المدخل إلى الطقس والمناخ والجغرافيا المناخية

تأليف

أ.د. إبراهيم بن سليمان الأحيدب

أستاذ الجغرافيا الطبيعية والمناخية

جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية

الرياض

المدخل الى الطقس والمناخ والجغرافيا المناخية

تأليف

ا. د. إبراهيم بن سليمان الأحيدب

أستاذ الجغرافيا الطبيعية والمناخية

قسم الجغرافيا - كلية العلوم الاجتماعية

جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية

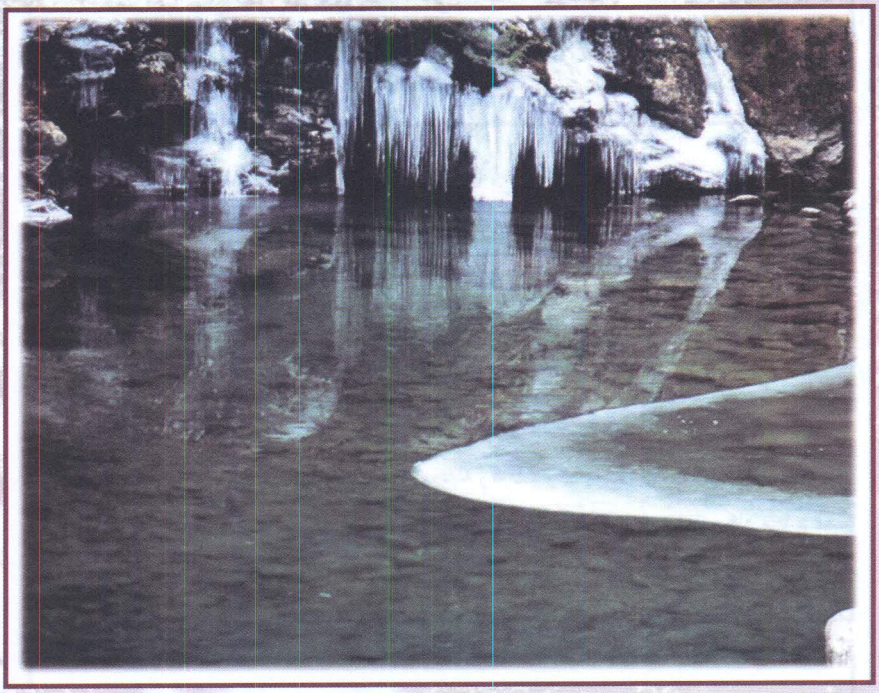
الرياض

١٤٣١هـ

ح ابراهيم بن سليمان بن حسن الأحيدب، ١٤٢٣هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الأحيدب، ابراهيم بن سليمان بن حسن
المدخل إلى الطقس والمناخ والجغرافيا المناخية / ابراهيم بن سليمان بن حسن الأحيدب ـ الرياض ، ١٤٢٣هـ
٥٦٠ ص؛ ١٧×٢٤ سم
ردمك ٧-٤٨٧-٤٣-٩٩٦٠
١- الطقس ٢- المناخ أ- العنوان
ديوي ٦, ٥٥١ ٦١٢٥ / ١٤٢٣هـ

رقم الأيداع : ٦١٢٥ / ١٤٢٣هـ
ردمك ٧-٤٨٧-٤٣-٩٩٦٠

المدخل الى الطقس
والمناخ والجغرافيا المناخية



قال تعالى :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ وَاخْتِلافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِن مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالأَرْضِ لآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ (١٦٤) البقره

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ حَتَّىٰ إِذَا أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالاً سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ كَذَلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ (٥٧) الأعراف

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا (٤٨) الفرقان

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسَفًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلالِهِ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَن يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ (٤٨) الروم

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلالِهِ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاءِ مِن جِبَالٍ فِيهَا مِن بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَن يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَن مَّن يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالأَبْصَارِ (٤٣) النور

وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ (٢٢) الحجر

محتـويات الكتـاب

الباب الأول: الطقس والمناخ :	١٩
الفصل الأول :	٢١
تمهيد	٢١
العلوم المهتمة بدراسة الجو:	٢١
تطور علم المناخ	٢٤
دور الحضارة العربية والإسلامية في تطور المعرفة المناخية	٢٦
علم المناخ الحديث	٣٢
المناخ وأستخدام التقنية الحديثة	٣٤
موضوع للقراءة: المصطلحات الخاصة بعلم المناخ	٣٨
مصطلحات جوية ومناخية	٤٦
أسئلة للمراجعة	٤٦
مراجع مقترحة	٤٧
الفصل الثاني :	٤٨
تصنيف الظاهرات والدراسات الجوية:	٥٠
تصنيف مقاييس الدراسات المناخية:	٥٢
أساليب وطرق البحث المناخي	٥٥
النظام المناخي	٥٧
أقسام المناخ حسب الموضوعات التي يتناولها :	٦٨
مصطلحات جوية ومناخية	٧٤

أسئلة للمراجعة ٧٦

مراجع مقترحة ٧٦

الفصل الثالث ٧٩

الغلاف الجوي: ٨١

الرصد والتسجيل الجوي ٨٩

الجهات المهتمة برصد وتسجيل عناصر الجو ٩٧

مكونات محطات الرصد الجوي: ١٠١

أجهزة رصد و تسجيل عناصر الجو: ١٠٣

- الإشعاع الشمسي ١٠٣
- الحرارة ١٠٤
- الضغط الجوي ١٠٩
- الرياح ١١٠
- التبخر و النتح ١١٧
- الرطوبة الجوية ١١٧
- الأمطار والثلوج ١٢١

الخرائط الطقسية ١٢٤

المنظمة العالمية لمراقبة الطقس ١٢٦

موضوع للقراءة : الرصد الجوي لأجواء مدينة الرياض ١٣٦

مصطلحات جوية ومناخية ١٣٩

أسئلة للمراجعة ١٤٣

مراجع مقترحة ١٤٤

الباب الثاني : التوزيع الجغرافي لعناصر المناخ : ١٤٥

الفصل الرابع: عناصر المناخ ١٤٦

الاشعاع الشمسي ١٤٦

العوامل المؤثرة في توزيع الاشعاع الشمسي على سطح الأرض ١٥٤

التوازن الاشعاعي للأرض والغلاف الجوي ١٧٩

الدورة الاشعاعية اليومية ١٨١

الموازنة الاشعاعية الشهرية لسطح الأرض ١٨٤

الموازنة الإشعاعية السنوية لسطح الأرض ١٨٨

التوزيع الجغرافي لمجموع الاشعاع الشمسي على سطح الأرض ١٩٠

موضوع للقراءة: الطاقة الشمسية ١٩٤

مصطلحات جوية ومناخية ٢٠١

أسئلة للمراجعة ٢٠٢

مراجع مقترحة ٢٠٢

الفصل الخامس: ٢٠٥

الحرارة: ٢٠٧

العلاقة بين حرارة الأرض والاشعاع الشمسي ٢٠٧

الدورة الحرارية اليومية ٢٠٨

كيف تنتقل الحرارة بين الأجسام ٢١٢

١ - الاشعاع (البث الحراري) ٢١٢

٢ - التوصيل الحراري ٢١٥
٣ - الحمل الحراري ٢١٧
تسجيل حرارة الجو ٢١٨
التوزيع الجغرافي للحرارة على سطح الأرض والعوامل المؤثرة فيه ٢٢٤
الانقلاب الحراري: ٢٣٧
أ - الانقلاب الحراري السطحي ٢٣٧
ب - الانقلاب الحراري العلوي ٢٣٩
حالة الهواء الصاعد ٢٤٠
التوازن الحراري للأرض والغلاف الجوي ٢٤١
التوزيع الجغرافي لعناصر الموازنة الحرارية على سطح الأرض ٢٤٧
أ - الحرارة الكامنة ٢٤٧
ب - الحرارة المحسوسة ٢٥٤
موضوع للقراءة : العلاقة بين خصائص الجو وأستقامة الأشعة الضوئية وأنعكاس الظاهرات في الجو ٢٥٨
مصطلحات جوية ومناخية ٢٦٢

أسئلة للمراجعة	٢٦٣
مراجع مقترحة	٢٦٤
الفصل السادس :	٢٦٥
الضغط الجوي و الرياح	٢٦٧
الضغط الجوي	٢٦٧
حركة الهواء	٢٧٨
العوامل التي تؤثر في حركة الرياح:	٢٨١
رياح الجيوسترافيك	٢٨٥
أنواع الرياح	٢٨٥
أولا : الحركة الهوائية العلوية:	٢٨٦
١ - الدورة العامة للرياح	٢٨٧
٢ - التيارات النفاثة	٢٩٠
العلاقة بين التيارات النفاثة والظاهرات الجوية السطحية	٢٩٢
دورة التيارات النفاثة وموجات روسبي	٢٩٤
أنواع التيارات النفاثة :	٢٩٥
١ - التيار النفاث القطبي	٢٩٦
٢ - التيار النفاث شبه المداري	٢٩٧
٣ - التيار المداري الشرقي	٢٩٧
ثانيا : الرياح المتوسطة الارتفاع	٢٩٨
١ - الرياح الدائمة :	٢٩٨

٢ - الرياح الموسمية. ٣٠٣

ثالثا : الرياح المنخفضة (السطحية) ٣٠٨

الرياح المحلية: ٣٠٨

أ - رياح النسيم ٣٠٨

ب - الرياح المصاحبة للمنخفضات: ٣١٣

أولا : الرياح الحارة: ٣١٤

أ- الرياح الصحراوية الحارة: ٣١٤

١- الرياح الحارة في أفريقيا: ٣١٥

ب - الرياح الحارة التي تهب على شبه الجزيرة العربية: ٣١٨

ب - الرياح الجبلية الهابطة الحارة: ٣١٩

ثانيا : الرياح الباردة: ٣٢٢

المنخفضات الجوية ٣٢٣

الكتل الهوائية: ٣٢٤

- مكان نشأة الكتل الهوائية ٣٢٤

- تصنيف الكتل الهوائية ٣٢٥

التوزيع الجغرافي للكتل الهوائية ٣٢٨

الأثار الجوية لحركة الكتل الهوائية ٣٢٩

الكتل الهوائية التي تؤثر في جو شبه الجزيرة العربية ٣٢٩

الجبهات الهوائية ٣٣٤

رموز الجبهات الهوائية ٣٣٥

التوزيع الجغرافي للجبهات الهوائية ٣٣٦

خصائص الجبهات الهوائية: ٣٣٩

الظواهر الجوية المصاحبة للمنخفضات الجوية ٣٣٩

١ - الجبهة الهوائية الباردة ٣٤٠

٢ - الجبهة الهوائية الدافئة ٣٤٢

٣ - الجبهة الهوائية الممتلئة أو النهائية ٣٤٤

العواصف والأعاصير الجوية ٣٤٨

تكون الأعاصير غير المدارية ٣٥٠

الدورة الإعصارية ٣٥٠

الحالة الجوية المصاحبة للأعاصير ٣٥٣

العواصف الرعدية ٣٥٣

تطور العواصف الرعدية ٣٥٤

أنواع العواصف الرعدية ٣٥٤

مراحل تطور العواصف الرعدية: ٣٥٥

المرحلة الأولى: مرحاة النشأة (التكون، البداية) ٣٥٥

المرحلة الثانية : مرحلة النضج ٣٥٧

المرحلة الثالثة: مرحلة التشتت (النهائية) ٣٥٨

الرياح الفجائية القصيرة ٣٥٨

الترنيدو: ٣٥٩

كيف تتكون الترنيدو ٣٦٠

الدوامات المائية	٣٦٣
الأعاصير المدارية (الهريكين):	٣٦٤
بعض خصائص الهريكين	٣٦٧
أثار الأعاصير	٣٦٨
موضوع للقراءة: طاقة الرياح؛ تسخير الرياح:	٣٧١
مصطلحات جوية ومناخية	٣٧٦
أسئلة للمراجعة	٣٨٣
مراجع مقترحة	٣٨٣
الفصل السابع :	٣٨٥
الرطوبة و التساقط:	٣٨٧
الرطوبة	٣٨٧
أهمية الرطوبة:	٣٩٠
درجة الندى	٣٩٥
التبخر و النتح	٣٩٥
التكاثف:	٤٠٢
أولاً: بعض الظاهرات الجوية المصاحبة للتكاثف السطحي:	٤٠٣
١- الندى	٤٠٣
٢- الصقيع	٤٠٣
٣- الضباب	٤٠٤

ثانياً : بعض الظاهرات الجوية المصاحبة للتكاثف العلوي ٤٠٦

التكاثف العلوي : ٤٠٦

١- السحب ٤٠٦

٢- التساقط ٤١٣

أنواع التساقط ٤١٨

١ - الثلج ٤١٩

٢ - البَرَد ٤٢٠

٣ - الأمطار ٤٢٢

١ - الأمطار التصاعدية (الانقلابية) ٤٢٢

٢ - الأمطار الإعصارية أو أمطار الجبهات ٤٢٣

٣ - الأمطار التضاريسية ٤٢٣

كمية الأمطار وتوزيعها على سطح الأرض ٤٢٦

الدورة المائية ٤٢٩

الموازنة المائية للأرض ٤٣١

موضوع للقراءة: مساعدة الغيوم على أنزال مخزونها من المياه بشكل صناعي ٤٣٦

مصطلحات جوية ومناخية ٤٤٤

أسئلة للمراجعة ٤٤٦

مراجع مقترحة ٤٤٧

الفصل الثامن : ٤٤٩

مناخ الأرض : ٤٥١

أولا: التصنيفات المناخية ٤٥٢

المعايير والاسس التي أعتمدت عليها التصنيفات المناخية ٤٥٣

بداية التصنيفات المناخية ٤٥٧

نماذج من التصنيفات المناخية ٤٦٣

حالة تطبيقية للتصنيفات المناخية على غرب المملكة العربية السعودية ٤٦٧

ثانيا : التغيرات و التذبذبات المناخية: ٤٦٩

الأدلة على التغيرات المناخية: ٤٧٠

أولا : الأدلة الطبيعية ٤٧١

ثانيا : الأدلة البشرية: ٤٧٤

أسباب التغيرات المناخية: ٤٨٣

١ - النظريات الإشعاعية ٤٨٤

٢ - النظريات الفلكية ٤٩٠

٣ - النظريات الجغرافية ٤٩٢

الوسائل المتبعة لتحديد التاريخ في الماضي: ٤٩٢

١ - طريقة تحليل حلقات الأشجار المعمرة ٤٩٦

٢ - طريقة التحليل الكربوني ٤٩٧

مصطلحات جوية و مناخية ٤٩٨

أسئلة للمراجعة: ٥٠٠

مراجع مقترحة: ٥٠٠

مراجع الكتاب: ٥٠٢

مصطلحات جوية ومناخية ورد ذكرها في الكتاب: ٢٥٠

ملحق (١): ٥٣٠

مقدمة

خلق الله سبحانه وتعالى الهواء المحيط بالأرض، وجعل فيه مقومات الحياة المختلفة، من غازات، وبخار الماء، وغيرها من مكونات الغلاف الجوي وعبرالغلاف الجوي تمرالأشعة الشمسية. وتحدث الظاهرات الجوية المختلفة كالرياح والأعاصير والاضطرابات الهوائية المختلفة، وتبخر المياه وتكاثف السحب، وتساقط الأمطار وتكون الضباب والندى، والثلج والبَرَدْ، وغيرها من الظاهرات التي تحدث يومياً في الغلاف الجوي. ولهذا أهتمت كثير من العلوم الحديثة بدراسة الهواء المحيط بسطح الأرض، وما يحدث فيه من ظاهرات جوية ومناخية مختلفة. ومن هذه العلوم علم الجو أوعلم الطقس، وعلم المناخ، وعلم الجغرافيا. وتختلف هذه العلوم في دراستها للهواء حيث أن لكل منها أهدافه ونطاقه الزماني والمكاني، وأساليبه المناسبة لمعالجة الموضوعات الجوية والمناخية. ويلاحظ المتصفح للمؤلفات التي تتناول الجو وعناصره تداخلها في كثير من الموضوعات، واستفادة بعضها من بعض، لأن الهواء يتأثر بسطح الأرض وماعليه من ظاهرات طبيعية وبشرية كما أن الهواء يؤثرفي هذه الظاهرات، وجميع الكائنات الموجودة على سطح الأرض.

ويتناول الكتاب الهواء دراسة طقسية مناخية جغرافية. وقد قُسم الى بابين، والى ثمانية فصول. ويناقش الباب الأول موضوعات ذات صلة بعلمي الطقس والمناخ. ويدرس الباب الثاني دراسة وتحليل عناصر المناخ، والظاهرات الجوية على سطح الأرض، والعوامل الجغرافية المؤثرة فيها. ولتحصل الفائدة زُود الكتاب في نهاية كل فصل بموضوع للقراءة، وهوعبارة

عن أختصار لمقالة أوحالة تطبيقية ذات صلة بموضوعات الفصل. وبقائمة للمصطلاحات الجوية والمناخية التي ورد ذكرها في الفصل السابق، وعدد من الأسئلة لكي تساعد الطلاب في مراجعة وأستذكار الدروس.

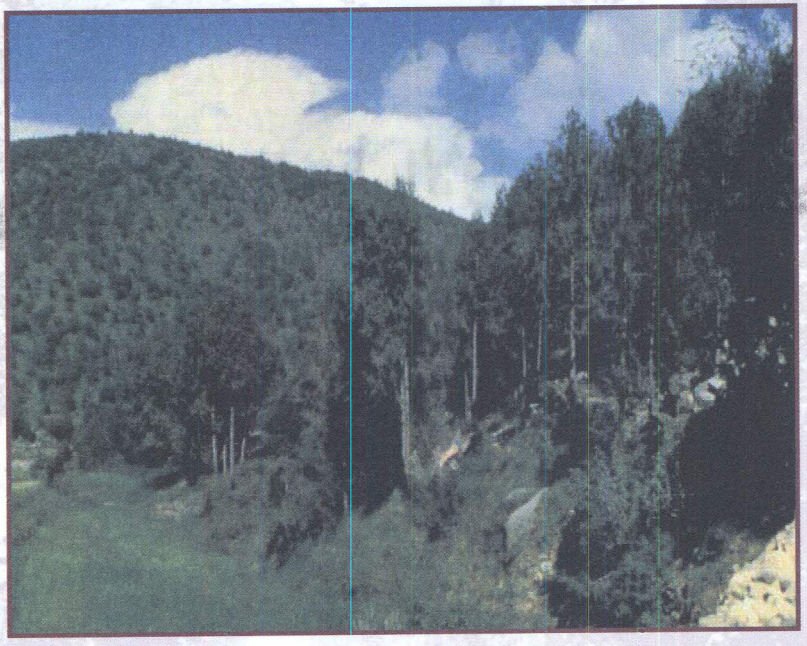
وأستخدمت الأشكال والرسوم البيانية والخرائط والصور الملونه لتسهيل فهم موضوعات الكتاب الجوية والمناخية والجغرافية.

وفي الختام يأمل المؤلف أن يكون في الكتاب أضافة علمية للمكتبة العربية في مجال تخصصه، وأن يستفيد منه القارئ العربي بصفة عامة، وطلاب المرحلة الجامعية والدراسات العليا في التخصصات الجوية والمناخية والجغرافية والعلوم الأخرى المهتمة بدراسة الطقس والمناخ.

والله الموفق والهادي الى سواء السبيل ،،

المؤلف

الباب الأول
الطقس والمناخ



الفصل الأول :

تمهيد :

اهتم الإنسان منذ القدم بمعرفة الأرض، والهواء الذي يحيط بها: ما هي مكوناته وأهميته، ومدى تأثيره في سطح الأرض وما عليها من جمادات وكائنات حية مختلفة، ومدى تأثر الهواء بسطح الأرض وما عليه من ظاهرات طبيعية بشرية. وازدادت المعرفة عن الهواء في السنوات الأخيرة، بسبب التقدم العلمي والتكنولوجي الذي وصل إليه الإنسان في جميع المجالات العلمية والتقنية.

العلوم المهتمة بدراسة الجو :

تهتم بعض العلوم بدراسة الغلاف الجوي، وهي :

١ - علم الجو أو علم الهواء: (Aerology ، Aeronomy)

٢ - علم الطقس أو علم الأرصاد الجوية (علم المتيورولوجي)

Meteorology . (Weather Science)

٣ - علم المناخ . (Climatology).

٤ - الجغرافيا المناخية (Climatic Geography).

ولكل من هذه العلوم الثلاثة أهدافه واختصاصه، ونظرياته، وأساليبه، ونتائجه. ويمكن تعريفها باختصار على النحو التالي:

علم الجو (علم الهواء) :

يهتم علم الجو بدراسة الطبقات العليا من الغلاف الجوي بعيداً عن المؤثرات الأرضية من خلال امتداده الرأسي. وكان الهدف الرئيس من علم الجو هو تحديد مكونات الغلاف الجوي، وكميتها وتوزيعها. ويهتم في

الوقت الحاضر بالتفاعلات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث خلال طبقات الجو المختلفة. ويلاحظ في السنوات الأخيرة اضمحلال استخدام مصطلح علم الجو (Aerology) ، حيث تدخل اهتماماته ومجالاته ضمن نطاق واهتمام علم الأرصاد الجوية (Meteorology).

علم الأرصاد الجوية أو علم الطقس:

عُرف علم الأرصاد الجوية بعدد من التعاريف، ومنها أنه فرع من علم الفيزياء الطبيعية، ويهتم بوصف الظاهرات والقوانين الطبيعية. ويشير نفارا(Navarra)[1] إلى أن علم الأرصاد الجوية يهتم بدراسة الظاهرات الجوية، ويتناول التأثير المباشر للغلاف الجوي في سطح الأرض والمحيطات والحياة، الى جانب الحالة الكيميائية والفيزيائية والديناميكية للغلاف الجوي، والتنبؤات الجوية، والمؤثرات البشرية التي تؤثر في الظاهرات الجوية. فهو مجموعة العمليات والظواهر الفيزيائية للغلاف الجوي، ويستخدم الطرق والأساليب الفيزيائية لتفسير وشرح العمليات الجوية.

علم المناخ :

يَعتبر البعض أن علم المناخ علم غير مستقل، فالطقسيون يعتبرونه تابع لعلم الطقس (الأرصاد الجوية) لاعتماده على الإحصاءات والمعلومات والنظريات الجوية، والجغرافيون يعتبرونه تابع للجغرافيا لأنه يبحث في العلاقة المكانية واستخدامه للأدوات الجغرافية كالخرائط. وفي الواقع أن هذا الادعاء من قبل الطقسيين والجغرافيين غير صحيح، حيث أن علم المناخ علم مستقل ليس تابعًا لعلم الطقس أو لعلم الجغرافيا بل هو علم تطبيقي، طرقه وأساليبه جوية ولكن أهدافه ونتائجه جغرافية. فهو علم يوسع ما وصل إليه علم الطقس في المسافة والوقت ليشمل كل الأرض ومدة

1- Navarra, John,(1979), Atmosphere, weather and climate: An introduetion to Meteorology, W.B. saunders co. toranto,P.G 16

التسجيل والملاحظة، ويشمل أيضا جمع وتحليل وتفسير المعلومات الملاحظة سواء كانت لوضع تصورات عامة أو لاختبار نظريات. ويتطلب ذلك معادلات وطرق وأساليب إحصائية.

والمناخ ليس معدل الإحصاءات الطقسية كمعدل درجة الحرارة والضغط الجوي والرياح والأمطار وغيرها من عناصرالجو بل يشمل كل ما يساعد على وصف الجو لمنطقة ما كحالات التطرف والشذوذ والقصوى والمدى والاتجاهات، والتكرار والاحتمالية ونحوها من الحالات المناخية.

وقد استخدم عالم المناخ الأمريكي ثورنثويت (Thornthwaite) مصطلح (Topoclimatology) وهي دعوة لما يعتقد بأنه مناخ جديد منفصل عن اهتمام علم الطقس المباشر، والتخلص من أن المناخ هو معدل حالة الجو (الطقس). فالمناخ بالنسبة لثورنثويت يركزعلى سطح الأرض، ويهتم بتبادل الطاقة (Energy) والرطوبة، وقوة الدفع (Momentum) في الطبقة السفلية من الغلاف الجوي. ويرى أن اهتمام المناخي هو البحث عن خصائص سطح الأرض، واختلافه كالانحدارات، والمياه، والنباتات، والعلاقة بينها، وتأثير ذلك في عملية أمتصاص وأنعكاس الأشعة، وعلاقتها بطبيعة الجو. فهذه وغيرها من الظاهرات السطحية تلعب دوراً مهماً في عملية تبادل الطاقة والرطوبة بين سطح الأرض وطبقة الجو التي تعلوه.

الجغرافيا المناخية:

تُعرف الجغرافيا المناخية بأنها فرع من فروع الجغرافيا الطبيعية، تهتم بدراسة المناخ كعنصر من عناصرالبيئة الطبيعية الناتج عن عوامل طبيعية مختلفة. وتتناول دراسة توزيع المناخ وتباينه على سطح الأرض، والعوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة فيه، والعلاقة المتبادلة بين المناخ والظاهرات الطبيعية والبشرية الموجدة على سطح الأرض.

تطور علم المناخ :

تعرض الإنسان منذ أن وجد علي سطح الأرض لحالات جوية مختلفة من برودة قارسة وحرارة شديدة، وفيضانات وجفاف وقحط ورياح عاصفة شديدة، وغيرها من ظاهرات جوية. وقد حاول الإنسان بما أعطاه الله من عقل أن يتكيف مع البيئة المناخية المحيطة به فوضع الغطاء على جسده، وأقام المسكن المناسب من مكونات البيئة التي يعيش فيها، ليقي جسمه من الحرارة والبرودة والأمطار والعواصف. وقد لاحظ الإنسان اختلاف الحرارة بين الليل والنهار، والصيف والشتاء، واختلاف مواسم الأمطار، وسرعة واتجاه الرياح. كما شاهد بعض الظاهرات الجوية التي تحدث حوله كالأعاصير والاضطرابات الجوية. وحاول الإنسان جاهداً تفسير وتعليل سبب حدوثها، وقد كانت تفسيرات وتعليلات بسيطة تتناسب مع مقدرته المعرفية وتكون أحياناً أقرب الى الخيال والخرافة منها الى الحقيقة. ومع مرور الزمن، أخذت معرفة الإنسان عن بيئته المناخية تزداد، فساعده ذلك علي إعطاء تفسيرات وتعليلات لما يلاحظه من أحداث جوية تقترب أحياناً من الصحة.

وقد ساهمت الحضارات البشرية القديمة على اختلاف مواقعها الجغرافية وزمانها في نمو المعرفة العامة والمعرفة الجغرافية والمناخية بشكل خاص كالحضارة المصرية، والحضارة البيزنطية، والحضارة السومارية، والحضارة البابلية، والحضارة الآشورية، والحضارة الفينيقية، والحضارة اليونانية، والحضارة الهندية، والحضارة الصينية، والحضارة الفارسية، والحضارة العربية الإسلامية، وغيرها من الحضارات التي ازدهرت عبر العصور والأزمنة الماضية.

ومن المؤسف عدم توفر معلومات كافية تبين مدى مساهمة كل حضارة من الحضارات الماضية في نمو المعرفة العامة، والمعرفة المناخية بصفة خاصة. ويعتبر الصينيون أول من وضع سجل مناخي لمناطق الصين في القرن الثالث عشر قبل الميلاد. فقد استخدموا جهاز لقياس المطر والثلج في القرن الثاني

قبل الميلاد. كما عرفوا الدورة المائية [١].

وقد أهتم علماء وفلاسفة الإغريق واليونان بالظاهرات الجوية التي تحدث حولهم، وحاولوا تفسيرها ومعرفة أسباب حدوثها، ومدى تأثيرها في الإنسان، ونشاطه المختلف. وقد أكتسب اليونانيون المعارف والتجارب من الحضارات الأخرى كالحضارة المصرية [٢]، وطوروا ما اكتسبوه من الحضارات الأخرى من معارف وعلوم. ويعتبر ما توصل إليه اليونانيون من المعرفة في مجال العلوم ومنها علم الطقس وعلم المناخ مصدراً لمن أتى بعدهم. وناقش هيبوقراط (٤٠٠ق. م) أثر المناخ في الصحة في كتابه الهواء و المياه والأماكن Air, water, and place كما ناقش أرسطو (٣٥٠ ق. م) بعض الظاهرات الجوية وأثرالمناخ في الإنسان في كتابه المتيورلوجيا(Meteorologica) وذكر أن سكان الأقاليم الباردة أكثر نشاطاً من سكان الأقاليم الجافة [٣]. كما أقام الإغريق في القرن الثاني قبل الميلاد برجاً لتحديد اتجاه الرياح أطلق عليه (برج الرياح)، وله ثمان اتجاهات من خلاله يتم معرفة اتجاه الرياح القادمة وحالتها الجوية [٤]. وقد عَرف اليونانيون دوائر العرض وعلاقتها بانخفاض الحرارة بالابتعادمن منطقة الاستواء. وقسموا الأرض إلى خمس مناطق معتمدين على عامل الحرارة وهي، المنطقة الحارة وتقع بين المدارين، والمنطقتين المعتدلتين بين المدارين والمنطقتين المتجمدتين. والمنطقتين المتجمدتين في المنطقتين القطبية الشمالية والجنوبية.

1- James,P.and G.Martin, (1981), All possible World: A history of Geographical Ideas , 2nd Edition, New York, P.16.

٢. مرجع سابق ص ١٤

٣. مرجع سابق ص ٢٧

٤. فيشر . ستيفن ، (١٩٧٤) ، المؤثرات المناخية في الجغرافية في القرن العشرين (تحرير) جريفث (ترجمة) محمد السيد غلاب ومحمد مرسي أبو الليل، القاهرة، ص ٢٧٠ - ٢٠٦.

دور الحضارة العربية والإسلامية في تطور المعرفة المناخية:

ساهمت الحضارة العربية كغيرها من الحضارات في نمو المعرفة الجوية والمناخية، وتمت مساهمة العرب على مرحلتين: قبل الإسلام، وبعد الإسلام. وقد كان العرب قبل الإسلام بدو رحل يتصفون بعدم الاستقرار، يجوبون الجزيرة العربية مما جعلهم عرضة للظاهرات الجوية التي حولهم من حرارة شديدة وبرد قارس، ورياح عاتية، وأمطار غزيرة، وبرق، ورعد، ونحو ذلك من الظاهرات الجوية التي تحدث حولهم خلال العام. ولاحظ المرتحلون العرب اختلاف الحرارة المكاني والزماني على المدى اليومي والشهري والفصلي. كما لاحظوا اختلاف اتجاهات الرياح، وسرعتها، والعلاقة بين الرياح والحرارة والأمطار، واختلاف ألوان وكثافة السحب وعلاقه ذلك بالأمطار وغزارتها. وربط العرب بين البرق وإمكانية سقوط الأمطار، وكذلك ربطوا بين الظاهرات الجوية التي تحدث حولهم بأشكال النجوم التي تظهر في السماء. وأطلق العرب مسميات مختلفة على الرياح والسحب والأمطار[1]. ووصفوا الظاهرات الجوية وصفا دقيقا وميزوا بينها، وحددوا مواسمها والآثار التي تنتج عنها. وربط العرب مواسم تنقلاتهم وأسفارهم بالبيئة الجوية والمناخية السائدة في منطقتهم. وقد حظيت الظواهر الجوية والمناخية بنصيب وافر في أشعار وأحاديث العرب.

وبعد الإسلام، كان للعرب دوراً كبيراً في زيادة المعرفة الجوية والمناخية نتيجة انتشار الإسلام ودخول بلاد وشعوب ذات بيئات جوية ومناخية مختلفة فيه. فقد وصل الإسلام الى شرق وجنوب آسيا، وأواسط أفريقيا، والى جنوب أوروبا. وحدث التقاء بين الحضارات الإسلامية والحضارات الأخرى السائدة في ذلك الوقت. وأطلع العرب على ما لدى هذه الشعوب من معارف وأفكارإلى جانب ما لاحظوه أثناء تنقلاتهم وأسفارهم بين بلدان

١ ـ أنظر كتاب بن سيدة (المخصص) ، السفر ٦ من ص ٦٢ ـ ١٣٠ ، دار الافاق ، بيروت.

الدولة الإسلامية والبلاد المجاورة، من اختلاف الجو والمناخ. وأطلعوا أيضا على ما أنتجته الحضارات الأخرى كالحضارة اليونانية، والحضارة الفارسية، والحضارة المصرية، والحضارة الهندية، والحضارة الصينية، وغيرها من الحضارات التي وصل إليها الإسلام والرحالة المسلمون، والتجار العرب. وقد استفادوا كثيراً منها فترجموا بعض ثمارها العلمي، وفحصوها، وصححوها، وأضافوا إليها ما اكتسبوه من علوم وتجارب.

وقد ألف العرب العديد من الكتب الجغرافية والتاريخية التي تناولت بعض الجوانب الجوية والمناخية من وصف لمناخ المناطق التابعة للدولة الإسلامية، والمناطق المجاورة، وشرح لبعض الظاهرات الجوية والمناخية التي تحدث في بيئتهم. ويمكن أيجاز إسهام العرب في نمو المعرفة المناخية والجوية علي النحو التالي:

تحدث ابن قتيبة الدينوري في كتابه (كتاب الأنواء في مواسم العرب) عن الرياح وأنواعها وعلاقتها بحرارة المكان والسحب والأمطار، وأنواع السحب وألوانها، وعلاقتها بالأمطار. والاستدلال بالبرق والحمرة على الغيث [١].

وألف البلخي كتاب الأشكال، وقد ضمنه معلومات جغرافية ومناخية عن الأقاليم. ويعتبر كتاب الأشكال أول أطلس مناخي في العالم [٢].

وتحدث الجغرافي والمؤرخ المسعودي في كتابه (التنبيه والاشراف) عن اختلاف الحرارة من وقت لأخر، وأثر الهواء في الكائنات الحية كالإنسان والحيوان والنبات. وذكر العوامل التي تؤثر في المناخ، فيقول: وقد تختلف

١- ابن قتيبه الدينوري، عبدالله ، (١٣٧٥)، الأنواء في مواسم العرب، حيدر أباد، الهند.

2- James and Martin, (1981), P. 50

قوى الارضين وفعلها في الأبدان لثلاثة أسباب، كمية المياه التي فيه وكمية الأشجار، ومقدار ارتفاعها وانخفاضها، فالأرض التي فيها مياه كثيرة ترطب الأبدان. والأرض العادمة للمياه تجففها. وأما اختلاف قوتها من الأشجار فان الأرض الكثيرة الأشجار التي فيها تقوم لها مقام السترة فلهذا السبب تسخن. والأرض المكشوفة من الأشجار العادية لها حالها عكس حال الأرض الكثيرة الأشجار. وأما اختلاف قواها من قبل علوها وانخفاضها فلأن الأرض العالية المشرفة فسيحة باردة والأرض المنخفضة حارة، ومنهم من رأى أن أصناف اختلاف البلدان أربعة أولها النواحي والثاني الارتفاع والانخفاض والثالث مجاورة الجبال والبحار والرابع طبيعة تربة الأرض. وذلك أن ارتفاعها يجعلها أبرد وانخفاضها يجعلها أسخن على ما قدمنا. وأما اختلافها من مجاورة الجبال لها فمتى كان الجبل من البلد من ناحية الجنوب جعله أبرد لأنه يكون سبب امتناع الرياح الجنوبية وإنما تهب فيه الشمالية فقط. ومتى كان الجبل من ناحية الشمال جعله اسخن ولامتناع هبوب الرياح الشمالية فيه. وأما اختلافها لمجاورة البحار لها فمتى كان البحر من البلد في ناحية الجنوب كان ذلك البلد أسخن وأرطب وان كان من البلد في الشمال كان ذلك أبرد وأيبس. وأما اختلافها بحسب طبيعة تربتها فمتى كانت تربة الأرض صخرية جعلت ذلك البلد أبرد وأجف وان كانت تربة البلد جصية جعلته أسخن وأجف و ان كانت طينية جعلته أبرد وأرطب [1].

وقد وصل المسعودي الى موزمبيق في شرق أفريقيا ووصف الرياح الموسمية وصفا دقيقاً وذكر كيف تتبخر المياه من المسطحات المائية

---

١ ـ حميدة، عبد الرحمن، (١٤٠٠هـ) ، أعلام العرب، دار الفكر ، دمشق ، ط٢.

وتتكاثف وكيف تتكون السحب[١].

وقسم المقدسي في كتابه "احسن التقاسيم في معرفة الأقاليم" العالم الى١٤ إقليماً مناخياً. وأشار الى أن المناخ يختلف ليس فقط بالموقع العروضي بل بالموقع في الشرق والغرب. كما أشار الى أن النصف الجنوبي من الكرة الأرضية غالبه مسطحات مائية مفتوحة وغالبية اليابسة في الجزء الشمالي[٢].

وتضمنت مؤلفات البيروني بعض الآراء والأفكار عن الجو والمناخ. فقد أشار الى أنه يوجد مناطق في الشمال لا تغرب عنها الشمس في الصيف، كما أشار الى أن جنوب خط الاستواء في أفريقيا مناطق يكون الزمن فيها شتاء حينما يكون الزمن في شمال خط الاستواء صيفاً.

وتحدث البيروني عن أمطار الهند والأمطار التضاريسية، ويقول: وارض الهند تمطر مطر الحميم في الصيف، وكلما كانت البقعة اشد إمعانا في الشمال وغير محجوب بجبل فهذا المطر فيها أغزر ومدته أطول . فأما إذا اقترب (المطر) من الجبال (فانه) يتوالى أربعة اشهر كالقرب المصبوبة. وفي النواحي التي حول جبال كشمير. يغزر شهرين ونصف أولها شرابن (الشهر الخامس في السنة الهندية) ويعدم في ما وراء الثنية، لان الغيوم ثقيلة قليلة الارتفاع عن وجه الأرض. فاذا بلغت هذه الجبال صدمتها وعصرتها فسالت ولم تتجاوزها. ولأجل هذا تعدمه كشمير. والعادة فيها أن تتوالى الثلوج في شهرين ونصف أولها ماك (الشهر الحادي عشر من السنة الهندية) فاذا جاوز نصف جيتر (الشهر الأول من السنة الهندية) توالت الأمطار أياما يسيرة فأذابت الثلوج

١. James and Martin, (1981), P. 50

٢. مرجع سابق ، ص ٥٠

وأطهرت الأرض، وهذا قلما يخطئي[1].

وتحدث أخوان الصفا في المجلد الأول والثاني من رسائلهم عن جغرافية وصفات الأقاليم السبعة، والأفلاك السماوية ومواقع الشمس، والبروج، وعن الكسوف والخسوف، والهواء، وبعض الظاهرات الجوية كالسحب والأمطار. ويشير إخوان الصفا الى تكّون السحاب بقولهم: ثم يصير بخارا (مياه البحر) ويصعد في الهواء، وتتراكم منه الغيوم وتسوقه الرياح الى رؤوس الجبال والبراري، ويمطر هناك ويسقي البلاد، وتجري منه الأودية والأنهار، ويرجع الى البحار من الرأس، وذلك دأبها في الشتاء والصيف، ذلك تقدير العزيز العليم[2].

وتحدث القزويني عن أثر الشمس في النبات والبحار، وكيف تتكون السحب وتسقط الأمطار، فيقول: فمنها تأثيرها في البحار فانها إذا أشرقت على الماء صعدت منها أبخرة بسبب السخونة فاذا بلغ البخار الى الهواء البارد تكاثف من البرد وانعقد سحابا، ثم تذهب به الرياح الى الأماكن البعيدة عن البحار فينزل المطر الذي يحي به الله الأرض بعد موتها وتظهر منه العيون والأنهار ويصير سببا لبقاء الحيوان وخروج النبات وتكون المعادن ومنها أمر النبات فان الزرع والأشجار لا تنبت إلا في المواضع التي تطلع عليها الشمس وكذلك لا تنبت تحت النخيل والأشجار العظيمة التي لها ظلال واسعة شئ من الزرع لأنها تمنع الشمس عما تحتها. وحسبك ما ترى من تأثير الشمس بحسب الحركة اليومية في النيلوفر والاذريون وورق الخروع فإنها تنمو وتزداد عند اخذ الشمس في الارتفاع فإذا زالت أخذت في الذبول وضعفت ثم عادت في اليوم الثاني الى حالها [3].

وتحدث شمس الدين الدمشقي (المعروف بشيخ الربوة) عن اختلاف المطالع لاختلاف العروض وزيادة النهار الواحد حتى تكون السنة كلها يوماً واحداً

بليلته، وعن اختلاف الفصول والأزمنة وطبائع المخلوقات من إنسان وحيوان ونبات، وطول النهار ومدى علاقة ذلك بعروض الأرض. وقد قسم الأرض الى سبعة أقاليم. وذكر مدى ملائمة كل إقليم للإنسان والحيوان والنبات والمعادن، ويقول: الإقليم الأول -خط الاستواء - معتدل للمعادن دون النبات ودون الحيوان والإنسان لإفراط الحر.

والإقليم الثاني: معتدل للإنسان والحيوان والنبات دون المعدن إلا ما كان جليلا في خلقه منها.

والإقليم الثالث: معتدل للإنسان والحيوان والنبات دون المعدن إلا لبعض منه.

والإقليم الخامس والسادس: معتدلان للنبات والحيوان دون الإنسان ودون اليسير من المعدن[1].

والإقليم السابع: معتدل للنبات دون الثلاث إلا اليسير من المعدن.

وقد تحدث ابن خلدون في مقدمته عن أثر المناخ في ألوان البشر وأجسامهم وطبائعها ومعاشهم ومساكنهم. ويقول في المقدمة الثالثة في المعتدل من الأقاليم والمنحرف وتأثير الهواء في ألوان البشر والكثير في أحوالهم:.. ولما كان الجانبان من الشمال والجنوب متضادين من الحر و البرد وجب أن تتدرج الكيفية من كليهما الى الوسط فيكون معتدلا فالإقليم الرابع اعدل العمران والذي حاناته من الثالث والخامس أقرب الى الاعتدال والذي يليهما، والثاني والسادس بعيدان من الاعتدال والأول والسابع ابعد بكثير فلهذا كانت العلوم والصنائع والمباني والملابس والأقوات والفواكه بل والحيوانات وجميع ما يتكون في هذه الأقاليم الثلاثة

١- شمس الدين الدمشقي (١٢٨١هـ) ، نخبة الدهر في عجائب البر والبحر، مطبعة الاكاديمية الامبراطورية، بطبربورغ، ص ٢٦ - ٣٠ .

مخصوصة بالاعتدال وسكانها من البشر اعدل اجساما وألوانا وأخلاقا وأديانا حتى النبوات فانما توجد في الأكثر فيها ولم نقف على خبر بعثة في الأقاليم الجنوبية ولا الشمالية وذلك أن الأنبياء والرسل إنما يختص بهم اكمل النوع في خلقهم وأخلاقهم [١].

هذا وقد أشارت كتب التراث العربي الجغرافية والتاريخية وكتب الرحلات الى الخصائص المناخية للبلدان التابعة للدولة الإسلامية وللبلدان المجاورة. ومنها كتاب مسالك الممالك للاصطخري، وكتاب صورة الأرض لابن حوقل (المعروف أحيانا بالمسالك والممالك)، وكتاب تقويم البلدان لآبي الفداء، ورحلة ابن بطوطة لابن بطوطة. ومن آثار العرب في المصطلحات الجوية التي تستخدم عالميا كلمة (Monsoon) وأصلها العربي الرياح الموسمية، والتيفون Typhoon وأصلها العربي الطوفان.

علم المناخ الحديث:

يعتمد ما أسهمت به الحضارات القديمة في مجال المعلومات الجوية والمناخية على الملاحظة و الاستنتاج البشري لما يحدث حولهم من ظاهرات جوية، ويستثنى من ذلك محاولة الصين تسجيل الأمطار في القرن العاشر قبل الميلاد [٢]. ومع بداية القرن السابع عشر للميلاد بدأت الاختراعات العلمية التي تعتبر بداية تحول في تقدم العلوم. وقد اخترع جاليلو في عام ١٥٩٣م جهاز قياس الحرارة، واخترع العالم الإيطالي تورشلي في عام ١٦٤٣م جهاز البارومتر لقياس الضغط الجوي، وفي عام ١٦٦٢ اكتشف بويل(boyle) العلاقة بين الضغط وحجم الغاز.

ويعتبر القرن الثامن عشر قرنًا مهمًا حيث تم فيه تطوير العديد من

١- ابن خلدون، عبد الرحمن ، (بدون)، مقدمة ابن خلدون، دار الكتاب، بيروت ص ٨٢ - ٨٧ .
٢ - James and Martin, (1981), P. 56

أجهزة القياس التي أستخدمت في جمع المعلومات الجوية. ومع بداية عام ١٧١٤ أستخدم مقياس فهرنهايت (Fahrenheit Scale) للحرارة، وفي عام ١٧٣٦م أستخدم مقياس درجة الحرارة المئوية (Centigrade scale)، وفي عام ١٧٨٣م تم اختراع جهاز لقياس الرطوبة (Hair hygrometer) ، وفي عام ١٨٣٧ أخترع جهاز قياس الأشعة الشمسية (Pyheliometer)، وفي عام ١٨٩٢م تم استخدام البالون (المنطاد) لقياس الأحوال الجوية في الطبقات العليا من الغلاف الجوي. وفي عام ١٩٠٠م أعد كوبن (koppen) أول تصنيف للمناخ. وفي عام ١٩٢٥م أستخدمت الطائرات في تسجيل المعلومات الجوية. وفي عام ١٩٢٨م أستخدم المسبار اللاسلكي راديو ساوند (Radio Sonde) في رصد المعلومات الجوية في الطبقات العليا من الغلاف الجوي، وفي عام ١٩٦١ أستخدمت الأقمارالصناعية لرصد الأحوال الجوية في الطبقات العليا من الغلاف الجوي، جدول (١).

جدول (١- ١) بعض الأجهزة التي أخترعت وأستخدمت في رصد وتسجيل وتحليل العناصر الجوية.

العام	الاختراع

١٥٩٣ : اخترع جاليلو ميزان الحرارة الثرمومتر Thermometer

١٦٤٣ : اخترع تورشلي البارومتر لقياس الضغط الجوي، البارومتر

١٧٣ : اخترع جهاز قياس الرطوبة Hair hygrometer

١٨٢٥ : اخترع جهاز قياس الرطوبة السيكرومتر Psychrometer

١٨٣٧ : اخترع جهاز قياس أشعة الشمس pyheliometer

١٨٩٢ : بداية استخدام المنطاد لقياس الأحوال الجوية في الطبقات العليا من الجو Balloon

١٩٠٠ : اعد كوبن Koppen أول تصنيف للمناخ

١٩٠٢ : بداية اكتشاف الطبقات العليا من الجو

١٩١٣ : اكتشاف طبقة الأوزون

١٩٢٥ : بداية استخدام الطائرات في تسجيل المعلومات الجوية في الطبقات العليا من الغلاف الجوي.

١٩٢٨ : بداية استخدام المسبار اللاسلكي Radio Sonde في تسجيل المعلومات الجوية في الطبقات العليا من الجو.

١٩٦٠ : بداية استخدام الأقمار الصناعية لرصد الأحوال الجوية في الطبقات العليا من الجو.

١٩٦٩ : بداية استخدام شبكة الإنترنت.

المناخ واستخدام التقنية الحديثة

يشهد العالم في الوقت الحاضر تطوراً هائلاً في المجالات العلمية والتكنولوجية المختلفة، فقربت البعيد، وحولت العالم إلى قرية صغيرة، وجعلت المستحيل في كثير من الأحيان ممكنا. وقد كان للتطور العلمي والتكنولوجي دوراً مهماً في جميع المجالات ومنها الطقس والمناخ. فقد ساعدت التقنية الحديثة على جمع البيانات الجوية والمناخية الأرضية والعلوية، وعلى تخزينها وتصنيفها، وتحليلها، وتوزيعها، وتبادلها بين مراكز جمع البيانات المناخية المنتشرة في جميع أنحاء العالم. وعلى سبيل

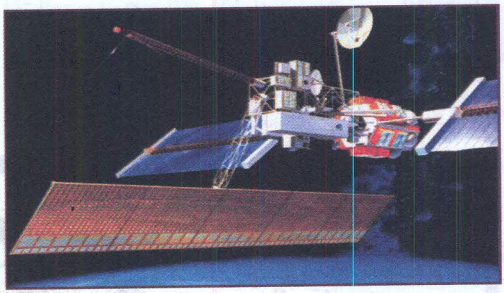
المثال، بواسطة الطيران أمكن تصوير الظاهرات الجوية في الطبقات العليا من الجو كالسحب، ومتابعة الظاهرات الجوية المختلفة التي تحدث في الغلاف الجوي وبالقرب من سطح الأرض كالأعاصير والاضطرابات الهوائية التي تحدث على اليابسة والمسطحات المائية كالهريكين، والترناديو والزوابع والدوامات المائية ونحوها. كما تقوم الأقمار الصناعية بتزويد مراكز الرصد الجوي والمناخي بصور جوية ومعلومات دقيقة عن كمية وكثافة السحب، والإشعاع الشمسي والأرضي، وحرارة الجو وسطح الأرض، والضغط الجوي، وحركة الهواء، ورطوبة الغلاف الجوي، وغيرها من عناصر الجو.

وقد أخذت الدول الصناعية المتقدمة في التنافس باطلاق أقمار صناعية متعددة الأغراض والأهداف. ومن هذه الأقمار الصناعية، القمر الصناعي الأمريكي لاند سات Land sat U.S.A، والقمر الصناعي المتيورولوجي الأوربي ميتيوسات Meteosat (صور١-١ و١-٢ و١-٣).

ومع بداية عام ١٩٦٩م بدأت ثورة علمية جديدة من خلال شبكة المعلومات العالمية والمعروفة بالإنترنت (Internet) وتعتبر شبكة الإنترنت إحدى أهم موارد المعلومات في هذا العصر، وهي عبارة عن شبكة اتصالات تربط مجموعة كبيرة من شبكات الحاسب الآلي التي تنتشر في شتى أنحاء العالم، حيث تتبع كل شبكة جهة مستقلة مثل الجامعات ومراكز الأبحاث والشركات التجارية والهيئات الحكومية والمدنية والعسكرية والمنظمات والمؤسسات الدولية والأفراد.

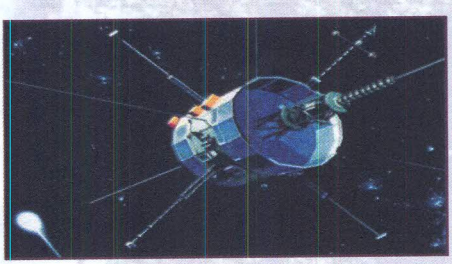
وتعد الإنترنت أكبر شبكة معلوماتية في العالم، وهي ثاني أكبر شبكة اتصالات في العالم بعد شبكة الهاتف. ويزداد الاشتراك في شبكة الإنترنت

في الدول المتقدمة والنامية على حد سواء، بل يلاحظ أن اكبر نسبة اشتراك في شبكة الإنترنت تكون في الدول النامية. وترتبط بهذه الشبكة جُل مراكز البحوث والمعلومات والجامعات في العالم.



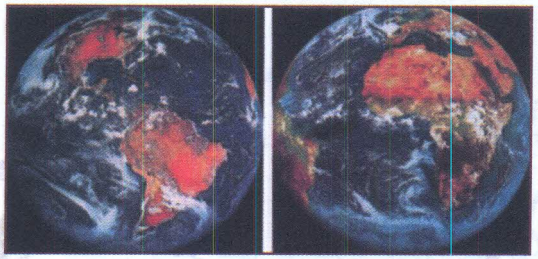
صورة (١-١) قمر صناعي واجهزة التقاط الصور

ويمكن اعتبارالإنترنت قاعدة معلومات منتشرة في أرجاء العالم، تتكون من محصلة المعلومات المخزنة على جميع الأجهزة المرتبطة بالشبكة. وقد حولت شبكة الإنترنت العالم الى وحدة صغيرة جداً، بل يعتبر البعض أن شبكة الإنترنت قللت من أهمية ظرف المكان والزمان الى حد كبير، فبغض النظر عن مكان ووقت مستخدم الشبكة فهو يستطيع نشر المعلومات والحصول عليها أياً كان مصدرها. ومكنت الإنسان من أن يتصل، ويحصل على المعلومات المختلفة من أي مركز بحثي أو مكتبة في العالم وهو جالس على كرسيه، وأصبحت هذه المراكز أقرب إليه من مكتبته الخاصة أو الغرفة المجاوره.



صورة (١-٢) تعتمد تقنية المعلومات على معظم اتصالات حديثة عن طريق الأقمار الصناعية

وفي مجال الدراسات الجوية و المناخية يوجد العديد من المواقع على الإنترنت التي تخدم الباحثين والدارسين والمختصين الطقسيين والمناخيين والجغرافيين. وعبر



صورة (١-٣) صور جوية لاجواء اليابسه والمحيطات بواسطة القمر الصناعي ميتوسات ٦و٣

شبكة الإنترنت يستطيع الباحث التعرف على الدراسات والأبحاث العلمية التي يتم إعدادها من قبل الهيئات والمنظمات العالمية والإقليمية الرسمية وغير الرسمية كالأبحاث والدراسات التي تناقش قضايا العصر الحديث كالتلوث البيئي، وتغير المناخ، والانحباس الحراري، والكوارث الجوية والبيئية، وغيرها من الموضوعات والقضايا ذات العلاقة بالجو والمناخ، والتي تحدث في أماكن كثيرة من العالم. وللحصول على معلومات جوية ومناخية عبر شبكة الإنترنت على الباحث أن يحدد مصطلحات البحث بدقة لتحديد المعلومات التي سوف يحصل عليها من خلال البحث عبر الشبكة. وعلى سبيل المثال، عند ما يستخدم الباحث المصطلحات الواسعة كالطقس Weather أوالمناخ Climate فانه سوف يحصل على مئات بل أحيانًا على آلاف العناوين متعددة المصادر القريبة والبعيدة من موضوع بحثه، فيصعب عليه قراءة عناوينها وملخصاتها، وبالتالي تقل الفائدة منها. ولذا فان على الباحث أن يحدد بالدقة ماذا يريد، كأن يبحث مثلاً تحت عنوان الطقس والصحة Weather and Health أو المناخ والصحة Climate and Health، وهكذا. ويوجد العديد من المواقع المهتمة بالموضوعات الجوية والطقسية والمناخية والموضوعات المتصلة بها، ويصعب حصرها، ويزداد عددها باستمرار نظراً لأهمية الطقس والمناخ للكائنات الحية المختلفة، ولشتى مجالات الحياة.

موضوع للقراءة

المصطلحات الخاصة بعناصر المناخ : [1]

تُعد المصطلحات الجغرافية الخاصة بعناصر المناخ أوفر مصطلحات التراث وأكثرها تنوعا، ولم يستخدم العرب كلمة المناخ للدلالة على حالة الجو، وإنما المُناخ (بضم الميم) هو مبرك الإبل باجماع المعاجم اللغوية العربية. وهو اسم للمكان الذي تناخ فيه الإبل، ويرى الكاتب أن لفظ (المُناخ) (بضم الميم) قد تطور معناه وأصبح يدل على المكان أول الأمر أوالمنزل الذي ينزل فيه البدوي، وفي الحديث الشريف (منى مناخ منى منزل) ولما كان المطر والرطوبة والحرارة والبرودة عناصر ذات أهمية كبيرة في حياة البدوي وكانت أساس المفاضلة بين الأماكن التي تناخ فيها الإبل فان العربي كان يقول (مناخنا مطير) أو (مناخنا رطب) أو (مناخنا حار أو بارد) أي مكان الإقامة مطير أو رطب أو حار حسب ما ورد في الأمثلة، ومن هنا عمت الكلمة وأصبحت تشير الى حالة الجو بصفة خاصة و هي أهم ما يهتم البدوي به. ولست مع من ذهب الى أن المناخ مشتق من (النخة) وتعني المطر الخفيف. ويمكن أن تعالج مصطلحات التراث الخاصة بالمناخ وعناصره المختلفة على النحو التالي:

أ - الحرارة

١- الكلمة الدالة على ارتفاع درجة الحرارة:

حر، وحرور، صيهد والصَيْهَدان، القَيْظ، الأوار، الوَقدة، الهاجرة والهجير، الفَيْح (سطوع الحر)، الصَخْد (سكون الريح)، الدَمَة (شدة حر الرمل)، التَهَم (شدة الحر وركود الريح وبه سميت تهامة).

١- من كتاب : التراث الجغرافي الإسلامي، تأليف، محمد محمود محمدين ، مطابع النهضة، الرياض، ١٤٠٤هـ، ط٢، ص٤٧٤-٤٨٥

٢- الكلمات الدالة على انخفاض درجة الحرارة:

البرد، الصر، القُرّ، الزَمهرير (غاية البرد)، القَرْس، الصقَعْة (من الصقيع)، الصَرْد، الأرِيز (شدة البرد).

٣- الكلمات الدالة على الاعتدال في الحرارة:

السَجْسَج (الهواء المعتدل بين الحر و البرد)، الطَلْق.

ب - الرياح:

عرف العرب الريح بأنها الهواء إذا تحرك، أو نسيم الهواء، أو تموج الهواء كما أن أمواج البحر ليست شيئا سوى حركة الماء. وقد صنف العرب الرياح وفق أسس مختلفة كما يلي:

١- اتجاه الرياح: صنف الجغرافيون المسلمون واللغويون الرياح وفق الاتجاهات الآتية:

رياح الشمال أو الشمأل أو الشأمل أو الشمول أو الشامية وهي الرياح التي تاتي من الشمال، رياح الجنوب وهي التي تأتي من الجنوب و تسمى كذلك التيمن، ورياح الدبور (الغربية) وتأتي من دبر الكعبة، ورياح الصبا (الشرقية) وتسمى كذلك القبول لأنها تقابل باب الكعبة، و يطلق على كل رياح تهب ما بين هذه الجهات الأربع السابقة (الشمال - الجنوب - الدبور - الصبا) النكباء. وعرفت الرياح الشمالية الشرقية باسم النكيباء، والحرجف والصبابية، والرياح الجنوبية الشرقية باسم الأزيب، والرياح الجنوبية الغربية باسم الداجن والهيف، والرياح الشمالية الغربية باسم النعامي والجِربِياء. وأما الرياح التي تهب من أسفل الى فوق، فمنها تكون الزوبعة، وأما التي تهب من فوق الى أسفل، فمنها الريح الصَرْصر. وأطلق العرب على الرياح التي لا تدوم

على جهتها (الخَرْقاء) والمُتذبّبة، والمُتَنَاوحة.

٢ - حرارة الرياح: حرارة الرياح أساس آخر اعتمد عليه الجغرافيون في تصنيف الرياح الى رياح حارة، عرفت باسم السموم، والحرور، والسّهَام، واللافحة، والسعَار، والهَيْف تأتي من قبل اليمن.

وعرفت الرياح الباردة باسماء عديدة منها: الحرجف، والصرصر، والعرية فاذا كان مع بردها ندى فهى البليل، والحُرُجوج و هي شديدة البرودة، والخَريق. وعرفت الريح التي لا تحمل مطرا بالعَقيم والتي تأتي بالمطر بالمُعْصرات والمُبشرات.

٣- شدة الرياح: أطلق العرب أسماء مختلفة على الرياح وفقا لشدتها من هذه الأسماء: النسيم اذا جاءت بنفس ضعيف، واذا كانت شديدة فهي العَاصف والسّيْهوج، واذا قلعت الخيام فهي الهَجُوم، واذا قلعت الأشجار فهي الزّعْزعان.

٤ - الرياح كعامل نقل: الداحجة التي تجر الشئ من موضع الى موضع، الحاصب التي تحمل التراب، وعرفت الرياح التي تثير التراب و تجئ به المُؤتّفكة، والعَجّاجة، والسَوَافي و السَفْسَافة، والهجَاجة التي تدفن كل شئ بالتراب، أما الرياح التي تنحت وتقشر في الصخور فهي الساحِلة.

جـ - السحاب:

السحاب هو الغيم سُمي السحاب لإنسحابه في الهواء، و قد أطلق العرب أكثر من مائة اسم و صفة على السحاب و تناولت الأسماء والصفات مراحل تكوين السحاب، وأجزاءه، ووصفه، وقربه أو بعده عن الأرض، والممطر منه وغير الممطر.

١ - مراحل تكوين السحاب: النشء هو أول ما ينشا من السحاب، فاذا انسحب في الهواء فهو السحاب، فاذا تغيرت له السماء فهوالغمام، فاذا اقبل عليك وأخذ يعلو فهو الحَبِي وهو الذي يشرف على الأرض من الأفق، فاذا أظل السماء فهوالعارض.

٢- أجزاء السحاب: جاء في الحديث الشريف عن موسى بن ابراهيم التيمي عن أبيه عن جده قال: (بينما رسول الله صلى الله عليه وسلم) ذات يوم جالسا مع أصحابه فقال: كيف ترون قواعدها؟ قالوا: ما أحسنها وأشد تمكنها قال: وكيف ترون رحاها؟ قالوا: ما أحسنها وأشد استقامتها قال كيف ترون برقها: أوميضا أم خفوا أم يشق شقا؟ قالوا: بل يشق شقا، قال: فكيف ترون جونها؟ قالوا: ما أحسنه وأشد سواده فقال صلى الله عليه وسلم: الحيا، فقالوا: يارسول الله ما راينا الذي هو أفصح منه فقال: وما يمنعني، وانما أنزل القران بلساني لسان عربي مبين.

تناول الحديث السابق أجزاء السحاب، وقد تعارف العرب على استخدام المصطلحات الآتية:

كفاف السحاب أسفله، وشماريخ وبواسقه أعاليه، وقواعده أركانه، ورحاه مستداره، الخنذيذ طرف السحاب، وطره الغنيم أبعد ما يرى منه، السقط سقط السحاب ما يرى منه كأنه ساقط على الأرض، والهيدب من السحاب ما يتدلى ويدنو مثل هدب القطيفة.

٣- قرب السحاب أو بعده عن الأرض: استخدم العرب الفاظا عديدة كاسماء وصفات تطلق على السحب وفق ارتفاعها أو قربها من الأرض، مثل: المُسِف وهو السحاب الذي تدانى من الأرض، واذا دنى من الأرض ليلا فقد عَسْعَس ولا يكون الا في الليل مع برق، والغِفَارة

النشاص والطخاء السحاب المرتفع، الربّاب السحاب المتوسط الأرتفاع، وقيل اذا تعلق سحاب دون سحاب فهو الرباب.

٤- أوصاف السحاب من حيث مساحته وتركيبه: الرمي: قطع من السحاب صغار دقاق قدر الكف أو أكبر شيئا واذا كانت السحاب متفرقة فهي القزع، والصرمة القطعة من السحاب. والنَمِرة القطعة من السحاب تراها كجلد النمر من غيم صغار تكاد تتصل، القرد قطع صغيرة من السحاب لم تلتئم بعد، الكسفة، وجمعها كسف وهي قطعة السحاب العريضة ، المُطبّق ما يغطي الجو و يغشاه، والسُد ما سد الآفاق، الطَخْطَاخ اذا التأم السحاب وعم السماء. واذا كان السحاب قطعا متراكمة فهي الكرفيء، واذا كان كالجبال فهي القلع والكنهور. واذا كانت السحابة قطعا مستدقة رقاقا فهي الطخارير، واذا كانت حولها قطع من السحاب فهي المكللة. فاذاغلظ السحاب وتركب بعضه بعضا فهو المُكفَهِرَ، واذا تراكم السحاب بعضه فوق بعض فهو الرُكام.

٥- الوان السحاب: الطخياء و المُتَطخْطِخَة هي السحابة السوداء، واذا كان السحاب أبيض فهو المُزْن، والسحاب السود المتراكم يسمى المُحمَومي، اذا كان الغيم رقيقا لا يواري السماء فهو الكدرة، واذا كان السحاب أغلظ من الكدرة فهو الطرِمساء، ويعرف السحاب الرقيق بالرهل، والطحاء، والرهج، والرباب. فهو الطرمساء، ويعرف السحاب الرقيق بالرهل، و الطحاء، و الرَهَج، والرباب. وقيل ان السحاب الذي به الحمرة يعرف بالزِبرج، والحَنْتَم سحابات خضر تضرب الى السواد.

٦- أنواع السحب من حيث أمطارها وبروقها: اذا كان السحاب ذا ماء كثير فهو القنيف، و المُزنَة واحدة المزن السحاب ذو المطر الريان، والمُعصِرات السحائب ذوات المطر، والدَلُوح السحابة المثقلة بالماء،

والهَمُوم صبوب للمطر، والوَطْفَاء الدائمة المطر، والخَلُوج كثيرة الماء والبرق.

أماء اذا كانت السحابة قد تهيأت للمطر فهي المُخيلة، المُتَرهْيِئة والسحاب المستمطر والخَلِق الذي يرجو أن يكون فيه مطر، والواعد كانه يعد بالمطر. أما الجِهَام والهف والجُلب والهزمْ فهو السحاب الذي لا ماء منه. أما اذا هراق السحاب ماءه فهو النَجْر والجَفْل والعماية. وتعرف السحابة ذات البرق بالبارق، والتي يستمر ويتوالي بكثرة بالعَرّاص.

٧ - أنواع السحب من حيث سرعة تحركها: الحَيِّر السحاب الذي دام ولم يبرح مكانه، وكذلك الصَّبِير اذا ثبت ولم يبرح اليوم والليلة، واذا رايته يتثاقل كانما يتراجع فقد تخَّزل، واذا سار رويدا فقد تَرهْيأ، فاذا تحرك وأضطرب فقد تَّنغَص، واذا تداني وثقل فقد أرجَحنّ.

د - البروق والرعود:

البروق جمع برق وهو الذي يلمع في الغيم، ويقال له انكلال اذا أظهر سواد الغيم من بياضه، ويقال أوشمت السماء اذا برقت برقا يسيرا، وخفا البرق يخفو اذا برق برقا ضعيفا، فاذا لمع لمعا خفيفا قيل لمح وأوْمض، فاذا تشقق قيل أنعق أنعاقا، واذا أضطرب قيل أرتعص البرق، فاذا مل السماء وتكشف قيل: تَبَوج، واذا كثر وتتابع قيل أرتعج. ويعرف أول ما يقع من غيث البرق بقريح البرق.

أما الرعود فهي جمع رعد وهو الصوت الذي يسمع من السحاب، وتقسم الرعود حسب شدة الصوت على النحو التالي: رعدت السماء، فاذا زاد صوتها قيل أرزَمَت ودَوَت، فاذا أشتد قيل قَصفَت وقَعْقَعت، فاذ بلغ النهاية

قيل هدهدت وجلجلت. ويطلق على الرعد الذي يحدث قبل الأمطار اسم التخييل، ويعرف صوت الرعد من بعيد باسم الأزير، وأخفى صوت للرعد يعرف بالرَزيز. أما صوت الرعد الذي لا ينقطع فيعرف بالأرْنَان. و قد أطلق العرب على قطعة النار التي تسقط من أثر الرعد اسم الصاعقة وهي النازلة من الرعد التي لا تصيب شيئا الا أحرقته.

