الطقس والمناخ

1-3- حالة الغلاف الجوي:

يحيط بالأرض غلاف عظيم من الهواء يدعى الغلاف الجوي ((Atmosphere، فيه تجري جميع العمليات والظواهر الجوية المؤثرة بسطح الأرض وجميع المخلوقات التي تعيش عليه، وبه ترتبط حياتها ارتباطا وثيقا مباشرة أو بشكل غير مباشر.

يتعامل علماء المناخ والأرصاد الجوية مع الغلاف الجوي على انه محرك حراري ضخم يستمد طاقته المحركة من الطاقة الشمسية الحرارية (1، 2، 3)، ويؤدي اختلاف مقادير الطاقة الشمسية الحرارية الواصلة إلى أجزائه إلى حدوث تباينات في الحرارة والضغط خلاله، ينجم عنها حركات وتيارات هوائية تنقل الطاقة وبخار الماء وتبادلها بين أجزائه عبر العروض الجغرافية. ولذلك يشكل الغلاف الجوي نظاما ثرموديناميكيا " "Thermodynamicحراريا حركيا متميزا. ومن المعلوم أن لكل نظام ثرموديناميكي خصائص تحدد حالته الفيزيائية، وتعرف هذه الخصائص بمتغيرات الحالة " (2) "State Variablesأو عناصر الحالة (State Elements).وبالنسبة للغلاف الجوي (الهواء) ولأي غاز آخر تتمثل هذه المتغيرات (العناصر) بدرجة حرارة الغاز وضغطه وحجمه. وتؤدي التغيرات الطارئة على هذه العناصر وتفاعلاتها مع بعضها البعض إلى حالات متوازنة تعبر عن سمات الغاز الحرارية والحركية والرطوبية وغيرها من السمات المتعلقة بها.

1-4- تعريف الطقس والمناخ:

من حالات الغلاف الجوي ما تكون قصيرة الأمد، تحدث خلال فترات وجيزة من الزمن، لا تلبث وأن تنتهي. ومنها ما تكون طويلة الأمد مركبة تحدث خلال فترات طويلة من الزمن، متكونة من تراكم الحالات قصيرة الأمد أو من معدلاتها الإحصائية، وليس الطقس والمناخ إلا تعبيران يدلان عن هذين النوعين من الحالات بشكل محسوس .

وعادة يعرف الطقس بأنه " حالة نظام الغلاف الجوي في مكان ما خلال فترة وجيزة من الزمن، تتراوح بين الساعة الواحدة إلى عدة شهور. وفي معظم الأماكن قد يتغير الطقس بين ساعة وأخرى، ومن يوم إلى يوم، ومن فصل إلى فصل. ولذلك فإن حالات الطقس حالات آنية للغلاف الجوي تبين ماذا يحدث فيه في مكان ما خلال وقت ما.

ويعرف المناخ بأنه "حالة نظام الغلاف الجوي في مكان ما خلال فترة طويلة من الزمن تقدر بعدة عقود من السنين، ولا تقل عن خمس سنوات، وعادة تحدد بحوالي 30 سنة. وتعد حالات المناخ معدلا لحالات الطقس ومحصلةً أو تراكماً لها، مع الأخذ بالاعتبار الحالات المتطرفة والشاذة التي قد تتكرر عشوائيا كل بضعة سنين بسبب تغيرات ديناميكية تحدث في الغلاف الجوي".

لذلك تعبر حالات المناخ عما هو متوقع أن يحدث عادة للغلاف الجوي في أي مكان في أي وقت في السنة استنادا للتوقعات الإحصائية المحسوبة لعدة سنين. وحالات المناخ أكثر ثباتا ورسوخا، ويتوقع أن تحدث دائما في الأوقات نفسها في السنة، مع الأخذ بالاعتبار تأثير تكرار الحالات المتطرفة العشوائية التي تبدل حالات المناخ وتجعلها شاذة عن حالتها الاعتيادية المألوفة المتوقعة. ونسوق مثالا على هذه الحالات العشوائية حالة آل نينيو " "El Nioالتي تحدث عشوائيا كل عدة سنوات، مؤدية إلى هطول أمطارا غزيرة على الصحاري المدارية الساحلية لأمريكا الجنوبية

وشذوذات مناخية في مواقع أخرى من العالم.
والحقيقة أن كثير من الناس ووسائل الإعلام تخلط بين مفهوم الطقس والمناخ ويستخدمونها بشكل متبادل مكان بعضها البعض دون تفريق.
ولكي نجعل الفرق بينهما واضحا وبسيطا نذكر المقولة الطريفة التي أوردها جلانتز " (4) "Glantzوهي: "إذا كنت لا تحب الطقس في المكان الذي تعيش فيه، فانتظر عدة أيام فمن المحتمل أن يتغير الطقس، لكن إن كنت لا تحب مناخ المكان الذي تعيش فيه، فما عليك إلا الرحيل". ويوضح هذا القول ببساطة أن حالات الطقس مؤقتة سريعة التغير، بينما بالمقابل فإن حالات المناخ دائمة وتشكل سمة للمكان الذي تحدث فيه. وفي النهاية يجب الأخذ بالاعتبار أن حالات المناخ حالات شمولية للغلاف الجوي تجري على مقياس واسع زمانياً ومكانياً، بينما تمثل حالات الطقس حالات تفصيلية لحالات الغلاف الجوي تجري على مقياس صغير زمانيا ومكانيا خلال حالات المناخ.

- نظام المناخ ":"Climate System

من وجهة النظر المناخية، يمثل الغلاف الجوي نظاما في سلسلة من الأنظمة المترابطة تضم بالإضافة له كل من نظام المحيطات ونظام سطح اليابسة، ومن خلال تفاعل هذه الأنظمة ومكوناتها مع بعضها البعض يتشكل ما يعرف بنظام المناخ.
يتكون نظام المحيطات من المحيطات نفسها والبحار والبحيرات والأنهار الكبرى، وتعرف جميعها بالغلاف المائي " ."Hydrosphereويشمل نظام سطح اليابسة كل من الأصقاع الصخرية الجبلية والهضابية والصحارى والسهول الجرداء (القشرة الأرضية) المعروفة بالغلاف الصخري

""Lithosphere، والأقاليم المغطاة بالغابات والأعشاب المعروفة بالغلاف الحيوي " ,"Biosphereوالأصقاع المغطاة بالثلوج والجليديات الدائمة المعروفة بالغلاف الجليدي " ."Cryosphereوحديثا عدت الأنشطة الإنسانية وما ينتج عنها من ظواهر إحدى هذه الأنظمة ، ويمكننا تشبيهاً بالأنظمة الأخرى أن ندعوها بالغلاف البشري
" ."Anthropological Sphereوترتبط هذه الأنظمة ومكوناتها مع بعضها البعض بواسطة جريان الطاقة الحرارية بأشكالها المختلفة وتبادلها فيما بينها.

والغلاف الجوي في تماس مباشر مع الأنظمة المذكورة كلها، وبما يجري فيه من حركات وتيارات هوائية أفقية ورأسية ودوامية يتحرك بينها، ناقلاً الطاقة الحرارية والرطوبة ويبادلها بين مكوناتها. وبالمقابل تساهم هذه الأنظمة ومكوناتها مساهمة مباشرة وغير مباشرة في تكوين حالات الغلاف الجوي وفي تحديد خصائص عناصرها. ولذلك تعد عناصر الطقس والمناخ المقاسة في الغلاف الجوي وحالاتهما الحصيلة المحسوسة للتفاعلات والعلاقات المتبادلة بين مكونات نظام المناخ وبالتالي ممثلة لنظام المناخ كله.

- عناصر حالة الطقس والمناخ :

مما تقدم تبين أن عناصر حالة الطقس والمناخ، المعبرة عن حالة الغلاف الجوي، تتألف من ثلاثة متغيرات (عناصر) أساسية وهي: درجة حرارة الغلاف الجوي، الضغط الجوي، وحجم الغلاف الجوي. لكن بالحقيقة فإن عناصر حالة الطقس والمناخ المعتمدة عديدة، وهي مشتقة أساساً من العناصر الثلاث المذكورة بطريقة أو بأخرى أو قرينة لها. وقد أعتمدت هذه

العناصر على أساس قابليتها للقياس بأجهزة الرصد الجوي، وبالتالي يمكن التعبير عنها كميا. ولذلك، وبالرغم من أن حجم الغلاف الجوي من العناصر الثلاث الأساسية لحالة الغلاف الجوي فإنه لا يذكر ضمن العناصر المعتمدة لتحديد حالات الطقس والمناخ لاستحالة قياسه، ولكن يظل وجوده كامنا في المتغيرين الآخرين (درجة الحرارة والضغط)، والمتغيرات الأخرى المشتقة منها وعادةٍ ما يستعاض عنه بالكثافة.

وكما يبدو فإن هناك إجماع عالمي تقريبا على اعتماد متغيرات حالة الطقس والمناخ بالعناصر الرئيسية المقاسة التالية :

درجة حرارة الهواء ""Air Temperature

الضغط الجوي ""Atmospheric Pressure

الرطوبة الجوية ""Humidity Atmospheric

الرياح ""Wind

الغيوم ""Cloudiness

مدى الرؤيا ""Visibility

الهطول ""Precipitations

السطوع الشمسي ""Sunshine

ومن الدراسات ما تعد الإشعاع الشمسي الوارد الى سطح الأرض "التشمس" "Income Solar Radiation"عنصرا من عناصر حالات الطقس والمناخ المقاسة (1، 6، 7، 8) وذلك على الرغم من إجماع الغالبية العظمى من الباحثين المناخيين والمترولوجيين على أنه من العوامل المؤثرة في عناصر حالات الطقس والمناخ والحافز الأساسي في تفعيلها بشكل مباشر أو غير مباشر وليس عنصرا من عناصرها، وهذا هو الصواب، ويؤكد على ذلك أيضا المصنف المترولوجي " Glossary Of Meteorology" (9).

وبالإضافة الى هذه العناصر المقاسة فعليا يمكن إدراج نوعين آخرين من عناصر الطقس والمناخ، وهي ما تعرف بالعناصر المشتقة " Derived Elements"والعناصر المساندة "Proxy elements" (7، 10، 11).

1-6-1- عناصر الطقس والمناخ المشتقة(: (Derived elements

وهذه العناصر لا تقاس مباشرة وإنما تشتق (تحسب) بوساطة معادلات رياضية باستخدام عناصر الطقس والمناخ المقاسة. وعادة ما تستخدم هذه العناصر في دراسات وأبحاث الطقس والمناخ التطبيقية، وهي عديدة منها:

آ- التبخرنتح (:(Evapotranspiration

يعد التبخرنتح التبخرنتح، أو ما يعرف بالحاجة المائية " "Water Needs أو المتطلبات المائية " "Water Requirementsللنباتات والمحاصيل الزراعية، قرينة لقوة التبخر الجوية الكامنة، ويبين مقادير الحاجة المائية للمحاصيل الزراعية والنباتات تحت شروط طقس ومناخ معينة. وعلى الرغم من وجود مقاييس لقياسه مباشرة، فإن بعضها غير دقيق ولا يعول عليها، وبعضها الآخر باهظ الثمن والتكلفة وغير موفر في معظم المؤسسات العلمية وغير متاح للباحثين والأفراد الذين لهم علاقة بالنشاطات الزراعية والمائية والمناخية، ولذلك يفضل حسابه من المعادلات الرياضية المناخية باستخدام قياسات لعناصر الطقس والمناخ مثل مقدار الطاقة الشمسية الإشعاعية "التشمس" ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح وغيرها من العناصر.

ب- قرائن الراحة (:(Comfort indices

تعد قرائن الراحة قرينة لشعور الإنسان بالراحة تحت شروط مناخية معينة، وعادة تحسب بوساطة معادلات رياضية مناخية باستخدام درجة الحرارة والرطوبة النسبية وغيرها من عناصر الطقس والمناخ.

ج- قرائن الجفاف (:(Aridity indices

تستخدم قرائن الجفاف عادة في التصنيف المناخي لتحديد الأقاليم الجافة عن غيرها من الأقاليم. وتحسب بوساطة معادلات رياضية مناخية باستخدام كميات الأمطار ودرجة الحرارة أو الرطوبة النسبية أو التبخر وغيرها من عناصر الطقس والمناخ.

د- معامل تبريد الرياح (Wind chill factor):

يعد معامل تبريد الرياح قرينة لمقدار تناقص درجة الحرارة بسبب تزايد سرعة الرياح.

هـ- درجة أيام فصل النمو (Growing season degree days):

تعتمد درجة أيام فصل النموْ قرينة حرارية لملائمة المواقع الجغرافية حرارياً لنموْ المحاصيل الزراعية. وهي عبارة عن مجموع درجات الحرارة المناسبة لنموْ المحاصيل الزراعية والنباتات الواقعة فوق درجة حرارة معينة خلال أيام فصل النمو.

و- درجة أيام التدفئة (HDD" Heating degree days):

تعتمد درجة أيام التدفئة قرينة حرارية لبرودة المواقع الجغرافية. وهي عبارة عن مجموع درجات الحرارة الواقعة دون درجة حرارة معينة (18.3˚ مئوية) خلال فترة معينة عنده تحتاج المساكن للتدفئة.

1-6-2- عناصر المناخ المساندة (Proxy elements):

بالحقيقة فإن هذه العناصر ليست عناصر مقاسه لحالات الغلاف الجوي، لكنها شواهد ودلائل يستدل بوساطتها عن حالات المناخ السائدة في الماضي البعيد قبل مئات وآلاف السنين واستنتاج ما كان يجري خلالها. وتتمثل بالأوابد الأثرية بما تحتويه من مباني ونقوش وصناعات فخارية ورقم تاريخية وكتابات ورسوم على جدران الكهوف والقصور والمعابد. كما تتمثل بالحفريات الجيولوجية وأحفورياتها (مستحاثاتها) خلال طبقات الصخور، والحفريات عبر الطبقات الجليدية القطبية، وبتغير مستويات

البحار والأنهار والبحيرات. وتتمثل أيضا بحلقات نمو الأشجار المعمرة والمتحجرة وبحبوب طلعها المحفوظة خلال طبقات طمي البحيرات ورسوباتها.

1-7- حالات الطقس والمناخ :

لا شك في أن حياة الإنسان ونشاطاته المختلفة الاجتماعية والاقتصادية مرتبطة ارتباطا وثيقا بشكل مباشر أو غير مباشر بحالات المناخ، ويبدو هذا واضحا في أنماط حياته ومسكنه ولباسه وأنواع زراعته. لكن مع ذلك تظل حالات الطقس مؤثرة تأثيرا هاما جليا وملموسا في حياة الناس، لأنها، كما ذكر سابقا، تشكل الحالات التفصيلية لحالات المناخ الجارية خلالها.

1-7-1- تصنيف حالات الطقس:

عادة ما تكون بعضا من حالات الطقس مواتية للنشاطات الإنسانية ومنها ما يكون معيقا ومثبطا لها. يسعى الناس لتوقع حالات الطقس ليستفاد من الملائم منها وتجنب أضرار السلبي منها. وينصب اهتمام المناخيين والمترولوجيين وصناع القرار على حالات الطقس المتطرفة العشوائية التي تجعل حالات المناخ الاعتيادية مشوشة غير واضحة، وعلى ما يصاحبها من ظواهر طبيعية خطرة قد تسبب أضرار بالغة في حياة الناس وممتلكاتهم. ومثال على ذلك حدوث المحل الناجم عن انحباس الأمطار وشحها وعن شدة التبخرنتح، وحدوث الفيضانات العارمة نتيجة للعواصف المطرية الشديدة الفجائية، وحدوث الصقيع القاتل عندما تتدنى درجة الحرارة بسرعة دون درجة التجمد وكذلك حدوث العواصف المدمرة عندما ينخفض الضغط الجوي بحدة مؤديا إلى ازدياد سرعة الرياح، وغيرها من هذه الحالات. ولقد لوحظ أن 75% من الحوادث المدمرة للبشرية ناجمة

عن حالات الطقس والمناخ المتمثلة بالفياضات وعواصف الهوريكان والمحل، و25% فقط من هذه الحوادث ناجمة عن الهزات الأرضية (12). لذلك يهتم العلماء كثيرا في معرفة حالات الطقس هذه وتوقع حدوثها وتصنيفها ومعرفة العوامل المؤدية لها.

حالات الطقس كثيرة ومتنوعة، فمثلا، تعتمد عمليات الرصد الجوي السنوبية نحو 100 حالة طقس محتملة الحدوث كما هو مبين في الشكل 1 والجدول 1. وبما أن هذه الحالات متغيرة وتتوالى عشوائيا زمانا ومكانا، فإن عملية تصنيفها في مجموعات محددة ومميزة تضم كل منها حالات متشابهة أو قريبة من بعضها البعض أمرا ليس سهلا.

في الوقت الحاضر ، أصبحت عمليات تصنيف حالات الطقس ميسرة أكثر باستخدام البرامج الحاسوبية المتطورة وتطور وسائل الإعلام و تبادل المعلومات. ومن الدراسات ما تصنف حالات الطقس خلال فصول السنة في ثمان حالات وفقا لأصناف الكتل الهوائية السائدة (13)، ومنها ما يصنفها في أكثر من إحدى عشرة حالة استنادا لأنماط من الضغط الجوي (14)، وهناك من الدراسات ما يزيد على ذلك أو ينقص.

1-7-2- حالات المناخ و الأصناف المناخية :

بما أن حالات المناخ واضحة وثابتة ويتوقع حدوثها وتكرارها في أوقات معينة من شهور وفصول السنة دائما، فقد كان ميسرا تصنيفها في مجموعات وأصناف محددة تتكرر في المكان سنة بعد سنة بشكل رتيب ومعروف لدى الناس، والجميع يترقبها و يعد العدة لاستقبالها، لذلك حددت أصناف لحالات المناخ معروفة عالميا، ولكل صنف منها خصوصيته وسماته المحسوسة الناتجة عن تفاعل عناصر حالته، وسميت هذه الأصناف وفقا للمواقع و الأقاليم الجغرافية التي تسود فيها كما يلي:

أولا : مناخ العروض الدنيا، ويشتمل على:

المناخ الاستوائي الرطب
المناخ الموسمي
المناخ المداري الرطب الجاف
المناخ المداري الجاف
ثانيا : مناخ العروض الوسطى، ويشتمل على:
المناخ شبه المداري الجاف
المناخ شبه المداري الرطب
مناخ البحر المتوسط
مناخ السواحل الشرقية المحيطي
مناخ العروض الوسطى الجاف
المناخ القاري الرطب
ثالثا : مناخ العروض العليا، ويشتمل على:
مناخ الغابات البادرة (التايغا)
مناخ التو ندرا
مناخ الغطاء الجليدي (القطبي(
رابعا: مناخ المرتفعات الجبلية

1-8- العوامل الرئيسة المتحكمة بالطقس والمناخ:

هناك العديد من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر في حالات الطقس والمناخ، ومن هذه العوامل ما يكون تأثيرها على مقياس صغير محلي ومؤقت تؤثر بحالات الطقس وتعرف بمعدَلات الطقس " Weather Modifications"أو ضوابط الطقس " ."Weather Controls"ومنها ما يكون تأثيرها على مقياس شاسع عالمي ودائم، تؤثر بحالات المناخ

وتتحكم فيها، وتعرف بعوامل المناخ " "Climate Factorsأو ضوابط المناخ "9) "Climate Controls، 15(.

1-8-1العوامل المتحكمة بالطقس ":"Weather Controls
تعرف العوامل المتحكمة بالطقس بأنها أي جهد أو عمل يبذل لتعديل حالات الطقس بغية تحسينها أو تجنب تأثيراتها الضارة، وتتمثل بما يلي:
1- الحد من حدوث الصقيع في الحقول الزراعية وعلى وطرق المواصلات.
2- تفريق الضباب المتشكل فوق الطرق السريعة والمطارات.
3- تبديد الغيوم المتشكلة فوق المطارات والمناطق المحيطة بها.
4- استمطار الغيوم.
5- تثبيط البرق الناجم عن العواصف الرعدية فوق المناطق الغابية لتجنب حدوث الحرائق.
5- الحد من هطول البرد وتجنب الأضرار الناجمة عنه.
إقامة مصدات للرياح للحد من سرعتها أو لتغيير اتجاهها.
تعديل خصائص العواصف العاتية مثل الهوريكان والحد من تأثيراتها المدمرة.

2-8-1- العوامل المتحكمة بالمناخ ":"Climate Controls
تعرف العوامل التي تنتج الحالات المناخية في مكان ما بالعوامل المتحكمة بالمناخ أو عوامل المناخ، وهي بالحقيقة نفسها العوامل المنتجة لحالات الطقس، وأهمها:
1- الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح الأرض "التشمس" (:(Isolation

يعد التشمس من أهم العوامل المؤثرة بالمناخ، فهو المولد لعناصر حالاته جميعها بشكل مباشر وغير مباشر، وبسبب الشكل الكروي للأرض ودورانها حول الشمس تتلقى أجزاؤها مقادير مختلفة من التشمس. فيصل إلى العروض الجغرافية الدنيا الاستوائية والمدارية، حيث تسقط الأشعة الشمس عمودية أو شبه عمودية، أكبر قدر من التشمس. بينما يصل العروض العليا والقطبية، حيث تسقط الأشعة الشمسية مائلة دائما، أقل المقادير منه. ويقدر أن نسبة ما يصل العروض العليا والقطبية من التشمس يقل عن 20% عما يصل منه إلى العروض الدنيا الاستوائية والمدارية.
وبسبب هذا التباين في كمية التشمس الساقطة على سطح الأرض تتباين قيم الضغط الجوي وتتولد الرياح العالمية هابة عبر العروض الجغرافية ومن مكان الى آخر على سطح الأرض، وتتولد التيارات المائية عبر البحار والمحيطات.

2- طبيعة السطوح وألوانها:

تلعب طبيعة السطوح والأجسام وألوانها دورا هاما في تحديد مقادير التشمس الصافية الواصلة الى سطح الأرض وتباينها من مكان إلى آخر. إذ تتمتع السطوح البيضاء وفاتحة اللون، مثل الثلج والرمل، بمعامل انعكاسية للأشعة الشمسية (ألبيدو) كبير وبالتالي تمتص مقادير قليلة من التشمس. بينما يكون ألبيدو السطوح السوداء وداكنة اللون، مثل الصخور البازلتية والغابات، قليل فتمتص كميات أكبر من التشمس. وبشكل عام يكون ألبيدو المسطحات المائية ضئيل جدا لقدرة الأشعة الشمسية على اختراقها والغوص في أعماقها. وعلى العكس من ذلك يكون ألبيدو المساحات القارية كبير نسبيا. ويؤدي هذا التباين إلى إيجاد المزيد من التباينات المحلية والإقليمية الفصلية في كميات التشمس الواصلة الى سطح الأرض وفي قيم الضغط الجوي وفي توليد الرياح المحلية.

بالإضافة إلى ذلك، لا تظل طاقة التشمس الحرارية ثابتة الشكل. فعندما تصل الأشعة الشمسية إلى سطح الأرض تدخل في سلسلة من التحويلات الدائمة والمتزامنة تختلف طبيعتها باختلاف طبيعة السطوح الساقطة عليها. وتتحول خلالها إلى أشكال مختلفة من الطاقة الحرارية المحسوسة والطاقة الحرارية الكامنة للتبخر والطاقة الكامنة والطاقة الحركية تتواجد باستمرار في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض. وتساهم هذه التحولات أيضا في وجود التباينات الحرارية المحلية، وتيسر نقل الطاقة بمختلف أشكالها بواسطة الغلاف الجوي من مكان الى آخر على سطح الأرض.

3- البعد والقرب من المسطحات المائية:

تعد البحار والمحيطات من العوامل الرئيسة المؤثرة في حالات المناخ، وحالات طقسها، السائدة على سطح الأرض للأسباب التالية:

آ- تغطي البحار والمحيطات حوالي 71% من مساحة الكرة الأرضية، وبالتالي فإن حوالي 71% من كتلة الغلاف الجوي ترزخ فوقها وتكون في تماس مباشر معها وتكتسب صفاتها، لذلك فأنها تشكل مصدرا للكتل الهوائية والرياح الرطبة.

ب- تقوم البحار والمحيطات بدور خزانات عظيمة للطاقة الحرارية الشمسية، لقدرتها الفائقة على امتصاصها، وتحويلها إلى طاقة كامنة تستخدمها في تبخير مياهها، وبالتالي فإنها تبث قدرا عظيما من الطاقة الحرارية خلال قاعدة الغلاف الجوي بالتماس وبالإشعاع عند تحرير الطاقة الحرارية الكامنة في مياهها المتبخرة عندما تتكاثف على شكل طاقة حرارية محسوسة.

ت- تشكل البحار والمحيطات مع الغابات المصدر الرئيس للرطوبة الجوية الموجودة في الغلاف الجوي، والتي تنتقل إليه بالتماس والتبخر. وبالتالي فإنها تشكل مصدر الهطول على سطح الأرض. ولذلك تكون المناطق

الساحلية والتي تصلها المؤثرات البحرية والمحيطية أكثر رطوبة وهطولا من المناطق القارية البعيدة عنها.

ث- تشكل البحار والمحيطات مصدر المنخفضات الجوية والرياح الرطبة المؤدية لحدوث الهطول. كما إنها مصدرا للعديد من الحالات الجوية المتطرفة مثل عواصف الهوريكان والتورنادو والنينيو واللانينيا والتسونامي وغيرها التي تصيب الأقاليم الساحلية.

ج- تعمل التيارات المائية البحرية الباردة والحارة، على نقل الطاقة الحرارية وتبادلها بين العروض الجغرافية المختلفة، مؤدية إلى تعديل خصائص حالات المناخ في سواحل المناطق التي تجري أمامها.

ح- تنظم البحار والمحيطات مع النباتات كميات ثاني أكسيد الكربون ((CO_2الموجودة في الغلاف الجوي.

4- المرتفعات الجبلية:

تلعب المرتفعات الجبلية دورا هاما في تعديل خصائص عناصر حالات الطقس والمناخ والتحكم بها. فمع الارتفاع عن سطح البحر تنخفض درجات الحرارة، ويقل الضغط الجوي، وتعتدل خصائص الغيوم، وتزداد كميات الهطول، وتعتدل سرعة الرياح واتجاهها، وغيرها من الخصائص. ذلك مما يؤدي الى تباين الأنواع المناخية وحالات الطقس المصاحبة لها على السفوح الجبلية. وبوجود المرتفعات الجبلية الساحلية ينحصر دور المؤثرات البحرية على السفوح المواجهة للبحار والسهول الساحلية، حيث تسود الأراضي الرطبة وشبه الرطبة، بينما يلتغي تأثيرها أو يقل على السفوح المعاكسة والمناطق الواقعة خلفها، حيث تسود الأراضي شبه الجافة والصحارى الجافة.

1-9- العوامل المحلية المتحكمة بالطقس والمناخ:

1- الأراضي المتصحرة:

ويقصد بالأراضي المتصحرة تلك الأراضي الزراعية والرعوية والغابية التي كانت منتجة ثم تدهورت بيئتها بسبب الاستخدامات الإنسانية السيئة المفرطة ، المتمثلة بالنشاط الزراعي الحثيث دون ترشيد والرعي والاحتطاب الجائرين واتساع المدن وإقامة المواقع السكنية الجديدة على حساب الأراضي الزراعية والغابية، أو تلك الأراضي التي تدهورت بسبب الشروط المناخية القاسية المتمثلة بتوالي سنوات المحل العجاف وأصبحت غير منتجة ومشابهه للبيئات الصحراوية. وتعد هذه الظواهر من أهم العوامل المعدلة للحالات المناخية على المستوى المحلي. إذ تتغير نسبة الألبيدو للسطوح مع تغير ألوانها وطبيعتها، وتتغير بالتالي خصائصها الحرارية والرطوبية، ذلك مما يؤدي إلى حدوث حالات معدلة من الطقس والمناخ.

2- تلوث الهواء في المدن الكبرى:

من المعلوم أنه يوجد في الغلاف الجوي غازات، مثل بخار الماء ((H2Oوثاني أكسيد الكربون ((CO2والميثان ((CH4وأكسيد النتروز ((N2Oومركبات كلوروفلوروكاربون ((CFCSأو كلوروفلوروميثان ((CFMSبالإضافة إلى الجسيمات ((Aerosols وذرات الغبار الدقيقة، تمتص بعضا من الأشعة الأرضية وتمنعها من الفرار إلى الفضاء، وتعود وتشعها لسطح الأرض فتزيد حرارتها. وتعرف هذه الغازات والمركبات بغازات البيوت الخضراء ((Greenhouse gasesأو غازات الاحتباس الحراري. وعندما تزداد مقاديرها في الغلاف الجوي بسبب النشاطات البشرية المختلفة عن مستوياتها العادية، كما هو الحال في هواء المدن، يزداد فعلها

الحراري المدفئ لسطح الأرض، إذ تمتص هذه الغازات بعضا من الأشعة الأرضية الحرارية وتمنعها من النفاذ الى الفضاء، وتعرف هذه الظاهرة بالانحباس الحراري (.(Heat trappingولذلك تتعدل خصائص المناخ الحرارية والرطوبية والهطولية في المدن وتبدو متباينة نسبيا عما حولها من المناطق مشكلة ما يعرف بالجزر الحرارية (.(Heat islands

ويعتقد العديد من العلماء المناخيين أن ظاهرة الاحتباس الحراري ستتجاوز حدود المدن وستكون عامة وشاملة لمناخ الأرض كله وستؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة بضع درجات مئوية في القريب العاجل، محدثة تغيرات مناخية إقليمية وعالمية دائمة متمثلة بتغيرات في الأنماط الحرارية وخصائص فصول السنة.

1-10- مقاييس الطقس المكانية والزمنية:

تعبر مقاييس الطقس عن أبعاد حالة الطقس الجارية أو أبعاد ظاهرة من ظواهرها والمدة الزمنية التي تستغرقها. فتجري حالات الطقس وفقا لأربعة مقاييس مساحية وزمنية وهي:

آ- المقياس الأصغري (:(Micro scale

وتشمل الدوامات الهوائية الصغيرة الجارية على سطح الأرض ولا تتعدى مساحاتها عدة أمتار وحتى عدة سنتيمترات وتدوم عدة دقائق.

ب- المقياس المتوسط (:(Mesoscale

مثل العواصف المطرية الرعدية المنفردة التي تتراوح مساحتها بين عدة كيلومترات مربعة وتدوم حوالي ساعة، والعواصف الرعدية المتتالية التي

تناهز مساحتها مئات الكيلومترات المربعة وتدوم حوالي يوم، والعواصف الرعدية المعقدة الضخمة التي تصل مساحتها إلى حوالي 50000 كم2 وتدوم عدة ساعات من الزمن وحتى عدة أيام (5، 16). وقد تتطور بعض العواصف الرعدية المعقدة وتتنقل خلال إقليم شاسع من الأرض لتصبح ذات مقياس سنويي (واسع).

ت- المقياس السنوبي "الواسع" (Synoptic scale):

وتشمل السيكلونات "الأعاصير" (Cyclones) وأضداد الأعاصير (Anticyclones) الضخمة التي تتمركز في العروض الوسطى، وعواصف الهوريكان المدارية وتناهز مساحتها عدة آلاف من الكيلومترات المربعة وتدوم بين حوالي خمسة أيام وأسبوعين (17).

ث- المقياس العالمي (Global scale):

تشمل حالات طقس شاسعة المساحة، تتراوح مساحتها بين 5000-10000 كم2 وتتمثل في التموجات الكبيرة في الرياح العالمية وظهور نطاق تلاقي ما بين المدارين وفي ظاهرة آل نينيو، وتدوم عدة أسابيع.

1-11- المقاييس المناخية المكانية:

ويعبر عنها بمقدار المساحة من سطح الأرض التي تجري فيها دراسة الحالات المناخية. فتجري الدراسات وفقا لمقاييس مكانية مختلفة. فمنها ما يدرس على مساحات صغيرة جدا ومنها ما يدرس على مساحات متوسطة ومنها ما يدرس على مساحات شاسعة. وقد أتفق عالميا على تقسيم الدراسات المناخية وفقا لمقاييس المساحات التي تجري فيها كما يلي:

آ- المناخ أصغري المقياس (Micro scale climate):

يشتمل دراسة الحالات المناخية على مساحات صغيرة جدا قرب سطح

الأرض أوعليه وحتى ارتفاع تنعدم عنده تأثير خصائص السطح، ويقدر بحوالي عدة أمتار. وعادة ما يقدر هذا الارتفاع بأربعة أضعاف ارتفاع النباتات والمحاصيل الزراعية أو الأبنية. وتجري قياسات عناصره عند سطح الأرض أوعليه مباشرة أو حتى داخل التربة. ومن الأمثلة على ذلك دراسة المناخ في الحقول الزراعية وفي شوارع المدن وفي الأودية الصغيرة وسفوح المرتفعات والمواقع المغلقة مثل البيوت والمصانع والبيوت الخضراء والكهوف وغيرها. وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم المناخ الأصغري إلى عدة أقسام (9) أهمها: المناخ الأصغري للمدن ((Urban Microclimate، والمناخ الأصغري للنباتات والمحاصيل الزراعية ((Vegetation Microclimate، والمناخ الأصغري للمواقع المغلقة(.(Crypto climate

والحقيقة أن مجالات المناخ الأصغري واسعة جدا ولها دراسات خاصة بها ولا تغطيها الدراسات المناخية العادية. إذ ينصب اهتمام الدراسات المناخية عادة على حالات المناخ في مساحات كبيرة متوسطة المقياس وواسعة المقياس والتي تجري قياسات عناصرها في محطات الرصد الجوية العادية.

ب- المناخ متوسط المقياس (:Mesoscale climate)

يشتمل دراسة الحالات المناخية في مواقع تناهز مساحاتها عدة هكتارات وإقليم تتراوح مساحاتها بين عشرات ومئات الكيلومترات المربعة شاملة أقاليم مثل الغابات والوديان والأحواض النهرية والسواحل والمدن الكبيرة.

ت- المناخ واسع المقياس (:Macro scale climate)

يتناول دراسة الحالات المناخية في مساحات شاسعة تناهز مئات أو آلاف الكيلومترات تشمل بلدان وأقاليم واسعة وقارات بأسرها، مثل الإقليم الاستوائي أو الإقليم المداري أو إقليم البحر المتوسط أو الإقليم القطبي.

ث- المناخ عالمي المقياس (:Global scale climate)
يشتمل دراسة الحالات المناخية على سطح الكرة الأرضية كلها أو أحد نصفيها.

الفرق بين مقاييس الطقس ومقاييس المناخ:
مما تقدم لا بد أنه قد تبين الفرق بين مقاييس الطقس والمناخ. مع ذلك ولكي يزال الالتباس الذي قد يساور البعض، يجب التأكيد على هذا الفرق وتوضيحه. فتبين مقاييس الطقس أبعاد الحالة الجوية نفسها أو ظاهرة من ظواهرها ومدة بقائها، بينما تبين المقاييس المناخية أبعاد الموقع الذي تدرس فيه الحالات المناخية ومساحته.

