بـ 1م.





الشكل 6-9: حالات تصميم الغطاء النباتي في تشكيل بحرف U قضبان مستمرة، المصدر: الباحث.

7. برنامج المحاكاة الحاسوبية:

تم تطوير طريقة برنامج المحاكاة الحاسوبية لمحاكاة ظروف المناخ المحلي للتنبؤ بالتغيرات في المناخ المحلي بسبب تعديل الغطاء النباتي والأرض في سيناريوهات مختلفة مقترحة في هذه الدراسة. في هذه الدراسة، تم اختيار نموذج ENVI- لتحقيقه أهداف البحث، كما تم شرح التفاصيل المتعلقة بعلاقة النموذج بالدراسة، والهيكل العام للنموذج، والاختبار المسبق وتطوير الشجرة المحلية الفعلية.

نموذج (ENVI-met) هو نموذج عددي ثلاثي الأبعاد قادر على محاكاة التفاعلات الحرارية بين سطح النبات والهواء بناءً على ديناميكيات السوائل؛ أساسيات الديناميكا الحرارية ونقل الحرارة بدقة نموذجية تتراوح من 0.5 إلى 10 أمتار في الفضاء، من مبنى واحد إلى نطاق عمراني، بحد أقصى 250 شبكة (M. Bruse, 2016). كما أنه نموذج تنبؤي غير هيدروستاتيكي يعتمد على القوانين الأساسية لديناميكيات السوائل ونقل الحرارة في عبوة تم تحسينها بشكل كبير من الاستخدام الوحيد لحزمة CFD لمحاكاة ديناميات الموائع (Ali-Toudert & Mayer, 2006). لديها القدرة شبه الكاملة لمحاكاة البيئات المبنية من المناخ المحلي إلى مقياس المناخ المحلي في أي مكان، بغض النظر عن المبالغة في التقدير بسبب عدم حساب تخزين حرارة التربة (Spangenberg et al., 2008)، والإفراط في تقدير الإشعاع العالمي نهائياً والنقل من أهمية التبريد الليلي ليلاً (Toudert, 2005). علاوة على ذلك، يوفر مزيج ENVI-met من مخرجات الأرصاد الجوية الحيوية فهماً متعمقاً للمناخ في طبقة المظلة الحضرية (Fahmy & Sharples, 2009).

تم اعتبار ENVI-met مفضلاً لأنه يطبق نموذجاً فرعياً للتربة والنبات والهواء. تتضمن قاعدة بيانات النباتات الخاصة بها تمثيلات فسيولوجية عديدة لأنواع النباتات، باستخدام كثافة مساحة الأوراق، والارتفاع، والبياض (Albedo)، ومقاومة الثغور، ودرجة حرارة الأوراق، والتبادل الحراري، وتبادل البخار، واعتراض المياه، وتدفق سطح الأرض، بالإضافة إلى

مخرجات الأرصاد الجوية الكاملة في النموذج الرئيسي. يوفر نموذج الغطاء النباتي ENVI-met العملية التقنية الفعلية في الأشجار المفردة ويتكون من أربعة نماذج فرعية (Fahmy et al., 2009).

- يتضمن حل تفاعلات درجة الحرارة والرطوبة وحركة الهواء بين الهواء وأوراق الشجر باستخدام التدفقات المضطربة للحرارة والنموذج الفرعي للبخار.
- قام النموذج بحساب تفاعل تبخر ونتح الماء من التربة عبر النبات اعتماداً على عدد الثغور ومقاومتها من خلال الأوراق.
- عملية التحكم في أوراق الشجر في إشعاع الموجة القصيرة الصافي الذي يمتصه النبات والتي عززت المسار في اعتراض إشعاع النبات الذي تم حسابه بواسطة نموذج فرعي لميزانية ورقة الحالة المستقرة اعتماداً على عامل انتقال الضوء وبياض (Albedo) أوراق الشجر.
- حساب كتلة الماء من التربة من خلال الورقة التي تتحكم بآليات الانتشار الهيدروليكي للتربة والتي تسمح بحدوث تأثير التبخر، مع تحمل مقاومة الثغور وحالة مياه التربة (D. Bruse, 2017).
- كانت هذه العوامل مطلوبة في الغالب من أجل تحقيق أهداف هذه الدراسة. يتم استخدام ENVI-met بكفاءة في الأدبيات وتم التحقق من صحته لتقييم البيئة المبنية (Ali-Toudert & Mayer, 2007) (Mansouri et al., 2017) (Fahmy & Sharples, 2009).
- يوفر إنتاج المخرجات ذات الدقة المكانية والزمنية العالية مقارنة بالنماذج الأخرى فهماً أفضل للمناخ المحلي على مستوى عينة الدراسة. كما أنه يتطلب عدداً قليلاً من معلمات الإدخال ويحسب عوامل المناخ المحلي المهمة مثل درجات حرارة الهواء والسطحية والرطوبة وسرعة الرياح واتجاهها وتدفق إشعاع الموجة القصيرة والطويلة (Ali-Toudert & Mayer, 2006).

1.7 مدى ملائمة ENVI-met للدراسة:

- الميزة الرئيسية لـ ENVI-met هي أنها واحدة من النماذج الأولى التي تسعى إلى إعادة إنتاج العمليات الرئيسية في الغلاف الجوي التي تؤثر على المناخ المحلي على أساس فيزيائي راسخ، وهي القوانين الأساسية لديناميكيات السوائل والديناميكا الحرارية، بناءً على أهداف العمل الحالي، تقدم ENVI-met العديد من المزايا:
- يحاكي هذا النموذج الديناميكيات المناخية الدقيقة خلال دورة مدتها 24 ساعة مع ثابتة وغير هيدروستاتيكية ويتنبأ بجميع عمليات التبادل بما في ذلك درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وتدفق الإشعاع والاضطراب ومتوسط درجة الحرارة المشعة.
- لا يعتبر الغطاء النباتي عقبة مسامية أمام الرياح والإشعاع الشمسي فحسب؛ بدلاً من ذلك، يشتمل النموذج أيضاً على العمليات الفسيولوجية للتبخر، والتمثيل الضوئي، وتدفق الحرارة المعقول من الغطاء النباتي إلى الهواء. كان استخدام قيم LAI و LAD في تحديد خصائص مظلة الشجرة ذات صلة بالعمل الحالي والسابق. يمكن استخدام أنواع مختلفة من النباتات ذات الخصائص المحددة ويمكن للمستخدمين تطوير خصائص شجرة جديدة وفقاً للأشجار الفعلية الموجودة في الموقع حيث تُعرف قيم LAI / LAD. تعتبر التربة أيضاً حجماً يتكون من عدة طبقات ويمكن أن تكون الأرض أنواعاً مختلفة. يتم أيضاً حساب تبادل الماء والحرارة داخل نظام التربة.

- نظرًا لأن الدراسة ركزت على التفاعل بين سطح النبات والهواء، فمن الممكن أن يتعامل النموذج مع ميزانية الطاقة على سطح الأرض. النواتج هي درجة حرارة السطح والرطوبة بالإضافة إلى تدفقات الحرارة المعقولة والكامنة. يتم استخدام سطح الأرض والجدران كظروف حدودية لنموذج الغلاف الجوي (سطح الأرض والجدران) ونموذج التربة (سطح الأرض).
- من الممكن تصميم وتطوير مساحة كبيرة من الهياكل الحضرية المعقدة. على سبيل المثال، يمكن تصميم المباني بالأشكال والارتفاعات وفقاً لظروف الموقع الفعلية، ولا سيما ذات الصلة بالعمل الحالي.
- يتطلب النموذج عدداً محدوداً من المدخلات ويوفر عدداً كبيراً من المخرجات بما في ذلك حساب وإخراج متوسط درجة الحرارة المشعة، MRT ، كمتغير رئيسي في الراحة الخارجية والرطوبة المطلقة في تحديد تأثير عملية التبخر.
- تسمح الدقة المكانية العالية (حتى 0,5 متر أفقياً) والدقة الزمنية العالية (حتى 10 ثوانٍ) بقراءة دقيقة للتغيرات المناخية، خاصة فيما يتعلق بالتفاعل الأرضي والنباتي مع البيئة وذات الصلة بقضايا الراحة. تسمح المستقبلات المتوفرة في النموذج للمستخدم بتصميم وتوفير العديد من النقاط في منطقة النموذج حيث تتم مراقبة العمليات في الغلاف الجوي والتربة بالتفصيل.

الخلاصة:

يعتبر هذا القسم من البحث تحضيراً للتجربة العلمية التي سنقوم بها في الفصول المتبقية أين عرفنا بمنطقة الدراسة تضاريسياً؛ حيث تربع المدينة على مساحة 127,7 كم² تحيطها سلسلة مرتفعات شمالية تصل إلى علو 400 م، كما قدمنا حالة الدراسة تقديماً مناخياً بالاستعانة بأشهر المؤشرات البيومناخية الخاصة بدراسة الأقاليم الحارة؛ فمدينة بسكرة يُصنف مناخها بالصحراوي ذو شتاء معتدل بحسب مؤشر المناخ الحيوي EMBERGER؛ وتتميز بأنها منطقة شديدة الجفاف حيث يبلغ مؤشر MARTONNE فيها قيمة 4,74 وهو أقل من 5 (القيمة الحدية للمؤشر). كما قمنا بتحليل عمراني يعتمد على دراسة نمطية لمختلف التشكيلات العمرانية للسكان الجماعية حسب دراسة (Tibermacine, 2016)؛ حيث كان تشكيل القصبان هو النمط الشائع في المدينة؛ والذي تندرج تحته عدة أنماط من التشكيل العمراني، تم اختيارنا لعينات حسب معايير حددناها مسبقاً تتناسب مع ظروف ومعدات العمل الميداني، والذي يتبع خطوات منهجية لهذه الدراسة المتمثلة في جمع المعلومات حول العينات المختارة والتي تمكننا من صنع نماذج رقمية لها عن طريق ENVI-met، كما تمكننا من الحصول على بعض المدخلات رقمية لـ ENVI-met كخطوة أولى، وفي الخطوة الثانية المتمثلة في جمع المعلومات من القياسات الميدانية لدرجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية و سرعة الرياح (T, RH, V) عن طريق الجهاز TESTO 480؛ في نقاط محددة مسبقاً في كل عينة؛ والمجراة في الفترة الحارة من سنة 2018، هذه القياسات تهدف للتحقق من دقة النتائج المتحصل عليها من المحاكاة عبر ENVI-met. في الخطوة الثالثة والتي هي عبارة عن إجراء استبيان مع مستعمل المجال الخارجي للعينة وملاحظة على سلوكياته في نفس الفترة الحارة، والذي ينقسم إلى جزء أول يتم فيه تقييم الإحساس الحراري اللحظي للمستعمل مع قياس (T, RH, V)؛ وتحديد موقعه على خارطة العينة، مع جمع المعلومات الخاصة به (نوع اللباس، السن، القامة، النوع، الوزن، نوع النشاط الفيزيائي)، والتي تستخدم فيما بعد كمدخلات لحساب PMV و PET وتحديد مجال الراحة الحرارية في هذه الفترة. والجزء الثاني نتطرق فيه لجوانب التكيف الجسدي والنفسي عند مستعمل المجال في الفترة الحارة وذلك عن طريق ملاحظة ومراقبة سلوكياته مع تحديد شعوره الحراري اللحظي (ATSV) ومقارنته بـ PMV المحسوب لنفس المستجوب باستعمال مدخلاته الشخصية والمدخلات المقاسة باستعمال

RayMan_2017. والجزء الثالث احتوى على استبيان عن معرفة أوقات استعمال مجال العينة في الفترة الحارة وكيفية استعمالها، مع تحديد مواقع تواجد المستعمل في أغلب الأوقات، كما تطرقنا في هذه الإستبانة إلى النقص التي يحتاجها المستعمل في مجال العينة. أما الخطوة الثالثة في الدراسة فهي تعتمد على تحديد سيناريوهات المحاكاة و الذي يمس العناصر النباتية وكيفية تصميمها في مجال العينة، حيث نعلم في تصميم الغطاء النباتي على استراتيجيتين الأولى هي التبريد بخاصية التظليل والتي تعتمد على اختيار الأنواع النباتية المتسلقة، والثانية هي التبريد بخاصية التبخر-النتح وهذا عن طريق أنواع نباتية كثلية الكثيفة. كما أن طريقة توضع عناصر الغطاء النباتي و التباعد بينها تتحكم فيها قواعد أهمها كيفية استعمال مجال العينة من قبل السكان والأخذ بعين الاعتبار احتياجاتهم لأنماط الغطاء النباتي (المستخلصة من ملاحظة ومراقبة مجال العينة والخارطة السلوكية لمستعمليها). وكمرحلة أخيرة نتطرق للبرنامج المستخدم في عملية المحاكاة (ENVI-met) الذي يعتبر نموذج ثلاثي الأبعاد قادر على محاكاة التفاعلات الحرارية بين سطح النبات و الهواء و سطح العناصر البنائية (البناء، مختلف أنواع الأسطح الأرضية..) والتنبؤ بالقيم الساعية لمختلف العناصر المناخية بشكل شبكي ذو حدود قصوى $250 * 250 * 30$ خلية تعشيش (nest grid) تتوافق مع المحاور التالية (Z, Y, X). نعلم على هذا البرنامج في محاكاة السيناريوهات المقترحة لمعرفة أفضل سيناريو وأحسن تصميم للغطاء النباتي الذي يحقق أو يقارب مجال الراحة الحرارية في الفترة الحارة.

الدراسة التجريبية على العينات

الفصل السابع:

دراسة العينة 1

“A person who never made a mistake never tried anything new.”

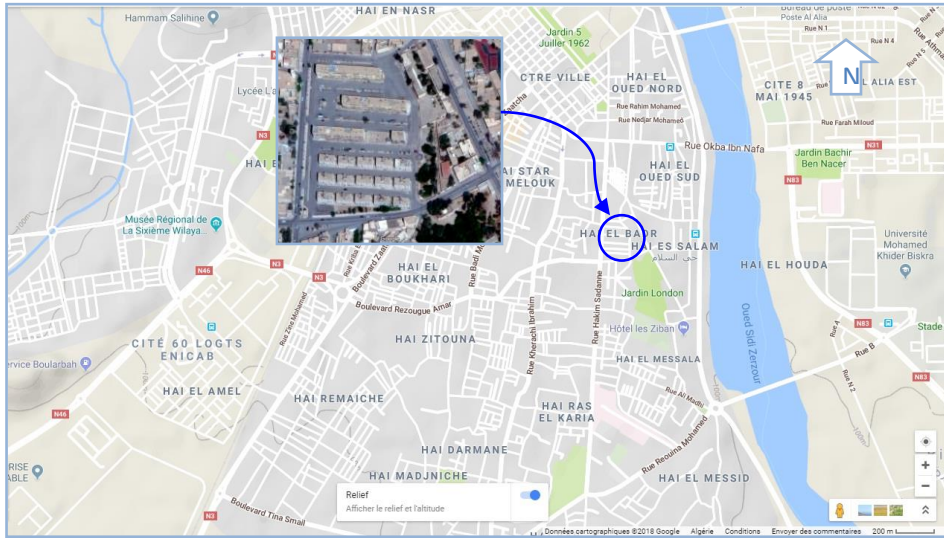
Albert Einstein

مقدمة:

في هذا الفصل نتطرق إلى العينة الأولى من السكنات الجماعية، تقع في المركز الهندسي للمدينة بإحداثيات (خط عرض 34,847 وخط طول 5,731)، أين تكون الأرضية ذو طبيعة مختلفة عن باقي العينات (أرضية إسفلتية)، وتشكيلها العمراني بشكل قضبان طويلة باتجاه شرق-غرب، كما أن معامل حد الخشونة (roughness length) يقدر بـ 0,498، مع قيمة المتوسطة لنسبة الانسداد تصل إلى 0,10.

1. دراسة العينة 1: حي البدر (HLM)

الموقع: يعتبر من الأحياء القديمة منذ الفترة الاستعمارية، يقع في المنطقة المركزية للمدينة، يحده من الشمال مدرسة أساسية ومن الشرق ساحة عامة مسورة ومدرسة أساسية ومن الجنوب شارع رئيسي، مطلة عليه "حديقة لندن"، ومن الغرب شارع الحكيم سعدان.



الشكل 1-7: تعيين موقع حي البدر (HLM)، المصدر: (www.google.com)، 2018.

مكونات العينة وشكلها: هو عبارة عن جزئين من سكنات جماعية الأول 140 مسكن تتوضع عماراته بشكل خطي أو قضبان، والثاني يتمثل في 90 مسكن وهو بشكل مباني معزولة، حيث مجموع السكنات 230 مسكن، ارتفاع عمارات 140 مسكن ذات التوضع الشريطي يصل إلى 15 م، أما عمارات 90 مسكن يبلغ ارتفاعها 9 م.

المحيط القريب بالحي: يحيط بالحي مجال مبني بارتفاع يقارب 10 م، وهذا في الاتجاهات الشمالية، الشرقية، الغربية والجنوبية، أما الاتجاه الجنوب الشرقي توجد فيه حديقة العامة وهي عبارة غطاء نباتي كثيف، كما أن أرضية الحي عبارة عن مساحة إسفلتية.

معلومات وقيم المدخلات (inputs data)			
مساحة العينة	16800 م ²	مساحة البناء	3000 م ²
حجم العينة	212500 م ³	حجم البناء	45000 م ³
حد الخشونة (roughness length)	0,498	درجة حرارة الهواء الابتدائية	33 م°
تاريخ المحاكاة	14 يوليو	الرطوبة النسبية على ارتفاع 2 م من سطح الأرض	20 %
زمن المحاكاة	24 ساعة	طبيعة أرضية العينة	اسفلتية (Asphalt)
سرعة الرياح على ارتفاع 10 م	6,64 م/ثا	اتجاه الرياح	45°
نسبة انفتاح محيط العينة	50%	متوسط نسبة الانسداد (Rb)	0,10

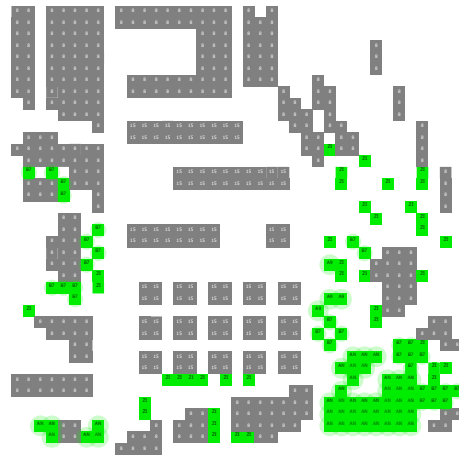


الجدول 1-7: معلومات حول العينة 1

التركيبية والأنواع النباتية المتواجدة في العينة: بالنسبة لمجال العينة 1، فإن الغطاء النباتي منعدم فيه، بسبب أن أرضية مجال العينة عبارة عن اسفلت وهي تعتبر مجال لتنتقل الحركة الميكانيكية، والغطاء النباتي الوحيد يوجد حول مجال العينة، والمتمثل في حديقة لندن في الاتجاه الجنوبي للعينة، بعض الأشجار والشجيرات المتواجدة في الجهة الشرقية لمجال العينة، كما توجد بعض أشجار الطرقات المتراففة بطريقة غير منتظمة على طول شارع حكيم سعدان، أي في الجهة الغربية لمجال العينة، والجدول التالي يمثل عينات من الغطاء النباتي المتواجد حول مجال العينة.

Sample of trees	Tree's name	Height (m)	Crown's volume (m3)	N ^{nb} of trees
tree, dense, deciduous	Jamblon, jamelonier	12	344	4
Palm, dense, medium	Phoenix canariensis	15	243	2
Cylindrical, dense, small	Myoporum laetum	4	27	40
Cylindrical, dense, medium	Pinus halepensis	6	76	31
Cylindrical, dense, medium	Ficus retusa	11	324	44
Irregular, dense, medium	Eucalytus camaldulensis.	15	855	2

الجدول 2-7: إحصاء الأنواع النباتية الموجودة في العينة



الشكل 2-7: يمثل خارطة توضع الأنواع النباتية المتواجدة في العينة

النمط	الاسم العلمي	الاسم الشائع	الارتفاع	النوع	الشكل	الإزهار	الاستعمال	الصورة
أشجار وشجيرات	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels.	Jamblon, jamelonier	9-12م	دائمة	رأس دائري	مارس أفريل	معزولة، في مجموعات، في باقات	
	<i>Myoporum laetum</i> G.Forst	Myoporum	4-6م	دائمة	ملتفة	صيف	كثلية، بشكل باقات، جدران نباتية	
	<i>Pinus halepensis</i> Mill., 1768	Pin d'Alep	20م	دائمة	غير منتظمة، قليلة الكثافة، قمة منتشرة	أفريل- ماي	معزولة، في مجموعات، في باقات	
	<i>Ficus retusa</i> L., 1767	Ficus	30م	دائمة	قمة مفتوحة	الربيع	للتزيين	
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> . Dehnh., 1832	Eucalyptus rouge	إلى غاية 40م	دائمة	أشكال مختلفة	شتاء	في الحدائق الكبيرة، تخفيف المناطق الرطبة، ظل	
	<i>Phoenix canariensis</i> Hort. ex Chabaud,	Palmier des Canaries	10-13م	دائمة	قائمة، ذات تاج	صيف	للتزيين، للترافف	

الجدول 3-7: الأنواع النباتية الموجودة في العينة 1، المصدر: عن (Maaoui, 2014) بتصريف من الباحث.

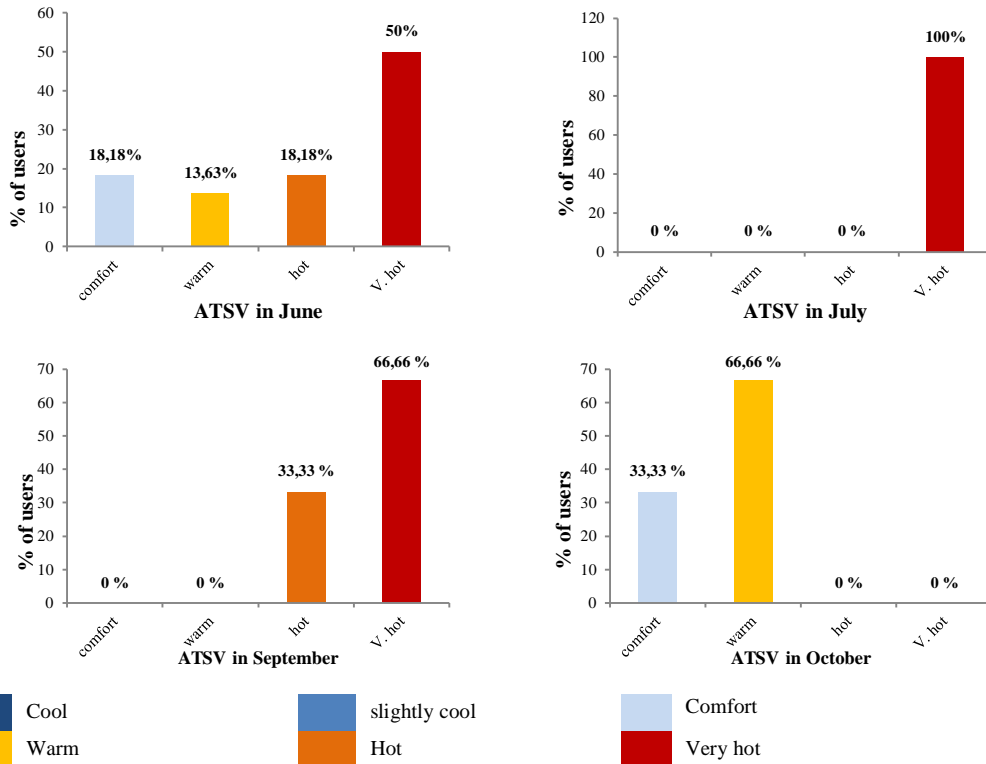
2. نتائج الاستبيان المجري مع مستعملي مجال العينة 1:

النتائج الإحصائية لتصويت الإحساس الحراري الآتي (ATSV):

بتاريخ 16 يونيو، 14 يوليو، 17 سبتمبر، 15 أكتوبر من سنة 2018، تم استجواب مستعملي المجال الخارجي للعينة عن مدى إحساسهم بالراحة أثناء الاستجواب (Actual thermal sensation vote)، فكانت النتائج أن متوسط نسبة المستجوبين الذين يحسون بالراحة ويعبرون عنه بصفة معتدل تقدر بـ 18,18% في شهر يونيو؛ 0% في شهر سبتمبر؛ 33,33% في شهر أكتوبر ما عدا شهر يوليو الذي يعتبر الشهر الأشد حرارة في هذه الفترة. مجال درجة الحرارة المقاسة عند هذه الفئة تتراوح بين 25,2 و 28,6 م°؛ أما الرطوبة النسبية ما بين 25,2 و 35,5% وبالنسبة لسرعة الهواء ما بين 1,6 و 4 م/ثا، وفي الجدول 3؛ نبين حدود الراحة الحرارية لكل شهر:

أكتوبر		سبتمبر		يونيو		حدود الراحة الحرارية المحسوسة في كل شهر
Max	Min	Max	Min	Max	Min	
-	25,2	-	-	-	28,6	T (c°)
45,8	-	-	-	35,5	-	RH (%)
1,6	-	-	-	4	-	V (m/s)

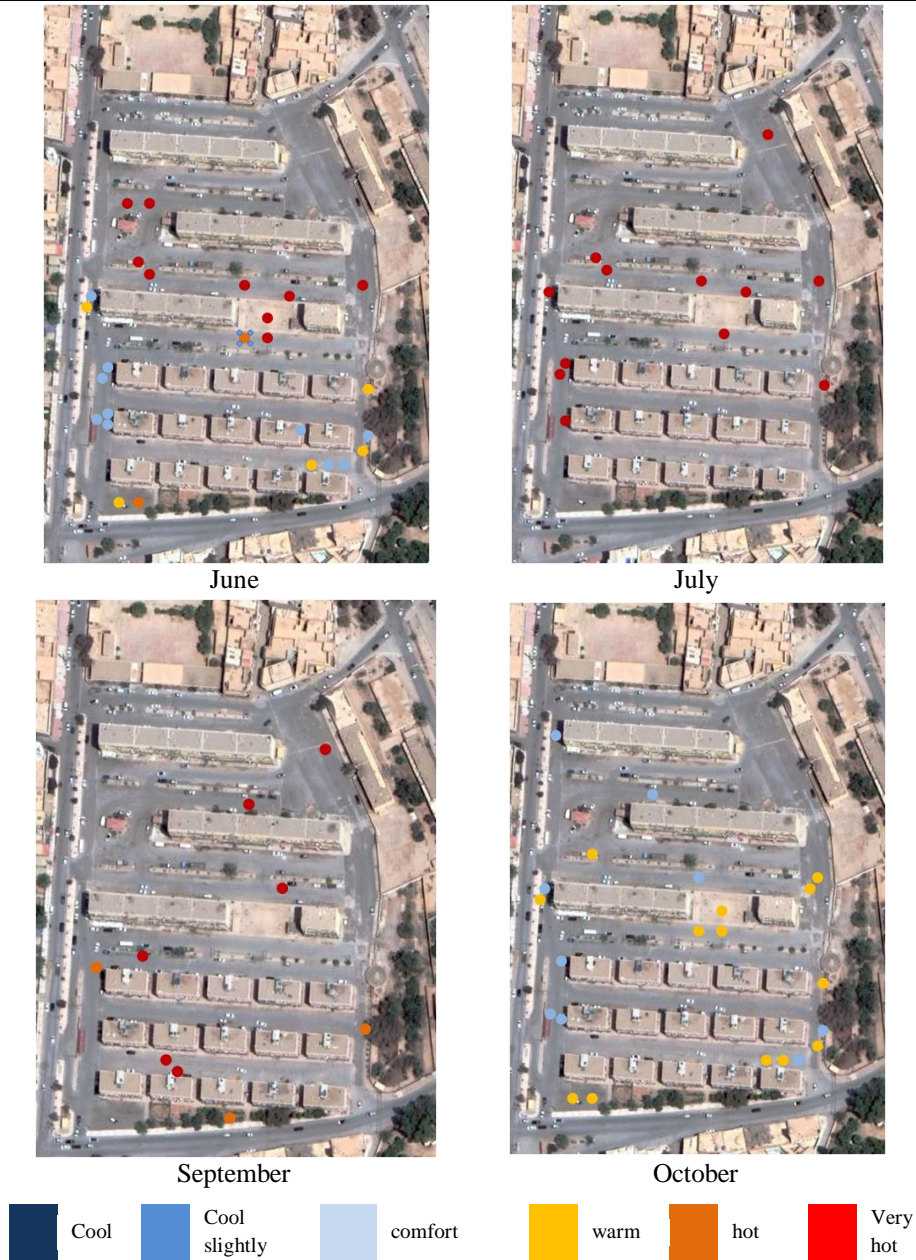
الجدول 4-7: حدود الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل شهر قياس



الشكل 3-7: نسبة المستجوبين الذين يعبرون عن إحساسهم بالراحة الحرارية في مجال العينة

3. التحليل السلوكي لمستعملي مجال العينة:

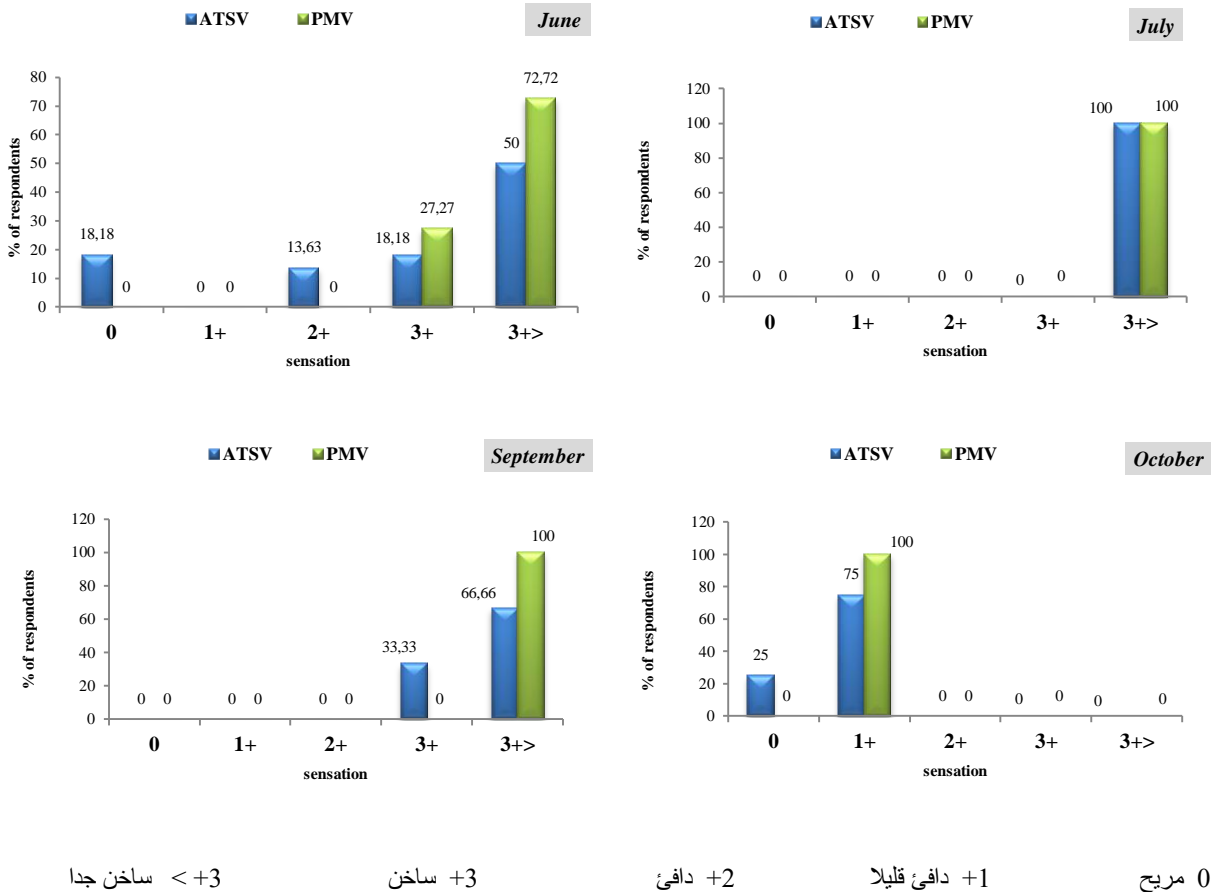
نلاحظ أن فئة المستجوبين التي عبرت بالرضا عن الحالة الحرارية تحددت أغلب مواقعهم تحت ظلال البنايات أو الأشجار القليلة الموجودة (الشكل 4-7). للظلال التأثير كبير على الإحساس بالراحة الحرارية؛ وليس هو العامل الوحيد بل هناك سرعة الهواء التي كان لها التأثير الكبير في الإحساس بالراحة الحرارية، ففي شهر يونيو معظم المستجوبين كانوا يجلسون أو يقفون بمحاذاة البنايات وفي مهب الهواء حيث بلغت سرعته 4 م/ثا باتجاه حركته من الجنوب إلى الشمال؛ وهذا ما يسمى مفعول التبريد بالهواء، كما أن معامل العزل الحراري (CLO) الذي له تأثير كبير على المستعمل والمتعلق بنوع اللباس ونسبة تغطيته للجسم، حيث كان متوسط (CLO) في شهري يونيو وأكتوبر يصل إلى 0,44 (الشهرين اللذين سجلا فيهما إحساسا بالراحة الحرارية لدى المستجوبين) (Yahia, 2012).



الشكل 4-7: خارطة سلوك لموقع المستجوبين؛ في كل شهر قياس، المصدر: الباحث، 2018

هناك عنصر مهم جدا يتدخل في الإحساس بالراحة الحرارية لدى مستعمل مجال الخارجي وهو التأقلم المناخي وقدرة المستعمل على التعايش مع الحالة الحرارية (Enescu, 2019)؛ والذي يندرج تحته التأقلم عن طريق السلوك، وقد تتمثل في تصرفات يقوم بها مستعمل المجال لتغيير بينته الحرارية كتخفيف من اللباس، شرب مرطبات، التنقل في أماكن مظلة.... الخ. أما عن الطريقة الثانية للتأقلم فهي فيسيولوجية الجسم البشري الذي هو عبارة عن نظام معقد؛ يتأقلم تدريجيا مع التغيير الحاصل لمحيطه الحراري، والذي قد يصل إلى أقصاه 42 م° (Lim, 2020)، فمثلا تغيير في عمليات الأيض المسؤولة عن إنتاج الطاقة، أو انخفاض في نبضات القلب، أو حتى تعرق بشرة الجسم؛ يسمى بالتحمل الحراري الذي هو قدرة الجسم وهياكله الخلوية على تحمل الإجهاد الحراري الذي يتجاوز نطاق درجة الحرارة المثلى للأداء البشري (Hanna & Tait, 2015).

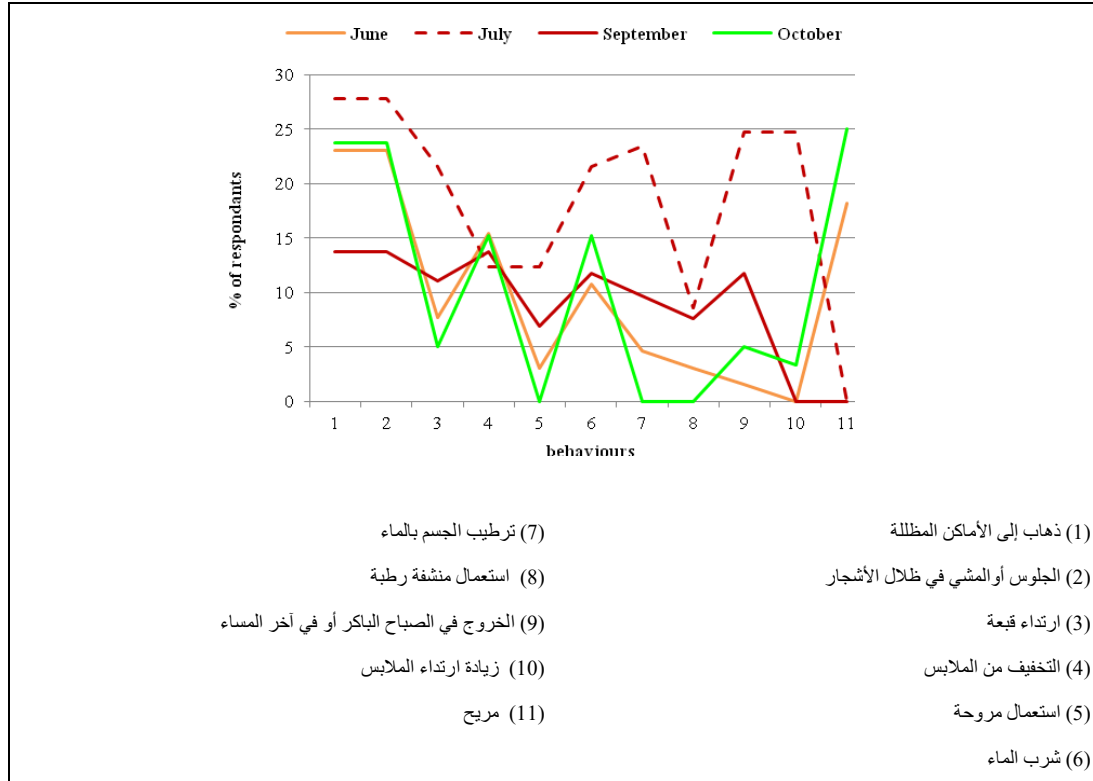
من خلال الشكل 5-7، والذي يمثل مقارنة بين تصويت الإحساس الحراري الأني (ATSV) و (PMV) المحسوب بنموذج (RayMan_2017)، وهذا عند المستجوبين في مختلف أشهر القياس، وجدنا أن المستجوبين الذين يحسون بالراحة الحرارية في درجة حرارة الهواء 28,6 ورطوبة نسبية 35,5% مع سرعة هواء تبلغ 4 م/ثا، قيم PMV المحسوبة ما بين 2,1+ و 2,3+ تدل على أن الجو حار غير مقبول على الإطلاق. عند المستجوبين الذين يحسون بدفء الجو قليلا كانت قيم PMV في حدود 2,1+ أي الجو حار وغير مقبول، وهذا الاختلاف بين ما عبر عليه المستجوبون من احساس حراري لحظي وبين قيم PMV المحسوبة بنفس مدخلات المستجوبين يظهر أكثر في شهر يونيو، ويدل على تعايش وتعود الجسم البشري على الحالة الحرارية في مجال العينة.



الشكل 5-7: مقارنة بين (PMV) و (ATSV) في كل شهر تمت فيه القياسات، المصدر: الباحث، 2018.

وكما هو مبين في الشكل 6-7؛ نتائج الاستجواب مع مستعملي مجال العينة في شهر يونيو، يوليو، سبتمبر وأكتوبر تتمثل في القيام بسلوكيات للتخفيف من شدة الحرارة، تظهر بشدة في شهر يوليو وتتمثل في الذهاب إلى أماكن مظلمة، الوقوف أو المشي تحت ظل الأشجار، استعمال القبعة، استعمال مروحة لتحريك الهواء، التقليل من الملابس، أو ارتداء ملابس خفيفة؛ ذات معامل عزل أقل، شرب الماء، تبليل الجسم بالماء أو استعمال منشفة مبللة، الخروج في الصباح الباكر أو عند آخر المساء، وكلها بنسب متغيرة من 8,6 إلى 27,8%، حيث أن جميع السلوكيات استعمالها المستجوبون في شهر يوليو يتقدمها سلوك استعمال الأماكن المظلمة وظلال الأشجار بقيم أعلى، ويبقى هذا السلوك الأخير هو السائد بالنسبة لبقية الأشهر، يليه شهر سبتمبر الذي استعمل فيه جميع السلوكيات بنسب أقل في شهر يوليو، يليه شهر يونيو الذي استعملت فيه جميع

السلوكيات لكن بنسب أقل من شهر سبتمبر؛ مع وجود نسبة 7,7% من المستجوبين تعبر عن الراحة، وفي الأخير شهر أكتوبر الذي استغنى فيه المستجوبون عن بعض السلوكيات وهي استعمال المروحة، ترطيب الجسم بالماء واستعمال منشفة رطبة، أما باقي السلوكيات فكان بنسب أقل من شهر يونيو، وهذا ما هو ملاحظ من القياسات المأخوذة، كانت سرعة الهواء أعلى نسبيا مقارنة بشهر يوليو، كما هي الزيادة في الرطوبة النسبية لشهر أكتوبر. كما وجدت قيمة 18,2% و 25% من المستجوبين عبروا عن وجود راحة حرارية في شهري يونيو وسبتمبر على الترتيب.



الشكل 6-7: تغيير سلوك مستعملي مجال العينة في كل شهر قياس

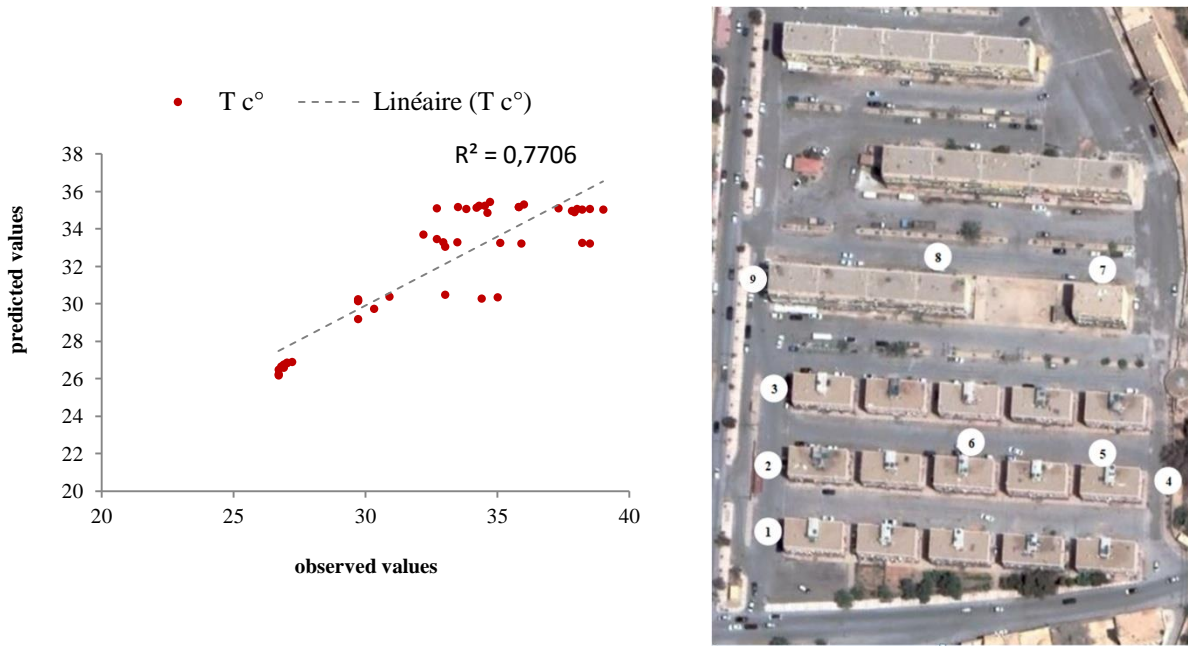
أغلبية المستجوبين يستعملون مجال العينة في أوقات من اليوم تفل أو تنعدم فيها أشعة الشمس، إلا فترة الظهيرة وما بعدها تجنبها حتمي في الفترة الحارة، لما تتميز به العينة من أرضية اسفلتية فهي عبارة عن طرقات حركة ميكانيكية، تتخللها سكنات جماعية. طبيعة استعمال مجال العينة تتلخص في استخدام يحتاج لوقت وجيز مثل لقاء الأصدقاء والتنقل على مدار النهار؛ في الأماكن المظلمة بنسبة كبيرة والمشجرة بنسبة أقل (لإنعدام الأشجار في وسط مجال العينة)، أما الاستخدمات ذات الوقت الطويل مثل الجلوس أو التسامر فيكون إما في الصباح الباكر أو في الليل بالأخص على الأرصفة، أما الاستخدام الذي يأخذ النسبة الأكبر فهو ركن السيارات والذي لا يشمل فقط سكان العينة بل وما جاورها، وفي الفترة الليلية تستخدم كحظيرة سيارات (غير قانونية) بمقابل مالي. وفي الأوقات النادرة يستخدم مجال العينة كمكان للعب غير مهين تماماً. طبيعة الأرضية الاسفلتية، وانعدام عناصر التهينة سواء النباتية، المائية أو البنائية، جعل من استعمال المجال مقتصرًا على استخدمات وجيزة، ومجال الراحة يكاد يكون منعدماً.

أوقات استعمال مجال العينة	6 سا - 11 سا	11 سا - 16 سا	16 سا - 20 سا	20 سا - 00 سا	لا يستعمله
% المستجوبين	33,0	0	15,0	41,37	10,63
نوع الاستعمال	الجلوس (في الصباح الباكر أو الليل)	لقاء الأصدقاء	التنقل (استخدام المسارات المختصرة)	اللعب	حظيرة سيارات
% المستجوبين	48,20	18,3	30,0	0	41,0
موقع الاستعمال	أمام عمارة المسكن	المواقع المظللة	تحت الأشجار	على الرصيف (ليلا)	مواقع أخرى
% المستجوبين	16,66	36,11	27,77	16,66	2,77

الجدول 5-7: إحصاء سلوكيات مستعملي مجال العينة 1 في الفترة الحارة، المصدر: الباحث، 2018

4. التحليل التجريبي للمحاكاة

إثبات صحة نتائج البرنامج (ENVI-met): في هذه الجزئية نتطرق إلى النقاط التي أخذت فيها القياسات، نجري مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة في نقاط محددة في العينة (الشكل 6-7) وقيم المحاكاة ببرنامج (Envi-met)، حيث أخذت القياسات في الساعات التالية: 7 سا، 10 سا، 13 سا، 16 سا و19 سا من تاريخ 16 يونيو 2018. لاحظنا أن هناك تقارب بين قيم المُقاسة وقيم المحاكاة، وهذا يظهر في قيمة معامل التحديد (R^2 Coefficient of determination) والمقدرة بـ 0,77 وهي قيمة تقترب من 1.



الشكل 7-7: مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة والقيم المحاكاة، في نقاط محددة من العينة، المصدر: الباحث، 2018

تم تقييم دقة النتائج المحاكاة باستخدام مؤشر (RMSE)، لتقييم أداء النموذج (Chai & Draxler, 2014)، فقد أظهرت قيم مؤشر جذر متوسط الخطأ التربيعي (RMSE)؛ التي تتراوح بين 0,28 و2,70 بنسبة خطأ من 1,04 إلى 7,79%. ما هو ملاحظ أن (RMSE) نسبة الخطأ بين القيم المقاسة والقيم المحاكاة تكون أكبر في الساعة 13 وتبدأ في التناقص إلى غاية الساعة 16 سا لترتفع في الساعة 19 سا (الجدول 6-7). بشكل عام، فإن قيم درجة حرارة الهواء المحاكاة تتقارب جيداً مع

القيم المقاسة ساعياً، ولا تصل إلى 30%. اقصى نسبة في (RMSPE) هي 7,79 % (ASHRAE Technical) (Committee, 2015).

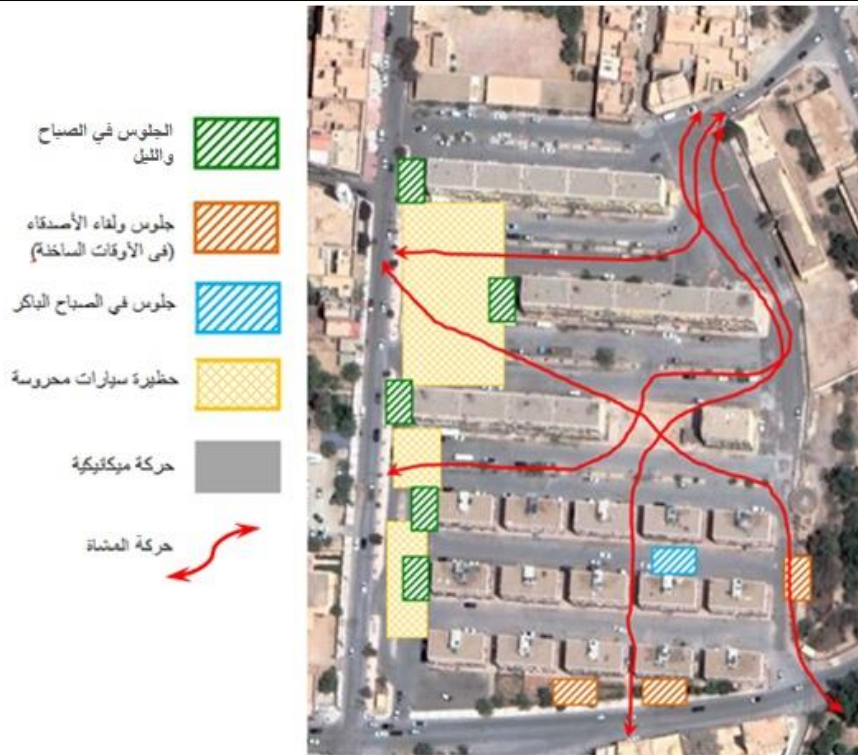
Hours	$h = 1,5m$					Equation of Index
	7h	10h	13h	16h	19h	
RMSE	0,28	2,26	2,70	1,86	2,38	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}}$ n: number of samples Pi: predicted values Oi: observed values
RMSPE % of error	1,04	7,22	7,79	5,18	6,63	$RMSPE = \frac{\left(\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}} \right) \times 100 \right)}{MAX (Oi: Pi)}$

الجدول 6-7: مقارنة بين T المحاكاة (المتوقعة) وبين T المقاسة في مجال العينة عن طريق (ENVI-met) ، المصدر: الباحث، 2018.

5. تصميم سيناريوهات العينة:

يعتمد تصميم السيناريوهات في العينة 1 على كيفية استعمال السكان لمجالها، خاصية هذا المجال هو أنه عبارة على أرضية إسفلتية؛ نصف الفراغات فيه عبارة عن وديان عمرانية (urban canyon) يتراوح نسب (H/W) من 0,50 إلى 0,65، والنصف الآخر مجالات متسعة نوعاً ما. هذا يعني أن الوظيفة المهيمنة هي الحركة الميكانيكية، بما في ذلك حركة المشاة والجلوس (الشكل 8-7)، وبالتالي تصميم سيناريوهات المحاكاة يعتمد أساساً على تحرير أكبر قدر من الحجم والمساحة للحركة الميكانيكية وحركة المشاة، ومنه:

- اختيار الأنواع النباتية سهلة التشكيل والقص، وذات مؤشر (LAD) متنوع (منخفض، متوسط، مرتفع).
- اختيار الغطاء النباتي ذو النوع المتسلق (الشكل 9-7).
- اختيار الأشجار ذات التيجان الكثيفة والمرتفعة على مستوى الأرض (تاج الشجر لا يقل ارتفاعه عن 9م).
- اختيار الأشجار ذات عرض تاج لا يتعدى 15م (الشكل 9-7).
- 75% من الغطاء النباتي نفضي في الوديان (السماح لأشعة الشمس بالدخول من فتحات المساكن في الفترة الباردة).
- الشجيرات الصغيرة تكون ذات أوراق دائمة (ارتفاعها لا يتعدى 3م).
- تحقيق احتياجات مستعملي مجال العينة التي تتمثل في: توفير أشجار الظل بنسبة 35,71 % من المستجوبين، خلق مساحات مغطاة ومظللة مع أماكن جلوس بنسبة 21,43 % من المستجوبين (الجدول 7-7)



الشكل 7-8: الخارطة السلوكية لمستعملي العينة 1 خلال الفترة الحارة، المصدر: الباحث، 2018.

احتياجات المستعمل في مجال العينة 1

تبليط الأرضية	مجالات مائية	أشجار ظل	نباتات متنوعة	مساحات مغطاة ومظلة	مساحة لعب	أماكن جلوس	عدد المستجوبين
7	7	35	0	21	7	21	عدد المستجوبين
7,14	7,14	35,71	0	21,43	7,14	21,43	النسبة المئوية %

الجدول 7-7 : نتائج الاستبيان المتعلق باحتياجات المستعمل في مجال العينة، المصدر: الباحث، 2018.



