



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الزراعة
قسم الهندسة الريفية

تأثير تغيرات المناخ واستعمالات الأراضي في الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى باستخدام تقانات SWAT/GIS/RS

دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الريفية - اختصاص هندسة ريفية

إعداد الطالب

علي محي الدين الصارم

بإشراف

أ.د. إيهاب جناد

أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية

كلية الزراعة - جامعة دمشق

مشرفاً رئيسياً

د. محي الدين كلخة

باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

مركز بحوث حماد

مشرفاً مشاركاً

2023

قرار لجنة الحكم

قدمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في قسم الهندسة الريفية من كلية الزراعة جامعة دمشق.

This thesis has been submitted in partial fulfillment of the Department requirements for the degree of PhD in Rural engineering at the faculty of Agriculture, Damascus University

نوقشت هذه الأطروحة في جلسة علنية في كلية الزراعة بجامعة دمشق بتاريخ 2023/10/16

لجنة الحكم

أ.د. إيهاب جناد	الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الريفية - كلية الزراعة - جامعة دمشق	عضواً ومشرفاً
د. وسيم مسبر	الأستاذ المساعد في قسم علوم التربة - كلية الزراعة - جامعة دمشق	عضواً
د. سامر العمر	المدرس في قسم الهندسة الريفية - كلية الزراعة - جامعة دمشق	عضواً
د. يونس إدريس	الباحث في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد	عضواً
د. علاء خلوف	الباحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية	عضواً

The Board of Examiners

This thesis was discussed and approved on 16 / 10 / 2023 at the Faculty of Agriculture-Damascus University:

Supervisor	Dr. Ihab Gnad
Member	Dr. Wassim Almesber
Member	Dr. Samer Alomar
Member	Dr. Younes Idriss
Member	Dr. Alaa Khallouf

كلمة شكر

شكر وتقدير

(وتعاونوا على البر والتقوى)

* صدق الله العظيم *

لقد كان هذا العمل ثمرة من ثمرات التعاون البناء بين كلاً من : وزارة التعليم العالي ممثلة بجامعة دمشق - كلية الزراعة، و وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي ممثلة، بالهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – مركز بحوث حماة، ونخص بالشكر الأستاذ الدكتور إيهاب جناد والدكتور محي الدين كلخه اللذين كان لهما الفضل الأكبر في إنجاز هذا البحث، فلهما مني المحبة والتقدير ،كما أتقدم بالشكر والتقدير للجنة الحكم الذين تكرموا بقبول تحكيم هذا العمل وأثروه بملاحظاتهم القيمة كلاً من الدكتور إيهاب جناد والدكتور وسيم مسبر والدكتور يونس إدريس والدكتور سامر العمر والدكتور علاء خلوف، كما أتوجه بالشكر العميق لأسرة كلية الزراعة ممثلة بعميدها الدكتورة عفراء سلوم ووكيلها د. أمير عريشه و د. حسين محاسنة، كما أتوجه بالشكر والتقدير لأساتذتي في قسم الهندسة الريفية على ملاحظاتهم البناءة في تقييم هذا العمل، فلهم مني كل المحبة والتقدير، والشكر موصول إلى وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي على تقديم كافة التسهيلات لإتمام هذا العمل ممثلة بمعاون وزير الزراعة والإصلاح الزراعي الدكتور رامي العلي فله مني كل الشكر والتقدير.

وليستسمحنا عذراً كل من قدم مساعدة في إنجاز هذا العمل ولم تسعفنا الذاكرة إلى ذكره.

م. علي الصارم

تصريح

أصرح بأن هذا البحث الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان:
تأثير تغيرات المناخ واستعمالات الأراضي في الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى
باستخدام تقانات SWAT/GIS/RS، لم يسبق أن قُدم للحصول على أية درجة من جامعة
أخرى، وعير مُقدم حالياً.

لذلك فإن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرفين
العلمين الدكتور إيهاب جناد والدكتور محي الدين كلخة، وأية معلومات أو نتائج أخرى
ذُكرت في الرسالة قد نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وضمن قائمة المراجع.

المرشح:
علي محي الدين الصارم

Declaration

This is hereby declared that this work: **Impact of Climate Change and Land Use in Water Resources in the Upper Assi Basin Using SWAT / GIS / RS Technique...** Has not been used previously or submitted now for any other degree.

Candidate

ALI MOUHIDDINE ALSARM

شهادة:

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح المهندس علي الصارم، وبإشراف الدكتور إيهاب جناد (المشرف الرئيسي) الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الريفية في كلية الزراعة بجامعة دمشق والدكتور محي الدين كلخه (المشرف المشارك) الباحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

إن أية مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة.

المشرف المشارك
د. محي الدين كلخه

المشرف العلمي
د. إيهاب جناد

المرشح
علي محي الدين الصارم

Certificate

We witness that the described work in this thesis is the result of scientific research by candidate Engineer. **Ali AL-sarm** under the supervision of Associate Professor **Dr. Ihab Gnad** in the department of Rural Engineering -Agriculture college- Damascus university and **Dr. Mouhiddine kalkha** in General Commission for Scientific Agricultural Research

Any other references in this work are document in the text of the treatise

.

Candidate	Supervisor	Co- Supervisor
Ali Alsarm	Dr. Ihab Gnad	Dr. Mouhiddine kalkha

الإهداء

(والدي)

يا قامةً علتُ وأنت تاج حياتي

فأنت صاحبُ الفضلِ والعونِ والسندِ

(والدتي)

يا قلباً طيباً تربح في وجودي

فأنت العنوانُ لدعمي واصراري والتزامي

(أخوتي)

يا نجوماً أضاءت في درب مسيرتي

فبكمُ كبرتُ وعلتُ همتي ومثابرتي

(نزوجتي)

يا مروحاً وقلباً أنزال عني تعب أيامي

وسنداً أنراد إمرادتي لأحقق نجاحاتي

(أصدقائي)

يا عنروةً وقفتم إلى جانبي ومعِي

فأنتم فخرُ الطموحاتي وعلوُ أحلامي

(أساتذتي)

يا مشاعلُ النورِ والعلمِ في تنويري

فأنتم الموجهُ والدليلُ لنيلِ شهاداتي

قائمة المحتويات

4.....	قائمة الجداول
5.....	قائمة الأشكال
6.....	قائمة الخرائط
8.....	دليل الاختصارات العلمية
9.....	الملخص
10.....	الفصل الأول
10.....	الإطار العام للبحث
10.....	1.1. المقدمة:
12.....	2.1. مبررات البحث:
12.....	3.1. أهداف البحث:
13.....	الفصل الثاني
13.....	الدراسة المرجعية
13.....	1.2. الموارد المائية:
16.....	2.2. المناخ:
18.....	3.2. استعمالات الأراضي:
22.....	4.2. تقانات SWAT/GIS/RS:
25.....	5.2. الاثر المشترك لتغير استعمالات الاراضي والمناخ على الموارد المائية:
28.....	الفصل الثالث
28.....	مواد البحث وطرائقه
28.....	1.3. منطقة الدراسة:
30.....	2.3. التضاريس:
30.....	1.2.3. الارتفاع عن سطح البحر:
32.....	2.2.3. الإنحدار:
32.....	3.2.3. جهة الميول:
32.....	4.2.3. شكل الأرض:
32.....	3.3. العناصر المناخية:
32.....	1.3.3. الحرارة:
34.....	2.3.3. الهطل المطري:

- 35.....3.3.3. الرطوبة:
- 35.....4.3.3. الاشعاع الشمسي:
- 35.....5.3.3. سرعة الرياح:
- 35.....4.3. مرحلة الأعمال المكتبية والتحضيرية:
- 36.....5.3. مرحلة إعداد قواعد البيانات المكانية الرقمية وإنتاج الخرائط:
- 36.....6.3. إعداد خرائط التغيرات المناخية:
- 40.....1.6.3. تحديد تأثير تغيرات المناخ على الموارد المائية:
- 41.....7.3. إعداد خرائط استعمالات الأراضي:
- 41.....تم العمل على ثلاث صور فضائية للمشاهد الآتية:
- 45.....1.7.3. تحديد تأثير تغيرات استعمالات الأراضي على الموارد المائية:
- 45.....8.3. إعداد خريطة التربة:
- 46.....9.3. إعداد خريطة الجيولوجية:
- 46.....10.3. إعداد الخرائط الهيدرولوجية:
- 11.3. تحديد التأثير المشترك لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية باستخدام
- 47.....ARC GIS:
- 12.3. تحديد التأثير المشترك لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية باستخدام
- 47.....ARCSWAT:
- 49.....الفصل الرابع
- 49.....النتائج والمناقشة
- 49.....1.4. الخرائط الطبوغرافية:
- 49.....1.1.4. الارتفاع عن سطح البحر:
- 51.....2.1.4. الانحدار:
- 53.....3.1.4. اتجاه السفوح:
- 55.....4.1.4. شكل الأرض:
- 57.....2.4. خريطة الجيولوجية:
- 59.....3.4. خريطة التربة:
- 63.....4.4. الخرائط الهيدرولوجية:
- 68.....5.4. خرائط استعمالات الأراضي:
- 68.....1.5.4. خريطة استعمالات الأراضي لعام 2000:
- 70.....2.5.4. خريطة استعمالات الأراضي لعام 2015:

73.....	3.5.4. خريطة استعمالات الأراضي لعام 2020:
77.....	6.4. الخرائط المناخية:
77.....	1.6.4. الهطل المطري:
84.....	2.6.4. الحرارة:
89.....	3.6.4. الرطوبة النسبية:
95.....	4.6.4. سرعة الرياح:
101	5.6.4. الاشعاع الشمسي:
107	7.4. خرائط المناخ:
113	8.4. خرائط تغييرات استعمالات الأراضي:
117	9.4. خرائط الإنحدار والتربة والجيولوجيا المصنفة لاربعة صفوف:
	10.4. مراحل التأثير المشترك لتغييرات المناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية باستخدام
121	GIS:
129	11.4. مخرجات SWAT:
147	خامساً- الإستنتاجات:
150	سابعاً- المراجع:
150	المراجع العربية:
152	المراجع الأجنبية:

قائمة الجداول

38.....	جدول (1) المحطات المناخية
41.....	جدول (2) تصنيف خريطة المناخ.....
45.....	جدول (3) تصنيف خرائط استعمالات الأراضي
49.....	جدول (4) الارتفاع عن سطح البحر
51.....	جدول (5) قيم الانحدار
53.....	جدول (6) اتجاه السفوح.....
55.....	جدول (7) شكل الأرض
57.....	جدول (8) الجيولوجيا
59.....	جدول (9) وحدات الترب وقوامها.....
65.....	جدول (10) مساحات ونسب الاحواض الساكنة
70.....	جدول (11) توزيع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في حوض العاصي الأعلى-عام 2000
71.....	جدول (12) توزيع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في حوض العاصي الأعلى-عام 2015
74.....	جدول (13) توزيع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في حوض العاصي الأعلى-عام 2020
76.....	جدول (14) النسب المئوية لتوزيع استعمالات الأراضي للأعوام 2020/2015/2000.....
82.....	جدول (15) تغيرات معدلات الهطل المطري
88.....	جدول (16) نسب تغيرات متوسط درجات الحرارة.....
94.....	جدول (17) نسب تغيرات الرطوبة النسبية
100	جدول (18) نسب تغيرات سرعة الرياح.....
106	جدول (19) نسب تغيرات الاشعاع الشمسي.....
108	جدول (20) مساحات صفوف الخريطة المناخية
113	جدول (21) مساحات صفوف خريطة استعمالات الاراضي
117	جدول (22) مساحات صفوف خرائط (الانحدار_التربة_الجيولوجيا)
122	جدول (23) مساحات ونسب الصفوف في كل مرحلة
131	جدول (24) الأحواض الساكنة.....
135	جدول (25) مساحات ونسب الصفوف في كل مرحلة
142	جدول (26) مقارنة مساحات ونسب صفوف المراحل

قائمة الأشكال

- الشكل (1) متوسط الحرارة للفترة (1990-2020) 33
- الشكل (2) متوسط الحرارة لشهر تموز للفترة (1990-2020) 33
- الشكل (3) متوسط الحرارة لشهر كانون الثاني للفترة (1990-2020) 34
- الشكل (4) طريقة استنتاج الخرائط المناخية 40
- الشكل (5) موزاييك الصور الفضائية لعام 2000 43
- الشكل (6) موزاييك الصور الفضائية لعام 2015 43
- الشكل (7) موزاييك الصور الفضائية لعام 2020 44
- الشكل (8) طريقة استنتاج خرائط استعمالات الأراضي تبعاً لـ (Wu et al, 2008) 44
- الشكل (9) مراحل وضع الخرائط الهيدرولوجية 46
- الشكل (10) منهجية SWAT 48
- الشكل (11) مخطط تغييرات النسب المئوية لتوزيع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي للأعوام (2000/2015/2020) 76
- الشكل (12) نسب تغييرات معدل الهطل المطري 83
- الشكل (13) نسب تغييرات متوسط درجات الحرارة 89
- الشكل (14) نسب تغييرات الرطوبة النسبية 95
- الشكل (15) نسب تغييرات متوسط سرعة الرياح 101
- الشكل (16) نسب تغييرات متوسط الإشعاع الشمسي 107
- الشكل (17) مخطط تغييرات مساحات الصفوف خلال جميع المراحل بالطريقة التقليدية 121
- الشكل (18) مخطط تغييرات مساحات الصفوف خلال جميع المراحل 130
- الشكل (19) ملخص نتائج SWAT 144
- الشكل (20) ملخص نتائج SWAT 144
- الشكل (21) ملخص نتائج SWAT 145
- الشكل (22) ملخص نتائج SWAT 145
- الشكل (23) ملخص نتائج SWAT 146

قائمة الخرائط

29.....	خريطة (1) موقع البحث.....
31.....	خريطة (2) نموذج الارتفاع الرقمي.....
39.....	خريطة (3) المحطات المناخية.....
50.....	خريطة (4) الارتفاعات.....
52.....	خريطة (5) الانحدار.....
54.....	خريطة (6) اتجاه السفوح.....
56.....	خريطة (7) شكل الأرض.....
58.....	خريطة (8) الجيولوجية في حوض العاصي الأعلى حسب (Technoexport, 1963).....
60.....	خريطة (9) رتب الترب في حوض العاصي الأعلى حسب (العلوي، 1985).....
61.....	خريطة (10) وحدات الترب في حوض العاصي الأعلى حسب (العلوي، 1985).....
62.....	خريطة (11) قوام الترب.....
64.....	خريطة (12) الأحواض الساكنة في حوض العاصي الأعلى.....
66.....	خريطة (13) نقاط الصرف في حوض العاصي الأعلى.....
67.....	خريطة (14) الشبكة المائية في حوض العاصي الأعلى.....
69.....	خريطة (15) استعمالات الأراضي لعام 2000.....
72.....	خريطة (16) استعمالات الأراضي لعام 2015.....
75.....	خريطة (17) استعمالات الأراضي لعام 2020.....
78.....	خريطة (18) متوسط الهطل المطري للفترة (1990-2000).....
79.....	خريطة (19) متوسط الهطل المطري للفترة (2000-2010).....
80.....	خريطة (20) متوسط الهطل المطري للفترة (2010-2020).....
81.....	خريطة (21) متوسط الهطل المطري للفترة (1990-2020).....
84.....	خريطة (22) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2000).....
85.....	خريطة (23) متوسط درجات الحرارة للفترة (2000-2010).....
86.....	خريطة (24) متوسط درجات الحرارة للفترة (2010-2020).....
87.....	خريطة (25) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2020).....
90.....	خريطة (26) نسبة الرطوبة النسبية للفترة (1990-2000).....
91.....	خريطة (27) نسبة الرطوبة النسبية للفترة (2000-2010).....
92.....	خريطة (28) نسبة الرطوبة النسبية للفترة (2010-2020).....
93.....	خريطة (29) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2020).....
96.....	خريطة (30) متوسط سرعة الرياح للفترة (1990-2000).....
97.....	خريطة (31) متوسط سرعة الرياح للفترة (2000-2010).....
98.....	خريطة (32) متوسط سرعة الرياح للفترة (2010-2020).....
99.....	خريطة (33) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2020).....
102.....	خريطة (34) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (1990-2000).....
103.....	خريطة (35) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (2000-2010).....
104.....	خريطة (36) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (2010-2020).....

105	خريطة (37) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (1990-2020).....
109	خريطة (38) الخريطة المناخية للفترة (1990-2000).....
110	خريطة (39) الخريطة المناخية للفترة (2000-2010).....
111	خريطة (40) الخريطة المناخية للفترة (2010-2020).....
112	خريطة (41) الخريطة المناخية للفترة (1990-2020).....
114	خريطة (42) تصنيف خريطة استعمالات الأراضي لعام 2000.....
115	خريطة (43) تصنيف خريطة استعمالات الأراضي لعام 2015.....
116	خريطة (44) تصنيف خريطة استعمالات الأراضي لعام 2020.....
118	خريطة (45) تصنيف خريطة الانحدار.....
119	خريطة (46) تصنيف خريطة التربة.....
120	خريطة (47) تصنيف خريطة الجيولوجيا.....
123	خريطة (48) مرحلة 1.....
124	خريطة (49) مرحلة 2.....
125	خريطة (50) مرحلة 3.....
126	خريطة (51) مرحلة 4.....
127	خريطة (52) مرحلة 5.....
128	خريطة (53) مرحلة 6.....
132	خريطة (54) الأحواض الساكنة (SWAT).....
133	خريطة (55) نقاط الصرف (SWAT).....
134	خريطة (56) الشبكة المائية (SWAT).....
136	خريطة (57) مرحلة 1.....
137	خريطة (58) مرحلة 2.....
138	خريطة (59) مرحلة 3.....
139	خريطة (60) مرحلة 4.....
140	خريطة (61) مرحلة 5.....
141	خريطة (62) مرحلة 6.....

دليل الاختصارات العلمية

DEM: Digital Elevation Model
ENVI: Environment for Visualizing Images
ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GCP: Ground control point
GIS: Geographic Information System
GPS: Global Position System
ICARDA: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
LU/LC: Land Use/ Land Cover
LUCS: Land Use Classification System
RS: Remote Sensing
TM: Thematic Mapper
UTM: Universal Transverse Mercator
WRI: World Resources Institute

الملخص

تم تنفيذ البحث باستخدام بيانات لفترة 30 عاماً ممتدة من عام 1990 حتى عام 2020، وتم إعداد قاعدة البيانات المناخية للعناصر المناخية (الهطل المطري-درجة الحرارة-الرطوبة النسبية-الإشعاع الشمسي-سرعة الرياح)، قمنا باستنتاج متوسطات جميع العناصر المناخية السابقة الذكر لكل عشرة أعوام على حدة ومن ثم المتوسط لـ 30 عاماً وإعداد الخرائط الموضحة لكل عنصر مناخي، وتم استنتاج الخرائط المناخية من تقاطع العناصر المناخية مع بعضها والتي بيّنت أن 60% من مساحة الحوض هي مناطق جيدة وعالية القدرة على حفظ الموارد المائية، في حين كان حوالي 25 إلى 30 % من مساحة الحوض متوسطة القدرة لحفظ الموارد المائية، بينما كانت نسبة 10-15% من مساحة الحوض ضعيفة القدرة على حفظ الموارد المائية، وبيّنت السيناريوهات الناتجة من تقاطع الخرائط المناخية واستعمالات الأراضي والتربة والجيولوجية والطبوغرافيا توزع الصفوف حسب قدرة كل صف على حفظ الموارد المائية، وكانت نسبة الصفوف الجيدة القدرة على حفظ الموارد المائية هي من أفضل الصفوف بنسب متقاربة (33_34_35_33_34_44) % من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي توزعت في الجزء الأوسط من الحوض.

بينما أوضحت المراحل الناتجة من تقاطع نماذج وحدات الاستجابة الهيدرولوجية الثلاثة مع الخرائط المناخية باستخدام أداة SWAT توزع الصفوف حسب قدرة كل صف على حفظ الموارد المائية، حيث كانت نسبة الصفوف الضعيفة القدرة على حفظ الموارد المائية هي أعلى الصفوف مساحة بنسب متقاربة (35_35_43_40_44_45) % من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي توزعت في الجزء الشرقي وبعض أجزاء الجزء الأوسط من الحوض.

الكلمات المفتاحية: العناصر المناخية – الخرائط – الموارد المائية -SWAT.

الفصل الأول

الإطار العام للبحث

1.1. المقدمة:

لطالما كانت المياه مصدر قلق الشعوب من ناحية الحفاظ على مصادرها سواء المتجددة منها وغير المتجددة، وهذا ما يدعو كل الدول أن ترسم سياساتها المائية بعناية ومتابعة حثيثة لأن ذلك يؤمن استقرار حياة الشعوب، هذا وتعد تأثيرات المناخ حالياً هي الأبرز على الإطلاق بين مصادر التأثير المباشر على الموارد المائية، إضافة إلى تأثيرات أخرى تؤدي دوراً تكاملياً مع المناخ في تعقيد هذه التأثيرات أو تخفيفها وتكريسها لمشكلة ندرة الموارد المائية، مع عدم تجدد الفاقد المائي عبر الزمن ومنها التغير في استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي، علاوة على التأثير الحاد المباشر للنشاطات الإنسانية غير العقلانية في تسريع استهلاك الموارد المائية وعدم وجود التخطيط المحلي أو الإقليمي المدروس على مستوى الدول المتشاركة في بعض الأحواض المائية الإقليمية ومنها حوض العاصي (سورية، لبنان، تركيا) في وضع استراتيجيات مائية طويلة الأمد تراعي مصالح هذه الدول في رسم السياسات المائية لإدارة الحوض بكفاءة عالية (كلخه، 2017).

تتأثر الموارد المائية بشكل مباشر بعدة عوامل تشمل: (التربة، الجيولوجيا، الطبوغرافيا، الغطاء الأرضي/استعمالات الأراضي، النشاطات البشرية إضافة إلى المناخ وهو الأهم بين هذه المؤشرات على الإطلاق وتحديداً الهطل المطري) حيث تؤدي هذه العوامل الدور الحاسم في أي عملية إدارة للموارد المائية وكيفية الحفاظ عليها وتدعيم هذه الموارد عن طريق القيام بعمليات حصاد المياه لدعم الفاقد المائي من خلال بناء السدود المتوسطة إلى الكبيرة على مستوى المناطق والسدود السطحية والسدات المائية على مستوى القرى والرامات المائية على مستوى المزرعة، وكل هذه الممارسات من شأنها تغذية المياه الجوفية وتدعيم مصادر الموارد المائية الجوفية لتعويض الفاقد خلال عمليات الري والشرب (كلخه، 2018a).

ومع تنامي الطلب على الموارد المائية سواء بسبب التغير المناخي أو بسبب التغير في الغطاء الأرضي/استعمالات الأراضي والنشاطات البشرية غير المدروسة، يستدعي هذا الأمر تعميق الدراسات والبحوث الاستراتيجية في وضع خطط وآليات عمل لتعقب حركة هذه المياه سواء السطحية أو الجوفية وتحقيق عملية التكامل بينهما من خلال وضع خرائط لها وبناء نماذج رياضية والتي تأخذ بالسياق جميع هذه المؤشرات الداعمة وغير الداعمة في تنمية أو تراجع هذه الموارد باستخدام تقانات نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS وبعض الأدوات الأخرى مثل Arc Hydro, Arc Ground Water و بناء سياسات مائية تستند إلى مشاريع وبحوث ودراسات معمقة تهدف للفصل بين جميع هذه العوامل ودراسة دور كل عامل منها ودوره السلبي أو الإيجابي في تغذية الموارد المائية وفقاً لسناريوهات محتملة تبعاً للسنوات الرطبة والجافة (كلخه، 2018b).

إن وضع السياسات المائية على المستوى الإقليمي كما هو في حوض العاصي يتطلب تعاوناً دولياً للدول المتشاركة في حدود حوض العاصي، ولا سيما أن هذه الدول تمر حالياً بحالة حرب ليس فيها متسع لمناقشة مثل هذه الأولويات حيث تبقى هذه الدراسات والبحوث ضمن هذه المرحلة هي الممكنة، وقد أشارت عدة دراسات إلى سيطرة المناخ القوية على تغيرات الدورة الهيدرولوجية بشكل كبير بالمقارنة مع تغيرات الغطاء الأرضي (Schilling and Tomer, 2009).

تساهم التقانات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية والصور الفضائية ذات الدقة العالية إضافة إلى بعض النماذج الرياضية مثل أداة تقييم التربة والمياه (SWAT (Soil and Water Assessment Tool في وضع تصورات وخرائط تعبر عن واقع الموارد المائية والقدرة على حفظها من خلال وضع خرائط للعوامل المساهمة في التأثير في فعاليتها لتحقيق فهم أفضل لتغيرات الدورة الهيدرولوجية ونمط تأثير المناخ في فعالية الموارد المائية وانحسارها تبعاً للسنوات الرطبة والجافة، لرسم سياسات مائية طويلة الأمد لتحاكي الواقع الفعلي للوضع المائي وإدارة هذه الموارد ضمن مشروع إدارة متكامل تحت الظروف الجافة ونصف الجافة لصياغة واقع أفضل لمستقبل الموارد المائية وكيفية إدارتها تحت قواعد وشروط ملزمة تحت مظلة التعاون المائي الدولي لحق الدول في تقاسم الثروات المائية تحت واقع يسوده ندرة تجدد الموارد المائية، والحاجة الفعلية لإدارة الأحواض المائية على المستوى الإقليمي بما يلائم وينسجم مع تحقيق التغذية المائية المستمرة للمياه الجوفية لضمان تجديد المستهلك منها سنوياً وفقاً للميزان المائي وحاجة الدول إلى تخطيط استعمالات الأراضي يتوافق مع معدلات الاستهلاك المائي للمخزون الجوفي إضافة إلى الاستهلاك البشري لأغراض الشرب والصناعة والاستخدامات الأخرى (كلخه، 2018c).

يضم حوض العاصي الأعلى محافظات (ريف دمشق، حمص، حماة)، وهذا الحوض يتمتع بمناخ قاري جاف. ويبلغ أعلى ارتفاع له (2619 م) في الجزء الجنوبي للقسم الشرقي لقمة القرنة السوداء في جبال لبنان وليصل إلى أخفض نقطة جنوب شرق حماة 268م بمتوسط ارتفاع 1050 م، ونمط الغطاء الأرضي السائد هو الأراضي الهامشية والمراعي بدرجة أولى، والأراضي المروية والأشجار المثمرة بدرجة ثانية، كما أنه يضم أفضل وأخصب الأراضي الزراعية وتمر فيه جميع خطوط مناطق الاستقرار الزراعي مما يؤهله لزراعات جميع أنواع المحاصيل البعلية (عدس، حمص، شعير، قمح) والمحاصيل والخضار المروية (القمح المروي، الشوندر السكري، القطن، البطاطا) إضافة إلى الأشجار المثمرة (زيتون، فستق حليبي، كرمة، لوزيات) (كلخه، 2015).

2.1. مبررات البحث:

تتلخص مشكلة البحث في التغير المناخي الحاصل في العقود الأخيرة، الأمر الذي أدى لحدوث تغيير في الدورة الهيدرولوجية على الأرض، مما أثر على حجم الوارد المائي السطحي والجوفي، وبالتالي حدوث تغييرات في الغطاء الأرضي إما من حيث زيادة المساحات الخضراء والمساحات المائية أو نقصانها، لذلك كان لابد من دراسة هذه التغيرات في المناخ من خلال دراسة العناصر المناخية (الهطل المطري_درجة الحرارة_الرطوبة النسبية_الاشعاع الشمسي_سرعة الرياح)، ليتم بعدها دراسة تغييرات الغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة، ليتم تحديد حجم التغيرات والمساحات المتغيرة في كل منطقة ضمن الحوض المدروس، الأمر الذي يساهم في رسم السياسات المائية المستقبلية ووضع الخطط الكفيلة بتحقيق تنمية مائية زراعية على مستوى كل حوض مائي، وبالتالي تحقيق التنمية الريفية المستدامة وتحقيق الأمن الغذائي.

كما إن ضرورة الفصل بين تأثيرات التغير المناخي ونمط استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي في الموارد المائية من الأهمية بمكان، بسبب تعقد العلاقات بينهما وان الخلط بين تأثيراتهما في الدورة الهيدرولوجية ما يزال قائماً بسبب صعوبة فهم تداخلات العلاقات المناخية والهيدرولوجية في الغطاء النباتي، وأن معرفة أسباب انحسار أو نمو الموارد المائية أو توقع مستقبلها للمساعدة في وضع خطط السياسات المائية ما يزال ضعيفاً، لذلك يأتي هذا البحث للتعريف بتأثير هذه العوامل المتداخلة في الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى ودورها السلبي أو الإيجابي على الموارد المائية والرؤية المستقبلية لسيناريوهات تغيرات الموارد المائية في ظل استمرار الظروف الحالية أو التنبؤ بتغيراتها وفقاً لسيناريوهات محتملة لتغير المناخ واستعمال الأراضي، وما هي التدابير الوقائية للحد أو التخفيف من التأثيرات السلبية لتغير المناخ أو التغير في الغطاء النباتي على الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى، وكقرار داعم لرسم السياسات المائية المستقبلية ووضع استراتيجيات دعم وتطوير الموارد المائية تحت الظروف الجافة ونصف الجافة في المنطقة المتوسطة.

3.1. أهداف البحث:

- 1- تحديد تأثيرات تغيرات المناخ و LULC في الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى تحت سيناريوهات مختلفة باستخدام SWAT/GIS/RS.
- 2- المساهمة في تحسين إدارة الموارد المائية وضمان التنمية المستدامة لها في حوض العاصي الأعلى تحت المناخ الجاف ونصف الجاف، من خلال إيجاد الحل الأمثل لضمان استمرارية الموارد المائية.

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

1.2. الموارد المائية:

تعد الموارد المائية السطحية والجوفية ثروة مهمة لحياة الشعوب وضمان استمراريتها إضافة لضمان مستقبل الأمن المائي والغذائي لها تحت ظروف تنامي الطلب على الموارد المائية وزيادة الاستهلاك البشري لهذه المصادر دون تعويض الفاقد بسبب الاستهلاك غير العقلاني لها، الأمر الذي يحتم على متخذي قرار وضع السياسات المائية ومتبني تخطيط إدارة الموارد المائية وضع سياسات صارمة واستراتيجيات قصيرة ومتوسطة وطويلة الأجل لإدارة هذه الموارد والحفاظ على استدامتها بكفاءة عالية (بلدية وآخرون، 2016).

كما انها شريان التنمية المستدامة للمناطق الزراعية والسكانية والمورد الذي لا غنى عنه في أية عملية تنمية مستقبلية لأي منطقة سواء على الصعيد الاجتماعي والاقتصادي والزراعي حيث يرتبط مستقبل تنمية هذه المناطق بكفاءة إدارة الموارد المائية الموجودة فيها والحفاظ على ديمومتها (الصارم، 2018).

وتتجه معظم دول العالم نحو ندرة المياه الأمر الذي يتطلب منا ان نتعامل بشكل مختلف مع إدارة الموارد المائية، فمع تزايد درجات الحرارة وما يرافقها من ذوبان للثلوج واتجاه المناخ نحو مزيد من الدفئ والجفاف وانخفاض معدلات الهطل المطري عن الحالة الطبيعية أو حدوث شذات مطرية قوية مما يسبب الفيضانات، كل هذه العوامل تجعلنا أمام واقع مستقبلي مقلق وخطير يهدد الواقع الزراعي والاقتصادي والاجتماعي، ولابد لنا من تدارك هذه الآثار السلبية لتغير المناخ على الموارد الطبيعية بشكل عام والموارد المائية منها بشكل خاص، وذلك عبر تحقيق التكيف مع هذه التغيرات والحفاظ على الموارد المائية بما يتلائم مع الظروف المناخية المستقبلية، وقد تم وضع عدة نماذج هيدرولوجية تحاكي إدارة الموارد المائية مع التغير المناخي ومن أهمها نموذج SWAT اداة تقييم الاراضي والمياه.

ولذلك فإن الادارة المتكاملة وتوزيع الموارد المائية بكميات كافية ومتجانسة في ظل الظروف المتغيرة لاستخدام الأراضي والمناخ تشكل تحديات رئيسة تواجهها المجتمعات، او ستواجهها خلال العقود القادمة.

أشار معهد التغيرات المناخية إلى التأثير السلبي للمناخ في الموارد المائية عامة والمياه العذبة خاصة وتحديداً في البلدان العربية والتي تعاني معظم دولها من عجز مائي شديد ولا سيما بعد استنزاف موارد المياه

الجوفية، كما هو الحال في شمال إفريقيا ودول الخليج العربي (IPCCa, 2007).

إضافة إلى قيام العديد من الدول باستيراد المياه العذبة من الدول الاسكندنافية كمكعبات ثلجية ضخمة عبر النقل البحري وهذا يؤكد حقيقة العجز المائي (FAO, 2003).

هذه الظروف الكارثية خلقت واقعاً مائياً شديداً الثقل على عاتق المؤسسات البحثية والهيئات الحكومية في الدول العربية وأشبعت الصحف والمقالات والدراسات بالحديث عن واقع الأمن المائي وزاد الاهتمام بمشاريع حصاد مياه المطر من خلال بعض المنظمات الدولية والعربية العاملة في الحقل الزراعي والمائي تحت ظروف الجفاف (إيكاردا، اكساد) حيث شهد العقدين الأخيرين اهتماماً ملحوظاً ومكثفاً لها في تعميق مشاريع حصاد مياه المطر (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2002).

والبحث عن مصادر مياه غير تقليدية لسد حاجة المحاصيل الزراعية مثل المياه العادمة والتي لا تخلو من مخاطر على التربة وسلامتها من العناصر الثقيلة المترسبة فيها عن طريق مياه الري، إضافة إلى المخاطر المتعلقة بالسلامة الصحية عبر السلسلة الغذائية ولا سيما الخضروات الورقية (كلخه، 2009).

واعتماد طرائق حصاد المياه كخطة وفائية للتخفيف من أثر التغيرات المناخية في الموارد المائية والحفاظ على الهطل المطري من الضياع (كلخه، 2018d).

إضافة إلى الاعتماد على العديد من النماذج الرياضية لدراسة إمكانية حصر واستثمار هذه الموارد بكفاءة عالية والاستخدام الأمثل والرشيد لتدارك الأخطاء الحاصلة خلال الفترات السابقة من خلال اعتماد منهجيات جديدة تعتمد على تقانات حديثة في وضع خرائط للموارد المائية وقراءة عميقة وفعالة لكيفية السيطرة على التأثيرات السلبية للمناخ على الموارد المائية عبر وضع برامج هيدرولوجية تعتمد على التخفيف والحد من التأثير السلبى المباشر في الموارد المائية عبر اعتماد حزمة من الممارسات الداعمة لصيانة الموارد المائية والتي تعتمد على تغذية المياه الجوفية من خلال بناء السدود السطحية والسدات عبر مشاريع حصاد المياه للمناطق المتأثرة بتراجع الموارد المائية فيها والتقليل من عمليات الانجراف المائي في مناطق الانحدارات الشديدة والهطولات العالية لمنع انجراف التربة والذي يقود بدوره إلى مشاكل في السدود التخزينية وعمليات الصيانة المرافقة لها، إضافة إلى الكلفة الاقتصادية وما يرتبط معه من نقل ملوثات إلى مياه الري والمشاكل البيئية المتعلقة بها (park et al, 2011).

ويتم حالياً عبر استخدام التقانات الحديثة وضع سلاسل زمنية لرصد حركة نمو وانحسار الموارد المائية لرصد ومراقبة الحالة المائية وكيفية إدارتها عبر التخطيط المائي الفعال لجميع الموارد المتاحة أو التي يمكن إعادة تشكيلها وصياغتها من جديد لتكون رافداً ومورداً جديداً للممارسات المائية الأخرى ضمن حزمة من التدابير الوقائية لمعالجة الوضع المائي وتوجيهه بشكل صحيح عبر منهجيات علمية تعتمد على القياسات الهيدرولوجية الدورية لرصد تغيرات الميزان المائي (Lemon and Jones, 2010).

إضافة لأخذ العوامل الأخرى والتي تتحكم بنمو وانحسار الدورة الهيدرولوجية مثل التربة والطبوغرافيا والغطاء النباتي ونوع استعمال الأراضي والطبقات الجيولوجية المائية ونوع الوحدات الهيدرولوجية والتي تساهم في إغناء المياه الجوفية وتغذيتها المستمرة.

إن فهم العلاقة بين نوع استعمال الأراضي والحالة الهيدرولوجية أمر بالغ الأهمية في عمليات التخطيط المائي لتجنب الاستنزاف الحاد للموارد المائية نتيجة التخطيط غير السليم للأراضي الزراعية مع عدم مراعاة الحالة الهيدرولوجية ومصادر التعويض للفاقد المائي ومثال على ذلك تخطيط الأراضي ضمن حوض العاصي لزراعة محصول الشوندر السكري مع مؤشرات النقص الحاد في الميزان المائي لا يخدم عملية إدارة الموارد المائية ضمن الحوض بسبب حاجة محصول الشوندر السكري للاستهلاك المائي بمعدل 14 رية خلال مرحلة حياته إضافة إلى مكوثه في التربة طيلة 9 أشهر لموعد القطاف (التقرير السنوي للهيئة العامة للبحوث الزراعية، 2015).

وإن فهم التغيرات الزمانية والمكانية امر بالغ الأهمية لمحاكاة تغير الموارد المائية وفقاً لها، وذلك لتحديد توافر المياه في المستقبل ووضع خطط الإدارة المستدامة، حيث تؤثر عدة عوامل على الهيدرولوجية السطحية وتوافر المياه، وتشمل (الهطل المطري، نوع التربة، التسرب، الطبوغرافيا والغطاء النباتي).

يعد فهم الاستجابة الهيدرولوجية لمستجمعات المياه لاستخدام الأراضي والتربة والعوامل المناخية عنصراً مهماً، وعلى وجه الخصوص استخدام الأراضي نتيجة تحول مساحات كبيرة من الغابات إلى الزراعة وتهديد الغابات المتبقية باستمرار من الأنشطة البشرية (Vörösmarty, C.J. 2010).

تزايد الضغط على الموارد المائية بسبب مواسم الجفاف لفترات طويلة، والتغيرات البيئية العالمية والنمو السكاني، ومن المتوقع أن تعاني جميع مناطق العالم من التأثير السلبي لتغير المناخ على الموارد المائية والنظم الايكولوجية للمياه العذبة (IPCCa, 2007).

وتتأثر الموارد المائية لأي حوض بالعديد من التغيرات بما في ذلك الهطل والتربة واستخدام الأراضي والكوارث الطبيعية كالأعاصير وحرائق الغابات وغيرها، وهذه التغيرات تؤثر على التوازن المائي من ناحية العرض والطلب على الموارد المائية عالمياً (Arnell, N. W et al. 2011) وإقليمياً (Zhang et al. 2012) ووفقاً لـ (Tong, S.T. Y et al. 2012).

تعد المياه السطحية مورداً طبيعياً على سطح الأرض وتؤدي دوراً أساسياً في استدامة الحياة البشرية وأشكال الحياة الأخرى، وتتزايد أهمية إدارة المياه مع زيادة تطوير أحواض الانهار وإدارتها لتلبية الاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وإن الأنشطة البشرية المتزايدة باستمرار نتيجة تزايد السكان تضع ضغوطاً هائلة على موارد المياه السطحية المتاحة (Grabow and Mc Cornick. 2007)، (Gao et al. 2017).

ويؤثر كل من المناخ واستعمالات الأراضي بشكل كبير على الدورة الهيدرولوجية وبالتالي تؤثر على الواردات المائية، حيث باتت الآثار المحتملة على الموارد المائية الناجمة عن تغير المناخ العالمي مصدر قلق في العقود القليلة الماضية، كما ان التغييرات المستقبلية في المناخ ستغير الظروف الهيدرولوجية الاقليمية وبالتالي تؤثر على الواردات المائية الاقليمية من حيث الكمية والنوعية (Jyrkama and Sykes. 2007) (Githui et al. 2009). (Wang et al. 2008).

2.2. المناخ:

كانت الآثار المحتملة على الموارد المائية بسبب التغير المناخي العالمي في العقود القليلة الماضية مصدر قلق كبير، وإن الكوارث الطبيعية المرتبطة بالمناخ مثل العواصف والجفاف والانهيارات الأرضية وما إلى ذلك سبب آثار مدمرة، ويتفاقم الوضع بسبب عدد من المشاكل الاخرى مثل سوء استخدام الأراضي والممارسات الزراعية غير المستدامة وإزالة الغابات في مستجمعات المياه، ومن المرجح أن تتغير الظروف المناخية أكثر ويزداد أثرها على العوامل السابقة بدرجات أعلى (Githui, F et al. 2009).

قدّرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في تقريرها التقييمي 5 بحدوث ارتفاع في درجات الحرارة في منطقة الشرق الأوسط تصل إلى درجتين مئويتين في السنوات الخمس عشرة إلى العشرين القادمة، وأكثر من 4 درجات مئوية مع نهاية هذا القرن (IPCC. 2014).

وتتنبأ النماذج المناخية بمناخ أكثر حرارة وجفاف، ما سيؤدي إلى انخفاض جريان المياه السطحية بنسبة تتراوح بين 20 و30 بالمئة في معظم أرجاء الشرق الأوسط عام 2050 وذلك نتيجة رئيسة لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الهطولات المطرية (Milly et al. 2005).

هذا ويؤثر تغير المناخ على الدورات الهيدرولوجية باستمرار من الغلاف الجوي إلى الأرض والمحيطات (من خلال الهطل المطري والجريان السطحي)، والعودة إلى الغلاف الجوي من خلال عمليات التبخر من أوراق النباتات والأسطح المائية، أي حصول دورة ديناميكية ومتغيرة بشكل طبيعي، والانظمة البيئية بكافة مكوناتها معتادة على هذه التغييرات خلال الدورة الهيدرولوجية، ومع ذلك فإن المناخ يغير دورة المياه بطرائق متعددة عبر نطاقات زمنية ومناطق جغرافية مختلفة مما يسمح بوجود مخاطر وكوارث غير مألوفة.

أكد تقرير التقييم الرابع الخاص بالفريق الحكومي الدولي المعنى بتغير المناخ (IPCC) على ارتفاع متوسط درجة حرارة الهواء السطحي العالمية بمقدار 0.74 درجة مئوية خلال القرن العشرين مع اتجاه ارتفاع درجة الحرارة بشكل أسرع خلال السنوات الخمسين الماضية، كما توقع التقرير أن متوسط درجة الحرارة العالمية من المرجح أن تزداد بمقدار 1.8 إلى 4.0 درجة مئوية خلال 2090-2099 مقارنة بدرجات الحرارة في الفترة 1980-1999. (IPCC. 2007).

ولذلك فإن تقييم الموارد المائية في ضوء تغيير المناخ في المستقبل مهم للغاية للتخطيط والادارة المستدامة للموارد المائية ولذلك فإن الادارة المتكاملة وتوزيع الموارد المائية بكميات كافية ومتجانسة في ظل الظروف المتغيرة لاستخدام الأراضي والمناخ تشكل تحديات رئيسة تواجهها المجتمعات، او ستواجهها خلال العقود القادمة (Githui et al. 2009).

إن كلاً من تغير المناخ والانشطة البشرية مسؤولة عن انخفاض الجريان السطحي الملحوظ في حوض نهر Huifa، كما أدى تغير المناخ الناجم عن تقلب المياه إلى تقليل توافر امدادات المياه في مستجمع مياه نهر فوكس في الصين (Bekele and Kanapp. 2010).

ومن المحتمل أن يؤثر تغير المناخ على موارد المياه السطحية بسبب التغيرات المتوقعة على الهطل المطري والتبخر الناتج والتوزع الزمني لمكونات التوازن المائي الأساسية (Kumar et al. 2017).

وتعد النمذجة الهيدرولوجية مهمة جداً لدراسة الامكانات واحتماليات التغيرات على المياه ضمن المستجمعات المائية من أجل إسقاط التأثيرات المحتملة على الموارد المائية بسبب تغيير المناخ (Praskievicz and Chang. 2009).

أثبتت دراسة على التغيرات المناخية لجنوب غرب الولايات المتحدة انه سيكون هناك انخفاض في هطول الأمطار في الجزء الجنوبي من المنطقة الجنوبية الغربية، وتغير بسيط أو زيادة في هطول الأمطار في الجزء الشمالي، كما سيكون هناك انخفاض في كمية الثلج الجبلية للجبال الغربية خلال فبراير حتى مايو من عام 2001 إلى 2100، وذلك بسبب تأثيرات درجات الحرارة المتزايدة، بينما الجريان السطحي سينخفض في أجزاء كبيرة من المنطقة الجنوبية الغربية من منتصف ونهاية القرن الواحد والعشرين، حيث إنه في آلاسكا تذوب الطبقة المتجلدة وهذا يؤثر على البنية التحتية ويغير مسار المياه السطحية بطريقة لم تحصل من قبل وقد تكون في أغلب الأحيان ذات كوارث، ومن المتوقع أن تزيد هذه الحالات مع المناخ الدافئ المستمر في هذه المناطق (Cayan,D et al. 2013).

كما ان تغير المناخ سوف يغير أماكن تراكم الثلوج والذوبان مما يسبب تغيرات موسمية كبيرة في مستويات المياه السطحية والجوفية، كما ان تغير المناخ الاقليمي سيؤثر بشكل كبير على الخصائص الهيدرولوجية لمستجمع مائي الامر الذي يغير من حجم الجريان وتوقيته في مستجمع الأمطار (Ma et al. 2009) (Veijalainen et al. 2010).

اظهرت توقعات نماذج المناخ زيادة في متوسط درجة حرارة الهواء القريب من السطح، ومن المحتمل أن يؤدي ذلك إلى حدوث دورة هيدرولوجية أقوى، مع تغييرات في معدلات التهاطل والتبخر المتغيرة إقليمياً مما يؤثر بدوره على توافر المياه والجريان السطحي وبالتالي على نظام تصريف الأنهار (IPCC. 2001).

تم استخدام نموذج SWAT لتقييم آثار تغير المناخ المحتمل في بلاك هيلز في ولاية ساوت كوتا، في الولايات المتحدة الأمريكية باستخدام تغييرات عشوائية في المدخلات المناخية المستندة إلى مشاريع GCM/RCM (زيادة في متوسط درجة الحرارة السنوية عند 4.0 درجة مئوية وتغيير في الهطول 10%)، وأوضحت الدراسة أن درجة الحرارة المتزايدة بشكل عام تسبب انخفاضاً في إنتاجية المياه بينما تسبب زيادة الترسيب زيادة في إنتاجية المياه (Fontaine et al. 2001).

قام (Gosain et al. 2006)، بمحاكاة تأثير سيناريوهات تغييرات المناخ (A2, B2) على تدفق 12 حوضاً نهرياً في الهند باستخدام النموذج الهيدرولوجي SWAT وتبين أن الجريان السطحي يتناقص بشكل عام وزادت خطورة الجفاف والفيضانات استجابة لتوقعات تغير المناخ.

3.2. استعمالات الأراضي:

تعد تغييرات استعمالات الأراضي وتبدلاتها من الواقع الزراعي الخصب أو الغابات إلى الواقع الأقل خصوبة زراعياً أو المراعي أو العمران ظاهرة حادة نتيجة تدهور إدارة النظم الزراعية وغياب السياسات الزراعية البعيدة في قراءة الواقع الحقيقي لإدارة الموارد الطبيعية وهذا انتشر في الأونة الأخيرة مما سبب التغيرات السلبية في استعمالات الأراضي منها طبيعي لا دخل للإنسان بها كالفيضانات والمناطق المغمورة وغيرها ومنها صناعي بفعل الإنسان كالحرائق لاستخدامها في الزراعة والتوسع العمراني والصناعي على سبيل المثال (Keith E et al, 2008).

وهذا ظهر جلياً خلال الأزمة الراهنة ضمن منطقة الدراسة من تغييرات في نمط استعمالات الأراضي حيث حصلت تبدلات في الغطاء النباتي للغابات نتيجة الحرائق أو تحول أراضي المحاصيل إلى مراعي نتيجة هجرة السكان لها وقطع أشجار الفاكهة للاحتطاب وترك الأراضي المروية دون زراعة بسبب غياب المياه ومستلزمات الزراعة كالمحروقات والأسمدة وهجرة السكان ونزوحهم عن قراهم بسبب انعدام حالة الأمن.

وإن لتخطيط وإدارة استخدام الأراضي ارتباطاً وثيقاً باستدامة الموارد المائية حيث تتحكم التغييرات في استعمالات الأراضي بكمية المياه من خلال العمليات الهيدرولوجية ذات الصلة، وإن العلاقة بين استعمالات الأراضي والهيدرولوجية معقدة، مع وجود روابط في مجموعة واسعة من المقاييس الزمانية والمكانية، هذا ويؤثر الغطاء الأرضي والتربة بشكل مباشر في كمية التبخر وتسرب المياه الجوفية والجريان السطحي، كما أن تغييرات استعمالات الأراضي تغير النظام الهيدرولوجي ولها تأثيرات كبيرة محتملة على موارد المياه، ويقود التطور الاجتماعي والاقتصادي السريع إلى التغيير في استخدام الأراضي مما ينعكس بدوره أيضاً على خصائص التربة، مما خلق حاجة ملحة للتكنولوجيا والنماذج التي تحدد تأثير تغير ممارسات إدارة الأراضي، حيث تمتلك أداة تقييم التربة والمياه SWAT المدمجة مع نظام المعلومات الجغرافي (GIS) إمكانيات كبيرة

في التقدير الحالي للموارد المائية والتنبؤ المستقبلي بواقعها المقبل وصنع القرار السليم والنظم الأيكولوجية الأرضية.

بينت دراسة لتأثير الخصائص الطبوغرافية على الغطاء النباتي في محافظة نابلس باستخدام GIS/RS أن الغطاء النباتي يتأثر بدرجة كبيرة بالارتفاع عن مستوى سطح البحر، والانحدار واتجاهه، فالعلاقة عكسية بين الغطاء النباتي والارتفاع ودرجة الانحدار، كما أن السفوح المتجهة في انحدارها شمالاً تتميز بغطاء نباتي أكثر كثافة من السفوح المتجهة جنوباً، نظراً لأشعة الشمس القليلة التي تتلقاها الجهة الشمالية مقارنة بالجنوبية التي ترتفع فيها درجة حرارة الهواء والتربة وتقل الرطوبة فيقل بذلك الغطاء النباتي (حمادة، صفاء.2010).

أكد Hietel في دراسته حول العلاقة بين التغير في الغطاء الأرضي والمتغيرات البيئية في منطقة Hesse في ألمانيا خلال الفترة 1945-1998 باستخدام الصور الجوية ونظم المعلومات الجغرافية، حيث بينت الدراسة أن هناك علاقة بين التغير في الغطاء الأرضي والخصائص الطبيعية لشكل الأرض (الارتفاع، درجة الانحدار، شكل الانحدار، نسيج التربة والسعة الحقلية للتربة) خلال الفترة المذكورة، بينما كان تأثير بنية أشكال الأرض (مثل مساحة المنطقة وشكلها والمسافة بين المساحات الممتلئة للغطاء الأرضي والأراضي السكنية) محدوداً (Hietel E et al, 2004).

كما أوضحت دراسة في حوض البحر المتوسط باستخدام تحليل الانحدار اللوجستيكي المتعدد بهدف تحليل التغير وإبراز التغيرات المكانية للغطاء الأرضي واستخدام الأرض أن التوزيع المكاني للغطاء الأرضي يتأثر بالعوامل الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية (Millington J et al.2007).

وأوضحت دراسة في قضاء برما في محافظة جرش شمال الأردن خلال الفترة 1978-2009 باستخدام الصور الجوية و GIS أنه يوجد ثلاثة أنواع رئيسة للغطاء الأرضي (أراضي عمرانية، أراضي زراعية، غابات) وصل التغيير في مساحات الأراضي العمرانية إلى 500% بينما وصلت نسبة التحول في مساحة الأراضي الزراعية إلى 10.3% وتراجع مساحة الغابات بنسبة 31.26% (زريقات، دلال والحسبان، يسرا 2012).

أكد (Saddiqe.Naeem et al.2020) في دراسته المتضمنة تحديد تأثير تغير الغطاء الأرضي على الهيدرولوجيا في حوض النهر المشجر (الباكستان) حيث تم التحقق من التغيرات المكانية والزمانية لاستعمالات الأراضي بين عامي 2011 و 2018 باستخدام GIS، بالإضافة لتقييم التربة والمياه باستخدام أداة SWAT حيث تبين وجود زيادة ملحوظة في مساحات مناطق الغابات والعمران والمياه، واتضح انخفاض الانتاجية المائية Water Yield بمقدار 38 ملم/سنة بنسبة (-1.8%)، بينما زاد التبخر نتح ET حوالي 36 ملم/سنة بنسبة (3.7%)، وازداد التدفق المائي الأساسي بنسبة (4.6%)، وهذا ما يوضح أهمية تخطيط LULC المستدام وإدارة الموارد المائية.

وقد أوضح (Gary et al.2017) أن تغير LULC يغير العمليات الهيدرولوجية ولها الأثر الكبير والفعال في حفظ أو فقدان المخزون المائي السطحي والجوفي للأرض، وبالتالي يعد LULC محركاً رئيساً للعمليات الهيدرولوجية مثل الجريان السطحي، التبخر نتح ET، التدفق الرئيس).

كما تم تقييم تأثير استعمالات الأراضي على الموارد المائية في العديد من الدراسات على المستوى الاقليمي حيث بيّن

(Li et al.2018) زيادة مساحة المناطق العمرانية على حساب الغطاء النباتي في منطقة Jing-Jin-Ji في الصين ما أدى لزيادة انتاجية المياه بنسبة (5%).

وأوضح (Mang et al. 2011) تحول الغطاء الحراجي إلى أراض عشبية مما أدى لزيادة الجريان السطحي بنسبة (20%)، وانخفاض ET بنسبة (2%) في حوض نهر مارا الأعلى في كينيا.

وأوضح (Ahiablame et al.2017) من خلال تنبؤه بأثر تغيرات LU خلال فترتين زمنيتين 2055 و2090 باستخدام ثلاث سيناريوهات مختلفة على تدفق التيار المائي في مستجمع مياه نهر James بالولايات المتحدة، إن تغيرات المناخ وLU ستؤدي لزيادة في التدفق الاساسي للتيار المائي بنسبة 12-18% و17-41% خلال 2055 و2090 على التوالي.

أثبت (Maniki W. Merey,2015) من خلال دراسته التي أجراها في كينيا حول تقييم تأثيرات المناخ على الغطاء الأرضي باستخدام RS أن تغيرات المناخ السلبية التي كانت واضحة خلال فترة الدراسة بين عامي 1995 و 2010 لها أثر سلبي في تغير شكل الأرض حيث زادت نسبة الأراضي الصخرية والعارية، وتلاشى الغطاء الأخضر والمحاصيل، بالإضافة لزحف الغابات باتجاه المرتفعات وذلك بسبب تفاوت درجات الحرارة وزيادتها بحلول عام 2010 حول المناطق شبه القاحلة، وتدني معدلات الهطل المطري وتغير اتجاهات هطولها بين المناطق مما يدل على وجود تغيير جذري للمناخ.

وفي دراسة (J. Letha et al.2011) حول تأثير تغيرات استعمالات الأراضي على الجريان السطحي في حوض نهر Vamanapuram في الهند وضح فيها تغير أنماط استعمالات الأراضي حيث زادت مساحة الأراضي العمرانية من 75 كم² إلى 196.10 كم² على حساب تراجع مساحة الغابات من 290.15 كم² إلى 93.78 كم² خلال الفترة 1967-2007 مما أدى لزيادة قيم الجريان السطحي للمياه مع توسع الأماكن العمرانية.

أوضح (عبد الجواد، اسامة والبليبيسي، حسام 2019) من خلال تحليل تغيرات الغطاء الأرضي باستخدام GIS/RS في منطقة لواء الموقر لفترتين زمنيتين (1989 و 2014) على التوالي، تمدد مساحة الغطاء العمراني على حساب مساحة الغطاء الزراعي، حيث تراجعت مساحة الأراضي الزراعية من 193.24 كم²

إلى 154.60 كم²، بينما زادت الأماكن العمرانية من 8.71 كم² إلى 76.44 كم²، وأكدت الدراسة أن العوامل البشرية المتعلقة في الانسان ونشاطاته الحضرية المختلفة هي العامل الرئيسي المسؤول عن حدوث التغيرات في انماط الغطاء الأرضي واستعمالاته، وخاصة الأراضي الزراعية مما انعكس على تدهورها وتراجع مساحتها بنسبة 5.15%.

تناول (الزيود، 2014) تحليل ودراسة النمو العمراني والكثافة السكانية في مدينة سحاب خلال الفترة 1952-2004 وأثر ذلك التغيير في انماط استعمالات الأرض، واعتمدت الدراسة على نتائج التعدادات السكانية الرسمية، وتحليل غطاء ان من صور جوية وأقمار صناعية بمقاييس مختلفة، وأوضحت النتائج انخفاضاً واضحاً في نسبة الاستعمال الزراعي لحساب الاستعمالات الحضرية الأخرى وخاصة الصناعي والتجاري.

كشفت (غيث، 2010) التغيرات في أنماط الغطاء الأرضي في منطقة قضاء الضليل بالفترة بين 1987-2006 باستخدام المرئيات الفضائية، ودراسة تأثير العوامل الطبيعية والبشرية التي أسهمت في تدهور الأراضي.

حلّ (مصطفى، 2010) أثر الزحف العمراني على الأراضي الزراعية في مدينة جنين بالفترة 2002-2012 بالاعتماد على الصور الجوية والخرائط والمخططات للمدينة لسنوات مختلفة، وأوضحت النتائج فقدان مساحة كبيرة من الأراضي الزراعية لصالح التوسع العمراني في ظل غياب التخطيط ودور المؤسسات الحكومية والأهلية، وتلوث الاراضي الزراعية من خلال تسرب مياه الصرف الصحي عليها، وتلوث المياه الجوفية.

ناقش (Jabbar. M et al.2012) تحليل التدهور البيئي لأنماط الغطاء الأرضي واستعمالاته في الجزء الشمالي لمحافظة Shaanix في الصين باستخدام مؤشر الاختلاف النباتي المعايير بالاعتماد على تحليل المرئيات الفضائية Landsat TM لعام 1987 و Landsat ETM لعام 2002، وتبين تدهور مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية بشكل مرتفع جداً.

أوضحت دراسة في منطقة نابلس باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد (RS) قدرة الاستشعار عن بعد في إنتاج خرائط دقيقة للغطاء الأرضي، والدور الحيوي لهذه التقنية في عدة بيانات مختلفة كالبيانات ذات الطوبوغرافية المتغيرة مثل المناطق الجبلية التي يصعب الوصول لها وإجراء العمل الميداني فيها، كما أوضحت هذه الدراسة أن الزيتون كنمط من غطاءات الأرض الرئيسية يشغل أعلى نسبة من مساحة الصور المصنفة، ويفسر ذلك تبعاً لإمكانية زراعة الزيتون في بيئات مختلفة كالمناطق الجبلية والسهلية (شولي، منار، 2008).