هـ - التساقط:

استخدم العرب مصطلحات متعددة:

١ - الندى: وهو قطرات الماء الدقيقة التي تتكاثف على الاجسام العارية مثل الزروع و الأحجار، والسَدَى وهوالندى الذي يسقط أول الليل.

٢- الضباب: وهو سحاب يغشي الأرض بالغدوات واذا كثف فهو السديم، وقيل ايضا انه الضباب الرقيق.

٣- الطَل : هو ما فوق الندى ودون المطر، وقيل انه المطر الخفيف.

٤- المطر : قسم العرب المطر و فق ضعفه و قوته على النحو التالي: الطل والرش والطَش والرذاذ والدَثَاث والرِك والضَرْب وكل هذه الأسماء أطلقت على المطر القليل الضعيف، أم المطر القوي الغزير فهو الجَوْد والوَبْل والهَاطل والهَاتل والهَتُون. ولا يتحتم أن يكون ترتيب شدة المطر وغزارته على النحو الذي ذكرناه اذ أن بعض المصادر جعلت الجود أشد درجات المطر، بينما جاء في مخصص ابن سيدة أن الوابل أشد من الجود.

وقد صنف العرب الأمطار بحسب حجم قطراتها الى: القَطْقَط من المطرالصغار كانه شذر، والرِهمة المطر الصغير القطر مع دوامه، والهَمِيمة

مطر لين دقاق القطر، والوَابل المطر الشديد الضخم القطر، والقُطار غيث عظيم القطر.

ويقسم المطر من حيث استمراره الى المِدْرار والدُرورالذي يتبع بعضه بعضا، الديمة مطر يدوم أياما مع سكون بلا رعد، و قيل أقل وقت الديمة ثلث يوم، ويطلق على المطر الذي يدوم خمسة أيام أو سته أيام العَيْن، واذا كان المطر الدائم عظيم القطر أطلق عليه الأهضوبة أو الهَضْبة. واذا كان المطر صبا متتابعا عرف باسم السُحوح، واذا كان المطر دائما وضعيفا أطلق عليه الرهمة. وصنف العرب المطر من حيث شدة تأثيره في الأرض الى: الحَريصة التي تؤثر في وجه الأرض، والساحية والسَحيفة هي المطرة التي تجرف ما مرت به، والمطر المائش هو الذي يزيل ما على متن الأرض من تراب وغبار. والسَاحية والقُشْرة هي المطرة الشديدة التي تقشر و جه الأرض، والمطر الداحي الذي يدحي الحصى عن وجه الأرض.

وصنف العرب المطر وفق زمن سقوطه الى: الوسمي أول المطر، ثم الذي يليه الولي ثم الربيع ثم الصيف ثم الحميم، وقد ذكر الثعالبي عن ابي عمرو والأصمعي ان أول ما يبدو المطر في اقبال الشتاء فاسمه الخريف، ثم يليه الوسمي، ثم الربيع، ثم الصميم، ثم الحميم. وذكر بعض الباحثين أن الوسمي أول مطر، والعَهْد أول مطر الوسمي، والهَلَل أوالمطر، والرصَدَ هو المطر يقع أولا لما سياتي.

مصطلحات جوية ومناخية:

Aerology	علم الهـواء
Climate	مناخ
Climatic Geography	الجغرافيا المناخية
Climatology	علم المناخ
Energy	الطاقـة
Heat	الحـرارة
Momentum	قـوة الدفع
Topo climatology	المناخ المحلي
Weather	الطقس

أسئلة للمراجعة:

١ - قارن بين العلوم التالية: الطقس، المناخ، والجغرافيا المناخية.

٢ - تحدث عن المناخ من وجهة المناخي الأمريكي ثورنثويت.

٣ - تحدث باختصار عن تطور علم المناخ.

٤ - تحدث عن دور الحضـارة العربيـة والإسلامـيـة في نمو وتطور المعـرفـة المناخية.

٥- ناقش رأي ابن خلدون بشأن تأثير البيئة في الإنسان.

مراجع مقترحة :

١- احمد، نفيس، ١٣٩٨هـ، الفكر الجغرافي في التراث الإسلامي، (ترجمة) فتحي عثمان، دار القلم، الكويت.

٢- خصباك، شاكر، ١٩٨٨م، في الجغرافيا العربية: دراسة في التراث الجغرافي العربي، دار الحداثة، بيروت.

٣- محمدين، محمد،١٤٠٤هـ، التراث الجغرافي الإسلامي، دار العلوم، الرياض.

٣- مونيية، ج. و ب. بانيي، ١٩٨٣م، الأقمار الصناعية والمناخ ، (تعريب)، محمد الشيخ، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، نشرة (٥٦).

1- Atkinson,b.,1980 , Climate , Geography yesterday and tomor row, Oxford university press ,p. 114-124 .

2- Gibbs,w.,1987, Defining Climate ,WMO,bulletin ,vol.36.p.290-296.

3- Mather,john ,and et al,1980, Climatology: The Challenge for Eighties , Professional eographers 329(3) ,p. 285-282.

4- T erjung,werner,1976, Climatology for Geographer Annal of Association of American Geographers, vol.66,number2,p.199-222-

5- Thornthwaite,c.,1961,The Task Ahead, Annal of Associationof American Geographers ,vol.51,number,4, p.345-356.

الفصل الثانى
تصنيف الظاهرات والدراسات الجوية

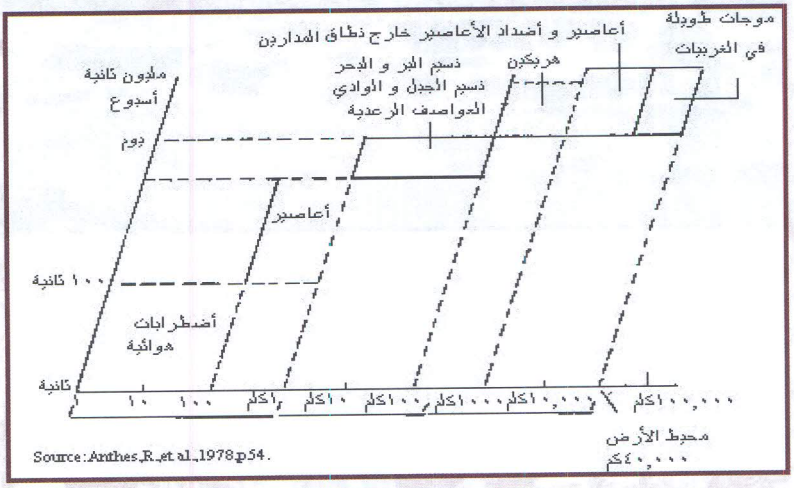
تصنيف الظاهرات و الدراسات الجوية :

تتفاوت الظاهرات الجوية في مساحاتها وأحجامها وأعمارها فمنها ما يشغل مساحة شاسعة من الجو، ويمتد عمرها الزمني مدة طويلة. وبعضها صغير فيما تشغله من حيز مكاني أو فترة زمنية، ومنها المتوسط الذي يشغل حيز مكاني وسط ، ويستمر لمدة زمنية متوسطة. وقد حاول المتيورلوجيون تصنيف الظاهرات الجوية معتمدين على المساحة المكانية التي تشغلها، والعمر الزمني (شكل ٢-١). وصُنفت الظاهرات الجوية بناءاً على العاملين السابقين الى ثلاثة أقسام هي:

١ - المقياس الصغير (Micro scale) .

٢ - المقياس المتوسط (Meso scale) .

٣ - المقياس الكبير (Macro scale) .



شكل ٢-١ مقياس الظاهرات الجوية

المقياس الصغير (Micro scale) .

تشغل الظاهرات الجوية الصغيرة نطاقًا صغيراً يتراوح ما بين١سم و مئات الأمتار، و يتراوح عمرها الزمني ما بين ثانية الى عدة دقائق[١]. ومن أمثلة المقياس الصغير للظاهرات الجوية الاضطرابات الهوائية الصغيرة قصيرة العمر(eddies) ويتراوح قطرها ما بين ١سم الى عدة أمتار. ومقياس زمني مختلف من ثانية الى مئات الدقائق. ومن هذه الاضطرابات الهوائية الاضطرابات الهوائية الحرارية التي تنتقل بواسطتها الحرارة من سطح الأرض الى أعلى، ويطلق عليها تيارات الحمل الصاعدة (Convection current) وتحتوي التيارات الهوائية الصاعدة على رطوبة تتكاثف بالارتفاع تؤدي الى تكون السحب الركامية (cumulus)، وقد تحتوي على أتربة وغبار كما هو الحال في المناطق الصحراوية. و مثال آخر للاضطرابات الهوائية الصغيرة الاضطرابات الميكانيكية (Mechanical turbulance) التي تتحرك أفقياً لمسافة قصيرة و فترة زمنية قصيرة حول العوائق الطبيعية التي تقع على سطح الأرض، والمزارع والغابات.

المقياس المتوسط (Meso scale)

تشغل الظاهرات الجوية المتوسطة حيزاً مكانيًا أكبر من الذي تشغله الظاهرات الجوية الصغيرة، وعمرها أطول. ومثال ذلك، نسيم الوادي والجبل، ونسيم الواحة والصحراء، ونسيم البر والبحر. ويمتد نسيم البر والبحر لعدة كيلومترات، و يستمر لفترة تصل لـ ٢٤ ساعة ـ، ويهب الهواء قريباً من سطح الأرض حوالي٢ كيلومتر. ومن الظاهرات الجوية المتوسطة أيضا حركة الهواء بين المدن و ضواحيها نتيجة للتباين الحراري بينها.

1-Anthes,et al,(1978), the atmoshere. P.61
- oke.t.,and J. Knox, (1981), climatology, P.1-8

المقياس الكبير (Macro scale)

يشمل الظاهرات الجوية واسعة النطاق والمستمرة لفترة زمنية طويلة كالموجات الهوائية التي تحدث في طبقة التربوسفير الملامسة للأرض والرياح الغربية في الطبقات العليا من الغلاف الجوي. والرياح الدائمة كالرياح التجارية والرياح العكسية والرياح القطبية، والأعاصير وأضداد الأعاصير في العروض الوسطى والرياح الموسمية. ويختلف تأثر الظاهرات الجوية في المقاييس الثلاثة بالعوامل التي تؤثر في حركه الهواء كقانون فرل (قوة كوريولس)، وانحدار (تدرج) الضغط والتضاريس. فالظاهرات الجوية التي تحدث على نطاق واسع جداً تتأثر بقانون فرل بينما الظاهرات ذات المقياس الأوسط تتأثربقوة كوريولس لكن بشكل أقل من الظاهرات الجوية ذات النطاق الواسع، والى جانب تأثرها بقوة كوريولس تتأثربعامل الاحتكاك الناتج عن تضرس الأرض لكن اقل تأثراً من الظاهرات الجوية الصغيرة. ويكون تأثيرعامل الاحتكاك كبيراً في الظاهرات الجوية الصغيرة، بينما لا تتأثر بقانون فرل.

تصنيف مقاييس الدراسات المناخية:

صنف المناخيون الدراسات المناخية الى عدة أقسام مشابهة لتصنيف المتيورلوجيين للظاهرات والحركات الجوية. وأستعرض بري Barry [1] هذه التصنيفات وذكر أن جيجر وآخرون (Geiger, et al,1981) قد صنفوا مقاييس الدراسات المناخية الى ثلاثة أقسام:

١ - دراسات مناخية صغيرة Microclimate

٢ - دراسات مناخية متوسطة Meso climate

1- Barry,R (1970), A frame work for climatological research with particular reference to scale concepts, no. 49, P.61-70

وذكر بري أن فوكي (Fukui ,1962) أضاف إليها قسم آخر بين المقياس المتوسط والصغير وهو المناخ المحلي (Local Climate) وأن وسشت (Weis-chet 1956) ينظر للمناخ كوحدة واحدة، وقسم الدراسات المناخية اعتماداً على مساحة منطقة الدراسة على النحو التالي:

١ - مناخ إقليمي Regional climate

٢ - مناخ شبه إقليمي Sub-regional Climate

٣ - مناخ محلي Local Climate

٤ - مناخ صغير Micro Climate

ويقترح وسشت الخريطة المناسبة للدراسات المناخية للأقسام الثلاثة الأولى على النحو التالي:

الأول - ١ : ١ مليون أو اكثر

الثاني - ١ : ١٠٠,٠٠٠ الى ١: مليون

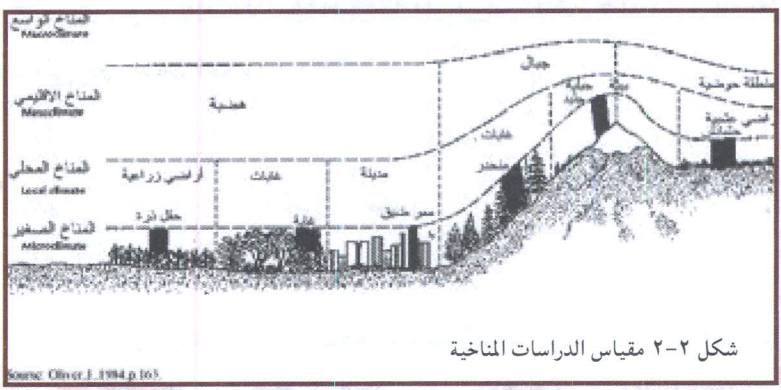
الثالث - ١ : ٥٠,٠٠٠ الى ١ : ٥٠,٠٠٠

ولم يشر وسشت اثنا تصنيفه لمساحة الدراسات المناخية الى المقياس الزمني لكنه يعتبر المناخ الحالة السائدة في منطقة معينة خلال فترة زمنية طويلة تبلغ ٣٠ أو ٣٥ سنة.

ومما سبق يمكن تصنيف الدراسات المناخية الى أربعة أقسام هي: المناخ التفصيلي (الصغير)، والمناخ المحلي، والمناخ الوسط، والمناخ الواسع (شكل٢-٢).

المناخ التفصيلي (الصغير): Micro climate

يهتم بدراسة مناخ منطقة صغيرة جداً، دراسة تفصيلية كدراسة حقل زراعي، أو حول المباني، ونحو ذلك. وغالباً لا تتوفر معلومات مناخية تفصيلية عن مناخ المواقع الصغيرة لأن المعلومات المناخية التي تنشرها الجهات الرسمية المعنية بالأرصاد والسجلات الجوية من الجهات الحكومية وغيرها، تقام في مناطق وأرتفاعات محددة، بينما الدراسات المناخية الصغيرة تهتم بدراسة مناطق معينة، وعلى أرتفاعات أقل من أرتفاعات المحطات الرسمية. وتبدأ الدراسات المناخية الصغيرة بالدراسة الميدانية، وتسجيل العناصرالمناخية في منطقة الدراسة، وملاحظات الباحث حول جغرافية و بيئة المنطقة حيث يتأثر مناخها بالظاهرات الجغرافية والبيئية السائدة فيها.



شكل ٢-٢ مقياس الدراسات المناخية

المناخ المحلي (Local climate)

يتألف المناخ المحلي من المناخات الصغيرة (التفصيلية)، فهو يشمل مساحة أكبرمن مساحة المناخ التفصيلي. ويهتم المناخ المحلي بالاختلافات الأفقية أكثر من الاختلافات الرأسية. ومن أمثلة المناخ المحلي دراسة مناخ أرض زراعية مختلفة المحاصيل، وغابة واسعة، ومدينة، وسفح جبل، ونحو

ذلك ، حيث أن كل منها يتألف من عدد من مناخات صغيرة جداً، ناتجة عن تأثير اختلاف طبيعة المنطقة.

المناخ الوسط (الإقليمي): (Meso climate)

يهتم المناخ الوسط بدراسة مساحة أوسع من مساحة المناخ المحلي كمنطقة معينة تتشابه فيها المؤثرات الطبيعية، فهو يتالف من مجموعة من المناخات المحلية، ويمتد لعشرات الكيلومترات كمناخ إقليم معين لمدينة أو وادي، والحركات الهوائية الناتجة عن التباين الحراري الإقليمي كالأعاصير والعواصف الرعدية ونسيم البر والبحر، ونسيم الجبل والوادي، وحركة الهواء بين المدينة وضواحيها، وتوزيع الأمطار في منطقة معينة، وغيرها من الظاهرات الجوية.

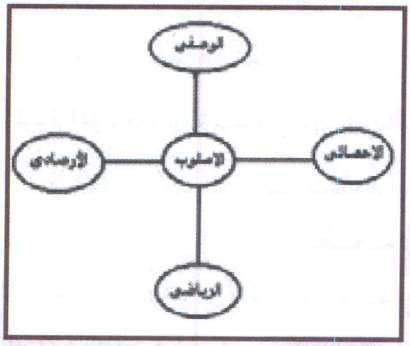
المناخ الواسع (العالمي) (Macro climate)

يهدف المناخ العالمي دراسة مناخ مساحة واسعة من الكرة الأرضية. ويتالف من مجموعة من المناخات المتوسطة (الإقليمية) كمناخ القارات والعوامل المؤثرة فيه، أو دراسة عنصر أوعدة عناصر مناخية على نطاق واسع كدراسة حركة الهواء، والحرارة، والضغط الجوي، والأمطار ونحو ذلك. وتتطلب الدراسات المناخية على النطاق الواسع توفر معلومات وبيانات مناخية لعدد كبير من المحطات ولفترة زمنية طويلة. ويتأثر المناخ الواسع بالمؤثرات التي تؤثر في المناخ العام.

أساليب وطرق البحث المناخي:

تطورت أساليب البحث المناخي وفقاً لتطور طرق وأساليب البحث المختلفة المستخدمة في العلوم الأخرى (شكل ٢- ٣). فقد تدرجت من الأسلوب الوصفي البسيط الى الأساليب العلمية الإحصائية والرياضية والأرصادية البسيطة والمعقدة . وقد كان في الماضي يكتفى بوصف الظاهرات والاختلافات المناخية وصفاً كلامياً يعتمد على الملاحظة الشخصية، وقدرة الكاتب الاستنتاجية والتحليلة. وبعد أن توفرت الأرقام

المناخية لعناصر المناخ المختلفة كالحرارة والأمطار والرياح والرطوبة وغيرها من عناصر المناخ، استخدمت معدلاتها لوصف حالة الحرارة وكمية الأمطار وسرعة الرياح.



شكل ٢-٣ الأساليب والطرق التحليليه المستخدمة في الدراسات المناخية

وتهتم الدراسات المناخية الوصفية بجمع البيانات المناخية وتبويبها و تصنيفها، وتمثيلها بأساليب الرسم المناسبة كالخرائط والرسوم البيانية التي يعتمدعليها الباحث في الوصف والتحليل والمقارنة. وفي السنوات الأخيرة أخذ المناخيون بالأساليب العلمية التحليلية الحديثة كالأساليب والنماذج الإحصائية والرياضية واستخدام الصورالجوية في التحليلات والدراسات المناخية. واستخدام الحاسب الآلي في تسجبل وجمع وتخزين وتحليل البيانات الجوية والمناخية.

وقد تجاوز المناخيون في أبحاثهم مرحلة الوصف التقليدية لعناصر المناخ، وبيان حالة الجو من حرارة ورطوبة ونحوها الى مرحلة التحليل والمقارنة والبحث عن أسباب الاختلافات المناخية، ومدى العلاقة بين عناصر المناخ المختلفة، ومدى العلاقة والارتباط ما بين المناخ أو بعض عناصره وما هو موجودعلى سطح الأرض من ظاهرات طبيعية وبشرية، كما أهتم المناخيون بدراسة التغيرات المناخية التي يمكن أن تحدث لمناخ الأرض في المستقبل. وقد بالغ بعض المناخين في استخدام الأساليب والنماذج الإحصائية والرياضية، وتحولت أبحاثهم الى أرقام و نماذج يصعب فهمها على بعض المناخيين الذين لم يحظوا بتعليم وافر في الرياضيات. ومن الأساليب التحليلية الحديثة

التي استخدمها المناخيون تحليل مربع كاي للبيانات التصنيفية (Chi-square analysis of classification data) ، و تحليل الانحدار (Regression analysis)، وتحليل الارتباط (Correlation analysis)، وتحليل التباين Analysis of variance، والتحليل العاملين (Factor analysis)، وغيرها من الأساليب التحليلية الإحصائية والرياضية البسيطة والمعقدة التي سهل الحاسب الآلي استخدامها كثيراً في مجال الدراسات المناخية الحديثة.

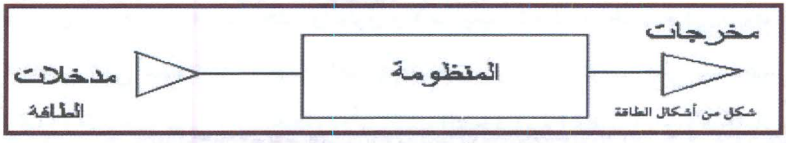
وعلى الباحث المناخي أن لا يبالغ في استخدام الأساليب الإحصائية والرياضية والأرصادية لكي لا يتحول البحث لأرقام ومعادلات و نماذج يصعب على القارئ العادي فهمها ، بل عليه استخدام الوصف ودعمه بما يناسب البحث من الطرق التحليلية التي تخرجه عن نطاق الوصف البحتي وتقوي نتائجه. ويعتمد اختيارالطرق والأساليب التحليلة الحديثة في البحث المناخي على عدة أمور منها ، أهداف البحث، وماذا يترتب على نتائجه، وقدرة الباحث على استخدام الأساليب التحليلية الحديثة، والإمكانات البشرية والمادية المتاحة للباحث ومدة البحث.

النظام المناخي : (The climatic system)

يعرف النظام (System) بأنه مجموعة من الظواهر والمتغيرات التي ترتبط فيما بينها بشبكة من العلاقات المتبادلة بحيث تكّون معا كلاً متميزاً يرتبط بغيره من النظم بعلاقات معينة. ويهدف النظام بشكل عام الى تسهيل فهم الظاهرات المعقدة، ووصف ما يحدث في الطبيعة من ظاهرات. وهذه الظاهرات تحدث وفق نظام طبيعي متسلسل ومحكم. ويمثل الغلاف الجوي والمحيطات وسطح الأرض من الوجهة المناخية مجموعة من النظم ترتبط ببعضها بتدفق الطاقة والمادة (بخار الماء).

ويمكن تحديد العلاقة بين تدفق الطاقة والمناخ بالعلاقة التالية: القانون

الأول للطاقة الحرارية، قانون حفظ الطاقة Conservation of energy law الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، بل تتحول من شكل لآخر، وأن مقدار الطاقة الناتجة عن التحول مساو لمقدار الطاقة المتحولة. ويعني هذا أن الطاقة لا تستحدث من العدم، أي أنه لا يمكن للطاقة أن تزول أو تتلاشى. بل انه عندما يختفي شكل من أشكالها لابد وأن يتولد شكل آخر منها. وتأتى أهمية الطاقة للنظام المناخي في أربع حالات هي: الإشعاع والحرارة والحركة والتخزين (Radiant, thermal, kinetic & Potential) وتتحول هذه الحالات من شكل لأخر، فقد تكون الطاقة (in put Energy) المدخلة على هيئة إشعاع Radiant ويكون مخرجات النظام خليط من الأشكال الأربعة (شكل ٢-٤). وتنتقل الطاقة خلال النظم المناخية بواسطة ثلاث حالات هي:



شكل (٢-٤) تدفق الطاقة أو المادة عبر المنظومة

التوصيل، الحمل، والإشعاع (Conduction, Convection, and Radiation) وتتساوى المدخلات والمخرجات في الأنظمة المناخية خلال الفترات الزمنية الطويلة: (طاقة داخلة = طاقة خارجة/Energy input = Energy out وفي هذه الحالة ينشأ حالة من التوازن في النظام (Dynamic equilibrium)، أما على المدى القصير فقد يحدث اختلاف بين قيمة المدخلات والمخرجات للنظام المناخي فيكون في حالة عدم توازن (Disequilibrium)، ومن النظم المناخية العلاقة بين الشمس والأرض. وإذا أُعتبر النظام له حدود فتكّون الأرض مع الشمس نظاماً مفتوحاً. ويعتبر مفتوح بالنسبة للطاقة المتدفقة. ويمكن أن يكون مغلقاً إذا أُعتبرت المادة المتدفقة (الداخلة و الخارجة) عبر حدود

النظام الشمسي كمية قليلة جداً.

وتعتبر الشمس المصدر الأساس للطاقة الداخلة للنظام الشمسي الأرضي . و تبث الشمس الطاقة للنظام بشكل مستمر بمعدل ثابت يعرف بالثابت الشمسي. ويبلغ الثابت١,٩٤جرام كالوري لكل سنتيمتر مربع في الدقيقة (١,٩٤ / سم٢ / د). وتتدفق الطاقة نحو كل من الأرض وخارجها من خلال الحدود حول النظام الشمسي- الأرضي. وتشع الأرض الطاقة لكن الطاقة الأرضية تعبر حدود النظام بمعدل منخفض جداً عن معدل تدفق الطاقة الشمسية. وقد نتج عن النظام الشمسي - الأرضي حالة من التوازن بين المدخلات والمخرجات فيحدث التوازن الحراري للأرض والغلاف الجوي. حيث يحدث حالة توازن بين الطاقة التي تصل الغلاف الجوي والأرض من الشمس وبين الطاقة الناتجة عن الإشعاع الأرضي. وحينما تزيد الطاقة الشمسية الداخلة للنظام ترتفع حرارة الأرض، ويزيد الإشعاع الأرضي، مما يزيد من حرارة الجو. ويحدث العكس عندما ينخفض الإشعاع الشمسي فانه يؤدي إلى برودة الأرض. ولكن على المدى البعيد يحدث حالة من التوازن الحراري على الأرض وفي الغلاف الجوي.

ويتالف النظام المناخي الكامل حسب تصنيف الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم من خمسة عناصر طبيعية هي: (شكل ٢-٥)

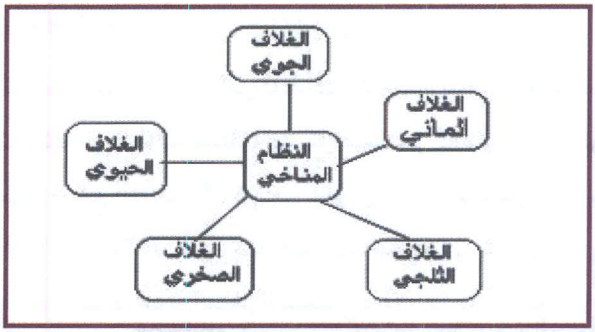
١ - الغلاف الجوي (Atmosphere)

٢ - الغلاف المائي (Hydrosphere)

٣ - الغلاف الثلجي (Cryospher)

٤ - الغلاف الصخري (lithosphere)

٥ - الغلاف الحيوي (Biosphere)



شكل (٢-٥) الأغلفة المكونة للنظام المناخي حسب تصنيف الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم

الغلاف الجوي Atmosphere:

يتألف الغلاف الجوي من الغلاف الغازي المحيط بالأرض. ويعتبر من أهم عناصر المناخ، وعبره تمر الطاقة الشمسية، وينقل الطاقة الحرارية أفقيا ورأسياً على سطح الأرض.

الغلاف المائي:

ويشمل الماء السائل المنتشر على سطح الأرض كالمحيطات والبحار والبحيرات والأنهار. وتعتبر المحيطات أهم العناصر المائية تأثيراً في المناخ حيث أنها تمتص جزءاً كبيراً من الطاقة وتخزن كمية هائلة من الحرارة.

الغطاء الثلجي:

ويشمل الغطاءات الجليدية والثلجية المنتشرة على سطح الأرض كالغطاءات المتجمدة في المناطق القطبية من الأرض وفي أعالي الجبال والكتل الثلجية والبحار والبحيرات والأنهار المتجمدة. وتتغير الغطاءات الثلجية فصلياً بينما تتغير الكتل الجليدية ببطء شديد جداً وتأخذ فترة زمنية طويلة.

الغلاف الصخري:

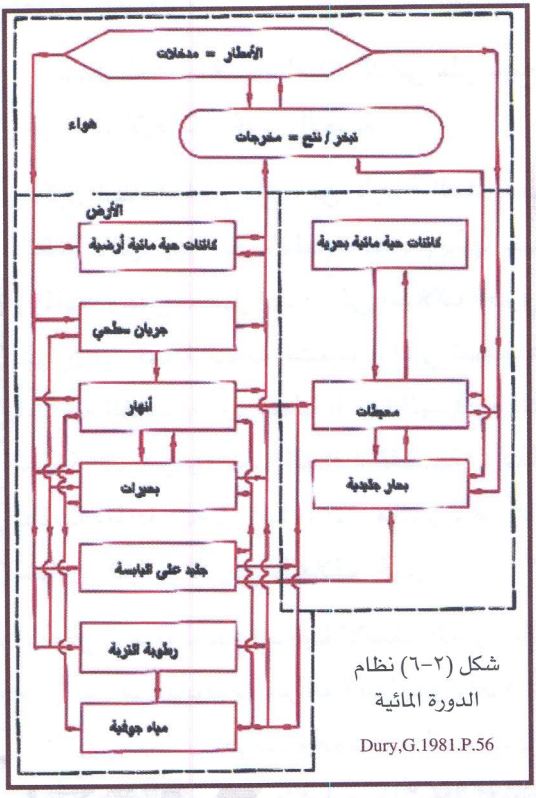
يتألف الغلاف الصخري من الجزء اليابس من سطح الأرض، ويتألف من صخور مختلفة، تتفاوت في خصائصها الطبيعية.

الغلاف الحيوي:

يشمل الغلاف الحيوي الغطاء النباتي على سطح الأرض وفي المحيطات، والحيوانات الأرضية والجوية والبحرية.

ويتكون النظام المناخي المؤلف من الأرض والبيئة المحيطة بها من مجموعة من الأنظمة الأقل. وهي أنظمة مفتوحة يحصل بينها بشكل مستمر تبادل للطاقة أو المادة. وعلى سبيل المثال، في الغلاف الجوي، يوجد حالة من عدم التوازن في كمية الطاقة الشمسية التي تسقط على المنطقة الاستوائية والمنطقة القطبية. وبواسطة الدورة الهوائية تنتقل بعض الطاقة من المنطقة الاستوائية نحو المنطقة القطبية. وكذلك تنقل الدورة المائية الطاقة والمادة (بخار الماء) من مكان لأخر مما يؤدي الى حالة من التوازن الحراري للأرض والغلاف الجوي.

ومن الأمثلة للنظم المناخية الأصغر الدورة المائية. وتصف هذه الدورة دوران الماء من المحيطات عبر الغلاف الجوي وتعود راجعة للمحيطات مباشرة أو للأرض ثم للمحيطات. وتحدث هذه العملية باستمرار (شكل ٢-٦). وتبدأ الدورة المائية بتبخر مياه المحيطات بعد تعرضها للأشعة الشمسية . و تصعد المياه المتبخرة الى أعلى فتتكاثف، وتتكون السحب وتسقط الأمطار على المحيطات، أو تنتقل السحب والأبخرة المائية بواسطة الهواء نحو اليابسة. وتتكون السحب على اليابسة، وتسقط الأمطار، وينتج عنها مياه سائلة تنحدر جارية نحو المحيطات تحت تأثير الجاذبية. وتتأثر الدورة المائية بعاملين رئسيين هما الطاقة الشمسية والجاذبية الأرضية. فالطاقة الشمسية تؤدي الى تبخرالمياه وتحولها من حالة سائلة الى حالة غازية محتوية على طاقة كامنة تجعله يصعد الى أعلي ضد الجاذبية الأرضية و تتكاثف الأبخرة المتصاعدة مكونة السحب الممطرة، وتسقط الأمطار نحو سطح



شكل (٢-٦) نظام الدورة المائية

Dury,G.1981.P.56

الأرض نتيجة تأثير الجاذبية الأرضية، وتجري نحو المناطق المنخفضة بسبب الجاذبية. وتستمر الدورة المائية نتيجة أستمرار الطاقة الشمسية، وتتوقف حينما تتوقف الطاقة الشمسية.

ويتالف نظام الدورة المائية من مجموعة من النظم الصُغرى التي ترتبط فيما بينها باستمرار بتدفق الطاقة والمادة أو أحدهما. وتشكل المخرجات من الطاقة أو المادة من النظام الصغير (الأقل) مدخلات لنظام آخر يليه. وعلى سبيل المثال،المياه السائلة المخزنة في المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات وغيرها من المسطحات المائية على سطح الأرض تتحول من حالة سائلة الى حالة غازية بسبب الطاقة (مدخلات). ويعتبر بخار الماء الصاعد مخرجات للعملية. وتتأثر عملية تحول المياه من الحالة السائلة الى الحالة الغازية بعدد من العوامل الجوية الى جانب الحرارة ومنها الرياح.

ومن مخرجات تحول المياه السائلة الى الحالة الغازية (بخار الماء) تتكون السحب. وتحت ظروف معينة كدرجة حرارة السحابة ونوعية وكمية العوالق التي تتألف منها، وحركة التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة، وكمية قطرات الماء فائقة التبريد في السحابة تسقط الأمطار كمخرجات لنظام السحب.

وتكوّن الأمطار الساقطة من السحب مدخلات للمياه المخزنة على سطح الأرض أو في باطنها كالمياه الجوفية والأنهار والبحيرات، وغيرها من المسطحات المائية. ويتبخر جزء من هذه المياه مشكلاً مدخلات للغلاف الجوي. وينحدر جزء من المياه السطحية المختلفة بسبب الجاذبية نحو المناطق المنخفضة، وتشكل مدخلات لمياه البحار والمحيطات. ونتيجة لتعرض مياه البحار والمحيطات للحرارة تتبخر وتعتبر مخرجات لمياه البحار والمحيطات ومدخلات للغلاف الجوي. وهكذا تستمر الدورة المائية بأنظمتها الفرعية التي تشكل مخرجات كل نظام منها مدخلات للنظام الذي يليه. وتستمر الدورة المائية الرئيسة وأنظمتها الصغرى باستمرار الطاقة الشمسية وتنتهي بنهايتها.

ومن النظم المناخية الصغرى العاصفة الممطرة. وتكتسب العاصفة الطاقة من الأرض الساخنة أو من مياه البحار الدافئة. وتكتسب الرطوبة من المياه السطحية أو من مياه البحار الدافئة (مدخلات). وتفقد العاصفة الطاقة عندما يتكاثف بخار الماء ويتحول إلى سائل، وتسقط الأمطار على اليابسة أو المسطحات البحرية (مخرجات).

أنواع النظم المناخية

النظم المناخية: Climatic systems

اهتمت الدراسات المناخية السابقة بدراسة عناصر المناخ المختلفة دراسة وصفية من ناحية توزيعها الجغرافي والزماني. وأعطت أهمية أقل لأسباب حدوثها، والعوامل المؤثرة فيها، والعلاقة المتبادلة بينها. ولقد اهتمت الدراسات المناخية الحديثة بشرح وتعليل لماذا المناخ يختلف من منطقة لأخرى، والعوامل المؤثرة فيه، والعلاقة المتبادلة بين عناصره المختلفة، حيث أن كل عنصر من عناصر المناخ يتأثر بما حوله ويؤثر فيه.

وقد استخدم المناخيون النظم المناخية (Climatic systems) لفهم الظاهرات المناخية التي تحدث على سطح الأرض. ولم تكتفي الدراسات المناخية الحديثة بوصف حالة الجو الحرارية بأنه حار أو بارد أو معتدل بل تجاوزت ذلك الى الشرح والتعليل ومحاولة معرفة الأسباب التي تؤدي الى تغير حرارة الجو من مكان لآخر، وأثر ذلك في عناصر المناخ، والظاهرات الجوية المختلفة. وقد أوضحت الدراسات المناخية الحديثة أن العناصرالمناخية، والظاهرات الجوية التي تحدث في البيئة ما هي إلا نتيجة مجموعة من العوامل والمؤثرات البيئية المحيطة، وأنها مرتبطة ببعضها، حيث أن كل منها يؤثر في الآخر. وتُصنف النظم حسب علاقتها بالبيئة المحيطة بها الى ثلاثة أنواع [١]:

١ - نظم مفتوحة : Open systems

٢ - نظم مغلقة : Closed systems

١- للمزيد من المعلومات عن النظم المناخية يمكن الاطلاع على:

- chorcley,R. and Kennedy,B.,(1961), physical Geography: A systems Appraach, prentice - holl, london.
- Lockwood,j., (1969), causes of climate,john wiley, new york
- شحادة ، نعمان ، (١٩٨٣) ، علم المناخ ، مطبعة النور النموذجية، عمان.

النظم المفتوحة:

هي النظم التي تسمح بتبادل الطاقة والمادة مع البيئة المحيطة بهما، وتحتاج الى تدفق الطاقة والمادة بشكل مستمر. ومعظم الأنظمة الموجودة في الطبيعة تابعة للنظم المفتوحة.

النظم المغلقة:

هي النظم التي تسمح بعبور الطاقة عبر حدودها لكنها لا تسمح بعبور المادة. ويشكل الغلاف الجوي مع الشمس نظاماً تدخله وتخرج منه الطاقة دون المادة.

النظم المعزولة:

هي النظم التي لا تسمح بعبور الطاقة أو المادة عبر حدودها. وهذا النوع من الأنظمة نادر أن يوجد في الطبيعة، ولكن قد يوجد في المعامل لغرض الدراسة والبحث كالغاز الموجود في أسطوانة محكمة.

أقسام النظم المفتوحة:

تقسم الأنظمة المفتوحة في الطبيعة الى ثلاثة أقسام، وهي:

١- النظم الاضمحلالية (Decay systems):

هي النظم التي تستهلك مكوناتها سواء كانت الطاقة (Energy) أو المادة (Matter)أو كلاهما، كتناقص جريان النهر في المناخ الجاف. حينما يقل تدفق النهر في كل يوم وينخفض معدل الجريان بحيث يتناسب مع المياه المخزنة في الصخور.

٢ - **النظم الدورية** (Cyclic systems):

هي النظم التي تحدث خلال فترة زمنية دورية منتظمة ينشأعنها نظام طبيعي دوري. وعلى سبيل المثال، حينما تسقط الموجات الإشعاعية القصيرة على هيئة دورات يومية أو سنوية ينشأ عنها دورات طبيعية أخرى. ويتأثر التوازن الحراري لسطح الأرض بالأشعة الشمسية الساقطة عليه، ومدى اختلافها اليومي والسنوي. ونتيجة لذلك تختلف درجة حرارة سطح الأرض اليومية والسنوية. وينتج عن سقوط الموجات الإشعاعية القصيرة على هيئة دورات يومية أوسنوية أنظمة مناخية دورية حرارية وهوائية ومائية.

٣-**النظم التقلبية الصدفية** (Haphazardly Fluctuation Systems)

تحدث هذه النوعية من النظم عفوياً(Random) وفي غير انتظام كبعض الظاهرات الجوية التي لا يمكن على وجه الدقة التنبؤ بحدوثها.

ويمكن أن تصنف النظم على أساس درجة التعقيد في بنائها الداخلي على النحو التالي :

١ - نظم مورفولوجية : Marphological Systems

٢ - نظم تبادل الطاقة : Cascading Systems

٣ - نظم الاستجابة للعمل : Process response systems

٤ - النظم المعدلة : Control systems

١ - النظم المورفولوجية:

تتألف النظم المورفولوجية من مجموعة من الخصائص المورفولوجية (البنائية) والفيزيائية المكونة للنظام (الظاهرة الطبيعية) فمثلا السحب كنظام مورفولوجي تتألف من مجموعة من الخصائص والمتغيرات المكونة

للسحابة منها؛ كمية بخار الماء الموجودة في السحابة، غنى السحابة بالعوالق، درجة حرارة السحابة، حركة التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة، وكمية قطرات الماء فائقة التبريد في السحابة.

٢ - نظم تبادل الطاقة:

وتعرف بالنظم التسلسلية أو التتابعية. وتتألف من سلسلة من النظم الفرعية (الصغرى) التي لها حجمها وموقعها الجغرافي، وترتبط فيما بينها باستمرار بتدفق الطاقة أو المادة. وتشكل المخرجات من الطاقة أو المادة من أي من الأنظمة الفرعية المكونة للنظام العام مدخلات للنظام الآخر الذي يليه. وكثيراً من العمليات والظاهرات الجوية والطبيعية تدخل في إطار نظام تبادل الطاقة. وعلى سبيل المثال الدورة المائية؛ يخزن الماء في البحار والمحيطات، وفي الغلاف الجوي، وفي التربة والصخور الباطنية، وفي الأنهار. ويتأثر تحول الماء من حالة لأخرى بعدد من العوامل الطبيعية، فالمخرجات من المحيطات (بخار الماء) الى الهواء يؤلف المدخلات للهواء (الغلاف الجوي). وتسقط الأمطار وتمثل مدخلات للتربة وللصخورالعميقة. وهكذا تستمر العملية حتى تصل المياه للمحيطات والمسطحات المائية، وتتبخر نتيجة الطاقة الشمسية وتشكل مدخلات للغلاف الجوي.

٣ - نظم الاستجابة للعمل:

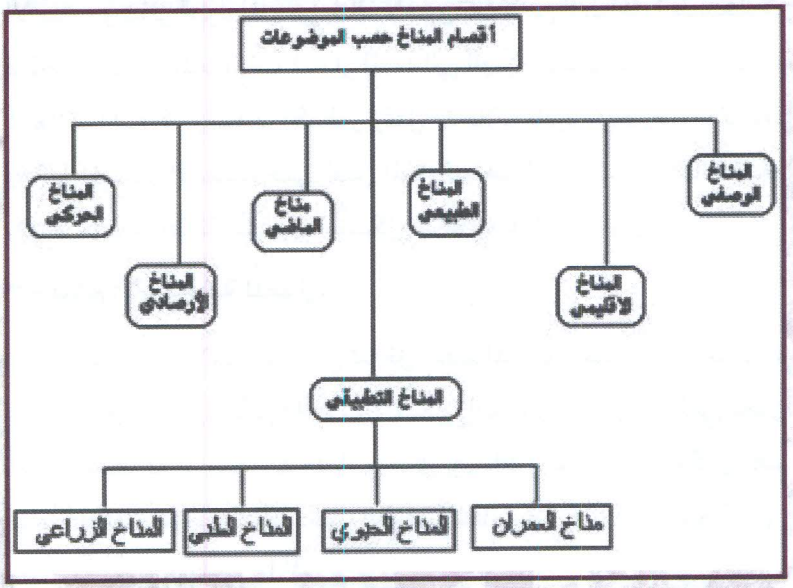
يتألف نظام الاستجابة من تداخل النظم المورفولوجية ونظم التبادل (تبادل الطاقة). وتشكل الحالات (المتغيرات) المورفولوجية التي تكون أحياناً متطابقة أو متقاربة حلقات وصل بين تلك النظم، بينما تكون نظم تبادل الطاقة عوامل تنظم دخول الطاقة للنظام وخروجها منه وتتحكم في مقدار ما يخزن منها في داخله.

٤ - النظم المعدلة :

تتألف نظم الاستجابة من مجموعة من العناصر والخصائص الطبيعية التي تتحكم في توزيع الطاقة والمادة . وعندما يحصل تغير في عناصر وخصائص النظام ينتج عنه تعديلات على المتغيرات المورفولوجية مكونة نظم معدلة.

أقسام المناخ حسب الموضوعات التي يتناولها:

لقد تطورعلم المناخ في السنوات الأخيرة كغيره من العلوم. وتفرع الى فروع و تخصصات دقيقة تعالج جوانب معينة من مفهوم المناخ العام (شكل ٢-٧). ومن أقسام المناخ، المناخ الوصفي Dessriptive Climatology، والمناخ الإقليمي (Regional Climatology)، والمناخ الطبيعي (Physical Climatology)، ومناخ الماضي أو القديم (Histor-



شكل (٢-٧) أقسام المناخ حسب الموضوعات التي يتناولها

(ical or Paleoclimatology والمناخ الأرصـــادي (Synoptic Climatology)، والمناخ الحركي (Dynamic Climatology)، والمناخ التطبيقي-(Applied Climatology). وقد تفرع من المناخ التطبيقي عدد من أقسام المناخ التطبيقية التي تهتم بأحد الجوانب التطبيقية للمناخ، ومدى علاقته بالكائنات الحية المختلفة، ومنها الإنسان وما يزاوله من نشاطات مختلفة.

المناخ الوصفي: (Dessriptive Climatology)

يهتم المناخ الوصفي بدراسة المناخ وعناصره المختلفة، دراسة وصفية تحليلية بالكلمة والشكل من خرائط ورسوم بيانية، وجداول رقمية كالمعدلات والنهايات العظمى والصغرى ونحوها لعناصر المناخ كالإشعاع الشمسي والحرارة، والضغط الجوي والرياح، والأمطار والرطوبة، والتبخر. ويعتبر المناخ الوصفي أقدم أنواع المناخ، ويتطور بتطور علم المناخ، ولا يتطلب خلفية قوية في العلوم الحديثة كالكيمياء والفيزياء والرياضيات والحاسب الآلي والصور الجوية. وتعتبر الكتب المناخية العامة والمقررات الدراسية مثال للمناخ الوصفي.

المناخ الطبيعي: (Physical Climatology)

يهتم المناخ الطبيعي بدراسة عناصر المناخ المختلفة كالإشعاع الشمسي والحرارة والضغط الجوي والرطوبة والرياح وغيرها من عناصر المناخ، ويحاول أن يجيب على الأسئلة التالية: ما هي أسباب اختلاف المناخ وعناصره من مكان لآخر من سطح الأرض، وما هي العوامل المؤثرة فيها، والعلاقة المتبادلة فيما بينها، وما هي الآثار المناخية الناتجة عنها. ويهتم المناخ الطبيعي أيضا بدراسة الموازنة الحرارية والموازنة المائية للأرض والهواء الذي يعلوها، وتلوث الهواء القريب من سطح الأرض. ويهدف الى وضع مجموعة من القوانين الطبيعية التي تربط عناصر المناخ والظاهرات المناخية

ببعضها. ويتطلب التخصص في المناخ الطبيعي خلفية معرفية جيدة في علوم الطبيعة والرياضيات.

المناخ الإقليمي: (Regional Climate)

يهتم المناخ الإقليمي بمعرفة مناخ الأرض وتوزيعه، وتقسيمه إلى مناطق مناخية صغيرة متشابهة ومتجانسة تشكل وحدة مساحية يمكن مقارنتها بمنطقة أخرى من سطح الأرض. وعلى ضوئها يتم وضع تصنيف مناخي لمناخ الأرض، ورسم خرائط للأقاليم المناخية، وتحديد خصائص كل إقليم مناخي من درجة حرارة ورطوبة. ويتخذ الإقليم كأساس لدراسة المناخ، وعناصره المختلفة، والربط بينها وبين الخصائص الطبيعية والبيئية للإقليم.

المناخ الأرصادي: (الإجمالي، الشمولي) (Synoptic Climatology)

يعرف المناخ الأرصادي بالمناخ الإجمالي أو المناخ الشامل. ويهتم بدراسة المناخ المحلي والإقليمي، ومعرفة العلاقة بين عناصر الطقس منفردة أو مجتمعة بالحركة الهوائية للغلاف الجوي. ويعتبر حلقة وصل لفهم الدورة الهوائية للغلاف الجوي والظاهرات الجوية المحلية والإقليمية. وقد عُرف المناخ الأرصادي بأنه وصف وتحليل لحالة الجو الإجمالية في مكان ما أو فوق منطقة صغيرة من حيث الخصائص والحركة الهوائية للغلاف الجوي فوق وحول المكان أو المنطقة. ويعتمد المناخ الأرصادي على الخرائط الطقسية في التحليل المناخي لعناصر المناخ والظواهر الجوية لوضع تصور للمناخ في المستقبل. ويتطلب التخصص في المناخ الأرصادي الإلمام بالعلوم الفيزيائية، وتحليل الصور الجوية.

مناخ الماضي (المناخ القديم) (Past climatology / Paleo Climatology)

يهتم مناخ الماضي بدراسة المناخ القديم للأرض، والبحث عن العوامل والأسباب التي أثرت في المناخ القديم، والتغيرات والتقلبات المناخية

الطويلة والقصيرة التي حدثت في الأزمنة الماضية، والآثار الناتجة عنها. ويهدف الى وضع تصور للتوزيع الجغرافي للمناخ القديم للأرض على ضوء ما توفر من أدلة جيومورفولوجية وحيوية ناتجة عن عوامل التعرية المائية والهوائية والجليدية، واختلاف منسوب مياه الأنهار وما نتج عنه من مصاطب نهرية وسبخات، وبقايا حيوانات ونباتات متحجرة مطمورة في الأرض، ورسوم وأشكال لبعض الأدوات التي كان يستخدمها الإنسان القديم كالقوارب، ورسوم لحيوانات كانت سائدة في الماضي. ويهدف المناخ القديم الى وضع النظريات للتغيرات والتقلبات المناخية التي مر بها مناخ الأرض في الماضي. ويتطلب التخصص في مناخ الماضي الإلمام بالتاريخ والآثار وطرق تحليل الحفريات.

المناخ الحركي (Dynamic Climatology)

يهتم المناخ الحركي بدراسة حركة الهواء الأفقية والرأسية؛ أسبابها والآثار الناتجة عنها. ومن الموضوعات التي يهتم بها المناخ الحركي الكتل الهوائية والجبهات الهوائية، والدورة الهوائية على النطاق الإقليمي والعالمي. ويعتبر المناخ الحركي فرع من فروع المناخ الحديثة القريبة الصلة بعلم الأحوال الجوية، ويتطلب التخصص فيه خلفية فيزيائية ورياضية.

المناخ التطبيقي: (Applied Climatology)

يهدف المناخ التطبيقي التطبيق العلمي والتحليلي للمعلومات المناخية فيما فيه مصلحة البشر ورفاهيتهم وصحتهم. ويتناول فهم العلاقة المتبادلة بين المناخ وما هو موجود على سطح الأرض من جمادات وظاهرات طبيعية وكائنات حية مختلفة (الإنسان والحيوان والنبات). ومن الموضوعات التي يتطرق إليها المناخ التطبيقي الموازنة الحرارية، والموازنة المائية، ومصادر

المياه، والعلاقة بين المناخ والنبات والزراعة، والعمران، والصناعة، والصحة والغذاء، والمواصلات والاتصالات السلكية واللاسلكية، والتجارة، والتعليم، واستهلاك الطاقة الكهربائية، وغيرها من الموضوعات المهمة التي تخدم مصلحة البشر.

وقد تحولت بعض موضوعات المناخ التطبيقي إلي أقسام فرعية للمناخ التطبيقي، ويزداد عددها باستمرار نظراً لمساهمة المناخيين في مناقشة العديدمن الموضوعات التي تخدم المجتمع البشري. ومن أقسام المناخ التطبيقي؛ مناخ العمران والمدن، والمناخ الحيوي، والمناخ الطبي، والمناخ الزراعي (شكل ٢-٧). ولكل قسم من أقسام المناخ التطبيقي أهدافه وموضوعاته التي يهتم بها.

مناخ العمران و المدن: (Architectural Climate & Urban Climate)

يهتم مناخ العمران والمدن بدراسة العلاقة بين المناخ والعمران كالاختيار الأمثل لمواقع المستوطنات البشرية، وتخطيطها بما يتناسب مع البيئة المناخية. واختيار المواد المستخدمة لبناء المساكن، والمواصفات الجيدة للمباني بحيث تناسب البيئة المناخية كتصميم المباني واتجاهاتها، واختيار الألوان المناسبة للبيئة. ويهتم مناخ العمران بدراسة أثر انتشار العمران والمدن في المناخ بشكل عام أو في أحد عناصره المختلفة كأثرانتشار النشاط العمراني المختلف في الحرارة والرياح والرطوبة، والموازنة الحرارية والموزانة المائية، والتلوث الهوائي والمائي. وغيرها من الموضوعات ذات الصلة بالبيئة المناخية والعمران والمدن. ويتطلب التخصص في مجال مناخ العمران والمدن الإلمام بعلمي التخطيط والعمران.

المناخ الحيوي: (Bioclimatology)

يهتم المناخ الحيوي بدراسة العلاقة بين المناخ والنبات والحيوان. ويحاول فهم أثر المناخ في توزيع النباتات الطبيعية والحيوانات على سطح الأرض. ودراسة البيئة المناخية المناسبة لحياة ونمو الكائنات النباتية والحيوانية المختلفة. ويتطلب المتخصص في مجال المناخ الحيوي خلفية معرفية في علمي النبات والحيوان.

المناخ الطبي: (Medical Climatology)

يهتم المناخ الطبي بمعرفة مدى تأثير المناخ العام وتقلباته اليومية والفصلية في صحة الإنسان وحيويته. ويتناول المناخ الطبي أيضا دراسة وتحليل علاقة المناخ بتوزيع وانتشارالأمراض على سطح الأرض، والأسباب المناخية لتواجد بعض الأمراض في منطقة جغرافية معينة. والاختلاف الزمني لانتشار الأمراض نتيجة اختلاف فصول السنة، وما يترتب عليه من اختلاف الحرارة والبرودة والرطوبة وحركة الهواء. ومعرفة دورعناصر المناخ منفردة أو مجتمعة في انتشار الأمراض والأوبئة، وانتقالها من مكانها الأصلي أو مكان نشأتها الى مناطق جغرافية أخرى من سطح الأرض. ويتطلب التخصص في مجال المناخ الطبي خلفية طبية خاصة في أنواع وأسماء الأمراض وأسبابها.

المناخ الزراعي: (Agroclimatology / Agricultural Climatology)

يهتم المناخ الزراعي بدراسة العلاقة بين المناخ والزراعة ومعرفة مدى تأثير المناخ في الزراعة والنشاطات الزراعية المختلفة من أجل تطوير الزراعة، وزيادة الإنتاج الزراعي، وتوفير الغذاء للإنسان والحيوان. وكذلك يهتم المناخ الزراعي بمعرفة أثر النشاط الزراعي المتعدد في عناصر المناخ المختلفة، ويتطلب التخصص في مجال المناخ الزراعي خلفية علمية في علم الزراعة.

مصطلحات جوية ومناخية

Agroclimatology / Agricultuaral Climatology	المناخ الزراعي
Applied Climatology	المناخ التطبيقي
Architectural Climatology	مناخ العمران
Atmosphere	الغلاف الجوي
Bioclimatology	المناخ الحيوي
Biosphere	الغلاف الحيوي
Cascading System	نظم تبادل الطاقة
Climatic System	النظام المناخي
Dessriptive Climatology	المناخ الوصفي
Closed System	النظام المغلق
Conduction	التوصيل
Conservation of Energy Low	قانون حفظ الطاقة
Control System	النظم المعدلة
Cryosphere	الغلاف الثلجي
Cyclic System	النظام الدوري
Dycay System	النظم الاضمحلالية
Disequilibrium	حالة عدم توازن
Dynamic Climatology	المناخ الحركي
Dynamic Equilibrium	التوازن الديناميكي
Energy Input	طاقة داخلة

Energy Outpot	طاقة خارجة
Haphazardly Fluctuation Systems	نظم تقلبية (صدفية)
Historical Climate / Paleoclimatology	المناخ القديم (الماضي)
Hydrosphere	الغلاف المائي
Isolated System	نظام معزول
Kinetic	حركي
Lithosphere	الغلاف الصخري
Local Climate	مناخ محلي
Macroscale	المقياس الكبير
Macroclimate	دراسة مناخية واسعة
Marphological System	نظم مورفولوجية
Mesoclimate	دراسة مناخية متوسطة
Mesoscale	المقياس الوسط
Micro climate	دراسة مناخية صغيرة (محلية)
Micro scale	المقياس الصغير
Physical Climatology	المناخ الطبيعي
Potential	تخزين
Process Response System	نظام الاستجابة للعمل
Open System	نظام مفتوح
Radiant	إشعاع

صدفي (عفوي)	Random
مناخ إقليمي	Regional Climatology
مناخ شبه إقليمي	Sub-regional Climate
مناخ أرصادي	Synoptic Climatology
نظام	System
مناخ المدن	Urban Climate

أسئلة للمراجعة :

١ - ما هي العوامل التي اعتمد عليها المتيورولوجيون في تصنيف الظاهرات الجوية؟.

٢ - تحدث عن تصنيف المناخيين للدراسات المناخية، وما الفرق بينها وبين تصنيف المتيورلوجيين للظاهرات الجوية؟.

٣- تحدث عن أساليب وطرق البحث العلمي المتبعة في الدراسات المناخية، وما هي الطرق أو الطريقة المناسبة في رأيك مع التعليل؟.

٤ - عرف النظام واشرح مكوناته مع التمثيل.

٥ - ما هي مكونات النظام المناخي حسب تصنيف الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم واشرحها بايجاز.

٦ - أشرح نظام الدورة المائية، كيف يبدأ وينتهي، وما هي الأنظمة الصغرى التي يتألف منها مع الرسم؟.

٧ - ما هي أنواع النظم المناخية، وأشرحها مع التمثيل.

٨ - ما هي الأنظمة المفتوحة، وما هي أنواعها مع التمثيل.

٩ - ما هي أنواع النظم على أساس درجة التعقيد في بنائها الداخلي؟.

١٠ - تحدث عن أنواع المناخ حسب الموضوعات التي تتناولها.

١١ - قارن بين المناخ الطبيعي والمناخ الحركي.

١٢ - قارن بين المناخ الإقليمي ومناخ الماضي.

١٣ - تحدث بالتفصيل عن المناخ التطبيقي مع التمثيل للموضوعات التي يتناولها.

مراجع مقترحة :

- الفندي، محمد، ١٩٨٥، الأرصاد الجوية، ط٢ .

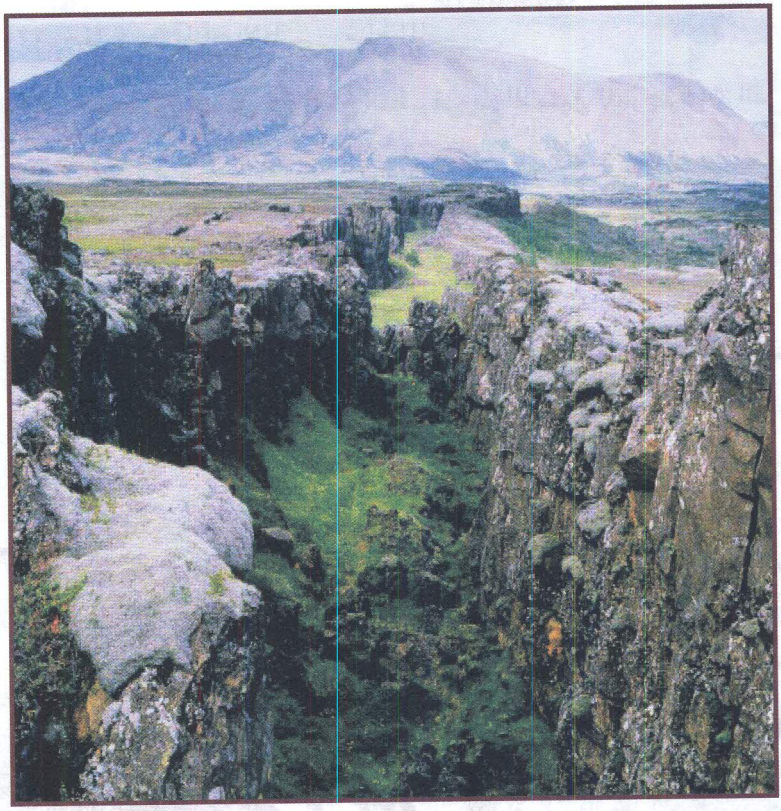
- زهدي، حسين، ١٩٩٧، الأرصاد الجوية ونظرة الى المستقبل، العلم والحياة- كرايبل، مانغريد، ١٩٩٠، علم الأرصاد الجوية، دار المعرفة، دمشق.

- Barry, B.A., (1970) , A framework For Climatological Research With Particular Reference to Scale Concepts The Institute Of British Geographers , Publication No. 49.

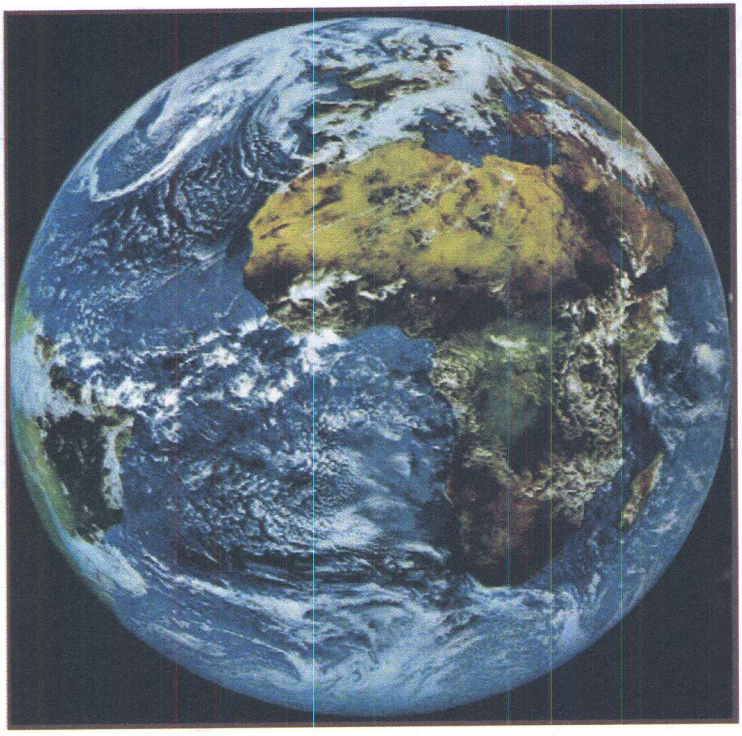
- Chorley , R.J . and Kennedy ,B.A. , 1971 , Physical Geography ; Asystems Approach , Prentice-Hall , International Inc, London.

- Steyn,D.G.T.R.Oke,J.E.Hayand J . L . Knox , 1981 , On

- Scales6in Meteorology And Climatology , McGiLL UNIVERSITY, Department of Geography, CLIMATOLOGICAL BULLETIN, No. 30 . Motreal, p. 1-8.



الفصل الثالث
الغلاف الجوي



الغلاف الجوي: (Atmosphere)

يُعرف الغلاف الجوي بأنه عبارة عن غطاء سميك من الهواء يحيط بالأرض من جميع الجهات. ويتألف من مجموعة من الغازات والجزئيات الدقيقة التي تدور مع الأرض. وبعض هذه الغازات ثابت النسبة وبعضها غير ثابت، ويتفاوت نسبتها مكانًا وزمانًا (جدول٣-١). ويشكل غاز النيتروجين والأكسجين والارجون وثاني أكسيد الكربون حوالي ٩٩ ٪ من الهواء الجاف. ويشكل النيتروجين (N2) أكثر من٧٨٪، أي ٤/٥ من كتلة الغلاف الجوي، والأكسجين (CO2) حوالي ٢١ ٪، أي ١/٥ من كتلة الغلاف الجوي، والارجون (Ar) ٩٥ , ٠ ٪ ، وثاني أكسيد الكربون(Co2) ٠٣ , ٠ ٪ . وتمتد هذه الغازات بنسب ثابتة الى ارتفاع أكثر من ١٠٠ كم. ويوجد الى جانب الغازات الثابتة العديد من العوالق والشوائب الجوية كبخار الماء والدخان والأملاح والأتربة التي تتطاير في الجو. ويتفاوت تواجدها في الجو من مكان لآخر، ومن وقت لأخر. وتزداد نسبة بخار الماء في الجو الذي يعلو المسطحات المائية كالبحار والمحيطات ومناطق الغابات، بينما يقل بخار الماء في الأجواء الداخلية من القارات لبعدها عن المسطحات البحرية، وفي المناطق الصحراوية حيث يندر الغطاء النباتي. وتزداد نسبة الرمال والأتربة في أجواء المناطق الصحراوية لجفافها وتفكك تربتها. ويزداد نسبة الدخان في أجواء المناطق التي تنتشر فيها المصانع والحرائق.

وتتصف مكونات الغلاف الجوي بالشفافية وقابليتها للتمدد والانكماش، والمرونة، والقابلية للحركة والتشكل. وتسمح شفافية الجو للأشعة الشمسية المختلفة الطول بالوصول لسطح الأرض، وإمكانية الرؤية للإنسان والحيوان لمسافات طويلة. وينتج عن تمدد وانكماش الهواء بسبب

اختلاف درجة حرارته اختلاف كثافة ووزن الهواء. كما أن قابلية الهواء للانضغاط والتشكل تجعله يتشكل حسب شكل الظاهرات الطبيعية والبشرية التي يطوقها، ويسير عبر المسارات والممرات على اختلاف تعرجها وسعتها وضيقها. وكذلك يتميز الهواء بعدم الثبات، فهو متحرك دائما ويؤدي ذلك الى تجديد وتغيير هواء الأمكنة باستمرار مما يجعله صالحًا للحياة ، وكذلك ينقل الحرارة والرطوبة الجوية من مكان لآخر، وتبلغ سماكة الغلاف الجوي نحو ٢٠ كم. ومن المعلومات التي تم الحصول عليها من الغلاف الجوي بواسطة البالونات (المنطاد) والأقمار الصناعية يمكن تقسيم الغلاف الجوي على أساس تركيبه الكيميائي أو على أساس حرارته الى عدة طبقات.

جدول (٣- ١) مكونات الغلاف الجوي (الهواء بدون بخار ماء)

الغاز	جزء بالمليون	الحجم (٪)
نيتروجين	٧٨٠,٨٤٠	٧٨,٠٨
أكسجين	٢٠٩,٤٦٠	٢٠,٩٥
أرجون	٩,٣٤٠	٠,٩٣
ثاني أكسيد الكربون	٣٣٠	٠,٠٣
نيون	١٨	٠,٠٠١٨
هليوم	٥,٢	٠,٠٠٠٥٢
ميثان	١,٤	٠,٠٠٠١٤

كربيتون	١,٠	٠,٠٠٠١٠
الكسيد النتري	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥
هيدروجين	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥
الأوزون	٠,٠٧	٠,٠٠٠٠٠٧
اكسنون	٠,٠٩	٠,٠٠٠٠٠٩

معدل الهواء

نيتروجين	٧٦٩,٠٠٠	٧٦,٩
أكسجين	٢٠٧,٠٠٠	٢٠,٧
بخار الماء	١٤,٠٠٠	١,٤
الغازات الأخرى	١٠,٠٠٠	١,٠

Eagleman,Joe, (1980) meteorology: The Atmosphere in Action, D.Van nostrand COM. New york, p8.