1-12- المناخ العادي والتباين والتذبذب والتغير المناخي ومقاييسها الزمنية:
تعتري الحالات المناخية اختلافات وتباينات تجري وفقا لمقاييس زمنية مختلفة،لا بد من التعرف عليها ومعرفة الفروق بينها وكيفية التعامل معها. وتتمثل هذه الاختلافات في مفاهيم عديدة أهمها:

آ- المناخ العادي (:Normal climate)
يعرف المناخ العادي بأنه "حالات المناخ المتوقعة الحدوث في مكان ما خلال فترة معينة من السنة (شهر أو فصل معين)". ويمكن أن يعبر عن المناخ العادي بطريقة موضوعية ((Objectiveباستخدام المعايير الإحصائية التي تتمثل بالمتوسطات والمعدلات الحسابية وانحرافاتها المعيارية المشتقة خلال فترات طويلة من الزمن لعناصر الحالات المناخية المقاسة، أو بطريقة حسية ((Perceptive تعتمد على إدراك الناس ومعرفتهم بالخبرة بالشروط المناخية المؤدية للمناخ العادي أو غير العادي (4).

وغالبا ما تبنى أحكام الناس وقراراتهم على مجموعة من المشاهدات والأحاسيس اكتسبوها من معاصرتهم لحالات مناخية جرت خلال فترات قصيرة (عدة سنوات) وحديثة من الزمن. وعادة ما تختلف أحكامهم حول تحديد حالات المناخ العادية وحالاته غير العادية بسبب اختلاف الأعمال والنشاطات التي يزاولونها. فما يراه البعض مناخا عاديا قد يراه آخرون مناخا غير عادي. فمثلا تبدو حالات المحل التي تصيب الأراضي شبه الجافة للبعض حالات مناخ غير عادية وشاذة، بينما هي بالحقيقة ومن وجهة النظر الموضوعية جزء لا يتجزأ من المناخ العادي.

ب- الفصلية (Seasonality):

وتعرف الفصلية بأنها "التعاقب الطبيعي للفصول خلال السنة". يحل فصل الشتاء ويليه فصل الربيع ثم فصل الصيف ففصل الخريف في كل سنة.

والناس جميعهم مدركين هذا التعاقب الفصلي ويعرفون سمات المناخ السائد في كل فصل من هذه الفصول في الأصقاع التي يعيشون فيها، وأنشطتهم الاجتماعية والاقتصادية جميعها متكيفة معها. وكذلك الأمر بالنسبة للحياة النباتية والحيوانية كلها مرتبطة بها وتجري وفقا له. وتحدث الفصول وتتعاقب كل سنة نتيجة لدوران الأرض حول الشمس وميلان محورها عن الوضع العمودي بمقدار 27` 23˚ وبنفس الاتجاه.

التباين المناخي (Climate variability):

يعرف التباين المناخي بأنه "التباين الحاصل في الحالات المناخية بين السنين، أي خلال الشهور نفسها والفصول نفسها بين سنة وأخرى". ومثال على ذلك التباين الحاصل في كميات الهطول وفي درجات الحرارة بين سنة وسنة خلال شهر أو فصل معين.

ولا شك في أن الناس، من خلال خبراتهم المتوارثة، يدركون أن الفصول تتكرر سنويا ولكن الشروط المناخية لا تتكرر فيها بشكل متناسق بين سنة

وأخرى وأن هناك تباينات من نوع ما لا بد وأن تحدث بين السنين. ومن هذه التباينات ما يكون طفيفا محتملا ومنها ما يكون متطرفا قاسيا يشوش حالات المناخ العادي مؤديا الى كوارث حقيقية، كما هو الحال عند حدوث المحل أو الفيضانات المدمرة أو عند حدوث ظاهرة "ال نينيو" (.El Nio)

ت- التذبذب المناخي (:Climate fluctuation)

يعرف التذبذب المناخي بأنه "التباين المناخي الذي يستمر ويتوالى خلال عدة سنين متتالية مستغرقا حوالي حقبة من الزمن (عشر سنوات) أو نحوها". ومثالا على هذه التذبذبات حالات المحل التي عصفت بإقليم السهل السوداني الإفريقي خلال الستينات والسبعينات من القرن الماضي مؤدية الى تصحر الأراضي الرعوية والزراعية، لكنها توقفت في أواخر الثمانينات وتمكنت بعض الأراضي من استعادة إنتاجيتها من جديد (18). ومن الأمثلة عليها أيضا تكرر عواصف الهوريكان العاتية المدمرة في المحيط الأطلسي خلال فترة رجوع تقدر بحقبة من الزمن. فقد بينت البيانات المناخية أن عواصف الهوريكان كانت أكثر تكرارا خلال الفترة بين 1944-1967 من الفترة بين 1968-1991 ثم بدت أكثر تكرارا ونشاطا من أي وقت آخر في الفترة بين 1995-2000 (19). ومن الأمثلة الجيدة على هذه التذبذبات المناخية أيضا جريان نهر كلورا دو في أميركا. فخلال الفترة بين 1900-1920م كان صبيب النهر السنوي غزيرا لكنه انخفض بحدة خلال الفترة بين 1920-1980م (20).

ث- التغير المناخي (:Climate change)

يعرف التغير المناخي بأنه "تبدل راسخ في نظام مناخ الأرض يجري ويدوم وفقا لمقاييس طويلة الأمد من الزمن، يحصل خلال قرون عديدة أو

حتى آلاف من السنين، جرى في الماضي ولكنه من المحتمل أن يحدث في المستقبل". ومثالاً على هذه التغيرات المناخية العصور الجليدية المتعاقبة خلال الفترة بين 75000-10000 قبل الآن، التي غطت خلالها الجليديات القارية السميكة مساحات شاسعة من أوروبا وأميركا الشمالية وغطت الجليديات الجبلية أجزاء شاسعة من أميركا الجنوبية وآسيا وإفريقيا عدة مرات. وكان آخرها ما عرف بالفترة الباردة التي حدثت بين 12800-11500 قبل الآن (4). ثم تلتها فترة دافئة تراجعت خلالها الجليديات في الفترة بين 10000-6000 قبل الآن، ثم سادت فترة أكثر دفأ بين 1000-1250 قبل الآن، تلاها ما يعرف بالعصر الجليدي الصغير (Little Ice Age) خلال الفترة بين 1500- 1850 م (5، 7، 15، 17، 19، 21، 22، 24، 26)، . وخلال هذه الفترات جرت تغيرات مناخية طويلة الأمد نتج عنها مناخات مختلفة كليا عن بعضها البعض دام كل منها عدة قرون أو عدة آلاف من السنين. وقد دلت الدراسات أن مناخ الأرض ظل خلال الألفين السنة أو أكثر الماضية مستقرا لم يتغير (23)، ولكن بعض الباحثين يتوقع حدوث تغير مناخي مفاجئ في غضون عدة عقود القادمة (24).

1-12-1- الفرق بين التغير المناخي والتباين والتذبذب المناخي:

من المثير حقا أن كثير من الناس ما يخلط بين مفهوم التغير المناخي وبين مفهوم التباين والتذبذب المناخي. وعلينا أن ندرك هنا أنه عندما يجري الحديث عن التغير المناخي فالمقصود هو تبدل كلي في نظام المناخ حدث في الماضي البعيد منذ عدة قرون أو عدة آلاف من السنين ويحتاج لمثل هذا الزمن ليحدث من جديد. ولهذا يسمي البعض هذا التغير بالتغير المناخي العميق " Deep climate change" (4). ولا يمكن ملاحظة التغير المناخي خلال حياة جيل من الأجيال البشرية، وإنما يستدل على حدوثه من

خلال ما تكشفه الحفريات الجيولوجية من أحفوريات (مستحثات) محفوظة في طبقات الصخور الرسوبية المتشكلة عبر العصور الجيولوجية، وترسبات الطمي في البحيرات وحلقات نمو الأشجار وما تكشفه الحفريات الآثارية في المواقع التي سكنها إنسان ما قبل التاريخ في العصور الحجرية أو من خلال دراسة الطبقات الجليدية المتراكمة في الأصقاع القطبية. بينما بالمقابل فإن التباين والتذبذب المناخي يحدث مرارا وتكرارا خلال فترات زمنية قصيرة عبر حياة أي جيل من الأجيال البشرية.

1-12-2- أسباب حدوث التباين والتذبذب المناخي:

تجمع الدراسات على أن أسباب التباين والتذبذب المناخي يحدث عن عمليات داخلية تجري بين مكونات نظام المناخ تؤثر فيها وتتأثر بها، وتسبب شذوذات تحدث على مقياس واسع في حركة الجو العامة بين سنة وأخرى أو عدة سنين متتالية (25، 26). تؤدي هذه الشذوذات الى عرقلة عملية النقل الحراري والرطوبة عبر العروض الجغرافية أو تسرعها، ذلك مما يؤدي الى ظهور تباينات وتذبذبات مناخية عالمية. وترجع الكثير من الدراسات حدوث الشذوذات في دورة الرياح العامة الى تغيرات في تركيب الغلاف الجوي وتلوثه وتزايد حمولته من الغبار والجسيمات الناجمة عن النشاطات الطبيعية والإنسانية، أو بسبب التصحر الذي يؤدي الى تغير طبيعة سطح الأرض بسبب النشاطات الزراعية المنهكة والرعي والتحطيب الجائرة وازدياد المساحات العمرانية. بينما يراها البعض الآخر نتيجة لتغيرات دورية تصيب الطاقة الشمسية الإشعاعية المصاحبة لدورات البقع الشمسية (أقاليم غامقة اللون باردة نسبيا تظهر على سطح الشمس)، خاصة الدورات قصيرة الأمد التي تتراوح مدتها بين 11-22 سنة. مع ذلك

يراها علماء المناخ والأرصاد الجوية المعاصرون ليست أكثر من تباينات عادية تجري خلال الحالات المناخية وتقع ضمن التوقعات الإحصائية المناخية العادية.

1-12-3- أسباب حدوث التغير المناخي:

يحدث التغير المناخي بسبب عمليات خارجية عن نظام المناخ تؤثر فيه ولا تتأثر به. وتتمثل هذه العمليات في تغيرات فلكية بطيئة مستمرة في مدار الأرض حول نفسها وحول الشمس. و يعتقد وفقا لنظرية أو آلية ميلانكوفتش " "Milankovitch Mechanism، نسبة للعالم اليوغسلافي الذي اقترحها (5، 7، 15، 17، 19، 24)، وجود ثلاث دورات فلكية منتظمة تجري متزامنة وباستمرار. ووفقا لهذه الآلية فإن زاوية ميلان محور الأرض عن الوضع العمودي ((Obliquityتتغير باستمرار بين 48` 521ْ و24` 24ْ خلال حوالي 40000 أو 41000 سنة، وتساوي في الوقت الحاضر 27` 23ْ، وتتناقص حوالي 0.5" ثانية سنويا. ويختلف شكل مدار الأرض حول الشمس من الشكل الدائري الى الشكل البيضاوي (الإهليلجي) كل حوالي 90000 سنة وبالعكس كل 10000 سنة. بالإضافة الى ذلك يتمايل محور الأرض صانعا دورة كاملة خلال 21000 أو 27000 سنة يتغير أثنائها اتجاهه، ويتغير معه وقت الفصول تدريجيا، كما يتغير موقع الحضيض ") "Perihelionأقرب مسافة بين الأرض والشمس) وموقع الأوج ") "Apheliونأبعد مسافة بين الأرض والشمس) في مدار الأرض حول الشمس. وتدل الحسابات أن وقت الفصول يتأخر عن موعده يوما واحدا كل 70 سنة، وبذلك سينتقل اتجاه محور الأرض من نجم القطب الى نجم فيجا ((Vega، وينتقل وقت الحضيض من 4 يناير

(كانون الثاني) الى 4 يوليو (تموز) في حوالي 10500 أو 13500 سنة.
ولا شك أن لمثل هذه التغيرات الفلكية القدرة على إحداث تغيرات مناخية طويلة الأمد تدوم عدة آلاف من السنين.
وتعتقد بعض الدراسات مؤخرا أن الاحتباس الحراري الحاصل بسبب تزايد كل من غاز ثاني أكسيد الكربون ((CO2والميثان ((CH4وأكسيد النتروز ((N2Oومركبات كلوروفلوروكاربون ((CFCSأو كلوروفلوروميثان ((CFMSبالإضافة الى الجسيمات ((aerosols وذرات الغبار الدقيقة في الغلاف الجوي، ستساهم في ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي بين 1.5 ˚- 5.8 ˚ درجة مئوية، وارتفاع مستوى سطح البحر بين 0.09-0.88 م بحلول عام 2100م، مؤدية الى حدوث تغير مناخي عميق (27).

1-13- علم المناخ والأرصاد الجوية:

لقد أدى تعقيد العمليات الجارية في الغلاف الجوي وكثرة الدراسات والأبحاث التي تناولتها إلى تقسيمها إلى ثلاثة علوم أساسية وهي:

آ- علم الفضاء (:Aerology)

يتناول دراسة ما يعرف بالغلاف الجوي الحر خلال امتداده العمودي وما يجري في طبقاته من عمليات فيزيائية وتفاعلات كيميائية. وحاليا يتعامل معه كجزء من علم الأرصاد الجوية (9، 25).

ب- علم الأرصاد الجوية (:Meteorology)

هو العلم الذي يتناول دراسة حركات الغلاف الجوي وخصائصه الفيزيائية والكيميائية والظواهر الجارية فيه، وتفاعلاته مع سطح الأرض والمحيطات، ودراسة حالاته قصيرة الأمد وتحليلها بغية التنبؤ بحالات الطقس مستخدما القوانين الفيزيائية والرياضية للتوصل إلى أهدافه. كما يتناول قياس عناصر الطقس والمناخ وحفظها في بيانات خاصة.

ت- علم المناخ(: (Climatology

هو العلم الذي يدرس المناخ، ويعنى في جمع البيانات الخاصة بعناصره وتحليلها، وتصنفها مكانيا وتركيبها في حالات وأنماط ونماذج متميزة. ويسعى لمعرفة أسباب حدوث الحالات المناخية وتكررها وتوقع حدوثها، ويعمل على تحليل الفروق المناخية، ومعرفة أسباب حدوثها، ومعرفة النتائج الناجمة عنها المؤثرة في مكونات البيئة الطبيعية الحيوية والفيزيائية وخاصة تلك المؤثرة في النشاطات الإنسانية الاقتصادية والمعيشية بأشكالها المتعددة. ويعمل على استخدام البيانات المناخية وتطبيقها في أيجاد حلول للمشاكل البيئية.

ولعلم المناخ فروع عديدة أهمها: المناخ البياني((Climatography، المناخ الفيزيائي((Physical climatology، المناخ التطبيقي((Applied climatology، المناخ الزراعي(Agricultural climatology)، مناخ الكتل الهوائية((Air mass climatology، مناخ الطيران((Aviation climatology، المناخ الحيوي((Bioclimatology، المناخ الديناميكي(Dynamic climatology)، المناخ الطبي((Medical climatology، المناخ واسع المقياس ((Microclimatology، المناخ متوسط المقياس((Microclimatology، المناخ الأصغري((Microclimatology، المناخ

القديم((Paleoclimatology، المناخ السنوبي (Synoptic climatology)، مناخ الهواء العالي ((Upper air climatology، المناخ الوصفي (.(Descriptive climatology

1-12-1- العلاقة بين المناخ والأرصاد الجوية والجغرافيا:

خلال القرن الماضي، احتدم الجدل، وما زال، بين علماء الأرصاد الجوية وعلماء الجغرافيا الطبيعية حول تبعية علم المناخ لاختصاص كل منهما. فكلا الفريقين يرى أنه جزء لا يتجزأ من مجاله ويدَعي تبعيته الكلية له. ويرى علماء الأرصاد الجوية أنه إذا ما نظر بشكل عام لعلم الأرصاد الجوية على إنه دراسة كاملة للغلاف الجوي فيجب أن يعد علم المناخ فرع أساسي منه (9). والحقيقة أن علاقة المناخ الحميمة بالطقس تجعل علم المناخ جزءا من علم الأرصاد الجوية. لكن بالمقابل فأن موضوعاته تتعلق بشروط مناخية تجري في مواقع على سطح الأرض، تؤثر فيها وتتأثر بها، ذلك مما يجعله أيضا جزءً من علم الجغرافيا. وفي محاولة لحسم هذا الجدل يرى البعض أن علم المناخ علم تطبيقي لا يتبع كليا للأرصاد الجوية ولا الى الجغرافيا، تعتمد طرقه على الأرصاد الجوية ولكن أهدافه ونتائجه جغرافية .

تعريف المناخ والفرق بينه وبين الطقس

- نستيقظ يوميًّا مُلقين نظرةً استطلاعيّةً من النافذة لمعرفة الأجواء في الخارج ولنحدد منها ما يمكن ممارسته من نشاطاتٍ، ويمكن أن تتابع نشرة الطقس اليومية. لنفرّق بين الطقس والمناخ؛ فالطقس إذًا هو الظروف

الجوية السائدة خلال فترةً زمنيةً قصيرةٍ نسبيًّا تمتد من الدقائق وحتى الشهور، فيمكن أن يتغير بين ساعةٍ وأخرى أو من موسمٍ لآخر، أمّا المناخ فهو المجموع الوسطي لهذه الطقوس في منطقةٍ معينةٍ وخلال فترةٍ زمنيةٍ طويلةٍ تتجاوز الثلاثين عامًا، أو يمكن القول إنّ المناخ هو الطريقة التي يتصرف بها الغلاف الجوي خلال فتراتٍ طويلةٍ نسبيًّا، والتي نتمكن خلالها من التنبؤ بالطقس خلال الفترات القادمة، كأن يتوقع الخبراء بصيفٍ حارٍّ وجافٍّ، فالمناخ هو نمط متوسط للطقس في منطقة ما.

ـ التغيرات المناخية هي تغيراتٌ في متوسطات الطقس لفترات طويلة، وهذا ما يفسر روايات جدك عن الأجواء التي عاشها منذ عقود من الزمن، أي أن المناخ تغير خلال سنوات عمرهم الطويلة، سواء بزيادة درجات حرارة الصيف، أو انخفاض كمية الهطولات المطرية السنوية.

عناصر المناخ

ـ بما أن الطقس يتعلق بدرجات الحرارة والإشعاع الشمسي والضغط والرياح فجميعها تكوّن عناصر الطقس، وبالتالي فإن للمناخ عناصر أيضًا هي عبارة عن متوسطات درجات الحرارة والهطولات وسرعة الرياح وغيرها، والتي تستخدم لتقدير التغيرات في المناخ.

الإشعاع الشمسي

ـ تعدّ الأشعة الشمسية المصدر الأساسي للطاقة والمحرك للحياة على سطح الحياة، والعامل الأكثر تاثيرًا على المناخ، فانطلاقًا منها تحدث عملية التركيب الضوئي الضرورية لتصنيع الجزيئات الحيوية ضمن الكائنات

ذاتية التغذية، وتصل إلى الأرض بجميع أطوالها الموجية من الأشعة فوق البنفسجية وحتى المرئية وتحت الحمراء، ولكنها تدخل في تفاعلات ضوئية في طبقة الستراتوسفير في الغلاف الجوي مشكلةً طبقة الأوزون؛ الأمر الذي يحمينا من الأشعة أطوال الأشعّة فوق البنفسجية الضارة، ويسمح بمرور باقي الأشعة بطاقتها إلى الأرض، فتعمل على تسخين المسطحات المائية وتبخيرها، وترفع درجة حرارة الهواء مُشكّلةً الرياح والتيارات المحيطية، وتمتص الأرض قسمًا كبيرًا منها ثم تعيد عكسه على شكل أشعةٍ حمراء، ويتحكم بطاقة الأشعة الشمسية ودورها في المناخ عدد من العوامل، منها:

- خطوط العرض: ويقصد به زاوية ورود الأشعة الشمسية إلى سطح الأرض، وبُعدُ الأرض عن الشمس، فهي تتغير بتغير خط العرض والوقت من اليوم، على سبيل المثال؛ تصل الطاقة الشمسية إلى ذروتها على مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي في ظهيرة يوم 22 حزيران حيث تكون متعامدةً معه، في حين تكون في نفس الوقت في أبعد نقطة عن مدار الجدي في النصف الجنوبي، وتنتشر طاقتها على مساحاتٍ أوسع، والعكس صحيح في يوم 22 ديسمبر، أي أن الارتفاع الشمسي هو العامل الأساسي المحدد لدور خط العرض في المناخ.

- الغيوم والسحب: عندما تصل أشعة الشمس إلى سطح الأرض فإنها تنعكس عن سطحه بنسب مختلفةٍ تصل إلى 40-80% عن الأسطح الجليدية، ولا تتجاوز 4-10% عن الأسطح المائية، في حين تمتص الصحراء الجافة إشعاعًا أكثر من غيرها، فما السبب في ذلك؟ إنها تأثيرات الغلاف الجوي؛ فيمتص الغلاف الجوي بما يحويه من جزيئات بخار الماء والسحب والأوزون نسبة تصل إلى 23% من طاقة الأشعة، وبشكل خاص

للأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، ففي يوم مشمس وخال من السحب يصل إلى سطح الأرض 90% من الطيف المرئي، أي كلما زادت نسبة جزيئات بخار الماء أو الغبار المعترضة لطريق الأشعة الضوئية زادت نسبة تشتت الأشعة.

- وبذلك تزداد انعكاسية الإشعاع الشمسي بزيادة سماكة السحب لتصل إلى 80% للغيوم الكثيفة، وكذلك الأمر بالنسبة للأشعة المنبعثة من سطح الأرض والمتسربة للغلاف الجوي، فكلما زادت السحب والغازات في الغلاف الجوي زادت كمية الحرارة المحبوسة، وأيّ خلل في هذا التوازن (المساوي للصفر في الحالات الاعتيادية) بين كمية الأشعة الواصلة لسطح الأرض والمتسربة منه للفضاء يُسبب خللًا في المناخ العام للمنطقة.

الرطوبة (الهطولات المطرية)

- Precipitation: جزءاً من التبادل المستمر للمياه بين الغلاف الجوي وسطح الأرض، وهو أحد العمليات الثلاثة المكونة للدورة المائية الطبيعية على الأرض مع عمليتي التبخر والتكاثف، حيث يتبخر الماء من المحيطات، واليابسة، والمياه العذبة السطحية، وينتقل هذا البخار عالياً بواسطة التيارات الهوائية، ليتكثف بعد أن يبرد مشكلاً الغيوم، فيعود إلى سطح الأرض على شكل هطول، ويشمل الهطول تساقط الماء بأشكاله الثلاثة من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض، وهي الثلج، والبرد، والمطر، وحتى الضباب. يُعدّ الهطول جزءاً مهماً من المناخ، حيث تؤثر التغيرات في كمية الهطول على حياة الإنسان بعدة طرق، فالكثير من الأنشطة البشرية اليومية، والأعمال، والصناعة، والزراعة، والبيئة، تتطلب الكثير من المياه التي يعد الهطول مصدراً لها، فقلة الهطول يؤدي إلى جفاف التربة، وضعف في جريان الجداول المائية، ونقص إمدادات المياه، ومع

ذلك فقد يكون لكثرة الهطول تأثيراً سلبياً، فقد تؤدي كثرة الأمطار وذوبان الثلوج إلى حدوث فيضانات، مما يعرّض الكائنات الحية والمحاصيل الزراعية للغرق، ويمكن أن تجرف الفيضانات المنازل والمنشآت وتجرد الأراضي

لعلّ تأثيرها يرتبط بنشاط الإشعاع الشمسي، ولكنها بطريقة ما تؤثر مباشرةً على المناخ، فالرطوبة هي بخار الماء الموجود في الهواء، وتحوي جزيئاه على طاقة كامنة تعمل دومًا على إيجاد توازن بين حالاته الفيزيائية الثلاثة؛ الصلبة والسائلة والغازية، فالحالة الغازية تستهلك أكبر كميةٍ من الطاقة، وبالتالي فإن كتلة الهواء الدافئ الجاف أقلّ طاقة من كتلة الهواء الرطب عند نفس درجة الحرارة، وتأتي هذه الطاقة بشكل أساسي من الشمس التي ترفع درجة حرارة الهواء والماء، لذلك ترتفع درجة حرارة المياه المدارية أكثر من المياه القطبية، وينتج عن هذه الاختلافات بالإضافة لدوران الأرض حول نفسها إلى حدوث تيارات هوائية ومائية تنشر الطاقة حول الأرض، وهي بدورها تدفع المناخ.

- وتعدّ العواصف الممطرة أفضل مثال عن تأثير الرطوبة على المناخ والطقس، فهي تنتج عن انتقال الهواء الرطب من فوق الأسطح المائية الدافئة في المحيطات إلى مناطق أبرد نسبيًّا، فيتكاثف بخار الماء ويتحول إلى أمطار.

درجة الحرارة

- ويقصد بها كمية الطاقة الحرارية المتواجدة في الغلاف الجوي، وتُقاس عالميًّا إما بالفهرنهايت أو بالدرجة المئوية، وتعدّ الشمس المصدر الأساسي للطاقة الحرارية فينعكس قسمٌ منها عن السحب والغيوم والغبار، في حين يخترقها القسم الآخر إلى سطح الأرض، لتمتصها كلٌّ من المياه والأرض،

ويبقى قسم آخر يرتد منعكسًا إلى الفضاء مرّةً أخرى، وتختلف درجات الحرارة حول العالم باختلاف خطوط العرض ودوران الأرض حول الشمس والذي يسبب بدوره اختلاف الفصول بشكلٍ سنويّ. درجات الحرارة تؤثر درجة الحرارة) بالإنجليزية (Temperature :على كل تفاصيل حياة الإنسان اليومية وأنشطته المختلفة، من تحديد نوع الملابس إلى اختيار نوع الطعام، وحتى اختيار وسيلة التنقل، وتحظى التغيّرات في درجة الحرارة على مستوى العالم باهتمام العلماء وصانعي القرار لما له من أثر على تغيير أنماط المناخ، وتأثيرها على بقية عناصر المناخ الأخرى. يُمكن أن يؤدي الانخفاض الحاد في متوسط درجات الحرارة إلى تغيير في أنماط الهطول وتقليل كمية الأمطار، والذي بدوره يؤثر على إنتاج المحاصيل الزراعية سلباً، وقد ينتج عن الارتفاع في درجات الحرارة آثاراً أكثر تدميراً، مثل ذوبان الثلوج الذي يتسبب في ارتفاع مستويات سطح البحر بشكل خطير، كما يمكن أن ينتج من ارتفاع درجات الحرارة سلسلة من التغيرات حول العالم، ذلك لأن زيادة درجة حرارة الهواء تؤثر على أنماط الطقس، وعلى المحيطات، وكمية الثلج والجليد، بل وحتى على النباتات والحيوانات. الرطوبة يُشير مصطلح الرطوبة) بالإنجليزية : (Humidityإلى كمية بخار الماء الموجودة في الهواء، وتؤدي الرطوبة دوراً مهماً في تحديد المناخ، إلّا أنّ ليس لها دور رئيسي في ذلك، نظراً لكون الطاقة الشمسية هي المحرك الرئيسي للطقس على الأرض، فقد تختلف المواقع التي تقع على نفس خط العرض في مناخها، رغم تعرضها لكمية متماثلة من الإشعاع الشمسي، حيث يظهر ذلك الاختلاف في متوسط درجة الحرارة. ومن الأمثلة على ذلك: يقع جبل إفرست والصحراء الكبرى على نفس خط العرض لكن الفرق بين مناخيهما كبير جداً، ويعود هذا الاختلاف بنسبة كبيرة إلى فرق الارتفاع لكن حتى المناطق ذات الارتفاع

المتقارب والموقع المتشابه على خط العرض قد يختلف مناخها، ويعود هذا الاختلاف في المناخ إلى الرطوبة. تُخففّ الرطوبة من التقلّبات في درجات الحرارة، لأن الماء يحمل حرارة كامنة، فعندما يبرد الهواء ليلاً في المناطق الرطبة، يتكثف بخار الماء الموجود في الهواء ويطلق حرارته الكامنة في الجو، فيؤدي ذلك إلى تسخين الهواء حتى مع غياب الشمس، ويحدث عكس ذلك خلال النهار، فعندما تشرق الشمس تُسخّن أشعتها الهواء، فيتحول الماء إلى بخار، ومع هذا التبخر يمتص الماء طاقة إضافية كانت ستستخدم في تسخين الأرض والهواء، وبالتالي لا ترتفع درجة الحرارة بسرعة. ومن الأمثلة على ذلك: المناطق الرطبة مثل مدينة شيكاغو الأمريكية الواقعة على ضفاف بحيرة ميشيغان، والتي لا تشهد تفاوتاً كبيراً في درجات الحرارة بين اليوم والليلة، على عكس المدن الجافة مثل مدينة فينيكس الأمريكية في وسط الصحراء الجافة

الضغط الجوي

الضغط الجوي يُعرّف الضغط الجوي) بالإنجليزية Atmospheric : pressure)بأنه وزن الهواء أو القوة التي يؤثر بها الهواء على سطح الأرض بفعل الجاذبية الأرضية، ويعتبر مؤشراً على الطقس، فهو يحدد أنماط الطقس المحتمل حدوثها، فعندما تتأثر منطقة ما بضغط جوي منخفض تتعرض لرياح وهطول للأمطار، أما المنطقة المتأثرة بضغط جوي مرتفع فتشهد طقساً دافئاً وهادئاً. دور الضغط في تشكيل المناخ فيما يأتي دور الضغط الجوي في تشكيل المناخ عند الضغط المنخفض، والضغط المرتفع: أنظمة الضغط المنخفض يُعرّف نظام الضغط الجوي المنخفض أو منطقة الضغط الجوي المنخفض على أنّها المنطقة التي يكون فيها الضغط الجوي فيها أقل من المنطقة المحيطة بها، وعادة ما ترتبط

الانخفاضات الجوية بالرياح العاتية، والسحب والأمطار، واضطرابات أخرى في الطقس، مثل العواصف الاستوائية والأعاصير. من مميزات المناطق الأكثر عرضة للمنخفضات الجوية عدم تباين درجات الحرارة اليومية فيها بشكل كبير، كما أنّها لا تتعرض للاختلافات الموسمية الكبيرة في درجات الحرارة، فالغيوم تعكس الإشعاع الشمسي الوارد إلى الغلاف الجوي، وفي الليل تعمل هذه الغيوم كعازل يحبس الحرارة في الأسفل. أنظمة الضغط المرتفع يكون الضغط الجوي في منطقة الضغط المرتفع أعلى من ضغط المنطقة المحيطة، وتتحرك أنظمة الضغط المرتفع في اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، وعكس عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي، وذلك بسبب تأثير كوريوليس(Coriolis Effect) ، وتحدث مناطق الضغط المرتفع عادة بسبب هبوط الهواء، أيّ أنّ الهواء عندما يبرد في الأعلى يصبح أكثر كثافة فيهبط نحو الأرض، فيزداد الضغط بسبب زيادة كمية الهواء يؤدي هبوط الهواء إلى تبخّر معظم الماء في الغلاف الجوي، لذلك ترتبط أنظمة الضغط العالي عادةً بالسماء الصافية والطقس الهادئ، وبسبب عدم وجود السحب في المناطق المعرضة للضغط المرتفع، فهي تتميّز بتباين كبير في درجات الحرارة اليومية والموسمية، نظراً لعدم وجود الغيوم تمنع الإشعاع الشمسي الوارد، أو تحجز الإشعاع الحراري الصادرة من الأرض في الليل.- بالتعريف، هو وزن الهواء على سطح الأرض، ويُقاس بواحدة البار أو الميلي بار، ويُؤخذ مستوى سطح البحر كمعيارٍ وهو 1 بار أو 1013,5 ميلي بار. فوق المسطحات الدافئة ترافع درجة حرارة الهواء، فتنخفض كثافته ويرتفع عاليًا وينخفض بالنتيجة الضغط الجوي، مما يتسبب بظهور السحب وهطول الأمطار، في حين تسود الأجواء الصافية والهادئة فوق أماكن الضغط العالي، وبذلك فللحرارة تأثيرٌ مباشرٌ على الضغط الجوي.

- ولتوضيح تأثير الضغط الجوي على المناخ، لنفكر في الهواء على أنه أعمدة متجاورة، ففي حال تواجد عمود هواء بارد مجاور لآخر بارد مع تساوي ضغط كل منهما، فهذا يعني أن العمود البارد سيكون أقصر من الدافئ، وهو التفسير لانخفاض طبقة التروبوبوز فوق المناطق الباردة كالقطبين وارتفاعها فوق الاستوائية، ثم ينتقل الهواء الدافئ إلى العمود البارد في محاولة لتعديل الحرارة والحجم، فيزداد ضغطه وينخفض ضغط الدافئ حتى يتساويان، هذا ما يُفسِّر انتقال الطقس.

الرياح . تؤدي الرياح دوراً مهماً في تحديد المناخ والطقس والتحكم فيهما، وتُعرف الرياح) بالإنجليزية (Wind :في علم المناخ بأنها حركة الهواء فوق سطح الأرض، وتحدث الرياح نتيجةً لاختلاف درجة حرارة الهواء بسبب تسخين الشمس غير المتساوي لسطح الأرض ويتحرك الهواء فوق قطاعات كبيرة من سطح الأرض على شكل تيارات هوائية تُسمّى التيارات الهوائية التي تهب في اتجاه واحد وتسود في اتجاه حركتها بالرياح السائدة بالإنجليزية(Prevailing winds :، وتؤثر الرياح السائدة في المناخ، فالرياح الدافئة على سبيل المثال، التي تنتقل فوق الماء تجمع الرطوبة أثناء حركتها، ثم يتكثف بخار الماء الموجود في الهواء عند انتقاله إلى مناخات أكثر برودة، لذلك غالباً ما تشهد المناطق الساحلية المعتدلة هطولاً غزيراً للأمطار

الفصل الأول

عناصـــر الجـــو

- مقدمة.
- الغلاف الجوي.
- الاشعاع الشمسي.
- درجة الحرارة.
- الضغط الجوي.
- الرياح.
- الرطوبة النسبية.
- التكاثف.
- التساقط.
- الكتل الهوائية.
- الاعاصير.
- ضد الاعصار.

مقدمة..

يغلف كوكب الأرض غلافاً غازياً عديم اللون – يرتبط بالأرض بفعل الجاذبية الأرضية- يعرف بالغلاف الجوى The Atmosphere، وهو نتاج عمليات فيزيائية وكيميائية طويلة بدأت منذ نشأة الكرة الأرضية.

وينقسم الغلاف الجوى إلى مستويين رئيسيين تبعاً لطبيعة المكونات الغازية لكل منهما، المستوى الأول: يتحدد من مستوى سطح البحر وحتى إرتفاع حوالى ٨٠ كيلو متراً وتتصف مكوناته الغازية بأنها مختلطة أو متجانسة ويسمى الهوموسفير Homosphere، أما المستوى الثانى: يوجد أعلى المستوى الأول ويمتد حتى نهاية الغلاف الجوى (عشرة آلاف كيلو متر فوق مستوى سطح البحر تقريبا) وتتصف مكوناته الغازية بأنها غير مختلطة أو غير متجانسة ويسمى Heterosphere.

ويتكون هواء طبقة الهوموسفير من مجموعة من الغازات المختلطة تتوزع بنسب مختلفة يوضحها الجدول التالى رقم (١).