أكدت دراسة حول تغير مساحة الغطاء الأرضي في محافظة أريحا ما بين عامي 1960 و 2006 باستخدام الاستشعار عن بعد على وجود زيادة ملحوظة في مساحة الاستخدام العمراني في عام 2006 مقارنة بالعام 1960 إذ بلغت 15.23 كم² عام 2006 و 49.66 كم² عام 1960، في حين بلغت مساحة الاستخدام الزراعي

92.32 كم² عام 2006 بينما كانت 7.84 كم² عام 1960 والمتمثل في الخضروات والحاصل الحقلية والحمضيات (حليبي، رائدة والخطيب، عصام، 2013).

توصلت دراسة أجريت في مدينة حمص ومحيطها حول تغيرات استعمالات الأراضي بين عامي 1970-1991 باستخدام الاستشعار عن بعد إلى أن هناك تراجعاً في بعض الاستعمالات وزيادة في الاستعمالات الأخرى، حيث تراجع زراعة محاصيل الحبوب بنسبة عالية فقد كانت تشكل نسبة 32.9% من المساحة المدروسة في عام 1970 وتناقصت إلى 11.8% عام 1991، بينما كانت الزيادة الكبيرة في مساحة الأبنية والمنشآت المدنية الأخرى (حبيب، حسن، 2005).

4.2. تقانات SWAT/GIS/RS:

تساهم التقانات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية والصور الفضائية ذات الدقة العالية إضافة إلى بعض النماذج الرياضية مثل أداة تقييم التربة والمياه (SWAT (Soil and Water Assessment Tool في وضع تصورات وخرائط للموارد المائية السطحية والجوفية من خلال وضع خرائط للعوامل المساهمة في التأثير في فعاليتها لتحقيق فهم أفضل لتغيرات الدورة الهيدرولوجية ونمط تأثير المناخ في فعالية الموارد المائية وانحسارها تبعاً للسنوات الرطبة والجافة لرسم سياسات مائية طويلة الأمد لتحكي الواقع الفعلي للوضع المائي وإدارة هذه الموارد ضمن مشروع إدارة متكامل تحت الظروف الجافة ونصف الجافة لصياغة واقع أفضل لمستقبل الموارد المائية وكيفية إدارتها تحت قواعد وشروط ملزمة تحت مظلة التعاون المائي الدولي لحق الدول في تقاسم الثروات المائية تحت واقع يسوده ندرة تجدد الموارد المائية، والحاجة الفعلية لإدارة الأحواض المائية على المستوى الإقليمي بما يلائم وينسجم مع تحقيق التغذية المائية المستمرة للمياه الجوفية لضمان تجديد المستهلك منها سنوياً وفقاً للميزان المائي وحاجة الدول إلى تخطيط استعمالات الأراضي يتوافق مع معدلات الاستهلاك المائي للمخزون الجوفي إضافة إلى الاستهلاك البشري لأغراض الشرب والصناعة والاستخدامات الأخرى (كلخه، 2018c).

يأتي دور التقانات الحديثة مثل تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظام المعلومات الجغرافي (Gographic Information System) ونظام تحديد المواقع الشامل (Global Position System) في المساعدة على رصد هذه التغيرات وحصر أسبابها ونتائجها بالتكامل مع العمل الحقلية والمخبرية لإظهار النتائج الحقيقية على الواقع (Randall and Barson, 2001).

وهذا ما نحتاجه في الدراسات الزراعية والبيئية خاصة المتعلقة بتدهور الأراضي والغطاء الأرضي لمراقبة موارد الأرض (van et al, 2001).

حيث أوضح (Kali, 2005) إمكانية بيانات التابع الصناعي متعدد الأطياف (TM) في رسم الخرائط وتحليل التغيير في الغطاء الأرضي، مما يتيح الاستفادة من هذه المعطيات وجعلها قاعدة رئيسة للاعتماد عليها في إدارة النظم البيئية والقرارات السياسية.

وبين (عبد الخالق، 2018) زيادة النمو العمراني بنسبة 1.9%، في حين تراجع الاستعمال الزراعي بما نسبته 3.23% خلال الفترة 1997-2014.

لذلك كان استخدام تقنية الاستشعار عن بعد أحد أهم العوامل لوضع خرائط دقيقة للغطاء الأرضي خاصة في البيانات ذات الطوبوغرافية المتغيرة مثل المناطق الجبلية التي يصعب الوصول لها وإجراء العمل الميداني فيها (شولي، 2008).

وأوضح (Kangalawe, 2009) تزايد غطاء الأراضي الزراعية خلال الفترة 1977-1992 نتيجة لتبني السلطات مشاريع للمحافظة على التربة وصيانتها خلال السبعينات من القرن العشرين، إضافة إلى توسع الأراضي الزراعية على حساب المناطق الرعوية.

وتقدم نظم المعلومات الجغرافية، منهجاً علمياً متقدماً في رسم الخرائط الغرضية للتغيرات المناخية ونركز هنا على تغيرات الهطل المطري تحديداً كونها العامل الأهم بين العوامل المناخية كدليل لفهم هذه التغيرات وتأثيراتها على المستوى العالمي والاقليمي والمحلي، والتي بدورها تؤمن أداة قوية لصانعي القرارات المتعلقة بالتكيف مع المناخ.

وقد قام (Gosain et al. 2006) بمحاكاة تأثير سيناريوهات تغيرات المناخ (A2, B2) على تدفق 12 حوضاً نهرياً في الهند باستخدام النموذج الهيدرولوجي SWAT وتبين أن الجريان السطحي يتناقص بشكل عام وزادت خطورة الجفاف والفيضانات استجابة لتوقعات تغير المناخ. هذا ويؤثر تغير المناخ على الدورات الهيدرولوجية باستمرار من الغلاف الجوي إلى الأرض والمحيطات (من خلال الهطل المطري والجريان السطحي)، والعودة إلى الغلاف الجوي من خلال عمليات التبخر من أوراق النباتات والأسطح المائية، أي حصول دورة ديناميكية ومتغيرة بشكل طبيعي، والانظمة البيئية بكافة مكوناتها معتادة على هذه التغيرات خلال الدورة الهيدرولوجية، ومع ذلك فإن المناخ يغير دورة المياه بطرق متعددة عبر نطاقات زمنية ومناطق جغرافية مختلفة مما يسمح بوجود مخاطر وكوارث غير مألوفة.

إن تحديد أنماط استعمالات الأراضي المختلفة تم بناءً على اختلاف الخصائص الطيفية في الصور المتعددة الحزم-bands (Jensen, 1986).

وهذا ما أوضحه (USDI, 1990)، حيث صنف أنماط الغطاء الأرضي بناءً على احتياجات التقييم وميز بين تصنيفات الأهداف العامة والأهداف الرئيسية.

وصنف (Anderson, 1976) الغطاء الأرضي/استعمالات الاراضي تبعاً للهدف الموجود على الصورة وقام بإنتاج خرائط غرضية لاستعمالات الأراضي (خرائط الأشجار المثمرة).

كما ساهم (Congalton, 1991) في تقييم دقة التصنيف باستعمال مصفوفة التشويش confusion لتحديد نجاح أخطاء التصنيف المرتكبة commission مثل (استعمالات الأراضي الموجودة، أماكن وجودها) واطفاء الاغفال omission (استعمالات الأراضي المفقودة بينما هي في الحقيقة موجودة).

تفيد التقانات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والنماذج الرياضية وبرنامج Arc Hydro, Arc Ground Water إضافة إلى بعض الأدوات مثل SWAT في وضع خرائط مائية سطحية وجوفية وتحقيق التكامل بينهما من خلال وضع نماذج رياضية تضم جميع المؤشرات التي تؤدي دورا في عمليات التنبؤ بالتأثير المناخي على الموارد المائية (Kumar, 2010).

يتميز حوض العاصي بأهميته الكبيرة في الزراعة، كما ويتصف بتنوع تضاريسي ومناخي كبير، كونه يمتد على مساحة واسعة من حدود الجبال اللبنانية جنوباً إلى لواء اسكندرون شمالاً، مما يخلق تنوعاً كبيراً في الزراعة واستعمالات الأراضي (الهيئة العامة للموارد المائية، 2011).

ويُلاحظ نتيجة هذا الامتداد الجغرافي وجود تباين كبير في درجات الحرارة وكمية الهطل المطري، مما ينعكس بدوره على توزيع المناطق المناخية الزراعية، وبالتالي على الإنتاج الزراعي ونمط استعمالات الأراضي نتيجة للتغيرات المناخية (كلخه، 2015).

يعد حوض العاصي من أهم الأحواض المائية في سوريا، ويقع في المنطقة الوسطى من القطر السوري هذا الموقع يعطيه أهمية كبيرة من حيث التنوع الكبير للمحاصيل التي تنجح زراعتها في الحوض (تقرير مديرية إحصاء حماة، 2010).

إن وضع السياسات المائية على المستوى الإقليمي كما هو في حوض العاصي يتطلب تعاوناً دولياً للدول المتشاركة في حدود حوض العاصي، ولا سيما ان هذه الدول تمر حالياً بحالة حرب ليس فيها متسع لمناقشة مثل هذه الأولويات حيث تبقى هذه الدراسات والبحوث ضمن هذه المرحلة هي الممكنة، وقد أشارت عدة دراسات إلى سيطرة المناخ القوية على تغيرات الدورة الهيدرولوجية بشكل كبير بالمقارنة مع تغيرات الغطاء الأرضي (Schilling and Tomer, 2009).

إلا ان هناك دوراً مسانداً لتغير المناخ وهو التغير في الغطاء النباتي وقد قدمت عدة بحوث للفصل بين هذه التأثيرات إلا أنه كانت النتائج صعبة الوضوح بسبب تعقد العلاقات بين المناخ واستعمالات الأراضي والعوامل الأخرى ذات الصلة والتي تساهم في التأثير في الدورة الهيدرولوجية وعلى رأسها النشاطات الإنسانية (Zalud et al, 2009).

5.2. الاثر المشترك لتغير استعمالات الاراضي والمناخ على الموارد المائية:

تعد تغيرات المناخ وتغيرات الغطاء الأرضي/استعمالات الأراضي (Land Use/Land Cover) من أكبر الكوارث البيئية العالمية الناتجة عن النشاطات الإنسانية والتي تؤثر بشكل كبير على الدورة الهيدرولوجية (Lorencova et al, 2013)، والمرتبطة بالأمن الغذائي العالمي حيث وجد أن 25-42 % من الأنواع النباتية الغير قادرة على تحمل التأثيرات المترافقة مع التغيرات المناخية (WRI, 2005). وتشمل هذه الأنواع النباتات المحلية للموقع، والمحاصيل الاستراتيجية المزروعة في الدول التي تعتمد على هذه المزروعات في اقتصادها الوطني، إضافة إلى التغيرات في الموطن الأصلي لبعض المحاصيل الرئيسية المرتبطة بحياة ومعيشة السكان المحليين، إضافة إلى بعض من أنواع النباتات الطبية الفريدة (Colin، Mc Clean et al, 2005).

تساهم التأثيرات الحادة لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الاستقرار المائي في الأحواض المائية الرئيسية والفرعية والجدول المائية الصغيرة حيث يُعد فهم هذه التأثيرات من الأهمية بمكان لتخطيط الموارد المائية وإدارتها لفترات طويلة (Vorosmarty, 2000) (Mango, 2011).

كما أن التأثيرات المحتملة لتغيرات استعمالات الأراضي على الدورة الهيدرولوجيا يجب أن تؤخذ بالحسبان بإدارة الموارد المائية على المدى الطويل (Kim et al, 2013).

وإن إدراك هذه المتغيرات وفهمها هو أمر حاسم لتخطيط إدارة الموارد المائية لفترات طويلة الأمد ولفهم أفضل لإدارة الموارد المائية تحت التأثيرات المحتملة لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على جريان الجداول المائية في الأحواض المائية على المستوى المحلي أو الإقليمي (Kim et a, 2013).

وتتطلب الإدارة الفعالة للموارد المائية تحت تغير الظروف المناخية واستعمالات الأراضي معلومات منطقية وموضوعية حول الجريان المائي وشكله وغازاته وتوقيته والأشكال التي يمكن ان تستخدم في محاكاة أنظمة الجريان المائي تحت سيناريوهات مختلفة لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي (Mango et al, 2011).

ويعد الفصل بين تغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الدورة الهيدرولوجية له أهمية كبيرة في تحسين تخطيط استعمالات الأراضي وإدارة الموارد المائية، خاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة حيث التغيرات المناخية ربما يكون لها تأثير معنوي على الدورة الهيدرولوجية بالمقارنة مع تغيرات LULC، وتُعد تأثيرات تغيرات المناخ و LULC على الجداول المائية هي الأكثر تكراراً في المناطق الجافة ونصف الجافة (Li et al, 2009).

وأن فهم الإستجابة الهيدرولوجية لتغيرات المناخ المحتمل هو مهم جداً لتطوير وإدارة استراتيجيات الموارد المائية واستدامتها في هذه المنطقة. كما أن دراسات تأثيرات التمدد العمراني وإزالة الغابات على الدورة الهيدرولوجية في المناطق الجافة ونصف الجافة لم توثق بشكل كاف حتى اليوم على الإطلاق (Mishra et al, 2010)، (Cherkauer and Mao, 2009).

وما يزال هناك فهم محدود للفصل بين تأثيراتهما على الدورة الهيدرولوجية أو فهم وإدراك تأثيراتهما معاً على الدورة الهيدرولوجية وعلى المياه الإقليمية ودورات الطاقة، وهذا يستدعي القيام بأبحاث معمقة خاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة (Mishra et al, 2010).

نُفذت العديد من الدراسات حول تأثيرات تغيرات المناخ أو تغيرات استعمالات الأراضي في الهيدرولوجيا ومعظمها يرتبط بنموذج هيدرولوجي يبني على سلسلة من بيانات استعمالات الأراضي المستخرجة من الصور الفضائية (Kim et al, 2013)، (Park et al, 2011)، (Kim et al, 2005).

تأثيرات تغير LULC في الهيدرولوجيا أيضاً متنوعة مع الظروف والمناطق المناخية حسب خط العرض الجغرافي (Kim et al, 2013).

على سبيل المثال متغيرات الميزانية المائية ربما تزيد أو تنقص تأثيرات التغير المناخي تحت ظروف غطاء أرضي متنوعة حسب الاستعمال السائد. كما تمكن لتغيرات LULC الإقليمية أن تخفف من التغيرات في متوسط الحرارة الأرضية ويمكن أن تساهم بشكل معنوي في التأثيرات المشابهة مع الدفينة العالمية (Mishra et al, 2010)، (Fall et al, 2010).

بالإضافة إلى ذلك بعض الدراسات حول التأثيرات المجتمعة لتغيرات المناخ و LULC على جريان الجداول المائية أظهرت أن التغير المناخي بشكل عام أكثر معنوية من تغير LULC في تحديد الاستجابة الهيدرولوجية، على سبيل المثال تم إيجاد أن سيطرة المناخ تغير شكل الجريان المائي للجداول في الأحواض المائية (Guo et al, 2008).

الدورة الهيدرولوجية في الحوض هي مجموعة من العمليات المعقدة التي تتأثر بالمناخ والخصائص الفيزيائية للحوض الساكب والنشاطات البشرية مجتمعة (Ma et al, 2008)، (Scanlon et al, 2007).

تعقد هذه العوامل يعقد الفصل بين تأثيرات متغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على جريان الجداول المائية (Juckem et al, 2008).

لذلك، ما يزال التحدي مستمراً للتمييز بين تغيرات LULC والمتغيرات المناخية على الموارد المائية عبر تنفيذ أبحاث حول تأثيرات تغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الهيدرولوجيا والموارد المائية (Lioubimtseva et al, 2005).

وإن تقنيات النمذجة المائية تستخدم بشكل واسع وهذه الطرائق تقسم بشكل رئيس إلى ثلاثة أقسام 1. النماذج الإحصائية، 2. النماذج الهيدرولوجية المختصرة، 3. النماذج الهيدرولوجية التوزيعية، بالتجربة النماذج الإحصائية تبنى على الارتباطات بين البيانات الإحصائية للجريان السطحي، الهطل، وحرارة الهواء، بينما تبنى النماذج الهيدرولوجية المختصرة على الظواهر الهيدرولوجية في علاقات المناخ والجريان، أما النماذج الهيدرولوجية التوزيعية مثل SWAT فتستخدم لنماذج الأحواض للمقاييس الكبيرة والتي استخدمت بشكل واسع في الفترة الأخيرة كنموذج توزيع هيدرولوجي مثالي، نموذج SWAT هو عالمي بسبب أن عوامل المتغيرات يمكن بسهولة الحصول عليها، ويزود بمحاكاة الحوض لفترة طويلة وهو مصدر مفتوح ويمكن تحديثه بناء على متغيرات خصائص الحوض وخلال 2012 أكثر من 1000 مقالة علمية وثقت ونشرت تطبيقاته المختلفة (Deng et al, 2013)، (Deng et al, 2010).

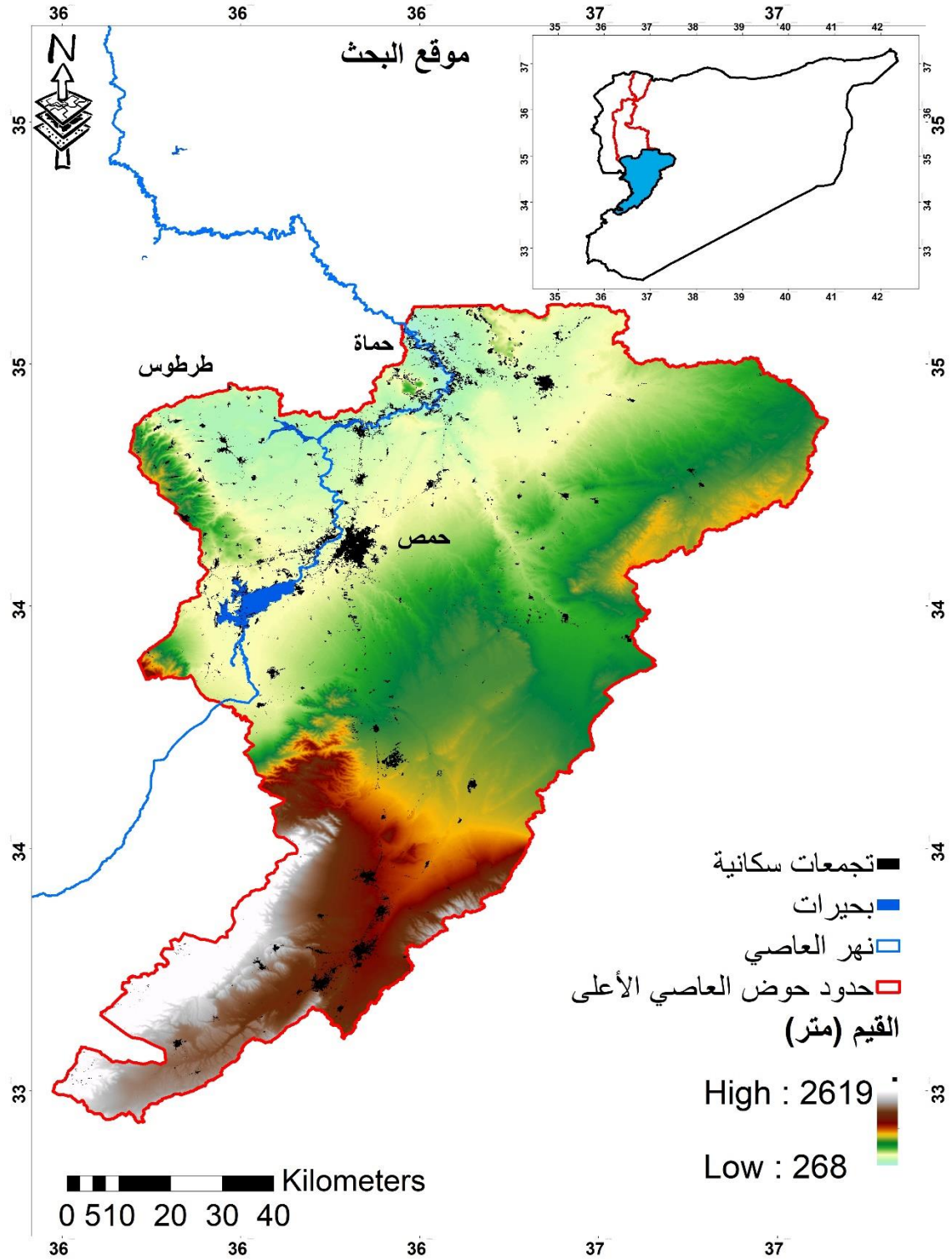
تم اختيار نموذج SWAT المتكامل مع QGIS للتنبؤ بتوازن المياه في بحيرة حوض Dal، وادي كشمير، حيث إن الميزان المائي في التربة ذو أهمية في تخطيط وتنفيذ الإدارة المستدامة لموارد المياه لأي بلد، وأكدت النتائج أن النموذج يساعد في تقييم الأثر المحتمل للتربة واستعمالات الأراضي والمناخ في حوض البحيرة (Nishikanth, CV et al, 2018).

الفصل الثالث

مواد البحث وطرائقه

1.3. منطقة الدراسة:

يمتد حوض العاصي الأعلى بين دائرتي خطي عرض "37.35.'01.7" - "38.91.'18.2" شمالاً وبين خطي طول "34.04.'02" - "36.68.'77" شرقاً مع مساحة إجمالية 8841 كم² وهو جزء من حوض العاصي والذي بدوره يعد أهم الأحواض المائية في سورية بسبب وقوع معظم محافظات القطر ضمنه، ويقع حوض العاصي الأعلى ضمن محافظات (ريف دمشق، حمص، حماة)، خريطة (1) مع طول إجمالي لنهر العاصي الواقع ضمن الحوض الأعلى 434.79 كم، حيث يقسم حوض العاصي إلى أحواض أعلى وأوسط وأدنى وتختلف الخصائص الطبيعية والاجتماعية الاقتصادية معنوياً بين هذه الأحواض، على سبيل المثال متوسط الهطل السنوي بين 200-500 مم، 500-1200 مم و 1200-1600 مم على التوالي في هذه الأحواض، بينما يتراوح متوسط التبخر السنوي من 2500 مم في الحوض الأعلى إلى أكثر من 1500 مم في الحوض الأدنى. بالإضافة إلى ذلك متوسط الحرارة السنوية هي 15.5 درجة مئوية، ويتمتع حوض الهاصي الأعلى بمناخ قاري جاف، ويبلغ أعلى ارتفاع له (2619 م) في الجزء الجنوبي للقسم الشرقي لقمة القرنة السوداء في جبال لبنان وليفصل إلى أخفض نقطة جنوب شرق حماة 268 م بمتوسط ارتفاع 1050 م كما هو موضح في خريطة (1) ونمط الغطاء الأرضي السائد هو الأراضي الهامشية والمراعي بدرجة أولى، والأراضي المروية والأشجار المثمرة بدرجة ثانية، كما أنه يضم أفضل وأخصب الأراضي الزراعية وتكثر فيه جميع خطوط مناطق الاستقرار الزراعي مما يؤهلها لزراعات جميع أنواع المحاصيل البعلية (عدس، حمص، شعير، قمح) والمحاصيل والخضار المروية (القمح المروي، الشوندر السكري، القطن، البطاطا) إضافة إلى الأشجار المثمرة (زيتون، فستق حليبي، كرمة، لوزيات) (كلخه، 2015).



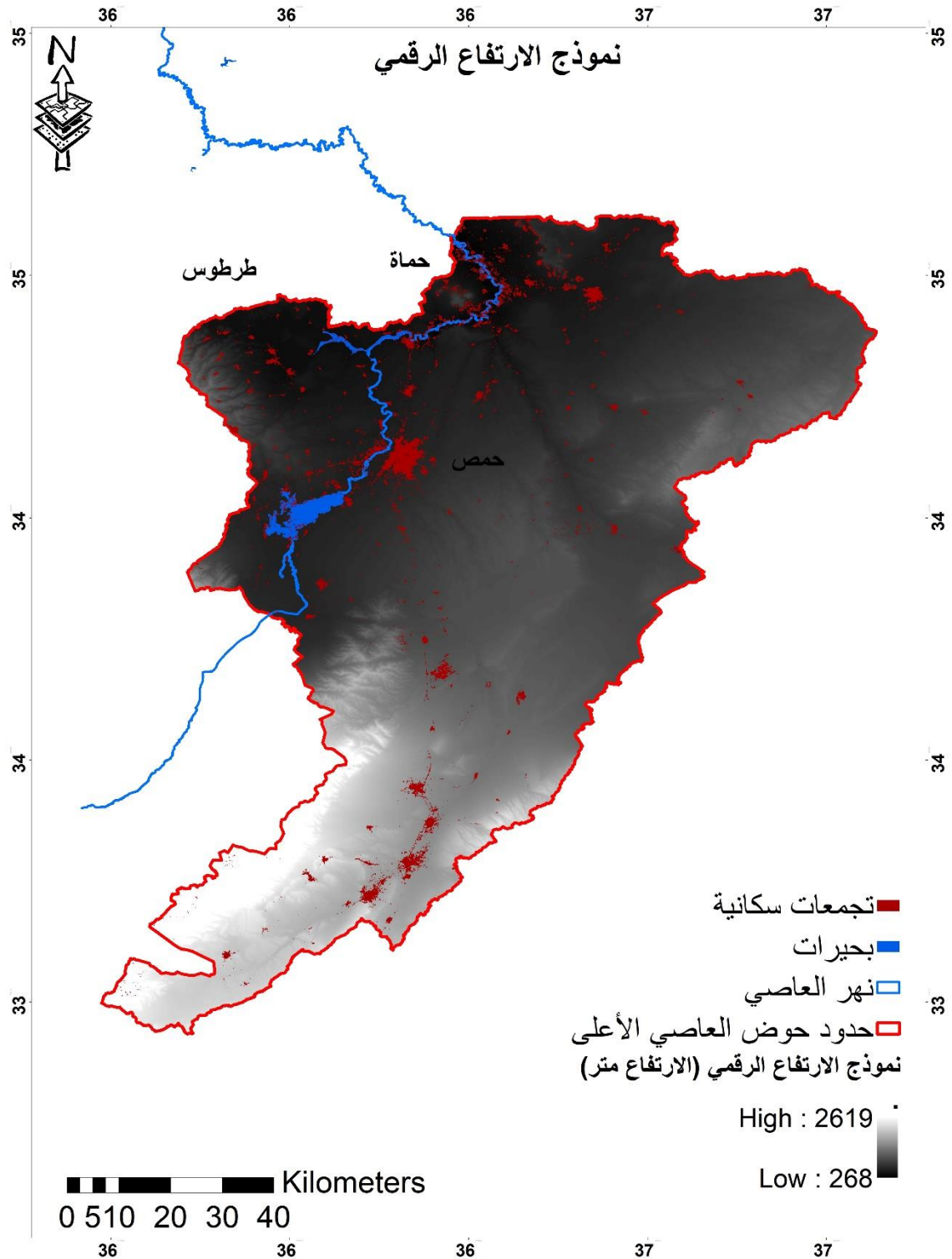
خريطة (1) موقع البحث

2.3. التضاريس:

تتنوع تضاريس منطقة الدراسة بين سهول في الجزء الشمالي من الحوض وخاصة (سهول حمص، سهول حماة)، والمناطق الهضابية في الاجزاء الجنوبية الغربية والغربية من الحوض حيث تتركز في الجنوب الغربي جبال القلمون وجبال لبنان الشرقية وفي الغرب الجبال الساحلية ذات التضاريس المعقدة.

1.2.3. الارتفاع عن سطح البحر:

يوجد تباين كبير بالارتفاع ضمن منطقة الدراسة، وتندرج بدءاً من الأعلى في الجنوب إلى الأقل ارتفاعاً في الشمال، الأمر الذي يوضح اتجاه جريان نهر العاصي من الجنوب إلى الشمال وفقاً لطبوغرافيا الحوض، حيث تم العمل على نموذج ارتفاع رقمي دقته 30م (DEM (Digital Elevation Model تم استخدامه من بيانات الموقع ([http:// srtm.csi.cgiar.org](http://srtm.csi.cgiar.org)) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (Jarvis et al, 2006) كما هو موضح في الخريطة (2)، حيث يبلغ أعلى ارتفاع 2619م في جبال القلمون وأخفض ارتفاع 268م في سهول حماة.



خريطة (2) نموذج الارتفاع الرقمي

2.2.3. الانحدار:

تتباين الانحدارات في منطقة الدراسة، حيث تكون الانحدارات خفيفة إلى مستوية (0-5%) في معظم أجزائه وخاصة في الجزء الشمالي (منطقة السهول) والوسطى والشرقي من الحوض، وانحدارات متوسطة (5-9%) في كامل أجزاء الحوض بنسبة بسيطة وتتركز في الجزء الجنوبي من الحوض، وانحدارات شديدة (9-25%) في الجزء الغربي والجنوبي بنسب ضئيلة، وانحدارات شديدة جداً (25-75%) في أقصى الجزء الغربي والجنوبي الغربي من الحوض.

3.2.3. جهة الميول:

يكون اتجاه معرض السفوح شمالي غربي في الأجزاء الوسطى من الحوض، واتجاه شمالي وشرقي في الجزء الغربي من الحوض، بينما يسود اتجاه جنوبي وجنوبي شرقي في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض.

4.2.3. شكل الأرض:

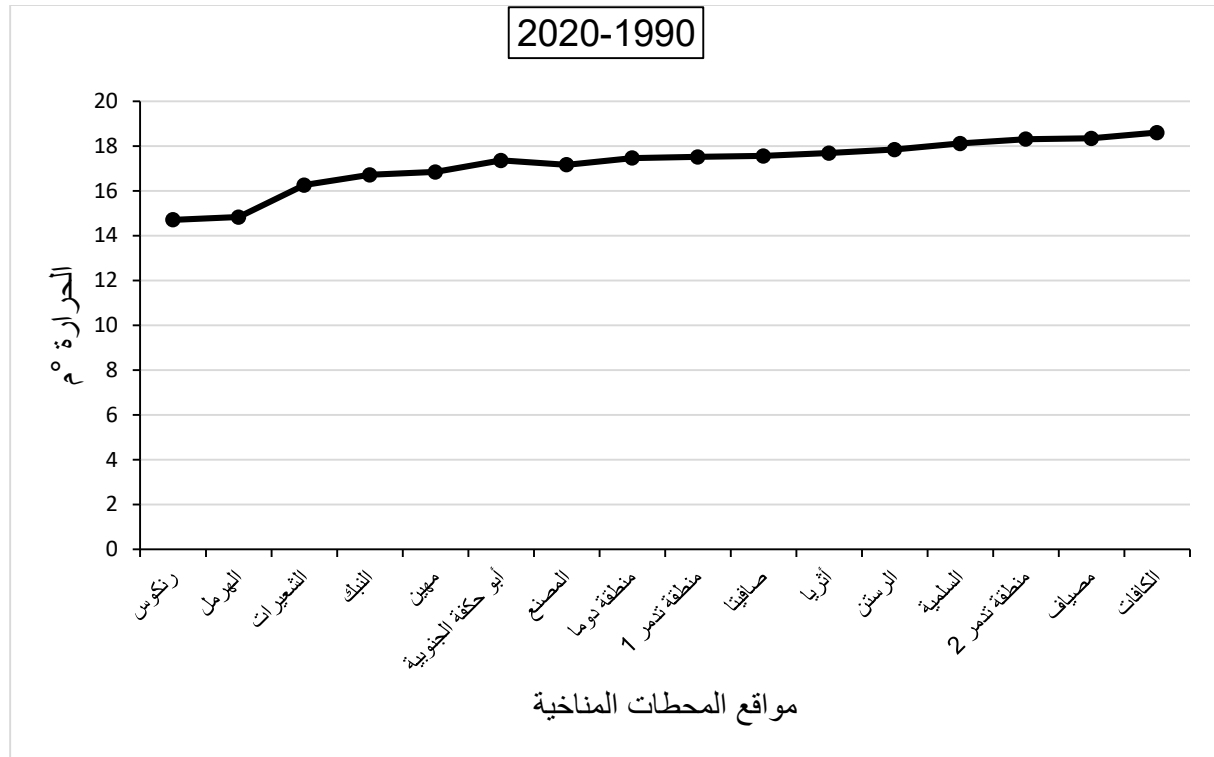
ينتج شكل الأرض من تقاطع المؤشرات الطبوغرافية (الانحدار+الاتجاه).

3.3. العناصر المناخية:

تشكل طبوغرافية منطقة الدراسة دوراً مهماً في تحديد التغير المناخي، حيث تتمتع المنطقة بمناخ متغير بين المتوسطي إلى الجاف (مناخ فصلي)، وذلك حسب دورة الفصول وتبدلات الضغط حيث يكون المناخ حاراً جافاً صيفاً ومعتدلاً إلى بارد رطب في الشتاء.

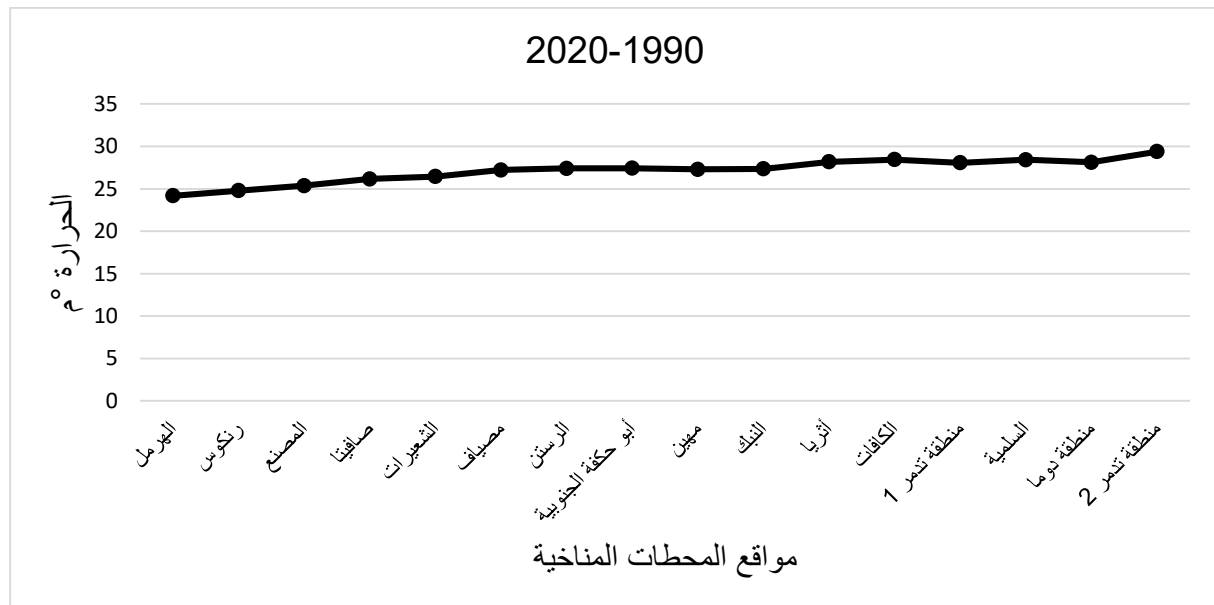
1.3.3. الحرارة:

توجد تغيرات حرارية مكانية ليست بكبيرة وذلك تبعاً لتباين طبوغرافية منطقة الدراسة، ويتراوح متوسط درجة الحرارة خلال السنة (14-18 °م) شكل (1)، حيث شهر تموز الأشد حرارة بمعدل درجات حرارة (24-29 °م) شكل (2)، بينما شهر كانون الثاني الأكثر برودة بمعدل درجات حرارة (4-8 °م) شكل (3) (المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2020-NASA).



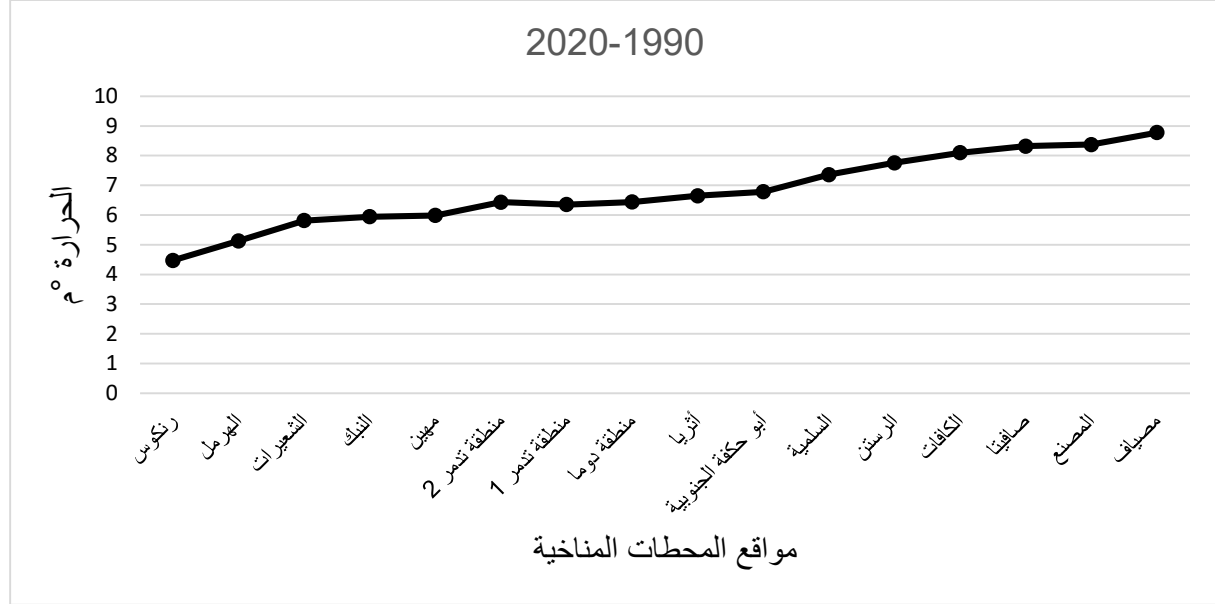
المصدر: (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020)

الشكل (1) متوسط الحرارة للفترة (2020-1990)



المصدر: (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020)

الشكل (2) متوسط الحرارة لشهر تموز للفترة (2020-1990)



المصدر: (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020)

الشكل (3) متوسط الحرارة لشهر كانون الثاني للفترة (2020-1990)

توضح الأشكال السابقة تباين درجات الحرارة في منطقة الدراسة، حيث يكون أخفض متوسط معدل لدرجات الحرارة في شهر كانون الثاني (الشهر الأكثر برودة) 4.4°C في رنكوس و 5.9°C في النبك و 7.7°C في الرستن، بينما يكون أعلى متوسط لدرجات الحرارة في شهر تموز (الشهر الأكثر حرارة) 24.7°C في منطقة رنكوس و 27.3°C في منطقة النبك و 27.4°C في منطقة الرستن وذلك خلال الفترة (2020-1990).

2.3.3. الهطل المطري:

يتراوح الهطل المطري السنوي في الحوض بين 150 و 400 مم، ولا تتجاوز قيم الرشح السنوية إلى المياه الجوفية 50 مم، ويعود ذلك إلى تدني كل من الهطل المطري وإلى معدلات الرشح الضعيفة للتشكلات الجيولوجية ونوع التربة في الحوض.

حيث تظهر نتائج الهطل المطري السنوي لحوض العاصي الأعلى لمتوسط الفترة الزمنية (2020-1990) تدرج معدلات الهطل المطري في الجزء الشرقي من الحوض بين 150-200 مم و 200-300 مم في الجزء الوسطي من الحوض و 300-400 مم في الجزء الغربي من الحوض، ويُلاحظ تناقص معدل الهطل لمتوسط الفترة الزمنية (2000-1990) حيث تراوحت القيم بين (140-350) مم، بينما تزايدت القيم للفترتين (2000-2010) و (2010-2020) حيث تراوحت بين (140-450) مم و (180-450) مم على التوالي (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020).

3.3.3. الرطوبة:

تمثل الرطوبة نسبة تشبع الهواء ببخار الماء، وهذه النسبة المحدد الأساسي لحدوث التكاثف والهطل، وتراوح متوسط قيم الرطوبة السنوي للفترة (1990-2020) بين (47-65%)، حيث أدنى متوسط للرطوبة بمتوسط سنوي 47% في منطقة تدمر بمحافظة حمص وأعلى متوسط سنوي 65% في منطقة مصياف بمحافظة حماة (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020).

4.3.3. الاشعاع الشمسي:

توجد تغيرات متقاربة بقيم الاشعاع الشمسي تبعاً لتباين طبوغرافية منطقة الدراسة، حيث تكون قيم الاشعاع الشمسي الأعلى خلال شهر تموز والأقل خلال شهر كانون الثاني (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020).

5.3.3. سرعة الرياح:

اتجاه الرياح في منطقة الدراسة غربي، شمالي غربي إلى جنوبي شرقي (صيفاً)، بينما شتاءً يمكن أن تهب رياح شمالية شرقية مؤقتة، ويتراوح متوسط سرعة الرياح السنوي بين (2-4) م/ثا للفترة الزمنية (1990-2020) (المديرية العامة للأرصاد الجوية، NASA-2020).

4.3. مرحلة الأعمال المكتبية والتحضيرية:

تم العمل على رقع طبوغرافية مقياس 1:50000 وصور فضائية + Landsat TM دقة 30م ملتقطة في عام 2000، 2015، 2020 وتلخصت مراحل العمل المكثبي وفق الآتي:

1. الإرجاع المكاني للخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية Georeferencing والتصحيح الهندسي.
2. إجراء عملية الموزاييك للرقع الطبوغرافية والصور الفضائية باستخدام نظام التفسير البصري ENVI.
3. بناء قاعدة البيانات المكانية ضمن برنامج Arc GIS (طبقات الطبوغرافية، طبقات استعمالات الأراضي، طبقات المناخ، طبقات التربة والجيولوجية).
4. رقمنة السمات الأساسية (خطوط التسوية، طرق، هيدرولوجيا، تجمعات سكنية).

5.3. مرحلة إعداد قواعد البيانات المكانية الرقمية وإنتاج الخرائط:

تم إجراء ترقيم للطبقات الغرضية الآتية Thematic layers:

1. شرائح خطوط التسوية من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (30م) لكامل حدود الحوض المائي.

2. شرائح المسيلات والأقنية المائية وخطوط ونقاط الصرف والحوضات المائية من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (30م) لكامل الحوض وباستخدام برنامج Arc Hydro tools.

3. شرائح الطرق من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50.000 وبمساعدة الصور الفضائية.

4. شرائح التجمعات السكنية من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة الصور الفضائية.

5. شرائح المسميات من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50.000

6. اشتقاق خريطة التربة بمقياس 1:1000.000 حسب (العلوي، 1985)

7. الخرائط الجيولوجية بمقياس 1:200000 حسب (Technoexport, 1963).

كما تم وضع خرائط المتعلقة بالمظهر المورفولوجي وتشمل:

8. نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model لمنطقة الدراسة.

9. نموذج الإنحدار Slope% لمنطقة الدراسة.

10. نموذج اتجاه السفوح Aspect لمنطقة الدراسة.

11. نموذج ظلال السفوح Hillshade لمنطقة الدراسة.

6.3. إعداد خرائط التغيرات المناخية:

تعد مراقبة تغيرات المناخ باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والصور الفضائية ذات الدقة المتوسطة إضافة إلى بعض النماذج الرياضية مثل أداة تقييم التربة والمياه (Soil and Water Assessment Tool) SWAT أداة مهمة في رصد تغيرات الموارد المائية التي تغذي الأحواض المائية، وتساعد في وضع تصور عن نمو الموارد المائية وانحسارها ضمن مناطق الحوض، وتستند عملية مراقبة تغيرات المناخ إلى معالجة بيانات قيم المتوسطات الشهرية والسنوية المسجلة ضمن 75 محطة مناخية منها 16 محطة مناخية أساسية حيث

إن بقية المحطات تتشابه في مواقعها وبياناتها مع المحطات الـ 16 ولكن تم استخدامها لزيادة درجة الدقة في التحليل والمعالجة، وتم استنتاجها عن طريق إعداد قاعدة البيانات للمحطات المناخية المنتشرة ضمن المنطقة المختارة ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية وباستخدام التحليل المكاني Spatial Analyst باستخدام طريقة Spline كما موضح في الشكل (4).

طريقة Spline: وهي طريقة لإنتاج السطوح، وتنتج سطح يمر من نقاط العينات، وهو يشبه تقنية الشد المرن في إنتاج السطح بين مواقع المحطات، وهي مناسبة لإنشاء السطوح الملساء مثل السطوح الخاصة بدرجات الحرارة/ يمكنها التنبؤ بالارتفاعات والمنخفضات ولها طريقتان:

- ◆ الشد Tension: يتميز بإجبار السطح على المرور بنقاط محددة، تكون القمم والوديان مستوية بشكل أكبر، السطح الناتج خشن عند زيادة قيمة التثقل (weight) يصبح السطح أكثر خشونة.
 - ◆ المنظم Regulariz: يتميز بأن السطح الناتج أكثر تجعيدا، أعلى من القمم وأدنى من الوديان، أكثر نعومة عند زيادة قيمة التوزين (weight) يصبح السطح أكثر نعومة.
- وحساب متوسط الهطل السنوي لفترة زمنية 30 عاماً، حيث تم استخدام معطيات المحطات المناخية الواقعة ضمن الحوض والمحطات الموجودة خارج الحوض خريطة (3).
- وشمل العمل الخطوات الآتية:

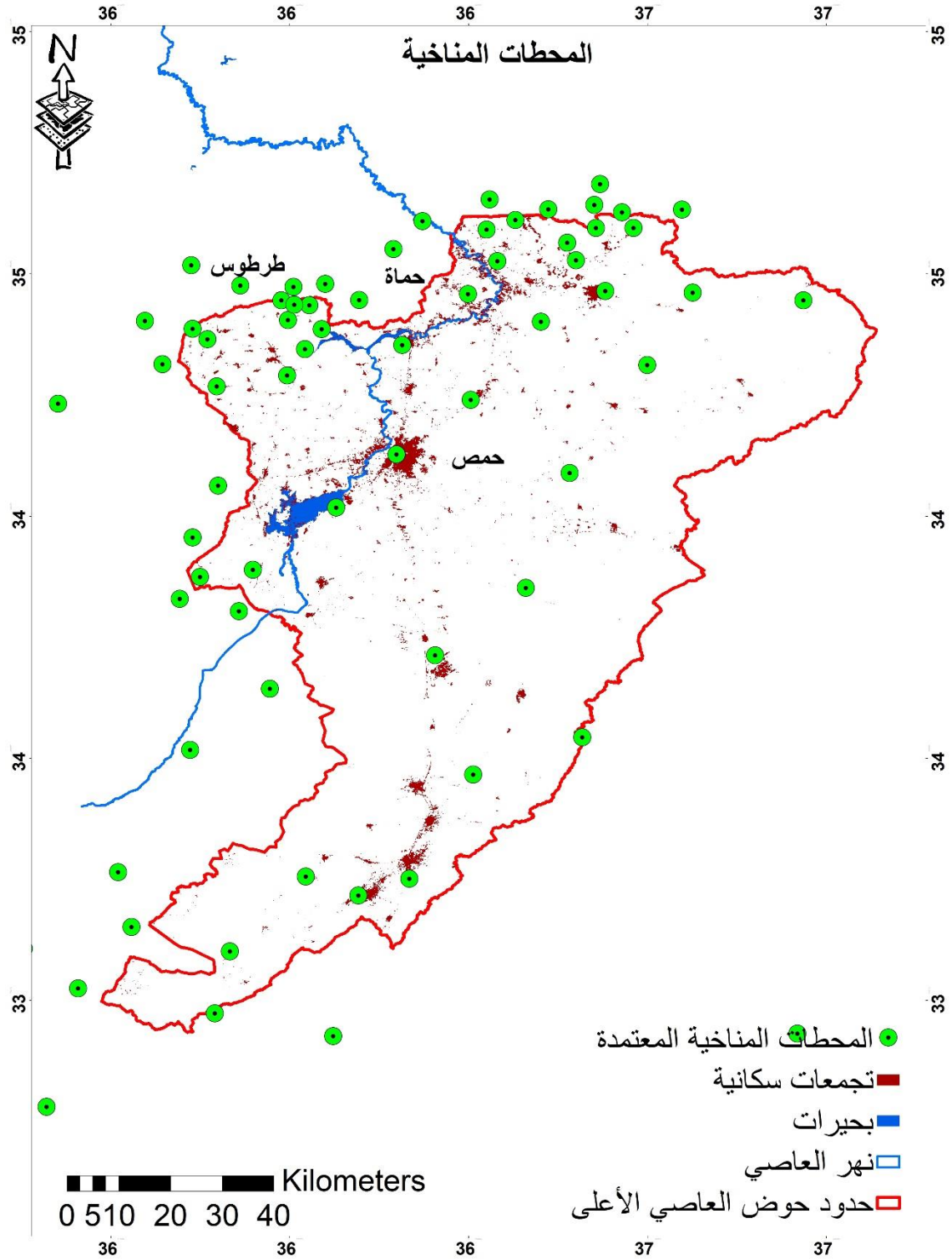
- 1- جمع البيانات الجغرافية والتي تشمل (اسم المحطة، خط الطول والعرض، الارتفاع عن سطح البحر) بواسطة جهاز تحديد المواقع الشامل GPS (جدول 1)
- 2- معالجة البيانات المناخية المسجلة (الهطل المطري-الحرارة-سرعة الرياح-الرطوبة النسبية-الاشعاع الشمسي) ضمن المحطة وتدقيقها واستبعاد القيم الشاذة والممتدة بين عامي 1990-2020.
- 3- إعداد قاعدة البيانات الجغرافية والمناخية بواسطة برنامج (ARCGIS10.3) وإدخال البيانات فيها.
- 4- إجراء عمليات التحليل المكاني Spatial Analyst باستخدام طريقة spline (Lemans and Cramer, 1991).

وإنشاء الخرائط بالاعتماد على قاعدة البيانات المناخية التي تتضمن المتوسطات السنوية للبيانات حسب Penman-Monteith (Hutchinson, 2000)، (Allen et al, 1998) للمحطات المناخية الرئيسة في الحوض المائي والموضحة في خريطة (3) وذلك لفترة 30 سنة، حيث تم إخراج خرائط الهطل المطري (مم)، الحرارة (°م)، الرطوبة النسبية (%، سرعة الرياح (م/ثا)، الاشعاع الشمسي (ميغا جول/م²) عن طريق حساب

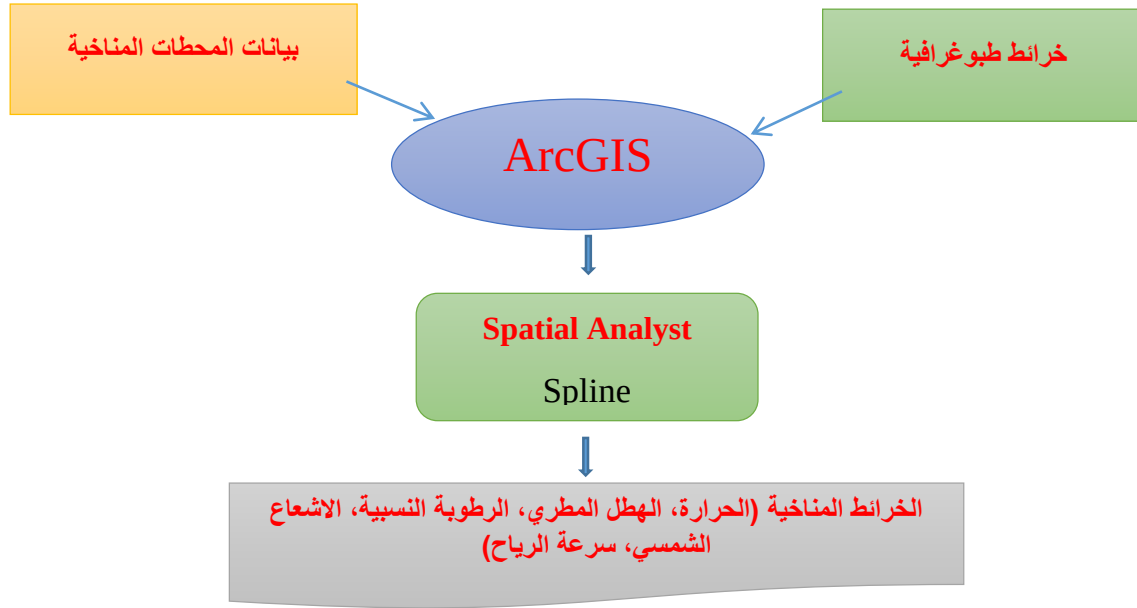
متوسط كل عشر سنوات على حده (2000-1990) – (2010-2000) – (2020-2010) ومن ثم حساب المتوسط الكلي لـ 30 عاماً (2020-1990).

جدول (1) المحطات المناخية

رقم تسلسلي	المحطة	خط العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر (م)
1	الهرمل	34.45831	36.43571	1158
2	رنكوس	33.76041	36.39391	1250
3	المصنع	33.70041	35.91761	754
4	صافيتا	34.81901	36.12171	622
5	الشعيرات	34.49901	36.93401	974
6	مصياف	35.05911	36.35271	382
7	الرستن	34.92041	36.71941	645
8	أبو حكة الجنوبية	34.88581	37.14471	696
9	مهين	34.23981	37.03191	840
10	النبك	33.99421	36.73191	954
11	أثريا	35.38421	37.75251	564
12	الكافات	35.06631	36.88441	425
13	منطقة تدمر 1	34.14841	37.65521	710
14	السلمية	35.01421	37.07211	498
15	منطقة دوما	33.72511	37.40541	804
16	منطقة تدمر 2	34.97821	38.69691	529



خريطة (3) المحطات المناخية



يبين الشكل (4) السابق طريقة استنتاج الخرائط المناخية من خلال معالجة الخرائط الطبوغرافية وبيانات المحطات المناخية ضمن بيئة عمل GIS باستخدام طريقة Spline.

1.6.3. تحديد تأثير تغيرات المناخ على الموارد المائية:

عن طريق تصنيف الخرائط المناخية لجميع العناصر المناخية (الهطل المطري، الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، الاشعاع الشمسي) للفترة الزمنية (1990-2000) - (2000-2010) - (2010-2020) - (2020-2020)، الموضحة في فقرة مواد البحث لأربعة صفوف تعبر عن درجة تأثير كل عنصر من العناصر المناخية السابقة في زيادة أو انحسار الوارد المائي في منطقة الدراسة (حوض العاصي الأعلى) كما هو موضح في الجداول (2).

جدول (2) تصنيف خريطة المناخ

عالية	جيدة	متوسطة	ضعيفة	مؤشرات القدرة على حفظ الموارد المائية
4	3	2	1	العناصر المناخية
>300	300-250	250-200	<200	الهطل المطري(مم)
<15	15-17	17-19	19-21	الحرارة (درجة مئوية)
58-63	54-58	50-54	<50	الرطوبة النسبية (%)
<3	3-3.3	3.3-3.6	3.6-4	سرعة الرياح (م/ثا)
<18	18-18.3	18.3-18.6	18.6-19	الاشعاع الشمسي (ميغا جول/م ²)

يبين الجدول (2) السابق قدرة مناطق الحوض على حفظ الموارد المائية نتيجة تقاطع العناصر المناخية (الهطل المطري، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، الاشعاع الشمسي).

ومن ثم تم جمع الخرائط المعاد تصنيفها مع إعطاء أوزان تثقيل متساوية (فرضاً) لكل عنصر من العناصر المناخية بمقدار 20% ضمن Spatial Analyst طريقة Raster calculator، والوصول لخريطة المناخ العامة التي تعبر عن توزيع أفضل المواقع لحفظ الموارد المائية وكذلك تم إعادة تصنيفها لأربعة صفوف وفقاً لقدرتها على حفظ الموارد المائية.

7.3. إعداد خرائط استعمالات الأراضي:

تم العمل على ثلاث صور فضائية للمشاهد الآتية:

Landsat ETM+(174037-174036-173036) ملتقطة عام 2000

وصورتين فضائيتين للمشاهد الآتية:

Landsat ETM+(174036-173036) ملتقطة عام 2015

وثلاث صور فضائية للمشاهد الآتية:

Landsat ETM+ (174037-174036-173036) ملتقطة عام 2020 ، للمنطقة المدروسة وذات دقة مكانية 30 متراً للحزم –bands- متعددة الأطياف Multiple bands special (MBs) وتم تنفيذ الإرجاع المكاني Georeferencing لهذه الصور وفقاً لنقاط الأسناد الأرضية (GCP (Ground control point) والتي تم أخذها بواسطة جهاز GPS، حيث يتم إرجاع الصور إلى مكانها الصحيح على سطح الأرض باستخدام برنامج (ENVI 5.3)، و برنامج (ARC GIS 10.3)، واستخدام نظام الإسقاط UTM (WGS 1984)

وتم إجراء عملية الدمج mosaic للمشاهد، وتم إسقاط حدود الحوض على الصور الفضائية الشكل (5 و 6 و 7)، والتي تم استنتاجها عن طريق برنامج Arc Hydro Tools ضمن بيئة عمل برنامج GIS بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM ثم إجراء عملية تحديد منطقة الحوض لتقليص مساحة العمل وسهولة إجراء عمليات المعالجة والتحليل، وبعدها تم إجراء تفسير مراقب للصورة الفضائية باستخدام برنامج (ENVI 5.3) لمعرفة جميع المظاهر الموجودة مع الاستعانة بجهاز تحديد المواقع الشامل (GPS) للمواقع العامة المعروفة التي لم يظهر عليها تغيير خلال سنوات فترة الدراسة (2000-2015-2020).

ومن ثم إضافة نتائج التوصيفات الحقلية بكل نقطة مدروسة وأسقطت على الصورة الفضائية تم إجراء تصنيف مراقب وفق كل نقطة موصفة بناءً على موقعها الحقيقي ورقمنة الأهداف المشابهة لها بالانعكاس الطيفي، لرقمنة مساحات أكبر لتسهيل عملية المعالجة الآلية للحاسب لكل هدف على الصورة، ومن ثم المطابقة بين نتائج التحليل والأهداف الحقيقية على الأرض، من خلال التفسير البصري، وإجراء عمليات التحسين، وتوضيح الأهداف المدروسة لإظهارها على الصورة، ومن ثم حساب مساحة كل هدف، والاستخدام الأمثل لكل هدف، واستخراج التحليل الإحصائي لمعرفة دقة التصنيف. واستخدمت طريقة الاحتمالية العظمى Maxlikelihood لمعرفة ماهية الأهداف التي يجب عكسها على الصورة ومن ثم التحويل من معطيات خلوية Raster إلى معطيات شعاعية Vector، ومن ثم تخزينها بصيغة Shapefile، وعرضها ضمن نظام الإسقاط UTM (WGS1984) لإخراج الخرائط النهائية (خرائط استعمالات الأراضي، التقارير)، وتتلخص مراحل العمل وفق الآتي الشكل (8):

- إرجاع الصور الفضائية والتصحيح الهندسي وإجراء عملية قص الصور ودمجها وإزالة التشويش الضبابي والفلتر.

- التحقق الحقلية للأهداف الأرضية عن طريق جهاز تحديد التموضع العالمي GPS.

- إسقاط النقاط GPS على الصور الفضائية لمعرفة ماهية الأهداف.