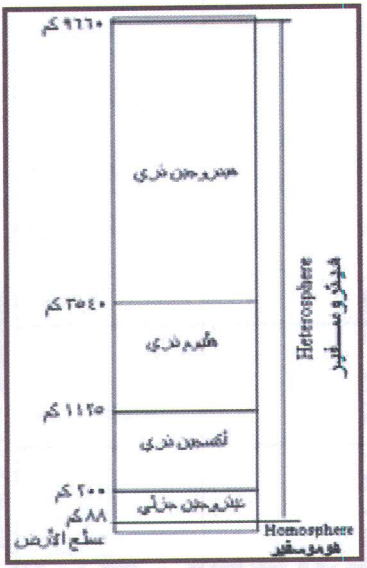
طبقات الغلاف الجوي:

يقسم الغلاف الجوي على أساس كيميائي وعلى أساس حراري الى عدة طبقات على النحو التالي:

طبقات الغلاف الجوي على أساس تركيبه الكيميائي:

يتكون الغلاف الجوي من مجموعة من الغازات والجزئيات الدقيقة المختلفة المصدر والحجم. ويمكن تقسيم الغلاف الجوي على أساس تركيبه الى طبقتين، هما: الطبقة المتجانسة، وتعرف بطبقة

الهوموسفير (Homosphere)، والطبقة غير المتجانسة، وتعرف بطبقة الهيثروسفير (Heterosphere) ولكل من هذه الطبقات خصائصها التي تميزها عن الطبقة الأخرى (شكل ٣- ١).



شكل (٣-١) تقسيم الغلاف الجوي على أساس تركيبه الكيميائي الي طبقتين

الطبقة المتجانسة

(الهوموسفير: (Homosphere)

تعتبر الطبقة المتجانسة الطبقة السفلية من الغلاف الجوي، وتمتد من سطح الأرض الى ارتفاع يقارب من ٨٨ كم. وفي هذه الطبقة تختلط الغازات بنسب متشابهة نتيجة للاضطرابات الهوائية التي تؤدي الى اختلاطها. ويبلغ التركيب الكيميائي لغازات الطبقة السفلية من الغلاف الجوي على النحو التالي: النتروجين ٧٨,٠٨ ٪، والأكسجين ٢٠,٩٤ ٪، والأرجون٠,٩٣ ٪، وثاني أكسيد الكربون ٠,٠٣ ٪ (جدول ٣ - ١).

وتعتبر الطبقة المتجانسة (الهوموسفير) مهمة للإنسان والكائنات الحية المختلفة، حيث يتوفر في الجزء السفلي منها عناصر الحياة المهمة كالأكسجين والنتروجين والهيدروجين وبخار الماء، وغيرها من الغازات والعوالق. وتحتوي على أكثر من ٩٠ ٪ من كتلة الجو.

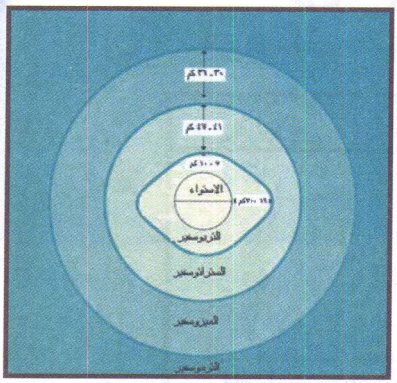
الطبقة غير المتجانسة (الهيتروسفير (Heterosphere)

تشغل هذه الطبقة الجزء العلوي من الغلاف الجوي ما بين ارتفاع ٨٨ كم

حتى نهاية الغلاف الجوي، وتتصف بعدم تجانس مكوناتها الغازية. ويلاحظ أن المكونات الثقيلة تشغل الجزء الأسفل، أما المكونات الخفيفة فتشغل الجزء الأعلى منها. وتتألف الطبقة العلوية من الغلاف الجوي من أربع طبقات، هي: طبقة النتروجين الجزئي(N2) Molecular nitrogen وتحيط بالأرض من ارتفاع ٨٨ - ٢٠٠كم.وطبقة الأكسجين الذري Atomic oxygen (O)، وتمتد من ارتفاع ٢٠٠ - ١١٢٥ كم. وطبقة الهليوم الذري Helium atomic (He)، وتمتد من على ارتفاع ١١٢٥كم الى ٣٥٤٠ كم. وطبقة الهيدروجين الذري Atomic hydrogen (H)، وتبدأ علي ارتفاع ٣٥٤٠ كم الى ٩٦٦٠ كم. ويطلق على الجزء العلوي من الطبقة الجوية غير المتجانسة (الهيتروسفير) الغلاف الخارجي، اكسوسفير Exosphere، و تبدأ من ارتفاع ٩٦٦٠ كم. ويلاحظ في هذه الطبقة انخفاض كثافة الغلاف الجوي والجزئيات المكونة له، ويقل بشكل واضح تأثير الجاذبية الأرضية.

طبقات الغلاف الجوي على أساس حراري.

يقسم الغلاف الجوي على أساس حراري الى أربع طبقات (شكل ٣-٢) وهي؛ الطبقة السفلية (طبقة التربوسفير)، والطبقة العلوية (طبقة الستراتوسفير)، والطبقة المتوسطة (طبقة الميزوسفير)، والطبقة الحرارية (طبقة الثرموسفير). وتشغل الطبقات الثلاث السفلية (التربوسفير، والستراتوسفير، والميزوسفير) الارتفاع الذي تشغله الطبقة المتجانسة من الغلاف الجوي (الهوموسفير)، بينما تشغل طبقة الثرموسفير الارتفاع الذي



شكل (٣ - ٢) تقسيم الغلاف الجوي الى طبقات على أساس حراري

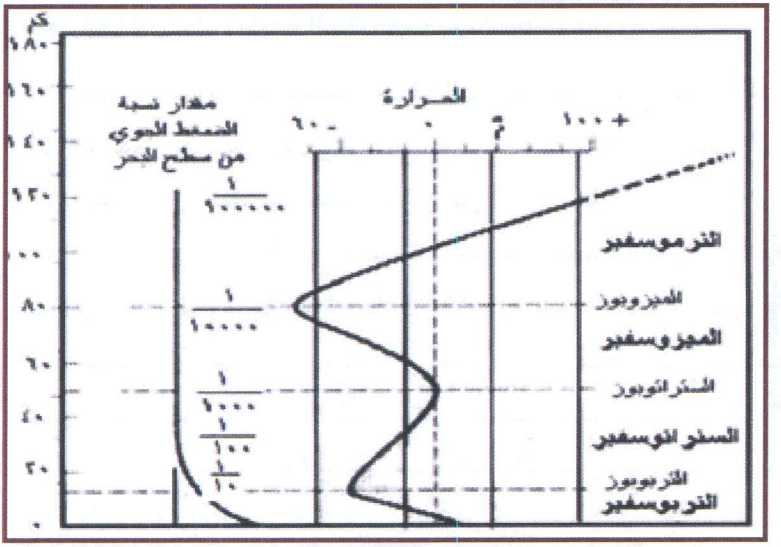
تشغله الطبقة العلوية غيرالمتجانسة من الغلاف الجوي (الهيتروسفير). ولكل من الطبقات الحرارية للغلاف الجوي خصائصها الطبيعية التي تميزها عن الطبقات الأخرى.

الطبقة السفلية (طبقة التربوسفير (Troposphere)

تحيط طبقة التربوسفير مباشرة بالأرض. ويتراوح ارتفاعها ما بين ٨ - ١٧ كم فوق سطح الأرض (جدول٣- ٢)، ويختلف ارتفاعها حسب دائرة العرض والوقت من السنة. ومن الجدول (٣ - ٢) يتبين أن ارتفاع طبقة التربوسفير يتفاوت حسب الموقع العروضي، فيقل بالاتجاه نحو القطب ويزداد نحو الدائرة الاستوائية، وتقل سماكة الطبقة في القطب في شهر يناير (الشتاء)، بينما تزداد سماكة الطبقة في المنطقة الاستوائية في شهر يوليه (الصيف). ويلاحظ على طبقة التربوسفير احتواءها على ٨٠ ٪ من كتلة الهواء و٢,٥ ٪ من بخار الماء، وانخفاض الحرارة، والضغط الجوي، وبخار الماء مع الارتفاع من سطح الأرض (شكل٣- ٣). وتحدث في طبقة

جدول (٣- ٢) معدل ارتفاع طبقة التربوسفير حسب دائرة العرض والوقت من السنة

دائرة العرض	الشتاء	الصيف	العام
٩٠	٨,٥	٨,٩	٨,٧
٦٠	٩	١٠,٩	٩,٥
٤٥	١٢,٩	١٤,٥	١٣,٧
٠	١٦	١٧,٧	١٦,٩
المعدل	١١,٦	١٣,٠	١٢,٢



شكل (٣ - ٣) طبقات الغلاف الجوي ويلاحظ تغير الحرارة والضغط الجوي بالارتفاع الى أعلى

التربوسفير جميع الاضطرابات والظواهر الجوية. وفيها تتكون السحب وتسقط الأمطار، وتحدث الرياح والأعاصير والصواعق والبرق والرعد، وغيرها من الظواهر الجوية. وتعتبر طبقة التربوسفير مهمة للإنسان والكائنات الحية المختلفة الموجودة على سطح الأرض لتوفر البيئة المناسبة للحياة ومنها الأكسجين والنتروجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، وغيرها من الغازات المختلفة التي تتطلبها استمرارية الحياة على سطح الأرض.

ويعلو طبقة التربوسفير طبقة رقيقة تفصلها عن طبقة الستراتوسفيرالتي تعلوها وتعرف بطبقة التربوبوز (Tropopause)، وهي طبقة انتقالية بين الطبقتين. وتقع تقريبا على أرتفاع ١٢كم.

الطبقة المتوسطة (طبقة الستراتوسفير Stratosphere)

تعلو طبقة الستراتوسفير طبقة التربوسفير، وتقع ضمن الطبقة المتجانسة (الهيتروسفير)، و تشابه في تركيبها الكيميائي طبقة التربوسفير. وفي طبقة التربوسفير يتركز غاز الأوزون على ارتفاع ما بين ١٩ - ٣٠ كم. ويقوم غاز الأوزون بامتصاص الأشعة الشمسية فوق البنفسجية فيؤدي الى أرتفاع درجة الحرارة مع الارتفاع في طبقة الستراتوسفير. وفي هذه الطبقة يقل بخار الماء، وتندر السحب، ويلاحظ سحب خفيفة لامعة على أرتفاع ما بين ٢٠-٣٠ كم، ويطلق عليها بسبب لونها Nacreous (Mother of pearl أو clouds) وتعلو طبقة الستراتوسفير طبقة الستراتوبوز، وهي طبقة قليلة السماكة تفصل بين طبقة الستراتوسفير وطبقة الميزوسفيرالتي فوقها.

الطبقة العلوية (طبقة الميزوسفير Mesosphere)

الطبقة الثالثة من طبقات الغلاف الجوي، وتعلو طبقة الستراتوسفير، ويفصلها عنها طبقة رقيقة انتقالية تعرف بطبقة الستراتوبوز. و تقع طبقة الميزوسفير على ارتفاع ما بين ٥٠ ـ ٨٥ كم من سطح الأرض. ويلاحظ في هذه الطبقة انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع. ويلاحظ أحياناً غيوم ليلية خلال فصل الصيف تعرف " بالغيوم المتألقة ليلا " أو الغيوم البراقة (Noc-tilucent) . وتوجد على ارتفاع ٨٠ كم، ويرجع تألقها الى أنها تعكس أشعة الشمس الساقطة عليها في فصل الصيف [١]، خاصة عندما تكون الشمس قد هبطت تحت الأفق بمقدار ٥-١٥ درجة. وتتألف السحب المتألقة من الغبار الكوني ومكونات النيكل المغطى بالثلج. ويعلو طبقة الميزوسفيرطبقة

1- Navarra, J., (1979), Ibid, P.8.

رقيقة تعرف بطبقة الميزوبوز، تفصلها عن الطبقة التي تعلوها وهي طبقة الثرموسفير. وتنخفض درجة الحرارة في طبقة الميزوبوز الى حوالي٨٥ درجة مئوية تحت الصفر.

طبقة الثرموسفير (Thermosphere)

تبدأ طبقة الثرموسفير تقريباً من ارتفاع ٨٥ كم الى ٤٠٠ كم فوق سطح الأرض. وتشغل الطبقة العلوية من الغلاف الجوي المعروفة بالطبقة غير المتجانسة، طبقة الهتروسفير. ويلاحظ في هذه الطبقة ارتفاع درجة الحرارة مع الارتفاع في الغلاف الجوي. وتبلغ درجة الحرارة على ارتفاع ٢٠٠ كم نحو ٧٠٠ درجة مئوية. ويرجع ارتفاع الحرارة الشديد الى امتصاص الأكسجين الذري للأشعة القصيرة، ومنها الأشعة فوق البنفسجية. كما تحدث في هذه الطبقة عملية التأين (Ionization)، وفيها تنعكس الموجات اللاسلكية الى الأرض، وتتميز أيضا بوجود الوهج أو الشفق القطبي (Aurora).

الرصد و التسجيل الجوي:

تُرصد وتُسجل عناصر الجو المتنوعة بواسطة العديد من الأجهزة والآلات العادية والمتطورة، وتعرف بأجهزة الرصد والتسجيل الجوي. ولكل عنصرجوي جهازه الخاص. وتختلف أجهزة كل عنصر في حجمها، وشكلها الخارجي، وتركيبها الداخلي، والمواد المصنعة منها، ووزنها، وسرعة استجابتها للتغيرات الجوية، وتكلفتها المادية. وكذلك تختلف اختلافًا كبيراً في دقة بياناتها، وفي مدة عمرها الافتراضي، وفي سهولة وصعوبة استخدامها.

ويحدد اختيار نوعية الأجهزة واستخدامها عدد من العوامل والمؤثرات منها، الهدف من رصد وتسجيل الظاهرة الجوية، وطبيعة منطقة التسجيل،

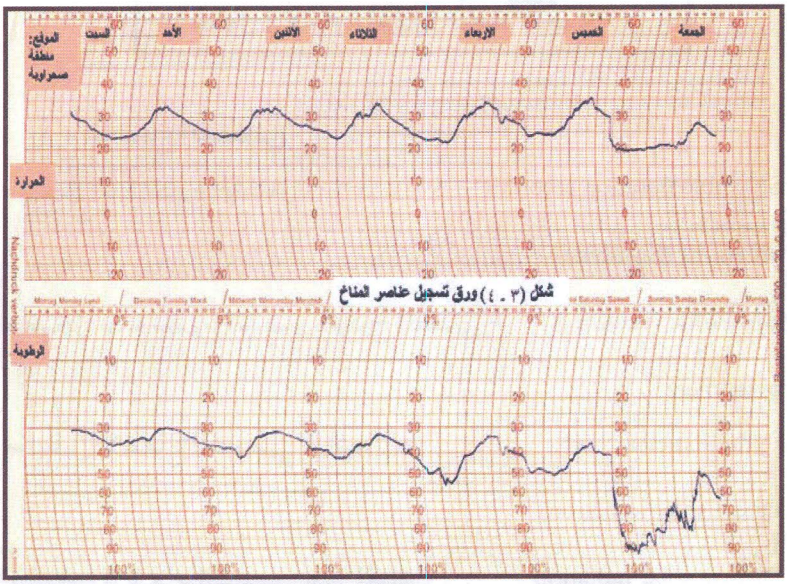
والإمكانات المادية، والخبرة المتوفرة لدى الراصد أو إدارة الرصد والمتابعة الجوية.ويختلف الهدف من استخدام أجهزة رصد وتسجيل عناصر الجو في العالم من دولة لأخرى، وحتى على نطاق الدولة الواحدة. وعلى سبيل المثال، نجد تعدد أنواع أجهزة تسجيل الحرارة في العالم، وقد تتعدد أيضا في البلد الواحد. ويؤدي تباين نوعية الجهازالمستخدم لأي عنصر من عناصر الجو الى اختلاف بسيط في البيانات، وأحيانًا قد يكون الاختلاف كبيراً. وهذا يؤدي الى عدم دقة نتائج الدراسات، خاصة الدراسات المقارنة.

وتقسم أجهزة الرصد والتسجيل الجوي من حيث طريقة الرصد والتسجيل الى قسمين:

١- أجهزه عادية،

٢- أجهزة متطورة. وتعتمد الأجهزة العادية على القراءة المباشرة للجهاز في أوقات محددة من قبل الراصد، ويقوم الراصد بتسجيل البيانات الجوية في نماذج ورقية معينة. أما أجهزة الرصد الجوي المطورة (الأوتوماتكية) فتقوم بتسجيل عناصر المناخ بشكل أوتوماتيكي على أوراق خاصة(Chart) شكل (٣- ٤) أو على شريط مغناطيسي، أو ترسله بواسطة موصلات الى الحاسب الآلي. ولكل من الأجهزة العادية و المطورة خصائصها الإيجابية والسلبية، وعلى مستخدميها سواء كانت جهات رسمية أو خاصة أو أفراد اختيار الجهاز المناسب الذي يحقق الهدف في ضوء الإمكانات المادية والبشرية والتقنية.

وقد طُور العديد من الأجهزة وأدوات الرصد والتسجيل الجوي لمتابعة وتسجيل عناصر الجو بالقرب من سطح الأرض، وفي الطبقات العلوية منه كأجهزة رصد الإشعاع الشمسي (المشماس) البيرهيليومتر Pyrheliometer



شكل (٣ . ٤) ورق تسجيل عناصر المناخ

شكل (٣ - ٤) ورق تسجيل عناصر المناخ

لقياس الإشعاع الشمسي المباشر، والترمومتر Thermometer لقياس الحرارة، والبارومتر Barometer لقياس الضغط الجوي، والانيمومتر Anemometer لقياس سرعة الرياح، والسيكروميتر Psychrometer لقياس الرطوبة، ومقياس البخر (المبخار) الاتمومتر Atmometer، واللايسيمتر Lysimeter لقياس البخر والنتح، ومقياس المطر Rain-gauge، والبالون (المنطاد) Balloon والمسبار اللاسلكي الراديوسوند Radiosonde لرصد الظاهرات الجوية في الطبقات العلوية من الغلاف الجوي، وغيرها من أجهزة تسجيل ورصد الظواهر الجوية السطحية والعلوية (جدول٣- ٣).

جدول (٣ - ٣) أجهزة الرصد الجوي

١ - الاشعاع الشمسي

مسجل مدة سطوع الشمس	Sunshine duration recorder
	duration) (Sunshine
مسجل مدة سطوع الشمس المزدوج المعدني	Bimetallic recording
	pyranmere
مقياس الإشعاع الشمسي المباشر	Pyrheliometer
	Direct solar radiation)
مقياس الإشعاع الشمسي غير المباشر	Diffuse solar radiation
مقياس الإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر	Pyranometer
	(Direct & diffuse radiation)
مقياس صافي الأشعة	Net radiation) Net radiometer
مسجل شدة الإشعاع الشمسي	Actinograph (Actinometer)
مسجل الإشعاع الشمسي	Solar radiation recorder
مقياس الإشعاع المنعكس	Albedometer (Reflacted radiation)
مقياس الإشعاع الشمسي و الأرضي	Pyrradiometer
مقياس تعمق الأشعة في المسطحات المائية	Underwater photometer

٢ - الحرارة

مقياس درجة الحرارة الزئبقي العادي	Mercury thermometer

Maximum thermometer	مقياس درجة الحرارة العظمى الزئبقي
Minimum thermometer	مقياس درجة الحرارة الصغرى الزئبقي
Pocket thermometer	مقياس درجة الحرارة الزئبقي الجيبي
Dry-bulb thermometer	مقياس درجة الحرارة الزئبقي الجاف
Wet-bulb thermometer	مقياس درجة الحرارة الزئبقي الرطب
Indoor thermometer	مقياس درجة الحرارة الزئبقي الداخلي
Thermograph (Temperature recorder)	مسجل درجة الحرارة المعدني
Electrical thermometer	مسجل درجة الحرارة الكهربائي
Soil thermome ter	مقياس درجة حرارة التربة
Water thermometer	مقياس درجة حرارة الماء
Grass thermometer	مقياس درجة حرارة النبات

٣- الضغط الجوي

Mercury barometer	مقياس الضغط الجوي الزئبقي
Fortin barometer	مقياس فورتن لقياس الضغط الجوي
Aneroid barometer	مقياس الضغط الجوي المعدني
Digital barometer	مقياس الضغط الجوي الرقمي
Barograph	مسجل الضغط الجوي
Precision barometer	مقياس الضغط الجوي الدقيق
Micro altimeter	مقياس الضغط الجوي الجيبي (الصغير)
Altimeter	مقياس الضغط الجوي والارتفاع

مسجل الضغط الجوي البحري	Marine barometer
مسجل الضغط الجوي للمهندسين	Enginear,s altimeter

٤ - الرياح

مقياس اتجاه الرياح	Wind direction meter
مقياس سرعة الرياح	Anemeter
مقياس سرعة الرياح ذو الأكواب	Cup anemometer
مقياس سرعة الرياح ذو العداد	Cup counter anometer
مقياس سرعة الرياح المروحي	Vane anometer
مؤشر سرعة واتجاه الرياح الصندوقي	Aerovane
مسجل سرعة واتجاه الرياح الصندوقي	Aerovane recorder
مسجل اتجاه الرياح	Recording wind direction
مسجل سرعة الرياح	Recording wind speed
مسجل اتجاه وسرعة الرياح	Recording wind speed and direction
مقياس سرعة الرياح الرقمي	Digital wind speed
مسجل معدل ومجموع الرياح	Totalizing anemometer
مقياس مدة هبوب الهواء	Direct reading air meter
منبه للرياح الشديدة	Wind Alarm
مؤشر الرياح (مخروط الرياح)	Wind sock

٥ - الرطوبة

مقياس الرطوبة المعلق أو الدوار	Sling or whirling psychrometers

Dry & wet thermometer	مقياس الرطوبة الرطب والجاف
Assam psychrometer	مقياس أسام للرطوبة
Hygrometer	مقياس الرطوبة الدائري الشكل
Digital psychrometer	مقياس الرطوبة الرقمي
Hygrograph	مسجل الرطوبة المعدني
Hair hygrometer	مقياس الرطوبة الشعري
Leaf wetness recorder	مسجل رطوبة أوراق النبات
Soil moisture meter	مقياس رطوبة التربة
Humidity & temperature alarm	منبه تحذيري للرطوبة والحرارة
Dew point meter	مقياس الندى
Dew point recorder	مسجل الندى
Humidity & Dew point computer	الحاسب اليدوي للرطوبة والندى

المسطرة دائرية مدرجة (عادية) التزحلقية للندى

Dew point slide graduated rule

٦ - الأمطار والثلوج

Standard rain & snow gauge	وعاء المطر والثلج العادي
Precipitation gauge	وعاء المطر العادي
Rain & snow gauge	مسجل المطر والثلج
Tipping bucket rain gauge	مسجل المطر القلاب
Weighting bucket gauge	مسجل المطر ذو الميزان
Digital recording precipitation gauge	مسجل المطر الرقمي

مسجل التساقط الكهربائي القلاب والساخن

Heated tipping bucket precipitation gauge

مسطرة مدرجة لقياس المطر والثلج Graduated rule

٧ - التبخر والنتح

وعاء التبخر Evaporation pan

مسجل التبخر Evaporation recorder

مسجل التبخر المعدني Evaporograph

مقياس بيش لقياس التبخر Piche evaporimeter

مقياس التبخر والنتح Lysimeter

٨ - عناصر الجو العليا

المسبار اللاسلكي Rdiosonde

المنطاد Balloon

مقياس ارتفاع السحب الى ارتفاع ١٥٠٠ متر Cloud ceilometer

مقياس ارتفاع السحب الى ارتفاع ١٠٠٠ متر Cloud height

مقياس الارتفاع ما بين الراصد والضوء المنعكس من قاعدة السحاب sight clinmometer

جهاز متابعة المنطاد Balloon theodolite

مقياس الرؤية في الجو Visibility transmissometer

مقياس الرؤية في الجو الضبابي Fog detector

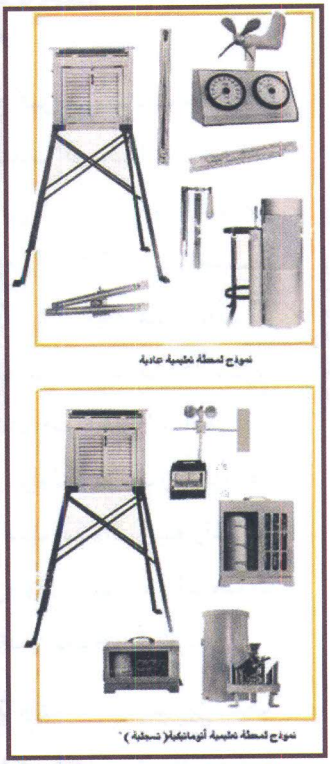
رادار متابعة المسبار اللاسلكي والمنطاد Antenna assembly and contro

الجهات المهتمة برصد وتسجيل عناصر الجو:

يتم رصد وتسجيل عناصر الجو المختلفة من قبل مؤسسات حكومية وغير حكومية، وأحياناً من قبل الأفراد. ويختلف الهدف لدى الجهات المهتمة بعملية الرصد من جهة لأخرى، ولذا نجد في الدولة الواحدة أكثر من جهة تهتم بتسجيل عناصر الجو كالوزارات ومراكز الأبحاث العلمية والجامعات للاغراض التعليمية والبحثية (شكل ٣- ٥). وبلغ عدد المحطات الأرضية والجوية في العالم أكثر من ١٠٠٠٠ محطة، ويزيدعددها سنوياً (شكل ٣- ٦). ويرجع الاهتمام برصد وتسجيل عناصر الجو الى أهميتها للبشر ولجميع المجالات والنشاطات المختلفة التي يزاولها الانسان كالزراعة والصناعة والرعي وتربية الحيوانات، والعمران والسياحة والترفيه والملاحة الجوية والبحرية، وحركة المواصلات والنقل، والدراسات والبحوث العلمية، وغيرها من المجالات والنشاطات التي تخدم مصلحة البشر.

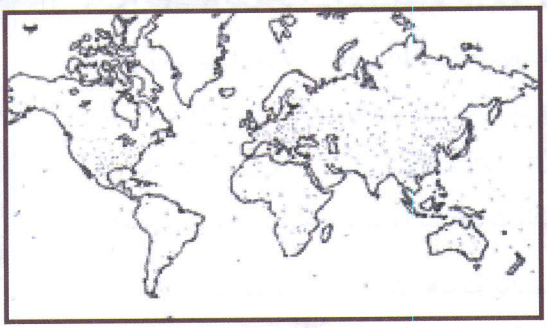
وتختلف أهمية المعلومات الجوية بالنسبة للجهات المهتمة برصدها وتسجيلها من جهة لأخرى، وعلى سبيل المثال، يهتم قطاع الطيران بنوعيه المدني والعسكري بحركة الهواء والسحب في الطبقات العليا من الجو، والاضطرابات الهوائية، ومدى الرؤية الناتجة عن الضباب والأتربة والغبار، وكمية الثلوج في مدرجات الإقلاع والهبوط في المطارات.

أما قطاع الزراعة فيهتم بالمعلومات الجوية في الطبقة السفلية من الغلاف الجوي التي تلامس سطح الأرض حيث تنمو الأشجار والمحاصيل الزراعية، وتعيش الحيوانات، كالإشعاع الشمسي، والحرارة، والرطوبة، وحركة الهواء على سطح الأرض، وغالباً لا تتجاوز عدة أمتار من سطح الأرض. أما الأبحاث العلمية فقد تتطلب أحياناً توفر معلومات لعناصرالجو



شكل (٣-٥) نموذج لمحطة تعليمية

شكل (٣-٦) التوزيع الجغرافي لمحطات الرصد الأرضي



شكل (٣-٦) التوزيع الجغرافي لمحطات الرصد العلوي

على سطح الأرض وفي الطبقات العليا من الغلاف الجوي بهدف معرفة العلاقة بين الظاهرات الجوية التي تحدث في الجزء الأسفل من الغلاف الجوي بالقرب من سطح الأرض وما يحدث في الطبقات العلوية منه. وقد يتطلب البحث أحياناً توفر معلومات لعناصر الجو على سطح الأرض، أولعنصر من عناصره كالإشعاع الشمسي أو الحرارة ونحو ذلك حسب ما يتطلبه الهدف من الدراسة.

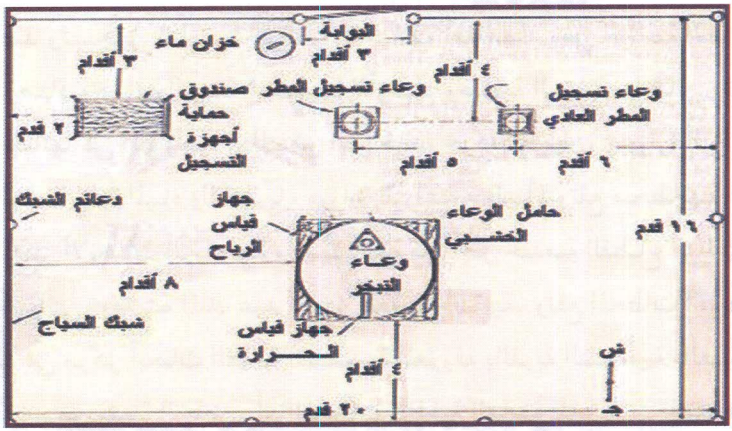
وعلى سبيل المثال، في المملكة العربية السعودية تتعدد الجهات المهتمة

برصد وتسجيل عناصر الجو نظراً لاختلاف أهدافها، وهي الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (مصلحة الأرصاد وحماية البيئة سابقا). وتقع محطاتها في المطارات، وذلك من أجل خدمة حركة الطيران، و وزارة الزراعة والمياه (وزارة المياه والكهرباء ووزارة الزراعة حالياً) وتقع محطاتها في مراكز الأبحاث الزراعية والحيوانية من أجل خدمة القطاع الزراعي والحيواني، ومدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. وتقع المحطات التابعة لها في مركز أبحاث الطاقة الشمسية المعروفة بالقرية الشمسية بالعيينة بالقرب من مدينة الرياض. أما المحطات المناخية التابعة للجامعات السعودية فتقع في الحرم الجامعي لكل جامعة، وتعتبر مراكز لتدريب طلاب الأقسام العلمية المهتمة بالمعلومات الجوية كأقسام الدراسات الجوية والمناخية وأقسام الجغرافيا.

مكونات محطات الرصد الجوي الأرضية :

تتألف محطات الرصد الجوي من مجموعة من أجهزة الرصد والتسجيل لعناصر الجو كالإشعاع الشمسي، والحرارة، والرياح، والرطوبة، والتبخر، والأمطار، وغيرها من أجهزة الرصد والقياس الجوي (شكل ٣- ٧). وتوضع الأجهزة بشكل منظم على مساحة صغيرة من الأرض بعيدة عن

شكل (٣ - ٧) الأجهزة المكونة للمحطة الجوية الأرضية



شكل (٣ - ٨) مخطط لمحطة رصد جوي أرضية

المؤثرات الطبيعية والبشرية، تبلغ أبعادها نحو ٦×٦ أمتار (شكل ٣- ٨). وتزيد الأبعاد كلما زاد عدد الأجهزة المكونة للمحطة. وتحاط أرضية المحطة بسياج من حديد لحمايتها من البشر والحيوانات، ويبلغ ارتفاع السياج نحو مترين. وتوزع أجهزة الرصد والتسجيل الجوي داخل السياج بأبعاد محددة بحيث لا يؤثر بعضها على بعض، وكذلك لا تتأثر بما حولها.

ويتم اختيار موقع محطات الرصد الجوي بدقة بحيث تكون ممثلة لبيئة موقعها بقدر الإمكان، ويتجنب كل ما يغير من حالة الجو السائدة بالتبريد والتسخين، أو بالرطوبة والجفاف، أو تغيير في حركة الهواء، وغيره من عناصر الجو. ويخضع اختيار موقع المحطة لعدد من الضوابط الطبيعية والبشرية ومنها:

- أن تكون بعيدة عن المجاري المائية حتى لا تتأثر بالسيول الجارية بعد سقوط الأمطار.
- أن تكون أرضية المحطة جرداء خالية من الغطاء النباتي كالأشجار والشجيرات والحشائش بأنواعها حتى لا يتأثر جو المنطقة فتنخفض

الحرارة و تزيد الرطوبة ، ويقل التبخر ، وتتأثر حركة الهواء .

- أن لا تكون قريبة من مجاري مائية دائمة أو مؤقتة حتى لا تتأثر بالرطوبة وما يترتب عليها من تلطيف لجو المنطقة المحيطة.
- أن تكون بعيدة عن الظاهرات الطبيعية كالجبال والصخور الكبيرة التي ينتج عنها ظل أو انعكاس للإشعاع الشمسي أو تأثير في سرعة واتجاه الرياح.
- أن تكون بعيدة عن المباني التي تعكس الإشعاع الشمسي أو تقلل منه، أو تحدث تأثيراً في حركة الهواء الذي حول المحطة أو في توزيع الأمطار.
- أن تكون بعيدة عن المنشآت والمصانع التي تزود البيئة بالحرارة والبرودة أو الرطوبة والجفاف، أو تغير في حركة الهواء كالمصانع والمطارات ومحارق النفايات.
- أن تكون بعيدة عن المزارع والحدائق و المتنزهات حتى لا تتأثر بها، ويصل تأثيرها المناخي الى المحطة خاصة الحرارة والرطوبة.

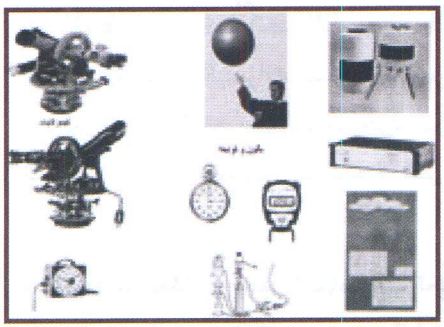
وعند تأسيس المحطات المناخية يمكن أن تتحقق غالبية الضوابط الطبيعية والبشرية المذكورة أعلاه، إلا أن المشكلة التي تواجه الجهات التابعة لها المحطات أن الخصائص الطبيعية والبشرية لمواقع كثيرة من المحطات تتغير مع مرور السنوات نتيجة للنمو والتطور العمراني، وزيادة حركة السكان، ونمو الأشجار والنبات حول مواقع المحطات مما يجعلها تتأثر بما حولها، وتكون بياناتها المناخية لا تمثل بدقة البيئة المناخية السائدة في منطقة المحطة.

مكونات محطات رصد الظاهرات الجوية العلوية:

إن معرفة ما يحدث في الطبقات العلوية من الغلاف الجوي مهم جداً

للعلاقة الوثيقة بينها وبين ما يحدث من ظاهرات جوية في الجزء الأسفل من الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض، وكذلك أهمية حالة الجو في الطبقات العليا للملاحة الجوية. وتعتبر محطات الرصد الجوي العلوية أقل عددا من محطات الرصد الجوي الأرضية، ولكنها أكثر تعقيداً وتكلفة. وتوجد محطات الرصد الجوي العلوية غالباً في المطارات، وتتألف من أجهزة لرصد عناصر الجو في الطبقات العليا الى جانب أجهزة رصد الأحوال الجوية بالقرب من سطح الأرض كأجهزة رصد الحرارة والضغط الجوي، والرياح، والرطوبة، والتبخر، وارتفاع السحب وحركتها، وقياس مدى الرؤية في المجال الجوي. وتشمل أجهزة رصد وقياس عناصر الجو في الطبقات العليا، المنطاد Balloon، والمسبار اللاسلكي Radiosonde، ومسبار الرياح الراداري Rawinsonde، ومقياس ارتفاع السحب Cloud ceilometer والتيوديولايت Theodolite لقياس ارتفاع السحب وسرعة واتجاه الرياح، ومقياس الرؤية الجوية. والرادارات الجوية، والاستفادة من الطائرات، والأقمار الاصطناعية Meteorological satellite، لرصد الأحوال الجوية العلوية (شكل ٣- ٩).

وتعمل أجهزة الرصد الجوي العلوية برصد الظواهر الجوية في الطبقات العليا بارسالها الى أجهزة الاستقبال في المحطات الأرضية. ومن الأجهزة التي ترسل للطبقات العلوية جهاز المسبارالاسلكيRadiosonde، وهو جهاز صغير خفيف الوزن يرفع للطبقات العليا من الجو بواسطة منطاد Balloon مملوء بغاز الهليوم، ويقوم المسبار اللاسلكي بارسال معلومات لحالة عنصر أو أكثر من عناصر الجو في الطبقات العليا من الغلاف الجوي كالحرارة والضغط



شكل (٣ - ٩) بعض الأجهزة المكونة لمحطة رصد جوي علوية

الجوي والرطوبة، وغيرها من عناصر الجو الى أجهزة استقبال أرضية تستقبل المعلومات وتخزنها وتحللها.

أجهزة رصد وتسجيل عناصر الجو:

لكل عنصر من عناصر الجو أجهزته الخاصة التي ترصده وتسجله، وفيما يلي نبذة مختصرة عنها.

الإشعاع الشمسي:

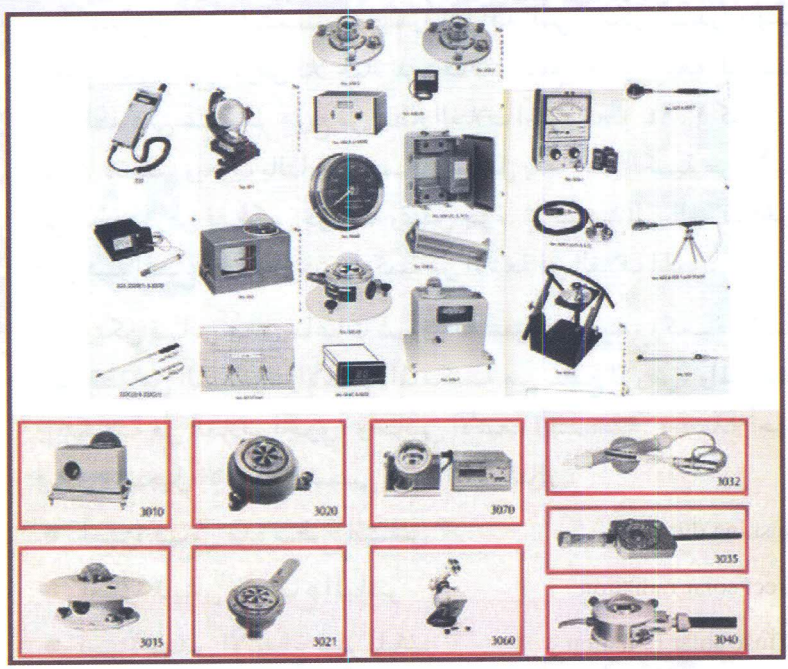
تعتبر الأشعة الشمسية مصدراً للطاقة التي تشكل مصدراً مهماً للحياة على سطح الأرض فلا حياة بدون طاقة. ويبلغ معدل الأشعة الشمسية الساقطة على سنتمتر مربع من سطح الغلاف الجوي نحو ١,٩٤ كالورى/ سم٢/ دقيقة، ويعرف بالثابت الشمسي. ويصل بعض هذه الكمية من الأشعة الى سطح الأرض فتعكس جزء منه وتمتص جزء، ثم تبثها الى الغلاف الجوي علي هيئة إشعاع أرضي. وتتشتت كمية من الأشعة في الغلاف الجوي.

ويمكن قياس عدد ساعات شروق الشمس اليومية، وكمية الأشعة الساقطة من الشمس، والأشعة المنعكسة من سطح الأرض، والمنبعثة والمتشتتة في الغلاف الجوي، وصافي الأشعة الشمسية. وتصنف أجهزة قياس وتسجيل الإشعاع الشمسي على النحو التالي:

- أجهزة قياس مدة سطوع الشمس Sunshine duration
- أجهزة قياس الإشعاع المباشر Direct solar radiation
- أجهزة قياس الإشعاع غير المباشر Diffuse solar radiation
- أجهزة قياس الإشعاع المباشر وغير المباشر Direct and diffuse radiation
- أجهزة قياس صافي الإشعاع Net radiation
- أجهزة قياس الإشعاع الشمسي على مستويات مختلفة تحت الماء

Solar radiation at various depth under water

وتتفاوت أجهزة قياس الإشعاع الشمسي في نوعيتها وجودتها، ودقتها وحساسيتها، وسرعة استجابتها للتغيرالإشعاعي. وتضع الشركة المصنعة على الجهاز المصنع تعليمات تشمل المواصفات، وتعطي تفصيلا أكثر في الدليل المرفق مع الجهاز (كتلوج) عن خصائصه، وكيفية تشغيله. ويوضح شكل (٣- ١٠) بعض أجهزة قياس الإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر، والمتشتت ، وصافي الأشعة الشمسية.



شكل (٣ -١٠) نماذج مختلفة لأجهزة قياس وتسجيل الإشعاع الشمسي والأرضي والمتشتت

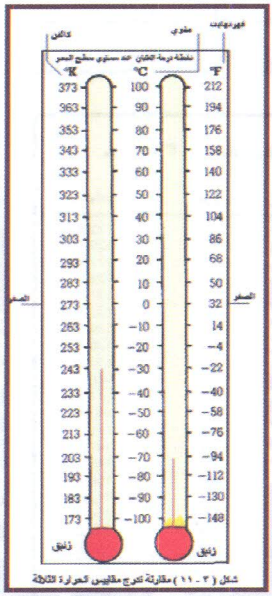
الحرارة:

تتفاوت أجهزة قياس وتسجيل الحرارة في نوعيتها وجودتها ودقتها وحساسيتها، وسرعة استجابتها لتغير الحرارة. وتعتبر أجهزة قياس الحرارة

أبسط الأجهزة في تركيبها وأكثره شيوعاً وأستخداماً في العالم.

أنظمة قياس الحرارة:

تختلف حرارة الجوعلى سطح الأرض مكاناً وزماناً خلال العام والفصول والشهور والأيام والساعات. وتقاس حرارة الجو بمقاييس خاصة حدد عليها البداية (درجة التجمد) والنهاية (درجة الغليان). وقسمت المسافة بين النقطتين الى أجزاء صغيرة توضح مقدارالحرارة بينهما. وتتعدد أنواع مقاييس الحرارة (موازين الحرارة)، وتختلف في قيم بدايتها ونهايتها، وكذلك في شيوع استخدامها (شكل ٣- ١١) ومنها:



شكل (٣ -١١) مقارنة تدرج مقاييس الحرارة الثلاثة

المقياس الفهرنهايت (Fahrenheit Scale).

ينسب المقياس لواضعه الفيزيائي البريطاني جي دانيل فهرنايت G.Daniel Fahernheit، وقد طوره في بداية عام ١٧٠٠م. ويتدرج المقياس من ٣٢ (درجة التجمد) الى ٢١٢ (درجة الغليان)، وقسم الفرق بينهما الى ١٨٠ درجة فهرنهايتية. ويرمز للدرجة الفهرنهايتية بالرمز °F (ف).

المقياس المئوي (مقياس سلسيوس : (Celsius Scale)

يعرف المقياس المئوي بمقياس سلسيوس الحراري، وقد كان يعرف قبل ذلك بمقياس سنتغجراد . Centigrade ويرجع تسميته بمقياس سلسيوس نسبة الى عالم الفلك السويدي اندرس سلسيوس الذي طور النظام في عام ١٧٤٢م. ويتدرج المقياس المئوي من صفر (٠). ويمثل درجة التجمد و (١٠٠) درجة الغليان. ويرمز للدرجة المئوية بحرف (°c/م°) ، ومقدار الفرق

بين نقطة التجمد والغليان ١٠٠، وبذلك تكون الدرجة على المقياس المئوي أكثر اتساعا من الدرجة الفهرنهايتية وتساوي ١٨٠ / ١٠٠ أو ١,٨ درجة فهرنهايتية (جدول ٣-٤).

جدول (٤-٣) تحويل درجة الحرارة من النظام المئوي الى الفهرنهايت و العكس

مئوي	فهرنهايت	مئوي	فهرنهايت	مئوي	فهرنهايت
-50°	-58.0°	+1°	33.8°	51°	123.8°
-49	-56.2	+2	35.6	52	125.6
-48	-54.4	+3	37.4	53	127.4
-47	-52.6	+4	39.2	54	129.2
-46	-50.8	+5	41.0	55	131.0
-45	-49.0	6	42.8	56	132.8
-44	-47.2	7	44.6	57	134.6
-43	-45.4	8	46.4	58	136.4
-42	-43.6	9	48.2	59	138.2
-41	-41.8	10	50.0	60	140.0
-40	-40.0	11	51.8	61	141.8
-39	-38.2	12	53.6	62	143.6
-38	-36.4	13	55.4	63	145.4
-37	-34.6	14	57.2	64	147.2
-36	-32.8	15	59.0	65	149.0
-35	-31.0	16	60.8	66	150.8
-34	-29.2	17	62.6	67	152.6
-33	-27.4	18	64.4	68	154.4
-32	-25.6	19	66.2	69	156.2
-31	-23.8	20	68.0	70	158.0
-30	-22.0	21	69.8	71	159.8
-29	-20.2	22	71.6	72	161.6
-28	-18.4	23	73.4	73	163.4
-27	-16.6	24	75.2	74	165.2
-26	-14.8	25	77.0	75	167.0
-25	-13.0	26	78.8	76	168.8
-24	-11.2	27	80.6	77	170.6
-23	-9.4	28	82.4	78	172.4
-22	-7.6	29	84.2	79	174.2
-21	-5.8	30	86.0	80	176.0
-20	-4.0	31	87.8	81	177.8
-19	-2.2	32	89.6	82	179.6
-18	-0.4	33	91.4	83	181.4
-17	+1.4	34	93.2	84	183.2
-16	+3.2	35	95.0	85	185.0
-15	+5.0	36	96.8	86	186.8
-14	+6.8	37	98.6	87	188.6
-13	+8.6	38	100.4	88	190.4
-12	10.4	39	102.2	89	192.2
-11	12.2	40	104.0	90	194.0
-10	14.0	41	105.8	91	195.8
-9	15.8	42	107.6	92	197.6
-8	17.6	43	109.4	93	199.4
-7	19.4	44	111.2	94	201.2
-6	21.2	45	113.0	95	203.0
-5	23.0	46	114.8	96	204.8
-4	24.8	47	116.6	97	206.6
-3	26.6	48	118.4	98	208.4
-2	28.4	49	120.2	99	210.2
-1	30.2	50	122.0	100	212.0
0	32.0				

وللتحويل من المقياس المئوي الى المقياس الفهرنهايتي أو العكس تتبع المعادلة البسيطة التالية:

من المئوي الى الفهرنهايتي = ٣٢+ (مْ×١,٨) = فْ

أو

فْ = ٣٢ + (٥/٩× مْ)

مثال : تحويل ١٠مْ الى فهرنهايت = (٥/٩ × ١٠) + ٣٢ = ٥٠ فْ

ومن الفهرنهايت الى المئوي = (F - ٣٢) × ١,٨ = مْ

أو

(٣٢ -F̊) × ٩ / ٥

مثال : تحويل ٥٠ فْ الى درجة مئوية = ٩/٥ (٥٠ - ٣٢) = ١٠مْ

مقياس كالفن : kelvin Scale

طور لورد كالفن Lord kelvin في عام ١٨٥٠ م مقياسه الحراري، ويعرف بالمقياس المطلق Absolute scale، ويستخدم المقياس في الأغراض العلمية . ويشبه مقياس كالفن المقياس المئوي من حيث سعة تدرجه ١٠٠، وتبدأ نقطة التجمد عند درجة ٢٧٣ والغليان ٣٧٣، ويرمز للدرجة الكالفينية بحرف (كْ K̊). ويمكن التحويل من المقياس الكالفيني الى المئوي والعكس على النحو التالي :

من الكالفن الى المئوي = كْ - ٢٧٣ = مْ

من المئوي الى الكالفن = ٢٧٣+ مْ = كْ

أجهزة قياس الحرارة :

تعمل أجهزة قياس وتسجيل الحرارة استجابة لعملية التمدد والانكماش للسوائل والمعادن الناتجة عن اختلاف الحرارة. ويستخدم في أجهزة قياس وتسجيل الحرارة السوائل كالزئبق و الكحول، والمعادن كالحديد والنحاس ونحوها. وتتفاوت السوائل والمعادن في سرعة استجابتها للتغير في التوصيل الحراري، ويعتبر الزئبق والحديد أفضلها.

وتختلف أجهزة قياس وتسجيل الحرارة في تركيبها الداخلي وشكلها الخارجي، وطريقة قراءتها، وفي حساسيتها واستجابتها للتغير الحراري، ومدى دقة نتائجها، فمنها البسيط العادي المقروء بالعين، ومنها الإلكتروني المعقد. وقد طرحت الشركات المصنعة لأجهزة الرصد الجوي العديد من أجهزة رصد وتسجيل الحرارة لتخدم جميع الأغراض، فنجد أجهزة لمحطات الرصد الجوي الثابتة، وأجهزة للرصد الميداني لخدمة الأبحاث والدراسات العلمية، وأجهزة للمكاتب والمنازل والسيارات، وأجهزة خفيفة جداً يمكن حملها في الجيب كمقياس الحرارة الجيبي Pocket thermometer .

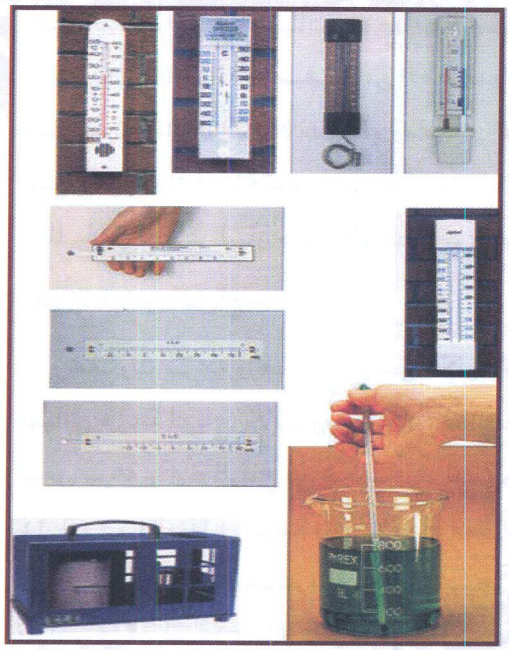
وتختلف أجهزة رصد الحرارة في وظائفها فمنها ما يقرأ مباشرة بالعين ويوضح الدرجة الحالية لوقت القراءة، ومنها ما يوضح العظمى أو الصغرى للحرارة فقط ، ومنها ما يبين العظمى والصغرى معا كالمقاييس الحرارية الزئبقية (الترمومترات الزئبقية). ومن الأجهزة ما يرسم القراءات بواسطة مؤشر يشبه رأس القلم على ورق بياني (Chart) ملفوف على اسطوانة معدنية تدار بواسطة ساعة ميكانيكية عادية أو تعمل بالبطارية، وتسجل الحرارة لمدة ٢٤ ساعة، وأسبوع، وشهر كمسجل الحرارة الثرموجراف Thermographومن مسجلات الحرارة ما يسجل الحرارة لأكثر من موقع في وقت واحد كموقعين أو ثلاثة أو أكثر. ومن الأجهزة ما يجمع بين القراءة المباشرة والتسجيل، ويمكن بواسطته التعرف مباشرة على الدرجة الحالية للحرارة والدرجة العظمى (القصوى) والصغرى (الدنيا)، ومعدل الحرارة للفترة الزمنية السابقة لوقت الحرارة المقرؤة.

وتسجل بعض الأجهزة المعلومات الحرارية وتخزنها، أو تنقلها الى أجهزة أخرى لتخزنها، وتعطي جميع المعلومات المتعلقة بالحرارة المسجلة. كما يتوفر أجهزة إلكترونية لتسجيل الحرارة في عدة مواقع تصل الى عشرة أو

أكثر. وتتفاوت أجهزة رصد وتسجيل الحرارة في دقتها. ولا يوجد جهاز دقيق ١٠٠ ٪، ولكن البعض منها يعطي نتائج تصل الى ٩٩ ٪. وعلى المستخدم اختيار الجهاز المناسب له من حيث دقة النتائج، ويخدم الغرض، ويتلاءم مع الإمكانات الفنية والمادية والخبرة البشرية المتوفرة.

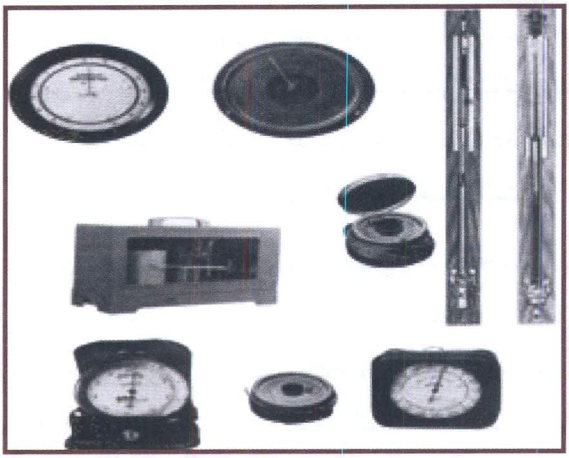
وتقسم أجهزة رصد وتسجيل الحرارة حسب أدائها الى ثلاثة أنواع زئبقية كمقياس الحرارة الزئبقي Mercury Thermometer، ومعدنية كمسجل الحرارة المعدني Metallic Thermometer، وكهربائية Electrical Thermometer. ولكل من هذه الأنواع خصائصه التركيبية والوظيفية، وتختلف في شكلها ودقة نتائجها (شكل ٣ -١٢).

الضغط الجوي:



شكل (٣ -١٢) نماذج لاجهزة قراءة وتسجيل الحرارة

يعرف مقياس الضغط الجوي بالبارومتر. وتنقسم مقاييس الضغط الجوي الى نوعين زئبقية ومعدنية، ويوجد العديد منها في الأسواق (شكل ٣- ١٣). ومن مقاييس الضغط الجوي الزئبقية مقياس كيو Kew Barom-eter، ومقياس فورتن Fortin Barometer. ومن مقاييس الضغط الجوي المعدنية مقياس



شكل ٣-١٣ نماذج لاجهزة قياس الضغط الجوي

أنـرويـد Aneroid Barometer، ومـسـجل الضـغط الجوي Barograph، ومـقـيـاس الضـغط والارتفـاع Altimeter ومـقـيـاس الضـغط الجـوي الرقـمي Digital Barometer. وتتـعـدد أنواع وأشكال ودقة كل نوع من أنواع مقاييس الضغط الجوي السابقة بحيث تناسب جميع الرغبات والأهداف كمسجل الضغط الجوي البحري Marine Barograph، ومـقـيـاس الضـغـط الجـوي والارتفاع الخاص بالمهندسين Engineer's Altimeter، ومقياس الضغط الجوي الصغير جداً الذي يمكن حمله في الجيب Pocket Altimeter. وتستخدم وحدة البوصة والمليبار والمليميتر لبيان مقدار الضغط الجوي في المكان (جدول ٣- ٥).

أجهزة قياس الرياح:

تتفاوت سرعة واتجاه الرياح من مكان لآخر ومن وقت لأخر. ويعرف مقياس سرعة الرياح بالانيمومتر Anemometer. وقد تعددت أنواع أجهزة قياس سرعة واتجاه الرياح في شكلها وأدائها، وفي دقة نتائجها (شكل٣- ١٤ أ، ب). وتقاس سرعة واتجاه الرياح معا أو منفردة. ومن أجهزة قياس الرياح العادي المقروء مباشرة، ومنها ما يسجل القراءة بشكل مستمرعلى نماذج ورقية خاصة (Chart) لفترات زمنية مختلفة لمدة يوم وأسبوع وشهر.

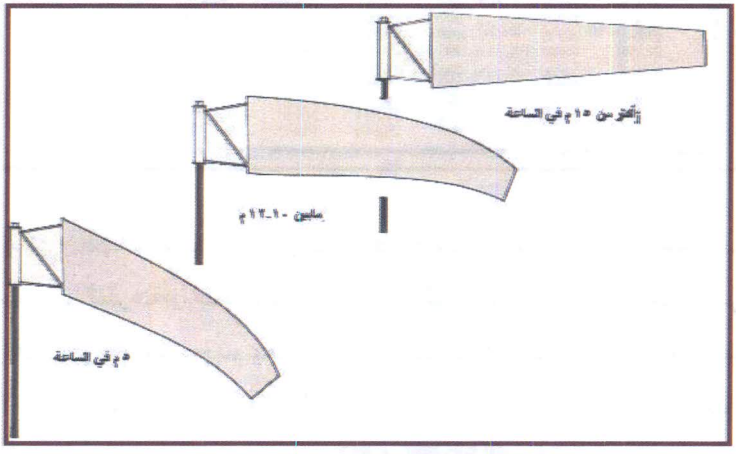
جدول (٣-٥) وحدات قياس الضغط الجوي

مللبار	بوصة	ملم
900	26.577	675.06
901	26.607	675.81
902	26.636	676.56
903	26.666	677.31
904	26.695	678.06
905	26.725	678.81
906	26.754	679.56
907	26.784	680.31
908	26.813	681.06
909	26.843	681.81
910	26.872	682.56
911	26.902	683.31
912	26.931	684.06
913	26.961	684.81
914	26.990	685.56
915	27.020	686.31
916	27.049	687.06
917	27.079	687.81
918	27.109	688.56
919	27.138	689.31
920	27.168	690.06
921	27.197	690.81
922	27.227	691.56
923	27.256	692.31
924	27.286	693.06
925	27.315	693.81
926	27.345	694.56
927	27.374	695.31
928	27.404	696.06
929	27.433	696.81
930	27.463	697.56
931	27.492	698.31
932	27.522	699.06
933	27.551	699.81
934	27.581	700.56
935	27.611	701.31
936	27.640	702.06
937	27.670	702.81
938	27.699	703.56
939	27.729	704.31
940	27.758	705.06
941	27.788	705.81
942	27.817	706.56
943	27.847	707.31
944	27.876	708.06
945	27.906	708.81
946	27.935	709.56
947	27.965	710.31
948	27.994	711.06
949	28.024	711.81
950	28.053	712.56
951	28.083	713.31
952	28.113	714.06
953	28.142	714.81
954	28.172	715.56
955	28.201	716.31
956	28.231	717.06
957	28.260	717.81
958	28.290	718.56
959	28.319	719.31
960	28.349	720.06
961	28.378	720.81
962	28.408	721.56
963	28.437	722.31
964	28.467	723.06
965	28.496	723.81
966	28.526	724.56
967	28.555	725.31
968	28.585	726.06
969	28.615	726.81
970	28.644	727.56
971	28.674	728.31
972	28.703	729.06
973	28.733	729.81
974	28.762	730.56
975	28.792	731.31
976	28.821	732.06
977	28.851	732.81
978	28.880	733.56
979	28.910	734.31
980	28.939	735.06
981	28.969	735.81
982	28.998	736.56
983	29.028	737.31
984	29.058	738.06
985	29.087	738.81
986	29.117	739.56
987	29.146	740.31
988	29.176	741.06
989	29.206	741.81
990	29.235	742.56
991	29.264	743.31
992	29.294	744.06
993	29.323	744.81
994	29.353	745.56
995	29.382	746.31
996	29.412	747.06
997	29.441	747.81
998	29.471	748.56
999	29.500	749.31
1000	29.530	750.06
1001	29.560	750.81
1002	29.589	751.56
1003	29.619	752.31
1004	29.648	753.06
1005	29.678	753.81
1006	29.707	754.56
1007	29.737	755.31
1008	29.766	756.06
1009	29.796	756.81
1010	29.825	757.56
1011	29.855	758.31
1012	29.884	759.06
1013	29.914	759.81
1014	29.943	760.56
1015	29.973	761.31
1016	30.002	762.06
1017	30.032	762.81
1018	30.062	763.56
1019	30.091	764.31
1020	30.121	765.06
1021	30.150	765.81
1022	30.180	766.56
1023	30.209	767.31
1024	30.239	768.06
1025	30.268	768.81
1026	30.298	769.56
1027	30.327	770.31
1028	30.357	771.06
1029	30.386	771.81
1030	30.416	772.56
1031	30.445	773.31
1032	30.475	774.06
1033	30.504	774.81
1034	30.534	775.56
1035	30.564	776.31
1036	30.593	777.06
1037	30.623	777.81
1038	30.652	778.56
1039	30.682	779.31
1040	30.711	780.06
1041	30.741	780.81
1042	30.770	781.56
1043	30.800	782.31
1044	30.829	783.06
1045	30.859	783.81
1046	30.888	784.56
1047	30.918	785.31
1048	30.947	786.06
1049	30.977	786.81
1050	31.006	787.56

ويمكن ربطها بأجهزة إلكترونية متطورة لتخزينها والحصول على سجل مستمر لسرعة واتجاه الرياح. وتزود شركات تصنيع أجهزة قياس سرعة واتجاه الرياح المستخدم بمعلومات وتعليمات كافية عن كيفية تشغيل الأجهزة، ومتطلباتها، ودقة نتائجها. وعلى المستخدم اختيار الجهاز المناسب الذي يؤدي الغرض المطلوب.

شكل (٣ - ١٤ أ) نماذج لأجهزة قياس سرعة

واتجاه الرياح



شكل (٣ - ١٤ ب) نماذج لأجهزة قياس سرعة واتجاه الرياح

وفي مهابط الطائرات يستخدم الكيس الهوائي لمعرفة اتجاه الرياح في منطقة الهبوط، كما يستطيع المختصون في المطارات والملاحون تقدير سرعة الرياح السائدة في منطقة المطار من شكل ارتفاع الكيس أثناء هبوب الرياح (٣-١٤ب).

مقياس بيفورت لسرعة الرياح:

يعتبر مقياس بيفورت لقياس سرعة الرياح من الطرق غير الآلية المستخدمة لتحديد سرعة الرياح. وقد وضعه الأدميرال الفرنسي فرنسيس بيفورت عام ١٩٠٥م لاستخدامه في البحر إلا انه أمكن الاستفادة منه لقياس سرعة الرياح على اليابسه. ويتدرج مقياس بيفورت من الأرقام صفر الى١٢ (جدول ٣-٦). وقد وضع بيفورت وصفا لكل رقم، وذلك بوصف ما يحدث للأشياء التي تتعرض لهبوب الرياح كالأشجار ونحوها، من حركة وسقوط و تحطم. وصنف الرياح الى رياح ساكنة (٠)، ورياح هادئة جدا سرعتها أقل من ١كم/الساعة حينما، يرتفع الدخان في الجو رأسيا الى أعلى، و(٤) رياح معتدلة، تتراوح سرعتها ما بين ٢٠- ٢٨ كم/الساعة، ترفع الأتربة والأوراق المتناثرة وتحرك فروع الأشجار الصغيرة، و(٨) عاصفة، تتراوح سرعتها ما بين ٦٢-٧٤ كم/الساعة، تحطم أغصان الأشجار والأشياء غير المثبتة جيداً، (١٢) إعصار، تتجاوز في سرعة الرياح ١١٨ كم/ الساعة، تحطم وتقتلع الأشجار والمداخن وغيرها، وينتج عنها أضرار وخسائر مادية جسيمة.

جدول (٣- ٦) مقياس بيفورت لسرعة الرياح

السـرعة
٠ هدوء ٠-٠,٢ م/ث ٠,٧ كم/الساعة يرتفع الدخان الى أعلى .
١ حركة خفيفة جدا ٠,٣-١,٥ م/ث ١- ٥ كم/الساعة يعرف اتجاه الرياح من حركة الدخان و ليس من دورة الرياح .
٢ نسيم ١,٦-٣,٣ م/ث ٥,٨-٩,١١ م/الساعة يشعر الإنسان بتحرك الهواء من خلال مروره على وجهه، كما يبدأ أوراق الأشجار بالتحرك، و تتحركدورة الرياح
٣ نسيم لطيف ٣,٤-٥,٤ م/ث ١٢-١٩,٤ م/الساعة تتحرك أوراق الأشجار باستمرار كما تحرك الرايات .
٤ نسيم معتدل ٥,٥-٧,٩ م/ث ١٩,٨-٢٨,٤ م/الساعة ارتفاع الأتربة و الأوراق المتناثرة ، و تتحرك الأوراق الصغيرة .
٥ نسيم قوي الى حد ما ٨-١٠,٧ م/ث ٢٨,٨-٣٨,٥ م/الساعة تتمايل الأشجار الصغيرة المورقة ،و تتشكل الصغيرةعلى الأسطح المائية الموجدة على اليابسة .
٦ نسيم قوي ١٠,٨-١٣,٨ م/ث ٣٨,٨ ٤٩,٧ م/الساعة تحرك أغصان الأشجار الكبيرة ، و سماع صفير أسلاك الكهرباء و الهاتف، و يصعب أستخدم المظلات .
٧ شبه إعصاري ١٣,٩-١٧,٠م/ث ٥٠- ٦١,٥م/الساعة تتحرك الأشجار ، صعوبة المشي بعكس اتجاه الرياح .
٨ إعصارية ١٧,٢-٢٠,٣ م/ث ٦١,٩- ٧٣,٠ م/الساعة تكسر أغصان الأشجار خاصة الصغيرة ، صعوبة المشي بعكس اتجاه الرياح.
٩ إعصارية شديدة ٢٠,٨ - ٢٤,٤ م/ث ٧٤,٨ - ٨٧,٨ م/الساعة وقوع بعض الأضرار في المباني كالمداخن و نحوها.
١٠ عاصفة ٢٤,٥- ٢٨,٤ م/ث ٨٨,٢- ١٠٢,٤ م/الساعة يندر حدوثها على اليابسة، تحدث أضرار للمباتي وما عليها، واقتلاع الأشجار .
١١ عاصفة هوجاء ٢٨,٥-٣٢,٦ م/ث ١٠٢,٦- ١١٧,٤ م/الساعة قليلة الحدوث ينتج عنها أضرار .جسيمة .
١٢ إعصار مداري أكثر من ٣٢,٧ م/ث أكثر من ١١٧,٤ م/الساعة دمار شديد للمباني والأشجار و غيرها .