Morus alba (h=10-30m) deciduous



Melia azedarach (h=15m, w=6m) deciduous



Ficus retusa (h=30m) conifer



Pistacia atlantica (h= 20m) conifer



Pinus halepensis (h=20m) conifer



Myoporum laetum (h=4-6m) conifer



Lonicera japonica (h=10m) half conifer



Campsis radicans (h= 9-12m) deciduous



Bougainvillea glabra (h=5-10m) conifer

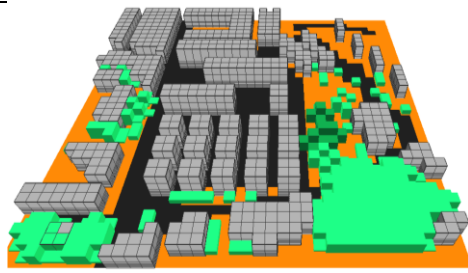
الشكل 9-7: الأنواع النباتية المستعملة في تصميم سيناريوهات العينة، المصدر: (Maaoui, 2014) بتصريف من الباحث

6. التعريف بالتركيب النباتية لكل سيناريو من الحالات المقترحة للمحاكاة:

في هذه الجزئية، نتيح المجال للتعرف على الحالات المقترحة للمحاكاة عن طريق برنامج (Envi-met)، بما في ذلك حالة العينة الأصلية؛ حيث نستعرض في كل سيناريو ارتفاع النوع النباتي، الحجم التاجي (حجم الذي تحتله أوراق الأشجار)، عدد النوع النباتي والحجم الكلي للغطاء النباتي.

الحالة A هي الحالة الأصلية التي توجد عليها العينة، نلاحظ أن الغطاء النباتي في داخل العينة شبه منعدم، والأنواع النباتية تكون بشكل شبه محيطي حول حدود الحي السكني وتتمثل في الغطاء النباتي التابع لحديقة لندن التي تبعد عن حدود العينة حوالي 40 م، يتكون هذا الغطاء المحيط بالعينة من الأنواع التالية: نخليات، أشجار و شجيرات، أغلبها تتموقع على محيط السكنات الجماعية؛ بطريقة عشوائية، يبلغ الحجم الكلي للغطاء النباتي 10599 م³.

الحالة A			
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 10599 م ³			
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار
نخل متوسط كثيف الأوراق	15	243	2
شجرة كثيفة، نفضية	12	344	4
شجرة اسطوانية، صغيرة، كثيفة	4	27	40
شجرة مخروطية، متوسطة، كثيفة	6	76	31
شجرة منتشرة، متوسطة، كثيفة	15	855	2
1710			

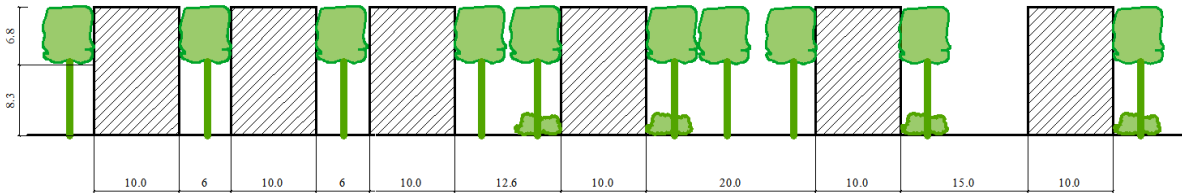
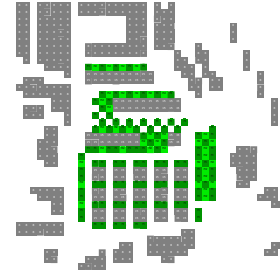
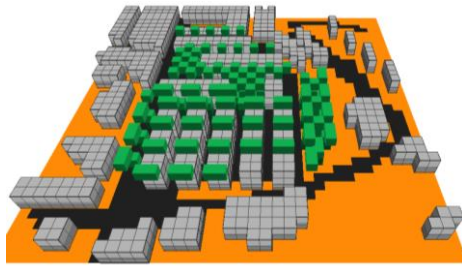


الجدول 8-7: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة A

الحالة C هي السيناريو المقترح الأول، حيث يكون الغطاء النباتي بطبقتين، تعتمد الطبقة العليا على الأشجار ذات الارتفاع الكبير (15م)، والعرض الصغير (5م)؛ وتكون قابلة للتشكيل (مثل شجرة Ficus)؛ وذلك لإفساح مجال للسكان لاستعمال مجالهم بكل أريحية، باعتبار المجال أنه شبكة من المحاور الميكانيكية و ممرات المشاة، الطبقة الثانية وهي عبارة عن شجيرات ذات ارتفاع 2 م وعرض 5 م. يبلغ الحجم الكلي لغطاء النباتي 4525 م³.

الحالة C			
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 4525 م ³			
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (م ³)	عدد الأشجار
شجيرة اسطوانية، صغيرة، كثيفة	2	50	38
شجرة قابلة للتشكيل ، كثيفة	15	25	105

الجدول 7-9: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة C

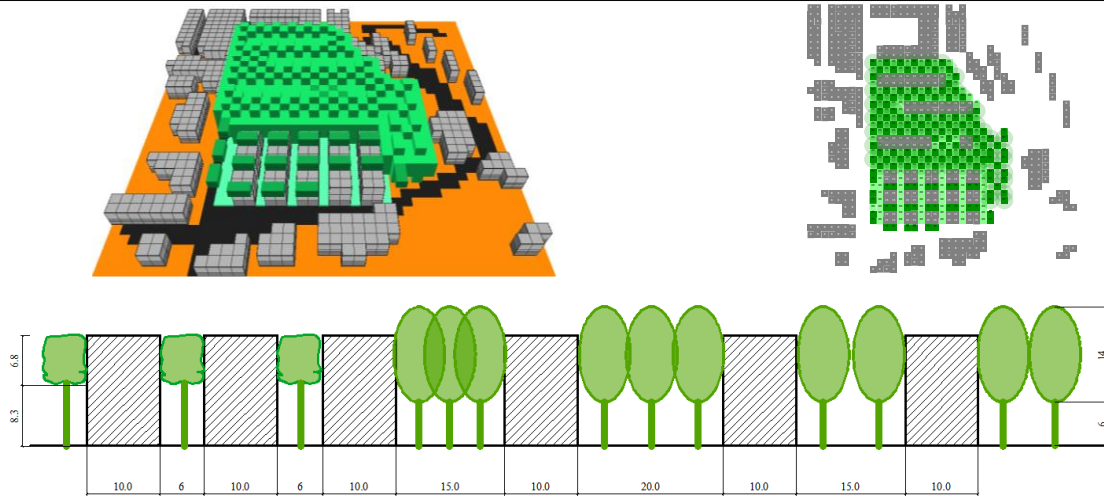


الشكل 7-10: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو C للعينة، المصدر: الباحث، 2018

الحالة D هي السيناريو المقترح الثاني، الغطاء النباتي فيه يعتمد على نوعين من الأشجار، الأول من الأشجار الكثيفة القابلة للتشكيل بعرض 5م وارتفاع 15م؛ تكون في الممرات الضيقة بين العمارات، أما النوع الثاني فهي من الأشجار الكبيرة والكثيفة؛ بعرض 13 م وارتفاع 20 م، وتكون في الممرات الواسعة، حيث يبلغ حجم الغطاء النباتي 151755 م³؛ وهو أكبر حجم في جميع السيناريوهات المقترحة.

الحالة D			
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 151755 م ³			
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (م ³)	عدد الأشجار
شجرة كثيفة قابلة للتشكيل	15	25	39
شجرة كبيرة؛ كثيفة	20	1450	104

الجدول 7-10: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة D

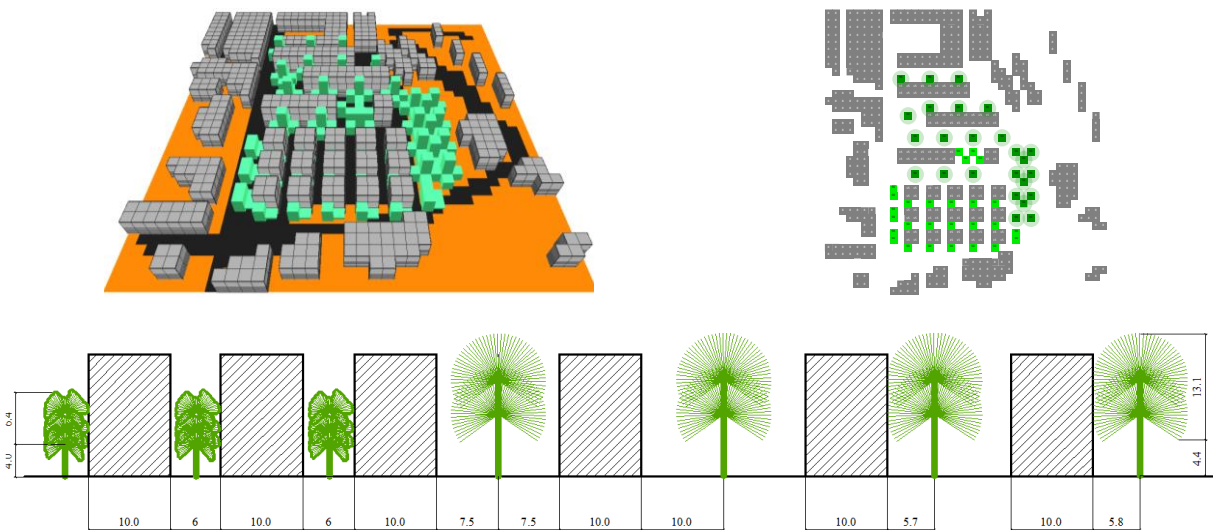


الشكل 7-11: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو D للعينه، المصدر: الباحث، 2018

الحالة E هي السيناريو المقترح الثالث، الغطاء النباتي فيه يعتمد كذلك على نوعين من الأشجار، الأول ذو تاج متوسط الكثافة، بعرض 11,41 م؛ وارتفاع 17,75 م، والنوع الثاني من الأشجار المنتشرة، ذو تاج قليل الكثافة، بعرض 5,32 م وارتفاع 10,13 م، وتم اختيار هذا النوع من الأشجار لقلّة كثافة تاجه؛ التي تسهل استخدام المجال من طرف سكان العينة في الممرات. الحجم الكلي للغطاء النباتي يقدر بـ 16401 م³.

الحالة E				الحجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 16401 م ³
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)
شجرة، منتشرة، متوسطة الكثافة	17,57	576	25	14400
شجرة، منتشرة قليلة الكثافة	10,13	87	23	2001

الجدول 7-11: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة E

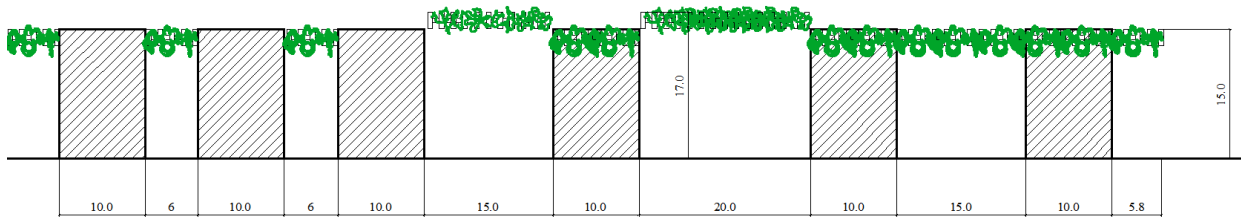
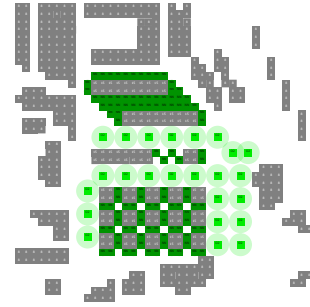
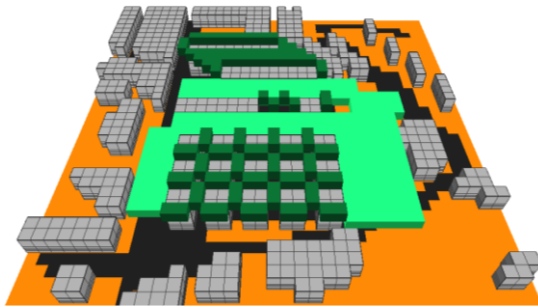


الشكل 7-12: يمثل طريقة توضع الغطاء النباتي في السيناريو E للعينه، المصدر: الباحث، 2018

الحالة F هي السيناريو المقترح الرابع، الغطاء النباتي فيه يعتمد على النباتات المتسلقة من نوعين، الأول عبارة عن تعريشة بارتفاع 15م؛ وعرض 15م؛ تغطي الممرات الواسعة في المجال؛ أما النوع الثاني يكون بارتفاع 17م وعرض 5م؛ تغطي الممرات الضيقة، بهدف تغطية المجال بالمتسلقات لتحرير المجال تحتها وتسهيل استعماله من طرف السكان؛ الحجم الكلي للغطاء النباتي يقدر بـ 6474 م³.

حجم الورقي للنبات المتسلق = 6474 م ³				الحالة F
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	الحجم الورقي (m ³)	عدد المتسلقات	حجم الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)
نباتات متسلقة (تعريشة) 1	15	177	24	4248
(تعريشة) 2	17	21	106	2226

الجدول 7-12: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة F

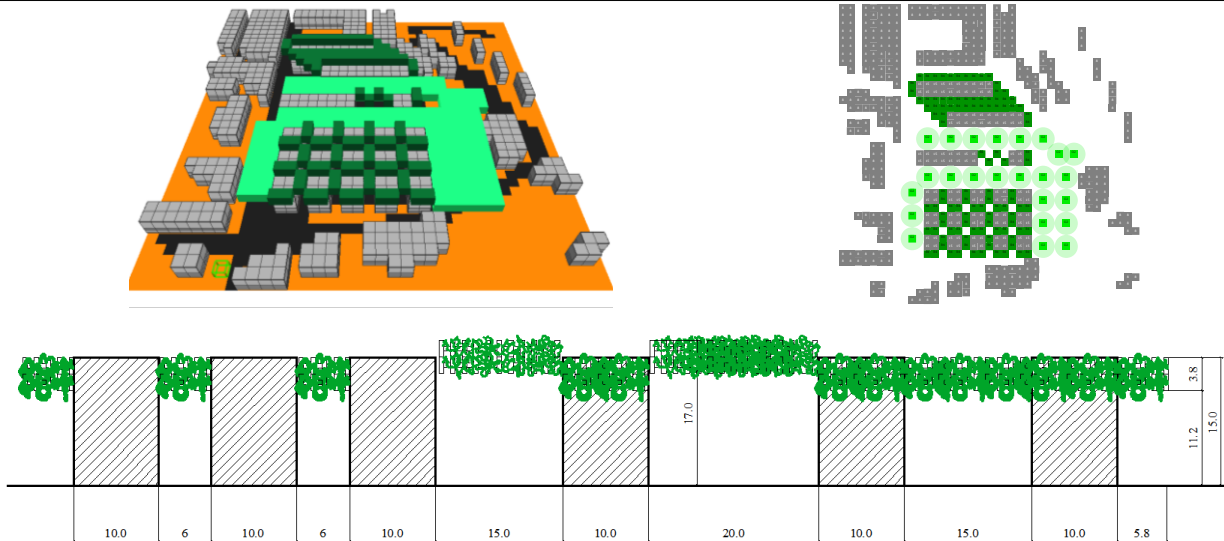


الشكل 7-13: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو F للعينة، المصدر: الباحث، 2018

الحالة G هي السيناريو المقترح الخامس، الغطاء النباتي فيه يعتمد على نفس أبعاد المتسلقات المستعملة في الحالة F؛ لكن بشكل طبقتين، الهدف منها الزيادة في تغطية المجال وتقليل تعرضه لأشعة الشمس، الحجم الكلي للغطاء النباتي يقدر بـ 9348 م³.

حجم الورقي للنبات المتسلق = 9348 م ³				الحالة G
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	الحجم الورقي (m ³)	عدد المتسلقات	حجم الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)
نباتات متسلقة (تعريشة) 1 بطبقتين	15	354	24	8496
(تعريشة) 2 بطبقتين	17	42	106	4452

الجدول 7-13: الأنواع النباتية المقترحة في العينة، الحالة G



الشكل 14-7: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو G للعينه، المصدر: الباحث، 2018

في نهاية التعريف بالتركيبات النباتية لكل سيناريو، نستعرض مساحة الغطاء النباتي (VC) ونسبته من مساحة العينة لكل سيناريو، مع قيم كثافة التغطية الخضراء (LAD) في كل غطاء نباتي وهذا ممثل في الجدول التالي:

السيناريو	مساحة VC	نسبة VC من مساحة العينة	قيم كثافة التغطية الخضراء (LAD) في الغطاء النباتي
C	3575 م ²	20%	2,38 م ³ /م ²
D	14897 م ²	90%	1,50 م ³ /م ²
E	4043,43 م ²	25%	0,23 م ³ /م ²
F	8050 م ²	50%	3,00 م ³ /م ²
G	8050 م ²	50%	2,93 م ³ /م ²

الجدول 7-14: نسب مساحة الغطاء النباتي وقيم (LAD) لكل سيناريو، المصدر: الباحث، 2018.

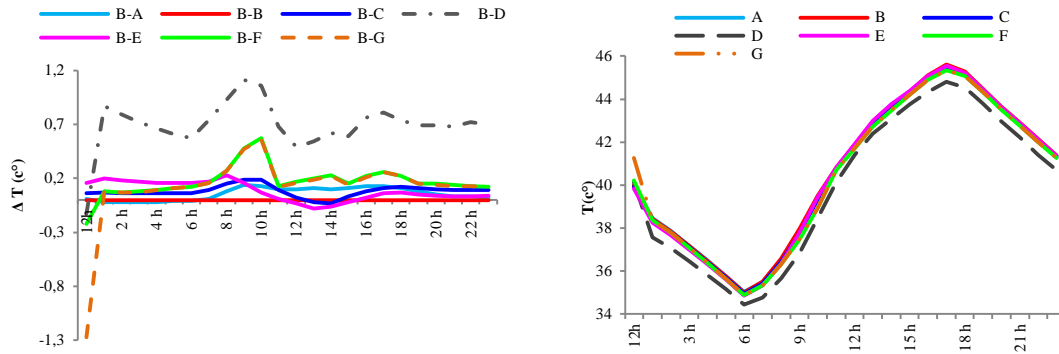
7. دراسة مقارنة لسيناريوهات (A,B,C,D,E,F,G) في العينة (1):

1.7 درجة حرارة الهواء T:

يوضح الشكل 15-7، درجة حرارة الهواء المحاكاة على ارتفاع 1,5 م في 14 يوليو للحالات المختلفة. يعتبر يوليو الشهر الأكثر ارتفاعاً في درجة الحرارة في الفترة الحارة في مدينة بسكرة، حيث نختاره لاستعراض نتائج محاكاة سيناريوهات الدراسة.

ما هو ملاحظ جلياً من المنحنى أن السيناريوهات (C, E, F, G) تتقارب في قيم T مع السيناريو A و B ؛ وتكاد تتطابق حيث يتراوح الفارق بين كل سيناريو والسيناريو B؛ من 0,01 إلى 0,57 م°. بالنسبة للسيناريو D؛ الفارق بينه وبين السيناريو B يتراوح بين 0,49 و 1,11 م°، أي أن الغطاء النباتي للسيناريو D خفض درجة حرارة الهواء بمقدار 1,11 م° عن ما يكون عليه مجال العينة في حالة انعدام الغطاء النباتي المحيط بمجال العينة.

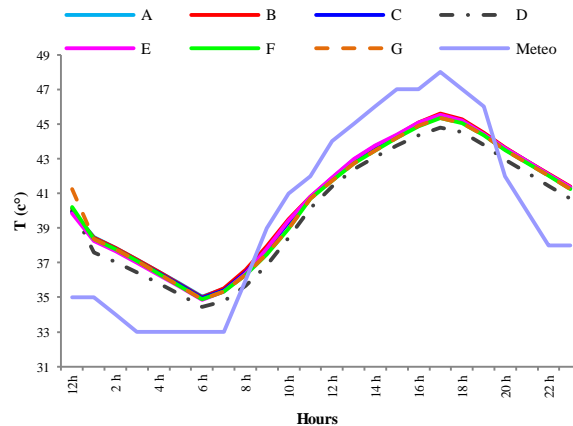
بالرغم من أن مؤشر كثافة التغطية الخضراء للسيناريو D كانت بقيمة متوسطة مقارنة مع بقية السيناريوهات؛ إلا أن أدائها الحراري كان الأفضل من بين البقية، ربما يعود هذا الأداء إلى مساحة التغطية الكبيرة التي تصل إلى 90% من مساحة العينة.



الشكل 15-7: أ) القيم المتوسطة لـ (T) و الفارق (ΔT) في جميع السيناريوهات للعينات بتاريخ 14 يوليو، المصدر: الباحث، 2018.

2.7 ظاهرة الدفيئة العمرانية في سيناريوهات العينة:

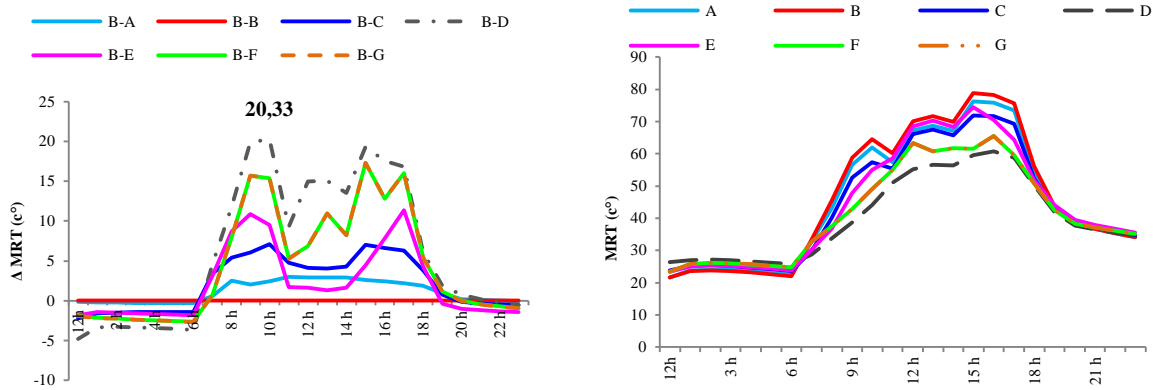
في الشكل (16-7)، الذي يمثل مقارنة القيم المتوسطة لدرجة حرارة الهواء في السيناريوهات المختلفة مع درجة حرارة الهواء في محطة الارصاد، حيث لاحظنا أن (T meteo) في الفترة ما بين الساعة 12 و 8 صباحا تكون بقيم أقل من جميع السيناريوهات، يبلغ أكبر فارق بين (T meteo) والسيناريو D بـ 3,45 م°. في الفترة ما بين 8 صباحا و 19 مساء تكون قيم (T meteo) هي الأعلى من قيم جميع السيناريوهات، حيث يبلغ أكبر فارق بينها وبين السيناريو D بـ 3,2 م°. إن ارتفاع درجة حرارة الهواء في المجال العمراني على الرغم من وجود غطاء نباتي الذي يعمل على خفضها، وانعدام الحرارة الشمسية (الفترة الليلية) يدل على وجود ظاهرة الدفيئة العمرانية، الناتجة عن مختلف مكونات المجال العمراني، ولعل أهمها في هذه العينة هي الأرضية الاسفلتية ذات خاصية الامتصاص الكبير لحرارة الأشعة الشمسية.



الشكل 16-7: مقارنة القيم المتوسطة لـ (T) لسيناريوهات العينة مع درجة حرارة الهواء لمحطة الارصاد الجوية، المصدر: الباحث، 2018.

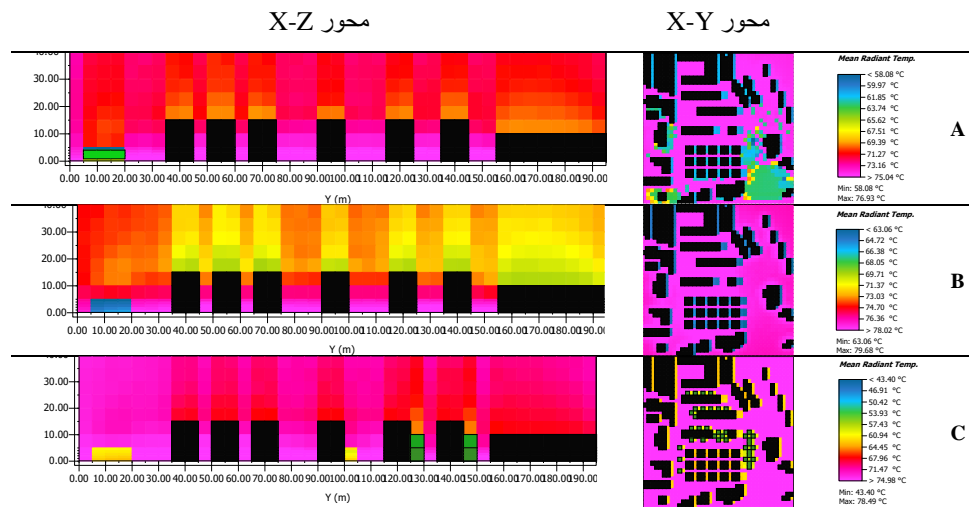
3.7 متوسط درجة الحرارة المشعة MRT:

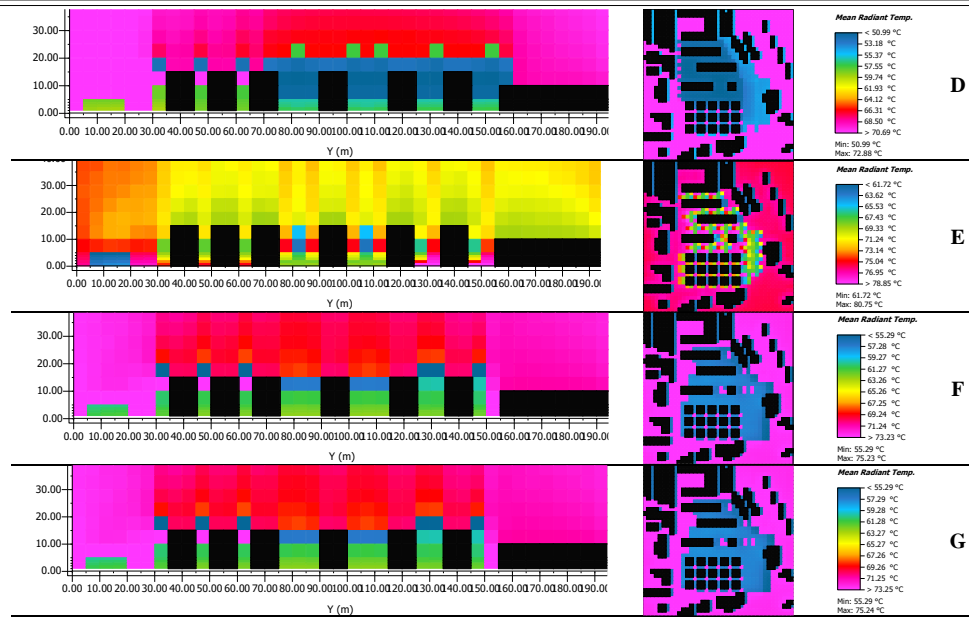
في الشكل 7-17 الذي يمثل المقارنة بين سيناريوهات العينة فيما يخص درجة الحرارة المشعة (MRT)، نلاحظ وبشكل واضح أن السيناريو D هو الذي يحمل القيم الأقل في الفترة الممتدة من شروق الشمس لغروبها (6 سا إلى 19 سا) حيث يبلغ أكبر فارق بينه وبين السيناريو B (الذي يحمل القيم الأعلى) 20,33 م°، هذا في الساعة 10 صباحا.



الشكل 7-17: القيم المتوسطة لـ (MRT) و (Δ MRT) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 14 يوليو، المصدر: الباحث، 2018

كما أن الخرائط الحرارية (الشكل 7-18) لجميع سيناريوهات العينة توضح أن السيناريو D هو الذي يحمل القيم الأقل لـ MRT، في حدود تواجد الغطاء النباتي الكثلي (المنطقة المركزية)، وهذا مقارنة بالسيناريو F و G اللذان يرسمان نفس حدود منطقة MRT الأقل، لكن القيم في هذين السيناريوهين تبقى أكبر من التي يحملها السيناريو D، حيث يبلغ الفارق بينهما 5,37 م°. ربما يرجع انخفاض MRT في السيناريو D بقيم أكبر مقارنة عن بقية السيناريوهات؛ إلى مساحة التغطية التي يوفرها الغطاء النباتي والتي تصل إلى 90% من مساحة العينة، مما يحقق أكبر مساحة تظليل على مدار النهار.

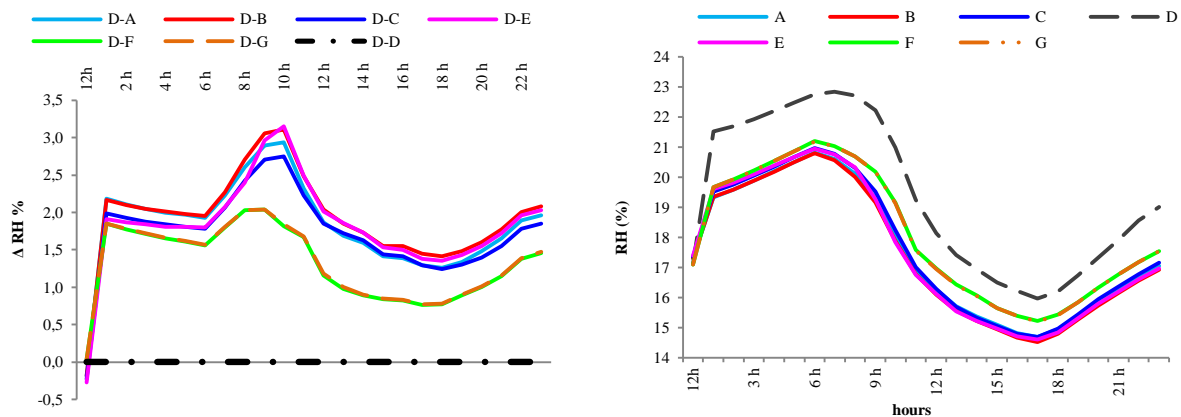




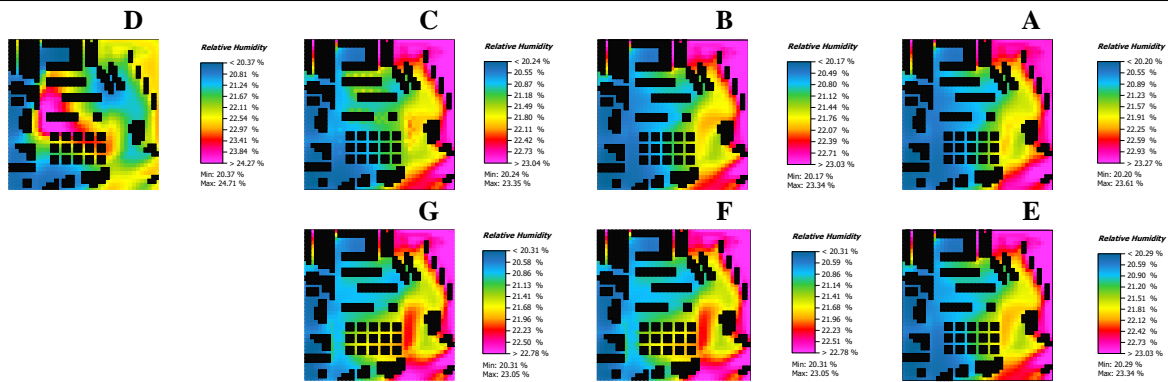
الشكل 7-18: الخرائط الحرارية لـ (MRT) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.

4.7 الرطوبة النسبية RH:

الشكل 7-19 يمثل القيم المتوسطة للرطوبة النسبية في سيناريوهات المحاكاة، حيث يظهر جليا أن السيناريو D هو الذي يحمل القيم الأعلى من الرطوبة حيث تصل ذروتها إلى 22,84% في الساعة 7 صباحا، بخلاف جميع السيناريوهات التي تكون أعلى قيم فيها في الساعة 6 صباحا، السيناريوهات F, G كل القيم فيها تكاد أن تتطابق وهما السيناريوهان اللذان يأتيان في المرتبة الثانية بعد D حيث تصل القيم القصوى فيه إلى 21,20%. باقي السيناريوهات الفارق بينها ضئيل يصل أقصاه إلى 0,15%. نلاحظ في خرائط الرطوبة النسبية المأخوذة في ساعات الذروة (الشكل 7-20) جميع السيناريوهات تكون فيها أعلى قيم الرطوبة تتركز في الجهة الشرقية أي في موقع وجود أرضية طبيعية (طمي)؛ مع وجود غطاء نباتي خارج حدود العينة. يتميز السيناريو D عن البقية بزيادة تركيز الرطوبة النسبية في المجال الوسطي للعينة الناتجة عن الغطاء النباتي الكثيف الذي يبلغ حجمه 151755 م³، وهذا بالرغم من أرضية مجال العينة الإسفلتية.



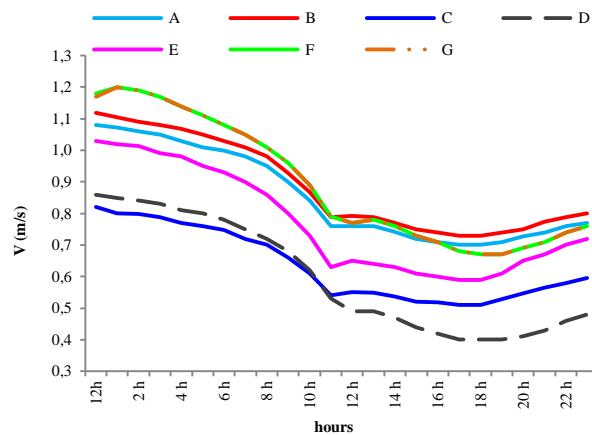
الشكل 7-19: القيم المتوسطة لـ (RH) و(ΔRH) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 14 يوليو، المصدر: الباحث، 2018.



الشكل 7-20: خرائط (RH) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.

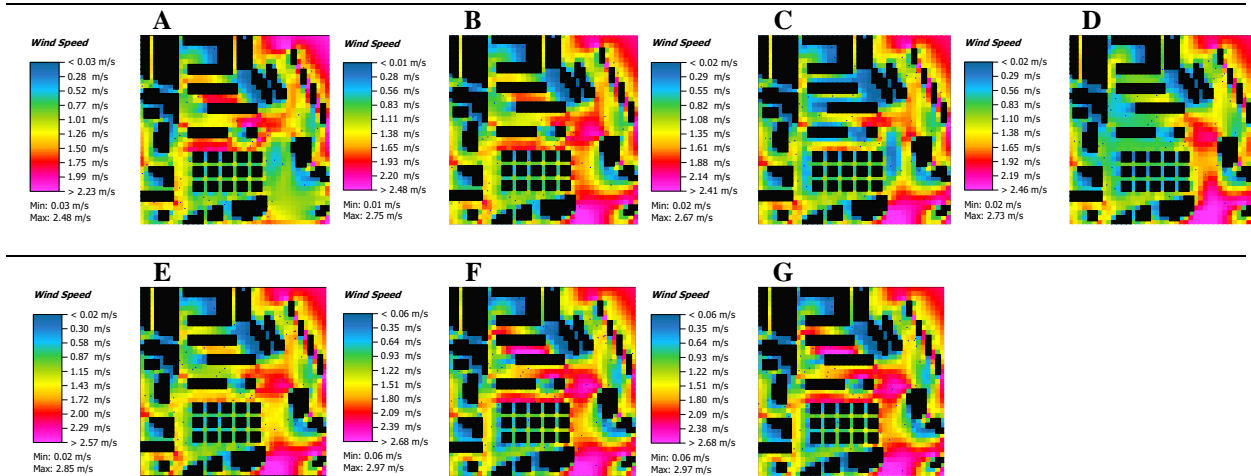
5.7 حركة وسرعة الهواء (V):

في الشكل 7-21 يبين القيم المتوسطة لسرعة الهواء في العينة حسب كل سيناريو؛ فسرعة الهواء في جميع السيناريوهات تتقارب فيما بينها، حيث يحمل السيناريوهان F و G القيم الأعلى على مدار 12 ساعة (من الساعة 0 إلى 11 ما قبل الظهر)، والسيناريو B يأخذ القيم الأعلى في سرعة الهواء ابتداءً من الساعة 11. السيناريو D يأخذ القيم الأدنى (من الساعة 0 إلى 11 ما قبل الظهر)؛ ثم يأخذ السيناريو C القيم الأدنى ابتداءً من الساعة 11، وما بينهما السيناريوهات A و E على هذا الترتيب التنازلي.

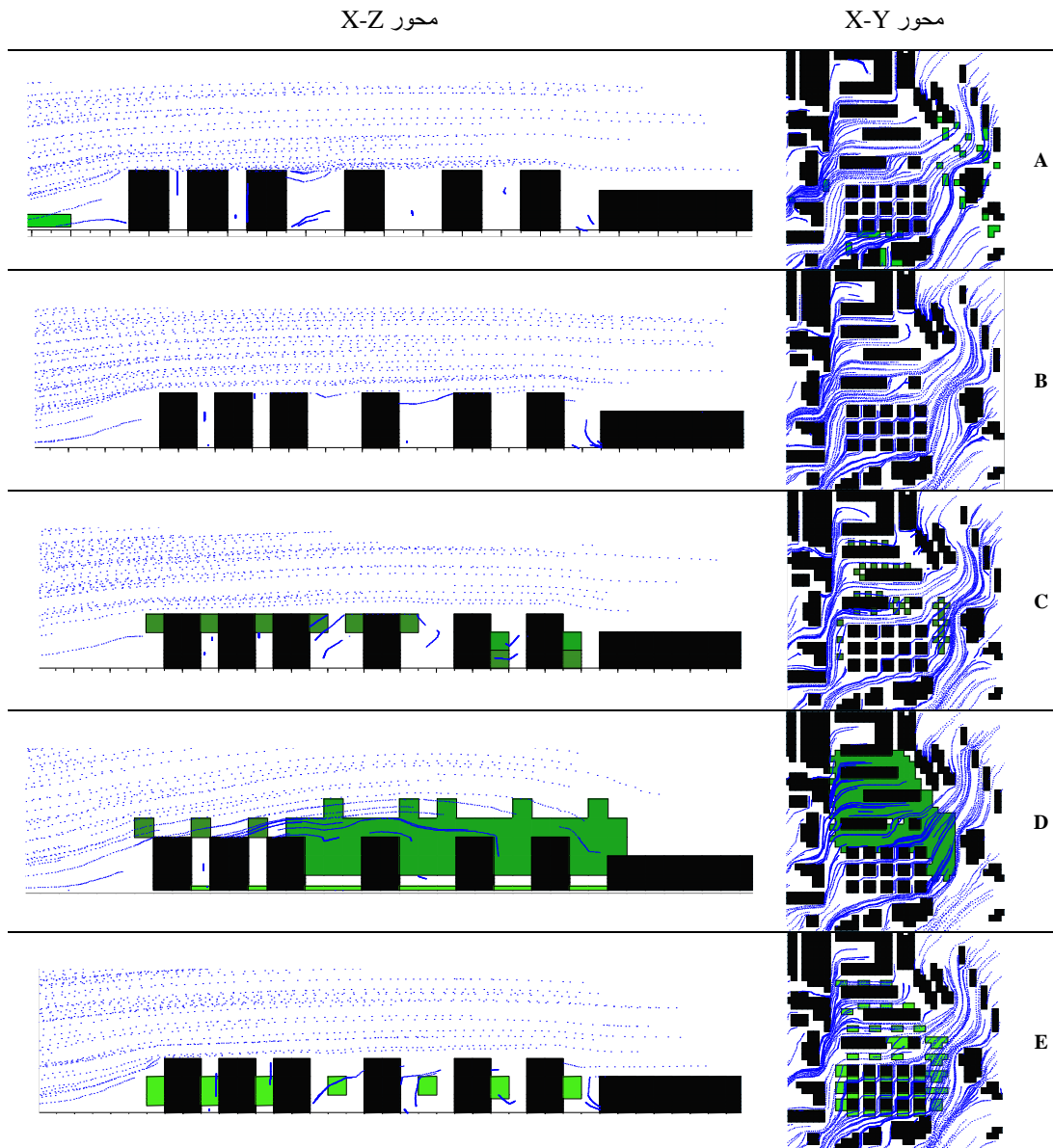


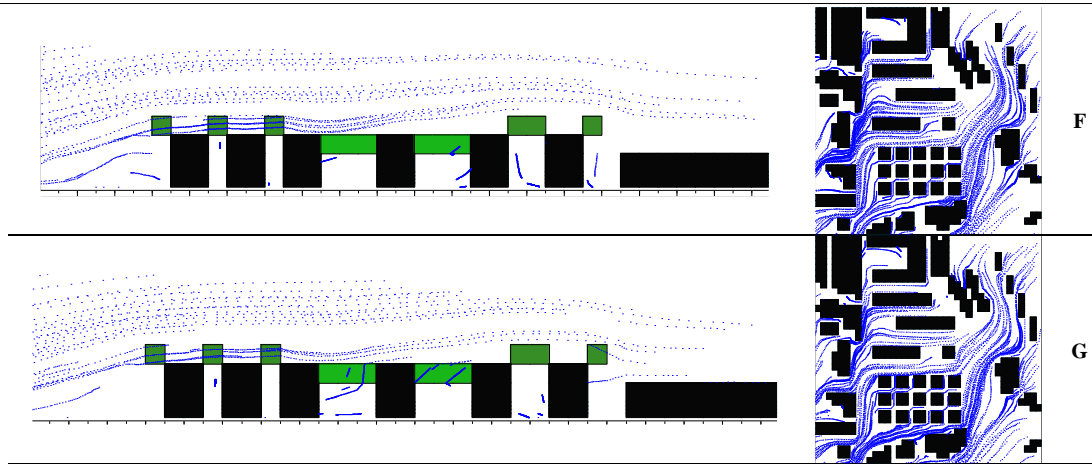
الشكل 7-21: القيم المتوسطة لسرعة الهواء حسب كل سيناريو، المصدر: الباحث، 2018

سرعة الهواء في كل سيناريو تكون بقيم أعلى في الأجزاء الخالية من العوائق (المباني والغطاء النباتي)، حيث تتراوح السرعة بين 2,48 و 2,97 م/ثا، كما تتراوح بين 0,77 و 0,93 م/ثا وهذا بمحاذاة المباني والغطاء النباتي، وهذا ما نلاحظه في خرائط سرعة الهواء في الشكلين 7-22 و 7-23. على مستوى المحور (X-Y) على ارتفاع 1.5م والمحور (X-Z)، حيث تظهر طريقة توزيع الغطاء النباتي للحالة F و G بشكل نباتات متسلقة أفقية، ذات سمك بسيط؛ لا تشكل عائق أمام حركة الهواء وهذا ما يبينه الشكل 7-23، حيث تتراوح سرعة الهواء ما بين 0,67 و 1,20 م/ثا. بالنسبة للسيناريو D و C يعتبر نوع الغطاء النباتي والمتمثل في أشجار كبيرة ومتوسطة الارتفاع، وطريقة توزيعها بشكل متقارب (الحالة C) أو متداخل (الحالة D) تشكل عائق أما حركة الهواء.



الشكل 7-22: خارطة سرعة الهواء (V) في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.



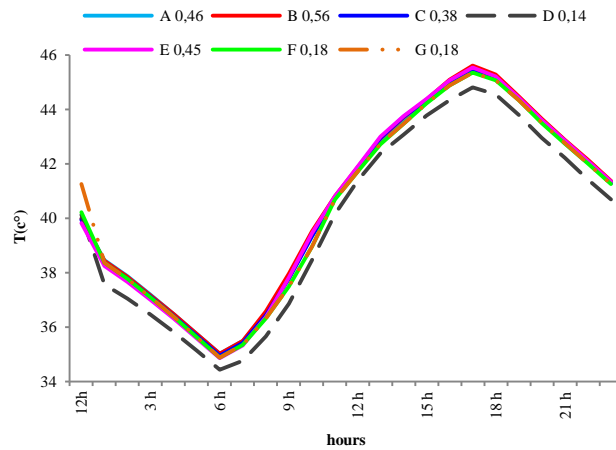


الشكل 7-23: خرائط سلوك حركة الهواء على ارتفاع 1.5م، في سيناريوهات العينة.

6.7 دراسة معامل عرض السماء (Sky View Factor):

معامل عرض السماء هو مؤشر يقيس درجة انفتاح الرؤية نحو السماء من أي نقطة تكون على سطح الأرض، يمكن حسابه هندسياً، حيث قيمه محصورة بين 0 و 1، كلما كانت الرؤية منفتحة نحو السماء تميل قيم المؤشر إلى 1، وكلما كانت أكثر انغلاقاً نحو السماء تميل قيم المؤشر إلى 0.

يمثل الشكل 7-24 القيم المتوسطة الساعية لدرجة حرارة الهواء مع القيم المتوسطة لـ (SVF) في كل سيناريو، بمقارنة الترتيب التنازلي لقيم (SVF) مع ترتيب التصاعدي لـ (T) نجد أن 5 سيناريوهات يتوافق فيها ترتيب التصاعدي للقيم المتوسطة لـ (T) مع الترتيب التنازلي للقيم المتوسطة لـ (SVF) بنسبة 71,43 %، وهذا يعني وجود تأثير كبير لـ (SVF) للغطاء النباتي في خفض درجة الحرارة الهواء.

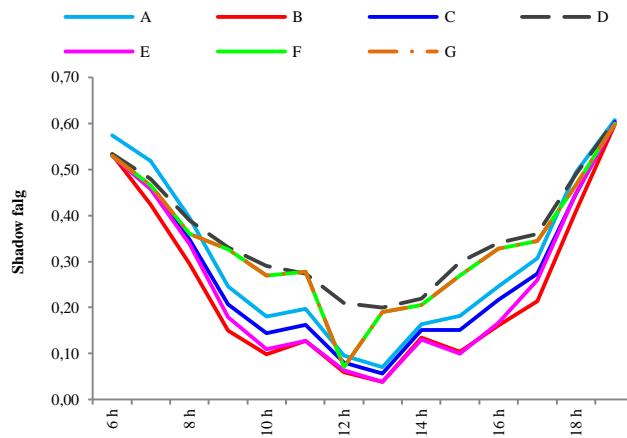


السيناريو	A	B	C	D	E	F	G
قيم متوسطة SVF	0,46	0,56	0,38	0,14	0,45	0,18	0,18
الترتيب حسب SVF (تنازلي)	2	1	4	7	3	5	6
الترتيب حسب T(°C) (تنازلي)	3	1	4	7	2	5	6

الشكل 7-24: مقارنة بين ترتيب التنازلي لـ (SVF) والترتيب التنازلي لـ (T) في سيناريوهات العينة

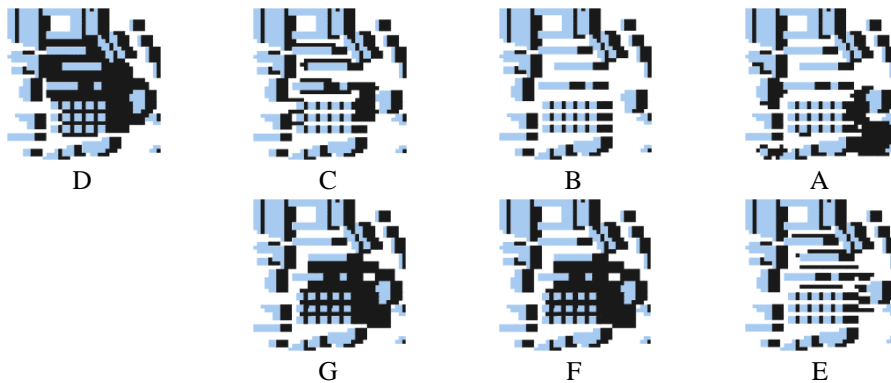
7.7 دراسة مؤشر الظلال (shadow flag):

مؤشر الظلال يعطينا معلومات عن المساحات المظللة بفعل ضوء النهار (من ساعة الشروق لساعة الغروب) سواء كانت الظلال ناتجة عن المباني أو الغطاء النباتي، حيث قيمة المؤشر تنحصر بين +1 و 0. القيمة 1 تعني أن المجال مظلل تماما، القيمة 0 تعني أن المجال غير مظلل تماما (Emmanuel et al., 2007) (Bruse, 2016).
يوضح الشكل 7-25 مؤشر الظلال لجميع السيناريوهات، حيث أن أكبر القيم لمؤشر الظلال يكمن في السيناريو D، ثم يأتي السيناريو F و G ثم A، C، E وفي الأخير B. بمقارنة ترتيب السيناريوهات حسب مؤشر الظلال مع ترتيبها حسب درجة حرارة الهواء نجد أن الترتيبين يتوافقان بنسبة 71,43%، أي في 5 سيناريوهات. يمكننا القول أن مؤشر الظلال له تأثير كبير على خفض درجة حرارة الهواء في هذه العينة، كما أن السيناريو D هو الذي يحمل أكبر مساحة مظللة (الشكل 7-26).



السيناريو	A	B	C	D	E	F	G
متوسط القيم الساعية لـ shadow flag	0,46	0,42	0,44	0,50	0,43	0,48	0,48
الترتيب تصاعدي حسب shadow flag	4	1	3	7	2	5	6
الترتيب تنازلي حسب T(c°)	3	1	4	7	2	5	6

الشكل 7-25: تأثير الظلال على (T) في جميع سيناريوهات العينة



الشكل 7-26: المساحات المظللة حسب كل سيناريو في ساعة الذروة 17 p.m

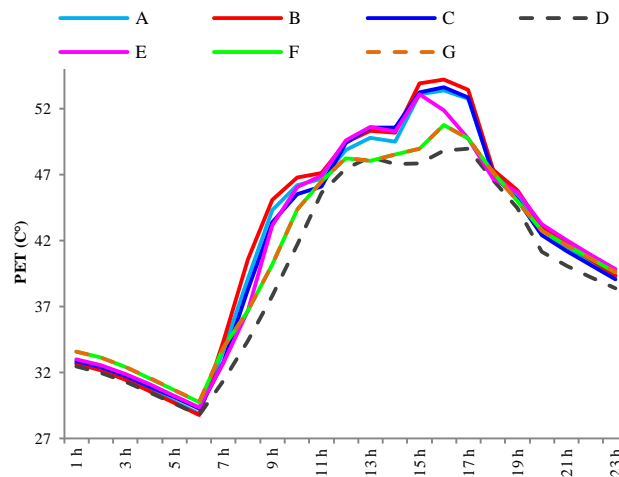
8. دراسة الراحة الحرارية لمستعملي مجال العينة:

في هذه الجزئية، ندرس مدى الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل سيناريو من السيناريوهات، حيث نستعمل في هذه الدراسة المعطيات المتحصل عليها من خلال الاستجواب، يتم حساب متوسط معدل الأيض، معامل العزل الحراري، السن، الوزن والطول، عند الذكور والإناث كل على حدى. بهذه القيم المتوسطة يتم حساب درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة عند الذكور (PET m) أما الإناث ففي هذه العينة لم نجد أي أنثى تستعمل العينة على مدار الفترة الحارة، لطبيعة استعمال هذا المجال من طرف الذكور فقط (أنظر الجدول 7-15).




النسبة المئوية	عدد المستجوبين	طول (م)	وزن (كغ)	السن	Clo معامل العزل الحراري للملابس	معدل الأيض (metabolic rate W)	
% 100	47	1,75	74,36	27	0,44	129,06	ذكور

الجدول 7-15: القيم المتوسطة لمعطيات المستجوبين في العينة 1، المصدر: الباحث، 2018

ما هو ملاحظ في الشكل 7-27 والشكل 7-28، أن قيم PET في السيناريو D هي الأقل عن باقي السيناريوهات، يأتي بعدها السيناريو F و G، ومن ثم باقي السيناريوهات بترتيب مقاربة. حقق السيناريو D مجال دافئ، ذو إجهاد حراري معتدل؛ على مدار 8 ساعات ومجال حار ذو إجهاد حراري قوي على مدار 6 ساعات متفرقة من اليوم، أما المجال الحار جدا فكان على مدار 9 ساعات في ذروة الحرارة؛ كما أن ساعات الإجهاد الحراري الشديد هي الأقل مقارنة مع بقية السيناريوهات (9 ساعات بالنسبة للحالة D، 12 ساعة للحالات A، B و C، 11 ساعة بالنسبة للحالة F و G).