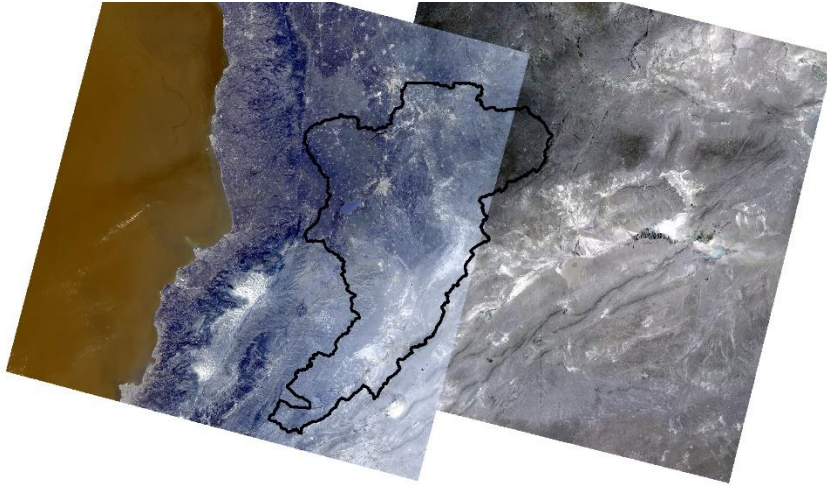
- التصنيف المراقب

- التصنيف البصري لإنتاج مسودة خرائط استعمال الأراضي.

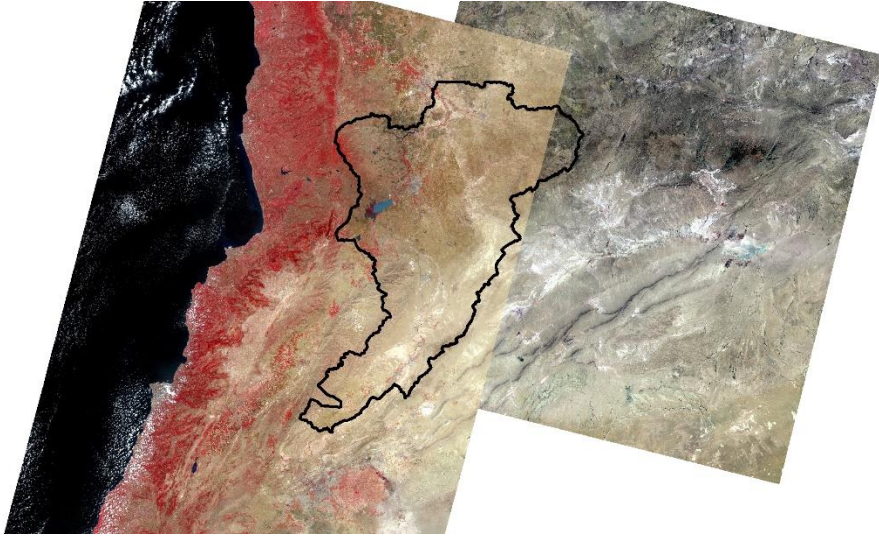
- إنتاج المخرجات النهائية (خرائط استعمالات الأراضي، بيانات إحصائية، التقارير).



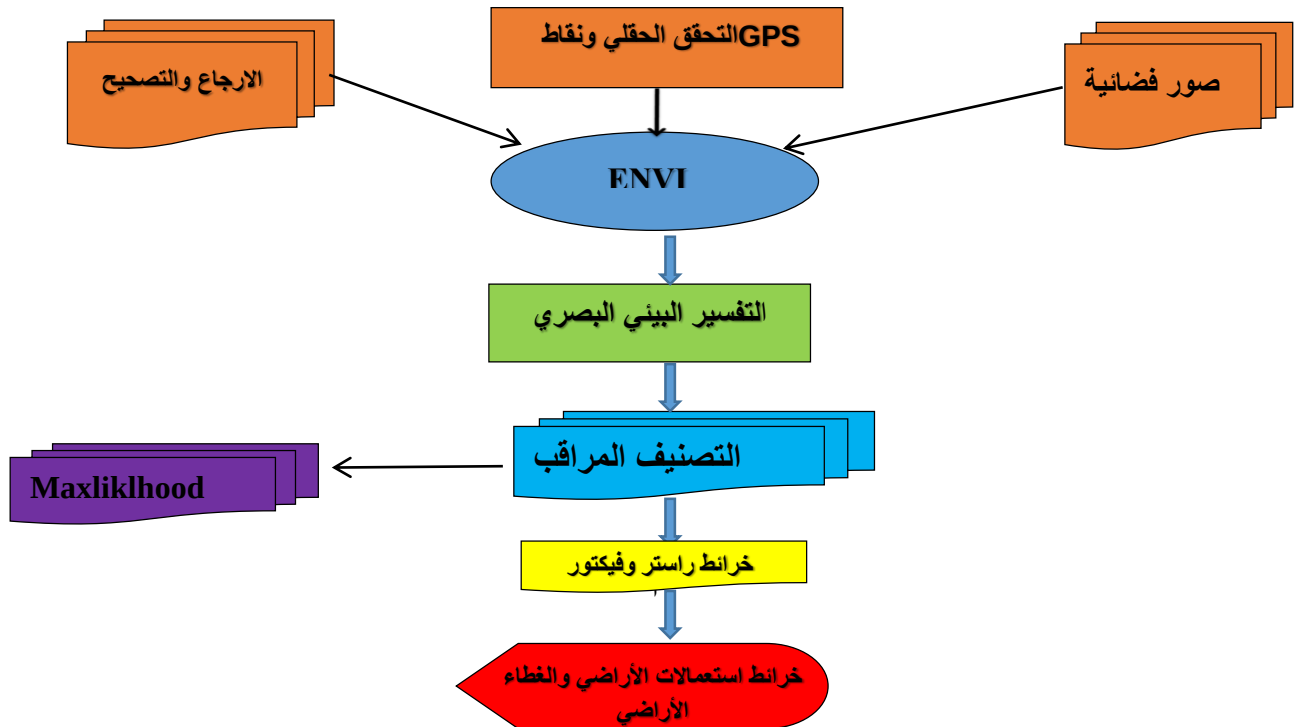
الشكل (5) الصور الفضائية لعام 2000



الشكل (6) الصور الفضائية لعام 2015



الشكل (7) الصور الفضائية لعام 2020



الشكل (8) طريقة استنتاج خرائط استعمالات الأراضي تبعاً لـ (Wu et al, 2008)

يوضح الشكل (8) السابق مراحل استنتاج خرائط استعمالات الأراضي من خلال معالجة بيانات الصور الفضائية ونقاط التحقق الحقلية ضمن بيئة عمل برنامج ENVI5.3 وإجراء عملية التفسير البيئي البصري.

1.7.3. تحديد تأثير تغيرات استعمالات الأراضي على الموارد المائية:

عن طريق تصنيف خرائط استعمالات الأراضي الموضحة في الفقرة السابقة لأربعة صفوف تعبر عن قدرة كل صف من صفوف استعمالات الأراضي على حفظ الموارد المائية في منطقة الدراسة (حوض العاصي الأعلى) وتم تقسيم الصفوف حسب خصائص الغطاء الأرضي (فياض. 2021)، كما هو موضح في الجدول (3)، وفق درجة مساهمة كل صف أو نمط استعمال في الانجراف المائي.

جدول (3) تصنيف خرائط استعمالات الأراضي

مؤشرات القدرة على حفظ الموارد المائية	ضعيفة	متوسطة	جيدة	عالية
	1	2	3	4
نمط استعمال الأراضي	- أراضي هامشية - مراعي	- أراضي - زراعات بعليّة	- أراضي - زراعات مروية - غابات مختلطة - أشجار مثمرة	- أماكن عمرانية - مياه

8.3. إعداد خريطة التربة:

تم الاعتماد على خريطة الترب الرقمية المعدة من قبل إكساد وفقاً للتصنيف الأمريكي 1975 (العلوي، 1985)، (أبو نقطة، 2009)، وتم تصنيفها لأربعة صفوف وفقاً لقدرة كل صف منها على حفظ الوارد المائي لمنطقة الدراسة.

وتشمل على التحضيرات الآتية:

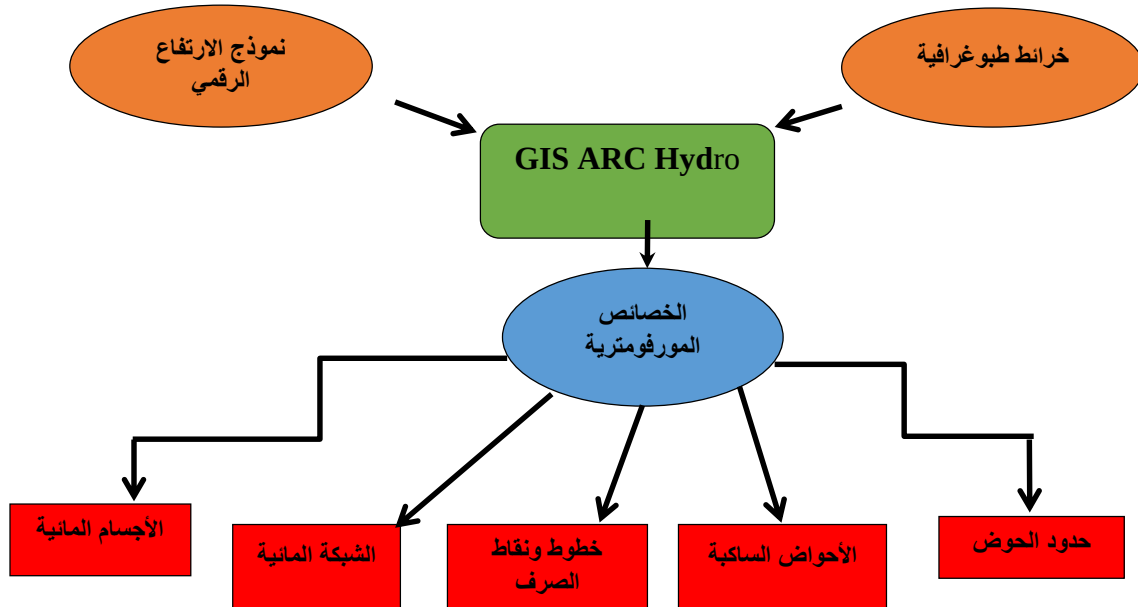
1. وضع الخارطة الفيزيوجرافية لمنطقة الدراسة بالاستناد إلى الخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية TM+ Landsat ذات دقة مكانية 30 م .
2. توصيف الوحدات الفيزيوجرافية.
3. الاستفادة من خريطة الترب المعدة من قبل أكساد، والتي توضح مجموعات الترب في سوريا (العلوي، 1985) تبعاً للتصنيف الأمريكي.

9.3. إعداد خريطة الجيولوجية:

اشتقت من الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة من الخريطة 1/200,000 لشركة تكنوإكسبورت الروسية (Technoexport, 1963)، وتم تصنيفها لأربعة صفوف وفقاً لقدرة كل صف منها على حفظ الوارد المائي لمنطقة الدراسة.

10.3. إعداد الخرائط الهيدرولوجية:

- تم وضع الخريطة الهيدرولوجية للحوض المدروس باستخدام برنامج Arc Hydro وفق المنهجية الآتية:
1. تحديد حدود الحوض من مكاملة معطيات الصور الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي خريطة (2) السابقة مع الخرائط الطبوغرافية المرقمة وتم تنفيذ الإرجاع المكاني Georeferencing بمساعدة نقاط التحقق الحقلية (GCPs) باستخدام الـ GPS لرقمنة حدود الحوض كما هو موضح في الشكل (9).
 2. رقمنة نهر العاصي مع جميع الروافد والمجري المائية والمسيلات المائية التي تدعم وتصب في النهر عن طريق الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (80م) لكامل حدود منطقة الدراسة.
 3. تحديد الأحواض المائية الفرعية (الحوضات المائية watersheds).
 4. تحديد الشبكة المائية والمجري المائية الرئيسة والفرعية للحوض.
 5. تحديد خطوط ونقاط الصرف Drainage points, Line لكامل الحوض.



الشكل (9) مراحل وضع الخرائط الهيدرولوجية

11.3. تحديد التأثير المشترك لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية باستخدام ARC GIS:

تم ذلك اعتماداً على المعالجة اليدوية (الطريقة التقليدية) من خلال وضع عدة مراحل حيث تم جمع خرائط المناخ العامة ضمن Spatial Analyst طريقة Raster calculator، للفترة الزمنية (1990-2000)- (2000-2010)- (2010-2020)، المصنفة لأربعة صفوف الناتجة من منهجية تأثير المناخ السابقة مع خرائط استعمالات الأراضي للأعوام 2000-2010-2020 المصنفة لأربعة صفوف والناتجة من منهجية تأثير استعمالات الأراضي السابقة وذلك لكل خريطة على حدة بالإضافة لخريطة التربة والجيولوجية والانحدار المصنفة لأربعة صفوف أيضاً وفق المعادلات الآتية:

Stage1: $(0.2 * \text{Climate (1990-2000)} + 0.2 * \text{Landuse2000} + 0.2 * \text{Soil} + 0.2 * \text{Slope} + 0.2 * \text{Geology})$

Stage2: $(0.2 * \text{Climate (2000-2010)} + 0.2 * \text{Landuse2015} + 0.2 * \text{Soil} + 0.2 * \text{Slope} + 0.2 * \text{Geology})$

Stage3: $(0.2 * \text{Climate (2010-2020)} + 0.2 * \text{Landuse2020} + 0.2 * \text{Soil} + 0.2 * \text{Slope} + 0.2 * \text{Geology})$

Stage4: $(0.2 * \text{Climate (1990-2020)} + 0.2 * \text{Landuse2000} + 0.2 * \text{Soil} + 0.2 * \text{Slope} + 0.2 * \text{Geology})$

Stage5: $(0.2 * \text{Climate (1990-2020)} + 0.2 * \text{Landuse2015} + 0.2 * \text{Soil} + 0.2 * \text{Slope} + 0.2 * \text{Geology})$

Stage6: $(0.2 * \text{Climate (1990-2000)} + 0.2 * \text{Landuse2020} + 0.2 * \text{Soil} + 0.2 * \text{Slope} + 0.2 * \text{Geology})$

12.3. تحديد التأثير المشترك لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية باستخدام ARCSWAT:

تم ذلك من خلال جمع كل من تأثير تغيير استعمالات الأراضي للأعوام (2000-2015-2020) كل عام على حدة مع تأثير تغيرات المناخ خلال الفترة 1990-2020، حيث إنه تم العمل على أداة SWAT ضمن بيئة عمل Arc GIS 10.3 وذلك عن طريق إدخال نموذج الارتفاع الرقمي لبيئة عمل أداة SWAT ومن خلاله تم الحصول على الخرائط الهيدرولوجية (الأحواض الساكبة – الشبكة المائية – نقاط الصرف)، ومن ثم تم إدخال معطيات التربة واستعمالات الأراضي والانحدار ومعالجتها وإعادة تصنيفها ومع الأخذ بالحسبان إدخال خرائط استعمالات الأراضي كل منها على حدة للأعوام (2000-2015-2020)، حتى توصلنا إلى ثلاثة نماذج من وحدات الاستجابة الهيدرولوجية (hurs) حسب استعمالات الأراضي المدخلة التي تعد العنصر المتغير بينما عناصر التربة والانحدار ثابتة وتم فيما بعد مقاطعة نماذج وحدات الاستجابة الهيدرولوجية الثلاثة مع الخرائط المناخية حتى وصلنا إلى التأثير المشترك للمناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية (المنهجية الموضحة في الشكل (10) أدناه) وفق السيناريوهات التالية:

Stage1: hurs2000+Climate 1990-2000

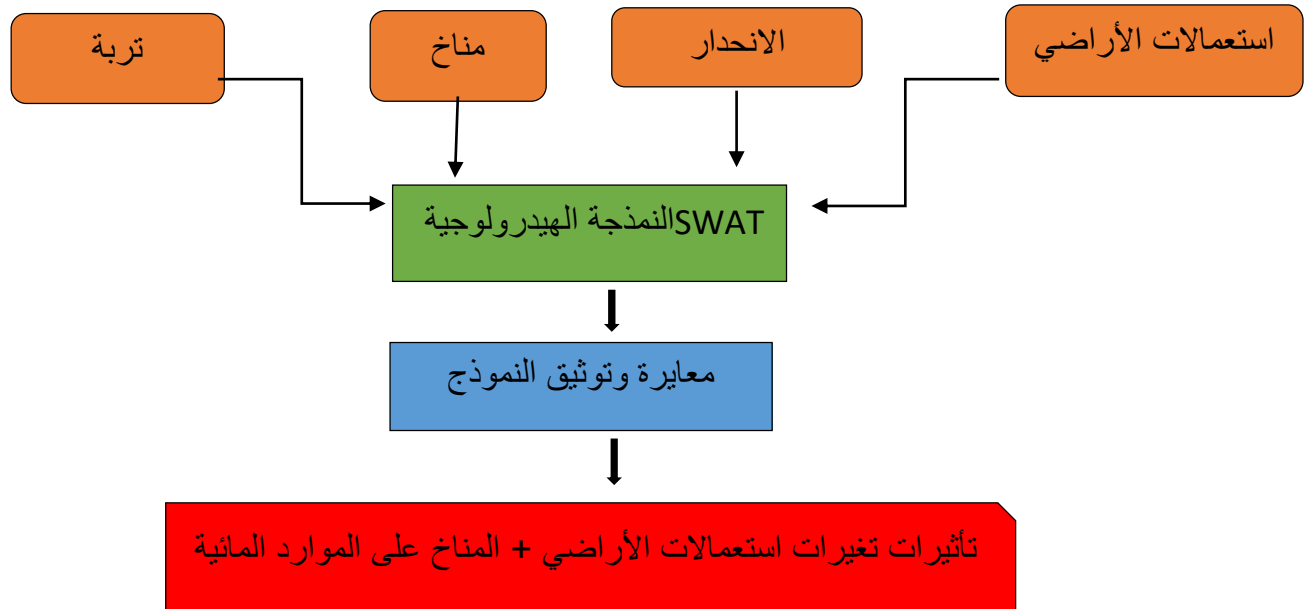
Stage2: hurs2015+Climate 2000-2010

Stage3: hurs2020+Climate 2010-2020

Stage4: hurs2000+Climate 1990-2020

Stage5: hurs2015+Climate 1990-2020

Stage6: hurs2020+Climate 1990-2020



الشكل (10) منهجية SWAT

يوضح الشكل (10) السابق منهجية العمل ضمن أداة SWAT حيث تمت من خلال معالجة بيانات كلّ من (استعمالات الأراضي، الإنحدار، المناخ، التربة) ضمن بيئة عمل SWAT والحصول منها على وحدات الإستجابة الهيدرولوجية، ومن خلال مقاطعة وحدات الإستجابة الهيدرولوجية مع بيانات المناخ يتم الوصول إلى تأثير استعمالات الأراضي والمناخ على الموارد المائية.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

1.4. الخرائط الطبوغرافية:

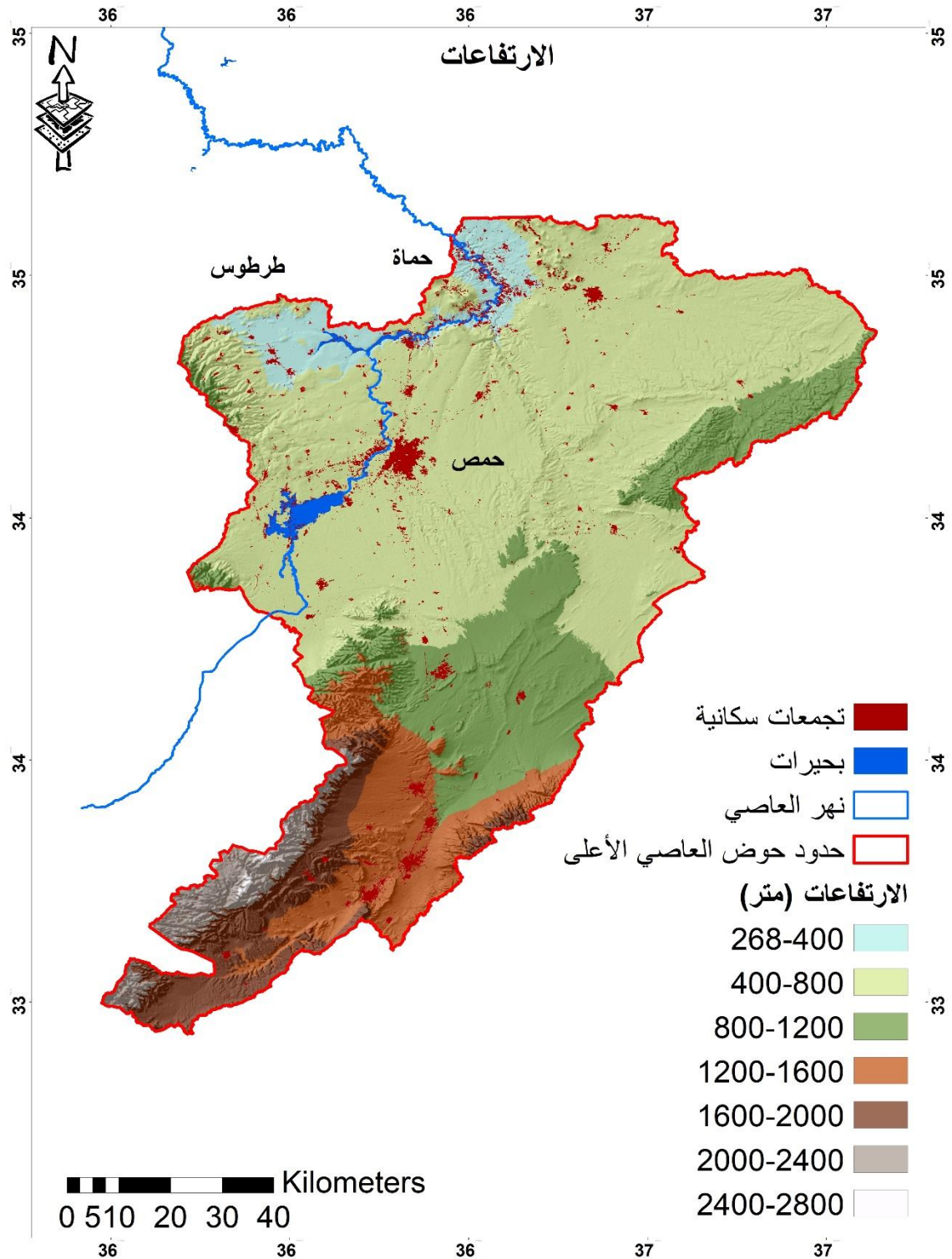
تمثل كلاً من (الارتفاع - الانحدار - اتجاه السفوح - شكل الأرض).

1.1.4. الارتفاع عن سطح البحر:

تبين خريطة الارتفاع عن سطح البحر الخريطة (4) وجود تباين ملحوظ في الارتفاع ضمن مناطق الحوض، حيث بلغت أعلى قيمة 2619م في الجنوب الغربي (جبال القلمون ولبنان) وأدنى ارتفاع 268م في الشمال (سهول حماة وحمص)، إذ بلغت مساحة الارتفاعات المنخفضة الأقل من 644 م حوالي 3695 كم² بنسبة مئوية 41.7%، وبلغت مساحة الارتفاعات المتوسطة (644-1004) م حوالي 3036 كم² بنسبة مئوية 34.3%، بينما بلغت مساحة الارتفاعات الأعلى من 1004 م حوالي 2110 كم² بنسبة مئوية 23.8% الجدول (4) (Alejandra, 2008).

جدول (4) الارتفاع عن سطح البحر

الصف	الارتفاع	التوصيف	المساحة/كم ²	%
1	268-644	قليل الارتفاع	3695	41.80
2	644-1004	متوسط الارتفاع	3036	34.34
3	1004-1426	مرتفع	873	9.87
4	1426-1894	مرتفع جداً	878	9.93
5	1894-2619	شاهق	359	4.06
المجموع			8841	100



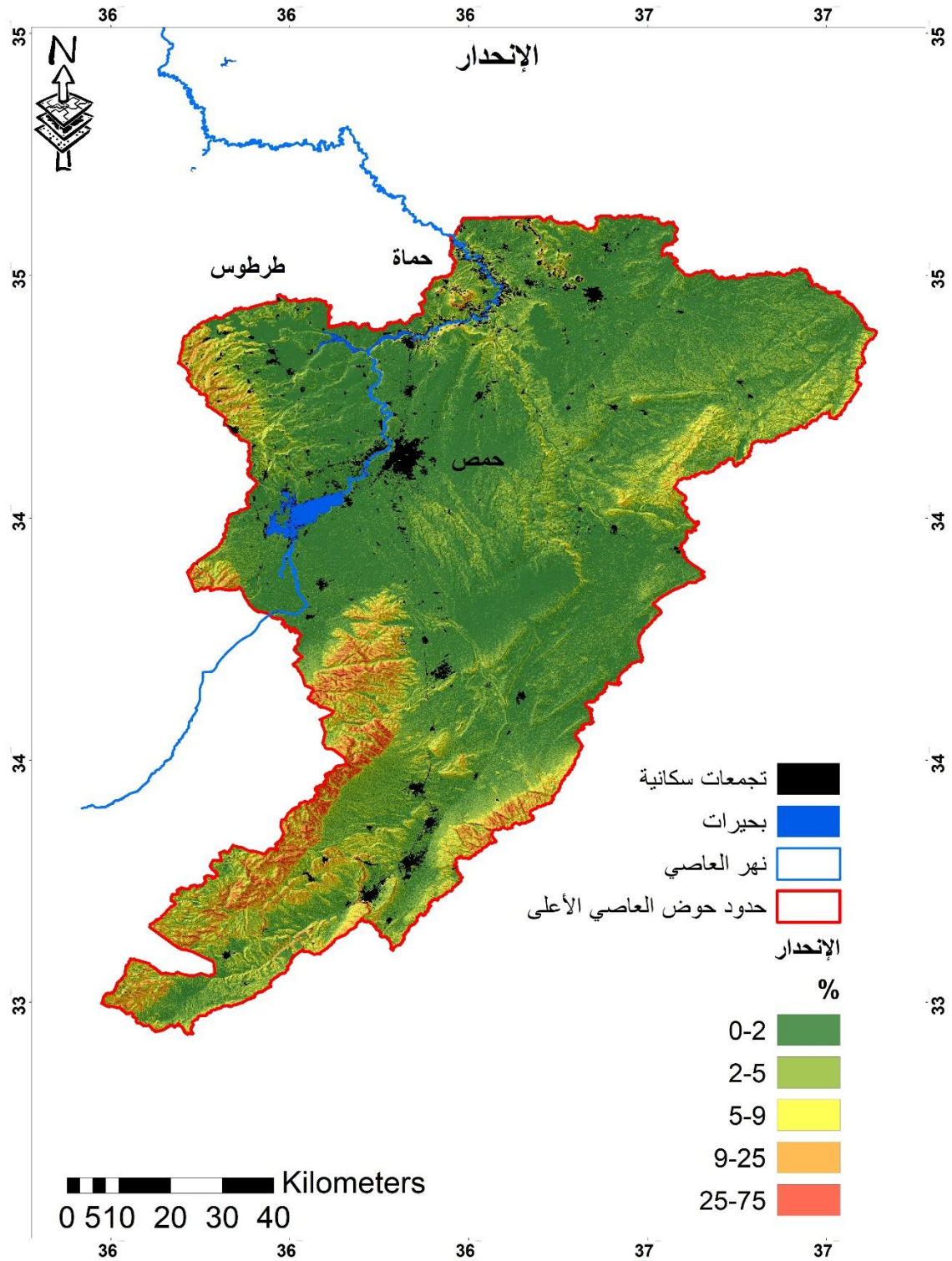
خريطة (4) الارتفاعات

2.1.4. الإنحدار:

تبين خريطة الإنحدار خريطة (5) وجود فوارق كبيرة في درجات الانحدار بين مناطق الحوض، حيث بلغت قيم الانحدارات المنخفضة والخفيفة بين (0-5%) في الجزء الوسطي من الحوض بمساحة 7157 كم² ونسبة مئوية 80.9% من مساحة الحوض، وقيم الانحدارات المتوسطة بين (5-25%) في الجزء الوسطي والغربي والجنوبي بمساحة 1375 كم² ونسبة مئوية 15.5% من مساحة الحوض، بينما بلغت الانحدارات العالية (25-75%) في الجزء الغربي بمساحة 309 كم² ونسبة مئوية 3.4% من مساحة الحوض الجدول (5) (Alejandra, 2008).

جدول (5) قيم الانحدار

الصف	الانحدار	التوصيف	المساحة/كم ²	%
1	0-2%	مستو	4804	54.34
2	2-5%	خفيف	2353	26.62
3	5-9%	متوسط	862	9.75
4	25-9%	قوي	513	5.80
5	75-25%	شديد	309	3.49
المجموع			8841	100



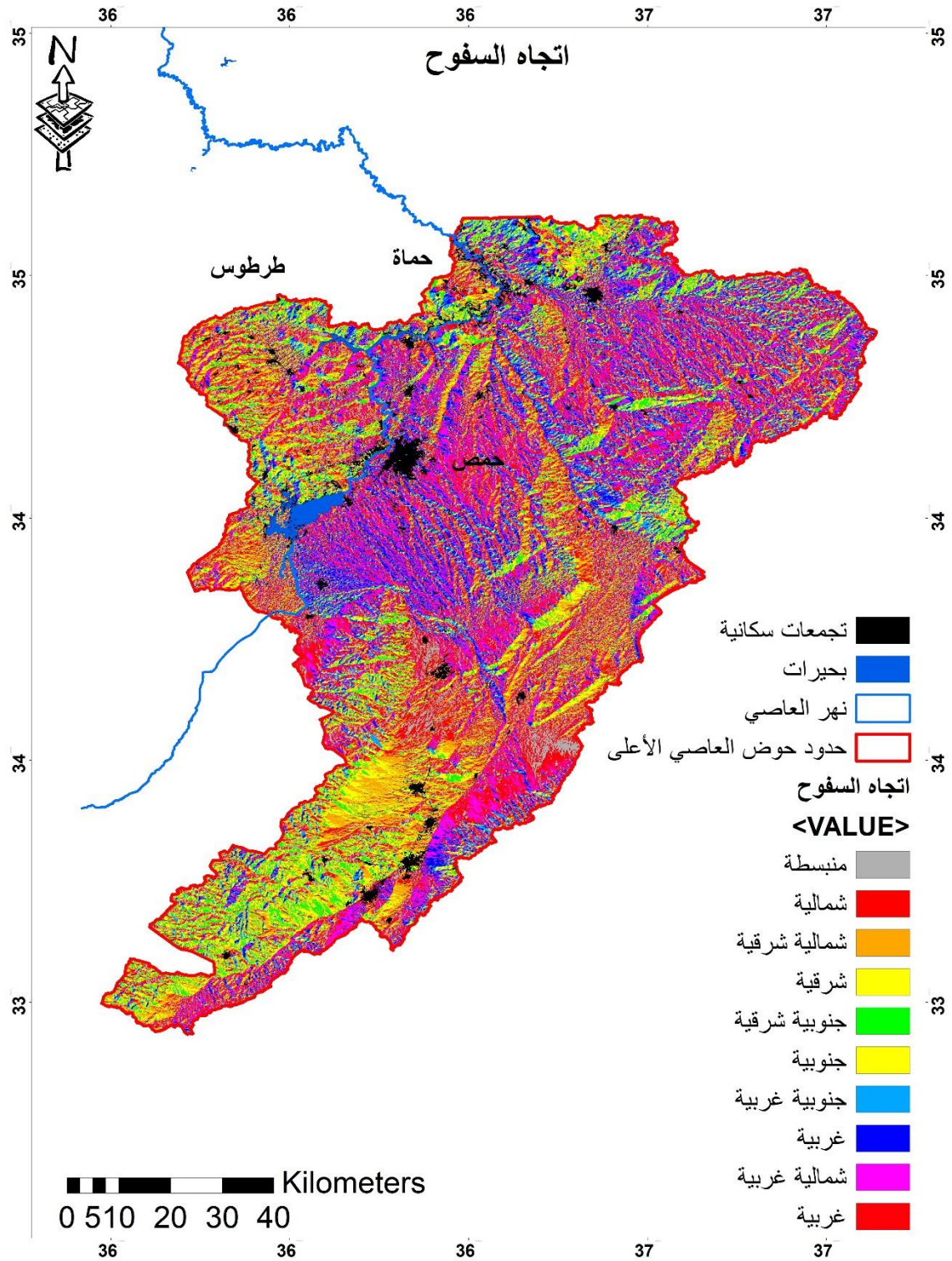
خريطة (5) الإنحدار

3.1.4. اتجاه السفوح:

تبين خريطة اتجاه السفوح خريطة (6) توزع المنحدرات في كافة الجهات بنسب متقاربة، حيث تم تقسم الحوض إلى تسعة صفوف من الاتجاهات (منبسطة، شمالية، شمالية شرقية، شرقية، جنوبية شرقية، جنوبية، جنوبية غربية، غربية، شمالية غربية) جدول (6)، حيث إن اتجاه المنحدرات هذا يتحكم في جريان مياه الهطل المطري نحو الأودية المغذية للحوض، وتزيد شدة الجريان أو تنخفض تبعاً لدرجة الانحدار.

جدول (6) اتجاه السفوح

الصف	الاتجاه	التوصيف	المساحة/ كم ²	%
1	منبسط	منبسط	2	0.02
2	شمال	قليل الارتفاع	698	7.90
3	شمال شرق	متوسط الارتفاع	1257	14.21
4	شرق	مرتفعة	1090	12.33
5	جنوب شرق	مرتفعة جداً	835	9.45
6	جنوب	شديدة الارتفاع	664	7.51
7	جنوب غرب	شديدة الارتفاع جداً	769	8.70
8	غرب	شاهقة	1166	13.19
9	شمال غرب	شاهقة قليلاً	1596	18.05
10	شمال	شاهقة جداً	764	8.64
المجموع			8841	100



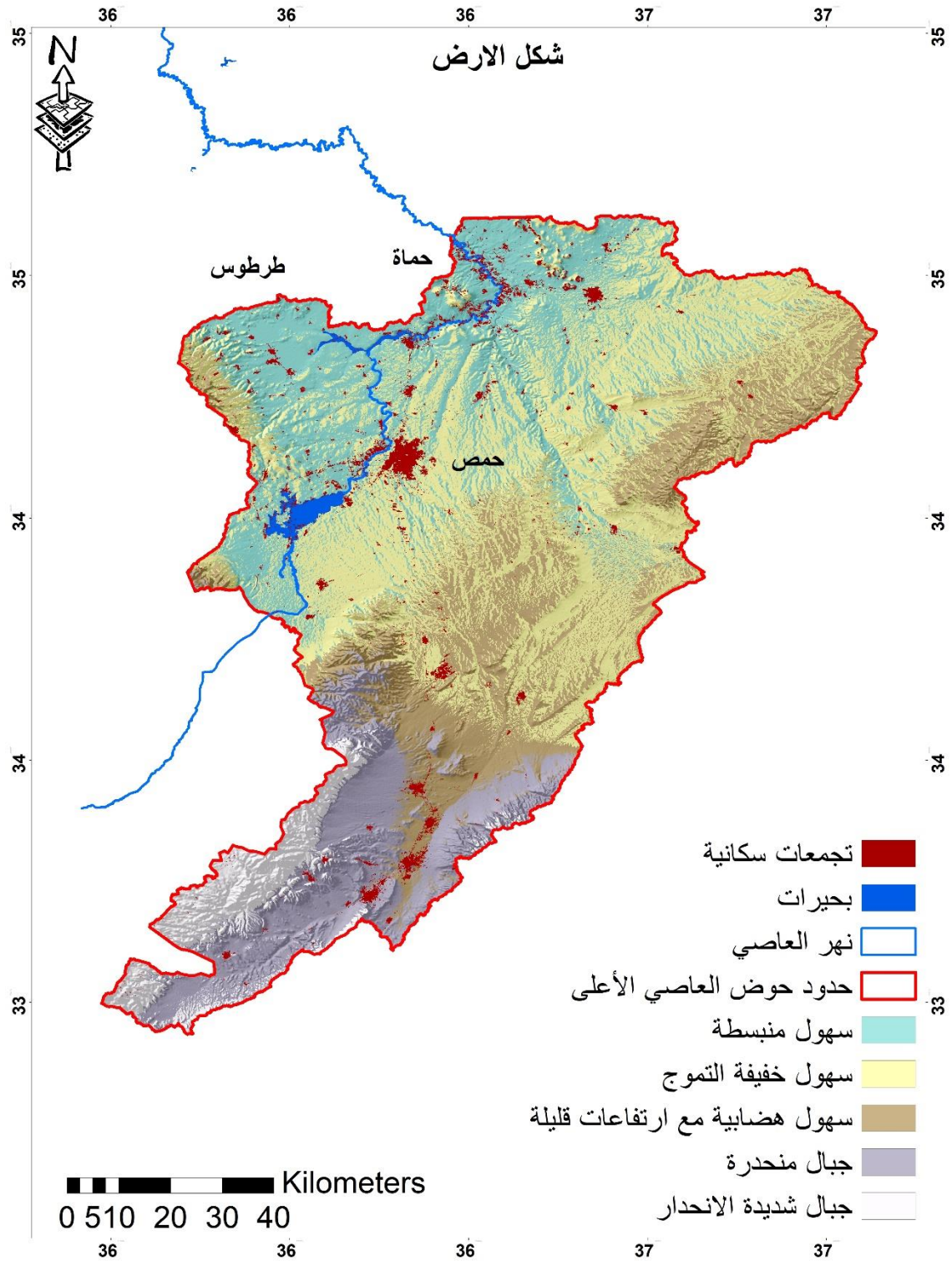
خريطة (6) اتجاه السفوح

4.1.4. شكل الأرض:

تمثل كل من (الارتفاع-الانحدار-اتجاه السفوح) مجتمعة معاً في تحديد شكل الأرض، وتبين خريطة شكل الأرض خريطة (7)، تنوع طوبوغرافيا الحوض، حيث تركزت السهول المستوية والسهول الخفيفة التموج في الجزء الوسطي من الحوض بمساحة 5513 كم² ونسبة مئوية 62.3% من مساحة الحوض، والسهول الهضابية ذات الارتفاعات القليلة ممتدة من وسط الحوض إلى الجنوب بمساحة 1691 كم² ونسبة مئوية 19.1% من مساحة الحوض، بينما الجبال المنحدرة والشديدة الانحدار في الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي بمساحة 1637 كم² بنسبة مئوية 18.5% من مساحة الحوض، جدول (7) (Alejandra, 2008).

جدول (7) شكل الأرض

الصف	شكل الأرض	التوصيف	المساحة/ كم ²	%
1	سهول منبسطة	ارتفاعات خفيفة، منبسطة مع ميل مستو (0-2%)	2164	24.48
2	سهول خفيفة التموج	ارتفاعات خفيفة، جنوبية مع ميل خفيف (2-5%)	3349	37.88
3	سهول هضابية مع جبال قليلة الارتفاع	ارتفاعات متوسطة، غربية مع ميل متوسط (5-9%)	1691	19.13
4	جبال منحدر	ارتفاعات عالية، شمالية غربية مع ميل قوي (9-25%)	1158	13.10
5	جبال شديدة الانحدار	ارتفاعات عالية جداً، شمالية مع ميل قوي جداً (25-75%)	479	5.41
المجموع			8841	100



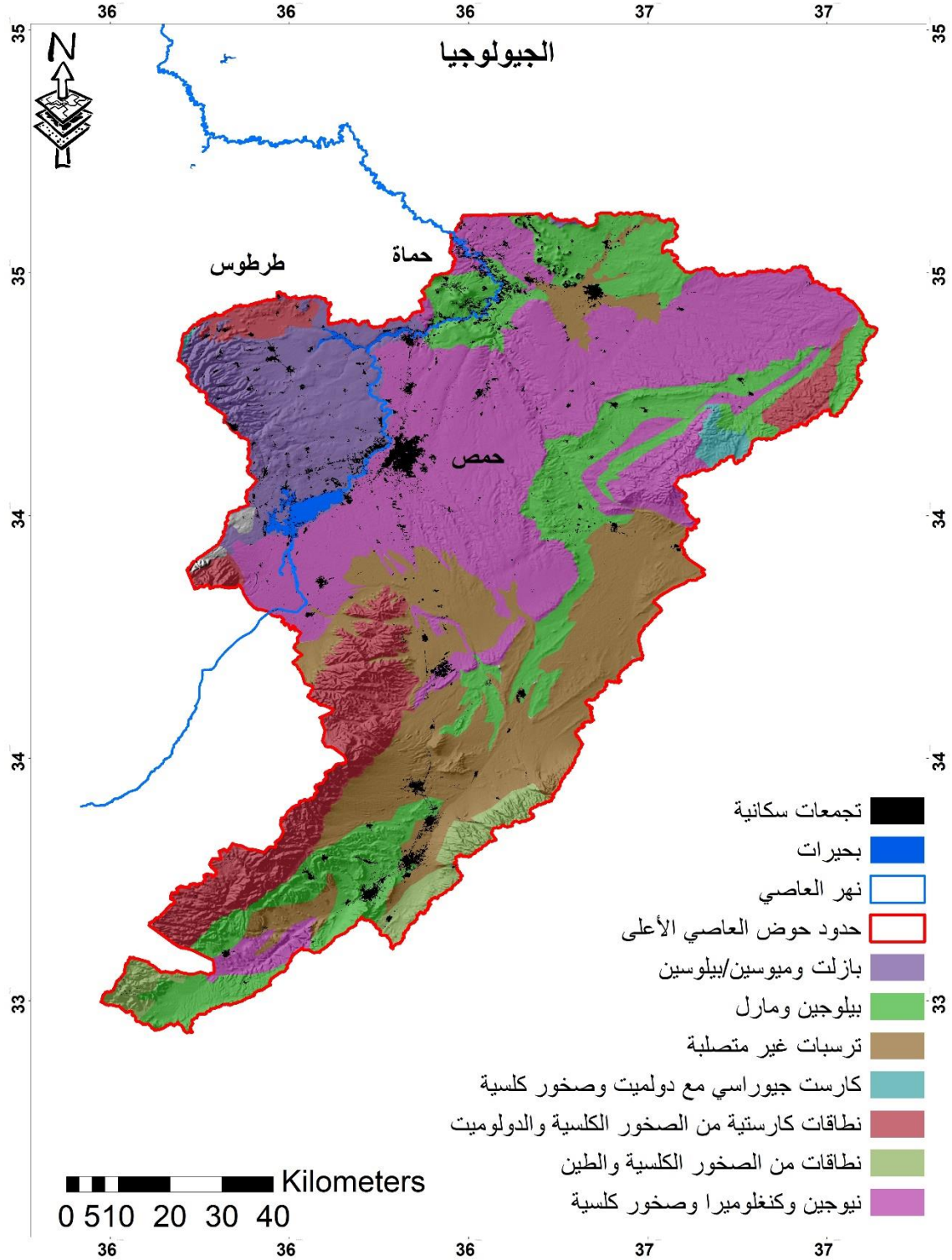
خريطة (7) شكل الأرض

2.4. خريطة الجيولوجية:

تبين الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة خريطة (8)، توزع الصخور الكلسية والكنغلوميرا من عصر النيوجين في الجزء الوسطي من الحوض بمساحة 3055 كم² بنسبة مئوية 35% من مساحة الحوض، والترسبات غير المتصلبة في الجزء الجنوبي الشرقي بمساحة 1870 كم² بنسبة مئوية 21%، والدولوميت والصخور الكلسية في الجزء الغربي بمساحة 899 كم² بنسبة مئوية 10%، والمارل في الجزء الوسطي والشمال والجنوبي بمساحة 1727 كم² بنسبة مئوية 19%، ويوجد الطين في الجزء الجنوبي الشرقي والجنوبي الغربي بمساحة 243 كم² بنسبة مئوية 3% مساحة الحوض، جدول (8) (Technoexport, 1963).

جدول (8) الجيولوجيا

الصف	الجيولوجيا	المساحة/كم ²	%
1	نطاقات كارستية من الصخور الكلسية والدولوميت	899	10
2	نيوجين وصخور كلسية وكنغلوميرا	3055	35
3	ترسبات غير متصلبة	1870	21
4	بازلت وميوسين/بيلوسين	983	11
5	بيلوجين ومارل	1727	19
6	كارست جيوراسي مع دولوميت وصخور كلسية	64	1
7	نطاقات من الصخور الكلسية والطين	243	3
المجموع		8841	100



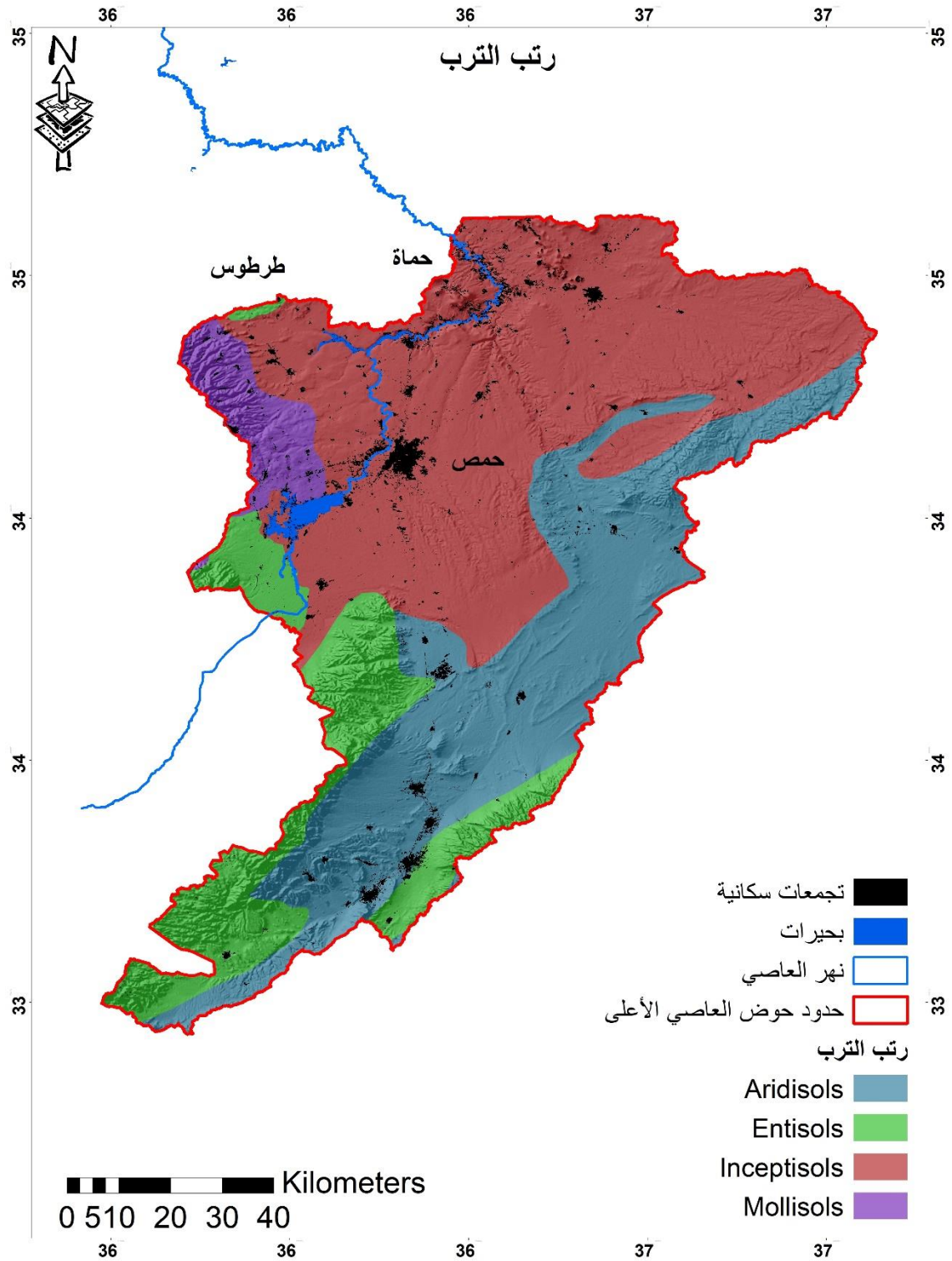
خريطة (8) الجيولوجية في حوض العاصي الأعلى حسب (Technoexport, 1963)

3.4. خريطة التربة:

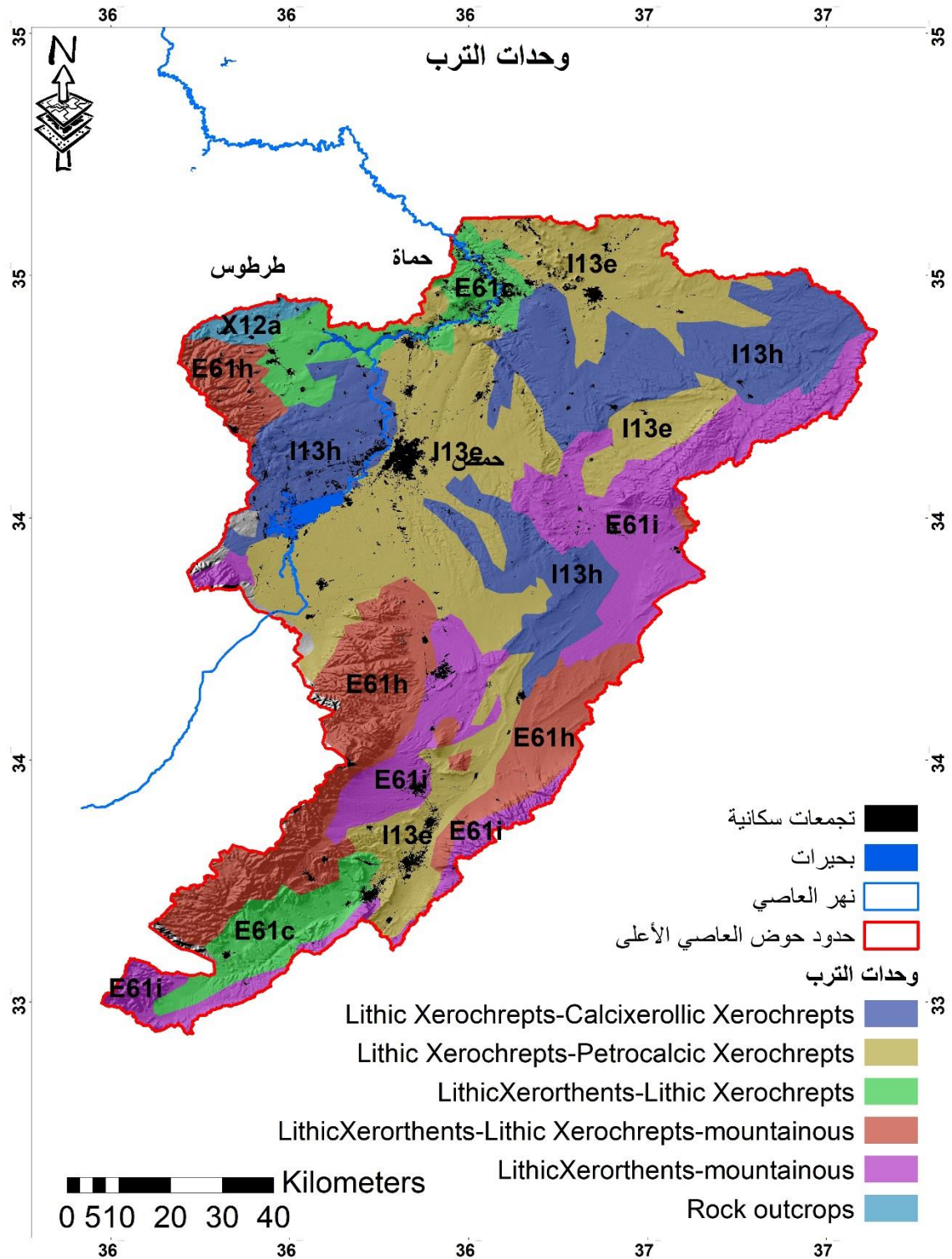
توزعت الترب في منطقة الدراسة لأربع رتب وهي: (Aridisols, Entisols, Inceptisols, Mollisols) حسب (Soil taxonomy) كما هو موضح في الخريطة (9)، حيث توزعت رتبة Aridisols في الجزء الشرقي والجنوبي من الحوض بمساحة 2697 كم² بنسبة مئوية 31% من مساحة الحوض، ورتبة Entisols في الجزء الغربي وأقصى الجنوب الشرقي من الحوض بمساحة 1388 كم² وبنسبة مئوية 16% من مساحة الحوض، ورتبة Inceptisols في الجزء الوسطي والشمالي من الحوض بمساحة 4360 كم² ونسبة مئوية 49% من مساحة الحوض، أما رتبة Mollisols في الجزء الشمالي الغربي من الحوض (غرب مدينة حمص) وبمساحة 396 كم² ونسبة مئوية 4%، في حين تم تمييز 6 وحدات من الترب كما هو موضح في الجدول (9) و الخريطة (10) وتم توضيح قوام الترب كما هو موضح في الخريطة (11) (العلوي، 1985).

جدول (9) وحدات الترب وقوامها

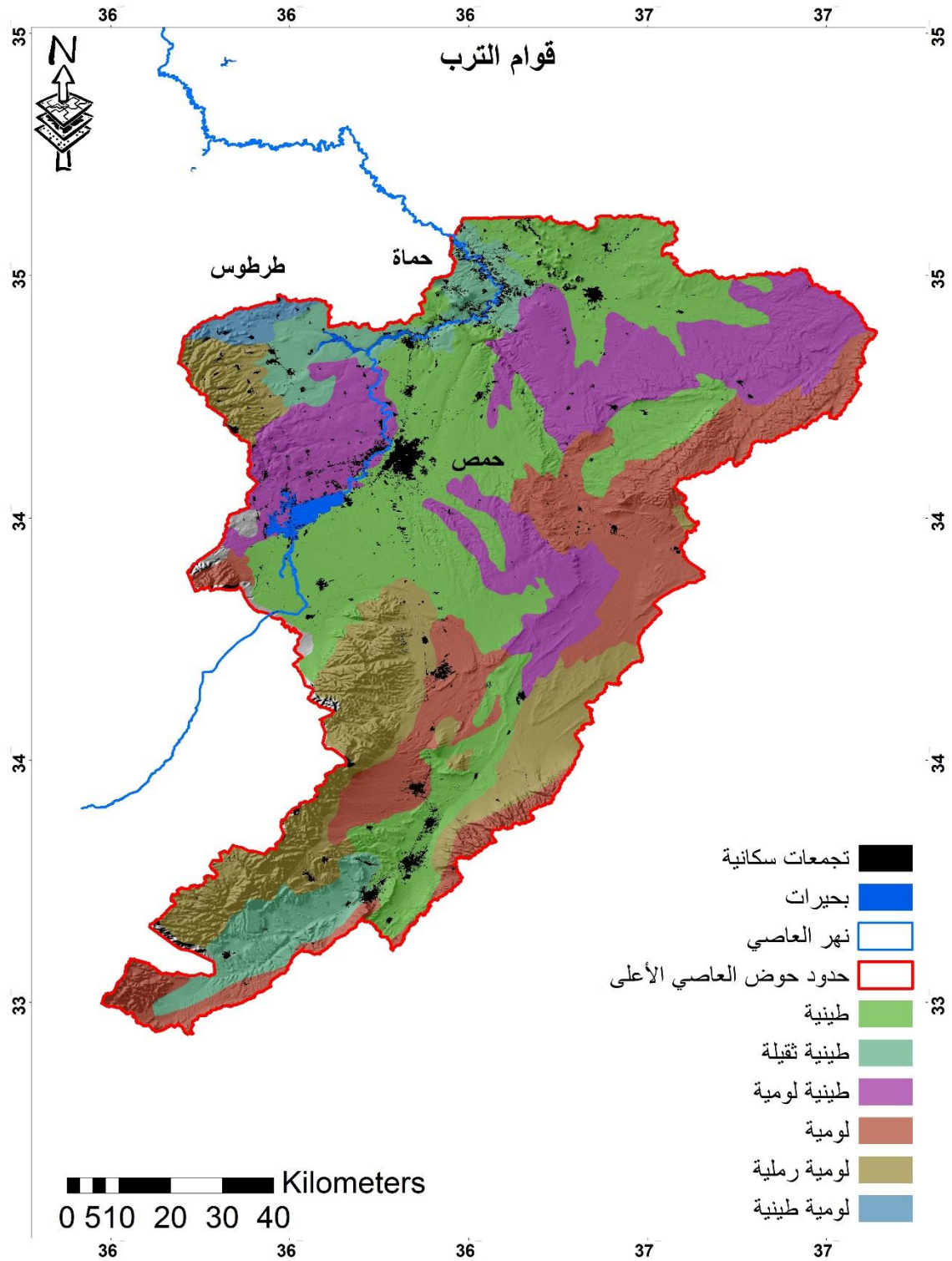
رمز وحدة الترب	الخصائص والاستعمالات	قوام لترب	وحدات الترب
I13e	ترب قليلة العمق للسهول الخفيفة التموج، زراعات بعليّة	طيني	Lithic Xerochrepts-Petrocalcic Xerochrepts
E61h	ترب قليلة العمق ومحجرة ذات قوام متوسط إلى ناعم للجبال متوسطة الارتفاع، غابات ومراعي	لومي رملي	LithicXerorthents-Lithic Xerochrepts-mountainous
I13h	ترب قليلة العمق جيدة الصرف للتلال المرتفعة والسهول المتموجة، مراعي وزراعات بعليّة	طينية لومية	Lithic Xerochrepts-Calcixerollic Xerochrepts
E61i	ترب قليلة العمق إلى ضحلة ومحجرة ذات أحجار كبيرة ضخمة للجبال المنخفضة والمتوسطة الارتفاع، زراعات بعليّة على المدرجات	لومي	LithicXerorthents-mountainous
E61c	ترب قليلة العمق ومحجرة للمنحدرات الجانبية والمتعرية، مراعي	طيني ثقيل	LithicXerorthents-Lithic Xerochrepts
X12a	صخور وأحجار كلسية للتلال والجبال الصخرية	لومي طيني	Rock outcrops



خريطة (9) رتب التربة في حوض العاصي الأعلى حسب (العليوي، 1985)



خريطة (10) وحدات التربة في حوض العاصي الأعلى حسب (العليوي، 1985)



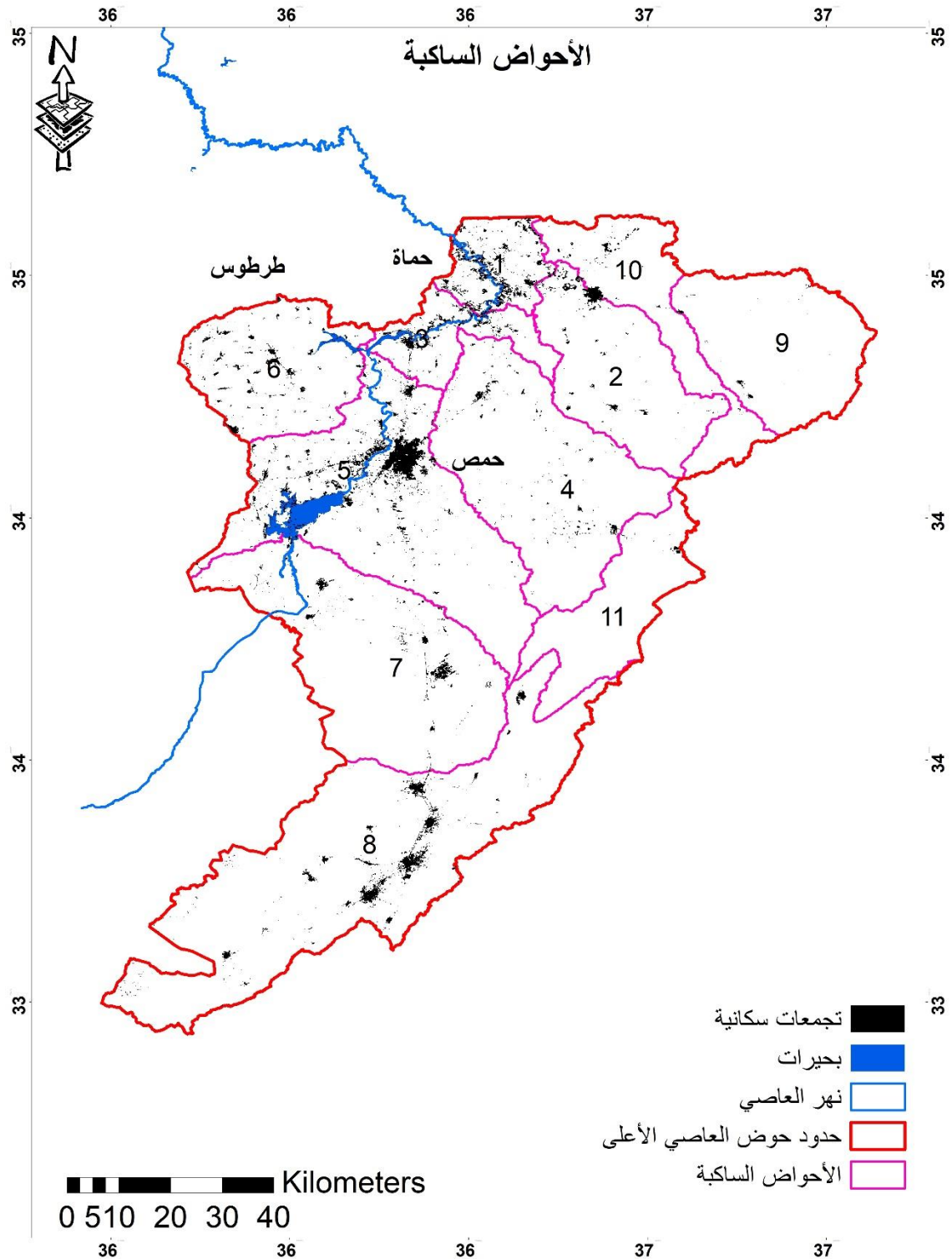
خريطة (11) قوام الترب

4.4. الخرائط الهيدرولوجية:

بيّنت الخرائط الهيدرولوجية في منطقة الدراسة وجود شبكة من المسيلات المائية والأودية التي تعبر عن تنوع الطبوغرافيا في المنطقة (هضاب_سهول_أودية_جبال)، وتتباين كثافة الشبكة المائية حسب الطبوغرافيا، ونوع التربة والمناخ السائد، هذا ويعد الحوض أحد أغنى الأحواض في سورية بالمياه الجوفية المخزنة بالطبقات الصخرية الكلسية الحاملة للمياه.