اتجاه وسرعة الرياح Wind direction and speel

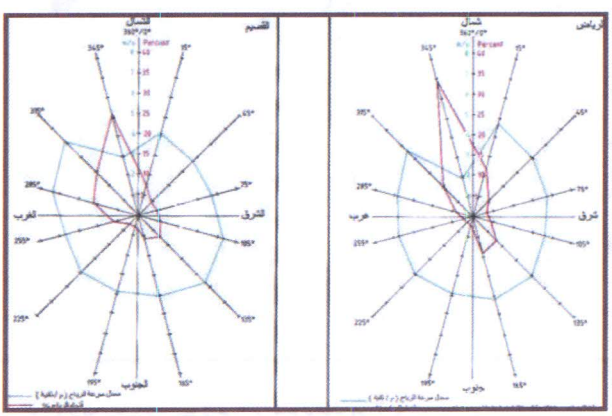
يعرف اتجاه الرياح بأنه الاتجاه الذي تهب منه الرياح، ويعبرعنه بالدرجات مقاسة في اتجاه عقارب الساعة (جدول٣-٧ وشكل٣-١٥). وتقاس سرعة الرياح بالمتر في الثانية والدقيقة والكيلو متر والميل والعقدة في الساعة (جدول ٣-٨)

جدول (٣-٧) التحويل بين وحدات قياس السرعة

ميل /س	عقدة	متر/ث	قدم/ث	كم/س	قدم/د	ميل /س	عقدة	متر/ث	قدم/ث	كم/س	قدم/د
1	0.9	0.4	1.5	1.6	88	51	44.3	22.8	74.8	82.1	4488
2	1.7	0.9	2.9	3.2	176	52	45.2	23.2	76.3	83.7	4576
3	2.6	1.3	4.4	4.8	264	53	46.0	23.7	77.7	85.3	4664
4	3.5	1.8	5.9	6.4	352	54	46.9	24.1	79.2	86.9	4752
5	4.3	2.2	7.3	8.0	440	55	47.8	24.6	80.7	88.5	4840
6	5.2	2.7	8.8	9.7	528	56	48.6	25.0	82.1	90.1	4928
7	6.1	3.1	10.3	11.3	616	57	49.5	25.5	83.6	91.7	5016
8	6.9	3.6	11.7	12.9	704	58	50.4	25.9	85.1	93.3	5104
9	7.8	4.0	13.2	14.5	792	59	51.2	26.4	86.5	95.0	5192
10	8.7	4.5	14.7	16.1	880	60	52.1	26.8	88.0	96.6	5280
11	9.6	4.9	16.1	17.7	968	61	53.0	27.3	89.5	98.2	5368
12	10.4	5.4	17.6	19.3	1056	62	53.8	27.7	90.0	99.8	5456
13	11.3	5.8	19.1	20.9	1144	63	54.7	28.2	92.4	101.4	5544
14	12.2	6.3	20.5	22.5	1232	64	55.6	28.6	93.9	103.0	5632
15	13.0	6.7	22.0	24.1	1320	65	56.4	29.1	95.3	104.6	5720
16	13.9	7.2	23.5	25.7	1408	66	57.3	29.5	96.8	106.2	5808
17	14.8	7.6	24.9	27.4	1496	67	58.2	30.0	98.3	107.8	5896
18	15.6	8.0	26.4	29.0	1584	68	59.1	30.4	99.7	109.4	5984
19	16.5	8.5	27.9	30.6	1672	69	59.9	30.8	101.2	111.0	6072
20	17.4	8.9	29.3	32.2	1760	70	60.8	31.3	102.7	112.7	6160
21	18.2	9.4	30.8	33.8	1848	71	61.7	31.7	104.1	114.3	6248
22	19.1	9.8	32.3	35.4	1936	72	62.5	32.2	105.6	115.9	6336
23	20.0	10.3	33.7	37.0	2024	73	63.4	32.6	107.1	117.5	6424
24	20.8	10.7	35.2	38.6	2112	74	64.3	33.1	108.5	119.1	6512
25	21.7	11.2	36.7	40.2	2200	75	65.1	33.5	110.0	120.7	6600
26	22.6	11.6	38.1	41.8	2288	76	66.0	34.0	111.5	122.3	6688
27	23.4	12.1	39.6	43.5	2376	77	66.9	34.4	112.9	123.9	6776
28	24.3	12.5	41.1	45.1	2464	78	67.7	34.9	114.4	125.5	6864
29	25.2	13.0	42.5	46.7	2552	79	68.6	35.3	115.9	127.1	6952
30	26.1	13.4	44.0	48.3	2640	80	69.5	35.8	117.3	128.7	7040
31	26.9	13.9	45.5	49.9	2728	81	70.3	36.2	118.8	130.4	7128
32	27.8	14.3	46.9	51.5	2816	82	71.2	36.7	120.3	132.0	7216
33	28.7	14.8	48.4	53.1	2904	83	72.1	37.1	121.7	133.6	7304
34	29.5	15.2	49.9	54.7	2992	84	72.9	37.6	123.2	135.2	7392
35	30.4	15.6	51.3	56.3	3080	85	73.8	38.0	124.7	136.8	7480
36	31.3	16.1	52.8	57.9	3168	86	74.7	38.4	126.1	138.4	7568
37	32.1	16.5	54.3	59.5	3256	87	75.5	38.9	127.6	140.0	7656
38	33.0	17.0	55.7	61.2	3344	88	76.4	39.3	129.1	141.6	7744
39	33.9	17.4	57.2	62.8	3432	89	77.3	39.8	130.5	143.2	7832
40	34.7	17.9	58.7	64.4	3520	90	78.2	40.2	132.0	144.8	7920
41	35.6	18.3	60.1	66.0	3608	91	79.0	40.7	133.5	146.5	8008
42	36.5	18.8	61.6	67.6	3696	92	79.9	41.1	134.9	148.1	8096
43	37.3	19.2	63.1	69.2	3784	93	80.8	41.6	136.4	149.7	8184
44	38.2	19.7	64.5	70.8	3872	94	81.6	42.0	137.9	151.3	8272
45	39.1	20.1	66.0	72.4	3960	95	82.5	42.5	139.3	152.9	8360
46	39.9	20.6	67.5	74.0	4048	96	83.4	42.9	140.8	154.5	8448
47	40.8	21.0	68.9	75.6	4136	97	84.2	43.4	142.3	156.1	8536
48	41.7	21.5	70.4	77.2	4224	98	85.1	43.8	143.7	157.7	8624
49	42.6	21.9	71.9	78.9	4312	99	86.0	44.3	145.2	159.3	8712
50	43.4	22.4	73.3	80.5	4400	100	86.8	44.7	146.7	160.9	8800

جدول (٣- ٨) اتجاه الرياح و ما يقابلها بالدرجات

الدرجات	الاتجاه	
-	ساكن	Calm
٤٥°	شمالي شرقي	North east
٩٠°	شـــرق	East
١٣٥°	جنوب شرق	South east
١٨٠°	جنوب	South
٢٢٥°	جنوب غـرب	South west
٢٧٠°	غـرب	West
٣١٥°	شمال غرب	North west
٣٦٠	شـمـال	North
-	مـتـغـيـر	Variable



شكل (٣- ١٥) سرعة واتجاه الرياح في الرياض والقصيم بالمملكة العربية السعودية

التبخر و النتح :

تصعد المياه نتيجة تعرضها للحرارة، وتختلف كميتها باختلاف درجة الحرارة. وتعرف المياه المفقودة من الأسطح المائية بالتبخر Evaporation، والمفقودة من النبات بالنتح Transpiration، ومن التربة والنبات بالتبخر والنتح Evapotranspiration، وتقاس المياه المتبخرة بواسطة أجهزة قياس التبخر المعروفة. وتتعدد أنواع أجهزة قياس التبخر/النتح (شكل ٣- ١٦). ومنها وعاء البخر Evaporation pan، ومسجل البخر Evapgraph، وجهاز اللايسيمتر Lysimeter. ويعتبر وعاء البخر أكثر أجهزة قياس التبخر استخدامًا. وهو عبارة عن وعاء معدني لا يتأثر بالأحوال الجوية، أسطواني الشكل يبلغ ارتفاعه ٢٥ سم و قطره ١٠٢سم (٢٥× ١٠٢سم). ويوضع الوعاء على قاعدة خشبية تمنع تأثير الأرض عليه. ويُملى الوعاء بالماء في وقت معين ثم يقاس مستواه في وقت آخر بواسطة مسطرة مدرجة، وغالبا بعد٢٤ساعة. ويستخدم أحياناً بدل المسطرة مقياس متدرج ذو خطاف يوضع على حامل، وبواسطته يلاحظ تغير مستوى سطح الماء في الوعاء عند كل قياس (شكل ٣- ١٦). ويتأثر التبخر بالحرارة والرطوبة و الرياح، وغيرها من العوامل الجوية، ولذا يلحظ كثيراً وجود أجهزة قياس حرارة الماء (العظمى والصغرى)، وكذلك جهاز قياس حركة الهواء بجوار وعاء البخر.

الرطوبة الجوية:

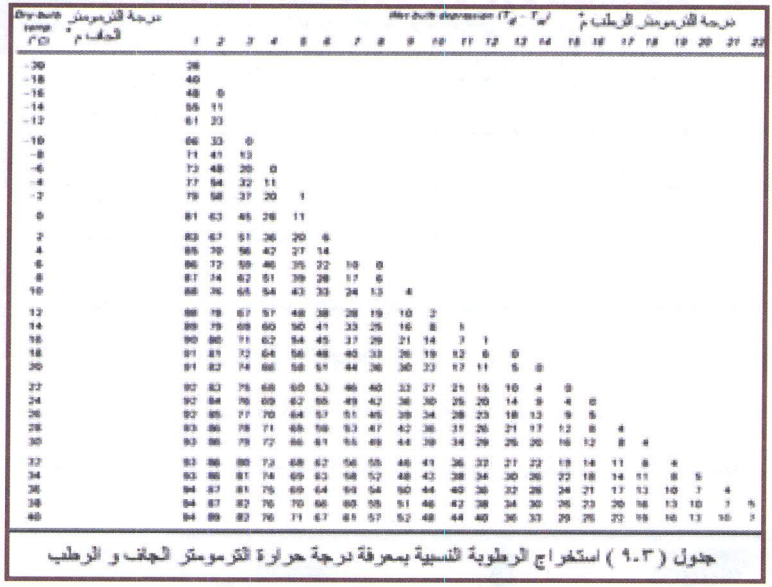
تختلف كمية بخار الماء في الجو حسب المكان و الوقت، وتتأثر بالحالة الجوية السائدة في المكان كالحرارة والضغط الجوي والتبخر وغيرها من عناصرالجو. ويعبرعن كمية بخار الماء الموجود في الجو بعدة تعبيرات منها

الرطوبة النوعية Specific humidity، والرطوبة المطلقة Absolute humidity، والرطوبة النسبية Relative humidity، وضغط بخار الماء Vapor pressure، والنسبة المركبة Mixing ratio، ودرجة الندى Dew point.

وتقاس رطوبة الجو بعدة أنواع من الأجهزة كالسيكرومتر Psychometor، وهو عبارة عن ترمومترات زئبقية مثبتة على قاعدة، وتتألف من مقياسين حراريين أحدهما جاف Dry bulb thermometer، والآخر رطب Wet bulb thermometer يربط في نهايته السفلية قطعة من قماش.

شكل (٣ - ١٦) نماذج لأجهزة قياس وتسجيل التبخر - النتح

ومن قراء الترمومتر المبلل والترمومتر الجاف يمكن التعرف على الرطوبة النسبية للجو. ويتم ذلك بأستخراج الفرق بين القراءتين، والرجوع الى الجدول الخاص بذلك وحيث تلتقي قيمة الترمومتر الجاف بخانة الفرق بينة القراءتين تكون قيمة الرطوبة النسبية (جدول ٣-٩). وعلى سبيل المثال اذا كانت درجة حرارة الترمومتر الجاف ٣٠م والفرق بين القراءتين ١٠م فان الرطوبة النسبية تساوي ٣٩٪.



جدول (٣-٩) أستخراج الرطوبة النسبية بمعرفة درجة حرارة الترمومتر الجاف والرطب

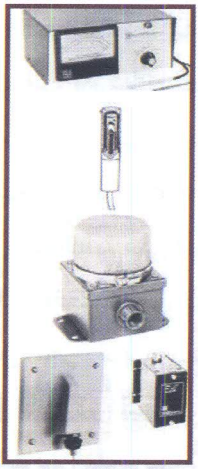
ومقياس الرطوبة الشعري Hair hygrometer، ومسجل الرطوبة Hgrometer وهي أجهزة تعمل ميكانيكيا، ويستخدم فيها شعر الإنسان لما للشعر من خاصية التمدد والانكماش نتيجة اختلاف الرطوبة، فيتمدد بزيادة الرطوبة وينكمش بانخفاضها. وفي مقياس الرطوبة الشعري يربط حزمة من الشعر في أحد أطرافه مؤشر معدني. أما الطرف الآخر من

المؤشر فيؤشر الى مسطرة مدرجة من ١-١٠٠، ويتغير وضع المؤشر بالنسبة للمسطرة حسب تمدد وانكماش الشعر المربوط في النهاية الأخرى من المؤشر نتيجة اختلاف رطوبة الجو، فمثلا، إذا كان طرف المؤشر يشير الى الرقم ٥٠ على المسطرة فهذا يعني أن الرطوبة ٥٠ ٪، وهكذا. ويعمل جهاز مسجل الرطوبة النسبية بنفس فكرة مقياس الرطوبة الشعري من استخدام المؤشر والشعر إلا أنه يختلف عنه بان المؤشر ينتهي بريشة صغيرة تشبه ريشة القلم يوضع عليها حبر وتسجل التغيرات في الرطوبة على نموذج ورقي خاص (Chart) ملفوف حول اسطوانة تدار بواسطة ساعة تعمل ميكانيكياً، أو تدار بواسطة بطارية. وتختلف مدة دورة الساعة ٢٤ ساعة أو أسبوع أو شهر أو أكثر من ذلك. ويحتوي الجهاز أحياناً على أكثر من مؤشر لقياس الحرارة والضغط الجوي الى جانب الرطوبة.

وتتعدد أنواع وأشكال أجهزة قياس وتسجيل الرطوبة بنوعيها الزئبقية (السيكرومترية) والشعرية (الهيجروجرافية) شكل (٣-١٧). وتتفاوت في مواصفاتها، وكيفية عملها، ودقة نتائجها. ومن أجهزة الرطوبة مقياس الرطوبة العادي (السيكرومتر) Psychrometer، ومقياس الرطوبة المعلق أو الدوار Sling psychrometer أو Whirling psychromete، ومقياس أسمان Assman psycrom-eter، ومقياس الرطوبة

شكل (٣ - ١٧) نماذج لأجهزة قياس وتسجيل الرطوبة

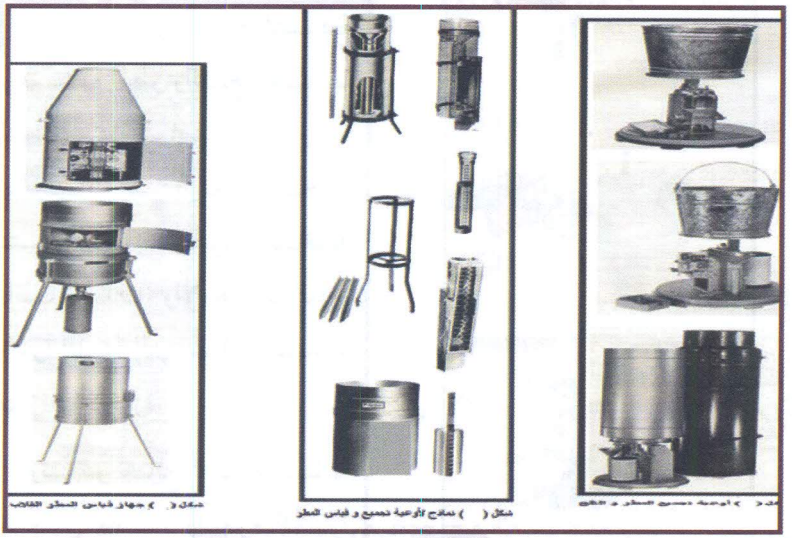
الشعري Hair hygrometer، ومسجل الرطوبة النسبية Hygrograph، وغيرها من أجهزة قياس وتسجيل الرطوبة، كما تتفاوت أجهزة قياس الندى لأحجامها وخصائصها (شكل ٣- ١٨).



شكل (٣ - ١٨) نماذج لأجهزة قياس الندى والحرارة

الأمطار و الثلوج:

تختلف كمية الأمطار والثلوج الساقطة كما وكثافة من منطقة لأخرى. وتقاس كمية الأمطار وكثافتها بواسطة أجهزة عادية وميكانيكية وإلكترونية (شكل ٣-١٩). ويعتبر جهاز قياس المطر والثلج العادي Rain and Snow gauge أبسط أجهزة التساقط تركيبا وأكثرها استخداما وشيوعا في العالم، وهو عبارة عن إناء تجميع للأمطار



شكل (٣ - ١٩) نماذج لأجهزة تجميع وقياس المطر والثلج

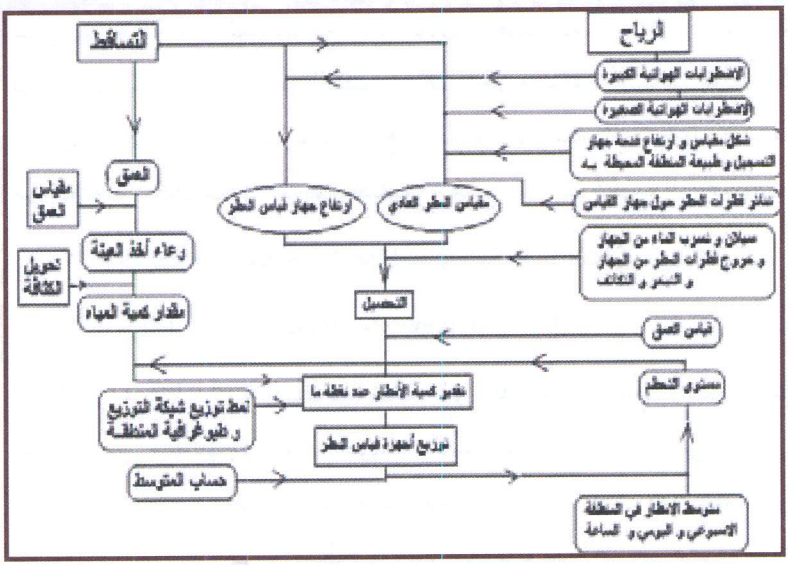
والثلوج الساقطة، وغالبا يكون أسطواني الشكل. وتقاس كمية الأمطار المتجمعة فيه بواسطة مسطرة مثبتة فيه أو مسطرة سوداء متنقلة تغمس في الماء ثم يقرأ الجزء المبلل منها. والنوع الثاني من أجهزة قياس المطر هو مسجل المطر Recording rainfall، ويقوم مسجل المطر بتسجيل الأمطار الساقطة على نموذج ورقي خاص (Chart) ويعتبر مسجل المطر أكثر دقة وتفصيلا من جهاز قياس المطر العادي. وتتعدد أنواع وأشكال مسجل المطر ومنها مسجل المطر ذو الجيب المائل Tipping bucket، ومسجل المطر ذو الميزان Weighting bucket (شكل٣- ١٩). كما تسجل كمية وكثافة الثلج الساقط بواسطة أدوات وأجهزة خاصة مختلفة ومنها أستخدام المسطرة المدرجة لقياس سماكة الثلج أو اللوح المربع والميزان لقياس كثافة الثلج الساقط (صورة ٣ -١). ولكل من أجهزة التساقط بنوعيه المطر والثلج العادية والتسجيلية مواصفاتها، ودقة نتائجها. ويستطيع المستخدم اختيار جهاز قياس التساقط المناسب للهدف، والإمكانات المادية والخبرة الفنية التي سوف تستخدم الجهاز أو الأجهزة.

صورة (٣ - ١) أدوات قياس سماكة وكثافة وحرارة الثلج

وتتأثر نتائج أجهزة قياس وتسجيل الأمطار والثلوج كثيراً بالرياح التي تؤثر في مسار

استقامة التساقط. ونلاحظ أحياناً أن الأمطار أو الثلوج في منطقة معينة تكون غزيرة في جهة وتكون قليلة في ناحية أخرى منها، وتكون نتائج القياس أو التسجيل غير دقيقة بسبب تأثير مجموعة من العوامل والمؤثرات الطبيعية والبشرية (شكل٣-٢٠).

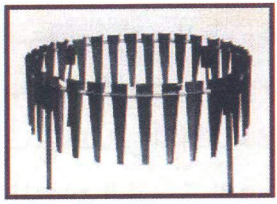
ومن هذه العوامل والمؤثرات التي تؤثر في قياس وتسجيل الأمطار



شكل (٣ - ٢٠) مصادر الأخطاء في قياس الأمطار

سرعة واتجاه الرياح. وللحد من تأثير الرياح على أجهزة قياس وتسجيل التساقط تستخدم مخففة الرياح Wind-shield للحد من سرعة الرياح والتقليل من تأثيرها في اتجاه التساقط، وهي عبارة عن شرائح معدنية تثبت حول حلقة معدنية تطوق جهاز قياس التساقط فتخفف من تأثير الرياح فيه (شكل ٣-٢١).

الخرائط الطقسية:



شكل (٣ - ٢١) مخفقة الرياح

تمثل الخرائط الطقسية الحالة الجوية السائدة في منطقة ما لفترة زمنية محددة، وتعرف بالخرائط السينوبتكية (الشاملة) Synoptic maps وتعتبر خرائط الطقس أداة مهمة للمهتمين بتحليل ودراسة الجو كالجويين والمناخيين والجغرافيين وغيرهم، فهي تعينهم على فهم حالة الجو السائدة في وقت معين، وتصور لهم ماذا سوف يحدث للجو مستقبلا. وتبين خرائط الطقس عناصر الجو وظواهره السائدة كالضغط الجوي ودرجات الحرارة وسرعة الرياح، والكتل الهوائية والتساقط وغيرها من العناصر والظاهرات الجوية المختلفة. وتقسم الخرائط الجوية الى قسمين:

١ - خرائط جوية سطحية (Surface Synoptic Maps) .

٢ - خرائط جوية علوية (Upper Synoptic Maps) .

تمثل الخرائط الجوية السطحية حالة الجو بالقرب من سطح الأرض، ويتم إعدادها في مكاتب الأرصاد الجوية اعتمادا على البيانات التي ترد الى المكتب من محطات الرصد الجوية في المناطق المراد تمثيلها. ومن خصائص معلومات الخرائط الجوية السطحية أنها تبين عناصر الجو في فترة زمنية معينة حيث تؤخذ المعلومات الجوية كل ٣ساعات، وفي أوقات محددة متفق عليها من قبل محطات الرصد الجوي العالمي وهي٣ ،٦، ٩ ، ١٢ ، ١٨ ، ٢١ ، ٢٤ (٠) (منتصف الليل) بتوقيت جرنيتش (GMT Green-wich Mean Time) .

وتمثل الخرائط الجوية العلوية حالة الجو في الطبقات العليا من الجو على ارتفاعات ضغطية مختلفة وهي ٨٥٠، ٧٠٠، ٥٠٠، ٤٠٠، ٣٠٠،

٢٥٠ ،٢٠٠ ، و ١٠٠ ملليبار (الأشكال ٣- ٢٢ أ - ز). ويتم رسمها في مكاتب الأرصاد الجوية اعتماداً على البيانات الجوية التي يتم رصدها بواسطة محطات الرصد الجوية و الأقمار الاصطناعية المختصة بالأحوال الجوية. ويلاحظ من مقارنة الخرائط الجوية أختلاف الأحوال الجوية في الغلاف الجوي خلال الوقت المحدد. ومن المعلومات الجوية التي يتم رصدها تقوم مكاتب مصلحة الأرصاد بعمل توقعات للاحوال الجوية في الأيام القادمة (شكل٣-٢٣)، كما يتم تحويل المعلومات الجوية الى رموز وجداول توضح حالة الجو وتشمل بيانات عن السحب والحرارة والرياح و درجة الندى و غيرها من عناصر الجو(شكل ٣ -٢٤ و٢٥) وجدول (٣-١٠و٣-١١).

ويتطلب رسم الخرائط الجوية بنوعيها السطحي والعلوي شبكة ضخمة من محطات الرصد الجوي الأرضي والعلوي، وتعاون دولي وذلك بتبادل المعلومات الجوية بين محطات الرصد الدولية الأرضية والجوية والبحرية التابعة للدول الأعضاء في المنظمة الدولية للأرصاد الجوية، وعددها ١٨٥ دولة. ويتم خلال٢٤ ساعة رصد أكثر من١٥٠٠٠ رصدة جوية من محطات الرصد الجوي الأرضية، ونحو١٣٠٠٠ رصد جوية من محطات الرصد الجوي العلوية. ويتجاوز عدد محطات الرصد الجوي الأرضية ١٠٠٠٠ محطة موزعة في العالم (شكل ٣- ٦)، وحوالي٣٠٠٠ طائرة ترسل يومياً نحو ٥٠٠٠٠ تقريراً جويًا لارتفاعات ومسارات ومواقع جوية لايوجد بها محطات جوية علوية. و بلغ عدد محطات الرصد على السفن أكثر من٦٧٠٠ محطة رصد. وتقوم محطات السفن بالإضافة الى رصد عناصر الجو برصد درجة حرارة سطح الماء وارتفاع الأمواج.

وقد اكتسبت في الوقت الحاضر الخرائط الجوية اهتمامًا كبيراً من قبل المختصين في الدراسات الجوية للصلة القوية بين ما يحدث في الطبقات

العليا من الغلاف الجوي ومايحدث بالقرب من سطح الأرض من ظاهرات جوية كالرياح والأعاصير وغيرها من ظاهرات جوية. ويساعد معرفة الظاهرات الجوية العلوية من الغلاف الجوي على فهم الظاهرات الجوية الأرضية. ويتم رسم خرائط الجو العلوية مرتين في اليوم وهما الساعة الثالثة صباحا، والساعة الثالثة مساءً.

المنظمة العالمية لمراقبة الطقس World Weather Watch (www)

تهدف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية الى توفير معلومات وافية ودقيقة بقدر الإمكان عن أجواء سطح الأرض، وذلك برصد عناصر الجو في الغلاف الجوي وبالقرب من سطح الأرض وعلى المسطحات المائية، بواسطة المحطات التابعة للدول الأعضاء في المنظمة والبالغ عددها ١٨٥ دولة، كما تستخدم الأقمار الصناعية المتيورولوجية، والطائرات. وتتألف منظمة المراقبة العالمية للطقس من ثلاث منظمات، وهي:

١ - المنظمة العالمية لنظام الرصد Global Observing System (GOS)

٢ - المنظمة العالمية لنظام الاتصالات السلكية و اللاسلكية Global Telecommunication System (GTS)

٣ - المنظمة العالمية لمعالجة البيانات Global Data Processing System (GDPS)

ولكل من هذه المنظمات الثلاث هدفها ودورها في رصد وتجميع وتحليل، وإرسال المعلومات الطقسية الى مختلف أنحاء العالم. وتعمل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية World Meteorological Organization (WMO) على التنظيم والتنسيق بين المنظمات الثلاث. ويمكن تلخيص مهمة كل منظمة على النحو التالي:

١ - المنظمة العالمية لنظام الرصد :(GOS) وهي عبارة عن منظومة مؤلفة من طرق و تقنية وإمكانيات. وقد سخرت كلها لرصد وتسجيل البيانات الجوية وما يتعلق بها من عناصر البيئة الجوية. ومن مهام المنظمة التأكد من أن كل دولة من دول العالم الأعضاء في المنظمة العالمية للأرصاد الجوية لديها محطات للرصد الجوي، والقدرة على جمع البيانات على أساس يومي، وتحليليها، ومدى إمكانية التوقع و التحذير الجوي. ومن أهداف المنظمة العالمية لنظام الرصد هو حماية الأرواح والممتلكات من خلال التوقع و التحذير للظاهرات الجوية الخطرة كالعواصف والأعاصير والفيضانات، كما توفر المنظمة المعلومات للتخصصات والدراسات العلمية المختلفة كالمناخ الزراعي، والملاحة الجوية، والدراسات المناخية، والتغيرات المناخية، والمجالات الاقتصادية، والدراسات البيئية وغيرها.

٢ - المنظمة العالمية لنظام الاتصالات السلكية واللاسلكية (GTS):تعمل هذه المنظمة على الربط بين محطات الرصد الجوي العالمية ومراكزاستقبال المعلومات الجوية المختلفة التي يتم رصدها بواسطة المحطات الجوية الأرضية والمحطات العلوية والمحطات البحرية. وتتألف المنظمة من ثلاث شبكات هي:

١ - الشبكة الرئيسية للاتصالات السلكية واللاسلكية.

The Main Telecommunication Network (MTNs) .

٢ - شبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية للطقس الإقليمية

The Regional Meteorological Telecommunication Networks RMTNs)

٣ - شبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية للطقس الوطنية.

The National Meteorological Telecommunication Networks (NMTNs)

١- شبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية الرئيسة:

تعتبر الشبكة الرئيسة للاتصالات المركز الرئيس للشبكات، وتربط بين٣ مراكز طقسية عالمية و١٥شبكة إقليمية وهي:

ا - WMCs : ملبورني، موسكو، وواشنطن.

ب - RTHs : الجزائر بكين، براكنل، البرازيل، بيونس ايرس، القاهرة، دكار،جدة، نيروبي، نيودلهي، تولوز، اوفنباخ، بيرجواي، صوفيا، طوكيو.

ومن أهداف الشبكة الرئيسة هو توفير اتصال ممتاز بين مراكز الرصد الجوي في العالم مما يسهل تبادل المعلومات الجوية بينها، ويجعلها متاحة بين دول الاعضاء في المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

٢ - شبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية للطقس الإقليمية:

تهدف الى الربط بين الأعضاء في نطاق الإقليم، وبين الشبكات الإقليمية الأخرى.

٣- شبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية للطقس الوطنية:

تهدف الى جمع واستقبال البيانات والمعلومات الجوية التي تم رصدها على نطاق الدولة، ومن ثم توزيعها على الجهات المعنية في الدولة.

وقد عملت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية على تقسيم العالم الى ٦ أقاليم رصدية كبرى، وهي:

١ - أفريقيا.

٢ - آسيا.

٣ - أمريكا الجنوبية.

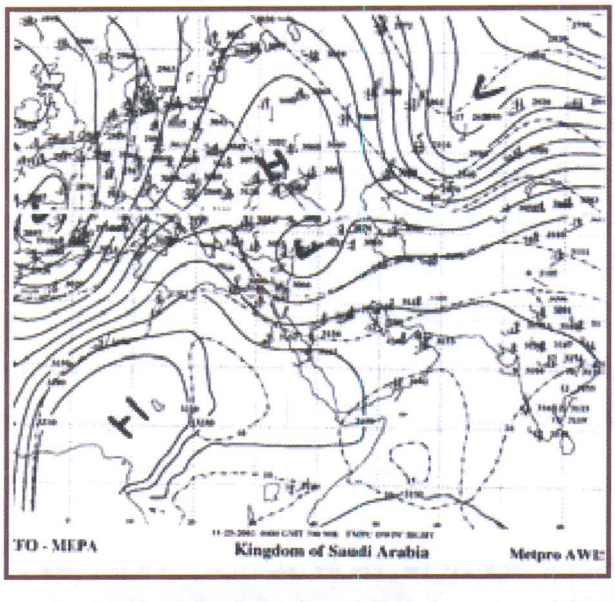
٤ - أمريكا الشمالية و الوسطى.

٥ - جنوب غرب المحيط الهادي.

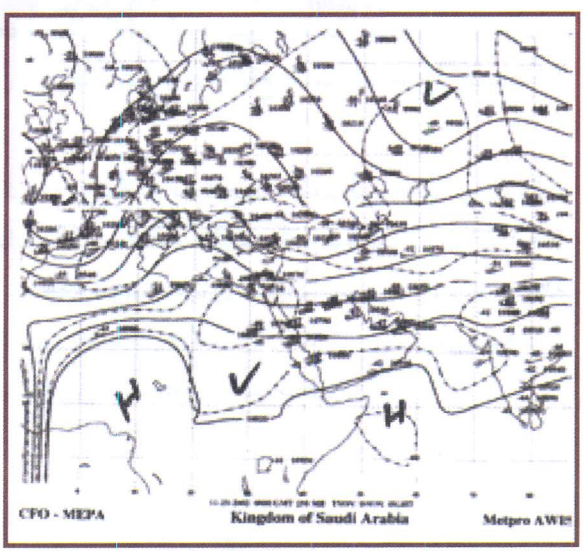
٦ - أوربا.

وحددت المنظمة الهيئات والمراكز المتعاونة معها في كل إقليم، وأعطتها رقماً يميز كل واحد منها، فمثلاً في المملكة العربية السعودية تقع حسب تصنيف المنظمة في الإقليم الثاني (أسيا)، والهيئات الحكومية المتعاونة والأعضاء فيها هي الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (مصلحة الأرصاد وحماية البيئة سابقا)، وتأخذ رقم (A274)، وقسم المياه بوزارة الزراعة والمياه، ويأخذ رقم (B274) (ملحقا). وقسمت هذه الأقاليم الرصدية الستة الى ٩٩ منطقة رصدية، تبدأ من الرقم ١ الى ٩٩، وكل منطقة رصدية من المناطق الـ ٩٩ تحتوي على ٩٩٩ محطة رصدية تبدأ بالرقم (١ ٠٠) وتنتهي بالرقم (٩٩٩). ومن المتفق عليه دولياً آن تأخذ كل محطة رصدية جوية (سينوبتية) رمزاً دولياً مؤلف من٣ أرقام تعرف به، فمثلاً تقع محطة مطار الملك خالد الدولي بالرياض ضمن المنطقة الرصدية٤٠، والرقم الدولي للمحطة ٤٣٨، ومحطة مطار الظهران ضمن المنطقة الرصدية٤٠، والرقم الدولي ٤١٦ الظهران، ومحطة مطار جدة تقع ضمن المنطقة الرصدية٤١ ورقمها الدولي٢٤.

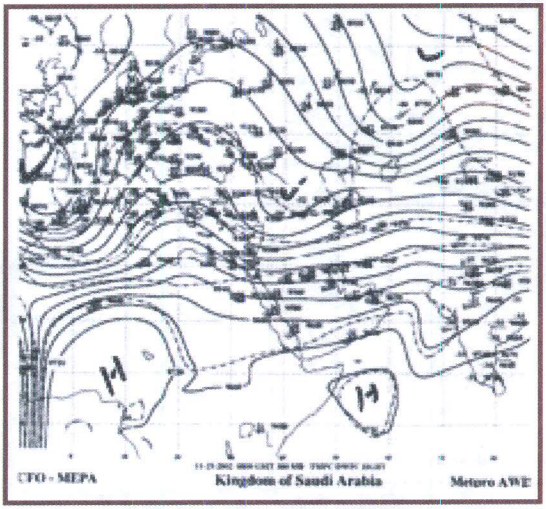
وللتعرف على اسم المحطة دوليا، و موقعها الجغرافي و المركز والإقليم الأرصادي الدولي التابعة له تم إعطاء كل محطة رمزا يتألف من ٥ أرقام وهي تمثل رقم المحطة ومنطقة الرصد الجوي التابعة له، فمثلا، رمز محطة مطار الملك خالد الدولي بالرياض ٤٠٤٣٨، حيث ٤٠ تعني المنطقة الرصدية و٤٣٨ الرقم الدولي للمحطة (أنظر ملحق١).



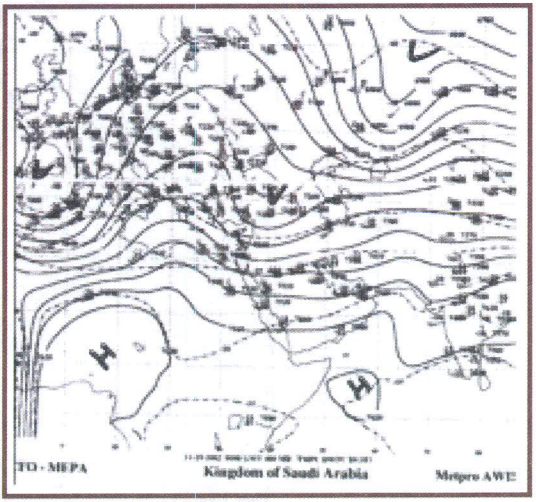
شكل (٣ - ٢٢ أ)
خريطة جوية تبين
درجة الحرارة ودرجة
الندى وسرعة وأتجاة
الرياح على أرتفاع
٢٠٠ ملليبار وقد
أخذت عند الساعة
٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ -
٢٠٠٢م



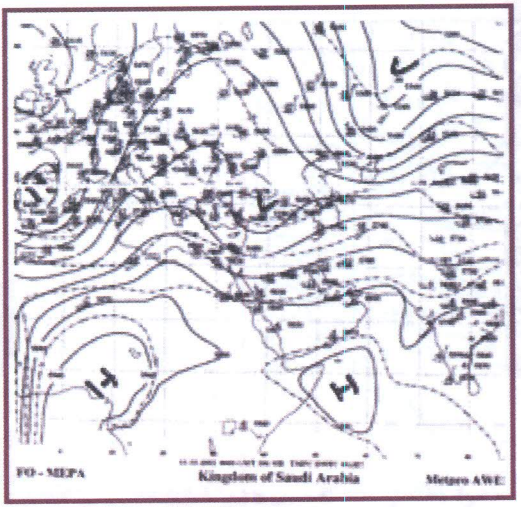
شكل (٣ - ٢٢ ب)
خريطة جوية تبين درجة
الحرارة ودرجة الندى
وسرعة وأتجاة الرياح
على أرتفاع ٢٥٠ملليبار
وقد أخذت عند الساعة
٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ -
٢٠٠٢م



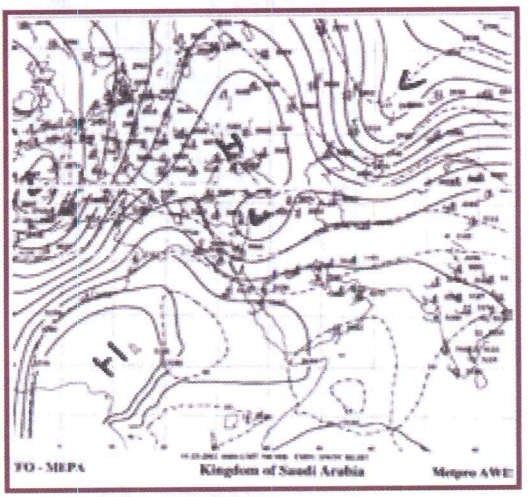
شكل (٣ - ٢٢ ج)
خريطة جوية تبين درجة الحرارة ودرجة الندى وسرعة وأتجاة الرياح على أرتفاع ٣٠٠ ملليبار وقد أخذت عند الساعة ٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ - ٢٠٠٢م



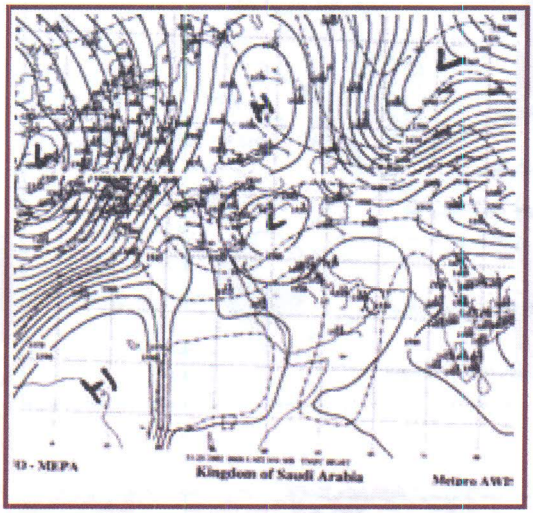
شكل (٣ - ٢٢ د)
خريطة جوية تبين درجة الحرارة ودرجة الندى وسرعة وأتجاة الرياح على أرتفاع ٤٠٠ملليبار وقد أخذت عند الساعة ٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ - ٢٠٠٢م



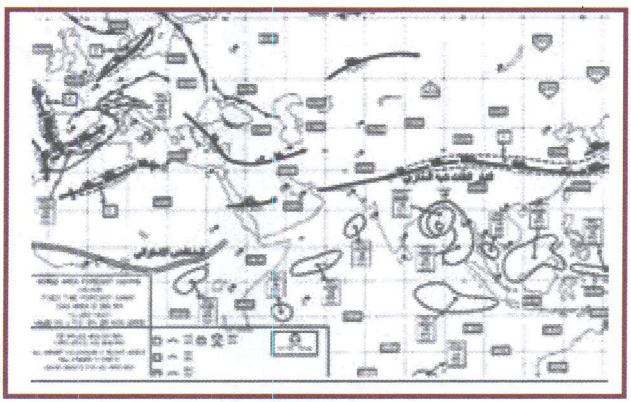
شكل (٣ - ٢٢ هـ) خريطة جوية تبين درجة الحرارة ودرجة الندى وسرعة وأتجاة الرياح على أرتفاع ٥٠٠ملليبار وقد أخذت عند الساعة ٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ - ٢٠٠٢م



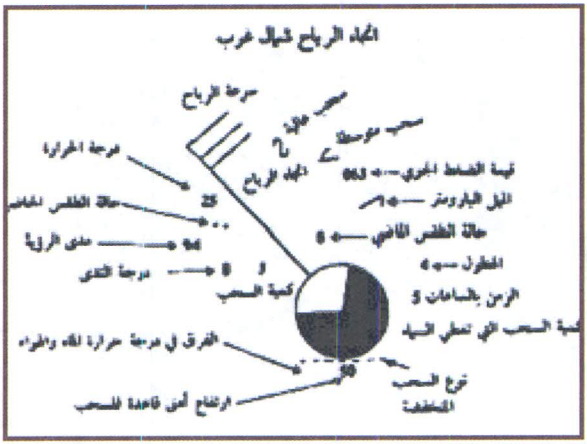
شكل (٣ - ٢٢ و) خريطة جوية تبين درجة الحرارة ودرجة الندى وسرعة وأتجاة الرياح على أرتفاع ٧٠٠ملليبار وقد أخذت عند الساعة ٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ - ٢٠٠٢م



شكل (٣ - ٢٣ ز) خريطة جوية تبين درجة الحرارة ودرجة الندى وسرعة وأتجاة الرياح على أرتفاع ٨٥٠ملليبار وقد أخذت عند الساعة ٢٤ (٠) ٢٥ - ١١ - ٢٠٠٢م



شكل (٣ - ٢٣) على ضوء المعلومات التي يتم الحصول عليها من الطبقات العليا من الجو يتم عمل خرائط لتوقع الأحوال الجوية للأيام القادمة



شكل (٣ - ٢٤)

مدلول الرموز على

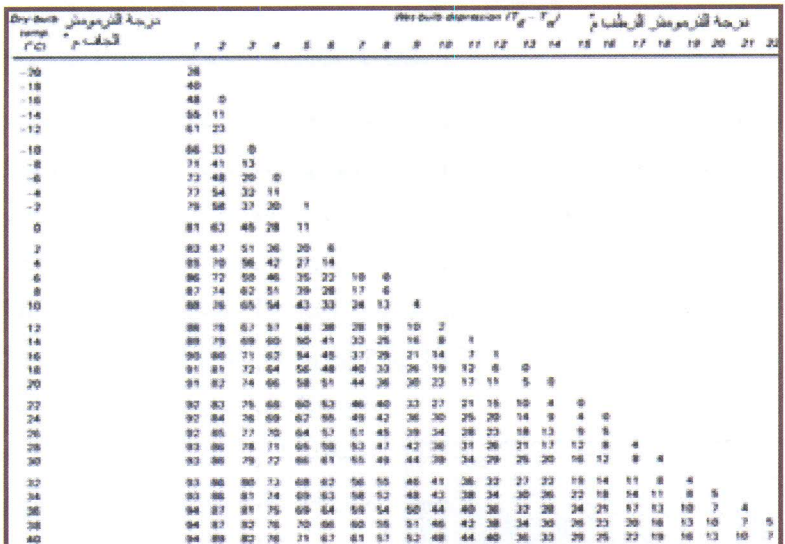
الخريطة الجوية

رقم الخطوة	الرمز	حالة السماء
صفر		السماء خالية من السحب
١		١/٨ السماء محجوبة بالسحب
٢		٢/٨ السماء محجوبة بالسحب
٣		٣/٨ السماء محجوبة بالسحب
٤		٤/٨ السماء محجوبة بالسحب
٥		٥/٨ السماء محجوبة بالسحب
٦		٦/٨ السماء محجوبة بالسحب
٧		٧/٨ السماء محجوبة بالسحب
٨		٨/٨ السماء محجوبة بالسحب
٩		السماء غير مرئية بسبب الضباب أو العواصف الرملية، أو الظلام أو أي ظاهرة مشابهة أيضاً.

شكل (٣ - ٢٥) الرموز الطقسية

الدالة على كمية السحب في

السماء فترة الرصد



جدول (٣-٩) استخراج الرطوبة النسبية بمعرفة درجة حرارة الترمومتر الجاف و الرطب

جدول (٣ – ٩) الرموز الدالة على الظاهرات الجوية

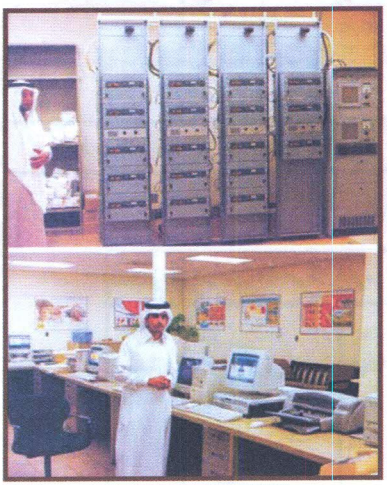
المجموعة	وصف الظاهرة	الرمز	المجموعة	وصف الظاهرة	الرمز
ظواهر جوية مائية	مطر	•	ظواهر جوية	عجاج ترابي	S
	مطر فوق مبرد	⌓		عاصفة ترابية	⌧
	رذاذ	,		جزيئات ترابية	⌇
	ثلج	✱		رؤية منخفضة بسبب الدخان	≡
	رخات خفيفة	∇			
	برد	△	ظواهر جوية	عاصفة رعدية	R
	ضباب	≡		برق	≺
	شبورة مائية	=	كهربائية	رعد	ϒ
	ثلوج منجرفة وعالية	⊹			
	رشاش	⌇		عطبة ارضية او بحرية	ᚷ
	ندى	⌿			
	صقيع عش	∨			

جدول (٣ – ١٠) الرموز الدالة على نوعية السحب

موضوع للقراءة:

الرصد الجوي لأجواء مدينة الرياض:

تقوم الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (مصلحة الأرصاد وحماية البيئة) بالمملكة العربية السعودية بقياس وتسجيل عناصر الجو بالقرب من سطح الأرض وفي الطبقات العليا من الجو. وتقع محطات الرصد الجوي التابعة للرئاسة في مدينة الرياض بجوار مطار الملك خالد الدولي وفي مطار القاعدة (مطار الرياض القديم). ويتم قياس عناصر الجو بواسطة أجهزة المحطات الأرضية والعلوية الموجودة في الموقعين (صور٣ -٢). وللحصول على معلومات جوية للأجواء العلوية لمدينة الرياض كاتجاه الرياح وسرعتها ودرجات الحرارة والرطوبة والضغط الجوي يرسل مسبار لاسلكي بواسطة بالون للطبقات العليا من الجو(صورة ٣ - ٣). ويرسل المسبارالمحمول بالبالون المعلومات الجوية العلوية الى جهاز استقبال المعلومات الموجودة في محطة الرصد الجوي الأرضية لتحليلها وإخراجها بالشكل المطلوب.



صورة (٣-٢) غرف استقبال وإرسال المعلومات الجوية في محطة مطار الملك خالد الدولي

وفي السابق كان يستخدم أجهزة تحتاج الى شخصين لمتابعة البالون بمنظار لرصد طبقات الجو العليا، وتحتاج لوقت وجهد كبير. أما الآن ومع تطور العلم والتكنولوجيا والكمبيوتر أصبحت عملية إرسال واستقبال المعلومات الجوية العلوية سهل جداً. وتتم عملية إطلاق البالون الموصل به جهاز الإرسال بالمراحل التالية (صورة ٣-٣):

١- يجهز المسبار للاسلكي المسمى بـ (راديو ساوند) بتعبئة البطارية ومن ثم يتم وضعه في المسبار اللاسلكي، وكل مسبار يحتوي على شريط معلومات مطبوع بالتخريم.

صورة ٣-٣

٣- يملى البالون بغاز الهيدروجين أو الهليوم بمقدار معين حتى يصبح البالون بحجم مترمكعب ثم يربط به المسبار اللاسلكي (الراديو ساوند) و يطلق ليأخذ مجراه في الأجواء العليا، وقبل إطلاق البالون يأخذ أذن من برج مطار الرياض (مطار الملك خالد الدولي) حتى لا يصطدم البالون بالطائرات المقلعة أو الهابطة في المطار.

٤- يتم تغذية جهاز الاستقبال بالمعلومات الجوية الخاصة بسطح الأرض و من ثم يبدأ الجهاز في استقبال الموجات القادمة من المسبار اللاسلكي وتحليلها وإرسالها الى

الكمبيوتر.

٥- بعد الانتهاء من استقبال المعلومات أي بعد ما ينفجرالبالون لزيادة حجمه كلما ارتفع في طبقات الجو العليا حتى يصل ما يقارب ٤ ملليبار يبدأ الكمبيوتر في تنسيق المعلومات و إخراجها بطريقة تسمى بـ (TEMP)

٦- ترسل هذه المعلومات على هيئة أرقام الى المركز الرئيسي في المملكة العربية السعودية ـ جدة (المركز الإقليمي لتجميع المعلومات).

٧-في المركز الإقليمي لتجميع المعلومات يتم تجميع البيانات من جميع مكاتب الرصد المعتمدة لوضعها في إطار واحد ومن ثم إرسالها الى مركز التنبؤات الجوية ليتم تحليلها وتحليل عناصر الجو في صورة يسهل قراءتها والتعامل معها بما يخدم حركة الطيران والأحوال الجوية.

٨- بعد تحليل هذه المعلومات في مركز تجميع المعلومات ترسل عن طريق الشبكة العالمية GTS الى الدول العربية والآسيوية والأوربية وأمريكا وغيرها للاستفادة منها.

مصطلحات جوية و مناخية :

Absolute Humidity	الرطوبة المطلقة
Absolute Scale	القياس المطلق
Altimeter	مقياس الضغط الجوي والارتفاع
Anemometer	جهاز قياس سرعة الرياح
Assmaan Psychrometer	مقياس اسمان للرطوبة
Atomic Hydrogen (H)	الهيدروجين الذري
Atomic Oxygen (O)	الأكسجين الذري
Aurora	الشفق القطبي
Balloon	المنطاد
Barograph	مسجل الضغط الجوي
Barometer	مقياس الضغط الجوي
Celsius Scale	مقياس سلسي للحرارة
Centigrade Scale	مقياس سنتجراد للحرارة
Chart	نموذج ورق رسم خاص
Cloud Ceilometer	جهاز قياس ارتفاع السحب
Dew Point	درجة الندى
Diffuse Solar Radiation	إشعاع شمسي غير مباشر (منتشر)
Digital Barograph	مقياس الضغط الجوي الرقمي
Dirct and Diffuse Radiation	شعاع شمسي مباشر وغير مباشر
Direct Solar Radiation	إشعاع شمسي مباشر
Dry bulb Thermometer	مقياس حراري جاف

Electrical Thermometer	مسجل الحرارة الكهربائي
Engineer's Altimeter	مقياس الضغط الجوي والارتفاع للمهندسين
Evaporation	بخر (تبخر)
Evaporation Pan	وعاء قياس التبخر
Evapograph	مسجل البخر (التبخر)
Evapotranspiration	بخر/نتح
Fehrenheit Scale	المقياس (النظام) الفهرنهايتي
Fortin Barometer	مقياس فورتن للضغط الجوي
Global Observing System (GOS)	المنظمة العالمية للرصد
Global Telecommunication (GTS)	المنظمة العالمية لنظام الاتصالات السلكية و اللاسلكية
Green-wich Mean Time (GMT)	توقيت جرينتش
Hair Hygrometer	مقياس الرطوبة الشعري
Helium Atomic (HE)	الهليوم الذري
Heterosphere	الطبقة غير المتجانسة
Homosphere	الطبقة المتجانسة
Hygrograph	مسجل الرطوبة
Hygrometer	مقياس الرطوبة
Kalvin Scale	مقياس كالفن
Kew Barometer	مقياس كيو للضغط الجوي

Lysimeter	اللايسيمتر لقياس البخر والنتح
Marine Barograph	مسجل الضغط الجوي البحري
Mixing Ratio	النسبة المركبة
Mercury Thermometer	مقياس الحرارة الزئبقي
Mesosphere	الطبقة المتوسطة (الميزوسفير)
Metallic Thermometer	مسجل الحرارة المعدني
Meteorological Satellite	أقمار صناعية جوية (طقسية)
Molecular Nitrogen (N2)	النتروجين الجزئي
Mother of Pearl (Marcous Clouds)	سحب عالية خفيفة لامعة
Net Radiation	صافي الأشعة
Pocket Altimeter	مقياس ضغط جوي جيبي
Pocket Thermometer	مقياس الحرارة الجيبي
Psychrometer	مقياس الرطوبة (السيكروميتر)
Pyrheliometer	المشماس (البيرهيليومتر)
Radiosonde	مسبار لاسيلكي
Rain gauge	مقياس المطر
Rain and Snow Gauge	مقياس المطر و الثلج
Rawinsondde	مسبار الرياح الراداري
Recording Rainfall	مسجل المطر
Relative Humidit	الرطوبة النسبية
Sling Psychrometer	مقياس الرطوبة المعلق

Specific Humidity	الرطوبة النوعية
Stratosphere	الطبقة العلوية (الستراتوسفير)
Surface Synoptic Maps	خرائط جوية سطحية
Sunshine Duration	مدة سطوع الشمس
Synoptic Maps	خرائط طقسية
Theodolite	جهاز قياس السحب
Thermograph	مسجل الحرارة
Thermometer	مقياس الحرارة
Thermosphere	الثرموسفير
Transpiration	نتح
Tipping Bucket	مسجل المطر ذو الجيب المائل
Tropopouse	التربوبوز
Troposphere	الطبقة السفلية (التربوسفير)
Upper Synoptic Maps	خرائط جوية علوية
Vapor Pressure	ضغط بخار الماء
Weighting Bucket	مسجل المطر ذو الميزان
Weather Station	محطة جوية
Wet Bulb Thermometer	مقياس الحرارة الرطب
Whirling Psychrometer	مقياس الرطوبة الدوار
Wind Shield	مخففة الرياح

المنظمة العالمية للأرصاد الجوية World Meteorological Organization (WMO)

المنظمة العالمية للطقس World Weather Watch (WWW)

اسئلة للمراجعة :

١ - عرف الغلاف الجوي، وتحدث عن مكوناته، وبماذا تتصف؟

٢- تحدث عن طبقات الغلاف الجوي، وما هي خصائص كل طبقة. وما هي أهم طبقة بالنسبة لسطح الأرض والكائنات الحية التي تعيش عليها ؟

٣ - تحدث بشكل عام عن أنواع أجهزة رصد وتسجيل عناصر الجو المختلفة، وما هوالمعيار الذي يحدد استخدامها ؟.

٤ - تحدث عن الجهات المهتمة برصد وتسجيل عناصر الجو، ولماذا تعددها في البلد الواحد؟

٥ - ما هي مواصفات موقع ومكونات محطات الرصد الجوي الأرضية؟

٦ - علل لماذا تحرص كثير من دول العالم على إقامة محطات جوية علوية.

٧ - يعتبر الإشعاع الشمسي أحد عناصر الجو المهمة، أذكر أسماء بعض أجهزة رصد وتسجيل الإشعاع الشمسي مع ذكر أهمية كل جهاز منها.

٨ - تحدث عن أنظمة قياس الحرارة المستخدمة في العالم، وما هوالنظام الأكثر شيوعا، وكيف يتم التحويل فيما بينها ؟

٩ - أذكر أسماء أجهزة رصد وتسجيل الحرارة، وأشرح باختصار مهمة كل جهاز مع الرسم.

١٠ - أشرح كيف يتم قياس الضغط الجوي، وأذكر بعض أسماء الأجهزة المستخدمة في ذلك.

١١ - صف كيف يتم قياس اتجاه وسرعة الرياح مع ذكر أسماء بعض

الأجهزة المستخدمة في ذلك.

١٢ - أشرح مع الرسم كيف يتم قياس المياه المفقودة بالبخر والنتح.

١٣ - أشرح كيف تقاس رطوبة الجو، مع رسم للأجهزة المستخدمة لقياسها.

١٤ - أشرح كيف يقاس التساقط (الأمطار و الثلوج) مع الرسم لبعض الأجهزة المستخدمة في ذلك.

١٥ - تحدث عن أهمية الخرائط الطقسية، وكيف يتم أعدادها.

١٦ - تهتم المنظمة العالمية لمراقبة الطقس (WWW) والمنظمات التابعة لها بالأحوال الجوية بالقرب من سطح الأرض وفي الأجواء العلوية. تحدث عن دورها، وكيف يتم التنسيق بين محطات و مراكز الرصد الجوي المحلية و الإقليمية والعالمية.

١٧ - أشرح كيف يتم الرصد الجوي لأجواء مدينة الرياض.

مراجع مقترحة:

١ - السلطان، عبد الغني،١٩٨٥، الجو عناصره وتقلباته، وزارة الثقافة والأعلام، بغداد.

٢ - النطاح، محمد ، ١٩٩٠، الأرصاد الجوية، الدار الجماهيرية للنشروالاعلان، ج ، ١.

٣- شحاده، نعمان، ١٩٨٣، المناخ العملي، مطبعة النور النموذجية، عمان.

٤ - موسى، علي، ١٩٨٦، الرصد والتنبؤ الجوي، دمشق، ط ١ .

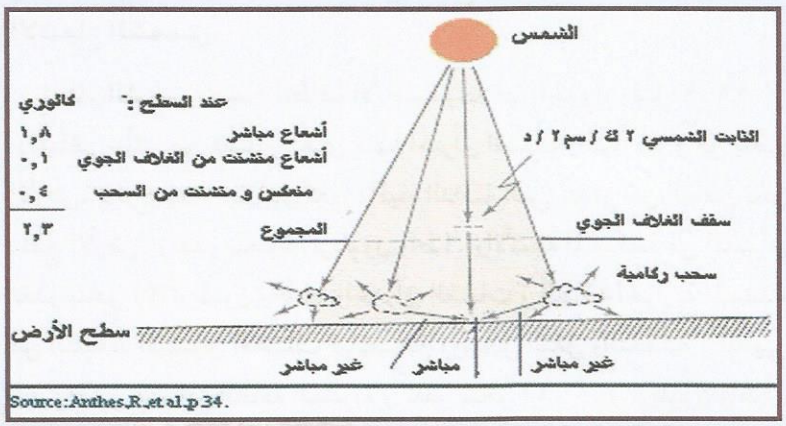
الباب الثاني
دراسة وتحليل عناصر المناخ والظاهرات الجوية

الفصل الرابع
عناصر المناخ والظاهرات الجوية

الإشعاع الشمسي:

تعتبر الشمس مصدراً للطاقة الأرضية وغلافها الجوي، وتمثل ٩٩,٩ ٪ والباقي يأتي من مصادر أخرى منها احتراق الشهب والنيازك، و من باطن الأرض، تخرج مصاحبة للبراكين، والمياه الدافئة التي تتدفق من الباطن نحو سطح الأرض، وتقدر بنحو٤ (تريليون واط). والأشعة المنعكسة من القمر و تقدر بنحو (٢ تريليون واط)، واحتراق الغابات و الطاقة الحرارية المنبعثة من النشاط البشري المختلف كالمصانع ووسائل النقل والتدفئة و الطهي وغيرها من مصادر الطاقة البشرية و تقدر بنحو (٠,٠٠١ تريليون واط). وتبلغ كمية الطاقة الشمسية التي تصل لسطح الغلاف الجوي بنحو ١,٩٦ كالورى/سم٢ / دقيقة، أي نحو١٣٦٠واط للمتر المربع، وتقرب الى (٢ كالورى/سم/٢ دقيقة). وهي كمية شبه ثابتة، وتعرف بالثابت الشمسي. وقد تتسبب الأشعة الشمسية المتشتتة في الغلاف الجوي الى أن تفوق أحياناً كمية الأشعة التي تصل لسطح الأرض، مقدار الثابت الشمسي، بسبب تأثير الأشعة المتشتتة من السحب الركامية في حالة تواجدها في الغلاف الجوي. ويمكن أن يحدث ذلك عندما يكون الغلاف الجوي نظيفاً والسماء صافية والشمس عمودية على الرأس فتضيف الأشعة المتشتتة من السحب الركامية التي يتراوح مقدارها٤,٠٪ الى الثابت الشمسي فتبلغ كمية الأشعة الواصلة لسطح الأرض٤,٢ كالورى/سم٢ / دقيقة. وهذه الحالة قليلة الحدوث (شكل ٤-١) [١]. وتبلغ كمية الإشعاع الشمسي التي يستقبلها النظام الأرضي والجوي (Earth-Atmosphere System) نحو ١٨٠,٠٠٠ تريليون واط في الثانية (J/Sec). وتمثل مصادر الطاقة الثانوية الأخرى ١٠,٠٠٠ مرة أقل من الطاقة التي تأتى من الشمس، وهي كمية غير كافية لاستمرار حياة حيوان أو نبات[١]. وتبثُ الشمس الطاقة على

Anthes. et al, (1978), (ibid),p.34



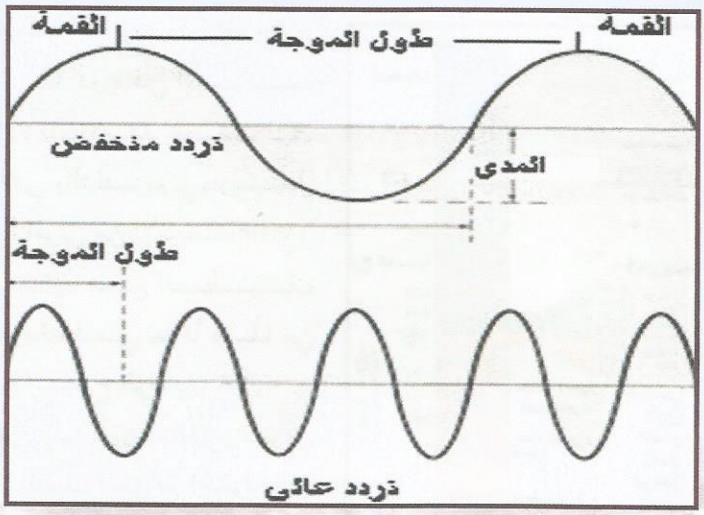
شكل (٤-١) يتلقى سطح الارض اشعاع اكثر من الثابت الشمسي بسبب الإشعاع غير المباشر من السحب والغلاف الجوي

هيئة موجات كهرومغناطيسية نحو الغلاف الجوي والأرض، ومعظمها يمتص بواسطة مكونات الغلاف الجوي أو يتشتت في الجو. ويتكون الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum (EMS) من خلال تفاعل أشعة الشمس مع المواد. وهو إشعاع يتالف من حركتين اهتزازيتين متواقتتين تتحركان في مستويين متعامدين مصدر الأول حقل كهربائي و الآخر مغناطيسي ويشكلان معاً حقلاً كهر مغناطيسي (اختصار لكهربائي - مغناطيسي). وتتحرك الطاقة الكهرمغناطيسية بشكل جيبي متناسق مع سرعة الضوء البالغة ٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية (١٨٦,٠٠٠ ميل في الثانية)[٢].

وتبث الشمس الإشعاع في جميع الاتجاهات ، وتتفاوت خصائص الإشعاع الشمسي حسب طول الموجات الإشعاعية أو ترددها. ويقاس طول الموجات الإشعاعية من القمة الى القمة (شكل ٤-٢)، ويستخدم في

1- Eagleman, 1980, (ibid), p.60

٢- أبو ريشة، عمر ، (١٤١٤هـ)، اسس تقنيات الاستشعار عن بعد، ص ١٩.



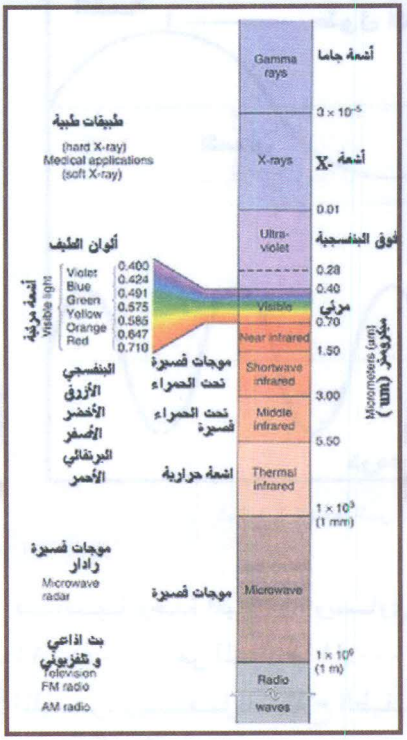
شكل (٤-٢) خصائص الموجات الطويلة والقصيرة

قياسها وحدة الميكرون، ويساوي الميكرون واحد من مليون من المتر (١ ٠,٠٠٠٠٠ من المتر) أو ١/١٠٠٠٠٠ من السنتيمتر أو ١/١٠٠٠ من المليمتر. ويستعمل اصطلاح الطيف الكهرمغناطيسي Electromagnetic Spectrum (EMS) ، لوصف مجالات الأشعة الشمسية مختلفة الطول القصيرة والمتوسطة والطويلة. وقد قسمت الموجات الإشعاعية الشمسية الى عدة نطاقات طيفية (شكل ٤-٣)، وهي:

- أشعة جاما Gamma rays
- أشعة اكس X rays
- الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet radiation
- الأشعة المرئية Visible rays (light)
- الأشعة تحت الحمراء Infer- red

وتعرف الموجات الطويلة بموجات الراديو الطويلة، ويبلغ طولها مئات

الكيلومترات، وتتردد بين ٢٠ - ٢٠,٠٠٠ دورة في الثانية (Hertz , HZ)و قد خصصت للبث الإذاعي والتلفزيوني. ويشغل الجزء المرئي من الأشعة(Visible light) من الطيف الكهرمغناطيسي نطاقاً ضيقًا من الأشعة يتراوح طوله بين ٣٨, ٠ - ٧٢, ٠ ميكرون (Um) ويشمل ألوان الطيف المعروفة (جدول ٤ - ١)، وهي البنفسجي (Violet)، والأزرق (Blu)، والأخضر(Green)، والبرتقالي (Orange)، والأحمر (Red)ويلي الأشعة المرئية(Visible Light) في القصر الأشعة فوق البنفسجية ثم يليها أشعة إكس



(شكل ٤-٣) النطاق الطيفي للإشعاع الشمسي

جدول (٤- ١) أطوال الموجات النطاق المرئي Visible Light (ميكرون)

اللون	طول الموجة	معدل طول الموجة
البنفسجي	٠,٤٠ - ٠,٤٤	٠,٤٢
الأزرق	٠,٤٥ - ٠,٤٩	٠,٤٨
الأخضر	٠,٥٠ - ٠,٥٣	٠,٥٢
الأصفر	٠,٥٤ - ٠,٥٨	٠,٥٦
البرتقالي	٠,٦٥ - ٠,٦٤	٠,٦٠
الأحمر	٠,٦٥ - ٠,٧٠	٠,٦٨

Anthes,C. D, p. 55.

الشمس الأبيض (ضوء النهار)، أو في شكل ألوان الطيف المعروفة، والتي يمكن رؤيتها في قوس قزح (صورة ٤-١). و يتراوح أطوال موجات الأشعة المرئية بين ٤, ٠ و٧, ٠ ميكرون ، و تمثل ٤٥ ٪ من جملة الإشعاع الشمسي.

٣- الأشعة البنفسجية و فوق البنفسجية (Violet and Ultra-violet) وتمثل الأشعة الشمسية التي يقل طولها عن ٤, ٠ ميكرون كأشعة إكس وأشعة جاما. وتمثل الأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية ٩ ٪ من الإشعاع الشمسي. جدول

صورة (٤-١) يتشكل قوس قزح كثيراً بعد سقوط الأمطار

F = كمية الأشعة المنبعثة من الجسم

O = ثابت ستيفان بولتزمان، ويساوي٦٦٩٧ , ٥×١٠ وات/ سم٢

T^4 = درجة حرارة الجسم المطلقة، وتقدر بالكالفن ويمكن تلخيص قانون بولتزمان على النحو التالي: أن الطاقة المنطلقة من الجسم تتناسب مع الأس الرابع لدرجة حرارة الجسم المطلقة T^4.