جدول رقم (١)

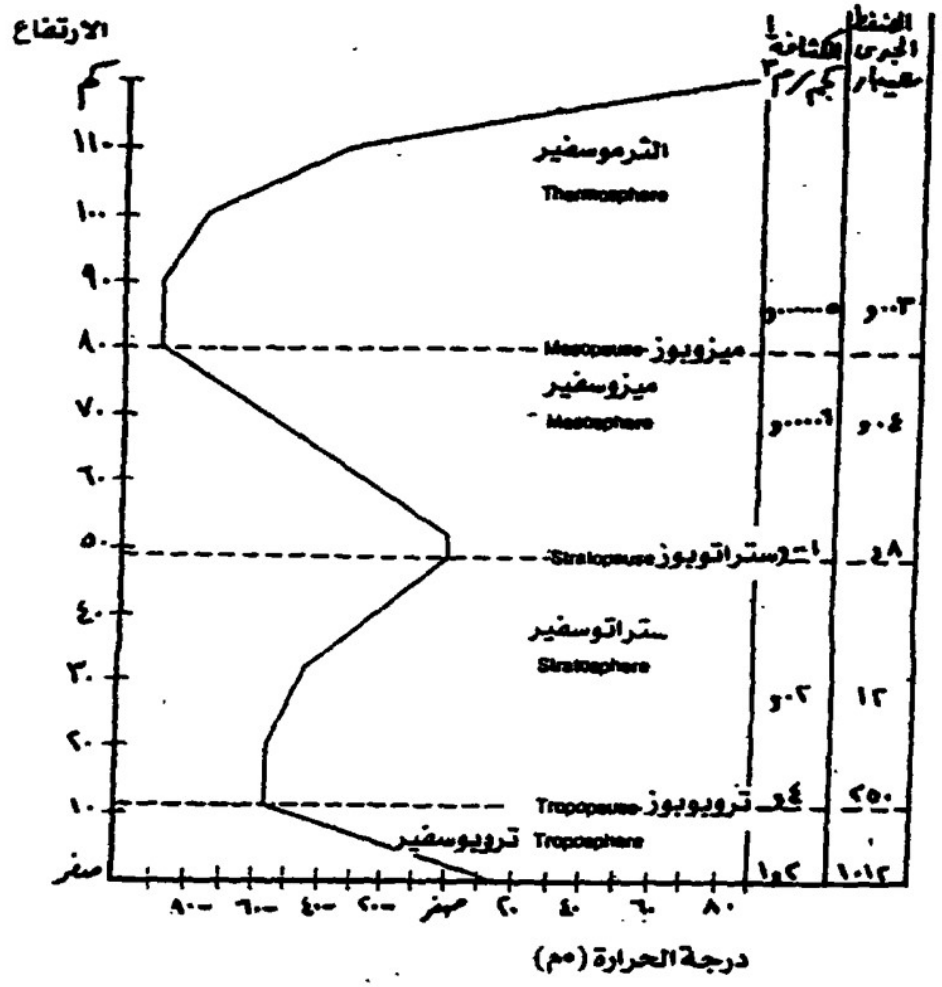
توزيع نسب الغازات المكونة للغلاف الجوي في طبقة الهوموسفير

الغاز	الجزئ	نسبته من إجمالي حجم الهواء (٪)	درجة التركيز جزء في المليون
نيتروجين	N2	٧٨,٠٨٤	٧٨٠٨٤٠,٠
أكسجين	O2	٢٠,٩٤٦	٢٠٩٤٦٠,٠
أرجون	Ar	,٩٣١٣	٩٣١٣,٠
ثانى أكسيد الكربون	Co2	,٠٣٧	٣٧٠,٠
نيون	Ne	,٠٠١٨٢	١٨,٢
هيليوم	He	,٠٠٠٥٢٤	٥,٢٤
ميثان	CH4	,٠٠٠١٧	١,٧ (عام ١٩٩٣)
كريبتون	Kr	,٠٠٠١١٤	١,١٤
هيدروجين	H2	,٠٠٠٠٥	,٥
أكسيد النيتروز	No	,٠٠٠٠٣٠٥	,٣٠٥ (عام ١٩٩٥)
أوزون	O3	,٠٠٠٠٠٥	,٠٥ (عام ١٩٩٥)
اجزينون	Xe	,٠٠٠٠٠٩	,٠٩

ويتضح من تتبع أرقام الجدول رقم (١) أن النسبة الأكبر من حجم الهواء فى طبقة الهوموسفير تتشكل من غازى النيتروجين والأكجسين (٩٩,٠٣ ٪ من حجم الهواء) فى حين تتوزع النسبة الباقية (٠,٩٧ ٪) على باقى الغازات المكونة للغلاف الجوى.

ويتكون هواء طبقة الهتروسفير من أربع طبقات متتالية تترتب حسب كثافتها ويفصلها عن بعضها مناطق انتقالية، ويشكل غاز النيتروجين الطبقة الأولى الدنيا ثم يعلوها الأكسجين، الهليوم، ثم الهيدروجين.

وينقسم الغلاف الجوى إلى أربعة مستويات تبعاً للتغير الرأسى فى درجة حرارة الهواء فى كل منها، يوضحها الشكل التالى رقم (١).



شكل رقم (١) التغير الحراري في طبقات الغلاف الجوي

ويتضح من الشكل رقم (١) الذى يعبر محوره الرأسى عن قيم الارتفاع عن مستوى سطح البحر بالكيلومتر، ومحوره الأفقى عن قيم درجة حرارة الهواء بالدرجات المئوية ما يلى:

١- تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع بعيداً عن سطح البحر وحتى ارتفاع ١٣كم في المتوسط خلال الطبقة الأولى التى تعرف بالتروبوسفير Troposhere ويرجع السبب فى انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع إلى البعد عن سطح الأرض مصدر الأشعة الحرارية، وإلى انخفاض كمية المواد العالقة وكمية بخار الماء بالارتفاع بعيداً عن سطح الأرض وهما عاملان يساعدان فى رفع درجة حرارة الهواء، والى انخفاض كثافة الهواء بالارتفاع مما يساعد على انخفاض طاقته الحركية وانخفاض حرارته.

٢- تثبت درجة الحرارة من نهاية التروبوسفير وبداية الطبقة الثانية التى تعرف بالاستراتوسفير Stratosphere حتى ارتفاع ٢٠كم فى المتوسط ثم تزداد تدريجيا حتى نهاية الاستراتوسفير (٥٠ كيلو متراً فوق سطح البحر)، ويرجع السبب فى ارتفاع درجة الحرارة بالارتفاع داخل طبقة الاستراتوسفير الى احتوائها على طبقة غاز الأوزون الذى يقوم بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية خلال العمليات الضوئية الكيميائية المكونة لجزيئاته ثم يطلقها على شكل طاقة حرارية فترتفع الحرارة.

٣- تثبت درجة الحرارة بالارتفاع من نهاية الاستراتوسفير وبداية الطبقة الثالثة التى تعرف بالميزوسفير Mesosphere حتى ارتفاع ٥٢ كم فى المتوسط ثم تنخفض تدريجيا حتى نهايتها (٨٠ كيلو متر فوق سطح البحر).

٤- ترتفع درجة الحرارة تدريجيا من نهاية الميزوسفير وبداية الطبقة الرابعة التى تعرف بالثرموسفير Thermospher حتى نهاية الغلاف الجوى (عشرة آلاف كيلو مترفوق سطح البحر تقريباً، ويرجع السبب فى ارتفاع درجة الحرارة بالارتفاع هنا الى عملية تأين جزئيات كل من غاز النيتروجين والاكسجين بواسطة الاشعاع الشمسى الذى يجرد ذرات النيتروجين والاكسجين من الإلكترونات تاركاً كل منهم كأيونات لها شحنات موجبة.

وتحتوى طبقة التروبوسفير على نحو ٨٠٪ من حجم الغلاف الجوى، كما أنها الطبقة الوحيدة التى تحتوى على بخار الماء والمواد العالقة، ويعد مستواها الأدنى (يمتد من مستوى سطح البحر وحتى ارتفاع ثلاثة كيلو مترات) اكثر طبقات الغلاف الجوى اضطراباً حيث تحدث فيه معظم الظاهرات الجوية التى تتحكم فى توزيع خصائص المناخ على سطح الأرض.

الاشعاع الشمسي The Sun Shine

تعد الطاقة الشمسية الاساس الذى تقوم عليه جميع أشكال الحياة على كوكب الأرض، ويقود كل دورات كل من الغلاف الجوى، والغلاف المائى واليابس، فجميع العمليات المناخية المؤثرة فى سطح الأرض هى محصلة الانتقالات فى الطاقة الشمسية من الشمس نحو الأرض على مدار السنة، والمرتدة من الأرض نحو الغلاف الجوى.

وينقسم الاشعاع الشمسى إلى ثلاثة أنواع رئيسية حسب المدى الطيفى لكل نوع، **الأول:** هو مجموعة الاشعة فوق البنفسيجة Ultraviolet Radiation (UV)، وأشعة اكس X Rays، وأشعة جاما Gamma Rays. وتمثل كميتها نحو ٩٪ من اجمالى الاشعاع الشمسى. **والثاني:** الاشعة المرئية visible light وتمثل كميتها نحو ٤٥٪ من اجمالى الاشعاع الشمسى، **والثالث:** الاشعة الحرارية (تحت الحمراء) Infrared Radiation وتشكل نحو ٤٦٪ من اجمالى الاشعاع الشمسى.

ويتعرض الاشعاع الشمسى أثناء رحلته إلى سطح الأرض للانعكاس Reflection، أو التشتت والتبعثر Scattering، أو الامتصاص Obsorption بواسطة الغازات والسحب والمواد العالقة وفى النهاية يصل الجزء المتبقى منه الى سطح الأرض. وفى حالة انعكاس الأشعة تسمى النسبة بين مقدار الاشعة المنعكسة من سطح ما ولجمالى الأشعة الواصلة اليه بتعبير الألبيدو Albedo ويعبر عنها الصيغة التالية:

$$\text{نسبة الألبيدو} = \frac{\text{مقدار الاشعة المنعكسة من سطح ما}}{\text{مقدار الاشعة الواصلة الى السطح نفسه}} \times ١٠٠$$

ويعد السطح عالى الألبيدو عندما يعكس كمية كبيرة من الاشعة الشمسية الواصلة اليه وهذا يحدث فى الأسطح فاتحة اللون والعكس صحيح.

وأوضحت قياسات الاقمار الاصطناعية المناخية أن نحو ٤٩ ٪ من الاشعاع الشمسى المتجه نحو الأرض يفنى داخل الغلاف الجوى وأن ما يصل إلى سطح الأرض ويؤثر فيه هو ٥١ ٪ من الاشعاع الشمسى المتجه اليه. ثم تتحول تلك النسبه إلى اشعاع حرارى ينبعث من سطح الأرض نحو الغلاف الجوى ويسمى بالاشعاع الأرضى Terresterial Radiation .

وتقدر كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى كل سم^{٢} من سطح الأرض بنحو ١,٩٥ كالورى جرام فى الدقيقة الواحدة، وتعادل هذه الكمية نحو ١٣٩٢ وات لكل متر مربع، ويسمى ذلك ثابت الاشعاع ويتم حساب اجمالى كمية الطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الأرض بالصيغة التالية:

اجمالى كمية الطاقة الشمسية الواصلة لسطح الأرض = ١٣٩٢ وات × ط نق^{٢}

= ١٠ ^{١٢} × ١٧٧٥٠٢ وات.

وتستهلك تلك الكمية من الطاقة الشمسية فى العمليات الطبيعية على سطح الأرض مثل التحول الحرارى، صور تكاثف بخار الماء، التساقط، الرياح، التيارات المائية، التمثيل الكلوروفيلى، تحلل المواد العضوية، حركة المد والجزر، تدفق المياه الجوفية الحارة، تكون الوقود الاحفورى، الطاقة الذرية، طاقة الجاذبية على سبيل المثال لا الحصر.

وتتباين شدة الاشعاع الشمسى وطول فترة سطوعه على سطح الأرض تبعا لاختلاف زاوية سقوط الاشعة الشمسية على سطح الأرض، والى اختلاف طول النهار على مدار العام بسبب اختلاف وضع الأرض بالنسبة للشمس خلال دورة الأرض السنوية حول الشمس.

درجة الحرارة The Temperature

تتكون المادة من ذرات أو جزئيات تكون فى حركة دائمة تعرف بالطاقة الحركية Kinetic Energy للذرة أو الجزىء المكون للمادة، وتعرف الحرارة Heat بأنها كمية الطاقة الحركية فى الذرة الواحدة أو الجزىء الواحد للمادة، ولا تتحرك الذرات أو الجزئيات بنفس السرعة فى كل وقت فتتباين الطاقة الحركية لها وبالتالى حرارتها، وتعرف درجة الحرارة Temperature بأنها مقياس يحدد متوسط كمية الطاقة الحركية للذرة الواحدة أو الجزىء الواحد.

ويتم التعبير عن درجة الحرارة بثلاثة مقاييس أساسية، فالشائع هو المقياس المئوى Celsius Scale أو الدرجة المئوية (° م) وهو مقياس رقمى مقسم إلى ١٠٠ درجة تبدأ من درجة تجمد الماء وهى الصفر المئوى وينتهى عند درجة غليانِ الماء وهى ١٠٠°م.

وتستخدم مجموعة قليلة جداً من دول العالم من بينها الولايات المتحدة الأمريكية المقياس الفرنهيتى Fahrenheit Scale (° ف) وهو مقسم إلى ١٨٠ درجة تبدأ من درجة تجمد المياه وهى ٣٢ °ف، وتنتهى عند درجة غليان الماء وهى ٢١٢° ف.

أما المقياس الأخير فهو مقياس هام ومفيد يسمى مقياس كلفن Kelvin (° ك) وهو يبدأ من درجة الصفر المطلق Absolute Zero وهى الدرجة التى تتوقف عندها حركة جزئيات المادة (لاينتج عندها حرارة) وهى تعادل -٢٧٣,١٥°م (-٤٥٩,٦٧°ف) وأى جسم له درجة حرارة أكبر من الصفر المطلق يعنى أنه يقوم بنقل الطاقة الحركية إلى البيئة المحيطة به على شكل موجات حرارية تتحرك بسرعة الضوء وتبعاً لهذا المقياس فان درجة تجمد المياه تكون ٢٧٣,١٥ درجة مطلقة ودرجة غليان الماء تكون ٣٧٣,١٥° مطلقة.

وفى حالة الرغبة فى تحويل المقياس المئوى إلى المقياس الفرنهيتى يتم التحويل عن طريق النسبة بين عدد وحدات كل منهما، فتكون النسبة بينهما

١٠٠ : ١٨٠ على الترتيب، أو ٥ : ٩ على الترتيب. ولأن المقياس الفرنهيتى يتزحزح بمقدار ٣٢ وحدة بالنسبة للمقياس المئوى فيؤخذ ذلك فى الاعتبار عند التحويل على النحو التالى:

الدرجة الفرنهيتية (°ف) = (٩ ÷ ٥ × الدرجة المئوية) + ٣٢

الدرجة المئويـــة (°م) = ٥ ÷ ٩ (الدرجة الفرنهيتية – ٣٢)

وفى حالة الرغبة فى تحويل المقياس المئوى إلى المقياس المطلق (كلفن) يضاف ٢٧٣,١٥ الى الدرجة المئوية.

وتتباين درجة حرارة الهواء زمانياً على مدار اليوم الواحد، وعلى مدار شهور السنة كنتيجة طبيعية لتباين الاشعاع الشمسى المرتبط بحركة دوارن الأرض حول محورها يومياً، وحركة دوران الأرض حول الشمس سنوياً، وينتج عن ذلك دورة يومية لدرجة الحرارة موزعة على ساعات اليوم الواحد، وأخرى سنوية موزعة على شهور السنة.

وتتباين درجة الحرارة من منطقة الى اخرى أو من مكان الى آخر على سطح الأرض، تبعاً لتباين طبيعة سطح الأرض من يابس أو ماء، اختلاف مناسيب سطح الأرض، تنوع الغطاء النباتى، بالاضافة الى تباين التضاريس، وامتداد الغطاءات الجليدية، ونشاط الثورانات البركانية، وحركة التيارات البحرية، وتسرب حرارة باطن الأرض من خلال الشقوق والفوالق والينابيع والحفر وغيرها من العوامل المكانية التى لايمكن حصرها.

الضغط الجوي The Pressure

يعرف الضغط الجوى بأنه وزن عمود الهواء (الذى يمتد من الحد العلوى للغلاف الجوى وحتى سطح الأرض) فوق كل سنتيمتر مربع على سطح الأرض، ويعد الضغط الجوى عاملاً بيئياً هاماً يؤثر فى حياة الكائنات الحية فهو ينظم عملية دفع الهواء داخل اجسامها (التنفس)، وفى توزيع حركة الهواء الرأسية والأفقية على سطح الأرض (الرياح)، وهذا بدوره يشارك فى توزيع

درجة الحرارة على سطح الأرض، وتوزيع كمية بخار الماء، وحركة السحب، وبالتالى التساقط، ويدل ذلك على أهمية الضغط الجوى وأثره على النظام البيئى على سطح الأرض.

وينخفض سمك الغلاف الجوى بالارتفاع عن مستوى سطح البحر، وكذلك تتناقص الغازات الثقيلة التى تدخل فى تركيب الهواء ويصبح أقل وزناً (ضغطاً)، ولهذا السبب يكون الضغط الجوى أكبر ما يمكن عند سطح البحر وينخفض تدريجياً بالارتفاع رأسياً بعيداً عن سطح الأرض.

ويؤثر انخفاض الضغط الجوى بالارتفاع رأسياً بعيداً عن مستوى سطح البحر سلباً على صحة الانسان ومعيشته فيؤدى انخفاض الضغط الجوى الى انخفاض كمية الاكسجين الداخلة الى الدم عبر الرئتين، ويصاب الإنسان بما يعرف بدوار الجبل على ارتفاع يتراوح بين ٣٠٠٠ متراً، ٤٥٠٠ متراً فوق مستوى سطح البحر وهو يسبب الضعف والصداع ونزيف الأنف.

كما يؤثر انخفاض الضغط الجوى بالارتفاع فى المركبات الجوية وبخاصة الطائرات فيجب أن يتعادل الضغط الجوى داخل الكابينة مع مثيله عند مستوى سطح البحر طوال فترة رحلة الطيران ويتطلب ذلك تعديل قيمة الضغط الجوى أثناء صعود الطائرة أو هبوطها باستمرار.

ويتباين توزيع الضغط الجوى من مكان إلى آخر على سطح الأرض تبعا للتباين الأفقى فى درجة الحرارة والتوزيع الجغرافى وكمية بخار الماء فى الجو، وحركة تقابل الهواء أفقياً وصعوده إلى أعلى أو تشعبه أفقيا وهبوطه الى أسفل. فالهواء الدافىء يشكل ضغطاً أقل من مثيله الذى يسببه الهواء البارد. كما أن زيادة بخار الماء فى الهواء تؤدى إلى انخفاض وزن الهواء وانخفاض ضغطه، ويرتفع الضغط الجوى عند اندفاع الهواء هابطاً من طبقات الجو العليا نحو سطح الأرض، وينخفض الضغط الجوى عند صعود الهواء إلى أعلى بعيدا عن سطح الأرض.

ويتباين توزيع الضغط الجوى على سطح الكرة الأرضية تبعاً لتباين العوامل المؤثرة فيه، فتتحدد سبعة نطاقات للضغط الجوى على سطح الأرض، أربعة منها للضغط الجوى المرتفع، وثلاثة نطاقات للضغط المنخفض موزعة كالتالى:

١- نطاق الضغط المنخفض عند الدائرة الاستوائية.

٢- نطاق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠° شمالاً.

٣- نطاق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠° جنوباً.

٤- نطاق الضغط المنخفض حول دائرة عرض ٦٠° شمالاً.

٥- نطاق الضغط المنخفض حول دائرة عرض ٦٠° جنوباً.

٦- نطاق الضغط المرتفع فوق القطب الشمالى.

٧- نطاق الضغط المرتفع فوق القطب الجنوبى.

ويتم التعبير عن قيمة الضغط الجوى بالملليبار وهو يعادل ١٠٠٠ من البار، ويعادل ١٠٠٠ داين/سم٢ (١).

الريـــاح The Wind

تتباين كثافة الهواء فى الغلاف الجوى بسبب تباين حرارته ومن ثم يتحرك الهواء أفقياً ورأسياً، فالرياح هى الهواء المتحرك الذى ينشأ بفعل التباين الأفقى والرأسى فى كثافة الهواء والضغط الجوى.

ويتحرك الهواء رأسياً فيكون صاعداً عند مناطق الضغط المنخفض، وهابطاً عند مناطق الضغط المرتفع، ويتحرك الهواء أيضاً أفقياً فوق سطح الأرض من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض، ومن الصعب الفصل بين حركة الهواء الأفقية وحركته الرأسية فهما يشتركان معاً فى آلية واحدة تعرف بالدورة الهوائية العامة على سطح الأرض.

---

(١) الداين هو مقدار القوة اللازمة لتحريك جرام واحد من المادة ملليمتر واحد فى الثانية.

وتتباين سرعة الرياح على سطح الأرض تبعا لتباين الفارق فى الضغط الجوى بين النطاق الذى تتحرك منه الرياح نحو النطاق الآتية إليه الرياح، وهو ما يعرف بمعدل انحدار الضغط الجوى الذى يتم حسابه بالصيغة التالية:

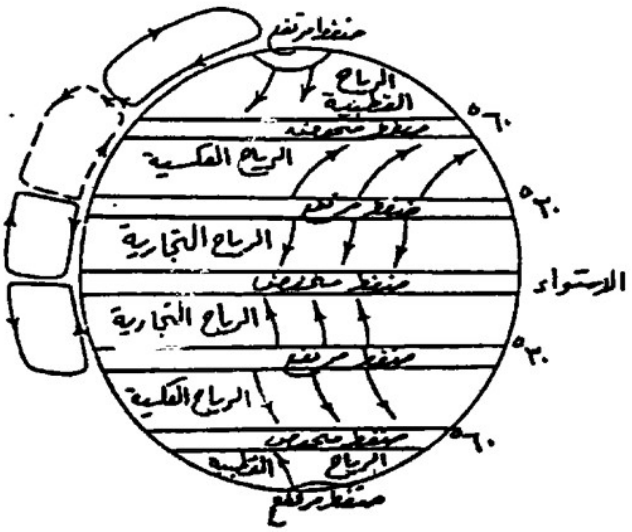
$$\text{معدل انحدار الضغط الجوى (ملليبار / كم)} = \frac{\text{الفارق فى الضغط الجوى بين نقطتين (ملليبار)}}{\text{المسافة بين النقطتين (كم)}}$$

وينشأ عن دوران الكرة الأرضية حول محورها من الغرب الى الشرق وانتقال الرياح من نطاقات الضغط المرتفع نحو نطاقات الضغط المنخفض أن تنحرف الرياح نحو الشرق فى حالة انتقالها من دائرة عرض ذات محيط أكبر الى دائرة عرض ذات محيط أصغر، وتنحرف الرياح نحو الغرب فى حالة العكس. كما تؤثر قوى الاحتكاك بين الرياح ومظاهر سطح الأرض مثل التضاريس، المسطحات المائية، الاشكال النباتية، المبانى وغيرها على سرعة واتجاه الرياح فتنخفض سرعتها ويتغير اتجاهها فى حالة اعتراض أى من تلك المظاهر للرياح، كما تؤثر قوة الجذب المركزية التى تبلغ أقصاها عند الدائرة الاستوائية وتنخفض تدريجيا بالاتجاه نحو القطبين تؤثر فى حركة الرياح وبخاصة عند تحركها بشكل دائرى فى حالة حدوث الأعاصير أو إضداد الأعاصير.

وتبعاً لتباين توزيع العوامل المؤثرة فى سرعة واتجاه الرياح تتباين أنظمة الرياح على سطح الأرض، فتتحرك الرياح من نطاق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠° شمالاً نحو نطاق الضغط المنخفض عند الاستواء فى اتجاه شمالى شرقى، وتتحرك الرياح من نطاق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠ ° جنوبا نحو نطاق الضغط المنخفض عند الاستواء فى اتجاه جنوبى شرقى، والرياح فى كلا النطاقين تسمى الرياح التجارية The Trade Winds وتتحرك الرياح من نطاق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠° شمالاً نحو نطاق الضغط المنخفض حول دائرة عرض ٦٠°شمالاً فى اتجاه جنوبى غربى، ومن نطاق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠° جنوباً نحو نطاق الضغط

المنخفض حول دائرة عرض ٦٠° جنوباً فى اتجاه شمالى غربى، والرياح فى كلا النطاقين تسمى الرياح العكسية The Westerlies .

وتتحرك الرياح من نطاق الضغط المرتفع فوق القطب الشمالى نحو نطاق الضغط المنخفض حول دائرة عرض ٦٠° شمالاً فى اتجاه شمالى شرقى، ومن نطاق الضغط المرتفع فوق القطب الجنوبى نحو نطاق الضغط المنخفض حول دائرة عرض ٦٠° جنوباً فى اتجاه جنوبى شرقى، والرياح فى كلا النطاقين تسمى الرياح القطبية The Polar Winds . ويطلق على الرياح التجارية والعكسية والقطبية إسم الرياح الدائمة أو المنتظمة وذلك بسبب انتظام هبوبها على مدار العام بين نطاقات الضغط الجوى الموزعة على سطح الكرة الأرضية شكل رقم (٢) .



شكل رقم (٢) توزيع نطاقات الضغط الجوي وحركة الهواء علي سطح الكرة الأرضية

وينشأ نظام رياح موسمى نتيجة التباين الفصلى فى الضغط الجوى بين اليابس والمسطحات المائية المجاورة فى المناطق المدارية وبخاصة فوق المساحات الواسعة من اليابس التى تحاط بمسطحات مائية واسعة كما هو الحال فى قارتى آسيا وأفريقيا فتتحرك الرياح من نطاق الضغط المرتفع الذى يكون متمركزاً فوق المحيطات صيفا وفوق اليابس المجاور شتاءً نحو نطاق الضغط المنخفض الذى يكون متمركزاً فوق اليابس صيفاً وفوق المحيطات شتاءً فيتبدل اتجاه الرياح بين فصول السنة وتتباين خصائصها تبعاً للجهة الآتية منها وهو ما يعرف بالرياح الموسمية Monsoon Winds.

وتنشأ أنظمة هوائية محلية يقتصر تأثيرها فى مواقع محددة من سطح الأرض تنشأ نتيجة التباين فى درجة حرارة اليابس والماء خلال النهار أو الليل ويكون من محصلة ذلك تباين انحدار الضغط الجوى بين اليابس والماء خلال النهار أو الليل، فيتحرك الهواء أفقيا من البحر إلى اليابس أثناء فترة النهار ويعرف ذلك بنسيم البحر Sea Breeze، ومن اليابس إلى البحر أثناء الليل ويعرف ذلك بنسيم البر Land Breeze.

فى حين تنشأ دورة هوائية محلية أخرى يقتصر تأثيرها على طول المنحدرات الجبلية للأودية الجافة تحدث نتيجة التباين فى درجة حرارة المنحدر وبطن الوادى خلال النهار أو الليل، فيتحرك الهواء صاعداً المنحدرات نحو القمة أثناء فترة النهار ويسمى بنسيم الوادي Valley Breeze، ويتحرك هابطاً فوق المنحدرات الجبلية نحو بطون الأودية أثناء الليل ويسمى بنسيم الجبل Mountain Breeze.

الرطوبة النسبية Humidity

يتحول الماء من حالته السائلة بالمسطحات المائية المالحة أو العذبة الى الحالة الغازية (بخار الماء) داخل الغلاف الجوى بواسطة عملية التبخر Evaporation التى تحدث فى أى درجة حرارة ولكنها تنشط كلما ارتفعت درجة

الحرارة وزادت سرعة الرياح، وأيضا يتحول الماء الموجود فى اجسام النبات الى بخار ماء يدخل للغلاف الجوى بواسطة عملية النتحTranspiration ، وكلتا العمليتين التبخر / النتح Evapotranspiration تتحددان معاً وتتحكمان فى نسبة بخار الماء الموجود فى الجو التى تعرف بالرطوبة النسبية.

وتتباين معدلات التبخر على سطح الأرض تبعاً لتباين مساحة المسطحات المائية ودرجة حرارة سطح الأرض وسرعة الرياح ورطوبتها، وتباين مساحة الغطاء النباتى. وتظهر أعلى معدلات التبخر فى العروض الدنيا وتكون المعدلات على اليابس أقل من مثيلتها على المحيطات، ثم تنخفض معدلات التبخر تدريجيا بالاتجاه نحو القطبين وهو الاتجاه نفسه الذى ينخفض معه صافى الاشعاع الشمسى، وتزيد معه نسبة الألبيدو، وتتناقص معه درجة حرارة الهواء وكمية الاشعاع الحرارى الأرضى والذاتى للغلاف الجوى.

ويتباين توزيع الرطوبة النسبية على سطح الأرض تبعاً لتباين معدلات التبخر وتوزيع كمية بخار الماء الموجود بالهواء، فهى تكون أقل ما يمكن عند القطبين وفوق النطاقات الصحراوية الجافة، وتكون الرطوبة النسبية اعلى مايمكن فوق نطاقات العروض الدنيا وبخاصة فوق المسطحات المائية والنطاقات الساحلية منها.

ويمكن أن ترتفع الرطوبة النسبية حتى يصبح الهواء مشبعاً ببخار الماء وعندها تبلغ الرطوبة النسبية ١٠٠٪ وهو الحد الأعلى لكمية بخار الماء التى يمكن أن يتحمل بها الهواء عند درجة الحرارة المسجلة فى هذه الحالة، وتسمى هذه الحالة بالتشبع الهوائي Saturation of The Air، وتسمى درجة الحرارة المسجلة فى هذه الحالة بنقطة الندي Dew Point. فإذا انخفضت درجة الحرارة إلى أقل من نقطة الندى تبدأ عملية التكاثف ويتحول بخار الماء إلى الصورة السائلة إذا كانت نقطة الندى أعلى من الصفر المئوى، والى الصورة الصلبة (الثلج) إذا كانت نقطة الندى أقل من الصفر المئوى وتعرف فى هذه الحالة بنقطة الصقيع Frost Point.

ويتم وصف رطوبة الجو بصيغ مختلفة تتناول العلاقة بين كمية بخار الماء وكمية الهواء الذى يحتوى عليه ونوع هذا الهواء كونه جافاً أو مشبعاً ببخار الماء، ويتم حساب تلك العلاقة كالآتى:

$$\text{١- الرطوبة النوعية} = \frac{\text{كمية بخار الماء}}{\text{كمية الهواء المحتوى عليه (هواء جاف + بخار الماء)}} \times ١٠٠$$

$$\text{٢- الرطوبة المطلقة} = \frac{\text{وزن بخار الماء (جرام)}}{\text{حجم الهواء المحتوى عليه (متر مكعب)}}$$

$$\text{٣ - الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء فى الهواء}}{\text{ضغط بخار الماء فى الهواء نفسه فى حالة التشبع}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{الرطوبة المطلقة للهواء}}{\text{الرطوبة المطلقة للهواء فى حالة التشبع}} \times ١٠٠$$

التكاثف Condensation

وهو تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عندما تنخفض درجة حرارة الهواء إلى أقل من نقطة الندى وعندما تتوفر نوايات التكاثف من جسيمات الغبار الجوى والمواد العالقة حيث تجذب هذه الجسيمات جزئيات بخار الماء فى الهواء وتتجمع فوقها مكونة قطرات مائية صغيرة أو بلورات ثلجية تبعاً لدرجة حرارة نقطة الندى.

ويحدث التكاثف فى مستويات متباينة من الغلاف الجوى، فيحدث فوق سطح الأرض ومحتوياته مباشرة وهو ما يعرف بالندي Dew، الصقيع Frost، ويحدث على مستويات قريبة من سطح الأرض وهو ما يعرف بالضباب Fog، ويحدث على مستويات بعيدة من سطح الأرض وهو ما يعرف بالسحب Cloud. ويظهر الندى على هيئة قطرات مائية تتكاثف فوق سطح الأرض والأجسام الصلبة، أما الصقيع فيظهر على هيئة بلورات ثلجية تتكاثف فوق سطح الأرض

والاجسام الصلبة عندما تنخفض درجة حرارة نقطة الندى إلى دون الصفر المئوى. ويظهر الضباب على شكل قطرات مائية دقيقة متطايرة فى الهواء تسبب انخفاض مدى الرؤية، وهذا يحدث فى ليالى الشتاء ذات الليل الطويل والخريف فوق المناطق المنخفظة من اليابس مثل السبخات، أودية الانهار ويسمى **بالضباب الاشعاعي Radiation Fog**، ويحدث فى الربيع على سواحل البحار والمحيطات وبداخلها فيعرف **بضباب اليابس Land Fog** عندما يكون فوق اليابس، **وضباب البحر Sea Fog** عندما يكون فوق البحار والمحيطات. ويحدث الضباب أيضا فى جميع فصول السنة عند مرور الجبهات أثناء حركة الأعاصير ويسمى **ضباب الجبهات Frontal Fog**، ويحدث فى فصل الشتاء عند هوامش الغطاءات الجليدية ويسمى ضباب **العروض العليا Arctic Fog**.