وأظهرت الخرائط الهيدرولوجية توزيع الحوض على 11 حوضاً مائياً جزئياً تم تحديدها بناءً على طبوغرافيا الحوض ودرجة الانحدار كما هو موضح في الخريطة (12) والجدول (10)، و16 نقطة صرف ضمن الشبكة المائية الموزعة في الحوض والتي تعد مواقع جيدة للسدود التجميعية كما هو موضح الخريطة (13)، وتبين الخريطة (14) تقسيمات الشبكة المائية ضمن الحوض التي تدرج على خمسة تقسيمات (جداول مائية عدد 3 مختلفة في سماكة التفرع، مجرى مائي عدد 2 ومجرى النهر الأساسي).

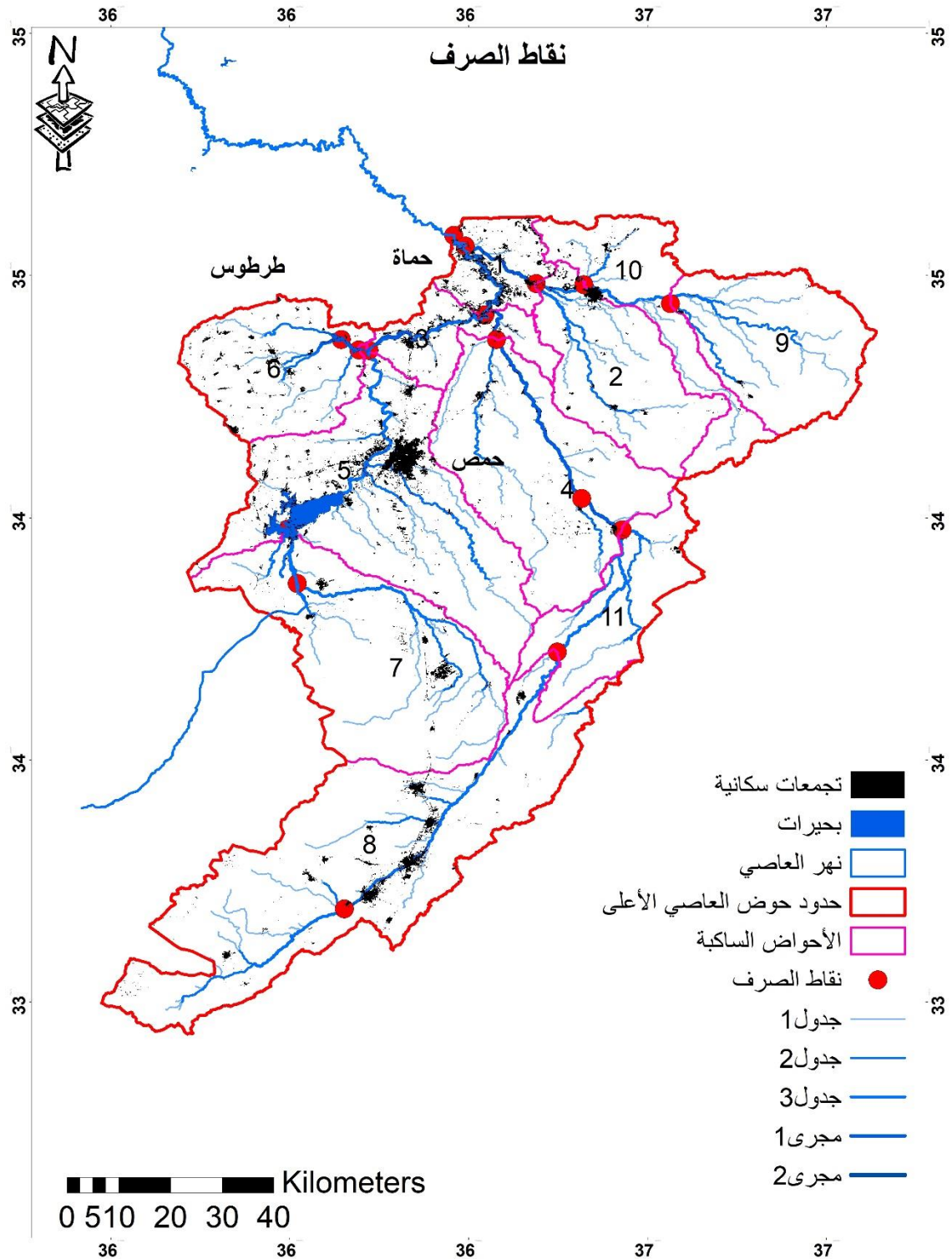
تنتشر الينابيع في الجزء الغربي والجنوبي من الحوض (برشين، مصيف، وادي العيون، الجبال الساحلية)، والخزانات المائية السطحية في سهول حمص وحماة على طول مجرى نهر العاصي، إضافة لوجود البحيرات المتشكلة من مياه نهر العاصي وهي (بحيرة قطينة _ بحيرة الرستن)، فضلاً عن انتشار المستنقعات المائية والرامات غير الدائمة في الأراضي الطينية الثقيلة والأودية غربي الحوض تبعا للشدات المطرية التي يمكن أن تحدث في موسم الأمطار.



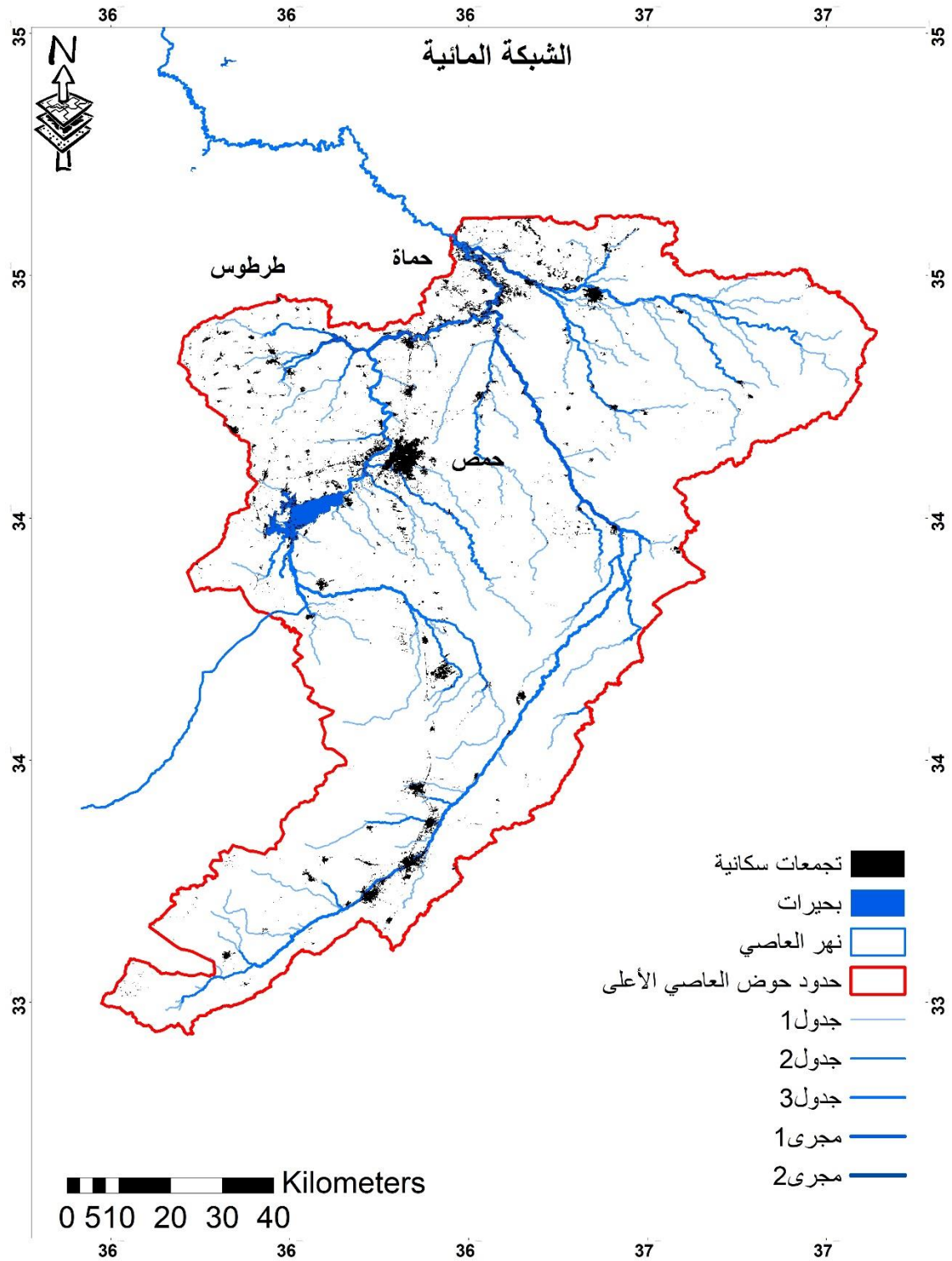
خريطة (12) الأحواض الساكنة في حوض العاصي الأعلى

جدول (10) مساحات ونسب الاحواض الساكنة

م	رقم الحوض الساكن	المساحة كم ²	النسبة المئوية%
1	1	255	2.89
2	2	639	7.23
3	3	274	3.1
4	4	1070	12.1
5	5	1319	14.92
6	6	607	6.86
7	7	1197	13.54
8	8	1828	20.68
9	9	672	7.6
10	10	489	5.53
11	11	491	5.55
	المجموع	8841	100



خريطة (13) نقاط الصرف في حوض العاصي الأعلى

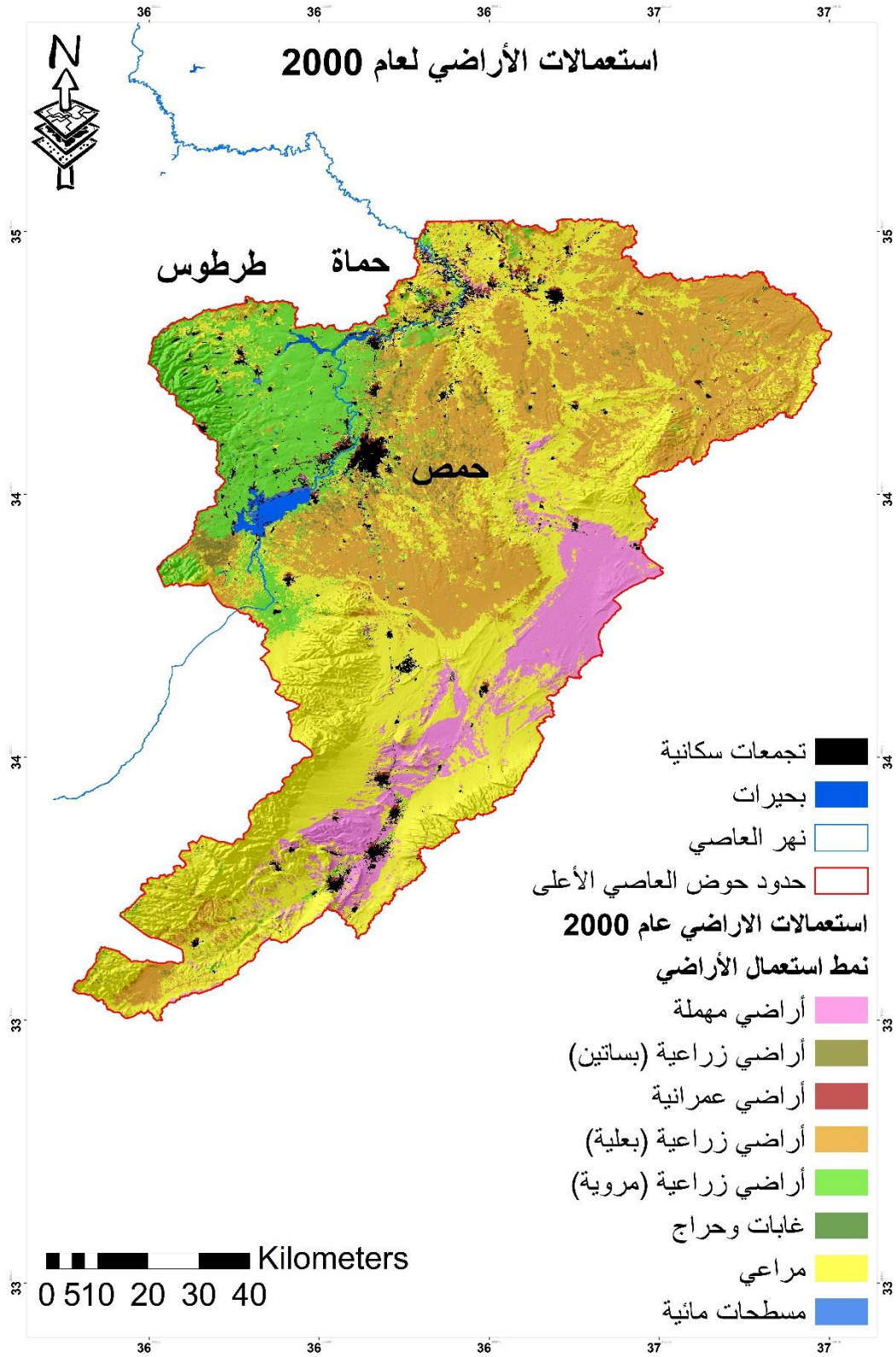


خريطة (14) الشبكة المائية في حوض العاصي الأعلى

5.4. خرائط استعمالات الأراضي:

1.5.4. خريطة استعمالات الأراضي لعام 2000:

حللت مكونات الغطاء الأرضي وفقاً لـ Jeffries-Matusita Distance (JM)، وبين التحليل الإحصائي لتقييم دقة التصنيف، أن الدقة كانت 92.72% عند معامل Kappa Coefficient 0.86 وتم تقسيم صفوف استعمالات الأراضي وفق (LUCS) (ادريس. 2010) وفق الآتي: الأراضي العمرانية 130.53 كم²، أراضي غابات وحراج 1.56 كم²، الأراضي الزراعية (مروية) 1214.27 كم²، أراضي زراعية (بساتين) 130.53 كم²، مراعي 4019.59 كم²، أراضي زراعية (بعلية) 2406.97 كم²، مسطحات مائية 37.44 كم²، أراضي مهملة 900.18 كم² لقد توزعت الأراضي العمرانية على كامل الحوض في أماكن متفرقة بنسبة 1.48% بينما انتشرت الغابات والحراج في الجزء الغربي من الحوض والذي يتأخم المناطق الجبلية بنسبة 0.02%، وتركزت الأراضي الزراعية المروية في الجزء الغربي والشمالي الغربي وقسم منها في وسط الحوض بمعدل 13.73% بينما الأشجار المثمرة في الجزء الأوسط من الحوض (اللوز والكرمة، التين والزيتون) بمعدل 1.48% وتوزعت المراعي في الجزء الوسطي والشرقي والجنوبي من الحوض بنسبة 45.46% بينما انتشرت الأراضي الزراعية البعلية في الجزء الوسطي والشرقي من الحوض وفي بقع متفرقة في المنطقة الشمالية بمعدل 27.23% وتمثلت المسطحات المائية بشكل رئيس ببحيرة قطينة وسد الرستن وبعض المستنقعات والرامات في الجزء الغربي والشمالي الغربي من الحوض بمعدل 0.42% وتركزت الأراضي المهملة في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض والتي تتمثل ببعض المصاطب الكلسية بمعدل 10.18% خريطة (15) والجدول (11).



خريطة (15) استعمالات الأراضي لعام 2000

جدول (11) توزيع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في حوض العاصي الأعلى-عام 2000

مسلسل	الغطاء النباتي/ استعمالات الأراضي	المساحة كم ²	النسبة المئوية%
1	الأراضي العمرانية	130.53	1.48
2	المسطحات المائية	37.44	0.42
3	الأراضي الزراعية (مروية)	1214.27	13.73
4	الأراضي الزراعية (بعلية)	2406.97	27.23
5	الأراضي الزراعية (بساتين)	130.53	1.48
6	مراعي	4019.59	45.46
7	الأراضي المهملة	900.18	10.18
8	الغابات والحراج	1.56	0.02
المجموع	-	8841.07	100

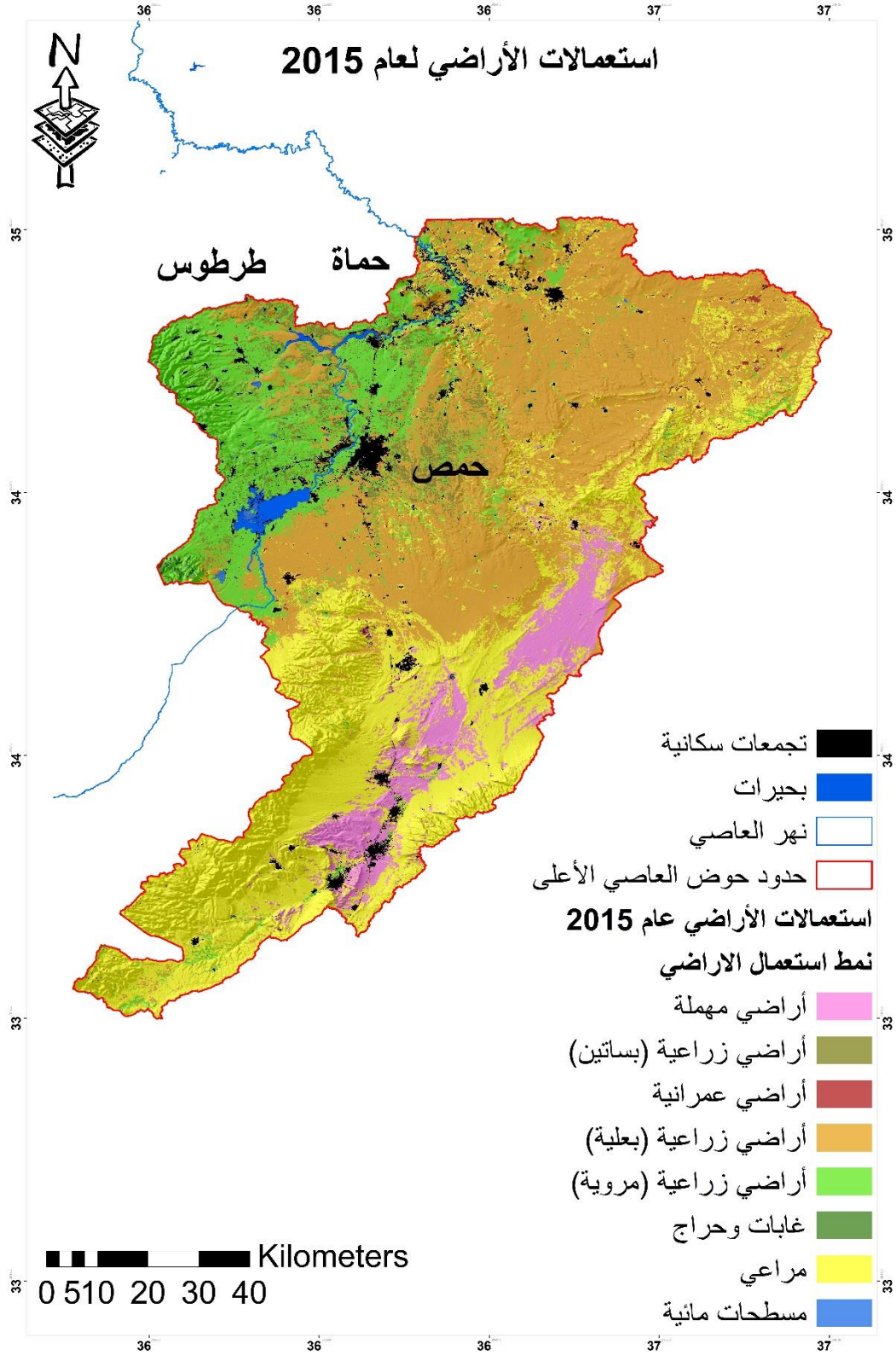
2.5.4. خريطة استعمالات الأراضي لعام 2015:

حللت مكونات الغطاء الأرضي وفقاً لـ Jeffries-Matusita Distance (JM) [17] , وبين التحليل الإحصائي لتقييم دقة التصنيف أن الدقة كانت 94.90% عند معامل Kappa Coefficient 0.92 وتم تقسيم صفوف استعمالات الأراضي وفق (LUCS) (ادريس. 2010) وفق الآتي: الأراضي العمرانية 230.9 كم²، غابات وحراج 29.12 كم²، الأراضي الزراعية (مروية) 1427.23 كم²، أراضي زراعية (بساتين) 272.24 كم²، مراعي 2932.2 كم²، أراضي زراعية (بعلية) 3273.86 كم²، مسطحات مائية 53.04 كم²، أراضي مهملة 622.48 كم². لقد توزعت الأراضي العمرانية على كامل الحوض في أماكن متفرقة بنسبة 2.61% بينما انتشرت الغابات والحراج في الجزء الغربي من الحوض والذي يتأخم المناطق الجبلية بنسبة 0.33%، وتركزت الأراضي الزراعية المروية في الجزء الغربي والشمالي الغربي وقسم منها في وسط الحوض بمعدل 16.14% بينما البساتين في الجزء الوسطي من الحوض (اللوز والكرمة، التين والزيتون) بمعدل 3.08% وتوزعت أراضي المراعي في الجزء الوسطي والشرقي والجنوبي من الحوض بمعدل 33.17% بينما انتشرت الأراضي الزراعية البعلية في الجزء الوسطي والشرقي من الحوض وفي بقع متفرقة في المنطقة الشمالية

بمعدل 37.03% وتمثلت المسطحات المائية بشكل رئيس ببحيرة قطينة وسد الرستن وبعض المستنقعات والرامات في الجزء الغربي والشمالي الغربي من الحوض بمعدل 0.6% وتركزت الأراضي الهامشية في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض والتي تتمثل ببعض المصاطب الكلسية بمعدل 7.04% خريطة (16) والجدول (12).

جدول (12) توزع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في حوض العاصي الأعلى-عام 2015

م	الغطاء النباتي/ استعمالات الأراضي	المساحة كم ²	النسبة المئوية%
1	الأراضي العمرانية	230.9	2.61
2	المسطحات المائية	53.04	0.6
3	الأراضي الزراعية (مروية)	1427.23	16.14
4	الأراضي الزراعية (بعليّة)	3273.86	37.03
5	الأراضي الزراعية (بساتين)	272.24	3.08
6	مراعي	2932.2	33.17
7	الأراضي المهملة	622.48	7.04
8	الغابات والحراج	29.12	0.33
المجموع	-	8841.07	100



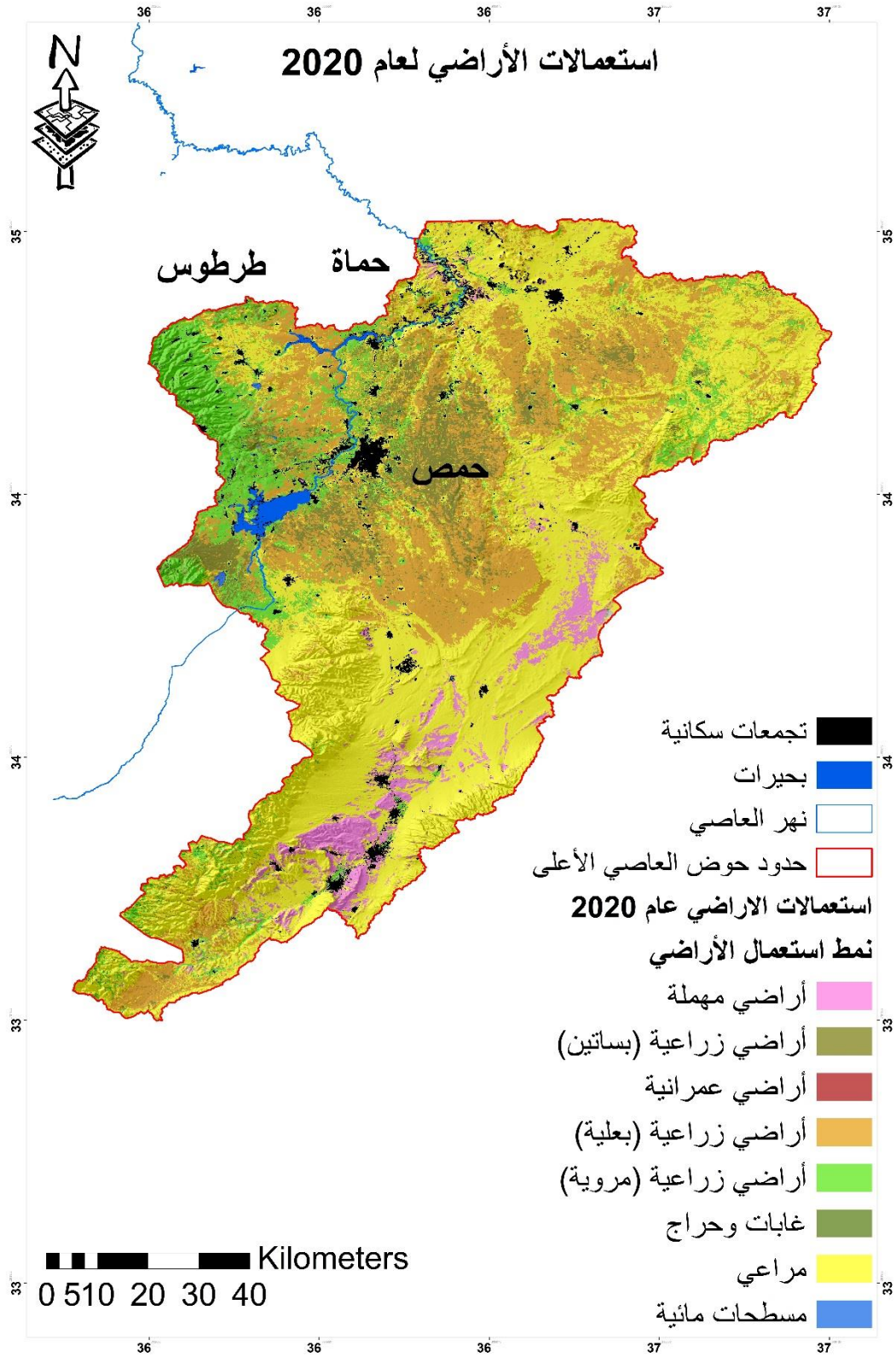
خريطة (16) استعمالات الأراضي لعام 2015

3.5.4. خريطة استعمالات الأراضي لعام 2020:

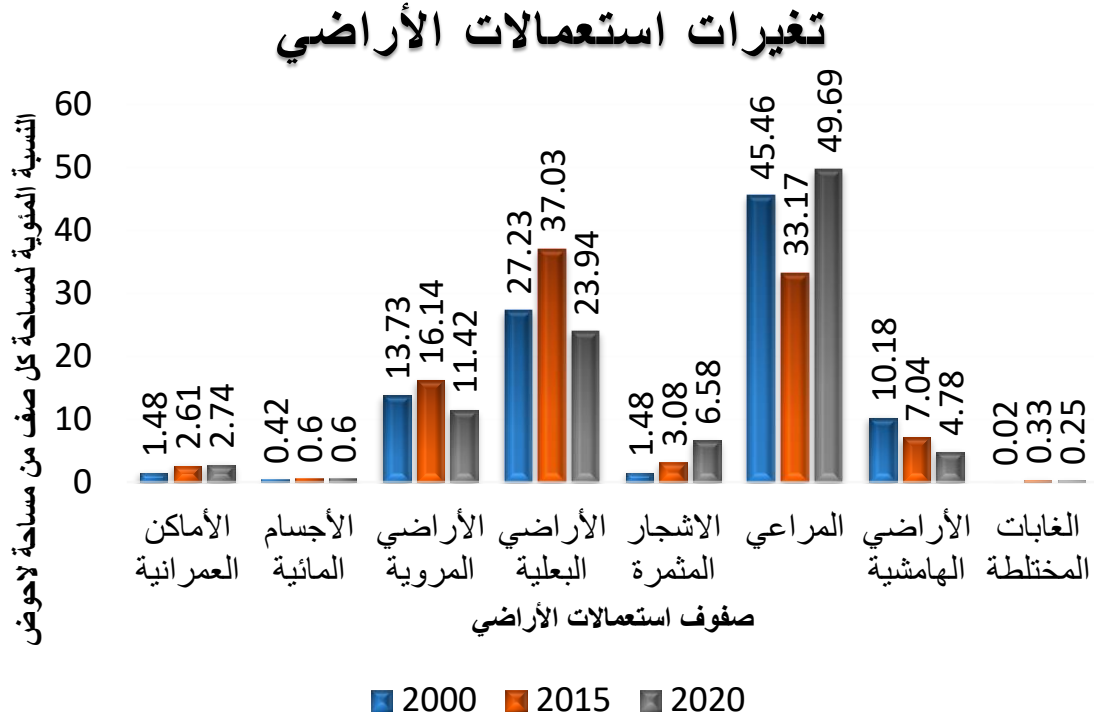
حللت مكونات الغطاء الأرضي وفقاً لـ Jeffries-Matusita Distance (JM) [17]، وبين التحليل الإحصائي لتقييم دقة التصنيف أن الدقة كانت 94.93% عند معامل Kappa Coefficient 0.89 وتم تقسيم صفوف استعمالات الأراضي وفق (LUCS) (ادريس. 2010) وفق الآتي: الأراضي العمرانية 242.42 كم²، الغابات والحراج 21.85 كم²، أراضي زراعية (مروية) 1009.74 كم²، أراضي زراعية (بساتين) 581.6 كم²، مراعي 4393.22 كم²، أراضي زراعية (البعلية) 2116.76 كم²، مسطحات مائية 52.54 كم²، أراضي هامشية 422.94 كم². لقد توزعت المناطق العمرانية على كامل الحوض في أماكن متفرقة بنسبة 2.74% بينما انتشرت الغابات المختلطة في الجزء الغربي من الحوض والذي يتأخم المناطق الجبلية بنسبة 0.25%، وتركزت الأراضي الزراعية المروية في الجزء الغربي والشمالي الغربي وقسم منها في وسط الحوض بمعدل 11.42% بينما الأشجار المثمرة في الجزء الوسطي من الحوض (اللوز والكرمة، التين والزيتون) بمعدل 6.58% وتوزعت أراضي المراعي في الجزء الوسطي والشرقي من الحوض بمعدل 49.69% بينما انتشرت الأراضي الزراعية البعلية في الجزء الوسطي والشرقي من الحوض وفي بقع متفرقة في المنطقة الشمالية الغربية بمعدل 23.94% وتمثلت المسطحات المائية بشكل رئيس ببحيرة قطينة وسد الرستن وبعض المستنقعات والرامات في الجزء الغربي والشمالي الغربي من الحوض بمعدل 0.6% وتركزت الأراضي الهامشية في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض والتي تتمثل ببعض المصاطب الكلسية بمعدل 4.78% خريطة (17) والجدول (13).

جدول (13) توزع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في حوض العاصي الأعلى-عام 2020

م	الغطاء النباتي/ استعمالات الأراضي	المساحة كم ²	النسبة المئوية %
1	الأراضي العمرانية	242.42	2.74
2	المسطحات المائية	52.54	0.6
3	الأراضي الزراعية (مروية)	1009.74	11.42
4	الأراضي الزراعية (بعليّة)	2116.76	23.94
5	الأراضي الزراعية (بساتين)	581.6	6.58
6	مراعي	4393.22	49.69
7	الأراضي المهملة	422.94	4.78
8	الغابات والحراج	21.85	0.25
المجموع	-	8841.07	100



خريطة (17) استعمالات الأراضي لعام 2020



الشكل (11) مخطط تغييرات النسب المئوية لتوزيع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي للأعوام (2020/2015/2000)

نلاحظ من المخطط السابق شكل (11) أن أكبر مساحة تشغلها المراعي كانت في عام 2020 بنسبة 49.69% على حساب تراجع مساحة الأراضي المهملة بنسبة 4.78% والأراضي المروية بنسبة 11.42% والبعلية بنسبة 23.98%، في حين كانت أعلى زيادة لمساحة الأراضي البعلية والمروية في عام 2015 بنسبة 37.03% و 16.14% على التوالي، بينما كانت مساحة الأراضي المهملة ذات السيطرة الأكبر خلال عام 2000 بنسبة 10.18%.

جدول (14) النسب المئوية لتوزيع استعمالات الأراضي للأعوام 2020/2015/2000

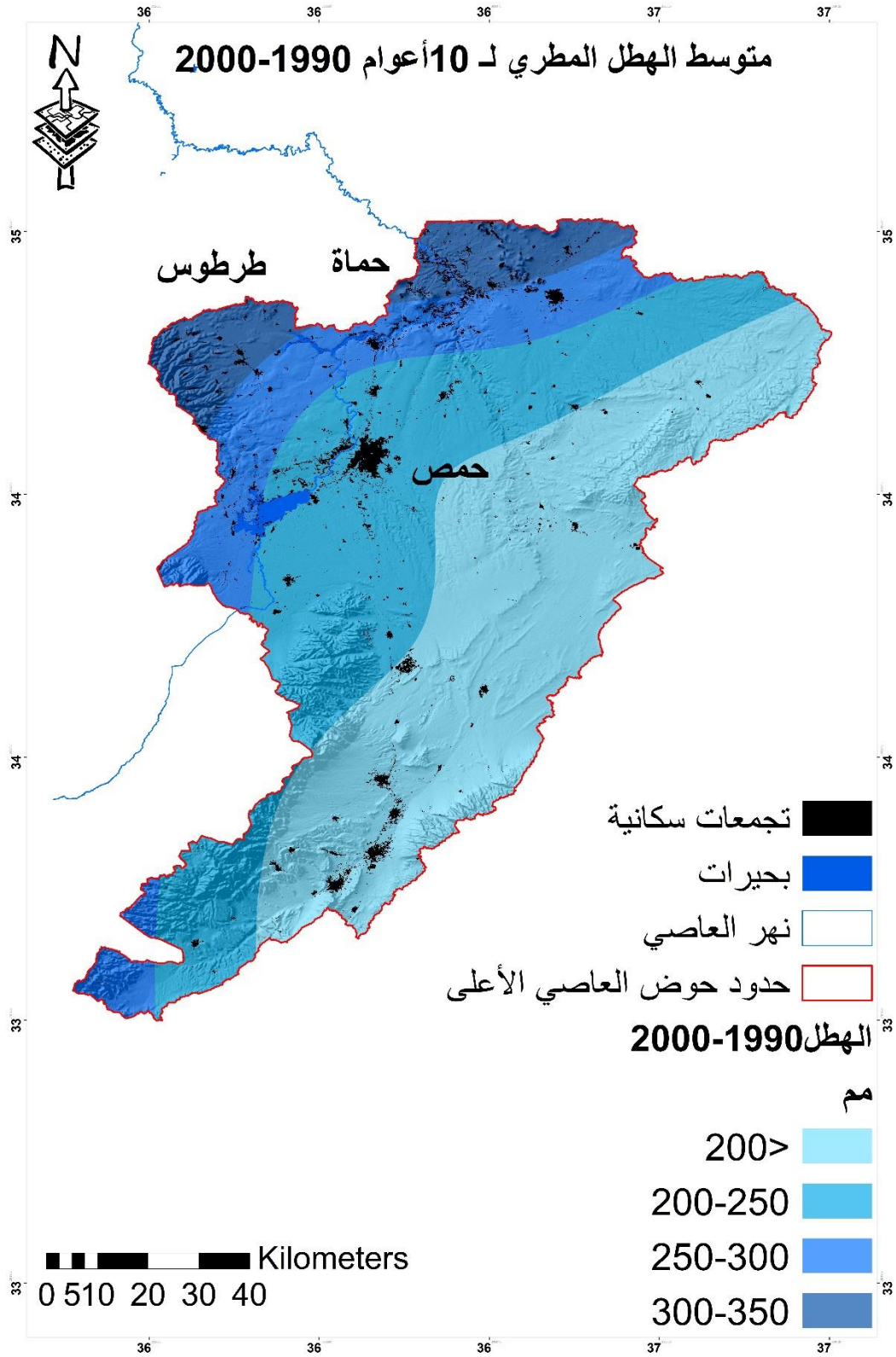
الأراضي العمرانية	المسطحات المائية	الأراضي المروية	الأراضي البعلية	البساتين	المراعي	الأراضي المهملة	الغابات والحراج	
1.48	0.42	13.73	27.23	1.48	45.46	10.18	0.02	2000
2.61	0.6	16.14	37.03	3.08	33.17	7.04	0.33	2015
2.74	0.6	11.42	23.94	6.58	49.69	4.78	0.25	2020

يبين الجدول (14) نسب تغيرات أنماط استعمالات الأراضي خلال الأعوام الثلاثة، حيث نلاحظ نمو الأماكن العمرانية في كل عام أكثر من العام الذي يسبقه، وهذا ما يبين حالة التطور العمراني الطبيعية لأي منطقة مع الزمن، كما نلاحظ التناسب الطردي بين الزيادة الحاصلة في مساحة الأراضي الزراعية المروية والبعلية مع تحسن الواقع المائي بين عامي 2000 و 2015 بينما تراجع مساحة المراعي في هذه الفترة، وهذا يفسر التوجه للعناية بالمزروعات واستغلال أية مساحة قابلة للزراعة سواء زراعات مروية أو بعلية أم بساتين على حساب أراضي المراعي والأراضي المهملة، في حين عادت المراعي للسيطرة على واقع الحوض في عام 2020 على الرغم من بقاء الواقع المائي كما هو عليه، وتزايد مساحة انتشار الأشجار البساتين على حساب الأراضي المروية والبعلية وقد يعزى ذلك لخروج بعض الاقنية المائية عن الخدمة وقطع المجاري المائية عن المناطق الزراعية، فضلاً عن قلة الطاقة الكهربائية وعدم توفر الوقود لإيصال الموارد المائية إلى مناطقها كما كانت عليه، خاصة بين عامي 2015 و 2018 حيث عانت البلاد خلال هذه الفترة من شح الموارد الاقتصادية وحالة الأزمة في كامل مناطق القطر وخاصة ضمن مناطق الحوض في ريف حماة الشمالي وريف حمص الشرقي وجبال القلمون.

6.4. الخرائط المناخية:

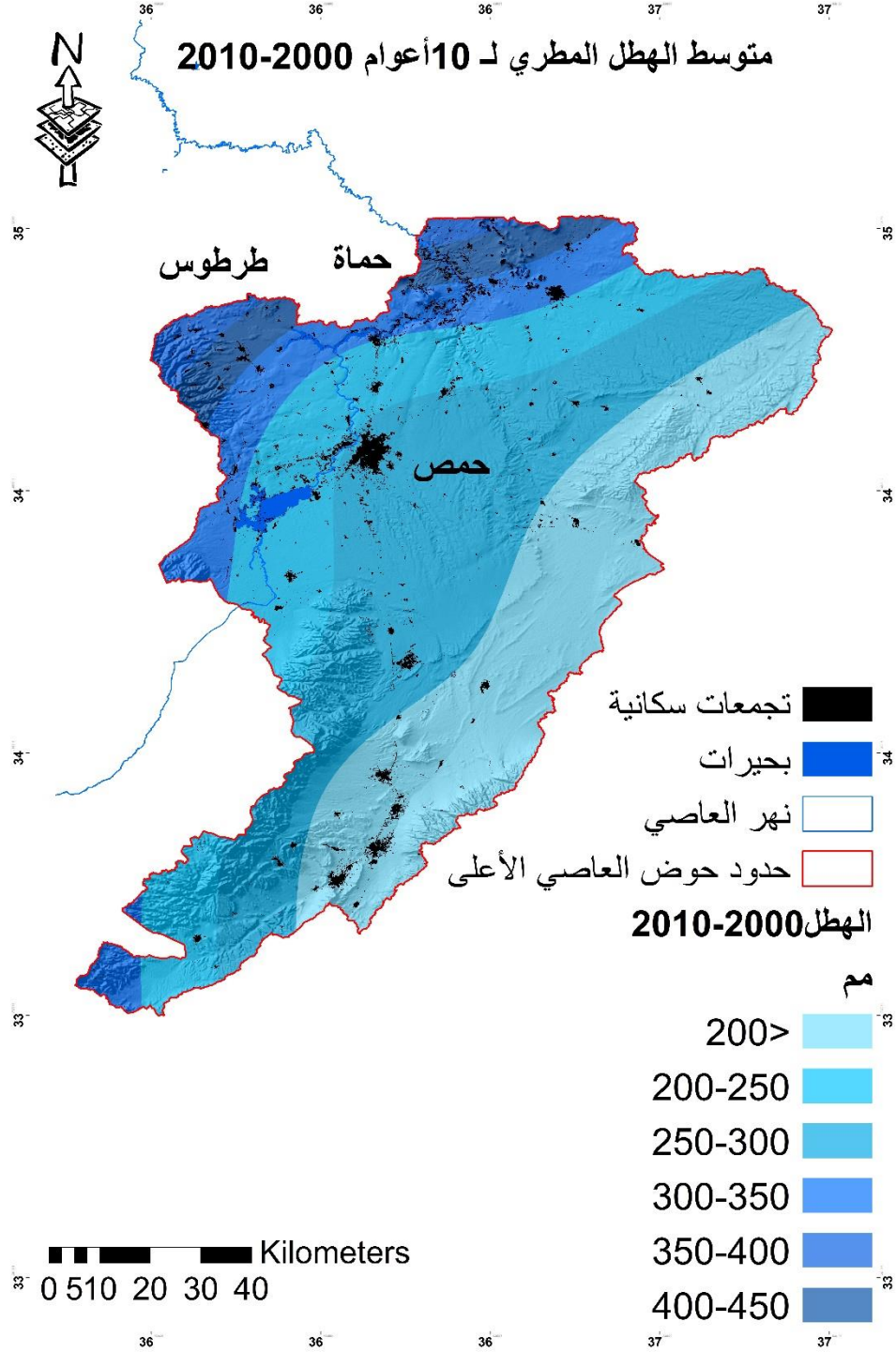
1.6.4. الهطل المطري:

تم تقسيم النتائج ل ثلاث مراحل زمنية خلال ال 30 عاماً (1990-2020)، حيث تراوحت معدلات الهطل المطري خلال الفترة (1990-2000) بمعدل (200->350) مم كما هو موضح خريطة الهطل خريطة (18).



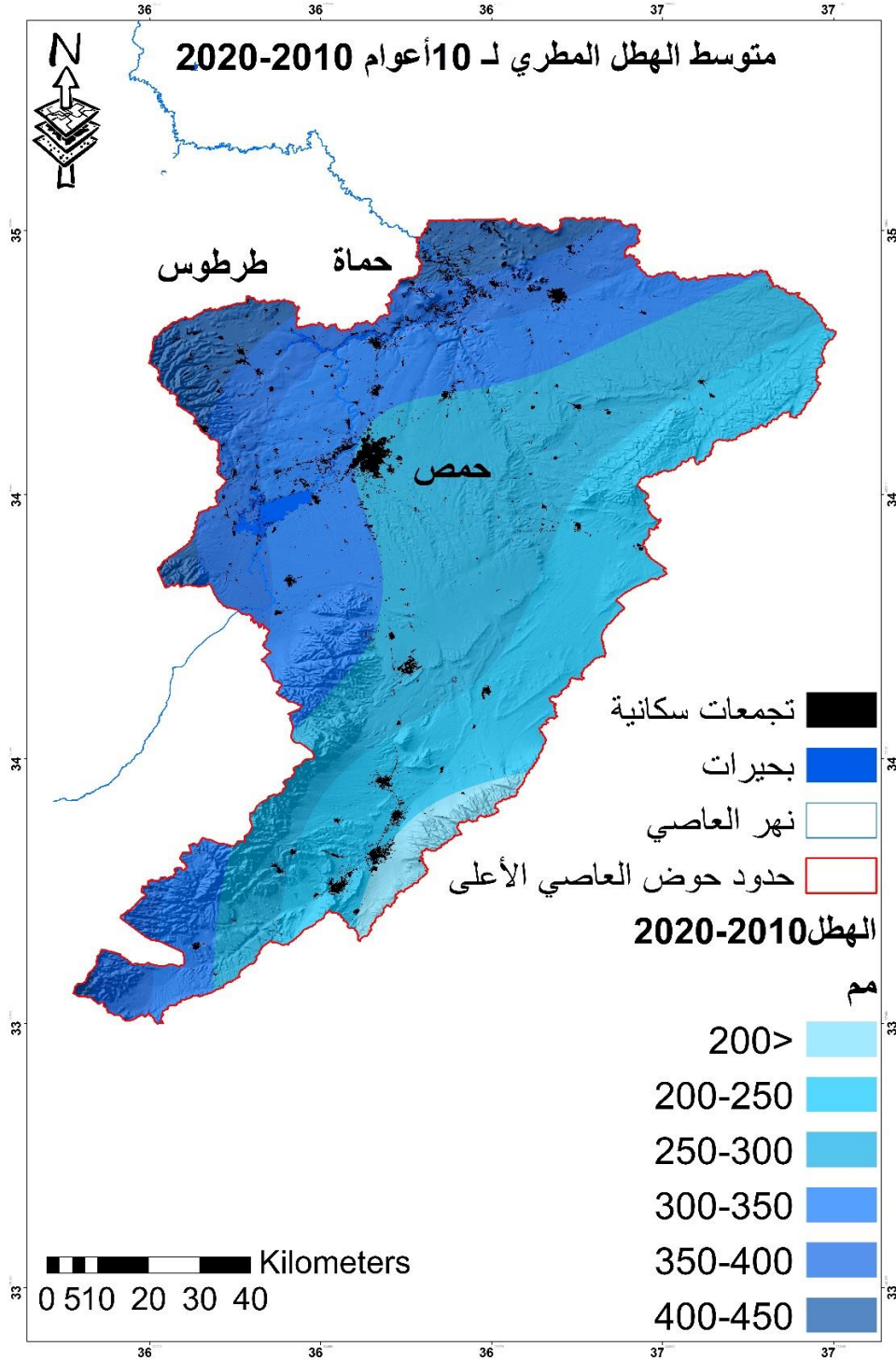
خريطة (18) متوسط الهطل المطري للفترة (2000-1990)

بينما كانت معدلات الهطل المطري خلال الفترة الزمنية (2010-2000) ضمن الحوض تتراوح بين (200<- (450) مم كما هو موضح في خريطة الهطل خريطة (19).



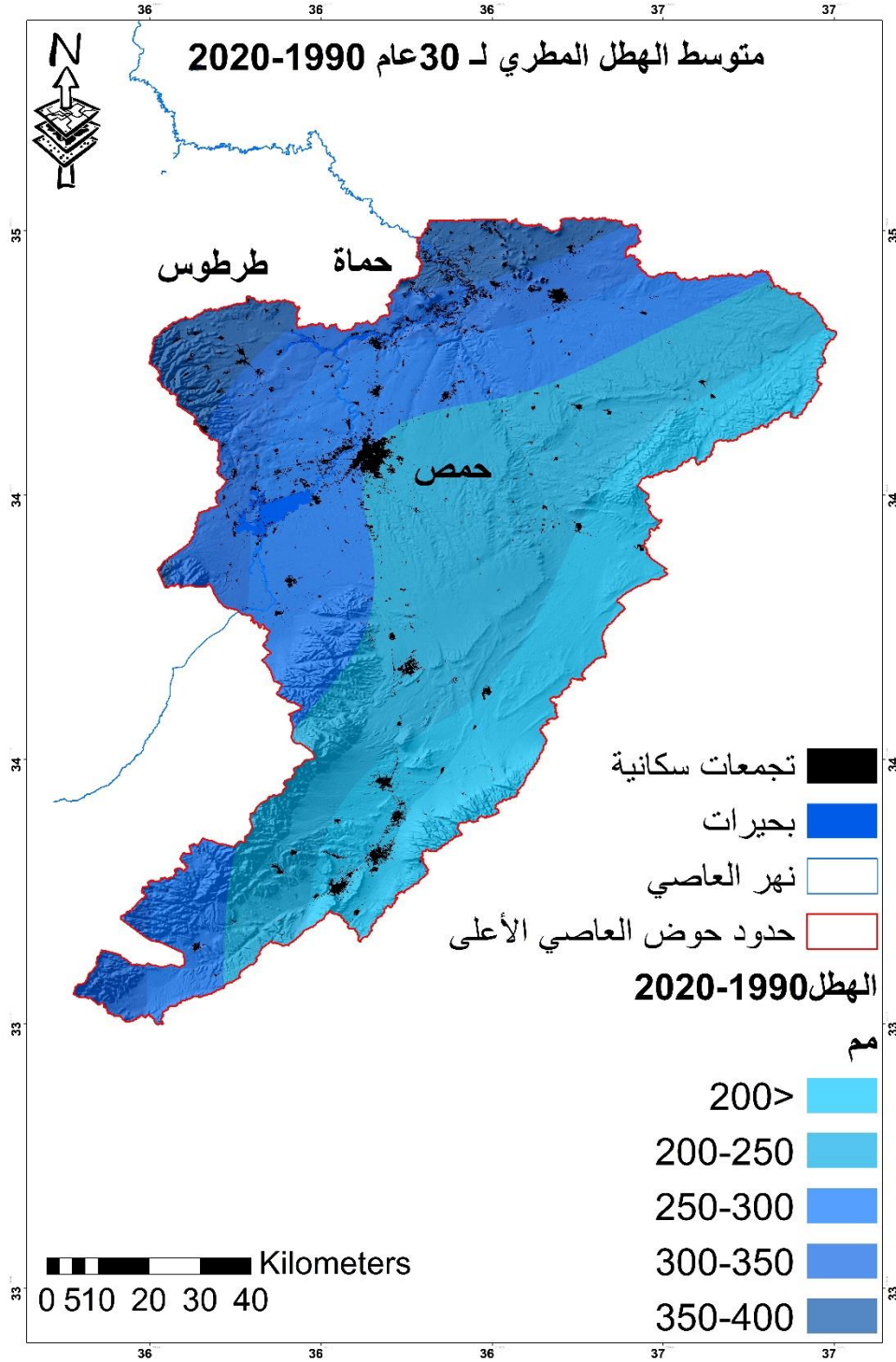
خريطة (19) متوسط الهطل المطري للفترة (2010-2000)

في حين تراوحت خلال الفترة (2010-2020) ضمن الحوض بمعدل (200-450) مم، كما هو موضح خريطة الهطل خريطة (20).



خريطة (20) متوسط الهطل المطري للفترة (2010-2020)

وكان متوسط معدل الهطل المطري ضمن الحوض خلال الـ30 عاماً (1990-2020) يتراوح بين (200->400) مم، كما هو موضح في خريطة (21).



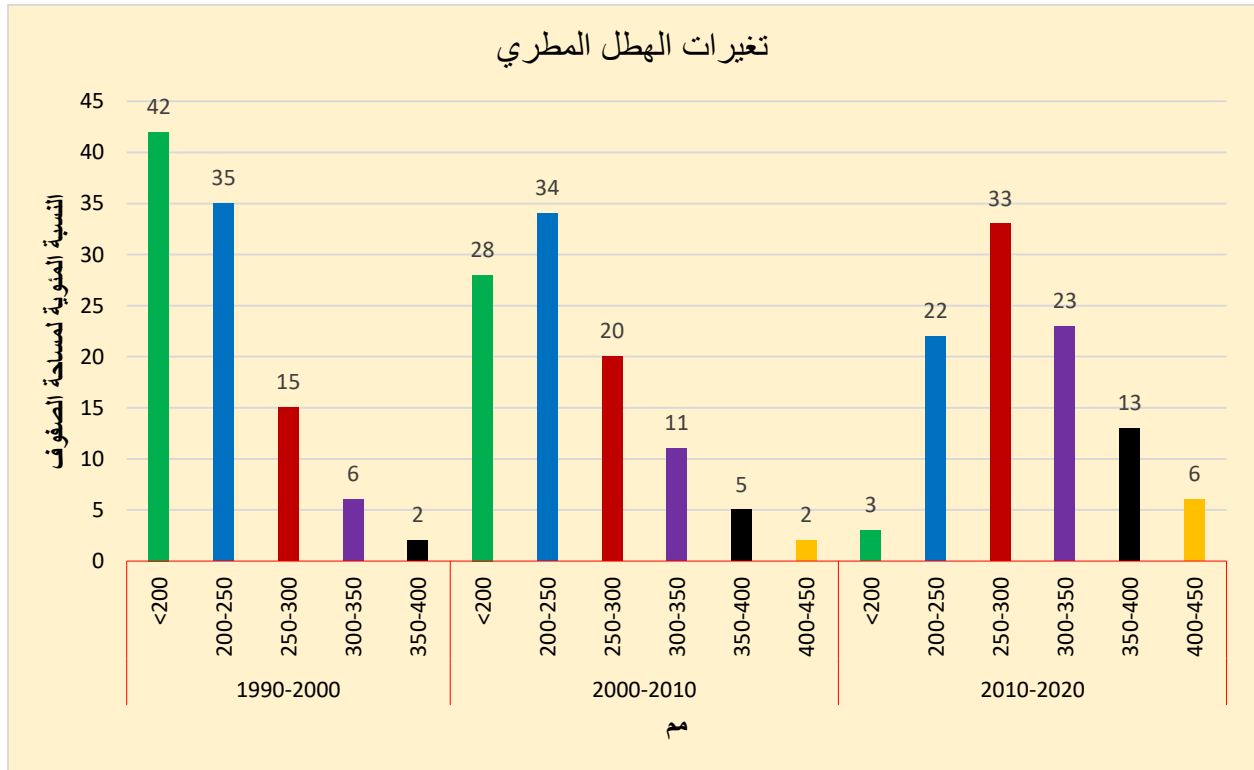
خريطة (21) متوسط الهطل المطري للفترة (2020-1990)

أظهرت خرائط متوسط معدلات الهطل المطري تزايد الهطل تدريجياً كل عشر سنوات وكانت الفترة الأفضل خلال (2010-2020) بمعدل يتراوح بين (200-<450) مم مع وجود انزياح واضح لخطوط المطر من الغرب للشرق ولذلك تعد هذه الفترة الأكثر رطوبة، ويليهما الفترة (2000-2010) التي تراوح الهطل فيها بين (200-<450) مم، في حين كانت الفترة الجافة (1990-2000) حيث بلغ الهطل فيها (200-<350) مم، ويبين الشكل (12) والجدول (15) نسب تغيرات معدل الهطل المطري بالنسب المئوية لكل الفترات الزمنية.