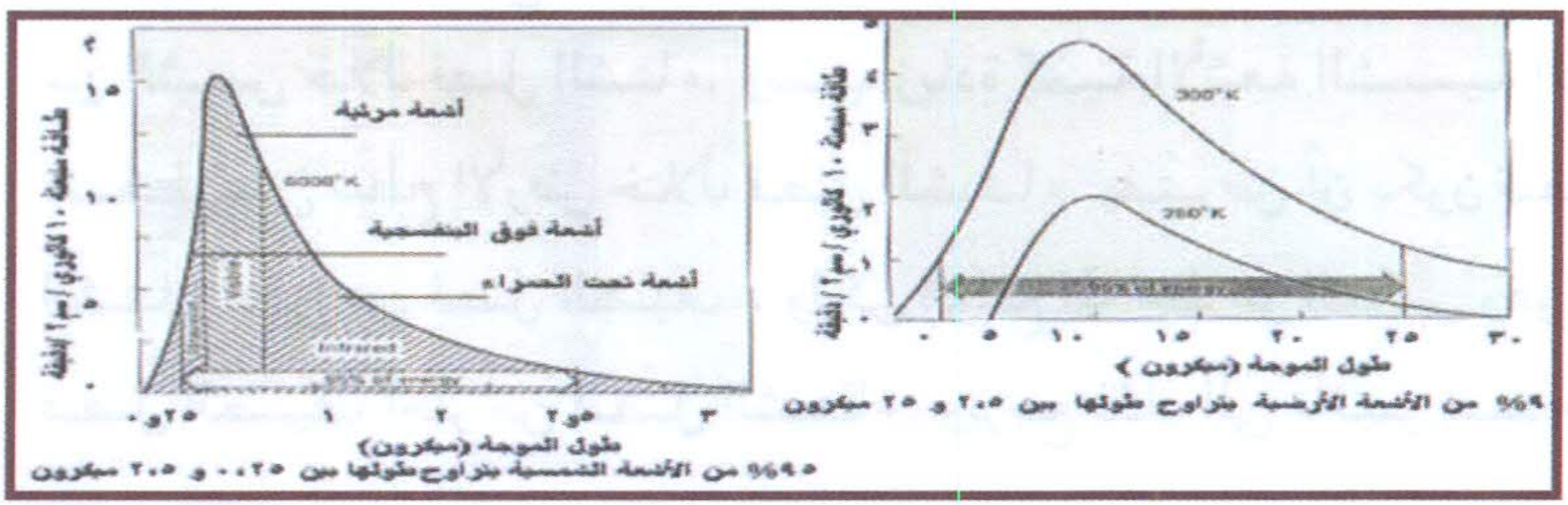
الطاقة وطول الموجة الإشعاعية :

تبث الأجسام التي درجة حرارتها فوق الصفر المطلق Absolute Zero الطاقة على هيئة موجات إشعاعية . ويبلغ الصفر المطلق - ٢٧٣مْ ، وهي النقطة التي تتوقف عندها الطاقة . ويعتمد طول الموجة الإشعاعية وترددها على درجة حرارة الجسم. ويقل طول الموجة كلما زادت حرارة الجسم والعكس. ويعبر عن ذلك بقانون وأين Wien,s displacement law.

M = A /T حيث أن: M = طول الموجة من الطاقة العظمى (ميكرون)

طول الإشعاع الأرضي = ٢٨٩٨\٣٠٠=٩,٦ ميكرون

وبسبب ارتفاع الحرارة الخارجية للشمس فان ٩٥٪ من الإشعاع الشمسي عبارة عن موجات قصيرة، ونظراً لانخفاض درجة حرارة سطح الأرض فان ٩٥٪ من الإشعاع الأرضي موجات طويلة (شكل٤-٤). وعند ما ترتفع الحرارة الخارجية للشمس الى الضعف (١٢٠٠٠ كالفن) فان طول الموجات الإشعاعية سوف ينخفض الى (٢٤,٠ ميكرون) و العكس عندما تنخفض الحرارة الخارجية للشمس الى النصف (٣٠٠٠ كالفن) فان غالبية طول موجات الإشعاع الشمسي سوف يزيد ويقترب من ١ ميكرون.



شكل ٤-٤ اختلاف طول الموجات بسبب اختلاف الحرارة

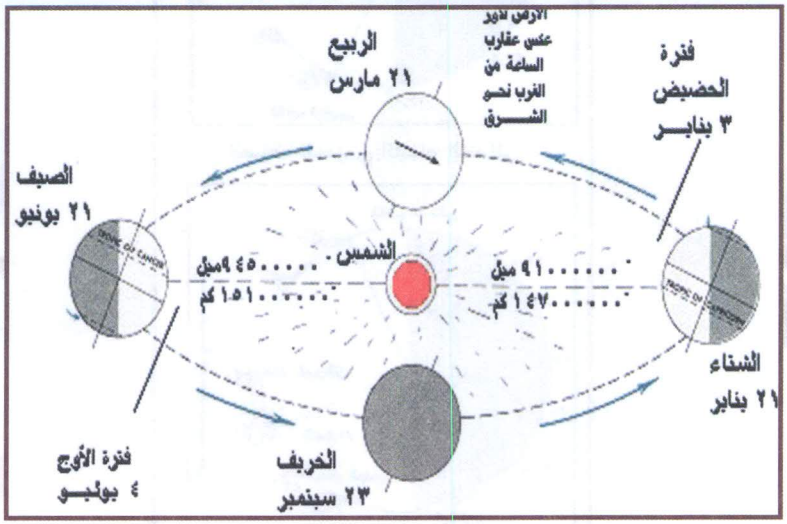
العوامل المؤثرة في توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض:

تتفاوت كمية الإشعاع الشمسي التي تصل لسطح الأرض زمانا ومكانا نتيجة تأثير عدد من العوامل والمؤثرات منها اختلاف طول المسافة بين الشمس والأرض خلال العام، ومقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض، وطول اليوم، واختلاف شفافية الغلاف الجوي.

أولاً- اختلاف المسافة بين الشمس و الأرض :

تدورالأرض حول الشمس من الغرب نحو الشرق بسرعة ١٣٠٠ كيلومتر في الساعة، وتتم خلالها دورة كاملة خلال العام. وينتج عن دورانها الفصول الأربعة (الصيف، الخريف، الشتاء، والربيع). ويبلغ معدل المسافة بين الأرض والشمس ١٥٠ مليون كم (٩٣ مليون ميل)، وتزيد هذه المسافة في فصل الصيف وتقل في فصل الشتاء لأن دوران الأرض حول الشمس يأخذ شكلا بيضاوي (إهليجي) وليس دائرياً تماماً. وتبلغ المسافة بين الشمس والأرض خلال فصل الصيف ١٥٢ مليون كم، ويكون ذلك في يوم٤ يوليو، ويعرف بفترة الأوج. وتقترب الأرض من الشمس في فصل الشتاء، وتبلغ المسافة بينهما ١٤٧ مليون كم وذلك في يوم ٣ يناير، وتعرف بفترة الحضيض (شكل ٤- ٥). وتتلقى الأرض من الأشعة الشمسية خلال فترة الحضيض (الشتاء) كمية من الأشعة أكثرمن الأشعة التي تسقط على سطح الأرض خلال فترة الأوج (الصيف)، وتقدر بنحو ٧٪ بسبب قرب الأرض من الشمس خلال فصل الشتاء. وبسب زيادة كمية الأشعة الشمسية التي تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء يفترض أن يكون فصل الشتاء أدفئ من فصل الصيف ، ولكن الواقع الملاحظ هو العكس وهو أن فصل الصيف أحر من فصل الشتاء. ويرجع ذلك الى تأثير عدد من

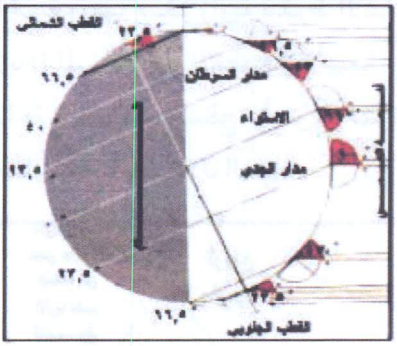
العوامل والمؤثرات الجوية ومنها صغر زاوية سقوط الأشعة الشمسية وما يترتب عليها من زيادة المسافة التي تقطعها الأشعة، وانتشار الأشعة الشمسية على مساحة شاسعة من سطح الأرض. وكثرة العوالق الجوية، وكثافة السحب والغطاءات الثلجية خلال الشتاء.



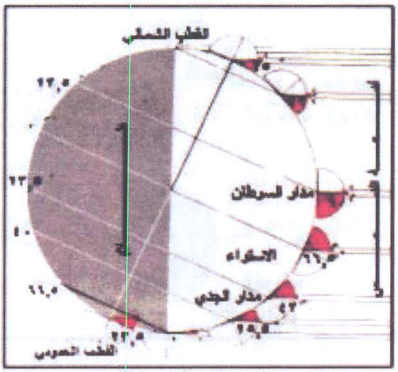
شكل (٤ - ٥) تدور الأرض حول الشمس مرة في العام وينتج عنه الفصول الأربعة

ثانياً- اختلاف زاوية سقوط الأشعة الشمسية السنوية على سطح الأرض:

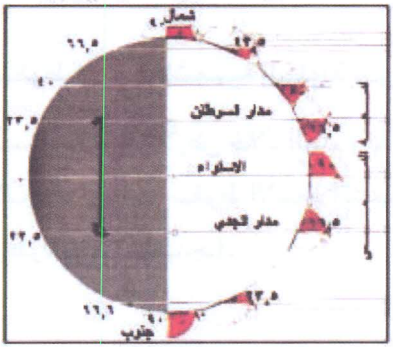
يتفاوت إرتفاع الشمس بالنسبة للأرض خلال العام وكذلك خلال اليوم، ويؤدي ذلك الى اختلاف مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض (شكل ٤-٦ وجدول ٤- ٢ أ،ب،جـ).



الصيف الجنوبي الشتاء الشمالي



الصيف الشمالي الشتاء الجنوبي



الربيع و الخريف

شكل (٤ - ٦) مقدار زاوية الاشعاع الشمسي عند دوائر العرض خلال فصول السنة

زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض
٤	٨٦	٣٣	٥٧	٦٢	٢٨	٩٠	٠	٠	٩٠	٢٨	٦٢	٥٧	٣٣
٣	٨٧	٣٢	٥٨	٦١	٢٩	٨٩	١	١	٨٩	٢٩	٦١	٥٨	٣٢
٢	٨٨	٣١	٥٩	٦٠	٣٠	٨٨	٢	٢	٨٨	٣٠	٦٠	٥٩	٣١
١	٨٩	٣٠	٦٠	٥٩	٣١	٨٧	٣	٣	٨٧	٣١	٥٩	٦٠	٣٠
٠	٩٠	٢٩	٦١	٥٨	٣٢	٨٦	٤	٤	٨٦	٣٢	٥٨	٦١	٢٩
		٢٨	٦٢	٥٧	٣٣	٨٥	٥	٥	٨٥	٣٣	٥٧	٦٢	٢٨
		٢٧	٦٣	٥٦	٣٤	٨٤	٦	٦	٨٤	٣٤	٥٦	٦٣	٢٧
		٢٦	٦٤	٥٥	٣٥	٨٣	٧	٧	٨٣	٣٥	٥٥	٦٤	٢٦
		٢٥	٦٥	٥٤	٣٦	٨٢	٨	٨	٨٢	٣٦	٥٤	٦٥	٢٥
		٢٤	٦٦	٥٣	٣٧	٨١	٩	٩	٨١	٣٧	٥٣	٦٦	٢٤
		٢٣	٦٧	٥٢	٣٨	٨٠	١٠	١٠	٨٠	٣٨	٥٢	٦٧	٢٣
		٢٢	٦٨	٥١	٣٩	٧٩	١١	١١	٧٩	٣٩	٥١	٦٨	٢٢
		٢١	٦٩	٥٠	٤٠	٧٨	١٢	١٢	٧٨	٤٠	٥٠	٦٩	٢١
		٢٠	٧٠	٤٩	٤١	٧٧	١٣	١٣	٧٧	٤١	٤٩	٧٠	٢٠
		١٩	٧١	٤٨	٤٢	٧٦	١٤	١٤	٧٦	٤٢	٤٨	٧١	١٩
		١٨	٧٢	٤٧	٤٣	٧٥	١٥	١٥	٧٥	٤٣	٤٧	٧٢	١٨
		١٧	٧٣	٤٦	٤٤	٧٤	١٦	١٦	٧٤	٤٤	٤٦	٧٣	١٧
		١٦	٧٤	٤٥	٤٥	٧٣	١٧	١٧	٧٣	٤٥	٤٥	٧٤	١٦
		١٥	٧٥	٤٤	٤٦	٧٢	١٨	١٨	٧٢	٤٦	٤٤	٧٥	١٥
		١٤	٧٦	٤٣	٤٧	٧١	١٩	١٩	٧١	٤٧	٤٣	٧٦	١٤
		١٣	٧٧	٤٢	٤٨	٧٠	٢٠	٢٠	٧٠	٤٨	٤٢	٧٧	١٣
		١٢	٧٨	٤١	٤٩	٦٩	٢١	٢١	٦٩	٤٩	٤١	٧٨	١٢
		١١	٧٩	٤٠	٥٠	٦٨	٢٢	٢٢	٦٨	٥٠	٤٠	٧٩	١١
		١٠	٨٠	٣٩	٥١	٦٧	٢٣	٢٣	٦٧	٥١	٣٩	٨٠	١٠
		٩	٨١	٣٨	٥٢	٦٦,٥	٢٣,٥	٢٣,٥	٦٦,٥	٥٢	٣٨	٨١	٩
		٨	٨٢	٣٧	٥٣	٦٦	٢٤	٢٤	٦٦	٥٣	٣٧	٨٢	٨
		٧	٨٣	٣٦	٥٤	٦٥	٢٥	٢٥	٦٥	٥٤	٣٦	٨٣	٧
		٦	٨٤	٣٥	٥٥	٦٤	٢٦	٢٦	٦٤	٥٥	٣٥	٨٤	٦
		٥	٨٥	٣٤	٥٦	٦٣	٢٧	٢٧	٦٣	٥٦	٣٤	٨٥	٥

جدول (٤ـ ٢ أ) مقدار زاوية سقوط أشعة الشمس خلال فترة الاعتدالين تعامد الشمس على الدائرة الأستوائية

دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة
٦٧	٠	٣٦	٣٠,٥	٦	٦٠,٥	٢٤	٨٩,٥	٥٥	٥٨,٥	٨٩	٢٧,٥
٦٦	٠,٥	٣٥	٣١,٥	٥	٦١,٥	٢٥	٨٨,٥	٥٦	٥٧,٥	٨٧	٢٦,٥
٦٥	١,٥	٣٤	٣٢,٥	٤	٦٢,٥	٢٦	٨٧,٥	٥٧	٥٦,٥	٨٨	٢٥,٥
٦٤	٢,٥	٣٣	٣٣,٥	٣	٦٣,٥	٢٧	٨٦,٥	٥٨	٥٥,٥	٨٩	٢٤,٥
٦٣	٣,٥	٣٢	٣٤,٥	٢	٦٤,٥	٢٨	٨٥,٥	٥٩	٥٤,٥	٩٠	٢٣,٥
٦٢	٤,٥	٣١	٣٥,٥	١	٦٥,٥	٢٩	٨٤,٥	٦٠	٥٣,٥		
٦١	٥,٥	٣٠	٣٦,٥	٠الاستواء	٦٦,٥	٣٠	٨٣,٥	٦١	٥٢,٥		
٦٠	٦,٥	٢٩	٣٧,٥	١ جنوب	٦٧,٥	٣١	٨٢,٥	٦٢	٥١,٥		
٥٩	٧,٥	٢٨	٣٨,٥	٢	٦٨,٥	٣٢	٨١,٥	٦٣	٥٠,٥		
٥٨	٨,٥	٢٧	٣٩,٥	٣	٦٩,٥	٣٣	٨٠,٥	٦٤	٤٩,٥		
٥٧	٩,٥	٢٦	٤٠,٥	٤	٧٠,٥	٣٤	٧٩,٥	٦٥	٤٨,٥		
٥٦	١٠,٥	٢٥	٤١,٥	٥	٧١,٥	٣٥	٧٨,٥	٦٦	٤٧,٥		
٥٥	١١,٥	٢٤	٤٢,٥	٦	٧٢,٥	٣٦	٧٧,٥	٦٧	٤٦,٥		
٥٤	١٢,٥	مدار السرطان ٢٣,٥	٤٣,٠	٧	٧٣,٥	٣٧	٧٦,٥	٦٨	٤٥,٥		
٥٣	١٣,٥	٢٣	٤٣,٥	٨	٧٤,٥	٣٨	٧٥,٥	٦٩	٤٤,٥		
٥٢	١٤,٥	٢٢	٤٤,٥	٩	٧٥,٥	٣٩	٧٤,٥	٧٠	٤٣,٥		
٥١	١٥,٥	٢١	٤٥,٥	١٠	٧٦,٥	٤٠	٧٣,٥	٧١	٤٢,٥		
٥٠	١٦,٥	٢٠	٤٦,٥	١١	٧٧,٥	٤١	٧٢,٥	٧٢	٤١,٥		
٤٩	١٧,٥	١٩	٤٧,٥	١٢	٧٨,٥	٤٢	٧١,٥	٧٣	٤٠,٥		
٤٨	١٨,٥	١٨	٤٨,٥	١٣	٧٩,٥	٤٣	٧٠,٥	٧٤	٣٩,٥		
٤٧	١٩,٥	١٧	٤٩,٥	١٤	٨٠,٥	٤٤	٦٩,٥	٧٥	٣٨,٥		
٤٦	٢٠,٥	١٦	٥٠,٥	١٥	٨١,٥	٤٥	٦٨,٥	٧٦	٣٧,٥		
٤٥	٢١,٥	١٥	٥١,٥	١٦	٨٢,٥	٤٦	٦٧,٥	٧٧	٣٦,٥		
٤٤	٢٢,٥	١٤	٥٢,٥	١٧	٨٣,٥	٤٧	٦٦,٥	٧٨	٣٥,٥		
٤٣	٢٣,٥	١٣	٥٣,٥	١٨	٨٤,٥	٤٨	٦٥,٥	٧٩	٣٤,٥		
٤٢	٢٤,٥	١٢	٥٤,٥	١٩	٨٥,٥	٤٩	٦٤,٥	٨٠	٣٣,٥		
٤١	٢٥,٥	١١	٥٥,٥	٢٠	٨٦,٥	٥٠	٦٣,٥	٨١	٣٢,٥		
٤٠	٢٦,٥	١٠	٥٦,٥	٢١	٨٧,٥	٥١	٦٢,٥	٨٢	٣١,٥		
٣٩	٢٧,٥	٩	٥٧,٥	٢٢	٨٨,٥	٥٢	٦١,٥	٨٣	٣٠,٥		
٣٨	٢٨,٥	٨	٥٨,٥	٢٣	٨٩,٥	٥٣	٦٠,٥	٨٤	٢٩,٥		
٣٧	٢٩,٥	٧	٥٩,٥	٢٣,٥جدي	٩٠	٥٤	٥٩,٥	٨٥	٢٨,٥		

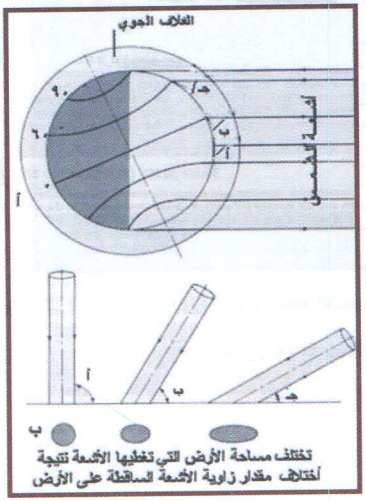
جدول (٤ـ ٢ ب) مقدار زاوية سقوط أشعة الشمس حسب دوائر العرض عندما تكون الشمس عمودية على مداد الجدي (٢٣,٥ جنوباً) الصيف الجنوبي الشتاء الشمالي

دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة	دائرة العرض	زاوية الأشعة
٠	٦٦,٥	٢٩	٣٧,٥	٥٨	٨,٥	٨٧	٠,٠				
١	٦٥,٥	٣٠	٣٦,٥	٥٩	٧,٥	٨٨	٠,٠				
٢	٦٤,٥	٣١	٣٥,٥	٦٠	٦,٥	٨٩	٠,٠				
٣	٦٣,٥	٣٢	٣٤,٥	٦١	٥,٥	٩٠	٠,٠				
٤	٦٢,٥	٣٣	٣٣,٥	٦٢	٤,٥						
٥	٦١,٥	٣٤	٣٢,٥	٦٣	٣,٥						
٦	٦٠,٥	٣٥	٣١,٥	٦٤	٢,٥						
٧	٥٩,٥	٣٦	٣٠,٥	٦٥	١,٥						
٨	٥٨,٥	٣٧	٢٩,٥	٦٦	٠,٥						
٩	٥٧,٥	٣٨	٢٨,٥	٦٧	٠,٠						
١٠	٥٦,٥	٣٩	٢٧,٥	٦٨	٠,٠						
١١	٥٥,٥	٤٠	٢٦,٥	٦٩	٠,٠						
١٢	٥٤,٥	٤١	٢٥,٥	٧٠	٠,٠						
١٣	٥٣,٥	٤٢	٢٤,٥	٧١	٠,٠						
١٤	٥٢,٥	٤٣	٢٣,٥	٧٢	٠,٠						
١٥	٥١,٥	٤٤	٢٢,٥	٧٣	٠,٠						
١٦	٥٠,٥	٤٥	٢١,٥	٧٤	٠,٠						
١٧	٤٧,٥	٤٦	٢٠,٥	٧٥	٠,٠						
١٨	٤٨,٥	٤٧	١٩,٥	٧٦	٠,٠						
١٩	٤٧,٥	٤٨	١٨,٥	٧٧	٠,٠						
٢٠	٤٦,٥	٤٩	١٧,٥	٧٨	٠,٠						
٢١	٤٥,٥	٥٠	١٦,٥	٧٩	٠,٠						
٢٢	٤٤,٥	٥١	١٥,٥	٨٠	٠,٠						
٢٣	٤٣,٥	٥٢	١٤,٥	٨١	٠,٠						
٢٤	٤٢,٥	٥٣	١٣,٥	٨٢	٠,٠						
٢٥	٤١,٥	٥٤	١٢,٥	٨٣	٠,٠						
٢٦	٤٠,٥	٥٥	١١,٥	٨٤	٠,٠						
٢٧	٣٩,٥	٥٦	١٠,٥	٨٥	٠,٠						
٢٨	٣٨,٥	٥٧	٩,٥	٨٦	٠,٠						

جدول (٤ـ ٢ جـ) مقدار زاوية سقوط أشعة الشمس حسب دوائر العرض عندما تكون الشمس عمودية على مداد السرطان (٢٣,٥ شمالاً) الصيف الشمالي الشتاء الجنوبي

وفي الانقلاب الصيفي الشمالي (الشتاء الجنوبي) تتعامد الشمس في ٢١ يوليو على دائرة العرض ٢٣,٥ شمالا (مدار السرطان) . وفي الانقلاب الشتوي الشمالي (الصيف الجنوب) تتعامد الشمس في ٢٢ ديسمبر على دائرة العرض ٢٣,٥ جنوبا ، و في الانقلابين الربيعي (٢١ مارس) والخريفي (٢٢ ديسمبر) تتعامد الشمس على دائرة العرض صفر (الدائرة الاستوائية). ويتفاوت إرتفاع الشمس خلال رحلتها اليومية حيث تأخذ الشمس بعد الشروق في الارتفاع التدريجي حتى منتصف النهار حيث تكون مباشرة فوق الرأس (زاوية ٩٠°)، وبعدها تأخذ في الانخفاض حتى الغروب . ويؤثر ارتفاع الشمس في كمية الطاقة الشمسية التي تصل للأرض من ناحتين :

١- عند ما تكون الشمس متعامدة على سطح الأرض (زاوية ٩٠°) فان الأشعة الشمسية تتركزعلى السطح الذي تسقط عليه بشكل مكثف، أما إذا انخفضت الزاوية فان الأشعة تنتشر على مساحة أكبر و يقل تركيزها (شكل ٤-٧) .



شكل (٤-٧) تعتمد كثافة الاشعة الشمسية علي مقدار زاوية الأشعة الساقطة على سطح الأرض

٢- تحدد زاوية سقوط الأشعة مقدار المسافة في الغلاف الجوي و كذلك كمية العوالق الجوية التي تعترضها قبل أن تصل لسطح الأرض (جدول ٤- ٣). فمثلا، عند ما تكون الشمس مباشرة على الرأس فانها تعبر كثافة واحدة من الغلاف، أما إذا كانت زاوية السقوط ٣٠° فان الأشعة تخترق الضعف من الغلاف الجوي. وعند ما تنخفض الزاوية الى ٥° فان الأشعة الشمسية

تخترق مسافة من الغلاف تبلغ ١١ ضعف ما تخترقه الأشعة الشمسية المتعامدة على السطح بمقدار زاوية ٩٠° . كما يصاحب ذلك انخفاض كثافة الأشعة الشمسية التي تسقط بزاوية ٥ الى ١ ٪ من جملة الإشعاع الشمسي الذي يسقط على السطح بزاوية مقدارها ٩٠° (جدول ٤- ٣)

جدول (٤-٣) المسافة التي يقطعها الإشعاع الشمسي خلال الغلاف الجوي

ارتفاع الشمس (درجة)	عدد الغلاف الجوي	كثافة الإشعاع الشمسي (%)
٩٠	١,٠	٨٧
٨٠	١,٠٢	٧٦
٧٠	١,٠٦	٧٢
٦٠	١,١٥	٦٥
٥٠	١,٣١	٥٥
٤٠	١,٥٦	٤٤
٣٠	٢,٠٠	٣١
٢٠	٢,٩٢	١٧
١٠	٥,٠٠	٥
٥	١١,٨٠	١
٠	٤٥,٠٠	٠

Lydolph,paul,1988,P.25.

و يمكن تحديد مقدار زاوية الأشعة الشمسية الساقطة على موقع من سطح الأرض خلال فصول السنة باتباع الخطوات التالية :

١- معرفة دائرة الموقع ،

٢- تحديد دائرة عرض تعامد الشمس ٢٣,٥ شمالا أو ٢٣,٥ جنوبا ،

٣- معرفة الفرق بين دائرة عرض الموقع و دائرة عرض تعامد الشمس حسب الفصل من السنة ،

٤- يطرح الفرق بين دائرتي العرض من ٩٠ و يكون الناتج هو مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية على الموقع .

مثال :

تقع مدينة الرياض على دائرة عرض ٢٤ ٤٢َ شمالا ، فما مقدار زاوية سقوط الأشعة عليها خلال فصول السنة ؟

الصيف :

الفرق بين دائرة عرض مدينة الرياض و دائرة عرض تعامد الشمس في ٢١ يوليو (الصيف الشمالي) = ٤٢ ٢٤ - ٣٠ ٢٣ = ١٢َ ١ْ

مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية على مدينة الرياض في الصيف = ٩٠ .. - ١٢ ١ = ٤٨َ ٨٨ْ

الشتاء :

الفرق بين دائرة عرض الرياض و دائرة عرض تعامد الشمس في ٢٢ ديسمبر (الشتاء الشمالي) = ٤٢ ٢٤ + ٣٠ ٢٣ = ١٢َ ٤٨ْ

مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية على مدينة الرياض في الشتاء = ٩٠ .. - ١٢ ٤٨ = ٤٨َ ٤١ْ

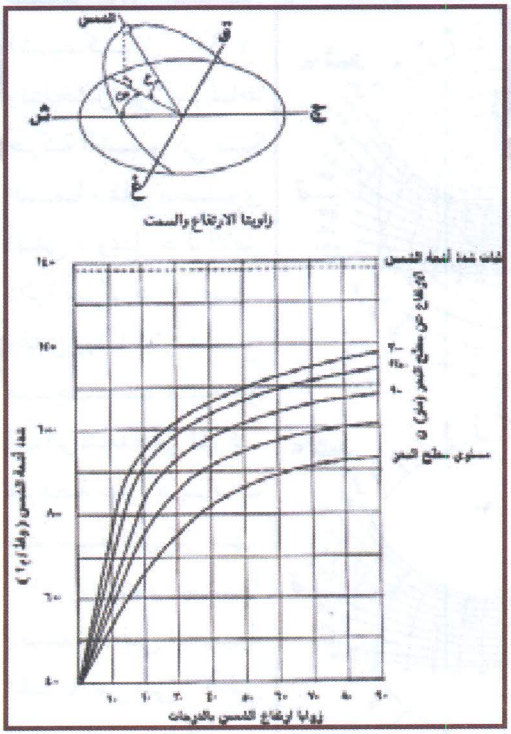
الربيع و الخريف :

الفرق بين دائرة عرض مدينة الرياض و دائرة عرض تعامد الشمس في الربيع (٢١ مارس) و الخريف (٢٢ سبتمبر) ٢٣,٥ - ٠ = ٢٣,٥°

مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية على مدينة الرياض في فصلي الربيع و الخريف = ٩٠,٠ - ٢٣,٥ = ٦٦,٥°

٣ - زاوية سقوط الشمس اليومية :

تتفاوت زاوية الشمس بالنسبة لموقع الراصد خلال ساعات النهار بسبب الحركة الظاهرية للشمس، وتتأثر كثافة الاشعة بزاوية بمقدار زاوية سقوطها و بالارتفاع عن سطح البحر (٤- ٨). وتقاس الحركة الظاهرية للشمس خلال النهار بزاويتين هما :



شكل ٤-٨ تأثير زاوية السقوط والارتفاع عن سطح البحر في شدة الإشعاع الشمسي الساقط علي سطح الأرض

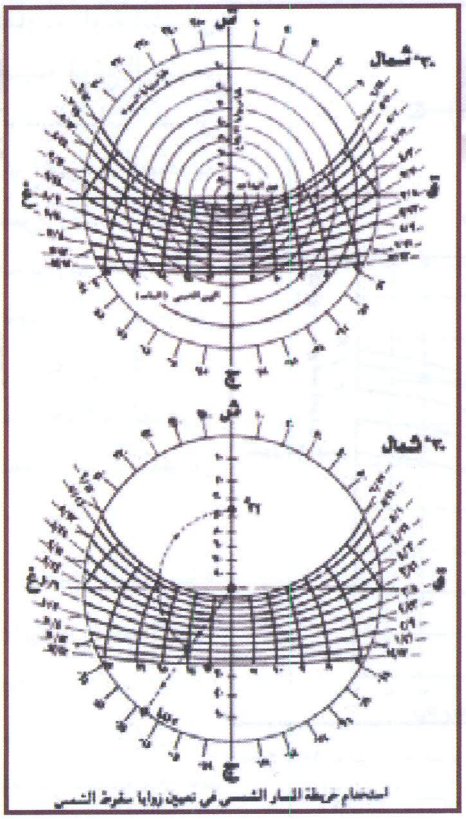
١- زاوية الارتفاع (Altitude Angle)

وهي مقياس البعد الزاوي للشمس عن الأفق، أي الزاوية الرأسية بين خط الأفق و الشمس و تقاس بالدراجات .

٢ - زاوية السمت (Azimuth Angle) وهي البعد الزاوي للشمس عن اتجاه الجنوب.

و قيمتها سالبة قبل الظهر وموجبة بعده، أي الزاوية الأفقية للشمس وتقاس بالدرجات من إتجاه الشمال الجغرافي و في إتجاه عقارب الساعة الى الشرق والجنوب فالغرب ثم الى الشمال مرة ثانية.

وتستعمل نماذج المسار الشمسي (Sun-path diagrams) في قياس زوايا الشمس (شكل ٤-٩). وتتلخص في إسقاط حركة الشمس في قبة السماء على مستوى أفقي . ويمثل خط الافق دائرة مركزها الراصد. وتمثل زوايا الارتفاع مجموعة من الدوائرالمتحدة في المركز، موقعة على مسافات متناسبة تمثل كل منها ١٠ درجات و تبدأ بصفر على المحيط الخارجي الى ٩٠° في المركز. أما زوايا السمت فيمثلها زوايا مركزية متساوية قيمة كل منها

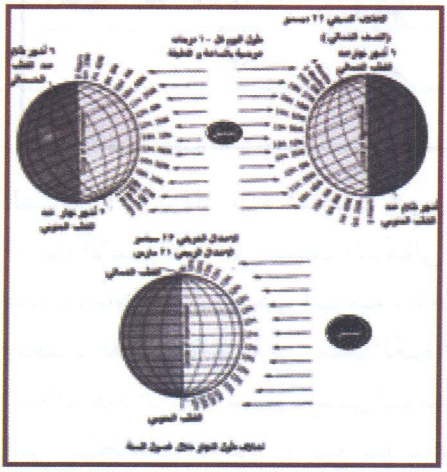


(شكل ٤-٩) استخدام خريطة المسار الشمسي في تعيين زوايا سقوط الشمس

١٠° ، و تبدأ من اتجاه الشمال في اتجاه عقارب الساعة، و يوقع التدريج الخاص بها على المحيط الخارجي باكمله ليستخدم الجزء الشرقي بالنسبة لساعات ما قبل الظهر و الغربي لساعات ما بعد الظهر . و تمثل المنحنيات العرضية الأسقاط الأفقي لمسار الشمس . أما ساعات النهار فتحددها منحنيات رأسية من وقت الشروق الى الغروب. ولتحديد زوايا الشمس يتم توقيع اليوم و الساعة في نقطة على نموذج المسار الشمسي ، و توصل النقطة بالمركز و يمد المستقيم حتى المحيط الخارجي ليعطي زاوية السمت، وعند دوران النقطة حول المركز في اتجاه عقارب الساعة يمكن قراءة زاوية الارتفاع على التدريج الرأسي .

ثالثاً: اختلاف عدد ساعات شروق الشمس اليومية :

تدور الأرض حول محورها من الغرب نحو الشرق دورة كاملة خلال ٢٤ ساعة، وتتعرض المناطق الشرقية من الأرض للإشعاع الشمسي قبل الأجزاء الغربية، وينتج عن ذلك عدم تعرض سطح الأرض للإشعاع الشمسي مرة واحدة ولذلك تحدث ظاهرة الليل و النهار (شكل٤-١٠ وجدول ٤ -٤ ، ٤-٥). ويتفاوت طول الليل و النهار خلال السنة، ويختلف عدد ساعات شروق الشمس اليومية على سطح الأرض خلال فصول السنة حسب دوائر العرض ، ففي النصف الشمالي من الكرة الأرضية عند ما تتعامد الشمس خلال الصيف الشمالي على دائرة العرض ٢٣,٥ شمالا (مدار



شكل (٤-١٠) اختلاف النهار والليل خلال فصول السنة

جدول (٤ - ٤) طول اليوم خلال فصول السنة حسب دوائر العرض

دائرة العرض	الاعتدال الربيعي	الانقلاب الصيفي	الاعتدال الخريفي	الانقلاب الشتوي
	د س	د س	د س	د س
٠	١٢ ٠	١٢ ٠	١٢ ٠	١٢ ٠
١٠	١٢ ٠	١٢ ٣٥	١٢ ٠	١١ ٢٥
٢٠	١٢ ٠	١٣ ١٢	١٢ ٠	١٠ ٤٨
٣٠	١٢ ٠	١٣ ٥٦	١٢ ٠	١٠ ٠٤
٤٠	١٢ ٠	١٤ ٥٢	١٢ ٠	٩ ٠٨
٥٠	١٢ ٠	١٦ ١٨	١٢ ٠	٧ ٤٢
٦٠	١٢ ٠	١٨ ٢٧	١٢ ٠	٥ ٣٣
٧٠	١٢ ٠	٢ شهر	١٢ ٠	٠ ٠
٨٠	١٢ ٠	٤ أشهر	١٢ ٠	٠ ٠
٩٠	١٢ ٠	٦ أشهر	١٢ ٠	٠ ٠

Miller ,et al ,1983, p.65.

السرطان)، و يزداد عدد ساعات شروق الشمس بالاتجاه شمالا، من الدائرة الاستوائية نحو القطب الشمالي . وفي فصل الشتاء، ينخفض عدد ساعات شروق الشمس اليومية بالاتجاه شمالا من الدائرة الاستوائية. ويحدث العكس بالنسبة في نصف الكرة الأرضية الجنوبي . و يترتب على اختلاف عدد ساعات شروق الشمس اليومية إختلاف كمية الإشعاع الشمسي التي تسقط على الأرض . و يبلغ عدد ساعات شروق الشمس اليومية خلال فصل الصيف عند الدائرة الاستوائية (١٢ ساعة)، و عند دائرة العرض

جدول (٤- ٥) عدد ساعات شروق الشمس اليومية حسب دوائر العرض في منتصف كل شهر.

الشهر	دائرة العرض ٠	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
يناير	١٢٠٠ دس	١١٣٥ دس	١١٠٢ دس	١٠٢٤ دس	٠٩٣٧ دس	٠٨٣٠ دس	٠٦٣٨ دس	٠٠ دس	٠٠ دس	٠٠ دس
فبراير	١٢٠٠	١١٤٩	١١٢١	١١١٠	١٠٤٢	١٠٠٧	٠٩١١	٠٧٢٠	٠٠	٠٠
مارس	١٢٠٠	١٢٠٤	١٢٠٠	١١٥٧	١١٥٣	١١٤٨	١١٤١	١١٢٨	١٠٥٢	٠٠
ابريل	١٢٠٠	١٢٢١	١٢٣٦	١٢٥٣	١٣١٤	١٣٤٤	١٤٣١	١٦٠٦	٢٤٠٠	٢٤٠٠
مايو	١٢٠٠	١٢٣٤	١٣٠٤	١٣٣٨	١٤٢٢	١٥٢٢	١٧٠٤	٢٢١٣	٢٤٠٠	٢٤٠٠
يونيو	١٢٠٠	١٢٤٢	١٣٢٠	١٤٠٤	١٥٠٠	١٦٢١	١٨٤٩	٢٤٠٠	٢٤٠٠	٢٤٠٠
يوليو	١٢٠٠	١٢٤٠	١٣١٦	١٣٥٦	١٤٤٩	١٥٣٨	١٧٣١	٢٤٠٠	٢٤٠٠	٢٤٠٠
اغسطس	١٢٠٠	١٢٢٨	١٢٥٠	١٣١٦	١٣٤٨	١٤٣٣	١٥٤٦	١٨٢٦	٢٤٠٠	٢٤٠٠
سبتمبر	١٢٠٠	١٢١٢	١٢١٧	١٢٢٣	١٢٣١	١٢٤٢	١٣٠٠	١٣٣٤	١٥١٦	٢٤٠٠
اكتوبر	١٢٠٠	١١٥٥	١١٤٢	١١٢٨	١١١٠	١٠٤٧	١٠١١	٠٩٠٣	٠٥١٠	٠٠٠٠
نوفمبر	١٢٠٠	١١٤٠	١١١٢	١٠٤٠	١٠٠١	٠٩٠٦	٠٧٣٧	٠٣٠٦	٠٠٠٠	٠٠٠٠
ديسمبر	١٢٠٠	١١٣٢	١١٥٦	١٠١٤	٠٩٢٠	٠٨٠٥	٠٥٥٦	٠٠٠٠	٠٠٠٠	٠٠٠٠

Lydolph ,1985, P. 28.

٤٠ (١٤ ساعة و ٥٢ دقيقة)، و تشرق الشمس لمدة ٦ أشهر عند دائرة العرض ٩٠، و تظهر ظاهرة شمس نصف الليل حيث تشاهد الشمس في

لليل (صورة ٤ -٢). و يتساوى الليل و النهار خلال فصلي الربيع و الخريف عند ما تتعامد الشمس على الدائرة الاستوائية . و خلال فصل الشتاء الشمالي، تتعامد الشمس على دائرة العرض ٢٣,٥ جنوبا (مدار الجدي) ، و ينخفض عدد ساعات شروق الشمس بالابتعاد شمالا من الدائرة الاستوائية . و يبلغ عدد ساعات شروق الشمس عند الدائرة الاستوائية (١٢) ساعة ، و عند دائرة العرض ٤٠ (٩) ساعات و (٨) دقائق ، و يسود الظلام الدائرة القطبية لمدة ٦ أشهر . و يتبين من الشكل (٤ - ١٠) أن كمية الأشعة الساقطة تختلف باختلاف الوقت من العام و دائرة العرض ، وأن المنطقة القطبية تحظى خلال الصيف بكمية كبيرة من الإشعاع الشمسي لا تختلف كثيرا عن الأشعة الشمسية الساقطة على الدائرة الاستوائية بسبب استمرار شروق الشمس المستمرعليها خلال هذا الفصل .

صورة (٤-٢) لقطات متعددة لشمس نصف الليل في شمال سيبيريا خلال فصل الربيع

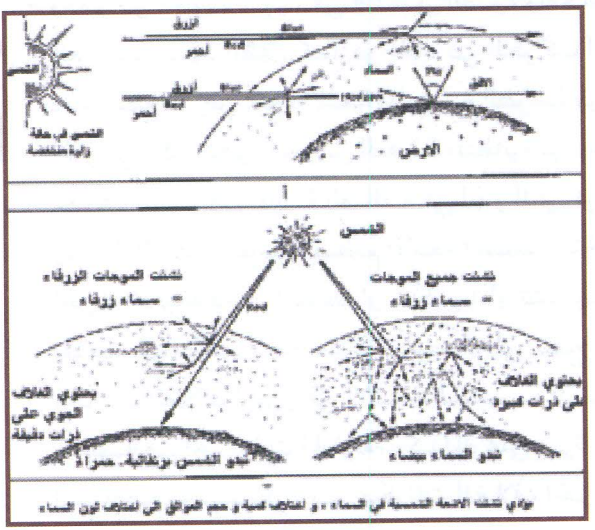
رابعاً: مكونات الغلاف الجوي :

يتألف الغلاف الجوي من مجموعة من الغازات كالاكسجين و النتروجين و ثاني أكسيد الكربون ، و العوالق الجوية (Atmosphere Particles) كبخار الماء والسحب و الأملاح و الأدخنة وغيرها من العوالق و الجسيمات

والذرات الدقيقة جداً المتطايرة في الجو. وتتفاوت كمياتها في الغلاف الجوي وكذلك توزيعها المكاني والزماني، فمثلا تنتشرالأملاح الأبخرة المائية في سماء المسطحات المائية والغابية، أما الأتربة فتنتشر في سماء المناطق الجافة والصحراوية، ويسود الدخان في أجواء المناطق الصناعية، ومناطق محارق النفايات. وتلعب مكونات الغلاف الجوي المختلفة دوراً كبيراً في حجب وخفض نسبة الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الأرض ، كما أنها تحمي الأرض من الأشعة الشمسية الضارة للكائنات الحية المختلفة بامتصاصها للأشعة فوق البنفسجية عالية التردد التي يقل طولها عن ٠,٣ ميكرون. وتخفض جميع الأشعة البنفسجية و فوق البنفسجية التي يقل طولها عن ٠,٤ ميكرون من مجموع الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الغلاف الجوي الى ٣٪ عند مستوى سطح البحر، ١ ويقوم غاز الأوزون المتواجد في طبقة الستراتوسفير بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية الضارة والمؤدية الى انتشار سرطان الجسم. وتعتبر الغازات والجزئيات والعوالق الجوية سبباً في إنتشار الضوء وإمكانية الرؤية، ففي حالة إنعدامها يسود الظلام كما هو الحال في الكواكب الأخرى، كما تؤدي الى دفء سطح الأرض بمنع الأشعة الأرضية الطويلة من الهروب الى الفضاء الخارجي. كما تكون العوالق الدقيقة المتطايرة في الجو سبباً، باذن الله، في تكاثف الجزئيات المائية العالقة في الجو التي تؤدي الى تكون السحب وسقوط الأمطار. عندما تصطدم الأشعة الشمسية بالجزئيات الغازية والذرات الجوية الدقيقة فانها تمتصها أو تعكسها أو تشتتها في الغلاف الجوي، أو تسمح لها بالعبور من خلالها للوصول الى سطح الأرض. ويعتمد تأثير مكونات الغلاف الجوي في الأشعة الشمسية الساقطة عليها على حجم وخصائص الجزئيات الجوية، وكذلك على طول الموجات الإشعاعية الساقطة. ويتمثل تأثير مكونات الغلاف الجوي في وصول الأشعة الشمسية على النحو التالي:

أ - تشتت و انتشار الأشعة الشمسية Scattering Diffusion

حينما تصطدم الأشعة الشمسية بمكونات الغلاف الجوي الدقيقة فانها تمتصها أوتعكسها أو تشتتها في البيئة المحيطة بها . و ليس كل الأشعة التي تصطدم بالجزئيات الجوية تتشتت بل يعتمد ذلك على الخصائص الطبيعية للجزئيات و للذرات الجوية ، و طول الموجات الإشعاعية . فالجزئيات الجوية التي أطوالها أكبر من الموجة الضوئية (٥ , ٠ ميكرون) لا تشتت بل تمتص و تعكس الأشعة ، أما الجزئيات الجوية الأصغر من طول الموجة (٥ , ٠ ميكرون) تتسبب في تشتت الأشعة ، و تتناسب تناسبا عكسياً مع الأس الرابع لطول الموجة. وهذا يعني أن الموجات القصيرة تتشتت أكثر من الموجات الطويلة، و لذا فان الموجات القصيرة الزرقاء البنفسجية تنتشر في السماء في الأيام الصافية أكثر من الموجات الإشعاعية الصفراء والحمراء فتبدو السماء زرقاء. وعند ما تنتشرالجزئيات الأكبر كالابخرة المائية و الضباب في السماء فان زرقة السماء تقل وتميل نحو البياض. ويعبر عن العلاقة بين انتشار الأشعة و الجزئيات الجوية بقانون ريلاي (تشتت ريلاي Rayleiy Scatter) نسبة للورد ريلاي (Lord Rayleiy 1842-1919)،



شكل (٤-١١) اختلاف ارتفاع الشمس وكمية وحجم العوائق في الغلاف الجوي يؤدي إلي اختلاف لون السماء

و يختلف لون السماء من يوم لأخر، و كذلك خلال اليوم الواحد نتيجة اختلاف الذرات و الجسيمات الجوية و ما يترتب عليها من انتشار نوعية معينة من الأشعة الشمسية (شكل ٤ - ١١)، فمثلا، عند شروق وغروب الشمس يميل لون السماء نحوالاحمرار أو الاصفرار ويرجع ذلك الى أن الأشعة الشمسية تعبر مسافة طويلة من الغلاف الجوي مما يؤدي الى تشتت الموجات الزرقاء قبل أن تصل نطاق الرؤية البصرية، وتبقى حزمة من الضوء تتألف من اللون الأصفر و الأحمر و تبدو السماء تميل نحو الاحمرار أو الاصفرار. وتبدو السماء بيضاء عندما تنتشر في الغلاف الجوي العوالق والجزئيات الجوية كالغبار وقطرات الماء و الضباب مما يؤدي الى تشتت الموجات القصيرة و الطويلة معا. و يمكن القول أن لون السماء يدل على نظافة الجو، فزرقة السماء تدل على انخفاض نسبة العوالق في جو المنطقة (شكل ٤-١١).

ب - انعكاس و ارتداد الاشعة : Albedo

تواجه الأشعة الشمسية في رحلتها الى سطح الأرض عقبات جوية تحد من عبورها كالغازات و الجزئيات الدقيقة المتطايرة في الجو والسحب

المنتشرة في الغلاف الجوي، كما يعكس سطح الأرض جزء من الأشعة الشمسية الساقطة عليه. و تعمل هذه المكونات الجوية على عكس و إرجاع الأشعة الساقطة عليها الى الطبقات العليا من الغلاف الجوي ، ومن ثم الى الغلاف الخارجي. وتعرف عملية الانعكاس والارتداد الاشعاعي بالالبيدو Albedo، وهو نسبة الأشعة المنعكسة من سطح الجسم الى مجموع الأشعة الساقطة عليه. وتتفاوت نسبة الأشعة المنعكسة من جسم لآخر. وتعتمد هذه النسبة على عدد من العوامل و المؤثرات المتعلقة بالأشعة الشمسية، والخصائص الطبيعية لأسطح الأجسام الساقطة عليها الأشعة (جدول ٤- ٦)، ومنها :

- طبيعة طول الموجات الإشعاعية .
- اختلاف زاوية سقوط الأشعة الشمسية.
- اختلاف طبيعة أسطح الأجسام و المواد المعرضة للإشعاع الشمسي.كما تختلف قدرة الأسطح على عكس الأشعة من وقت لآخر من النهار . ويعتمد ذلك على عدة أمور منها :
- طبيعة مكونات الجسم .
- لون سطح الجسم.
- مقدار زاوية الأشعة الساقطة.
- خشونة أو نعومة السطح .
- التغير الزمني لسطح الجسم.
- الحالة الجوية السائدة .

وعلى العموم الأسطح البيضاء تعكس أكبر قدر من الأشعة الساقطة عليها ، و كلما زادت نصاعة بياضها زادت نسبة الأشعة المنعكسة ، والعكس بالنسبة للأسطح السوداء التي تمتص قدرا كبيرا من الأشعة

مراعي خضراء	١٠ ـ ٢٠
غابات نفضية	١٠ ـ ٢٠
غابات مطرية	٥ ـ ١٥
تندرا	١٥ ـ ٢٠
محاصيل زراعية	١٥ ـ ٢٥
ثلج	٢٥
قطن ، خشاش ، بطاطس	٢٠
قصب السكر	١٥

د ـ السحب :

سحب ركامية الشكل	٧٠ ـ ٩٠
سحب طبقية (سمكها ٥٠٠ ـ ١٠٠٠ قدم)	٧٩ ـ ٨٤
سحب طبقية متوسطة الارتفاع	٣٩ ـ ٥٩
سحب طبقية عالية الارتفاع	١١ ـ ٥٠

هـ ـ الأرض بشكل عام ٣١ ـ ٤٢

و ـ لون جسم الإنسان :

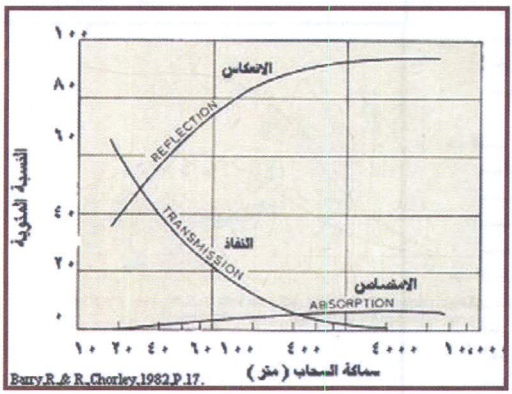
أشقر	٤٣ ـ ٤٥
أسمر	٣٥
أسود	١٦ ـ ٢٩

Sellers, W., 1965, p. 21.

الساقطة عليها . وتنخفض نسبة الانعكاس كلما زادت درجة سوادها . و تعكس الأسطح الناعمة كمية أكبر من الأشعة التي تعكسها الأسطح الخشنة، كما أن مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسية يؤثر في عملية الانعكاس فكلما صغرت الزاوية زاد الانعكاس . و فيما يلي بعض خصائص الأسطح و الأجسام ، ومقدرتها على عكس الأشعة الشمسية الساقطة عليها.

١- السحب : Clouds

تتفاوت السحب في مقدرتها على عكس الأشعة الشمسية الساقطة عليها نظرا لإختلاف نوعيتها و كثافتها ، و خصائصها الفيزيائية وسماكتها . فالسحب الكثيفة تعكس كمية كبيرة من الإشعاع تفوق الأشعة المنعكسة من السحب منخفضة الكثافة (جدول ٤- ٦ و شكل ٤- ١٢) . و تعكس السحب الركامية ما بين ٧٠ - ٩٠ ٪ من الأشعة الساقطة عليها ، وتعكس السحب الطبقية متوسطة الارتفاع ما بين ٤٠ - ٦٠ ٪ ، و السحب الطبقية عالية الارتفاع ما بين ٤٤ - ٥٠ ٪ من جملة الأشعة الساقطة عليها .



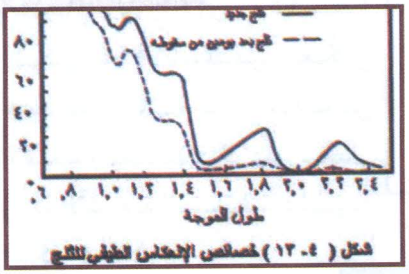
شكل (٤-١٢) نسبة تأثير سماكة السحب على نفاذ وأنعكاس وأمتصاص الأشعة الشمسية

ويعتمد مقدرة السحب على عكس الأشعة على سماكتها، فتزداد نسبة انعكاس الأشعة بزيادة سماكتها ، فمثلا ، السحب ذات السماكة ١٠٠ متر تعكس ٤٠ ٪ من الأشعة الساقطة عليها ، بينما تعكس

السحب التي يبلغ سماكتها ٥٠٠ متر نحو ٧٠ ٪ . وتؤثر القطرات المائية والبلورات الثلجية المكونة للسحابة في كمية الأشعة المنعكسة ، فكلما زاد عدد البلورات الثلجية في السحابة يرافقه زيادة في إنعكاس الأشعة. وعلى العموم، يقدر معدل ما ينعكس من الإشعاع الشمسي بواسطة السحب بنحو ٦٠ ٪ من جملة الإشعاع الساقط عليها .

٢ - الثلج و الجليد : Snow & Ice

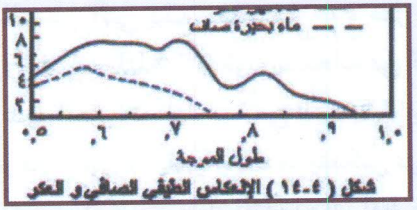
تعتبر المسطحات الثلجية و الجليدية أكثر الأجسام مقدرة على عكس الأشعة الشمسية الساقطة عليها ، و تعتمد نسبة الأشعة المنعكسة من الأسطح الثلجية و الجليدية على كثافتها و نظافتها . و مقدرة زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الثلج أو الجليد . و تتراوح نسبة الانعكاس للمسطحات الثلجية الجديدة بين ٧٥ - ٩٥ ٪ من الأشعة الساقطة عليها ، و الثلج القديم ما بين ٤٠ - ٧٠ ٪ ، أما الجليد فيتراوح نسبة الانعكاس ما بين ٣٠ - ٤٠٪ (شكل ٤-١٣). و نظرا لكثافة الأشعة الشمسية المنعكسة في المناطق الثلجية فانه يصعب على الإنسان تركيز النظر بسبب إنعكاس الأشعة، ولذا تستخدم في المناطق الثلجية النظارات الملونة للتخفيف من تأثير الأشعة المنعكسة على العيون .



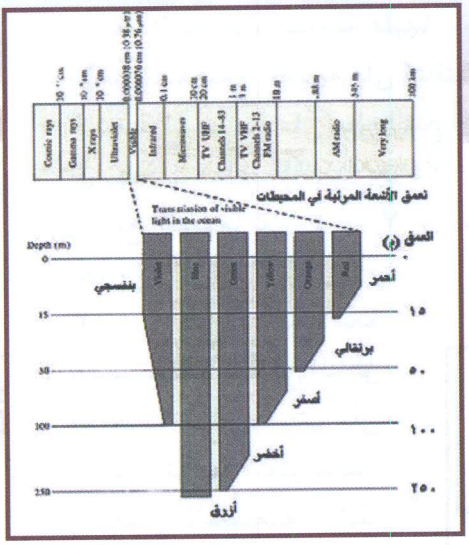
شكل (٤-١٣) خصائص الإنعكاس الطيفي للثلج

٣ - المسطحات المائية Water Surfaces تتفاوت المسطحات المائية في مقدرتها على عكس الأشعة الشمسية الساقطة عليها باختلاف طول الموجة ، و مقدار زاوية الأشعة الساقطة عليها ، و نقاوة و صفاء المياه

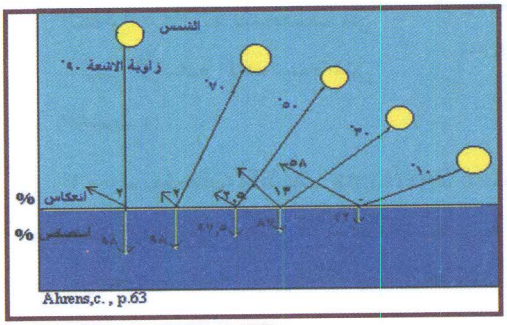
(شكل ٤- ١٤). وبصفة عامة كلما إزداد طول الموجة إرتفعت نسبة إمتصاص الأشعة و إنخفاض نسبة الإنعكاس . و يختلف هذا باختلاف زاوية الأشعة الساقطة . و يتفاوت تعمق الموجات القصيرة من الجزء الإشعاعي المرئي (Visible Light) في قاع المياه ونتيجة لذلك يلاحظ أن الأشعة الحمراء يتراوح تعمقها في المياه ما بين ١٥ - ٢٠ مترا، والبرتقالية نحو ٥٠ مترا، والصفراء ما بين ٧٠ - ١٠٠ مترا . و يتعمق اللون الأخضر الى ٢٥٠ مترا، ويتجاوز اللون الأزرق ٢٥٠ مترا (شكل ٤-١٥).وتمتص وتعكس المسطحات المائية نسبة عالية من الأشعة و يعتمد ذلك على مقدار زاوية الأشعة الساقطة عليها (شكل ٤-١٦).



شكل (٤-١٤) خصائص الإنعكاس الطيفي والعكر



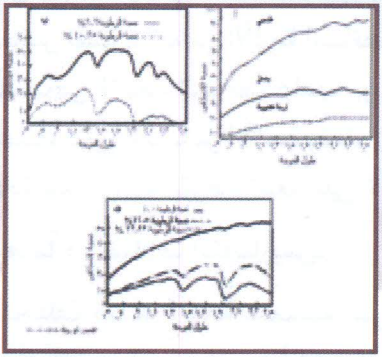
شكل (٤-١٥) اختلاف تعمق الأشعة المرئية في مياه المحيطات



شكل (٤-١٦) كمية الأشعة الشمسية التي تعكسها وتمتصها المسطحات المائية

٤- نوعية التربة : Soil Types

تختلف مقدرة التربة على عكس الأشعة الشمسية الواردة إليها على خصائصهاالطبيعية، و مكوناتها الصخرية ، والرملية ، و الطمية، و رطوبتها، ولونها (شكل ٤- ١٧ أ،ب،ج). و تختلف نسبة الأشعة المنعكسة من التربة خلال السنة و اليوم نتيجة إختلاف مقدار زاوية الأشعة الساقطة عليها . ١ و تتراوح مقدرة التربة على عكس الأشعة ما بين ٥ - ٤٥ ٪ (جدول ٤- ٦) . و تعكس التربة البيضاء كمية إشعاعية تفوق الأشعة المنعكسة من التربة الداكنة أو السوداء. وعلى العموم، تزداد نسبة انعكاس الأشعة من التربة بزيادة بياض لونها والعكس، وكذلك تزداد بانخفاض رطوبتها.



شكل (٤-١٧-آ،ب ، ج) اختلاف الانعكاس الطيفي للتربية بسبب تباين خصائصها الطبيعية والمائية

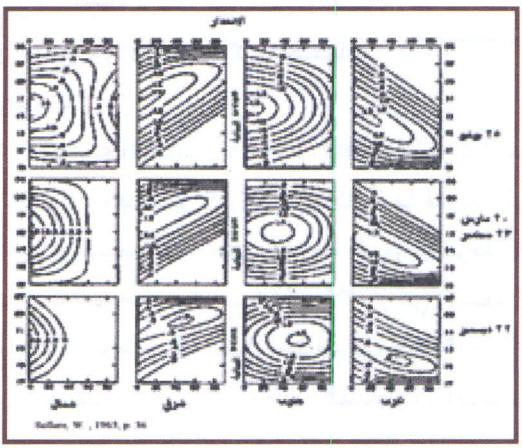
٥ - نوعية النبات : Plants Types تفاوت الأشعة المنعكسة من الغطاء النباتي و المحاصيل الزراعية. ولكل منها قدرته على عكس الأشعة الساقطة عليه.ويعتمد ذلك على كثافة ولون، والمرحلة العمرية للنبات.وتعكس نباتات الصحراء ما بين ٢٥ - ٣٥ ٪ من الأشعة الساقطة عليها، وتعكس غابات السافانا في فصل الجفاف ما بين ٢٥ - ٣٠ ٪، وما بين ١٥-٢٠ ٪ في الفصل الرطب. وتعكس الغابات النفضية ما بين١٠ - ٢٠ ٪، والصنوبرية ما بين ٥ - ١٥ ٪. وتعكس المراعي الخضراء ما بين ١٠ - ٢٠ ٪. وتعكس المحاصيل الزراعية ما بين ١٥-٢٥٪ من الأشعة الساقطة عليها (جدول ٤- ٦).

جـ - امتصاص الاجسام للاشعة : Absorbs

وهي مقدرة الأجسام المختلفة على إمتصاص الأشعة الشمسية الساقطة عليها ، وهي عكس عملية الإنعكاس أو الإرتداد الإشعاعي . وتتأثر عملية الامتصاص بشكل كبيربدرجة لون أسطح الأجسام والمواد فالأسطح السوداء تمتص نسبة عالية من الأشعة الشمسية الساقطة عليها ، أما الأسطح البيضاء فتعكس نسبة عالية من الأشعة الساقطة عليها . وتزيد مقدرة الأجسام على إمتصاص الأشعة الساقطة عليها بزيادة غمق لونها. كما تتأثر مقدرة الأجسام على إمتصاص الأشعة بمقدار زاوية الأشعة الساقطة عليها فتزيد بزيادة مقدار زاوية سقوط الأشعة على الأجسام والعكس.

خامساً : أختلاف التضاريس:

تختلف كمية الأشعةالشمسية التي تسقط على المناطق المتضرسة عن المناطق المنبسطة. وتتلقى الأراضي المنبسطة كمية أوفر من الأشعة الشمسية من التي تسقط على المناطق متباينة التضاريس ومختلفة الاتجاهات، ويؤدي أختلاف أتجاه المرتفعات الى تعرض واجهات معينة خلال اليوم لأشعة الشمس بينما يسود الظل الواجهات الأخرى. وعلى سبيل المثال تحظى الواجهات الشرقية من المرتفعات في الصباح بالاشعاع الشمسي بينما

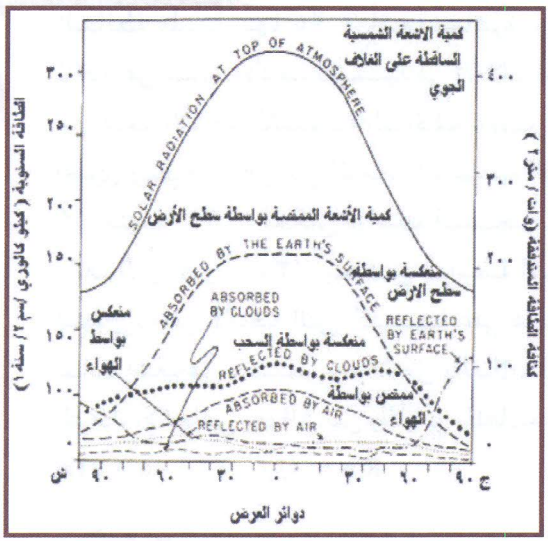


شكل (٤-١٨) معدل الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على منطقة توسان، أريزونا (٣٢شمالاً) متأثر بميل السطح والاتجاه، والوقت من اليوم والسنة) لنجلي م دقيقة.

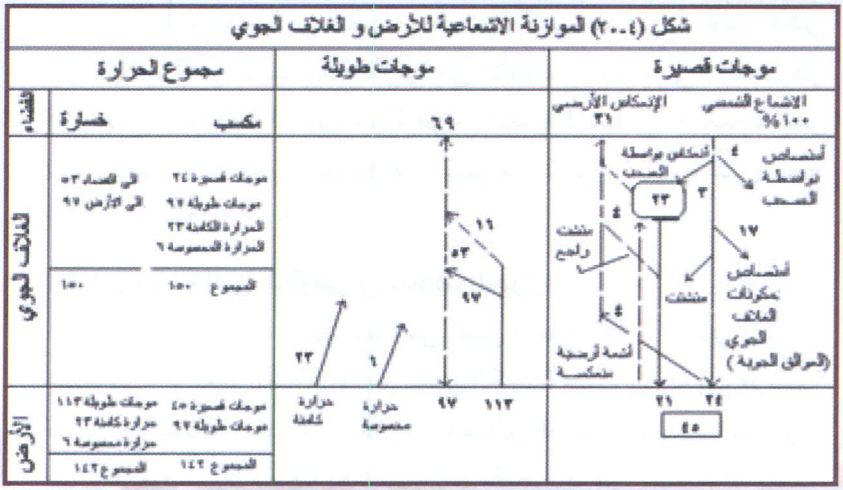
تكون الواجات الغربية في الظل، ويحدث العكس بعد الزوال حيث تحظى الواجهات الغربية بكمية غزيرة من الاشعاع الشمسي. وتتعرض الواجهات الشمالية لكمية قليلة من الإشعاع الشمسي. ويحدث نفس الأمر بالنسبة للعقبات الطبيعية والبشرية والمباني المنتشرة على سطح الأرض (شكل ٤ - ١٨).