الشكل 7-27: القيم المتوسطة لـ PET لذكور المستجوبين، في جميع السيناريوهات، المصدر: الباحث، 2018.

Stress level	Thermal comfort	الراحة الحرارية	مستوى الإجهاد	PET(c°)	
No thermal stress	Neutral	محايد	لا يوجد إجهاد حراري	17-26	
Slight heat stress	Slightly warm	دافئ قليلا	إجهاد طفيف بسبب الحرارة	26-28	
Moderate heat stress	warm	دافئ	إجهاد حراري معتدل	28-37	
Strong heat stress	Hot	حار	إجهاد حراري قوي	37-42	
Extreme heat stress	Very Hot	حار جدا	الإجهاد الحراري الشديد	42<	

G	F	E	D	C	B	A	الساعة
32,46	32,46	32,46	32,46	32,86	32,65	32,71	1 h
32,00	32,00	32,00	32,00	32,41	32,18	32,26	2 h
31,29	31,29	31,29	31,29	31,73	31,43	31,53	3 h
30,48	30,48	30,48	30,48	30,94	30,58	30,69	4 h
29,65	29,65	29,65	29,65	30,12	29,70	29,79	5 h
28,77	28,77	28,77	28,77	29,26	28,77	28,90	6 h
31,42	31,42	31,42	31,42	32,82	34,41	33,75	7 h
34,39	34,39	34,39	34,39	38,3	40,59	39,13	8 h
37,83	37,83	37,83	37,83	43,41	45,08	44,34	9 h
41,69	41,69	41,69	41,69	45,55	46,79	46,22	10 h
45,64	45,64	45,64	45,64	46,10	47,11	46,70	11 h
47,45	47,45	47,45	47,45	49,42	49,44	48,90	12 h
48,36	48,36	48,36	48,36	50,59	50,36	49,80	13 h
47,80	47,80	47,80	47,80	50,60	50,17	49,52	14 h
47,88	47,88	47,88	47,88	53,27	53,95	53,09	15 h
48,83	48,83	48,83	48,83	53,66	54,22	53,40	16 h
49,00	49,00	49,00	49,00	52,88	53,45	52,75	17 h
46,58	46,58	46,58	46,58	47,06	47,40	47,10	18 h
44,47	44,47	44,47	44,47	45,08	45,81	45,40	19 h
41,17	41,17	41,17	41,17	42,41	43,07	42,79	20 h
40,11	40,11	40,11	40,11	41,21	41,72	41,52	21 h
39,23	39,23	39,23	39,23	40,13	40,52	40,38	22 h
38,38	38,38	38,38	38,38	39,09	39,37	39,27	23 h

الشكل 28-7: القيم المتوسطة الساعية لـ PET لمعطيات شخص نمطي يمثل مجموعة المستجوبين في العينة، المصدر: الباحث، 2018.

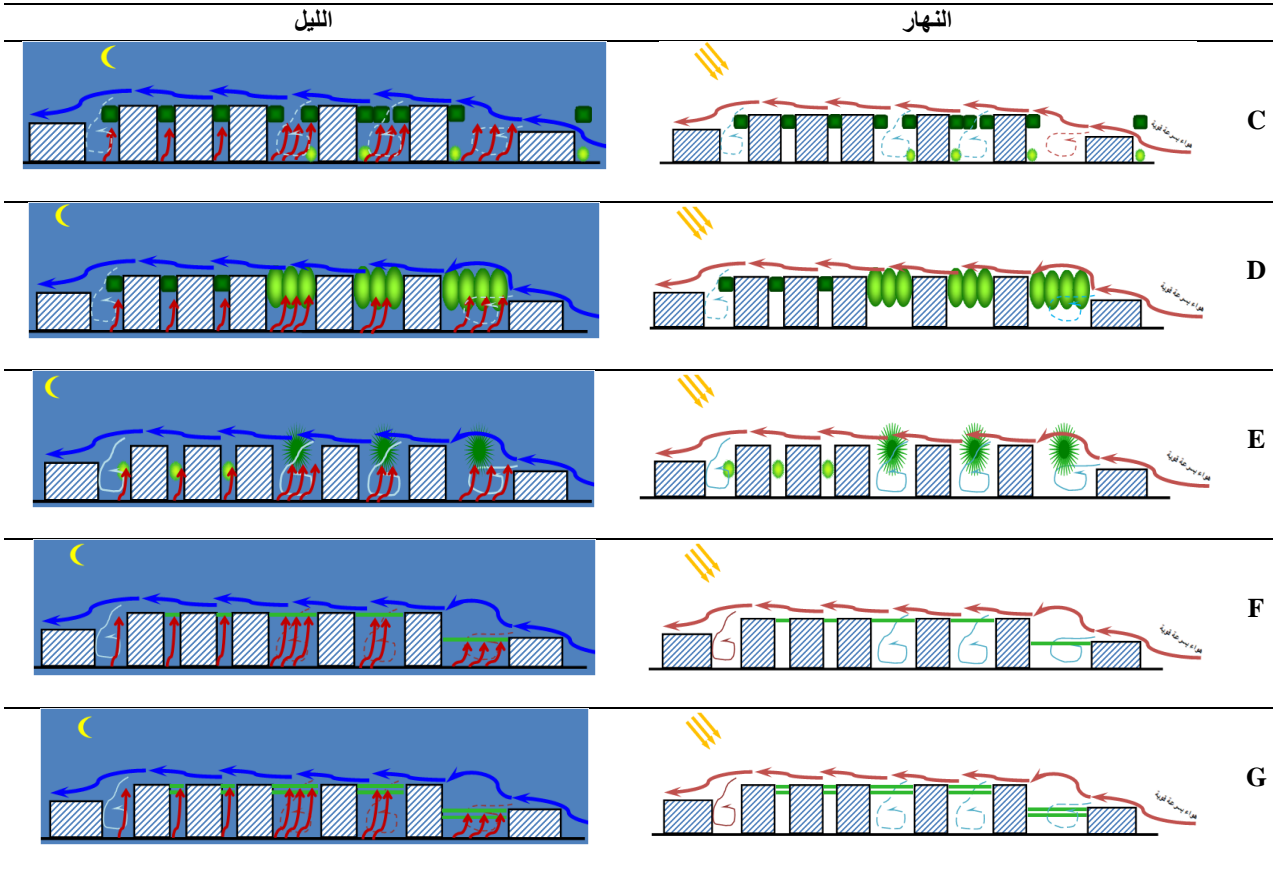
9. المناقشة:

قدمت التركيبات النباتية في جميع السيناريوهات سلوكا حراريا متوقعا؛ فيما يخص الراحة الحرارية؛ فقد كانت جميعها متقاربة، وكان الأداء الحراري لأفضل سيناريو فيها (D) يصل إلى أقصى فارق 1,11 م° عن الحالة القصوى (حالة انعدام العنصر النباتي). على الرغم من اختلاف هذه التركيبات؛ من حيث حجم الغطاء النباتي ومساحة التغطية؛ إلا أن تحقيقها لمجال الراحة الحرارية أو المجال المقارب لها منعدم تماماً.

تعود هذه النتيجة إلى أرضية العينة ذات الطبيعة الإسفلتية التي تتميز بقيمة عالية من الانبعاثية ($\epsilon=0.95$ Emissivity)، هذا ما ينتج طاقة حرارية شديدة حين تعرضها لأشعة الشمس، حيث ان التركيبات النباتية الكتلية ذات نسبة مساحة التغطية الضعيفة (C, E) من 20 إلى 25%، أنتجت مساحات كبيرة غير مغطاة؛ والتي تتعرض لأشعة الشمس الشديدة، فالأرضية الإسفلتية تمتص كمية كبيرة من الطاقة الحرارية الشمسية، وترسلها فيما بعد إلى الهواء مما يكسبه حرارة كبيرة، وبالتالي مفعول التبريد للمساحات الصغيرة المغطاة يتضاءل سواءً بفعل التظليل أو النتج، أو حتى القيمة العالية لمؤشر LAD (كما في التركيبة C يصل LAD فيها إلى 2.38 م³/م²).

بالنسبة للتركيبة الكتلية D والتي تعتبر الحالة القصوى في التغطية النباتية (90%)، كان أدائها الحراري مقتصرًا على تقليص الحجم الساعي للإجهاد الحراري الشديد؛ مقارنةً ببقية التركيبات، وفي هذه الحالة يكون مفعول التبريد بالتظليل هو المسيطر في درجات الحرارة القصوى (هذا ما تظهره خريطة المساحات المظللة في الشكل 26-7 و الشكل 25-7)، حيث تقلل الأشجار من استعمال مفعول التبريد بالتبخير-النتج، من جراء الحرارة الشديدة، حيث نلاحظ انخفاض مستوى الرطوبة في الهواء من الساعة 9 إلى الساعة 18 في الشكل 19-7، وهذا ما ورد في نتائج دراسة أجراها Meili وآخرون (Meili et al., 2021)، كما أن كثافة التركيبة؛ وتداخل عناصرها شكلت حاجزا يضاعف من سرعة الهواء؛ هذا ما هو ملاحظ في القيم المتوسطة لسرعة الرياح (الشكل 21-7).

في التركيبات النباتية المسطحة (F, G)، كانت كلا الحالتين ينعدم فيهما المجال المقارب للراحة الحرارية، على الرغم من أن سرعة الهواء كانت هي الأعلى مقارنة ببقية التركيبات، لكن طبيعة النباتات في هذه الحالة تقل فيها ظاهرة التبريد بالتبخير؛ ويكون نقصان في درجة حرارة الهواء بفعل التظليل الذي ينقص من درجات حرارة السطح فقط؛ كما أن مفعول التظليل استطاع أن يقلل من الحجم الساعي للإجهاد الحراري الشديد. بالنسبة للفترة الليلية، تتناقص درجة الحرارة لكن بصفة متباطئة إلى درجة الثبات، ينتج ذلك من طريقة توضع هذه التركيبة؛ توضعاً أفقياً، مما يحبس الحرارة المختزنة سابقاً في الأرض والمنطقة منها.



الشكل 29-7: تمثيل السلوك الحراري لكل تركيبة نباتية؛ في الليل والنهار.

الخلاصة:

مجال العينة 1 هو عبارة عن حي سكني في المركز الهندسي لمدينة بسكرة، يتميز بتشكيل عمراني بشكل قضبان منفتح بنسبة 50% من جهة الشرق والغرب، الشمال والجنوب، كما تتراوح نسبة الانسداد (Blockage ratio R_b) ما بين 0,08 إلى 0,14 أي بمتوسط 0,10، شبه خال من الغطاء النباتي في وسطه، لكنه بغطاء نباتي كثيف من الجهة الجنوبية، وغطاء متوسط من الجهة الشرقية، كما أن أرضية العينة ذو طبيعة اسفلتية.

أجرينا استجواب مع مستعملي مجال العينة، لاحظنا أن فئة المستجوبين التي عبرت بالرضا عن الحالة الحرارية تحددت مواقعهم تحت ظلال البنائيات أو الأشجار. وكانت في شهري يونيو وأكتوبر بالنسب التالية 18,18% و 33,33% على الترتيب. حيث كان مجال الراحة الحرارية لديهم محددًا ما بين 25,2 و 28,6 م° بالنسبة لدرجة حرارة الهواء، كما في الرطوبة النسبية يتراوح بين 35,5 و 45,8% وسرعة الهواء تتراوح بين 1,6 و 4 م/ثا.

أجريت المحاكاة على مجال العينة 1 في يوم ساخن من الفترة الحارة 14 يوليو 2018، وذلك بسيناريوهات مختلفة تتضمن تصميم الغطاء النباتي بمساحات وأحجام وأنواع نباتية متنوعة، تكون مصممة على أساس تحرير حجم كاف لاستعمالها من طرف السكان، باختيار النمط النباتي المناسب، حيث وضحت عينات الاستبيان التي أجريت مع سكان العينة أن استعمال مجالها ينحصر في الجلوس والتنقل بنسب كبيرة، ويستعمل كحظيرة سيارات بالأخص ليلاً بنسبة 41% وهي النسبة الأعلى. كما أن أنماط الغطاء النباتي المقترح في هذه السيناريوهات مصنفة إلى شكلين الأول غطاء نباتي كتلي تتمثل في

السيناريو C، D، E، والثاني غطاء نباتي مسطح F و G، تكون مساحة الغطاء النباتي فيها بنسب متفاوتة من حيث المساحة.

قدم السيناريو D أفضل النتائج من درجة حرارة الهواء، MRT، الرطوبة النسبية، ومؤشر التظليل، بالرغم أن باقي السيناريوهات، كانت متقاربة جدا فيما بينها، وبعيدة عن قيم D بفارق يقدر 0,81 م° وهذا بالنسبة لدرجة حرارة الهواء، أما عن MRT فقد كانت أكبر قيمة للسيناريو D تقل عن السيناريو B بـ 20,33 م° متوزعة تحت الغطاء النباتي الكثيف الذي يتميز بتداخل تيجان الأشجار فيه. الرطوبة النسبية والتي كانت أعلى القيم في السيناريو D والذي يتميز عن بقية السيناريوهات بزيادة تركيز الرطوبة النسبية في المجال الوسطي للعينات الناتجة عن الغطاء النباتي الكثيف، وهذا على الرغم من أن سرعة الهواء تقل في السيناريو D عن السيناريوهات B، G، F ذات القيم الأعلى. كما أن السيناريو D هو الذي يحمل القيم الأدنى بالنسبة لعامل عرض السماء SVF حيث تصل إلى 0,14 أي شبه انغلاق لرؤية السماء، والنتائج عن كثافة الغطاء النباتي وتداخل أشجاره فيما بينها، وهذا المؤشر يؤثر كثيرا على مدى وصول الإشعاع الشمسي المباشر لمجال العينة و الذي قد يؤثر على درجة حرارة الهواء ومتوسط درجة الحرارة المشعة MRT. وهذا يقودنا إلى مؤشر الظلال (Shadow flag) والذي أظهر أن السيناريو D هو الذي يمثل القيم الأكبر من ساعة شروق الشمس إلى غروبها، بالإضافة إلى السيناريو F، G اللذان يأتيان في المرتبة الثانية بعده.

بالنسبة للراحة الحرارية، اخترنا استخدام مؤشر درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة (PET)، حيث كانت قيم هذا المؤشر في السيناريو D هي الأقل عن باقي السيناريوهات، محققا مجالاً دافئاً، يتراوح بين 32,46 و 34,39 م° على مدار 8 ساعات ومجال حار ما بين 37,83 و 41,17 م° على مدار 6 ساعات متفرقة من اليوم، أما المجال الحار جدا فكان على مدار 9 ساعات بذروة تصل إلى 49 م°؛ حيث كانت ساعات الإجهاد الحراري الشديد في هذا المجال؛ هي الأقل مقارنة مع بقية السيناريوهات.

كانت مساحة التغطية للمجال الأخضر في السيناريو D تصل إلى 14897 م² أي بنسبة تقارب 90 %، مع حجم يصل إلى 151755 م³ بنسبة تقدر بـ 71,41 % من حجم مجال العينة، وهذا يعني أن الغطاء النباتي يأخذ 10/7 من حجم العينة وهي قيمة معتبرة، كما أن مؤشر كثافة المساحة الورقية LAD يصل إلى 1,50 م³/م² حيث تعتبر هذه القيمة متوسطة مقارنة بقيم LAD في باقي السيناريوهات. وبالمقارنة مع الأداء المناخي لهذا الحجم من العنصر النباتي، فإنه لا يصل إلى تحقيق مجال الراحة الحرارية ولا يقاربه، ولعل هذا يعود إلى ظاهرة الدفيئة العمرانية والتي قد تكون ناتجة عن الأرضية الإسفلتية للعينة، وقد تكون كذلك ناتجة عن قلة التهوية في فراغات العينة بسبب الوديان الموجودة، بالإضافة إلى كثافة الغطاء النباتي في هذه التركيبة، الذي يقلل من سرعة الرياح.

الفصل الثامن:

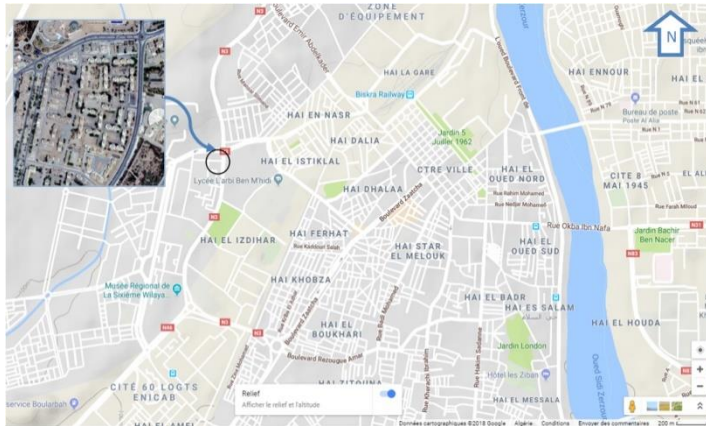
دراسة العينة 2

مقدمة:

في هذا الفصل نتطرق إلى العينة الثانية من السكنات الجماعية، تقع في الجهة الشمالية الغربية للمدينة بإحداثيات (خط عرض 34,855 وخط طول 5,711)، أين تكون الأرضية ذو طبيعة متعددة عن باقي العينات (أرضية ترابية في أغلب مساحة العينة، ممرات خرسانية، طرقات إسفلتية)، وتشكيلها العمراني بشكل قضبان منعزلة تشكل مجالا وسطيا، كما أن معامل حد الخشونة (roughness length) يقدر بـ 0,49، ومتوسط نسبة الانسداد تصل إلى 0,20.

1. دراسة العينة 2: حي 216 مسكن (بلعياط)

الموقع: حي 216 مسكن، يقع بالجهة الغربية لمدينة بسكرة في إطار مشروع تخطيط المناطق العمرانية السكنية الجديدة الغربية (ZHUN- Oust)، وهذا في فترة الثمانينيات.



الشكل 1-8: تعيين موقع حي 216 مسكن، المصدر: (www.google.com)، 2018.

المحيط القريب بالحي: يحيط بالحي شبكة طرقات ذات تدفق ميكانيكي كثيف في الجهة الشمالية، الشرقية والغربية إلى تدفق متوسط في الجهة الجنوبية، بالنسبة للمرافق فإنها تتوضع في الجهة الشمالية وتتمثل في فرع البريد والمواصلات، مركز الشرطة، صندوق الوطني للضمان الاجتماعي لغير الأجراء (C.A.S.N.O.S)، الصندوق الوطني لتأمين البطالة (CNAC)، مديرية التشغيل.

معلومات وقيم المدخلات (inputs data)			
مساحة العينة	10481,25 م ²	مساحة البناء	1767,5 م ²
حجم العينة	262031,25 م ³	حجم البناء	26512,5 م ³
حد الخشونة (roughness length)	0,49	درجة حرارة الهواء الابتدائية	31 م°
تاريخ المحاكاة	13 يوليو	الرطوبة النسبية على ارتفاع 2 م من سطح الأرض	24 %
زمن المحاكاة	24 ساعة	طبيعة أرضية العينة	ترابية + ممرات خرسانية + طرقات إسفلتية
سرعة الرياح على ارتفاع 10م	5,40 م/ثا	اتجاه الرياح	135 °
نسبة انفتاح محيط العينة	21 %	متوسط نسبة الانسداد (Rb)	0,20



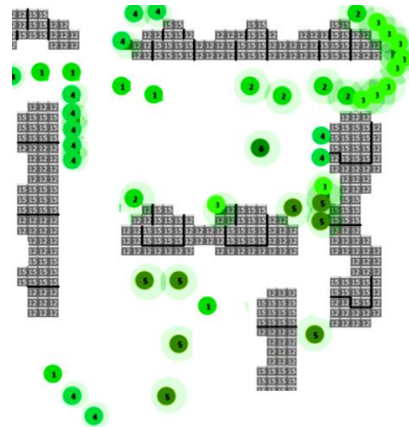
الجدول 1-8: معلومات حول العينة 2

مكوناته وشكله: الحي عبارة عن سكنات جماعية (طابق أرضي + 4 طوابق)، طريقة تجميعها بشكل مستطيلات ينتج عنها مجال خارجي وسطي توجه نحوه مداخل العمارات، في حدود كل مبنى سكني توجد حدائق خاصة بالسكان القاطنين في الطابق الأرضي وهي عبارة عن أشجار، شجيرات ومتسلقات كثيفة تغطي نوافذ الطابق الأرضي، يتوضع على أرضية ترابية تتخللها بعض الطرقات الثالثة إسفلتية بما في ذلك ممرات خرسانية، ولإجراء المحاكاة تم اختيار تجمع سكني من هذه التجمعات، وهذا موسوم في الشكل أعلاه.








التركيبية والأنواع النباتية المتواجدة في العينة: بالنسبة للمجال التابع لحي 216 مسكن، فإن الغطاء النباتي فيه ينتوع بين الأشجار والشجيرات والنخيل؛ الدائمة والفضية، ولا تندرج تحت أي عنصر تنسيقي فيما يخص النباتات، بل توضعها جاء جراء أفعال تطوعية من طرف السكان بهدف الحماية من عناصر المناخ القاسية، كما هو إعطاء اللمسة الجمالية والحيوية، كما تتوزع بشكل محيطي حول البنايات السكنية؛ لا تتجاوز ارتفاع 15 م؛ ذات تيجان مختلفة من الشكل الاسطواني إلى المخروطي والنخلي، حيث تحتل نسبة 21% من مساحة العينة، كما نوضح في الجدولين الأنواع النباتية الموجودة بارتفاعاتها، عددها، وأحجام تيجانها.

N°	sample of trees	Tree's name	Height (m)	Crown's volume (m3)	Nub of trees
1	Palm, dense, Small	Phoenix canariensis	5	18	7
2	Palm, dense, medium	Phoenix canariensis	15	243	6
3	Cylindrical, dense, small	Myoporum laetum	5	27	10
4	Cylindrical, dense, medium	Pinus halepensis	15	810	13
5	Conic, dense, medium	Laurus nobilis	15	441	9
6	Spherical, dense, medium	Eucalytus camaldulensis.	15	855	1

الجدول 2-8: إحصاء الأنواع النباتية الموجودة في العينة



الشكل 2-8: يمثل خارطة توضع الأنواع النباتية المتواجدة في العينة

النمط	الاسم العلمي	الاسم الشائع	الارتفاع	النوع	الشكل	الإزهار	الاستعمال	الصورة
الأشجار وشجيرات	Myoporum laetum G.Forst	Myoporum	4-6م	دائمة	ملتفة	صيف	كتلية، بشكل باقات، جدران نباتية	
	Pinus halepensis Mill., 1768	Pin d'Alep	20م	دائمة	غير منتظمة، قليلة الكثافة، قمة منتشرة	أفريل-ماي	معزولة، في مجموعات، في باقات	
	Laurus nobilis L., 1753	Laurier-sauce	5-10م	دائمة	مخروط عريض	نهاية الربيع بداية الصيف	للتزيين	
	Ficus religiosa L., 1753	Figuier des pagodes	30م	نفضية	قمة مفتوحة	الربيع	للتزيين	
	Eucalyptus camaldulensis. Dehnh., 1832	Eucalyptus rouge	إلى غاية 40م	دائمة	أشكال مختلفة	شتاء	في الحدائق الكبيرة، تجفيف المناطق الرطبة، ظل	
	Ceratonia siliqua L., 1753	Caroubier	إلى 10م	دائمة	تاج دائري	من جويلية إلى نوفمبر	للظل	
التقليدية	Phoenix canariensis Hort. ex Chabaud,	Palmier des Canaries	10-13م	دائمة	قائمة، ذات تاج	صيف	للتزيين، للترافف	

الجدول 3-8: الأنواع النباتية الموجودة في العينة 3، المصدر: عن (Maaoui, 2014) بتصرف من الباحث.

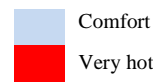
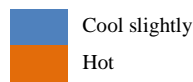
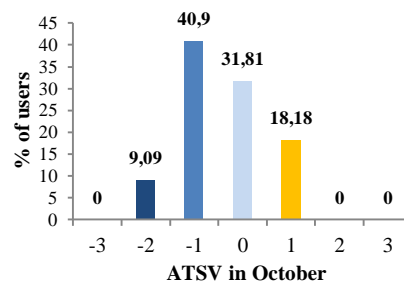
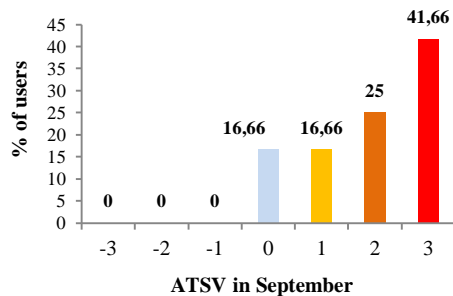
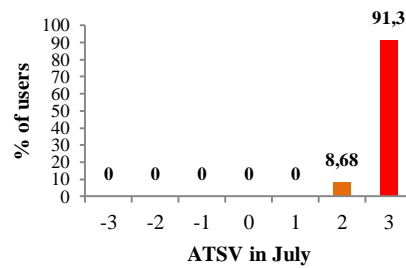
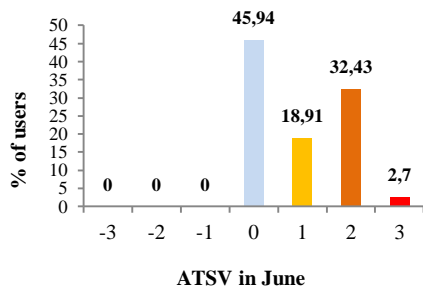
2. نتائج الاستبيان المجري مع مستعملي مجال العينة 2:

1.2 النتائج الإحصائية لتصويت الإحساس الحراري الآني (ATSV):

بتاريخ 17 يونيو، 13 يوليو، 17 سبتمبر، 23 أكتوبر من سنة 2018، تم استجواب مستعملي المجال الخارجي للعينة عن مدى إحساسهم بالراحة أثناء الاستجواب (Actual thermal sensation vote)، فكانت النتائج أن متوسط نسبة المستجوبين الذين يحسون بالراحة ويعبرون عنه بصفة معتدل تقدر بـ 45,94% في شهر يونيو؛ 16,66% في شهر سبتمبر؛ 31,81% في شهر أكتوبر، ما عدا شهر يوليو الذي يعتبر الشهر الأشد حرارة في هذه الفترة (الشكل 3-8). مجال درجة الحرارة المقاسة عند هذه الفئة تتراوح بين 21,1 و 33 م°؛ أما الرطوبة النسبية ما بين 25 و 47,5% وبالنسبة لسرعة الهواء ما بين 0,5 و 4 م/ثا، وفي الجدول 4-8؛ نبين حدود الراحة الحرارية لكل شهر:

أكتوبر		سبتمبر		يونيو		حدود الراحة الحرارية المحسوسة في كل شهر
Max	Min	Max	Min	Max	Min	
27.6	21.1	29.5	28.5	33	28.6	T (c°)
32	28.4	47.5	44	35.5	25	RH (%)
0.8	0.5	0.5	0.5	4	0.5	V (m/s)

الجدول 4-8: حدود الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل شهر قياس

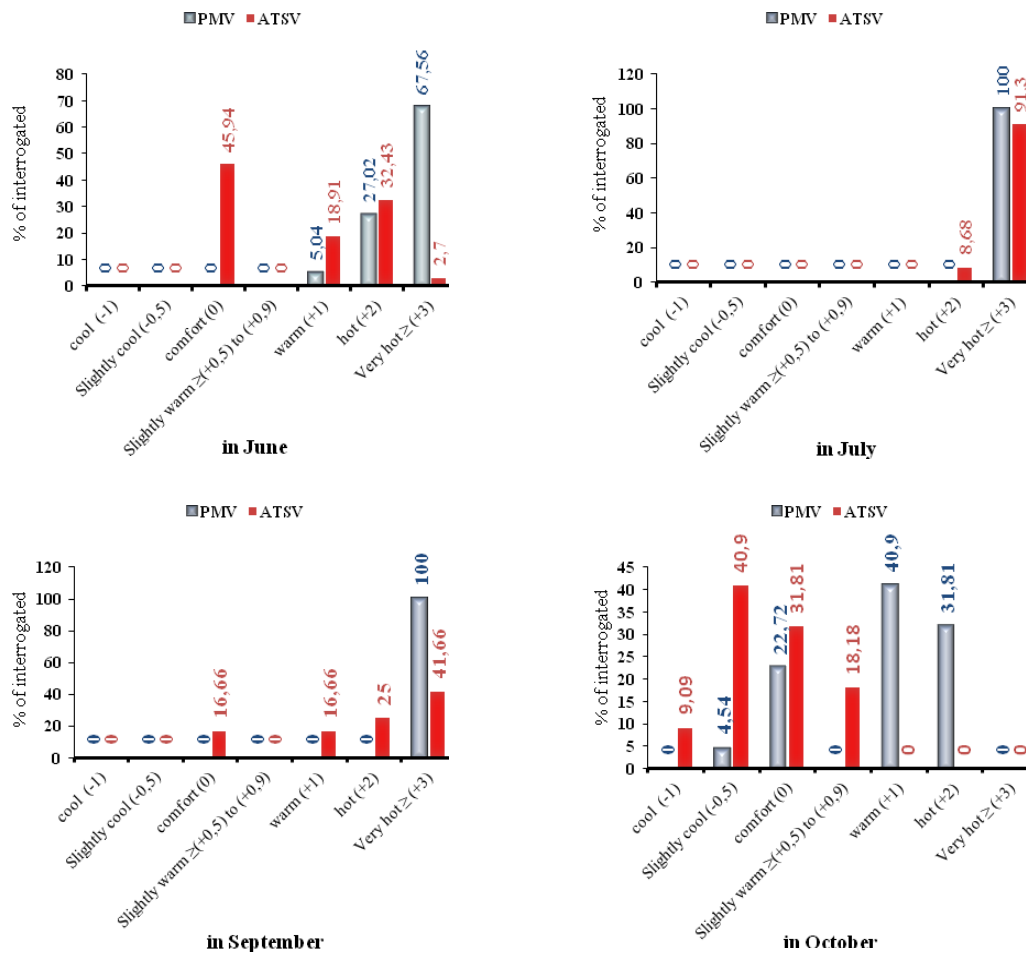


الشكل 3-8: نسبة المستجوبين الذين يعبرون عن إحساسهم بالراحة الحرارية في مجال العينة

2.2 مقارنة (ATSV) مع (PMV) للمستجوبين:

لا يكفي تحديد مجال الراحة الحرارية بالتعبير عن شعور الرضا عند المستعمل، بل يصل إلى إمكانية تحديده حسابياً. أجريت محاكاة للعينة بتركيبها النباتية الحالية بتواريخ إجراء القياسات والاستجابات، ومن نتائج المحاكاة تم حساب (PMV)؛ حسب معطيات كل مستجوب (العمر، الطول، الوزن، الجنس، النشاط الفيزيائي، نوع الملابس لتحديد قيمة CLO) (Ekici, 2013). تمت مقارنة قيم (PMV) المحسوبة بـ (ATSV) المحسوسة، والشكل 4-8 يوضح هذه مقارنة بين نسب المستجوبين، فكانت النتائج كالتالي: في الاعتدال أو الراحة كان الفارق بين النسب معتبر حيث نسبة (PMV) المحسوبة في شهر يونيو منعدمة كما هي في شهر سبتمبر ومقارنة بـ (ATSV) فإنها تحمل النسب 45,94% و 16,66% على الترتيب. في شهر أكتوبر قيم (ATSV) تزيد عن قيم (PMV) بـ 9%. يمكن القول إن قيم (ATSV) تختلف بنسب كبيرة عن قيم (PMV) في شهر يونيو وسبتمبر فيما يخص الإحساس بالراحة الحرارية في المجالات الخارجية، وهذا يرجع إلى تأثير عامل التأقلم

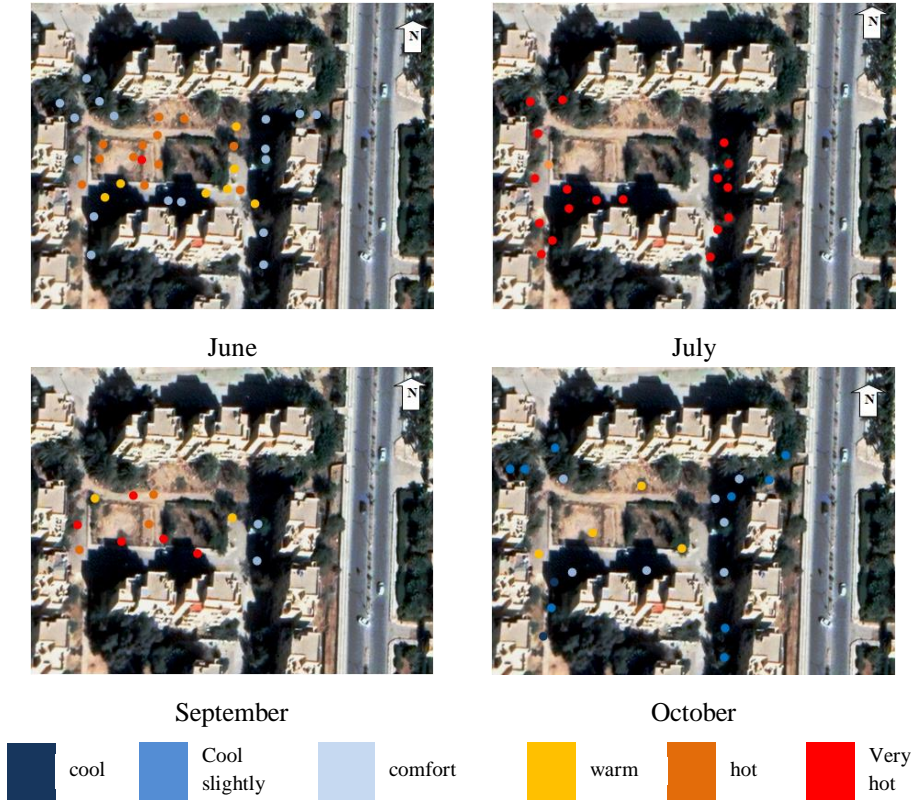
المناخي لدى مستعمل المجال الخارجي، كما هو تأثير التغير السلوكي تجاه البيئة الحرارية، مما يمكننا تحديد مجال راحة حرارية أوسع فيما يخص العينة المدروسة.



الشكل 8-4: مقارنة بين (PMV) و (ATSV) في كل شهر تمت فيه القياسات

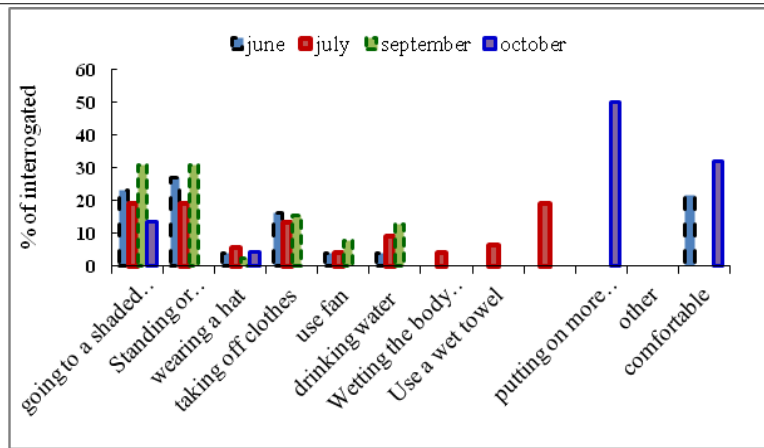
3. التحليل السلوكي لمستعملي مجال العينة:

لوحظ أن فئة المستجوبين التي عبرت بالرضا عن الحالة الحرارية تحددت مواقعهم تحت ظلال البنائيات أو الأشجار (الشكل 8-5). للظلال التأثير كبير على الإحساس بالراحة الحرارية؛ وهذا في شهر يونيو، سبتمبر وأكتوبر، لكنه ليس الوحيد بل هناك عدة عوامل من بينها سرعة الهواء، أو ما يسمى اصطلاحا في الارصاد الجوية هبات الرياح (Wind Gust)، ولها تأثير على الإحساس بالراحة الحرارية لدى مستعمل المجال وتسمى مفعول التبريد بالهواء (Ahriz, 2018)، وكذلك معامل العزل الحراري (CLO) الذي له تأثير كبير على المستعمل والمتعلق بنوع اللباس و نسبة تغطيته للجسم (Baek et al., 2018) ففي مجال العينة لاحظنا من الاستجاب الذي أجري مع المستعملين أن الإناث ذوات معامل العزل الحراري (CLO=0,74) يمثلون نسبة 25% من الذين يشعرون بالراحة في المجال، الذكور ذوي (CLO=0,39) يمثلون نسبة 20% من المستجوبين الذين يشعرون بالراحة الحرارية. وكذلك وزن، سن، قامة ونوع المستعمل له تأثير على تحديد مجال الراحة الحرارية (Makvandi et al., 2021).



الشكل 8-5: خارطة سلوك لموقع المستجوبين؛ في كل شهر قياس، المصدر: الباحث، 2018

وكما هو مبين في الشكل 6-8؛ نتائج الاستجواب مع مستعملي مجال العينة في شهر يونيو، يوليو، سبتمبر وأكتوبر تتمثل في القيام بسلوكيات للتخفيف من شدة الحرارة، تظهر بشدة في شهر يوليو وتتمثل في الذهاب إلى أماكن مظلمة، الوقوف أو المشي تحت ظل الأشجار، استعمال القبعة، استعمال مروحة لتحريك الهواء، التقليل من الملابس، أو ارتداء ملابس خفيفة الوزن؛ ذات معامل عزل أقل، شرب الماء، تبليل الجسم بالماء أو استعمال منشفة مبللة، الخروج في الصباح الباكر أو عند آخر المساء، وكلها بنسب متغيرة من 4 إلى 19%، حيث يتقدم سلوك الخروج في الصباح الباكر أو في المساء بنسبة أعلى فقط في شهر يوليو، أما في يونيو و سبتمبر فسلوك الذهاب إلى الأماكن المظلمة و المشي تحت ظلال الأشجار هو السائد بنسبة 30,8%، يليه سلوك التخفيف من الملابس بنسبة 15,4%. بالنسبة لشهر أكتوبر؛ السلوك الذي يميزه عن باقي الأشهر هو الزيادة في الملابس بنسبة 50% وبالأخص في الفترة الصباحية حيث تزيد قيمة CLO من 0,34 في شهر يوليو إلى 1,05 في شهر أكتوبر، ما يدل أن الإحساس بالاعتدال إلى الإحساس بالبرودة قليلا هو السائد في شهر أكتوبر.



الشكل 6-8: تغيير سلوك مستعملي مجال العينة في كل شهر قياس

أغلبية المستجوبين يستعملون مجال العينة في أوقات من اليوم تقل أو تنعدم فيها أشعة الشمس، والذين يمثلون مجموع نسبة تزيد عن 86%. تتلخص طبيعة استعمال مجال العينة في استخدام يحتاج لوقت وجيز مثل لقاء الأصدقاء والتنقل على مدار النهار والذي يمثل مجموع نسبة 30,43%؛ في الأماكن المظللة والمشجرة بنسبة كبيرة يصل مجموعها إلى حوالي 64%، أما الاستخدمات ذات الوقت الطويل مثل الجلوس، التسامر واللعب فيكون إما في الصباح الباكر أو في الليل بالأخص على الأرصفة بمجموع نسبة 52,17%، أما الاستخدام الذي يأخذ نسبة 19,5% من المستجوبين فهو ركن السيارات والذي لا يشمل فقط سكان العينة بل وما جاورها وبالأخص في الفترة الليلية. وفي الفترة المسائية يستخدم مجال العينة كمكان للعب غير مهيب بنسبة 23,91% (الجدول 5-8).

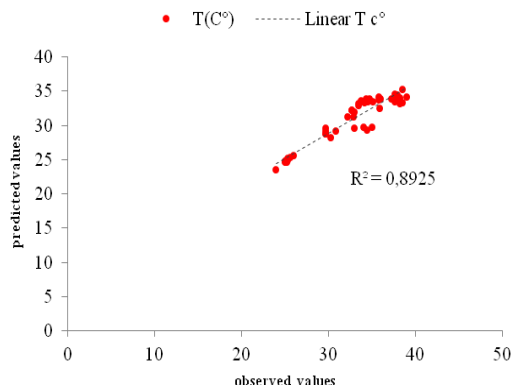
طبيعة الأرضية الترابية في أغلب مساحتها، مع انعدام عناصر التهوية العمرانية، جعل من استعمال المجال مقتصرًا على استخدامات وجيزة، واستخدامه كحظيرة سيارات غير مبرمجة تعيق وتمنع الاستعمالات الأخرى للمجال.

أوقات استعمال مجال العينة	6 سا – 11 سا	11 سا – 16 سا	16 سا – 20 سا	20 سا – 00 سا	لا يستعمله
% المستجوبين	31,03	10,34	13,79	41,37	3,44
نوع الاستعمال	الجلوس	لقاء الأصدقاء	التنقل	اللعب	حظيرة سيارات أخرى
% المستجوبين	28,26	19,56	2,17	23,91	19,56
موقع الاستعمال	أمام عمارة المسكن	المواقع المظللة	تحت الأشجار	على الرصيف	مواقع أخرى
% المستجوبين	16,66	36,11	27,77	16,66	2,77

الجدول 5-8: إحصاء سلوكيات مستعملي مجال العينة 2 في الفترة الحارة، المصدر: الباحث، 2018

4. التحليل التجريبي للمحاكاة

إثبات صحة نتائج نموذج (ENVI-met): تجري مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة في نقاط محددة في العينة (موضحة في الشكل 7-8) وقيم المحاكاة، حيث أخذت القياسات في الساعات التالية: 7 سا، 10 سا، 13 سا، 16 سا و19 سا من تاريخ 17 يونيو 2018. لاحظنا أن هناك تقارب بين قيم المقاسة وقيم المحاكاة، وهذا يظهر في قيمة معامل التحديد R^2 والمقدرة بـ 0,89 وهي قيمة تقترب من 1.



الشكل 7-8: مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة والقيم المحاكاة، في نقاط محددة من العينة

كما تم تقييم دقة النتائج المحاكاة باستخدام مؤشر (RMSE)، مؤشر (MAE)، لتقييم أداء النموذج أظهرت قيم MAE لجميع المقارنات أن النموذج قد تنبأ بشكل عام بدرجة حرارة تتراوح بين 0,52 و 5,95 م° (موضح في الجدول 6-8)، ونسبة متوسط الخطأ المطلق (MAPE) تتراوح بين 2,04 و 19,49%. أما بالنسبة لمؤشر جذر متوسط الخطأ التربيعي (RMSE)؛ فالقيم تتراوح بين 0,72 و 2,65 بنسبة خطأ من 2,83 إلى 7,80%، ما هو ملاحظ أن المؤشران (MAE) و (RMSE) نسبة الخطأ بين القيم المقاسة والقيم المحاكاة تكون أكبر في الساعة 10 وتبدأ في التناقص إلى غاية الساعة 16 سا لترتفع في الساعة 19 سا. بشكل عام، فإن قيم درجة حرارة الهواء المحاكاة تتقارب جيداً مع القيم المقاسة ساعياً، ولا تصل إلى 30%. اقصى نسبة في (RMSPE) هي 7,8 % و أقصاها بالنسبة لـ (MAPE) هي 19,49 % (ASHRAE Technical Committee, 2015).

Hours	<i>h = 1,5m</i>					Equation of Indices
	7h	10h	13h	16h	19h	
RMSE	0,72	2,44	2,35	2,26	2,65	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}}$
RMSPE % of error	2,83	7,80	6,79	6,28	7,36	$RMSPE = \left(\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}} \right) \times 100 \right)$
MAE	0,52	5,95	5,51	5,11	7,01	$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Pi - Oi|}{n}$
MAPE %	2,04	19,04	16,90	14,19	19,49	$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Oi - Pi}{Oi} \right|$

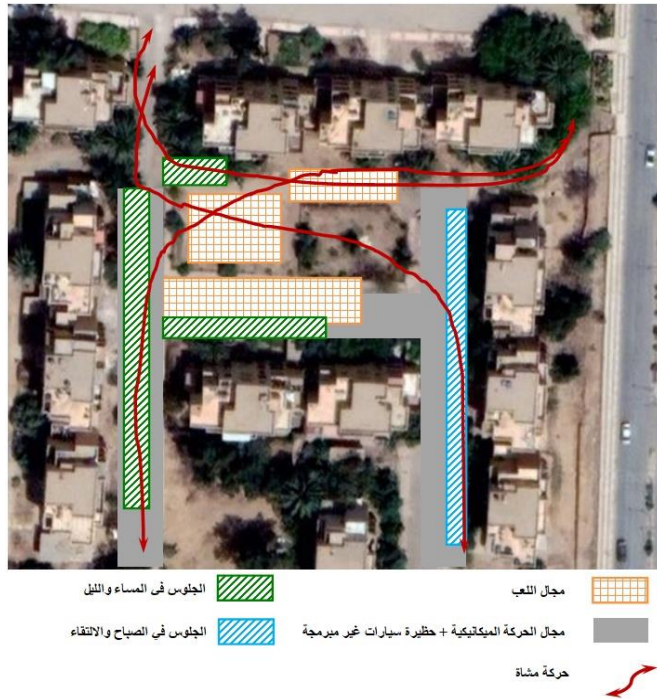
الجدول 6-8: مقارنة بين درجة الحرارة المحاكاة عن طريق (ENVI-met) وبين درجة الحرارة المقاسة في العينة،

المصدر: الباحث، 2018.

5. تصميم سيناريوهات العينة:

يعتمد تصميم السيناريوهات في العينة 2 على كيفية استعمال السكان لمجالها، خاصية هذا المجال أنه ذو أرضية أغلبها ترابية، مع بعض الممرات الخرسانية والطرق الاسفلتية. الوظيفة ذات النسبة الأعلى في الاستعمال هي الجلوس، بما في ذلك اللعب (الجدول 7-8)، وبالتالي تصميم سيناريوهات المحاكاة يعتمد أساساً على تحرير أكبر قدر من الحجم والمساحة للجلوس واللعب، ومنه:

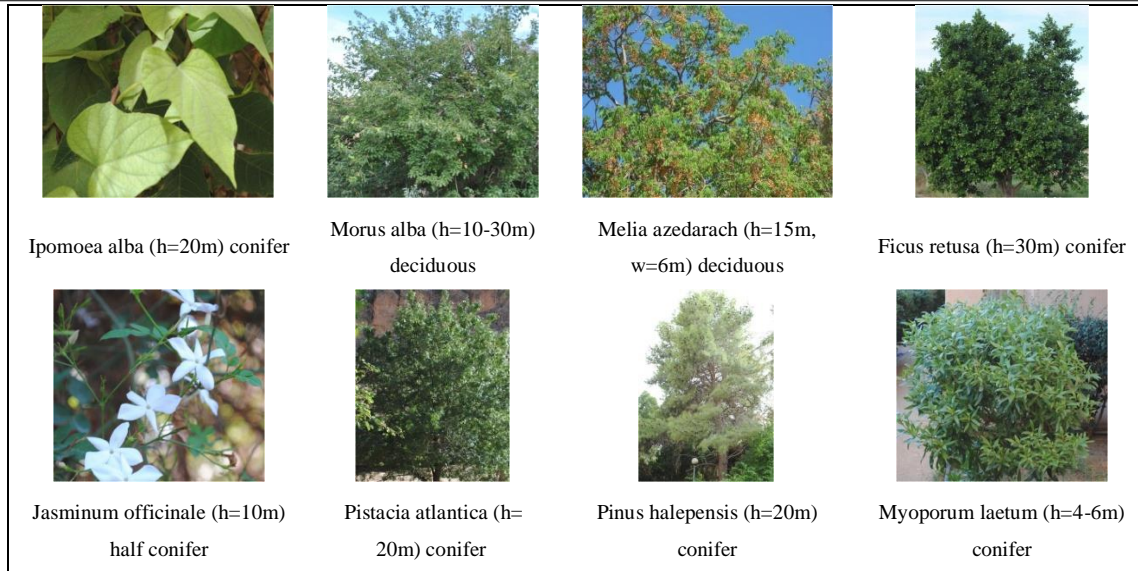
- اختيار الأنواع النباتية سهلة التشكيل والقص، وذات مؤشر (LAD) متنوع (منخفض، متوسط، مرتفع).
- اختيار الأشجار ذات التيجان الكثيفة والمرتفعة على مستوى الأرض (تاج الشجر لا يقل ارتفاعه عن 9 م)، وكذلك ذات التيجان العريضة للتظليل.
- الشجيرات الصغيرة لغرض التزيين تكون ذات أوراق دائمة (الجدول 7-8).
- تحقيق احتياجات مستعملي مجال العينة التي تتمثل في: توفير أشجار الظل بنسبة 83 % من المستجوبين، خلق مساحات مغطاة ومظللة مع أماكن جلوس بنسبة 60 % من المستجوبين (الجدول 7-8).
- اختيار الغطاء العنصر النباتي ذو النوع المتسلق أو أشجار ذات تاج مرتفع عن مستوى الأرض، فوق ممرات الحركة.



الشكل 8-8: الخارطة السلوكية لمستعملي العينة 2 خلال الفترة الحارة، المصدر: الباحث، 2018.

احتياجات المستعمل في مجال العينة 2						
تبليط الأرضية	مجالات مائية	أشجار ظل	نباتات متنوعة	مساحات مغطاة ومظللة	مساحة لعب	أماكن جلوس
56	61	78	56	56	71	56
% 60,0	% 64,89	% 82,97	% 60,0	% 60,0	% 75,53	% 60,0

الجدول 7-8: نتائج الاستبيان المتعلق باحتياجات المستعمل في مجال العينة، المصدر: الباحث، 2018.



الشكل 8-9: الأنواع النباتية المستعملة في تصميم سيناريوهات العينة، المصدر: (Maaoui, 2014) بتصريف من الباحث

6. التعريف بالتركيبة النباتية لكل سيناريو من الحالات المقترحة للمحاكاة:

في هذه الجزئية، نتيج المجال للتعرف على الحالات المقترحة للمحاكاة عن طريق برنامج (Envi-met 4)، بما في ذلك حالة العينة الأصلية؛ حيث نستعرض في كل سيناريو ارتفاع النوع النباتي، الحجم التاجي (حجم الذي تحتله أوراق الأشجار)، عدد النوع النباتي والحجم الكلي للغطاء النباتي.

الحالة A هي الحالة الأصلية التي توجد عليها العينة، نلاحظ تنوع الغطاء النباتي من نخليات، أشجار وشجيرات، أغلبها تتموقع على محيط السكنات الجماعية؛ بطريقة عشوائية، يبلغ الحجم الكلي للغطاء النباتي 21258 م³.

حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 21258 m ³				الحالة A
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد
نخل صغير كثيف الأوراق	5	18	7	126
نخل متوسط كثيف الأوراق	15	243	6	1458
شجرة اسطوانية، صغيرة، كثيفة	5	27	9	243
شجرة اسطوانية، متوسطة، كثيفة	15	810	18	14580
شجرة مخروطية، متوسطة، كثيفة	15	441	11	4851

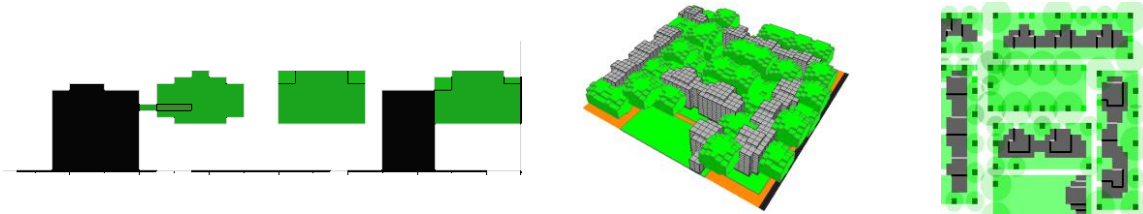


الجدول 8-8: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة A

الحالة C هي السيناريو المقترح الأول، حيث يكون الغطاء النباتي متنوع، يعتمد على الأشجار ذات التاج العريض، التي تحتل نسبة 70% من مساحة الغطاء النباتي؛ تتركز أكثر في المجال الوسطي في العينة.

حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 43 672 m ³				الحالة C
حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الورقي (m ³)	الارتفاع (m)	نوع الشجرة
26564	30	916	10	شجرة عريضة التاج
540	9	60	5	شجيرة صغيرة
16568	19	872	15	شجرة كروية التاج

الجدول 8-9: الأنواع النباتية المقترحة وتموقعها في العينة، الحالة C

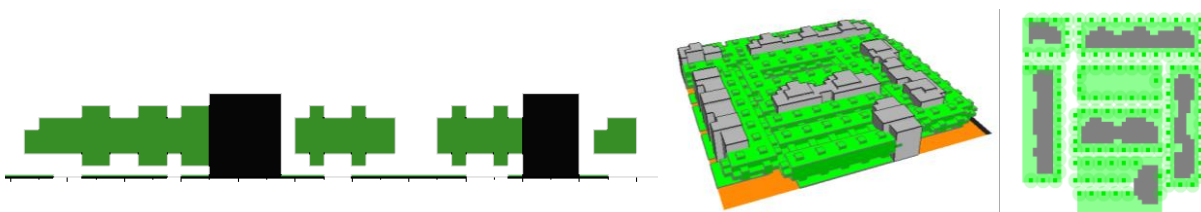


الشكل 8-10: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو C للعينة، المصدر: الباحث، 2018

الحالة D هي السيناريو المقترح الثاني، الغطاء النباتي فيه يعتمد على نوع واحد من الأشجار بارتفاع 15م، يبلغ حجم الغطاء النباتي 82620 م³؛ وهو أكبر حجم في جميع السيناريوهات المقترحة، تتموقع الأشجار بطريقة محيطية حول السكنات و كذلك حول المجال الوسطي، طريقة توزيع الغطاء النباتي تعيق الاستعمال و يعتبر هذا السيناريو الحالة القصوى في استغلال الأشجار.

حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 82620 m ³				الحالة D
حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الورقي (m ³)	الارتفاع (m)	نوع الشجرة
82620	102	810	15	شجرة اسطوانية، متوسطة، كثيفة

الجدول 8-10: الأنواع النباتية المقترحة وتموقعها في العينة، الحالة D

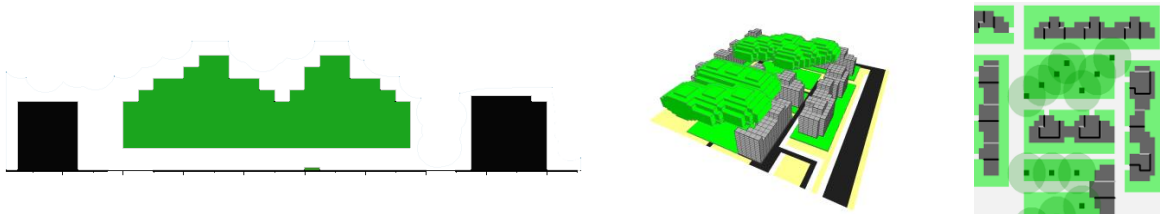


الشكل 8-11: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو D للعينة، المصدر: الباحث، 2018

الحالة E هي السيناريو المقترح الثالث، الغطاء النباتي فيه يعتمد كذلك على نوع واحد من الأشجار الخيمية بارتفاع 25م؛ لكن بحجم غطاء نباتي أقل يقدر بـ 24890 م³، تتوضع الأشجار في المجال الوسطي بشكل صفين قطريا.

الحالة E			
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار
شجرة كروية، كبيرة، كثيفة	25	2489	10
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 24890 m ³			
حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)			
24890			

الجدول 8-11: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة E

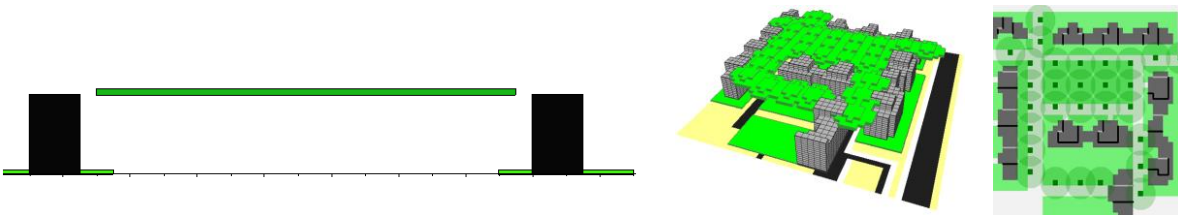


الشكل 8-12: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو E للعينة، المصدر: الباحث، 2018

الحالة F هي السيناريو المقترح الرابع، الغطاء النباتي فيه يعتمد على النباتات المتسلقة بارتفاع 15م وسمك 1م؛ تتركز في المجال الوسطي لتغطيته وتحرير المجال تحتها لمستعمليه؛ مع ترك مسافة بسيطة بين المتسلقات، حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 3825 م³.

الحالة F			
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	الحجم الورقي (m ³)	عدد المتسلقات
نباتات متسلقة (تعريشة)	15	225	17
حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)			
3825			
حجم الورقي للنبات المتسلق = 3825 m ³			

الجدول 8-12: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة F

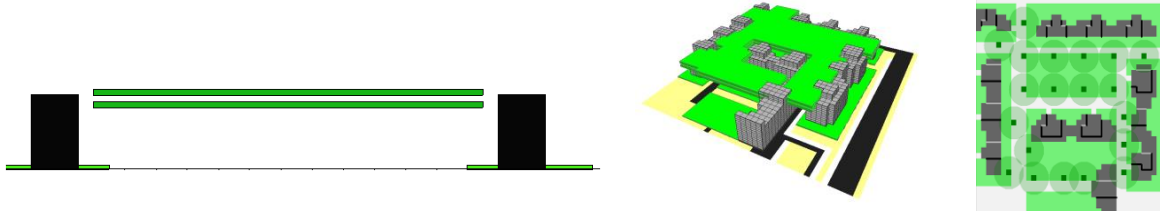


الشكل 8-13: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو F للعينة، المصدر: الباحث، 2018

الحالة G هي السيناريو المقترح الخامس، الغطاء النباتي فيه يعتمد كذلك على النباتات المتسلقة - كما هو في الحالة F - بارتفاع 15م وسمك 3م؛ بشكل طبقتين كل طبقة سمكها 1م بينهما فراغ بسمك 1م؛ تتركز في المجال الوسطي بهدف تغطيته وتحرير المجال تحتها لاستعمال السكان، حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 7650 م³.

الحالة G	حجم الورقي للنبات المتسلق = 7650 m ³	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)		نوع الشجرة
	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد (m ³)	عدد المتسلقات	الحجم الورقي (m ³)	الارتفاع (m)
	7650	17	450	15

الجدول 8-13: الأنواع النباتية المقترحة و تموقعها في العينة، الحالة G



الشكل 8-14: يمثل طريقة توزيع الغطاء النباتي في السيناريو G للعينة، المصدر: الباحث، 2018

في نهاية التعريف بالتركيبات النباتية لكل سيناريو، نستعرض مساحة الغطاء النباتي (VC) ونسبته من مساحة العينة لكل سيناريو، مع قيم كثافة التغطية الخضراء (LAD) في كل غطاء نباتي وهذا ممثل في الجدول:

السيناريو	مساحة VC	نسبة VC من مساحة العينة	قيم كثافة التغطية الخضراء (LAD) في الغطاء النباتي
C	7066 م ²	70 %	1,16 م ³ /م ²
D	10287 م ²	98 %	2,0 م ³ /م ²
E	2250 م ²	20 %	1,74 م ³ /م ²
F	3825 م ²	40 %	1 م ³ /م ²
G	3825 م ²	40 %	1 م ³ /م ²

الجدول 8-14: نسب مساحة الغطاء النباتي وقيم (LAD) لكل سيناريو.

7. دراسة مقارنة لسيناريوهات (A,B,C,D,E,F,G) في العينة (2):

1.7 درجة حرارة الهواء: يوضح الجدول (8-15) والشكل (8-15)، درجة حرارة الهواء المحاكاة على ارتفاع 1,5 م في 13 يوليو للحالات المختلفة. يعتبر يوليو الشهر الأسخن في الفترة الصيفية في مدينة بسكرة، ولذا تم اختياره لاستعراض نتائج محاكاة سيناريوهات الدراسة.

في هذه الجزئية يتم ترتيب السيناريوهات تنازلياً من أعلى درجة حرارة إلى أدناها؛ وذلك بحسب قيم درجة الحرارة القصوى، الدنيا والمتوسطة لكل سيناريو، ومنه عند درجات الحرارة القصوى؛ فالسيناريو F هو الأول بقيمة 45.70 م°، بعده G بـ 45.60 م°، ثم D بـ 45.32 م°، يليه E بقيمة 45.24 م°، وبعدها السيناريو A بذروة تصل إلى 44.92 م°، والسيناريو B بقيمة 44.88 م°، وفي الأخير السيناريو C بدرجة حرارة قصوى تبلغ 44.52 م°.

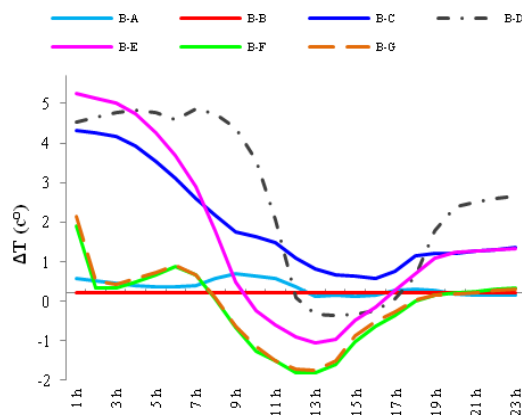
أما بحسب قيم درجة الحرارة الدنيا فيكون الترتيب كالاتي حيث السيناريو B هو الذي يحمل أعلى قيمة، يليه السيناريو A بقيمة 32.52 م°، ثم F بدرجة حرارة 32 م°، يليه السيناريو G بقيمة 31.97 م°، يأتي بعده السيناريو C بدرجة حرارة دنيا تبلغ 29.76 م°، ثم E بقيمة دنيا تصل إلى 29.20 م°، وأقل درجة حرارة تصل إلى 28.29 م° في السيناريو D.

عند ترتيب السيناريوهات بحسب متوسط درجة الحرارة فيكون السيناريو ذو القيمة الأعلى هو F بقيمة 39.30 م°، والسيناريو ذو القيمة الأقل هو D بمتوسط درجة حرارة تصل إلى 36.55 م°.

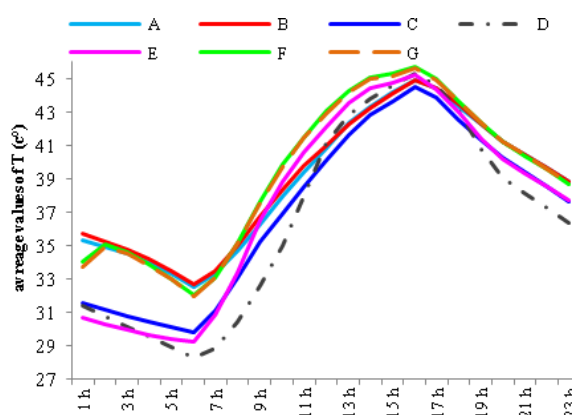
سيناريوهات العينة							(c°)T
G	F	E	D	C	B	A	
45.60	45.70	45.24	45.32	44.52	44.88	44.92	القيم القصوى
2	1	4	3	7	6	5	ترتيب تنازلي
31.97	32.0	29.20	28.29	29.76	32.68	32.52	القيم الدنيا
4	3	6	7	5	1	2	ترتيب تنازلي
39.25	39.30	37.56	36.55	37.17	38.93	38.78	القيم المتوسطة لـ 24 ساعة
2	1	5	7	6	3	4	ترتيب تنازلي

جدول 8-15: ترتيب سيناريوهات المحاكاة بحسب القيم القصوى، الدنيا والمتوسطة لدرجة حرارة الهواء

يظهر منحنى القيم المتوسطة لـ (T) في جميع سيناريوهات العينة أن الحالة D هي الحالة ذات القيم الأقل، حيث يصل أكبر فرق بينها وبين الحالة B إلى 4.66 م°.



ب) الفرق في القيم المتوسطة لـ (T) في جميع السيناريوهات مع السيناريو B للعينة



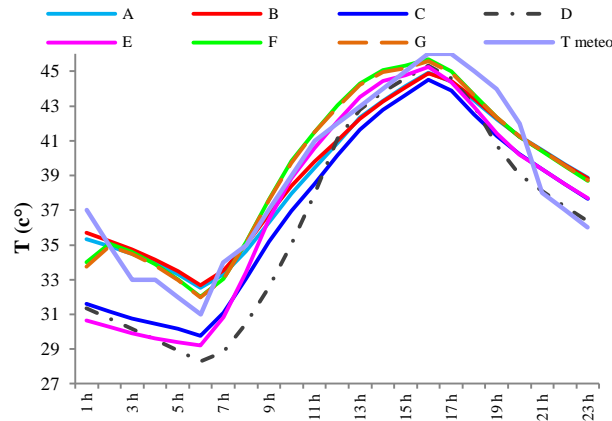
الشكل 8-15: أ) القيم المتوسطة لـ (T) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 13 يوليو، المصدر: الباحث، 2018

2.7 ظاهرة الدفيئة العمرانية في سيناريوهات العينة:

في الشكل (8-16)، الذي يمثل مقارنة القيم المتوسطة لدرجة حرارة الهواء في السيناريوهات المختلفة مع درجة حرارة الهواء في محطة الارصاد، حيث لاحظنا أن (T meteo) في الفترة ما بين الساعة 00 و 8 صباحا تكون بقيم أقل من السيناريوهات A, B, F, G، يصل أكبر فرق بين (T meteo) و السيناريو B بـ 1,68 م°. بالنسبة للسيناريوهات C, D, E فهي تقل عن (T meteo) بأكبر فرق يصل إلى 2,71 م°. في الفترة ما بين 8 صباحا و 19 مساءً تتزايد قيم (T meteo) عن جميع السيناريوهات حيث يصل أكبر فرق إلى 2,11 م°؛ لتعود قيم (T meteo) في التناقص حتى تصل إلى قيم أقل من جميع السيناريوهات ابتداء من الساعة 21 ليلا.

إن ارتفاع درجة حرارة الهواء في المجال العمراني على الرغم من وجود غطاء نباتي يعمل على خفضها، وانعدام الحرارة الشمسية (الفترة الليلية) يدل على وجود ظاهرة الدفيئة العمرانية في السيناريوهات A, B, F, G، لكن السيناريوهات C,

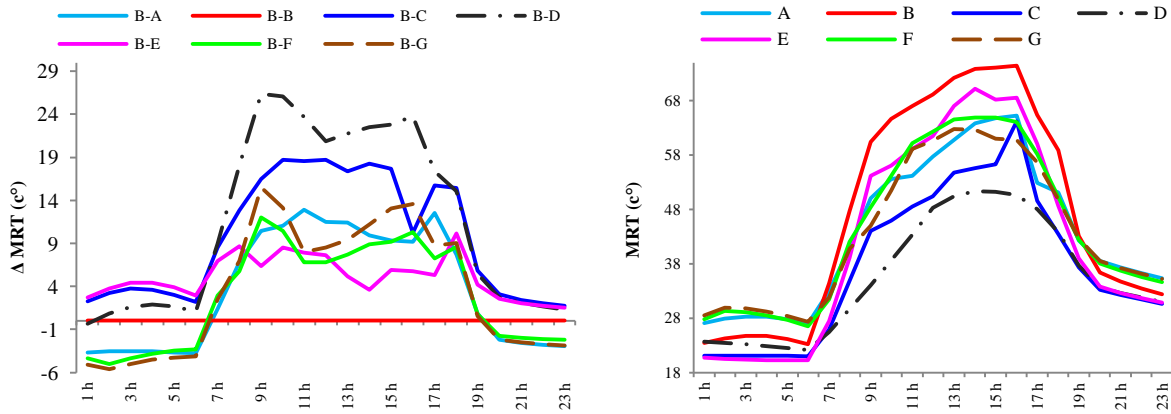
D, E فتركيبتها النباتية تعمل إما على عدم وصول الأشعة الشمسية لمكونات المجال العمراني عن طريق التظليل؛ وبالتالي عدم اختزانها للحرارة، أو عن طريق تبريد بالتهوية.



الشكل 8-16: مقارنة القيم المتوسطة ل (T) لسيناريوهات العينة مع درجة حرارة الهواء لمحطة الارصاد الجوية، المصدر: الباحث، 2018.

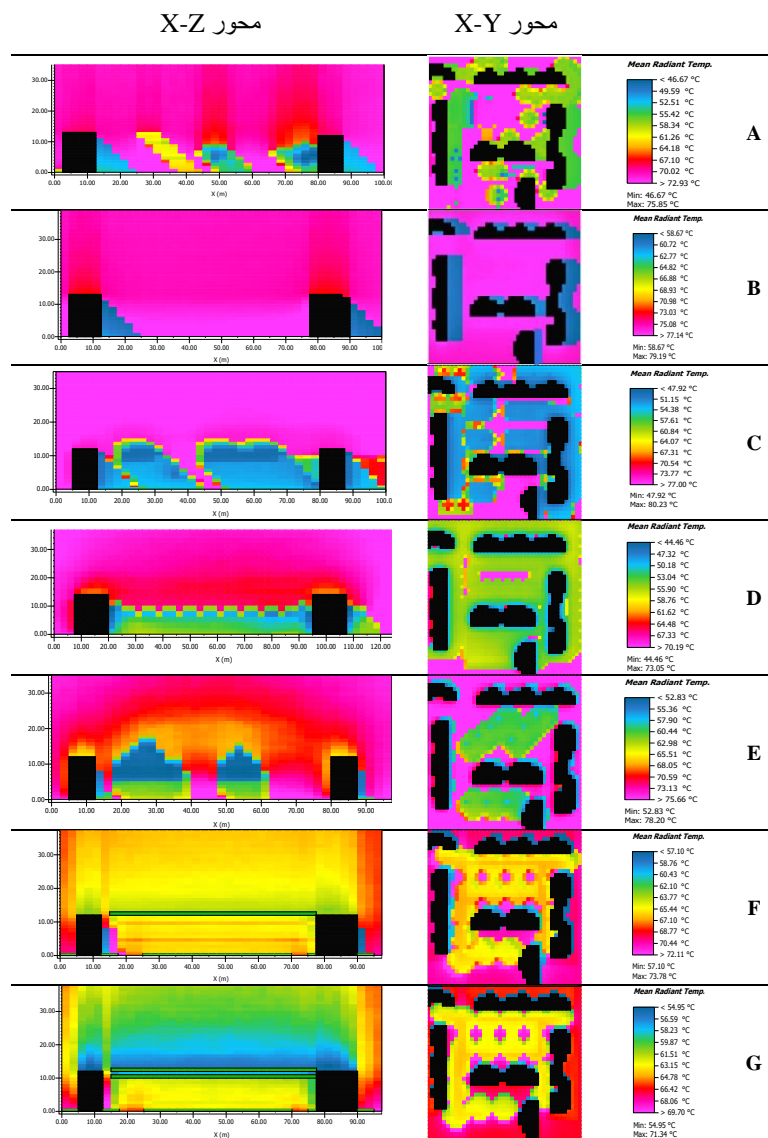
3.7 متوسط درجة الحرارة المشعة MRT:

في الشكل 8-17 الذي يمثل المقارنة بين سيناريوهات العينة فيما يخص درجة الحرارة المشعة (MRT)، نلاحظ وبشكل واضح أن السيناريو D هو الذي يحمل القيم الأقل في الفترة الممتدة من شروق الشمس لغروبها (6 سا إلى 19 سا) حيث يبلغ أكبر فارق بينه وبين السيناريو B (الذي يحمل القيم الأعلى) 26.41 م° .



الشكل 8-17: القيم المتوسطة لـ (MRT) و (Δ MRT) في جميع السيناريوهات للعينة بتاريخ 13 يوليو، المصدر: الباحث، 2018

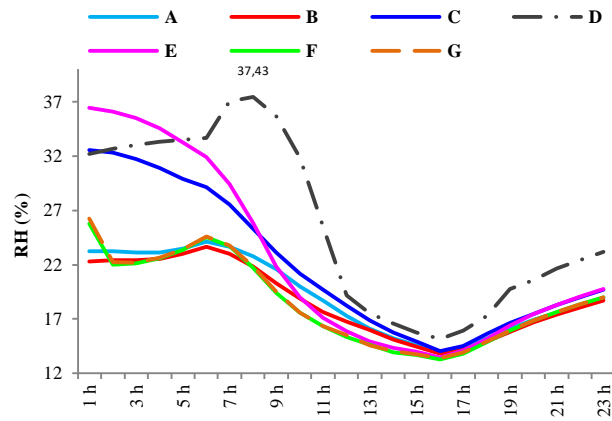
كما يبين الشكل 8-18 الخرائط الحرارية لـ MRT، حيث نلاحظ جميع السيناريوهات ذات التركيبات النباتية باختلافها، أن الأقل لـ MRT تكون تحت التغطية النباتية، وهذا ما يشكل مساحات التظليل للغطاء النباتي، ويمكن القول أن قيم MRT بمفعول التظليل للعنصر النباتي، كما تتأثر بمفعول التظليل للعنصر البنائي وهذا ما يظهره السيناريو B.



الشكل 18: الخرائط الحرارية لـ (MRT) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.

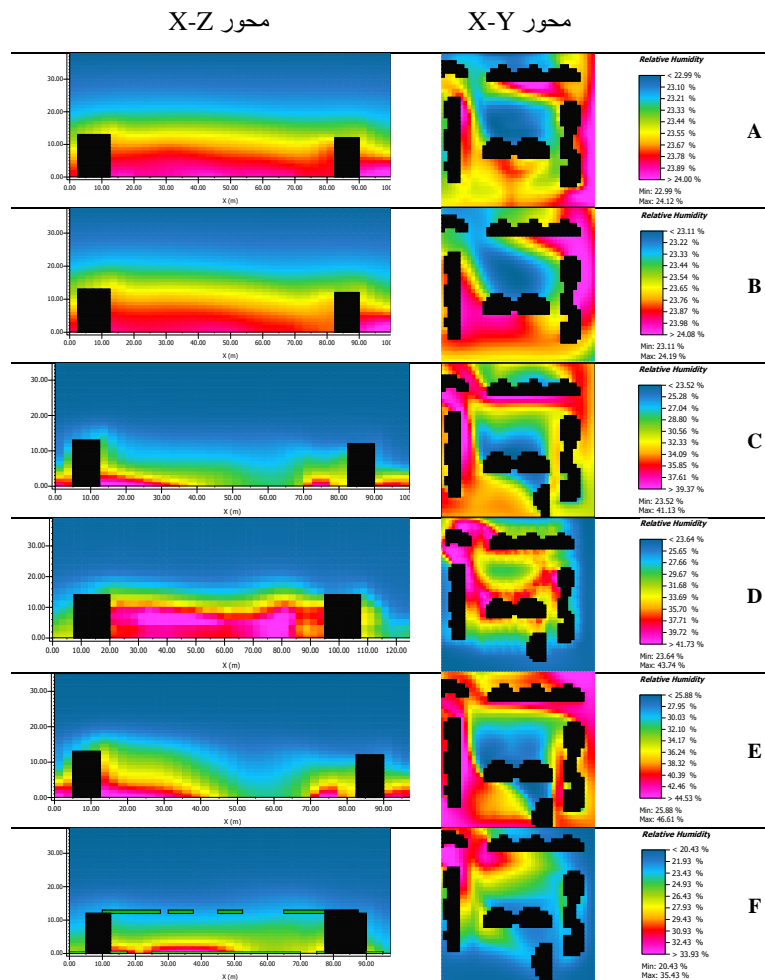
4.7 الرطوبة النسبية RH

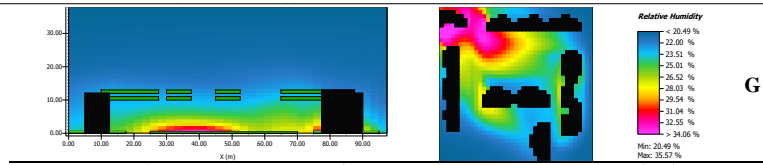
الشكل 19-8 يمثل القيم المتوسطة للرطوبة النسبية في سيناريوهات المحاكاة، حيث يظهر جليا أن السيناريو D هو الذي يحمل القيم الأعلى من الرطوبة حيث تصل ذروتها إلى 37.43 على الساعة 8 صباحا، بخلاف السيناريو B (من دون غطاء نباتي) الذي تكون أعلى قيم الرطوبة على الساعة 6 صباحا كما هو في المعطيات الارصادية المتحصل عليها، أما السيناريو A فالقيمة القصوى على الساعة 5 صباحا، و بالنسبة للسيناريوهات E, F, G فكل القيم القصوى للرطوبة تكون على الساعة 1 صباحا. نلاحظ في خرائط الرطوبة النسبية المأخوذة في ساعات الذروة (الشكل 20-8) أن السيناريوهات A, B, C, E, F, G تكون فيها أعلى القيم إما محيطة بالمجال الوسطي أو مركزة في البقعة شمالية غربية من مجال العينة، والسيناريو D تنتزع القيم القصوى للرطوبة في المجال الوسطي. في المقاطع الطولية للعينة؛ و بالنسبة للسيناريو F و G القيم القصوى للرطوبة تكون على مستوى الأرض، وهذا بفعل عملية التبخر الناتجة عن المسطح الأخضر (Grass).



G	F	E	D	C	B	A	السيناريوهات
2	1	5	7	6	3	4	الترتيب حسب T(°C) (تنازلي)
2	1	6	7	5	3	4	الترتيب حسب RH(%) (تصاعدي)

الشكل 8-19: القيم المتوسطة لـ (RH) في جميع السيناريوهات للعينات بتاريخ 13 يوليو

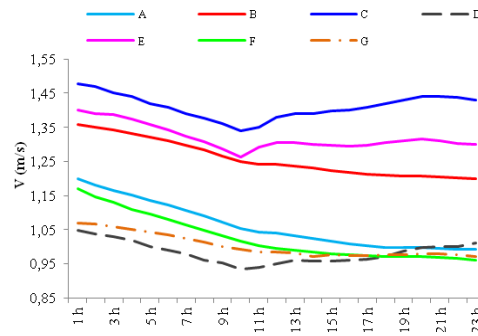




الشكل 8-20: خرائط (RH) عند ساعة الذروة في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.

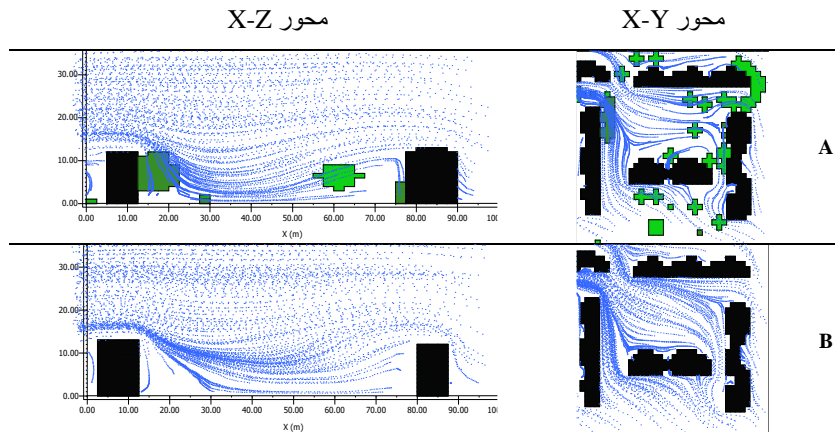
5.7 حركة وسرعة الهواء (V):

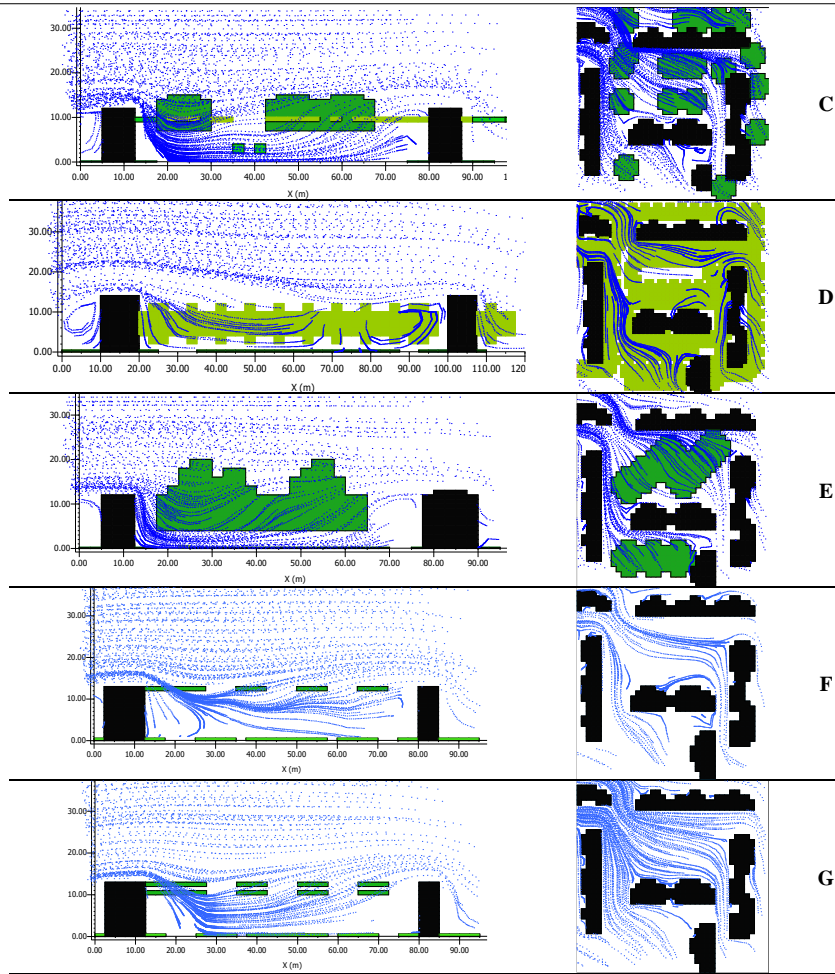
في الشكل 8-21 يبين القيم المتوسطة لسرعة الهواء في العينة حسب كل سيناريو؛ فسرعة الهواء في جميع السيناريوهات تتقارب فيما بينها، حيث يحمل السيناريو C القيم الأعلى على مدار 24 ساعة، والسيناريو D ذو القيم الأدنى، و ما بينهما السيناريوهات E, B, A, F, G على هذا الترتيب التنازلي، وهذا الاختلاف راجع لحجم الغطاء النباتي ولطريقة توضع.



الشكل 8-21: القيم المتوسطة لسرعة الهواء حسب كل سيناريو، المصدر: الباحث، 2018.

في الشكل 8-22 الذي يوضح سلوك حركة الهواء في العينة على مستوى المحور (X-Y) على ارتفاع 1.5م والمحور (X-Z) حيث أظهر أن طريقة توضع الغطاء النباتي للحالة C هو الأفضل من حيث سرعة الهواء (1.34 – 1.48 م/ثا)، يبلغ التباعد بين شجرتين كبيرتين 20 م، و التباعد بين الشجرة و المبنى 10م، وهي أبعاد يمكن من خلالها أن يتسرب الهواء داخل مجال العينة، بالنسبة للحالة D ذات القيم الأدنى لسرعة الهواء، وذلك لكثافة الأشجار، وتوضعها بطريقة متداخلة حيث يبلغ التباعد بين الأشجار 5م مقارنة بقطر الشجرة الواحدة الذي يصل إلى 9 م.

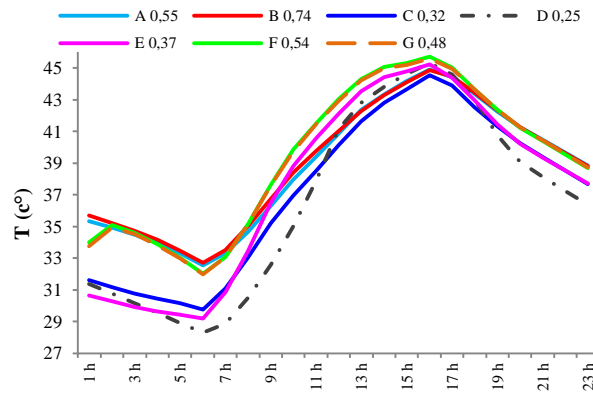




الشكل 8-22: خرائط سلوك حركة الهواء على ارتفاع 1.5م، في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.

6.7 دراسة معامل عرض السماء (Sky View Factor):

يمثل الشكل 8-23 القيم المتوسطة الساعية لدرجة حرارة الهواء مع القيم المتوسطة لـ (SVF) في كل سيناريو، بمقارنة الترتيب التنازلي لقيم (SFV) مع ترتيب التنازلي لـ (T) لا يتوافقان مع بعضهما إلا في الحالتين D و C أي بنسبة 28.6%، وهذا يعني لا يوجد تأثير كبير لـ (SVF) على التقليل من درجة الحرارة المرتفعة في الفترة الحارة، هذا ما يتوافق مع النتائج الذي توصل إليها (Matallah et al., 2020).

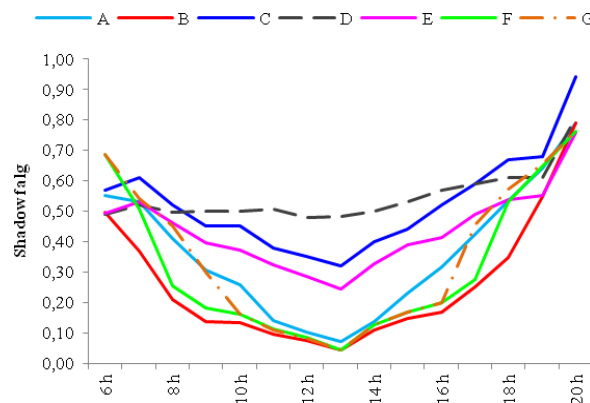


G	F	E	D	C	B	A	السيناريو
0,48	0,54	0,37	0,25	0,32	0,74	0,55	قيم متوسطة SVF
4	3	5	7	6	1	2	الترتيب حسب SVF (تنازلي)
1	2	3	7	6	4	5	الترتيب حسب T(c°) (تنازلي)

الشكل 8-23: مقارنة بين ترتيب التنازلي لـ (SVF) والترتيب التنازلي لـ (T) في سيناريوهات العينة

7.7 دراسة مؤشر الظلال (shadow flag):

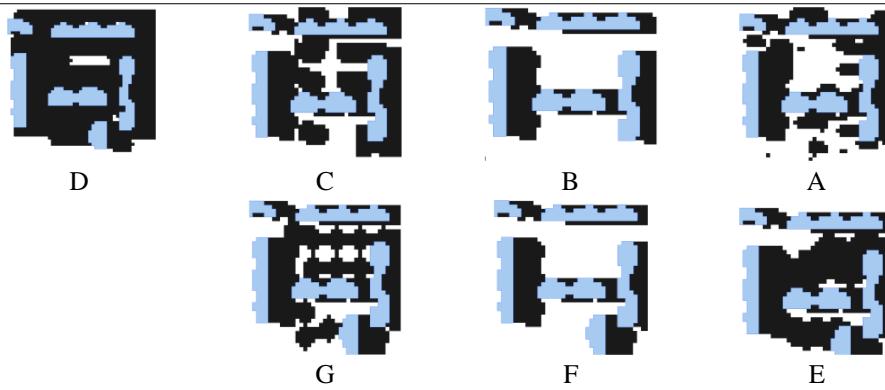
في الشكل 8-24 الذي يوضح مؤشر الظلال (shadow flag) على مدى 15 ساعة من اليوم (من شروق الشمس لغروبها)، كما تبين المنحنيات؛ أن أكبر القيم لمؤشر الظلال يكمن في السيناريو D، ثم يأتي السيناريو C، بعده E، A، G، F وفي الأخير B. بمقارنة ترتيب السيناريوهات حسب مؤشر الظلال مع ترتيبها حسب درجة حرارة الهواء نجد أن الترتيبين يتوافقان بنسبة 57.14 %، أي في 4 سيناريوهات.



G	F	E	D	C	B	A	السيناريو
0.35	0.32	0.44	0.55	0.46	0.26	0.36	قيم متوسطة shadow flag
3	2	5	7	6	1	4	الترتيب تصاعدي حسب shadow flag
2	1	5	7	6	3	4	الترتيب تنازلي حسب T(c°) على مدار 15 ساعة (فترة النهار)

الشكل 8-24: مقارنة بين ترتيب التصاعدي لـ (shadow flag) والترتيب التنازلي لـ (T) في سيناريوهات العينة

في الشكل 8-25 الذي يوضح المساحات المظللة في جميع السيناريوهات، نلاحظ أن السيناريو D يأخذ أكبر مساحة مظللة في ساعة الذروة لـ T، كما أن السيناريو F و G الغطاء النباتي يحملان نفس مساحة التغطية لكن بحجم نباتي مختلف (نباتات متسلقة بشكل تعريشة)، تظهر خارطة الظلال أنهما مختلفان في المساحة المظللة، وهذا بالرغم من أن متوسط درجة حرارة الهواء الساعية T متقاربتان جداً، فالفارق بينهما شبه منعدم.



الشكل 8-25: المساحات المظللة حسب كل سيناريو في ساعة الذروة 17 p.m

8. دراسة الراحة الحرارية لمستعملي مجال العينة:

في هذه الجزئية، ندرس مدى الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل سيناريو من السيناريوهات، حيث نستعمل في هذه الدراسة المعطيات المتحصل عليها من خلال الاستجواب، يتم حساب متوسط معدل الأيض، معامل العزل الحراري، السن، الوزن والطول، عند الذكور والإناث كل على حدى. بهذه القيم المتوسطة يتم حساب درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة عند الذكور (PET m) وعند الإناث (PET f) في كل السيناريوهات (الجدول 8-16).

النسبة المئوية	عدد المستجوبين	طول (م)	وزن (كغ)	السن	Clo معامل العزل الحراري للملابس	معدل الأيض (metabolic rate W)	
47,82%	45	1,54	52,27	21	0,73	104,78	إناث
52,17%	49	1,70	75,0	20	0,67	93,86	ذكور

الجدول 8-16: القيم المتوسطة لمعطيات المستجوبين في العينة، المصدر: الباحث، 2018

عند حساب الراحة الحرارية باستعمال مؤشر PET، أسفرت النتائج عن السيناريوهات C و D و E التي تحتوي على قيم PET أقل من باقي السيناريوهات، من الساعة 1 إلى الساعة 6 صباحاً، تكون فيه درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة تقع في مجال محايد، أي لا يوجد إجهاد حراري، وهذا بالنسبة لـ C و E، أما D ففي الفترة الممتدة بين 1 و 3 صباحاً قيم PET تنتمي للمجال الحراري دافئ قليلاً؛ أي إجهاد طفيف بسبب الحرارة. كما أن مجال الإجهاد الحراري الشديد يبدأ من الساعة 11 إلى 19 في السيناريو D، وفي السيناريو C يبدأ من الساعة 10 إلى 19، أما باقي السيناريوهات يبدأ فيها الإجهاد الحراري الشديد من الساعة 9 إلى 19 إلا في B يبدأ فيه من الساعة 8 صباحاً.

ما هو ملاحظ في الشكل 8-26 والشكل 8-27، أن قيم PET في السيناريو D هي الأقل عن باقي السيناريوهات، وقد حقق مجال محايد حرارياً؛ ودافئ قليلاً على مدار 6 ساعات من أسخن يوم في يوليو، كما أن ساعات الإجهاد الحراري هي الأقل، وهذا عند الذكور، أما قيم PET عند الإناث فهي تقل عن قيم الذكور في جميع السيناريوهات، مما زادت في ساعات المجال الحراري المحايد بالنسبة للسيناريو D.

قيم PET عند الإناث							قيم PET عند الذكور								
G	F	E	D	C	A	B	الساعة	G	F	E	D	C	A	B	الساعة
31,37	31,20	24,64	27,40	25,86	30,97	30,14	1 h	31,54	31,37	24,73	27,49	25,92	31,14	30,31	1 h
32,34	32,21	24,19	26,72	25,37	30,81	30,00	2 h	32,52	32,40	24,30	26,80	25,44	30,97	30,14	2 h
31,76	31,56	23,80	26,01	24,98	30,56	29,76	3 h	31,94	31,73	23,93	26,08	25,04	30,71	29,89	3 h
30,82	30,57	23,52	25,31	24,70	30,07	29,22	4 h	30,97	30,72	23,67	25,36	24,75	30,21	29,34	4 h
29,68	29,42	23,35	24,59	24,39	29,25	28,30	5 h	29,81	29,54	23,51	24,63	24,44	29,37	28,42	5 h
28,32	28,02	23,21	23,86	23,92	28,14	27,11	6 h	28,42	28,11	23,37	23,93	23,99	28,24	27,20	6 h
33,45	33,46	31,13	29,60	30,78	33,24	35,11	7 h	33,64	33,65	31,29	29,74	30,95	33,44	35,36	7 h
38,92	39,47	38,37	34,60	36,67	39,06	43,01	8 h	39,2	39,77	38,81	34,83	37,01	39,34	43,41	8 h
43,26	44,01	43,65	38,19	40,32	43,09	46,09	9 h	43,74	44,53	44,21	38,57	40,80	43,62	46,88	9 h
46,52	46,94	46,68	41,37	42,55	45,46	47,34	10 h	47,11	47,64	47,21	41,78	43,05	46,07	48,15	10 h
47,71	47,94	48,06	44,44	45,04	47,10	48,05	11 h	48,48	48,72	48,76	44,86	45,61	47,81	48,87	11 h
48,27	48,54	48,31	46,92	46,54	47,74	48,47	12 h	49,05	49,29	49,06	47,56	47,20	48,54	49,23	12 h
48,89	49,21	48,81	47,71	47,39	48,43	49,12	13 h	49,6	49,87	49,51	48,41	48,14	49,18	49,79	13 h
49,33	49,75	49,64	48,21	48,03	48,98	49,88	14 h	49,98	50,34	50,30	48,88	48,78	49,66	50,49	14 h
49,45	50,10	50,11	48,67	48,48	49,40	50,44	15 h	50,11	50,68	50,81	49,32	49,21	50,05	51,03	15 h
49,54	50,05	50,40	49,00	48,77	49,75	50,93	16 h	50,21	50,67	51,11	49,66	49,50	50,38	51,52	16 h
48,46	48,75	49,01	48,27	47,97	48,64	49,60	17 h	49,18	49,45	49,73	48,89	48,65	49,32	50,24	17 h
47,28	47,37	47,34	46,30	45,85	47,20	48,04	18 h	47,83	47,91	47,84	46,66	46,30	47,69	48,77	18 h
44,41	44,33	43,18	42,15	42,70	43,88	44,61	19 h	44,77	44,70	43,62	42,48	43,10	44,23	45,07	19 h
40,98	40,74	38,75	38,22	38,85	40,83	40,40	20 h	41,25	41,01	39,05	38,47	39,17	41,09	40,70	20 h
39,75	39,49	37,51	36,97	37,59	39,62	39,03	21 h	40,00	39,73	37,79	37,20	37,89	39,87	39,32	21 h
38,57	38,29	36,34	35,80	36,38	38,46	37,78	22 h	38,81	38,52	36,60	36,02	36,66	38,71	38,05	22 h
37,4	37,11	35,2	34,65	35,18	37,33	36,57	23 h	37,63	37,33	35,44	34,86	35,44	37,56	36,82	23 h

الشكل 26-8: خارطة PET للمستجوبين الذكور في جميع السيناريوهات، المصدر: الباحث، 2018.
الشكل 27-8: خارطة PET للمستجوبين الإناث في جميع السيناريوهات، المصدر: الباحث، 2018.

Stress level	Thermal comfort	الراحة الحرارية	مستوى الإجهاد	PET(c°)
No thermal stress	Neutral	محايد	لا يوجد إجهاد حراري	17-26
Slight heat stress	Slightly warm	دافئ قليلا	إجهاد طفيف بسبب الحرارة	26-28
Moderate heat stress	warm	دافئ	إجهاد حراري معتدل	28-37
Strong heat stress	Hot	حار	إجهاد حراري قوي	37-42
Extreme heat stress	Very Hot	حار جدا	الإجهاد الحراري الشديد	42<

9. المناقشة:

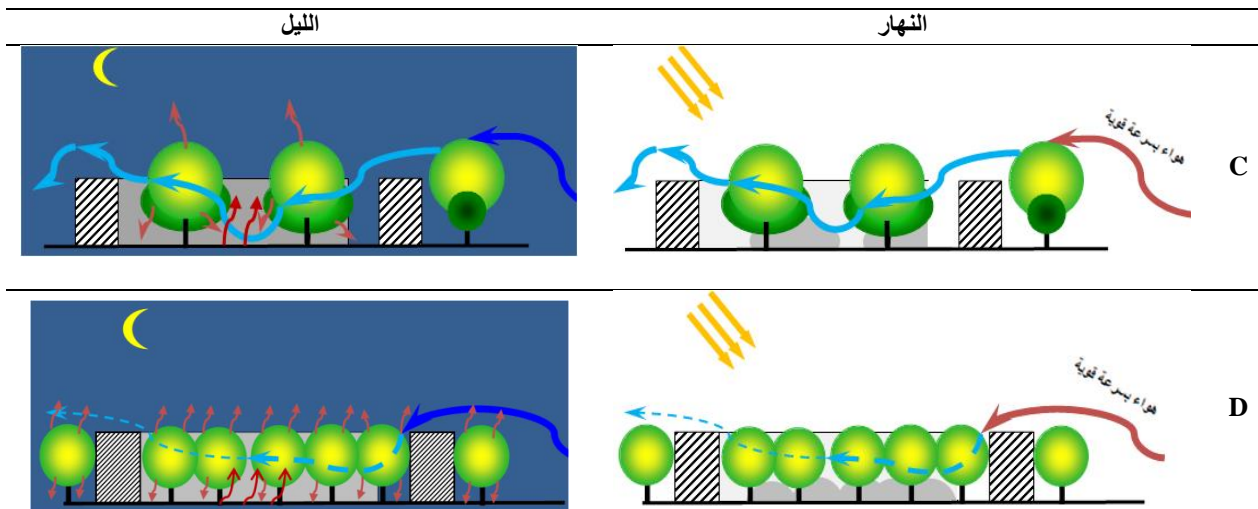
على الرغم أن التركيبة النباتية في السيناريو D كانت هي الأمثل، من حيث حجم العنصر النباتي، أدائها الحراري الذي كان أكبر فارق بينها وبين الحالة B يصل إلى 4.66 م° (B حالة انعدام العنصر النباتي)، أدائها في زيادة الرطوبة النسبية، أدائها في كبر المساحة المظللة، وأعلى قيمة لمؤشر كثافة التغطية الخضراء (LAD) الذي يقدر بـ 2 م²/م³ مقارنة ببقية التركيبات النباتية المقترحة. فكان الحجم الساعي لمجال الراحة الحرارية متقلصا على مدار اليوم في المؤشر PET؛ مقارنة بالتركيبات الكتلية الأخرى، حيث يقدر بـ 3 ساعات على مدار 24 ساعة؛ كما أن المجال القريب من الراحة الحرارية (دافئ قليلا من 26 إلى 28 م°) يقدر بـ 3 ساعات. يعود تقلص الحجم الساعي للراحة الحرارية في التركيبة D إلى كثافة التركيبة النباتية (أكبر قيمة لـ LAD) وتجاوز عناصرها، مما ترك نسبة 2% من مساحة العينة غير مغطاة وهي نسبة ضئيلة نوعا ما، هذه الكثافة الشجرية شكلت حاجزا يضعف من سرعة الهواء المتدفقة، وبالتالي تغلغل الهواء بين الأشجار وتحمله بالرطوبة الكافية للتبريد في هذه التركيبة يصبح أقل أداءً مقارنة بالتركيبات الكتلية (C, E). لكن ما يلاحظ في التركيبة D أن هذه الكثافة

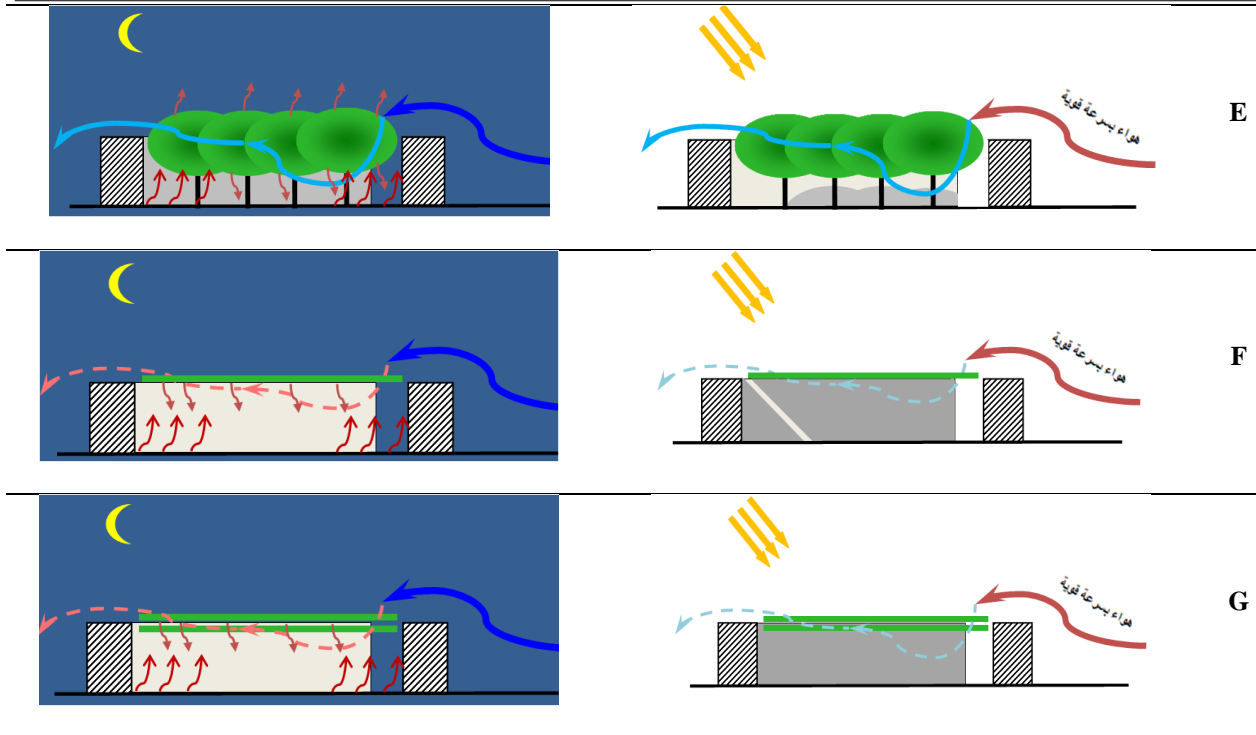
الشجرية القوية؛ ساعدت في تقليص الحجم الساعي للإجهاد الحراري الشديد؛ هذا بفعل المساحة الكبيرة المظللة وكمية الرطوبة المنتجة من طرف هذا الغطاء النباتي.