جدول (15) تغيرات معدلات الهطل المطري

معدل الهطل(مم)	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)
1990-2000	<200	3721
	200-250	34.54
	250-300	14.86
	300-350	6.35
	350-400	2.16
المجموع	8841	100
2000-2010	<200	2466
	200-250	34.18
	250-300	20.38
	300-350	10.71
	350-400	4.73
	400-450	2.12
المجموع	8841	100
2010-2020	<200	232
	200-250	22.15
	250-300	33.39
	300-350	22.59
	350-400	12.70
	400-450	6.55

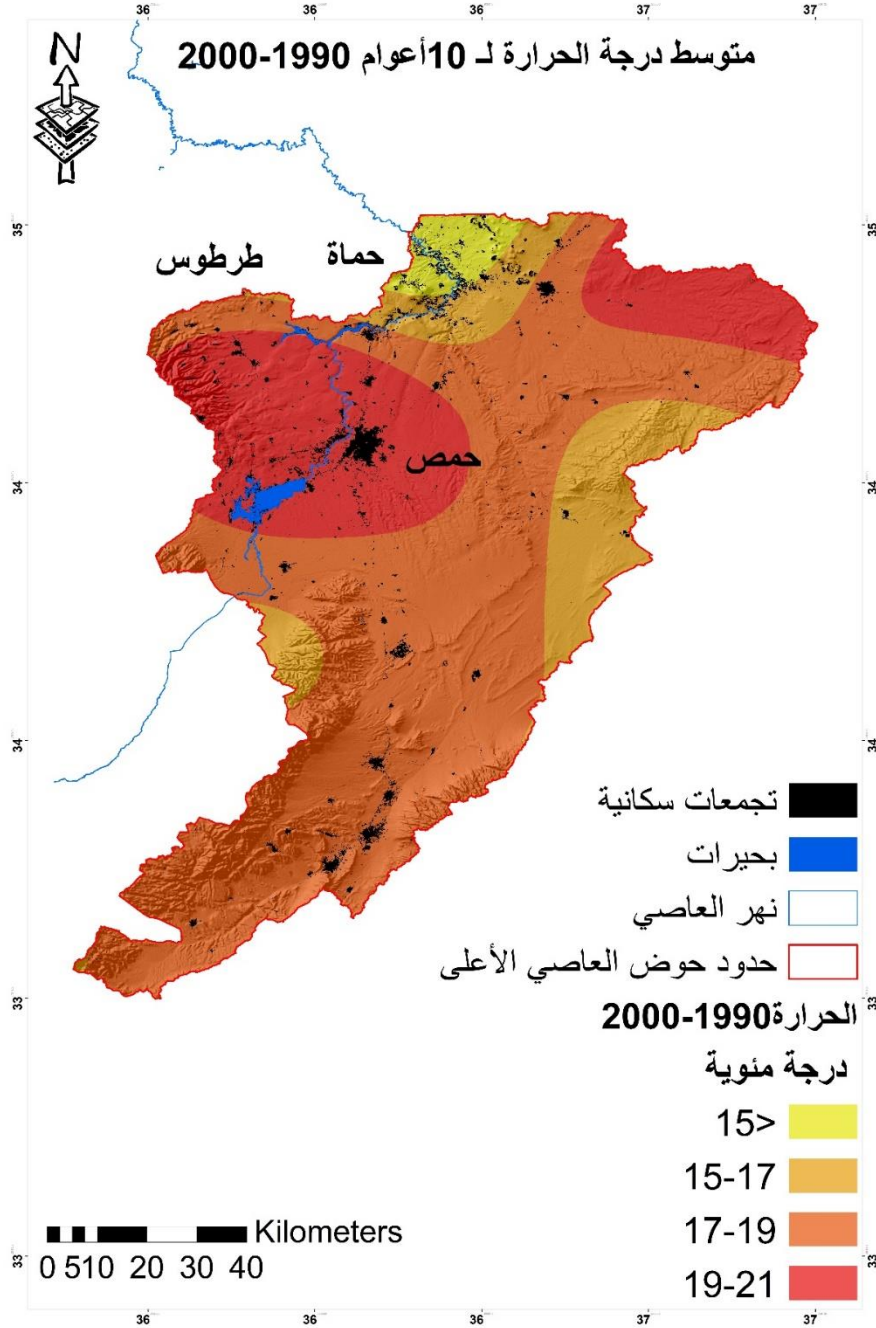
النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة (كم ²)	معدل الهطل (مم)	
100	8841		المجموع
20.17	1783	<200	1990-2020
36.00	3183	200-250	
24.46	2163	250-300	
12.42	1098	300-350	
6.95	614	350-400	
100	8841		المجموع



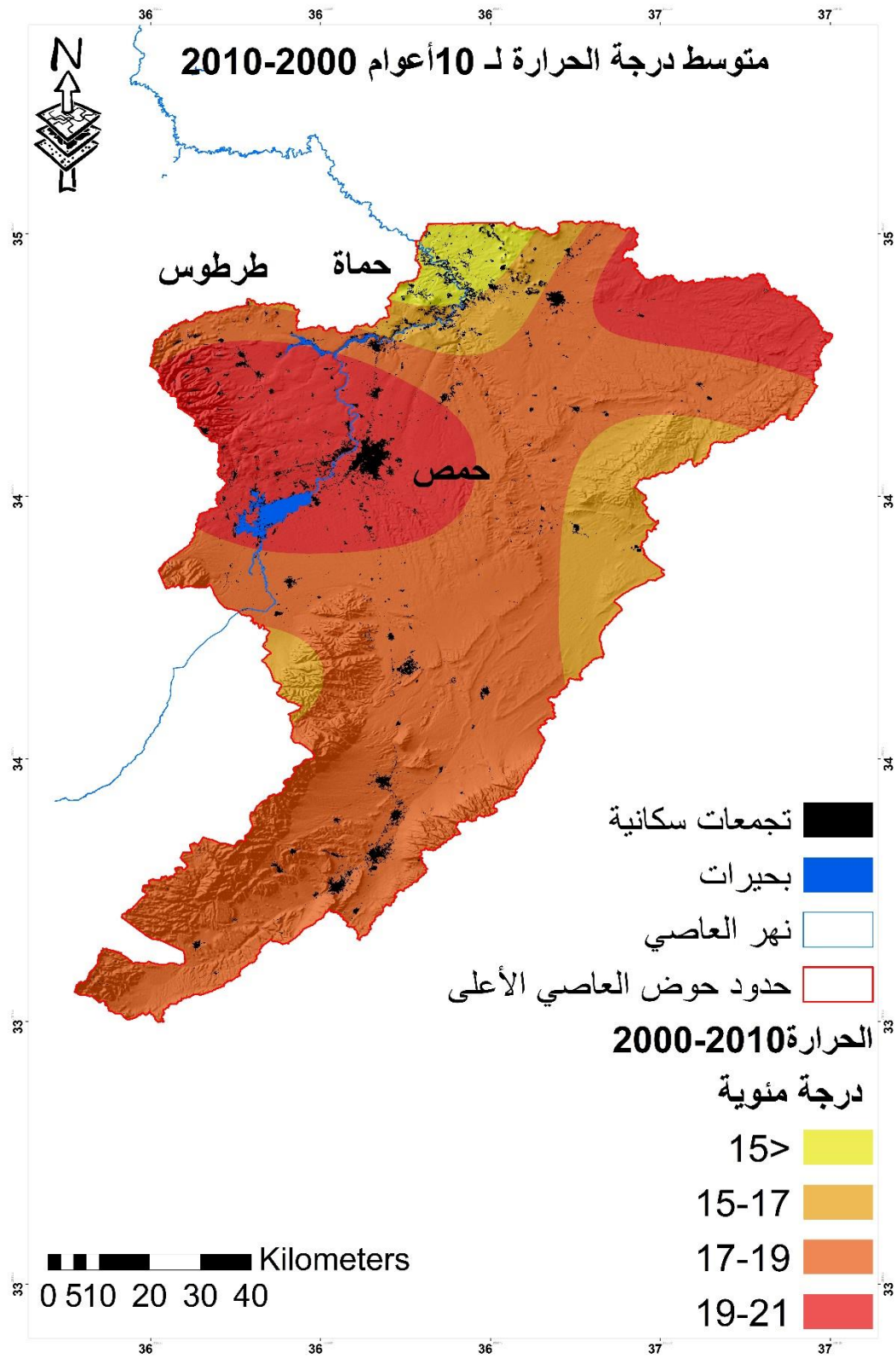
الشكل (12) نسب تغييرات معدل الهطل المطري

2.6.4. الحرارة:

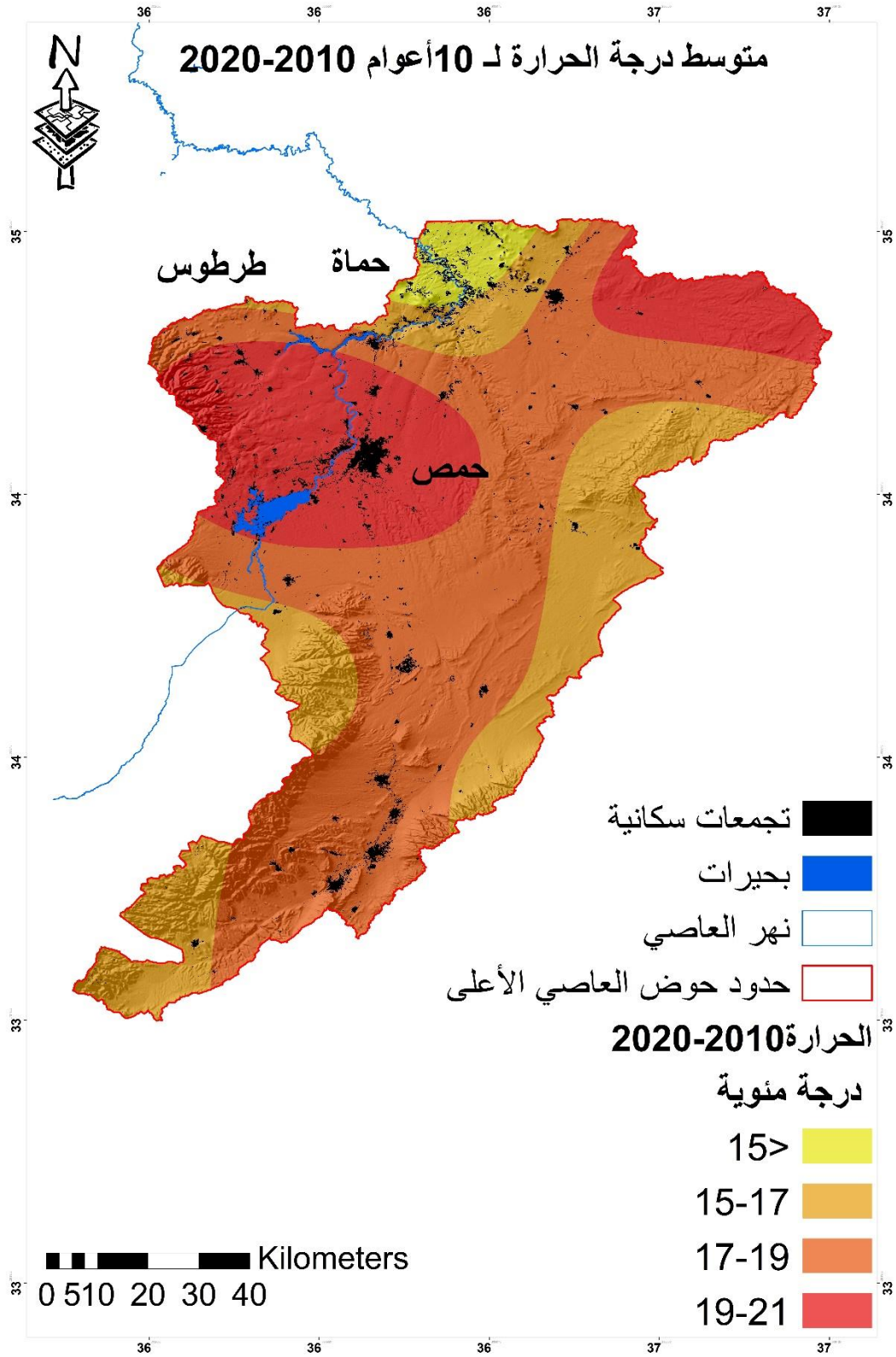
تم تقسيم النتائج لثلاث مراحل زمنية خلال الـ 30 عاماً (1990-2020)، حيث تراوح متوسط درجة الحرارة خلال مدة الدراسة من 15 < درجة مئوية إلى 21 درجة مئوية كما هو موضح الخرائط (22) (23) (24) (25).



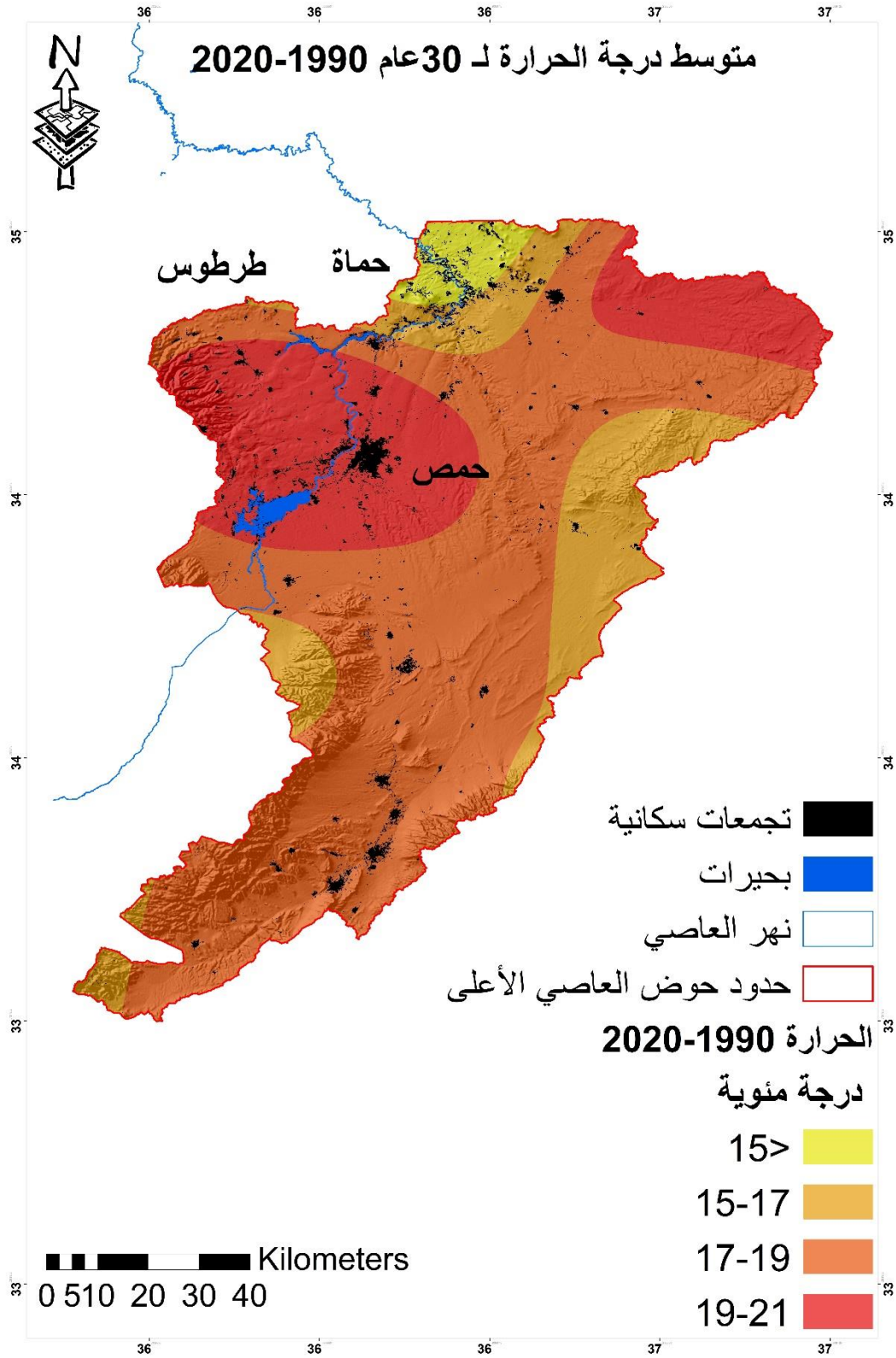
خريطة (22) متوسط درجات الحرارة للفترة (2000-1990)



خريطة (23) متوسط درجات الحرارة للفترة (2010-2000)



خريطة (24) متوسط درجات الحرارة للفترة (2010-2020)

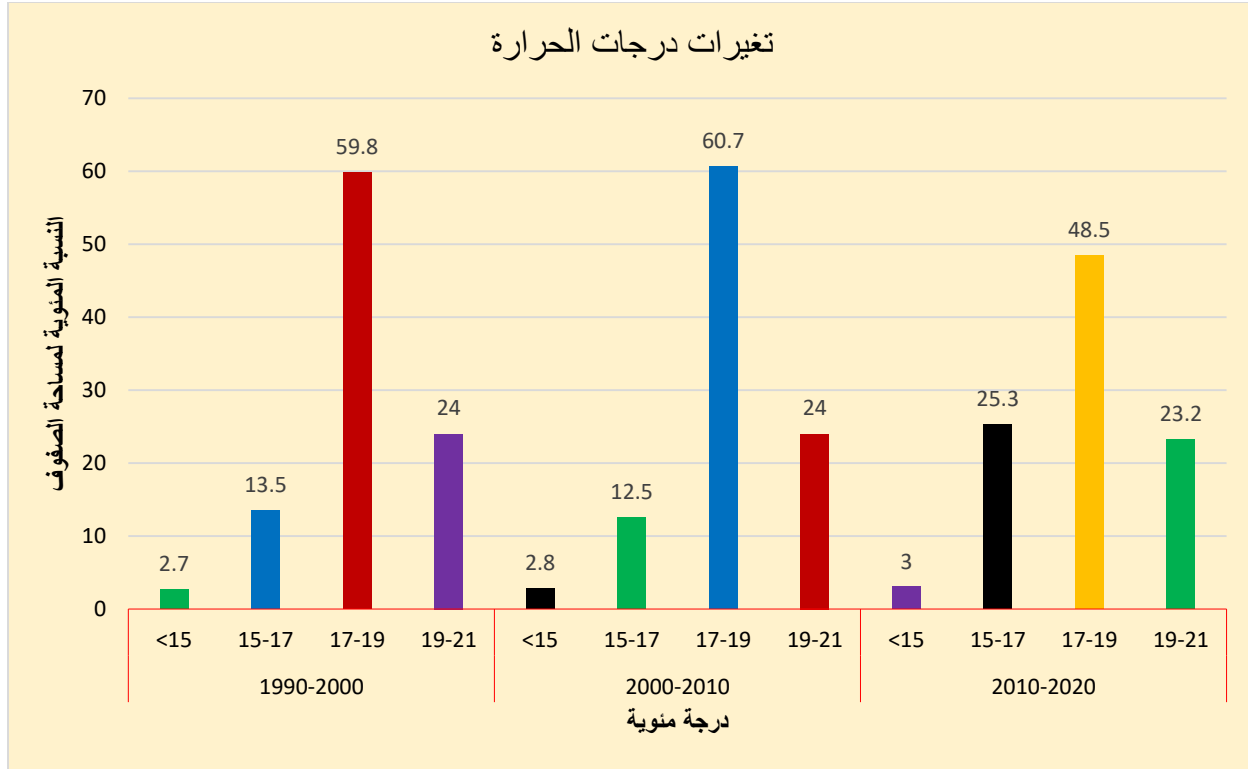


خريطة (25) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2020)

أظهرت خرائط متوسطات درجات الحرارة وجود تباين بسيط في مساحات الصفوف كما هو موضح في الجدول (16) والشكل (13) نسب تغييرات مساحة صفوف متوسط درجات الحرارة بالنسب المئوية لكل الفترات الزمنية.

جدول (16) نسب تغييرات متوسط درجات الحرارة

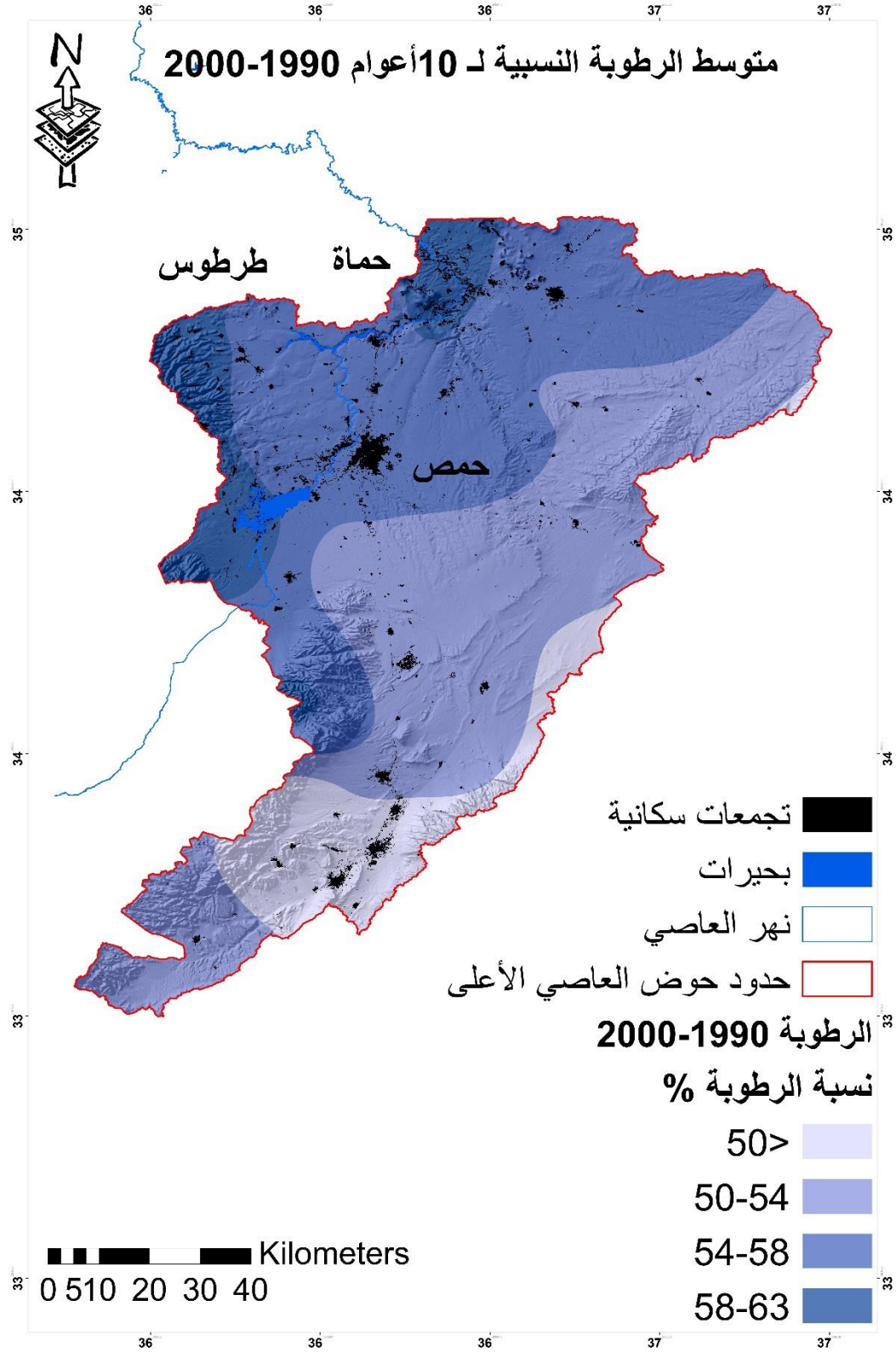
النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة (كم ²)	متوسط الحرارة (درجة مئوية)	
2.76	244	<15	1990-2000
13.54	1197	15-17	
59.78	5286	17-19	
23.92	2114	19-21	
100	8841		المجموع
2.79	246	<15	2000-2010
12.51	1106	15-17	
60.73	5369	17-19	
23.97	2120	19-21	
100	8841		المجموع
2.96	262	<15	2010-2020
25.26	2234	15-17	
48.53	4291	17-19	
23.25	2054	19-21	
100	8841		المجموع
2.87	253	<15	1990-2020
15.94	1409	15-17	
57.27	5064	17-19	
23.92	2115	19-21	
100	8841		المجموع



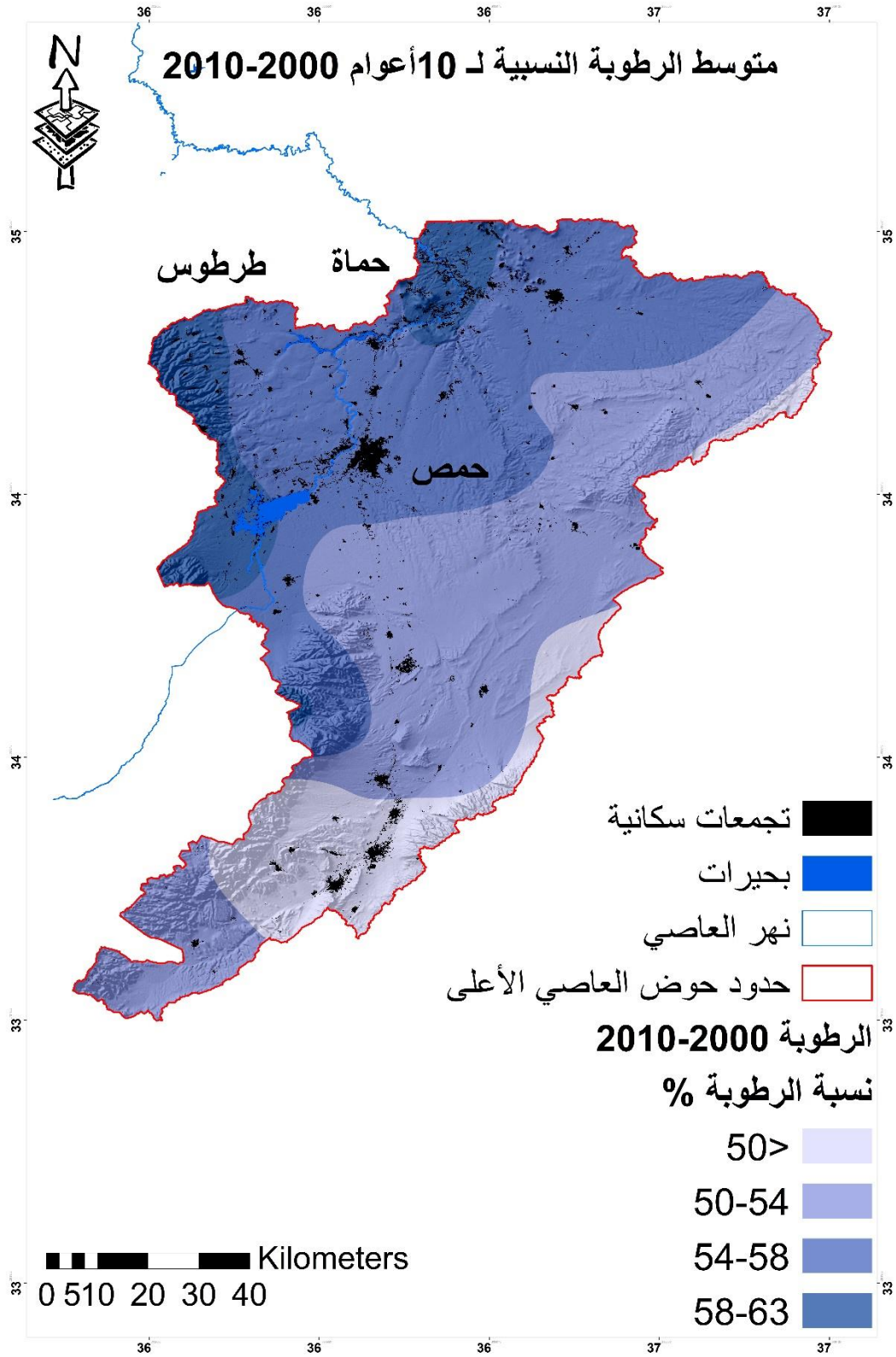
الشكل (13) نسب تغيرات متوسط درجات الحرارة

3.6.4. الرطوبة النسبية:

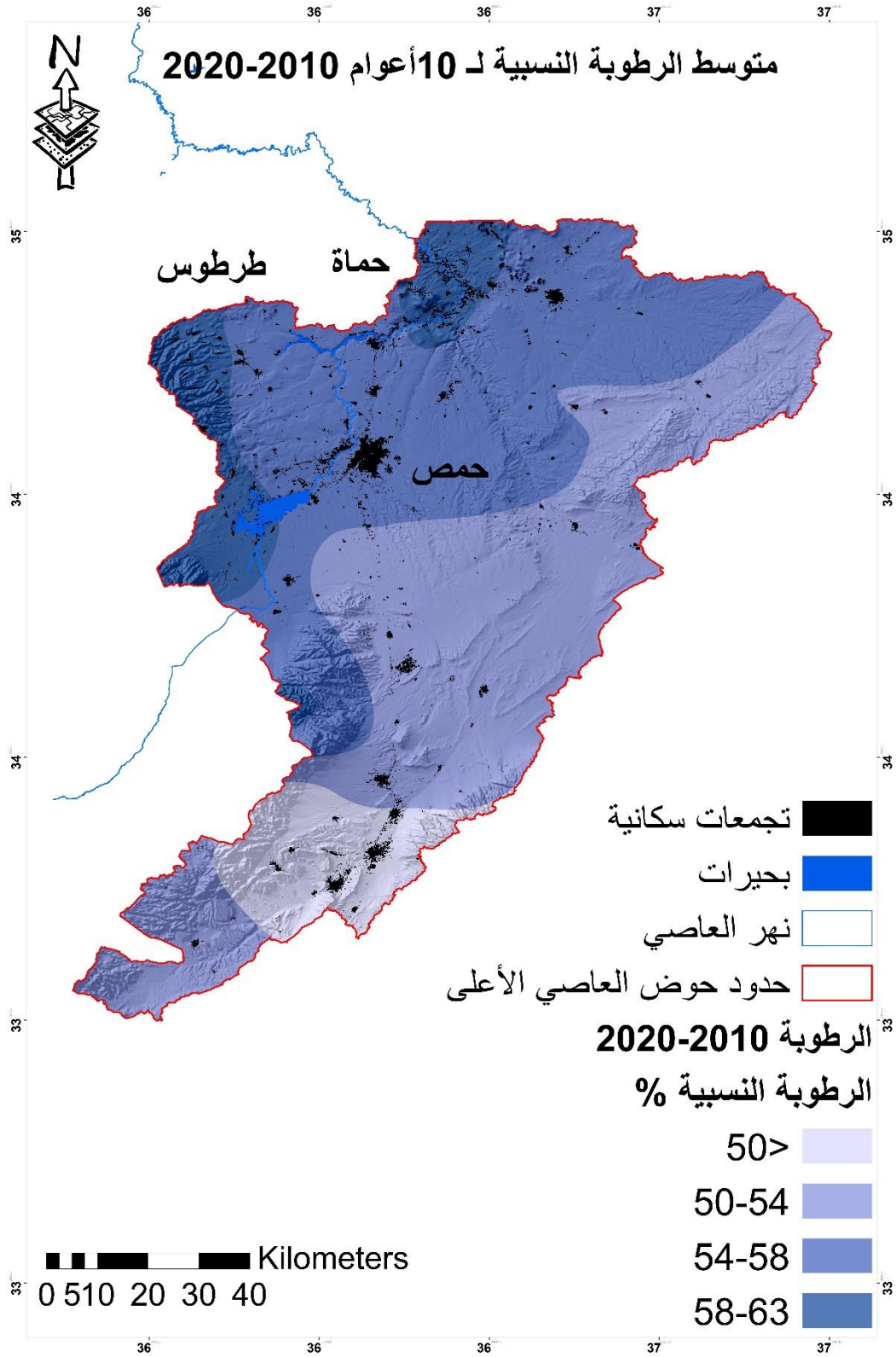
تم تقسيم النتائج ل ثلاث مراحل زمنية خلال ال 30 عاماً (1990-2020)، حيث تراوح نسبة الرطوبة خلال مدة الدراسة من 50% إلى 63% كما هو موضح في الخرائط (26) (27) (28) (29).



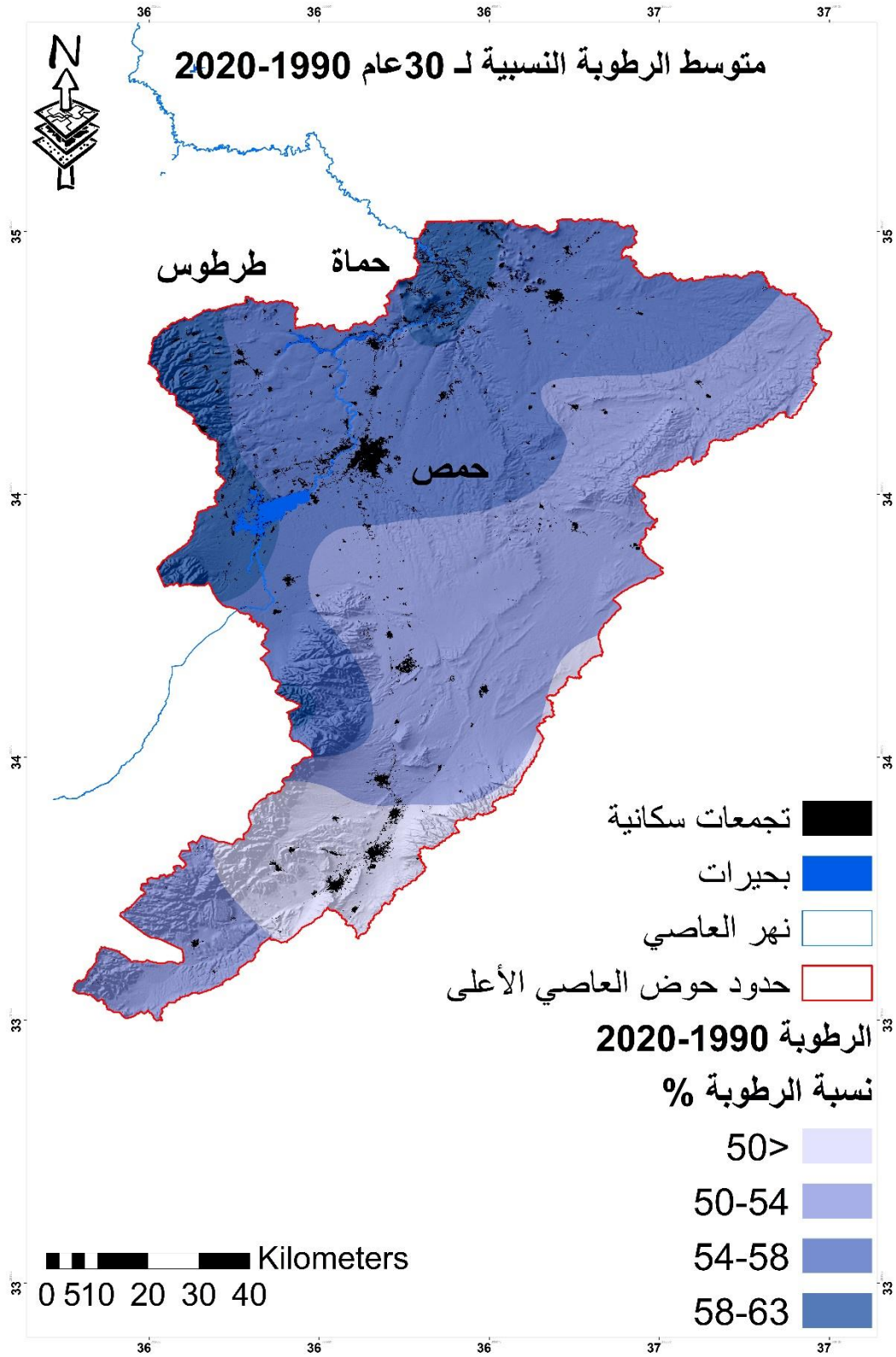
خريطة (26) نسبة الرطوبة النسبية للفترة (2000-1990)



خريطة (27) نسبة الرطوبة النسبية للفترة (2010-2000)



خريطة (28) نسبة الرطوبة النسبية للفترة (2010-2020)

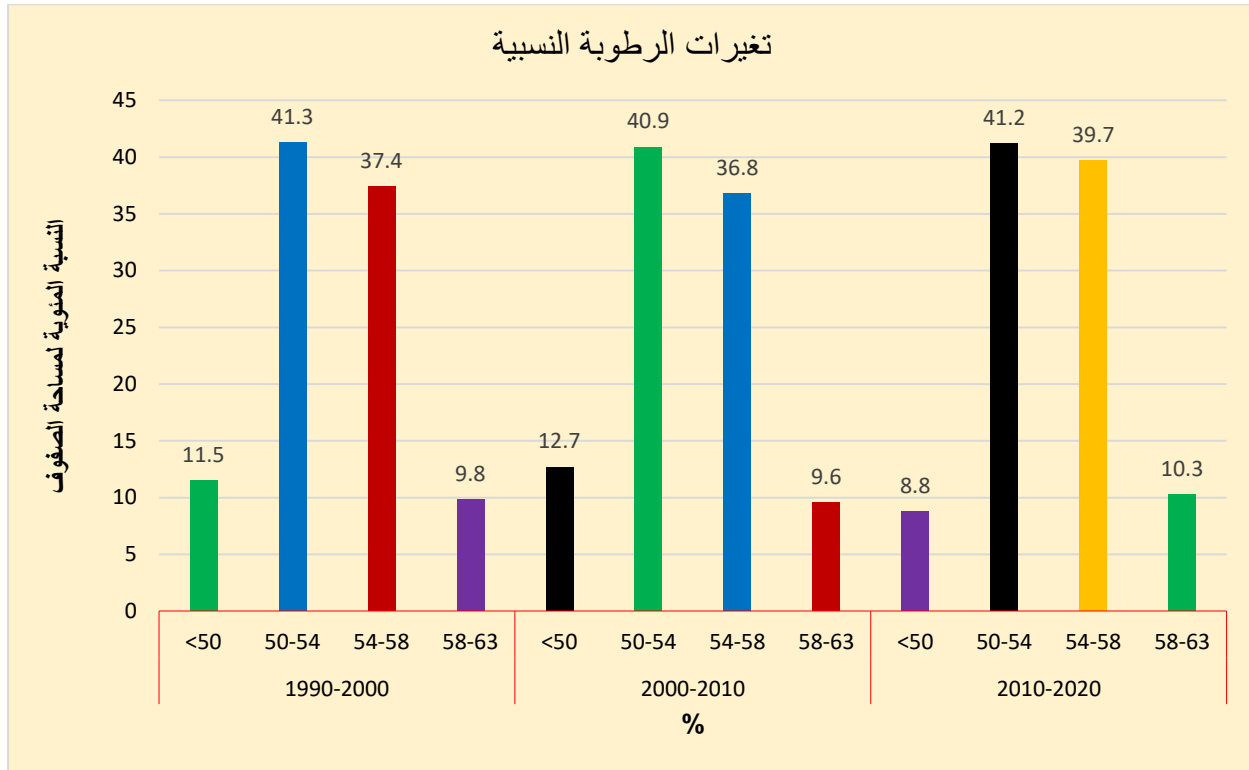


خريطة (29) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2020)

أظهرت خرائط نسب الرطوبة النسبية وجود تباين بسيط في مساحات الصفوف، حيث كانت الفترة (2010-2020) الأفضل من حيث قيم الرطوبة وتوزعها على مساحة الحوض، تليها الفترة (2000-2010) ثم (1990-2000)، كما هو موضح في الجدول (17) والشكل (14) نسب تغييرات الرطوبة النسبية بالنسب المئوية لكل الفترات الزمنية.

جدول (17) نسب تغييرات الرطوبة النسبية

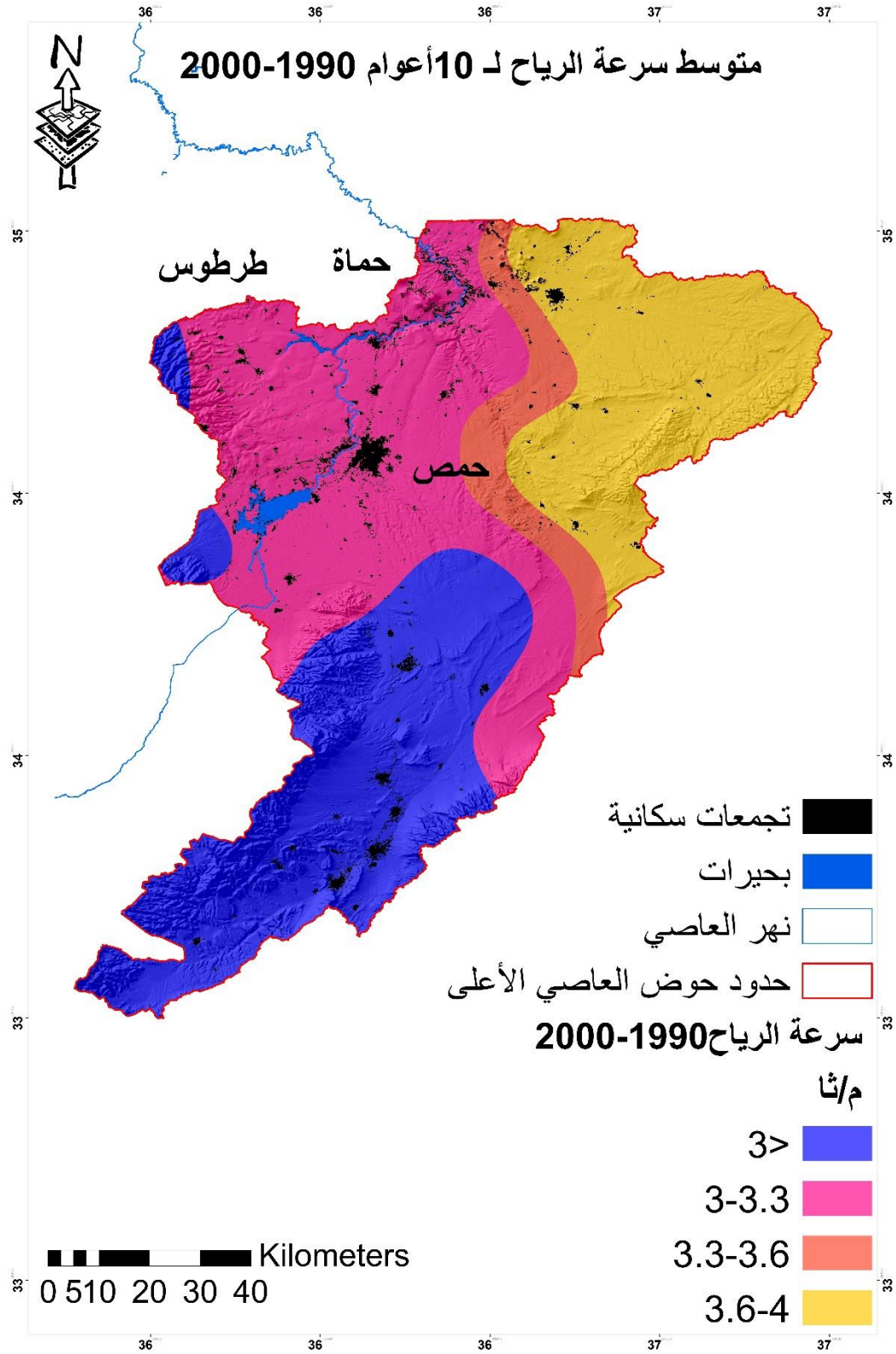
النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة (كم ²)	الرطوبة النسبية (%)	
11.49	1016	<50	1990-2000
41.35	3656	50-54	
37.39	3306	54-58	
9.77	863	58-63	
100	8841		المجموع
12.65	1119	<50	2000-2010
40.92	3617	50-54	
36.81	3254	54-58	
9.62	851	58-63	
100	8841		المجموع
8.83	780	<50	2010-2020
41.16	3639	50-54	
39.72	3512	54-58	
10.29	910	58-63	
100	8841		المجموع
9.87	873	<50	1990-2020
42.18	3728	50-54	
37.99	3359	54-58	
9.96	881	58-63	
100	8841		المجموع



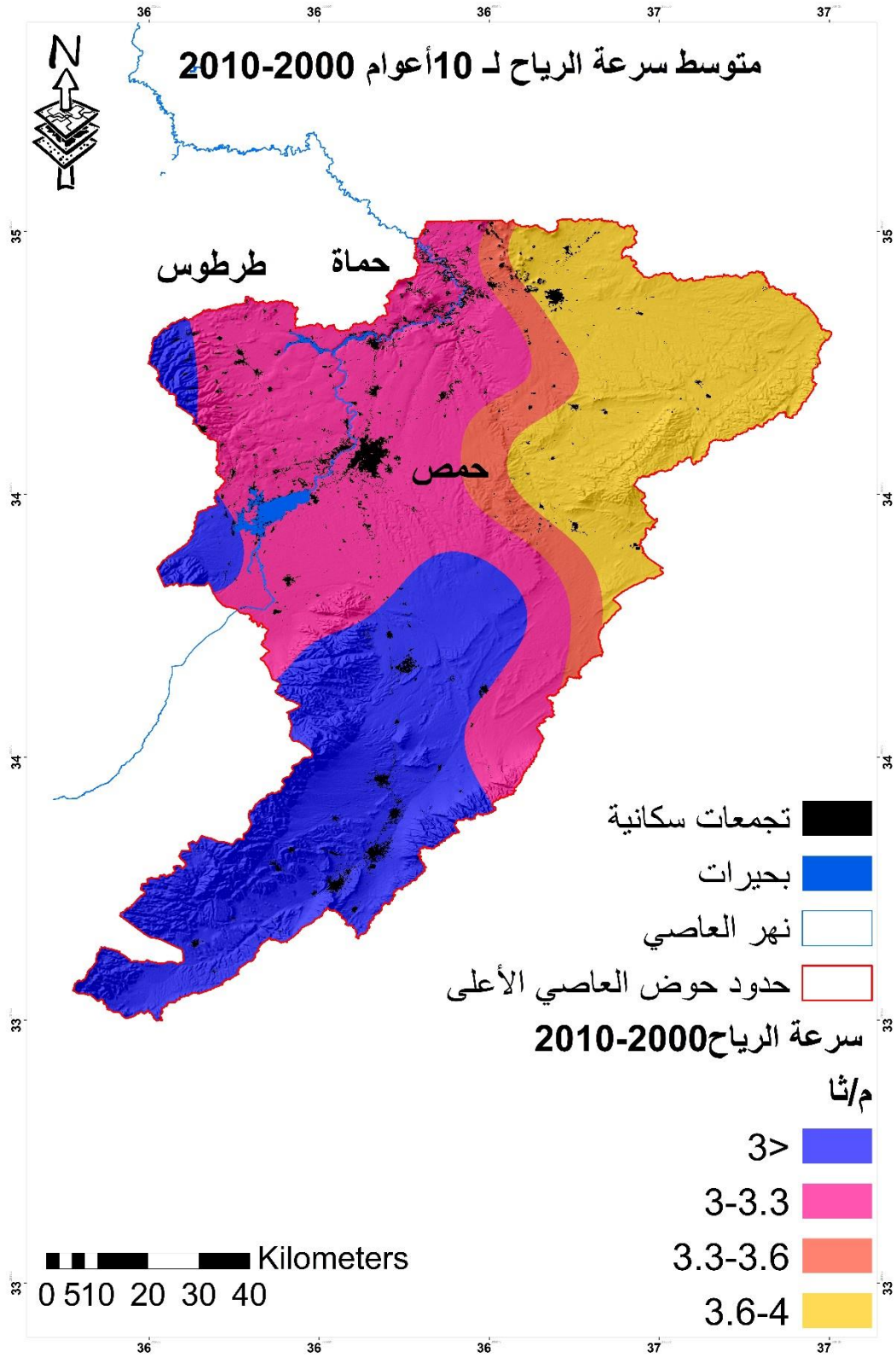
الشكل (14) نسب تغيرات الرطوبة النسبية

4.6.4. سرعة الرياح:

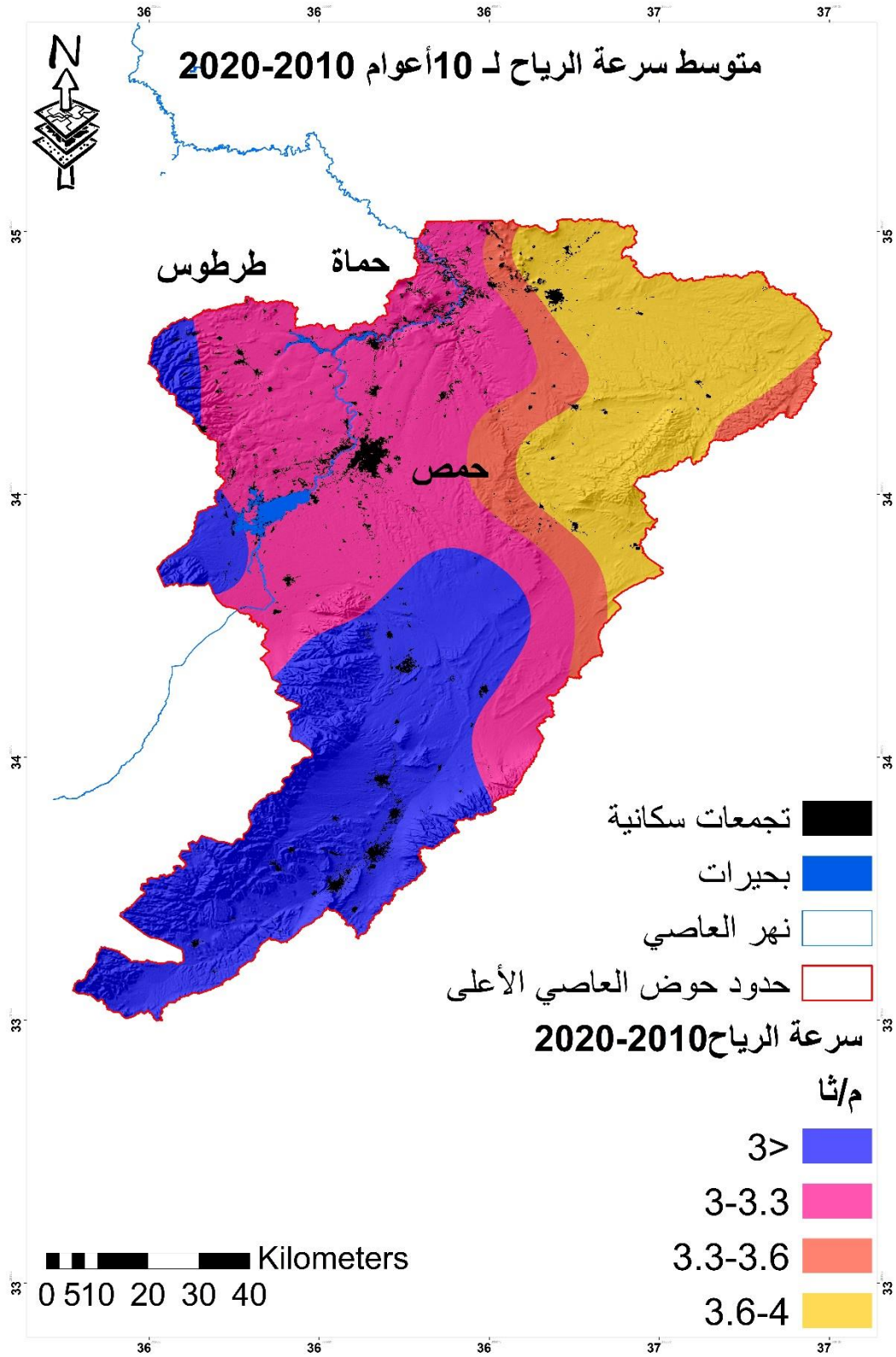
تم تقسيم النتائج لثلاث مراحل زمنية خلال الـ 30 عاماً (1990-2020)، حيث تراوح متوسط سرعة الرياح مدة الدراسة من أقل 3 م/ثا إلى 4 م/ثا كما هو موضح في الخرائط (30) (31) (32) (33).



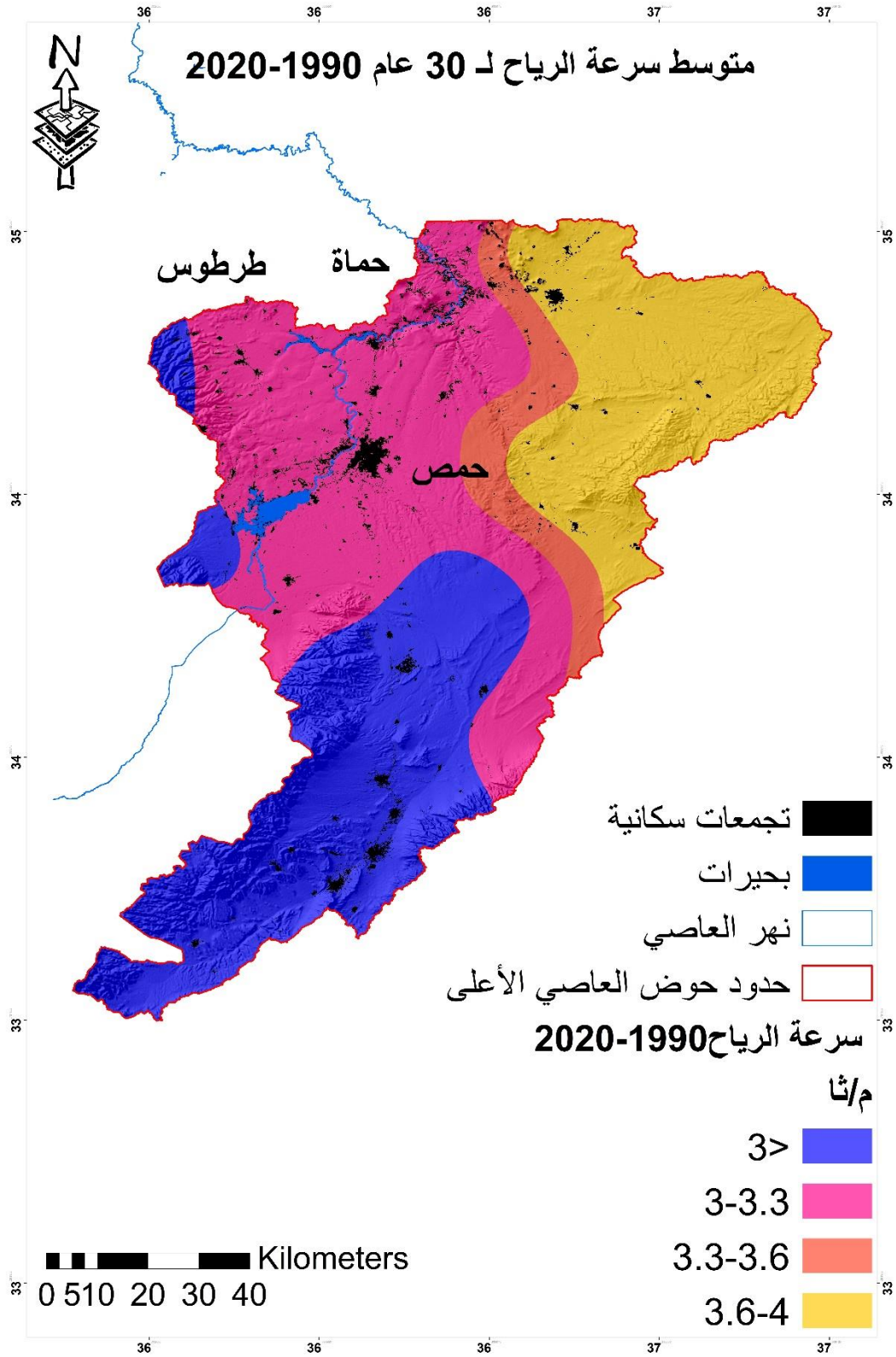
خريطة (30) متوسط سرعة الرياح للفترة (2000-1990)



خريطة (31) متوسط سرعة الرياح للفترة (2010-2000)



خريطة (32) متوسط سرعة الرياح للفترة (2010-2020)

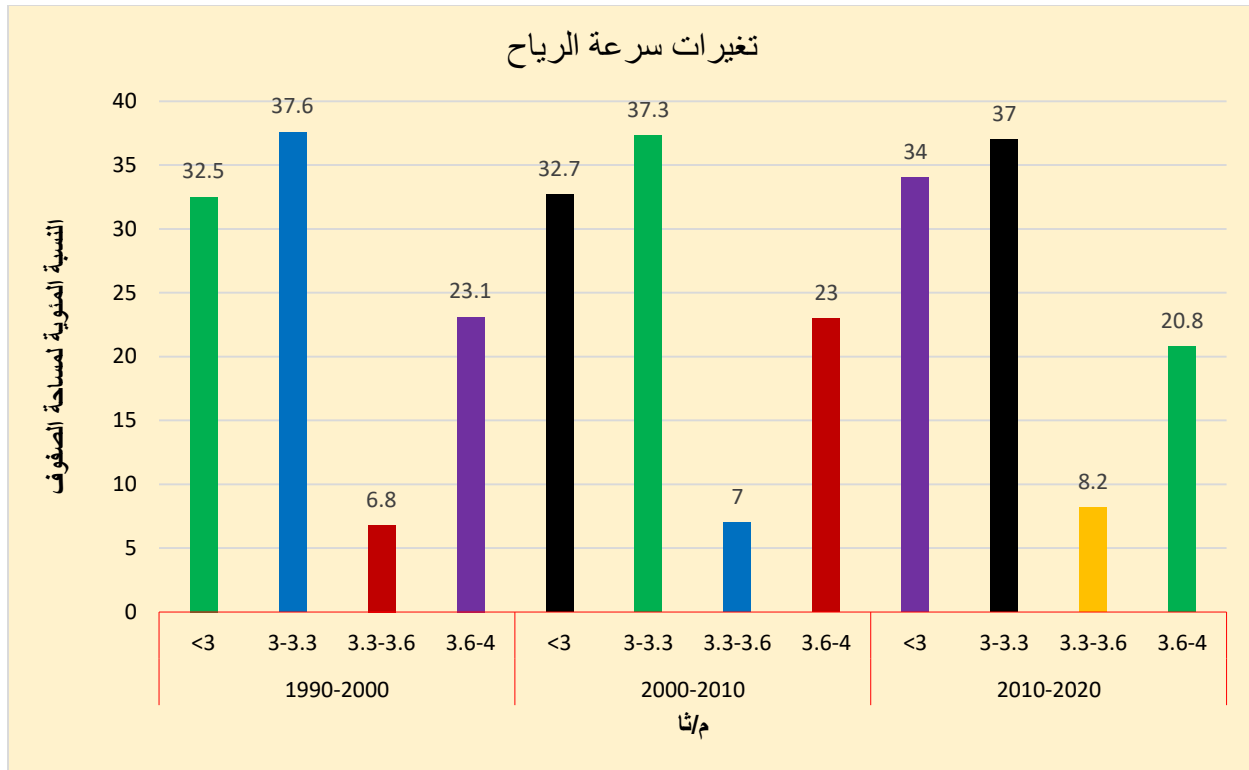


خريطة (33) متوسط درجات الحرارة للفترة (1990-2020)

أظهرت خرائط متوسط سرعة الرياح مع وجود تباين بسيط في مساحات الصفوف، كما هو موضح في الجدول (18) والشكل (15) نسب تغييرات متوسط سرعة الرياح بالنسب المئوية لكل الفترات الزمنية.