التوازن الإشعاعي للأرض و الغلاف الجوي:

إن كمية الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الغلاف الجوي (الثابت الشمسي) لا تصل لسطح الأرض بنفس الكمية حيث تواجه في طريقها كثيرا من العقبات الجوية كالغازات والعوالق الدقيقة والسحب التي تؤثر فيها فتعكس جزء منها وتشتت جزء، وتمتص جزء ولا تسمح إلا بعبور نسبة قليلة منها لتصل لسطح الأرض. كما أن سطح الأرض لا يستفيد من كامل الأشعة الشمسية الواصلة إليه بل يعكس جزء و يشتت جزء ويمتص الجزء الباقي. وتعمل الأرض على بث ما تمتصه من طاقة للغلاف الجوي على هيئة موجات إشعاعية أرضية طويلة. كما أن الغلاف الجوي يشتت وينشر الأشعة الشمسية فيزود الأرض بالطاقة شكل (٤- ١٩). وهذا ما يجعل نظام الأرض والغلاف الجوي في حالة توازن إشعاعي طوال العام. وإذا قدرت الطاقة الشمسية الواصلة لسطح الغلاف الجوي بـ ١٠٠ وحدة (شكل ٤- ٢٠) فان٣٪ منها يمتص بواسطة طبقة الأوزون



شكل ٤-١٩ المعدل السنوي لكمية الإشعاع الشمسي حسب دوائر العرض



شكل (٤-٢٠) الموازنة الإشعاعية للأرض والغلاف الجوي

(خاصة الأشعة فوق البنفسجية التي يتراوح طولها ما بين ١,٠ - ٣,٠ ميكرون). ويمتص الغلاف الجوي نحو ٢٧ ٪ منها، موزعة على النحو التالي، ٣ ٪ تُمتص بواسطة السحب، و١٨ ٪ بواسطة الغازات والعوالق الجوية . وتمتص الأرض ما مجموعه ٤٥ ٪ من الأشعة الشمسية الساقطة عليها منها ٢٥ ٪ أشعة مباشرة، و٢٠ ٪ أشعة غير مباشرة، ناتجة عن تشتت الأشعة الشمسية في الغلاف الجوي. وتعكس الأرض٣ ٪ من جملة الأشعة الشمسية الساقطة عليها. ويبلغ ما يعكسه الغلاف الجوي وسطح الأرض من الموجات الشمسية القصيرة للفضاء الخارجي٣١ ٪، منها ٢١ ٪ يُعكس بواسطة السحب، و٧ ٪ بواسطة الغازات والعوالق الجوية، و٣٪ ينعكس بواسطة الأرض. ويبث الغلاف الجوي لسطح الأرض الأشعة التي اكتسبها على هيئة موجات طويلة، ويحدث تبادل إشعاعي مستمر بين الأرض والغلاف الجوي. ويمكن وصف عملية التبادل الإشعاعي بين الشمس والأرض بالمعادلة التالية:

$$R n = (Q + q) (1 - q) + Ln$$

حيث أن =

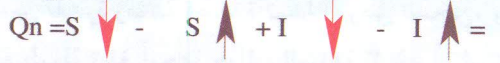
Rn = صافي الأشعة

(Q + q) = الإشعاع الشمسي

q = الانعكاس

Ln = صافي الأشعة الطويلة

ويمكن أن تكتب المعادلة على النحو التالي :



حيث أن:

Qn = صافي الأشعة

S = الموجات القصيرة الساقطة

S = الموجات القصيرة الهاربة (المنعكسة)

I = الموجات الطويلة الساقطة

I = الموجات الطويلة الهاربة

ويمكن كتابة المعادلة على النحو التالي:

Rn = L E + H +G

حيث أن :

LE = الحرارة الكامنة المنقولة

H = الحرارة المحسوسة المنقولة

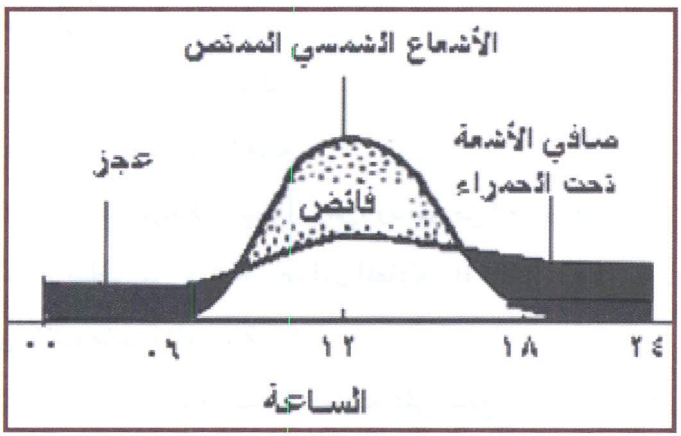
G = الحرارة المخزنة في سطح الأرض، وتكون في المعدل العام

صفر . فتلغى من المعادلة ، فتكون المعادلة . Rn = L E + H

الدورة الإشعاعية اليومية:

تتفاوت كمية الأشعةالشمسية اليومية على سطح الأرض من مكان لأخر، كما تتفاوت كميتها خلال اليوم للمكان الواحد. و تنعدم خلال الليل وتتوفر

خلال النهار، من شروق الشمس حتى غروبها. وتأخذ الأشعة الشمسية في الزيادة، و تبلغ أوجها في منتصف النهار (الساعة ١٢ ظهراً) حيث تتعامد الشمس على الرأس. و تبدأ تقل تدريجيا حتى تنتهي مع غروب الشمس (شكل ٤- ٢١). وتتأثر كمية الأشعة الشمسية اليومية بحالة الجو السائدة (صحو، غائم، مغبر)، وكثافة السحب، وكمية العوالق الجوية. وبعد شروق الشمس بفترة زمنية قصيرة تبدأ الأرض تسخن، ومن ثم تبدأ تبث أشعة أرضية طويلة تبلغ أوجها حوالي الساعة ٣ ظهراً، ثم تبدأ تنخفض تدريجياً بانخفاض درجة حرارة سطح الأرض. وتتميز الميزانية الإشعاعية اليومية بفائض إشعاعي خلال النهارحيث تفوق كمية الأشعة الشمسية الساقطة (المكتسبة) الأشعة الأرضية الهاربة (المفقودة)، ويؤدي ذلك الى دفء الجو خلال النهار. وبعد غروب الشمس تتوقف الأشعة الشمسية (القصيرة) وتستمر الأرض في بث الأشعة الأرضية (موجات طويلة)، وينخفض مقدارها تدريجيا خلال الليل حتى تنتهي، ويتميز الليل بالبرودة.

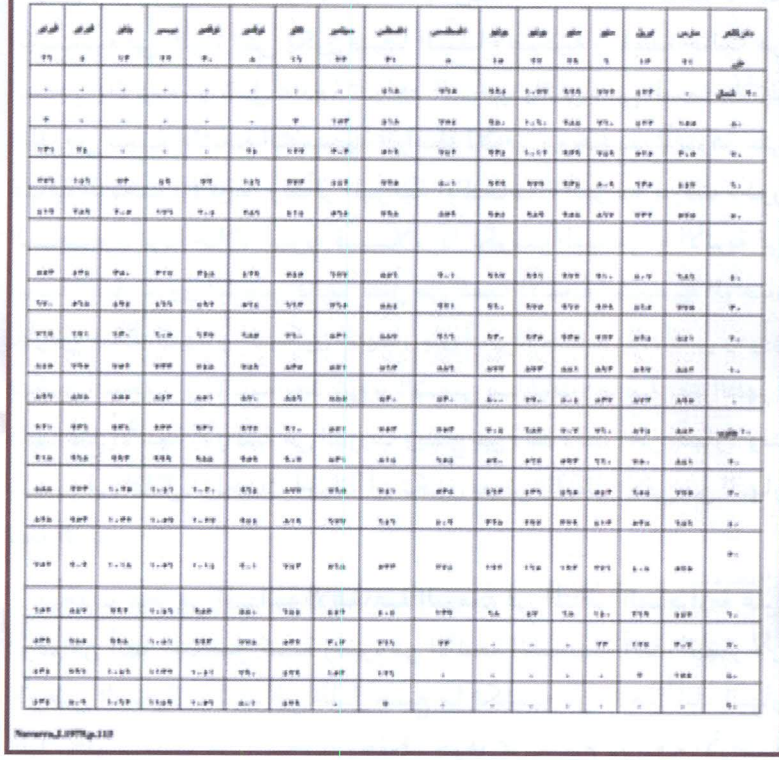


شكل (٤-٢١) الدورة والموازنة الإشعاعية اليوميه

وتختلف الميزانية الإشعاعية اليومية باختلاف الموقع بالنسبة لدوائر العرض وكذلك باختلاف الوقت من العام. وبصفة عامة، تزيد كمية الأشعة الشمسية في الأيام التي تكون فيها السماء صافية ونظيفة خالية من السحب والأتربة، و تقل عندما تتواجد السحب والأتربة في السماء لأنها تقلل من كمية الأشعة الشمسية الواصلة للأرض، ويعتمد تأثيرها على كثافة السحب والأتربة. وتتأثر الميزانية الإشعاعية اليومية بوقت تكون السحب والأتربة خلال اليوم، فمثلا، إذا تكونت السحب أو الأتربة في السماء قبل شروق الشمس فإنها تقلل من كمية الأشعة الشمسية الواصلة للأرض خلال النهار، فيكون النهار بارداً. وإذا حصل العكس وهوأن تتكون السحب أو الأتربة بعد شروق الشمس بساعات، خاصة بعد الظهر، فإنها تمنع الأشعة الأرضية من الهروب وينتج عن ذلك دفء آخر النهار. وقد يستمر في الليل، ويحدث أحياناً أن تكون بعض الليالي أدفئ من النهار لهذا السبب.

ويحدث عجز في الميزانية الإشعاعية اليومية في المناطق الصحراوية على الرغم من أنها تستقبل كمية وفيرة من الأشعة الشمسية أثناء النهار لأن الأراضي الصحراوية تفقد في الليل جميع ما تكتسبه من أشعة أثناء النهار نظرا لخلو سمائها من السحب، وجفاف جوها مما يسمح للأشعة الأرضية بالهروب. ولذا يكون النهار في المناطق الصحراوية حاراً والليل بارداً، ويستثنى من ذلك عند ما تتواجد السحب أو الأتربة بكميات كبيرة في الجو، وهي حالات قليلة الحدوث. وعلى العموم تختلف كمية الإشعاعة الشمسية اليومية الساقطة على سطح الأرض من مكان لأخر ومن دائرة عرض لأخرى (جدول ٤-٧).

جدول (٤ - ٧) مجموع الاشعاع الشمسي اليومي الساقط على سطح الغلاف الجوي (لنجلي)



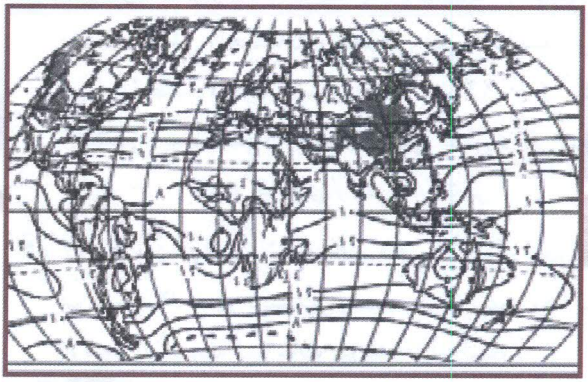
الموازنة الإشعاعية الشهرية لسطح الأرض:

تتفاوت كمية الأشعة الساقطة خلال العام على سطح الأرض من شهر لأخر بسبب اختلاف موقع الشمس بالنسبة لدوائر العرض، وحالة الجو السائدة من رطوبة وسحب. وعلى العموم، تزيد الأشعة في أشهر الصيف و تقل في أشهر الشتاء، وتزيد كمية الأشعة في النصف الشمالي من الأرض خلال الصيف الشمالي، وتقل في النصف الجنوبي منها. ويحدث العكس خلال الصيف الجنوبي الشتاء الشمالي.

الموازنة الإشعاعية لشهر ديسمبر:

تتعامد الشمس في٢١ ديسمبر على مدار الجدي (٢٣,٥° جنوبا)، وينخفض ارتفاع الشمس بالابتعاد عنه نحو القطبين. و يزداد طول النهار في نصف الكرة الجنوبي والعكس بالاتجاه نحو القطب الشمالي. وتختلف الموازنة الإشعاعية على سطح الأرض خلال شهر ديسمبر (شكل ٤-٢٢).

ويستنتج من الشكل عدد من الملاحظات، ومنها:



شكل (٤-٢٢) الموازنة الإشعاعية لسطح الأرض لشهر ديسمبر

١- أن الموازنة الإشعاعية سالبة في المناطق الشمالية من الكرة الأرضية، ويبدأ خط الصفر تقريبا من شمال دائرة العرض ٤٠ شمالاً، وتنخفض الموازنة الإشعاعية الى أكثر من - ٢ كيلو كالورى/ سم٢ / الشهر. ويرجع ذلك الى سيادة الظلام في الأطراف الشمالية من سطح الأرض خلال شهر ديسمبر.

٢- تفوق الموازنة الإشعاعية لمياه المحيطات خلال شهر ديسمبر الموازنة الإشعاعية للمناطق اليابسة لأن قدرة المياه على عكس الأشعة أقل من اليابسة، وكذلك زيادة رطوبة أجواء المسطحات المائية التي تساعد على حفظ الأشعة الطويلة.

٣- ترتفع الموازنة الإشعاعية للمسطحات المائية الشمالية بالاتجاه نحو

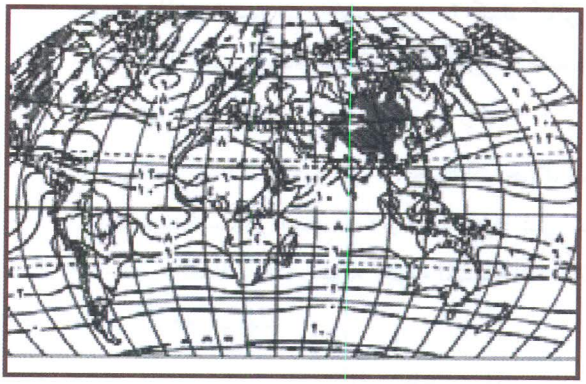
الدائرة الاستوائية بسبب زيادة كثافة الأشعة بالاتجاه نحو دائرة العرض صفر، وانخفاض نسبة انعكاس الأشعة بالاتجاه نحوالدائرة الاستوائية. ويزيد صافي الموازنة الإشعاعية لمياه المحيطات الشمالية بالاتجاه جنوبا من دائرة العرض ٤٠ شمالا، ويتراوح في المنطقة الاستوائية ما بين ٨ - ١٠ كيلو كالورى/ سم/٢ الشهر .

٤- تتفاوت الموازنة الإشعاعية للنصف الجنوبي من سطح الأرض، وترتفع على المحيطات وتنخفض على اليابسة، ويتراوح مقدارها في مياه المنطقة المدارية الجنوبية ما بين ١٢ - ١٤ كيلو كالورى/ سم٢ /الشهر، بينما يتراوح مقدارها على نفس دوائر العرض من اليابسة ما بين ٨ - ١٠ كيلو كالورى/ سم٢ /الشهر.

٥- يلاحظ أن الموازنة الإشعاعية في الأجزاء الجنوبية من سطح الأرض موجبة خلال شهر ديسمبر بسبب طول النهار وما يترب عليه من توفر الأشعة الشمسية لساعات طويلة خلال النهار.

الموازنة الإشعاعية لشهر يونيو :

تتعامد الشمس في ٢١ أو٢٢ يونيو على مدار السرطان (٢٣,٥° شمالا). وينخفض ارتفاع الشمس بالابتعاد نحو القطبين، ويزداد طول النهار في نصف الكرة الشمالي بالاتجاه نحو القطب الشمالي و يحدث



شكل (٤-٢٣) الموازنة الإشعاعية لسطح الأرض لشهر يونيو

العكس بالاتجاه نحو القطب الجنوبي. وتتفاوت الموازنة الإشعاعية لسطح الأرض خلال شهر يونية (شكل ٤- ٢٣). ويتضح من الشكل عدد من الملاحظات منها:

١- أن الموازنة الإشعاعية لسطح الأرض في شهر يونيو موجبة باستثناء المناطق الجنوبية من الأرض جنوبا من دائرة العرض ٤٥ جنوبا. ويتجاوز العجز الاشعاعي -٢ كيلو كالورى / سم٢ / الشهر بالقرب من دائرة العرض ٦٠ جنوبا . ويرجع ذلك لإنعدام الأشعة الشمسية و سيادة الظلام طوال هذا الشهر . و تزيد كمية الأشعة الشمسية في المناطق الشمالية من سطح الأرض . وتتجاوز ١٠ كيلو كالورى / سم/٢ الشهر ، على الرغم من بعدها عن منطقة تعامد الشمس، بسبب طول ساعات شروق الشمس في شهر يونيو حيث يبلغ طول النهار٢٤ ساعة، وما يترتب على ذلك من تراكم الأشعة الشمسية.

٢- ترتفع كمية الأشعة الشمسية في المنطقة ما بين المدارين، وتزيد بالقرب من المنطقة الاستوائية بسبب إنخفاض نسبة الإنعكاس في المياه المدارية نظراً لارتفاع رطوبة جوها، وتقل على اليابسة لإنخفاض رطوبة جوها. وتتجاوز١٤ كيلو كالورى في الشهر في شمال بحر العرب، وفي مياه الساحل الشمالي لغرب أفريقيا، وفي خليج المكسيك، وخليج كاليفورنيا. وتنخفض على اليابسة فتبلغ ٦ كيلو كالورى/الشهر وذلك في الصحراء الكبرى.

٣- تفوق الموازنة الإشعاعية للمسطحات المائية الموازنة الإشعاعية لليابسة من سطح الأرض بسبب ارتفاع رطوبتها.

الموازنة الاشعاعية السنوية لسطح الأرض:

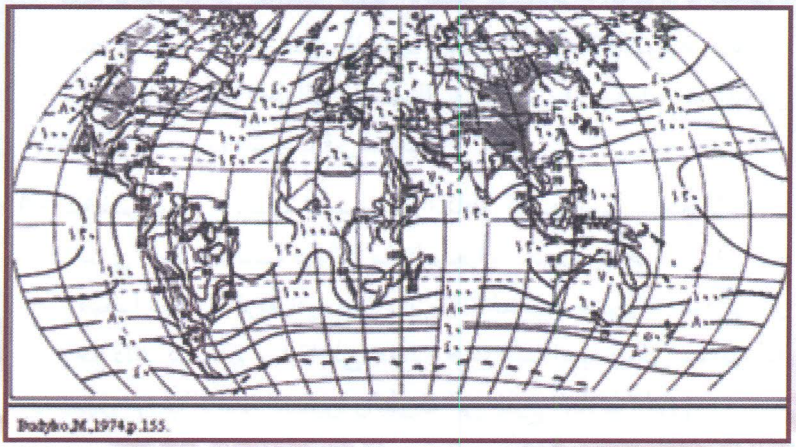
تتفاوت الموازنة الإشعاعية السنوية لسطح الارض بسبب اختلاف الموقع العروضي، وتوزيع اليابس والماء، واختلاف كمية الرطوبة في الجو، وكثافة السحب في السماء، وكمية الغبار العالقة في الجو. ويلاحظ على الشكل (٤- ٢٤) ما يلي:

١- أن الموازنة الإشعاعية لسطح الارض على العموم إيجابية، وإن وجدت منطقة سالبة فهي في المناطق المغطاة طوال العام بالجليد والثلج.

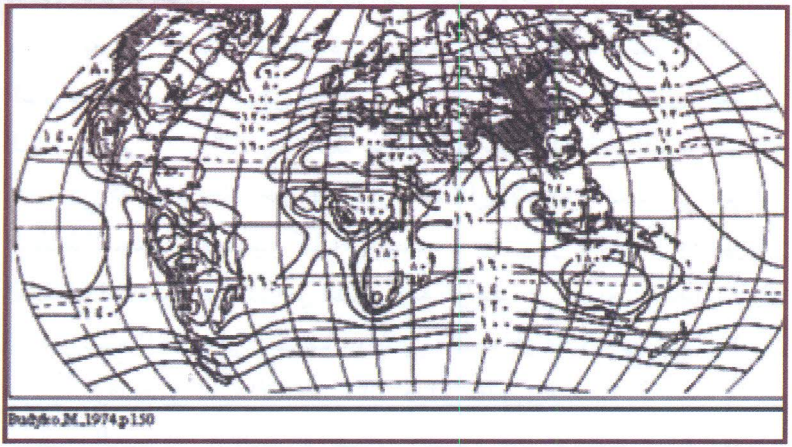
٢- أن فائض الأشعة الزائدة يقل تدريجيا بالإتجاه نحو القطبين شمالاً او جنوباً من المنطقة المدارية.

٣- أن مقدار الفائض من الاشعة السنوي يزيد على المسطحات المائية ويقل على اليابسة الواقعة على نفس دوائر العرض بسبب انخفاض نسبة عملية الإنعكاس الاشعاعي وزيادة رطوبة الجو على المسطحات المائية، وكثافة السحب في سمائها. وعلى الرغم من أن المناطق الجافة تسقط عليها كميات كبيرة من الأشعة إلا أنها تفقدها بسرعة نتيجة خلو سمائها من السحب وإنخفاض رطوبة جوها مما يساعد الأشعة القصيرة المرتدة من سطح الأرض والأشعة الأرضية أن تهرب للفضاء الخارجي دون عائق في طريقها يمنعها من الهروب، وذلك بعكس المناطق الرطبة حيث تتواجد السحب و الرطوبة العالية في الجو مما يحد من نفاذ الاشعة المرتدة بواسطة سطح الارضية أو الأشعة الأرضية المنبعثة منها. ويبلغ صافي الاشعة الشمسية السنوي للمياه المدارية ١٢٠ كيلو كالوري/سم٢، بينما يبلغ في وسط الصحراء الكبرى في شمال افريقيا نحو ٦٠ كيلو كالوري/سم٢ .

٤- يلاحظ أن أعلى كمية للموازنة الاشعاعية السنوية ١٤٠كيلو كالوري/ سم٢ في شمال مياه بحر العرب وفي المياه الواقعة شمال غرب إستراليا.



شكل (٤-٢٤) الموازنة الإشعاعية السنوية لسطح الأرض (كيلو كالوري/ سم٢/ السنة



شكل (٤-٢٥) التوزيع الجغرافي لمجموع الاشعاع الشمسي السنوي (كيلو كالوري/ سم٢/ السنة)

٥- على الرغم من تدرج إنخفاض صافي الأشعة مع زيادة دوائر العرض فإنه يوجد مناطق تنخفض فيها الاشعة كالصحراء الكبرى و صحراء وسط اسيا وصحراء جنوب افريقيا وصحراء امريكا الجنوبية وصحراء استراليا، ويرجع ذلك الى ماشيراليه سابقا وهو جفاف جو المناطق الصحراوية وندرة السحب في سمائها.

٦- ينخفض صافي الأشعة السنوية في المناطق الصحراوية، ويبلغ ٦٠ كيلو كالوري/ سم٢ /السنة في كل من الصحراء الكبرى وصحراء وسط اسيا و صحراء جنوب افريقيا وصحراء امريكا الجنوبية، وصحراء استراليا. و يرجع ذلك كما ذكر سابقا الى جفاف جوها وقلة السحب في سمائها مما يسهل هروب الاشعة القصيرة والطويلة الى خارج الغلاف الجوي.

التوزيع الجغرافي لمجموع الإشعاع الشمسي على سطح الارض:

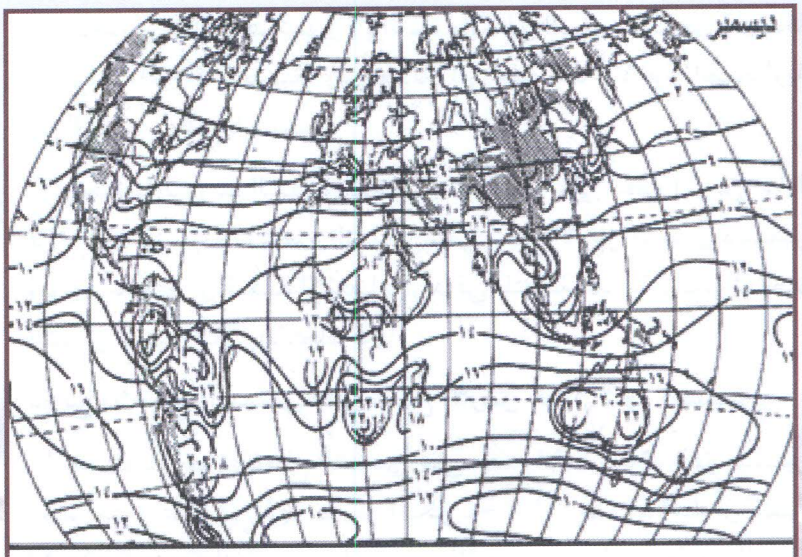
تختلف كمية الأشعة الشمسية السنوية و توزيعها الجغرافي على سطح الارض. ويرجع ذلك الى عدد من العوامل والمؤثرات الجغرافية والجوية ومنها؛ الموقع الجغرافي بالنسبة للأرض شمال أو جنوب الدائرة الاستوائية، ودائرة العرض، وكثافة السحب في السماء. وتتراوح كمية الاشعاع الشمسي السنوية على سطح الارض ما بين ٦٠ و٢٢٠ كيلو كالوري/ سم في السنة (شكل ٤- ٢٥). و يلاحظ من الشكل بصفة عامة أن كمية الاشعاع الشمسي تقل بالاتجاه نحو القطبين، كما أن الاشعاع الشمسي يقل في المنطقة الاستوائية بسبب كثافة السحب. وتتركز الكمية العظمى من الاشعاع الشمسي في المناطق الصحراوية الواقعة في نطاق الضغط الجوي المرتفع شبه المداري في الشمال والجنوب كما هو الحال في شمال شرق افريقيا. وتتجاوز كمية الأشعة ٢٢٠ كيلو كالوري/ سم٢ / السنة بسبب صفاء السماء غالبية العام. ويسود خط التساوي للإشعاع الشمسي ٢٠٠كيلو كالوري/سم٢ في الجزيرة العربية وشمال افريقيا،

والصحاري الباكستانية والايرانية، والمناطق الصحراوية في امريكا الشمالية وامريكا الجنوبية. ويرجع ذلك الى خلو سماء الأجواء الصحراوية من السحب معظم أيام السنة.

ويختلف التوزيع الشهري للإشعاع الشمسي على سطح الارض، فاذا قارنا خارطة توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الارض لشهري ديسمبر ويونيو نلاحظ أن كمية الإشعاع تزيد في المنطقة المدارية بسبب تعامد الشمس عليها و تقل بالابتعاد عنها.

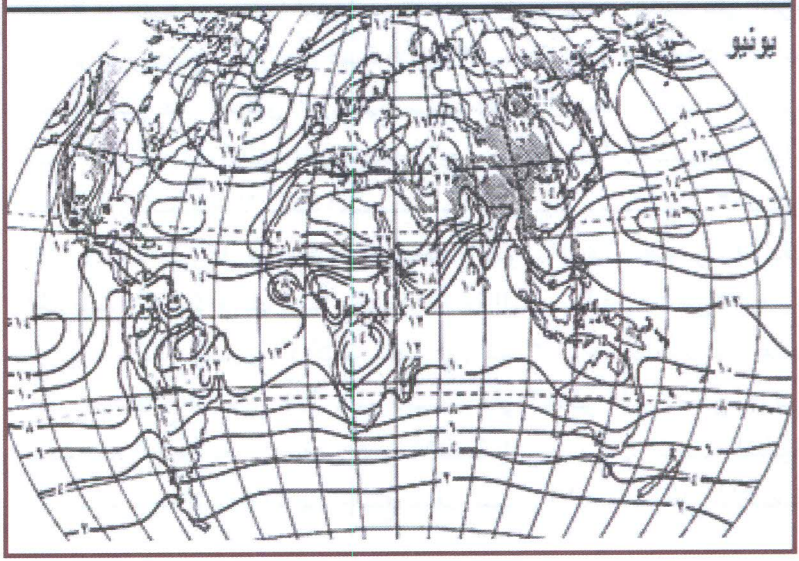
توزيع الاشعاع الشمسي على سطح الارض خلال شهر ديسمبر:

يحدث لتوزيع الاشعاع الشمسي على سطح الأرض خلال شهر ديسمبر عكس ماهو عليه في شهر يونيو (شكل ٤- ٢٦)، حيث يلاحظ أن كمية الاشعة الشمسية في النصف الجنوبي من الأرض تفوق ما يسقط من الأشعة الشمسية على النصف الشمالي من الأرض نظراً لتعامد الشمس على مدار الجدي (٢٣,٥° جنوبا). وتتدرج كمية الأشعة بالإنخفاض التدريجي بالإتجاه شمالاً او جنوباً من مدار الجدي نحو القطبين، وتزيد كمية الأشعة على الجزء اليابس من سطح الأرض عن كمية الأشعة الساقطة على المسطحات البحرية الواقعة في نفس النطاق العروضي بسبب كثافة السحب، وبخار الماء في سماء المسطحات المائية التي تحد من وصول الأشعة الشمسية إليها. وتتجاوز كمية الأشعة الشمسية في شهر ديسمبر ٢٠ كيلو كالوري/سم٢في كل من استراليا وصحراء جنوب افريقيا وصحراء امريكا الجنوبية. ويلاحظ كذلك إرتفاع كمية الأشعة الشمسية في المناطق االقطبية الجنوبية حيث تتجاوز ١٦ كيلو كالوري/ سم,٢ ويرجع ذلك لزيادة عدد ساعات سطوع الشمس خلال شهر ديسمبرعلى المناطق الجنوبية من الأرض حيث تبلغ ٢٤ ساعة. وتنخفض كمية الأشعة الشمسية على المنطقة القطبية الشمالية خلال هذا الشهر وتبلغ صفر بسبب الإنعدام الكلي للأشعة



Budyko,M .,1974,P 152-153

(شكل ٤-٢٦) توزيع الإشعاع الشمسي الشهري على سطح الأرض



الشمسية الواصلة اليها خلال هذا الشهر، وتبلغ ساعات شروق الشمس صفر، ويبلغ طول الليل ٢٤ ساعة.

التوزيع الجغرافي للاشعاع الشمسي على سطح لارض في شهر يونيو:

يلاحظ في شهر يونيو أن كمية الاشعاع الشمسي في النصف الشمالي من سطح الارض أكبر من كمية الاشعة الساقطة على النصف الجنوبي بسبب تعامد الشمس على مدار السرطان ٢٣,٥° شمالا (شكل ٤-٢٦). وانخفاض مقدار زاوية سقوط الأشعة شمالا أوجنوبا من المدار وينتج عن إنخفاض كمية الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الأرض. وتزيد كميه الأشعة الشمسية في شهر يونيو على٢٢ كيلو كالور/ سم٢ في منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا و صحراء امريكا الشمالية. وتزيد كمية الأشعة الشمسية في المناطق اليابسة على كمية الأشعة الساقطة على المسطحات المائية الواقعة في عروضها نتيجة تاثير عامل الانعكاس المائي، وتواجد السحب وبخار الماء بكميات كبيرة في سماء المسطحات البحرية الذي يعيق وصول الاشعة الشمسية اليها. ويلاحظ أن كمية الأشعة الشمسية في شهر يونيو تزيد في المنطقة القطبية الشمالية، وتبلغ٢٠ كيلو كالوري/سم٢ / السنة، على الرغم من بعدها من مدار السرطان (٢٣,٥° شمالا) حيث تتعامد الشمس، وإنخفاض زاوية سقوط الاشعة الشمسية في العروض القطبية يترتب عليه زيادة المسافة التي تقطعها الأشعة الشمسية لتصل للقطب، وزيادة كمية العوالق الجوية التي تعترض الأشعة الشمسية المتجه نحو سطح الارض. ويرجع ذلك الى زيادة طول عدد ساعات سطوع الشمسية اليومية في المنطقة القطبية خلال شهر يونيو حيث تبلغ عدد ساعات سطوع الشمس٢٤ ساعة.

موضوع للقراءة

الطاقة الشمسية [1]:

خلق الله الشمس والقمر كآيات دالة على كمال قدرته وعظيم سلطانه. وجعل شعاع الشمس مصدرا للضياء على الأرض وجعل الشعاع المعكوس من سطح القمر نورا. يقول تعالى في كتابه العزيز (هو الذي جعل الشمس ضياء والقمر نورا و قدره منازل لتعلموا عدد السنين والحساب ما خلق الله ذلك إلا بالحق يفصل الآيات لقوم يعلمون) يونس، الاية (٥). فالشمس تجري في الفضاء الخارجي بحساب دقيق حيث يقول الله سبحانه و تعالى في سورة الرحمن (الشمس و القمر بحسبان) الرحمن، الآية (٥). أي أن مدار الأرض حول الشمس محدد وبشكل دقيق، وأي اختلاف في مسار الأرض سيؤدي الى تغيرات مفاجئة في درجة حرارتها وبنيتها وغلافها الجوي، وقد تحدث كوارث الى حد لا يمكن عندها بقاء الحياة، فقدرة الله تعالى وحدها جعلت الشمس الحارقة رحمة ودفئا ومصدرا للطاقة حيث يبلغ درجة حرارة مركزها حوالي (٨ - ٤٠) ×١٠ درجة مطلقة (كالفن) ثم تتدرج حرارتها في الانخفاض حتى تصل عند السطح الى ٥٧٦٢ مطلقة (كالفن).

ويمكن تشبيه الشمس فيزيائيا كاشعاع الجسم الأسود الذي تنبعث منه موجات الاشعاع الكهرومغناطيسي حاملا الطاقة الموزعة طيفا. أي تسير شدتها مع طول الموجة. فالشمس ليست مصدرا للضوء في النهار ونور القمر في الليل فحسب، وانما هي مصدر الطاقة المخزونة في النفط والفحم والغازالطبيعي والتي تجمعت على مدى آلاف بل ملايين السنين، كما أن الشمس هي مصدرالطاقة المتجددة الأخرى كطاقة الرياح والمساقط

١- مقالة بعنوان (الطاقة الشمسية) للمهندس فهد بن سلطان بن حريب، مجلة، العلوم والتقنية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، عدد ٣٤، ربيع الآخر ١٤١٦هـ،ص ٤-٦ .

المائية والكتلة الحيوية العضوية وأمواج البحار وحرارة المحيطات وغيرها. وبدون الشمس ستصل درجة حرارة المباني الى ٢٤٠° مئوية تحت الصفر، وبدون الشمس ستكون السماء سوداء دائما. و يقول الله تعالى (وسخر لكم الليل والنهار والشمس القمر والنجوم مسخرات بأمره إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون) النحل، الأية (١٢). فالشمس هي مصدر هائل للطاقة يجب دراسته و الاستفادة منه خاصة أن المصادر التقليدية للطاقة قابلة للنضوب يوما ما.

استخدام الطاقة الشمسية:

استفاد الانسان منذ القدم من طاقة الاشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل، كما استخدمها في مجالات أخرى كصهر المواد وطهي الطعام وتوليد بخار الماء و تقطير الماء وتسخين الهواء، كما أنشئت في مطلع القرن الميلادي الحالي أول محطة عالمية للري بواسطة الطاقة الشمسية كانت تعمل لمدة خمس ساعات في اليوم وذلك في المعادي قرب القاهرة. لقد حاول الانسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود، ومع التطورالكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل اليه الانسان فُتحت آفاقاعلمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية.

أهمية الطاقة الشمسية:

إن دراسة بنية و طبيعة الشمس تساعد على تحديد طبيعة الطاقة التي تشعها الى الفضاء، فالشمس عبارة عن كرة غازية ملتهبة (تفاعل نووي حراري) تتكون من ٨٠ ٪ هيدروجين، و١٩ ٪ هيليوم، و١٪ عناصر أخرى، و يبلغ قطر هذه الكرة ١,٣٩ × ١٠ كيلومتر، وتبعدعن سطح الأرض بمسافة مقدارها ١,٥ × ١٠ كيلومتر، كما تقدر كثافتها بين ٨٠-١٠٠ ضعف

كثافة الماء، وعلى هذا الاساس يتدفق من الشمس كل يوم كميات هائلة من الطاقة تقدر بالقيمة ٣,٨×١٠ كيلوواط و ذلك حسب علاقة اينشتاين المعروفة (الطاقة = الكتلة×مربع سرعة الضوء). و اذا أخذنا بعين الاعتبار المسافة بين الأرض والشمس فان كمية الطاقة الشمسية التي تصل الى بداية الغلاف الجوي تعادل١,٧×١٠ كيلوواط. وتمثل هذه القيمة مصدرا للطاقة يمكن أن يفي باحتياجات البشرية على سطح الأرض.

تستقبل الأرض الطاقة الشمسية بشكل أمواج كهرومغناطيسية تحتوي أشعة فوق بنفسجية وأشعة مرئية وأشعة فوق الحمراء وغيرها. ويعرف الثابت الشمسي بانه الكمية المتوسطة للاشعاع الشمسي والمحيطة بسطح الأرض (قبل دخوله الغلاف الجوي) خلال وحدة الزمن و المقطع، وتساوي ١٣٥٣ واط / م٢، وعند مستوى الأرض تصبح قيمته بين الصفر و١٠٠٠ واط/ م٢، مكونة من اشعاع مباشر (عمودي) واشعاع غير مباشر (مبعثر)، ويعود السبب في ذلك الى وجود عوائق في المسار الجوي لهذه الأشعة تحول دون وصولها الى الأرض.

تعتمد كمية الطاقة الشمسية الساقطة في مكان ما على عوامل كثيرة منها الموقع الجغرافي و تحديد الوقت خلال النهار و فصول السنة ودرجة شفافية أو نقاوة الحالة الطبيعية للهواء، و كذلك تعيين التغير في درجات الحرارة والرطوبة بالأضافة الى سرعة الرياح، وتعد هذه العوامل من العوامل الأساس المؤثرة في الطاقة الشمسية.

بالاضافة لما ذكر تمتاز الطاقة الشمسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى بما يلي:-

١ - إن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبيا وغير معقدة بالمقارنة مع

التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الأخرى.

٢ - توفر عامل الأمان البيئي حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لا تلوث الجو ولاتترك فضلات مما يكسبها وضعا خاصا في هذا المجال وخاصة في القرن القادم.

تحويل الطاقة الشمسية:

يمكن تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئي والتحويل الحراري للطاقة الشمسية، ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الاشعاع الشمسي أوالضوئي مباشرة الى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية). وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئي تدعى أشباه الموصلات كالسيليكون والجرمانيوم وغيرها. وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن، كما عرفوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر على تحرير الالكترونات وهكذا. وقد نال العالم اينشتاين جائزة نوبل في عام ١٩٢١م لاستطاعته تفسيرهذه الظاهرة.

وقد تم تصنيع نماذج كثيرة من الخلايا الشمسية تستطيع إنتاج الكهرباء بصورة عملية، وتتميز الخلايا الشمسية بأنها لا تشمل أجزاء أو قطع متحركة، وهي لا تستهلك وقودا، ولا تلوث الجو، و حياتها طويلة، ولا تتطلب إلا القليل من الصيانة. ويتحقق أفضل استخدام لهذه التقنية تحت تطبيقات و حدة الإشعاع الشمسي (وحدة شمسية) أي بدون مركزات أو عدسات ضوئية، ولذا يمكن تثبيتها على أسطح المباني ليستفاد منها في إنتاج الكهرباء، وتقدر عادة كفاءتها بحوالي ٢٠٪، أما الباقي

فيمكن الاستفادة منه في توفير الحرارة للتدفئة وتسخين المياه. كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظم الاتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق والمنشآت في وضخ المياه وغيرها.

اما التحويل الحراري للطاقة الشمسية فيعتمد على تحويل الاشعاع الشمسي الى طاقة حرارية عن طريق المجمعات (الاطباق) الشمسية والمواد الحرارية. فاذا تعرض جسم داكن اللون ومعزول الى الإشعاع الشمسي فانه يمتص الاشعاع وترتفع درجة حرارته.

يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة والتبريد وتسخين المياه وتوليد البخار. كما تستخدم في تحلية المياه المالحة و تجفيف المحاصيل الزراعية وفي توليد الكهرباء وغيرها. وتعد تطبيقات السخانات الشمسية هي الأكثر انتشارا في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية. يلي ذلك من حيث أهمية المجففات الشمسية التي يكثراستخدامها في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية مثل التمور وغيرها، كذلك يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية في طبخ الطعام، حيث أن هناك أبحاث تجري في هذا المجال لانتاج معدات للطهي تعمل داخل المنزل بدلا من تكبد مشقة الجلوس تحت أشعة الشمس أثناء الطهي.

ورغم أن الطاقة الشمسية قد أخذت تتبوأ مكانة هامة ضمن البدائل المتعلقة بالطاقة المتجددة، إلا أن مدى الاستفادة منها يرتبط بوجود أشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام أسوة بالطاقة التقليدية،وهذا بالطبع لا يمكن لاحتجاب الشمس لفترات خلال اليوم وبسبب العوامل الجوية، كما أن الكمية المتوفرة أثناء النهار قد تفوق ما هو مطلوب أثناء تلك الفترة. وعليه يبدو أن المطلوب من تقنيات بعد تقنية وتطويرالتحويل الكهربي والحراري

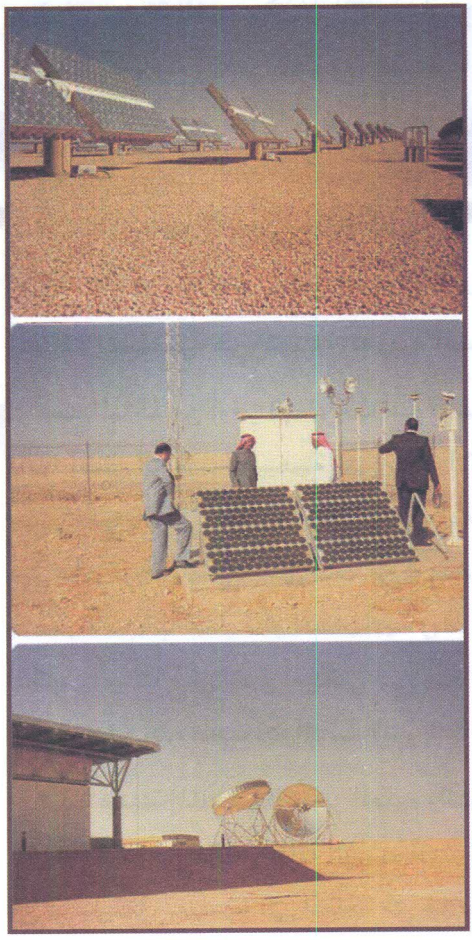
للطاقة الشمسية هو تقنية تخزين تلك الطاقة للاستفادة منها أثناء فترة إحتجاب الإشعاع الشمسي. وهناك عدة طرق تقنية لتخزين الطاقة الشمسية، تشمل التخزين الحراري و الكهربئي و الميكانيكي و الكيميائي و المغناطيسي. وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطويراللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث أن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعنى المفهوم، فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهربائية أو حرارية، وكذلك تخزينها اذا دعت الضرورة. ورغم أن هذه التكاليف حاليا تفوق تكلفة انتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها بسبب أنها أخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية.

الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية:

تعد المملكة من أوفر البلاد حظا من الاشعة الشمسية التي تمثل بحد ذاتها إحدى الثروات الطبيعية التي يجب الاستفادة منها في تنمية البلاد حيث تقدر بحوالي ٢٠,٠٠٠ كيلو واط ساعة/ م٢ سنويا، بالاضافة الى ما سبق فانه توجد بالمملكة مجمعات قروية صغيرة متفرقة ومتباعدة وانه قد يتعذر لأسباب عملية أو اقتصادية ربط هذه القرى بالشبكة الرئيسة للكهرباء، لذا فان الحل المنطقي في هذه الحالة هو استغلال الطاقة الشمسية في هذه المجمعات النائية (صورة ٤-٣).

تبنت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية كهيئة حكومية بحوثا تطبيقية هامة في مجال الطاقة الشمسية منذ عقدين. كما بذلت جهودا طيبة في سبيل نقل تقنيتها الى المملكة من خلال مشاريعها الميدانية محليا وضمن برامج التعاون الدولي مع كل من الولايات المتحدة الأمريكية

والمانيا الاتحادية. ورغم توفر الطاقة التقليدية في المملكة بسعر رخيص نتيجة لوفرة البترول فان ذلك لم يمنع الدخول في تطوير تقنية الطاقة الشمسية وإيجاد النظم الملائمة لبيئة المملكة، وقد نشرت المدينة أبحاثا مختلفة في الطاقة الشمسية داخل وخارج المملكة، وقد نتجت الأبحاث عن مشاريع محلية في مجال الطاقة الحرارية و الكهروضوئية للطاقة الشمسية.



ومقارنة بالمملكة فإن استخدام الطاقة الشمسية في العالم مازال محدودا ومقصورا على الجامعات ومراكز البحوث، ولم ينتشر استعمال الطاقة الشمسية إلا في المناطق النائية.

فالعامل الاقتصادي كما هو معلوم هو عنصر أساس في استخدام ينبوع الطاقة، حيث انه في حالته الخام لا يمكن استعماله مباشرة، لذا فان إمكانية تحويله الى طاقة مفيدة صالحة للاستعمال كحرارة، أو كهرباء أو طاقة ميكانيكية بتكلفة أقل من أي مصدر آخر تبدو ممكنة.

صورة رقم ٤-٣ محطة توليد الطاقه الشمسية في العيينة القرية الشمسية

مصطلحات جوية ومناخية :

Albedo	انعكاس وارتداد الاشعة
Absolt Zero	الصفر المطلق
Absorbs	الامتصاص
AltitudeAngle	زاوية الارتفاع
Atmosphere Particales	العوالق الجوية
Azmith Angle	زاوية السمت
Black Body	الاجسام السوداء
Calorie	سعر (كالوري)
Clouds	سحب
Electromegnetic Spectrum (ESM)	الطيف الكهرومغناطيسي
Gamma Rays	أشعة جاما
Heat Balance	الموازنة الحرارية
Infrared Radiation	الاشعة تحت الحمراء (الاشعة الحرارية)
Latent Heat	الحرارة الكامنة
Microne	الميكرون
Plant Type	نوعية النبات
Radiation Balance	الموازنة الاشعاعية
Rayliy,s scater	تشتت ريلاي

Scattering,Defifusion	تشتت وانتشار
Sensible Heat	الحرارة المحسوسة
Snow, Ice	ثلج ، جليد
Soil Type	نوعية التربة
Stephen Boltzman Low	قانون بولتزمان
Sun-path Diagram	نموذج المسار الشمسي
Trillion	تريليون
Ultraviolt Radiation	الاشعة فوق البنفسجية
Visible Light , Visible Rays	الاشعة المرئية
Water surface	المسطحات المائية
Watt	واط
Wiens,displacement Low	قانون واين
X- Rays	أشعة اكس

أسئلة للمراجعة:

١- تحدث عن مصادر الطاقة للارض والغلاف الجوي.

٢- تحدث عن:

أ- النطاقات الطيفية للموجات الاشعاعية الشمسية.

ب- الأشعة الحرارية/ الأشعة المرئية/ الأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية.

٣- أشرح مايلي:

أ- العلاقة بين الطاقة والأجسام السوداء.

ب- العلاقة بين الطاقة و الموجات الاشعاعية.

٤- علل لماذا يختلف توزيع الاشعاع الشمسي على سطح الأرض، وأشرح العوامل المؤثرة في ذلك بالتفصيل.

٤-تحدث بالتفصيل عن العلاقة بين مكونات الغلاف الجوي وكمية الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الأرض.

٥-أشرح كيف يحدث التوازن الاشعاعي للارض و الغلاف الجوي مع توضيح الاجابة بالرسم.

مراجع مقترحة :

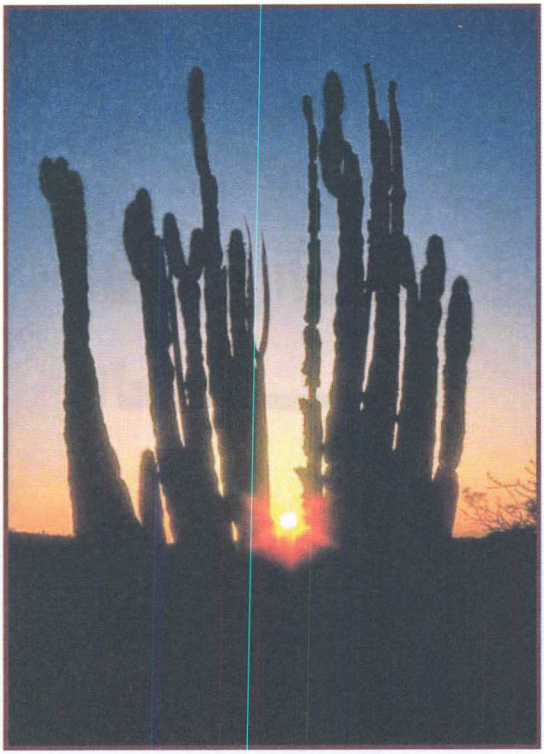
١ - أبو ريشة، على،١٩٩٣، أسس تقنيات الاستشعار عن بعد، مركز دراسات الصحراء، جامعة الملك سعود، الرياض.

٢ - مجلة العلوم والتقنية، الطاقة الشمسية، ١٩٩٥ الجزء ١و٢، العدد ٣٤و٣٥، مدينة الملك عبد العزيز، الرياض.

3- Budyko,1974,Climate and Life .Acadamic Press, New York.

4- Seller,W. , 1965, Physical Climatology,The University of Chicago,USA.

الفصل الخامس
الحرارة



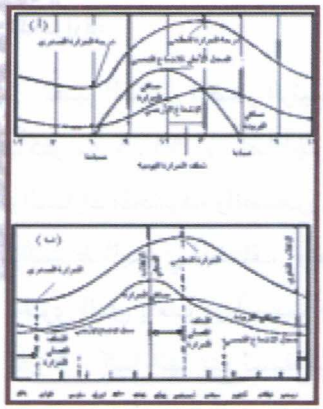
الحرارة:

تعتبر الشمس المصدر الرئيس للطاقة الحرارية التي تصل للأرض، وتساهم بأكثر من ٩٩,٩ ٪، أما الجزء المتبقي فتساهم به مصادر أخرى كالشهب والنيازك المحترقة والصخور المشعة في باطن الأرض والبراكين والحرائق، والنشاط البشري المختلف. وتصل أشعة الشمس لسطح الأرض عبرالغلاف الجوي الذي يلعب دوراً مهماً في خفض كمية الأشعة الشمسية التي تصل للأرض، كما أنها تمنع نسبة كبيرة من الإشعاع الأرضي من الهروب للفضاء الخارجي مما يؤدي الى رفع حرارة الهواء الذي يلامس سطح الأرض. ويتلقى الغلاف الجوي الحرارة مباشرة من الشمس وغير مباشرة من الأشعة الشمسية المرتدة أو الأشعة المنبعثة من الأرض. و يقدر ما يكسبه الغلاف الجوي من سطح الأرض (اليابسة والمسطحات المائية) ٧ أضعاف ما يتلقاه من الإشعاع الشمسي المباشر، وتتفاوت حرارة الأرض مكاناً وزماناً بسبب اختلاف كمية الأشعة الشمسية التي تصل للأرض خلال اليوم والشهر والفصل والعام.

العلاقة بين حرارة الأرض و الإشعاع الشمسي:

تختلف درجة حرارة سطح الأرض خلال العام والفصول والشهور والأيام، ويرتبط تفاوتها باختلاف كمية الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الأرض. وترتفع الحرارة خلال النهار بسبب شروق الشمس، وتنخفض خلال الليل لغروبها. وكذلك تزيد الحرارة في الأيام التي تُعدم فيها السحب أو تقل . وتنخفض الحرارة في الأجواء كثيفة السحب، ولذا يلاحظ انخفاض الحرارة في المناطق كثيرة الغيوم وتزايدها في المناطق الصحراوية بسبب صفاء سمائها وندرة السحب خلال العام. ويلاحظ من سجلات الحرارة أن تدرج حرارة الجو لا ينطبق تماما مع تدرج زيادة الأشعة الشمسية اليومية أو

الشهرية لأن حرارة الجو لا تنتج مباشرة من الإشعاع الشمسي فقط بل إنها نتيجة أيضا للإشعاع الأرضي. والذي يحدث أن الأرض تمتص الأشعة الشمسية و بعد أن تسخن تبدأ تبث الحرارة على هيئة إشعاع أرضي. ولذا نلحظ أن دورة الحرارة اليومية أو السنوية لا تنطبق تماما مع الدورة الإشعاعية اليومية أوالسنوية شكل (٥ - ١) (أ) و (ب)



شكل (٥-١) وقت درجة الحرارة العظمى والصغرى اليومية

الدورة الحرارية اليومية:

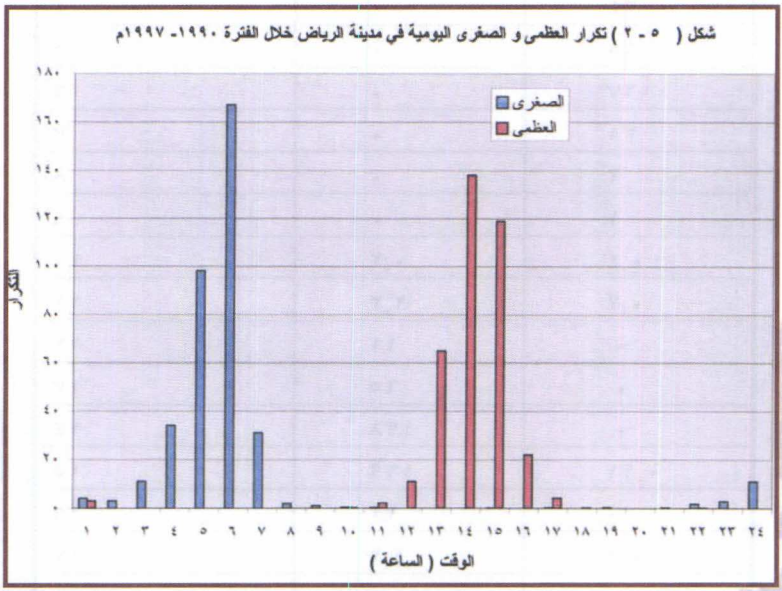
يحدث دورة حرارية خلال النهار تماثل الدورة الإشعاعية اليومية. وعند ما تشرق الشمس وتأخذ الارتفاع في السماء، تبدأ حرارة الأرض والجو في الارتفاع التدريجي. وعند ما تنخفض الشمس متجهة نحو الغروب تأخذ الحرارة في الانخفاض، وتستمر في انخفاضها حتى شروق الشمس لليوم التالي ثم تبدأ ترتفع مرة أخرى، وهكذا. وعلى الرغم من أن الدورة الحرارية اليومية تتبع الدورة الإشعاعية اليومية إلا أنها لا تنطبق معها تماما في وقت حدوث الحرارة العظمى الصغرى (شكل ٥-١- أ). كما أن وقت تسجيل الحرارة العظمى والصغرى اليومية لا يكون واحداً في جميع العروض و المناطق بل يتغير نظراً لاختلاف الخصائص الطبيعية والجوية للمناطق، بل يتغير أوقات تسجيلها للمكان الواحد كما هو الحال في مدينة الرياض (جدول ٥-١).

كما أن وقت درجة الحرارة العظمى اليومية لا يحدث وقت الزوال (الساعة ١٢ ظهراً) حيث تتركز الأشعة الشمسية، بل يتأخر الى ما بين الساعة الثانية والرابعة ظهراً، ومن مراجعة السجل الحراري اليومي لمدينة

جدول (٥-١) معدل وقت تسجيل الصغرى و العظمى اليومية في مدينة الرياض خلال الفترة ١٩٩٠ ـ ١٩٩٨

الساعة	معدل وقوع الصغرى	معدل وقوع العظمى
١	٣	٤
٢	٠	٣
٣	٠	١١
٤	٠	٣٤
٥	٠	٩٨
٦	٠	١٦٧
٧	٠	٣١
٨	٠	٢
٩	٠	١
١٠	٠.٢	٠.٤
١١	٢.٢	٠.٢
١٢	١١	٠
١٣	٦٥	٠
١٤	١٣٨	٠
١٥	١١٩	٠.١١
١٦	٢٢	٠
١٧	٤.٢	٠.٢
١٨	٠.٢	٠
١٩	٠	٠.٣
٢٠	٠	٠
٢١	٠	٠.٢
٢٢	٠.١	١.٧
٢٣	٠	٢.٨
٢٤	٠	١١

الرياض خلال الفترة ١٩٩٠ الى ١٩٩٨ تبين أن الدرجة العظمى للحرارة تقع ما بين الساعة الواحدة ظهراً (الساعة ١٣) والساعة السادسة مساءاً (الساعة ١٨) جدول (٥- ١ وشكل ٥- ٢) وتقع معظمها في الساعة الثانية ظهراً (الساعة ١٤)، وبمعدل سنوي ١٣٨ مرة يليها الساعة الثالثة ظهراً (الساعة ١٥) شكل (٥-٢)، و يبلغ معدل وقوعها السنوي ١١٩ مرة، ثم يليها الساعة الواحدة، و يبلغ معدل وقوعها ٦٥ مرة في السنة.



شكل (٥ - ٢) تكرار العظمى و الصغرى اليومية في مدينة الرياض خلال الفترة ١٩٩٠- ١٩٩٧م

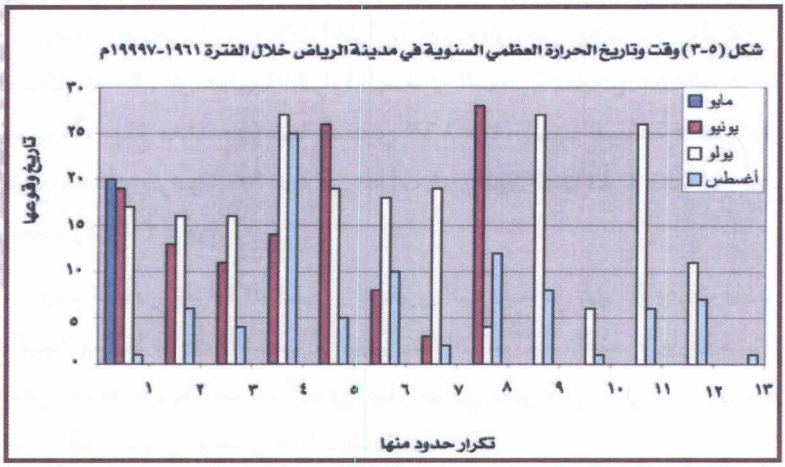
ولا تسجل الصغرى اليومية بعد غروب الشمس مباشرة بل تسجل غالباً آخر الليل قبل شروق الشمس بنصف ساعة أو ساعة ونحو ذلك (شكل ٥- ٢). ويرجع ذلك الى أن الأرض لا تتوقف عن بث الأشعة الحرارية الأرضية بعد غروب الشمس مباشرة بل تستمر خلال الليل في بث الطاقة التي اكتسبتها من الشمس خلال النهار السابق.

وقد أوضحت السجلات الحرارية لمدينة الرياض أيضا (جدول ٥- ١ وشكل ٥- ٢) أن غالبية الحرارة الصغرى اليومية تسجل عند الساعة ٦ صباحاً، وبلغ معدل وقوعها السنوي ١٦٧ مرة، يليها الساعة ٥ صباحاً، وبلغ معدل وقوعها ٩٨ مرة في العام، ثم يليها الساعة ٤ صباحا، وبلغ معدل وقوها ٤٣ مرة.

وقد تسجل الحرارة العظمى والصغرى اليومية في غير الأوقات المشار إليها بسبب تواجد السحب أو مرور تيارات هوائية دافئة أو باردة فتؤثر على الحالة الجوية السائدة كمرور تيار هوائي دافئ في الليل أو مرور تيار بارد أثناء النهار، وتعتبر حالات شاذة.

وتختلف درجة الحرارة باختلاف شهور السنة فترتفع في الانقلاب الصيفي وتنخفض في الانقلاب الشتوي. ويلاحظ أن وقت أحر شهور السنة لا يحدث في الشهر الذي تبلغ فيه الطاقة الشمسية التي تصل للأرض أوجها، وأن أبرد شهور السنة لا يكون في الشهر الذي تقل فيه كمية الأشعة الشمسية الى الحد الأدنى بل تتأخر في كلا الحالتين شهر أو أكثر قليلا (شكل ٥- ١ ب)، والسبب في ذلك أنه عند ما تنتهي أشهر الشتاء تأخذ درجة حرارة الأرض في الارتفاع التدريجي حتى تسخن ومن ثم تبدأ تبث الطاقة الى الجو الذي يعلوها الى جانب الطاقة الشمسية المتدفقة، ويكون شهر يوليو أو أغسطس أحر شهور السنة في نصف الكرة الشمالي وليس شهر يونيو. وعلى سبيل المثال سجلت غالبية العظمي في مدينة الرياض خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٧ في شهر أغسطس و تشكل ٤٠,٦ ٪ ، و ٣٥,١٪ في شهر يوليو، و٢١,٦ ٪ في شهر يونيو (جدول ٥-٢ و شكل ٥-٣).

ومع بداية الشتاء تأخذ كمية الأشعة الشمسية الواصلة للأرض في الانخفاض مع استمرار الأرض في بث الطاقة الحرارية التي اكتسبتها خلال الأشهر الدافئة الماضية حتى تنتهي. وتسجل غالباً الحرارة الصغرى الشهرية



في نصف الكرة الشمالي في شهر يناير وليس في ديسمبر. وعلى سبيل المثال، سُجلت غالبية الصغرى في مدينة الرياض خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٧ في شهر يناير وتشكل ٥٥,٦ ٪ ، و ٢٥ ٪ في شهر ديسمبر، و١٩,٤ ٪ في شهر فبراير (جدول ٥-٣ وشكل ٥-٤). كما أن وقت تسجيل الحرارة العظمى والصغرى الشهرية ليس واحداً في كل الأماكن والمواقع في النصف الشمالي والجنوبي من الكرة الأرضية بل يختلف من مكان لأخر بسب اختلاف خصائصها الجغرافية الطبيعية والجوية.

كيف تنتقل الحرارة بين الأجسام :

تنتقل الحرارة بين الأجسام والمناطق الحارة والباردة بواسطة ثلاث طرق هي الإشعاع والتوصيل والحمل.

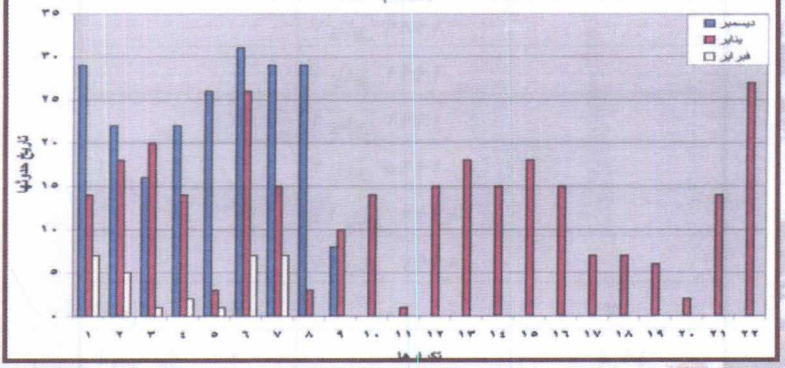
١ - الإشعاع :

تبث الأجسام التي درجة حرارتها فوق الصفر المطلق الطاقة بواسطة موجات كهرومغناطيسية (طيفية). وكلما ارتفعت درجة حرارة الجسم قويت عملية البث الإشعاعي و قصر طول الموجة. فالأجسام الشديدة الحرارة تبث

جدول (٥-٢) وقت و تاريخ حدوث العظمى السنوية في مدينة الرياض خلال الفترة١٩٦١-١٩٩٧ .

الشهر/ العام	اليوم/	الشهر/ العام	اليوم /	الشهر/ العام	اليوم /	الشهر/ العام	اليوم /
٢٠مايو ١٩٦١		١٩يونية١٩٦٩		١٧يوليو ١٩٦٤		١أغسطس١٩٦٢	
		١٣يونية١٩٧٩		١٦يوليو١٩٦٧		٦أغسطس١٩٦٣	
		١١يونية١٩٨٣		١٦يوليو١٩٦٨		٤أغسطس١٩٦٥	
		١٤يونية١٩٨٨		٢٧يوليو١٩٧٢		٢٥أغسطس١٩٦٦	
		٢٦يونية١٩٩١		١٩يوليو١٩٧٨		٥أغسطس١٩٧٠	
		٨يونيو١٩٩٢		١٨يوليو١٩٨٠		١٠أغسطس١٩٧٣	
		٣يونية١٩٩٤		١٩يوليو١٩٨٢		٢أغسطس١٩٧٤	
		٢٨يونية١٩٩٥		٤يوليو١٩٨٤		١٢أغسطس١٩٧٦	
				٢٧يوليو١٩٨٦		٨أغسطس١٩٧٧	
				٦يوليو١٩٨٩		١أغسطس١٩٨١	
				٢٦يوليو١٩٩٠		٦أغسطس١٩٨٥	
				١١يوليو١٩٩٦		٧أغسطس١٩٨٦	
						١أغسطس١٩٩٣	
						٣ أغسطس١٩٩٧	
التكرار	١		٨		١٣		١٥
النسبة %	٢.٧		٢١.٦		٣٥.١		٤٠.٦

شكل (٥-٤) وقت حدوث الحرارة الصغرى السنوية في مدينة الرياض خلال الفترة ١٩٦١-١٩٩٧م



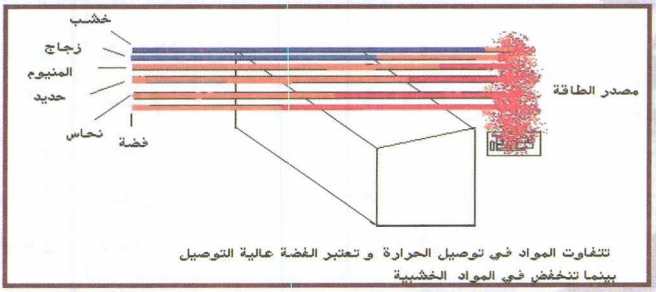
جدول (٥-٣) وقت حدوث الصغرى السنوية في مدينة الرياض خلال الفترة ١٨٦١-١٩٩٧

اليوم/الشهر/العام	اليوم/الشهر/العام	اليوم/الشهر/العام
٢٩ ديسمبر ١٩٦٣	١٤ يناير ١٩٦١	٧ فبراير ١٩٦٧
٢٢ ديسمبر ١٩٦٥	١٨ يناير ١٩٦٢	٥ فبراير ١٩٦٨
١٦ ديسمبر ١٩٧٠	٢٠ يناير ١٩٦٤	١ فبراير ١٩٦٩
٢٢ ديسمبر ١٩٧١	١٤ يناير ١٩٦٦	٢ فبراير ١٩٨٣
٢٦ ديسمبر ١٩٧٢	٣ يناير ١٩٧٣	١ فبراير ١٩٨٤
٣١ ديسمبر ١٩٧٩	٢٦ يناير ١٩٧٤	٧ فبراير ١٩٨٥
٢٩ ديسمبر ١٩٨٨	١٥ يناير ١٩٧٥	٧ فبراير ١٩٩٣
٢٩ ديسمبر ١٩٩٠	٣ يناير ١٩٧٦	
٨ ديسمبر ١٩٩٤	١٠ يناير ١٩٧٧	
	١٤ يناير ١٩٧٨	
	١ يناير ١٩٨٠	
	١٥ يناير ١٩٨١	
	١٨ يناير ١٩٨٢	
	١٥ يناير ١٩٨٧	
	١٨ يناير ١٩٨٢	
	١٥ يناير ١٩٨٧	
	٧ يناير ١٩٨٩	
	٧ يناير ١٩٩١	
	٦ يناير ١٩٩٢	
	٢ يناير ١٩٩٥	
	١٤ يناير ١٩٩٦	
	٢٧ يناير ١٩٩٧	
التكرار ٩	٢٠	٧
النسبة % ٢٥	٥٥.٥	١٩.٤

الطاقة الحرارية على هيئة موجات إشعاعية قصيرة عالية التكرار والتردد. أما الأجسام منخفضة الحرارة فأنها تبث الطاقة على هيئة موجات طويلة قليلة التكرار والتردد. ولذا فان أكثر من ٩٥ ٪ من الإشعاع الشمسي موجات قصيرة نظرا لشدة حرارة الشمس، بينما أكثر من ٩٥ ٪ من الإشعاع الأرضي موجات طويلة لانخفاض حرارتها [١]. وعند ما تصل الأشعة الشمسية لسطح الأرض فإنها تمتص جزء منها فترتفع حرارتها ولكنها لا تحتفظ بالحرارة بل تبثها الى الهواء المحيط بها فيسخن، وتزيد كمية الإشعاع الأرضي بارتفاع حرارة الأرض، ويتوقف عند ما تبرد.