التركيبات الكتلية E, C، حققت حجم ساعي أكبر من مجال الراحة الحرارية (6 ساعات على مدار اليوم)، وهذا بفضل الفراغات والمساحات غير المغطاة بالغطاء النباتي؛ حيث يقدر بـ 30% بالنسبة لـ C و 80% في E، لكن ما يعيب التركيبة E أن أدائها كان ضعيفا حيث زاد الحجم الساعي في مجال الإجهاد الحراري الشديد حتى كاد يقارب أداء الحالة B، كما زاد في مجال الإجهاد الحراري القوي، وهذا بفعل المساحة الكبير غير المغطاة بالعناصر النباتية المقلدة في إنتاج الرطوبة بالتبخير؛ وهذا ما هو ملاحظ في منحني الرطوبة النسبية، حيث التركيبة E يتقارب إنتاجها للرطوبة مع التركيبات النباتية المسطحة (الشكل 18-8)، وكذلك التركيبة E معرضة لأشعة الشمس والحرارة المباشرة الشديدة؛ وهذا ما يشكل خطراً حقيقياً على الصحة البشرية. في الفترة الليلية تتناقص درجات الحرارة، وذلك بفعل وجود فراغ يمكن من انتقال الهواء المُسخن بأثر الحرارة المختزنة من الأرض ومن الأشجار في حد ذاتها. لم تحقق التركيبة A (وهي التركيبة الأصلية للعينه) أي مجال للراحة الحرارية أو مجالاً مقارباً لها، بالرغم من أنها تعد من التركيبات الكتلية؛ لكن توضع عناصرها جاء محيطاً بالمباني، مما لم يحقق تغطية فعالة للمجال الوسطي وبالتالي إنتاج مساحة كافية من الظل؛ كما ان عناصرها النباتية متركزة بكثافة في مواقع انفتاحات تشكيل العينه، هذا ما يقلل من سرعة الهواء المتدفقة، كما أن أدائها في إنتاج الرطوبة بالتبخير كان مقارباً للتركيبات النباتية المسطحة (F, G).

بالنسبة للتركيبات النباتية المسطحة (F, G) كان أدائها الحراري لا يحقق الراحة الحرارية أو مجالاً مقارباً لها، ويرجع هذا لطبيعة النباتات في هذه الحالة التي تقل فيها ظاهرة التبريد بالتبخير؛ فيكون نقصان في حرارة بفعل التظليل الذي ينقص من درجات حرارة السطح فقط، مما يقلل من أدائها الحراري مقارنة بالتركيبات الكتلية، وبالنسبة للفترة الليلية، تتناقص درجة حرارة لكن بصفة متباطئة إلى درجة الثبات، بسبب طريقة توضع هذه التركيبة توضع أفقياً؛ مما يحبس الحرارة المختزنة سابقاً في الأرض والمنطقة منها.

على العموم، جميع التركيبات النباتية الكتلية حققت أداءً حرارياً مقبولاً؛ وهو الوصول إلى مجال الراحة الحرارية بحجم ساعي متفاوت من سيناريو لآخر، قد يرجع هذا للتشكيل العمراني للعينه الذي أثر بطريقة إيجابية على الأداء الحراري للتركيبات النباتية، حيث يخلق منافذ للهواء من عدة اتجاهات، مما يجعل تهوية المجال الخارجي مستمرة على مدار اليوم حتى ولو غيرت الرياح اتجاهها في كل ساعة.





الشكل 28-8: تمثيل السلوك الحراري لكل تركيبة نباتية؛ في الليل والنهار، المصدر: الباحث، 2018.

الخلاصة:

تم عرض هذه الفصل على مستوى مستعملي مجال العينة الذين تم استجوابهم أثناء أخذ القياسات في العينة، وذلك في 17 يونيو، 13 يوليو، 17 سبتمبر، 23 أكتوبر من سنة 2018، بهدف تحديد مدى الراحة الحرارية لديهم. كانت النتائج على النحو التالي، 27.66% من المستجوبين شعروا بالراحة الحرارية ($ATSV = 0$) في جميع أوقات القياس؛ يقع هذا في نطاق درجة الحرارة المقاسة بين 21 و 33 م°؛ رطوبة نسبية بين 25% و 47.5% وسرعة هواء من 0,5 إلى 4 م/ثا. مقارنة بالقيمة الصفرية لـ ($ATSV$) مع قيم (PMV) المحسوبة للمستجوبين الذين يشعرون بالراحة؛ نجد أن الشهر الوحيد الذي يحمل مجال إحساس بالراحة الحرارية هو شهر أكتوبر؛ حيث كانت نسبة (PMV) تقدر بـ 22.7% وهي قيمة لا تتقارب مع نتائج الاستجواب، وهذا يتوافق إلى حد ما مع نتائج التي توصل إليها Fang حيث أجرى دراسته في الفترة الممتدة من شهر يونيو إلى سبتمبر في مدينة (Guangzhou) بجنوب الصين، حيث وجد أن قيم PMV المتوقعة تتوافق مع متوسط الإحساس الحراري المتوقع ($MTSV$)؛ هذا عندما تصل درجة الحرارة إلى القيمة 34 درجة مئوية، وإذا تجاوزت 34 درجة مئوية، فإن قيم $MTSV$ تكون مستقرة نسبياً بين 2.5 و 3 درجات مقياس، في حين أن قيم PMV تتباين في تقدير الإحساس الحراري حتى تصل إلى المقياس التاسع، ويرجع ذلك إلى حقيقة أن أجسام المستخدمين تتكيف مع المناخ ولديها القدرة على التعايش مع الحالة الحرارية (Fang et al., 2017).

لعل إحساس المستجوبين في مجال العينة المُعبّر عنه بحالة الرضا أثناء فترات الاستجواب والقياس نتج جراء السلوكيات التي يمارسها المستعملون للتخفيف من الحر أو تأقلم أجسامهم مع الحالة الجوية، هذه السلوكيات تختلف أنواعها ونسبها من شهر لآخر. في الفترة التي تكون فيها درجة حرارة الهواء دافئة أو تميل إلى الدفء، يستعمل المستجوب ظلال البنائيات والأشجار بكثرة، وفي فترة الحر الشديد تزيد عن السلوكيات التي تسبقها بكثير من الحلول لتخفيف من وطأة الحر؛ أعلى نسبة

فيها هي الخروج الصباح الباكر أو المساء المتأخر، أما في فترة تكون فيها درجة حرارة الهواء معتدلة أو تميل إلى البرودة، يتغير سلوك المستعمل إلى الزيادة في الملابس قليلا وبالأخص في الصباح الباكر.

على مستوى مكونات الغطاء النباتي للعينات، كانت هناك سيناريوهات نباتية مختلفة - بما في ذلك سيناريو العينة الأصلية لدراسة آثار تكوين الغطاء النباتي على المناخ المصغر والراحة الحرارية لهذا النوع من المناطق السكنية الخارجية، وجاء اقتراح تركيبات النباتات هذه على أساس استراتيجيتين؛ الأول هو التظليل الناتج عن الغطاء النباتي والثاني ترطيب الهواء عن طريق التبخر - نتج.

تمت مقارنة متوسط درجة حرارة الهواء (T) بين الحالات المختلفة؛ أظهرت الحالة D أدنى درجة حرارة خلال فترة 24 ساعة، تليها الحالات C، A، B، E، F و G بهذا الترتيب. كما هي نفس النتيجة بالنسبة لمتوسط درجة الحرارة المشعة (MRT)، فقد أظهر السيناريو D القيم الأقل حيث تصل الذروة إلى 51,3 م° وبفارق عن السيناريو B يصل إلى 22,5 م°.

في الرطوبة النسبية أظهر السيناريو D أعلى القيم على الساعة 8 صباحا بفارق عن السيناريو B يصل إلى 15,63 % و التي تتوزع في المجال الوسطي للعينات، بخلاف باقي السيناريوهات التي تتوزع محيطيا على مجال العينة أو تتركز في الجهة الشمالية الشرقية للمجال، وهذا ناتج عن مدى كثافة الغطاء النباتي الذي يؤثر على الرطوبة النسبية الجوية بعمليات التبخر النتج التي يقوم بها العنصر النباتي.

أما عن سرعة الرياح فهي متقاربة جدا بين سيناريوهات العينات، حيث كان الفارق بين الحالة ذات القيم الأكبر C والحالة ذات القيم الأدنى D يصل إلى 0,43 م/ثا، ويرجع هذا إلى الاختلاف في كثافة وحجم الغطاء النباتي، وكذلك اختلاف طريقة توضع عناصره النباتية بحسب كل سيناريو.

أظهر السيناريو D قيمة أقل في معامل عرض السماء SVF والذي أعطى نتيجة قيم أدنى في درجة حرارة الهواء، بما في ذلك السيناريو C، ومع بقية السيناريوهات كان الأمر مختلفا حيث لم يكن هناك توافق في ترتيب قيم SVF وقيم T، وهذا يدل على أن SVF ليس له التأثير الكبير على خفض درجة حرارة الهواء. كما أظهر مؤشر الظلال في السيناريو D القيم الأعلى، كما أن المساحات المظللة فيه تأخذ قيمة أكبر.

أيضاً، تعتبر القيم المتوسطة لمؤشر الراحة PET في الحالة D هي الأدنى، فكان في قيم PET الساعية مجال راحة حراري ممتد من الساعة 4 إلى الساعة 6 صباحا، ومجال حراري دافئ قليلا من الساعة 1 إلى 3 صباحا، كما أنتجت التركيبات E و C (أي السيناريوهات ذات الغطاء النباتي الكثلي) حجم ساعي من مجال الراحة الحرارية يقدر ب 6 ساعات؛ وهذا برغم اختلاف حجوم غطاءها النباتي. فكانت هذه التركيبات الكثلية تمثل مفعول إستراتيجية التبريد عن طريق التبخر النتج. وهذا يعني أن الغطاء النباتي الكثلي مقارنة بالنباتات المسطحة ممثلة بالحالة F و G؛ هو الأكثر فعالية لإنتاج مجالٍ من الراحة الحرارية كما أظهر تأثيره في تقليل ساعات الإجهاد الحراري الشديد إلا التركيبات E التي كانت نسبة التغطية فيها ضعيفة 20%.

كان مفعول التركيبات (D) مقبولا من حيث الراحة الحرارية، لكن ما يؤثر سلباً على هذه الحالة؛ هي الكثافة القصوى للغطاء النباتي؛ حيث يقتصر فيه استخدام مجال العينة على ممرات التنقل فقط، لذا هذه التركيبات ستشكل عائقا في ممارسة مختلف النشاطات والاستخدامات.

الفصل التاسع:

دراسة العينة 3

مقدمة:

في هذا الفصل نتطرق إلى العينة الثالثة من السكنات الجماعية، تقع في الجهة الشمالية الغربية للمدينة بإحداثيات (خط عرض 34,845 و خط طول 5,711)، أين تكون الأرضية ذات طبيعة موحدة، مختلفة عن باقي العينات (أرضية ترابية)، وذات غطاء نباتي كثيف وتشكيلها العمراني بشكل حرف U تشكل مجالا وسطيا مغلقا من 3 جهات، ذات نسبة انفتاح تقدر بـ 14% من الجهة الشمالية الشرقية بزاوية 45°، كما أن معامل حد الخشونة (roughness length) يقدر بـ 0,32.

1. دراسة العينة 3:

- **التعريف بالعينة 3 (حي 1000 مسكن):** تقع العينة 3 حي 1000 مسكن بالجهة الغربية لمدينة بسكرة في إطار مشروع تخطيط المناطق العمرانية السكنية الجديدة الغربية. الحي عبارة عن سكنات جماعية بأربع طوابق، طريقة تجميعها بشكل مستطيلات ينتج عنها مجال وسطي توجه نحوه مداخل العمارات. في المجال الوسطي للعينة المختارة، توجد عناصر نباتية خاصة بالسكان القاطنين في الطابق الأرضي وهي عبارة عن أشجار، شجيرات ومتسلقات كثيفة، أرضية العينة ترابية غير مهيأة. لإجراء القياسات تم اختيار تجمع سكني من هذه التجمعات (الشكل 1-9)، والذي يحتل مساحة 6970م²، حيث تبلغ نسبة المبنى 22,30% (1554,7م²) ونسبة العنصر النباتي 14,24% (992,66م²).



الشكل 1-9: أ، ب) تحديد موقع العينة في المدينة، المصدر: (Google earth, 2018)

ج) صور لمجال العينة، المصدر: الباحث، 2018.

معلومات وقيم المدخلات (inputs data)			
مساحة العينة	6970 م ²	مساحة البناء	1554,7 م ²
حجم العينة	104550 م ³	حجم البناء	18656,4 م ³
حد الخشونة (roughness length)	0,32	درجة حرارة الهواء الابتدائية	31 م°
تاريخ المحاكاة	14 يوليو	الرطوبة النسبية على ارتفاع 2 م من سطح الأرض	24 %
زمن المحاكاة	24 ساعة	طبيعة أرضية العينة	ترابية
سرعة الرياح على ارتفاع 10م	5,40 م/ثا	اتجاه الرياح	135 °
نسبة انفتاح محيط العينة	14 %	متوسط نسبة الانسداد (Rb)	0,24

الجدول 9-1: معلومات حول العينة 3

- **التركيبية النباتية للعينة:** عبارة عن مجموعة من الأنماط النباتية من أشجار وشجيرات ونخيل، دائمة ونفضية؛ تتوزع بشكل محيطي حول البنايات السكنية؛ لا تتجاوز ارتفاع 15 م؛ ذات تيجان مختلفة من الشكل الاسطواني إلى المخروطي والنخلي، حيث تحتل نسبة 14,24% من مساحة العينة، والجدول 9-2 يوضح الأنواع النباتية الموجودة بارتفاعاتها، عدها، أحجام تيجانها.

نوع الشجرة	اسم الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	العدد
نخل كثيف، صغير	Phoenix canariensis	5	18	2
نخل كثيف، متوسط	Phoenix canariensis	15	69	2
شجرة مخروطية كثيفة، متوسطة	Laurusnobilis	5	11	4
جدران نباتية كثيفة	Myoporum	2	8	40

الجدول 9-2: التعريف بأنواع الغطاء النباتي الموجودة وموقعها في العينة، المصدر: الباحث، 2018

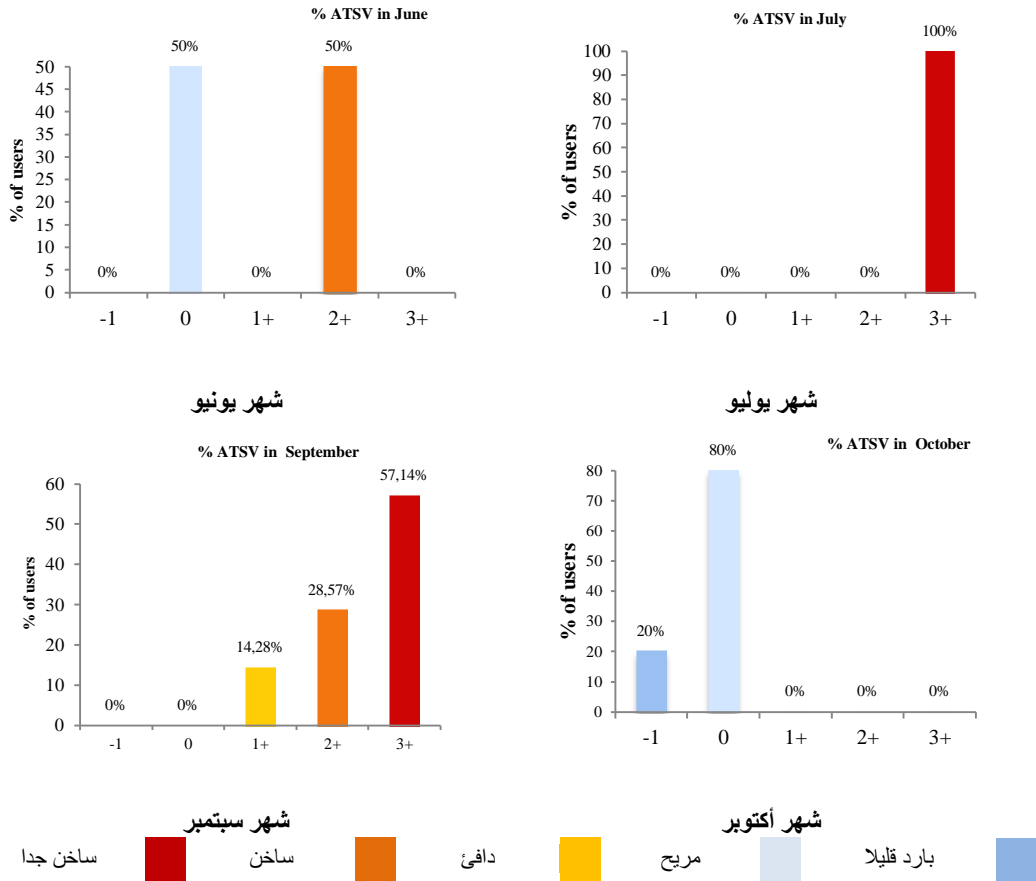
2. نتائج الاستبيان المجرى مع مستعملي مجال العينة 3:

1.2 النتائج الإحصائية لتصويت الإحساس الحراري الآني (ATSV):

بتاريخ 17 يونيو، 14 يوليو، 17 سبتمبر، 23 أكتوبر من سنة 2018، تم استجواب مستعملي المجال الخارجي للعينة عن مدى إحساسهم بالراحة أثناء الاستجواب (ATSV)، فكانت النتائج أن متوسط نسبة المستجوبين الذين يحسون بالراحة ويعبرون عنه بصفة معتدل تقدر بـ 50% في شهر يونيو؛ 80% في شهر أكتوبر، ما عدا شهر يوليو الذي يعتبر الأشد حرارة في هذه الفترة (الشكل 9-2). مجال درجة الحرارة المقاسة عند هذه الفئة تتراوح بين 25,8 و 33 م°؛ أما الرطوبة النسبية ما بين 25 و 32% وبالنسبة لسرعة الهواء تصل إلى 0,7 م/ثا (الجدول 9-3)

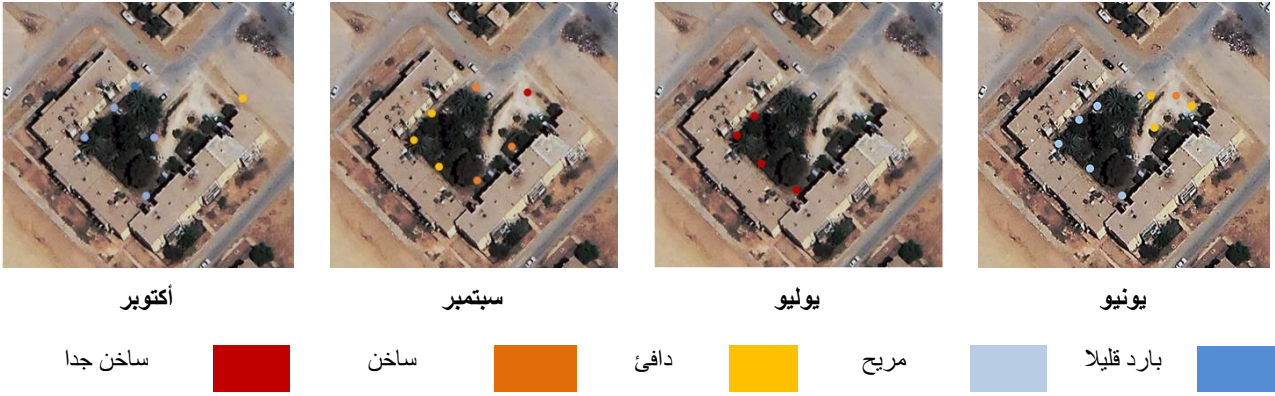
حدود الراحة الحرارية حسب					
يوليو		سبتمبر		أكتوبر	
Max	Min	Max	Min	Max	Min
33	30	-	-	27.6	25.8
28.6	25	-	-	32	28.4
0.5	0	-	-	0.7	0.3

الجدول 9-3: حدود الراحة الحرارية عند المستجوبين، لكل شهر قياس، المصدر: الباحث، 2018



الشكل 2-9: النسبة المئوية للمستجيبين عن مدى إحساسهم بالراحة الحرارية في مجال العينة، المصدر: الباحث، 2018

كما لوحظ أن فئة المستجيبين التي عبرت بالرضا عن الحالة الحرارية تحددت مواقعها تحت ظلال البنائيات أو الأشجار (الشكل 3-9). للظلال التأثير كبير على الإحساس بالراحة الحرارية (Middel et al., 2016)؛ لكنه ليس الوحيد بل هناك عدة عوامل أولها؛ معامل عرض السماء (SVF) والذي يؤثر على درجة حرارة الهواء (Svensson, 2004)، كلما قل (SVF) قل فقدان الإشعاع طويل الموجة ذو الطاقة المنخفضة (Alcoforado & Matzarakis, 2010)؛ وبالتالي يؤثر في خفض درجة حرارة الهواء الواقع تحت التغطية. ولسرعة الهواء تأثير على الإحساس بالراحة الحرارية لدى مستعمل المجال وذلك مفعول التبريد الهواء (Ahriz, 2018) (Kitagawa et al., 1999)، أما معامل العزل الحراري (CLO) الذي له تأثير كبير على المستعمل والمتعلق بنوع اللباس ونسبة تغطيته للجسم (Baek et al., 2018)؛ بالإضافة إلى وزن، سن، قامة، والنشاط الأيضي ونوع مستعمل المجال كلها تؤثر في تحديد مجال الراحة الحرارية (Makvandi et al., 2021) (Krüger et al., 2010) (الجدول 4-9).



الشكل 3-9: تحديد مواقع المستجيبين مع أحاسيسهم الحرارية، طيلة فترة القياس، المصدر: الباحث، 2018

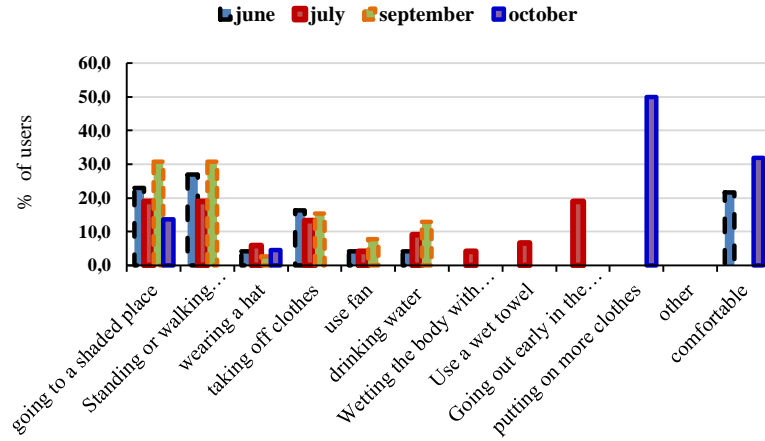
يوليو					
القيم المتوسطة					
النوع	CLO	السن	الطول	الوزن	Metabolic rate
		years	(m)	(kg)	W
M	0,49	34	1,70	70	126,80
F	0,73	28	1,55	61	108,09
سبتمبر					
القيم المتوسطة					
M	0,42	34	1,73	97,50	155,42
F	-	-	-	-	-
أكتوبر					
القيم المتوسطة					
M	0,56	31	1,67	84,45	148,01
F	0,55	29	1,56	66,89	130,44

الجدول 4-9: القيم المتوسطة لـ (CLO)، السن، الطول، الوزن، النشاط الأيضي

للمستجيبين في كل شهر قياس، المصدر: الباحث، 2018

بحسب الشكل 4-9، أن مجموعة المستجيبين تتغير سلوكياتهم بحسب قيمة درجة حرارة الهواء في كل شهر، في يونيو السلوك الذي يأخذ أكبر نسبة 30,8% هو الذهاب إلى أماكن مظلمة؛ والجلوس تحت ظل الأشجار، يليه سلوك التخفيف من اللباس بنسبة 15,4%، وسلوك شرب الماء بنسبة 12,8%. عن شهر يوليو؛ فإن جميع السلوكيات التي تخفف من درجة الحرارة المرتفعة متبعة من طرف المستجيبين تتراوح ما بين 4,1 إلى 19%؛ أعلاها الجلوس في الأماكن المظلمة وتحت الأشجار؛ مع التنقل في الصباح الباكر.

بالنسبة لشهر سبتمبر فهو يتقارب في سلوكيات المستجيبين مع شهر يونيو، إنما يفوقه في قيمة النسب، وشهر أكتوبر الذي تكون فيه سلوكيات المستجيبين ما بين الإحساس بالراحة الحرارية بنسبة 31,8%؛ وبين سلوك زيادة اللباس بنسبة 50%.



الشكل 4-9: تغيير سلوك مستعملي مجال العينة في كل شهر قياس، المصدر الباحث

أما عن الطريقة الثانية للتأقلم فهي فسيولوجية الجسم البشري الذي هو عبارة عن نظام معقد؛ يتأقلم تدريجياً مع التغيير الحاصل لمحيطه الحراري، والذي قد يصل إلى أقصاه 42 م°، والذي يسمى بالتحمل الحراري وهو قدرة الجسم وهياكله الخلوية على تحمل الإجهاد الحراري الذي يتجاوز نطاق درجة الحرارة المثلى للأداء البشري.

وبحسب تجربة الاستجواب مع مستعملي مجال العينة، نخلص إلى أن مجال الراحة الحرارية لدى سكان هذه العينة؛ قد يتخطى الحدود المتعارف عليها دولياً؛ لتصل إلى قيم تتراوح بين 21 إلى 33 م° فيما يخص درجة حرارة الهواء، ورطوبة نسبية تتراوح بين 25 إلى 47%؛ مع حركة هواء سريعة في حدود 4 م/ثا.

من خلال النتائج التي توصلنا إليها في الجدول 4-8 الذي يعبر عن القيم المتوسطة لكل من (CLO، السن، القامة، الوزن، والمعدل الأيضي) لكلا الجنسين من المستجوبين الذين عبروا عن حالة الرضا الحرارية؛ نستطيع حساب قيم PMV النموذجية لكل شهر (الجدول 5-9)، فكانت النتائج أن شهر يونيو تتقارب قيمة PMV في مجال القيم الدنيا للعناصر (T, RH, V) من حالة الرضا المعبر عنها وهذا عند فئة الذكور، في شهر أكتوبر قيم PMV تتطابق مع إحساس المستجوبين في القيم الدنيا مع فئتي الذكور والإناث.

قيمة PMV	الإحساس sensation	النوع	يوليو	سبتمبر	أكتوبر
>3 (3.5)	Very hot, great discomfort				
2 to 3 (2.5)	Hot, very unacceptable.				
1 to 2 (1.5)	Warm, uncomfortable, unacceptable.	Male	+1,93	+0,33	+0,20
0.5 to 1 (0.5)	Slightly warm, slightly unacceptable.				
-0.5 to 0.5	Comfortable, acceptable.	Male	+3,81	+1,15	+2,65
-1 to -0.5 (-0.5)	Slightly cool, slightly unacceptable.				
-2 to -1 (-1.5)	Cool, unacceptable.	Female	+2,04	-	+0,11
-3 to -2 (-2.5)	Cold, very unacceptable.				
< -3 (-3.5)	Very cold, great discomfort	Female	+3,91	-	+2,71

The outdoor comfort index values with his sensation

الجدول 5-9: قيم PMV عند الذكور والإناث المستجوبين، أثناء قياس القيم الدنيا والقصى لـ (T, RH, V)،

المصدر: الباحث، 2018

أغلبية المستجوبين يستعملون مجال العينة في أوقات من اليوم تقل أو تنعدم فيها أشعة الشمس، والذين يمثلون مجموع نسبة تصل إلى 60%. تتلخص طبيعة استعمال مجال العينة في استخدام يحتاج لوقت وجيز مثل لقاء الأصدقاء والتنقل على مدار النهار والذي يمثل مجموع نسبة 39,12%؛ في الأماكن المظللة والمشجرة بنسبة يصل مجموعها إلى حوالي 61,54%، أما الاستخدامات ذات الوقت الطويل مثل الجلوس، التسامر واللعب فيكون إما في الصباح الباكر أو في الليل بمجموع نسبة 30,43%، أما الاستخدام الذي يأخذ نسبة 10/2 من المستجوبين فهو ركن السيارات (الجدول 6-9).

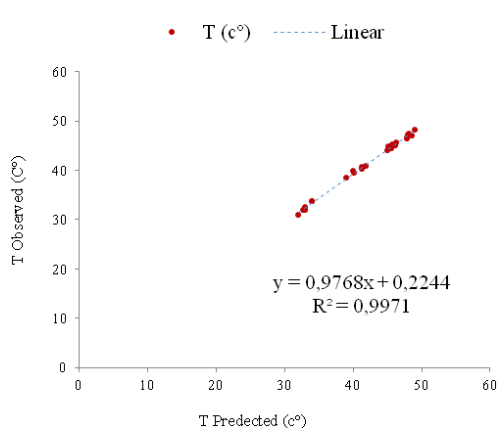
طبيعة الأرضية الترابية في أغلب مساحتها، مع انعدام عناصر التهئية العمرانية، بالإضافة إلى المجال الوسطي المغروس بغطاء نباتي يعيق السكان من استعماله مع تسويره بسياج يمنع استعماله، وهذا ما جعل من استعمال المجال مقتصرًا على استخدامات وجيزة، واستخدامه كحظيرة سيارات غير مبرمجة.

أوقات استعمال مجال العينة	6 سا – 11 سا	11 سا – 16 سا	16 سا – 20 سا	20 سا – 00 سا	لا يستعمله
% المستجوبين	60	10	0	30	0
نوع الاستعمال	الجلوس	لقاء الأصدقاء	التنقل	اللعب	حظيرة سيارات أخرى
% المستجوبين	21,73	13,04	26,08	17,39	21,73
موقع الاستعمال	أمام عمارة المسكن	المواقع المظللة	تحت الأشجار	على الرصيف	مواقع أخرى
% المستجوبين	23,07	30,77	30,77	15,38	0

الجدول 6-9: إحصاء سلوكيات مستعملي مجال العينة 3 في الفترة الحارة، المصدر: الباحث، 2018

3. التحليل التجريبي للمحاكاة:

إثبات صحة نتائج نموذج (ENVI-met): أجرينا مقارنة بين قيم درجة الحرارة المقاسة في نقاط محددة في العينة (الشكل 5-9) وقيم المحاكاة، حيث أخذت القياسات في الساعات التالية: 7 سا، 10 سا، 13 سا، 16 سا و19 سا من تاريخ 13 يوليو 2018. لاحظنا أن هناك تقارب بين قيم المُقاسة وقيم المحاكاة، وهذا يظهر في قيمة معامل التحديد R^2 والمقدرة بـ 0,99 وهي قيمة تقترب من 1.



الشكل 5-9: المقارنة بين القيم المقاسة والمنتبأ بها بواسطة (ENVI-met)، في نقاط محددة من العينة، المصدر: الباحث، 2018.

أظهرت قيم جذر متوسط الخطأ التربيعي (RMSE) لجميع المقارنات أن النموذج قد تنبأ بشكل عام بقيم تتراوح بين 0,71 و1,06 بنسبة خطأ من 1,74 إلى 2,19 %، ما هو ملاحظ أن المؤشر (RMSE) في نسبة الخطأ بين القيم المقاسة والقيم المحاكاة تكون أكبر في الساعة 16 وتتناقص إلى غاية الساعة 19 (الجدول 7-9). بشكل عام، فإن قيم درجة حرارة الهواء المحاكاة تتقارب جيداً مع القيم المقاسة ساعياً. أقصى نسبة في (RMSPE) هي 2,19 % .

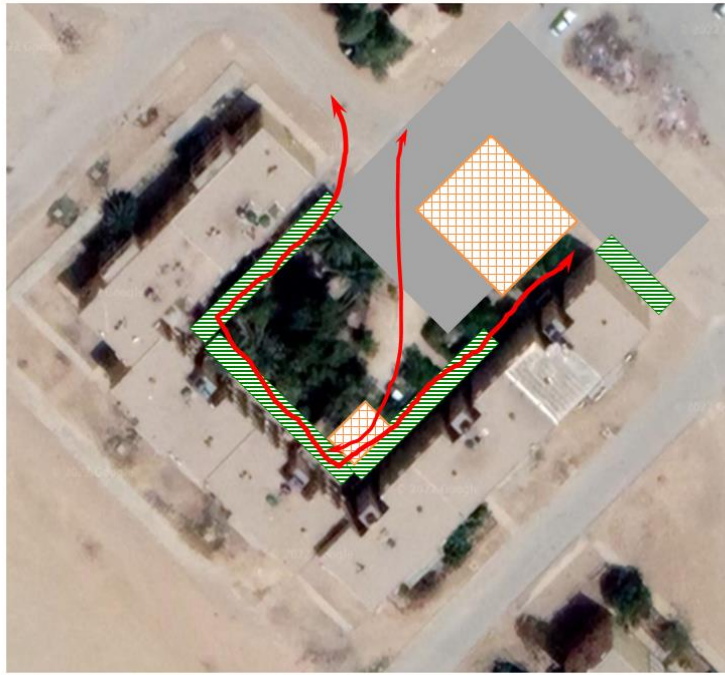
معدلات المؤشرات		h= 1,5m					الساعة
		19h	16h	13h	10h	7h	
عدد العينات: n القيم المتنبأ بها: Pi القيم المرصودة: Oi	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}}$	0,80	1,06	0,84	0,71	0,97	RMSE
	$RMSPE = \frac{\left(\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}} \right) \times 100 \right)}{\text{MAX}(Oi: Pi)}$	1,76	2,19	1,84	1,74	2,02	RMSPE % of error

الجدول 7-8: التحقق من ترابط القيم المقاسة مع القيم المتنبأ بها عن طريق (ENVI-met)؛ باستعمال مؤشر (RMSE) ، المصدر: الباحث، 2018

4. تصميم سيناريوهات العينة:

يعتمد تصميم السيناريوهات في العينة 3 على كيفية استعمال السكان لمجالها، خاصية هذا المجال أنه ذو أرضية ترابية. الوظيفة ذات النسبة الأعلى في الاستعمال هي التنقل فقط، (الجدول 6-9)، وبالتالي تصميم سيناريوهات المحاكاة يعتمد أساساً على تحرير أكبر قدر من الحجم والمساحة للجلوس واللعب، كما هو الاستفادة من الغطاء النباتي في خلق مجال مقارب للراحة الحرارية في الفترة الساخنة، ومنه:

- اختيار الأنواع النباتية سهلة التشكيل والقص، وذات (LAD) متنوع.
- اختيار الأشجار ذات التيجان الكثيفة والمرتفعة على مستوى الأرض (تاج الشجر لا يقل ارتفاعه عن 9 م)، وكذلك ذات التيجان العريضة للتظليل.
- تحقيق احتياجات مستعملي مجال العينة التي تتمثل في: توفير أشجار الظل، خلق مساحات مغطاة ومظللة مع أماكن جلوس (الجدول 7-9).
- اختيار الغطاء النباتي ذو النوع المتسلق أو خيمي لتحرير (الشكل 6-9).

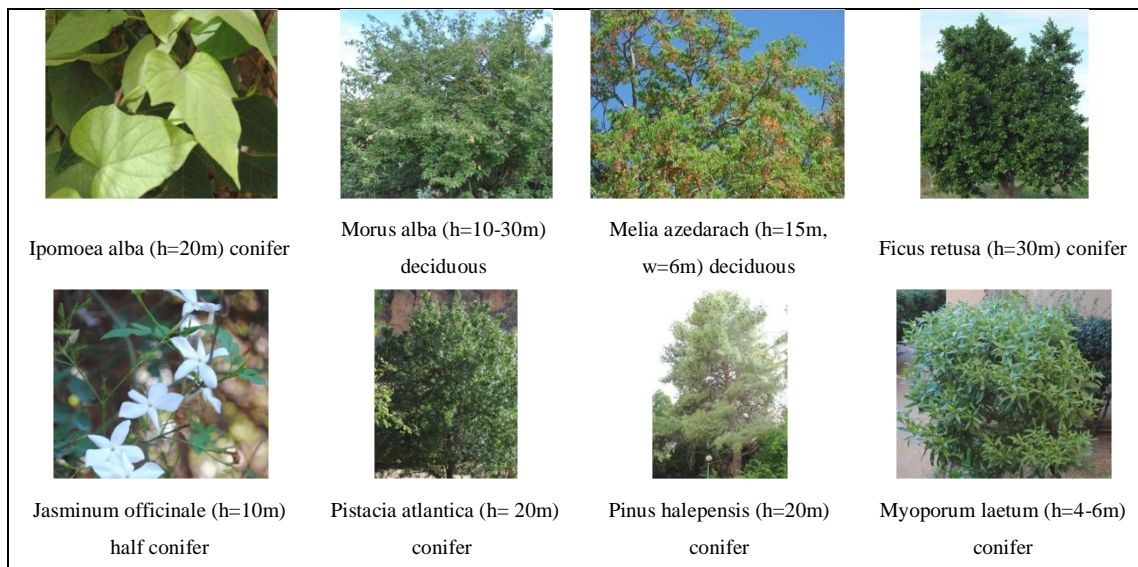


الشكل 6-9: الخارطة السلوكية لمستعملي العينة 3 خلال الفترة الحارة، المصدر: الباحث، 2018.

احتياجات المستعمل في مجال العينة 3

تبليط الأرضية	مجالات مائية	أشجار ظل	نباتات متنوعة	مساحات مغطاة ومظللة	مساحة لعب	أماكن جلوس	عدد المستجيبين
7	5	10	3	2	6	6	7
% 17,94	% 12,82	% 25,64	% 7,69	% 5,12	% 15,38	% 15,38	% 15,38

الجدول 8-9 نتائج الاستبيان المتعلقة باحتياجات المستعمل في مجال العينة، المصدر: الباحث، 2018.



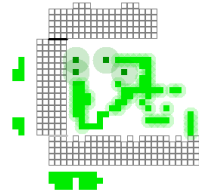
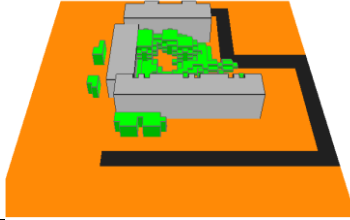
الشكل 7-9: الأنواع النباتية المستعملة في تصميم سيناريوهات العينة، المصدر: (Maaoui, 2014) بتصريف من الباحث

5. التعريف بالتركيبية النباتية لكل سيناريو مقترح للمحاكاة:

نتيح المجال للتعرف على الحالات المقترحة للمحاكاة عن طريق برنامج (Envi-met)، بما في ذلك حالة العينة الأصلية؛ حيث نستعرض في كل سيناريو ارتفاع النوع النباتي، الحجم التاجي (حجم الذي تحتله أوراق الأشجار)، الحجم الكلي للغطاء النباتي؛ مع تحديد معامل رؤية السماء (SVF).

- الحالة A هي الحالة الأصلية التي توجد عليها العينة، نلاحظ تنوع الغطاء النباتي من نخليات، أشجار وشجيرات، أغلب مواقعها في المجال الوسطي للسكنات، يبلغ الحجم الكلي للغطاء النباتي 1259 م³، أما القيمة المتوسطة لـ (SVF) فهي 0,38.

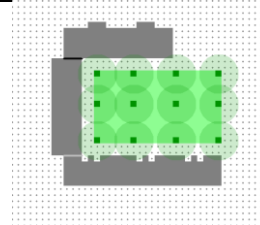
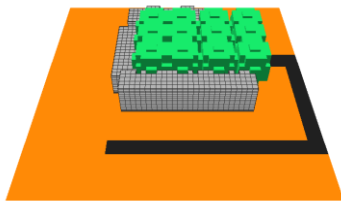
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 1259 م ³				الحالة A
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد
نخل كثيف، صغير	5	18	2	36 م ³
نخل كثيف، متوسط	15	69	4	276 م ³
شجرة مخروطية كثيفة، متوسطة	5	11	57	627 م ³
جدران نباتية كثيفة	2	8	40	320 م ³

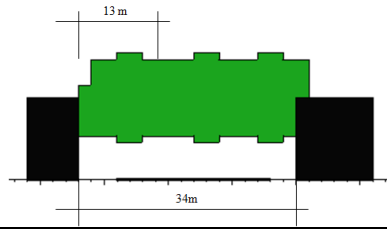


الجدول 9-9: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة A

- الحالة B هي حالة العينة لكن خالية من أي عنصر نباتي، القيمة المتوسطة لـ (SVF) في هذه الحالة هي 0,57.
 - الحالة C هي السيناريو المقترح الأول، الغطاء النباتي فيه يعتمد أشجار من نفس النوع بارتفاع 20 م؛ وعرض 13 م؛ تملأ المجال الوسطي في العينة؛ حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 16920 م³، القيمة المتوسطة لـ (SVF) هي 0,1.

حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 16920 م ³				الحالة C
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد
شجرة كروية كبيرة وكثيفة	20	1410	12	16920

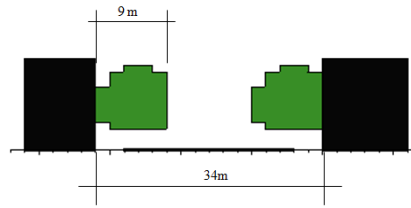
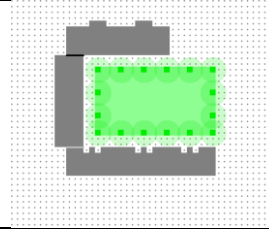
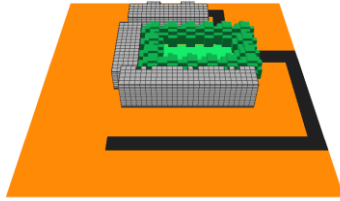




الجدول 9-10: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة C

- الحالة D هي السيناريو المقترح الثاني، يعتمد على أشجار بارتفاع 12 م؛ وعرض 9م، تصطف محيطيا حول المجال الوسطي في العينة، حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 5504 م³، القيمة المتوسطة لـ (SVF) هي 0,18.

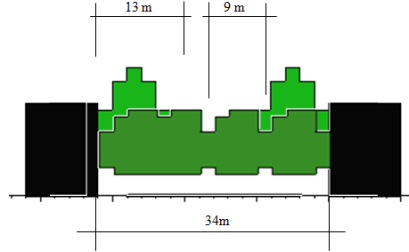
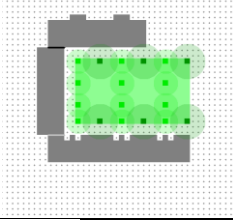
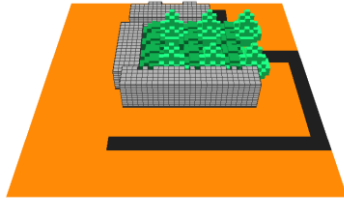
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 5504 م ³				الحالة D
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد
شجرة كروية متوسطة وكثيفة	12	344	16	5504



الجدول 9-11: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة D

- الحالة E هي السيناريو المقترح الثالث، الغطاء النباتي فيه يعتمد على نوعين من الأشجار، النوع الأول بارتفاع 12م؛ وعرض 9م، تصطف عرضيا من المجال الوسطي بشكل صفوف المسافة بينها تقدر بـ 15م، والنوع الثاني أشجار بارتفاع 20م؛ وعرض 13م؛ تتوسط صفوف النوع الأول على الحافة الطولية للمجال الوسطي، مع مساحة من العشب بسمك 18 سم ومساحة 1353,75 م². حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 8580 م³، والقيمة المتوسطة لـ (SVF) حوالي 0,12.

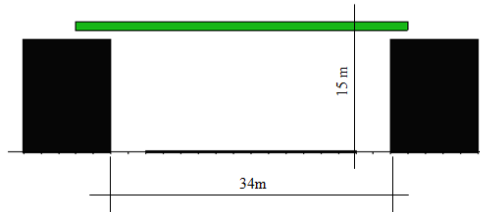
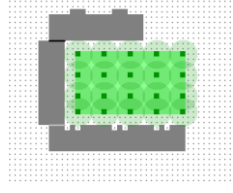
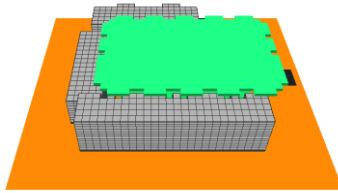
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 8580 م ³				الحالة E
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد
شجرة كروية متوسطة وكثيفة	12	344	12	4128
شجرة مخروطية كبيرة وكثيفة	20	742	6	4452



الجدول 9-12: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة E

- الحالة F هي السيناريو المقترح الرابع، الغطاء النباتي فيه بشكل نباتات متسلقة؛ بمساحة 1940 م²؛ تغطي كامل المجال الوسطي، حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 1940 م³، والقيمة المتوسطة لـ (SVF) حوالي 0,47.

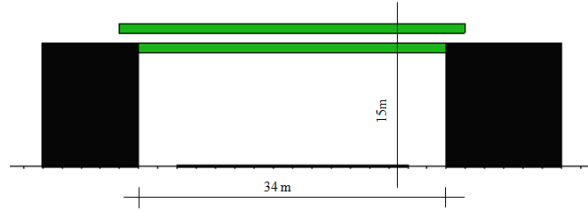
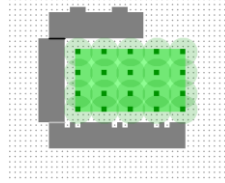
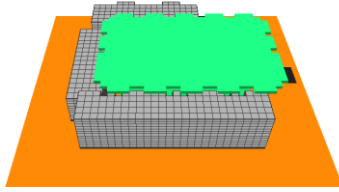
حجم التاج الورقي لجميع الأنواع الشجرية = 1940 م ³				الحالة F
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار	حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد
تعريشة نباتات متسلقة بسمك 1م	15	97	20	1940



الجدول 9-13: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة F

- الحالة G هي السيناريو المقترح الخامس، الغطاء النباتي فيه بشكل نباتات متسلقة؛ بمساحة 1940 م²؛ تغطي كامل المجال الوسطي، حجم الغطاء النباتي يقدر بـ 3880 م³، والقيمة المتوسطة لـ (SVF) حوالي 0,36.

الحالة G			
نوع الشجرة	الارتفاع (m)	حجم التاج الورقي (m ³)	عدد الأشجار
تعريشة نباتات متسلقة بطبقتين وسمك 1م، وفراغ بينهما 1م	15	97	20
حجم التاج الكلي لتعداد النوع الواحد			3880



الجدول 9-14: الأنواع النباتية الموجودة و تموقعها في العينة، الحالة G

في نهاية التعريف بالتركيبات النباتية لكل سيناريو، نستعرض مساحة الغطاء النباتي (VC) ونسبته من مساحة العينة لكل سيناريو، مع قيم كثافة التغطية الخضراء (LAD) في كل غطاء نباتي وهذا ممثل في الجدول:

السيناريو	مساحة VC	نسبة VC من مساحة العينة	قيم كثافة التغطية الخضراء (LAD) في الغطاء النباتي
A	1199,625 م ²	43 %	2,59 م ³ /م ²
C	1524 م ²	55 %	0,72 م ³ /م ²
D	832 م ²	30 %	2 م ³ /م ²
E	1326 م ²	47 %	1,35 م ³ /م ²
F	1940 م ²	70 %	1 م ³ /م ²
G	1940 م ²	70 %	1 م ³ /م ²

الجدول 9-15: نسب مساحة الغطاء النباتي وقيم (LAD) لكل سيناريو، المصدر: الباحث، 2018.

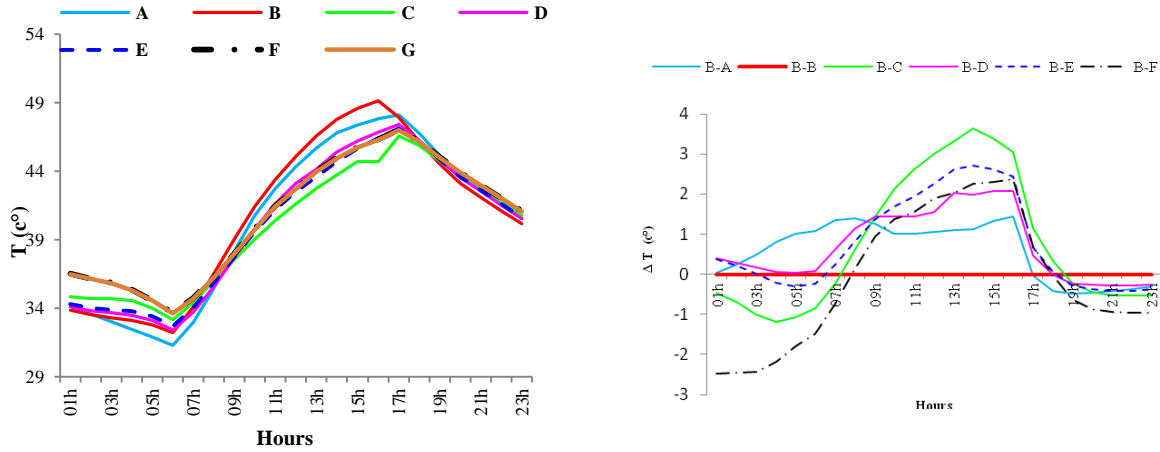
6. مقارنة بين نتائج مختلف السيناريوهات:

1.6 درجة حرارة الهواء:

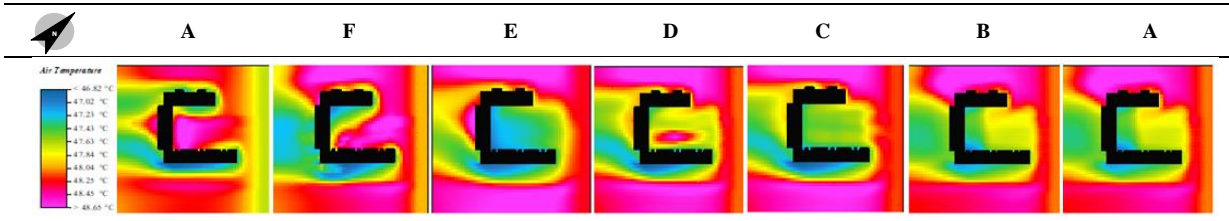
يوضح الشكل 8-9، في شهر يوليو متوسط درجة حرارة الهواء المحاكاة على ارتفاع 1,5 م للحالات المختلفة. يظهر المنحنى اختلافا في ترتيب السيناريوهات في عدة مراحل زمنية؛ هي مرحلة ما قبل شروق الشمس من الساعة 1 إلى الساعة 6 صباحا يكون السيناريو A هو الأقل في القيم المتوسطة لـ T، تليها المرحلة من شروق الشمس إلى غروبها (من الساعة 6 إلى الساعة 19)، والتي يختلف فيها الترتيب حيث يصبح السيناريو C هو الذي يحمل القيم الأدنى، وبعدها تأتي المرحلة الأخيرة (من الساعة 19 إلى الساعة 0) حيث تتقارب منحنيات السيناريوهات فيما بينها ويصبح الفارق بينها ضئيلا.

حدثت درجات حرارة الهواء المنخفضة في حالات الغطاء النباتي جميعها داخل الجزء الوسطي من الخريطة بقيم متفاوتة (أنظر الشكل 9-9)، كانت الحالة B فيها أعلى متوسط درجة حرارة الهواء يقارب 49 م°؛ تليها الحالة A بذروة تصل إلى

48,10 م° وبفارق عن الحالة B ب 1,44 م°، وتتبعها الحالات D و(G,F) متطابقتين؛ وE كلها متقاربة بذروات تتراوح بين 47,67 م° و 46,95 م°؛ ويتراوح الفارق بينها وبين الحالة B بين 2,08 و 2,72 م°، تليها الحالة C تصل ذروة درجة حرارة الهواء فيها إلى 46,48 م°؛ بفارق 3,63 م° عن الحالة B، وهي الحالة ذات درجات حرارة أدنى من جميع الحالات. بعد الساعة 18 تتقارب الحالات فيما بينها حتى تكاد أن تتطابق؛ بفعل انخفاض حرارة أشعة الشمس. كما أن خرائط توزيع درجة حرارة الهواء في الشكل 7-9 تظهر أن الحالة C هي السيناريو الأقل درجة حرارة الهواء. حيث تخفض درجة حرارة الهواء في هذا السيناريو من 1,5 م° إلى 3,63 م° عن الحالة القصوى (B).



الشكل 8-9: مقارنة درجة حرارة الهواء بين جميع سيناريوهات المحاكاة، المصدر: الباحث، 2018.