جدول (18) نسب تغييرات سرعة الرياح

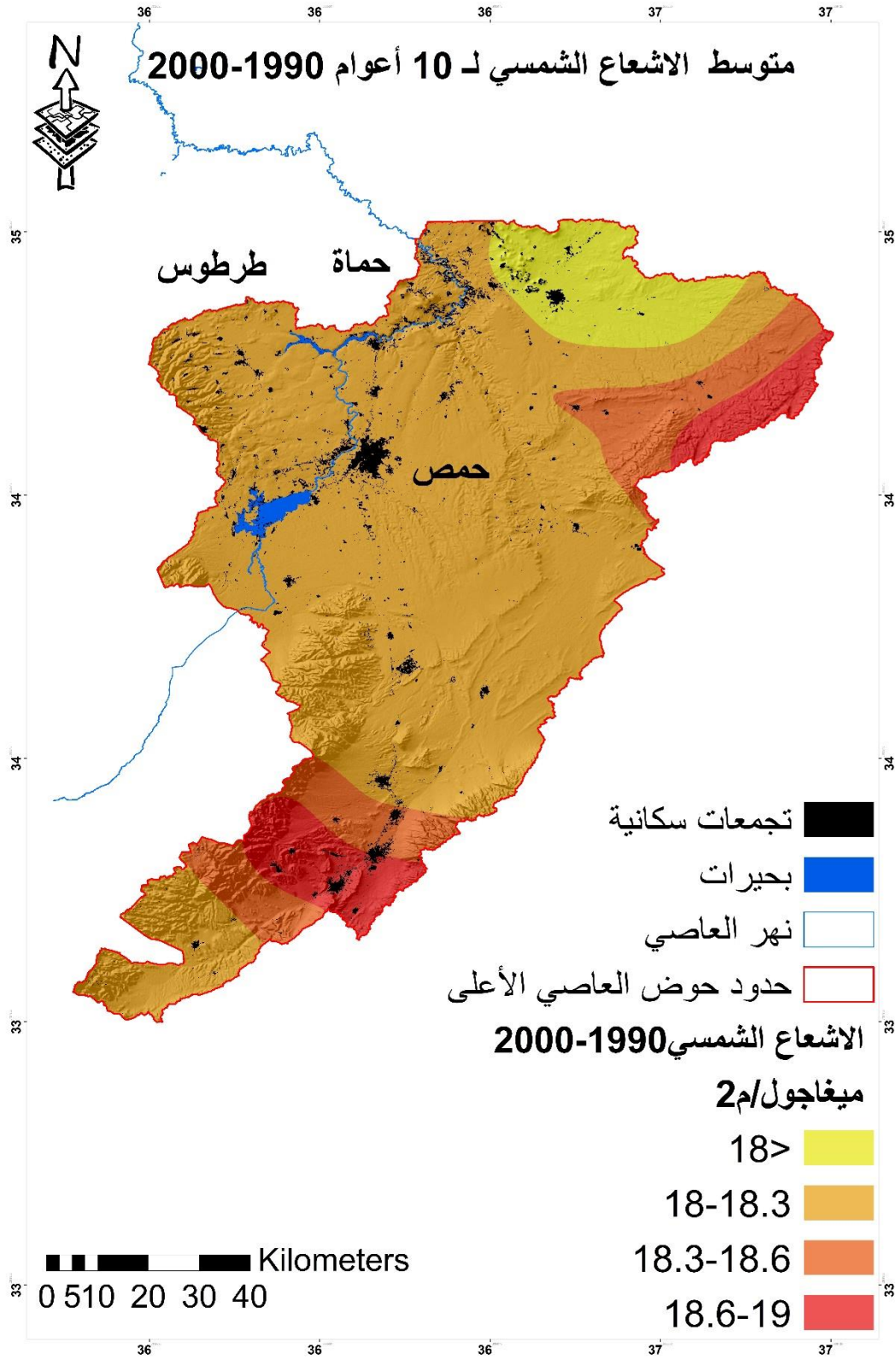
سرعة الرياح (م/ثا)	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	
<3	2874	32.51	1990-2000
3-3.3	3325	37.61	
3.3-3.6	604	6.83	
3.6-4	2038	23.05	
	8841	100	المجموع
<3	2897	32.77	2000-2010
3-3.3	3297	37.29	
3.3-3.6	616	6.97	
3.6-4	2031	22.97	
	8841	100	المجموع
<3	3008	34.02	2010-2020
3-3.3	3269	36.97	
3.3-3.6	722	8.17	
3.6-4	1842	20.84	
	8841	100	المجموع
<3	2905	32.87	1990-2020
3-3.3	3292	37.24	
3.3-3.6	609	6.88	
3.6-4	2035	23.01	
	8841	100	المجموع



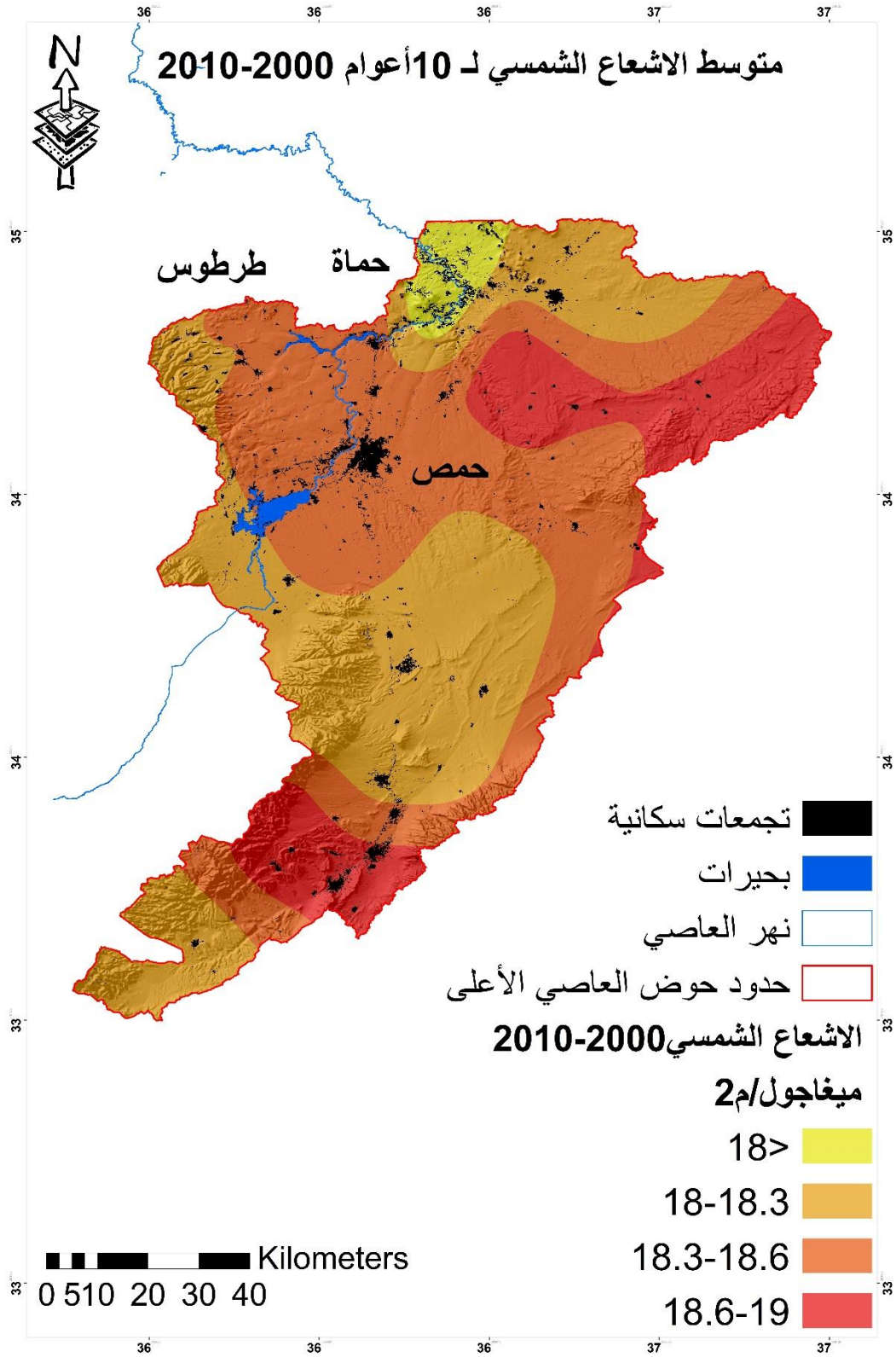
الشكل (15) نسب تغيرات متوسط سرعة الرياح

5.6.4. الاشعاع الشمسي:

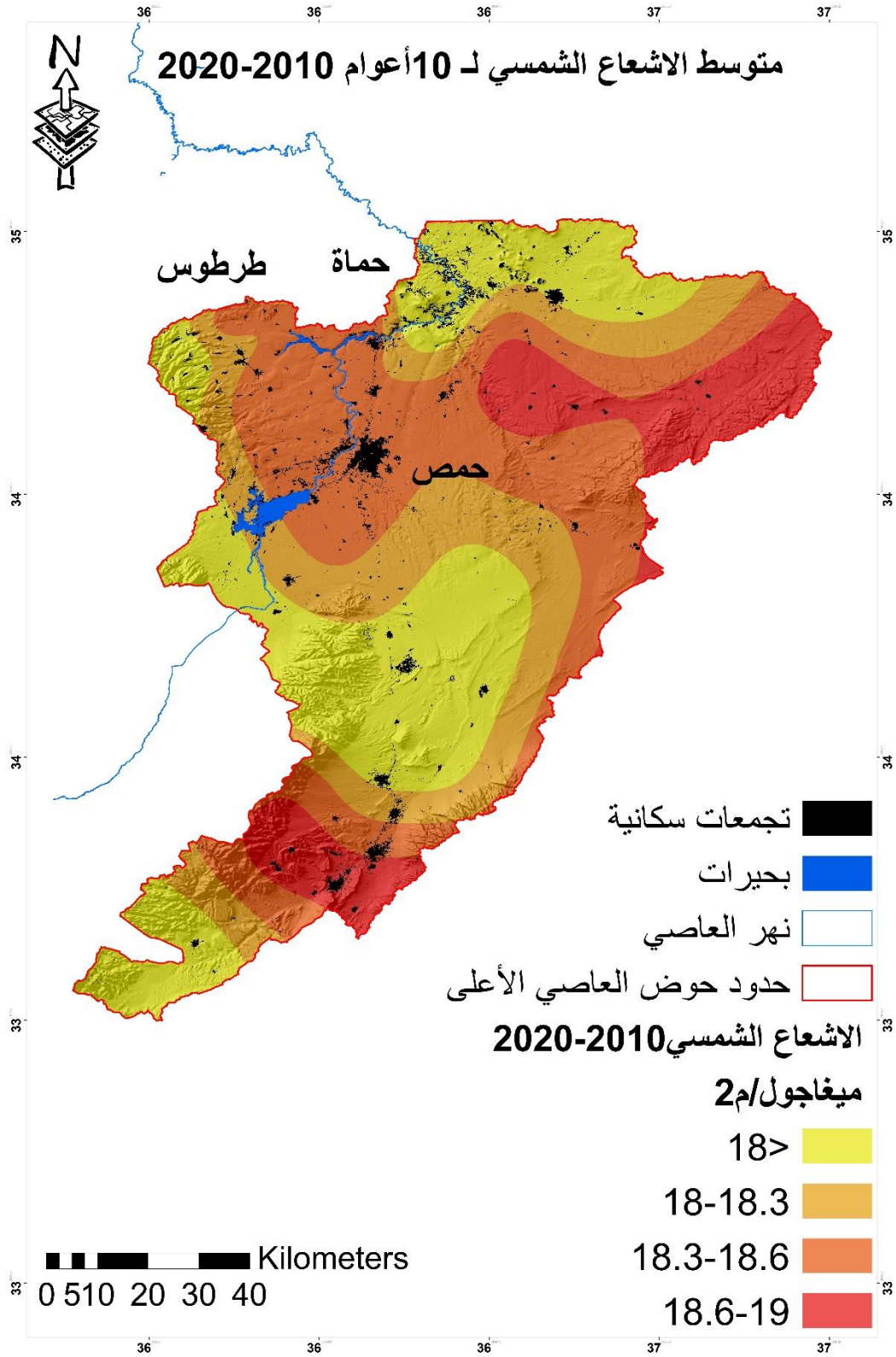
تم تقسيم النتائج ل ثلاث مراحل زمنية خلال ال 30 عاماً (1990-2020)، حيث تراوح متوسط الاشعاع الشمسي خلال مدة الدراسة من أقل من 18 ميغاجول/م² إلى 19 ميغاجول/م² كما هو موضح في الخرائط (34) (35) (36) (37).



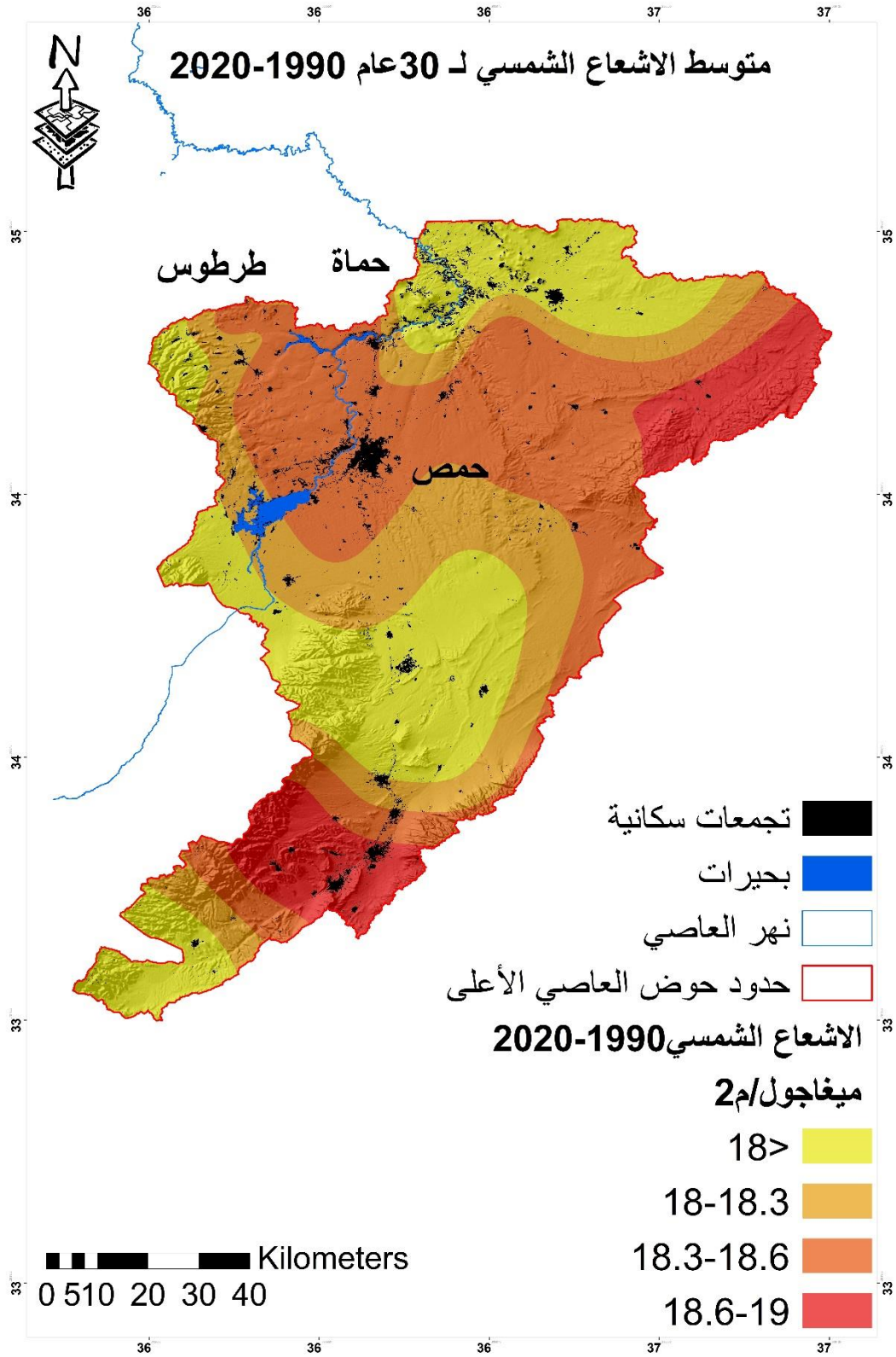
خريطة (34) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (2000-1990)



خريطة (35) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (2010-2000)



خريطة (36) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (2020-2010)

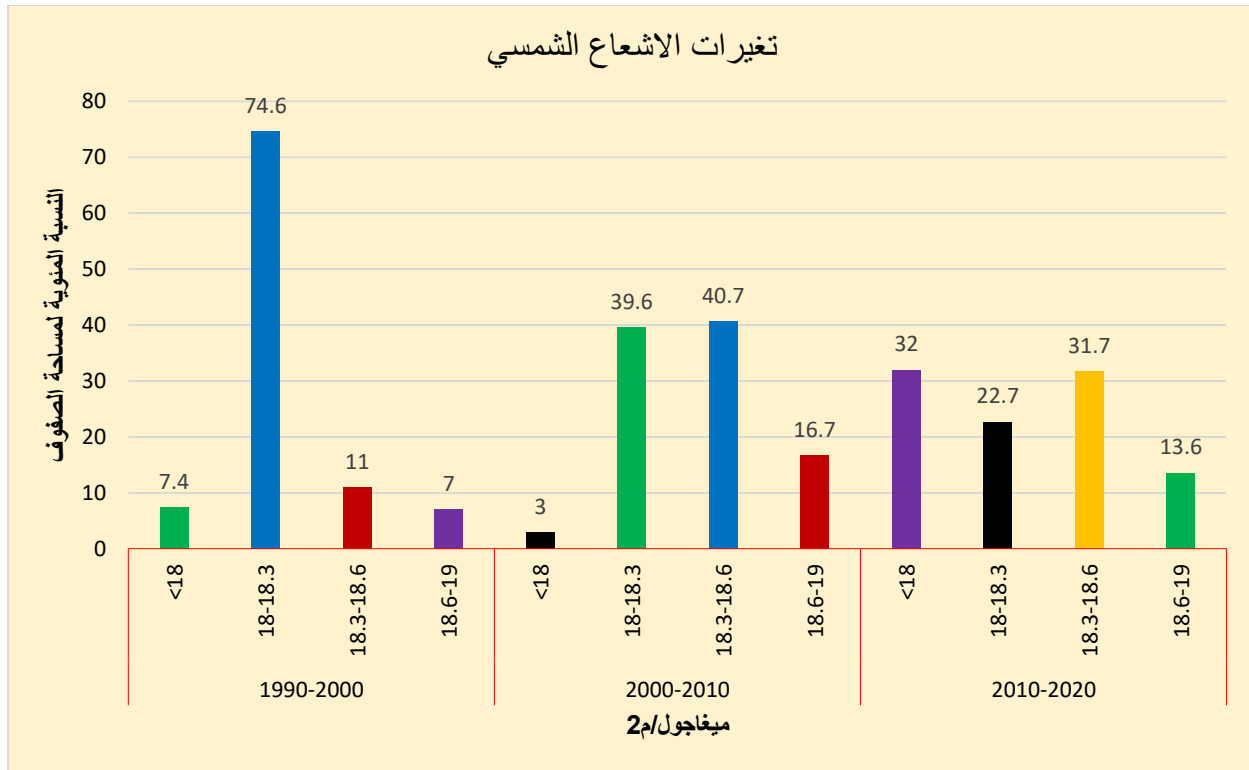


خريطة (37) متوسط الاشعاع الشمسي للفترة (1990-2020)

أظهرت خرائط متوسط الإشعاع الشمسي وجود تباين بسيط في مساحات الصفوف، كما هو موضح في الجدول (19) والشكل (16) نسب تغييرات متوسط الإشعاع الشمسي بالنسب المئوية لكل الفترات الزمنية.

جدول (19) نسب تغييرات الإشعاع الشمسي

النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة (كم ²)	الإشعاع الشمسي (ميغاجول/م ²)	
7.45	658	<18	1990-2000
74.59	6595	18-18.3	
11.01	974	18.3-18.6	
6.95	614	18.6-19	
100	8841		المجموع
2.97	263	<18	2000-2010
39.64	3505	18-18.3	
40.74	3602	18.3-18.6	
16.65	1471	18.6-19	
100	8841		المجموع
31.93	2823	<18	2010-2020
22.73	2010	18-18.3	
31.75	2807	18.3-18.6	
13.59	1201	18.6-19	
100	8841		المجموع
31.16	2755	<18	1990-2020
23.69	2095	18-18.3	
33.76	2984	18.3-18.6	
11.39	1007	18.6-19	
100	8841		المجموع



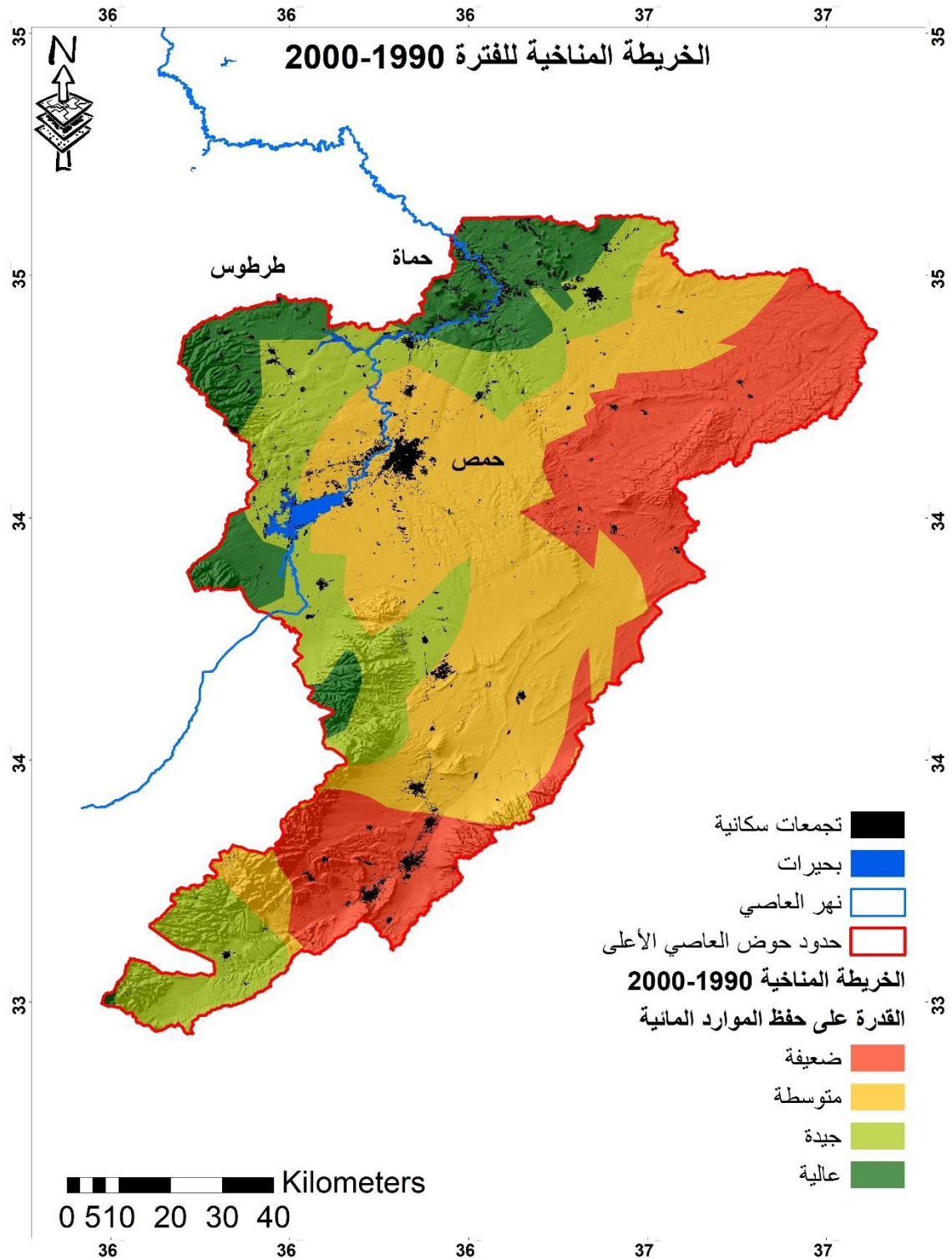
الشكل (16) نسب تغيرات متوسط الاشعاع الشمسي

7.4. خرائط المناخ:

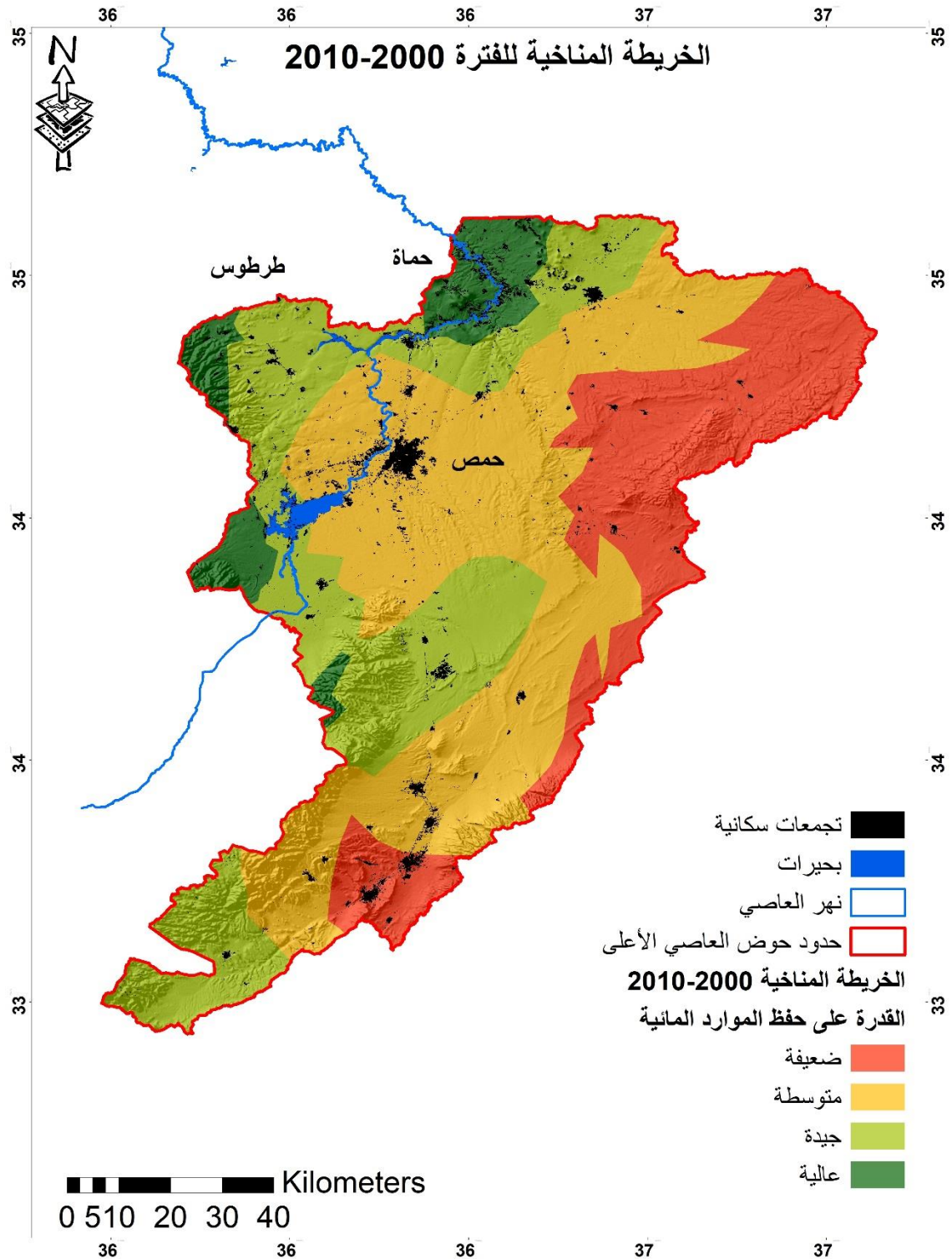
يوضح الجدول (20) توزيع مساحات الصفوف الناتجة عن تصنيف الخرائط المناخية لاربعة صفوف تتلائم مع قدرة كل صف على حفظ الوارد المائي، حيث بيّنت خرائط المناخ الموضحة بالخرائط (38)_ (39)_ (40)_ (41) أن 60% من مساحة الحوض هي مناطق جيدة وعالية القدرة على حفظ الموارد المائية، في حين كان حوالي 25 إلى 30 % من مساحة الحوض متوسطة القدرة لحفظ الموارد المائية، بينما كانت نسبة 10-15% من مساحة الحوض ضعيفة القدرة على حفظ الموارد المائية.

جدول (20) مساحات صفوف الخريطة المناخية

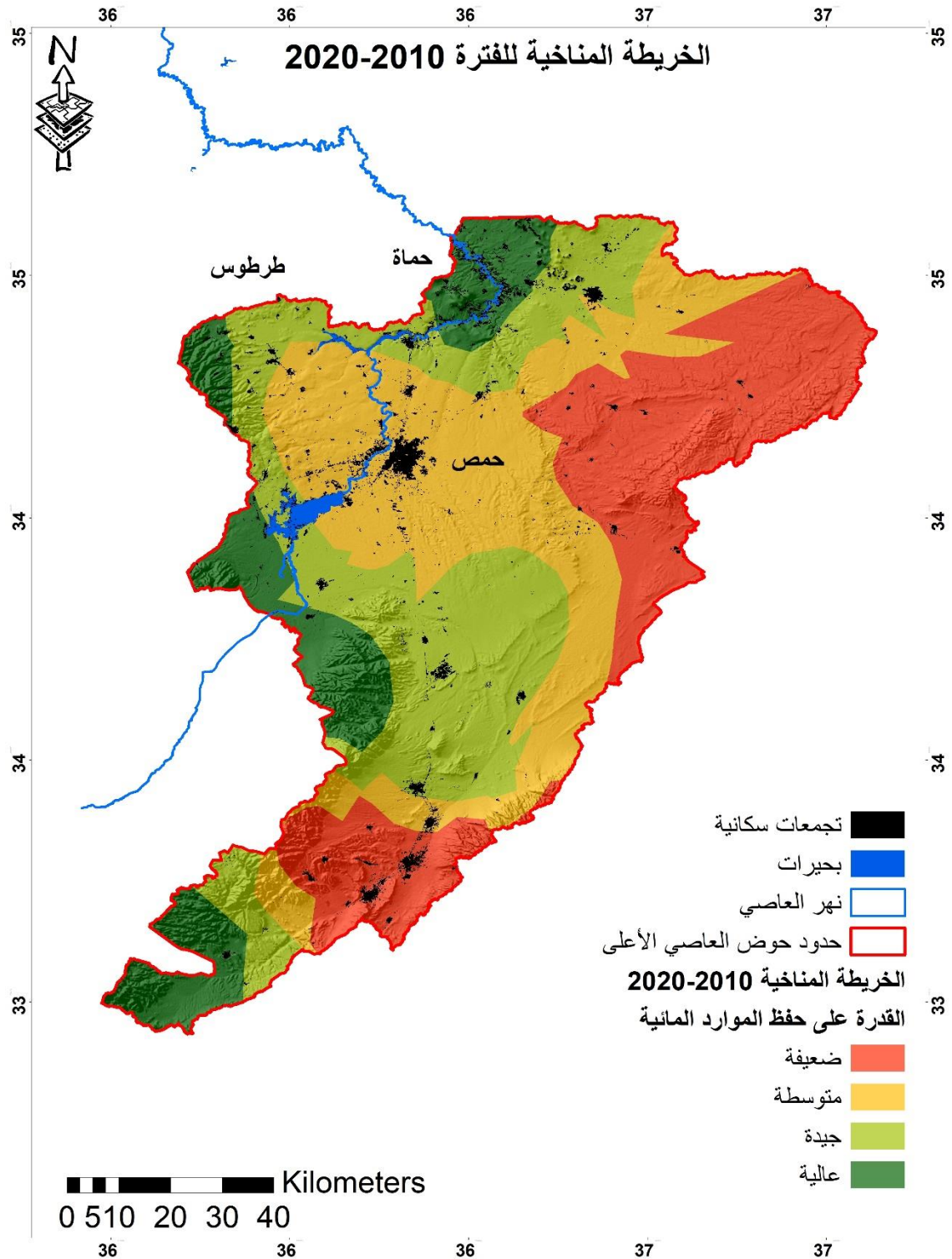
النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة (كم ²)	القدرة على حفظ الموارد المائية	
12.44	1100	ضعيفة	1990-2000
25.49	2254	متوسطة	
23.33	2062	جيدة	
38.74	3425	عالية	
100	8841		المجموع
7.53	665	ضعيفة	2000-2010
29.15	2577	متوسطة	
21.49	1900	جيدة	
41.83	3699	عالية	
100	8841		المجموع
14.64	1295	ضعيفة	2010-2020
25.29	2236	متوسطة	
28.74	2541	جيدة	
31.33	2769	عالية	
100	8841		المجموع
8.65	765	ضعيفة	1990-2020
25.11	2220	متوسطة	
26.55	2347	جيدة	
39.69	3509	عالية	
100	8841		المجموع



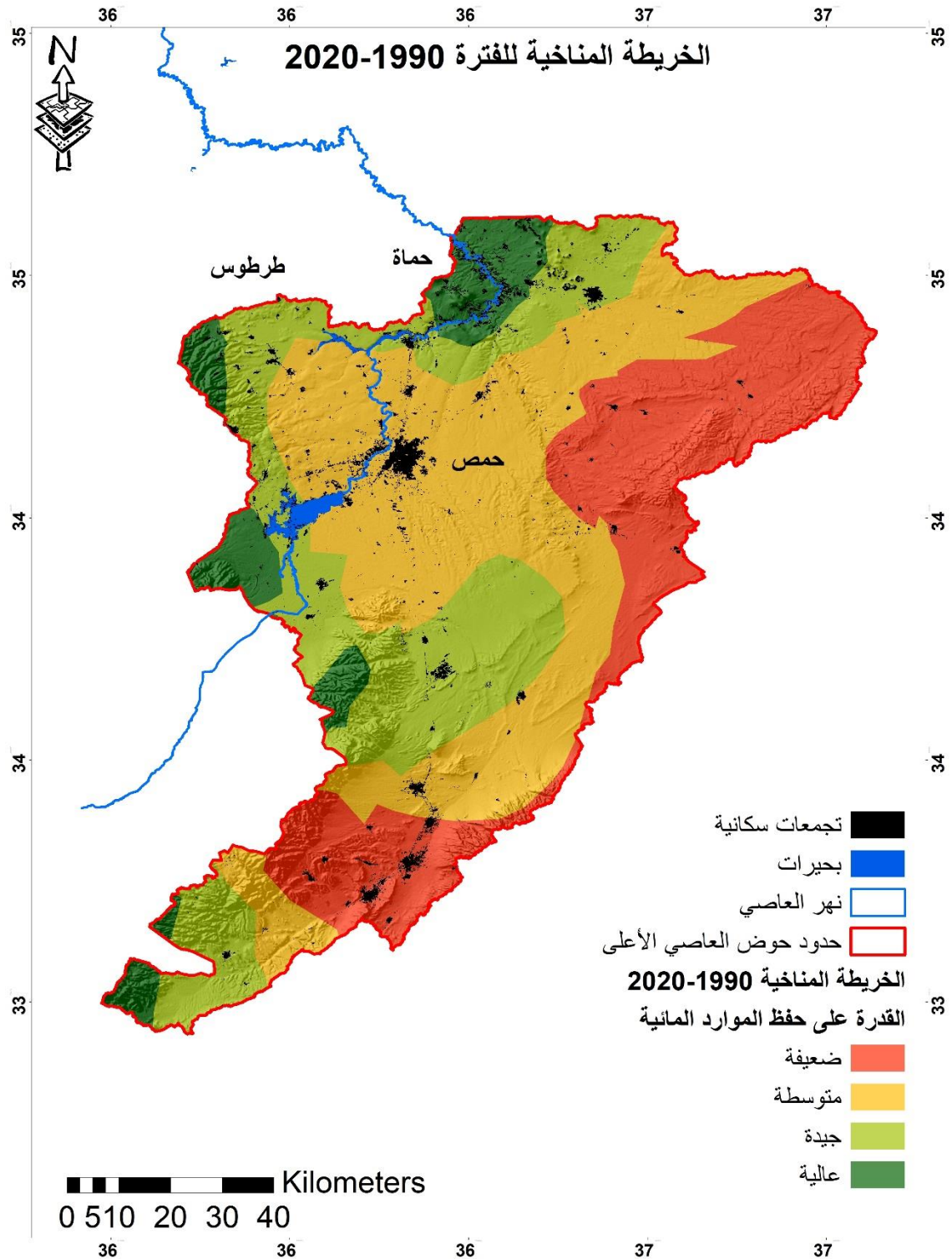
خريطة (38) الخريطة المناخية للفترة (2000-1990)



خريطة (39) الخريطة المناخية للفترة (2010-2000)



خريطة (40) الخريطة المناخية للفترة (2010-2020)



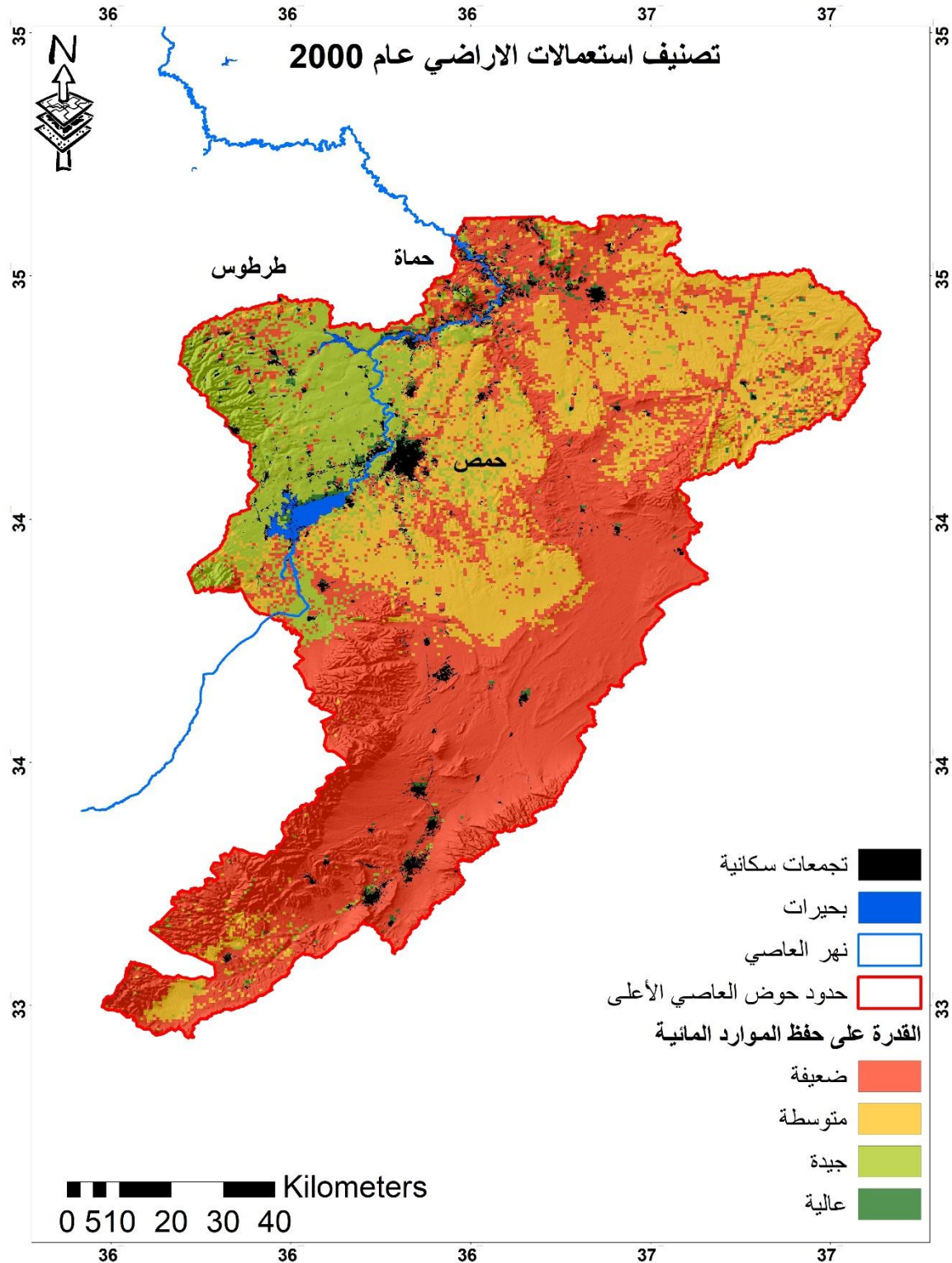
خريطة (41) الخريطة المناخية للفترة (2020-1990)

8.4. خرائط تغييرات استعمالات الأراضي:

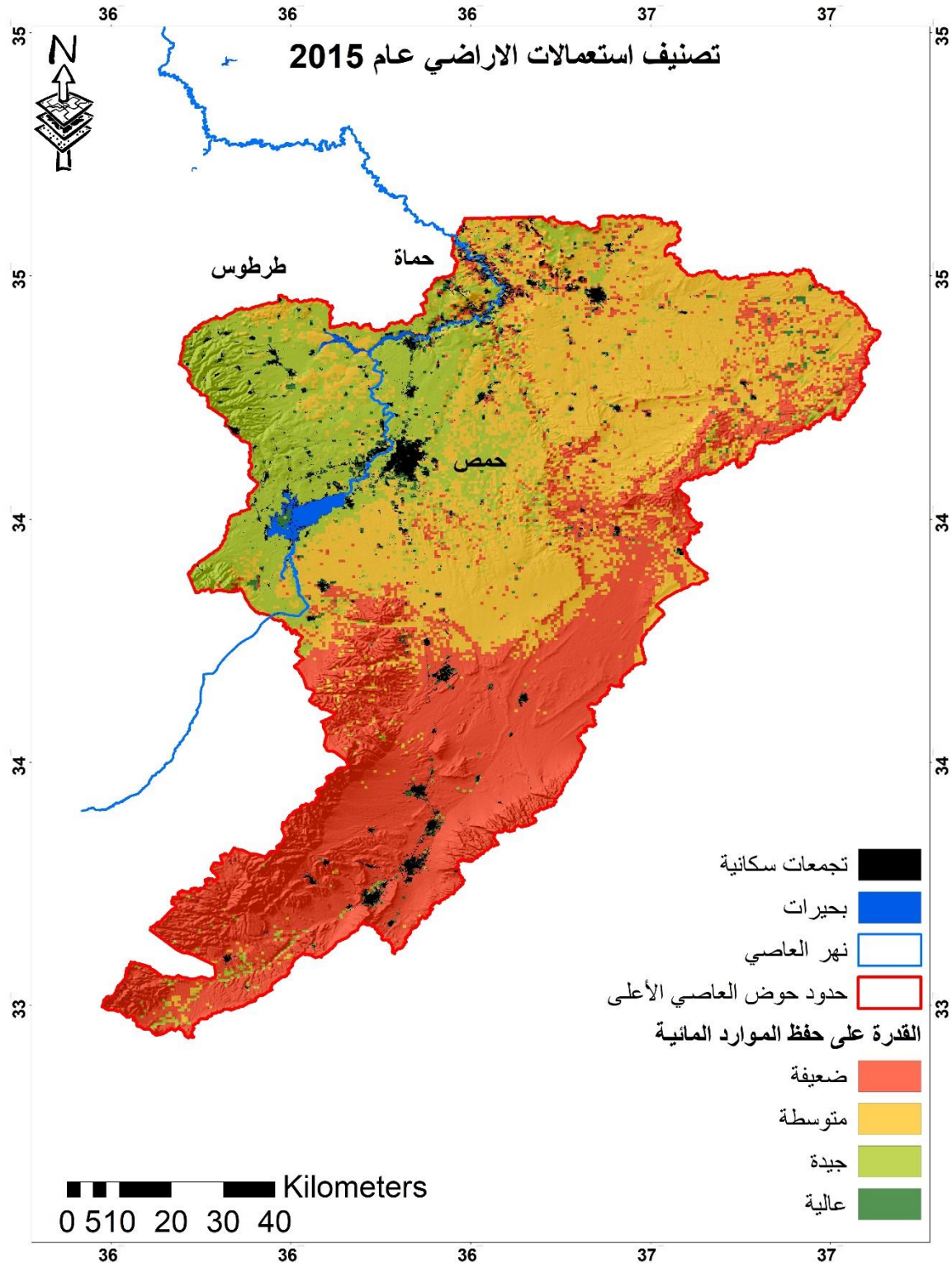
يوضح الجدول (21) نسب مساحات الصفوف الناتجة عن تصنيف خرائط استعمالات الأراضي لاربعة صفوف تتلائم مع قدرة كل صف على حفظ الوارد المائي، وبيّنت خرائط استعمالات الأراضي المصنفة كما هو موضح في الخرائط (42)_(43)_(44) أن 55% و 54% من مساحة الحوض في عام 2000 وعام 2020 على التوالي تنتشر فيها صفوف ضعيفة القدرة على حفظ الموارد المائية بينما كانت هذه النسبة 40% في عام 2015، في حين بلغت نسبة الصفوف المتوسطة والجيدة القدرة على حفظ الموارد المائية 42% في عام 2000 و 2020، و 56% في عام 2015، بينما توزعت نسبة الصفوف العالية القدرة على حفظ الموارد المائية بمعدل 2% في عام 2000 و 3% في عام 2015 و 2020.

جدول (21) مساحات صفوف خريطة استعمالات الاراضي

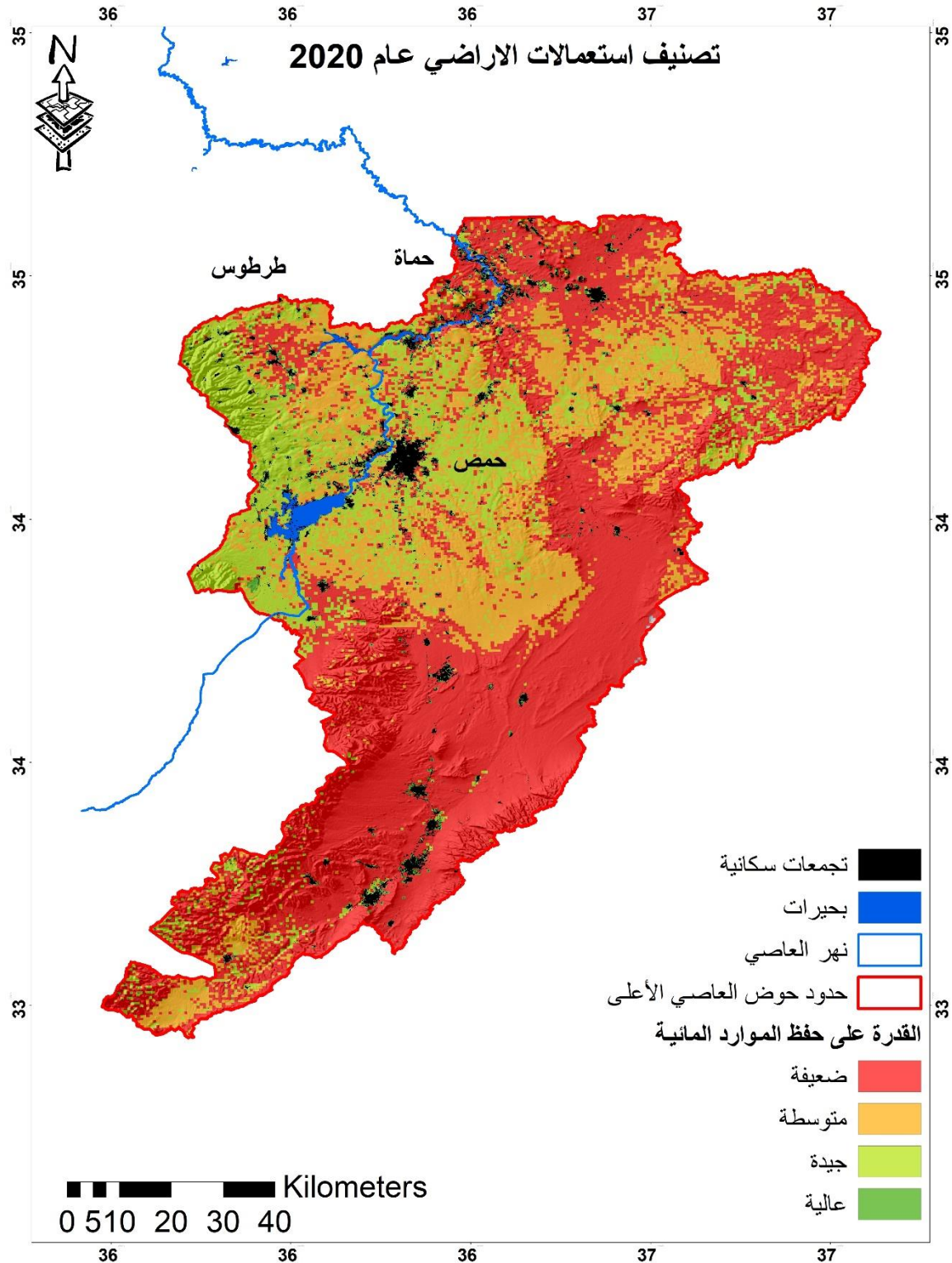
	القدرة على حفظ الموارد المائية	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)
2000	ضعيفة	4893	55.34
	متوسطة	2410	27.26
	جيدة	1369	15.49
	عالية	169	1.91
المجموع		8841	100
2015	ضعيفة	3550	40.15
	متوسطة	3286	37.17
	جيدة	1720	19.46
	عالية	285	3.22
المجموع		8841	100
2020	ضعيفة	4838	54.73
	متوسطة	2105	23.81
	جيدة	1610	18.21
	عالية	288	3.25
المجموع		8841	100



خريطة (42) تصنيف خريطة استعمالات الأراضي لعام 2000



خريطة (43) تصنيف خريطة استعمالات الأراضي لعام 2015



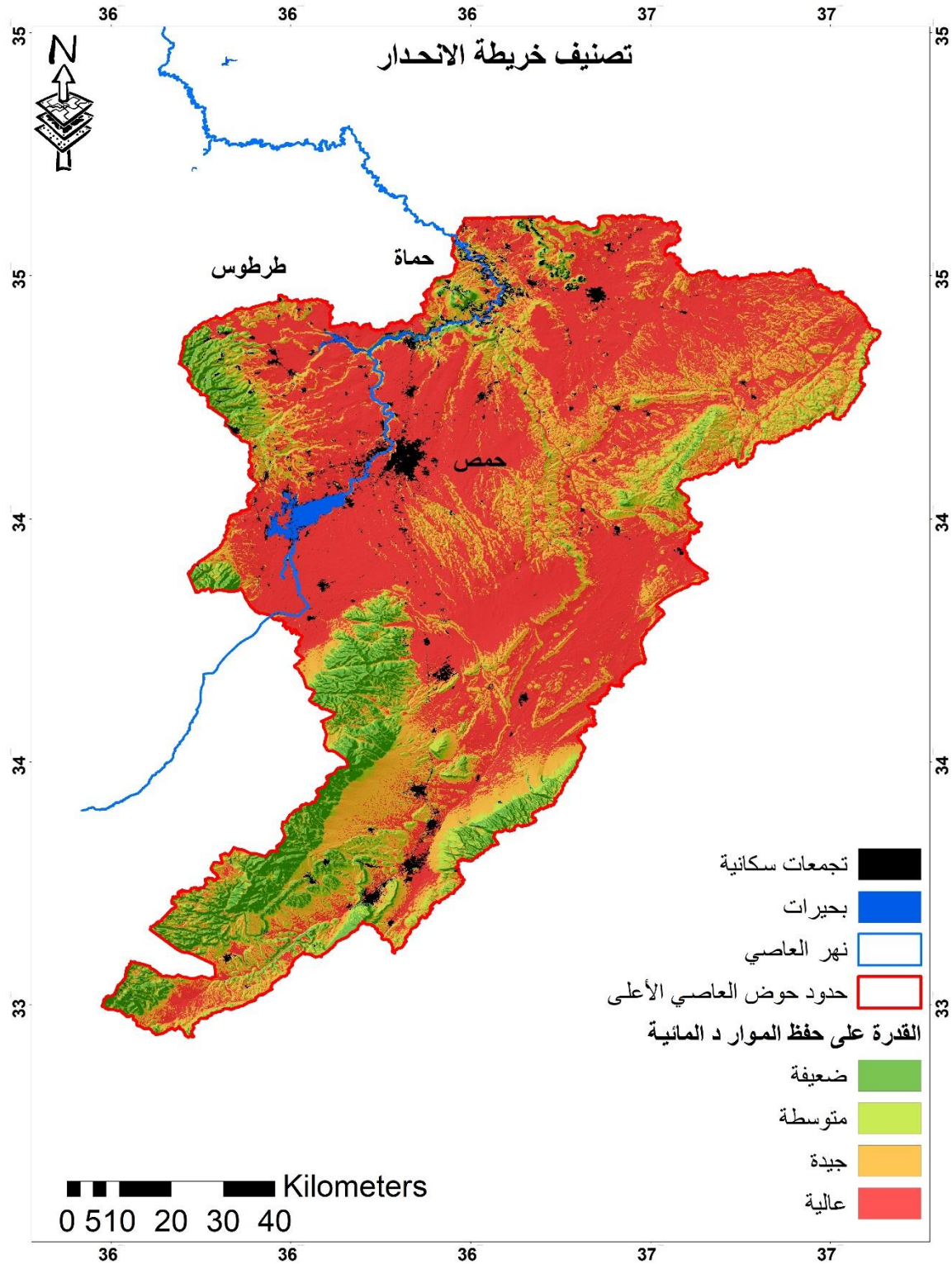
خريطة (44) تصنيف خريطة استعمالات الأراضي لعام 2020

9.4. خرائط الانحدار والتربة والجيولوجيا المصنفة لاربعة صفوف:

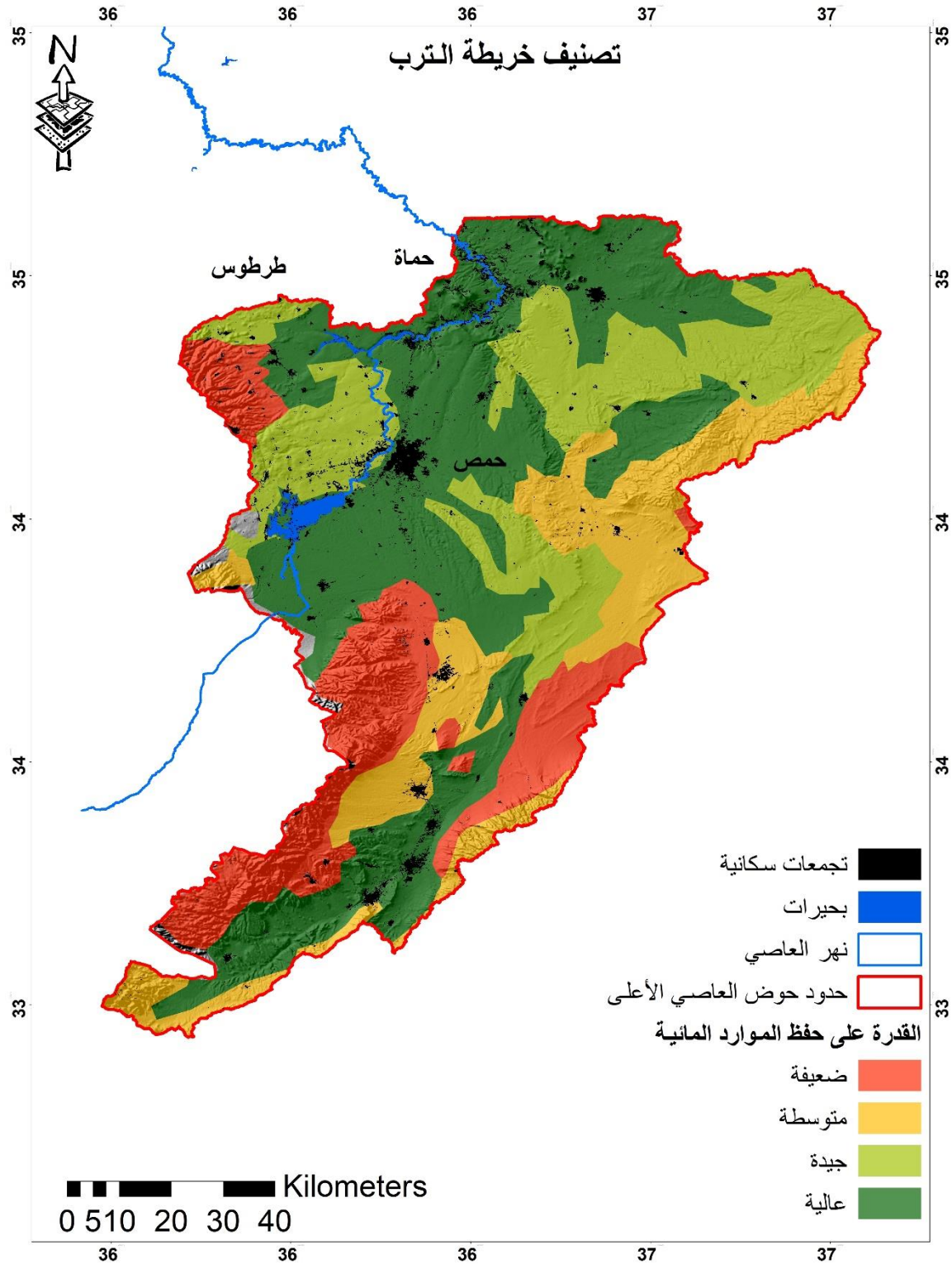
تم تصنيف خريطة كل من (الانحدار_ التربة_ الجيولوجيا) لأربعة صفوف تعبر عن قدرة كل صف من صفوف استعمالات الأراضي على حفظ الموارد المائية وفقاً لأسس التصنيف المتبعة في وزارة الزراعة الأمريكية (USDA-NRCS 2007)، في منطقة الدراسة (حوض العاصي الأعلى)، وفق درجة مساهمة كل صف أو نمط استعمال في الانجراف المائي كما هو موضح في الجدول (22) وخرائط الانحدار (45) والتربة (46) والجيولوجيا (47).