وتظهر السحب على ارتفاعات كبيرة تصل إلى نحو ١٣ كيلو متر فوق سطح البحر، وهى كتل من قطرات مائية أو بللورات ثلجية أو منهما معاً يحملها الهواء المتحرك وهى تتباين فى الشكل والحجم والارتفاع، فتأخذ شكل **الركام Camulus** أو الأكوام أو القباب أو الأبراج وتكون بيضاء اللون لها شكل نبات القرنبيط فى الأجزاء العليا منها ولها قاعدة مستقيمة، كما تظهر على شكل طبقة Stratus متصلة تأخذ اللون الرمادى، كما تظهر على شكل خيوط وشعيرات ممتدة أفقيا أو على هيئة أقواس تسمى **السمحاق Cirrus** – شكل رقم (٣). وتتباين السحب وتختلط أشكالها مكونة مجموعة من الأنواع تصنف حسب الارتفاع على النحو التالى:

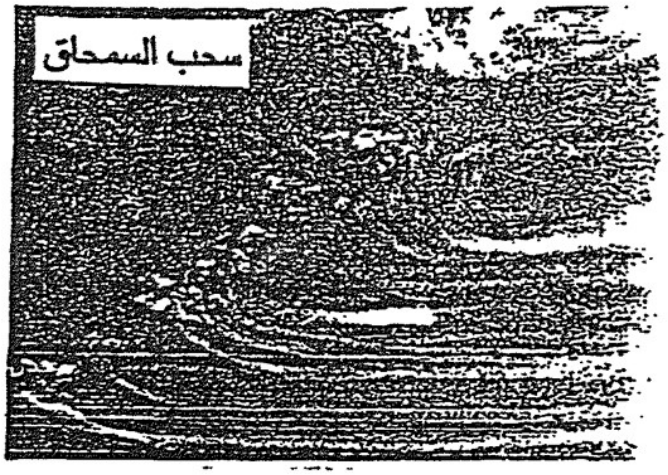
أولا.. السحب المرتفعة High clouds

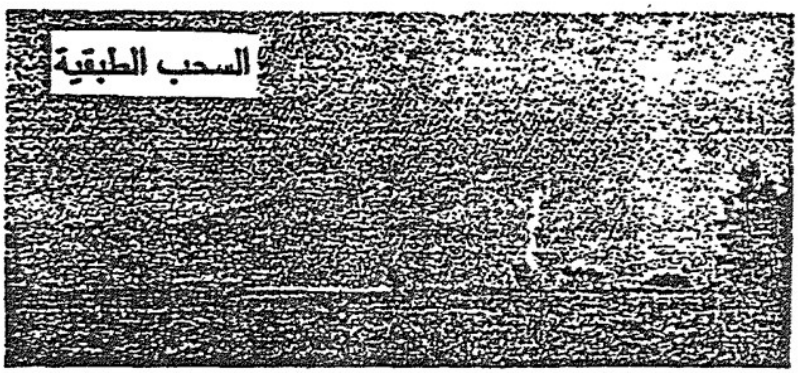
يتراوح ارتفاع قواعدها بين ٦، ١٣ كم فوق مستوى سطح البحر وتنقسم إلى:

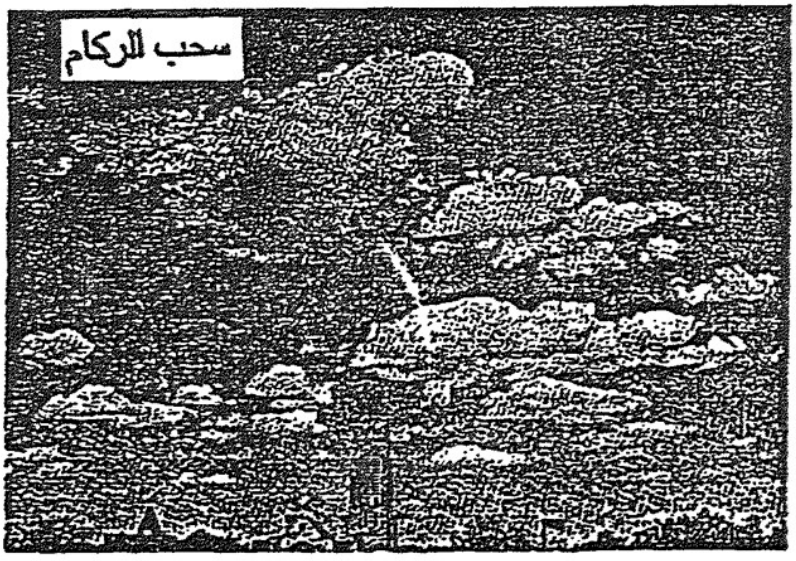
١- سحب السمحاق Cirrus (Ci)

٢- السمحاق الركامى Cirrocumulus (Cc)

٣- السمحاق الطبقى Cirrostratus (Cs)







شكل رقم (٢) أنواع السحب

ثانياً- السحب متوسطة الارتفاع Middle clouds

يتراوح ارتفاع قواعدها بين ٢، ٦ كيلو مترات فوق مستوى سطح البحر وتنقسم إلى:

١- ركام متوسط الارتفاع Altocumulus (Ac)

٢- طبقى متوسط الارتفاع Altostratus (As)

٣- مزن طبقى Nimbostratus (Ns)

ثالثا- السحب المنخفضة Low clouds

ينخفض ارتفاع قواعدها الى أقل من كيلو مترين فوق مستوى سطح البحر وتنقسم الى:

١- سحب الركام Cumulus (Cu)

٢- السحب الطبقية Stratus (St)

٣- سحب الركام الطبقى Stratocumulus (Sc)

٤- سحب المزن الركامى Cumulonimbus (Cb)

التساقط Precipitation

هو أحد مراحل الدورة المائية على سطح الأرض وفيه تعود المياه فى حالتها السائلة أو الصلبة من الغلاف الجوى إلى سطح الأرض مرة أخرى بعد أن تركت سطح الأرض نحو الغلاف الجوى بواسطة عملية التبخر.

وتعد كل من سحب المزن الطبقى Nimbostratus (Ns)، وسحب المزن الركامى Cumulonimbus (cb) أهم مصادر التساقط حيث يسقط منها معظم التساقط الذى يصل إلى سطح الأرض. وتحدد درجة الحرارة طبيعة التساقط من ماء أو ثلج، ويحدد حجم جزيئاته الرطوبة الجوية وكمية بخار الماء فى الجو، ويحدد شدة التساقط نوع السحب فالسحب الركامية تغطى مساحات صغير وتنتج

قطرات كبيرة وتساقط شديد فى فترة قصيرة، والسحب الطبقية تغطى مساحات كبيرة وتنتج قطرات صغيرة وتساقط خفيف فى فترة طويلة، ويظهر التساقط على أشكال مختلفة فهو على شكل قطرات مائية تتساقط بشدة ويعرف بالمطر Rain، وعلى شكل بللورات ثلجية ويعرف بالثلج Snow، ويكون على هيئة قطرات مائية دقيقة جداً تتساقط ببطء شديد على سطح الأرض ويسمى الرذاذ Drizzle، أو على شكل رذاذ متجمد Freezing Drizzle عندما تنخفض درجة الحرارة إلى دون الصفر المئوى، ويكون على شكل حبيبات ثلجية تتكون من آلاف البللورات الثلجية ويسمى بالبرد Hail.

ويتباين التساقط تبعاً لاسباب حدوث سقوطه فيعرف بالتساقط التصاعدى Convectional Precipitation حين يرتبط سقوط المطر بتيارات الهواء الدافىء الصاعدة، وبالتساقط التضاريسى Orographic Precipitation عندما يرتبط باعتراض التضاريس لحركة السحب، ويعرف بالتساقط الإعصارى Cyclonic Precipitation حين يرتبط بمرور الاعاصير.

ويصاحب حدوث التساقط بعض الظواهر البصرية المرتبطة بانعكاس أو انكسار الأشعة الضوئية عند اختراقها قطرات المياه أو بلورات الثلج أثناء سقوطها الى سطح الأرض مثل الهالات الضوئية التى تحيط بالشمس أو القمر التى تعرف بالهالة Halo، أو الكورونا Coronae، والجلوريا Glorie، ومثل قوس قزح Rainbow الذى يظهر على هيئة قوس تتدرج فيه ألوان الطيف السبعة.

ويصاحب حدوث التساقط من سحب المزن الركامى عواصف البرق والرعد Thunderstorms وأهم ما يميزها هو روية البرق (ضوء قوى مفاجىء) وسماع الرعد (صوت قوى مفاجىء) بشكل متقطع، ويصاحب العاصفة سقوط حبات البرد وتتباين شدة العاصفة فتكون أحياناً خطرة على الحياة على سطح الأرض حين تشتد سرعة الرياح وتتساقط أمطار غزيرة يصاحبها حبات برد كبيرة، أو عندما تصل صاعقة البرق إلى سطح الأرض.

وتتباين نطاقات سطح الأرض فى كونها نطاقات ممطرة أو جافة، وفى حالة ما اذا كانت ممطرة فهى تتباين فى موسمية سقوط المطر، ونوعه، ومدته، وكميته وشدته. وتؤثر مجموعة من العوامل المكانية وغير المكانية فى تلك المتغيرات، فالعوامل المكانية مثل الموقع بالنسبة للمسطحات المائية، تباين تضاريس سطح الأرض، والعوامل غير المكانية مثل الاشعاع الشمسى، درجة الحرارة، الضغط الجوى، الرياح، وتكون الاعاصير.

الكتل الهوائية Air Masses

عندما يمكث الهواء ويستقر (مدة لا تقل عن يومين) فوق مساحة واسعة من سطح الأرض (مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة) تتشابه فيها الخصائص الجغرافية وطبيعة الغلاف الجوى ويتوازن الهواء مع تلك الخصائص مكوناً نطاقاً هوائياً متجانساً من حيث معدلات الاشعاع، درجة الحرارة، التبخر، الرطوبة النسبية، صور التكاثف وبخاصة كمية السحب وأنواعها، ويعرف هذا النطاق الهوائى المتجانس بالكتلة الهوائية Air mass ويعرف النطاق الأرضى الذى تعلوه الكتلة الهوائية بالاقليم المصدر Source regions.

وتعد كل من النطاقات الأرضية مثل شمال أوراسيا المغطاة بالجليد، والمسطحات المائية المحيطية، والصحارى الحارة فى شبه الجزيرة العربية وشمال أفريقيا نطاقات مناسبة لتشكيل الكتل الهوائية.

وتتباين الكتل الهوائية فى خصائصها المناخية تبعاً لتباين خصائص السطح فى الاقليم المصدر، فهى باردة جداً وجافة وتتميز بالانعكاس الحرارى فوق النطاقات الجليدية، وتكون معتدلة الحرارة ومرتفعة الرطوبة فوق المحيطات، وحارة جداً ومنخفضة الرطوبة جداً فوق الصحارى الحارة، وتكتسب الكتل الهوائية خصائصها المناخية عن طريق عمليات التبادل والاختلاط الرأسى بينها وبين سطح الأرض المستقرة فوقه فكلما زادت مدة مكوثها فوقه زاد تأثرها بصفاته، وكلما كان سطح الأرض واسعاً منبسطاً متجانس التركيب تكونت كتل هوائية متجانسة وقوية والعكس صحيح.

وتتحرك الكتل الهوائية بعد فترة استقرارها تاركة أقاليم مصدرها حاملة

معها خصائصها المناخية التى اكتسبتها منها، وتمر أثناء تحركها بأقاليم لها خصائص مناخية مختلفة عن التى تحملها فتتعدل خصائصها وبخاصة الطبقة الهوائية السفلى المتصلة بسطح الأرض وينتج عن ذلك تباين رأسى فى خصائصها تؤثر فى حالة استقرار الطقس السائد.

وينتج عن حركة الكتل الهوائية أن تتقابل الكتل الهوائية وتختلط ببعضها، مما يؤدى إلى تشكل ظواهر مناخية هامة مثل الأعاصير cyclones واضداد الأعاصير Anticyclones وهى ظاهرات مسئولة عن تشكيل المناخ على سطح الكرة الأرضية، ولها اثار بيئية هامة.

أنواع الكتل الهوائية

يتم تصنيف الكتل الهوائية تبعاً لثلاثة عناصر أساسية، يوضحها الجدول التالى رقم (٢) ونستعرضها فيما يلى:

جدول رقم (٢) تصنيف الكتل الهوائية وخصائص كل منها على سطح الأرض

الكتلة الهوائية	الرمز	الاقليم المصدر	الخصائص	متوسط درجة الحرارة °م	متوسط الرطوبة النوعية جرام/كجم
المحيط الشمالي والقارة الجنوبية	cA	المحيط المتجمد الشمالي وقارة	باردة جداً- جافة جداً	-٤٦	١ر
قطبية قارية	cP	أنتاركتيكا القارات في عروض	باردة - جافة	-١١	١ر٤
قطبية بحرية	mP	٥٠°-٦٠° شمالاً المحيطات في عروض	باردة - رطبة	٤	٤ر٤
مدارية قارية	cT	٥٠°-٦٠° شمالاً وجنوبا القارات في عروض	حارة - جافة	٢٤	١١
مدارية بحرية	mT	٢٠°-٣٠° شمالاً وجنوبا المحيطات في عروض	حارة - رطبة	٢٤	١٧
استوائية بحرية	mE	٢٠°-٣٠° شمالاً وجنوبا	حارة - رطبة جداً	٢٧	١٩

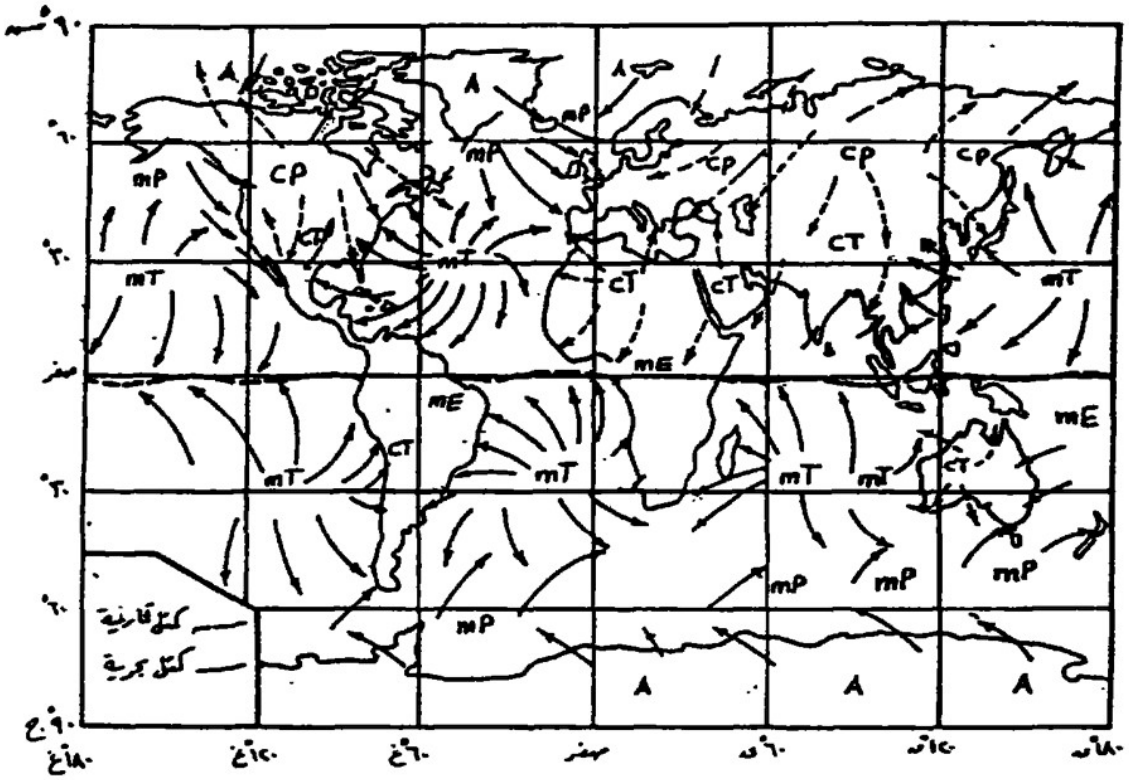
الأول: تبعاً للموقع الفلكى لأقاليم المصدر، فتسمى قطبية Polar فى العروض العليا ويرمز لها بالرمز (P)، وتسمى مدارية Tropical فى العروض الدنيا ويرمز لها بالرمز (T)، الثانى: تبعا لطبيعة السطح الذى تتكون فوقه، فتكون قارية Continental فوق القارات ويشار لها بالرمز (c) ويوضع إلى يسار حرف اسم المصدر، وتكون بحرية Maritime ويشار لها بالرمز (m) ويوضع إلى يسار حرف اسم المصدر ، والثالث: تبعا لحركتها، فإذا كانت الكتلة الهوائية أبرد من السطح الذى تتحرك فوقه، تعرف بأنها باردة غير مستقرة Cold Unstable Mass ويضاف فى هذه الحالة إلى رمزها حرف (k) إلى يمين حرف اسم المصدر، وإذا كانت الكتلة الهوائية أدفأ من السطح الذى تتحرك فوقه فتعرف بأنها حارة مستقرة Warm Stable Mass ويضاف إلى رمزها حرف (w) إلى يمين حرف اسم المصدر. ويتفرع من الكتل الهوائية القطبية كتلة هوائية تنشأ فوق المحيط المتجمد الشمالى وقارة أنتاركتيكا الجنوبى Arctic Air Mass تأخذ الرمز (CA)، ويتفرع من الكتل المدارية كتل هوائية تنشأ فوق المحيطات التى يقطعها خط الاستواء Equatorial Air Mass وتأخذ الرمز (mE)، ونستعرض فيما يلى دراسة أنواع الكتل الهوائية وتوزيعها على سطح الكرة الأرضية شكل رقم (٤).

أولا: الكتل الهوائية القطبية Polar Air Mass (P):

وتشمل الكتل الهوائية فوق المحيط المتجمد الشمالى وقارة أنتاركتيكا (cA)، كتل هوائية قطبية قارية (cP) تتكون فوق القارات بين دائرتى عرض ٥٠، ٦٠ درجة شمالاً، كتل هوائية قطبية بحرية (mP) تتكون فوق المحيطات بين دائرتى عرض ٥٠، ٦٠ درجة شمالاً وجنوباً.

ثانيا- الكتل الهوائية المدارية Tropical Air Mass (T)

وتشمل كتل هوائية مدارية قارية (cT) تتكون فوق القارات، كتل هوائية مدارية بحرية (mT)تتكون فوق المحيطات وكلاهما يتوزع بين دائرتى عرض ٢٠°، ٣٠°شمالاً وجنوباً، كتل هوائية استوائية بحرية (mE) تتكون فوق المسطحات المحيطية التى يقطعها خط الاستواء.



شكل رقم (٤) التوزيع الجغرافي للكتل الهوائية علي سطح الأرض

ولا تمكث الكتل الهوائية فوق أقاليم مصدرها إلى الأبد، ولكنها تتحرك عند حدوث أى تغير فى توزيع الضغط الجوى تاركة الاقليم المصدر وتحمل معها خصائصها التى اكتسبتها منه متجهة إلى أقاليم أخرى، وخلال عملية تحركها تمر على أسطح تختلف فى خصائصها عن خصائص الاقليم المصدر فتتأثر بها وتتعدل صفاتها وبخاصة فى الطبقة السفلية منها، ويترتب على ذلك حدوث اضطرابات هوائية رأسية وبخاصة إذا تحركت فوق سطح أدفأ وهواء أقل كثافة منها.

الجبهات الهوائية Air Fronts

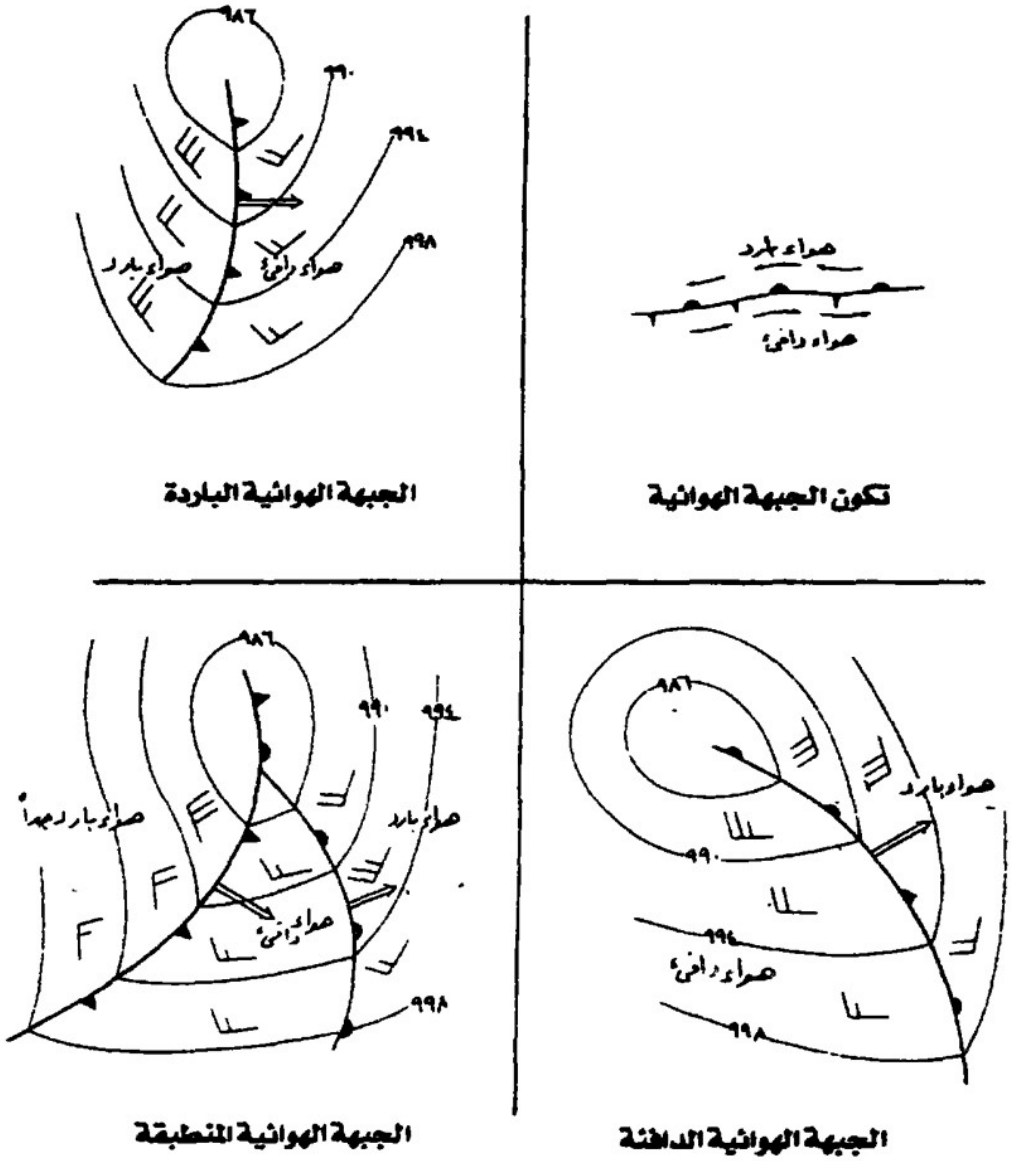
تتحرك الكتل الهوائية من أقاليم المصدر نحو أقاليم أخرى تستقر فوقها كتل هوائية أخرى لها خصائص مناخية أخرى، فتتحرك كتل هوائية باردة نحو نطاقات أدفأ فتتقابل مع كتل هوائية دافئة ولا تختلط الكتلتان غير المتجانستان حراريا بسهولة نتيجة لاختلاف كثافة كل منهما (بسبب التباين

الحرارى بينهما) فتتكون بينهما منطقة انتقالية تسمى الجبهة الهوائية Air Front شكل رقم (٥).

وتتباين حالة الطقس فوق الجبهات الهوائية تبعاً لتباين اتجاه الكتل المتقابلة أو المتلاحقة، والمدى الحرارى بينهما، فعندما تتقابل الكتل الهوائية القطبية الباردة جداً مع الكتل الهوائية القطبية الأقل برودة تتكون جبهة قطبية باردة جداً Arctic Front ولأن المدى الحرارى بينهما منخفض فيكون التغير فى الطقس صغيراً. وعندما تتقابل الكتل الهوائية القطبية مع الكتل الهوائية المدارية تتكون جبهة قطبية باردة Polar Front ولأن المدى الحرارى بين الكتلتين كبيراً يكون التغير فى الطقس كبيراً وعنيفا. وعندما تتقابل الكتل الهوائية المدارية مع الكتل الهوائية الاستوائية تتكون جبهة مدارية Intertropical Front، ولأن المدى الحرارى بين الكتلتين صغيراً يكون التغير فى الطقس صغيراً.

ويمكن تمييز أربعة أنواع من الجبهات الهوائية تتكون تبعاً لاتجاه وطبيعة تقابل الكتل الهوائية وتدفقها، فتعرف الجبهة الهوائية بأنها جبهة هوائية ثابتة Stationary Front فى حالة تجاور الكتل الهوائية القطبية مع الكتل الهوائية المدارية فى مستوى واحد بعد أن تفقد قدرتها على الحركة، وتعرف بأنها جبهة هوائية باردة Cold Front عندما تتقدم الكتل الهوائية القطبية الباردة لتحل محل الكتل الهوائية المدارية الدافئة، وتعرف بأنها جبهة هوائية دافئة Warm Front عندما تتقدم الكتل الهوائية المدارية الدافئة لتحل محل الكتل الهوائية القطبية الباردة، وتعرف بأنها جبهة هوائية منطبقة Occluded frontعندما تتلاحق ثلاث كتل هوائية متباينة حرارياً وراء بعضها فتنحصر الكتلة الهوائية الدافئة بين الكتلة الهوائية الباردة فى المقدمة والكتلة الهوائية الباردة جداً فى المؤخرة.

ويتميز الطقس عند مرور الجبهة الباردة بالبرودة الشديدة، وظهور سحب المزن الركامى الناتجة بفعل تكاثف الهواء الدافئ فوق الهواء البارد مما يؤدى إلى سقوط أمطار غزيرة مصحوبة بعواصف البرق والرعد، وكلما كانت سرعة الجبهة بطيئة كلما استمر تكاثف السحب وسقوط الأمطار على مساحات واسعة.



شكل رقم (٥) أنواع الجبهات الهوائية

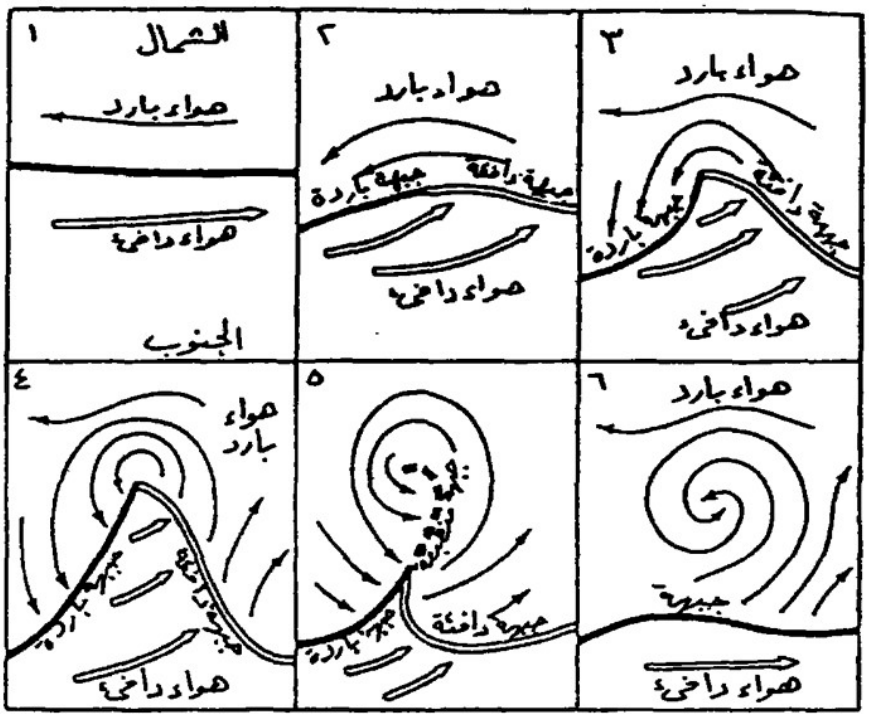
ويتصف الطقس عند مرور الجبهة الدافئة بالاستقرار نتيجة تقدم الهواء الدافئ أعلى الهواء البارد، ويبدأ فى التكاثف التدريجى فتظهر سحب السمحاق الرقيقة التى تتحول إلى السمحاق الطبقى، ثم إلى السحب الطبقية، فالمزن الطبقى وتسقط أمطار خفيفة، وفى أثناء الليل يتكاثف الضباب (ضباب الجبهات Frontal Fog) وبعد مرور الجبهة الدافئة ينخفض التكاثف إلى أدنى مستوياته فينتهى الضباب وتخلو السماء من السحب.

ويختلف الطقس عند مرور الجبهة المنطبقة تبعا لتباين درجة حرارة الكتل الهوائية الثلاثة المتلاحقة، فعندما يكون الهواء البارد فى المقدمة أقل برودة من الهواء البارد فى المؤخرة يرتفع الهواء الدافئ بينهما بعيداً عن سطح الأرض ويتشكل طقس مشابه تماماً لنظيره الذى يتشكل عند مرور الجبهة الدافئة. وفى حالة ما إذا كان الهواء البارد فى المقدمة أكثر برودة من الهواء البارد فى المؤخرة يتشكل طقس مستقر بارد جاف.

الأعاصير Cyclones

وتعرف بالانخفاضات الجوية Air Depressions وهى مراكز ضغط منخفض تدور حولها الرياح فى حركة ضد اتجاه عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى، ومع اتجاه عقرب الساعة فى نصف الكرة الجنوبى، وتنشأ الأعاصير فى العروض المدارية نتيجة انخفاض الضغط الجوى جداً بسب ارتفاع درجة حرارة الهواء وانخفاض كثافته ونشاط تيارات الحمل الحرارى المتصاعدة، وتتكون الاعاصير فى العروض المعتدلة بسبب تقابل كتل هوائية غير متجانسة حرارياً، فتنشأ حركة دائرية للهواء ناتجة بفعل صعود الهواء الدافئ الأقل كثافة إلى أعلى وهبوط الهواء البارد الأعلى كثافة إلى أسفل، فينخفض الضغط الجوى فى منطقة تلاقى الكتلتين الهوائيتين بالمقارنة مع نهاياتها، وتتوقف سرعة دوران الهواء حول مركز الاعصار على معدل انحدار الضغط الجوى بين منطقة التلاقى (مركز الاعصار) وأطرافه النهائية.

وللإعصار دورة حياة تتوزع على عدة مراحل منذ بداية نشأته وحتى



شكل رقم (٦) مراحل تكون الاعصار (الانخفاض الجوي)

اضمحلاله، ويوضح الشكل رقم (٦) مراحل تكون الاعصار، ونستنتج من تتبعه مايلى:

١- ينشأ الاعصار عندما تتقابل كتلتان هوائيتان متضادتان فى الاتجاه، ومختلفتان بشكل كبير فى درجة الحرارة.

٢- تتكون جبهة هوائية انتقالية بين الكتلتان الهوائيتان تفصلهما، ويسود الهواء الدافئ فى المقدمة، ويسود الهواء البارد فى الموخرة.

٣- تتموج الجبهة الفاصلة بسبب اندفاع الهواء الدافئ إلى أعلى، واندفاع الهواء البارد إلى أسفل فى اتجاه ضد حركة عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى وفى اتجاه مع حركة عقرب الساعة فى نصف الكرة الجنوبى.

٤- يزداد تموج الجبهة الفاصلة فتتعرض مؤخرة الاعصار لاندفاع الهواء البارد ليحل محل الهواء الدافئ فتتشكل الجبهة الباردة فى المؤخرة، وبالمثل

تتعرض مقدمة الاعصار إلى اندفاع الهواء الدافئ إلى أعلى ليحل محل الهواء البارد فتتشكل الجبهة الدافئة فى المقدمة.

٥- ينحصر الهواء الدافئ بين الجبهة الباردة فى المؤخرة، والجبهة الدافئة فى المقدمة ويعرف بالقطاع الدافئ، ولأن سرعة الهواء البارد فى مؤخرة الانخفاض أكبر من سرعة الهواء الدافئ فى المقدمة، فإن القطاع الدافئ يضيق تدريجياً وتلحق الجبهة الباردة بالجبهة الدافئة وتتشكل الجبهة المنطبقة، ويستمر اندفاع الهواء البارد فى مؤخرة الانخفاض حتى يتصل مع الهواء البارد فى مقدمة الانخفاض ويندفع الهواء الدافئ كاملاً إلى أعلى مختلطا بالهواء البارد، وتسمى هذه المرحلة بمرحلة الانطباق Occlusion ويضمحل بعدها الاعصار.

وينحصر هبوب الأعاصير المدارية بين دائرتى عرض ١٠°، ٢٠° شمالاً وجنوباً وهى تنشأ فوق المحيطات المدارية وتتحرك فى مسارات منحنية نحو القارات فى اتجاه عام من الشرق إلى الغرب، فى حين ينحصر هبوب الأعاصير فى العروض المعتدلة بين دائرتى عرض ٣٥°، ٦٠ °شمالاً وجنوباً، وهى تتحرك فى اتجاه عام من الغرب إل الشرق، وفى كلتا الحالتين يتزحزح نطاقات الأعاصير شمالاً وجنوباً خلال فصول السنة متأثرة بتزحزح نطاقات الضغط الجوى الناتج بسبب انتقال تعامد الشمس بين مدار السرطان ومدار الجدى.

الظواهر الجوية المصاحبة لمرور الاعصار

يصحب مرور كل مرحلة من مراحل الاعصار ظواهر جوية مرتبطة بحجم وكمية الاختلاط بين الكتل الهوائية، ومساحة منطقة الجبهات الدافئة أو الباردة، ونستعرض فيما يلى تلك الظواهر.

١- يتصف الطقس بالاستقرار فى بداية تشكل الاعصار بسبب مرور الهواء البارد فى مقدمة الاعصار وانعدام وجود تيارات الحمل الحرارى المتصاعدة.

٢- ينخفض الضغط الجوى وترتفع درجة الحرارة عند مرور الجبهة الدافئة ويتغير اتجاه الرياح من الاتجاه الشرقى إلى الاتجاه الجنوبى، ويبدأ نشاط تيارات الحمل الحرارى الصاعدة فيتكاثف بخار الماء ويبدأ تشكل السحب

فتتشكل سحب السمحاق المرتفعة ويزداد تدفق الهواء الدافئ وتكاثفه فيزداد سمك السحب وينخفض ارتفاعها فتتحول إلى السحب الطبقية ثم إلى المزن الطبقى وتسقط أمطار متوسطة.

٣- بعد مرور الجبهة الدافئة يمر القطاع الدافئ ويستمر انخفاض الضغط الجوى وارتفاع درجة الحرارة ويتحول اتجاه الرياح إلى جنوبى غربى، ويزداد نشاط تيارات الحمل الحرارى الصاعدة، وتتحول السحب إلى ركام منخفض الارتفاع وقد يصاحبها سقوط بعض الأمطار الخفيفة على شكل رخات.

٤- عند مرور الجبهة الباردة تنخفض درجة الحرارة ويتحول اتجاه الرياح إلى شمالية ثم إلى شمالية غربية وتزداد سرعتها ويزداد تكاثف السحب فتصبح ركام طبقى ثم مزن ركامى وتسقط الأمطار بغزارة وتحدث عواصف البرق والرعد ويسقط البرد، وتشتد سرعة الرياح الباردة.

٥- يتحسن الطقس فتنخفض سرعة الرياح وتتناقص كمية السحب وكمية الأمطار ويبدأ فى الاستقرار بعد مرور الجبهة الباردة، ويرتفع الضغط الجوى وتنخفض درجة الحرارة وينعدم وجود السحب وتصبح السماء صافية زرقاء وتسود حالة من الهدوء قبل أن يهب اعصار آخر.

وتتراوح فترة مرور الاعصار بين يوم واحد وأسبوع تبعا لكمية الهواء الدافئ وتدفقه ونشاط تيارات الحمل الحرارى الصاعدة، وقد تتوالى الأعاصير بحيث تتصل نهاية الاعصار المنصرم مع بداية الاعصار المتقدم فتتكرر الأحوال الجوية المصاحبة للاعصار مرة أخرى مع الأخذ فى الاعتبار عدم تشابه المدة الزمنية لمرور كل اعصار بسبب تباين حجم الكتل الهوائية وكمية الاختلاط بينها.

ضد الاعصار Anticyclone :

تعرف اضداد الأعاصير بالارتفاعات الجوية وهى مراكز ضغط مرتفع يدور حولها الهواء فى اتجاه مع عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى، وضد اتجاه عقرب الساعة فى نصف الكرة الجنوبى. وينحدر الضغط الجوى خلالها

بمعدلات منخفضة بالاتجاه من مراكزها نحو أطرافها، ولهذا تنخفض سرعة الرياح جداً وتتفرق من مراكزها نحو أطرافها الأدفأ والأقل كثافة.

وتنشأ اضداد الأعاصير فوق مناطق الضغط المرتفع حول دائرة عرض ٣٠°شمالاً وجنوباً عندما تتفرق الرياح التجارية فى اتجاه الاستواء، والرياح الغربية فى اتجاه الدائرة القطبية، وتنشأ أيضاً فوق القطبين حيث تنخفض درجة الحرارة جداً فوق الغطاءات الجليدية الدائمة، أو عندما تنخفض درجة الحرارة بشدة فوق اليابس، أو فوق سطح للمحيطات عند مرور التيارات المائية الباردة، كما تنشأ اضداد الأعاصير بعد مرور الاعصار واضمحلاله وقبل مرور اعصار آخر. ويتصف الطقس الذى يصاحب اضداد الأعاصير بالاعتدال والاستقرار وهدوء حركة الرياح وانخفاض درجة الحرارة وصفاء السماء وزرقتها، وحدوث الصقيع ليلاً بسبب فقدان سطح الأرض للحرارة بسرعة أثناء الليل، ويندر تكون السحب وحدوث التساقط الذى يكون على شكل رذاذ ثلجى فى حالة حدوثه.