٢ - التوصيل الحراري :

يحدث التوصيل الحراري بين الأجسام متباينة الحرارة، وتنتقل الحرارة من الأجسام الحارة الى الأجسام الباردة. ويزيد من سرعة انتقالها بين الجسمين زيادة الفرق بينهما في درجة الحرارة. وتتفاوت الأجسام في مقدرتهما على التوصيل الحراري حسب خصائص كل منها، وتقسم من حيث قدرة التوصيل الى ثلاثة أقسام، عالية التوصيل، متوسطة التوصيل، وضعيفة التوصيل (شكل ٥-٥) جدول ٥-٤). ويتوقف سريان الحرارة بين الأجسام الحارة والباردة حينماتتساوي حرارة الجسمين، وعندما يسخن سطح الأرض



شكل (٥-٥) تختلف المواد في توصيل الحرارة

١- أنظر الشكل ٤-٤، موضوع الطاقة وطول الموجة الإشعاعية تحت عنوان الإشعاع الشمسي.

(اليابسة و الماء) المعرض لأشعة الشمس فان الحرارة تنتقل منه الى الهواء الذي يعلوه بواسطة عملية التوصيل الحراري. ويحدث التوصيل الحراري بشكل مستمر بين سطح الأرض والهواء الذي يعلوه مباشرة. ويعتمد ذلك على درجة حرارة سطح الأرض والهواء الذي يعلوه، فعندما تكون درجة حرارة الأرض أعلى من حرارة الجو فان الحرارة تنتقل بواسطة التوصيل الحراري من سطح الأرض الى الهواء والعكس يحدث عندما تكون حرارة الأرض أقل من حرارة الهواء الذي يعلوها فان الحرارة تنقل من الهواء لسطح الأرض. ويقدر كمية الحرارة التي تنتقل من سطح الأرض الى الهواء بواسطة التوصيل الحراري سنويا بنحو ٢٠٠ مليون تريليون كالوري (١).

جدول (٥- ٥) التوصيل الحراري للأجسام

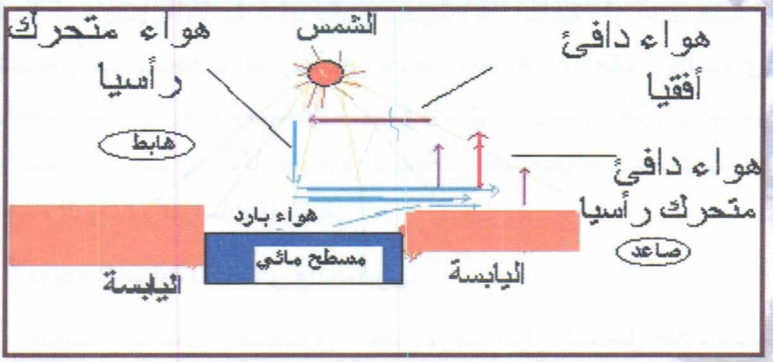
النوع	كالورى/ثانية/سم /م
كوارتز (مرو)	٠.٠٠٠٦٣
تربة جافة	٠.٠٠٠٤ – ٠.٠٠٠٨
طين رطب	٠.٠٠٢
تربة شبه رطبة	٠.٠٠٣ – ٠.٠٠٨
حجر جيري	٠.٠٠٤٨
حجر رملي	٠.٠٠٦٢
جرانيت	٠.٠٠٦٥
جليد (٠م)	٠.٠٠٥٣٥
هواء	٠.٠٠٠٥٤
ماء	٠.٠٠١٥
قشرة الأرض	٠.٠٠٤
ألمنيوم	٠.٤٩
حديد	٠.١٦٧
نحاس	٠.٩١٨
فضة	١.٠٠٦

Navarra,J., 1979,P.109.

1- Narvarra, J 1979, P. 109

٣. الحمل الحراري:

تنتقل الحرارة في الهواء والغاز والسوائل المختلفة نتيجة انتشار الحرارة بتحرك جزيئات السائل من نقطة لأخرى فيه. وتعرف هذه العملية بطريقة الحمل أو التصعيد(Convection) وبواسطتها تنتقل الحرارة من سطح الأرض الى الأجواء العليا. وعندما يتعرض سطح الأرض (اليابس و الماء) لأشعة الشمس فانه يسخن، و من ثم يسخن الهواء الملامس له فيتمدد وتقل كثافته ووزنه فيصعد لأعلى حاملا معه الحرارة، ويهبط هواء بارد لسطح الأرض فيسخن ومن ثم يرتفع الى أعلى، وهكذا يستمر الهواء الدافئ في الصعود ويهبط الهواء البارد، ويشكل دورة حمل حرارية. وتنتقل الحرارة أفقيا من مكان لأخر مصاحبة للهواء المتحرك أفقياً (الرياح) من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض. وتعرف هذه الحركة بحركة النقل الأفقية (Advection) شكل ٥ - ٦). ومن أمثلة انتقال الحرارة بطريقة الحمل الأفقي (Advection) ما يحدث في المناطق الساحلية من حركة الهواء بين اليابسة والبحر، والمعروفة بنسيم البر والبحر. وتحدث عندما تتعرض اليابسة لأشعة الشمس فإنها تسخن أسرع من المسطح المائي،



شكل (٥-٦) حركة الهواء الأفقية والرأسية

ونتيجة لذلك فان الهواء الملامس لسطح الأرض يسخن ثم يصعد الى أعلى فيحل محله هواء بارد قادم من جهة البحر فيلطف من حرارة اليابسة، ويهبط على سطح البحرهواء بارد من الأعلى. وتشكل هذه العملية دورة مستمرة بين اليابسة والبحر. وتلعب الحركة الرأسية الصاعدة و الهابطة، والحركة الأفقية للهواء دوراً مهماً في عملية التوازن الحراري بين سطح الأرض والغلاف الجوي، وبين المناطق الدافئة (مناطق الفائض الحراري) والمناطق الباردة (مناطقالعجز الحراري) من سطح الأرض حيث تخفف من برودة المناطق الباردة و تقلل من حرارة المناطق الدافئة.

تسجيل حرارة الجو:

تقاس حرارة الجو بواسطة أجهزة قياس الحرارة كالترمومتر والترموجراف. وتوضع الأجهزة في مكان محمي من تأثير أشعة الشمس المباشرة. ويستخدم عادة صندوق خشبي به فتحات من الجهات الثلاث تسمح بمرور الهواء داخله و لكن لا تسمح بدخول الأشعة الشمسية الى الأجهزة، و يرفع الصندوق عن سطح الأرض بنحو ١,٥ متر حتى لا يتأثر بالإشعاع الأرضي (صورة ٥- ١). وتتفاوت أجهزة الحرارة في أدائها فمنها ما يقرأ و يسجل مدة التسجيل المطلوبة. وقد تكون يومية (٢٤ ساعة) أو أسبوعية أو شهرية. ومن السجلات الحرارية يمكن معرفة درجة الحرارة العظمى والصغرى، والمعدلات الحرارية اليومية والشهرية والسنوية، والمدى الحراري اليومي والشهري والسنوي. ولكل من هذه البيانات خصائصها واستخدامها في الحياة اليومية والدراسات المناخية.

درجة الحرارة العظمى والصغرى:

يقصد بالعظمى (القصوى) أعلى درجة حرارة تسجل خلال فترة التسجيل ، والصغرى (الدنيا) أقل درجة حرارة تسجل خلال فترة التسجيل

صورة (٥-١) صندوق أجهزة رصد وتسجيل الحرارة والرطوبة مصنوع من الخشب يسمح بدخول الهواء ولكن لا يسمح بدخول الأشعة

سواء كانت السجلات يومية أو شهرية أوأسبوعية. ويمكن معرفة درجة الحرارة العظمى والصغرى باستعراض السجل الحراري.

المعدل الحراري (المتوسط) :

يعطي المعدل أو المتوسط الحراري فكرة عامة عن الحالة العامة السائدة لعنصرالحرارة خلال فترة التسجيل. ويتم الحصول عليه عن طريقين:

١- جمع درجة الحرارة العظمى مع درجة الحرارة الصغرى. ويقسم المجموع على أثنين:

$$\text{المعدل} = \frac{\text{العظمى + الصغرى}}{٢}$$

٢ -جمع قيم جميع القراءات التي تم تسجيلها خلال فترة التسجيل، وقسمة حاصل الجمع على عدد القراءات:

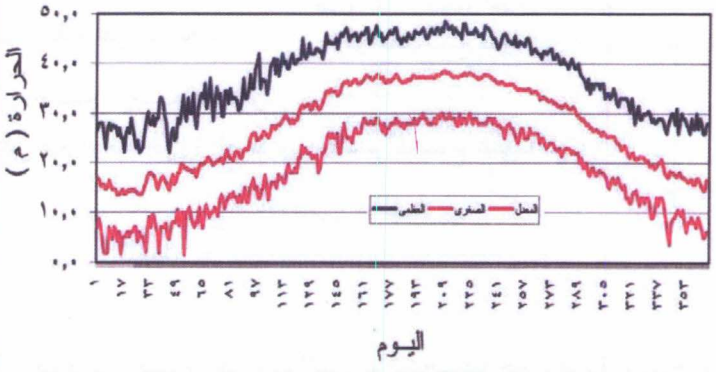
$$\text{المعدل} = \frac{\text{مجموع قيم القراءات}}{\text{عدد القراءات}}$$

ويعطي المعدل في كلا الحالتين فكرة جيدة عن متوسط الحرارة للجو السائد إذا كانت قيم القراءات الحرارية خلال فترة التسجيل متقاربة ليس بها حالات حرارية شاذة سواء كان ارتفاعًا شديداً أو انخفاضاً شديداً يؤثر في المعدل. وقد يشير الى الوسطية لكنه لا يبين مدى توزع القيم حول

الوسط، مثلا، المتوسط للأرقام التالية ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠ يساوي ٦، وهو المتوسط للأرقام التالية ٤، ٥، ٧ و٨ .

ومن المعدلات الحرارية؛ المعدل اليومي والمعدل الشهري والمعدل السنوي. ويعتبر المعدل الحراري اليومي الأساس في حساب المعدلات الأخرى (شكل ٥-٧). ويمكن حسابها على النحو التالي:

شكل (٥-٧) درجة الحرارة العظمى و الصغرى و المعدل اليومي لمدينة الرياض خلال الفترة ١٩٩٠ - ١٩٩٨م



المعدل الحراري اليومي:

يتم الحصول على المعدل الحراري اليومي بجمع الحرارة العظمى مع درجة الحرارة الصغرى، وقسمة الناتج على٢ أو جمع قيمة القراءات اليومية وقسمة الناتج على عدد القراءات.

$$\text{المعدل اليومي} = \frac{\text{درجة الحرارة العظمى}}{2} =$$

أو

مجموع قيمة القراءات

المعدل اليومي = ---------- =

عدد القراءات

المعدل الشهري:

جمع قيم المعدل اليومي لعدد أيام الشهر وقسمة الناتج على عدد أيام الشهرعلى النحوالتالي:

مجموع المعدل اليومي لعدد أيام الشهر

المعدل الشهري = ---------- =

عدد أيام الشهر

المعدل السنوي:

يتم الحصول على المعدل السنوي بجمع المعدلات الشهرية، ومن ثم قسمة الناتج على عدد أشهر السنة على النحو التالي:

مجموع المعدلات الشهرية

المعدل السنوي = ---------- =

عدد أشهر السنة

المدى الحراري: (Range)

يقصد بالمدى الحراري مقدار الفرق بين درجة الحرارة العظمى و الصغرى التي سجلت خلال فترة التسجيل. و للمدى الحراري أهمية في الدراسات المناخية والزراعية والدراسات التطبيقية الأخرى، فهو يعطي صورة عن مدى التباين الحراري اليومي و الشهري و السنوي.

ويتفاوت المدى الحراري على سطح الأرض من منطقة لأخرى. ويزيد بالاتجاه نحو القطبين شمالاً أو جنوباً من المنطقة الاستوائية للاختلاف

الكبير في كمية الأشعة الشمسية المكتسبة والمفقودة في المناطق القطبية (جدول ٥ - ٦). وكذلك يرتفع المدى الحراري بالابتعاد عن المناطق الساحلية حيث تسود القارية، ويقل تأثير المسطحات المائية. كما يتأثرالمدى الحراري بالارتفاع، فيزيد في المناطق المرتفعة ويقل في المناطق المنخفضة.

جدول (٥-٦) معدل درجة الحرارة و المدى الحراري حسب دوائر العرض

دائرة العرض	المعدل	المدى الحراري اسنوي (م)
٠ _ ١٠	٢٦	١
١٠ _ ٢٠	٢٧	٤
٢٠_٣٠	٢٦	٩
٣٠ _ ٤٠	٢٠	١٦
٤٠ _ ٥٠	١٤	٢٢
٥٠ _ ٦٠	٥	٢٧
٦٠ _ ٧٠	١-	٣٤
٧٠ _ ٨٠	١١-	٣٣
٨٠ _ ٩٠	٢٢-	٣٥

Miller,A., et al , 1983, p 24

ويرتفع المدى الحراري اليومي و الشهري و الفصلي و السنوي في المناطق الصحراوية بسبب ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعًا شديداً خلال النهار، وتتجاوز درجة ٤٥مْ خلال أيام الصيف. وتنخفض أثناء الليل الى نحو النصف أو أقل. وتتمتع المناطق الصحراوية خلال أشهر الصيف بمعدل حراري مرتفع و معدل منخفض في أشهر الشتاء، ومدى حراري كبير. ويزداد المدى الحراري بالابتعاد عن المسطحات المائية كما يتضح من الجدول (٥ - ٧) ارتفاع الحرارة والمدى الحراري في وسط المملكة حيث يتجاوز

معدل العظمى في شهر يوليو ٤٠ْم في مدينة الرياض والزلفي والخرج والافلاج والسليل.

ويتجاوز المدى بين معدل العظمى لشهر يوليو ومعدل الصغرى لشهر يناير ٢٠ْم، ويرجع ذلك لقارية المنطقة، بينما ينخفض في مدينة صبيا على ساحل

جدول (٥ - ٧) المعدلات السنوية و الفصلية و المدى الحراري لبعض محطات المملكة العربية السعودية (م)

المحطة	معدل العظمى يوليو ١	معدل الصغرى يناير ٢	المدى ٢-١	معدل العظمى السنوي	معدل الصغرى السنوي	المعدل السنوي	المعدل الصيف	الفصلي الشتاء	المدى الفصلي
أبها	٢٢,٣	٩,٤	١٢,٩	٢٢,٥	١٣,٢	١٧,٨	٢٢,٣	١٣,٥	٩,٨
الأفلاج	٤٤,٦	٩,٦	٣٤,٩	٣٨,٠	١٥,٨	٢٥,٣	٣٢,٨	١٥,٧	١٩,٦
الخرج	٤٤,٧	٦,٤	٣٨,٣	٣١,١	١٣,٧	٢٥,٢	٣٣,٨	١٦,٢	١٩,٥
الدوادمي	٣٩,٨	٨,٢	٣١,٦	٣١,٠	١٥,٨	٢٣,٩	٣١,٥	١٥,٠	١٧,٨
الرياض	٤٣,٠	٦,٥	٣٦,٥	٣٣,٣	١٥,٩	٢٤,٦	٣٢,٩	١٥,٣	١٩,٧
الزلفي	٤٢,٧	٦,٦	٣٦,١	٣٢,٧	١٥,٩	٢٤,٣	٣٢,٨	١٤,٣	٢٠,٢
السليل	٤٤,١	٨,٨	٣٥,٣	٣١,٩	١٧,٩	٢٦,٢	٣٤,٣	١٧,١	١٩,٣
الطائف	٣٤,٨	٦,٤	٢٨,٤	٣٠,٣	١٣,٠	٢٠,٢	٢٧,٣	١٥,٨	١٢,٤
القصيم	٣٦,٢	٦,٠	٣٠,٢	٢١,٠	١٠,٧	١٥,٩	٢٠,٠	١٠,٧	١١,٨
بالجرشي	٣١,١	٨,٥	٢٢,٦	٢٥,٥	١٢,٥	١٩,٠	٢٤,٢	١٣,٣	١٢,٢
بيشة	٣٨,٨	٩,٣	٢٩,٥	٣٣,١	١٦,٠	٢٥,٠	٣٠,٣	١٨,٣	١٢,١
تبوك	٤٠,١	١,٩	٣٨,٢	٣٠,٧	١٣,٥	٢١,٦	٣٠,١	١١,٩	٢٠,٤
حائل	٣٨,٨	٤,٤	٣٤,٤	٢٩,٢	١٤,٨	٢٢,٠	٣٠,٥	١٣,٢	٢٠,٤
حرض	٤٣,٥	٩,٧	٣٣,٩	٣٣,٧	١٧,٨	٢٥,٧	٣٢,٨	١٦,٤	١٨,٤
صبيا	٣٤,٩	٤١,٠	١٣,٩	٣٧,١	٢٥,٢	٣١,٢	٣٤,٧	٢٧	٨,٣
عنيزة	٤١,٥	٧,٤	٣٤,١	٣١,٨	١٦,٩	٢٤,٣	٣٢,٤	١٤,٧	١٩,٣

البحر الأحمر حيث يبلغ المدى بين معدل العظمى لشهر يوليو ومعدل الصغرى لشهر يناير ١٣,٩ْم، والمدى الفصلي ٨,٣ْم ويرجع انخفاضه لتأثير مياه البحر الأحمر.

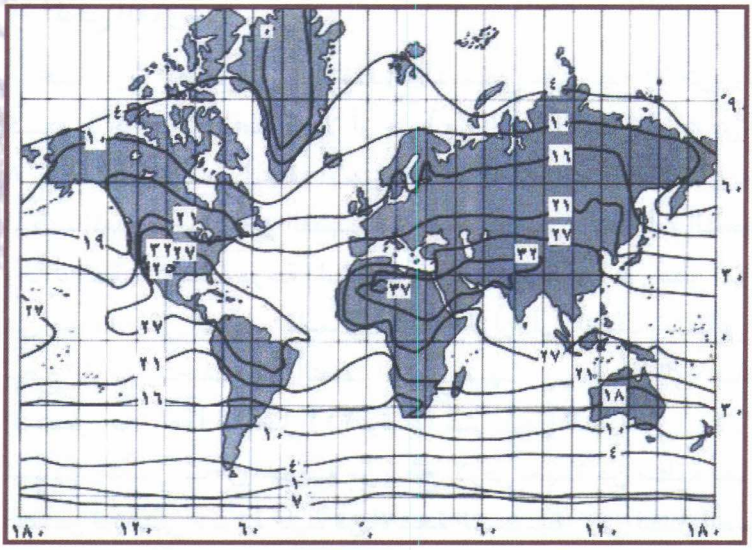
أهمية المدى الحراري:

يبين المدى الحراري مقدار الفرق بين الحرارة العظمى والحرارة الصغرى خلال فترة التسجيل. ويؤثر التباين الحراري الكبير في الكائنات الحية وغير الحية ، فمثلا تؤدي الحرارة الشديدة الى تمدد الأجسام الصلبة كالصخور و الجسور وقضبان الحديد ونحوها، بينما يؤدي انخفاض الحرارة الى انكماشها. واستمرار عملية التمددوالانكماش تؤثر في المواد الصلبة المختلفة فتضعفها وتؤدي الى تكسرها أو انحنائها. وتتأثرالكائنات الحية كثيراً بالتباين الحراري لأن لكل كائن حي نطاق حراري معين يعيش وينمو فيه بشكل طبيعي.

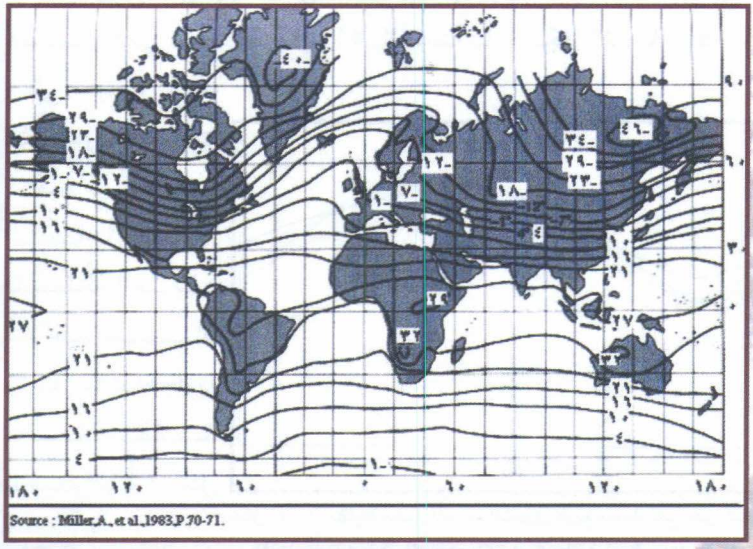
وعند ما ترتفع الحرارة أو تنخفض بشكل كبيرعن النطاق الحراري المناسب فانه يتأثر فيموت أو يتلف أو يصاب بالمرض. فمثلاً، عند ما يتعرض الإنسان أو الحيوان للحرارة في النهاروالبرودة في الليل فانه سوف يصاب بأمراض الحر و البرد التي قد تؤدي بحياته، وتتلف النباتات والمحاصيل الزراعية عندما تتعرض للحرارة الشديدة أو البرد الشديد.

التوزيع الجغراف للحرارة على سطح الأرض و العوامل المؤثرة فيه:

تتفاوت درجة حرارة سطح الأرض من مكان لأخر. ويرتبط توزيعها الجغرافي ارتباطاً وثيقاً بتوزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض، فالمناطق التي يتوفربها الإشعاع الشمسي بكميات كثيرة ترتفع حرارتها، أما المناطق التي تقل بها الأشعة فانها تكون باردة، وعلى العموم تزداد الحرارة بالاتجاه نحو المنطقة المدارية، و الاستوائية و العكس (شكل٥ - ٨ و ٥-٩). ويتأثر توزيع الحرارة على سطح الأرض بعدد من العوامل والمؤثرات الجوية و الأرضية ومنها الموقع بالنسبة لدوائر العرض، وتوزيع اليابس والماء، وحالة الجو السائدة، والتضاريس، وغيرها من العوامل ويمكن بيان تأثير العوامل التي تؤثر في الحرارة و توزيعها على سطح الأرض على النحو التالي:



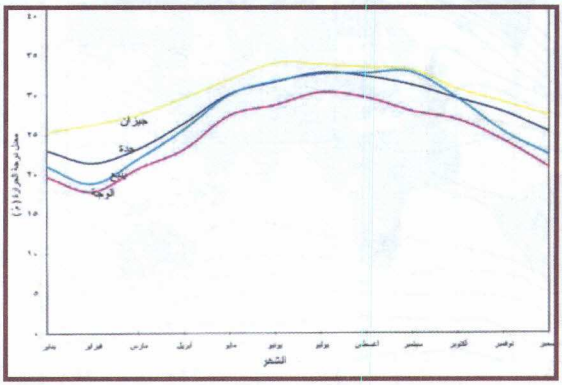
شكل (٥-٨) توزيع معدل درجة الحرارة لشهر يوليو (مْ)



شكل (٥-٨) توزيع معدل درجة الحرارة لشهر يناير (مْ)

١- الموقع العروضي:

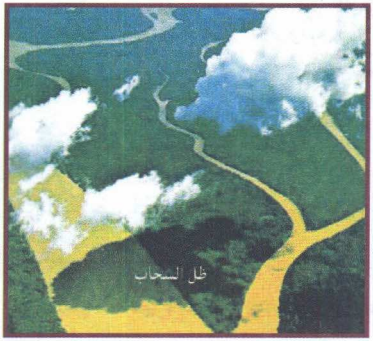
تحدد دوائر العرض توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض، وتقل كميته بشكل عام بالاتجاه شمالاً أو جنوباً من الدائرة الاستوائية (شكل ٥- ٨ و٥- ٩). ولذا تعتبرالمنطقة الاستوائية أحرالمناطق يليها المنطقة المدارية ثم المنطقة المعتدلة ثم المناطق القطبية الباردة حيث تسود الغطاءات الثلجية. وخلال العام، تختلف درجة الحرارة في المناطق الشمالية من سطح الأرض عن جنوبها. ففي الصيف الشمالي، ترتفع الحرارة في النصف الشمالي من سطح الأرض وتنخفض في النصف الجنوبي منها. ويرجع هذا الى تعامد الشمس خلال هذا الفصل (٢١يونيو) على مدار السرطان (٢٣,٥ شمالاً) وتكون المناطق الجنوبية من سطح الأرض بعيدة عن منطقة تعامد الشمس فتحظى بكمية قليلة من الأشعة الشمسية. وفي فصل الصيف الجنوبي، يحدث العكس ترتفع الحرارة في المناطق الجنوبية من سطح الأرض، وتنخفض في المناطق الشمالية بسبب تعامد الشمس في ٢١ ديسمبر على مدار الجدي (٢٣,٥ جنوباً) شكل (٥- ٨ و ٥- ٩). وعلى سبيل المثال تنخفض معدلات درجة حرارة مدن الساحل الغربي للمملكة العربية بالاتجاه شمال وتزيد بالاتجاه جنوبا نحو المنطقة الاستوائية (شكل ٥- ١٠).



شكل (٥-١٠) مقارنة معدل الحرارة الشهري لأربع محطا تقع على البحر الأحمر ومتقاربة في الإرتفاع ولكنها مختلفة في موقعها العروضي

٢- حالة الجو السائدة:

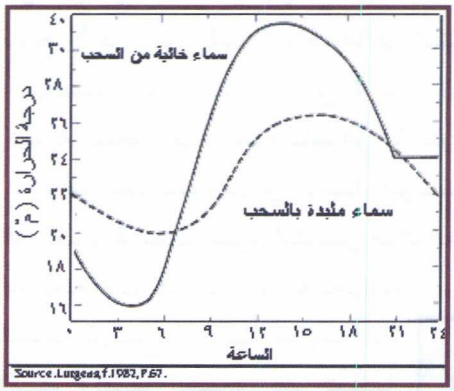
تلعب مكونات الجو المختلفة دوراً مهماً في اختلاف كمية الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الأرض. وتعتبر السحب أهم مكونات الجو التي تؤثر في وصول الأشعة الشمسية لسطح الأرض إذ أنها تحجب سطح الأرض من أشعة الشمس. ويعتمد تأثير السحب في حرارة سطح الأرض على عدد من العوامل منها كثافة وارتفاع السحب، ومقدار المساحة التي تغطيها من سطح الأرض،وطول فترة تواجدها في السماء. ويختلف توزيع السحب وكثافتها و فترة انتشارها في السماء من منطقة لأخرى. وتوجد مناطق كثيفة السحب طوال العام كالمناطق الاستوائية، ومناطق متوسطة الكثافة كالمناطق المعتدلة ومناطق الأمطار الموسمية، وتقل السحب في المناطق الصحراوية حيث تشرق الشمس طوال العام باستثناء ساعات أو أيام معدودة. ولذا فان المناطق الصحراوية تتميز بارتفاع حرارتها غالبية أيام السنة. وتعمل السحب على تعديل حرارة الجو حيث أنها تخفض درجة الحرارة العظمى وترفع درجة الحرارة الصغرى اليومية والشهرية والسنوية. ويتمثل ذلك أنها تحجب أشعة الشمس كلية أو جزئيا من الوصول لسطح الأرض فتعدل من حرارة الجو (صورة ٥-٢).



صورة (٥-٢) تحجب السحب الشمس من الوصول الى سطح الأرض

كما أن السحب يمكن أن تمنع الإشعاع الأرضي من الهروب الى الطبقات العليا من الجو فترفع من حرارة الجو. ويلاحظ ذلك أنه عندما تكون السحب متواجدة في السماء خلال النهار فان الجو يكون معتدل الحرارة وحينما تتواجد السحب في السماء ليلاً فان الجو يكون دافئاً (شكل ٥ -

١١). ويختلف تأثير السحب حسب ارتفاعها، وقد لوحظ أنه في الليالي التي يوجد بها سحب منخفضة أن الأرض تحتفظ بـ٧/١ مما تفقده في الأيام الصافية [١]. كما يعتمد تأثير السحب على حرارة الجو على وقت تكونها. فإذا تكونت قبل شروق الشمس فإنها تؤدي الى خفض درجة حرارة الجو لأنها تمنع من وصول الأشعة الشمسية لسطح الأرض البارد الذي فقد الطاقة الحرارية التي أكتسبها في اليوم السابق لشروق شمس اليوم الجديد. أما إذا تكونت السحب بعد شروق الشمس بفترة طويلة كأن تتكون بعد الظهر فإنها تؤدي الى رفع حرارة الجو لمنعها الأشعة الأرضية من الهروب للطبقات العليا من الجو.



شكل (٥-١١) تأثير السحب في درجة الحرارة اليومية

٣ - توزيع اليابس و الماء :

تختلف المسطحات المائية في خصائصها الطبيعية عن اليابسة، فاليابسة تكتسب الحرارة بسرعة وتفقدها بسرعة، بينما المسطحات المائية تكتسب الحرارة ببطء وتفقدها ببطء. ويرجع تفاوت الحرارة بينهما على الرغم من تجاورهما و تعرضهما لنفس كمية الطاقة الى الأسباب التالية:

١ - ثبات واستقرار الغطاء العلوي من اليابسة طوال الوقت يجعله عرضة لأشعة الشمس طوال فترة شروقها، بينما تتميز الأجزاء العلوية من المسطحات المائية بعدم ثباتها واستقرارها فهي متغيرة باستمرار فتكون عرضة لأشعة الشمس فترة زمنية قصيرة غير كافية لتسخينها.

1- Trewartha,G. 1968, P.146.

٢ - عدم تعمق الأشعة الشمسية اليومية في اليابسة بل تكتفي بتسخين السطح المستقبل للأشعة لعمق عدة مليميترات فقط، بينما تتعمق بعض أشعة الشمس لعدة أمتار في المسطحات المائية فتسخن كمية كبيرة من المياه بعكس الأشعة التي تسقط على اليابسة فتسخن السطح العلوي من الصخور، و يقتصر تأثيرالأشعة اليومية في اليابسة على الجزء العلوي منها، و قد يصل تأثيرها السنوي الى عمق ٢٠ قدما. بينما يصل تأثيرها السنوي في مياه البحار و المحطات الى عمق يتراوح بين ٦٠٠ و ٢٠٠٠ قدم [١].

٣- تعكس المسطحات المائية جزءاً كبيراً من الأشعة الساقطة عليه، ويعتمد ذلك على زاوية سقوط الأشعة. و على سبيل المثال إذا كان مقدار زاوية سقوط الأشعة على المسطح المائي ١٥° فان المسطح المائي يعكس أكثر من ٥٠ من الأشعة الشمسية الساقطة عليه [٢].

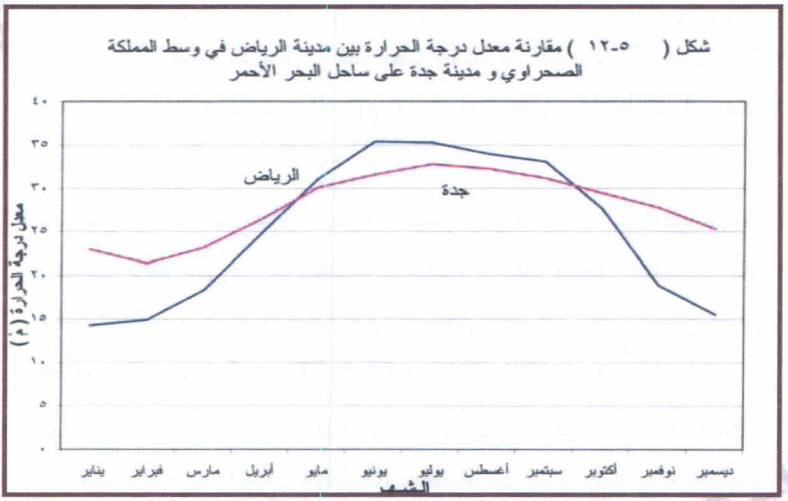
٤- اختلاف اليابسة عن المسطحات المائية في السعة الحرارية (Heat Capacity) حيث تحتاج المسطحات المائية لثلاثة أضعاف ما تحتاجه اليابسة من الطاقة لرفع درجة حرارته للدرجة المطلوبة.

وعلى سبيل المثال، إذا كان يتطلب ١سم٣ من اليابس لـ ١م٣ لرفع درجة حرارته، فان نفس الحجم من الماء يحتاج الى ٣م٣ لرفع درجة حرارته الى نفس حرارة اليابسة.

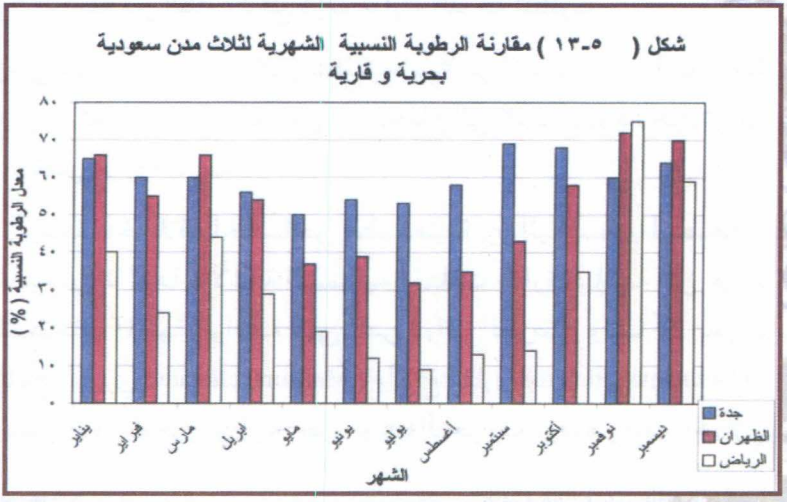
وبسبب اختلاف الخصائص الطبيعية بين اليابسة والمسطحات المائية في تأثرها بالأشعة الشمسية اختلفت حرارة اليابسة عن حرارة المسطحات المائية الواقعة على نفس دوائر العرض، ونشأ ما يعرف بالمناخ البحري (Maritime climate) والمناخ القاري (Continental climate) ويتميز المناخ البحري برطوبة جوه، واعتدال حرارته، وصغر المدى الحراري

1- Trewartha,G. 1968, P.28.
2- Barry, R.&R. Chorley, P. 22

اليومي و الفصلي والسنوي، بينما يتميز المناخ الصحراوي بجفافه، وارتفاع حرارته خلال النهار وانخفاضها أثناء الليل، وترتفع في الصيف وتنخفض في فصل الشتاء. ويتميز المناخ القاري بمدى حراري كبير يومي وفصلي وسنوي (شكل ٥ - ١٢ و٥- ١٣).

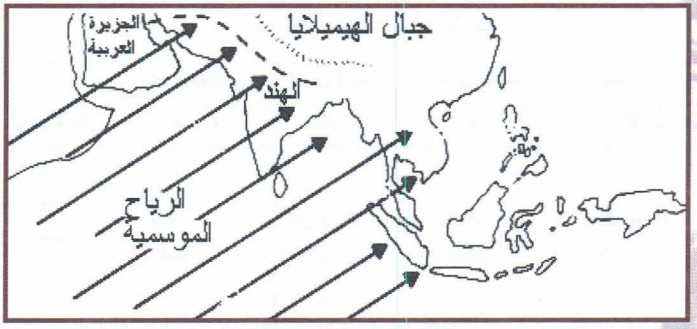


شكل (٥-١٢) مقارنة معدل درجة الحرارة بين مدينة الرياض في وسط المملكة الصحراوي و مدينة جدة على ساحل البحر الأحمر



شكل (٥-١٣) مقارنة الرطوبة النسبية الشهرية لثلاث مدن سعودية بحرية و قارية

وتختلف درجة الحرارة بين اليابسة و المسطحات المائية خلال اليوم والفصل. وتكون المسطحات المائية خلال النهار أبرد من اليابسة فيتكّون ضغطاً مرتفعاً على المياه وضغطاً منخفضاً على اليابسة فيتحرك الهواء من المسطحات المائية الباردة نحو اليابسة فتجلب لها الرطوبة وتلطف جوها، وتعرف هذه العملية بنسيم البحر. ويتفاوت تأثيرالمسطحات المائية في أجواء اليابسة على مساحة المسطح المائي، و اتجاه الرياح. ويكون تأثير المحيطات في أجواء اليابسة أكبر من تأثير البحار الواسعة ، والتي يكون تأثيرها أكبر في أجواء اليابسة من تأثيرالبحار و الخلجان البحرية المتوسطة والصغيرة، وهكذا. ويكون تأثير المسطحات المائية أعمق في اليابسة عند ما تسير الرياح فوق المسطح المائي لمسافة طويلة، و تكون متعامدة على اليابسة، ولا يوجد عوائق تمنعها من التعمق في اليابسة كالجبال كما هو الحال في المرتفعات الجنوبية الغربية الواقعة في جنوب غرب شبه الجزيرة العربية التي تمنع الرياح الجنوبية الغربية الرطبة (الرياح الموسمية) من التعمق نحو الأراضي الداخلية مما زاد في قارية جوها، كما يلاحظ قارية جنوب الجزيرة العربية على الرغم من قربه من المحيط الهندي لأن الرياح البحرية الرطبة لا تتعامد على سواحل شبه الجزيرة العربية بل تسير محاذية له (شكل ٥- ١٤).



شكل (٥-١٤) تتعامد الرياح الموسمية على شبه الجزيرة الهندية وجنوب أسيا وتسقط كميات غزيرة من الأمطار عليها بينما تسير محاذية للساحل الجنوبي من شبه جزيرة العرب فلا تسقط الأمطار عليه

٤ - التضاريس :

تختلف حرارة اليابسة من منطقة لأخرى نتيجة اختلاف التضاريس ويتمثل تأثير التضاريس في ارتفاعها وانخفاضها، واختلاف اتجاه مرتفعاتها، واختلاف خصائص مكوناتها.

أ - تأثير الارتفاع في الحرارة:

يؤثر ارتفاع التضاريس في درجة الحرارة حيث تنخفض الحرارة بارتفاع التضاريس بمعدل ١مْ لكل ١٥٠ متراً. ويختلف هذا المعدل على سطح الأرض من مكان لأخر و من فصل لأخر، وكذلك بالقرب والبعد من سطح الأرض. فقد وجد أن معدل انخفاض الحرارة في فصل الصيف (شهر يوليو) يزداد بالابتعاد عن سطح الأرض ويساوي ٥مْ من سطح الأرض الى ارتفاع ٢٠٠٠ متراً ، و٦مْ ما بين ارتفاع ٤٠٠٠ و٦٠٠٠ متراً. ويختلف المعدل الفصلي لانخفاض الحرارة باختلاف المناطق المناخية (جدول ٥- ٨). ويتبن من الجدول اختلاف معدل انخفاض الحرارة من فصل لأخر، ويلاحظ زيادة معدل انخفاض الحرارة في المناطق المدارية و الصحراوية حيث يتجاوز ٨ درجات مئوية لكل ١٠٠٠متر في فصل الصيف و٥ درجات مئوية في فصل الشتاء.

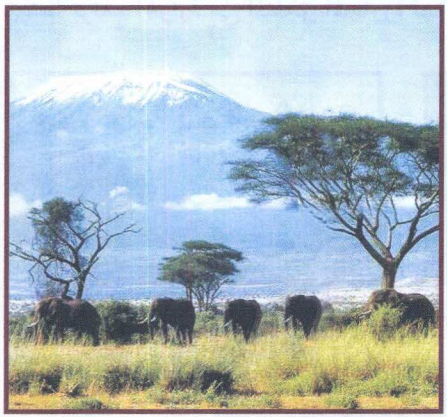
جدول (٥ـ ٨) معدل انخفاض الحرارة مع الارتفاع في الطبقات السفلية من الغلاف الجوي (١٠٠٠ ـ ١٥٠٠ متر من سطح الأرض)

المناخ	فصل العظمى	المعدل (م/كم)	فصل الصغرى	المعدل (م/كم)
مداري ممطر	فصل جاف	أكثر من ٥	فصل ممطر	أكثر من ٤,٥
شبه مداري (صحراوي) البحر المتوسط	صيف الشتاء	أكثر من ٨ أكثر من ٨	الشتاء الصيف	أكثر من ٥ اقل من ٥
العروض الوسطى	الصيف الصيف	أكثر من ٦ أكثر من ٥	الشتاء الشتاء	٥ ـ ٠ ٠

Barry & Chorley,1982, p.50

ويرجع انخفاض الحرارة مع ارتفاع الأرض الى عدد من العوامل والمؤثرات منها الابتعاد عن تأثير الإشعاع الأرضي، وكما هو معروف فان الأرض بعد أن تسخن فانها تسخن الهواء الذي يعلوها بواسطة وسائل نقل الحرارة المعروفة، وهي الإشعاع والتوصيل والحمل. وينتج عن ذلك أن الهواء الملامس لسطح الأرض يحظى بالنصيب الأوفر من حرارة الأرض. وتلعب العوالق الجوية دوراً مهماً في رفع درجة حرارة سطح الأرض والهواء المنخفض المحيط به حيث أنها تمنع الإشعاع الأرضي (الموجات الطويلة) من الهروب الى الأجزاء العلوية من الغلاف الجوي والى الفضاء الخارجي فتحبسها قريبا من سطح الأرض. ويزداد تأثير العوالق الجوية بالقرب من سطح الأرض بسبب زيادة كثافتها لقربها من مصادرها الأرضية ، وتقل كثافتها بالابتعاد من سطح الأرض. وهذا يجعل أجواء المرتفعات العالية قليلة العوالق الجوية، فيساعد ذلك على هروب الأشعة طويلة الموجة المنبعثة من أسطح المرتفعات الى طبقات الجو العليا.

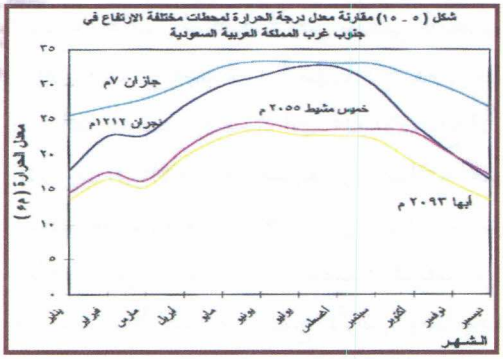
وبسبب تأثير ارتفاع التضاريس في الحرارة فانها تزداد في الجزء الأسفل من طبقة التربوسفير بنسبة ما بين ٥ - ١٥ ٪ لكل ١٠٠٠ متر في الأجزاء السفلية من طبقة التربوسفير[1]، ولذا نجد أن الحرارة في المناطق الجبلية والهضبية أقل منها في المناطق المنخفضة، وخلقت أجواء باردة



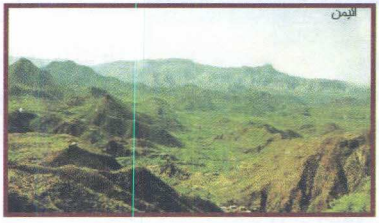
صورة (٥-٣) تكسو الثلوج جبل كليمنجارو بأفريقيا الحارة بسبب ارتفاعه

1- Barry & Chorleyip 1982,p.31

ومعتدلة في المناطق الاستوائية والمدارية وشبه المدارية، كما هو الحال في مرتفعات شرق ووسط أفريقيا كجبل كلمنجاروالذي يبلغ ارتفاعه ٥٨٩٥ متراً، وتغطي الثلوج قمته (صورة ٥- ٣)، وكذلك مرتفعات جنوب شبه الجزيرة العربية في المملكة العربية السعودية واليمن وعُمان الواقعة في النطاق المداري وشبه المداري، وتنخفض الحرارة في هذه المرتفعات مما جعلها تتميز عن المناطق المحيطة بها باعتدال جوها وكثافة نباتها، وجعلها مناطق سياحية في فصل الصيف بينما ترتفع الحرارة في المناطق المجاورة لها (شكل ٥-١٥ وصور٥-٤).



شكل (٥-١٥) مقارنة معدل درجة الحرارة في محطات مختلفة الارتفاع في جنوب غرب المملكة العربية السعودية



صورة (٥-٤) تختلف البيئة المناخية والنباتية في المناطق الجبلية عن بيئة المناطق المنخفضة المحيطة بها

ب- تأثير اتجاه التضاريس في الحرارة :

تأخذ المرتفعات اتجاهات مختلفة. ويؤدي هذا الى اختلاف توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض الذي بدوره يؤثر في توزيع الحرارة على سطح الأرض. وفي النصف الشمالي من الأرض تتعرض السفوح الشرقية للمرتفعات للإشعاع الشمسي من شروق الشمس في الصباح حتى وقت الزوال، بينما تكون السفوح الغربية للمرتفعات واقعة في الظل. ويحدث العكس بعد الزوال حيث تقع السفوح الغربية تحت تأثير أشعة الشمس حتى غروب الشمس، بينما يسود الظل السفوح الشرقية. وتحظى السفوح والواجهات الجنوبية للمرتفعات بنصيب أكبر من الأشعة الشمسية التي تحظى بها الواجهات والسفوح الشمالية. وتتفاوت كمية الإشعاع الشمسي اليومية و الفصلية نتيجة تفاوت واجهات المرتفعات ، واختلاف موقع المرتفعات بالنسبة لموقع منطقة تعامد الشمس خلال فصول السنة، وهذا يؤدي الى اختلاف وتباين الحرارة خلال العام في المناطق غير المستوية خلال العام. وعلى العموم، فان السفوح و الواجهات الشمالية للمرتفعات الواقعة شمال مدار السرطان (٢٣,٥ شمالاً) خلال فصل الصيف الشمالي تكون باردة، أما السفوح الجنوبية فتتميز بدفئها، ولذا يلاحظ انتشار الاستيطان بها. ولارتفاع واختلاف اتجاه المرتفاعات تأثير في صد الرياح الباردة أ والحارة ومنعها من الاستمرار فتحمي المناطق الواقعة في ظلها من الرياح الباردة أو الرياح الحارة. فمثلا عندما تهب رياح شمالية باردة نحو الجنوب وتصطدم بالمرتفعات فانها تغير من مسارها بالارتفاع الى أعلى أو الانحراف حولها فتحمي المناطق الواقعة في السفح الجنوبي منها من تأثير الرياح الشديدة البرودة، وأحيانا تصعد الرياح لأعلى حتى تصل لقمة المرتفعات ثم تنزلق منحدرة على السفح الجنوبي فترتفع حرارتها بسبب نزولها نحو الأسفل والاحتكاك بصخور السفح فتزيد من حرارة المناطق الواقعة في الجنوب من الجبل أو المرتفع، وقد يحدث العكس أن

تهب رياح حارة من الجنوب نحو الشمال فتصطدم بالمرتفعات فتحد من تعمقها نحو المناطق الشمالية الباردة.

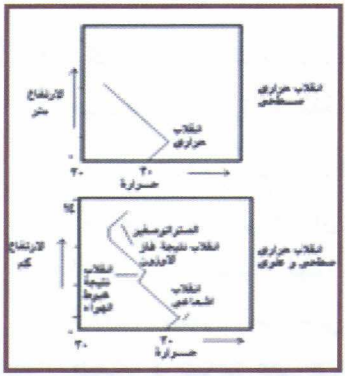
جـ - طبيعة سطح الأرض :

يختلف المناخ بسبب اختلاف مكونات سطح الأرض. ويتكون سطح الأرض من المسطحات المائية و الصخور والتربة والغطاء النباتي. ويختلف تأثير مكونات سطح الأرض في عمليات امتصاص الأشعة الشمسية وعكسها، وقدرتها على بث الطاقة، والتوصيل الحراري ويرجع ذلك الى اختلاف العناصر المكونة لها واختلاف ألوانها. وقدنتج عن اختلاف طبيعة سطح الأرض نشوء مناخات إقليمية متوسطة ومحلية صغيرة. فمثلاً، في المناطق التي تنتشر فيها مياه البحار والبحيرات والأنهار والمستنقعات والغابات والمزارع والحدائق يكون فيها الجو لطيفاً معتدل الحرارة ومدى حراري متوسط أو قليل جداً. أما المناطق الصخرية والرملية والمناطق الصحراوية قليلة الغطاء النباتي فانها تتمتع بجو قاري حار في النهار بارد في الليل، ومدى حراري كبير. وتتفاوت حرارة الصخور والرمال والترب نظراً لاختلاف عناصر مكوناتها و ألوانها التي تؤثر في مقدرتها على امتصاص الأشعة وعكسها وبث الطاقة الحرارية. وتختلف حرارة الصخورالنارية والمتحولة عن حرارة الصخورالرسوبية، وتختلف كذلك حرارة الصخورالنارية والرسوبية لاختلاف ألوانها فالرمال الحمراء أوالبرتقالية تكون أحر من الرمال البيضاء، كما أن حرارة المناطق الصخرية والرملية أحر من حرارة المناطق الترابية. وتتفاوت حرارة الترب حسب ألوانها و نسبة رطوبتها. وعلى سبيل المثال، تتميز المملكة العربية السعودية بالحرارة الشديدة خلال الصيف، وقد تبين من دراسة مناخ المملكة بشكل تفصيلي اختلاف حرارة أجوائها من منطقة لأخرى بسبب اختلاف مكونات سطحها، فتتميز المناطق الصخرية النارية الأصل في غرب المملكة بالحرارة الشديدة أثناء النهار والبرودة في الليل ، أما الصخور الرسوبية المنتشرة في بقية

مناطق المملكة فتتميز بحرارة أقل، كما تتميز المناطق الرملية بارتفاع حرارتها في النهار و البرودة في الليل. وتتميز المناطق الترابية بأنواعها بالاعتدال فهي ليست حارة في النهار ولا باردة في الليل. وتتمتع الواحات والمناطق الزراعية بجو لطيف الحرارة يختلف عن المناطق الصخرية و الرملية المحيطة بها فينتج عنه ما يعرف بنسيم الواحة والصحراء.

الانقلاب الحراري:

تنخفض حرارة الجو بالابتعاد من سطح الأرض ولكن يحصل بعض الأحيان أن درجة الحرارة تزيد مع الارتفاع الى أعلى في الجو بدلا من انخفاضها، وهي حالة استثنائية تقع خلال فترة زمنية قصيرة وعلى نطاق محلي، وتعرف هذه الحالة بالانقلاب الحراري (Temperature inversion)



شكل (٥-١٦) الانقلاب الحراري السحطي والعلوي

ويحدث الانقلاب الحراري بالقرب من سطح الأرض، ويعرف بالانقلاب الحراري السطحي-(Surface temperature inver sion) و يحدث أيضا في الطبقات العليا من الجو، ويعرف بالانقلاب الحراري العلوي Upper (temperature inversion)(شكل ٥-١٦). ولكل من الانقلاب الحراري السطحي و العلوي أسبابه و أثاره الجوية.

أ - الانقلاب الحراري السطحي:

يحدث الانقلاب الحراري السطحي بالقرب من سطح الأرض حيث يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة بالارتفاع في الجو (شكل ٥-١٦). ويرجع ذلك الى عدد من العوامل والمؤثرات منها:

١- طول الليل في فصل الشتاء حيث يقصر النهار و يطول الليل فتفوق كمية الأشعة المفقودة كمية الأشعة المكتسبة فيبرد سطح الأرض، ويكون الهواء الذي يعلوه أدفئ منه.

٢- خلو السماء من السحب، أو تكون عالية جداً حيث تكون كمية الحرارة المفقودة بواسطة الإشعاع الأرضي كبيرة بسبب عدم وجود مانع يمنعها من الهروب نحو الفضاء الخارجي.

٣- جفاف الجو حيث أن الهواء الجاف يمتص كمية بسيطة من الأشعة بعكس الهواء الرطب.

٤- ركود الهواء واستقراره ، فاستقرار الهواء لا يساعد على خلطه ومزجه فيستقرالهواء فوق المنطقة لفترة طويلة فترتفع درجة حرارته.

٥- الغطاء الثلجي: يساعد الغطاء الثلجي على عكس نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي فيقلل من كمية الأشعة الشمسية الواصلة لسطح الأرض، ويستفيد الهواء الذي يعلوها من الأشعة المنعكسة بواسطة الغطاء الثلجي المنتشرعلى سطح الأرض. ويعتبر الغطاء الثلجي موصلاً ضعيفاً لا يساعد على خروج الحرارة المخزنة في الأرض الى سطحها.

٦- مرور هواء دافئ بالمنطقة بعيداًعن سطح الأرض فيكون الهواء المرتفع أدفئ من الهواء الملامس للسطح مباشرة.

٧ - مرور هواء بارد على سطح الأرض، ويحدث أن يهب أحياناً هواء بارد على سطح الأرض مباشرة فيجعل الهواء الملامس للسطح أبرد من الهواء الذي يعلوه.

٨ - انحدار الهواء على السفوح الجبلية: ينحدرالهواء البارد في المناطق المرتفعة نحوالمناطق المنخفضة. ففي مناطق الأودية ينحدر الهواء في الليل من قمم المرتفعات نحو بواطن الأودية فيسخن الهواء البارد

المنحدر نتيجة نزوله نحوالأسفل واحتكاكه بالسفوح، ويتكّون انقلاب حراري على سفوح المرتفعات، و يكون الهواء فيها أدفئ من الهواء الذي يعلوه والهواء الذي أسفل منه. وقد أستغل سكان المناطق الباردة منطقة الانقلاب الحراري التي تتشكل في مناطق الأودية بزراعة محاصيل زراعية، وتربية حيوانات مناسبة لحرارة منطقة الانقلاب الحراري. وينشأ عن الانقلاب الحراري توقف حركة الهواء الرأسية ونشوء حالة من استقرار الجو. وهذه الحالة لا تساعد على تكون السحب الممطرة، كما أنها تساعد على تشكل الدخان فوق المدن والمناطق الصناعية الناتج عن حركة السيارات والمصانع ومداخن التدفئة والطبخ وغيرها. ويكون لها أثار صحية سيئة في حالة استقرارها لفترة طويلة أو تكرارها كثيراً. وتنتهي ظاهرة الانقلاب الحراري الناتجة عن الإشعاع الأرضي في الغالب بعد شروق الشمس حيث تبدأ تسخن الأرض، ومن ثم يتلاشى الانقلاب الحراري السائد في الجو.

ب - الانقلاب الحراري العلوي:

يحدث الانقلاب الحراري العلوي بعيدا عن سطح الأرض (شكل ٥ - ١٦) نتيجة عدد من الأسباب، ومنها:

١- وجود غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير. ترتفع درجة الحرارة في الطبقة الثانية من الغلاف الجوي،المعروفة بطبقة الستراتوسفير حيث يوجد غاز الأوزون. ويقوم هذا الغاز بامتصاص الأشعة الشمسية الضارة (الأشعة تحت الحمراء) فيؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة في الطبقة، ونشوء انقلاب حراري علوي في طبقة الستراتوسفير.

٢- التقاء الكتل الهوائية مختلفة الخصائص: عندما تلتقي كتلة هوائية باردة بكتلة هوائية دافئة فانها تكّون جبهة هوائية ، ويرتفع الهواء الدافئ الى أعلى بينما يكون الهواء البارد أسفل منه.

٣- هبوط الهواء البارد من الطبقات العليا الى الطبقات السفلى من الجو يؤدي الى ارتفاع حرارته بسبب نزوله من الطبقات العليا الباردة الى الطبقات السفلية الأدفى منه، وكذلك بسبب تأثير احتكاك الهواء الهابط بالهواء المحيط به. ويكّون الهواء الهابط انقلابًا حرارياً علوي. ويحدث ذلك كثيراً في أجواء مناطق الضغط المرتفع الأرضي حيث يهبط الهواء من الطبقات العليا ليحل محل الهواء المتحرك من منطقة الضغط المرتفع الأرضي نحو مناطق الضغط المنخفض. ويعتبرالانقلاب الحراري العلوي الذي يقع فوق أجواءمناطق الضغط المرتفع سبباً في جفاف مناطق الضغط المرتفع المداري الذي تشغله المناطق الجافة. ويكون تأثير الانقلاب الحراري العلوي سبباً في جفاف مناطق الضغط المرتفع شبه المداري للأسباب التالية:

١ - ترتفع حرارة الهواء الهابط من الطبقات العلوية نحو الأسفل، وارتفاع الحرارة لا يساعد على تكاثف قطرات الماء بل يؤدي الى تبخرها.

٢-يؤدي الانقلاب الحراري العلوي الى هدوء واستقرار الهواء،ويمنع ذلك التيارات الهوائية الصاعدة من الاستمرار في الصعود الى أعلى. وهذا لا يساعد على البرودة وتكاثف بخار الماء الموجود في الهواء، و من ثم تكوّن السحب و سقوط الأمطار.

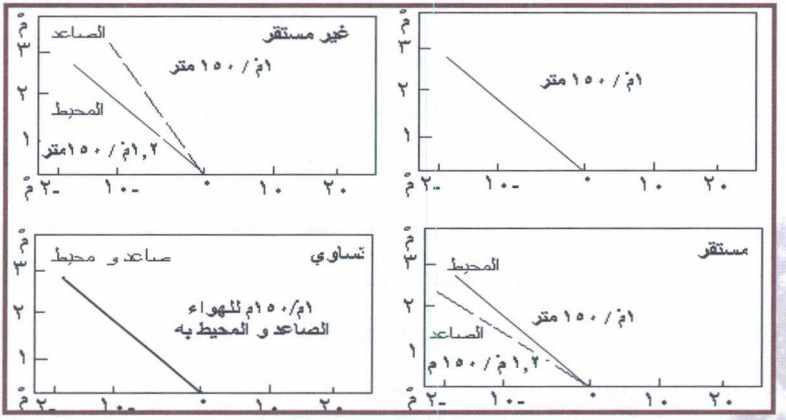
حالة الهواء الصاعد:

يصعد الهواء الدافئ الى أعلى بسبب الطاقة التي يخزنها، ولكنه يفقدها بالابتعادعن سطح الأرض، ويختلف معدل أنخفاض حرارة الهواء الرطب عن الهواء الجاف. ولا تخلو خصائص الهواء الصاعد من ثلاث حالات (شكل ٥-١٧):

١-أن يكون الهواء الصاعد أدفئ من هواء الجو المحيط به. وفي هذه الحالة فان معدل أنخفاض الهواء الصاعد أقل من أنخفاض الهواء المحيط به، فيكون الهواء الصاعد في حالة غير مستقرة فيستمر في الصعود.

٢-أن يكون الهواء الصاعد أبرد من الهواء المحيط به، أي أن معدل أنخفاض درجة حرارته أعلى من معدل أنخفاض درجة حرارة الهواء المحيط به، فيكون الهواء الصاعد في هذه الحالة مستقر.

٣-أن يتساوى معدل أنخفاض معدل الهواء الصاعد مع معدل أنخفاض الهواء المحيط به ، فيكون الجو في حالة أعتدال.



شكل (٥-١٧) حالة الهواء الصاعد الى أعلى

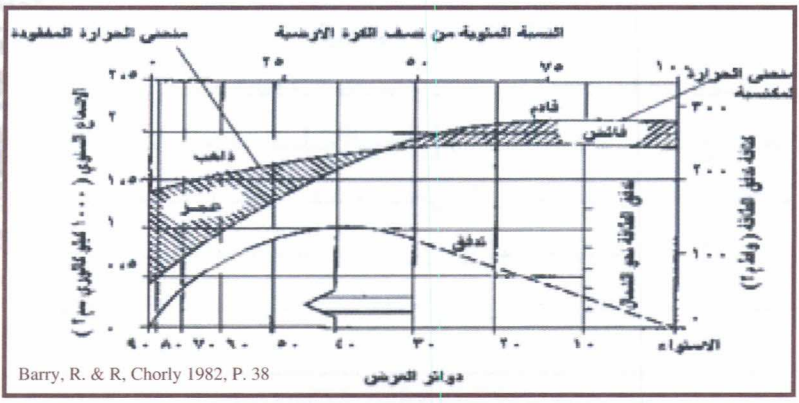
التوازن الحراري للغلاف الجوي والأرض:

تتعامد الشمس خلال العام على الجزء الأوسط من سطح الأرض، فتتعامد خلال فصلي الربيع والخريف على الدائرة الاستوائية (صفر)، وعلى دائرة العرض ٢٣,٥° شمالاً (مدار السرطان) في فصل الصيف الشمالي، وعلى دائرة العرض ٢٣,٥° جنوبًا (مدار الجدي) في فصل

الصيف الجنوبي. وينتج عن ذلك تراكم كميات ضخمة من الطاقة في الجزء الأوسط من سطح الأرض (فائض حراري) وكمية قليلة من الطاقة في العروض البعيدة (عجز حراري)، وبالتالي تكون الحياة غير ممكنة على سطح الأرض لارتفاع حرارة العروض الدنيا منها وانخفاض شديد في حرارة العروض العليا، إلا أن الواقع غير ذلك حيث أن الحياة ممكنة في كلتا المنطقتين بسبب التوازن الحراري بين الأرض والغلاف الجوي، وكذلك بين العروض الوسطى والعروض العليا من سطح الأرض (شكل ٥ - ١٨). ويتمثل ذلك في انتقال الطاقة المحسوسة و الكامنة من سطح الأرض للغلاف الجوي الذي يعلوه، وكذلك بين العروض الحارة والباردة من سطح الأرض، حيث تنتقل الطاقة كحرارة محسوسة Sensible Heat بواسطة الاضطرابات و التيارات الهوائية، أو كحرارة كامنة Latent Heat في الماء وبخار الماء (شكل ٥ -١٩).

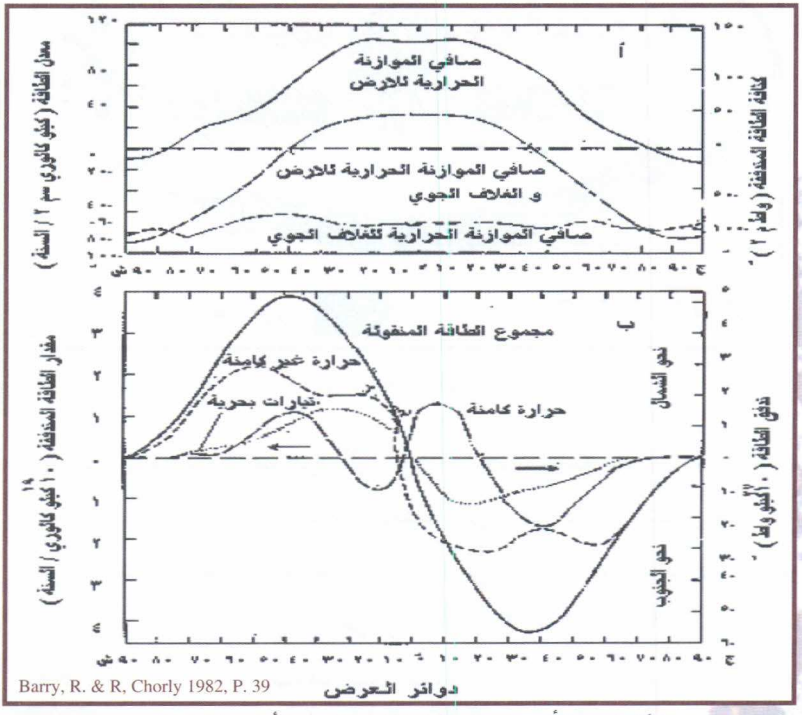
وعند ما تسقط الطاقة الشمسية على سطح الأرض تعمل على تسخين اليابسة و الهواء و المسطحات المائية. وتنتقل الطاقة بين اليابسة والهواء الذي يعلوه وبين مناطق اليابسة المختلفة بواسطة الحمل الحراري Convection والتوصيل الحراري . Conduction وتعمل الاضطرابات الهوائية الرأسية المختلفة على نقل الحرارة بين سطح الأرض والغلاف الجوي. وتعمل الحركة الأفقية للهواء العلوية والسفلية على نقل الهواء بين مختلف سطح الأرض الحار والبارد. وعند ما تتعرض المسطحات المائية لحرارة الشمس فانها تسخن وتتبخر وتصعد جزئيات الماء الى الغلاف الجوي مصحوبة بطاقة حرارية مخزنة. وحينما تتعرض الأبخرة المائية للبرودة فانها تتكاثف Condensation، وتطلق الطاقة الى البيئة المحيطة بها.