جدول (22) مساحات صفوف خرائط (الانحدار_ التربة_ الجيولوجيا)

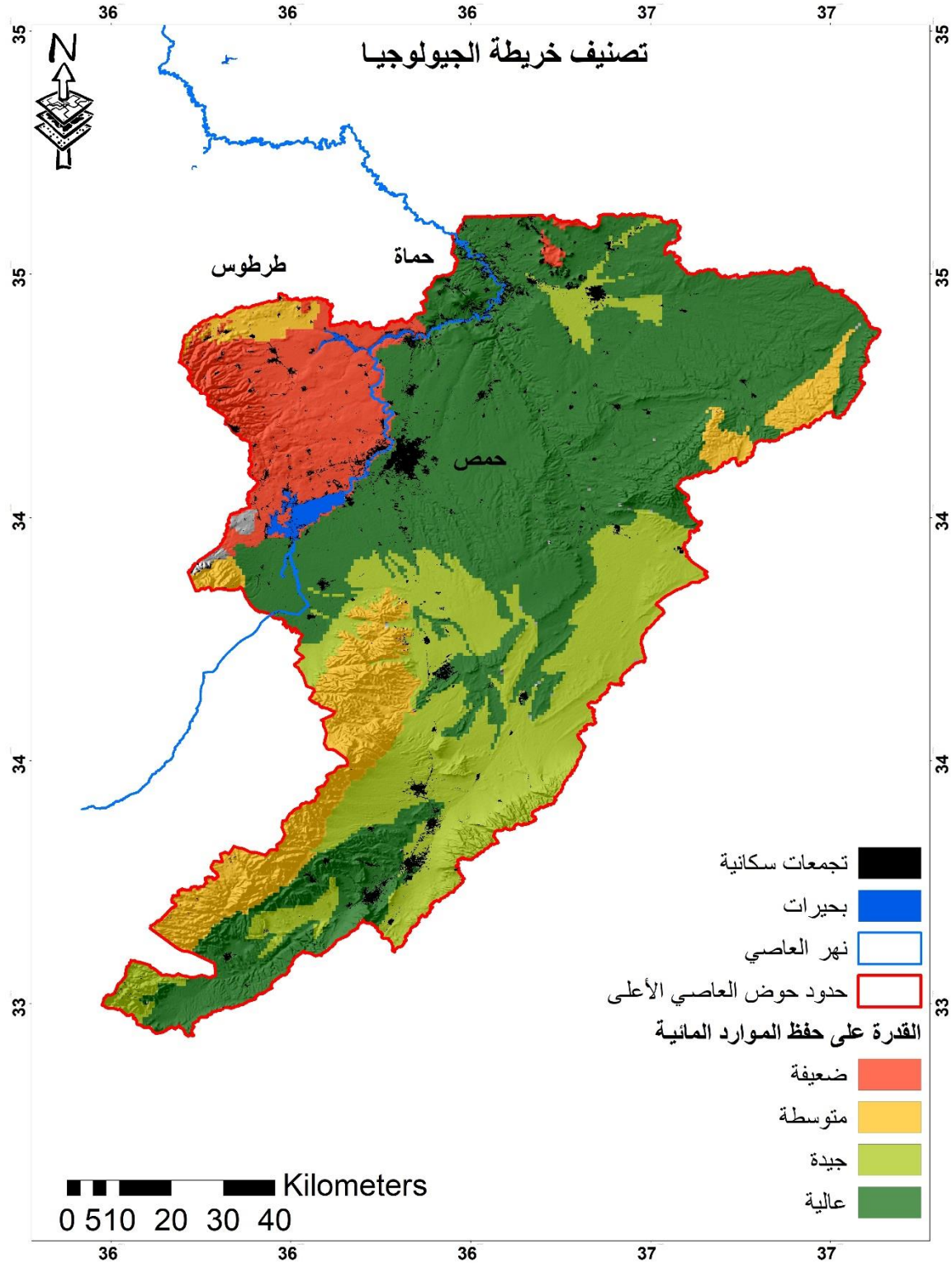
النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة (كم ²)	القدرة على حفظ الموارد المائية	مؤشرات القدرة على حفظ الوارد المائي	
54.34	4804	ضعيفة	>9%	الانحدار
26.61	2353	متوسطة	5-9%	
9.75	862	جيدة	2-5%	
9.30	822	عالية	0-2%	
100	8841			المجموع
16.68	1475	ضعيفة	لومية رملية - لومية	التربة
18.42	1628	متوسطة	لومية طينية	
22.47	1987	جيدة	طينية	
42.43	3751	عالية	طينية ثقيلة	
100	8841			المجموع
11.12	983	ضعيفة	بازلت وميوسين/بيلاوسين	الجيولوجيا
10.88	962	متوسطة	نطاقات كارستية من الصخور الكلسية والدولوميت كارست جيوراسي مع دولوميت وصخور كلسية	
23.90	2113	جيدة	ترسبات غير متصلبة نطاقات من الصخور الكلسية والطين	
54.10	4783	عالية	نيوجين وصخور كلسية وكنغلوميرا بيلاجين ومارل	
100	8841			المجموع



خريطة (45) تصنيف خريطة الانحدار



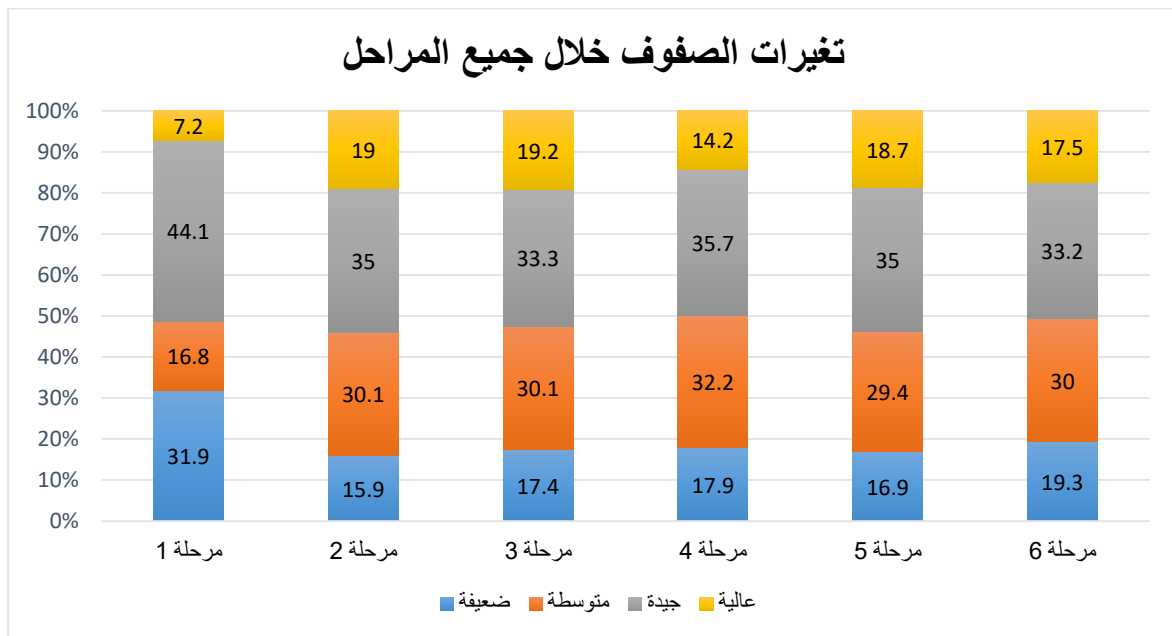
خريطة (46) تصنيف خريطة التربة



خريطة (47) تصنيف خريطة الجيولوجيا

10.4. مراحل التأثير المشترك لتغيرات المناخ واستعمالات الأراضي على الموارد المائية باستخدام GIS:

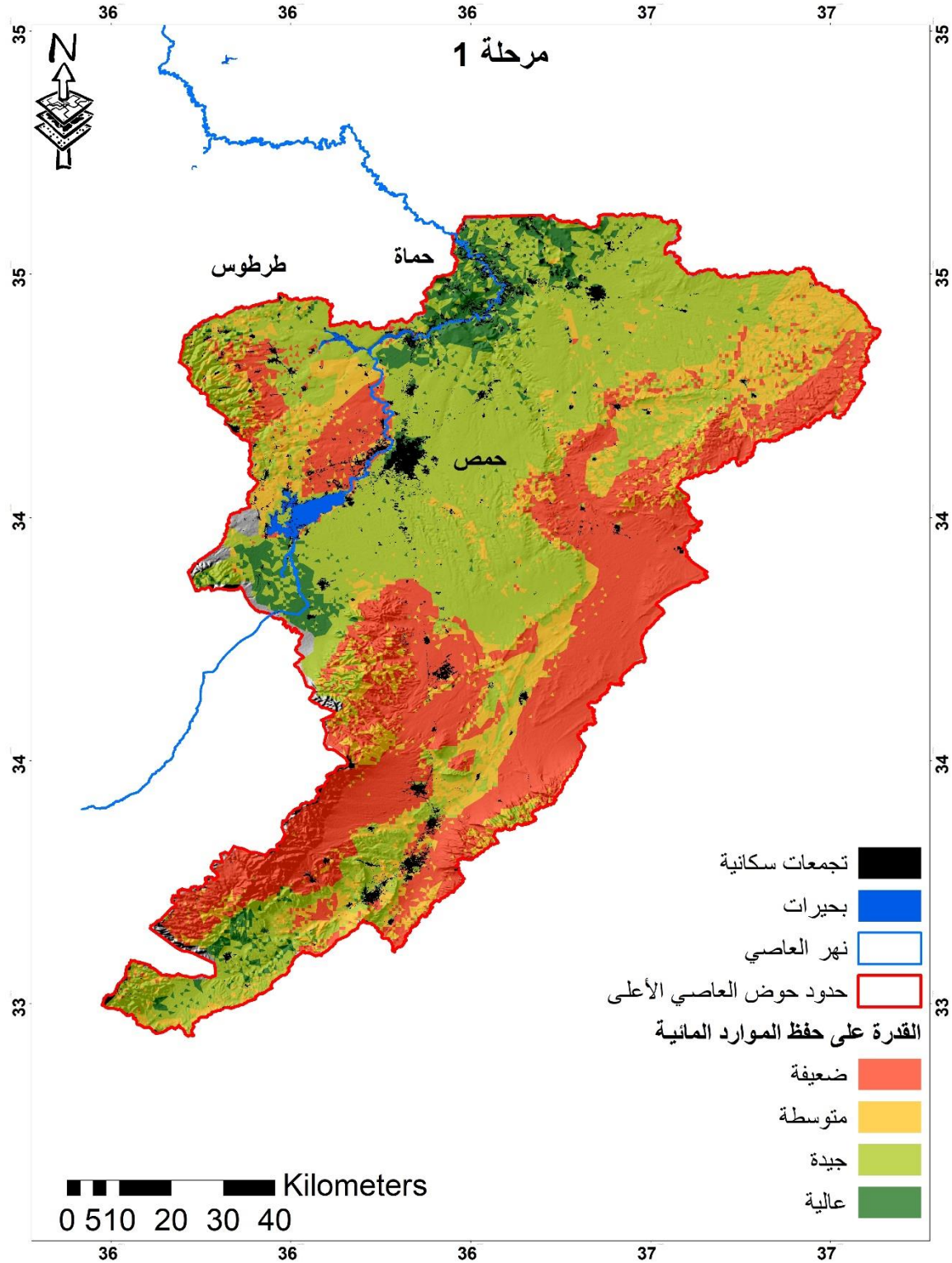
أوضحت المراحل الناتجة توزيع الصفوف حسب قدرة كل صف على حفظ الموارد المائية، ويبين الشكل (17) والجدول (23) مساحات ونسب كل صف في كل مرحلة، حيث كانت نسبة الصفوف الجيدة القدرة على حفظ الموارد المائية هي من أفضل الصفوف بنسب متقاربة (33_34_35_33_34_44) % من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الوسطي من الحوض، في حين تباينت نسبة الصفوف المتوسطة القدرة على حفظ الموارد المائية في المرحلة الأولى عن باقي السيناريوهات حيث بلغت النسبة 16% في المرحلة الأولى في حين توزعت النسب في السيناريوهات (2_3_4_5_6) بنسب (30_30_32_29_30) على التوالي من مساحة الحوض والتي انتشرت في الجزء الشمالي الغربي والشمالي الشرقي وجزء من المناطق الوسطى من الحوض، بينما توزعت نسب الصفوف العالية القدرة على حفظ الموارد المائية بنسب متقاربة (7_19_19_14_18_17) % من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الشمالي وبعض مساحات الجزء الغربي من الحوض، وتباينت نسب الصفوف الضعيفة القدرة على حفظ الموارد المائية في السيناريو الأول عن باقي المراحل حيث بلغت (31_16_17_18_17_19) % من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الشرقي والجنوبي الغربي من الحوض، وتظهر الخرائط (48) (49) (50) (51) (52) (53) توزيع الصفوف ضمن الحوض في كل مرحلة.



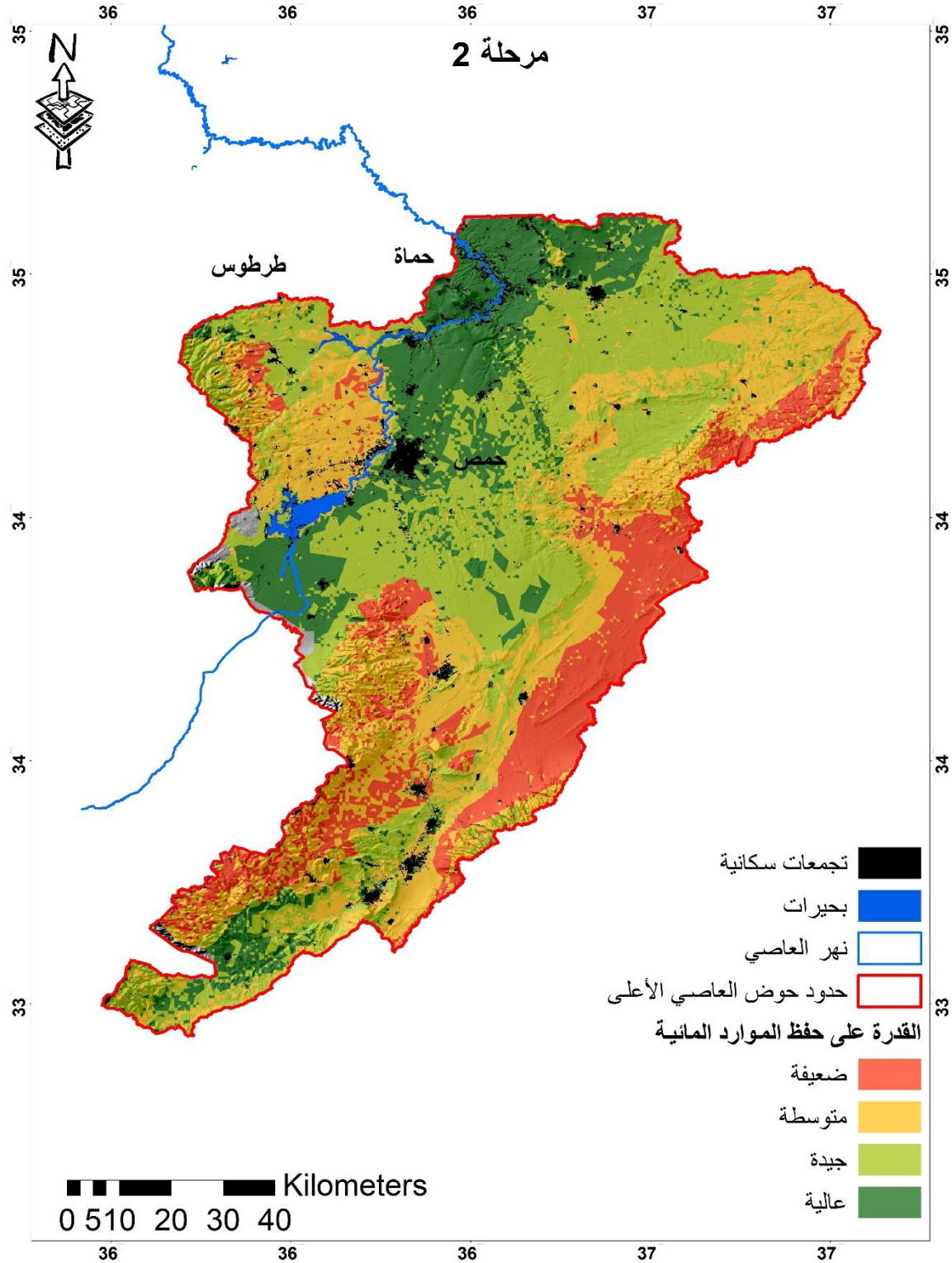
الشكل (17) مخطط تغيرات مساحات الصفوف خلال جميع المراحل بالطريقة التقليدية

جدول (23) مساحات ونسب الصفوف في كل مرحلة

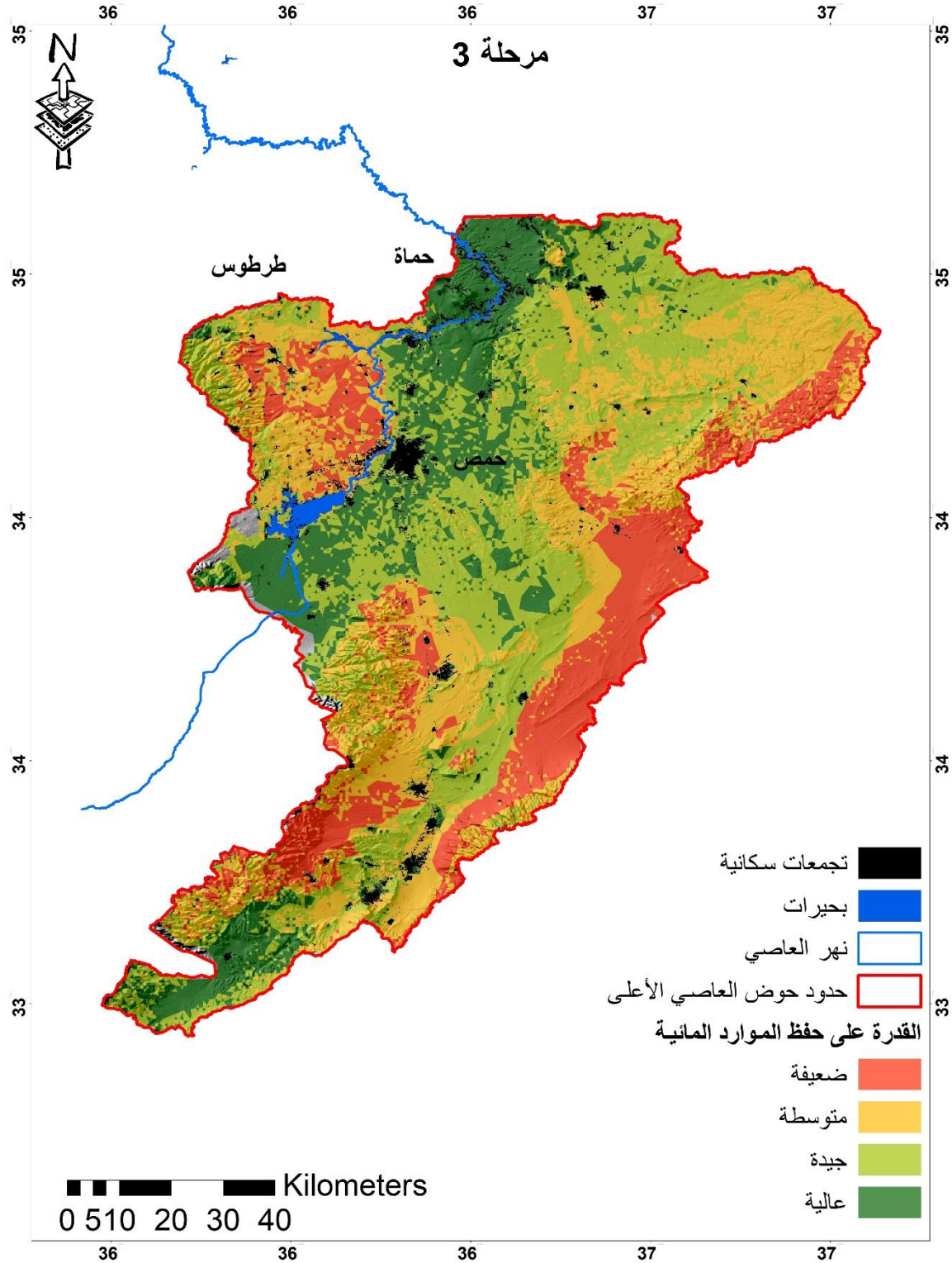
القدرة على حفظ الموارد المائية	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	
مرحلة 1	ضعيفة	2820	31.9
	متوسطة	1486	16.8
	جيدة	3901	44.1
	عالية	634	7.2
المجموع		8841	100
مرحلة 2	ضعيفة	1407	15.9
	متوسطة	2658	30.1
	جيدة	3094	35
	عالية	1682	19
المجموع		8841	100
مرحلة 3	ضعيفة	1539	17.4
	متوسطة	2660	30.1
	جيدة	2946	33.3
	عالية	1696	19.2
المجموع		8841	100
مرحلة 4	ضعيفة	1580	17.9
	متوسطة	2848	32.2
	جيدة	3161	35.7
	عالية	1252	14.2
المجموع		8841	100
مرحلة 5	ضعيفة	1499	16.9
	متوسطة	2597	29.4
	جيدة	3093	35
	عالية	1652	18.7
المجموع		8841	100
مرحلة 6	ضعيفة	1706	19.3
	متوسطة	2656	30
	جيدة	2936	33.2
	عالية	1543	17.5
المجموع		8841	100



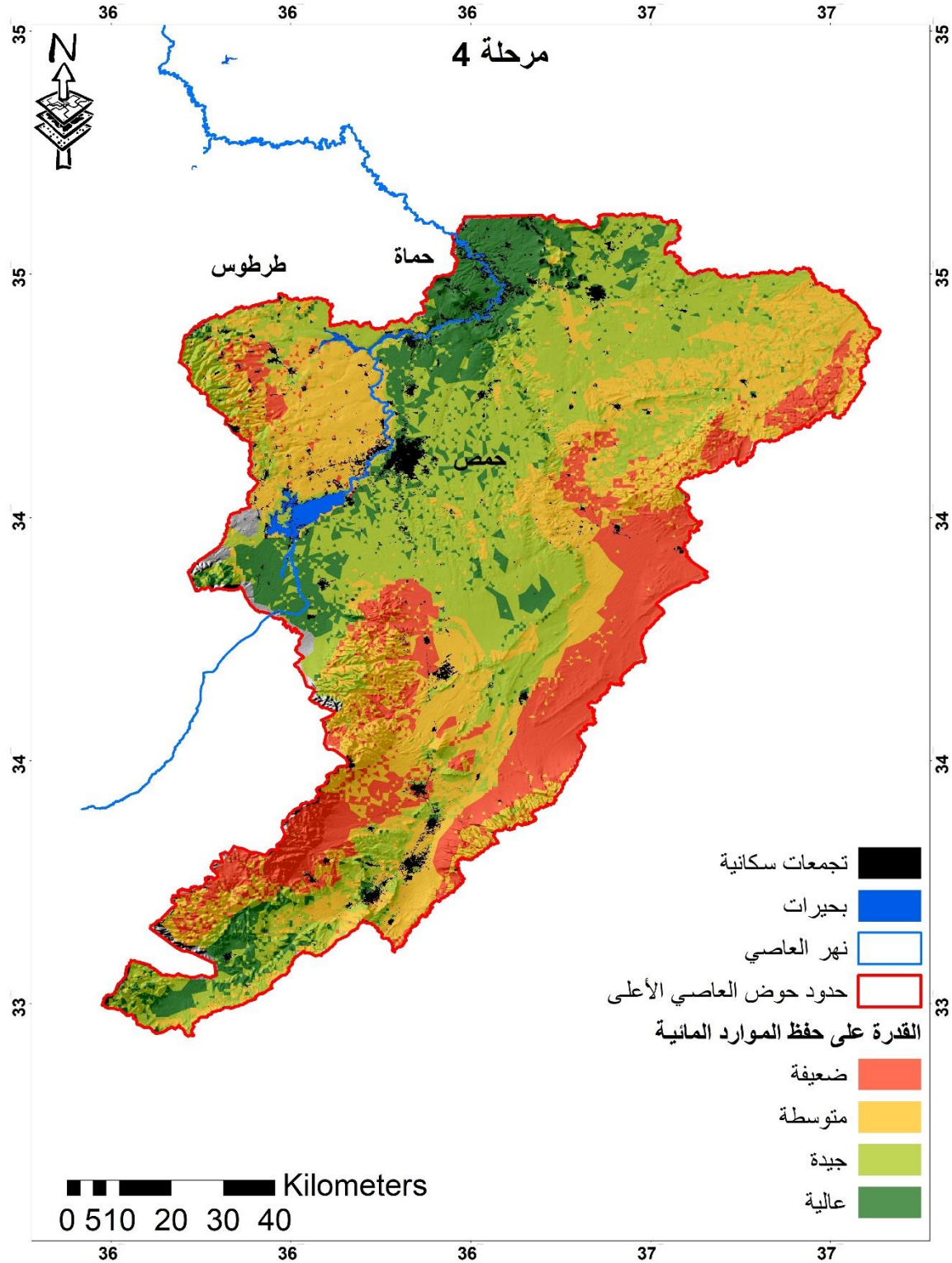
خريطة (48) مرحلة 1



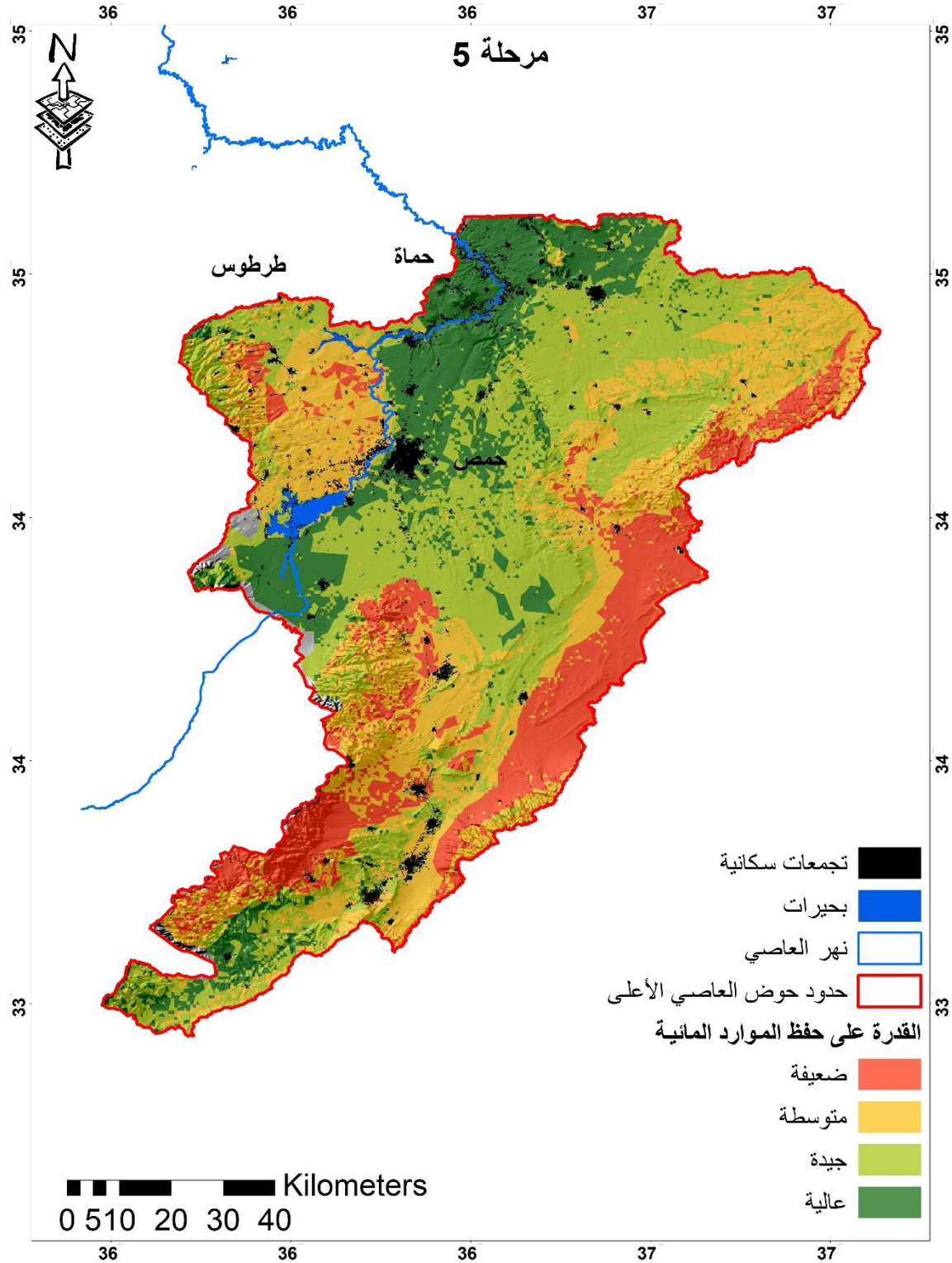
خريطة (49) مرحلة 2



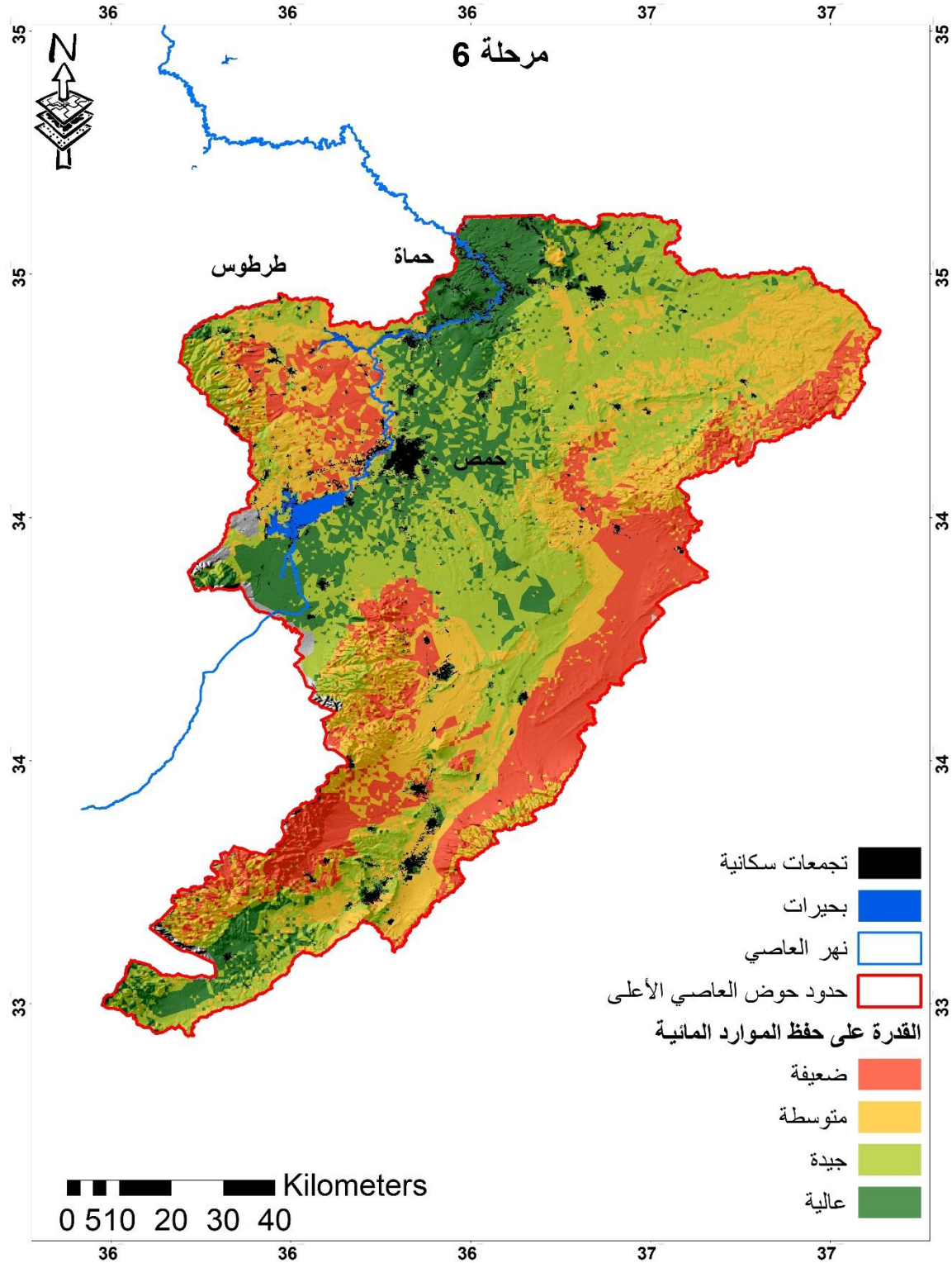
خريطة (50) مرحلة 3



خريطة (51) مرحلة 4



خريطة (52) مرحلة 5

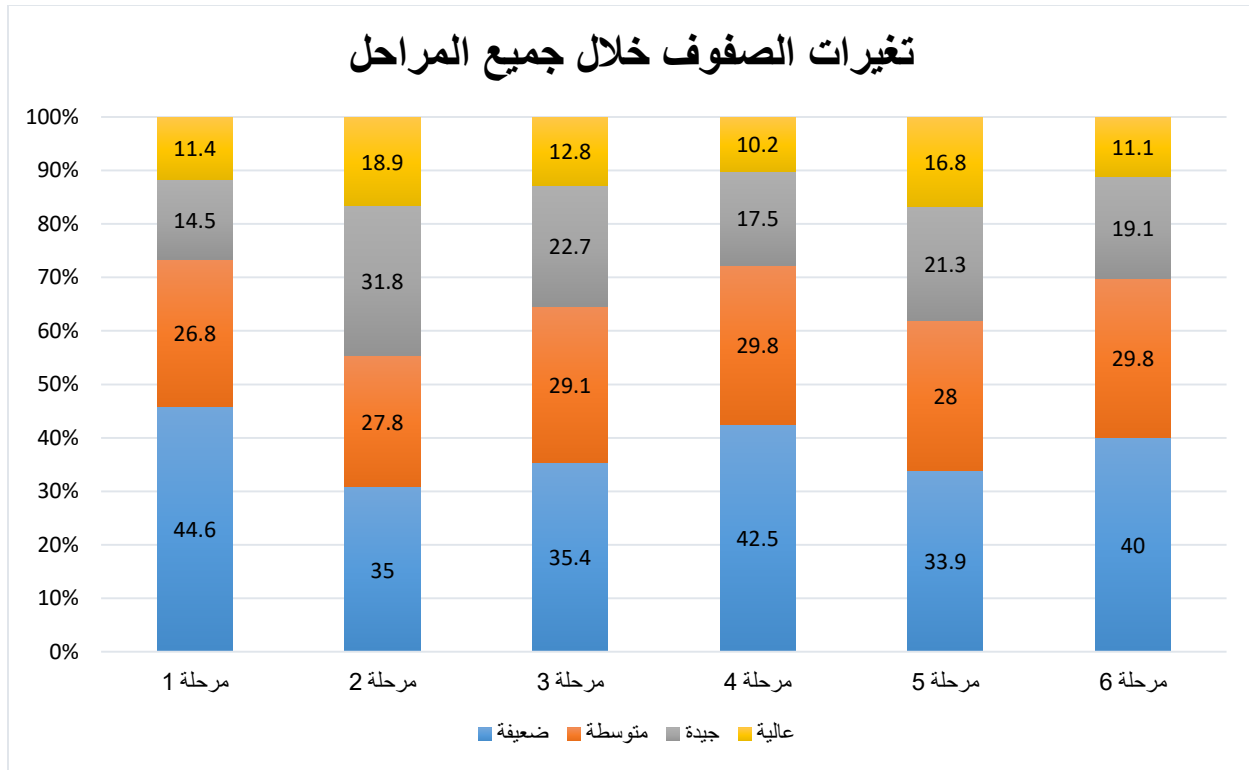


خريطة (53) مرحلة 6

11.4. مخرجات SWAT:

أظهرت الخرائط الهيدرولوجية ضمن بيئة عمل أداة SWAT توزيع الحوض على 25 حوض مائي جزئي تم تحديدها بناءً على طبوغرافيا الحوض ودرجة الانحدار كما هو موضح في الخريطة (54) والجدول (24)، و25 نقطة صرف ضمن الشبكة المائية الموزعة في الحوض والتي تعد مواقع جيدة للسدود التجميعية كما هو موضح الخريطة (55)، وتبين الخريطة (56) تقسيمات الشبكة المائية ضمن الحوض التي تندرج على خمسة تقسيمات (جداول مائية عدد 3 مختلفة في سماكة التفرع، مجرى مائي عدد 1 ومجرى النهر الأساسي).

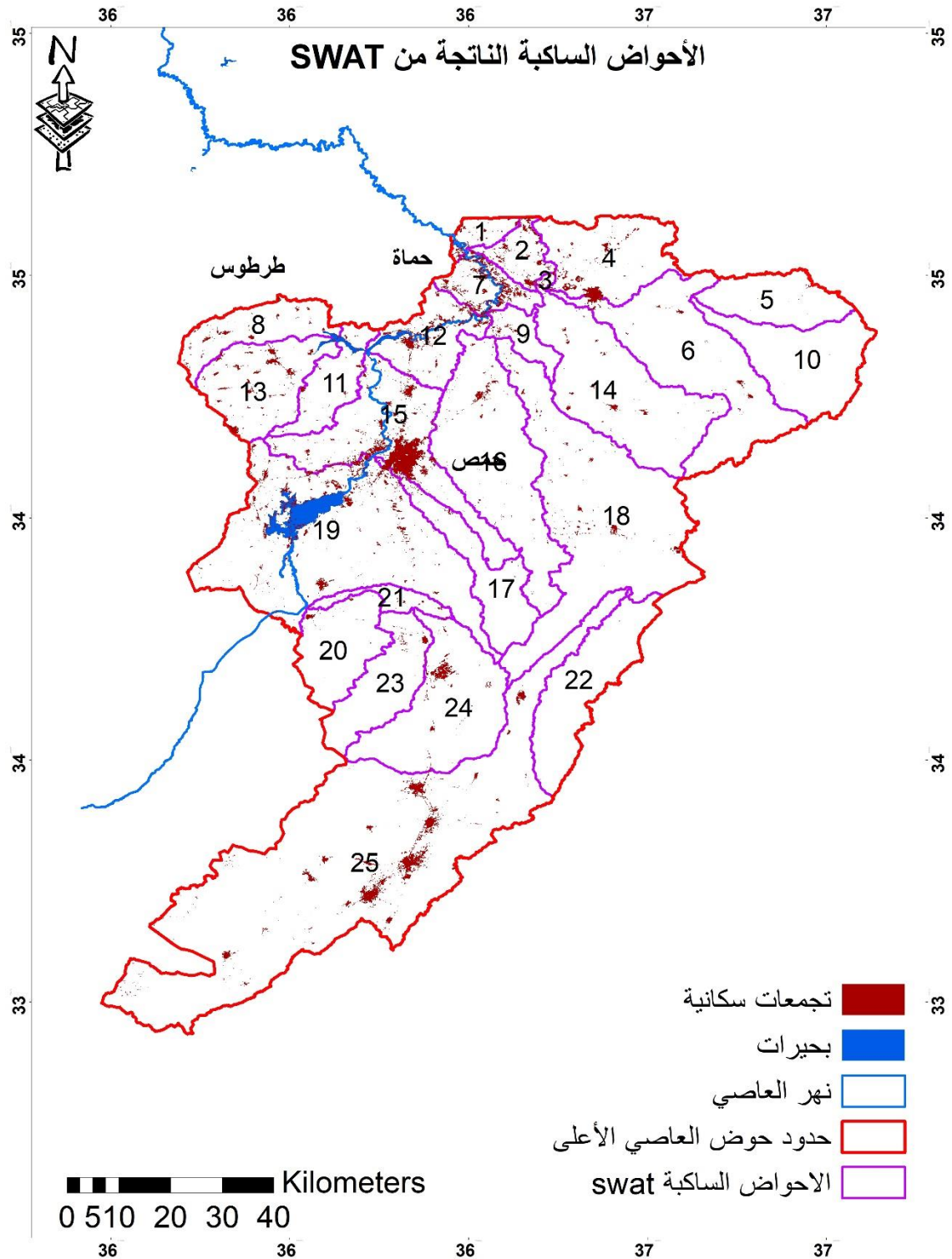
و أوضحت المراحل الناتجة من تقاطع نماذج وحدات الاستجابة الهيدرولوجية الثلاثة مع الخرائط المناخية توزيع الصفوف حسب قدرة كل صف على حفظ الموارد المائية، ويبين الشكل (18) والجدول (25) مساحات ونسب كل صف في كل مرحلة، حيث كانت نسبة الصفوف الضعيفة القدرة على حفظ الموارد المائية هي أعلى الصفوف مساحة بنسب متقاربة (45_35_35_43_34_40)% من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الشرقي وبعض أجزاء الجزء الوسطي من الحوض، في حين ظهرت نسبة الصفوف المتوسطة القدرة على حفظ الموارد المائية بنسب متقاربة (27_28_29_30_28_30)% من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الوسطي من الحوض، وايضاً توزعت نسب الصفوف الجيدة القدرة على حفظ الموارد المائية بقيم متقاربة (14_18_23_17_21_19)% من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الوسطي والغربي من الحوض، بينما توزعت نسب الصفوف العالية القدرة على حفظ الموارد المائية بنسب (14_19_13_10_17_11)% من مساحة الحوض على الترتيب في المراحل (1_2_3_4_5_6) والتي انتشرت في الجزء الغربي وأجزاء من الجزء الجنوبي من الحوض، وتظهر الخرائط (57) (58) (59) (60) (61) (62) توزيع الصفوف ضمن الحوض في كل مرحلة.



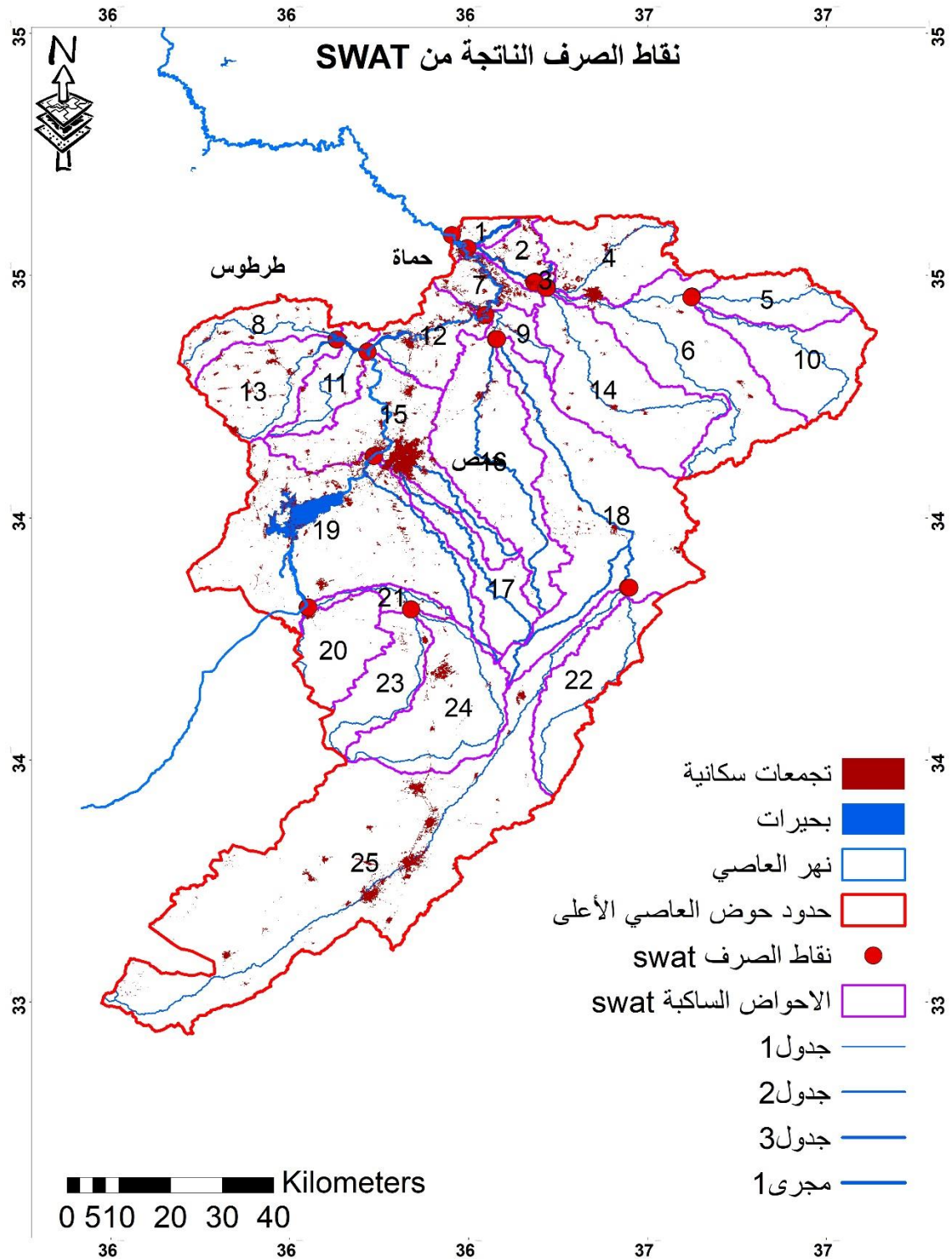
الشكل (18) مخطط تغيرات مساحات الصفوف خلال جميع المراحل

جدول (24) الأحواض الساكبة

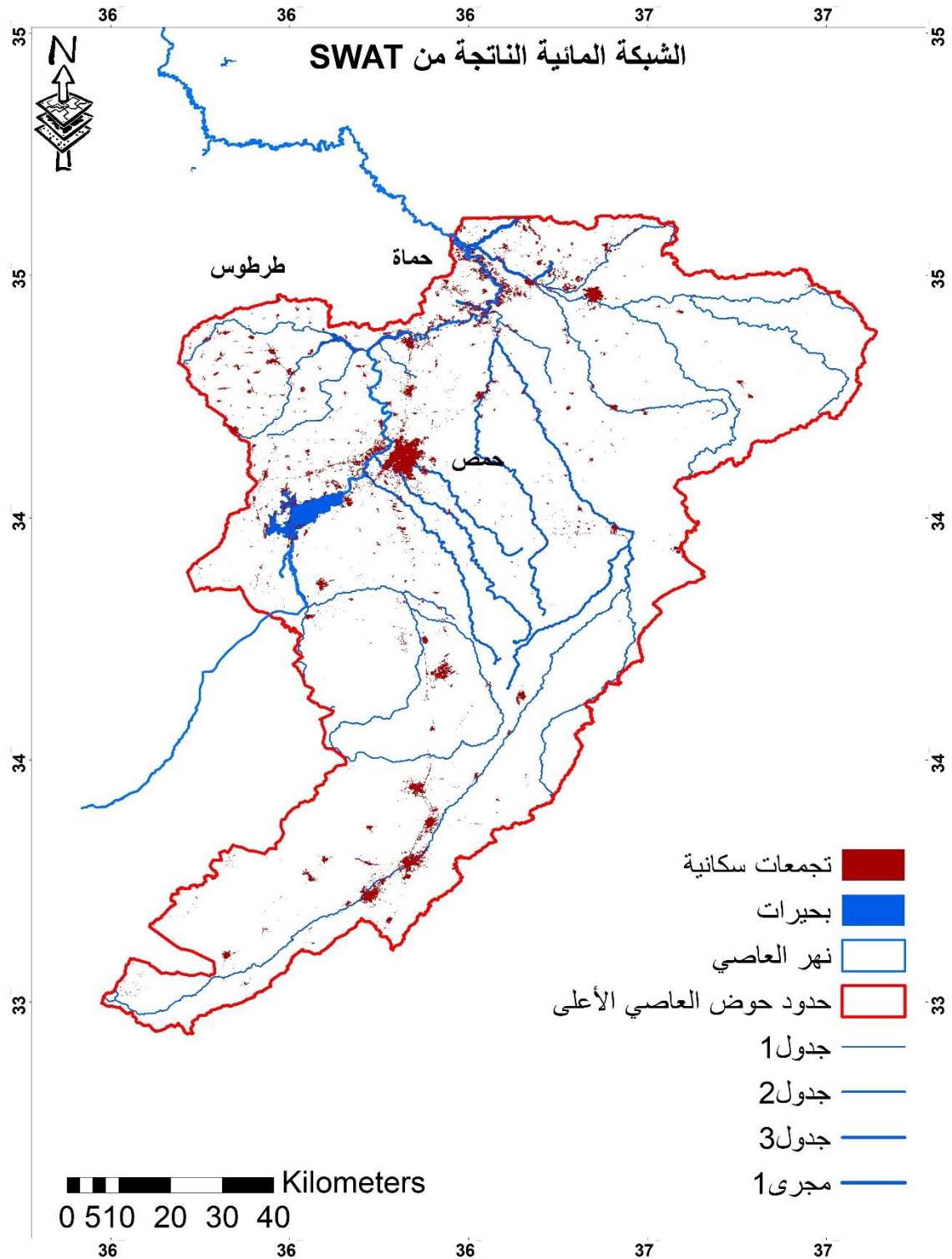
م	رقم الحوض الساكب	المساحة كم ²	النسبة المئوية %
1	1	51	0.58
2	2	88	0.99
3	3	6	0.07
4	4	281	3.18
5	5	187	2.12
6	6	525	5.94
7	7	114	1.29
8	8	180	2.04
9	9	73	0.82
10	10	311	3.52
11	11	148	1.67
12	12	197	2.23
13	13	275	3.11
14	14	491	5.55
15	15	416	4.7
16	16	537	6.07
17	17	211	2.39
18	18	822	9.3
19	19	940	10.63
20	20	222	2.51
21	21	59	0.67
22	22	307	3.47
23	23	226	2.56
24	24	424	4.8
25	25	1750	19.79
	المجموع	8841	100



خريطة (54) الأحواض الساكنة (SWAT)



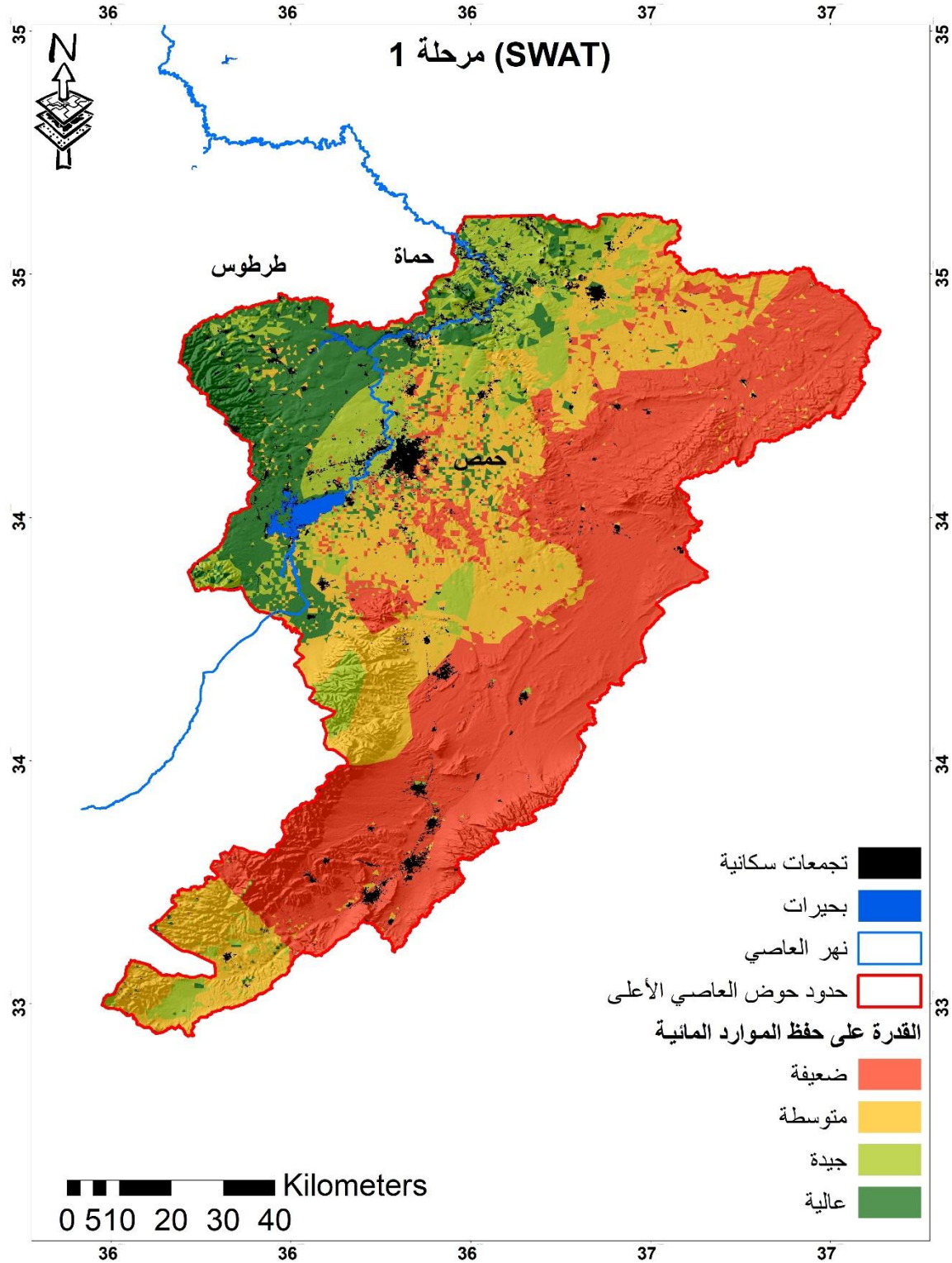
خريطة (55) نقاط الصرف (SWAT)



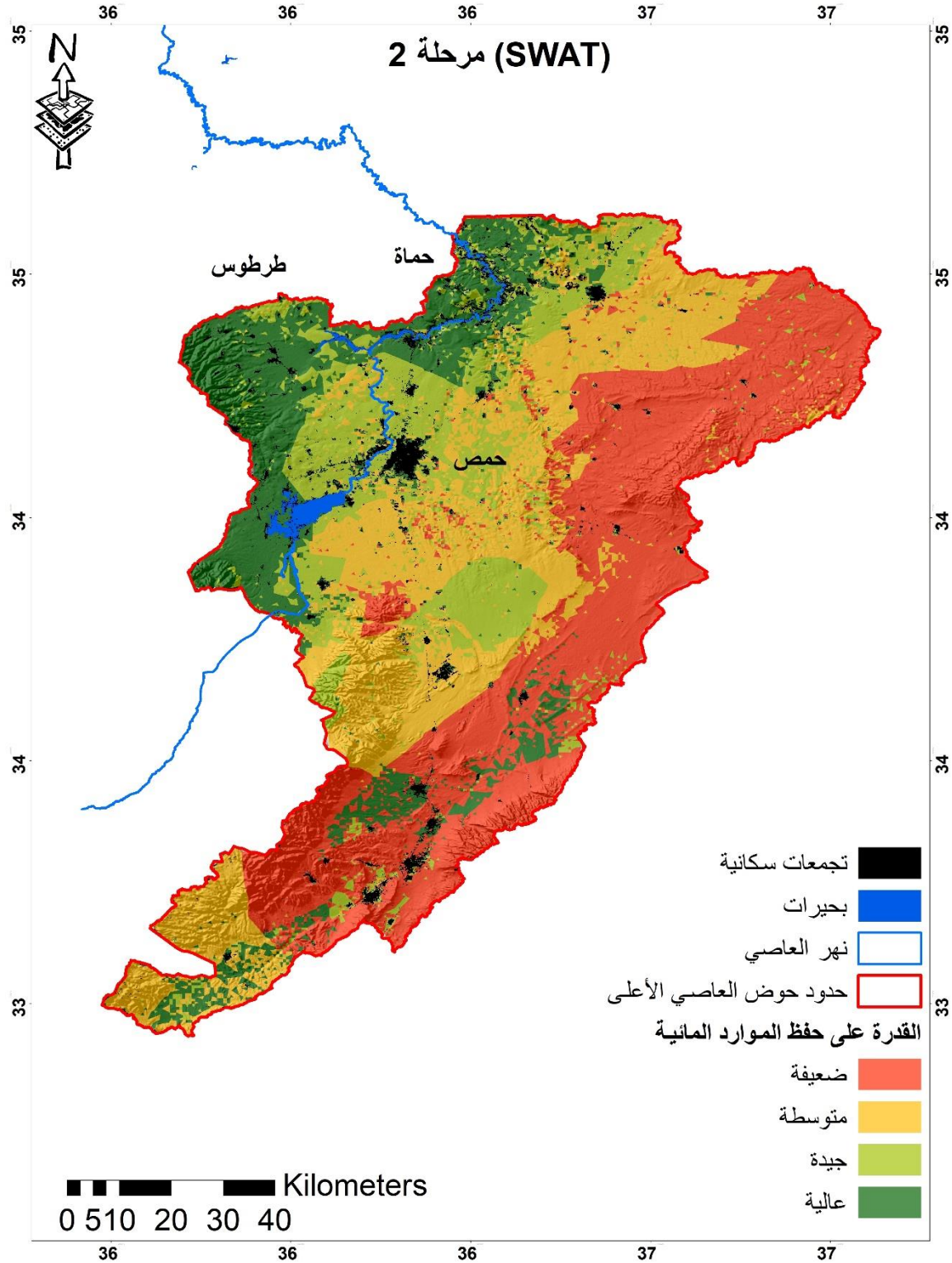
خريطة (56) الشبكة المائية (SWAT)

جدول (25) مساحات ونسب الصفوف في كل مرحلة

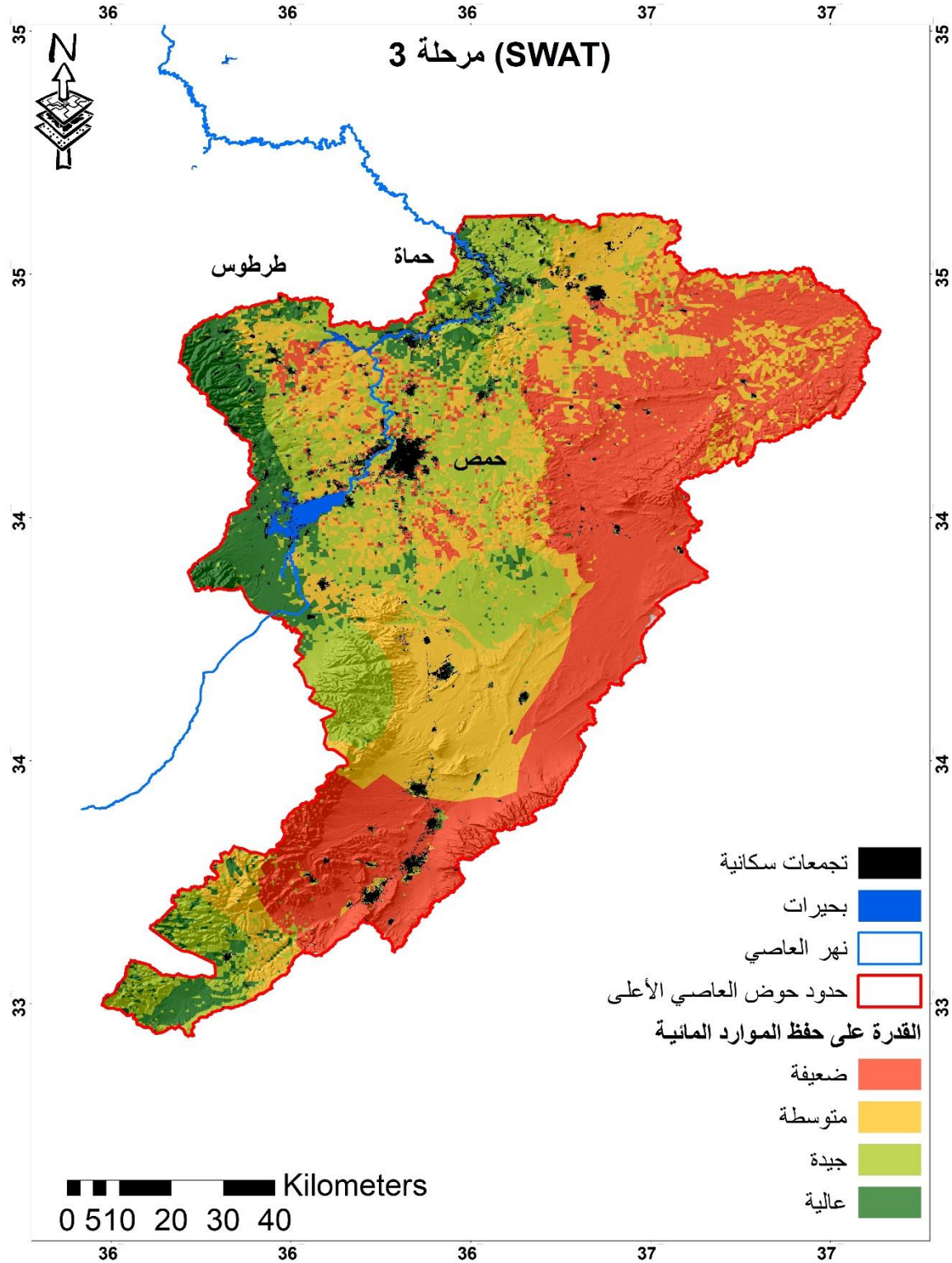
القدرة على حفظ الموارد المائية	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	
مرحلة 1	3944.5	44.6	ضعيفة
	2367.5	26.8	متوسطة
	1285.5	14.5	جيدة
	1243.5	11.4	عالية
المجموع	8841	100	
مرحلة 2	3094	35	ضعيفة
	2461	27.8	متوسطة
	1615	31.8	جيدة
	1671	18.9	عالية
المجموع	8841	100	
مرحلة 3	3126	35.4	ضعيفة
	2571	29.1	متوسطة
	2008	22.7	جيدة
	1136	12.8	عالية
المجموع	8841	100	
مرحلة 4	3760.5	42.5	ضعيفة
	2636.5	29.8	متوسطة
	1543.5	17.5	جيدة
	900.5	10.2	عالية
المجموع	8841	100	
مرحلة 5	2995.75	33.9	ضعيفة
	2473.75	28	متوسطة
	1884.75	21.3	جيدة
	1486.75	16.8	عالية
المجموع	8841	100	
مرحلة 6	3531.75	40	ضعيفة
	2638.75	29.8	متوسطة
	1692.75	19.1	جيدة
	977.75	11.1	عالية
المجموع	8841	100	