الرياح المحلية التي تنشأ عند مرور الأعاصير:

يصحب مرور الأعاصير نشأة بعض أنظمة الرياح المحلية التى تهب فوق مناطق محدودة من سطح الأرض فى فترات قصيرة، وتكتسب هذه الرياح بعض صفاتها من صفات المرحلة التى يكون عليها الاعصار، ومن الخصائص المكانية التى يمر فوقها الإعصار، فتكون الرياح حارة فى حالة هبوبها فى مقدمة الاعصار عند مرور الجبهة الدافئة، وتكون باردة فى حالة هبوبها فى مؤخرة الاعصار عند مرور الجبهة الباردة، وتكون محملة بالغبار والأتربة فى حالة هبوبها فوق النطاقات الصحراوية، وتكون رطبة فى حالة مرورها فوق المسطحات المائية، وتكون جافة فى حالة مرورها فوق اليابس.

ويمكن تقسيم الرياح المصاحبة لمرور الأعاصير إلى رياح حارة تهب فى مقدمة الاعصار وهى تكتسب حرارتها عند مرورهاعلى نطاقات حارة، وأخرى حارة تكتسب حرارتها عند مرورها على نطاقا ت جبلية وتنحدر على سفوحها، وإلى رياح باردة تهب فى مؤخرة الاعصار وتكتسب برودتها من ارتفاع الضغط الجوى واختفاء السحب وتبدد الاشعاع الأرضى فى الليالى الصافية .

نخلص من العرض السابق إلي أن عناصر الجو مترابطة ومتلازمة يؤثر كل منها في الأخر وتشكل معاً منظومة مناخية معقدة للغاية تؤثر في الكرة الأرضية وتتأثر بخصائصها الفلكية والجغرافية فتتشكل الظاهرات الجوية كمحصلة لهذه العلاقة فتؤثر في أشكال الحياة علي سطح الأرض ويتأثر بها الإنسان وأنشطته فيتكيف معها ويحاول الانتفاع بها وتجنب أخطارها وهو ما سوف يعرض بالتفصيل في الفصول التالية.

الفصل الثاني

الانتفاع بالمناخ

- مقدمة.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال الزراعي.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال الصناعي.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال التعديني.
- أثر المناخ والانتفاع به في مجال النقل والمواصلات.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال العمراني.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال السياحي.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال التجاري.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال السياسي.
- أثر المناخ والانتفاع به في المجال العسكري.
- أهمية النشرات الجوية والتوقع بالطقس.

مقدمة..

يعد المناخ أحد الضوابط الطبيعية التى تؤثر فى جميع الظواهر الطبيعية والبشرية على سطح الكرة الأرضية بشكل مباشر وغير مباشر. فللمناخ علاقة بكل شئ على سطح الأرض، وهو عامل بيئى ينظم الحياة فوقه، فهو بكونه مظهر الغلاف الجوى يتدخل بشكل مباشر فى دورات الغلاف الصخرى، الغلاف المائى، الغلاف الحيوى، حيث يشكل الهواء (الغلاف الجوى) أحد رؤوس مثلث الحياة (فضلاً عن الغذاء والطاقة) التى لا يستطيع أن يستغنى عنها أى كائن حى، فلا شئ يمكن أن يعيش فى الفراغ بدون الهواء الذى يدفعه وزنه (الضغط الجوى) وتجذبه الجاذبية الأرضية إلى كل مكان على سطح الأرض[1]، ولهذا تكون الكواكب الخالية من الغلاف الجوى غير صالحة للحياة.

وللماء القيمة ذاتها للهواء، فبدونه لا تعيش الكائنات الحية، ولولا الماء لكانت الأرض غير مأهولة مثل القمر وصدق المولى عز وجل القائل «وجعلنا من الماء كل شئ حى». ولولا الغلاف الجوى لتعطلت الدورة المائية ولما سقطت منه المياه لتمد سطح الأرض بأسباب الحياة من الغذاء والطاقة، وسبل الحياة من نقل وزراعة وصناعة وغيرها. وعلى الرغم من أن للماء والهواء القيمة ذاتها فى الحياة إلا أن الهواء يوجد فى كل مكان بعيد أو قريب، عميق أو ضحل، كبير أو صغير، ولا ينطبق ذلك على الماء الذى يتباين وجوده فوق سطح الأرض ولهذا تزدهر نطاقات بأشكال الحياة وتضمحل نطاقات أخرى.

وتنتقل الطاقة من مصدرها الرئيسى وهو الشمس الى الأرض عبر الهواء (الغلاف الجوى) فتضاء الأرض وتدفأ وتتنوع مظاهر الحياة وتزداد قدرة الكائنات على الحياة وتنمو وتتكاثر فى استمرارية يعلم الله مداها.

والمناخ بعناصره (الغلاف الغازى، الاشعاع الشمسى، الحرارة، الضغط

---

(١) جاءت فكرة تعليب المواد الغذائية معتمدة على تفريغ المعلبات من الهواء لتعطيل حياة البكتريا بداخلها.

الجوى، الرياح، الرطوبة، التبخر، التكاثف، التساقط) ظاهرة لم يستطع الانسان حتى وقتنا الحاضر أن يتحكم فيه أو يسيطر عليه فى نطاق واسع من سطح الأرض، فقد استطاع الانسان أن يضبط درجة الحرارة والرطوبة داخل المسكن، أو المبنى، أو المصنع، أو داخل الأنفاق والمناجم والمعسكرات تحت سطح الأرض، أو حتى بعض قطاعات من المدن حيث عزلها عن البيئة المفتوحه وسيطر على تهويتها ودرجة حرارتها ونسبة رطوبتها، ولم يستطع أن يغير من الضغط الجوى بداخلها فهو لابد أن يتعادل مع ما هو بخارجها وإلا سبب دماراً لها، وتحتاج هذه العزلة تكاليف باهظة وأعمال صيانة مستمرة ودقيقة حتى لا يحدث خطأ ينتج عنه الاختناق والموت فى تلك البيئة الاصطناعية.

كما حاول الإنسان أن يعزل بعض المزروعات عن البيئة المفتوحة فابتكر البيوت الزجاجية أو البلاستيكية مستغلاً خصائص الزجاج أو البلاستيك الشفاف فى أنهما يسمحان بمرور الأشعة الحرارية الآتية من الشمس (ذات الموجات القصيرة) إلى داخل البيوت الزجاجية ولا يسمحان للاشعاع الحرارى الأرضى (ذى الموجات الطويلة) أن يخرج من تلك البيوت فيظل حبيساً ويرفع درجة الحرارة بداخلها.

ولم يستطع الانسان أن يُكيف العوامل الجويه طوع إرادته، أو يسيطر على مستوى آدائها، أو يعدل من مواعيدها، أو مسارها، أو يعرقل تطورها، بل إن الانسان لم يستطع أن يفهم سلوك بعض الظواهر الجوية على الرغم من دراستها وملاحظتها بدقة، فسرعان ما تخالف توقعاته، وتفتر أو تقوى، تضمحل أو تنمو، ولا يعرف عقباها.

والأخطار المناخية تعد من الأخطار الطبيعية التى تتعرض لها الأرض، فيتسبب الانحراف فى درجة الحرارة عن معدلاتها الطبيعية فى حدوث الموجات الحارة أو الباردة، ويتسبب تباين الخصائص الحرارية للكتل الهوائية فى حدوث الأعاصير، ويتسبب فشل الرياح فى حمل بخار الماء فى حدوث

الجفاف، ويتسبب تباين الضغط الجوى فى تباين قوة واتجاه الرياح وحدوث العواصف والعواصف الرملية والعواصف الثلجية.

فالانسان إذن لا يملك إلا ملاحظة الجو ومحاولة التكيف معه والانتفاع به، وتعتمد أشكال التكيف والانتفاع بمستوى ادراك الانسان لسلوك الظاهرات الجوية، وأصبح المناخ متغيراً مستقلاً يتبعه الانسان ويوجه أنشطته ومهاراته وابداعاته بما يتناسب مع العوامل الجوية السائدة بعد فشله فى تحكمه فيها بما يناسب طموحاته فى مستوى أنشطته ومهاراته وابداعاته.

وظل الانسان يوجه أنشطته بما يتناسب مع الظروف المناخية السائدة إلى أن اكتشف بنفسه أنه عامل مؤثر فى المناخ، وأنه والمناخ متلازمان يؤثر كل منهما فى الآخر، فقد أدى تعاظم النشاط البشرى بعد الثورة الصناعية مع بداية النصف الثانى من القرن التاسع عشر أن تغيرت خصائص الغلاف الجوى فوق المدن والتجمعات الحضرية والصناعية بشكل خاص وعلى مستوى الكرة الأرضية بشكل عام، وذلك بسبب ما ينبعث من تلك التجمعات من غازات ناتجة بفعل احتراق الوقود الأحفورى (الفحم – البترول – الغاز الطبيعى) المستخدم فى الصناعة والنقل واستهلاك الطاقة فى المنازل وغيرها، وما يتسرب من مركبات غازية اصطناعية، من بعض الأجهزة والأدوات مثل مركب الكلوروفلوروكربون (غاز الفريون) الذى يتسرب من أجهزة التبريد وعلب الرش، وما ينبعث من غبار صناعى وأترية من لوافظ المصانع، وقد أدى ذلك الى تغير نسب الغازات المكونة للغلاف الجوى، وانعكس ذلك منذ الحظة الأولى لحدوث هذه التغيرات – الذى بدأ طفيفاً ثم أصبح هائلاً فى الوقت الحاضر – على ميزانية الطاقة بسبب تغير ما تعكسه وتمتصه وتبعثه هذه الغازات من الاشعاع الشمسى والاشعاع الأرضى، فتغيرت ميزانية الطاقة وتغير معها سلوك كل من التوزيع المكانى والزمانى لعناصر المناخ.

وظهرت ظواهر جوية جديدة لم تكن معروفة من قبل متأثرة بهذا التغير فى نسب الغازات المكونة للغلاف الجوى مثل ظاهرة النينيوEl NIÑO، واللانينيا

La Niña، وظاهرة الاحتباس الحرارى Greenhouse Effects، والامطار الحمضية Acid Rain، وثقب الأوزون Ozon Hole، والتلوث الهوائى Air Pollation، وتغير سلوك بعض الظواهر الجوية وتفاقم حجم خسائرها، واشتدت قوة الاعاصير الثلجية التى تجمد الانهار شمالى أوروبا ووسط وشمالى آسيا مما يسبب فى تدمير المحاصيل وتوقف حركة النقل والمواصلات وتوقف حركة التجارة الدولية، وجميعها ناتج بفعل الاخلال بالتوازن الغازى الذى خلقت عليه الأرض وما تسبب فيه بالاخلال بميزانية الطاقة على سطح الأرض. ونالت هذه التغيرات المناخية الحديثة من الانسان فحين أصبح عاملاً مؤثراً فى المناخ – دون قصد – حدثت التغيرات المناخية وتعاظمت خسائره ومشكلاته وأصبح الانسان تابعاً لآثارها أيضا.

فعلاقة المناخ بالانسان هى علاقة المستقل بالتابع، ولهذا فدوماً يوجه الانسان خصائص وتفاصيل أنشطته بما يتناسب مع السيادة المناخية، فلازال الانسان لا يسكن ولا يزرع ولا يرعى ولا يصنع ولا يتاجر ولا يسيح فى الأرض إلا فى المناخ الأنسب لكل نشاط، وليس العكس، فالمناخ عامل بيئى حتمى يؤدى تجاهله الى خسارة وخراب ودمار، ويؤدى تفهمه وإدراكه والتجاوب معه إلى ربح ورخاء.

ولا تجد عمليات النشاط البشرى إلا التكيف مع المناخ السائد، فالمناخ عامل بيئى حتمى يحدد أنشطتنا على مستوى المكان والزمان، فالزراعة الكندية – على سبيل المثال – تتعطل تسعة أشهر تقريبا بسبب سقوط الجليد ولو توافرت الأراضى الكندية الخصبة فى نطاقات مناخية معتدلة، أو تحكم الانسان فى سقوط الجليد فمنعه أو أجل سقوطه عليها لكانت كفت سكان الأرض كلها من القمح. والصحارى المصريه – على سبيل المثال – لو كانت فى نطاقات مناخية رطبة أو تحكم الانسان فى سقوط المطر عليها لكان سكان مصر يتوزعون بين مشارقها ومغاربها وشمالها وجنوبها وينعمون بثرواتها وما تركزوا بجوار نهر النيل بكثافة هائلة فى نطاق ضيق محدود.

فالانسان اذن ينتفع بما هو متاح من خصائص مناخية فى بيئته، ويوجه أنشطته لكى تتناسب معها، دون أن يوجه المناخ لكى يتناسب مع أنشطته ورغباته، ومع ذلك فهو يبذل مجهوداً ضخماً للسيطره – ولو بمستوى ضئيل – على بعض عناصر المناخ، فيحاول بذر السحب Cloud Sedding لعله يزيد من محتواها المائى، ويجمد بعض الغازات لعله يقلل الملوثات الهوائية، فهو لا يمل كعادته ولا يعرف عقبى ذلك فى المستقبل.

ووجه الانسان أنشطته لكى تتفق والظروف المناخية السائدة، فاختار التركيب المحصولى ومواعيد زراعة المحاصيل تتناسب مع المناخ، واختار صناعاته وآلاتها ووسائل نقل الانتاج والسكان بما يتناسب مع المناخ، وصمم الشون والمخازن بما يتناسب مع المناخ، وصمم طرقه ومادة تمهيدها والمركبات التى تجرى عليها بما يتناسب مع المناخ، وصمم منتجعاته الترفيهية ومتنزهاته بما يتناسب مع المناخ، وحقق بذلك نجاحاً وربحاً، فبلا شك كلما توافق نوع النشاط البشرى مع المناخ الأنسب له كلما حقق هذا ربحاً ونهضة للانسان.

ومن هنا ظهر الجانب النفعى لعناصر المناخ، وتباينت القيمة الاقتصادية للنشاط البشرى تبعاً لتباين توزيع خصائص العوامل المناخية، فقد يزدهر نشاط فى نطاق ما بسبب توافقه مع الظروف المناخية السائدة، وقد يضمحل النشاط نفسه فى نطاق غير مناسب مناخياً أى لا يتوافق مع الظروف المناخية السائدة. إذن هناك مناخ أنسب بين النطاقات المناسبة وآخر غير مناسب، وبلا شك فإن أى سياسة اقتصادية ناجحة تهدف الى مزاولة النشاط الاقتصادى فى مناخه الأنسب، ويجب أن يوضع ذلك فى الاعتبار عند وضع سياسة التنمية الاقتصادية لأى إقليم على سطح الأرض.

وتعتمد الاستفادة القصوى من عناصر المناخ على ملاحظتها ملاحظة دقيقة ومستمرة، وكذلك تحتاج محاولات السيطرة على عناصر المناخ أو الحد من خطورتها ملاحظة دقيقة. وقد زادت فى الآونة الأخيرة تكنولوچيا الرصد الجوى واستخدم بجانب محطات الارصاد الجوية الأرضية الطائرات والأقمار

الاصطناعية فى ملاحظة عناصر المناخ وأصبح بالامكان الحصول على المعلومات الجوية بكل دقة وفى نطاقات متعددة وبخاصة الخالية من محطات الرصد الأرضى أو التى كان يتعذر الوصول إليها واقامة محطات الرصد فيها مثل النطاقات الجليدية، والبحار والمحيطات والسلاسل الجبلية والصحارى القاحلة وفوهات البراكين على سبيل المثال لا الحصر.

وأصبح يتوفر يومياً بل كل ساعة أو حتى كل لحظة نشرات وتقارير جوية دقيقة تصدرها مراكز الأرصاد الجوية المنتشرة فى جيمع أنحاء العالم تشرح وتحلل حالة الجو للعامة والمتخصصين لكى يستخلصوا منها أحوال الجو وعلاقاتها بالمتغيرات البيئية المحيطة، والتعرف على حالات الاستقرار وعدم الاستقرار فى الجو، وتنذرهم بمستوى خطورة الأحوال الجوية لكى يعدوا العدة لها قبل أن تطبق عليهم.

ويحتاج العامة والباحثون والمخططون التعرف على الأحوال الجوية، فالمناخ له علاقة بكل شئ، فبالنسبة للانسان فهو يسبب له الشعور بالراحة أو الارهاق، بالخمول أو النشاط، بالسعادة أو الاكتئاب، بالتوازن أو الاختلال، وجميعها تجتمع تحت صحة الانسان، وبالنسبة للنبات فهو يحدد مستوى سرعة النمو، الانبات، والاثمار والأزهار، وبالنسبة للحيوان فهو يؤثر فى التكاثر والنمو وصحة الحيوان، وبالتالى فهو يؤثر فى الأنشطة البشرية المعتمدة على ذلك.

فللمناخ إذن تأثير نفعي هام لا يمكن أن نتجاهله، أو يتجاهله المخططون عند وضعهم لخطط التنمية، بل يجب أن يوضع في الاعتبار عند إعداد أي دراسة بيئية هادفة، أو مشروع اقتصادي يهدف إلي تحقيق الربح والازدهار والتنمية.

والمناخ عامل مؤثر فى مختلف أوجه النشاط الاقتصادية وخير مثال على ذلك إقليم المناخ المعتدل الدافئ غرب القارات[1]، فيتوزع هذا الإقليم فى ستة

---

(١) يعرف أيضاً بأنه إقليم مناخ البحر المتوسط.

نطاقات أساسيه تنحصر فيما بين دائرتى عرض ٣٠° ، ٤٥ درجة شمالا وجنوباً على النحو التالى:

١- الساحل الجنوبى لأوروبا المطل على البحر المتوسط.

٢- الساحل الشمالى الغربى لأفريقيا المطل على البحر المتوسط.

٣- الساحل الجنوبى الغربى لأفريقيا (اقليم كيب تاون).

٤- الساحل الشرقى لحوض البحر المتوسط (غرب آسيا).

٥- السواحل الغربية من استراليا.

٦- سواحل شيلى بأمريكا الجنوبية.

يسود هذه الاقاليم مناخ حار جاف صيفاً دافئ ممطر شتاءً، وتسود الاقليم تربة سوداء خصبة غنية بالمواد العضوية والمعدنية، ويسود النمط النباتى الطبيعى الحشائش المعتدلة اللينة التى تناسب حرفة رعى الأبقار والجاموس للحومها وألبانها والأغنام لأصوافها، وقد ازيلت بعض نطاقاتها وحلت محلها زراعة القمح أو الفاكهة من الرمان والتين والزيتون والموالح والخوخ والمشمش والتفاح والكروم ونخيل البلح وغيرها. وكانت المحصلة أن معظم الاقاليم الواقعة داخل هذا النطاق المناخى تشتهر بانتاج وتصدير القمح واللحوم والألبان والصوف والفاكهة. وارتفع الدخل القومى لها وارتفع نصيب الفرد من الدخل القومى فيها، وزاد أمد الحياه بها بالمقارنة بالاقاليم المناخية الحارة المدارية والاستوائية، فمن المعروف أن ارتفاع الحرارة والرطوبة النسبية فى الاقاليم الحارة الرطبة يضعف الطاقة الذهنية ويقلل من قدرة الانسان على العمل ويساعد على انتشار الأمراض والأوبئة.

ولا يشعر الانسان بدرجة الحرارة كما يسجلها الترمومتر، وإنما يشعر بدرجة الحرارة مقترنة بالرطوبة النسبية، اذ تنخفض قدرته على تحمل درجة الحرارة حينما يقترن ارتفاعها بارتفاع الرطوبة النسبية، وتزداد قدرته على تحمل درجة الحرارة فى حالة الهواء الجاف. وتعددت الآراء حول الجو المناسب لراحة

الانسان وزيادة قدرته على العمل، فهناك من يرى أن الشعور بالراحة وازدهار القدرة على العمل يكون عندما تبلغ درجة الحرارة ٢٠°م وتقترن برطوبة نسبية تبلغ ٧٠٪، وآخر يرى أن الشعور بالراحة والنشاط يكون عند درجة ٣٠° ورطوبة نسبية ٥٠٪، والواضح أن الشعور بالراحة والنشاط يكون عندما يقترن الانخفاض فى درجة الحرارة مع الارتفاع فى الرطوبة النسبية، أو ارتفاع درجة الحرارة مع انخفاض الرطوبة النسبية. ولهذا يتدخل المناخ فى تحديد قدرة الانسان على العمل والنشاط والابتكار.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال الزراعي

يعد الضوء أحد العوامل الرئيسية ذات التأثير المباشر فى الانتاج الزراعى حيث يشكل المصدر الرئيسى للطاقة التى يحتاجها النبات لاتمام عملية النمو، ويتحدد طول النهار تبعاً لمدة دوام الشمس فى المكان، ويؤثر تكاثف السحب فى مدة سطوع الشمس خلال فترة النهار فقد يكون النهار قصيراً أو طويلاً والشمس غير ساطعة لعدة ساعات، فنهار طويل ملبد بالغيوم يعنى أن درجة سطوع الشمس أقل ما يمكن، بينما نهار قصير بدون سحب يعنى زيادة ساعات سطوع الشمس أو درجة سطوع أكبر.

ويؤثر كل من طول النهار ومدة سطوع الشمس فى نمو المحاصيل، فترتبط عملية التمثيل الضوئى بطول النهار التى تحدد طول فترة النمو الخضرى للنبات، فى حين ترتبط بعض صفات المحاصيل بمدة سطوع الشمس. فعلى سبيل المثال يزداد طول تيلة القطن وتزداد مقاومته للملوحة بزيادة ساعات سطوع الشمس، ويزداد تكون فيتامين ج فى الطماطم بزيادة ساعات سطوع الشمس على المحصول.

وتؤثر درجة الحرارة تأثيراً مباشراً فى الحياة النباتية على سطح الأرض، فهى عنصر هام يحدد التوزيع المكانى والزمانى للمحاصيل، ونمو مجموعها الخضرى، ومستوى انتاجية الأرض منها، ويعنى ذلك أنها عنصر هام يجب

وضعه فى الاعتبار عند وضع سياسة محصولية ملائمة للظروف المناخية السائدة. وتشكل درجة الحرارة عاملاً هاماً محدداً لموسم النمو الزراعى وتحديد مواعيد زراعة المحاصيل منذ وقت البذر الى وقت الحصاد، وتتوقف انتاجية الأرض الزراعية من المحاصيل المختلفة على مدى سيادة درجات الحرارة المثلى لزراعة كل منها خلال موسم النمو الزراعى، فتتسبب الانحرافات فى درجة الحرارة – الموجبة أو السالبة – عن المعدلات المثلى للنمو فى انخفاض انتاجية المحصول المزروع. فعلى سبيل المثال تتوقف الساق الرئيسية لشجرة القطن عن النمو اذا ارتفعت درجة الحرارة الى أكثر من ٣٧°م ولو لفترة قصيرة تبلغ ٢٤ ساعة، ويضعف نمو محصول الطماطم ويقل الاثمار اذا ما تعرض لدرجات حرارة أقل من ٢٠° م، ويتوقف نمو جذور أشجار الموالح عند تعرضها لدرجات حرارة أقل من ١٢°م وتدخل فى دورة سكون تزول بعد ارتفاع درجة الحرارة عن هذه الدرجة.

وللرياح تأثير مباشر فى عمليات زراعة المحاصيل، فالزراعة تتأثر باتجاه الرياح وسرعتها، فهبوب الرياح الجافة الآتية من الصحراء يزيد من عملية التبخر مما يؤثر فى زيادة الفاقد من مياه الرى ورطوبة التربة وترسيب الغبار والرمال فى التربة وفوق أوراق وأغصان المحاصيل الزراعية مما يتطلب زيادة الجهد فى الخدمة الزراعية، كما يؤثر هبوب الرياح شديدة السرعة على بعض المحاصيل فتتأثر الذرة مثلاً بالرياح الشديدة حيث تتساقط السيقان المحملة بالثمار مما يؤدى إلى تلفها، كما أن لها آثار سيئة على محصول العنب، فتتسبب الرياح الشديدة فى تكسر أفرعها الحديثة وتسقط الأزهار فتنخفض انتاجيه المحصول، وتؤدى أيضا الى سقوط الأوراق والأزهار والثمار وجرح الكثير من الثمار على الأغصان نتيجة تصادمها مع الأفرع، وتتسبب الرياح الحارة فى سرعة النتح وسحب الاشجار للماء من الثمار التى تصاب بالجفاف مما يسهل عملية انفصالها عن الشجرة وتساقطها على الأرض.

وتؤثر الرطوبة النسبية فى نمو المحاصيل عن طريق تأثيرها المباشر فى عملية النتح التى يحتاج اليها النبات، وتتأثر الرطوبة النسبية بدرجة حرارة الهواء فانخفاض درجة حرارة الهواء مع ارتفاع نسبة الرطوبة يقلل من الأثر الضار للبرودة، أما نقص وزيادة الرطوبة طردياً مع انخفاض وارتفاع درجة الحرارة فيؤثر تأثيراً ضاراً على المحاصيل وبخاصة فى طور الازهار والاثمار، وغالباً ما يتحدد نمو المحاصيل من عدمه بكمية المياه التى تفقدها.

وتعد عملية التبخر من الأهمية بمكان حيث تفرض تأثيرها الواضح عند حساب الاحتياجات المائية للأراضى الزراعية، فعند تحديد الاحتياجات المائية للأراضى الزراعية يضاف اليها كمية المياه المفقودة بالتبخر من قنوات الرى والأرض الزراعية لتعويض الأراضى الزراعية ما فقدته من مياه بالتبخر وضمان وصول كميات المياه اللازمة للرى.

وتؤثر معدلات التبخر فى اختيار طرق الرى المتبعة فمنها ما يروى بالغمر، أو الرش أو التنقيط وتعد الأخيرة الأنسب للمحاصيل الشجرية فى النطاقات التى ترتفع فيها معدلات التبخر.

وتظهر أهمية الأمطارفى النطاقات الزراعية التى لا يصل إليها مياه الانهار أو الخالية من المياه الجوفية، وتسمى نطاقات الزراعة المطرية، وتحدد كمية وطول موسم الامطار طول موسم النمو الزراعى، والمساحة المزروعة.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال الصناعي

يعد المناخ أحد الضوابط البيئية التى توضع فى الاعتبار عند تحديد مواقع الصناعة وبخاصة اذا كانت الصناعة تقع بجوار المدن أو الأراضى الزراعية، فيجب أن يراعى أن يكون موقع المصنع موقعاً هامشياً بالنسبة للنطاقات السكنية أو الزراعية وأن يكون المصنع فى موضع تأخذ فيه الرياح السائدة معها الملوثات والأدخنة بعيداً عن النطاقات السكنية والزراعية.

وحتى عهد قريب كانت بعض الصناعات يتحدد موقعها وفق نوع المناخ السائد حيث تؤثر الأحوال الجوية فى سير عمليات الصناعة ومراحلها وذلك قبل

أن يشهد مجال الصناعة التقدم الكبير فى وسائل التدفئه والتبريد، فكانت صناعة الغزل والنسيج تحتاج إلى مناخات رطبة حتى لا تتقصف تيلة القطن خلال مراحل تصنيعها، وكانت صناعة تجفيف الفاكهة تحتاج إلى مناخ مشمس جاف يستخدم فى تجفيف الفاكهة، ولكن فى الوقت الحاضر تقدمت الصناعة ووسائل التدفئة والتبريد بداخلها بل أمكن التحكم فى الجو داخل المنشآت الصناعية حسب حاجة كل صناعة ولم يعد المناخ عامل يؤثر فى التوطن الصناعى.

وفى الاقاليم التى يسود فيها الاعاصير المدارية القوية تحتاج المبانى الصناعية الى هياكل تثبيتية لحماية المنشآت الصناعية ومقاومتها للرياح الشديدة القوية.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال التعديني

يؤثر المناخ فى عمليات استخراج الخامات المعدنية ونقلها وبخاصة اذا كانت حرفة التعدين تمارس فى نطاقات متطرفة مناخياً مثل الاقاليم الباردة والاقاليم الحارة. ففى المناطق الباردة يكون من الضرورى تدفئة مواقع العمل ومساكن العاملين وإذا انخفضت درجة الحرارة الى دون الصفر يكون من الصعب استمرار النشاط التعدينى، وفى المناطق الحارة وبخاصة الصحارى الجافة يكون من الضرورى توفير المياه العذبة والغذاء وطرق النقل والمواصلات، وفى الحالتين يرفع ذلك من تكاليف الانتاج.

وفى حالة نقل الخامات من مناطق الانتاج (المناجم) الى مناطق الصناعة عن طريق الانهار أو المسطحات المائية المالحة فإن انخفاض درجة الحرارة الى دون الصفر يجمد تلك المسطحات المائية وتتوقف عمليات شحن الخامات ويتم الاعتماد على طرق أخرى مثل الطرق البرية أو السكك الحديدية بتكاليف اكثر من النقل المائى مما يرفع من تكاليف الانتاج ومن سعر الخامات. فعلى سبيل المثال ينقل الحديد الخام الذى يعدن فى السويد من البحر البلطى غرب أوروبا، وفى فصل الشتاء عندما يتجمد البحر البلطى ينقل الخام عبر الأراضى السويدية عن طريق السكك الحديدية من مناطق التعدين عابراً الأراضى

النرويجية الى ميناء نارفيك النرويجى على ساحل المحيط الاطلسى وعلى الرغم من وقوعه فى عروض أعلى بالمقارنة مع الموقع الفلكى للبحر البلطى إلا أن المياه على المحيط الاطلسى هنا تكون فى حالة سائلة بسبب مرور تيار الخليج الدافئ بجوارها الذى يرفع من درجة حرارة المياه بما يحول من تجمدها، وبالتالى يتم تصدير خام الحديد السويدى من ميناء نارفيك النرويجى الى جميع جهات العالم، وينتج عن ذلك ارتفاع تكاليف النقل والشحن بسبب نقل الخامات من دولة الى أخرى غير دولة المنشأ.

أثر المناخ والانتفاع به في مجال النقل والمواصلات

يراعى عند وضع أى نظام من أنظمة النقل أن يكون متوافقاً مع الظروف المناخية السائدة، فالأحوال الجوية تؤثر فى جميع صور النقل (الجوى – المائى – والبرى سواء كان على الطرق أو بالسكك الحديدية) وما يرتبط بها من توزيع الطرق ومسار كل طريق، خصائصه المكانية والزمانية، ودرجة الأمان عليه، والحمولة المناسبة، والخدمات المناسبة له. كما يؤدى انحراف حالة الجو عن المعدلات الطبيعية له الى انخفاض درجة الأمان على الطرق وحدوث الحوادث وتعطيل حركة النقل والمواصلات والشحن والتفريغ مما يؤثر سلباً فى الأنشطة الاقتصادية. ولذلك يجب أن تتوافر المعلومات عن حالة الجو على الطرق بأنواعها حتى تؤخذ فى الاعتبار عند تحديد موعد الانطلاق والمسار الأنسب وزمن الرحلة واحتياطات السلامة والامان.

فبالنسبة **للنقل الجوي** فان كل مطارات العالم تشتمل على مركز من مراكز الأرصاد الجوية لكى تمد فريق الملاحة بنشرة جوية مفصلة ودقيقة عن حالة الطقس وقت الاقلاع، وقيم عناصر الجو على طول امتداد خط الطيران، وحالة الطقس وقت الهبوط، فإن معلومات مدى الرؤية فى محيط المطار، ودرجة الحرارة، واتجاه الرياح تعد من أهم المعلومات وقت الاقلاع والهبوط، ومعلومات الضغط الجوى والرياح والأعاصير تعد من أهم المعلومات اثناء سير الرحلة.

وفى البداية يعتمد اختيار موقع المطار بشكل أساسى على الظروف المناخية السائدة بالمكان، لذا يحتاج ذلك الى دراسات مناخية لعناصر درجة الحرارة، مدى للرؤية، أنظمة الرياح الدائمة أو الموسمية أو المحلية، تكاثف الضباب والسحب، حتى يتم اختيار الموضع المناسب لهبوط وصعود الطائرات والشكل الهندسى لمبنى المطار، واتجاهات الممرات، وجداول الرحلات واتجاهاتها.

فدرجة حرارة الهواء وتأثيرها على درجة حرارة ممر الطيران تؤثر فى معامل احتكاك عجلات الطائرة مع الممر ولذلك تستخدم فى حساب مدة صلاحية العجلات وفى تحديد الحمولة المناسبة للطائرة، كما تؤثر درجة حرارة الهواء أيضا فى كفاءة المحرك النفاث للطائرة التى تنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة فى محيط المحرك.

وتؤثر سرعة واتجاه الرياح فى تحديد ممرات الطيران، فعمليتى الاقلاع والهبوط تعتمدان بشكل أساسى على سرعة واتجاه الرياح، كما تعد الرياح عاملاً محدداً لسرعة الطائرة أثناء رحلة الطيران وبالتالى زمن الرحلة وموعد وصولها، كما أن اتجاه خط الطيران وارتفاع الطيران يتعدلان فصلياً ليتوافقا مع التغير الفصلى فى الضغط الجوى ونظم الرياح التابعة له الناتج بفعل التغير الفصلى لموقع تعامد الشمس على دوائر العرض، كما أن التغير الرأسى فى سرعة الرياح تؤثر على الطيران العمودى (بالطوافات العمودية).

ويتسبب تباين الضغط الجوى خلال رحلة الطيران فى تكون ما يعرف بالمطبات الهوائية التى تشكل ازعاجاً للمسافرين وأحياناً خطراً على الملاحة الجوية بشكل عام، كما يتطلب ذلك من فريق الملاحة الجوية تغيير قيمة الضغط الجوى داخل كابينة الطائرة لكى تتعادل مع قيمته المرصودة وقت الطيران عند مستوى سطح البحر ليحافظ على حياة الركاب، وعلى هيكل الطائرة من التفكك أو الانفجار. فالضغط الجوى ينظم عملية التنفس لدى الكائنات الحية، ويحفظ تماسك الأجسام بأنواعها، ولأن الضغط الجوى ينخفض بالارتفاع بعيداً عن سطح البحر فعلى الملاح أن يقوم بزيادة الضغط الجوى تدريجيا منذ لحظة

الاقلاع لتعويض الانخفاض الذى يحدث له بسبب ارتفاع الطائرة بعيداً عن سطح الأرض ولكى يتعادل مع قيمته عند مستوى سطح البحر، ويحدث العكس أثناء الهبوط حيث يتم خفض الضغط الجوى داخل الطائرة تدريجيا لتعويض الارتفاع الذى يحدث له بسبب انخفاض الطائرة واقترابها من سطح الأرض لكى يتعادل دائماً مع قيمته عن مستوى سطح البحر.

ويتسبب اختراق الطائرة للسحب والأعاصير الصغيرة فى ازعاج وعدم راحة المسافرين فيصابوا بالإعياء وشعورهم بأن الطائرة أصبحت خارج نطاق السيطرة، ولهذا يجب تفادى الدخول فى التكاثف الشديد للسحب فى نطاق الاعصار لتفادى الاصابة بعاصفة رعدية.