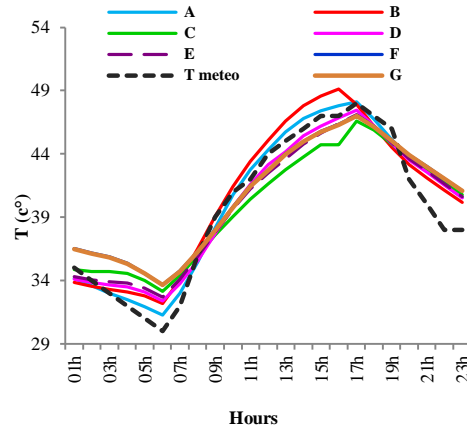
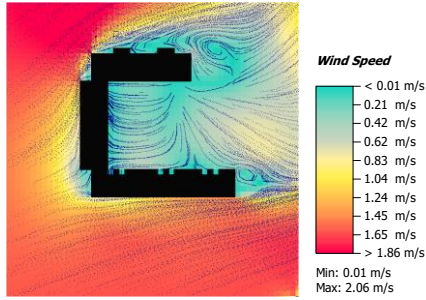
الشكل 9-9: مقارنة على مستوى الخارطة الحرارية لمختلف سيناريوهات المحاكاة، على الساعة 17

2.6 ظاهرة الدفينة العمرانية في سيناريوهات العينة:

في الشكل (9-10)، الذي يمثل مقارنة القيم المتوسطة لدرجة حرارة الهواء في السيناريوهات المختلفة مع درجة حرارة الهواء في محطة الارصاد، حيث لاحظنا أن (T meteo) في الفترة ما بين الساعة 1 و 6 صباحا تكون بقيم أقل من جميع السيناريوهات؛ يصل أكبر فارق بين (T meteo) والسيناريو F ذو القيم الأعلى ب 3,65 م°. كما أن (T meteo) تصل إلى ذروتها في الساعة 17 بقيمة تصل إلى 48 م°، وتبقى قيمها على مدار اليوم أقل من السيناريو B، كما تزيد عن السيناريو C في ساعة الذروة ب 1,4 م°، من الساعة 19 إلى 00 تتناقص قيم (T meteo) حتى تصبح أقل من جميع السيناريوهات. بارتفاع درجة حرارة الهواء في المجال العمراني على الرغم من وجود غطاء نباتي يعمل على خفضها، وانعدام الحرارة الشمسية (الفترة الليلية) يدل على وجود ظاهرة الدفينة العمرانية في جميع السيناريوهات، لعله يعود إلى تشكيل البناء في العينة (شكل المبنى حرف U) الذي يمنع خفض درجة حرارة الهواء عن طريق التهوية، وذلك بهبوبها

عكس انفتاح شكل البناء، وبالتالي يحصل المجال الواسع على سرعات هواء تكاد تكون منعدمة وهذا ما يوضحه الشكل

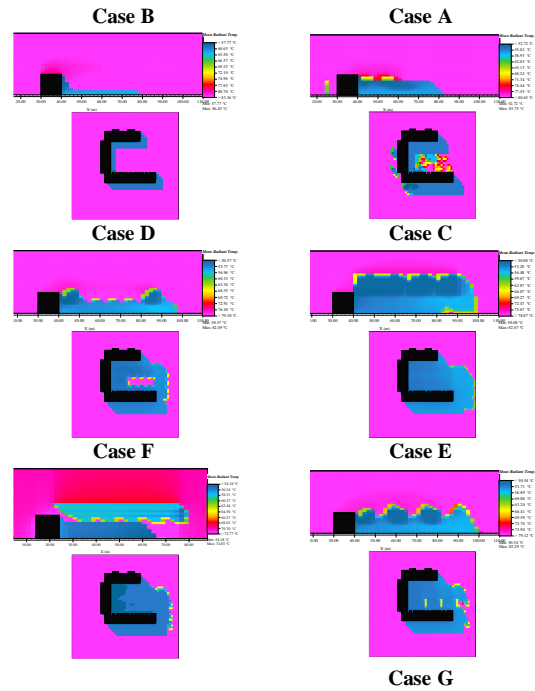
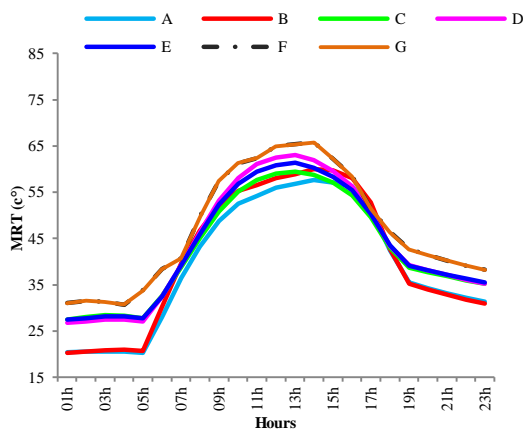
9-11.



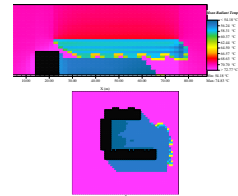
الشكل 9-10: مقارنة القيم المتوسطة لـ (T) لسيناريوهات العينة مع درجة حرارة الهواء لمحطة الارصاد الجوية، المصدر: الباحث، 2018. الشكل 9-11: حركة الرياح وسرعتها في السيناريو B على الساعة 20

3.6 متوسط درجة الحرارة الإشعاعية والرطوبة النسبية:

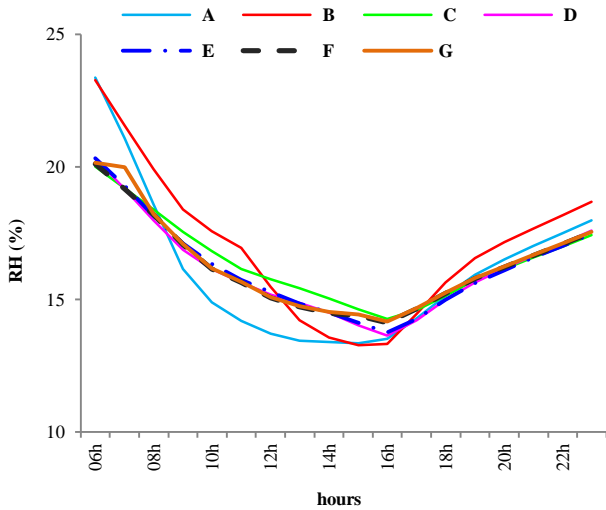
مؤشر متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (Mrt) لا يقل أهمية عن درجة حرارة الهواء في التأثير على الراحة الحرارية للمجالات الخارجية. يظهر الشكل (9-12 أ) خرائط (Mrt) في السيناريوهات المدروسة على ارتفاع 1,5م على مستوى المحور (X-Y)؛ وعلى مستوى المحور (X-Z)، تم الحصول عليها من ENVI-met. التوزيعات المكانية لمتوسط درجة الحرارة المشعة مأخوذة في الساعة 17؛ التي هي ساعة الذروة. كما يظهر الشكل (9-12 ب) قيم (Mrt) أخذت في نقطة تحت الظل من كل سيناريو، تتوافق الاختلافات في توزيع Mrt و T مع تغطية المظلة داخل العينة. تم العثور على قيم أعلى للرطوبة النسبية في الجزء الذي يقع تحت الغطاء النباتي (أنظر الشكلين 9-12 ج، 9-12 د).



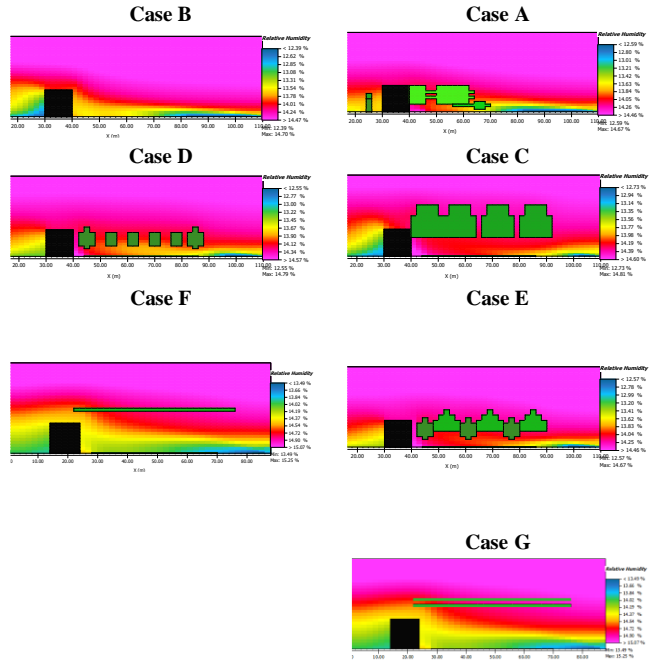
الشكل 9-12 (ب): مقارنة قيم MRT في نقاط تحت المظلة، لجميع السيناريوهات



الشكل 9-12 (أ) توزيع MRT في الخرائط الحرارية، عند ساعة الذروة.



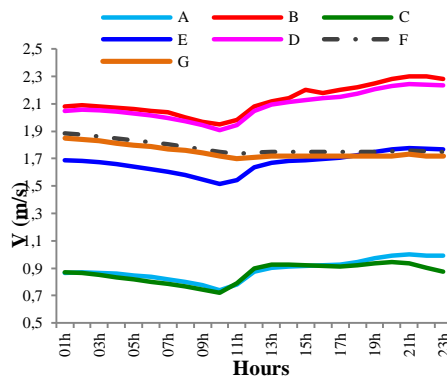
الشكل 9-12 (ب) مقارنة قيم RH في نقطة تحت المظلة لكل سيناريو



الشكل 9-12 (ج) خارطة توزيع RH لكل سيناريو في ساعة الذروة

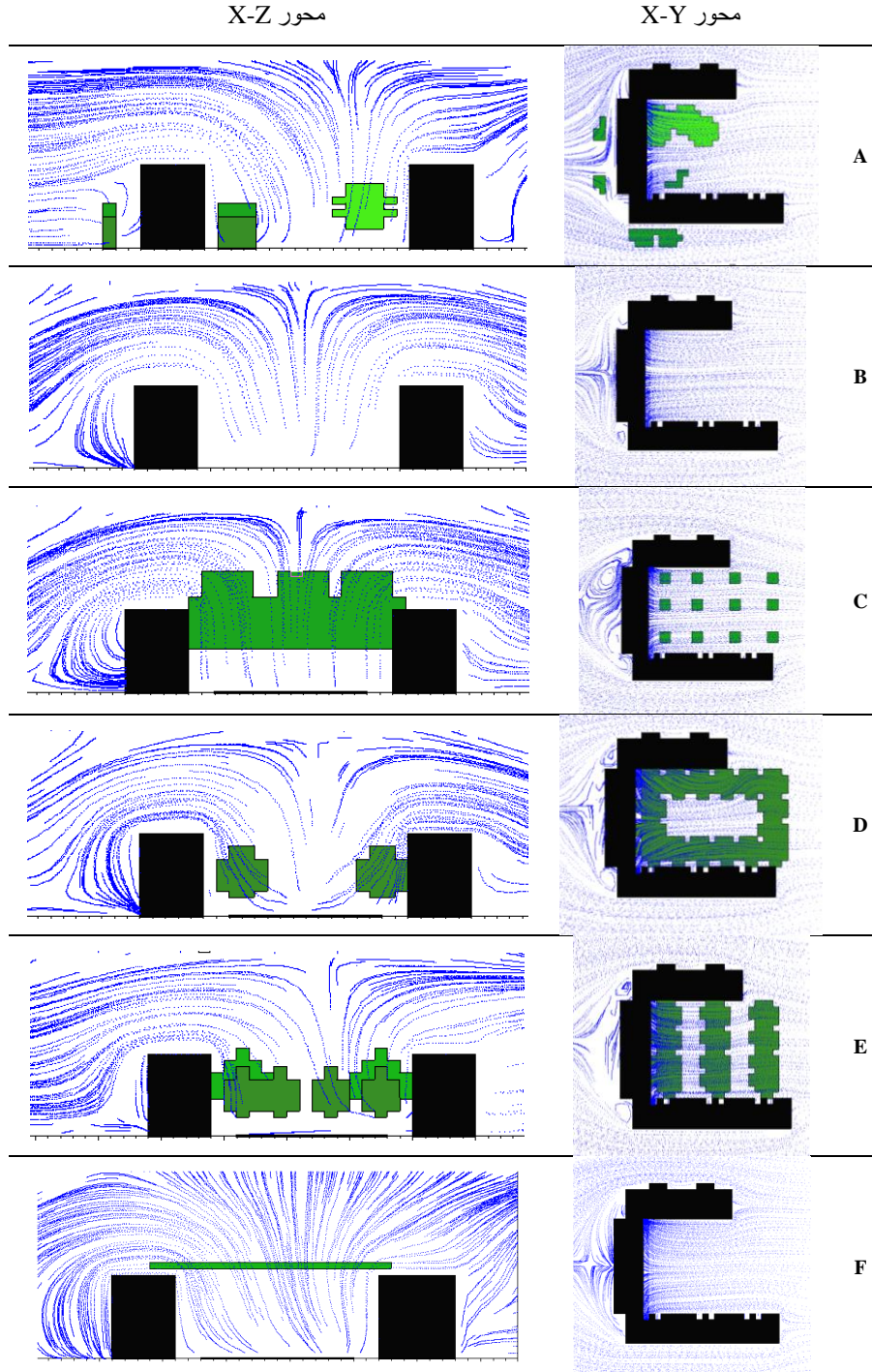
4.6 حركة وسرعة الهواء (V):

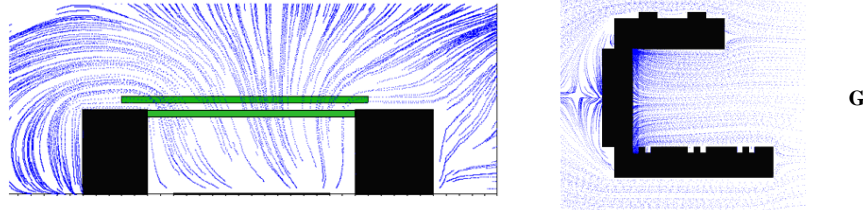
في الشكل 9-13 يبين القيم المتوسطة لسرعة الهواء في العينة حسب كل سيناريو؛ فسرعة الهواء في جميع السيناريوهات تتقارب فيما بينها، حيث يحمل السيناريو C القيم الأدنى على مدار 24 ساعة، والسيناريو B ذو القيم الأعلى، و ما بينهما السيناريوهات A، E، F، G، D على هذا الترتيب التصاعدي، وهذا الفارق البسيط راجع لحجم الغطاء النباتي وطريقة توضع.



الشكل 9-13: القيم المتوسطة لسرعة الهواء حسب كل سيناريو، المصدر: الباحث، 2018

في الشكل 9-14 الذي يوضح سلوك حركة الهواء في العينة على مستوى المحور (X-Y) على ارتفاع 1.5م والمحور (X-Z) حيث أظهر أن طريقة توضع الغطاء النباتي للحالة E هو الأفضل من حيث سرعة الهواء (2,23 م/ثا)، يبلغ التباعد بين شجرتين كبيرتين 20م في الاتجاه X، والتباعد بين الشجرتين في الاتجاه Y هو 6 م، وهي أبعاد يمكن من خلالها أن يتسرب الهواء داخل مجال العينة، بالنسبة للحالة C ذات القيم الأدنى لسرعة الهواء، وذلك لتوضع الأشجار بطريقة متداخلة على مستوى تيجانها وهذا ما شكل عائقا لحركة الرياح الذي يقلل من سرعتها.

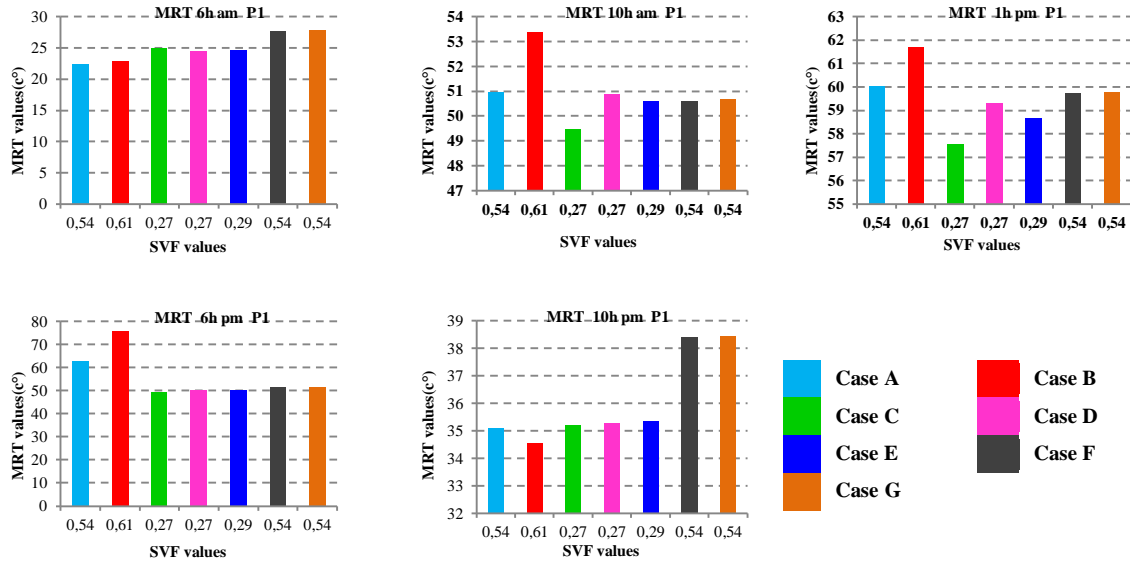




الشكل 9-14: خرائط سلوك حركة الهواء على ارتفاع 1.5م، في سيناريوهات العينة، المصدر: الباحث، 2018.

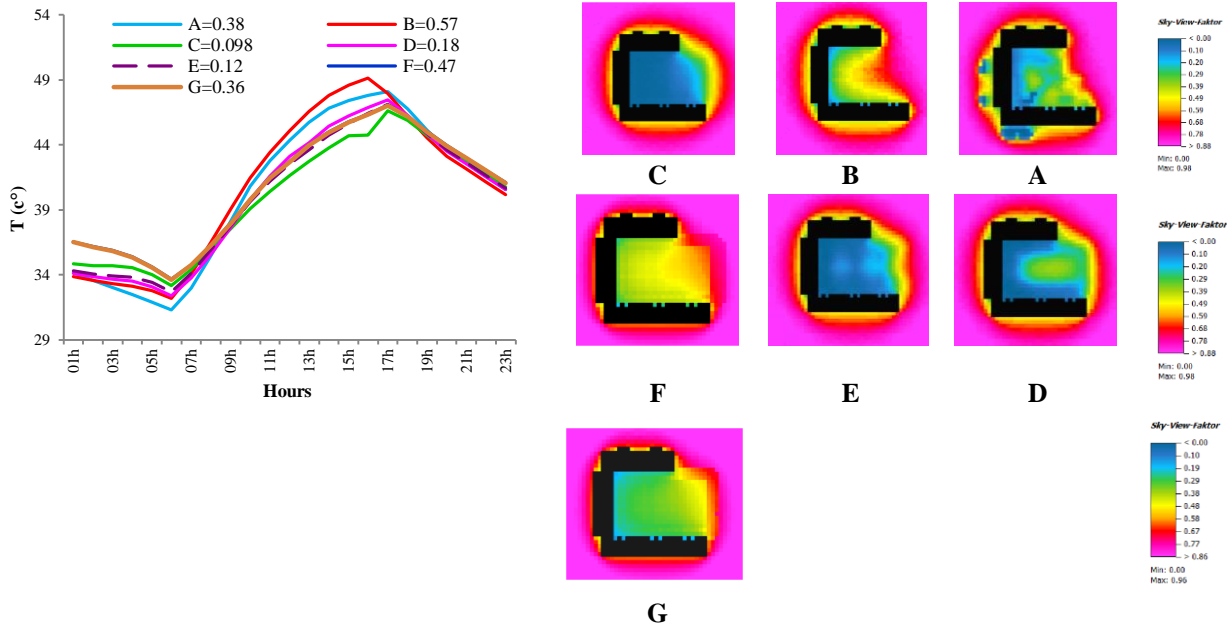
5.6 دراسة معامل عرض السماء (Sky View Factor):

في الشكل 9-15، أخذنا قيم (SVF) ذات النسبة المئوية الأعلى في كل سيناريو؛ في كل نقطة من أرضية العينة. نلاحظ أن كلما قلت قيم (SVF) كانت قيم (Mrt) منخفضة. في الحالة C قيم SVF تتراوح بين 0.02 و 0.03، وهذا ما أنتج قيمة أقل من (Mrt) في الفترة النهارية. في الفترة الليلية كل السيناريوهات ذات الغطاء النباتي الكثلي تحمل قيمة متقاربة من (Mrt) وهذا باختلاف قيم SVF؛ وتكون قيمها أكبر منها في النهار (الساعة 6 صباحا و 10 مساء)، وهذا ما يفسر بظاهرة التسخين الليلي بفعل درجة الحرارة المنبعثة من الأرض المخزنة مسبقا في النهار، لكن السيناريو F و G؛ سجلا قيمة أعلى لـ (Mrt) مقارنة مع بقية السيناريوهات؛ يرجع إلى شكل الغطاء النباتي والذي يحبس الحرارة المتصاعدة في الفترة الليلية من سطح الأرض، أما في النهار تدخل الأشعة الشمسية والتي جزء منها يمتص من طرف الأرض بحسب قيمة SVF.



الشكل 9-15: تقييم MRT في نقاط من العينة ذات قيمة أعلى من SVF، في ساعات محددة من يوم المحاكاة، المصدر: الباحث، 2018.

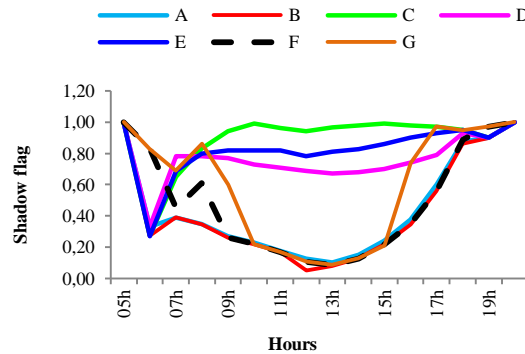
في خريطة توزيع قيم SVF يظهر أن السيناريو C هو الذي يحمل القيم الأقل وبالتالي الغطاء النباتي كثيف جدا لا يكاد يسمح بالانفتاح نحو السماء، كما له علاقة بانخفاض درجة حرارة الهواء، أما عن باقي السيناريوهات فقيم المتوسطة لـ SVF تتوافق مع ترتيب متوسط درجة حرارة الساعية في السيناريو B، D، F و G؛ وباقي السيناريوهات لا تتوافق مع ترتيب متوسط T ويرجع ذلك لكيفية توزيع الغطاء النباتي، بصفة عامة فإن ترتيب القيم المتوسطة لـ SVF يتناسب مع ترتيب القيم المتوسطة لـ T بنسبة 66,66 %



الشكل 9-16: خارطة توزيع قيم SVF في كل سيناريو، مع القيم المتوسطة لـ SVF و T ، المصدر: الباحث، 2018.

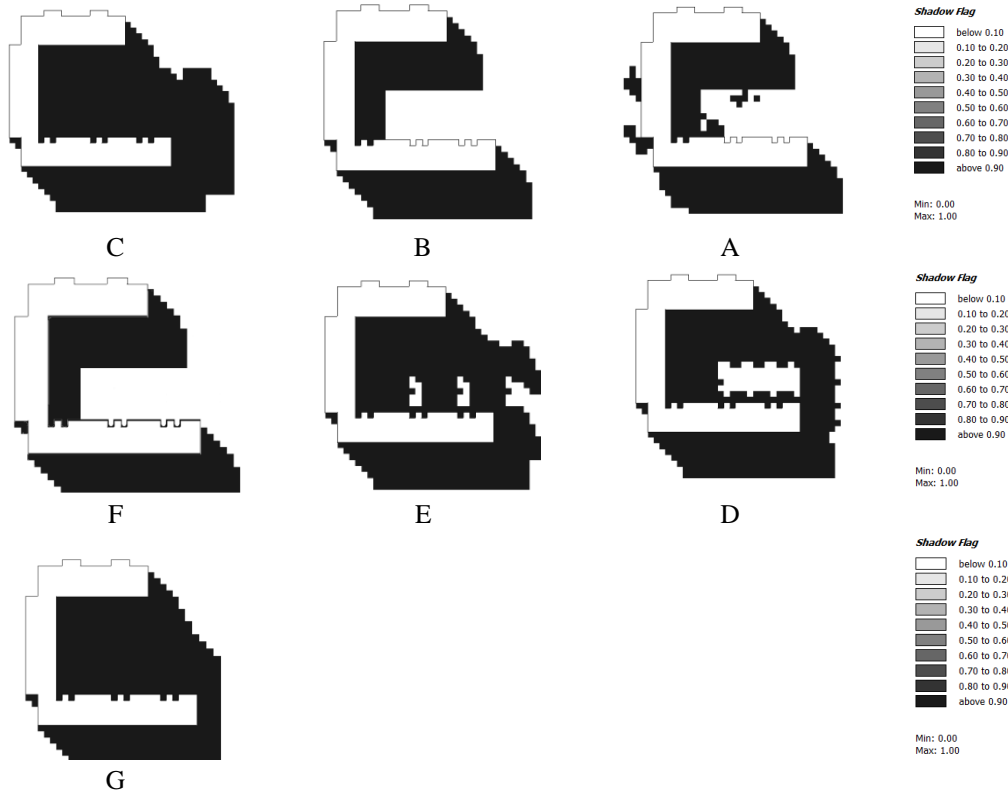
6.6 دراسة مؤشر الظلال (shadow flag):

في الشكل 9-17 الذي يوضح مؤشر الظلال (shadow flag) على مدى 15 ساعة من اليوم، تبين المنحنيات؛ أن أكبر القيم تكمن في السيناريو C، ثم يأتي السيناريو E، بعده D، A، F وفي الأخير B. وهذا ما يبينه الشكل 9-18 الذي يتعلق ببقعة الظلال في ساعة الذروة لـ T ، حيث يظهر جليا أن السيناريو C يحمل أكبر مساحة مظلة. بمقارنة ترتيب السيناريوهات حسب مؤشر الضلال مع ترتيبها حسب درجة حرارة الهواء نجد أن الترتيبين يتوافقان بنسبة 50%، أي في 3 سيناريوهات. فالحالة C؛ هي التي تعبر على أكبر كثافة للغطاء النباتي وذات توضع لعناصره يغطي أكبر مساحة ممكنة تقدر بـ 45%. والحالة G، F بالرغم من نسبة الكبيرة من المساحة لتغطية العناصر النباتية (55%) إلا أن ترتيبها كان في الوضعية الخامسة.



السيناريو	A	B	C	D	E	F	G
ترتيب تصاعدي بحسب T	5	6	1	4	2	3	3
ترتيب تنازلي بحسب Shadow flag	4	6	1	3	2	5	5

الشكل 9-17: مؤشر الظلال لكل سيناريو على مدار 24 ساعة



الشكل 9-18: المساحات المظللة حسب كل سيناريو على ساعة 17 p.m

7. دراسة الراحة الحرارية لمستعملي مجال العينة:

في هذه الجزئية، ندرس مدى الراحة الحرارية للمستجوبين في العينة، في كل سيناريو من السيناريوهات، حيث نستعمل في هذه الدراسة المعطيات المتحصل عليها من خلال الاستجواب، يتم حساب متوسط معدل الأيض، معامل العزل الحراري، السن، الوزن و الطول، عند الذكور والإناث كل على حدى. بهذه القيم المتوسطة يتم حساب درجة الحرارة الفسيولوجية المكافئة عند الذكور (PET m) وعند الإناث (PET f) في كل السيناريوهات (الجدول 9-16).

النسبة المئوية	طول (م)	وزن (كغ)	السن	Clo معامل العزل الحراري للملابس	معدل الأيض (metabolic rate W)	
45,65 %	1,60	61	28	0,72	108,09	إناث
54,35 %	1,69	70	34	0,47	126,8	ذكور

الجدول 9-16: القيم المتوسطة لمعطيات المستجوبين في العينة

يوضح الشكل 9-19 خارطة لقيم PET الساعية لكل سيناريو ؛ تم الحصول على مدخلات Envi-met Biomet V3.1 من خلال الاستبيان المجرى مع مستعملي مجال العينة الذي بلغ عددهم 46 شخص في فترة شهر يوليو.

عند حساب الراحة الحرارية باستعمال مؤشر PET، أسفرت النتائج عن:

- جميع السيناريوهات لا تحتوي على مجال راحة حرارية والذي حُدد في مؤشر PET بمجال القيمتين من 17 إلى 26 م°.

- السيناريوهات A, B, D, E جميعها تحمل مجال حراري (دافئ قليلاً) في الفترة الصباحية؛ وحدد بقيمة من 26 إلى 28م°، لكن بمجالات ساعية مختلفة أكبرها في السيناريو B, D, E بمقدار 6 ساعات، وأقلها في السيناريو C بمقدار ساعة واحدة.
- بالرغم أن السيناريو C هو الذي يحمل القيم الأقل في درجة حرارة الهواء وقيم MRT إلا أنه؛ لا يوجد به أي قيم من PET تكون في مجال الراحة الحرارية، والمجال المقارب للراحة الحرارية (مجال دافئ قليلاً من 26 إلى 28 م°) يكون فقط في الساعة 6 صباحاً، وذلك يرجع لكثافة الغطاء النباتي المقترح؛ وتداخل الأشجار فيما بينها (الجدول 10-9)، كما أن التشكيل المعماري للبناء لا يسمح بحركة الهواء في اتجاهات متعددة، وبالتالي يشكل ضعف سرعة الهواء مع الغطاء النباتي الكثيف بحدوث ظاهرة الدفينة العمرانية الليلية.
- السيناريو C يكون بقيم أقل في T عن باقي السيناريوهات، وذلك في فترة الذروة الممتدة من الساعة 10 إلى الساعة 20، لكنها تبقى في مجال الإجهاد الحراري الشديد.

PET f							PET m							الساعة
G	F	E	D	C	B	A	G	F	E	D	C	B	A	
31,88	31,91	28,12	28,00	28,76	27,68	27,94	31,96	31,93	27,94	27,88	28,65	27,49	29,05	01h
32,17	32,14	28,00	27,90	28,80	27,43	27,59	32,22	32,16	27,88	27,71	28,64	27,30	28,55	02h
32,25	32,21	27,98	27,91	29,01	27,29	27,17	32,27	32,24	27,91	27,73	28,88	27,14	28	03h
31,81	31,79	28,0	27,89	29,07	27,18	26,77	31,84	31,80	28	27,76	28,97	27,00	27,55	04h
31,00	30,94	27,96	27,64	28,71	26,90	26,26	30,94	30,91	27,76	27,44	28,56	26,76	26,95	05h
29,87	29,88	27,24	26,93	27,84	26,33	25,63	29,82	29,80	27,03	26,80	27,59	26,16	26,22	06h
35,90	35,97	32,65	32,31	33,00	37,77	34,06	36,19	36,22	32,76	32,42	33,13	37,91	35,35	07h
39,08	39,12	37,36	37,00	37,33	46,70	40,85	39,16	39,19	37,29	36,98	37,26	46,33	41,38	08h
43,60	43,66	41,20	41,14	40,86	50,36	45,12	43,70	43,74	41,25	41,14	40,90	50,00	45,25	09h
46,41	46,48	44,29	44,49	43,36	52,48	48,09	46,30	46,34	44,66	44,80	43,87	51,74	47,71	10h
48,54	48,58	46,96	47,26	46,24	52,92	50,50	47,64	47,68	46,03	46,12	45,64	52,09	49,01	11h
49,02	49,09	47,71	47,86	47,28	52,40	50,93	47,19	48,20	46,40	46,54	46,22	51,67	49,3	12h
49,09	49,13	48,02	48,12	47,84	50,74	50,02	48,30	48,35	46,73	47,01	46,63	50,36	50,2	13h
49,59	49,63	48,32	48,84	48,09	52,15	51,23	48,85	48,88	47,15	48,05	46,95	52,25	52,25	14h
49,78	49,82	48,42	48,74	48,31	53,09	51,93	49,00	49,06	47,36	47,90	47,30	52,92	52,51	15h
49,32	49,62	48,45	48,74	48,40	53,68	52,08	48,80	48,87	47,42	47,90	47,44	53,52	51,81	16h
49,21	49,31	48,41	48,54	48,35	52,28	51,64	48,51	48,57	47,28	47,67	47,34	52,11	50,02	17h
48,11	48,23	47,98	47,97	47,87	49,45	49,12	47,22	47,31	46,63	46,61	46,55	48,93	47,41	18h
46,81	46,97	45,77	45,50	45,50	45,19	45,38	46,11	46,16	45,23	45,07	44,94	44,96	45,94	19h
44,02	44,07	42,32	41,97	42,30	41,03	41,52	44,10	44,23	42,83	42,43	42,78	41,36	43,74	20h
42,58	42,64	41,01	40,68	41,05	39,66	40,17	42,86	43,07	41,46	41,08	41,53	39,95	42,26	21h
41,26	41,35	39,72	39,42	39,80	38,41	38,89	41,43	41,72	40,11	39,76	40,22	38,65	40,79	22h
40,00	40,07	38,44	38,17	38,55	37,20	37,65	40,00	40,40	38,78	38,46	38,91	37,4	40,22	23h

الشكل 19-9: خارطة PET للمستجيبين الذكور والإناث في جميع السيناريوهات، المصدر: الباحث، 2018.

Stress level	Thermal comfort	الراحة الحرارية	مستوى الإجهاد	PET(°C)
No thermal stress	Neutral	محايد	لا يوجد إجهاد حراري	17-26
Slight heat stress	Slightly warm	دافئ قليلا	إجهاد طفيف بسبب الحرارة	26-28
Moderate heat stress	warm	دافئ	إجهاد حراري معتدل	28-37
Strong heat stress	Hot	حار	إجهاد حراري قوي	37-42
Extreme heat stress	Very Hot	حار جدا	الإجهاد الحراري الشديد	<42

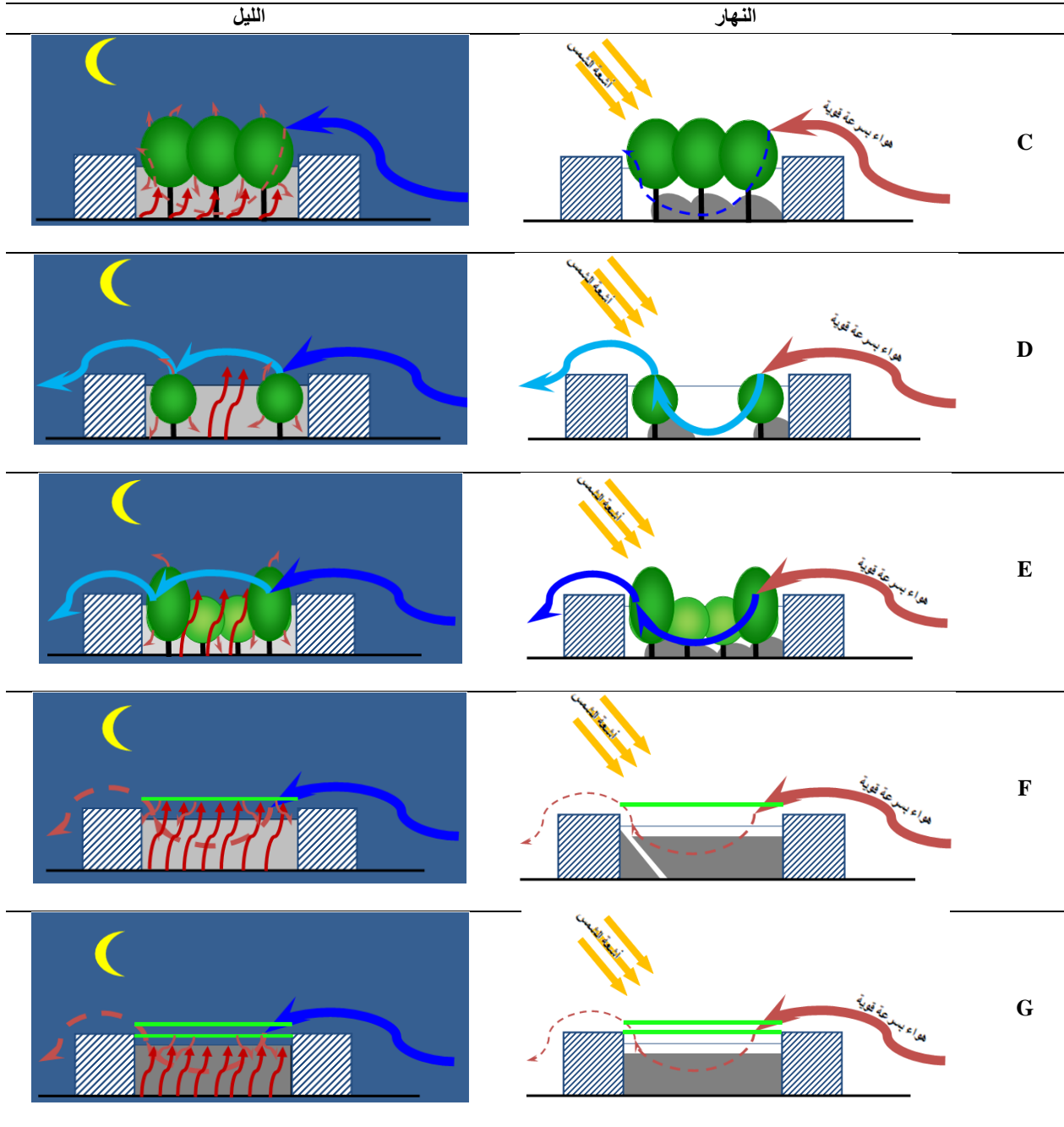
8. المناقشة:

قدمت التركيبة النباتية في السيناريو C سلوكا حراريا غير متوقع؛ فيما يخص الراحة الحرارية، فقد كانت ظاهريا التركيبية الأمثل، من حيث حجم العنصر النباتي، أدائها الحراري الذي كان يفارق يتراوح من 1,5 °م إلى 3,63 °م عن الحالة القصوى (حالة انعدام العنصر النباتي)، أدائها في زيادة الرطوبة النسبية، أدائها في كبر المساحة المظللة، وهذا بالرغم من ضعف قيمة مؤشر كثافة التغطية الخضراء (LAD) الذي يقدر بـ 0,72 م³/م² - مقارنة ببقية التركيبات النباتية المقترحة-. فكان مجال الراحة الحرارية منعدما على مدار اليوم في المؤشر PET، كما هو الحال بالنسبة للمجال المقارب للراحة (دافئ قليلا من 26 إلى 28 °م) منعدم إلا من ساعة واحدة (6 صباحا)، تعود هذه النتيجة إلى كثافة التركيبة النباتية وتداخل عناصرها، فشكلت حاجزا يضعف من سرعة الهواء (وهذا ما هو ملاحظ في القيم المتوسطة لسرعة الرياح)؛ حيث يؤول إلى انخفاض في الخشونة العمرانية (urban roughness)، مما يمنع تبادل الطاقة المضطرب ويزيد من درجة حرارة الهواء أثناء النهار، كما يمكن منع المزيد من التبريد عن طريق إغلاق ثغور أوراق الأشجار في درجات حرارة الذروة حيث أن عجز ضغط البخار المرتفع يحد من النتح؛ كما توصل (Meili et al., 2021) في دراسة أجراها؛ أنه يمكن أن يؤدي تفاعل الشجرة غير المتدفقة مع الإشعاع إلى زيادة درجة حرارة الهواء بمقدار من 1.6 - 2.1 °م في ساعات معينة من اليوم على النطاق المحلي. بالإضافة إلى ذلك، تتمتع الأشجار بسعة حرارية عالية، مما يعني أنها يمكن أن تخزن الكثير من الطاقة الحرارية. خلال النهار، حيث تمتص الأشجار الحرارة من الشمس وتخزنها في خلاياها وأنسجتها. يتم إطلاق هذه الحرارة المخزنة تدريجياً أثناء الليل، مما يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الهواء للمنطقة المحيطة.

كما هي نفس الظاهرة التي تنطبق على بقية السيناريوهات، لكن بدرجات متفاوتة، بالنسبة للسيناريوهات ذات التركيبة الكتلية (A, E, D) كلها احتوت على مجال مقارب للراحة الحرارية لكن بحجم ساعي متفاوت، فكان الأكبر في التركيبة (D, E) التي تكون فيها نسبة التغطية تقدر بـ 30 % و 47 % على الترتيب، أي توجد مساحات فارغة في الوسط مما يسمح بتدفق الهواء بسرعة مُحبذة؛ ناقلة بذلك الهواء المبرد بالتبخير عبر جميع مساحات المجال، في الفترة الليلية تتناقص درجات الحرارة، وذلك بفعل وجود فراغ وسطي الذي يمكن من انتقال الهواء المُسخن بفعل الحرارة المخترنة من الأرض ومن الأشجار في حد ذاتها. بالنسبة للسيناريو A كان المجال المقارب للراحة الحرارية أقل في الحجم الساعي مقارنة بنظرائه؛ على الرغم من أن نسبة مساحة التغطية في حدود التركيبين (D, E) والتي تقدر بـ 43 %، لكن مؤشر كثافة التغطية الخضراء (LAD) للتركيبة A كان أكبر من مؤشري (D, E)، يرجع هذا لكثافة التداخل بين العناصر النباتية للتركيبة A، مما يشكل إعاقه في تغلغل الهواء في المجال. بالنسبة للتركيبات المسطحة (نباتات متسلقة)، كانت كلا الحالتين يندم فيهما المجال المقارب للراحة الحرارية، على الرغم من أن سرعة كانت في حدود المطلوب، لكن طبيعة النباتات في هذه الحالة نقل فيها ظاهرة التبريد بالتبخير؛ ويكون نقصان في الحرارة بفعل التظليل الذي ينقص من درجات حرارة السطح فقط، مما يقلل من أدائها الحراري مقارنة التركيبات الكتلية، وبالنسبة للفترة الليلية، تتناقص درجة حرارة لكن بصفة

متباطئة إلى درجة الثبات، ينتج ذلك من طريقة توضع هذه التركيبة؛ توضع أفقياً، الذي يحبس الحرارة المختزنة سابقاً في الأرض والمنطقة منها.

على العموم، جميع التركيبات النباتية لم تحقق الأداء الحراري الأمثل، وهو الوصول إلى مجال الراحة الحرارية بحجم ساعي أكبر على مدار اليوم، قد يكون التشكيل العمراني للعينات أثر بطريقة سلبية على الأداء الحراري للتركيبات النباتية.



الشكل 20-9: تمثيل السلوك الحراري لكل تركيبة نباتية؛ في الليل والنهار، المصدر: الباحث، 2018.

الخلاصة:

قدمت هذه الدراسة العديد من النتائج على مختلف المستويات، فعلى مستوى مستعملي مجال العينة الذين تم استجوابهم أثناء أخذ القياسات في العينة، بتاريخ 17 يونيو، 14 يوليو، 17 سبتمبر، 23 أكتوبر من سنة 2018، بهدف تحديد مدى إحساسهم بالراحة الحرارية؛ فكانت النتائج أن متوسط نسبة المستجوبين الذين يحسون بالراحة الحرارية يقدر بـ 50 % في شهر يونيو؛ 80 % في شهر أكتوبر في مجال درجة حرارة الهواء تتراوح بين 25,8 و 33 م°، مع رطوبة نسبية من 25 إلى 32 %، وسرعة هواء تصل إلى 0,7 م/ثا. لكن مجال الراحة الحرارية المعبر عنه من طرف المستجوبين لا يتطابق دائما مع قيم PMV المحسوبة في الأشهر والفئات الموضحة في الجدول 5-9؛ حيث يظهر لنا التطابق في شهر أكتوبر في القيم الدنيا لـ (T_{air}, RH, V)؛ فإن التعبير عن الرضا للمستجوبين فيه؛ ناتج عن مدى تأقلم أجسامهم مع البيئة الحرارية للوسط. هذا ما يتوافق إلى حد ما؛ مع النتائج التي توصل إليها (Zhaosong Fang & All, 2017) الذي أجرى دراسته في الفترة الممتدة من شهر جوان إلى شهر سبتمبر في مدينة (Guangzhou) في جنوب الصين، حيث توصل إلى أن قيم (PMV) المنتبئة تتوافق مع (MTSV) أي متوسط الإحساس الحراري المتوقع و هذا عند وصول درجة الحرارة إلى القيمة 34م°، و في حال تجاوزها لـ 34 م°، تستقر قيم (MTSV) نسبيا ما بين درجة المقياس 2.5 و 3، أما قيم PMV تتبالغ في تقدير الإحساس الحراري إلى أن تصل لدرجة المقياس 9، و يرجع هذا إلى أن المستعملين أجسامهم تتأقلم مناخيا و تصبح لها القدرة على التعايش مع الحالة الحرارية، كما أن استعمال نموذج (PMV) لتحديد مجال الراحة الحرارية، لا يعطي دائما تنبؤ صحيح، فمن المحتمل أن تحتاج إلى تعديل.

بحسب النتائج التي توصلت إليها (ASHRAE) أن مجال الراحة الحرارية ينحصر ما بين 21.67 و 33.89م° بالنسبة لدرجة حرارة الهواء؛ وهذا ما يطابق إلى حد ما مجال قيم T القصوى (27.6 – 33م°) التي تعبر عن الراحة الحرارية لدى المستجوبين.

وعلى مستوى المكونات النباتية للعينة، فقد كانت سيناريوهات نباتية مختلفة - من بينها سيناريو A العينة الأصلية لدراسة آثار تركيبية الغطاء النباتي على الراحة الحرارية، واقتراح هذه التركيبات النباتية جاء على أساس استراتيجيتين مهمتين في خلق مناخ مصغر تعديلا للمناخ العمراني عند (Brown, 2010) حيث يعتمد على نسبة التظليل للغطاء النباتي كإستراتيجية أولى؛ و الذي تمثله التركيبية النباتية المسطحة للسيناريو F و G، ونسبة الرطوبة عن طريق تبخر-النتح للغطاء النباتي كإستراتيجية ثانية؛ والذي تمثله التركيبات النباتية الكتلية في السيناريوهات التالية (A, C, D, E) أما السيناريو B فهو حالة العينة من دون غطاء نباتي، بالإضافة إلى إستراتيجية Brown، يجب مراعاة كيفية استغلال مجال العينة من قبل السكان، وهذا بحسب نتائج الاستبيان المجرى معهم، وكذلك الملاحظات السلوكية بحكم معاشة المجال، فنتج أن المجال مستغل بعدة أنشطة يجب مراعاتها في تصميم السيناريوهات.

تمت مقارنة القيم المتوسطة لدرجة حرارة الهواء T بين الحالات المختلفة؛ حيث أظهرت الحالة C القيم الأدنى في (T) و MRT على مدار 18 ساعة في 14 يوليو 2018، تليها الحالات E و F و D و A و B بهذا الترتيب (الشكل 8-9).

متوسط درجة الحرارة الإشعاعية تتوافق بهذا الترتيب مع درجة حرارة الهواء T، إلا في السيناريو F و G اللذان يمثلان غطاء نباتي متسلق، سجلت القيم الأعلى من MRT في الفترة الليلية (من 10 مساء إلى 6 صباحا) وذلك بفعل التسخين الليلي الناتج عن الحرارة النهارية المخزنة في التربة (الإشعاع الشمسي الممتص)، فيقوم الغطاء النباتي بحبس الحرارة المنبعثة، مما يزيد من قيم MRT ليلا وهذا ما يسمى بظاهرة الدفيئة العمرانية الليلية.

كما أن قيم SVF؛ كلما قلت انخفضت معها قيم MRT في الفترة النهارية، أما الفترة الليلية تعمل القيم المتناقصة لـ SVF على زيادة MRT، وما هو ملاحظ في الشكل 9-15؛ حيث السيناريو B هو الذي يحمل القيم الأقل من MRT في الليل. ليست دائما القيم المتناقصة لـ SVF تقلل من قيم MRT في النهار، بل هناك عامل آخر يعمل على التقليل من MRT؛ هو حجم الغطاء النباتي، في السيناريو (C و D) اللذان يحملان نفس القيمة من SVF لكن ليستا نفس القيمة لـ (Mrt) في الفترة النهارية؛ حيث أن السيناريو C هو الذي يحمل القيم الأقل لـ MRT لأن قيمة حجم الغطاء النباتي فيه هي الأكبر؛ والتي تقدر بـ 16920 م³.

فيما يخص التظليل، فإن المؤشر (shadow flag) يتوافق في ترتيب السيناريوهات مع ترتيب T بنسبة 50 %، وهنا تتدخل كثافة وكيفية توضع عناصر الغطاء النباتي في كل السيناريو.

وفي دراسة الراحة الحرارية باستعمال مؤشر PET؛ الذي اعتمدنا في حسابه على (Bio-met) وعلى مدخلات متوسط مستعملي المجال من إناث والذكور خلال شهر يوليو، كان السيناريو C الذي حقق أدنى درجات حرارة الهواء و MRT، لم يحقق أي مجال راحة حرارية أو مجالا مقاربا للراحة إلا في الساعة 6 صباحا؛ مقارنة بالسيناريوهات الأخرى، بالرغم من الحجم الكبير لغطائه النباتي، ويرجع هذا إلى طريقة توضع الأشجار التي كانت متداخلة فيما بينها، مما شكل انسدادا لعبور الهواء وبالتالي التقليل من سرعته (الشكل 9-13). في السيناريوهات A, B, D, E جميعها حققت مجالا مقاربا للراحة الحرارية (دافئ قليلا) في الفترة الصباحية وذلك يعود لطريقة توضع العناصر النباتية في كل سيناريو التي تصنع إمكانية مرور الهواء بين عناصرها، مع هذا فقد حقق السيناريو C انخفاضا في قيم PET في فترة الذروة الممتدة من الساعة 10 إلى الساعة 20 كما كان الحجم الساعي للإجهاد الحراري الشديد أقل بالنسبة للسيناريو A, B, F.

النتائج الشاملة للعينات

1. تقييم الأداء الحراري لأفضل السيناريوهات في جميع العينات:

كنتيجة نهائية، تحصلنا على أفضل السيناريوهات من كل عينة، فكان أدائها الحراري يختلف بحسب الخصائص العمرانية لمجال العينة، وكذلك الخصائص النباتية للتركيبات المقترحة. الهدف في عملية تقييم الأداء كل سيناريو ليس خفض درجة حرارة الهواء والزيادة في الرطوبة النسبية في حد ذاته، إنما الهدف الأساسي هو الوصول لأكبر مجال راحة حرارية على مدار 24 ساعة، أو إن تعذر الأمر، فيمكن الوصول لأكبر مجال مقارب لمجال الراحة الحرارية، أين يعبر عنه بالإحساس الحراري (دافئ قليلا slightly warm)، أما الهدف الثاني هو الوصول لأصغر مجال إجهاد حراري شديد على مدار 24 ساعة.

فكان أفضل أداء حراري في العينة 2 بين السيناريو D2 والسيناريو C2، حيث مجال راحة حرارية بالنسب التالية 12,5% و 25% بهذا الترتيب-؛ وبالنسبة للهدف الثاني وهو تقليص مجال الإجهاد الحراري فكان محققا بقيمة أكبر في السيناريو D2 وهو موضح في الجدول 10-1 والشكل 10-1.