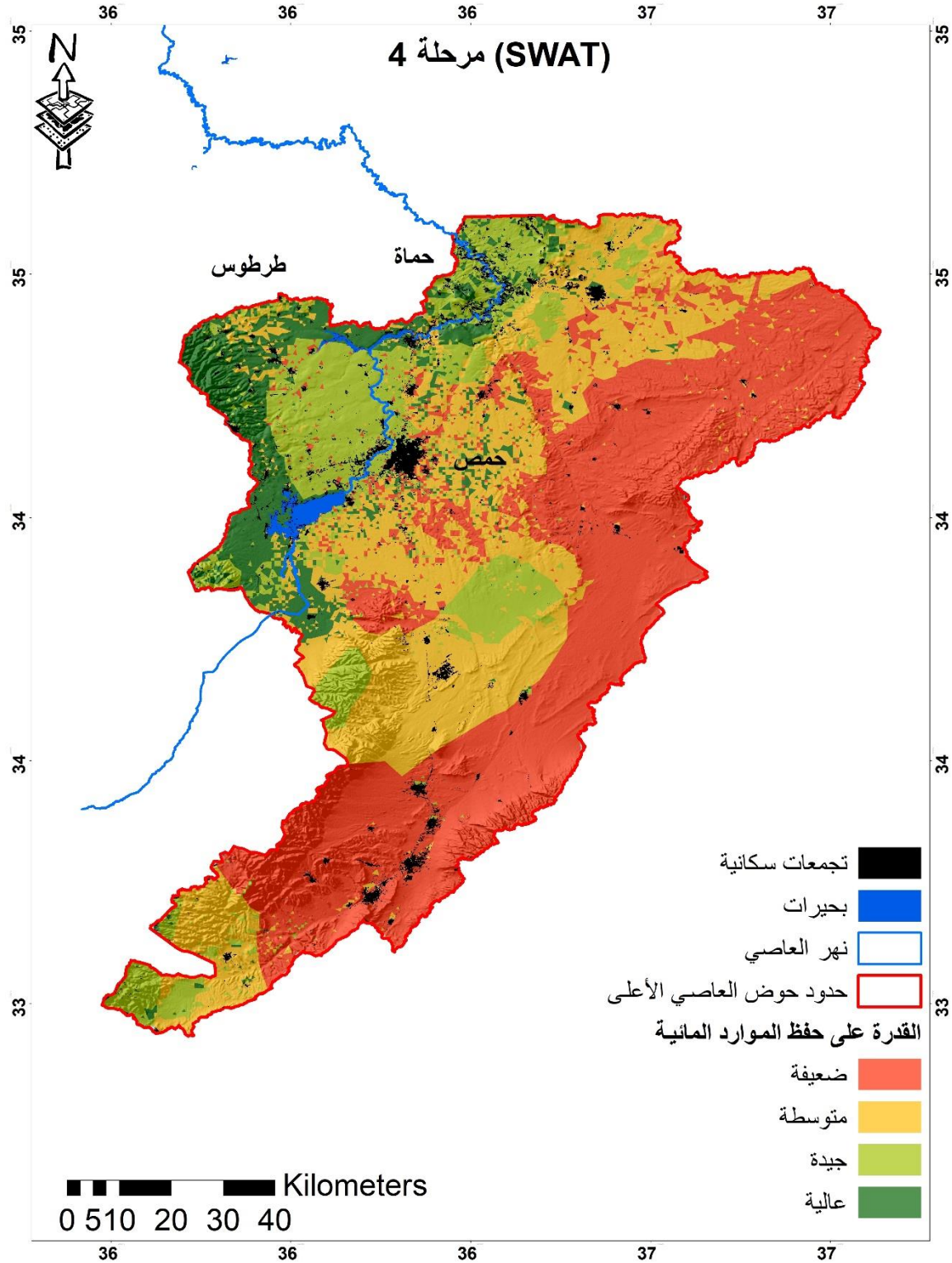
خريطة (57) مرحلة 1



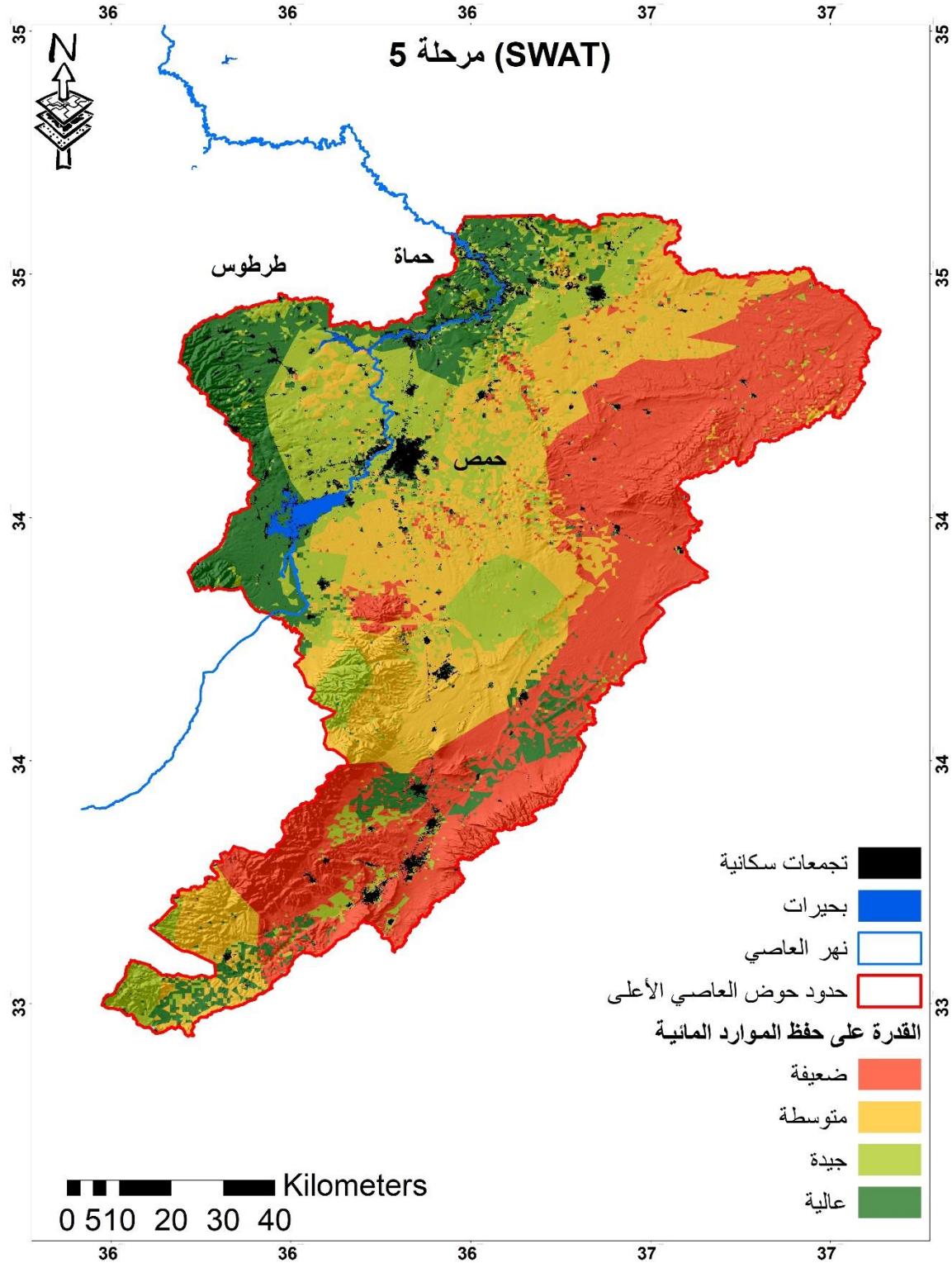
خريطة (58) مرحلة 2



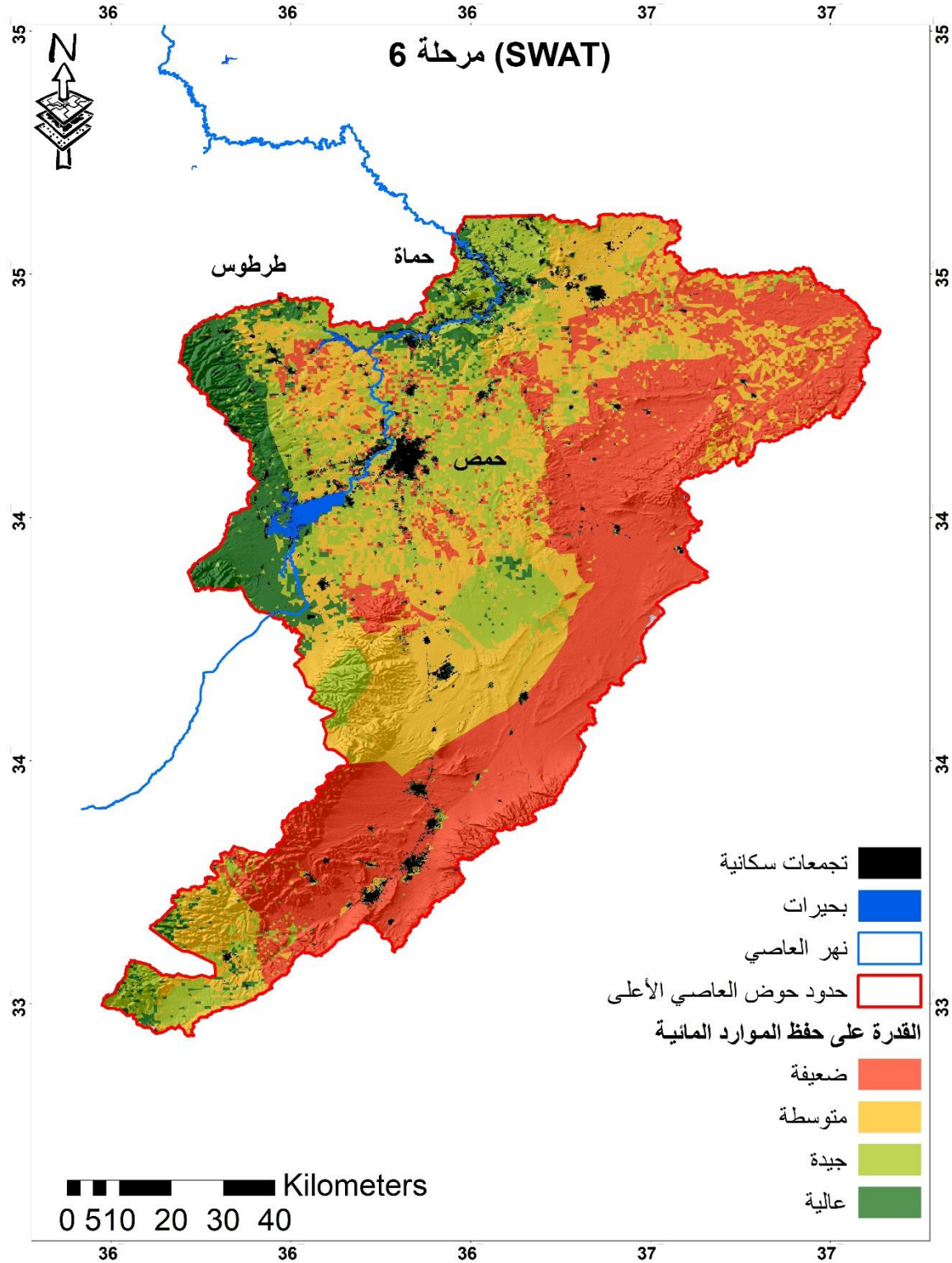
خريطة (59) مرحلة 3



خريطة (60) مرحلة 4



خريطة (61) مرحلة 5



خريطة (62) مرحلة 6

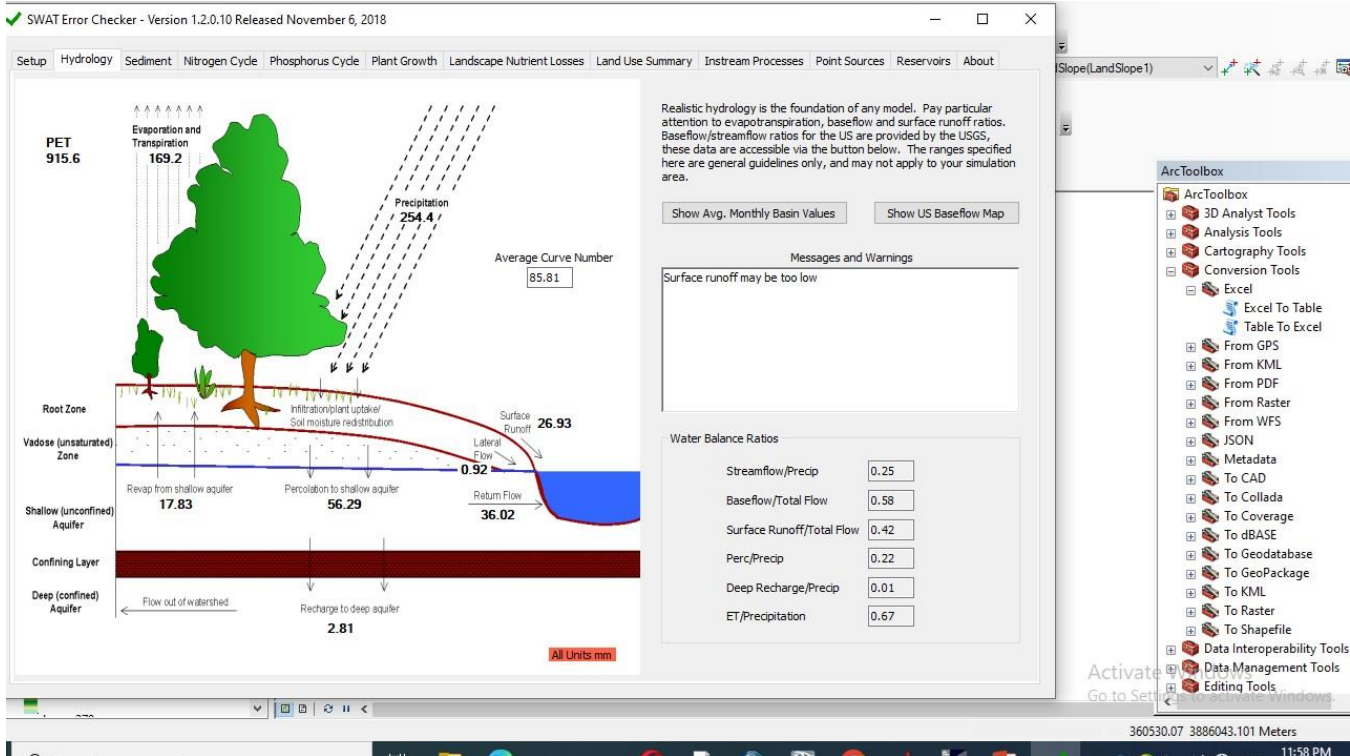
ونوضح فيما يلي جدول (26) الذي يبين مقارنة مساحات الصفوف لكل مرحلة في كل من الطريقة التقليدية وطريقة SWAT.

جدول (26) مقارنة مساحات ونسب صفوف المراحل

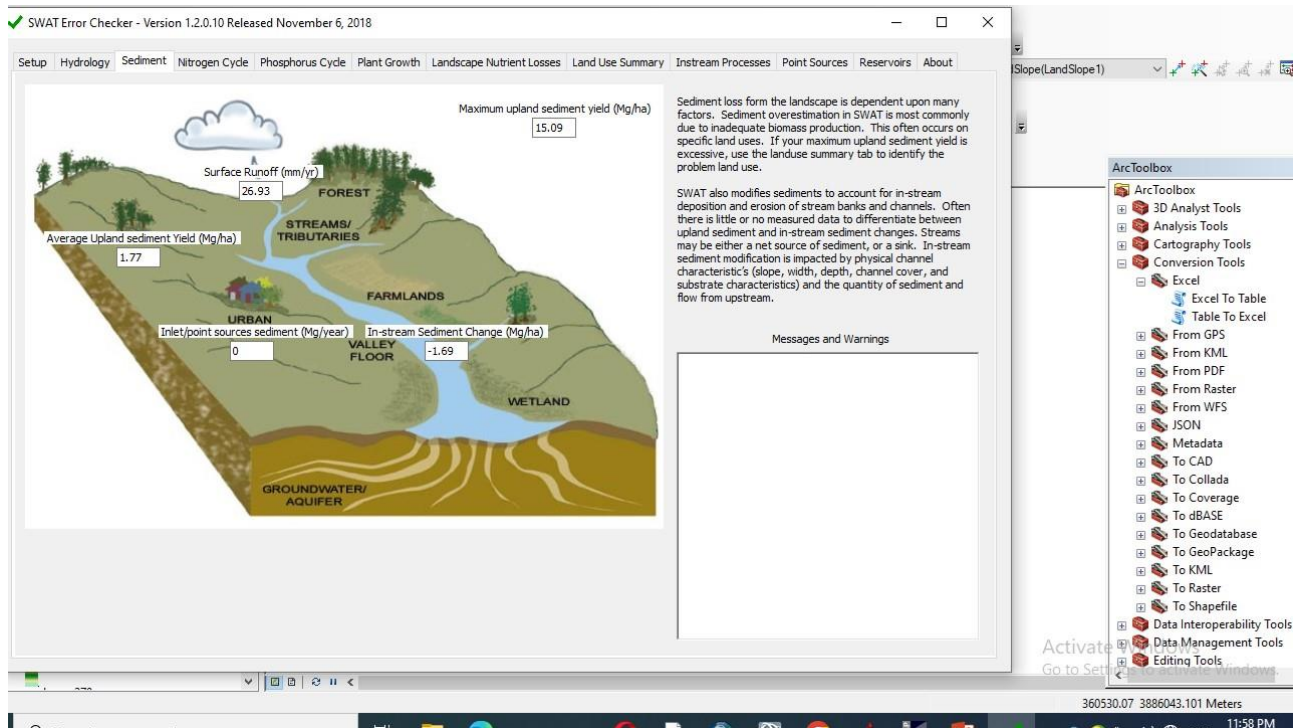
القدرة على حفظ الموارد المائية	المساحة (كم ²) للطريقة التقليدية	المساحة (كم ²) باستخدام SWAT	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%) للطريقة التقليدية	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%) باستخدام SWAT
مرحلة 1	ضعيفة	2820	3944.5	31.9
	متوسطة	1486	2367.5	16.8
	جيدة	3901	1285.5	44.1
	عالية	634	1243.5	7.2
المجموع		8841	8841	100
مرحلة 2	ضعيفة	1407	3094	15.9
	متوسطة	2658	2461	30.1
	جيدة	3094	1615	35
	عالية	1682	1671	19
المجموع		8841	8841	100
مرحلة 3	ضعيفة	1539	3126	17.4
	متوسطة	2660	2571	30.1
	جيدة	2946	2008	33.3
	عالية	1696	1136	19.2
المجموع		8841	8841	100
مرحلة 4	ضعيفة	1580	3760.5	17.9
	متوسطة	2848	2636.5	32.2
	جيدة	3161	1543.5	35.7
	عالية	1252	900.5	14.2
المجموع		8841	8841	100
مرحلة 5	ضعيفة	1499	2995.75	16.9

النسبة المئوية من المساحة الكلية (%) باستخدام SWAT	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%) للطريقة التقليدية	المساحة (كم ²) باستخدام SWAT	المساحة (كم ²) للطريقة التقليدية	القدرة على حفظ الموارد المائية	
28	29.4	2473.75	2597	متوسطة	
21.3	35	1884.75	3093	جيدة	
16.8	18.7	1486.75	1652	عالية	
100	100	8841	8841		المجموع
40	19.3	3531.75	1706	ضعيفة	مرحلة 6
29.8	30	2638.75	2656	متوسطة	
19.1	33.2	1692.75	2936	جيدة	
11.1	17.5	977.75	1543	عالية	
100	100	8841	8841		المجموع

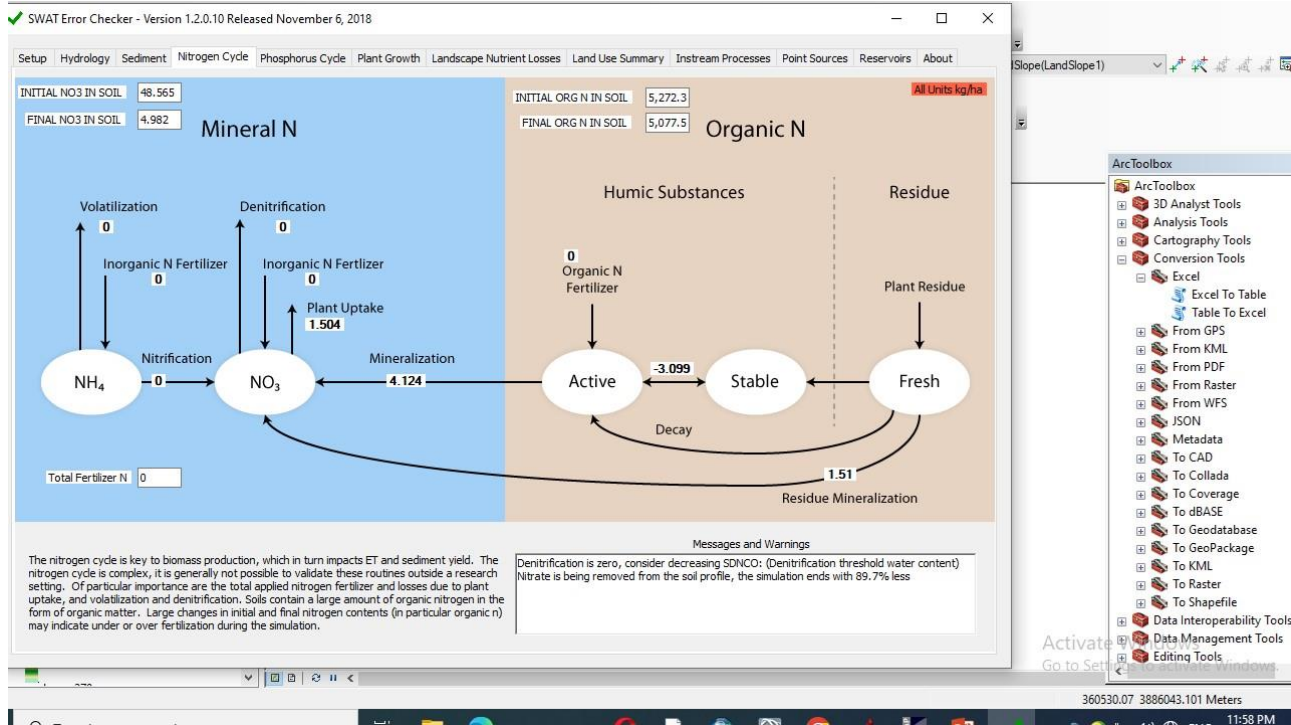
ومن ناحية أخرى تم العمل على تطبيق البيانات المناخية ضمن أداة SWAT أيضاً دون الحاجة إلى إجراء تقاطع وحدات الاستجابة الهيدرولوجية مع الخرائط المناخية الناتجة من الطريقة التقليدية، حيث تم إدخال البيانات المناخية في مرحلة ما بعد الإنتهاء من استنتاج وحدات الإستجابة الهيدرولوجية لكامل الفترة الزمنية (1990-2020)، حيث عمل SWAT على معالجة البيانات المناخية تلقائياً لكامل الفترة الزمنية وتم الحصول على مخرجات SWAT بالشكل النهائي التي بيّنت العديد من البارامترات التي تعبّر عن الواقع المائي والزراعي لمنطقة الدراسة (البخر نتج-معدل الهطل المطري-الجريان السطحي-كميات الرواسب-النتروجين-الفوسفور وغيرها العديد من البارامترات) وفق ما هو موضح في الاشكال (18)-(19)-(20)-(21)-(22)-(23).



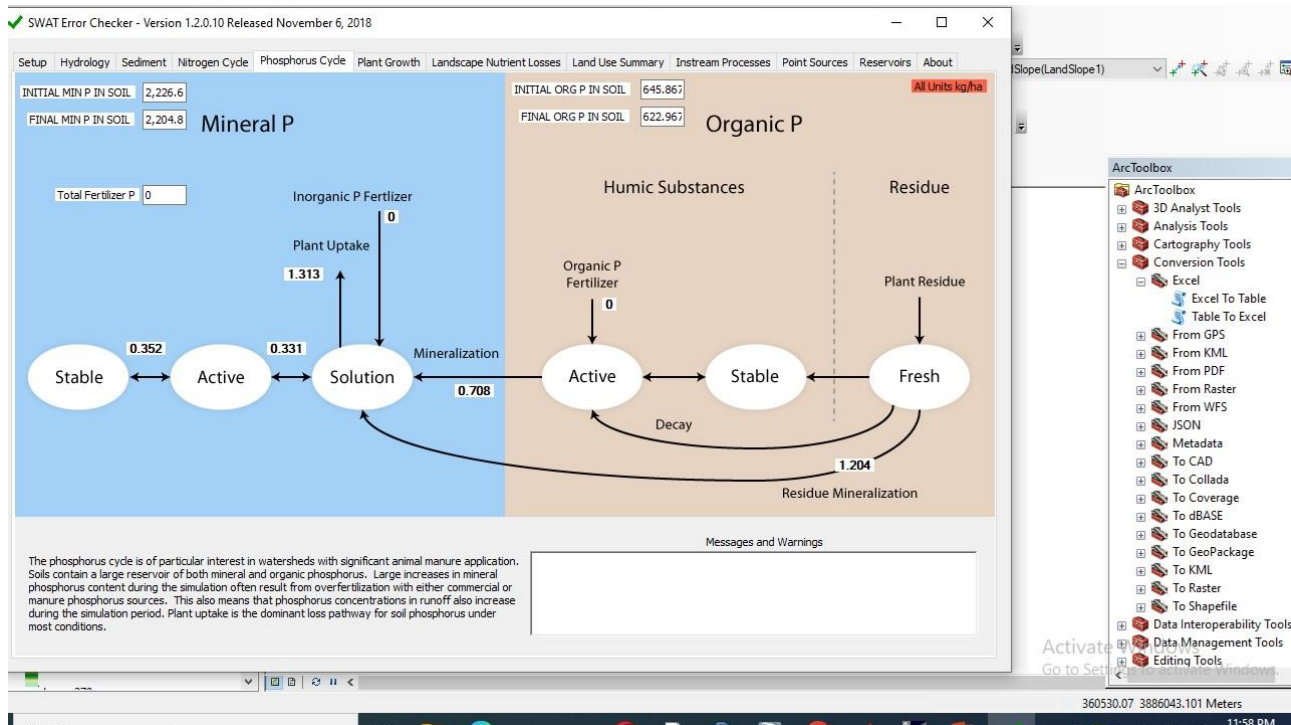
الشكل (19) ملخص نتائج SWAT



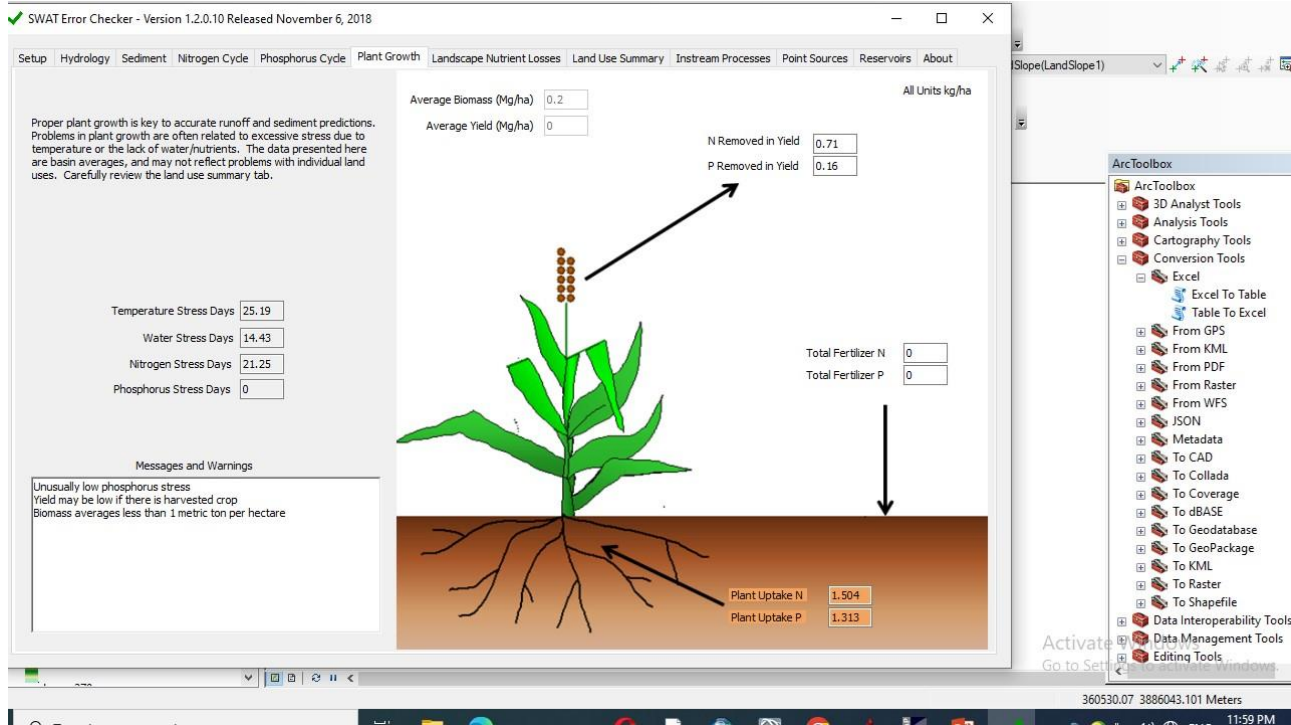
الشكل (20) ملخص نتائج SWAT



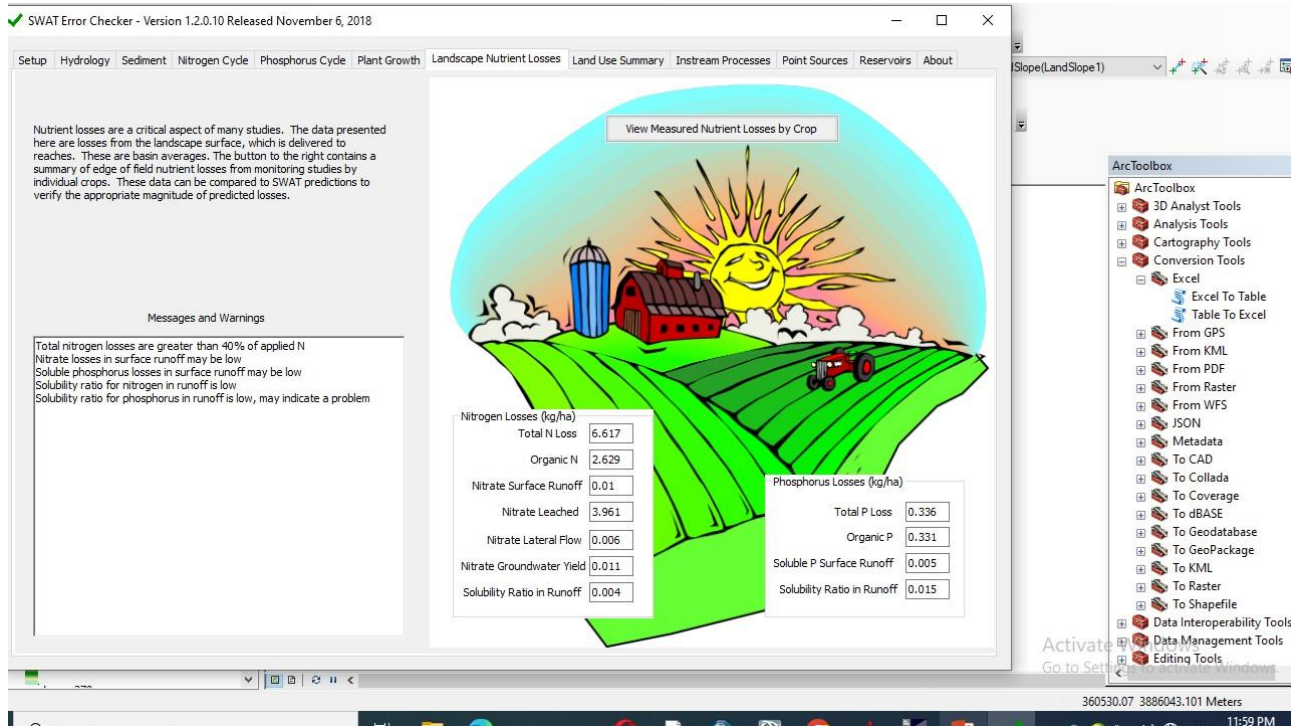
الشكل (21) ملخص نتائج SWAT



الشكل (22) ملخص نتائج SWAT



الشكل (23) ملخص نتائج SWAT



الشكل (23) ملخص نتائج SWAT

خامساً- الإستنتاجات:

1. أظهرت خرائط استعمالات الأراضي أن عام 2015 أفضل الأعوام من حيث مساحة الأراضي المروية والبعلية والمسطحات المائية والغابات التي تعكس مؤشراً زراعياً وبيئياً جيداً جداً، حيث بلغت النسبة المئوية لها (0.33-0.6-37.03-16.14)% على التوالي وبلغت نسبة المراعي والأراضي الهامشية (7.04-33.17)، بينما بلغت الأراضي العمرانية والبساتين (08.3-2.61)%، ويليه عام 2020 الذي أعطى مؤشراً زراعياً وبيئياً جيداً حيث بلغت نسب مساحات أنماط الأراضي (42.11-33.94-0.6-0.25-49.69-4.78-2.74-58.6)%، في حين أعطى عام 2000 مؤشراً زراعياً وبيئياً مقبولاً وكانت نسب مساحات أنماط الأراضي (10.18-45.46-0.02-0.42-27.23-13.73)-1.48-1.48%.
2. الواقع المائي له الدور الحاسم في تغير استعمالات الأراضي حيث أن زيادة كميات الهطل ستعكس ايجابياً على الواقع المائي وستزداد كميات المياه السطحية والجوفية، وبالتالي تحديد نمط الاستثمار الزراعي للأرض وفقاً للواقع المائي.
3. الزيادة الحاصلة في معدل الهطل سوف تؤدي لزيادة طردية في حجم الموارد المائية الواردة للحوض، وبالتالي نمو الغطاء النباتي بشكل واضح عن بقية الفترات الزمنية، الأمر الذي سيدعم الزراعات البعلية والمروية ويقلل من مساحة المراعي والأراضي الهامشية، فضلاً عن النمو السكاني الذي سيتضخم مع توفر أهم مقومات الحياة وهي الماء.
4. أظهرت الخرائط المناخية خلال فترة الدراسة 1990-2020 أن المؤشر المناخي جيد، على الرغم من وجود بعض فترات قلة الهطل المطري، إلا أن المتوسط المناخي العام جيد، حيث إن 60% من مساحة الحوض تمثل مواقع جيدة القدرة على حفظ الموارد المائية تبعاً لقيم العناصر المناخية (الهطل المطري-درجة الحرارة-سرعة الرياح-الرطوبة النسبية-الاشعاع الشمسي).
5. المؤشر الزراعي جيد حيث إن 56% من مساحة الحوض تمثل مواقع ذات قدرة متوسطة وجيدة القدرة على حفظ الموارد المائية تبعاً لأنماط استعمالات الأراضي.
6. نتائج مقاطع المؤشرين الزراعي والمناخي بالطريقة التقليدية جيدة، حيث إن جميع المراحل كانت فيها مساحة المواقع جيدة القدرة على حفظ الموارد المائية هي الأكبر مساحة وتنتشر في الجزء الأوسط من منطقة الدراسة.
7. المؤشر المناخي والزراعي باستخدام SWAT مقبول حيث إن مساحة المواقع الضعيفة والمتوسطة القدرة على حفظ الموارد المائية هي المسيطرة على منطقة الدراسة.

8. المرحلة (2) أفضل المراحل من حيث مساحة الصفوف العالية والجيدة القدرة على حفظ الوارد المائي في كلاً من الطريقة التقليدية وSWAT.

9. نتائج معالجة البيانات بالطريقة التقليدية باستخدام ARC GIS أدق من نتائج معالجة البيانات باستخدام أداة SWAT وهذا منطقي، تبعاً لقدرتنا على تصحيح الأخطاء خلال مراحل المعالجة بشكل أدق أكثر من المعالجة الآلية في SWAT.

10. أداة SWAT تعطي نتائج وبارامترات أوسع من الطريقة التقليدية، الأمر الذي يساهم في معالجة أكبر حجم من البيانات بوقت أقل والحصول على بارامترات عديدة وشاملة للواقع المائي والزراعي لأي منطقة.

سادساً- التوصيات:

1- تتبع تغيرات استعمالات الأراضي كل عشر سنوات، لمعرفة تغيرات الغطاء النباتي بشكل دوري وسنوات متقاربة ومعالجة مواقع التغيرات غير المرغوب فيها.

2. مراقبة الحالة المناخية خلال فترات زمنية طويلة (50-100) عام لأنها تعطي تصوراً واقعياً عن التغير المناخي الذي يمكننا من البناء عليه ورسم سياسات زراعية ومائية مستقبلية واعدة.

3. دراسة تغيرات استعمالات الأراضي والمناخ على مناطق زراعية صغيرة قدر الإمكان، ليتم وضع نتائج تفصيلية بشكل أدق لكل منطقة أو خلية زراعية على مستوى كل قرية إن أمكن، مما يحقق التخطيط الزراعي الأمثل والقراءة المستقبلية لكل قرية، بما يحقق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة الواعدة.

4. العمل على زيادة المساحات العشبية والغابية والمزروعة مما يساهم في التخفيف من عملية الجريان السطحي وبالتالي تحقيق الاستفادة المثلى من الواردات المائية في المساحات الخضراء وبالتالي تحقيق تنمية زراعية وبيئية في المنطقة.

5. وضع خطط إدارة الموارد المائية اعتماداً على خريطة استعمالات الأراضي وفقاً لقراءة شمولية وعلمية للربط الجغرافي بين موقع الزراعة ومعدل الهطل والمناخ السائد.

6. التوجه لاستخدام حصاد مياه الأمطار وخاصة في مناطق التي تنتشر فيها المراعي والأراضي الهامشية مما يساهم في تحقيق الإدارة الأمثل للهطل المطري الوارد على الحوض وكذلك استثمار أي وارد مائي إضافي يمكن الاستفادة منه من خلال تجميع الواردات المائية لحين استخدامها.

7. المحافظة على المصادر المائية القابلة للتجدد والمعرضة للآثار السلبية وتبني النشاطات الأقل استهلاكاً للمياه (الأكثر كفاءة).

8. استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد سواء المعالجة اليدوية باستخدام ARC GIS أو بالمعالجة الآلية باستخدام SWAT، في دراسة تغيرات استعمالات الأراضي والمناخ وتأثيرها على المناطق مائياً، حيث إن كلتا الطريقتين تعطي نتائج جيدة وبوقت جيد.

سابعاً- المراجع:

المراجع العربية:

1. أبو نقطة فلاح، 2009- محاضرة في كلية الزراعة-جامعة دمشق.
2. التقرير السنوي للهيئة العامة للبحوث الزراعية -إدارة بحوث المحاصيل -قسم بحوث الشوندر السكري 2015.
3. ادريس، يونس (2010): نظام استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي (LUCS)، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 2010.
4. الزيود، سمر صالح (2014) : " التغير السكاني والنمو العمراني في مدينة سحاب خلال الفترة (1952-2004) وأثرهما على التغير في أنماط استعمالات الأرض"، أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
5. أسامة خليل عبد الجواد، حسام هشام البليسي: " تحليل وكشف التغيرات في أنماط الغطاء الأرضي ومقارنتها مع خارطة استعمالات الأرض في لواء الموقر"، 2019، دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 46، العدد2.
6. الصارم، علي، 2018 - تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر(RWH) في منطقة مصياف باستخدام تقانات GIS/RS- رسالة ماجستير-قسم الهندسة الريفية- كلية الزراعة-جامعة دمشق- سورية.
7. العليوي. محمد، 1985 - خريطة الترب لسوريا ولبنان – المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (اكساد) المقياس 1:1000,000
8. المنظمة العربية للتنمية الزراعية: الدراسة القطرية حول تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه ، تونس، السودان، سورية، مصر، اليمن. 2002
9. المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2020.
10. الهيئة العامة للموارد المائية - 2011- وزارة الري، مديرية حوض العاصي بحماة.
11. الهيئة العامة للموارد المائية، 2010.
12. بلدية رياض، كلخه محي الدين، الصارم علي، 2016. وضع خريطة استعمالات الاراضي/الغطاء الأرضي في حوض مائي بمنطقة مصياف باستخدام نظامي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية GIS/RS- مجلة جامعة البعث- المجلد 38.
13. تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (اخفضوا الحرارة) 2014.
14. تقرير مديرية إحصاء حماة-2010

15. حسن حبيب: "تغيرات استعمالات الاراضي ومحيطها في مدينة حمص بين عامي 1971 و 1991 باستخدام الاستشعار عن بعد"، ورقة بحثية، جامعة دمشق. 2004.
16. دلال زريقات ويسرا الحسبان 2012: " كشف التغير في الغطاء الأرضي باستخدام الصور الجوية ونظم المعلومات الجغرافية في قضاء برما_جرش" ، دراسات العلوم الاجتماعية، المجلد 5، العدد 1، الجامعة الاردنية، عمان، الاردن.
17. رائد حليبي وعصام الخطيب: بعنوان "تغير مساحة الغطاء الأرضي في محافظة أريحا ما بين عامي 1960 و 2006 باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد"، جامعة مؤتة، الاردن، المجلد الثامن والعشرون، العدد السابع، 2013.
18. صفاء حمادة، " الخصائص الطبوغرافية وتأثيرها على الغطاء النباتي في محافظة نابلس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين، 2010.
19. عبد الخالق، غيداء: "تغير استعمالات الاراضي في قرية بيت جن بين عامي 1997-2014 باستخدام نظم المعلومات الجغرافية رسالة ماجستير، كلية الاقتصاد والعلوم الاجتماعية_جامعة النجاح الوطنية (فلسطين)، 2018.
20. غيث، دعاء، 2010: " تقييم تدهور الأراضى في منطقة قضاء الضليل باستخدام المرئيات الفضائية"، خلال الفترة (1987-2006) رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
21. كلخه، محي الدين، 2009. تحديد عناصر تلوث التربة ووضع الخرائط في حوض العاصي بمنطقة حماة باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية - رسالة ماجستير- قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي- كلية الزراعة- جامعة البعث- سورية.
22. كلخه، محي الدين - 2015- وضع خرائط المناطق البيئية الزراعية في حوض العاصي باستخدام تقانات GIS/RS"- رسالة دكتوراه- قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي-كلية الزراعة-جامعة حلب-سورية-صفحة(68،72).
23. فياض، مشعل محمود، 2021: تقدير حجم الجريان المائي السطحي لحوض وادي القائم في الهضبة الغربية العراقية، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية، المجلد 18 العدد 3 أيلول 2021.
24. كلخه، محي الدين، 2017. ندوة علمية حول وضع الخرائط الهيدرولوجية في حوض العاصي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية GIS/RS.

25. كلخه، محي الدين، 2018a. رصد انزياح خطوط مناطق الاستقرار الزراعي في حوض العاصي بتأثير التغيرات المناخية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS/RS). مؤتمر التنمية المستدامة للموارد المائية في سورية في مرحلة التعافي، سورية، جامعة البعث.
26. كلخه، محي الدين، 2018b. أهمية الإدارة السليمة للري وتبني تقنيات حصاد المياه في دعم الإنتاج الزراعي. ورشة عمل في مركز بحوث اللاذقية-بوقا.
27. كلخه، محي الدين، 2018c. رصد انزياح حدود مناطق الاستقرار في حوض العاصي بتأثير التغيرات المناخية. فعاليات يوم البيئة العالمي 2018 – اللاذقية-جامعة تشرين.
28. كلخه، محي الدين، 2018d. رصد انزياح حدود مناطق الاستقرار الزراعي في حوض العاصي (سورية) بتأثير التغيرات المناخية وطرق المحافظة على النظم البيئية الزراعية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS/RS) المؤتمر الدولي دور الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة في إعادة البناء والإعمار، دمشق، سورية.
29. منار شولي، " دراسة غطاءات الأراضي في منطقة نابلس باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين، 2008.
30. مصطفى، مصطفى جميل (2014) : " أثر الزحف العمراني في مدينة جنين على الأراضي الزراعية"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين.

المراجع الأجنبية:

- 1- Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roch, J.T., and Witmer, R.E. 1976. "A land use and land cover classification system for use with remote sensor data". US Geological Survey Professional Paper 964, Washington, DC: US Government Printing Office. QE75 .P96 No. 964 Engineering
- 2- Alejandra M.Rojas,2008. Soil Erosion Calculation Using Remote Sensing and GIS in RÍO GRANDE DE ARECIBO Watershed, PUERTO RICO(April 28 - May 2, 2008).
- 3- Allen R.G., Peira L.S., Raes D.,Smithm., 1998. crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement.FAO irrigation and drainage. paper56, FAO, Rome,300pp D.C. 503 pp.
- 4- annual water balance for Australian catchments. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 41, W06007, doi:10.1029/2004WR003697, 2005.

- 5- Arnell, N.W., Vuuren, D.P. and Isaac, M. (2011) The Implications of Climate Policy for the Impacts of Climate Change on Global Water Resources. Global Environmental Change , 21, 592-603.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.015>
- 6- Ahiablame L, Sinha T, Paul M, Ji J, Rajib A (2017): " Stream flow response to potential land use and climate changes in the James River watershed, Upper Midwest United States". J Hydrol: Regional Stud 14(2017):150–166. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.11.004>.
- 7- B. R. Scanlon, I. Jolly, M. Sophocleous, and L. Zhang, 2007. "Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: quantity versus quality," Water Resources Research, vol. 43, no. 3, Article IDW03437.
- 8- Bekele EG, Knapp HV (2010) Watershed modeling to assessing impacts of potential climate change on water supply availability. Water Resour Manage 24:3299–3320. doi: 10.1007/s11269-010-9607-y CrossRefGoogle Scholar
- 9- Congalton, R. 1991. "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data". Remote Sensing of Environment 37: 35-46. QC808.5 .R38 Engineering
- 10-C. J. Vorosmarty, P. Green, J. Salisbury, and R. B. Lammers2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth," Science, vol. 289, no. 5477, pp. 284–288Cayan, D., M. Tyree, K. E. Kunkel, C. Castro, A. Gershunov, J. Barsugli, A. J. Ray, J. Overpeck, M. Anderson, J. Russell, B. Rajagopalan, I. Rangwala, and P. Duffy. 2013. "Future Climate: Projected Average." In Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment, edited by G. Garfin, A. Jardine, R. Merideth, M. Black, and S. LeRoy, 101–125. A report by the Southwest Climate Alliance. Washington, DC: Island Press.

- 11-CV Nishikanth; S.Vasudevan; P. Balamurugan & R. Selvaganapathi. 2018,
- 12-D. Mao and K. A. Cherkauer, “Impacts of land-use change on hydrologic responses in the Great Lakes region,” Journal of Hydrology, vol. 374, no. 1-2, pp. 71–82, 2009.
- 13-E. Lorencov’a, J. Fr’elichov’a, E. Nelson, and D. Va’ck’a’r 2013. “Past and 19.
- 14-Fontaine TA, Klassen JF, Cruickshank TS, Hotchkiss RH. 2001. Hydrological response to climate change in the Black Hills of South Dakota, USA. Hydrological Sciences Journal 46(1): 27–40.
- 15-future impacts of land use and climate change on agricultural ecosystem services in the Czech Republic,” Land Use Policy, vol ,33pp. 183–194.
- 16-Gosain AK, Rao S, Basuray D (2006) Climate change impact assessment on hydrology of Indian River basins. Curr Sci 90(3):346–353Google Scholar.
- 17-Grabow,G.L.andMcCornick,P.G.:PlanningforWaterAllocation and Water Quality Using a Spreadsheet-Based Model, J. Water Res. Plan. Man., 133, 560–564, 2007.
- 18-Githui F, Wilson G, Francis M, Willy B (2009) Climate change impact on SWAT simulated streamflow in western Kenya. Int J of Climatol 29:1823–1834. doi: 10.1002/joc.1828 CrossRefGoogle Scholar
- 19-Gao, J., Li, F., Gao, H., Zhou, C., and Zhang, X.: The impact of land-use change on water-related ecosystem services: a study of the Guishui River Basin, Beijing, China, J. Clean. Prod., 163, 148–155, 2017.Jyrkama MI, Sykes JF (2007) The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the Grand River watershed (Ontario). J Hydrol 338(3–4):237–250. doi: 10.1016/j.jhydrol.2007.02.036 CrossRefGoogle Scholar

- 20-HUTCHINSON, M.F.,2000. Anusplin version 4.1.userguide. center for resource and environment studies, Australian National University, Canberra
- 21-H. Guo, Q. Hu, and T. Jiang, 2008. "Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, China," Journal of Hydrology, vol. 355, no. 1–4, pp. 106.,122.
- 22-IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA (eds). Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- 23-IPCC (2007a) Climate change 2007: the physical science basis; Summary for policymakers. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 17 April 2007, 18 p Google Scholar
- 24-JENSEN, J.R- 1986. "Introductory digital image processing". Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 379 pp. G70.4 J54 Engineering
- 25-Jarvis, H. I. Reuter, A. Nelson, and E. Guevara, 2006.Hole-Filled Seamless SRTM Data V3, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT).
- 26-Jones .Norman L and Lemon Alan 2010; Arc Hydro Groundwater Data Model And Tools: Overview and Use Cases. 31 december.
- 27-J.-Y. Park, M.-J. Park, M.-J. H.-K. Joh et al., 2011 "Assessment of MIROC3.2 hires climate and clue-s land use change impacts on watershed hydrology using Swat," Transactions of the ASABE, vol. 54, no. 5, pp. 1713–1724,.

- 28-J. Letha, B. Thulasidharan Nair & B. Amruth Chand (2011): "Effect of land use/land cover changes on runoff in a river basin", WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 145.
- 29-Kali, F., 2005: " Land Cover Classification Change Analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropliation Area by Multi Temporal l and Sate Remote Sensing", International Journal of Remote Sensing, 19, 234-256. Hi etel , E, et al : "analyzing Land – cover in relation to environmental variables in Hess Germany land scape Ecology " volume 19 No 5 P. p 473-489, 2004
- 30-.J. Kim, J. Choi, C. Choi, and S. Park, 2013. "Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin, Korea," Science of the Total Environment, vol. 452-453, pp. 181–195.
- 31-Kangalawe .A .M, 2009: " changing land use /cover patterns and implications for sustainable environmental management in the Irangi Hill ", central Tanzania, Environment ,development and Sustainability, Vol 14 No 11p p9204-9215
- 32-Kumar. C.P; 2010. groundwater data requirement and analysis; National Institute of Hydrology Roorkee.
- 33-Kumar, N., Tischbein, B, Kuschec, J., Laux, P., Bege, M. K., and Bogardi, J. J.: Impact of climate change on water resources of upper Kharun catchment in Chhattisgarh, India, Journal of Hydrology: Regional Studies, 13, 189–207, 2017.
- 34-Lemans, R., and Cramer, W., 1991. The IIASA database for mean monthly values of temperature, precipitation and cloudiness on a global terrestrial grid. Research Report RR-91-18. November 1991. International Institute of Applied Systems Analyses, Luxemburg, pp. 61 Lincoln, NE

- 35-Li S, Yang H, Lacayo M, Liu J, Lei G (2018) Impacts of land-use and land-cover changes on water yield: a case study in Jing-Jin-Ji China. Sustainability 10(4):1–16. <https://doi.org/10.3390/su10040960>.
- 36-Mc Clean, J., Colin, et al. 2005. African Plant Diversity and Climate Change. Annals of the Missouri Botanical Garden. 92(2): 139–152. July.
- 37-Mango LM, Melesse AM, McClain ME, Gann D, Setegn SG (2011): "Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin Kenya": results of a modeling study to support better resource management. Hydrol Earth Syst Sci. <https://doi.org/10.5194/hess-15-2245-2011>.
- 38-Ma X, Xu J, Luo Y, Agarwal SP, Li J (2009) Response of hydrological processes to landcover and climate changes in Kejie watershed, Southwest China. Hydr Procs 23(8):1179–1191. doi: 10.1002/hyp.7233 CrossRefGoogle Scholar
- 39-Millington . J . et al ,2007: "Regression techniques for examining land use/cover change:a case study of Mediterranean landscape " ,Ecosystems Vol 562-578
- 40-Mwaniki W. Mercy(2015): "ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON LAND USE AND LAND COVER USING REMOTE SENSING, DRESDEN NEXUS CONFERENCE WORKING PAPER SERIES DNC2015/03.
- 41-Nishikanth,CV et al, 2018.(Hydrology modeling to assess soil water balance in Dal Lake basin using SWAT RESEARCH REVIEW International Journal of Multidisciplinary, ISSN: 2455-3085.
- 42-M. D. Tomer and K. E. Schilling, 2009. "A simple approach to distinguish land-use and climate-change effects on watershed hydrology," Journal of Hydrology, vol. 376, no. 1-2, pp. 24–33,.
- 43-Naeem Saddique and Talha Mahmood³ and Christian Bernhofer; "Quantifying the impacts of land use/land cover change on the water

- balance in the afforested River Basin "Environmental Earth Sciences (2020) 79:448 <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09206-w>, Pakistan.
- 44-P. C. D. Milly , N. J. Potter, L. Zhang, P. C. D. Milly, T. A. McMahon, and A. J. Jakeman5: Effects of rainfall seasonality and soil moisture capacity on mean.2005
- 45-P. F. Juckem, R. J. Hunt, M. P. Anderson, and D. M. Robertson 2008,. "Effects of climate and landmanagement change on streamflow in the driftless area ofWisconsin," Journal ofHydrology, vol. 355, no. 1–4, pp. 123–130,.
- 46-S. Fall, D. Niyogi, A. Gluhovsky, R. A. Pielke, E. Kalnay, and G. Rochon, 2010. "Impacts of land use land cover on temperature trends over the continental United States: assessment using the North American Regional Reanalysis," International Journal of Climatology, vol. 30, no. 13, pp. 1980–1993
- 47-Praskievicz S, Chang H (2009) A review of hydrological modelling of basin scale climate change and urban development impacts. Pro in Phy Geog 33(5):650–671. doi: 10.1177/0309133309348098 CrossRefGoogle Scholar
- 48-RANDALL L., BARSON M., 2001 .Mapping agricultural commodities and land management practices from geocoded agricultural census data. National Land and Water Resources Audit, Canberra
- 49-Technoexport. 1963. The geomorphological map of Syria scale 1/500000. An explanatorynote. Ministry of Industry. 111P
- 50-United States Department of the Interior -U.S. Geological Survey. 1990. "Land use and land cover digital data from 1:250,00- and 1:100,000-scale maps: Data users guide 4 (US GeoData" - National Mapping Program Technical Instructions). Reston, VA: United Stes Department of

- Interior, U.S. Geological Survey. iv, 33 pp. GA118 .L25 1990 Mann Reference
- 51-USDA-NRCS. 2007. Part 630 Hydrology: National Engineering Handbook-Chapter 7: Hydrologic Soil Groups.Washington, D.C.: USDA.
- 52-van Lynden, G. W. J., and Mantel, S. 2001. "The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations" International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 3(1):61–68. doi:10.1016/S0303-2434(01)85022-4.
- 53-V. Mishra, K. A. Cherkauer, D. Niyogi et al., 2010 .“A regional scale assessment of land use/land cover and climatic changes on water and energy cycle in the upper Midwest United States”, -International Journal of Climatology, vol. 30, no. 13, pp. 2025 .,2044.
- 54-Veijalainen N, Dubrovin T, Marttunen M, Vehvilainen (2010) Climate change impacts on water resources and lake regulation in the Vuoksi watershed in Finland. Water Resour Manage 24(13):3437–3459. doi: 10.1007/s11269-010-9614-z CrossRefGoogle Scholar
- 55-WRI, 2005. World Resources Institute in collaboration with United Nations.
- 56-Wang S, Kang S, Zhang L, Li F (2008) Modeling hydrological response to different land use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. Hydrol Proc 22:2502–2510CrossRefGoogle Scholar
- 57-Wu, W., De Pauw, E. and Zucca, C. (2008). Land degradation monitoring in the West Mu Us, China. Proceedings of ISPRS 2008, Part B 8:847–858.

- 58-X. Deng, Q. Jiang, H. Su, and F. Wu, 2010. "Trace forest conversions in Northeast China with a 1-km area percentage data model Journal of Applied Remote Sensing, vol. 4, no. 1, Article ID ,041893pp. 1–13,.
- 59-You, Ynli. Mushtak, T. Jabbar. Jing-Xuan Zhou. (2012).Study of Environmental Change Detection Using Remote Sensing and GIS Application : A Case Study of Northern Shaanxi Province ,China. Pol . J. Environmental .Study783-790.
- 60-Z. ˇZalud, M. Trnka, M. Dubrovsk'y, P. Hlavinka,D. Semer'adov'a and E. Kocm'ankov'a, 2009. "Climate change impacts on selected aspects of the Czech agricultural production," Plant Protection Science, vol. 45, pp. S11–S19.
- 61-Zhang A, Zhang C, Fu G, Wang B, Bao Z, Zheng H (2012) Assessments of impacts of climate change and human activities on runoff with SWAT for the Huifa River Basin Northeast China. Water Resour Manage 26:2199–2217. doi: 10.1007/s11269-012-0010-8 Cross RefGoogle Scholar.

Abstract

The research was carried out using data for a period of 30 years extending from 1990 to 2020, and a climate database was prepared for climatic elements (precipitation- temperature- degrees relative humidity- solar radiation- wind speed) We deduced average of all the aforementioned climatic elements for every ten years separately, then the average for 30 years, and prepared the maps showing each climatic element, the climatic maps were deduced from the intersection of climatic elements with each other, which show that 60% of the basin area is good areas with high ability to conserve water resources, while (10-15%) of the basin area had poor ability to conserve water resources, The scenarios resulting from the intersection of climate maps, land uses, soil, geology, and topography showed the distribution of classes according to the ability of each class to conserve water resources, and the percentages of good ability classes to conserve water resources was one of the best classes with close proportions (44-34-33-35-34-33)% of the basin area, respectively In the stages (1-2-3-4-5-6), which spread in the center part of the basin, while the stages resulting from the intersection of the three hydrological response units models with climate maps using the SWAT tool showed the distribution of classes according to the ability of each class to conserve water resources, where the percentage of poor classes was the ability to conserve water resources is the highest grade in area with close proportions (45-35-35-43-34-40)% of the basin area, respectively in stages (1-2-3-4-5-6), which spread in the eastern part and some parts of the central part of the basin.

Keywords: climatic elements – maps – water resources – SWAT.

**Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty Agricultural
Department Rural Engineering**



Impact of Climate Change and Land Use in Water Resources in the Upper Assi Basin Using SWAT / GIS / RS Technique

**A dissertation submitted in fulfilment of the requirements for the
degree of PhD in Rural Engineering**

By

Ali Mouhiddine Alsarm

Supervision

Dr. Mohiddine Kalkha

Researcher

**General Commission for
Scientific Agricultural Research**

Co-supervisor

Dr. Ihab Jnad

**Ass.Prof. Dept. of Rural
Engineering**

**Faculty of Agriculture Damascus
University**

Supervisor

2023