ويتسبب حدوث الضباب فى محيط المطار وعلى ممرات المطار فى انعدام الرؤية أثناء الهبوط أو الاقلاع وغالداً ما يتسبب ذلك فى تأخير موعد الاقلاع أو الوصول، وتستخدم مصابيح قوية مثبتة على الممرات فى الاضاءة لوضوح الرؤية وتشتت الضباب ويستخدم أحياناً محركات قوية ترفع من حرارة الهواء على الممرات مما يساعد على تشتت الضباب.

ويتسبب سقوط الثلج على ممرات المطار فى انعدام وزن الطائرة أثناء ملامستها للممر وانزلاقها ويتم ضخ أو رش المياه الساخنة على الممرات باستمرار لتذويب الثلوج وجعل الممرات خالية من الثلج.

ويدل العرض السابق على أن معلومات حالة الجو لازمة للملاحة الجوية وهى عصب هذه الملاحة فمن المستحيل أن نتجاهل أحوال الجو الذى نسير فيه، ومعلومات الأرصاد الجوية لازمة لارشاد الطائرات وزيادة الأمان فى كل مرحلة من مراحل رحلة الطيران.

أما النقل المائي فيتأثر بأحوال الطقس فى جميع مراحل الرحلة البحرية، فتتأثر كتلة المياه بحركة الأمواج التى تدفعها الرياح مباشرة، وحركة التيارات البحرية التى تمثل الرياح الدائمة أحد القوى التى تؤثر فى حركتها واتجاهاتها، وفى محيط الميناء يتم بناء حواجز الأمواج حتى ترتطم بها الأمواج العاتية على

بعد بضعة كيلو مترات قبل وصولها الى أرصفة الميناء حتى ينخفض ارتفاع الأمواج ويزداد هدوؤها أثناء دخول السفينة الى رصيف الميناء، وحتى تتم عملية الشحن والتفريغ والسفينه فى حالة ثبات تقريباً.

أما خلال رحلة السفينة فإن، سرعة السفينة تتناسب عكسياً مع ارتفاع الأمواج وسرعة الرياح، وتشكل الرياح العاصفة التى تسبب أمواج عالية خطراً على الملاحة البحرية بسبب ارتطامها بالسفينة ودفعها للسفينة خارج خط الملاحة، وتشكل الاعاصير المدارية بالمحيطين الهادى والأطلسى خطراً كبيراً على الملاحة حيث تتسبب شده الرياح فى تغيير مسار السفينة – بغض النظر عن حجمها – أو فقدها ويعد التحذير من حدوث الاعاصير وسرعة دورانها وحركاتها من قبل مراكز الارصاد الجوية عاملاً أساسياً لنجاح الملاحة فى تلك الاقاليم، كما يمثل الضباب أحد مخاطر الملاحة البحرية حيث ينخفض معه مدى الرؤية أو تنعدم تماماً مما يؤدى الى تصادم السفن ببعضها داخل خط الملاحة أو بحواجز وأرصفة الميناء أثناء دخول السفينة للميناء.

ويشكل انخفاض درجة الحرارة الى دون الصفر فى بعض أوقات السنة إلى تجمد المياه بالأنهار والمحيطات وإعاقة الملاحة بداخلها، ويعد التحذير من تجمد المياه عن طريق النشرة الجوية أمراً هاماً لتجنب السير فى اتجاهات الملاحة المتجمدة وتحويل مسار السفينه الى اتجاهات أخرى، أو استخدام سفن محطمات الجليد وهذه السفن يوجد بمقدمتها محطم جليد يفتح لها الطريق أثناء السير ويؤدى استخدامها الى انخفاض سرعة السفينة وزيادة زمن الرحلة، وانخفاض حمولة السفينة، مما يرفع من تكاليف النقل والشحن للحمولة المنقولة.

ويعد البحر البلطى، ونهر سانت لورنس، ونطاق جزر الارخبيل الكندى من اكثر خطوط الملاحة البحرية التى تتعرض للتجمد فى فصل الشتاء مما يرفع تكاليف النقل والشحن ويعوق عمل الموانى، ويؤدى للاعتماد على خطوط السكك الحديدية فى النقل والشحن أو تعطيل حركة الملاحة البحرية فى فصل الشتاء من كل عام.

وتشكل حوادث النقل البحرى بسبب سوء الأحوال الجوية مظهراً متكرراً وشائعاً فى جميع النطاقات البحرية على مستوى العالم، وذلك على مستوى القوارب الصغيرة أو السفن كبيرة الحجم، ويقدر عدد الموتى والمفقودين فى حوادث النقل بما يعادل عدد الموتى والمفقودين فى الحروب العالمية والاقليمية التى تعرض لها العالم، وهو ما يعكس الحجم الكبير للخسائر البشرية من جراء سوء الأحوال الجوية التى تواجه الملاحة البحرية، وتعكس أهمية صدور نشرات جوية دقيقة مستمرة خلال رحلة الملاحة البحرية للتحذير من الاخطار الجوية التى يمكن أن تواجه الرحلة.

أما بالنسبة **للنقل البري** فهو ينقسم الى النقل على الطرق، والنقل بالسكك الحديدية، وكلاهما يتأثر بشكل مباشر بحالة الطقس، فالطقس الجيد يساعد على زيادة استخدام الطرق ويقلل من الاعتماد على السكك الحديدية والعكس صحيح. فيمكن أن يعوق الطقس السئ السير على الطرق فى حالة انخفاض مدى الرؤية، أو سقوط الأمطار، أو سقوط الثلج، أو زيادة سرعة الرياح، وهى أخطار – عدا انخفاض مدى الرؤية – لا تؤثر على حركة السكك الحديدية التى تعتمد على السير فوق القضبان الحديدية فى مسارات محددة معزوله لا يتداخل معها أى حركة من حركات السير الأخرى.

ولقد تطورت **السكك الحديدية** فى الوقت الحاضر تطوراً كبيراً وتزايدت خطوطها ودرجة الأمان والسلامة عليها وتزايدت سرعتها وأصبحت تربط بين الدول بالاضافة الى ربطها نطاقات وأقاليم الدولة الواحدة، وهى بالاضافة الى كونها طرق أساسية يعتمد عليها الأفراد والأنشطة الاقتصادية بالدولة الواحدة أو بالدول المتجاورة إلا أن حركة النقل والمواصلات تزيد عليها وتتعاظم عندما يصبح الطقس سيئاً غير مناسب لاشكال النقل الأخرى وبخاصة على الطرق البرية والجوية حين يفضل المسافرون استخدامها تجنباً لمخاطر السفر على الطرق البرية والجوية.

ويمثل انخفاض مدى الرؤية وسقوط الثلوج وتراكمها فوق القضبان

الحديدية، وهبوب العواصف وبخاصة الرملية وترسب الرمال وتراكمها فوق القضبان الحديدية، أهم العوامل الجوية التى تعوق حركة النقل بالسكك الحديدية وتتسبب فى تعطيلها وارتباك جداول رحلاتها. كما يؤدى الارتفاع أو الانخفاض الشديد لدرجة الحرارة، واندفاع مياه السيول والفيضانات الى تخريب نظم النقل بالسكك الحديدية، وفى هذه الحالة تحتاج الى عمليات صيانة مستمرة لتحقيق السلامة والأمان بها.

ويشكل النقل بالطرق اكثر أشكال النقل المستخدمة فى العالم على الرغم من انخفاض حمولة المركبة التى تسير عليها بالمقارنة بوسائل النقل الأخرى، وتتأثر حركة النقل على الطرق بالأحوال الجوية بشكل مباشر بدءً بالمادة التى يصنع منها الطريق التى يجب أن تتناسب مع المعدلات السائدة لدرجة الحرارة، والتغير الفصلى لها، ففى الاقاليم الباردة جداً التى تتعرض لسقوط الثلوج خلال الفصل البارد يتم تمهيد الطرق بخلطة أسمنتية بدلاً من استخدام القار الذى يتعرض للتشقق والانكماش والتصدع بعد ذوبان الجليد وارتفاع درجة الحرارة بالفعل الميكانيكى، كما تستخدم جذوع الأشجار المنشورة والمتراصة فى تمهيد الطرق وهى طرق آمنة جداً خلال موسم سقوط الثلوج وبعد ذوبان الجليد.

ويؤثر الصيف الحار فى لزوجة الطرق الأسفلتية المصنوعة من القار حيث يؤدى ارتفاع درجة الحرارة الى انصهار القار مما يعرض المركبات لخطر الانزلاق ويؤدى الى تلف الطريق وانبعاجه وظهور المقبات التى يمكن أن تصطدم بها المركبات مما يشكل خطورة عليها ويعرضها للتلف والانقلاب.

ويتسبب سقوط المطر واختلاط المياه الراكدة أو الجارية على الطرق بالرمال والاتربة فى تكون الوحل مما يساعد على انزلاق السيارات وانحرافها عن مسار الطريق، كما تتلف المياه المادة التى تم تمهيد الطريق بها بواسطة الاذابة ويؤدى ذلك الى تفكك جزئياتها وبالتالى تظهر الحفر التى سرعان ما تتسع مع استمرار سقوط الأمطار واصطدام إطارات السيارات بها مما يتسبب فى تلف المركبات وانقلابها.

ويؤدى انخفاض مدى الرؤية على الطرق بسبب حدوث الضباب أو الشابورة الى تعرض المركبات للتصادم وحدوث الحوادث على الطرق السريعة بشكل خاص، كما يؤدى زيادة ميل أشعة الشمس الساقطة على سطح الأرض وقت شروق الشمس وبعده بفترة قصيرة، وكذلك قبل غروب الشمس بفترة قصيرة الى حدوث الوهج أودخول أشعة الشمس الى داخل العين مباشرة فيؤذى العين ويؤثر على كفاءة سائق المركبة، ويعد استخدام زجاج سيارات أخضر أو وردى اللون بمثابة مرشح يمتص هذا الوهج الاشعاعى الذى يزداد وميضه وتلألؤه فى حالة سقوط الأمطار أو جريان المياه عند ذوبان الجليد على سطح الأرض.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال العمراني

حاول الانسان منذ بداية الخلق أن يجد لنفسه مأوى يحميه من تقلبات الجو، فسكن الانسان الأول الكهوف ثم فكر فى بناء هياكل من تصميمه تقوم بدور الحماية التى كانت توفرها الكهوف، ومع تقدم مهارة الانسان وتطور أفكاره واساليبه أخذت تلك الهياكل أشكالاً لها فراغات داخلية وغرف مستقلة يزاول فيها أنشطته بداخلها ويستخدمها لايواء أفراد عائلته، فأصبح هذا المأوى يعرف بالمسكن، وحاول الانسان أن يكون مسكنه مريح وارتبطت حالة الراحة بالرضا عن البيئة الحرارية المحيطة.

ويعد توفير درجة الحرارة الباعثة للراحة أول ما يوضع فى الاعتبار عند تصميم المسكن أو المبنى السكنى، ويعتمد ذلك على نوع مادة البناء وتصميم المسكن واتجاهه ومواقع فتحاته واتجاهاتها. ويأتى بعد ذلك حماية المنزل من مخاطر التعرض للرياح الشديدة وبخار الماء فى الجو ومياه الأمطار والثلوج، فحاول الانسان تثبيت المسكن وتدعيمه ليقاوم الرياح الشديدة، واستخدم مواد بناء مقاومة للرطوبة الجوية ومياه الأمطار، وصمم الأسقف مائلة ليسهل تصريف مياه الأمطار أو الثلوج المتساقطة.

ويستخدم الانسان مادة البناء المتاحة فى بيئته، فيشكل كل من الطمى، الطين، الطوب الطينى المحروق، والطوب الطفلى، الطوب الجيرى، الطوب الرملى، الطوب الأسمنتى، والخرسانة المسلحة، مواد البناء الأساسية فى الأقاليم التى يتوافر بها مصادر تلك المواد من صخور ورواسب، وتشكل الأخشاب مادة البناء الأساسية فى الاقاليم التى يتوفر بها الغابات.

وتتأثر درجة الحرارة داخل المسكن بمادة البناء المستخدمة فى بناء الحوائط والأسقف والأرضيات، فيعد كل من الطمى والطين والطفل والأخشاب مواد عازلة للحرارة ينخفض معدل التوصيل الحرارى بها، فتوفر عزلاً حرارياً طبيعياً للمسكن يحميه من ارتفاع درجة الحرارة فى الفصل الحار فتكون درجة الحرارة داخل المسكن – المبنى بإحدى تلك المواد – أقل من درجة الحرارة خارج المسكن، وتحميه من انخفاض درجة الحرارة فى الفصل البارد فتكون درجة الحرارة داخل المسكن أعلى من درجة الحرارة خارجه. أما فى حالة استخدام مواد بناء من الحجر الجيرى أو الرملى أو الأسمنتى فهى مواد يرتفع فيها معدل التوصيل الحرارى وبخاصة الطوب الاسمنتى وبالتالى تكون أقل عزلاً لدرجة الحرارة داخل المسكن عن ما هو بخارجه، وفى حالة استخدام الطوب الأسمنتى الذى يتسم بكونه أعلى مواد البناء المذكوره فى معدل التوصيل الحرارى ففى فصل الصيف تكون درجة الحراره داخل المسكن أعلى من درجة الحرارة خارجه، وفى فصل الشتاء تكون درجة الحراره داخل المسكن أدنى من درجة الحرارة خارجه.

وتتأثر مواد البناء المذكورة بالرطوبة الجوية – نسبة بخار الماء فى الهواء – فتشكل الطمى والطين والطفل والأخشاب مواد قوية تتحمل الرطوبة الجوية ولا تتفاعل معها بسهولة، أما الحجر الجيرى والرملى فهى مواد ضعيفة أمام الرطوبة الجوية وتتفاعل معها فتذيبها وتفتتها.

ويتناسب نمط المسكن مع الأحوال الجوية ففى الاقاليم الحارة يشتمل المسكن الريفى على الحوش الداخلى لكى يوفر التهوية الداخلية للمسكن ويقلل

من احتباس الطاقة الحرارية بداخله، وفى المدن يشتمل المسكن على التراس المطل على الشارع وتتعدد نوافذه الكبيرة، ويضم المبنى فتحات رأسية داخلية تكون مظللة ومحمية من الشمس. وتصمم النوافذ الداخلية مطلة عليها فتوفر التهوية ولأنها مظللة بالمقارنة بالنوافذ الموجودة على الشوارع والطرق فتكون درجة حرارة الهواء فيها أقل من الشوارع وبالتالى تشكل نطاقات محلية من الضغط المرتفع يندفع منها الهواء ماراً داخل المسكن متجهاً نحو النوافذ المطلة على الشارع الأعلى فى درجة الحرارة والأقل فى قيمة الضغط الجوى مما يوفر تياراً هوائياً بارداً داخل المسكن يخفض من درجة حرارته أثناء الفصل الحار.

أما فى المناطق الباردة فيكون طراز المبنى خالياً من الفتحات الكثيرة أو الواسعة أو المكشوفة، وتتميز بوجود نوافذ زجاجية تسمح بدخول أشعة الشمس بشكل كبير داخل المبنى والاستفادة من احتباس الأشعة الحرارية التى تنفذ من خلالها ولا يسمح الزجاج بعودتها إلى خارج المسكن مرة أخرى، فترفع من درجة الحرارة إلى حد ما. كما تبطن الجدران بمواد عازلة لا تسمح بتسرب البرودة من خلالها إلى داخل المبنى ولا تسمح بتسرب التدفئة الداخلية إلى خارج المبنى.

وتتأثر خطة المدينة واتساع شوارعها وارتفاع مبانيها بزاوية سقوط الشمس فيتناسب إتساع الشوارع طردياً مع زاوية سقوط الشمس على درجة عرض المدنية لكى تصل أشعة الشمس الى أكبر مساحة ممكنه من الشوارع مما يوفر الاضاءة المناسبة، كذلك يتأثر تدفق الطاقة الحرارية داخل المدينة بمدى اتساع شوارعها وارتفاع مبانيها وأشكالها الهندسية فيقل ضيق الشوارع وارتفاع مبانيها من تسرب الاشعاع الحرارى نحو الفضاء مما يتسبب فى ارتفاع درجة حرارة النطاقات كثيفة المبانى وبخاصة فى قلب المدينة بالمقارنة بهوامشها.

وتتباين نسبة الألبيدو داخل المدن تبعاً لمادة الطلاء المستخدمة فى طلاء المبانى فكلما كان اللون داكناً كلما انخفضت نسبة الألبيدو، والعكس صحيح. وتتأثر حركة الهواء وتدفقه داخل المدن بخطة المدينة حيث تشكل المبانى

وارتفاعاتها المطلة على السواحل – فى المدن الساحلية – حاجزاً يمنع وصول نسيم البحر الى النطاقات الداخلية من المدينة، وتعوق الانسياب الطبيعى للرياح وتوزيع بخار الماء. وفى المدن بشكل عام تؤثر حركة الهواء وتدفقه على توزيع درجة الحرارة وبخار الماء والملوثات والمواد العالقة والروائح بين نطاقاتها.

أثر المناخ والأنتفاع به في المجال السياحي

يشكل المناخ المستقر أحد عوامل الجذب السياحى فى الأقاليم السياحية، ولذلك فهو يوضع فى الاعتبار عند اختيار مواقع المنتجعات والقرى والمنشآت السياحيه حتى يتحقق اكبر قدر من الاستجمام والتمتع. كما يوضع فى الاعتبار عند تحديد الشكل الهندسى لتلك المنشآت، فدائما ما تكون ذات تصميم مميز جميل ومبتكر متوافق مع اتجاه أشعة الشمس ولها فتحات ومساحات مكشوفة تحقق التمتع بالمناظر الخلابة ونسيم الهواء.

ويعتمد تحديد الأنشطة السياحية الترويحية والترفيهية على نوع المناخ السائد فى الأقاليم السياحية مثل نطاقات الغابات، والسفوح الجبلية، والبحيرات العذبة، والسواحل البحرية، فالمناخات المستقرة التى ينخفض فيها عدد الأيام التى تنحرف فيها خصائص عناصر المناخ عن معدلاتها الطبيعية الهادئة تشكل مناطق انتعاش سياحى نتيجة لاستقرار الطقس وعدم تعرض منشآتها ومرافقها وخدماتها لأخطار الانحراف المناخى.

وعلى النقيض من ذلك تعد الاقاليم المناخية المتطرفة التى تتسم بهبوب الرياح الشديدة والامطار الغزيرة والثلوج وما يتبع ذلك من تدمير المنشآت السياحية والطرق المؤدية إليها وقطع خطوط الاتصال والكهرباء وحدوث الانهيارات الجليدية – تعتبر هذه الاقاليم طاردة للنشاط السياحى بسبب الأخطار التى يتعرض لها هذا النشاط.

وترتبط رياضات التزحلق على الجليد بموسم سقوط الثلج وتجمد البحيرات فى الفصل البارد بالعروض العليا، أو فوق قمم الجبال بها، وترتبط رياضة

الاستحمام بالفصل الحار، والرياضات البحرية مثل الغوص، صيد الاسماك وسباق اليخوت باستقرار الطقس واعتدال الحرارة، ورياضات التزحلق على المياه، وسباق القوارب الشراعية بهبوب الرياح القوية.

فالمناخ إذن عصب النشاط السياحى الترفيهى والترويحى والرياضى، فلكل نشاط سياحى مناخاً مناسباً له، وهو يشكل مورداً طبيعياً يسهل استغلاله والتكيف معه مما يعود بالنفع والربح على المنشآت السياحية.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال التجاري

يرصد المتعاملين بالبورصات – أسواق المال – العالمية الأحوال المناخية السائدة فى الأقاليم المنتجة للحاصلات الزراعية، ويدرسون التقلبات المناخية المتوقعة فيها والآثار المتوقعة لها وما سوف ينعكس عليها من قرارات فى الأسواق الزراعية من حيث ارتفاع أو انخفاض المعروض منها والطلب عليها.

خصصت قطاعات زراعية اقتصادية عالمية عديدة معامل مناخية لتحليل الطقس والمناخ وإصدار نشرات التوقع بالطقس فى مناطق إنتاج المحاصيل الحقلية مثل الحبوب الغذائية وعلى رأسها القمح، ومحاصيل الفاكهة مثل الموز، ومحاصيل حقلية أخرى مثل القطن، الكاكاو، البن وهى من أكثر المحاصيل التى يتأثر إنتاجها بأحوال الطقس والمناخ السائدة فى أقاليم إنتاجها، وذلك لكى يتوقعوا مستوى تأثير استقرار أو عدم استقرار الأحوال الجوية فى الأقاليم الزراعية المنتجة لها وما سوف ينعكس على ذلك من كمية الإنتاج المعروضة من تلك المحاصيل، وهو ما يشكل مؤشراً لأسعار تلك المحاصيل ويحدد كمية ما سوف يعرض منها خلال الأعوام المقبلة، وكمية ما سوف تحتاجه الأسواق العالمية منها والبحث عن بدائل فى حالة نقص الإنتاج أو فتح أسواق جديدة فى حالة وفرة الإنتاج.

وتعد مراكز تحليل الطقس والمناخ النماذج المناخية المتعلقة بموسم النمو لكل محصول بكل إقليم من أقاليم إنتاجه وتصدر نشرات لمدة خمس سنوات مستقبلية

توضح فيها حجم الإنتاج المتوقع لكل محصول ويرسمون خريطة الاستيراد والتصدير من حيث الكم والاتجاه. ويعكس ذلك شدة التنافس على طلب المحاصيل المطروحة فى الأسواق العالمية ومحاولة تجنب الخسارة المتوقعة التى يمكن أن تنجم عن التعاقد على بيع أو شراء محاصيل لمدة بضعة سنوات مقبلة ثم تفشل الأقاليم المنتجة لها المتعاقد معها فى توريد الكميات المطلوبة بسبب انحراف المناخ عن حالته الطبيعية، مثلما حدث فى الهند عام ١٩٧٢ نتيجة تأخر أمطار الرياح الموسمية وقلة كميتها، أو ما حدث فى الاتحاد السوفيتى السابق عام ١٩٧٢ بسبب انخفاض طول فصل النمو الزراعى فى بعض المناطق بسبب حدوث الجفاف، أو ما حدث من جفاف فى إقليم الساحل الغربى من أفريقيا وأفريقيا الوسطى عام ١٩٧٢ وكانت النتيجة انتشار المجاعات فى بعض المناطق، وارتفاع أسعار الحبوب الغذائية على مستوى العالم، وانخفاض المخزون العالمى منها.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال السياسي

نشأت الحضارة الإنسانية فى الأقاليم ذات المناخ المعتدل الدافئ ثم انتشرت إلى الأقاليم الأخرى، ولقد اعتمد ازدهار الحضارات القديمة واستمرارها على استقرار الأحوال المناخية فى أقاليمها واعتدال مناخها وعدم تطرفه أو تعرضه لتغيرات مناخية مفاجئة يختل معها التوازن البيئى فتضطرب الأوضاع الديموجرافية وتتعرض الحضارة للتدهور السياسى والاجتماعى الذى يدفع الإنسان إلى الهجرة والانتقال والبحث عن مكان آخر أكثر استقراراً واعتدالاً وأمناً.

وعلى الرغم من التقدم الهائل الذى تشهده حضاراتنا فى الوقت الحاضر فى مجالات البحث العلمى والتقنى إلا أنها لم تستطع مقاومة التغيرات والتقلبات المناخية التى تحيط بالأرض جراء التدمير والتخريب الذى فعله الإنسان فى البيئة من إزالة غابات، وتجفيف بحيرات، وإفراط فى الرعى، واستهلاك متنامى لكافة مصادر الوقود الأحفورى مما أسهم فى انبعاث الغازات الملوثة

للبيئة والأبخرة والأتربة والغبار السام، واختراق الطائرات النفاثة لطبقة الاستراتوسفير، وما تبع ذلك كله من إختلال الغلاف الجوى واضطراب دوراته فظهرت مشكلات الاحتباس الحرارى، ثقب الأوزون، التلوث الهوائى، الأمطار الحمضية، والجفاف، وغيرها من المشكلات التى تعكس اضطراب الجو والإخلال بالنظام البيئى على نحو أصبحت معه حياة الإنسان ومنجزاته الحضارية مهددة بالإنهيار.

ولقد شهدت نطاقات عديدة من سطح الأرض ازدهاراً بيئياً أعقبه إنهياراً بيئياً أحدثه خللاً مناخياً، فقد ازدهرت الحياة النباتية فى إقليم الساحل الغربى لأفريقيا فقامت الإمبراطوريات القديمة مثل غانا ومالى والسونجى، والبورنو، ولكنها سقطت بعد أن زحفت الصحراء عليها مع عام ١٩٦٨ حين فشلت الرياح فى حمل بخار الماء وسقوط الأمطار عليها خلال ست سنوات متتالية حتى عام ١٩٧٢ وتحولت ملايين الأفدنة من الأراضى الزراعية إلى صحراء قاحلة جرداء ونفق من الماشية ما يتراوح بين ٣٠٪ ، ٧٠٪ من إجمالى عددها، ومات جوعاً وعطشاً ما يقرب من ثلاثة ملايين نسمة من سكان دول الإقليم الست (مالى – موريتانيا – ڤولتا العليا – النيجر – السنغال – تشاد) فى أسوأ مجاعة مناخية عرفها القرن العشرين. وتكررت المجاعة فى أثيوبيا وأريتيريا والصومال وشرقى السودان وأوغندة فى عام ١٩٧٣.

ونتج عن تعرض تلك الحضارات للمجاعة والأزمات الاقتصادية الإخلال بالأوضاع الاجتماعية والسياسية السائدة بها ولم يسلم من ذلك الدول الغنية أو الفقيرة، فيرجع سقوط نيكيتا خروتشوف وإقصاؤه عن السلطة فى الاتحاد السوفيتى سابقاً إلى فشل مواسم الزراعة السوفيتية لعدة سنوات متتالية لعوامل مناخية بالدرجة الأولى، وهجرة البنغاليون إلى شمال شرق الهند بسبب تأخر وتناقص الأمطار الموسمية ابتداء من عام ١٩٦٨ تعد من العوامل الرئيسية التى أدت إلى إنشطار دولة باكستان ونشوب الحرب الهندية الباكستانية وإعلان قيام دولة بنجلاديش فى ١٦ ديسمبر عام ١٩٧١، وعجز الحكومات الأفريقية عن

مواجهة الجفاف وإغاثة مواطنيها بإقليم الساحل الغربى بأفريقيا يعد سبباً رئيسياً فى سقوط موديبوكيتا رئيس جمهورية مالى عام ١٩٦٩م، وسقوط هيلاسلاسى إمبراطور أثيوبيا بعد ٤٤ عاماً من الحكم المطلق عام ١٩٧٤م، وإلغاء معاهدة الصداقة الصومالية السوفيتية عام ١٩٧٧، وانقلاب موريتانيا العسكرى عام ١٩٧٨، ونشوب الحرب الأهلية فى تشاد عام ١٩٧٩م، وإشعال فتيل الحرب بين القبائل الصومالية عام ١٩٨٢، وسقوط جعفر النميرى رئيس السودان عام ١٩٨٥.

فالمناخ إذن من العوامل الطبيعية المؤثرة فى التطور السياسى للأقاليم وإن كان من الصعب تحديد دوره بمفرده لأن المؤثرات المناخية لايمكن فصلها عن بقية العوامل الطبيعية والحضارية الأخرى، فانخفاض كمية الأمطار يؤدى إلى فشل الزراعة المطرية وانفخاض مناسيب المياه فى الأنهار ونقص الإنتاج الزراعى ونقص الغذاء وتوقف الصناعة المعتمدة عليه وكذا حركة البضائع وتجارتها وفى النهاية خللاً فى الميزانية الاقتصادية والداخل القومى فتحدث الأزمات الاجتماعية والسياسية وتضطرب الدولة وتهتز هيبتها ويتعرض النظام السياسى الحاكم للسقوط والتغيير والإنقلاب عليه.

وللمناخ أثره فى تحقيق الوحدة أو التباعد داخل الدولة، فهو يؤثر فى توزيع السكان داخل الدولة فيتركز السكان فى نطاقات أكثر اعتدالاً واستقراراً مناخياً تفصل بينها نطاقات مخلخلة السكان ويتطلب ذلك من الدولة تقوية الاتصال بين نطاقات الدولة كما هو الحال بين بنغازى وطرابلس فى ليبيا.

ويؤدى التباين المناخى فى الدولة الواحدة وبخاصة التى لها امتداد عرضى كبير إلى وجود تباين فصلى فى درجات الحرارة وكمية الأمطار الساقطة مما يؤدى بدوره إلى اختلافات فصلية فى الإنتاج الزراعى والنشاط البشرى ويعظم التنوع فى المنتجات الزراعية مما يسهم فى تحقيق التبادل بين النطاقات والتعاون بينها فتتحقق الوحدة الوطنية وسهولة الاتصال بين أطراف الدولة الواحدة.

وأحياناً يحدث العكس فيؤدى التباين المناخى إلى تباين اقتصادى يترتب عليه نزاع المصالح بين أطراف الدولة – كما كان الحال بين الشمال والجنوب فى الولايات المتحدة الأمريكية قبل الحرب الأهلية – وكما هو الحال حالياً بين الشمال والجنوب فى السودان.

أثر المناخ والانتفاع به في المجال العسكري

تؤثر الأحوال الجوية فى العمليات العسكرية كما تؤثر فى الأنشطة البشرية السابق ذكرها، ومعظم المخططون العسكريون يضعون فى الاعتبار أحوال المناخ فى منطقة الحرب عند وضع استراتيجية الحرب، ويتطلب ذلك توفر المعلومات المناخية الدقيقة التى يخصص لها الآن أقمار اصطناعية ترصد ميدان الحرب وتحدد ملامحه المناخية بكل دقة لضمان نجاح العمليات والتحركات العسكرية، وأصبحت الجيوش الحديثة تضم خبراء الأرصاد الجوية والمناخ والجغرافيا الذين يتعاونون مع الخبراء العسكريين فى وضع استراتيجية الحرب وتوقع الأخطار التى ستواجه العمليات وبخاصة أن الحروب الحديثة أصبحت معقدة وزيادة إدراك الظواهر الجوية يمكن أن يفيدها، فعلى سبيل المثال يتسبب الضباب الكثيف فى إلغاء الغارات الجوية ولكن يمكن أن يوفر غطاءً للمركبات الأرضية وتحركات المشاة.

ويؤثر المناخ تأثيراً مباشراً فى المعدات والملابس ونوع العمليات العسكرية، فالعمليات الجوية تحتاج لمعلومات جوية مثل مدى الرؤية، وسرعة الرياح واتجاهها، لكى تتحدد طبيعة العمليات ونوع المركبة وطريقة الملاحة، ونوع الأسلحة المستخدمة مثل إطلاق الصواريخ أو إلقاء القنابل. وتحتاج العمليات الأرضية إلى معلومات عن مدى الرؤية وسرعة الرياح لتحديد طبيعة العمليات وجدواها، ويحتاج الاستطلاع الجوى باستخدام التصوير الفوتوغرافى إلى تحديد الوقت المناسب للتصوير بحيث يكون مشمساً خالياً من السحب والأتربة والغبار والضباب. وتحتاج الحرب الكيميائية لمعلومات دقيقة عن سرعة الرياح واتجاهها باعتبارها عامل النقل الذى ينقل الدخان والغاز وينشرهما بسرعة على

النطاقات المقصودة، ويتطلب نجاح استخدام القنابل الحارقة أن يكون سطح الأرض فى منطقة العمليات جافاً خاليا من مياه الأمطار أو الثلوج وبالتالى تعد الأيام الخالية من المطر أنسب لذلك. ولقد أصبح المناخ التفصيلى لميدان الحرب من أهم الدراسات التحضيرية التى يجب أن تتم قبل بدء العمليات العسكرية لإعداد خطة الحرب بشكل دقيق مستفيداً بما يمكن أن يوفره المناخ من نجاح العمليات، وما يمكن أن تتجنبه الخطة بسبب عدم ملائمة الظروف الجوية للعمليات.

أهمية النشرات الجوية والتوقع بالطقس

يتضح من العرض السابق الأهمية الكبيرة للمعلومات المناخية التى تصف حالة المناخ وتحدد حالات عدم الإستقرار فيه لكى يستطع الإنسان أن يوجه أنشطته بما يتناسب معها، ولذلك تعد النشرات الجوية ذات أهمية كبيرة، فهى تحمى الإنسان من الأخطار المناخية وتجعله يحمى أنشطته الاقتصادية من التلف والخسارة، فمعرفة ما هو متوقع أن يكون عليه الطقس فى المستقبل القريب أو البعيد يهم عدد كبير من البشر والأنشطة البشرية.

فسوف يبدل الناس ملابسهم الخفيفة بالثقيلة ويرتدون معاطفهم ويحملون مظلات المطر إذا علموا أن الطقس سيكون بارداً ممطراً، ويستعدون لمواجهة العواصف بتدعيم مساكنهم وسد فتحاتها أو الانتقال لأماكن آمنة، أو يرتدون الملابس الخفيفة فى الطقس الحار، ويبدل بائعى السلع سلعهم ويعرضون منها ما يتلائم مع الطقس المتوقع، ويستعد السائقون لازدحام المرور وتكدس الطرق ويتقبلون التأخر فى المواعيد فى الطقس الممطر، أو يستعدون لأعطال سياراتهم الناتج بفعل ارتفاع حرارة محركاتها فى الطقس الحار، وستستعد فرق الإنقاذ من المطافئ والإسعاف والإنقاذ النهرى والبحرى والمهام الخاصة وغيرها لمواجهة أخطار الحوادث على الطرق فى الطقس البارد أو الممطر أو العاصف أو عندما ينخفض مدى الرؤية، ومواجهة أخطار الحرائق فى الطقس الحار وبخاصة حرائق الغابات.

مقدمـة

يعد مناخ المدينة أو المناخ الحضرى Urban Climate أحد محاور الدراسة فى المناخ التطبيقى التى لاقت إهتماماً كبيراً من قبل الدارسين والمخططين وسكان المدن أنفسهم على المستويين العالمى والإقليمى خلال العقود الأخيرة على الرغم من أنه موضوع لاتزال قائمة المقررات الدراسية فى معظم أقسام الجغرافيا خالية منه، وأن عدد الباحثين المتخصصين فيه قليل للغاية. وهو محصلة النمو الحضرى أحد أهم أشكال النشاط البشرى التى غيرت من ملامح البيئة الطبيعية وأثرت فيها بشكل مباشر، حيث يتأثر الغلاف الهوائى فوق المدن بأشكال النمو الحضرى وخصائصه وينشأ نوعاً من المناخ المحلى للمدينة ينحرف عن التركيب المناخى الاقليمى الذى تقع بداخله المدينة ويفرز آثاراً بيئية متعددة، وهو ماجعل كثير من متخصصى علم المناخ يصفونه بأنه صناعة بشرية Man - Made Climate .