S3		S2			S1	
E3	D3	E2	D2	C2	D1	
%0	%0	%25	%12,50	%25	%0	% المجال المحايد (راحة حرارية)
%25	%25	%0	%12,50	%0	%0	% المجال دافئ قليلا
%45,83	%45,83	%45,83	%37,50	%41,66	%37,50	% مجال الإجهاد الحراري الشديد

الجدول 10-1: نسبة الأداء الحراري لأفضل السيناريوهات في كل عينة

S3		S2			S1	الساعة
E3	D3	E2	D2	C2	D1	
27,94	27,88	24,73	27,49	25,92	32,46	01h
27,88	27,71	24,3	26,8	25,44	32,00	02h
27,91	27,73	23,93	26,08	25,04	31,29	03h
28	27,76	23,67	25,36	24,75	30,48	04h
27,76	27,44	23,51	24,63	24,44	29,65	05h
27,03	26,8	23,37	23,93	23,99	28,77	06h
32,76	32,42	31,29	29,74	30,95	31,42	07h
37,29	36,98	38,81	34,83	37,01	34,39	08h
41,25	41,14	44,21	38,57	40,8	37,83	09h
44,66	44,8	47,21	41,78	43,05	41,69	10h
46,03	46,12	48,76	44,86	45,61	45,64	11h
46,4	46,54	49,06	47,56	47,2	47,45	12h
46,73	47,01	49,51	48,41	48,14	48,36	13h
47,15	48,05	50,3	48,88	48,78	47,8	14h
47,36	47,9	50,81	49,32	49,21	47,88	15h
47,42	47,9	51,11	49,66	49,5	48,83	16h
47,28	47,67	49,73	48,89	48,65	49	17h
46,63	46,61	47,84	46,66	46,3	46,58	18h
45,23	45,07	43,62	42,48	43,1	44,47	19h
42,83	42,43	39,05	38,47	39,17	41,17	20h

41,46	41,08	37,79	37,2	37,89	40,11	21h
40,11	39,76	36,60	36,02	36,66	39,23	22h
38,78	38,46	35,44	34,86	35,44	38,38	23h




الشكل 10-1: قيم PET الساعية لأفضل السيناريوهات في كل عينة

الراحة الحرارية	مستوى الإجهاد	PET(c°)	
محايد	لا يوجد إجهاد حراري	17-26	
دافئ قليلا	إجهاد طفيف بسبب الحرارة	26-28	
دافئ	إجهاد حراري معتدل	28-37	
حار	إجهاد حراري قوي	37-42	
حار جدا	الإجهاد الحراري الشديد	<42	

2. الخصائص العمرانية للعينات:

على مستوى العينة 1، العينة 2، العينة 3، كانت نتائج أفضل السيناريوهات تختلف من واحدة لأخرى؛ وهذا بحسب خصائص كل عينة التي تتحكم في السلوك الحراري لكل تركيبة نباتية مقترحة، فمساحة البناء وحجمه، طبيعة الأرضية في مجال العينة، نسبة الانسداد Rb، ونسبة واتجاه انفتاح مجال العينة، وحد الخشونة؛ كلها عوامل من شأنها أن تغير التأثير الحراري للغطاء النباتي، والجدول 10-1 يوضح هذه الخصائص العمرانية.

لاحظنا أن أفضل أداء حراري كان في العينة 2، لما تحمله من خصائص إيجابية، أهمها هو التشكيل المجالي، الذي يتميز بنسبة متوسطة لانفتاح المحيط - مقارنة ببقية العينات- لكن من جميع الاتجاهات مما يخلق مجال تهوية على مدار 24 ساعة، كما أن خاصية طبيعة الأرضية -مساحة من الممرات خرسانية- لها انبعاثية للطاقة الحرارية أقل من المساحات الإسفلتية، أما عن حد الخشونة، فكل العينات متقاربة في القيم، مما يجعلها تدرج تحت نمط أرضية شبه عمرانية (Suburban terrain) والتي تكون معيقات الرياح فيها متوسطة (Ramli et al., 2009).

العينة 3	العينة 2	العينة 1	
			التشكيل المجالي
تشكيل القضبان المستمرة حرف U	قضبان منفصلة بتشكيل مستطيل	قضبان منفصلة شريطية	
مساحة العينة 6970 م ²	مساحة العينة 10481,25 م ²	مساحة العينة 16800 م ²	مساحة العينة
مساحة البناء 1554,7 م ²	مساحة البناء 1767,5 م ²	مساحة البناء 3000 م ²	مساحة البناء
طبيعة الأرضية ترابية	طبيعة الأرضية خرسانية/ترابية	طبيعة الأرضية إسفلتية	طبيعة الأرضية
البياض (α) 0.28	البياض (α) 0.28 / 0.5	البياض (α) 0.20	البياض (α)
الانبعاثية (ε) 0.981	الانبعاثية (ε) 0.981 / 0.63	الانبعاثية (ε) 0.95	الانبعاثية (ε)
نسبة الانسداد Rb 0,24	نسبة الانسداد Rb 0,20	نسبة الانسداد Rb 0,10	نسبة الانسداد Rb
نسبة انفتاح محيط العينة 14 % شمال شرقي	نسبة انفتاح محيط العينة 21 % كل الاتجاهات	نسبة انفتاح محيط العينة 50 % شرق/غرب	نسبة انفتاح محيط العينة
حد الخشونة (roughness length) 0,32	حد الخشونة (roughness length) 0,49	حد الخشونة (roughness length) 0,5	حد الخشونة (roughness length)

الجدول 10-2: الخصائص العمرانية لكل عينة

3. الخصائص النباتية لأفضل التركيبات في جميع العينات:

لكل سيناريو من كل عينة خصائص نباتية من مساحة وحجم الغطاء النباتي، ارتفاع وعرض العناصر النباتية المكونة للغطاء، التباعد بين العناصر النباتية ومؤشر LAD. هذه الخصائص تؤثر على الأداء الحراري للتركيبات النباتية المقترحة.

العينة 3		العينة 2					العينة 1			
E3	D3	E2	D2	C2			D1			
% 40	% 25	% 20	% 98	% 70			% 90		% مساحة الغطاء النباتي (S_v)	
3 8580	3 5504	3 24890	3 82620	3 43672			3 151755		حجم الغطاء النباتي	
% 12	% 7,5	% 13	% 43,5	% 23			% 71,41		% حجم الغطاء النباتي (V_v)	
م 20	م 12	م 12	م 15	م 15	م 10	م 5	م 20	م 15	ارتفاع العنصر النباتي	
م 13	م 9	م 9	م 9	م 19	م 9	م 3	م 13	م 5	عرض تاج الشجرة (W_v)	
م 20	م 6	م 6	م 5	م 15	م 7,5	م 15	م 10	م 5	المسافة بين مراكز العناصر النباتية (D_v)	
1	2	2	1,74	2	1,4	1,5	0,7	1,5	2	مؤشر LAD (3 م 2)

الجدول 3-10: الخصائص النباتية لأفضل السيناريوهات في كل عينة

لاحظنا من خلال نتائج المحاكاة، أن كل عينة لها خصائصها العمرانية، وكل تركيبة نباتية لها خصائصها التي تؤثر في أدائها الحراري. وفي هذه الدراسة، توصلنا إلى أن أهم الخصائص العمرانية التي تساعد الغطاء النباتي على الأداء الحراري الأمثل - وهو الوصول لمجال راحة حرارية - هي درجة واتجاه انفتاح التشكيل العمراني بما في ذلك نسبة الانسداد R_b ، وكذلك طبيعة الأرضية التي كلما قلت الانبعاثية. فكانت العينة 2 تحقق أفضل النتائج، كما أن أفضل سيناريو في العينة (C2) الذي يعتمد على تركيبة نباتية متنوعة العناصر بارتفاعات مختلفة (5م، 10م، 15م).

ومن استخراج الخصائص البعدية للتركيبات النباتية المثلى، والتي تحقق مجالاً للراحة الحرارية أو مجالاً مقارباً لها، نستنتج أن:

1. التشكيلات القصبانية المنفصلة الشريطية، والمنفتحة باتجاهين (مثل العينة 1) يجب أن تتوفر فيها هذه الخصائص النباتية، وهي:

- نسبة التغطية النباتية تصل إلى 90 %، ونسبة الفراغ بين العناصر النباتية يصل إلى 10 %.
- تركيبة نباتية متعددة الطبقات.
- العناصر النباتية ذات الارتفاع الأقل، تأخذ النسبة الأكبر حوالي 70 % من التركيبة النباتية، والعناصر ذات الارتفاع والعرض الأكبر تشكل نسبة 30 %.
- استعمال الأنواع النباتية ذات الارتفاع الأعلى بين مستوى الأرض وبداية تاج الشجرة (تحرير مجال أكبر للاستعمال).
- مسافة التداخل بين العناصر النباتية تكون في الأشجار ذات التاج الأعرض وتصل إلى 3 م (مسافة التداخل تشكل نسبة $1/4$ من عرض الشجرة) (الشكل 2-10).

- تتراصف الأشجار بشكل شريطي تأخذ شكل الفراغ الناتج عن توضع المباني

2. التشكيلات العمرانية القصبانية ذات شكل مستطيل أو مربع، والمنفتحة بعدة اتجاهات (مثل العينة 2)؛ يستطيع أن يتخذ

عدة تركيبات نباتية، تحدد في 3 أنواع بحسب النوع النباتي المستعمل:

1.2 في حالة استعمال شجرة عمرانية دائمة ذو قيمة مؤشر (LAD) متوسطة تكون التركيبة النباتية ذات نسبة تغطية ضعيفة (حوالي 20 %):

- تعتمد على نوع واحد من الأشجار (تركيبة نباتية وحيدة الطبقة).
- الأشجار ذات تاج عريض جدا (عرض الشجرة يأخذ نسبة $8/10$ من ارتفاعها)، وارتفاع أعلى من المباني.
- مسافة التداخل بين الأشجار تكون كبيرة مقارنة ببقية التركيبات النباتية حيث تصل إلى 10م (مسافة التداخل تشكل نسبة $1/2$ من عرض الشجرة) (الشكل 2-10).
- تتراصف الأشجار بشكل صفين قطريا على الفراغ الناتج من توضع المباني، هذا التراصف القطري يكون عمودي على اتجاه الشرق والغرب.

2.2 التركيبة النباتية ذات نسبة تغطية متوسطة (حوالي 70 %):

- تعتمد على 3 أنواع من العناصر النباتية (تركيبة نباتية متعددة الطبقات).
- الأشجار الدائمة ذات التاج الصغير وقيمة LAD ضعيفة (لا تتجاوز $1,25 \text{ م}^2/\text{م}^3$)، لا تنتج مسافة تداخل، الأشجار الدائمة ذات التاج المتوسط وقيمة LAD متوسطة، تصل مسافة التداخل بين عناصرها إلى 1,5 م (مسافة التداخل تشكل نسبة $2/10$ من عرض الشجرة)، والأشجار المتساقطة ذات التاج الكبير وقيمة LAD متوسطة (من 0,74 إلى $1,46 \text{ م}^2/\text{م}^3$) تقدر مسافة التداخل بـ 4 م (تأخذ مسافة التداخل نسبة $2/10$ من عرض الشجرة).

- تتراصف الأشجار بشكل محيطي حول الفراغ والمباني.

3.2 التركيبة النباتية ذات نسبة تغطية القصوى (98 %):

- تعتمد على نوع واحد من الأشجار النفضية ذات قيمة عالية من LAD (تركيبة نباتية وحيدة الطبقة).
- الأشجار ذات تاج متوسط (عرض الشجرة يأخذ نسبة $6/10$ من ارتفاعها).
- مسافة التداخل بين الأشجار متوسطة تصل إلى 4 م (أي تشكل نسبة $1/2$ من عرض الشجرة) (الشكل 2-9).
- تتراصف الأشجار بشكل محيطي حول الفراغ والمباني.

3. التشكيلات العمرانية المستمرة ذات شكل U، المنفتحة باتجاه واحد (مثل العينة 3)؛ تركيبته نباتية محدودة، تحدد في تركيبتين:

1.3 التركيبة النباتية ذات نسبة تغطية ضعيفة (25 %):

- نسبة الفراغ بين العناصر النباتية يصل إلى 75 %.
- تعتمد على نوع واحد من الأشجار الدائمة ذات قيمة LAD المتوسطة (تركيبة نباتية وحيدة الطبقة).
- الأشجار ذات تاج متوسط (عرض الشجرة يأخذ نسبة $7/10$ من ارتفاعها).
- مسافة التداخل بين الأشجار متوسطة تصل إلى 3 م (أي تشكل نسبة $1/3$ من عرض الشجرة) (الشكل 2-10).
- تتراصف الأشجار بشكل محيطي حول الفراغ.

2.3 التركيبة النباتية ذات نسبة تغطية متوسطة (47 %):

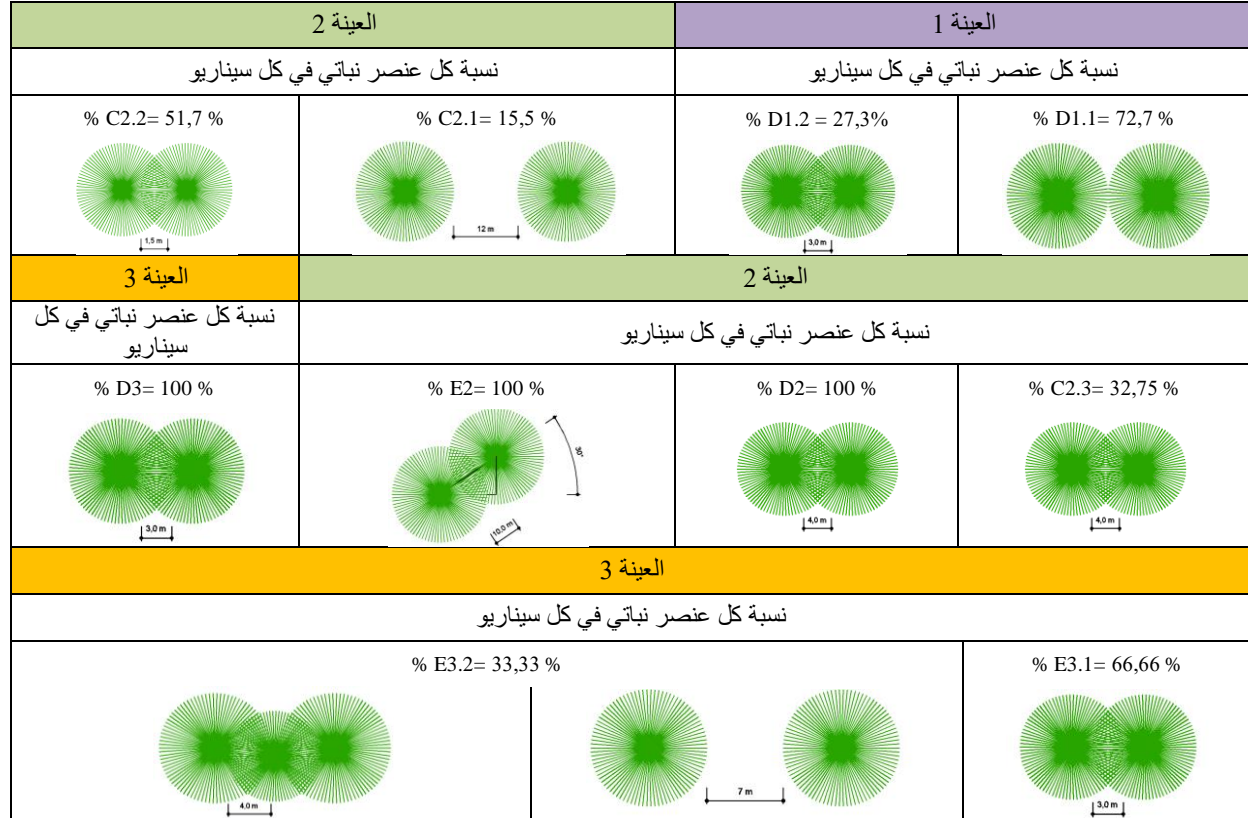
- نسبة الفراغ بين العناصر النباتية يصل إلى 53 %.
- تعتمد على نوعين من العناصر النباتية (تركيبة نباتية متعددة الطبقات).
- الأشجار ذات التاج المتوسط المتساقطة ذات قيمة LAD عالية؛ تصل مسافة التداخل بين عناصرها إلى 3 م (مسافة التداخل تشكل نسبة $1/3$ من عرض الشجرة)، والأشجار ذات التاج الكبير النفضية ذات قيمة LAD متوسطة، تصل

مسافة التداخل إلى 4 م (مسافة التداخل تشكل نسبة $3/10$ من عرض الشجرة) كما تحقق مسافة تباعد بـ 7 م (الشكل 10-2).

- تتراصف الأشجار بشكل محيطي حول الفراغ، كما تتراصف الأشجار ذات التاج المتوسط طوليا في وسط الفراغ.

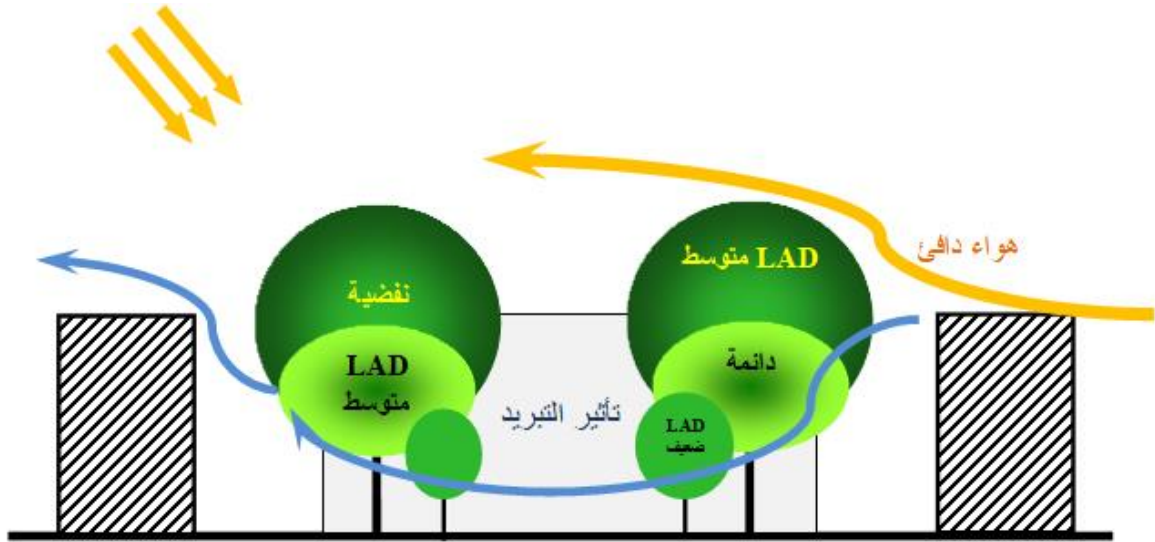
العينة 3		العينة 2					العينة 1			
E3	D3	E2	D2	C2			D1			
% 47	% 25	% 20	% 98	% 70			% 90		% مساحة التغطية النباتية (S_v)	
نفضية	نفضية	دائمة	نفضية	نفضية	دائمة	دائمة	نفضية	دائمة	طبيعة الشجرة	
1	2	2	1,74	2	1,4	1,5	0,7	1,5	2	مؤشر LAD (m^2/m)
متوسطة	مرتفعة	متوسطة	متوسطة	مرتفعة	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	مرتفعة	متوسطة	
E3.3	E3.1	D3	E2	D2	C2.3	C2.2	C2.1	D1.2	D1.1	عرض تاج كل عنصر نباتي (W_v)
م 13	م 9	م 9	م 19	م 9	م 19	م 9	م 3	م 13	م 5	
م 20	م 6	م 6	م 9	م 5	م 15	م 7,5	م 15	م 10	م 5	المسافة بين مراكز العناصر النباتية (D_{cv})
م 4	م 3	م 3	م 10	م 4	م 4	م 1,5	-	م 3	م 0	مسافة التداخل
م 7	-	-	-	-	-	-	م 12	-	م 0	مسافة التباعد بين العناصر النباتية (D_v)

الجدول 10-4: استخراج الخصائص البعدية لأفضل التركيبات النباتية في كل عينة



الشكل 2-10: أبعاد مختلف التركيبات النباتية، وتحديد مسافات التداخل والتباعد بين العناصر؛ في السيناريوهات الأمثل في كل عينة.

بصفة عامة؛ ما يميز هذه التركيبات النباتية التي تحقق مجال الراحة الحرارية أو مجالاً مقارباً منه في الفترة الحارة، بأنها متعددة الطبقات تسمح بمرور الهواء فيما بينها، وتوزيع كمية الرطوبة الناتجة عن العناصر النباتية وهذا يوافق ما ورد عن الباحث (Shahidan & Jones, 2008) وكذلك الباحث (Li & Song, 2019)، فالتبقيات المختلفة من العناصر النباتية، تتميز بقيم مختلفة من كثافة المساحة الورقية (LAD)، كما توصلنا من خلال هذه الدراسة أن التنوع بين العناصر النباتية الدائمة والفضية، والذي كل نوع منها يحمل قيم قصوى من LAD تختلف من نوع لآخر، فحسب دراسات أجريت على الأشجار الحضرية، فإن أعلى قيمة LAD للأشجار الدائمة تصل إلى $3,76 \text{ م}^3/\text{م}^2$ ، وبالتالي تتوزع بشكل مجالات من قيم LAD الضعيفة؛ تتراوح بين 0,1 إلى $1,25 \text{ م}^3/\text{م}^2$ ، قيم LAD المتوسطة تتراوح بين 1,26 إلى 2,5 $\text{ م}^3/\text{م}^2$ ، قيم LAD المرتفعة تتراوح بين 2,6 إلى $3,76 \text{ م}^3/\text{م}^2$ (Escobedo et al., 2018) وبالنسبة للأشجار النفضية تصل إلى $2,2 \text{ م}^3/\text{م}^2$ حيث تنقسم بالشكل التالي؛ قيم LAD الضعيفة تتراوح بين 0,1 إلى $0,73 \text{ م}^3/\text{م}^2$ ، قيم LAD المتوسطة تتراوح بين 0,74 إلى $1,45 \text{ م}^3/\text{م}^2$ ، قيم LAD المرتفعة تتراوح بين 1,46 إلى $2,2 \text{ م}^3/\text{م}^2$ (Liu & Wang, 2014). حسب دراسة أجراها Song وآخرون (Song et al., 2013) وجد أن انخفاض ارتفاع الأشجار وكثافتها (قيمة LAD مرتفعة) يشكل عاملاً مهماً في زيادة درجة حرارة التربة ويؤدي إلى نمط الاحترار غير المتكافئ بين درجات حرارة الهواء والتربة.



الشكل 3-10: التركيبة النباتية الأمثل لتحقيق أو مقارنة مجال الراحة الحرارية في منطقة مناخية عمرانية حارة

الخلاصة العامة:

" الهدف النهائي للحياة هو الفعل وليس العلم،
فالعلم بلا عمل لا يساوي شيئاً. نحن نتعلم لكي
نعمل "

توماس هكسلي

المقدمة:

من خلال هذا البحث المقسم إلى تسعة فصول، حاولنا قدر الإمكان الإلمام بكل جوانب الموضوع، لتحقيق الأهداف المرجوة والمسطرة والتحقق من صحة الفرضيات التي انطلقنا منها. فجاء القسم النظري من الأطروحة في أربع فصول مرتبطة ومتسلسلة يتناول في بدايتها المجالات الخضراء، وأنواع الغطاء النباتي في الوسط العمراني ويختتمه بالتطرق إلى أهم الوظائف المناخية واستراتيجيات التبريد التي تتميز بها العناصر النباتية، لندخل في الفصل الثاني عن المناخ العمراني وعن أهم مفاهيمه وعناصره مركزين عن أهم الظواهر المناخية في المجالات العمرانية والاستراتيجيات المتبعة في تعديله لصالح الإنسان.

ولهذا نتطرق في الفصل الثالث لمفهوم الراحة الحرارية، وعناصرها في المجالات الخارجية، وفهم أهم مؤشراتها في دراسات أغلبها لم تتطرق إلى عينات في المناطق والمناخات الحارة، كما يقودنا الأمر إلى كيفية تحقيق وتوفير الراحة الحرارية، والتي تعتبر أحد أهم أهداف أي مصمم معماري أو عمراني كان. وفي الأخير ندرس في الفصل الرابع المناطق السكنية والسكنات الجماعية بمفاهيمها، في الوسط العمراني، ومكوناتها البنائية والفراغية، هيكلها، خصائصها وأشكال التجميعات السكنية فيها. كما لا ننسى العنصر المهم في هذا الفصل وهو تأثير التشكيلات العمرانية للسكنات على العناصر المناخية، والذي يقودنا إلى أساسيات تصميم مجالات السكنية في المناخ الحار.

كل الفصول السابقة تصب في مصلحة الفصول التجريبية والتي نتطرق فيها لدراسة عينات مختارة من السكنات الجماعية في مدينة بسكرة، على أساس عدة معايير تتمثل في: التشكيلات العمرانية الشائعة في المدينة، احتواءها على الغطاء النباتي، يجب أن تكون العينات مأهولة بالسكان، اختيارها بحسب معاشتنا لها - هذا يخدم الجانب الاستقصائي من البحث- كما يسهل الملاحظة السلوكية للسكان مستعملي مجال العينة، اختيارها بحسب درجة ونسبة انفتاح العينة على محيطها القريب، اختيارها على أساس سهولة الوصول إليها، وسهولة القيام بالمراقبة والملاحظة لمستعملي مجال العينة (توفر الأمان الاجتماعي).

أين انطلقنا في القسم العملي من البحث، لدراسة العينات المنتقاة كما ذكرنا آنفاً حيث نعتد في هذا الجزء على شقين الأول، يخص العمل الميداني والشق الآخر نظري يخص نموذج المحاكاة.

الشق الميداني يتلخص في الزيارات التفحصية، الملاحظات العلمية؛ قياسات ميدانية، واستقصاء دلالي مع مستعملي المجالات الخارجية للعينات المختارة، مكونة بذلك:

- المدخلات المطلوبة (Requested Inputs) للشق الثاني الخاص بالمحاكاة.
- جمع المعلومات المطلوبة (الإحساس الآني بالراحة الحرارية، الجنس، السن، الطول، الوزن، نوع اللباس، نوع النشاط الممارس قبيل الاستجواب)، بهدف حساب مؤشرات الراحة الحرارية.
- أما الشق النظري فيتعلق بالمحاكاة باستخدام نموذج (ENVI-met V4.4.6)، ويكون في المراحل التالية:
- تحديد مدى دقة نتائج محاكاة نموذج (ENVI-met) مع القياسات المأخوذة في العينات، باستعمال مؤشر (RMSE) ومعامل التحديد R^2 (Coefficient of determination).
- مقارنة نتائج تصويت الإحساس الحراري الآني (ATSV) مع قيم (PMV) المحسوبة، للأشخاص المستجوبون في العينات، وتحديد مدى تقارب مجال الراحة الحرارية المحسوس لدى المستجوبين مع مجال الراحة المحسوب.

- تحديد ونمذجة سيناريوهات الغطاء النباتي المحاكاة عبر نموذج (ENVI-met) في كل عينة مدروسة، حيث تعتمد السيناريوهات المقترحة على إستراتيجية التبريد عن طريق التبخر-النتح والتي تتمثل في التركيبات النباتية الكتلية، وإستراتيجية التظليل التي تتمثل في التركيبات النباتية المسطحة.
- المقارنة بين نتائج السيناريوهات، للخروج بالتركيبات النباتية الأفضل التي تحقق مجال راحة حرارية أو تقاربه في الفترة الحارة، مع مراعاة احتياج مستعملي مجال العينة المستخرجة من استبيان الجزء الميداني.

■ النتائج المتوصل إليها:

1. توصلنا إلى أن نموذج المحاكاة (ENVI-met) في نتائجه المتحصل عليه من درجة حرارة الهواء (T)، الرطوبة النسبية (RH)، سرعة الرياح (V)، تتقارب مع القيم المقاسة في العينات بقدر كبير، حيث تتراوح قيم معامل التحديد R^2 بين 0,71 و 0,99 وهي قيم مقاربة لـ (1)، كما أن مؤشر (RMSPE) يتراوح بين 1,04 و 7,80 %، وهي نسبة الخطأ الموجودة في نتائج محاكاة النموذج والتي لم تصل نسبة 30%، وهذا يدل على مدى دقة نتائج النموذج المستخدم في المحاكاة بشرط استخدام المدخلات الدقيقة، وذلك باستخدام خاصية الاجبار الكلي (Full forcing) لنموذج المحاكاة.
2. قبل الوصول إلى إثبات أو تنفيذ فرضيات البحث، توصلنا إلى أن الأداء الإيجابي للمجال الأخضر تتحكم فيه عدة خصائص عمرانية أهمها التشكيل العمراني والذي ينتج عنه خاصية نسبة واتجاه انفتاح المجال المبني، كما هي خاصية الانبعاثية (Emissivity) لمواد البناء وبالأخص الأرضية والتي تؤثر تأثيراً كبيراً على الأداء الحراري للغطاء النباتي، وبالتالي لا يمكن الحكم على أداء الغطاء النباتي دون معرفة الخصائص العمرانية للمجال.
3. كما توصلنا إلى أن شكل التجميع السكني المتقطع (قضبان منفصلة)؛ ذو انفتاح من اتجاهات مختلفة، يساعد في زيادة الأداء الإيجابي للمجالات الخضراء، ويزيد من مجال الراحة الحرارية في الفترة الحارة.
4. استطعنا إثبات صحة فرضية أن قدرة المجال الأخضر على تحقيق الراحة الحرارية لها حدود وأن هناك نسبة معينة من حجم المجال الأخضر، ونسبة محددة من مساحة التغطية، يصل فيها الأداء الإيجابي إلى أقصاه وهو 25 % من الحجم الساعي اليومي في الفترة الحارة، وذلك في التركيبات النباتية الكتلية.
5. توصلنا إلى أن كل زيادة في حجم الغطاء النباتي؛ ليست بالضرورة زيادة في مجال الراحة الحرارية في الفترة الحارة، بل من الممكن أن تؤول إلى نتائج عكسية (عدم تحقيق للراحة الحرارية).
6. كذلك استطعنا إثبات صحة الفرضية التي توصلنا إلى أن شكل ونمط الغطاء النباتي أو ما نسميه بالتركيبات النباتية، تؤثر بشكل كبير في أداء المجال الأخضر أكثر من تأثير حجمه.
7. توصلنا إلى تحديد نسبة مساحة التغطية ونسبة حجم الغطاء النباتي الذي يحقق مجالاً من الراحة الحرارية، بحسب كل تشكيل عمراني:

- تشكيل القضبان المنفصلة الشريطية:

نسبة مساحة التغطية النباتية تصل إلى 90 %، نسبة حجم الغطاء النباتي تقدر بـ 71,41 %، ذات تركيبات نباتية متعددة الطبقات مع تراصف العناصر النباتية بشكل شريطي، كان أدائها الحراري يقدر بـ 0 %، أي أنها لم تحقق مجالاً للراحة الحرارية أو حتى مجالاً مقارباً له، وهذا راجع لطبيعة الأرضية الاسفلتية ذات الانبعاثية الكبيرة ($\epsilon = 0.95$) التي تحتل مساحة كل العينة، ويرجع ذلك

أيضا لتشكيل العينة الشريطي الذي أنتج وديان عمرانية، من الممكن أن تقلل من التهوية في حال الاتجاه الرياح المعاكس لاتجاه الوديان. لكن التركيبة النباتية الكتلية حققت تقليصا في الحجم الساعي للإجهاد الحراري الشديد والذي يقدر بـ 37,50 % مقارنة ببقية التركيبات النباتية.

- تشكيل القضبان المنفصلة المستطيلة:

نسبة مساحة التغطية النباتية تأخذ القيم التالية 20 %، 70 %، 98 %، نسبة حجم الغطاء النباتي تأخذ القيم التالية 13 %، 23 %، 43,5 % بحسب كل تركيبة نباتية إن كانت متعددة الطبقات أو طبقة واحدة، وكذلك بحسب توضع العناصر النباتية (تراصف قطري، تراصف محيطي)، كان أدائها الحراري، في تحقيق حالة الحياد الحراري يقدر بـ 25 %، 12,5 %، 25 % من الحجم الساعي اليومي (على هذا الترتيب)، وتحقيق مجال مقارب لحالة الحياد (دافئ قليلا) كان الأداء الحراري كالتالي 0 %، 12,5 %، 0 % من الحجم الساعي اليومي، بالرغم من أن التركيبة النباتية ذات أكبر مساحة تغطية وأكبر حجم نباتي لم تحقق حالة الحياد بنسبة كبيرة؛ إلا أنها استطاعت أن تقلص من ساعات الاجهاد الحراري الشديد، ووصلت نسبة المجال الساعي إلى 37,50 %.

- تشكيل القضبان المستمرة بشكل U:

نسبة مساحة التغطية النباتية تأخذ القيم التالية 25 %، 40 %، ونسبة حجم الغطاء النباتي تأخذ القيم التالية 7,5 %، 12 %، بحسب كل تركيبة نباتية (متعددة الطبقات أو طبقة واحدة) وبحسب توضع عناصرها النباتية (تراصف محيطي، تراصف محيطي وشريطي)، حيث كان أدائها الحراري يتمثل في عدم تحقيق حالة الحياد، لكن حققت مجال مقارب لحالة الحياد (دافئ قليلا) بنسبة 25 % من الحجم الساعي، رغم الاختلاف في مساحة التغطية والحجم في كل تركيبة نباتية.

■ تحقيق الأهداف العلمية من البحث:

نهدف في هذه الدراسة إلى الوصول لقواعد تخص كيفية تواجد العناصر النباتية وطريقة تشكيلها في المجالات السكنية والتي من الممكن أن تسهم في التصميم العمراني المستقبلي للمجالات الخارجية، متمثلة في مقاييس كمية ونوعية تحقق الحياد الحراري في الفترة الحارة:

- استعمال عناصر نباتية متنوعة الارتفاع والتغطية لخلق تركيبة نباتية متعددة الطبقات.
- استعمال نسب متوازنة بين مساحة الغطاء النباتي ومساحة الفراغات؛ مشكلة فتحات لتجديد الهواء، وأفضل هذه النسب استعمال 70 % لمساحة تغطية المجالات الخضراء، و30 % لمساحة الفراغات المتروكة.
- استعمال أفضل أشكال التراسف العناصر النباتية وهي التراسف بشكل محيطي حول الفراغ والمباني، أو بشكل قطري مزدوج التراسف للفراغات المستطيلة أو المربعة الشكل، مع اختيار في هذا التراسف الأخير أشجار الدائمة ذات التيجان الكبيرة التي تكون فيها مساحة التغطية كبيرة نسبيا.
- يستعمل في تراسف الشجيرات (ارتفاعها لا يتجاوز 5م) مسافة تباعد تكون 4 أضعاف عرض التاج الشجري.
- يستعمل في تراسف الأشجار الكبيرة مسافة تداخل تقدر بـ $2/10$ من عرض التاج الشجري.
- استعمال أشجار ذات طبقات متعددة، متنوعة بين الدائمة والنفضية، وذات قيم LAD مختلفة.

■ التوصيات:

- إنشاء وإدخال المجالات الخضراء الكتلية على أسس دراسات علمية وتقنية، وبأبعاد مدروسة، في تخطيط وتصميم السكنات الجماعية، تهدف إلى تحقيق الراحة الحرارية بأدائها البيومناخي.
- إدخال دراسات علمية وتقنية تنجز من طرف الباحثين والمختصين في الميدان لتحديد مقاييس المجالات الخضراء (green spaces standards) على المستوى المحلي أو الإقليمي، وذلك بهدف تحديد الاحتياج الفعلي للمجالات الخضراء من طرف السكان، هذا الاحتياج يتضمن عدة جوانب (الاحتياج النفسي و يلبيه التنسيق النباتي، الاحتياج النشاطي و يلبيه دراسة المساحات الفعلية التي يحتاجها الساكن و تهيئتها، الاحتياج البيومناخي و يلبيه الحجم النباتية التي تحقق الراحة الحرارية).
- عند تقييم الأداء الحراري للمجال الأخضر في الوسط العمراني، يتعين مراعاة مدى تحقيقه لمجال الراحة الحرارية في الفترة الحارة، استعانة بالسكان مستعملي المجال؛ مع استخدام مؤشرات الراحة الحرارية الدقيقة، وليس بعدد الدرجات التي يخفضها في الفترة الحارة.
- احترام النسب المتوازنة من مساحة الفراغات في وسط الغطاء النباتي الكثلي، للزيادة من الأداء الحراري الإيجابي للمجال الأخضر.
- احترام نسب مسافات التداخل والتباعد بين العناصر النباتية.
- اختيار أنواع نباتية (أشجار وشجيرات) تسمح بمجال كاف الأبعاد لمختلف نشاطات مستعملي الفراغات السكنية.
- تصميم تركيبات نباتية متوازنة بين تحقيق الوظيفة البيومناخية للمجال الأخضر مع ضرورة تحقيق مختلف استخدامات المجال من قبل السكان.

■ حدود البحث:

النتائج المتوصل إليها في هذا البحث تتعلق بإجراء التجارب على عينات السكنات الجماعية التي تحمل تشكيل قضبان منفصلة شريطية، تشكيل قضبان منفصلة مستطيلة، وتشكيل قضبان مستمرة بشكل U، في المناخ العمراني لمدينة بسكرة، لذا لا يمكن استعمال النتائج المتوصل إليها في تشكيلات عمرانية مختلفة، ولا في نطاق مناخ عمراي لمدينة أخرى.

■ الصعوبات التي صادفتنا في البحث:

من أهم الصعوبات التي صادفتنا في إنجاز هذا البحث، هو عدم توفر جهاز القياس (Testo 480) بعدد كاف، حيث اعتمدنا على جهاز واحد لأخذ القياسات في عدة نقاط من العينة، وهذا ما دفعنا إلى جعل الفارق الزمني 3 ساعات ما بين كل قياس وآخر في اليوم وفي نفس العينة، وكذلك التخلي عن أخذ القياسات في شهر أغسطس من سنة 2018 لعدم توفر الجهاز في تلك الفترة، كما أنه لم يكن لدينا وسيلة لتثبيت جهاز القياس في مأمّن؛ هذا ما دفعنا عدم الاستمرار في أخذ القياسات الليلية، كل هذا كان من الممكن أن يعطينا نتائج أدق وأفضل.

العائق الثاني، كان يخص برنامج (ENVI-met)، حيث توقف العمل بعض الوقت لحد الحصول على رخصة العلمية للبرنامج (ENVI-met license science) المخصصة للجامعات والمخابر العلمية، وهذا برغم وجود النسخة المفتوحة منه، كان من الضروري استعمال الرخصة العلمية لتمكنا من استعمال واسع لشبكة النمذجة (dimension grid 120 x 40) وبالتالي الحصول على نتائج أدق في مرحلة المحاكاة، كما تمكنا من استعمال خاصية الإيجار الكلي (Full forcing) المتاحة فيها، هذه الخاصية تعتمد على ملفات (Energy plus weather data) الارصادية لأي مدينة كانت وفي أي سنة، وهذا ما يسمح استعمال المدخلات الارصادية الساعية في مرحلة المحاكاة، والتي تتمثل في العديد من

العناصر المناخية أهمها درجة حرارة الهواء، درجة حرارة البصيلة الجافة والمبللة، الرطوبة النسبية، درجة حرارة نقطة الندى، سرعة واتجاه الرياح، تغطية السحب، التهطل، الإشعاع الشمسي. كل هذه المدخلات تعطي نتائج أكثر دقة فيما لو استعملنا خاصية الإيجار البسيط (Simple forcing) المتوفر في جميع اصدارات البرنامج المفتوحة، والذي يعتمد على المعطيات يدويا والمتمثلة في درجة حرارة الهواء القصوى والدنيا، الرطوبة النسبية القصوى والدنيا، سرعة واتجاه الرياح الابتدائية فقط؛ حيث يأخذ هذان العنصران الأخيران بقيم ثابتة على مدار زمن المحاكاة. كما أن الملفات الارصادية (EPW) الخاصة بمدينة بسكرة لسنة 2018؛ تلقينا بعض الصعوبات للحصول عليها.

■ آفاق مستقبلية:

لا نعتبر ما توصلنا إليه في هذا البحث نتائج نهائية وحتمية، لكن هذه الدراسة هي نقطة البداية لأبحاث مستقبلية من شأنها تطوير موضوع استعمال المجال الأخضر كعنصر مناخي في التصميم العمراني، كما هي رؤيتنا المستقبلية القريبة إن شاء الله، في محاور بحث وهي:

1. اجراء تجارب على تشكيلات عمرانية أخرى في مدينة بسكرة، لتعميم النظريات المتوصل إليها.
2. إجراء تجارب على المجالات الخضراء الكتلية لتحديد مدى تأثيرها الحراري (thermal impact range) مع متغير حجمها في المناخ العمراني الحار، والتي من الممكن أن تكون عنصر أساسي في التخطيط والتصميم العمراني المستقبلي، بهدف تغيير من الخصائص الحادة للمناخ العمراني.
3. دراسة تأثير المجالات المائية بأشكالها المختلفة على الأداء الحراري للمجالات الخضراء، في المناطق العمرانية الحارة.
4. دراسة التأثير الحراري لأنواع من التركيبات النباتية المسطحة (النباتات المتسلقة، التعريشات) على المستعملين، ومدى تحقيقها للراحة الحرارية في المناخ الحار.
5. إجراء تجارب أكثر، مع مستخدمي المجالات الخارجية؛ باستعمال مؤشر الراحة الحرارية PET، لإعادة تحديد مستويات الاجهاد الحراري، وكذلك تحديد مجال الراحة الحرارية الخاص بسكان المدينة.

المراجع العربية

- دليمي عبد الحميد, (2007) دراسة في العمران " السكن والإسكان", الجزائر.
- Organization, W. H. (2019). الصحة والبيئة وتغير المناخ.
- أبو الذهب محمد أبو الذهب وطارق أبو ذهب محمد، تصميم وتنسيق الحدائق، الطبعة الأولى، الدار العربية، القاهرة، 1998.
- أحريرز, ع. (2018). المجال الأخضر كعنصر مناخي للتصميم العمراني بواحات الصحاري الحارة. جامعة محمد خيضر - بسكرة.
- أحمد زكي بدوي. (1982). معجم مصطلحات العلوم الاجتماعية.
- أحمد, د. خ. ب. (2019). متطلبات الفضاءات المفتوحة وتوزيعها في الأحياء السكنية. جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
- الجوادي, م. ح., & البياتي, ع. ح. (2014). أثر تشجير الشوارع الحضرية في تحسين المناخ العام لمدينة بغداد. المجلة العراقية لهندسة العمارة, 21-37.
- السكن المشترك (مشاكل وحلول)، سلسلة تقارير خاصة، الهيئة الفلسطينية لحقوق الإنسان.
- المتحدة, ا. (2007). برنامج الأمم المتحدة للبيئة.
<http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/9701474e.htm>
- المتحدة, ا. (2021). الكوارث المرتبطة بالمناخ والطقس تزايدت بمعدل 5 أضعاف خلال 50 عاما، لكن الإنذارات المبكرة تنفذ الأرواح. أخبار الأمم المتحدة. <https://news.un.org/ar/story/2021/09/1082412> (أطلع عليه يوم 17 / 10 / 2022)
- الوكيل, ش. ا., سراج, م. ع. ا. (1989). المناخ وعمارة المناطق الحارة (ع. ا. ثروت (ed.); الطبعة 3). عالم الكتب.
- الوكيل, م. ع. ا. (2010). أمراض المسطحات الخضراء. Science and Journal of Environmental Technology.
- بكوش, ع. (2007). المساحات الخضراء وحياتها الاجتماعية: وهران نموذجا. إنسانيات, 37, 8.
<https://doi.org/10.4000/insaniyat.4079>
- حسام عاشور. (2014). الدور البيئي للنظام العمراني في التجمعات السكنية. جامعة حلب - كلية الهندسة المعمارية.

- سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، العناصر المناخية و التصميم المعماري، جامعة الملك سعود، 1994
- طارق محمود القيعي، تصميم و تنسيق الحدائق، منشأة المعارف، 1995.
- غانمي, ف. (2007). المجالات الخضراء ما بين نصوص التقنين العمرانية و تنفيذها حالة الدراسة: مدينة بسكرة
https://www-pnst-cerist-dz.snd11.arn.dz/doc.php .[- Khaider Mohamed-Biskra]
- مرابط, ا. (2005). حساسية الصحراء المنخفضة وانعكاسات التدخل البشري مقارنة منطقتي واد ريغ وواد سوف الأسباب
والنتائج. جامعة قسنطينة.
- مصطفى بدر، النخيل و أشباه النخيل، منشأة المعارف، الإسكندرية، 1995
- مصطفى بدر، تنسيق الزهور و تجميل المباني، منشأة المعارف، الإسكندرية، 1996.
- نبيل البطل، عدنان الشيخ عوض، نباتات الزينة، جامعة دمشق، 1995
- هلال, م. أ., علي, ع. ا. م., & الكريم, ن. م. ع. (2020). تقييم الأداء الحراري ل فراغات صالات الرسم بمبنى قسم العمارة،
كلية الهندسة، جامعة أسيوط. *for Environmental Researches Bulletin*, 23(2).
<https://doi.org/10.21608/auber.2020.145530>

المراجع الأجنبية

- AA.VV. Nikolopoulou, M. (2004). Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach. In *Uma ética para quantos? Vol. XXXIII* (Issue 2). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161%5Cnhttp://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991%5Cnhttp://www.scielo.cl/pdf/udecada/v15n26/art06.pdf%5Cnhttp://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZOtx3y1>
- Abdollahzadeh, N., & Biloría, N. (2021). Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney. *Frontiers of Architectural Research*, 10(2), 394–409. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.11.006>
- AboElata, A. A. A. (2017). Study the Vegetation as Urban Strategy to Mitigate Urban Heat Island in Mega City Cairo. *Procedia Environmental Sciences*, 37, 386–395. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.004>
- Aceró, J. A., & Arrizabalaga, J. (2016). Evaluating the performance of ENVI-met model in diurnal cycles for different meteorological conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, 131(1–2), 455–469. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1971-y>
- Achparaki, M., Thessalonikeos, E., Tsoukali, H., Mastrogianni, O., Zaggelidou, E.,

Chatzinikolaou, F., Vasiliades, N., Raikos, N., Isabirye, M., Raju, D. V. ., Kitutu, M., Yemeline, V., Deckers, J., & J. Poesen Additional. (2012). We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 % . Intech, 13. <http://dx.doi.org/10.1039/C7RA00172J%0Ahttps://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.014>

Ahriz, A. (2018). Outdoor thermal comfort: Concepts and theories. e-Kutub Ltd.

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295–310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)

Albatayneh, A., Alterman, D., Page, A., & Moghtaderi, B. (2018). The impact of the thermal comfort models on the prediction of building energy consumption. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103609>

Alcoforado, M., & Matzarakis, A. (2010). Urban climate an planning in different climatic zones. *Geographicalia*, 57, 5–39.

Ali, M. M., & Al-Kodmany, K. (2012). Tall buildings and Urban habitat of the 21st century: A global perspective. *Buildings*, 2(4), 384–423. <https://doi.org/10.3390/buildings2040384>

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(2), 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.013>

Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2007). Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, 81(6), 742–754. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007>

Allen, J., Balfour, R., Bell, R., & Marmot, M. (2014). Social determinants of mental health. *International Review of Psychiatry*, 26(4), 392–407. <https://doi.org/10.3109/09540261.2014.928270>

Al-Shetwi, A. Q. (2022). Sustainable development of renewable energy integrated power sector: Trends, environmental impacts, and recent challenges. *Science of the Total Environment*, 822, 153645. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153645>

American Meteorological Society (AMS), (2012), https://glossary.ametsoc.org/wiki/Urban_canyon (Consulted on August 20, 2022)

Anber, M. F. A., & Abdelsalam, O. F. (2021). A study of The Thermal Comfort Perception on Campus Outdoor Urban Spaces- Special Reference to Hot Arid Climatic Zones. *Journal of Architecture, Arts, and Humanitic Sciences*, 7(31), 93–103. <https://doi.org/10.21608/mjaf.2020.39007.1811>

Andersson, E., Borgström, S., & Mcphearson, T. (2017). Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas (pp. 51–64). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>

Andrade, H., & Vieira, R. (2007). A climatic study of an urban green space: the Gulbenkian Park in Lisbon (Portugal). *Finisterra*, 42(84). <https://doi.org/10.18055/finis1420>

Aronson, M. F. J., Lepczyk, C. A., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., MacIvor, J. S., Nilon, C. H., & Vargo, T. (2017). Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(4), 189–196. <https://doi.org/10.1002/fee.1480>

Arup. (2018). *Cities Alive Rethinking Cities in Arid Environments*.

Ashley, R., Lundy, L., Ward, S., Shaffer, P., Walker, L., Morgan, C., Saul, A., Wong, T., & Moore, S. (2013). Water-sensitive urban design: Opportunities for the UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 166(2), 65–76. <https://doi.org/10.1680/muen.12.00046>

ASHRAE Technical Committee. (2015). *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications Inch-Pound Edition*.

ASHRAE. (2010). American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. *International Journal of Refrigeration*, 2(1), 44. [https://doi.org/10.1016/0140-7007\(79\)90114-2](https://doi.org/10.1016/0140-7007(79)90114-2)

Atkinson, W. (1912). *The orientation of buildings or planning for sunlight ...* (pp. xiii, 139 p.). Wiley. <file://catalog.hathitrust.org/Record/000566455>

Attia, S., & Duchhart, I. (2011). Bioclimatic landscape design in extremely hot and arid climates. *PLEA 2011 - Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, July 2011*, 459–464.

Atwa, S. M., Ibrahim, M. G., & Saleh, A. M. (2017). Green business parks towards sustainable cities. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 214(April), 9–19. <https://doi.org/10.2495/ECO170021>

Ayyad, Y. N., & Sharples, S. (2019). Envi-MET validation and sensitivity analysis using field measurements in a hot arid climate. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 329(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/329/1/012040>

Baek, Y. J., Hwang, S. K., Lee, H. H., Park, J., Kim, D. H., & Lee, J. Y. (2018). Quantification of thermal insulation by clothing items and analysis of influencing factors. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 42(1), 172–182. <https://doi.org/10.5850/JKSCT.2018.42.1.172>

Bakarman, M. A., & Chang, J. D. (2015). The Influence of Height/width Ratio on Urban Heat Island in Hot-arid Climates. *Procedia Engineering*, 118, 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.408>

Baker, L. B. (2019). Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Temperature*, 6(3), 211–259. <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1632145>

Barlow, J. F., & Coceal, O. (2009). A review of urban roughness sublayer turbulence. In

Report (Issue 527).
http://research.metoffice.gov.uk/research/nwp/publications/papers/technical_reports/reports/527.pdf

Bekkouche, A. (1997). L'espace vert urbain public : entre pratique et conception. *Insaniyat / إنسانيات*, 2, 59–76. <https://doi.org/10.4000/insaniyat.11510>

BELLIOT, M., CUILIER, F., & STARKMAN, N. (2006). Habitat formes urbaines formes urbaines. *Habitat Formes Urbaines Formes Urbaines*, 276.

Bene, V. E. Del. (1990). Temperature (pp. 990–993). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK331/>

Berghout, K., & Dridi, H. (2021). Integration of GIS and multi-criteria analysis for the assessment of the sensitivity to urbanization in Biskra and its neighboring oases, Algeria. *GeoJournal*, 2. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10495-2>

Bernatzky, A. (1978). Copyright page. In *Tree Ecology and Preservation* (p. iv). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41606-3.50003-8>

Berry, R., Livesley, S. J., & Aye, L. (2013). Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature. *Building and Environment*, 69, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.07.009>

Bevington, C., Levin, D., Robinson, P., Davis, P., Abbott, J., Simkins, P., & Shaffer, P. (2013). water sensitive urban design in the UK in the UK design urban sensitive water. 20.

Blazejczyk, K. (2005). MENEX_2005. The Updated Version of Man-Environment Heat Exchange Model. CEUR Workshop Proceedings. https://www.igipz.pan.pl/tl_files/igipz/ZGiK/opracowania/indywidualne/blazejczyk/MENEX_2005.pdf

Błazejczyk, K., Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A., & Kampmann, B. (2013). An introduction to the Universal thermal climate index (UTCI). *Geographia Polonica*, 86(1), 5–10. <https://doi.org/10.7163/GPol.2013.1>

Bonan, G. B. (1997). Effects of land use on the climate of the United States. *Climatic Change*, 37(3), 449–486. <https://doi.org/10.1023/A:1005305708775>

Boukhelkhal, I., & Bourbia, P. F. (2016). Thermal Comfort Conditions in Outdoor Urban Spaces: Hot Dry Climate -Ghardaia- Algeria. *Procedia Engineering*, 169, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.025>

Bozonnet, E. (2005). Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments: Cas de la rue canyon. *Université de La Rochelle*, 10, 807–807. <http://www.nature.com/doi/10.1038/nmat3167>

Braian M, B., Camila, C., Antonella De, V., & Carlos G, M. (2018). Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *International Archives of Clinical Physiology*, 1(1). <https://doi.org/10.23937/iacph-2017/1710001>

Braubach, M., Egorov, A., Mudu, P., Wolf, T., Ward Thompson, C., & Martuzzi, M.

(2017). Effects of Urban Green Space on Environmental Health, Equity and Resilience. In N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, & A. Bonn (Eds.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice* (pp. 187–205). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_11

Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2021, September 22). grass. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/plant/grass>

Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2022, February 15). wind chill. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/wind-chill> (Consulted on October 27, 2022)

Britannica, T. Editors of Encyclopaedia 2014

Bröde, P., Krüger, E. L., & Rossi, F. A. (2011). Assessment of Urban Outdoor Thermal Comfort By the Universal Thermal Climate Index UTCI. XIV INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ERGONOMICS Stylianos Kounalakis · Maria Koskolou (Eds), Greece 2011, 2003.

Brown, R. D., & Gillespie, T. J. (1995). *Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency*. Wiley. https://books.google.dz/books?id=4yw5tl--N%5C_wC

Brown, Robert & D, R. (2010). *Design with Microclimate (The Secret to Comfortable Outdoor Space)* (ISLAND PRE). ISLAND PRESS. https://www.researchgate.net/publication/236026459_Design_with_Microclimate_The_Secret_to_Comfortable_Outdoor_Space

Brunon, H., & Mosser, M. (2006). *Le jardin contemporain: renouveau, expériences et enjeux*. Scala. https://books.google.dz/books?id=%5C_3-IGQAACAAJ

Bruse, D. (2017). *Decoding Urban Nature*. 1–25. <https://www.envi-met.com/wp-content/uploads/2019/07/ENVI-met-brochure.pdf>

Bruse, M. (2016). ENVI - met V4.0 Quickstart (p. 9).

Butler, T. J. and Likens, . Gene E. (2019, March 19). acid rain. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/acid-rain> (last Access Date: 11th october, 2022)

Carmona, M., Tiesdell, S., Heath, T., & Oc, T. (2010). Public Place Urban Space, The Dimension of Urban Design. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <http://jurnal.unmer.ac.id/jbm/article/download/70/11%0Ahttp://repository.unpas.ac.id/5617/6/BA-B-III-nita-revisi.pdf%0Ahttp://repository.unpas.ac.id/id/eprint/5617%0A%0Ahttp://repository.ut.ac.id/4408/2/SKOM4101-M1.pdf>

Carver, S., Mikkelsen, N., & Woodward, J. (2002). Long-term rates of mass wasting in Mesters Vig, northeast Greenland: Notes on a re-survey. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13(3), 243–249. <https://doi.org/10.1002/ppp.421>

Centnerova, L. H. (2018). On The History of Indoor Environment and It's Relation to Health and Wellbeing. *REHVA Journal*, Vol. 55(2)(2), Pp. 14-20. https://pure.tue.nl/ws/files/97240601/14_20_RJ1802_WEB.pdf.

Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>

Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2015). Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials. *Energy and Buildings*, 108, 156–174. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.048>

Chen, L., & Ng, E. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities*, 29(2), 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.006>

Chen, L., Yan, G., Wang, T., Ren, H., Calbó, J., Zhao, J., & McKenzie, R. (2012). Estimation of surface shortwave radiation components under all sky conditions: Modeling and sensitivity analysis. *Remote Sensing of Environment*, 123, 457–469. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.04.006>

Chen, Y. C., Fröhlich, D., Matzarakis, A., & Lin, T. P. (2017). Urban roughness estimation based on digital building models for urban wind and thermal condition estimation - Application of the SkyHelios model. *Atmosphere*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/atmos8120247>

Chow, W. T. L., Pope, R. L., Martin, C. A., & Brazel, A. J. (2011). Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: Horizontal and vertical impacts. *Theoretical and Applied Climatology*, 103(1), 197–211. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0293-8>

Chu, E. W., & Karr, J. R. (2017). Environmental Impact: Concept, Consequences, Measurement ☆. Reference Module in Life Sciences, 1–22. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.02380-3>

Cleugh, H., & Grimmond, S. (2012). Urban Climates and Global Climate Change. In *The Future of the World's Climate (Second Edition)*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386917-3.00003-8>

Clifford, J. (2019). Green urban areas. In *The Predicament of Culture* (pp. 182–185). <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9x0h.11>

Coakley, J. A. (2003). Reflectance and Albedo, Surface. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, 1914–1923. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227090-8/00069-5>

Cookson, M. D., & Stirk, P. M. R. (2019). TIME-SAVER STANDARDS for URBAN DESIGN.

Correa, E., Martínez, C., Lesino, G., De Rosa, C., & Cantón, A. (2006). Impact of urban parks on the climatic pattern of Mendoza's metropolitan area, in Argentina. PLEA 2006 - 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Conference Proceedings, September.

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(1), 2–28. <https://doi.org/10.1177/0309133312461032>

Dahir, J. (1947). THE NEIGHBORHOOD UNIT PLAN (I. E.L.HILDRETH & COMPANY (ed.)).

Daniel Overbey. (2015). The Difference Between Reflectance and Emittance | daniel overbey // blog. Building Enclosure. <https://www.buildingenclosureonline.com/blogs/14-the-be-blog/post/85546-the-difference-between-reflectance-and-emittance%0Ahttp://danieloverbey.blogspot.com/2015/11/the-difference-between-reflectance-and.html>

Davarzani, H., Smits, K., Tolene, R. M., & Illangasekare, T. (2014). Study of the effect of wind speed on evaporation from soil through integrated modeling of the atmospheric boundary layer and shallow subsurface. *Water Resources Research*, 50(1), 661–680. <https://doi.org/10.1002/2013WR013952>

de Almeida, D. R. A., Stark, S. C., Shao, G., Schietti, J., Nelson, B. W., Silva, C. A., Gorgens, E. B., Valbuena, R., Papa, D. de A., & Brancalion, P. H. S. (2019). Optimizing the remote detection of tropical rainforest structure with airborne lidar: Leaf area profile sensitivity to pulse density and spatial sampling. *Remote Sensing*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/rs11010092>

de Dear, R. J., & Brager, G. S. (1998). Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. *ASHRAE Transactions*, 104(Pt 1A), 145–167.

de la Barrera, F., Reyes-Paecke, S., Harris, J., Bascuñán, D., & Farías, J. M. (2016). People's perception influences on the use of green spaces in socio-economically differentiated neighborhoods. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 254–264. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.007>

DeKay, M., & Brown, G. Z. (2014). *Sun, wind & Light* (S. Bennett (ed.); third edit). WILEY.

Despot, K., Simovski, B., & Nikolov, B. (2018). The main function of plant design of parks and gardens. January 2018. <https://www.researchgate.net/publication/269408744>

Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), 69–76. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00081-6)

Dissanayake, C., & Weerasinghe, U. G. D. (2021). Urban Microclimate and Outdoor Thermal Comfort of Public Spaces in Warm-Humid Cities: A Comparative Bibliometric Mapping of the Literature. *American Journal of Climate Change*, 10(04), 433–466. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2021.104023>

Doherty, T. J., & Arens, E. A. (1988). Evaluation of the physiological bases of thermal comfort models UC Berkeley Indoor Environmental Quality (IEQ) University of California. *ASHRAE Transactions*, 94(January 1988).

Dyvia, H. A., & Arif, C. (2021). Analysis of thermal comfort with predicted mean vote (PMV) index using artificial neural network. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 622(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/622/1/012019>

Dzyuban, Y., Ching, G. N. Y., Yik, S. K., Tan, A. J., Banerjee, S., Crank, P. J., & Chow,

W. T. L. (2022). Outdoor thermal comfort research in transient conditions: A narrative literature review. *Landscape and Urban Planning*, 226(November 2021). <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104496>

Égerhazi, L. A., Kovacs, A., Takacs, Á., & Égerhazi, L. (2014). COMPARISON OF THE RESULTS OF TWO MICROCLIMATOLOGICAL MODELS AND MEASUREMENTS. *Acta Climatologica Et Chorologica*, 47–48, 33–42. <https://core.ac.uk/download/pdf/42942339.pdf>

Ekici, C. (2013). A review of thermal comfort and method of using Fanger's PMV equation. 5th International Symposium on Measurement, Analysis and Modelling of Human Functions, ISHF 2013, January 2013, 61–64.

El-Bardisy, W. M., Fahmy, M., & El-Gohary, G. F. (2016). Climatic Sensitive Landscape Design: Towards a Better Microclimate through Plantation in Public Schools, Cairo, Egypt. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216(October 2015), 206–216. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.029>

Elnabawi, M. H., Hamza, N., & Dudek, S. (2013). Use and evaluation of the envi-met model for two different urban forms in cairo, egypt: Measurements and model simulations. *Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association*, 2800–2806.

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(2), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.03.004>

Emmanuel, R. (2005). Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: The Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. *Building and Environment*, 40(12), 1591–1601. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.12.004>

Emmanuel, R. (2021). Urban microclimate in temperate climates: a summary for practitioners. *Buildings and Cities*, 2(1), 402–410. <https://doi.org/10.5334/bc.109>

Emmanuel, R., Rosenlund, H., & Johansson, E. (2007). Urban shading - A design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Climatology*, 27(14), 1995–2004. <https://doi.org/10.1002/joc.1609>

Enescu, D. (2019). Models and indicators to assess thermal sensation under steady-state and transient conditions. *Energies*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/en12050841>

Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2018). *Urban Microclimate Designing: Designing the Spaces Between Buildings*.

Escobedo, F., Livesley, S. J., Morgenroth, J., Forest, P., & Livesley, S. J. (2018). Urban and Periurban Forest Diversity and Ecosystem Services. *Urban and Periurban Forest Diversity and Ecosystem Services*. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03842-411-6>

Escourrou, G. (1991). *Le climat et la ville*. Nathan. <https://books.google.dz/books>

FahimaYOUSFI, BOURBIA, F., & Amor, B. (2017). Impact des formes urbaines sur le microclimat extérieur des tissus urbains anciens et nouveaux de la ville de Constantine. *Nature & Technology*, January.

Fahmy, M. (2017). The University of Sheffield Major subject : Urban Environment. August 2010. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13570.99525>

Fahmy, M., & Sharples, S. (2009). On the development of an urban passive thermal comfort system in Cairo, Egypt. *Building and Environment*, 44(9), 1907–1916. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.010>

Fahmy, M., Sharples, S., & Eltrapolsi, A. (2009). 26 - Mohamad Fahmy, Stephen Sharples, Ali Eltrapolsi - 2009 - DUAL STAGE SIMULATIONS TO STUDY THE MICROCLIMATIC EFFECTS OF TREES ON THERMAL COMFORT IN A RESIDENTIAL BUILDING, CAIRO, EGYPT.pdf. 1730–1736.

Fang, Z., Feng, X., & Lin, Z. (2017). Investigation of PMV Model for Evaluation of the Outdoor Thermal Comfort. *Procedia Engineering*, 205, 2457–2462. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.973>

Fang, Z., Lin, Z., Mak, C. M., Niu, J., & Tse, K. T. (2018). Investigation into sensitivities of factors in outdoor thermal comfort indices. *Building and Environment*, 128(September 2017), 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.028>

Farajzadeh, H., Saligheh, M., Alijani, B., & Matzarakis, A. (2015). Comparison of selected thermal indices in the northwest of Iran. *Natural Environment Change*, 1(1), 1–20. http://jnec.ut.ac.ir/article_55074_7477.html%5Cnhttp://jnec.ut.ac.ir/pdf_55074_b263f48587e384c681cad55b83df6386.html

Farhi, A. (2002). Biskra : de l'oasis à la ville saharienne (Note). *Méditerranée*, 99(3), 77–82. <https://doi.org/10.3406/medit.2002.3264>

Fattah, M. A., Morshed, S. R., & Morshed, S. Y. (2021). Impacts of land use-based carbon emission pattern on surface temperature dynamics: Experience from the urban and suburban areas of Khulna, Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22(March), 100508. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100508>

Fenner, A. E., & Kibert, C. (2017). *Sustainable Manufacturing: Design and Construction Strategies for Manufactured Construction*. August, 45.

Fuggle, R. F., & Oke, T. R. (1976). LONG-WAVE RADIATIVE FLUX DIVERGENCE AND NOCTURNAL COOLING OF THE URBAN ATMOSPHERE. *Boundary-Layer Meteorology*, 10, 113–120.

Fuladlu, K., Riza, M., & İlkan, M. (2018). the Effect of Rapid Urbanization on the Physical Modification of Urban Area. 5. http://coolparramatta.com.au/about_us

Gagge, A. P., Fobelets, A. P. and Berglund, L. G. (1986). A standard predictive Index of human reponse to thermal enviroment. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, 92(92(2B)), 709–731. https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_2522.pdf%0Ahttp://oceanrep.geomar.de/42985/

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), 1–20. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(67\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0013-9351(67)90002-3)

Gaitani, N., Mihalakakou, G., & Santamouris, M. (2007). On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. *Building and Environment*, 42(1), 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.08.018>

Galal, O. M., Sailor, D. J., & Mahmoud, H. (2020). The impact of urban form on outdoor thermal comfort in hot arid environments during daylight hours, case study: New Aswan. *Building and Environment*, 184(August). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107222>

Garami, A., & Székely, M. (2014). Body temperature: Its regulation in framework of energy balance. *Temperature*, 1(1), 28–29. <https://doi.org/10.4161/temp.29060>

Gaspari, J., & Fabbri, K. (2017). A Study on the Use of Outdoor Microclimate Map to Address Design Solutions for Urban Regeneration. *Energy Procedia*, 111(October), 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.212>

Gezer, N. A. (2003). THE EFFECTS OF CONSTRUCTION MATERIALS ON THERMAL COMFORT IN RESIDENTIAL BUILDINGS; AN ANALYSIS USING ECOTECT 5.0.

Givoni, B. (1976). *Man, climate and architecture* / by B. Givoni. In *Man, climate and architecture* (2nd ed.). Applied Science Publishers.

Givoni, B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. *Atmospheric Environment. Part B, Urban Atmosphere*, 25(3), 289–299. [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(91\)90001-U](https://doi.org/10.1016/0957-1272(91)90001-U)

Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaakov, Y., Feller, N., & Becker, S. (2003). Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings*, 35(1), 77–86. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00082-8)

Grundström, K. ;, Johansson, E. ;, Mraissi, M. ;, & Ouahrani, D. (2003). *Climat et Urbanisme - La Relation entre le Confort Thermique et la Forme*. In *Housing Development and management* (Vol. 8). <http://lup.lub.lu.se/search/ws/files/4891677/639423.pdf>

Gulyás, Á., Unger, J., & Matzarakis, A. (2006). Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements. *Building and Environment*, 41(12), 1713–1722. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.001>

Gunjal, S., Waskar, D., Dod, V., Bhujbal, B., Ambad, S. N., Rajput, H., Hendre, P., Thoke, N., & Bhaskar, M. (2012). *Horticulture Nursery Management*.

Habeeb, A. A., Gad, A. E., & Atta, M. A. (2018). Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1(1), 35–50. <https://doi.org/10.18689/ijbr-1000107>

Hall, E. S., Kaushik, S., Hall, E. S., Kaushik, S. M., Vanderpool, R. W., Duvall, R. M., Beaver, M. R., Long, R. W., & Solomon, P. A. (2014). Integrating Sensor Monitoring Technology into the Current Air Pollution Regulatory Support Paradigm: Practical Considerations. *American Journal of Environmental Engineering*, 2014(6), 147–154. <https://doi.org/10.5923/j.ajee.20140406.02>

Hamel, K. (2005). *La Ville Compacte: Une Forme Urbaine D'une Ville Durable En Régions Arides*. of Biskra-Mohamed Khaider-.

Hanna, E. G., & Tait, P. W. (2015). Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(7), 8034–8074. <https://doi.org/10.3390/ijerph120708034>

Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., & Lo, K. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48(4), 1–29. <https://doi.org/10.1029/2010RG000345>

Heikens, M. J., Gorbach, A. M., Eden, H. S., Savastano, D. M., Chen, K. Y., Skarulis, M. C., & Yanovski, J. A. (2011). Core body temperature in obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 93(5), 963–967. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.006270>

Heris, M. P., Middel, A., & Muller, B. (2020). Impacts of form and design policies on urban microclimate: Assessment of zoning and design guideline choices in urban redevelopment projects. *Landscape and Urban Planning*, 202(May), 103870. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103870>

Hewitt, N. (2008). *Trees & sustainable Urban Air Quality*. In *The Forests Handbook*, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470757062.ch13/summary>

HIDE, M. 2017. *CLIMATE SENSITIVE URBAN DESIGN - GREENING THE CITY* [Online]. Urban Ecosystem design Lab, Australia. Available: <http://www.urbanecodesignlab.org/csd16/> [Accessed 16 October 2022].

Hien, W. N., Ignatius, M., Eliza, A., Jusuf, S. K., & Samsudin, R. (2012). Comparison of steve and envi-met as temperature prediction models for singapore context. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 3(3), 197–209. <https://doi.org/10.1080/2093761X.2012.720224>

Hillsdon, M., Panter, J., Foster, C., & Jones, A. (2006). The relationship between access and quality of urban green space with population physical activity. *Public Health*, 120(12), 1127–1132. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.10.007>

Humphreys, R. M. A. (1996). *THERMAL COMFORT TEMPERATURES WORLD-WIDE - THE CURRENT POSITION*. *WREC*, 66(December), 139–144.

Holmes, J. D. (2001). *Wind Loading of Structures*. In *Wind Loading of Structures*. <https://doi.org/10.1201/b18029>

Höppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661–665. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)

Hove, L. W. a Van, Steeneveld, G. J., Jacobs, C. M. J., Heusinkveld, B. G., Elbers, J. a, Moors, E. J., & Holtslag, a a M. (2011). Exploring the Urban Heat Island Intensity of Dutch cities. *Climate Science and Urban Design*, June, 1–60. <http://edepot.wur.nl/171621>

Huang, C. H., Tsai, H. H., & Chen, H. C. (2020). Influence of weather factors on thermal comfort in subtropical urban environments. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/su12052001>

Huang, F., Wang, H., Du, W., Zhang, X., Du, S., & Zhang, B. (2022). Distinct Roles of Distress and Coping Capacity in the Effects of Psychological Stress on Energy Intake and Percentage of Energy from Macronutrients. *Nutrients*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/nu14030577>

Hyde, R. (2000). *Climate Responsive Design*. Taylor & Francis Group.

Indraganti, M. (2010). Behavioural adaptation and the use of environmental controls in summer for thermal comfort in apartments in India. *Energy and Buildings*, 42(7), 1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.014>

Iribarne J. V. & Godson W. L. (1973). *Atmospheric thermodynamics*. Reidel.

Jackson, S. T. (2021, April 27). climate change. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/climate-change>

Jacobs, C., Klok, L., Bruse, M., Cortesão, J., Lenzholzer, S., & Kluck, J. (2020). Are urban water bodies really cooling? *Urban Climate*, 32(January). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100607>

Jain, N., & Carpay, S. (2020). URBAN WETLANDS FOR COOLER AND CLIMATE-PROOF CITIES Urban wetlands for cooler and. In *Wetlands International*.

Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., & Jamei, Y. (2016). Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002–1017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>

Ji, W., Zhu, Y., Du, H., Cao, B., Lian, Z., Geng, Y., Liu, S., Xiong, J., & Yang, C. (2022). Interpretation of standard effective temperature (SET) and explorations on its modification and development. *Building and Environment*, 210(October 2021). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108714>

Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment*, 41(10), 1326–1338. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.022>

Kabirikopaei, A., Kari, B. M., & Development, U. (2017). The effect of neighborhood shading on building 's energy performance , case study: Isfahan. *Journal of Solar Energy Research (JSER)*, September.

Kafy, A. Al, Faisal, A. Al, Al Rakib, A., Fattah, M. A., Rahaman, Z. A., & Sattar, G. S. (2022). Impact of vegetation cover loss on surface temperature and carbon emission in a fastest-growing city, Cumilla, Bangladesh. *Building and Environment*, 208(June 2021), 108573. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108573>

Karakounos, I., Dimoudi, A., & Zoras, S. (2017). The influence of bioclimatic urban redevelopment on outdoor thermal comfort. *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017*, 2, 1757–1764.

Keniger, M., Roaf, S., & Humphreys, M. (2012). *Thermal Comfort*. PLEA, 1–7.

Khare, A., & Beckman, T. (2015). *Mitigating Climate Change: The Emerging Face of*

Modern Cities. Springer Berlin Heidelberg.
https://books.google.dz/books?id=x%5C_vEsgEACAAJ

Kitagawa, K., Komoda, N., Hayano, H., & Tanabe, S. I. (1999). Effect of humidity and small air movement on thermal comfort under a radiant cooling ceiling by subjective experiments. *Energy and Buildings*, 30(2), 185–193. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00086-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00086-3)

Kitio, V., Butera, F. M., Adhikari, R., & Aste, N. (2014). *SUSTAINABLE BUILDING Principles and Applications for Eastern Africa*. United Nations Human Settlements Programme 2014.

Koenigsberger, O. H., H, O., & G, T. (1975). *Manual Of Tropical Housing \& Building*. Orient Longman Private Limited. <https://books.google.dz/books?id=Z5ufmZY7ackC>

Koerniawan, M. D. (2016). Effect of Urban Structure on Thermal Comfort and Walking Comfort in Jakarta. 215.

Krüger, E. L., Givoni, B., & Rossi, F. A. (2010). Outdoor comfort study in Curitiba, Brazil: Effects of gender, body weight and age on the thermal preference. *Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort, WINDSOR 2010*, January 2010.

Krzysztof Blazejczyk. (1992). *MENEX - THE MAN-ENVIRONMENT HEAT EXCHANGE MODEL And its applications in Bioclimatology*. Maastricht, The Netherlands, November 2(6), 142–143.

Kundu, S., & Kumar, N. (2016). Unit commitment problem by using JayaDE optimization algorithm. *India International Conference on Power Electronics, IICPE, 2016-November*. <https://doi.org/10.1109/IICPE.2016.8079546>

Lee, H., Mayer, H., & Chen, L. (2016). Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Urban Planning*, 148, 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.004>

Lee, J. W., Kang, W. H., Moon, T., Hwang, I., Kim, D., & Son, J. E. (2020). Estimating the leaf area index of bell peppers according to growth stage using ray-tracing simulation and a long short-term memory algorithm. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 61(2), 255–265. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00214-9>

Lehmann, I., Mathey, J., Rößler, S., Bräuer, A., & Goldberg, V. (2014). Urban vegetation structure types as a methodological approach for identifying ecosystem services - Application to the analysis of micro-climatic effects. *Ecological Indicators*, 42, 58–72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.036>

Li, X., Yang, K., & Zhou, Y. (2016). Progress in the study of oasis-desert interactions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 230–231, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.022>

Li, Y., & Song, Y. (2019). Optimization of vegetation arrangement to improve microclimate and thermal comfort in an urban park. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 7(1), 18–30. https://doi.org/10.14246/IRSPSD.7.1_18

Li, Y., & Zhao, X. (2012). An empirical study of the impact of human activity on long-

term temperature change in China: A perspective from energy consumption. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 117, 12. <https://doi.org/10.1029/2012JD018132>, 2012

Lilly Rose, A. (2010). Impact of urbanization on the thermal comfort conditions in the hot humid city of Chennai, India. *Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change 2010 (RSTS & CC-2010)*, 262–267. <https://doi.org/10.1109/RSTSCC.2010.5712856>

Lim, C. L. (2020). Fundamental concepts of human thermoregulation and adaptation to heat: A review in the context of global warming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–33. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217795>

Lin, T. P. (2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44(10), 2017–2026. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.02.004>

Lin, T. P., Matzarakis, A., & Hwang, R. L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45(1), 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.002>

Liu, J., & Niyogi, D. (2019). Meta-analysis of urbanization impact on rainfall modification. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42494-2>

Liu, Z. C., & Wang, L. ao. (2014). A plant species (*Trifolium repens*) with strong enrichment ability for mercury. *Ecological Engineering*, 70, 349–350. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.029>

López-Cabeza, V. P., Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C., & Roa-Fernández, J. (2018). Courtyard microclimate ENVI-met outputs deviation from the experimental data. *Building and Environment*, 144(June), 129–141. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.013>

Loubser, L. (1991). *THE INFLUENCE OF BUILDINGS ON GROUND LEVEL WIND CONDITIONS*. April.

Maaoui, M. (2014). *Atlas Plantes Ornementales des Ziban (CRSTRA)*.

Maass, J., Vose, J. M., Swank, W. T., & Martínez-Yrizar, A. (1995). Seasonal changes of leaf area index (LAI) in a tropical deciduous forest in west Mexico. *Forest Ecology and Management*, 74(1–3), 171–180. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)03485-F](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)03485-F)

Makvandi, M., Zhou, X., Li, C., & Deng, Q. (2021). A field investigation on adaptive thermal comfort in an urban environment considering individuals' psychological and physiological behaviors in a cold-winter of Wuhan. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–29. <https://doi.org/10.3390/su13020678>

Mann, M. E. (2022, September 5). *greenhouse gas*. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>

Mansouri, O., Bourbia, F., & Belarbi, R. (2017). Effect of urban albedo surfaces on thermal comfort. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(2), 878–896. <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i2.17>

Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D., & Aflaki, A. (2016). *Envi-Met Simulation on*

Cooling Effect of Melaka River. *International Journal of Energy and Environmental Research*, 4(2), 7–15. <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/agklima/envimet>

Manuel Carlos Gameiro da Silva. (2013). Spreadsheets for the Calculation of Thermal Comfort Indices. *Scribd*, August 2013, 1–14. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2778.0887>

Manusset, S. (2012). Impacts psycho-sociaux des espaces verts dans les espaces urbains. *Développement Durable et Territoires*, 3(Vol. 3, n° 3), 0–13. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.9389>

Markus, T. A. (1980). Buildings, climate, and energy / T. A. Markus, E. N. Morris; with chapters by P. A. Reed, W. D. McGeorge, P. P. Yaneske. In *Buildings, climate, and energy*. Pitman Pub.

Martins, T. A. L., Adolphe, L., Bonhomme, M., Bonneaud, F., Faraut, S., Ginestet, S., Michel, C., & Guyard, W. (2016). Impact of Urban Cool Island measures on outdoor climate and pedestrian comfort: Simulations for a new district of Toulouse, France. *Sustainable Cities and Society*, 26, 9–26. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.003>

Maruani, T., & Amit-Cohen, I. (2007). Open space planning models: A review of approaches and methods. *Landscape and Urban Planning*, 81(1–2), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.003>

Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J., & Voogt, J. (2020). Urban climates and climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 411–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>

Matallah, M. E., Alkama, D., Ahriz, A., & Attia, S. (2020). Assessment of the outdoor thermal comfort in oases settlements. *Atmosphere*, 11(2), 17. <https://doi.org/10.3390/atmos11020185>

Matzarakis, A., & Amelung, B. (2008). Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health. In M. C. Thomson, M. Beniston, & R. Garcia-Herrera (Eds.), *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health*. Springer.

Matzarakis, A., & Mayer, H. (1996). Another kind of environmental stress: thermal stress. *WHO newsletter*, 18(January 1996), 7-10.

Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 28(4), A78–A83. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/28/4A/015>

Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments - Application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51(4), 323–334. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>

Meili, N., Manoli, G., Burlando, P., Carmeliet, J., Chow, W. T. L., Coutts, A. M., Roth, M., Velasco, E., Vivoni, E. R., & Fatichi, S. (2021). Tree effects on urban microclimate: Diurnal, seasonal, and climatic temperature differences explained by separating radiation, evapotranspiration, and roughness effects. *Urban Forestry and Urban Greening*, 58, 126970. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126970>

Middel, A., Selover, N., Hagen, B., & Chhetri, N. (2016). Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona. *International Journal of Biometeorology*, 60(12), 1849–1861. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1172-5>

Moda, H. M., Filho, W. L., & Minhas, A. (2019). Impacts of climate change on outdoor workers and their safety: Some research priorities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph16183458>

Mohd Fairuz Shahidan, P. J. (2008). Plant Canopy Planting Design in Modifying Urban Thermal Environment: Theory and Guidelines. In PLEA (Ed.), 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture (p. 10). PLEA. https://www.researchgate.net/publication/220042607_Plant_Canopy_Planting_Design_in_Modifying_Urban_Thermal_Environment_Theory_and_Guidelines

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.

Montazeri, H., & Blocken, B. (2013). CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 60, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.012>

Monteiro, L. M. (2005). Review of Numerical Modelling of Outdoor Thermal Comfort. *World Sustainable Building Conference*, 2005(September), 2252–2259. <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB3877.pdf>

Monteith, J. L., & Oke, T. R. (1980). Boundary Layer Climates. *The Journal of Applied Ecology*, 17(2), 517. <https://doi.org/10.2307/2402350>

Mora, C., Frazier, A. G., Longman, R. J., Dacks, R. S., Walton, M. M., Tong, E. J., Sanchez, J. J., Kaiser, L. R., Stender, Y. O., Anderson, J. M., Ambrosino, C. M., Fernandez-silva, I., Giuseffi, L. M., & Giambelluca, T. W. (2013). The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature*, 502(7470), 183–187. <https://doi.org/10.1038/nature12540>

Morakinyo, T. E., Kong, L., Lau, K. K. L., Yuan, C., & Ng, E. (2017). A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort. *Building and Environment*, 115, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.005>

Moreira, M. Z., Sternberg, L. D. S. L., Martinelli, L. A., Victoria, R. L., Barbosa, E. M., Bonates, L. C. M., & Nepstad, D. C. (1997). Contribution of transpiration to forest ambient vapour based on isotopic measurements. *Global Change Biology*, 3(5), 439–450. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1997.00082.x>

Muniz-Gäal, L. P., Pezzuto, C. C., Carvalho, M. F. H. de, & Mota, L. T. M. (2020). Urban geometry and the microclimate of street canyons in tropical climate. *Building and Environment*, 169, 106547. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106547>

Murakami, S. (2006). Environmental design of outdoor climate based on CFD. *Fluid Dynamics Research*, 38(2–3), 108–126. <https://doi.org/10.1016/j.fluidyn.2004.10.006>

Nicol, & Humphreys. (2002). *Adaptive Thermal Comfort Theory, Principles and practice*.

Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H., & Kimoto, S. (1998). Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology. *Solar Energy*, 64(4–6), 197–207. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(98\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00116-9)

Norton, B. A., Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M., & Williams, N. S. G. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.018>

O'Malley, C., Piroozfarb, P. A. E., Farr, E. R. P., & Gates, J. (2014). An investigation into minimizing urban heat island (UHI) effects: A UK perspective. *Energy Procedia*, 62(0), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.368>

Ogunsote, O. O., & Prucnal-Ogunsote, B. (2002). Comfort limits for the effective temperature index in the tropics: A nigerian case study. *Architectural Science Review*, 45(2), 125–132. <https://doi.org/10.1080/00038628.2002.9697500>

Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11(1–3), 103–113. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6)

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>

Ollinger, S. V., Richardson, A. D., Martin, M. E., Hollinger, D. Y., Frohling, S. E., Reich, P. B., Plourde, L. C., Katul, G. G., Munger, J. W., Oren, R., Smith, M. L., Paw U, K. T., Bolsta, P. V., Cook, B. D., Day, M. C., Martin, T. A., Monson, R. K., & Schmid, H. P. (2008). Canopy nitrogen, carbon assimilation, and albedo in temperate and boreal forests: Functional relations and potential climate feedbacks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(49), 19336–19341. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810021105>

Olsson, L., Barbosa, H., Bhadwal, S., Cowie, A., Delusca, K., Flores-Renteria, D., Hermans, K., Jobbagy, E., Kurz, W., Li, D., Sonwa, D. J., & Stringer, L. (2019). Land Degredation. *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*, 345–436.

Ong, B. L. (2003). Green plot ratio: An ecological measure for architecture and urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 63(4), 197–211. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00191-3](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00191-3)

Othman, A. A., Abdin, A. R., Amin, A. A., & Mahmoud, A. H. (2020). A bioclimatic design approach for the urban open space design at business parks. *Journal of Engineering and Applied Science*, 67(8), 1883–1901.

P. Merlin, & Choay, F. (1988). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*.

Panagopoulos, T. (2008). Using Microclimatic Lanscdape Design to Create Thermal Comfort and Energy Efficiency. *Actas Da 1a Conferência Sobre Edifícios Eficientes*, Universidade Do Algarve, 25 de Janeiro, 1s(June), 1–4.

Parry, M., & Chandler, T. J. (1966). The Climate of London. In *The Geographical Journal*

(Vol. 132, Issue 1). <https://doi.org/10.2307/1793062>

Parsons, K. (2021). Wind Chill. Encyclopaedia Britannica, Inc. <https://doi.org/10.1201/9781003092391-7>

Patel, S. S., & Rix, A. J. (2019). Water Surface Albedo Modelling for Floating Pv Plants. 6th Southern African Solar Energy Conference (SASEC), November 2019.

Pennisi, E. (2015). Human impacts on ecosystems began thousands of years ago: Early humans broke up existing plant and animal networks, perhaps boosting extinction risks. *Science*, 350(6267), 1452. <https://doi.org/10.1126/science.350.6267.1452>

Peter Höppe. (1999). The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 71–75. <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L129347950>

Peterson, N. (2009). Climate and Weather Discourse in Anthropology: From Determinism to Uncertain Futures. *Anthropology and Climate Change: From*, 70–86. http://www.nabohome.org/meetings/glthec/groups/group_data/ecodynamics/02_Crate_Ch-02.pdf

Picot, X. (2004). Thermal comfort in urban spaces: Impact of vegetation growth. Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. *Energy and Buildings*, 36(4), 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.01.044>

Qaid, A., Bin Lamit, H., Ossen, D. R., & Raja Shahminan, R. N. (2016). Urban heat island and thermal comfort conditions at micro-climate scale in a tropical planned city. *Energy and Buildings*, 133, 577–595. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.006>

Ramli, N. I., Ali, M. I., Saad, M. S. H., & Majid, T. A. (2009). Estimation of the Roughness Length (Z_o) in Malaysia using satellite image. 7th Asia-Pacific Conference on Wind Engineering, APCWE-VII, 10–13.

Rao, P. (2012). Role of Green Spaces for Maintaining Well-Being in Residential Community Development. In *Intech* (p. 13). <http://dx.doi.org/10.1039/C7RA00172J%0Ahttps://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.014>

Ridha, S., Ginestet, S., & Lorente, S. (2018). Effect of the Shadings Pattern and Greenery Strategies on the Outdoor Thermal Comfort. *International Journal of Engineering and Technology*, 10(2), 108–114. <https://doi.org/10.7763/ijet.2018.v10.1043>

Ringenbach, N. (2016). Bilan radiatif et flux de chaleur en climatologie urbaine : mesures et modélisation. Exemple : Strasbourg. In *Quatre ans de recherche urbaine 2001-2004. Volume 2*. <https://doi.org/10.4000/books.pufr.537>

Rotach, M. W., Vogt, R., Bernhofer, C., Batchvarova, E., Christen, A., Clappier, A., Feddersen, B., Gryning, S. E., Martucci, G., Mayer, H., Mitev, V., Oke, T. R., Parlow, E., Richner, H., Roth, M., Roulet, Y. A., Ruffieux, D., Salmond, J. A., Schatzmann, M., & Voogt, J. A. (2005). BUBBLE - An urban boundary layer meteorology project. *Theoretical and Applied*

Climatology, 81(3–4), 231–261. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0117-9>

Roy Choudhury, A. K., Majumdar, P. K., & Datta, C. (2011). Factors affecting comfort: human physiology and the role of clothing. In *Improving Comfort in Clothing* (Issue 1985, pp. 3–60). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.3>

Rugel, E. (2015). Espaces verts et santé mentale : liens , répercussions et lacunes.

RUIZ, M. A., COLLI, M. F., MARTINEZ, C. F., & CORREA-CANTALOUBE, E. N. (2022). Park cool island and built environment. A ten-year evaluation in Parque Central, Mendoza-Argentina. *Sustainable Cities and Society*, 79(December 2021), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103681>

Sablet, M. de, & Giraud, M. (1991). Des espaces urbains agréables à vivre: places, rues, squares et jardins.

Sahabi-ABED, S., & KERROUCHE, M. (2018). Indices Bioclimatiques : Etude du cas de la Vague de Chaleur en Algérie , Dans la Perspective de l ' Elaboration de Cartes de Vigilance : « Humidex » et « PET ». *JAMA*, 1(March 2017), 75–82.

Saïdouni, M. (2000). *Eléments d'introduction à l'urbanisme* (Casbah Edi).

Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R., & de Lieto Vollaro, A. (2016). Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. *Sustainable Cities and Society*, 26, 318–343. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.005>

Santamouris, M., Gaitani, N., Spanou, A., Saliari, M., Giannopoulou, K., Vasilakopoulou, K., & Kardomateas, T. (2012). Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas - Design realization and results of the flisvos project. *Building and Environment*, 53, 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.022>

Satake, A., Ikegami, H., & Mitani, Y. (2016). Energy-saving Operation and Optimization of Thermal Comfort in Thermal Radiative Cooling/Heating System. *Energy Procedia*, 100(September), 452–458. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.201>

SAYERS, R. R., & Davenport, S. J. (2016). Review of Literature on the Physiological Effects of Abnormal Temperatures and Humidities. *Association of Schools of Public Health*, 42(14), 933–996. <http://www.jstor.org/stable/4578265> Accessed:

Schreck, C. B., Jonsson, L., Feist, G., & Reno, P. (1995). Conditioning improves performance of juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, to transportation stress. *Aquaculture*, 135(1–3), 99–110. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01018-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01018-1)

Sedán, P.-, Nasional, B. A. Z., Dana, L. P. L. D. A. N., Keuangaii, L., Beraktiir, Y., Relief, H., Hall, J. K., Weinberger, R., Marco, S., Steinitz, G., Moula, S., Accountants, R. P., Report, A. A. S., Accounting, F., Keuangan, L. P., Saldo, J., Bersih, D., Li, H., Hikmah, L. L., ... Eddy, S. A. (2020). PARK DESIGN MANUAL. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 21, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.02.034%0Ahttps://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ssci.2020>

104773%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011%0Ahttps://doi.o

Sensirion. (2010). Conditions of Thermal Comfort Influence of Humidity and Temperature on Personal Well-Being. *Construction*, February, 2–4. www.sensirion.com

Setaih, K., Hamza, N., & Townshend, T. (2013). Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas. *Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association*, August, 3153–3160. <https://doi.org/10.26868/25222708.2013.2521>

Shahfahad, Waseem, M., Reza, A., & Islam, T. (2022). Urban Climate Land use / land cover change and its impact on surface urban heat island and urban thermal comfort in a metropolitan city. *Urban Climate*, 41(September 2021), 1–21.

Shahidan, M. (2011). The potential optimum cooling effect of vegetation with ground surface physical properties modification in mitigating the urban heat island effect in Malaysia. 424.

Shahidan, M. F., & Jones, P. (2008). Plant canopy design in modifying Urban thermal environment: Theory and guidelines. *PLEA 2008 - Towards Zero Energy Building: 25th PLEA International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Conference Proceedings*, September 2014.

Shahidan, M. F., & Shariff, M. K. M. (2005). Tropical microclimate indicators for the Malaysian urban landscape. *ASEAN Postgraduate Seminar Universiti Malaya*, January.

Shahidan, M. F., Salleh, E., & Mustafa, K. M. . (2007). Effect of tree canopies on solar radiation filtration in tropical microclimatic environment. *PLEA2007- the 24 Th Conference on Passive and Low Architecture*, Singaporr, 22-24 November 2007, 7.

Sharmin, T., & Steemers, K. (2020). Effects of microclimate and human parameters on outdoor thermal sensation in the high-density tropical context of Dhaka. *International Journal of Biometeorology*, 64(2), 187–203. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1607-2>

Shepherd, M. (2019). Wet Bulb Globe Temperature Is Great For Heat Warnings - Why Don't We Use It? *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/marshallshepherd/2019/08/14/wet-bulb-globe-temperature-is-great-for-heat-warningswhy-dont-we-use-it/> (Consulted on October 27, 2022)

Simá, E., Chagolla-Aranda, M. A., Huelsz, G., Tovar, R., & Alvarez, G. (2015). Tree and neighboring buildings shading effects on the thermal performance of a house in a warm sub-humid climate. *Building Simulation*, 8(6), 711–723. <https://doi.org/10.1007/s12273-015-0247-2>

Sodoudi, S., Zhang, H., Chi, X., Müller, F., & Li, H. (2018). The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.002>

Song, Y. T., Zhou, D. W., Zhang, H. X., Li, G. Di, Jin, Y. H., & Li, Q. (2013). Effects of vegetation height and density on soil temperature variations. *Chinese Science Bulletin*, 58(8), 907–912. <https://doi.org/10.1007/s11434-012-5596-y>

Sosa, M. B., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2018). Neighborhood designs for low-

density social housing energy efficiency: Case study of an arid city in Argentina. *Energy and Buildings*, 168, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.006>

Souza, L. C. L., Rodrigues, D. S., & Mendes, J. F. G. (2003). Sky-view factors estimation using a 3D-gis extension. Eighth International IBPSA Conference, 2001, 1227–1234.

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(5), 721–738. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00209-3)

Spangenberg, J., Shinzato, P., Johansson, E., & Duarte, D. H. S. (2008). Simulation of the Influence of Vegetation on Microclimate and. *Rev SBAU Piracicaba*, 4(2), 1–19. http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo36.pdf

Stull, R. B. (1988). An introduction to boundary layer meteorology. *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-3027-8>

Sturz, H. chairman. (1980). *midtown_development_project.pdf*.

Šuvalija, S., Buhavac, B., Serdarević, A., & Džubur, A. (2012). Water Sensitive Urban Design Principles. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 472 LNNS, 890–894. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05230-9_105

Svensson, M. K. (2004). Sky view factor analysis - Implications for urban air temperature differences. *Meteorological Applications*, 11(3), 201–211. <https://doi.org/10.1017/S1350482704001288>

T.R.Oke. (1987). *Boundary layer climates*. In *News.Ge*.

Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25(2), 99–103. [https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(96)00999-1)

Tainio, M., Jovanovic Andersen, Z., Nieuwenhuijsen, M. J., Hu, L., de Nazelle, A., An, R., Garcia, L. M. T., Goenka, S., Zapata-Diomed, B., Bull, F., & Sá, T. H. de. (2021). Air pollution, physical activity and health: A mapping review of the evidence. *Environment International*, 147(December 2020), 105954. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105954>

Tanioka, Y., Cai, Y., Ida, H., & Hirota, M. (2020). A spatial relationship between canopy and understory leaf area index in an old-growth cool-temperate deciduous forest. *Forests*, 11(10), 1–11. <https://doi.org/10.3390/F11101037>

Tartarini, F., & Schiavon, S. (2020). *pythermalcomfort*: A Python package for thermal comfort research. *SoftwareX*, 12, 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100578>

Thomas, A. S. (1941). The Vegetation of the Sese Islands, Uganda: An Illustration of Edaphic Factors in Tropical Ecology. *The Journal of Ecology*, 29(2), 330. <https://doi.org/10.2307/2256396>

Thorsson, S., Lindberg, F., Eliasson, I., & Holmer, B. (2007). Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. *International Journal of Climatology*, 2029(March 2007), 1983–1993. <https://doi.org/10.1002/joc>

Tibermacine, I. (2016). L ' impact de la typologie des habitats collectifs sur les conditions thermiques intérieures et l ' efficacité énergétique – Cas de climat chaud et sec - . Présenté par : Université Mohamed Khider– Biskra.

Tomažič, I., & Korošec-Koruza, Z. (2003). Validity of phyllometric parameters used to differentiate local *Vitis vinifera* L. cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50(7), 773–778. <https://doi.org/10.1023/A:1025085012808>

Toudert, F. A. (2005). Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg Fazia Ali Toudert Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate. In *Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg Nr.15: Vol. Nr. 15 (Issue 15)*. <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/2005/2078/>

Tsitoura, M., Michailidou, M., & Tsoutsos, T. (2017). A bioclimatic outdoor design tool in urban open space design. *Energy and Buildings*, 153, 368–381. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.079>

Tsoka, S. (2011). Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons: application au cas des éco-quartiers. 146. <http://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00762674/document>

Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model ' s performance and assessing cool materials and urban vegetation applications – A review. *Sustainable Cities and Society*, 43(July), 55–76.

TSUTSUMI, J. G., ISHII, A., & KATAYAMA, T. (2005). Quantity of Plants and Its Effect on Local Air Temperature in An Urban Area. *Fifth International Conference on Urban Climate*.

Tumini, I., García, E. H., & Rada, S. B. (2016). *International Journal of Sustainable Building Technology Urban microclimate and thermal comfort modelling : strategies for urban renovation*. 7628(March). <https://doi.org/10.1080/2093761X.2016.1152204>

TURNER, B. S. (2006). *The Cambridge Dictionary of Sociology*. In Cambridge University Press (Vol. 1999, Issue December). Cambridge University Press.

Turner, S. C., Paliaga, G., Lynch, B. M., Arens, E. A., Aynsley, R. M., Brager, G. S., Deringer, J. J., Ferguson, J. M., Filler, J. M., Hogeling, J. J., Int-hout, D., Kwok, A. G., Levy, H. F., Sterling, E. M., Stoops, J. L., Taylor, S. T., Tinsley, R. W., Cooper, K. W., Dean, K. W., ... Peterson, J. C. (2010). American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. *International Journal of Refrigeration*, 2(1), 44. [https://doi.org/10.1016/0140-7007\(79\)90114-2](https://doi.org/10.1016/0140-7007(79)90114-2)

Tyrer, S. P. (1992). Classification of pain. *Psychology, Psychiatry and Chronic Pain*, 17–24. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-0573-1.50007-x>

Van de Ven, F., Bosch, P., Brolsma, R., Keijzer, E., Kok, S., Van der Meulen, S., Schasfoort, F., Ten Velden, C., & Vergroesen, T. (2016). Green, comfortable, attractive and climate resilient Utrecht Centre-West area. January, 84.

Vancouver, C. of. (1992). *Plaza Design Guidelines*. <http://vancouver.ca/your-government/city-of-vancouver-archives.aspx>

Wang, Z., Song, J., Chan, P. W., & Li, Y. (2021). The urban moisture island phenomenon and its mechanisms in a high-rise high-density city. *International Journal of Climatology*, 41(S1), E150–E170. <https://doi.org/10.1002/joc.6672>

Wang, Z., Song, J., Chan, P. W., & Li, Y. (2021). The urban moisture island phenomenon and its mechanisms in a high-rise high-density city. *International Journal of Climatology*, 41(S1), E150–E170. <https://doi.org/10.1002/joc.6672>

Wardana, I. K. (2015). Analysis of Urban Surface Temperature for Green Spaces Planning in Bandung City , Indonesia. In University of Twente (Issue 1).

Watson, D. J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, 11(1), 41–76. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083148>

Watson, D., & Labs, K. (1983). *Climatic Design: Energy-efficient Building Principles and Practices*. McGraw-Hill. <https://books.google.dz/books?id=FvCJjgEACAAJ>

WEI, Y. (2014). OUTDOOR THERMAL COMFORT IN URBAN SPACES IN SINGAPORE. NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE.

Wever, N. (2012). Quantifying trends in surface roughness and the effect on surface wind speed observations. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 117(11), 1–14. <https://doi.org/10.1029/2011JD017118>

WHO Regional Office for Europe. (2016). Urban green spaces and health. 92.

WHO, W. H. O. (2004). Heat-waves: risks and responses. In *Health and Global Environmental Health Series: Vol. No.2 (Issue 2)*. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0283-7>

Wieringa, J. (1998). How far can agrometeorological station observations be considered representative? In *Prepr. 23rd Am. Meteor. Soc. Conf. on Agricultural and Forest Meteorology, Albuquerque J1.5 (pp. 9-12)*

Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities “just green enough.” *Landscape and Urban Planning*, 125(February 2017), 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>

Wong, M. S., Nichol, J. E., To, P. H., & Wang, J. (2010). A simple method for designation of urban ventilation corridors and its application to urban heat island analysis. *Building and Environment*, 45(8), 1880–1889. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.02.019>

Wu, H. (1994). *Pedestrian- Level Wind Environment around Building*. Concordia University, CANADA.

Xu, M., Hong, B., Jiang, R., An, L., & Zhang, T. (2018). Outdoor thermal comfort of shaded spaces in an urban park in the cold region of China. *Building and Environment*, 155(June), 408–420. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.049>

Xu, X., Jia, G., Zhang, X., Riley, W. J., & Xue, Y. (2020). Climate regime shift and forest

loss amplify fire in Amazonian forests. *Global Change Biology*, 26(10), 5874–5885. <https://doi.org/10.1111/gcb.15279>

Yahia, M. W. (2012). Microclimate and Thermal Comfort of Urban Spaces in Hot Dry Damascus.

Yang, J., McBride, J., Zhou, J., & Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry and Urban Greening*, 3(2), 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2004.09.001>

Yang, W., Wong, N. H., & Zhang, G. (2013). A comparative analysis of human thermal conditions in outdoor urban spaces in the summer season in Singapore and Changsha, China. *International Journal of Biometeorology*, 57(6), 895–907. <https://doi.org/10.1007/s00484-012-0616-9>

Yang, X., Li, Y., Luo, Z., & Chan, P. W. (2017). The urban cool island phenomenon in a high-rise high-density city and its mechanisms. *International Journal of Climatology*, 37(2), 890–904. <https://doi.org/10.1002/joc.4747>

Yeon-Hee, K., & Jong-Jin, B. (2005). Spatial and Temporal Structure of the Urban Heat Island in Seoul. *Journal of Applied Meteorology*, 44(5), 591–605. <http://search.proquest.com/docview/224581029?accountid=26415>

Yu, X., Ye, X., Lin, H., Feng, N., Gao, S., Zhang, X., Wang, Y., Yu, H., Deng, X., & Qian, B. (2018). Knockdown of long non-coding RNA LCPAT1 inhibits autophagy in lung cancer. *Cancer Biology and Medicine*, 15(3), 228–237. <https://doi.org/10.20892/j.issn.2095-3941.2017.0150>

Zhang, Y., Lin, Z., Fang, Z., & Zheng, Z. (2022). An improved algorithm of thermal index models based on ENVI-met. *Urban Climate*, 44(April), 101190. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101190>

Zucchelli, A. (1984). Introduction à l'urbanisme operationel et à la composition urbaine. Alger : Office des publications universitaires. <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:001648407>

مواقع انترنت

Climate measuring instrument-Instruction manual. (2016). (Consulted on July 20, 2018) <https://www.infoclimat.fr/stations-meteo/climato-globale-comparaison-annees> (Consulted on november 4, 2022)

<https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/biskra/biskra-3691/> (Consulted on February 27, 2021)

<https://weatherspark.com/y/51506/Average-Weather-in-Biskra-Algeria-Year-Round>

(Consulted on Marsh 16, 2021)

<https://www.lawinsider.com/dictionary/residential-dwelling-unit> (Consulted on november 4, 2022)

<https://www.meteoblue.com/ar/weather/maps> (Consulted on February 27, 2021)

<https://www.osha.gov/heat-exposure/hazards> (Consulted on October 27, 2022)

<https://www.testo.com/fr-CH/testo-480/p/0563-4800-Testo-480> · (Consulted on February 27, 2021)

<https://fr-be.topographic-map.com/maps/92th/Biskra> (Consulted on november 4, 2022)

<https://park.alriyadh.gov.sa/Images> (Consulted on September, 2018)

www.pinterest.com (Consulted on September, 2018)

<http://miogarden.com> (Consulted on September, 2018)

www.budgetplaces.com (Consulted on September, 2018)

<http://www.alittihad.ae> (Consulted on September, 2018)

<http://www.mazra3a.net> (Consulted on September, 2018)

www.albustan.com.sa (Consulted on September, 2018)

www.alhadeeqa.com (Consulted on September, 2018)

<http://klyoom.com/globally> (Consulted on September, 2018)

<http://www.hakone-tozan.co.jp> (Consulted on September, 2018)

<https://www.universemagic.com> (Consulted on September, 2018)

<https://fr-be.topographic-map.com/maps/92th/Biskra> (Consulted on August, 2022)

<https://weatherspark.com/y/51506/Average-Weather-in-Biskra-Algeria-Year-Round> (Consulted on August, 2022)

<https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/biskra/biskra-3691/> (Consulted on August, 2022)

<https://www.batidoc.ch/connaissances-techniques-scene-article/> (Consulted on August, 2022)