وكشفت دراسات المناخ التفصيلى Microclimate للمدن تبايناً كبيراً بين نطاقات المدينة الواحدة فى مكونات هوائها، ودرجات حرارتها، وحركة الهواء وتدفقه خلال شوارعها وطرقها وغيرها من المظاهر المناخية التى تتبع هذا التباين، فتوجهت دراسات المناخ التطبيقى للمدن تبحث فى الأسباب التى أدت إلى هذا التباين والإختلاف فى مناخ المدن، وتحليل أنماط عناصر المناخ بداخلها، وأجمعت النتائج على أن المدن تشكل مناخاتها Cities Creat their Own Climates **فمناخ المدينة هو محصلة خصائص موقعها، وموضعها، وحجمها السكاني والسكني، وتركيبها الوظيفي، وتوزيع إستخدامات الأرض علي امتدادها، وتباين درجة النشاط البشري بين نطاقاتها والتي تحددها كثافة كل من سكانها ومبانيها ومنشآتها وطرقها، وماينبعث من الكتل الحجرية وحوائط الخرسانة المسلحة لتلك المباني والمنشآت والأسفلت من حرارة، ومايتسرب من أجهزة التبريد، وينبعث من السيارات والسكك الحديدية ومحركات الوقود الاحفوري في**

المصانع ومحطات توليد الطاقة من غازات، وما تلفظه مداخن المصانع وتحمله الرياح من غبار وأتربة ومواد صلبة تتطاير في الهواء المحيط بالمدينة فيتزايد انطلاق الحرارة والغازات والملوثات والمواد العالقة نحو شوارع المدينة، وتكون النتيجة تغير مكونات الهواء المحيط بها، وتباين الميزانية الحرارية والمائية بين نطاقاتها، وتباين الضغط الجوي وحركة الهواء واندفاعه خلال مسارات الطرق والشوارع والأزقة.

ولمناخ المدينة انعكاسات بيئية حرارية وكيميائية وحيوية، فيؤدى التباين فى الميزانية الحرارية بسبب تباين خصائص تدفق الأشعة الحرارية بين نطاقاتها إلى إنخفاض تسرب الأشعة الحرارية نحو الفضاء بين المبانى فيزداد دفء الشوارع وتصبح مراكز المدن والمنطقة العمرانية الداخلية أدفأ من هوامشها فى مظهر يعرف بالجزيرة الحرارية Heat Island .

ويؤدى صرف مياه الأمطار الجارية فى شبكة الصرف الصحى إلى إنخفاض الرطوبة التى يختزنها سطح الأرض وتنخفض معها معدلات التبخر فتزداد الطاقة المتاحة للتحول إلى حرارة محسوسة فيكون الهواء داخل المدينة أقل فى رطوبته وأعلى فى حرارته قياساً بهواء النطاقات الريفية المجاورة .

ويؤدى انبعاث الغازات وتطاير المواد والمركبات العضوية والمعدنية إلى تلوث هواء المدينة وظهور مشكلة بيئية كبرى هى التلوث الهوائى Air Pollution، وتتحول مياه الأمطار إلى محاليل حمضية وتظهر مشكلة بيئية أخرى هى التحمض Acidification ، وينتشر ضباب المدن وينخفض مدى الرؤية فى مايعرف بظاهرة الضبخان Smog .

ويؤدى تعرض سكان المدن للملوثات والحرارة الشديدة إلى الإصابة بالأمراض والتعرض لضربات الشمس التى تؤدى إلى الوفاة وبخاصة فى فصل الصيف، الأمر الذى يجعل سكان المدن يتحملون نفقات علاجية أكبر، ونفقات استهلاك للطاقة أكبر فى محاولة تعديل حرارة منازلهم وتنقية هوائها وذلك بالقياس بالنطاقات الريفية.

تطور دراسات المناخ الحضري:

شغل مناخ المدن أذهان المفكرين والميثيورولوجيين منذ أزمنة بعيدة، فكان المفكر الرومانى «فيتروفيوس Vitruvius (75-26BC)» أول من وصف خطة المدينة والظروف المناخية فى المدن الرومانية وأشار إلى تلوث المدن بالدخان Smoke Pollution وفساد هوائها، وتوالت الملاحظات عن مناخ المدن وتلوث هوائها بالدخان بعد ذلك كثيراً. ثم انتقلت الملاحظات نحو حرارة المدينة وكانت البداية فى القرن التاسع عشر حين ميز الميتيورولوچى الإنجليزى لوك هيوارد Luke Howard (١٨١٨م) الجزيرة الحرارية فى مدينة لندن ووصف وسط المدنية بأنه أعلى حرارة من النطاقات الريفية المحيط بها [١]. ثم أتبع ذلك دراسة تفصيلية عن مناخ لندن عام ١٨٣٣ [٢].

ثم كانت البداية الحقيقية من قبل الجغرافيين فى دراسة المناخ الحضرى حين قدم شاندلر Chandler (1962) دراسته حول المناخ الحضرى لمدينة لندن وكان أول جغرافى يستخدم الرصد الميدانى لعناصر المناخ داخل مدينة لندن وحدد أنماط توزيع تلك العناصر وضوابطها الجغرافية والمكانية. ومهدت هذه الدراسة الطريق نحو توالى دراسات المناخ الحضرى منذ ذلك الحين متوافقة مع زيادة قدرة الباحثين على الملاحظة والتفسير والتحليل واستخلاص النتائج فى هذا المجال اعتماداً على تطور تكنولوجيا المعلومات ووسائل مصادرها التى وسعت من بصيرة وادراك الباحث للظاهرات المناخية وآثارها البيئية.

وارتبط تطور البحث الجغرافى فى مجال المناخ الحضرى على الرغم من إنخفاض عددها بالقياس بالأبحاث الجغرافية بعامة والمناخية بخاصة بزيادة القدرة على ملاحظة مكونات الغلاف الجوى فوق سطح المدينة وتسجيل تغيراته، ورصد عناصر المناخ وبخاصة درجات حرارة الهواء والرطوبة النسبية

(1) Fakuoka, Y., Biometeorologieal studies on Urban climate, International Journal of Biometeorology, Vol 40, 1997, p. 83.

(2) Howard, L., The Climate of London, 1833.

وإتجاهات الرياح وسرعتها داخل المدينة وعبر مساراتها المختلفة بوسائل تكنولوجية رقمية متطورة، والتقدم فى الأساليب التحليلية الكمية وبخاصة الآلية، لما يوجه أهدافها من أشكال النشاط البشرى واقتصادياته وظهور المشكلات البيئية والتنبؤ بالنظام المناخى المستقبلى للمدن.

محاور الدراسة في مجال المناخ الحضري

تدرجت أهداف دراسى المناخ الحضرى من مجرد وصف للظواهر الجوية السائدة بالمدينة الى دراسات ميدانية تفصيلية تصف ملامح كل ظاهرة مناخية وتفسر نظامها وتحدد علاقتها بطبيعة ونظام المدينة، وتعكس زيادة قدرة الباحثين على الملاحظة والتفسير والتحليل واستخلاص النتائج لما أصبحوا يتمتعون به من توافر تكنولوچيا المعلومات وأدوات القياس الحقلية الأرضية والجوية والفضائية التى تسجل قيم العناصر المناخية بكل سهولة ويسر، وأدى ذلك الى تنوع اتجاهات الدراسة فى المناخ الحضرى وتعدد محاورها وتنامى عددها منذ عقد الستينيات وحتى الوقت الحاضر.

ومن خلال استعراض دراسات المناخ الحضرى المنشورة خلال العقود الثلاثة الماضية تبين أن موضوع التركيب الحرارى للمدينة يحتل مقدمة محاور الدراسة فى المناخ الحضرى يليه موضوع مكونات الهواء بالمدن ثم يليها موضوعات ميزانية الطاقة بالمدينة ثم الميزانية المائية وحركة الهواء وتدفقه داخل المدن، وكذلك موضوعات مدى الرؤية والآثار الحيوية والكيميائية وتغير مناخ المدن. وتعكس تلك الاتجاهات والمحاور فى دراسة المناخ الحضرى التطور الكبير فى دراسات المناخ الحضرى التى اهتمت بموضوعات عناصر مناخ المدن بالاضافة إلى الآثار البيئية الناتجة بفعل تلك العناصر.

وتناولت دراسات المناخ الحضرى الحديثة مجموعة كبيرة من مدن العالم موزعة على جميع القارات يأتى فى مقدمتها المدن الأسيوية وبخاصة اليابانية

يليها مدن الولايات المتحدة الامريكية ثم المدن الأفريقية والاسترالية. ويرجع السبب فى زيادة عدد الدراسات التطبيقية فى المدن الأسيوية الى التطور والنمو الحضرى السريع الذى انتاب معظم تلك المدن فى العقود الأخيرة.

أساليب الدراسة في المناخ الحضري

تتنوع أساليب البحث فى دراسات المناخ الحضرى تبعاً لطبيعة الموضوع وأهدافه ومحاولة الوصول إلى نتائج دقيقة، فقد تطورت أساليب الدراسة من مجرد استعراض للسلاسل الزمنية للبيانات المناخية التى تصدرها مراكز الأرصاد الجوية داخل المدن وعلى هوامشها إلى أساليب أخرى أكثر تطوراً برز فيها أسلوب الرصد الميدانى بمحطات ارصاد جوية متنقلة داخل محاور امتداد النطاق الحضرى بالمدن مما أعطى عمقاً اكبر فى التحليل المكانى للأرصاد الجوية وتفسير أثر المتغيرات الجغرافية المحيطة بموقع الرصد فى قيم عناصر الجو المرصودة.

ووفرت التقنيات الجغرافية الحديثة التى يأتى فى مقدمتها تطبيقات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية اسلوباً جديداً للحصول على المعلومات داخل المدن وتحليلها مكانياً آلياً بدقة ويسر واستخراج الخرائط والنماذج والتقارير التى يستفاد بها فى خطط التنمية الحضرية بعد ذلك.

ويمكن القول بأن أساليب البحث فى مجال المناخ الحضرى تحولت من مجرد تحليل متوسطات لبيانات مناخية تصدرها مراكز الأرصاد الجوية الى تحليل الأرصاد الجوية الميدانية التى ترتبط بخصائص مكانية وضوابط جغرافية، بالاضافة الى استخدام الاساليب الكمية فى تحليل البيانات المناخية لاختبار الفروض وقياس العلاقات بين عناصر مناخ المدينة وضوابطه الجغرافية المتعددة، ثم الاعتماد على بيانات الصور الجوية والفضائية بأنواعها فى تحليل خصائص مناخ المدن فى أوقات متباينة وفى رؤية مجسمة ثلاثية

الأبعاد تضم العناصر المّناخية والعناصر الأرضية فى منظور واحد، وتصميم النماذج الرياضية والكارتوجرافية لتقدير خصائص مناخ المدينة تبعاً للمتغيرات المؤثرة فيه، واستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتقييم العلاقات المتبادلة بين عناصر مناخ المدينة وضوابطها الجغرافية آلياً باستخدام برمجيات متخصصة فى ذلك، وتحديد المناخ الأمثل ونموذج المدينة الأمثل والأنماط المثلى للامتداد الحضرى.

ونستعرض فيما يلى الاتجاهات الحديثة فى أساليب البحث التى استخدمها باحثوا المناخ الحضرى فى العقود الثلاثة الأخيرة وكيف أمكن تطبيقها على موضوعات المناخ الحضرى.

أولاً: أسلوب الرصد الجوي الميداني

يحتاج الدارسون والباحثون فى مجال المناخ التطبيقى إلى بيانات مناخية تفصيلية وبخاصة إذا كانت مساحة منطقة الدراسة صغيرة وهو ما يعرف بالمناخ التفصيلى Microclimate وذلك للربط بين تلك البيانات التفصيلية والمتغيرات المكانية المجاورة لها. وعلى الرغم من انتشار مراكز الأرصاد الجوية بجميع أقطار العالم وكثرة ما توفره من بيانات مناخية إلا أنها تتباعد عن بعضها بمسافات كبيرة مما يجعل النطاقات التى لا تغطيها أجهزتها خالية من الرصد الجوى مما يعوق ترابط المعلومات المناخية وتحليل الأحوال الجوية بتلك المناطق.

وعلى سبيل المثال فإن مدينة الإسكندرية المصرية التى تمتد بطول ٦٠ كيلومتراً تقريباً من الشرق إلى الغرب يتوزع بداخلها ثلاث مراكز للأرصاد الجوية فقط وهو عدد غير كافٍ لإجراء الدراسات المناخية التفصيلية داخل المدينة ويعوق دراسات المناخ الحضرى بداخلها.

ويلجأ الدارسون والباحثون إلى أسلوب الرصد الميدانى بأنفسهم معتمدين

على محطات أرصاد جوية رقمية متاحة بالأسواق يقومون بتثبيتها فى المكان المراد قياس عناصر الجو عنده، ويراعى قبل استخدام تلك الأجهزة أن يتم معايرتها من قبل أقرب مركز للأرصاد الجوية حتى يتطابق أساس الرصد وضوابطه بما يتيح تسجيل قراءات تناظر ما يمكن أن تسجله أجهزة مراكز الأرصاد الجوية نفسها.

ويقوم الدارسون والباحثون بتحديد مجموعة من محطات الرصد داخل منطقة الدراسة يحددونها وفق معايير دراساتهم ويوقعونها على خرائطهم ثم يقومون بعملية الرصد عند كل محطة وتسجيل القراءات إما آلياً عن طريق جهاز الرصد كأن يتم تخزينها مقترنة بعنصر الوقت وإحداثيات محطة الرصد ثم تفرغ على الحاسب الآلى ويتم تحليل البيانات آلياً وإخراج الخرائط والأشكال والقطاعات آلياً بعد ذلك، أو تسجل القراءات يدوياً فى جدول أرصاد معد لذلك محدد فيه رقم محطة الرصد وإحداثياتها ووقت الرصد، وقيم عناصر الجو المرصودة عندها[1].

ويجمع الدارسون والباحثون بيانات المتغيرات الجغرافية المحيطة بكل نقطة والمرتبطة بنوع الدراسة وعنصر الجو المدروس، ويتم الربط بين خصائص تلك المتغيرات وخصائص عناصر الجو المرصودة لكى يسهل عمل التحليل المكانى للظاهرة محل الدراسة والتوصل لنتائج تفسر سلوك الظاهرة الجوية والمؤثرات الجغرافية المرتبطة بها، كما يمكن الربط بين خرائط الطقس المصممة آلياً عن طريق الرصد الجوى الميدانى مثل خرائط خطوط التساوى، اتجاهات الرياح (وردات الرياح) وغيرها، وخرائط المتغيرات الجغرافية فى مجموعة من الطبقات المعلوماتية الجغرافية Georeference Data وتحليلها بواسطة نظم المعلومات الجغرافية والتوصل لنتائج وقرارات تتعلق بخطط التنمية بمنطقة الدراسة.

---

(١) يعرض للفصل الثامن نموذجاً تطبيقياً لعملية الرصد الجوى الميدانى داخل مدينة الإسكندرية المصرية.

ويراعى عند إجراء الرصد الجوى الميدانى أن يتم القياس فى ظروف مكانية متشابهة كأن يتم الرصد فى كل المحطات فى الظل وعلى ارتفاع واحد – على سبيل المثال – كما يمكن أن تتم عملية الرصد بشكل ثابت فوق كل محطة، أو بشكل متنقل كأن توضع أجهزة الرصد فوق سيارة مكشوفة تتحرك ببطء وبسرعة واحدة داخل منطقة الدراسة.

ثانياً: الأساليب الكمية

تعد أساليب قياس العلاقات بين المتغيرات وتصنيف تلك العلاقات من أهم الأساليب الكمية المستخدمة فى دراسات المناخ الحضرى حيث يمكن عن طريقها قياس نوع وقوة العلاقة بين المتغير التابع والمتغير (المتغيرات) المستقل (المستقلة)، وتحديد نسب الاختلاف فى قيم التغير التابع بسبب الاختلاف فى قيم التغير المستقل أو المتغيرات المستقلة، والتوقع المستقبلى لسلوك المتغير التابع، وكذلك تصنيف المتغيرات في مجموعات تبعاً لقوة العلاقة بينها وبين المتغير التابع.

ويأتى حساب معامل الارتباط Corrolation (الثنائى أو المتعدد)، ومعادلة الانحدار Regression الخطى أو غير الخطى (الثنائى أو المتعدد)، والتحليل العاملى Factor Analysis من أهم الأساليب الكمية المستخدمة فى دراسات المناخ الحضرى. ونضرب امثالاً علي ذلك كما يلي:

١- يمكن استخدام معامل الارتباط المتعدد لدراسة العلاقة بين المناخ الحضرى وصحة الانسان فى مجموعة من المدن، فيتم قياس العلاقة بين مستويات الاصابة بالأمراض الصدرية أو عدد الوفيات كمتغير تابع وقيم كل من درجة الحرارة، ونسب الملوثات الهوائية فى الجو بتلك المدن كمتغير مستقل.

٢- يمكن استخدام معامل الانحدار المتعدد فى دراسة العلاقة بين توزيع درجة الحرارة على قطاعات المدينة (كمتغير تابع) وقيم كثافة كل من السكان،

المبانى، المنشآت، صور استخدام الأرض، حركة السيارات على الطرق، وغيرها من المتغيرات المكانية كمتغيرات مستقلة لتحديد مستوى تأثيرها فى التركيب الحوارى للمدينة. بالاضافة إلى استخدام معامل خط الانحدار فى التوقع المستقبلى لقيم المتغير التابع المتأثر بتلك المتغيرات.

٣- يمكن استخدام التحليل العاملى فى تحديد العوامل الأساسية التى تشكل مناخ المدينة، أو تصنيف المدن فى اقليم ما تبعاً لمدى تأثر الارتفاع فى درجة حرارة تلك المدن بالامتداد والنمو الحضرى الذى تعكسه الأحجام السكانية لكل مدينة.

ثالثاً: تحليل النماذج Model Analysis

النموذج هو تمثيل للظاهرة يوضح المراحل المختلفة لتطور الظاهرة وعلاقتها بالمتغيرات المحيط بها، والنماذج متنوعة أهمها النماذج الواقعية Real Model التى تمثل الصورة الحقيقية لتطور الظاهرة والعوامل الموثرة فيها، والنماذج الرياضية Mathematical Model وهى صيغ ومعادلات حسابية واحصائية تقوم بحساب العلاقات بين الظاهرة والظواهر الأخرى وحساب القيم المتوقعة لتلك العلاقات فى المستقبل.

وقد تعددت النماذج المستخدمة فى المناخ الحضرى فعلى سبيل المثال يستخدم نموذج Express heat Energy Model فى تقدير الطاقة الحرارية داخل المدينة اعتماداً على بيانات كثافة الهواء، كمية الطاقة فى ضغط جوى ثابت. ويستخدم نموذج Imaginary line Source Model فى تقدير معدل انبعاث غاز أول اكسيد الكربون من السيارات بمدينة طوكيو. ويستخدم نموذج The cluster Thermal Time Constant (CTTC) Model فى تقدير اختلاف درجة حرار النطاق الحضرى. ويستخدم نموذج Two-dimansional Hydrostatic Boundary - Layer Model فى تقدير الخصائص الأساسية لدورة الجزر

الحرارية بالمدن. ويستخدم نموذج Urban Heat Island Model فى دراسة الجزر الحرارية للمدن. وغيرها من النماذج الرياضية المتنوعة التى تتخصص فى دراسة تدفق الحرارة، وتدفق الطاقة، وتدفق الرياح، تركز الملوثات داخل النطاقات الحضرية للمدن.

رابعاً: تفسير الصور الجوية

أصبح استخدام بيانات التصوير الجوى وتفسير مرئياته وبخاصة تقنية التصوير الجوى بالأشعة الحرارية (تحت الحمراء Infrared) من أهم الاساليب المستخدمة فى رصد تدفق الطاقة والميزانية الحرارية داخل المدن.

فقد استخدم باحثون متعددون مرئيات التصوير الجوى الحرارى فى تصوير النطاقات السكنية بالنطاقات الباردة فى تحديد المبانى التى يتسرب من خلالها الطاقة الحرارية المستخدمة فى التدفئة نحو شوارع المدينة، وفى تحديد قيم الألبيدو داخل المدن ورسم خرائط لها، وفى كشف وتحديد الجزر الحرارية وتباين شدتها، وفى دراسة التدفق الحرارى داخل شوارع المدن، وفى تحديد التباين الحرارى بين قواعد المبانى وأسطحها وجوانبها المختلفة.

خامساً: تحليل الصور الفضائية

أضاف رصد الغلاف الجوى وعناصره المختلفة عن طريق تصويره بموجات متعددة من الاشعاع الكهرومغناطيسى من ارتفاعات بعيدة عن سطح الأرض باستخدام الأقمار الاصطناعية ايجابيات كثيرة لعمليات رصد عناصر الجو فوق المدن، فقد سهل ذلك الحصول على معلومات مناخية تفصيلية كان يتعذر الحصول عليها بدقة من مراكز الارصاد الجوية الموجودة داخل المدن مثل رصد تدفق الطاقة، وتباين التوزيع الحرارى، والميزانية المائية وتتبع تغيرها لحظة بلحظة.

ولأن الصور الفضائية رقمية Digital Image فيمكن عمل تحليلاً آلياً دقيقاً عليها لكل من الظاهرات الجغرافية على سطح الأرض وخصائص الغلاف

الجوى الذى يعلوها فى رؤية شاملة لهما فى آن واحد، فيسهل الربط بينهما ويسهل تحليل العلاقة بينهما.

وسهلت تكنولوچيا الاستشعار من بعد التى تقرأ وتفسر وتحلل وتعالج الصور الفضائية وتصنف خصائصها آلياً سهلت بكل دقة دراسة الظواهر الجوية فوق المدن وعلاقتها بالمتغيرات الجغرافية المؤثرة فيها، وأصبح من السهل الحصول على البيانات المناخية دون الرجوع الى محطات الأرصاد الجوية فى أى وقت من السنة أو الشهر أو اليوم.

وتستخدم الصور الفضائية المأخوذة لعناصر الجو فى دراسة تباين نسب الألبيدو داخل المدن، وتحديد قيم الاشعاع المرتد لتقدير ميزانية الطاقة داخل المدن، ودراسة الجزر الحرارية وعلاقتها باستهلاك الطاقة داخل المدن.

سادساً: استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية

تزايد استخدام الباحثون والدارسون لتقنية نظم المعلومات الجغرافية فى مجال المناخ الحضرى كأسلوب حديث لمعالجة دراساتهم وبناء قواعد بيانات مكانية مناخية يكونوا قادرين على ادارتها وعرضها وتحويلها وتحليلها مكانيا واحصائياً وتصنيفها ونمذجتها واخراجها على شكل خرائط ببعدين أو بثلاثة أبعاد لكى يستفيدوا منها فى خطط التنمية الحضرية وإدارة المدن.

وتستخدم نظم المعلومات الجغرافية فى تحديد مورفولوجية السطح الحضرى للمدن وربطه ببيانات الأرصاد الجوية واستخراج خرائط خطوط التساوى المناخية وبخاصة الحرارية التى يمكن من خلالها تحديد الجزر الحرارية ومدى اتساعها، وفهم تدفق الطاقة وتوزيع الميزانية الحرارية داخل المدن كما يمكن استخدامها أيضا فى انتاج خرائط الجريان السطحى لمياه الأمطار والسيول وتقدير نسب تركز الغازات المنبعثة من مصادر بشرية مثل محركات السيارات والسكك الحديدية ولوافظ المصانع وغيرها.

عناصر المناخ الحضري

تتنوع عناصر المناخ الحضرى الذى تحول من مجرد وصف للظواهر الجوية السائدة بالمدينة (المناخ التفصيلى للمدن) الى دراسات ميدانية تفصيلية تصف ملامح كل ظاهرة جوية وتفسر نظامها وتحدد علاقتها بطبيعة ونظام المدينة، بعد أن زادت قدرة الباحثين على الملاحظة والتفسير والتحليل واستخلاص النتائج بما توافر لديهم من تكنولوجيا الملعومات وأدوات القياس الحقلية الأرضية والجوية والفضائية التى تسجل قيم العناصر المناخية بكل دقة وسهولة ويسر.

ولأن المدن تشكل مناخاتها فالمناخ الحضري يتباين من مدينة لأخري تبعاً لاختلاف موقعها، موضعها، حجمها ووظيفتها، ويتباين المناخ داخل المدينة تبعاً لتباين التركيب الوظيفي وتوزيع استخدامات الأرض وتباين درجة ونوع النشاط البشري داخل المدينة.

ويُعنى المناخ الحضرى بدراسة التركيب الحرارى للمدينة، مكونات الهواء داخل المدينة، ميزانية الطاقة، الميزانية المائية، وحركة الهواء وتدفقه، مدى الرؤية بالاضافة الى دراسة الآثار المترتبة على ذلك فى الحاضر وفى المستقبل، وفيما يلى عرض لكل من تلك العناصر.

أولاً: التركيب الحراري للمدينة

تعد درجة الحرارة من أكثر العناصر الجوية تأثراً بالوضع الجغرافى ومتغيراته فى أى مكان على سطح الأرض، ولهذا فهى تتغير مكانياً وزمانياً بالتوافق مع التغير المكانى والزمانى للعناصر الجغرافية.

ولكل مكان على سطح الأرض حدود وخصائص حرارية هى محصلة مجموعة العوامل الجوية والأرضية التى ترسم ملامح هذا المكان، وتكون النتيجة تقسيم سطح الأرض الى أقاليم حرارية لكل منها خصائصه الحرارية التى تميزه عن الأقاليم المجاورة.

والمدينة باعتبارها نطاق أرضى لها تركيب حرارى يميزها عن المدن الأخرى تفرضه خصائص كل من الموقع والموضع والوظيفة والحجم واستخدام الأرض ودرجة النشاط البشرى بها، وفى كل الأحوال ينحرف هذا التركيب عن الحدود الحرارية العامة للاقليم الحرارى التابع له المدينة، وذلك لعدم التوافق بين المدن وأقاليمها المحيطة بها فى عدد ونوع ومستوى المتغيرات الجغرافية التى تحدد الملامح الحرارية بكل منها.

وأجمعت دراسات المناخ الحضرى على أن المدن تشكل جزراً حرارية داخل أقاليمها التى تحتويها، حيث تتميز المدن بدفء هوائها نسبيا بالمقارنة مع النطاقات المحيطة بها التى يتلاشى عندها الأمتداد العمرانى وتنخفض فيها مستويات النشاط البشرى، وترتفع فيها المساحات المكشوفة من مزارع وصحارى ومسطحات مائية، فى حين يؤدى انخفاض تسرب الاشعاع الحرارى – المتدفق داخل المدن – نحو الفضاء بسبب تكدس المبانى الى زيادة دفء شوارعها وتصبح مراكز المدن والمنطقة العمرانية الداخلية أدفأ من هوامشها، ويتشكل داخل المدينة مظهراً يعرف بالجزيرة الحرارية Heat Island.

نشأة الجزر الحرارية

تعرف الجزيرة بأنها مظهراً مخالفاً لما يحيط به من مظهر آخر أو مظاهر أخرى، وهكذا تعرف الجزيرة الحرارية، بأنها نطاق ترتفع فيه درجة الحرارة بشكل مخالف لما حوله من توزيع فى درجة الحرارة، ويمثل هذا النطاق قمة حرارية تنخفض درجة الحرارة بالبعد عنه فى جميع الاتجاهات.

وتتشكل الجزر الحرارية فوق نطاقات تتجمع فيها عوامل جغرافية جوية، أرضية، بشرية تساعد على رفع حرارتها بالمقارنة بالهوامش المحيطة بها التى ينخفض فيها عدد تلك العوامل، فعلى سبيل المثال يؤثر اختلاف كل من الموقع الفلكى والجغرافى، ومناسيب سطح الأرض فى توزيع درجة الحرارة داخل المدن (عوامل أرضية).

ويؤدى تباين كل من نسبة الألبيدو، وكمية الأشعة الحرارية الممتصة، تدفق الأشعاع الأرضى التى يحددها تباين نوع ولون ونسيج السطح ومستوى تعرضه لأشعة الشمس المباشرة، وتباين كمية الاشعاع الأرضى المتسرب منه نحو الفضاء الى تباين توزيع درجة الحرارة فوق سطح الأرض بشكل مباشر، ويؤثر اختلاف كل من الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، ونسبة تركز المواد العالقة، وصفاء السماء فى مدى فعالية هذا التوزيع (عوامل جوية) .

ويؤثر اختلاف كل من كثافة النشاط البشرى بالمدن التى تحددها كثافة السكان، كثافه المبانى والمنشأت واستخدام الأرض، والتكدس فوق الطرق، واستهلاك الطاقة، وما ينبعث من السيارات والسكك الحديدية ومحركات الوقود الاحفورى بالمصانع ومحطات توليد الطاقة من غازات وملوثات ومواد عالقة تختلط بالغلاف الجوى فتغير مكوناته الغازية وتؤثر فى الاشعاع الشمسى المتجه للسطح وميزانية الطاقة للمكان، يؤثر ذلك فى تباين توزيع درجة الحرارة داخل المدن بشكل مباشر (عوامل بشرية) .

وتتباين خصائص العوامل الجوية والأرضية والبشرية بين المدن وهوامشها من ناحية، وبين النطاقات التى تتركز فيها درجة النشاط البشرى والنطاقات التى تنخفض فيها هذا التركز داخل المدينة من ناحية أخرى، وتتشكل الجزر الحرارية فوق المدن وتزداد فعاليتها بتزايد التأثير البشرى بالمقارنة بالتأثير الأرضى والجوى، فيتأثر تدفق الاشعاع الحرارى داخل نطاقات المدينة بمدى تكدس مبانيها، وتباين ارتفاعاتها، واتساع طرقها، وتكدس السيارات فوق الطرق، بما تلفظه محركات الوقود من حرارة وغازات وملوثات نحو الشوارع، واستهلاك الطاقة داخل مبانيها السكنية ومنشآتها التجارية والصناعية .

وتزداد فعالية الجزر الحرارية حين ينبعث من الكتل الحجرية وحوائط الخرسانة المسلحة للمبانى والمنشآت والأسفلت من حرارة، وما يتسرب من أجهزة التبريد ومحركات الوقود الاحفورى فى المبانى والمنشآت من حرارة

وغازات مثل الكلروفلروكربون، الأوزون، ثانى اكسيد الكربون، اكاسيد النيتروجين وبخار الماء التى تسمى غازات الاحتباس الحرارى حيث تسمح بمرور الأشعة الحرارية الآتية من الشمس نحو الأرض ولا تسمح بعودة الاشعاع الأرضى إلى الفضاء فتظل الحرارة حبيسة تتدفق بين طرقات المدينة وترفع من حرارتها.

وأصبحت مراكز المدن الكبرى والمناطق الحضرية الكثيفة بها التى تتميز بارتفاع درجة النشاط البشرى تشكل قمماً حرارية تعرف بالجزر الحرارية، وتتباين شدة الجزيرة الحرارية مكانياً تبعاً لتباين درجة النشاط البشرى بكل مدينة، وتتباين زمنياً على مدار اليوم الواحد أو على مدار فصول السنة تبعاً للتباين اليومى والفصلى فى درجة التأثير البشرى الحرارى.

وتعددت الدراسات التطبيقية التى تناولت موضوع الجزر الحرارية، وتناولها عدد كبير من دارسى المناخ الحضرى على مستوى جميع قارات العالم وظهرت دراسات متنوعة تتناول العلاقة بين تكون الجزر الحرارية من ناحية وتباين شدتها من ناحية أخرى وبين المتغيرات الجغرافية المتعددة المؤثرة فى هذا التباين، وأمكن تحديد الاسباب التى تؤدى إلى نشأة الجزر الحرارية فوق مراكز المدن على النحو التالى:

١- زيادة الاشعاع الحرارى الذى تكتسبه المبانى والطرق فى المدينة، والملوثات المنتشرة فى الغلاف الجوى لها.

٢- انخفاض صافى الاشعاع الحرارى الأرضى المفقود من شوارع وطرقات المدينة بسبب ضيق الشوارع وارتفاع المبانى ونقص المساحة المكشوفة للسماء بين المبانى.

٣- انخفاض نسبة الألبيدو داخل المدينة.

٤- ارتفاع التخزين الحرارى النهارى الذى تكتسبه حوائط المبانى والطرق الممهدة بالأسفلت وانخفاضه أثناء الليل.

٥- انبعاث الحرارة من مصادر بشرية من خلال استهلاك الطاقة بالمنازل ومن محركات السيارات على الطرق ومحركات الوقود الاحفورى بالمصانع والورش ومولدات الطاقة الكهربائية بالمدينة.

٦- انخفاض فقد الحرارة الكامنة للهواء بسبب انخفاض سرعة الرياح فى شوارع المدينة.

وسجل «شندلر Chandler» (١٩٦٢) فى دراسته للمناخ الحضرى لمدينة لندن الانجليزية فارق حرارى بين مركز المدينة وهوامشها الريفية بلغ ١٠ درجات فرنهيتية بالنسبة لدرجة الحرارة الصغرى، وبلغ ٦ درجات فرنتهيتية بالنسبة لدرجة الحرارة العظمى - شكل رقم (٢٥) ، (٢٦).

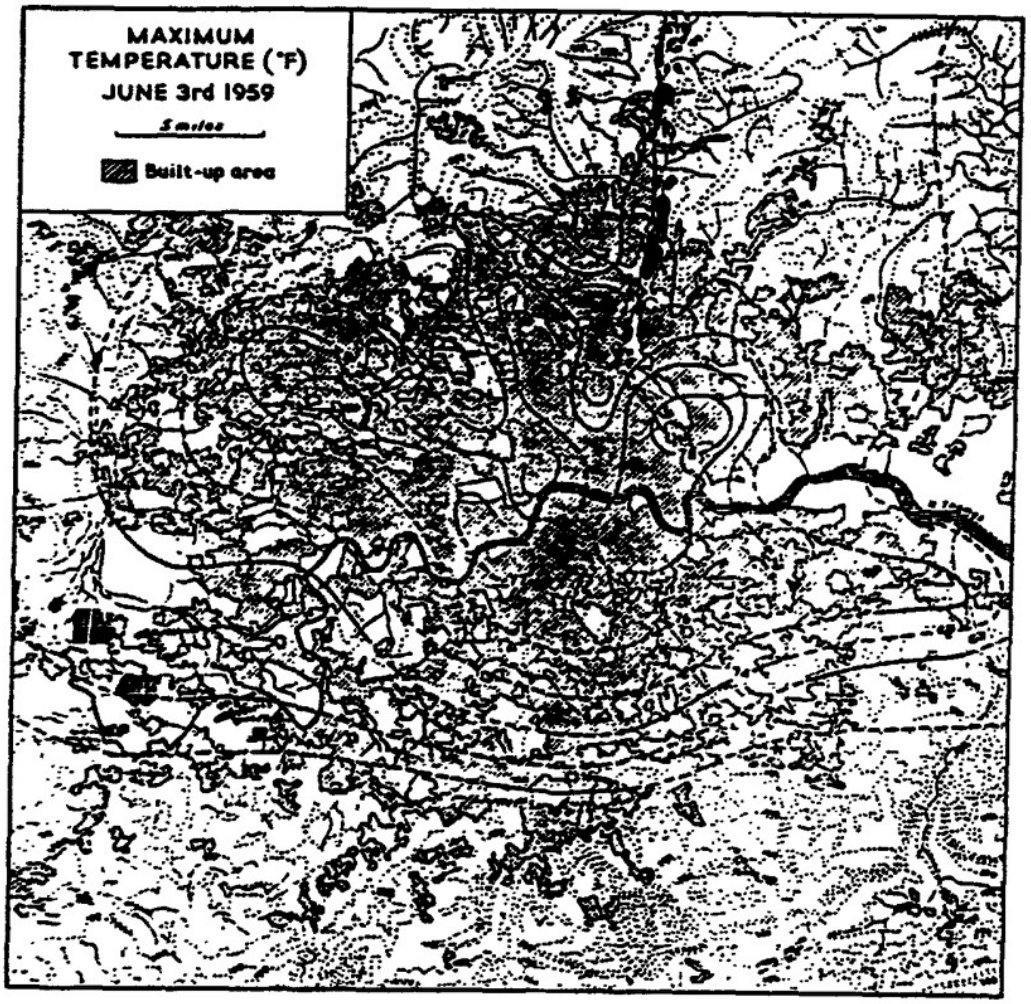
ودرس «ناكامورا Nakamura» (١٩٦٧) التباين الحرارى داخل مدينة نيروبى الكينية وعلاقته. باختلاف مناسب سطح الأرض واستخدامات الأرض وكثافة المبانى وخلص الى تكون جزيرتين حرارتين الأولى تقع فوق مركز المدينة (محطة السكة الحديد) أما الثانية فتقع شمال شرق المدينة حيث يشتد التركز العمرانى.

ودرس «بورنستين Bornstein» (١٩٦٨) تباين شدة الجزيرة الحرارية بمدينة نيويورك الأمريكية على الفصول الأربعة وخلص الى ارتفاع شدة الجزيرة الحرارية فى فصل الشتاء بالقياس مع الفصول الأخرى لأن عمليات الاحتراق والتدفئة داخل المنازل والمنشآت فى الشتاء تطلق حرارة تعادل ٢٥٠ ٪ اكثر من الطاقة الحرارية اللتى تصل إلى سطح المدينة من الشمس.

ودرس «حتحوت Hathout» (١٩٨١) أثر تضرس مدينة وينبج الكندية وتصميم مبانيها وأشكالها الهندسية والطاقة الحرارية المتسربة من داخل المبانى نحو شوارع المدينة التى تتسبب فى حدوث الجزيرة الحرارية و وخلص الى أن

شكل رقم (٢٥): الجزيرة الحرارية فوق مدينة لندن الانجليزية

(درجة الحرارة الصغرى)



شكل رقم (٣٦): الجزيرة الحرارية فوق مدينة لندن الانجليزية

(درجة الحرارة العظمى)

نحو ٣٠٪ من مبانى المدينة تتسرب منها الطاقة الحرارية الناتجة بفعل عمليات التدفئة المنزلية نحو شوارع المدينة مما يرفع من فعالية الجزيرة الحرارية بها.

ودرس «ياماشيا Yamashita» (١٩٩٥) التركيب الافقى للجزيرة الحرارية فى مدينة طوكيو وخلص الى أنها جزيرة حرارية ضخمة يصل قطرها إلى نحو ٣٠ كم ويقع مركزها فوق مركز المدينة الحضرى.

ودرس «شرف» (١٩٩٦) التباين الحرارى داخل مدينة الاسكندرية المصرية ليلاً ونهاراً وعلاقته بالموقع الجغرافى والتركيب الوظيفى للمدينة، وكثافة كل من السكان والمبانى والمنشآت الصناعية واستهلاك الطاقة، وخلص الى وجود ثلاث جزر حرارية تقع فوق القلب التجارى للمدينة، وبؤره المواصلات الداخلية، ومنطقة التركز العمرانى، وترتفع فيها درجة الحرارة عن باقى نطاقات المدينة الساحلية والهامشية الرئيسية بما يتراوح بين ٥,٥°م ، ٣,٥°م، وإلى عدم وجود الجزر الحرارية أثناء الليل بسبب اختفاء دور كل من القلب التجارى والنشاط البشرى وحركة السكان فى التأثير على درجة الحرارة أثناء الليل شكل رقم (٢٧).

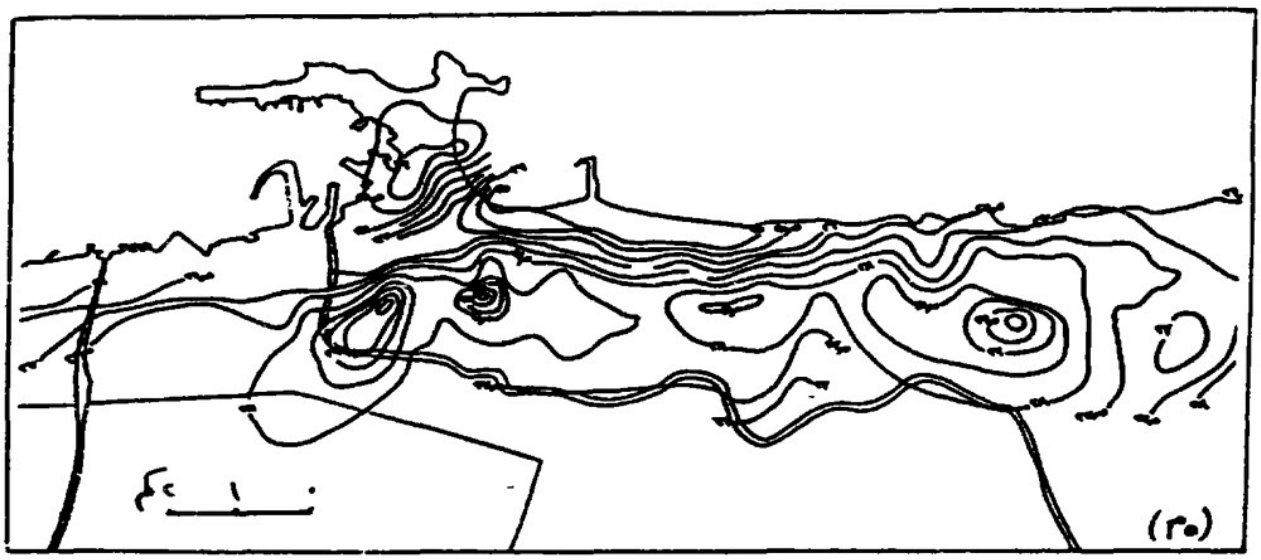
ودرس «أنجر Unger» (١٩٩٦) العلاقة بين شدة الجزيرة الحرارية بمدينة زيجد المجرية والسطح العمرانى المعقد للمدينة، الانبعاث الحرارى البشرى، والتلوث الهوائى.

ودرس «ياماشيتا» (١٩٩٦) تباين شدة الجزر الحرارية فى ثمان مدن يابانية متباينة الموقع والخصائص البيئية، وخلص الى وجود تبايناً كبيراً فى شدة الجزر الحرارية تبعاً للتباين فى التركيب العمرانى والبيئة الطبيعية بكل منها.

ودرس هافنر Hafner الجزيرة الحرارية بمدينة اتلانتا الامريكية وخلص الى وجود اختلاف فى شدة الجزيرة الحرارية بين الليل والنهار يرجع الى تباين تدفق الطاقة والاشعاع الأرضى والحرارة الكامنة للهواء.

---

(١) سيعرض الفصل الثامن هذه الدراسة بالتفصيل.



شكل رقم (٣٧) الجزر الحرارية علي مدينة الاسكندرية

ويتضح مما سبق أن ظاهرة تكون الجزر الحرارية داخل المدن هى ظاهرة معقدة التكوين بسبب تشابك مجموعة كبيرة جداً من العوامل الجوية (شدة الاشعاع الشمسى، زاوية سقوط الاشعاع الشمسى، الاشعاع الأرضى، التدفق الحرارى داخل المدن، الرطوبة النسبة، سرعة الرياح، الملوثات الهوائية، الألبيدو، غطاء السحب) ومن العوامل الأرضية (مناسيب سطح الأرض – الموقع – الموضع – المسطحات المائية) ومن العوامل البشرية (كثافة السكان والمابنى والمنشآت، استخدام الأرض، استهلاك الطاقة، تكدس السيارات على الطرق، الصناعة، وغيرها)، فيكون من محصلة هذا التشابك والتفاعل والارتباط تكون الجزر الحرارية التى تتباين فى شدتها مكانيا وزمانياً وفقاً للتغير المكانى والزمانى لتلك المتغيرات الجغرافية.

ثانياً: مكونات الهواء داخل المدينة

هواء المدن هو جزء من الغلاف الجوى الغازى المحيط بالكرة الأرضية، الذى يشكل النيتروجين والاكسجين معاً نحو ٩٩,٠٣ ٪ من حجمه، وتتوزع النسبة الباقية (٠,٩٧ ٪) على باقى الغازات المكونه للغلاف الجوى وهى الأرجون، ثانى اكسيد الكربون، النيون، الهليوم، المثبان، الكريبتون، الهيدروچين، الآكسيد النيتروز، الأوزون، والاجزينيون. ومن المحتمل أن ينتاب نسب هذه الغازات بعض التغيير من مكان إلى أخر أو من وقت إلى آخر تبعاً للتغير الذى يمكن أن يحدث فى مستويات مصادرها الاساسية.

فعلى سبيل المثال تتباين نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الهواء تبعاً لعدد الثورانات البركانية، وحجم المملكة النباتية، واحتراق الوقود الاحفورى، وقد دلت الدراسات على أن تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون فى الهواء فى ارتفاع مستمر وأن نسبته عام ١٩٩٧ زادت بمقدار يعادل نحو ٢٨,٦ ٪ من نسبته التى كان عليها عام ١٨٥٠م(١).

---

(١) محمد ابراهيم شرف – ظاهرة الاحتباس الحرارى – آثارها البيئية وأبعادها الاقتصادية والسياسية فى الحاضر والمستقبل – اصدارات مجلة كلية الآداب – جامعة الاسكندرية – ١٩٩-٢٠٠٠، ص ص ٧ – ٨.

وترتفع نسب تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون فى هواء المدن وبخاصة الصناعية منها بالمقارنة بهواء الريف وذلك لازدحام المدن بالسكان وارتفاع مستوى استهلاكهم من الطاقة ووجود المصانع وزيادة حجم حركة المواصلات وقلة المساحات النباتية.

ويعد غاز الميثان من الغازات التى تنتج عن تحلل المخلفات الحيوية تحللاً لا هوائيا فى البرك والمستنقعات والبحيرات ومياه الصرف الصحى، وقد أدى زيادة عدد سكان العالم الى زيادة النفايات البشرية وبالتالى إلى زيادة نسبة تزكيز غاز الميثان على مستوى الكرة الأرضية عامة وعلى مستوى المدن خاصة. وبالمثل ينتج غاز اكسيد النيتروز من احتراق الوقود الاحفورى والمواد العضوية، ولذلك تزداد نسبته مع تزايد عمليات أحتراق الوقود فى محركات السيارات والسكك الحديدية ومحركات المصانع ومن حرق النفايات النباتية والحيوانية، وتزداد نسبة اكسيد النيتروز فى هواء المدن بالمقارنة بالمناطق الهامشية لها.

وقد تزايدت الغازات المنبعثة من مصادر بشرية مع بداية الثورة الصناعية فى النصف الأخير من القرن التاسع عشر وتطور مستويات التكنولوچيا وظهرت المدن التعدينية والصناعية ودارت آلات الاحتراق فى المصانع ومحركات توليد الطاقة الكهربائية ومحركات السيارات والسكك الحديدية ونتيجة لتنامى هذا النشاط وبخاصة فى المدن تغيرت خصائص الهواء ونسب مكوناته الغازية فوق المدن بشكل خاص وعلى مستوى سطح الأرض بشكل عام.

ولقد تزايدت الدراسات التى تناولت مشكلة التلوث الهوائى وآثارها البيئية منذ النصف الأخير من القرن العشرين بعد أن توافرت أجهزة ومراصد مخصصة لقياس نسب الغازات فى الغلاف الجوى وبخاصة فوق المدن والمناطق الصناعية وحتى فى نطاقات أخرى بعيدة عن المدن ومناطق الصناعة بغرض التعرف على الآثار البيئية التى ترتبت على زيادة الملوثات

الهوائية فى الغلاف الجوى والظواهر الجوية المرتبطة بها وتحديد مدى الإخلال بطبيعة الغلاف الجوى لمحاولة تقليل هذه الملوثات والتحكم فى انبعاثها.

فقد درس «ليتون Leighton» (١٩٦٦) الضوابط الجغرافية لتلوث الهواء فى مدن سان دييجو، سانتا مونيكا، أوكلاند الأمريكية، وخلص إلى أن النشاط الصناعى وعوادم السيارات على الطرق يمثلان نحو ٧٥٪ من مصادر التلوث بالمدن الثلاثة.

ودرس «جارنت Garnett» (١٩٦٧) تلوث الهواء فى مدينة شيفلد الانجليزية وخلص إلى أن صناعات الحديد والصلب تطلق كبريت بمعدلات تزيد عن ١٠٠٠ طن/ سنة، ولوافظ حرارية تعادل ٢٠٪ من قيمة طاقة الاشعاع الشمسى الواصلة إليها.

ودرس «فوكوكا، ياماشيتا Fukaka & Yamashita» (١٩٧٢) تلوث الهواء فى سبع مدن يابانية بسبب انبعاث الغازات من المصانع والورش ومحركات السيارات. وأنتجا مجموعة من خرائط الخطوط المتساوية لنسب تركز ثانى أكسيد الكبريت وربطا بين هذا التوزيع وتوزيع درجة حرارة الهواء بالمدن المدروسة.

ودرس «فوكوكا Fukoka» (١٩٧٩) تلوث الهواء بمدينة لوس أنجلوس الأمريكية بغازات الأوزون، أول أكسيد الكربون، ثانى أكسيد الكربون، أكاسيد النيتروجين، والتوزيع الجغرافى لنسب تركيز هذه الملوثات على شهور السنه وعلاقة ذلك بدرجة الحرارة، سرعة واتجاه الرياح، وتضرس سطح المدينة.

ودرس «فوكوكا Fukoka» (١٩٨٠) تلوث الهواء فى مدينة هيروشيما بثانى أكسيد الكبريت والمواد العالقة الصلبة، وعلاقة توزيع نسب تركيز كل منها بتوزيع درجة الحرارة داخل المدينة، وخلص إلى وجود علاقة جوهرية عكسية قوية بينها.

عرض «دوجلاس Douglas»،دراسة «جارنت Garnett»، (١٩٨١) عن تلوث الهواء فى مدينة شينج كونج بالصين وخلص إلى أن تلك المدينة بها أعلى معدلات تركيز ثانى أكسيد الكبريت بالقياس مع ست مدن صينية أخرى مما أدى إلى ظهور الأمطار الحمضية التى تسبب مشكلات بيئية كبرى.

ودرس «مصيلحى» (١٩٨٦) تلوث الهواء بمدينة جدة السعودية، وخلص إلى أن منطقة مصنع الاسمنت شمال مدينة جدة، ومنطقة حى الجامعة شرق المطار القديم، ومنطقة السوق المركزية تعد من مناطق ترسيب المواد الغبارية الرئيسية، حيث يتراوح فيها معدل ترسيب المواد الغبارية بين ٥٠١طن/ ميل^{٢}/ شهر، ٧١ طناً/ ميل^{٢}/ شهر. وأن هذه المواد الغبارية تحتوى على عناصر ضارة جداً بالإنسان والمزروعات والكائنات الحية.

ودرست «شاور» (١٩٨٧) تلوث الهواء بحلوان بمدينة القاهرة بسبب انبعاث الملوثات من صناعات الحديد والصلب وصناعة الأسمنت، والضوابط الجغرافية المؤثرة فى سقوط تلك الملوثات والأتربة بحلوان، وخلصت إلى أن معدل سقوط الملوثات والأتربة بحلوان يبلغ ٣٠٣,٣٤ طن/ كم^{٢}/ شهر وهو من أكبر معدلات سقوط الأتربة على مستوى العالم.

ودرس «بكير» (١٩٩١) تلوث الهواء فى مدينة الاسكندرية وضوابطه الجغرافية، وخلص إلى أن النشاط الصناعى، حركة المرور، الكثافة السكانية العالية من أهم العوامل التى تؤثر فى تلوث الهواء فى الاسكندرية، وهى تتضافر مع خصائص الموقع، التوزيع الحرارى، اتجاهات وسرعة الرياح فى توزيع ملوثات الهواء، وأن تلوث الهواء بالإسكندرية وصل إلى مستويات تفوق الحد المسموح به دولياً.

ودرس «ماسوهارا Maswhara» (١٩٩١) أثر النمو الحضرى لمدينة طوكيو فى إنبعاث غاز أول أكسيد الكربون من محركات السيارات وقام بتقدير تركيز غاز أول أكسيد الكربون كمتغير يتبع التغير فى حجم المرور داخل المدينة.

وقام «بريجس وزملاؤه Briggs & Oghers» (١٩٩٧) بتقدير تركيز، غاز ثانى أكسيد النيتروجين بمدن أمستردام الهولندية، هودرزفيلد الانجليزية، براغ التشيكية اعتماداً على أربع متغيرات هى حجم المرور، أطوال الطرق، إستخدام الأرض، مناسيب سطح الأرض، وأنتج مجموعة خرائط رقمية لتوزيع مستويات التلوث بغاز ثانى أكسيد النيتروجين بتلك المدن.

درس «الوسيمى El-Wassimy» (١٩٩٨) العلاقة بين نظام حركة المواصلات والبيئة الحضرية بمدينة الاسكندرية، وخلص إلى وجود علاقة قوية بين تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون وحجم المرور بشوارع المدينة، وأن أعلى نسب تركيز لثانى أكسيد الكربون توجد فى النطاقات كثيفة المبانى والسكان وبخاصة فى المنطقة بين سيدى جابر وڤيكتوريا.

ودرس «الجزايرلى (١٩٩٩) أثر صناعة السماد بطلخا فى تلوث الهواء بمدينتى طلخا والمنصورة بغازات أول أكسيد الكربون، ثانى أكسيد الكربون، غاز النشادر، ثانى أكسيد النيتروجين، وخلص إلى زيادة حدة التلوث بالمدينتين فى الفترة بين شهرى يونيو، سبتمبر من كل عام حيث تزداد نسب اتجاهات الرياح الشمالية، الشمالية الغربية.

ودرس «بالك Balk» (١٩٩٩) إتجاهات ودوامات تدفق وتشتت الملوثات فى شوارع المدينة بشكل عام، وخلص إلى أنه كلما زادت النسبة بين إرتفاع المبانى والمسافة العرضية بينهم كلما زادت عدد دوامات تدفق الملوثات عبر الشوارع.

ودرس هاريسون Harrison» (٢٠٠٠) تلوث الهواء بالمدن الكورية، وخلص إلى أن نحو ٨٠٪ من ملوثات الهواء بمدينة سول تنبعث من مركبات النقل على الطرق، وتبلغ النسبة نفسها نحو ٥٠٪ فى مدن تيجو، كوتجچو، تيجون وأن إجمالى كمية الملوثات المنبعثة من مركبات النقل فى المدن الثلاث تقدر بنحو ١,٦ مليون طن سنوياً.

وتدل الدراسات السابقة على أن هواء المدن بخاصة والغلاف الجوى بعامة انتابه التغيير عن حالته الطبيعية المستقرة، وأن مصادر التلوث الهوائى أصبحت متعددة وهى تتوافق مع حجم النشاط البشرى الكبير والمتنامى وبخاصة الأنشطة الصناعية، وحركة النقل والمواصلات، وأن توزيع الملوثات بالمدن يؤثر فى ميزانية الطاقة ويعرض سكانها لأخطار صحية جسيمة.

ثالثاً: ميزانية الطاقة

تتوقف ميزانية الطاقة داخل المدينة على صافى الاشعاع الحرارى الواصل إلى سطح الأرض، وكميته التى يعكسها (الألبيدو) والتى يمتصها ثم تنبعث منه على هيئة اشعاع أرضى، وبشكل عام تنخفض نسبة الألبيدو وترتفع نسبة الأشعة الحرارية التى يمتصها سطح المدينة بالمقارنة مع النطاقات الريفية الهامشية أو الساحلية أو المساحات الأخرى المكشوفة، وذلك بسبب ارتفاع كثافة كل من المبانى والمنشآت والطرق الممهدة بالأسفلت بالمدن بالمقارنة بهوامشها، ويظهر ذلك بشكل أساسى داخل قلب المدينة والنطاقات الصناعية بها.

ويتأثر تدفق الطاقة داخل المدينة أيضا بمورفولوجيتها وتوزيع صور استخدام الأرض فيها، فيتأثر تدفق الطاقة داخل المدينة بمدى اتساع الشوارع وارتفاعات المبانى وأشكالها الهندسية، وتركز السكان فى النطاقات السكنية، وانتشار الملوثات التى تتزايد فى النطاقات الصناعية وعلى الطرق الرئيسية بالمدينة التى تتكدس فيها حركة وسائل النقل والمواصلات، وتوزيع المساحات الفضاء والمساحات الخضراء، واختراق الأنهار أو القنوات المائية لكتلة المدينة.

ولقد تناولت دراسات المناخ الحضرى تباين نسبة الألبيدو داخل المدن، فدرست «عايدة Aida »، (١٩٨١) هذا الموضوع بالتطبيق على مدينة طوكيو اليابانية وخلصت الى وجود انخفاض فى نسبة الألبيدو فى نطاق مساحته ١٠ كيلو مترات مربعة فوق مركز المدينة، وأن التغير الفصلى لنسبة الألبيدو ضعيف جداً فى النطاقات الحضرية بالقياس مع النطاقات الريفية الهامشية.

ودرس «جويتا، روير Goita & Royer» (١٩٩٣) نسبة الألبيدو فى مدينة إنسوجو بمالى وخلص إلى أن نسبة الألبيدو تنخفض بنحو ١٥٪ فى الجزء الجنوبى لمنطقة الدراسة وبنحو ٨٪ فى الجزء الشمالى لها بسبب زحف النمو الحضرى نحو تلك النطاقات على حساب الغطاء النباتى.

وتدل الدراستان السابقتان على انخفاض نسبة الألبيدو فى النطاقات الحضرية التى يتركز فيها السكان والمبانى والمنشآت الخدمية، والتجارية، والصناعية، ويمتد بداخلها شبكة كبيرة من الطرق متباينة الاتساع والطول تربط أجزاءها ببعضها، وينخفض فيها المساحات المكشوفة. ويتوافق الانخفاض فى نسبة الألبيدو مع الامتداد الحضرى والنمو العمرانى داخل المدن على حساب المساحات النباتية أو على حساب المساحات المكشوفة. ويدل انخفاض نسبة الألبيدو فى النطاقات الحضرية بالمقارنة بالنطاقات الريفية أو المكشوفة على ارتفاع كمية الاشعاع الحرارى الممتص داخل النطاقات الحضرية بالمقارنة مع كمية النطاقات الريفية أو المكشوفة.

أما أثر مورفولوجية المدينة فى ميزانية الطاقة داخل المدينة فقد أكدها كل من «باترسون Patterson» (١٩٦٩)، «تيرجانج Terjung»، (١٩٧٠) فى دراستهما على مدينة لوس أنجلوس الأمريكية، فقد أكد الأول زيادة الاشعاع الحرارى طويل الموجة المرتد من سطح الأرض (الاشعاع الأرضى) بنحو ١٤٪ فى قلب المدينة بالقياس مع هوامشها الخارجية، وأكد الثانى أن القيم العاليه لتسرب الطاقة تظهر فى شمال وجنوب شرق المدينة، والقيم المنخفضة لتسرب الطاقة تقع فى مركز المدينة والأطراف الصناعية التى تتزايد فيها ملوثات الهواء بشكل كثيف.

ودرس «جريموند Grimmond» (١٩٩٤)، (١٩٩٥) أثر مورفولوجية المدينة على تدفق الطاقة فى دراستين موزعتين على سبع مدن أمريكية، وخلصت الى

وجود علاقة قوية بين مورفولوجية المدينة وصور استخدام الأرض فى توزيع الاشعاع الحرارى وتدفقة خلال نطاقات المدينة وأن هذا التدفق يكون أعظم فى قلب المدينة ونطاقات الصناعات الخفيفة.

وتدل الدراسات السابقة على ارتفاع نسبة الاشعاع الأرضى الحرارى فى مركز (قلب) المدينة بالمقارنة مع النطاقات الأخرى، وأرتفاع تدفق الاشعاع الحرارى وانخفاض تسربه نحو الفضاء فى مركز المدينة والنطاقات الصناعية بها حيث يساعد على ذلك زيادة تركز الملوثات من الصناعة ووسائل النقل والمواصلات، من جهة، وتكدس المبانى وضيق الشوارع بينها من جهة أخرى.

رابعاً: الميزانية المائية

وتتوزع بين عنصرى التساقط والتبخر، ويعتمد التساقط هنا على التباين المكانى والزمانى للأمطار الذى يتحدد بالاقاليم المطرية على مستوى العالم، ولكن المقصود به هنا بمدى ركود كمية الأمطار الساقطة على المدن وأثر ذلك على معدلات التبخر والرطوبة النسبية داخل المدينة، وتشير الدراسات التى تناولت الميزانية المائية بالمدن الى ارتفاع معدلات التبخر داخل المدن بالمقارنة بالنطاقات الريفية المجاورة لها وذلك بسبب ارتفاع حرارة المدن نسبيا عن النطاقات المحيطة بها، وأيضا بسبب احتباس الطاقة وتدفقها داخل طرقات المدن وبين مبانيها فترفع من معدلات التبخر.

ولا تحتفظ المدن بمياه الأمطار الساقطة عليها مدة طويلة كما يحدث فى النطاقات الريفية المجاورة بسبب وجود شبكات تصريف مياه الأمطار داخل المدن وبالتالى سرعان ما تجف طرقات المدن ويتبخر غير المنصرف من كميات الأمطار، وترتفع الرطوبة النسبية بها، وعلى العكس من ذلك فإن المدن الخالية من شبكات لصرف مياه الأمطار ينخفض فيها معدل تسرب مياه

الأمطار الراكدة داخل الأرض وذلك لأن المياه تستقر فوق طرق ممهدة وأسفلتية ينخفض فيها معدل نفاذية المياه فتستقر المياه فوقها مدة أطول وترتفع الرطوبة النسبية بها.

خامساً: حركة الهواء وتدفقه

تعتمد حركة الهواء وتدفقه داخل المدن على مورفولوچية المدينة بشكل أساسى، حيث تشكل المبانى وارتفاعاتها حاجزاً يعوق الانسياب الطبيعى للرياح، ولذلك يتباين حركة الهواء وتدفقه داخل طرقات المدينة فيشتد فى النطاقات التى يتفق امتداد شوارعها مع اتجاه حركة الرياح وينخفض فى النطقات الأخرى.

وتنخفض سرعة الرياح فى مراكز المدن بالمقارنة بهوامشها، حيث يؤدى ارتفاع كثافة المبانى فى قلب المدينة إلى تشتت تدفق الهواء مما يقلل من سرعته واستقراره.

وفى المدن الساحلية تتأثر حركة نسيم البحر بمورفولوچية المدينة وينخفض تأثيره بالبعد عن الساحل، وتتباين معدلات انخفاض تأثير نسيم البحر بالمدن تبعاً لتباين مورفولوچية كل منها، حيث يؤدى تكدس المبانى وزيادة ارتفاعاتها وضيق الشوارع بينها وبخاصة العمودية على خط الساحل بالنطاقات الساحلية الى التقليل من تأثير نسيم البحر فى النطاقات التالية لتلك المبانى فى الاتجاه المقابل لساحل البحر، فى حين تزداد فعالية نسيم البحر ووصوله إلى نطاقات بعيده عن الساحل فى حالة انخفاض كثافة المبانى المطلة على الساحل وزيادة الفواصل بينها واتساع الشوارع العمودية على خط الساحل.

وتؤثر حركة الهواء وتدفقه على توزيع درجة الحرارة داخل نطاقات المدينة، وتوزيع بخار الماء، ونقل الملوثات والمواد العالقة من مصادرها الى نطاقات أخرى مجاورة، وانتشار الروائح الكريهة، كما يؤدى تدفق نسيم البحر

إلى تجديد هواء المدينة واستنشاق الاملاح المفيدة التى يحملها، وزيادة الرطوبة النسبية بالهواء، وانخفاض حرارة النطاقات الساحلية أثناء النهار بالمقارنة بالنطاقات الداخلية.

سادساً: مدي الرؤية

وهو من العناصر الجوية الهامة التى لها انعكاسات خطيرة على حركة النقل والمواصلات داخل المدن وبخاصة على طرق النقل بالسيارات وفوق مهابط الطائرات وداخل القنوات الملاحية، وتتباين مدى الرؤية تبعاً لتباين نسبة كل من الغبار والمواد العالقة وبخار الماء فى الجو. وتتأثر نسبة الغبار والمواد العالقة بالجو بشكل مباشر بسرعة الهواء واتجاهه وتدفقه داخل المدن وعلاقة ذلك بمواقع مصادر الغبار وبخاصة الصناعى حيث يزداد النشاط الصناعى على هوامش المدن وبداخلها، فيتدفق الغبار والدخان من مداخن تلك المصانع متأثراً بسرعة واتجاه الرياح، كما يتأثر أيضاً انتشار الغبار بتباين درجة حرارة هواء المدينة والرطوبة النسبية،، فتنخفض كثافة الغبار والمواد العالقة بهواء المدينة بزيادة درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية، فى حين تزداد كثافته واستقراره فى الجو بانخفاض درجة الحرارة وزيادة نسبة بخار الماء فى الجو وينخفض بذلك مدى الرؤية، ويسمى فى هذه الحالة بضباب المدن.

وتشكل المسطحات المائية المالحة، والانهار والقنوات المائية، السبخات، البحيرات، وشوارع المدينة المشبعة بمياه الأمطار المصادر الأساسية لبخار الماء فوق المدن، وعندما يحدث الضباب كمحصلة انخفاض درجة حرارة الهواء الى دون نقطة الندى فى الليالى الباردة ينخفض مدى الرؤية داخل المدن.

ويؤدى انخفاض مدى الرؤية داخل المدن الى اعاقة حركة السير على الطرق وحركة الطيران بالمطارات، مما يتسبب فى عدم انتظام العمل والارتباك داخل ادارات المدن.

الآثار الحيوية للمناخ الحضري

لمناخ المدينة انعكاسات وآثار سلبية على صحة الانسان والنباتات المزروعة بطرقاتها، فيؤدى ارتفاع درجة الحرارة واحتباس الطاقة وتدفقها داخل طرقاتها وارتفاع الرطوبة النسبية وزيادة انتشار الملوثات والمواد العالقة إلى الأحساس بضيق التنفس عند الانسان ويؤدى ذلك إلى ارتفاع وفيات السكان وامكانية تعرضهم لضربة الشمس.

ويؤثر مناخ المدينة أيضا فى نمو النباتات المزروعة بداخلها بغرض تنقية هواءها وتقليل نسبة تركيز ثانى اكسيد الكربون، إلا أن ارتفاع الملوثات الهوائية يتسبب فى بطء نمو النباتات وتقزمها.

الآثار الكيميائية للمناخ الحضري

يؤدى زيادة تركز الملوثات الغازية الكيميائية المنبعثة من مركبات النقل والمواصلات داخل المدينة ومن المصانع والورش المنتشرة بها ومن احتراق الوقود بالمنازل ومن عمليات التدفئة وتدخين التبغ الى تحول مياه الأمطار الساقطة عليها الى محاليل حمضية.

وتعد غازات ثانى اكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (اكسيد النيتروز No، ثانى اكسيد النيتروجين No_2)، ثانى اكسيد الكربون Co_2 أهم الغازات المسببة للحمضية، وهذه الغازات تنبعث بكميات كبيرة من خلال عمليات احتراق الوقود الأحفورى المستخدم فى ادارة محركات السيارات والسكك الحديدية، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وآلات المصانع واستهلاك الطاقة فى المنازل.

ونتيجة لارتفاع نسب الملوثات الهوائية بالمدن تتغير كيميائية الهواء فوقها، وتستنشق الكائنات الحية هواء حمضى، حيث تتحد جزئيات بخار الماء العالق

بالهواء مع تلك الغازات مكونة ارسابات حمضية متطايره، أو تتحد جزئيات مياه الأمطار الساقطة مع تلك الغازات مكونة محاليل حمضية تتجمع على الطرقات وأسطح المنازل وفى المساحات المكشوفة المنخفضة.

وتؤثر الارسابات الحمضية الجافة الموجودة فى الهواء على صحة الانسان فتسبب له صعوبة فى التنفس وزيادة تركزيها يؤدى إلى الاصابة بأمراض الجهاز التنفسى، كما يؤدى تركز العناصر المسممة مثل الرصاص، الزنك، القصدير، الزئبق الى مشكلات صحية قد تسبب الوفاة.

وتؤثر الامطار الحمضية فى النمو النباتى للاشجار المزروعة بالمدينة بواسطة تأثرها بحموضة التربة فينخفض معدل النمو النباتى، وينخفض سمك جذوع النبات والمجموع الخضرى.

ويؤثر التساقط الحمضى فى المبانى والاساسات والمنشآت والأعمال الفنية الحجرية بالمدن فيتفاعل مع مواد البناء الحجرية وبخاصة الحجر الجيرى والمعادن وبخاصة حديد التسليح والنقوش المعدنية، كما تؤثر فى البلاستيك والطلاء والمواد الاسمنتية.

وقد تعرضت كثير من القصور والمعابد والهياكل الأثرية فى العديد من مدن العالم إلى التآكل والنحت والإذابة بسبب التساقط الحمضى، وقد ظهرت هذه الاضرار بشكل كبير فى العديد من المدن الأوروبية المجاورة للنطاق الصناعى فى غرب أوروبا، ففى مدينة استكهولم السويدية أصاب الضرر الحمضى القصر الملكى وبعض الكنائس، وفى مدينة أثينا اليونانية أصاب الضرر الحمضى المعابد والهياكل الحجرية القديمة، وفى إيطاليا أصاب الضرر الحمضى برج بيزا

المائل (أحد عجائب الدنيا)، وتم حصر نحو ٢٧ مدينة سوفيتية تتعرض مبانيها للنحت والاذابة والتآكل بسبب التركيز المرتفع للامطار الحمضية[١].

وبعد.. نخلص من العرض السابق إلي أن تطور اتجاهات الدراسة في مجال المناخ الحضري هو محصلة التطور الكبير في طرق جمع البيانات وتحليلها وتوافر البيانات المناخية من مصادر أرضية، جوية، فضائية، وسهولة ربطها بأجهزة الحاسب الآلي عبر برامج متعددة مما ساعد الباحثين في الوصول إلي نتائج دقيقة أدت إلي زيادة الادراك بالظواهر الجوية فوق المدن وجعلتهم قادرين علي تفسير ظواهر جوية متنوعة بكل دقة وطرح أسئلة جديدة تبحث عن مفاهيم جديدة أكثر دقة لتفسر علاقات النظام البيئي وتعكس استمرارية علمية لا حدود لها، وهو ما سوف يعود بلا شك بالنفع علي الانسان ونشاطه علي سطح الكرة الأرضية.

---

(١) محمد ابراهيم محمد شرف – المناخ والبيئة – دار المعرفة الجامعية – الاسكندرية – ٢٠٠٥، ص ٣٦٥.

الفصل الثامن

دراسة تطبيقية في المناخ الحضري
التركيب الحراري لمدينة الاسكندرية

- مقدمة
- الموقع الجغرافي للاسكندرية
- التركيب الوظيفي للمدينة
- كثافة السكان
- كثافة المباني
- كثافة المنشآت الصناعية
- توزيع درجة حرارة الاسكندرية نهاراً
- توزيع درجة حرارة الاسكندرية ليلاً