ويحتاج ١ جرام من الماء ليتحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية



Barry, R. & R, Chorly 1982, P. 38

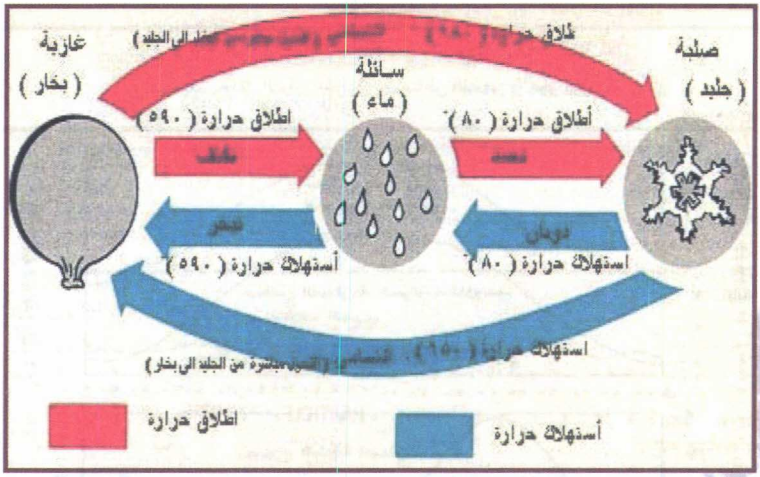
شكل ٥-١٨ الموازنة بين الاشعة المكتسبه والمفقودة للارض والغلاف الجوي
وكيف يحدث التوازن الحراري بين مناطق الفائض والعجز الحراري



Barry, R. & R, Chorly 1982, P. 39

شكل (٥-١٩ أ، ب) صافي الموازنة الحرارية لسطح الأرض والغلاف الجوي
والمعدل السنوي لتدفق الطاقة نحو القطبين

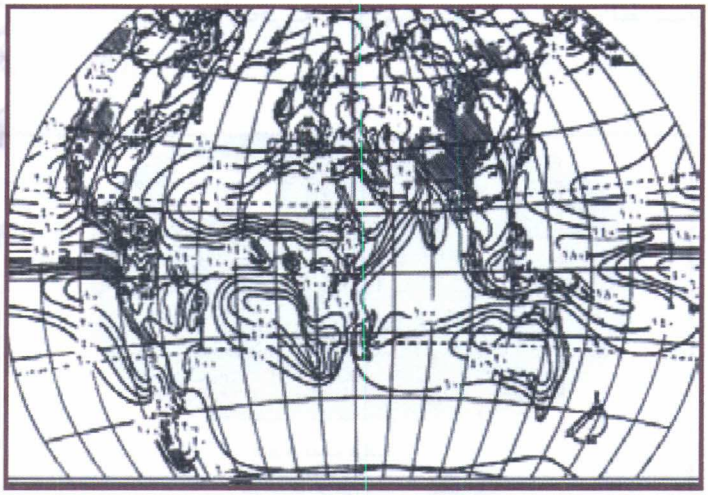
لـ ٦٠٠ حريرة من الطاقة. وليتحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة يطلق ٨٠ حريرة من الطاقة. وعند ما يتحول مباشرة من الحالة الصلبة الى الحالة الغازية، وتعرف بعملية التسامي Sublimation فانه يحتاج لـ ٦٨٠ حريرة من الطاقة. والعكس عند ما يتحول ١جرام من الماء من الحالة الغازية الى الحالة الصلبة فانه يطلق ٦٨٠ حريرة من الطاقة (شكل ٥-٢٠). وعند ما تتكاثف الابخرة المائية المتصاعدة في الجو و تطلق حرارتها الى البيئة



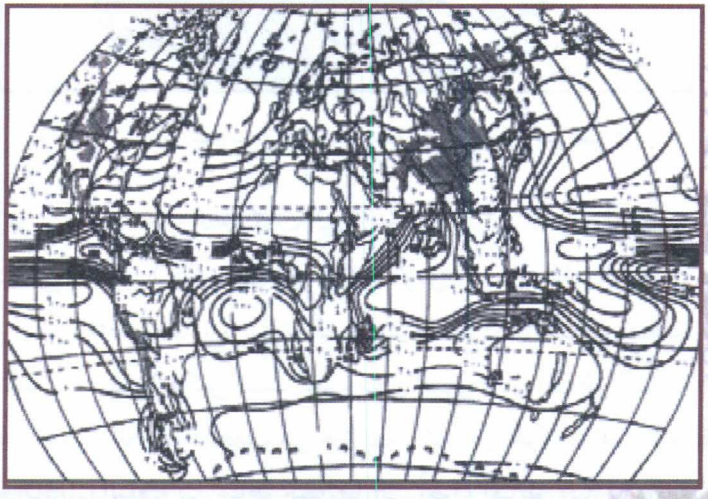
شكل (٥-٢٠) حالات الماء الثلاث وإطلاق وإستهلاك الحرارة (كالوري / جرام / مْ)

المحيطة بها فإنها تتحول الى حرارة محسوسة تنقلها الحركات والاضطرابات الهوائية الى مناطق مختلفة من سطح الأرض (شكل ٥-٢١ أ و ب). وتلعب التيارات المائية دورا مهما في نقل الطاقة، ويقدر ذلك بنحو ٤٧ ٪ من الطاقة عند دائرة العرض ٣٠ - ٣٥ شمالا، و٧٤ ٪ عند دائرة العرض ٢٠ شمالاً [١]. وعموما تنقل التيارات البحرية الشمالية نحو ٢٥ ٪

Barry, R. & R, Chorly 1982, P. 40

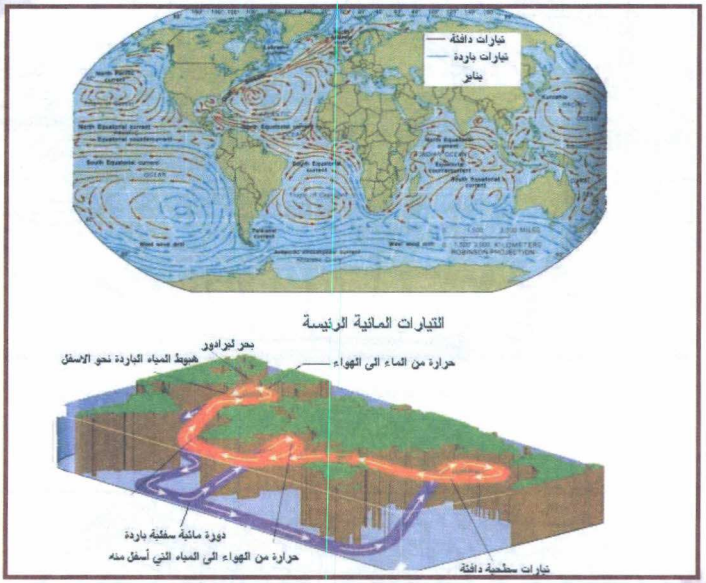


شكل (٥-٢١ أ) الحرارة المكتسبة سنويا نتيجة تكاثف بخار الماء في الجو (كيلو كالوري / سم٢/ السنة



شكل (٥-٢١ ب) الحرارة المكتسبة سنويا نتيجة حركة الهواء الأفقية في الغلاف الجوي (كيلو كالوري / سم٢/ السنة

من الطاقة، والتيارات البحرية الجنوبية نحو ٢٠ ٪ من الطاقة [١] (شكل ٥- ٢٢).



شكل (٥-٢٢) دور التيارات المائية البحرية في عملية التوازن الحراري على سطح الأرض

ومما سبق يتضح أن للحركات الهوائية والتيارات المائية المختلفة دوراً كبيراً في حدوث التوازن الحراري لنظام الأرض والغلاف الجوي. فهي تنقل الحرارة من المناطق الحارة والدافئة الى المناطق الباردة والمعتدلة فتخفف من برودتها. وتعمل العكس حيث تقوم بنقل البرودة من المناطق الباردة الى المناطق الحارة والدافئة فتخفف من حرارتها. كما أن الحركات الهوائية تقوم بدفع السحب الدافئة من مناطق نشأتها الى أجواء المناطق الباردة والمعتدلة، وتطلق الطاقة الكامنة بها عند ما تمطر فتدفئها، والعكس تعمل السحب

1- Seller, W. (1965),P.114.

الباردة حينما تنتقل من مكان نشأتها الى الأجواء الدافئة فتعمل على برودتها. وتعمل التيارات المائية الدافئة و الباردة بدور كبير في عملية التوازن الحراري لمياه البحار والمحيطات حيث تنقل التيارات المائية التي تنشأ في مياه العروض الدافئة الطاقة الى العروض المائية المعتدلة والباردة فتخفف من برودة مياهها. ويعتبر تيار خليج المكسيك مثال جيد لدورالتيارات المائية في تدفئة سواحل غرب أوربا. كما أن التيارات البحرية التي تنشأ في مياه العروض الباردة وتتجه الى المياه الدافئة تؤدي الى خفض حرارة مياه العروض المعتدلة والدافئة فتخفف من حرارتها، كما تعمل التيارات البحرية الدافئة على تلطيف الهواء الذي يعلوها بما تضيف إليه من أبخرة مائية دافئة.

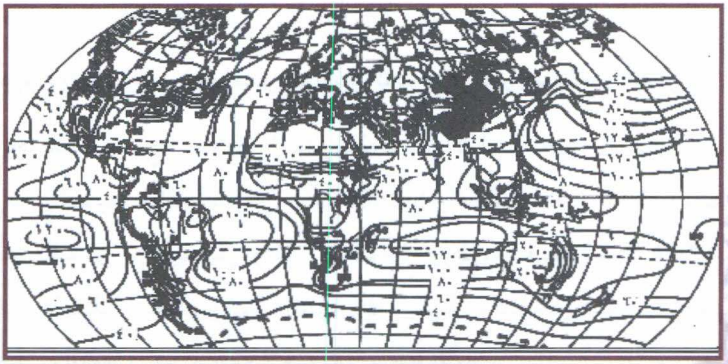
التوزيع الجغرافي لعناصر الموازنة الحرارية على سطح الأرض:

يختلف التوزيع الجغرافي السنوي لعناصر الموازنة الحرارية على سطح الأرض بشقيها المحسوس Snsible Heat والكامن Latent Heat بسبب اختلاف توزيع اليابس والماء، وحرارة ورطوبة الجو (شكل٥-٢٣)، وتأثيرالاضطرابات الهوائية والتيارات المائية. وكذلك يختلف توزيعها الفصلي والشهري من منطقة لأخرى من سطح الأرض.

أ - الحرارة الكامنة Latent Heat

عند ما تتعرض المسطحات المائية و الثلجية و الأجسام التي تحتوي على مياه فانها تسخن وتتبخر و تصعد جزئيات الماء الدقيقة الى الغلاف الجوي مصحوبة بطاقة حرارية مخزنة، وعند ما تتعرض الأبخرة المائية للبرودة فانها تتكاثف وتطلق الطاقة التي تحتويها الى الهواء المحيط (يحتاج ١ جرام من الماء لـ ٦٠٠ حريرة من الطاقة ليتحول من الحالة

السائلة الى الحالة الغازية، ولـ ٦٨٠ حريرة ليتحول من الحالة الصلبة الى الحالة الغازية . ويحدث العكس عند ما يتحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة أو الصلبة فأنه يطلق ٦٠٠ حريرة الى الجو، و٦٨٠حريرة على التوالي) شكل (٥-٢٠). وترتبط كمية الحرارة الكامنة بكمية بخار الماء التي تتأثر بعدد من العوامل والمؤثرات الطبيعية منها توزيع اليابس والماء على سطح الأرض، والغطاء النباتي، والموقع العروضي، وحرارة الجو، وسرعة الرياح، والتيارات البحرية . ويمثل الشكل توزيع الحرارة الكامنة خلال العام على سطح الأرض (شكل ٥-٢٣ أ). ويتبين من الشكل عدد من الملاحظات، منها:

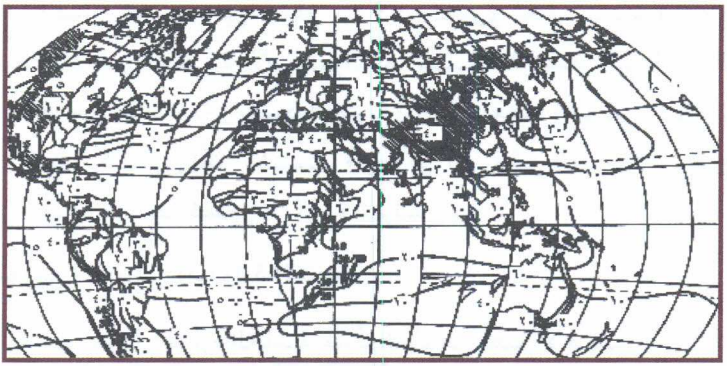


شكل (٥-٢٣- آ) الحرارة الكامنة المتدفقة سنويا (كيلو كالوري / سم٢ /سنوياً)

١- ترتفع الحرارة الكامنة على المسطحات المائية لتوفر مصدرالرطوبة وتنخفض على اليابسة لانعدام مصدرها.

٢- تنخفض الحرارة الكامنة على المسطحات المائية بزيادة دوائر العرض، ويلاحظ ارتفاعها في المياه المدارية، وتتراوح ما بين ١٠٠ -١٢٠ كيلو كالوري لكل سنتمتر مربع في السنة، بسبب أرتفاع درجة الحرارة و زيادة سرعة الرياح، وقلة كثافة السحب في سمائها. ولذا يزيد البخر

في المنطقة المدارية مقارنة بالمنطقةالاستوائية التي تنخفض فيها الحرارة وتقل سرعة الرياح، وتزيد كثافة السحب في سمائها فتحد من كمية الأشعة الشمسية التي تصل للأرض. ويقل التبخر في المناطق الاستوائية، ومن ثم كمية الحرارة الكامنة المصاحبة لبخار الماء.



شكل (٥-٢٣- ب)تدفق الحرارة المحسوسة سنوي من سطح الأرض الى الغلاف الجوي (كيلو كالوري / سم٢ /سنوياً)

٣- تؤثر التيارات البحرية في توزيع الحرارة الكامنة في مياه المحيطات. وترتفع الحرارة الكامنة في مناطق التيارات البحرية الدافئة، وتقل في مناطق التيارات البحرية الباردة. وتساعد التيارات الدافئة على التبخرلاختلاف حرارة المسطحات الدافئة عن الهواء الذي يعلوها والعكس بالنسبة للتيارات الباردة. ويعتبر تيار خليج المكسيك مثال جيد لإيضاح دور التيارات البحرية في توزيع الحرارة الكامنة. ويلاحظ ارتفاعها بصفة عامة في مسار التيار، وتتجاوز الحرارة الكامنة ١٢٠ كيلو كالوري لكل سنتمتر مربع في السنة في مياه المحيط الأطلسي المحاذية لجنوب شرق أمريكا الشمالية. وتنخفض الحرارة الكامنة في مسار التيارات الباردة، كتيار كناري وتيار بنجولا وتيار كاليفورنيا وتيار بيرو وتيار لبرادور.

٤-تختلف الطاقة الكامنة على اليابسة بسبب اختلاف توزيع المسطحات المائية والغطاء النباتي على اليابسة، والحالة الجوية من رطوبة وحرارة و سرعة الرياح. وترتفع الحرارة الكامنة في المناطق الرطبة من اليابسة كالمناطق الاستوائية لتوفر مصادرالرطوبة من بحيرات ومستنقعات وأنهار وغطاء نباتي. وتبلغ ٤٠ كيلو كالوري لكل سنتمتر مربع في السنة في المنطقة الاستوائية، بينما تنخفض في المناطق الصحراوية لانعدام مصادرالرطوبة المائية والغطاء النباتي. وتبلغ ١٠ كيلو كالوري لكل سنتمتر مربع في السنة في الصحراء الكبرى، وصحاري أسيا كصحراء الجزيرة العربية وغيرها.

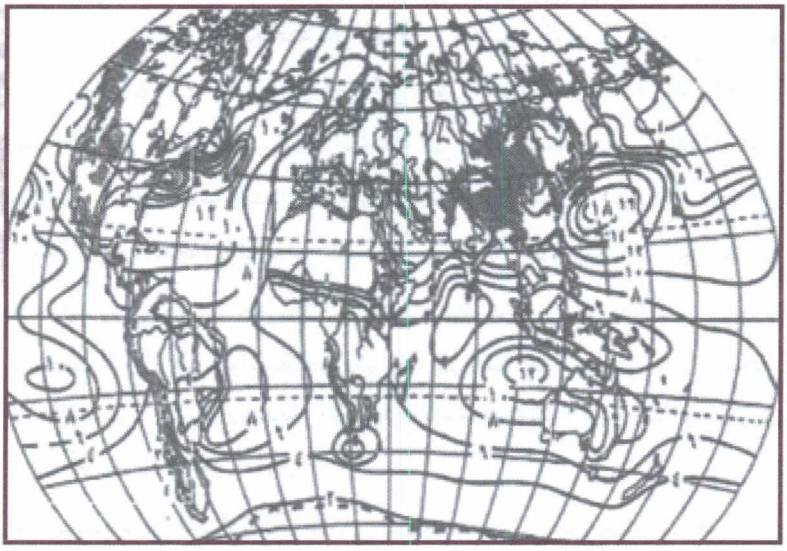
التوزيع الفصلي للحرارة الكامنة :

يختلف مقدارالحرارة الكامنة خلال العام من فصل لأخرنتيجة اختلاف الطاقة الحرارية و ما يترتب عليها من ارتفاع و انخفاض تبخر المسطحات المائية. ويوضح الشكل (٥ - ٢٤ أ) توزيع الحرارة الكامنة على سطح الأرض في شهر ديسمبر (الشتاء الشمالي/ الصيف الجنوبي). و يتبن من الشكل عدد من الملاحظات، ومنها:

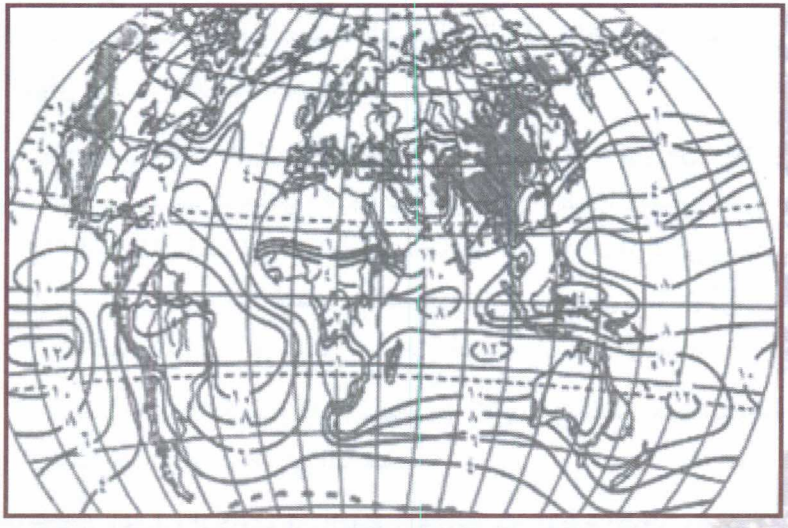
١- يتفاوت تدفق الطاقة الكامنة في شهر ديسمبر بين المسطحات المائية واليابسة، وترتفع في المسطحات المائية نظراً لتوفر مصدر الرطوبة.

٢- تتفاوت كمية تدفق الحرارة الكامنة من المسطحات المائية خلال شهر ديسمبرمن منطقة لأخرى نتيجة تأثيرالتيارات البحرية واختلاف حرارة المياه، والأحوال الجوية السائدة كسرعة الرياح.

ويلاحظ أن أكبر كمية لتدفق الحرارة خلال شهر ديسمبر تحدث في مناطق التيارات البحرية الدافئة كتيار الخليج الدافئ، وتيار كيروشيو.



شكل (٥-٢٤ أ) تدفق الحرارة الكامنة لشهر ديسمبر (كيلو كالوري/سم٢/ الشهر



شكل (٥-٢٤ ب) تدفق الحرارة الكامنة لشهر يونيو (كيلو كالوري/سم٢/ الشهر

ويتراوح تدفق الحرارة الكامنة بين ١٥- ٢٠ كيلو كالوري لكل سنتيمتر مربع في الشهر. وقد تتجاوز ذلك في بعض المناطق. ويرجع أرتفاع الحرارة المتدفقة في مناطق التيارات الدافئة الى أنها تعمل على زيادة البخر، وبالتالي ترفع الطاقة المتدفقة. أما في مناطق التيارات الباردة فتنخفض كمية الحرارة المتدفقة لانخفاض البخر نتيجة برودة مياه التيارات البحرية.

٣- ينخفض تدفق الحرارة الكامنة في معظم اليابس الشمالي بسبب قلة مصادر الرطوبة وانخفاض حرارة الجو وما يصاحبها من انخفاض التبخر. ويتراوح مقدار الحرارة الكامنة المتدفقة نحو١كيلو كالوري لكل سنتيمتر في الشهر.

٤- يزيد تدفق الحرارة الكامنة في النصف الجنوبي من سطح الأرض على المحيطات والمناطق الرطبة، خاصة في المنطقة المدارية.

ويوضح الشكل (٥- ٢٤ ب) توزيع الحرارة الكامنة على سطح الأرض في شهر يونية (الصيف الشمالي/الشتاء الجنوبي). ويتبن من الشكل عدد من الملاحظات منها:

١-ينخفض تدفق الحرارة الكامنة بالاتجاه شمالاً أو جنوبًا من المناطق المدارية بسبب انخفاض الحرارة بالاتجاه نحو القطبين. وتتراوح الحرارة الكامنة المتدفقة في المياه المدارية ما بين ٨ - ١٠ كيلو كالوري لكل سنتمتر مربع في الشهر، وتتجاوز ذلك في بعض المناطق فتبلغ ١٢كيلو كالوري لكل سنتمر مربع في الشهر في مياه بحرالعرب.

٢- ترتفع الحرارة الكامنة على المسطحات المائية وتنخفض على اليابسة لقلة مصادر الرطوبة على اليابسة.

٣- تزيد الحرارة الكامنة في النصف الجنوبي من سطح الأرض وتقل في النصف الشمالي للتباين الحراري بين المسطحات المائية والجو الذي

يعلوها، ففي المياه الجنوبية تكون المياه في شهر يونيو (الشتاء الجنوبي) أدفئ كثيراً من الهواء الذي يعلوها فتساعد على تبخر المياه، وفي هذه الحالة تزود المياه الدافئة الجوالذي يعلوها بالطاقة، كما أن معدل سرعة الرياح يزيد في الفصل البارد، فيزيد التبخر. أما في مياه الجزء الشمالي من سطح الأرض فيعتبر شهر يونيو حاراً (الصيف الشمالي). وتكون المياه أبرد من الهواء الذي يعلوها، وتكتسب المياه الطاقة من الهواء الدافئ فينخفض تدفق الطاقة الكامنة من مياه المحيطات، كما أن سرعة الرياح تنخفض في الفصل الحار فتحد من تبخر المياه.

٤- يتفاوت تدفق الحرارة الكامنة من المسطحات المائية الواقعة على نفس دوائر العرض بسبب تأثير التيارات البحرية. فالتيارات البحرية الدافئة المتجهة نحو المياه الباردة تزيد من تدفق الحرارة الكامنة في مناطق مساراتها كتيارخليج المكسيك الدافئ وتيار كيروشيو، وتيار البرازيل وغيرها من التيارات الدافئة. أما التيارات الباردة فتخفض من تدفق الحرارة الكامنة كتيار كاليفورنيا وتيار لبرادور، وتيار كناري، وتيار بنجولا، وغيرها من التيارات الباردة.

٥-ينخفض تدفق الحرارة الكامنة على اليابسة، وتبلغ أدناها في المناطق الجافة كما هو الحال في صحاري أسيا وأفريقيا وأمريكا الشمالية، وأستراليا. ويبلغ نحو١ كيلو كالوري لكل سنتمترمربع في الشهر، بينما يرتفع تدفق الحرارة الكامنة في بعض المناطق الرطبة التي تكثربها المسطحات المائية والغابات كماهوالحال في المنطقة الاستوائية والعروض المعتدلة.

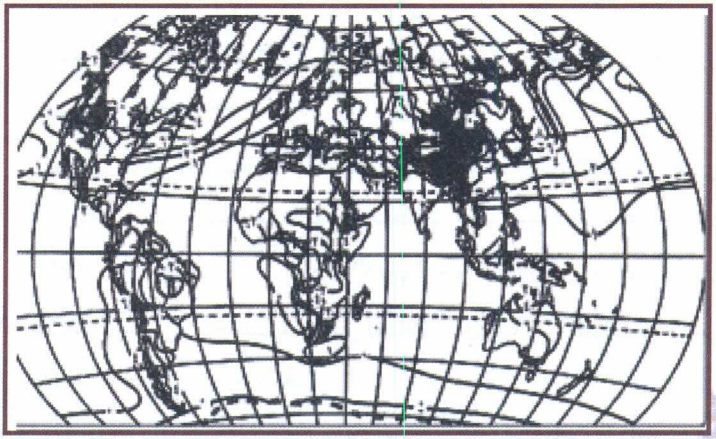
ب - الحرارة المحسوسة:

تسخن مكونات الأرض والغلاف الجوي نتيجة تعرضها لأشعة الشمس فترتفع حرارة الهواء الذي يعلوالمسطحات المائية واليابسة. وتختلف حرارة سطح الأرض مكاناً و زماناً. ويحصل تبادل حراري بين الأرض وغلافها، وبين المناطق الحارة والباردة. وتلعب الحركات والاضطرابات الهوائية و المائية الرأسية و الأفقية دورا مهما في نقل الحرارة المحسوسة من المناطق الدافئة الى المناطق الباردة. ويوضح الشكل (٥ - ٢٣ ب) توزيع الحرارة المحسوسة على سطح الارض، ويستنتج من الشكل ما يلي :

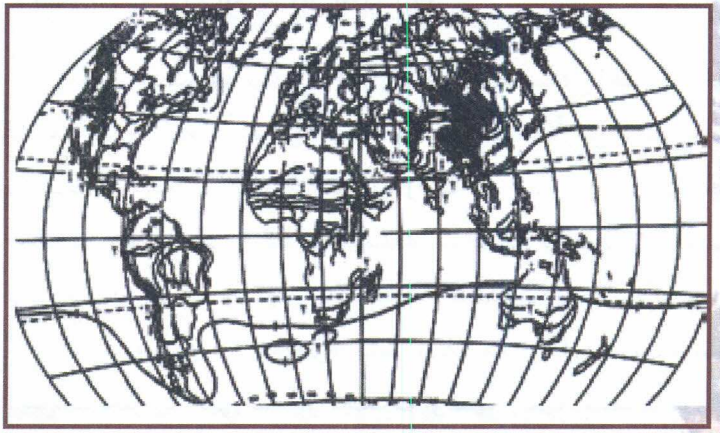
١- يزيد تدفق الحرارة المحسوسة على اليابسة و يقل على المسطحات المائية. ويبلغ مقدارها ٦٠ كيلو كالوري لكل سنتميتر مربع في السنة كما هو الحال في جنوب أسيا وشمال أفريقيا حيث يسود الجفاف وتنخفض الرطوبة و تندرالسحب. وتستقبل المناطق الجافة كمية كبيرة من الأشعة الشمسية ولكنها تفقدها بواسطة البث الحراري. وينخفض تدفق الحرارة المحسوسة في العروض الوسطى والعليا بسبب ارتفاع رطوبة جوها و كثافة سحبها.

٢- يختلف تدفق الحرارة المحسوسة في مياه المحيطات. وتلعب التيارات البحرية دوراً كبيراً في ذلك حيث يلاحظ ارتفاعها في المناطق التي تجري بها التيارات الدافئة كما هو الحال في المناطق التي يمر بها تيار الخليج الدافئ ونحوه حيث تكون المياه أدفئ من الهواء الذي يعلوها فتزوده بالحرارة، وانخفاضها في مناطق التيارات الباردة كمسار تيار بيرو لأن حرارة مياه مناطق التيارات الباردة تكون أبرد من الهواء الذي يعلوها، وفي هذه الحالة فان الهواء يزودالمسطحات المائية التي أسفل منه بالحرارة.

ويتفاوت تدفق الحرارة المحسوسة من سطح الأرض للغلاف الجوي خلال العام نظراً لاختلاف درجة حرارة الأرض والغلاف الجوي. ويوضح الشكل (٢٥ - أ و ب)، تدفق الحرارة المحسوسة من سطح الأرض الى الغلاف الجوي خلال شهر ديسمبر وشهر يونيو. ويتفاوت تدفق الحرارة المحسوسة خلال شهر ديسمبر بين سطح الأرض والغلاف الجوي الشتاء الشمالي الصيف الجنوبي (٥ - ٢٥ أ). ويتبن من الشكل ما يلي:



شكل (٥-٢٥ أ) تدفق الحرارة المحسوسة من سطح الأرض الى الغلاف الجوي في شهر سبتمبر (كيلو كالوري/سم٢/الشهر)



شكل (٥-٢٥ أب) تدفق الحرارة المحسوسة من سطح الأرض الى الغلاف الجوي في شهر يونيو (كيلو كالوري/سم٢/الشهر)

١- يرتفع تدفق الحرارة المحسوسة في شمال غرب المحيط الأطلسي والمحيط الهادي نتيجة للتيارات المائية الدافئة، ونشوء التبادل الحراري بين سطح الأرض اليابس ومياه المحيطات الدافئة.

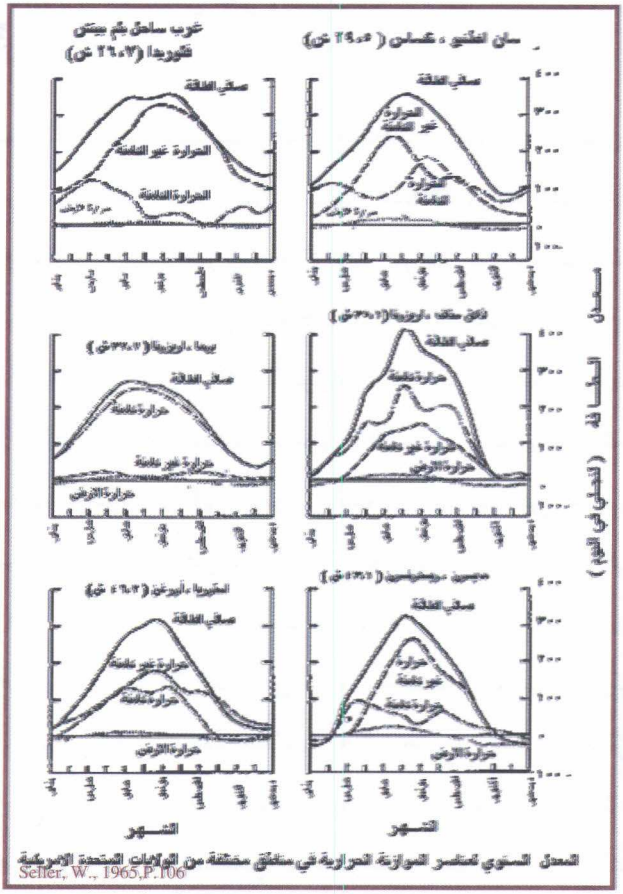
٢- تتراوح الحرارة المتدفقة ما بين ٤-٨ كيلو كالوري لكل سم مربع في الشهر في مناطق التيارات الدافئة كمسار تيار خليج المكسيك في المحيط الأطلسي و تيار كيروشيو في غرب المحيط الهادي. ويوضح الشكل (٥- ٢٣ ب) تدفق الحرارة المحسوسة في شهر يونيو (الصيف الشمالي/ الشتاء الجنوبي). ويتبن من الشكل عدد من الملاحظات منها:

١- يتوقف تدفق الطاقة المحسوسة من المحيطات الى الغلاف الجوي في المحيطات الشمالية، وتعطي المحيطات الجنوبية كمية قليلة جداً من الطاقة المحسوسة تبلغ ١كيلو كالوري لكل سنتيمتر مربع في الشهر.

٢- تتدفق الحرارة المحسوسة في المناطق المدارية من اليابسة وتقل في المناطق الرطبة من اليابسة.

٣- يزيد تدفق الحرارة المحسوسة في شهر يونيو في النصف الشمالي من اليابس من سطح الأرض عن اليابس الجنوبي.

كما تتفوت كيمة مكونات الموازنة الحرارية، صافي الحرارة، الحرارة الكامنة والحرارة المحسوسة من مكان لأخر على سطح الأرض بسبب أختلاف خصائصها الطبيعية الأرضية والمناخية والنباتية. ولذا يتوقع زيادة الحرارة الكامنة في المناطق التي تكثر بهاالمسطحات المائية كالبحار والبحيرات والمستنقعات المائية والأنهار والأمطار، والغطاءات النباتية كالغابات والحدائق والمتنزهات والمزارع ونحوها بينما يرتفع مقدار الحرارة المحسوسة في المناطق الصحراوية التي تتميز بجفاف أرضها وندرة المسطحات المائية والغابية والنباتية عليها (شكل ٥-٢٦).



المعدل السنوي لعناصر الموازنة الحرارية في مناطق مختلفة من الولايات المتحدة الامريكية

Seller, W., 1965,P.106

شكل (٥ - ٢٦) المعدل السنوي لعناصر الموازنة الحرارية في مناطق مختلفة من الولايات المتحدة الأمريكية.

موضوع للقراءة :

العلاقة بين خصائص الجو وأستقامة الاشعة الضوئية وأنعكاس الظاهرات في الجو:

تعبر الأشعة الضوئية الهواء المحيط بسطح الأرض بشكل مستقيم، ولكنها أحيانا تميل بسبب أختلاف درجة وكثافة الهواء الذي تجتازه، وكما هو معتاد فان درجة حرارة الجو تنخفض بالأرتفاع من سطح الأرض (Temperature Lapse Rate) ويختلف معدل أنخفاضها من منطقة لأخرى، وكذلك في المنطقة الواحدة من وقت لأخر، فيختلف المعدل السنوي والفصلي و الشهري واليومي، ومن ساعة لأخرى. ولكي تسير الأشعة الضوئية في الجو بشكل مستقيم يتوافق مع الأرض يجب أن ترتفع الحرارة مع الأرتفاع في الجو بمعدل ١١مْ / ١٠٠متر وهذه حالة نادرة جداً. ويؤدي اختلاف معدل أنخفاض الحرارة مع الأرتفاع في عدم أستقامة الأشعة الضوئية في جميع الأوقات، ولذا يلاحظ ميلانها أحياناً جدول (٥ -٩ وشكل ٥ - ٢٧) ،ويؤثر هذا في رؤية الاشياء الموجودة على سطح الأرض كأن تُرى في حجم غير حجمها الطبيعي أو مشوهة، أو مرتفعة الى الأعلى أو منخفضة نحو الأسفل أو مقلوبة(شكل ٥-٢٨).كما يؤدي عدم أستقامة الأشعة الضوئية الساقطة أو المنعكسة من الأجسام الى نشوء ظاهرات جوية غريبة كظاهرة السراب المائية التي تحدث كثيراً في المناطق الصحراوية الحارة .

جدول (٥-٩) علاقة أستقامة الأشعة الضوئية بمعدل أنخفاض الحرارة مع الأرتفاع في الجو

تغير الحرارة بالأرتفاع في الجو			ميلان الأشعة
أرتفاع :	أكثر من ١١مْ / ١٠٠م	: تحدب	أكثر من الأرض
	١١مْ / ١٠٠م	: نحو	مساوي للأرض
		: الأسفل	أقل من الأرض
أنخفاض :	أقل من ٣,٤مْ / ١٠٠م	: مستقيم	
	٣,٤مْ / ١٠٠م	: مستقيم	
	أكثر من ٣,٤مْ / ١٠٠م	: تحدب نحو الأعلى	

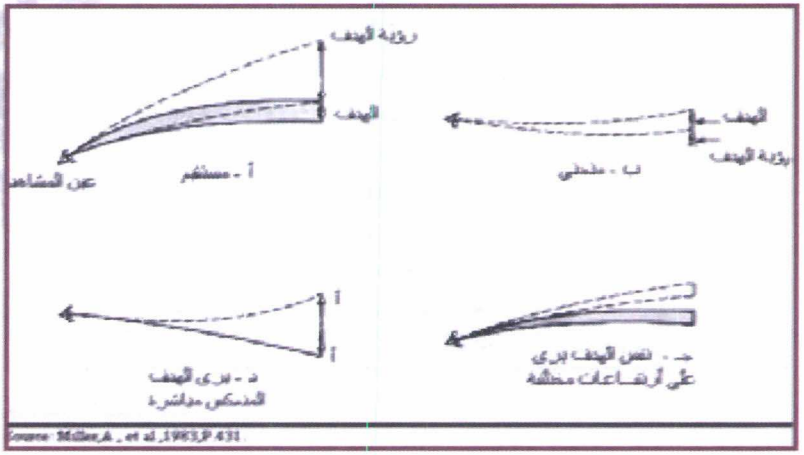
Source: Miller,M., et al, 1983,P.340

ظاهرة السراب:

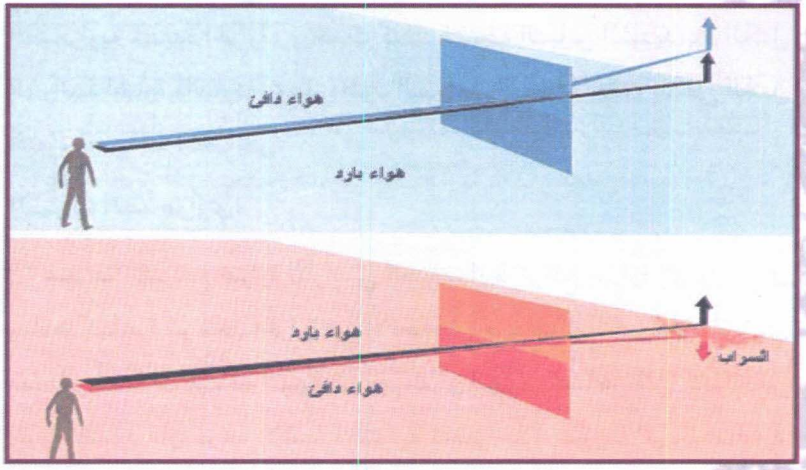
يحدث السراب في المناطق التي يرتفع في أجوائها معدل أنخفاض الحرارة مع الأرتفاع في الجو كالمناطق الباردة التي تكسوها الغطاءات الثلجية والجليد في المناطق القطبية حيث يكون الهواء جاف الى حد ما و تنخفض حرارة سطح الأرض سريعاً في الليل، و كذلك في المناطق الصحراوية شديدة الحرارة. ويحدث كذلك نتيجة التباين الشديد بين الكتل الهوائية الحارة والباردة، وعلى طول السواحل البحرية حيث تلتقي الكتل الهوائية متباينة الخصائص.

السراب الصحراوي:

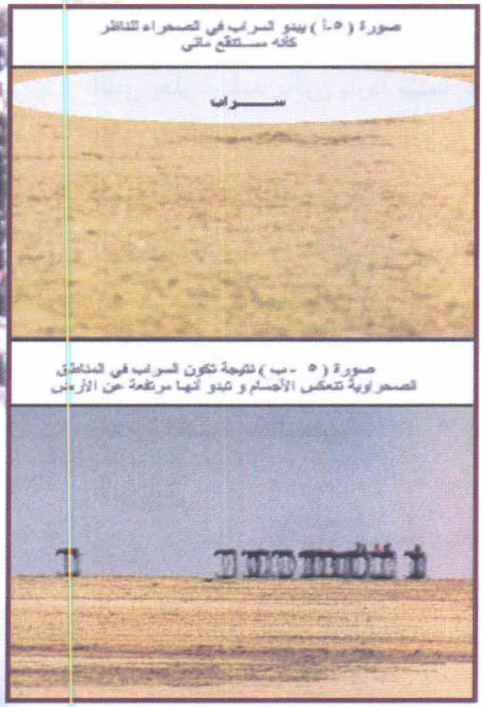
عند ما تترتفع حرارة الأراضي الصحراوية ترتفع حرارة الهواء الذي يعلوها مباشرة ثم تاخذ الحرارة في الانخفاض في الهواء الذي يعلوه، ويؤدي هذا الى أختلاف كثافة الهوائين. وحيث أن الهواء الساخن اقل كثافة من الهواء البارد فان سرعة الأشعة الضوئية تتغير خلال عبورها الهوائين البارد والحار فيؤدي الى ميلانها وعدم أستقامتها. ويؤثر هذا في رؤية الإنسان للأشياء في المناطق الصحراوية. وعلى سبيل المثال في اليوم المشمس يرى



شكل (٥-٢٧) أنعكاس الظاهرات التي على سطح الأرض وكيف رؤيتها في الجو



شكل (٥-٢٨) تشكل ظاهرة السراب في المناطق الحارة والباردة



صورة (٥-أ) يبدو السراب في الصحراء للناظر كأنه مستنقع مائي

صورة (٥ - ب) نتيجة تكون السراب في المناطق الصحراوية تنعكس الأجسام و تبدو كأنها مرتفعة عن الأرض

الإنسان مجموعة الاشجار او الحيوانات مجموعتين المشهد الأول رؤية الأشجار أو الحيوانات على هيئة شكلها المعتاد، والمجموعة الثانية تُرى الأشياء مقلوبة تحت المجموعة الأولي بسبب الأشعة التي وصلت لعين المشاهد عن طريق انكسار الضوء في العين. كما أن الأشعة المرتدة من الاشجار أو الحيوانات تتجه الى الهواء الساخن الملامس لسطح الأرض فينعكس الى الأعلى كأنه منعكس من مرآة موضوعة على الأرض فتعكس الأشجار أو الحيوانات. كما أن الهواء الساخن يعكس زرقة السماء فتبدو كأنها بحر من الماء في الصحراء وينخدع بها رواد الصحراء الذين لم يشاهدوا ظاهرة السراب من قبل، كما يُشاهد السراب كمستنقعات مائية على الطرق التي تخترق المناطق الصحراوية (صور ٥ - ٥ و ٥-٦).

صورة (٥-٦) تبدو الأشجار في المناطق الصحراوية في يوم حار للمشاهد من بعيد ضخامة حجمها وزيادة عددها

ويحدث السراب في المناطق القطبية التي يغطيها الجليد، حيث أن الهواء الذي يعلو الجليد يكون بارداً بينما يعلوه مباشرة هواء أدفئ منه. فتنعكس الأشياء الموجودة على سطح الأرض كالجبل أو السفينة أو المنزل بواسطة الهواء العلوي الدافئ. ويلاحظ رواد المناطق الباردة التي يسود فيها الجليد السراب والأشياء المنعكسة تكون أعلى في الجو وليست على سطح الأرض كما هو الحال بالنسبة للسراب الصحراوي.

مصطلحات جوية و مناخية :

الدورة الحرارية السنوية	Annual Temperature Circulation
التوصيل	Conduction
الحمل	Convection
الدورة الحرارية اليومية	Daily Temperature Circulation
المدى الحراري اليومي	Daily Temperature Range
حرارة كامنة	Latent Heat
درجة الحرارة العظمى	Maximum Temperature
ميزان الحرارة العظمى	Maximum Thremometer
المتوسط	Mean
المتوسط السنوي لدرجة الحرارة	Mean Annual Temperature
متوسط المدى السنوي لدرجة الحرارة	Mean Annual Temperature Range
المتوسط اليومي لدرجة الحرارة	Mean Daily Temperature
المتوسط اليومي لدرجة الحرارة الصغرى	Mean Daily Minimum Temperature

المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الصغرى	Mean Monthly Minimum Temperature
المتوسط الشهري لدرجة الحرارة العظمى	Mean Monthly Maximum Temperature
الوسط الحراري (الوسيط)	Median Temperature
الحرارة الصغرى	Minimum Temperature
ميزان الحرارة الصغرى	Minimum Thermometer
الحرارة المحسوسة	Sensible Heat
انقلاب حراري سطحي	Surface Temperature Inversion
درجة الحرارة	Temperature
انقلاب حراري	Temperature Inversion
التأخر الحراري (الفاصل الحراري)	Temperature Lag
انقلاب حراري علوي	Upper Temperature Inversion
انقلاب حراري سطحي	Lower Temperature Inversion

أسئلة للمراجعة:

١- صف العلاقة بين الدورتين الإشعاعية والحرارية اليومية والسنوية موضحا ذلك بالرسم.

٢ - أشرح كيف تنتقل الحرارة بين الأجسام الحارة والباردة مع إعطاء بعض الأمثلة.

٣- علل لماذا يختلف توزيع درجة الحرارة على سطح الأرض.

٤ - قارن بين المتوسط والمدى الحراري، وما هي أهمية كل منهما.

٥- بين متى تسجل درجة الحرارة العظمى والصغرى اليومية مع التعليل لما تقول.

٦ - أشرح لماذا درجة حرارة الجو تنخفض بالارتفاع عن سطح الأرض وضح إجابتك بالرسم.

٧- عرف الانقلاب الحراري، واشرح كيف يحدث، وما هي آثاره الجوية .

٨ - تحدث بالتفصيل عن أثر السحب والغبار في اختلاف درجة الحرارة اليومية .

٩ - أشرح دور التيارات الهوائية والمائية في عملية التوازن الحراري للغلاف الجوي وسطح الأرض.

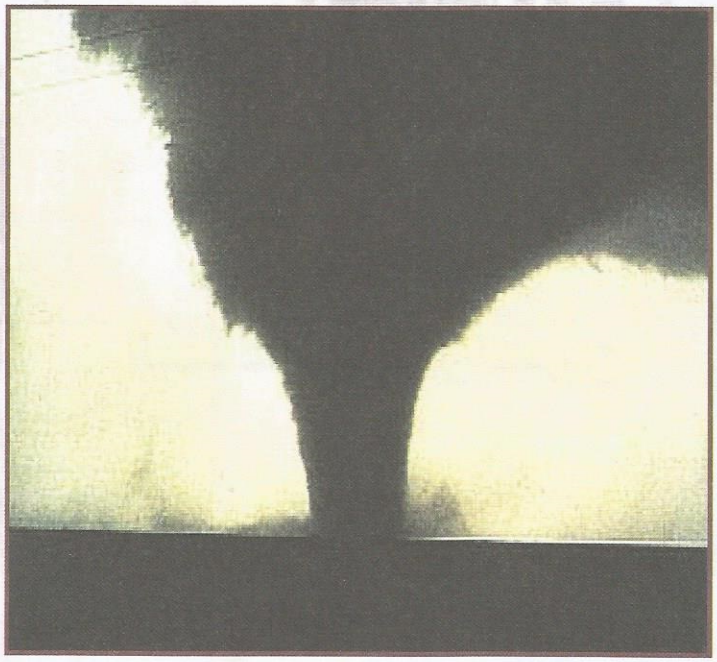
مراجع مقترحة:

١ - جريبين، ١٩٩٢، ظاهرة الصوبة : تزايد دفء الغلاف الجوي للكرة الأرضية، (ترجمة) احمد مستجير، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.

٢ - صباغ، جعفر، ١٤١٠، الطاقة: مصدرها و تحويلها، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.

٣ - فلافين، كريستوفر١٩٩١، ارتفاع درجة حرارة الأرض: استراتيجية عالمية لإبطائه، (ترجمة) سيد رمضان هدارة، معهد مراقبة البيئة العالمية، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة.

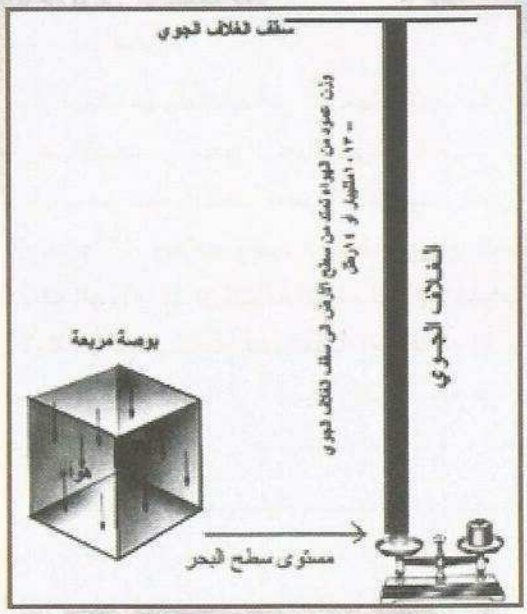
الضغط الجوي والرياح



الضغط الجوي والرياح

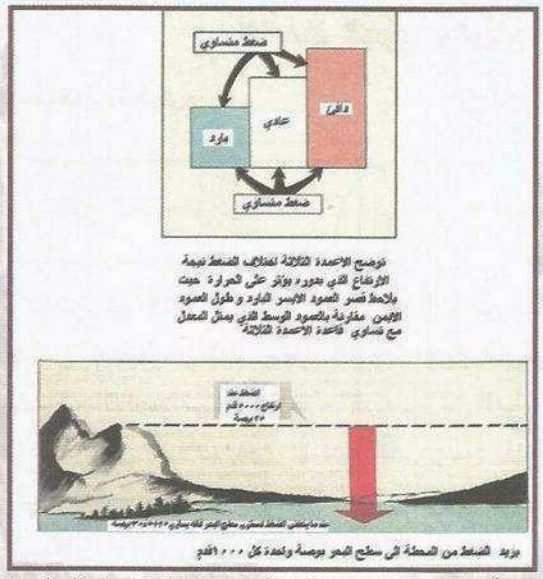
الضغط الجوي:

يعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الهواء فوق مساحة محددة تمتد من سطح البحر حتى نهاية الغلاف الجوي. ويبلغ معدل وزن عمود من الهواء لمساحة بوصة مربعة نحو ١٤,٧ رطل أو١٠١٣ ملليبار (شكل ٦-١). وتستخدم و حدة الملليبار (Millibar (Mb من قبل الجويين و المناخيين لقياس الضغط. ويختلف مقدار الضغط الجوي من موقع لأخر كما يختلف للموقع الواحد من وقت لأخرخلال اليوم من العام. ويقل مقدار الضغط بالارتفاع في الغلاف الجوي بسبب قصر عمود الهواء بالابتعاد من سطح البحر نتيجة عامل الارتفاع، وأنخفاض الحرارة الناتج عن الارتفاع في الجو (شكل ٦-٢). ولذا فان الضغط الجوي يكون مرتفعاً بالقرب من سطح البحر ومنخفضاً في الطبقات العليا من الجو. ويكون الضغط الجوي على قمم المرتفعات أقل مماهوعليه في المناطق المنخفضة (جدول ٦-١). ويبلغ الضغط الجوي على ارتفاع ٢ كيلومتر ٧٩٥ ملليبارأي نحو



شكل (٦-١) وزن عمود الهواء ممتد من سطح البحر الي سقف الغلاف الجوي

٧٨,٥٪ من مقداره عند سطح البحر، ويبلغ ٢٦٤ملليبارعلى ارتفاع ١٠ كيلومتر أي نحو ٢٦,١٪ من مقداره عند سطح البحر، ويبلغ نحو ٢,٧٨ ملليبار على ارتفاع ٤٠ كيلومتر أي نحو ٠,٢٧٪ من مقداره عند سطح البحر.



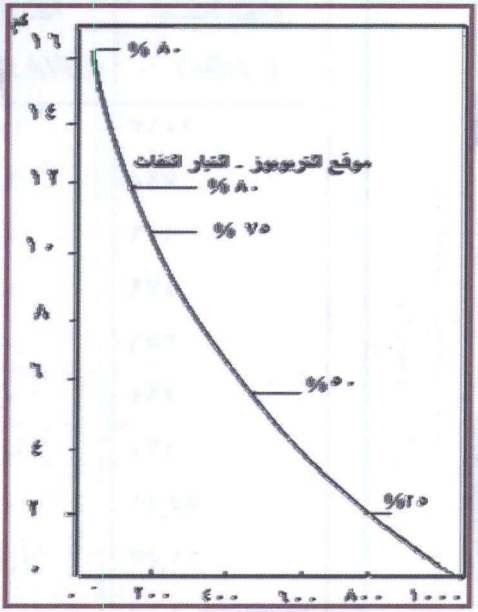
شكل (٦-٢) العلاقة بين الضغط الجوي والحرارة وارتفاع السطح

ويختلف معدل انخفاض الضغط الجوي بالارتفاع في الغلاف الجوي، ويزيد بالقرب من سطح البحر ويقل في الطبقات العليا من الجو. ويبلغ بالقرب من سطح البحر نحو ٣٤ ملليبار لكل ٩٠٠ - ١٠٠٠ قدم من الارتفاع [1]، ويلاحظ وجود ارتباط قوي بين انخفاض الضغط الجوي و كثافة الهواء، إذ أن كثافة الهواء تزيد بالاقتراب من سطح البحر و تقل بالارتفاع في طبقات الجو العليا (جدول ٦-١). وتبلغ كثافة الهواء عند مستوى سطح البحر ١,٢٣ جرام/ لتر، و تبلغ عند إرتفاع ٢ كيلومتر١,٠١ جرام/لتر، ونحو ٠,٠٠٤ جرام/لتر عند ارتفاع٤٠ كيلومتر.

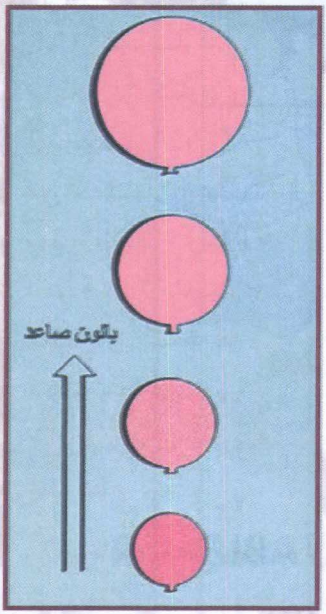
ويلاحظ أن ٢٥٪ من مقدار الضغط الجوي يقع تحت ارتفاع ٢ كيلومتر، و٥٠٪ تحت ارتفاع ٦ كيلومتر و٧٥ ٪ تحت ارتفاع ١٠ كيلو متر، و٨٠٪ تحت ارتفاع ١٢٠ كيلو متر من الغلاف الجوي (شكل ٦-٣)، وبسبب أنخفاض

1- Trewartha, G.(1968), P.67

الضغط الجوي بالارتفاع يلاحظ زياد حجم البالون حينما يرتفع الى أعلى (شكل ٦-٤).



شكل (٦-٣)نسبة انخفاض الضغط الجوي مع الإرتفاع



شكل (٦-٤)يزداد حجم البالون الصاعد في الجو بسبب انخفاض الضغط الجوي بالارتفاع

تصحيح قراءات الضغط الجوي :

لمقارنة قراءات الضغط الجوي لأماكن مختلفة من العالم فإنه يجب القيام بتصحيح القراءات بسبب اختلاف الخصائص الطبيعية لمواقع أجهزة تسجيل الضغط الجوي كالموقع العروضي، والارتفاع واختلاف حرارة الجو، كما تختلف قيم الضغط المسجلة بسبب اختلاف خصائص الأجهزة المستخدمة في التسجيل. وللحصول على مقارنة جيدة لقيم الضغط في مناطق مختلفة من سطح الأرض فانه يجب القيام ببعض التعديلات،

جدول (٦-١) الكثافة و الضغط الجوي
عند ارتفاعات مختلفة

الارتفاع	الكثافة (غرام/لتر)	الضغط الجوي (ملليبار)
٠	١٠٢٣	١٠١٣
٢	١,٠١	٧٩٥
٤	٠,٨٢	٦١٦
٦	٠,٦٦	٤٧٩
٨	٠,٥٣	٣٥٦
١٠	٠,٤١	٢٦٤
١٥	٠,١٩	١٢٠
٢٠	٠,٠٩	٥٥,٢١
٣٠	٠,٠١٨	١١,٥٢
٤٠	٠,٠٠٤	٢,٧٨
٥٠	٠,٠٠١	٠,٩٣
٦٠	٠,٠٠٠٣	٠,٣٥
٧٠	٠,٠٠٠٠٩	٠,١٢
٨٠	٠,٠٠٠٠٢	٠,٠٣
٩٠	٠,٠٠٠٠٠٣	٠,٠٠٨
١٠٠	٠,٠٠٠٠٠٠ ٥	٠,٠٠٣

Nevarra,G ,1979,P.76

ويشمل التعديل المتعلق بالحرارة، و بالموقع العروضي، و بالارتفاع، والتعديل المتعلق بالأجهزة المستخدمة لتسجيل الضغط.

١ - تعديل قراءة الضغط الناتجة عن الحرارة :Temperature Correction تختلف كثافة الزئبق الموجود بأنبوب جهاز تسجيل الضغط باختلاف الحرارة المحيطة، حيث يتمدد بارتفاع الحرارة و يتقلص بانخفاضها، ولذا فان عمود الزئبق يطول في اليوم الحار و يقصر في اليوم البارد. ولمقارنة قيم الضغط في مواقع مختلفة من سطح الأرض فانه يجب تصحيح القراءات الى درجة حرارة محددة (Standard Temperature)، وقد حددت عالميا نقطة ذوبان الثلج (مْ). ويبين الجدول (٦-٢) قيم التصحيح لقراءات الضغط في أجواء حرارية مختلفة. وعلى سبيل المثال إذا كانت قيمة الضغط المسجلة بواسطة جهاز تسجيل الضغط ٧٦٠ ملليبار، ودرجة حرارة الجو٢١مْ ، فانه يتم التصحيح بطرح ٢,٦ من القراءة المسجلة (٧٦٠ - ٢,٦ = ٧٥٧,٤ملليبار). وتصبح القيمة الحقيقية لضغط موقع الجهاز ٧٥٧,٤ ملليبار.

٢ - تعديل قراءة الضغط الناتجة عن الموقع العروضي : Correction Latitude تتخذ الأرض شكلا بيضاويًا (اهليجي) و ليس دائرياً فيؤدي ذلك الى اختلاف طول قطر الأرض في المنطقة الاستوائية عنه في المناطق القطبية، ويزيد القطر الاستوائي عن القطر القطبي بنحو ٤٣ كم. وبسبب هذا الانبساط تقوى الجاذبية (Gravity Acceleration of)تدريجياً بالابتعاد من المنطقة الاستوائية نحو القطبين. وعلى سبيل المثال،

جدول (٦-٢) التصحيح الحراري[1]

قراءات الضغط المسجلة																			
	٤٨٠	٥٠٠	٥٢٠	٥٤٠	٥٦٠	٥٨٠	٦٠٠	٦٢٠	٦٤٠	٦٦٠	٦٨٠	٧٠٠	٧٢٠	٧٤٠	٧٦٠	٧٨٠
الحرارة (م)																
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١
٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
٣	٠,٢	٠,٢	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣
٤	٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤
٥	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥
٦	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦
٧	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٦	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧
٨	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
٩	٠,٧	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٠	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١١	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٢	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٣	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٤	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٥	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٦	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٧	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
١٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨

[1] Navarra ,G ., 1979 ,P. 83

٢٣	١,٨	١,٩	٢,٠	٢,١	٢,٢	٢,٣	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢
٢٤	١,٩	٢,٠	٢,١	٢,٢	٢,٣	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣
٢٥	٢,٠	٢,١	٢,٢	٢,٣	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤
٢٦	٢,١	٢,٢	٢,٣	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥
٢٧	٢,٢	٢,٣	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦
٢٨	٢,٣	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧
٢٩	٢,٤	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨
٣٠	٢,٥	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨	٣,٩
٣١	٢,٦	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨	٣,٩	٤,٠
٣٢	٢,٧	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨	٣,٩	٤,٠	٤,١
٣٣	٢,٨	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨	٣,٩	٤,٠	٤,١	٤,٢
٣٤	٢,٩	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨	٣,٩	٤,٠	٤,١	٤,٢	٤,٣
٣٥	٣,٠	٣,١	٣,٢	٣,٣	٣,٤	٣,٥	٣,٦	٣,٧	٣,٨	٣,٩	٤,٠	٤,١	٤,٢	٤,٣	٤,٤

إن معدل الجاذبية عند الاستواء هو ٩٧٨,٠ سم / ث / ث ، و عند القطبين ٩٨٣,٢ سم / ث / ث. وهذا يعني أن عملية الجذب نحو مركز الأرض تكون أقوى فوق القطبين.

ولذا فان نفس كتلة الهواء سوف تعطي قراءة ضغط عند الاستواء أكبر من التي عند القطبين. ومما سبق فان الحصول على قراءة للضغط الجوي صالحة للمقارنة والتحليل يتطلب عملية تصحيح لارتفاع الزئبق في الأنبوب الزئبقي في جهازتسجيل الضغط على ضوء قيمة جذب معيارية موحدة .(stander) والقيمة المعيارية للجاذبية أخذت عند دائرة العرض٣٢ ْ٤٥ وتساوي ٩٨٠,٦٦ سم/ ث/ ث. وبالإشارة للجدول يتم تصحيح سلبي (Negative Correction) في العروض السفلية (الدنيا)، العروض الواقعة بين ٤٥ - ٠ (صفر)، والتي دائما يقرأ فيها مؤشر الضغط مرتفعًا قليلاً بسبب تأثير الجاذبية فهي أقل مما هي عليه عند دائرة العرض ٣٢ ْ٤٥ ،. ويتم القيام بتصحيح إيجابي قليل بسبب زيادة قوة الجاذبية في العروض العليا بعد دائرة العرض ٣٢ ْ٤٥ حيث أن مؤشر الضغط يقرأ دائماً منخفضا قليلاً بسبب زيادة قوة الجاذبية للعمود الزئبقي. وعلى سبيل المثال، إذا كان مقدار قراءة الضغط المسجلة ٧٦٠ ملليبار عند دائرة العرض ٧٠ جنوبًا تصحح باضافة ١,٥ (٧٦٠ + ١,٥ = ٧٦١,٥ ملليبار). وعندما تكون قراءة الضغط عند دائرة ٣٤ ْشمالاً ١٠٠٠ملليبار فانه يتم تصحيحها بطرح ١,٠٤ من القراءة (١٠٠٠ - ١,٠٤ = ٩٩٨,٩٦ ملليبار جدول (٦-٣).

٣ - تعديل قراءة الضغط الناتجة عن الارتفاع Altitude Correction

إن مقدارالضغط الجوي في المناطق المرتفعة أقل مما هوعليه في المناطق المنخفضة. ولمقارنة قيم الضغط في مناطق مختلفة الارتفاعات فانه

يجب تعديل القراءات لكي تمثل مواقعها بشكل جيد.

ويسجل جهاز قياس الضغط الجوي قيم للضغط في المناطق المرتفعة أقل مما يسجله عند مستوى سطح البحر في نفس المكان. ويرجع هذا الى اختلاف الارتفاع وما ينتج عنه من اختلاف حرارة وكثافة الهواء المحيط بالجهاز. وقد تم نشر خرائط عالمية لتوزيع الضغط الجوي على أساس مستوى سطح البحر. ولتصحيح قراءات الضغط الجوي لأي موقع على أساس مستوى سطح البحر يمكن أن يتم بإضافة أو طرح ٢,٥٤ ملليمتر لكل ٢٧,٥ متر من الارتفاع. وعلى سبيل المثال إذا كانت قراءة الضغط ٧٥٠ ملليمتر عند ارتفاع ١١٠ متراً فانه يمكن تصحيحها الى مستوى سطح البحرعلى النحو التالي: حيث أن ارتفاع القراءة ١١٠ يعادل أربعة أضعاف ٢٧,٥ فان التصحيح يتم بإضافة ٢,٥٤ أربع مرات (٢,٥٤× ٤= ١٠,١٦) الى القراءة المطلوب تعديلها لتصبح (٧٥٠ + ١٠,١٦ = ٧٦٠,١٦ مليمتر).

٤- تعديل قراءة الضغط الناتجة عن خصائص جهاز الضغط (Barometer Correction) تختلف أحيانا قراءات الضغط الجوي لمواقع مختلفة متشابهة في خصائصها الطبيعية و البيئية بسبب اختلاف نوعية أجهزة الضغط المستخدمة في التسجيل، فلكل نوع منهاخصائصه ومواصفاته التي تميزه عن الأجهزة الأخرى. فبعضها دقيق، سريع الاستجابة للتغيرات البيئية المحيطة به وبعضها بطئ، كما أن بعضها يرتفع ويهبط الزئبق في الأنبوبة بسهولة بسبب تصميم الأنبوبة الزئبقية المناسب لحركة الزئبق، والبعض بالعكس. وهذه وغيرها من الصفات المتعلقة بالأجهزة تعطي قراءات مختلفة للمواقع المتشابهة جغرافياً وبيئياً. ولذا فانه في حالة مقارنة الضغط لمواقع مختلفة فانه يجب الأخذ في الاعتبار الفروق التي تحدث في القراءات

نتيجة استخدام أجهزة مختلفة الخصائص، ومعايرة كل جهاز مستخدم بجهاز معتمد من الهيئات المختصة بالأرصاد الجوية، ولصقها على الجهاز.

جدول (٦-٣) تصحيح قراءة الضغط الناتج عن الجاذبية (ملليبار)

الضغط					الضغط				
دائرة العرض	١٠٥٠	١٠٠٠	٩٥٠	٩٠٠	دائرة العرض	١٠٥٠	١٠٠٠	٩٥٠	٩٠٠
٩٠	+ ٢,٧٢	٢,٥٩	٢,٤٦	٢,٣٣	٤٥	- ٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٤
٨٨	٢,٧٢	٢,٥٩	٢,٤٦	٢,٣٣	٤٤	٠,١٥	٠,١٤	٠,١٣	٠,١٣
٨٦	٢,٧٠	٢,٥٧	٢,٤٤	٢,٣١	٤٢	٠,٣٤	٠,٣٣	٠,٣١	٠,٢٩
٨٤	٢,٦٦	٢,٥٤	٢,٤١	٢,٢٨					
٨٢	٢,٦١	٢,٤٩	٢,٣٧	٢,٢٤	٤٠	- ٠,٥	٠,٥١	٠,٤٨	٠,٤٦
					٣٨	٠,٧٢	٠,٦٩	٠,٦٥	٠,٥٢
٨٠	+ ٢,٥٥	٢,٤٣	٢,٣١	٢,١٩	٣٦	٠,٩٦	٠,٨٦	٠,٨٢	٠,٧٨
٧٨	٢,٤٨	٢,٣٦	٢,٢٥	٢,١٣	٣٤	١,٠٩	١,٠٤	٠,٩٩	٠,٩٣
٧٦	٢,٤٠	٢,٢٨	٢,١٧	٢,٠٥	٣٢	١,٢٧	١,٢١	١,١٥	١,٠٨
٧٤	٢,٣٠	٢,١٩	٢,٠٨	١,٩٧					
٧٢	٢,١٩	٢,٠٩	١,٩٨	١,٨٨	٣٠	- ١,٤٤	١,٣٧	١,٣٠	١,٢٣
					٢٨	١,٦٠	١,٥٢	١,٤٥	١,٣٧
٧٠	+ ٢,٠٧	١,٩٧	١,٨٨	١,٧٨	٢٦	١,٧٥	١,٦٧	١,٥٩	١,٥٠
٦٨	١,٩٤	١,٨٥	١,٧٦	١,٦٦	٢٤	١,٩٠	١,٨١	١,٧٢	١,٦٣
٦٦	١,٨٠	١,٧٢	١,٦٣	١,٥٥	٢٢	٢,٠٤	١,٩٤	١,٨٥	١,٧٥
٦٤	١,٦٥	١,٥٨	١,٥٠	١,٤٢					
٦٢	١,٥٠	١,٤٣	١,٣٦	١,٢٨	٢٠	- ٢,١٧	٢,٠٧	١,٩٦	١,٨٩
					١٨	٢,٢٩	٢,١٨	٢,٠٧	١,٩٦
٦٠	+ ١,٣٣	١,٢٧	١,٢١	١,١٤	١٦	٢,٤٠	٢,٢٨	٢,١٧	٢,٠٥
٥٨	١,١٦	١,١١	١,٠٥	١,٠٠	١٤	٢,٤٩	٢,٣٧	٢,٢٦	٢,١٤
٥٦	٠,٩٩	٠,٩٤	٠,٨٩	٠,٨٥	١٢	٢,٥٨	٢,٤٥	٢,٣٣	٢,٢١
٥٤	٠,٨٠	٠,٧٧	٠,٧٣	٠,٦٩	-				
٥٢	٠,٦٢	٠,٥٩	٠,٥٦	٠,٤٥	١٠	- ٢,٦٥	٢,٥٢	٢,٤٠	٢,٢٧

التوزيع الجغرافي للضغط الجوي:

يختلف التوزيع الجغرافي للضغط الجوي على سطح الأرض من مكان لأخر. بل يتفاوت في المكان الواحد من وقت لأخر. ويرتبط توزيع الضغط الجوي على سطح الأرض باختلاف توزيع الحرارة اليومي والشهري والفصلي. ويؤدي ارتفاع حرارة سطح الأرض الى سخونة وتمدد الهواء الذي يعلوه، ومن ثم تقل كثافته، فيخف وزنه ويصعد الى أعلى. وإذا انخفضت الحرارة يحدث العكس للهواء حيث أنه يبرد وينكمش وتزيد كثافته ووزنه وضغطه فينزل نحو الأسفل.

ويمكن القول أن العلاقة بين الضغط الجوي والحرارة علاقة عكسية، و هي أن ارتفاع الحرارة يؤدي الى انخفاض الضغط، وانخفاضها يؤدي الى زيادة الضغط الجوي. وحيث أن درجة حرارة الجو تختلف من مكان لأخر ومن وقت لأخر فان الضغط الجوي كذلك يختلف تبعاً لاختلاف توزيع الحرارة على سطح الأرض. وعلى العموم تعتبرمناطق الحرارة العالية مناطق ضغط منخفض والمناطق الباردة مناطق ضغط مرتفع.

ويشير توزيع معدل الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر الى وجود أحزمة للضغط الجوي في النصف الشمالي والجنوبي من سطح الأرض (شكل ٦-٥أ، ب) وهي:

١-حزام الضغط المنخفض الاستوائي، ويسود في المنطقة الاستوائية.

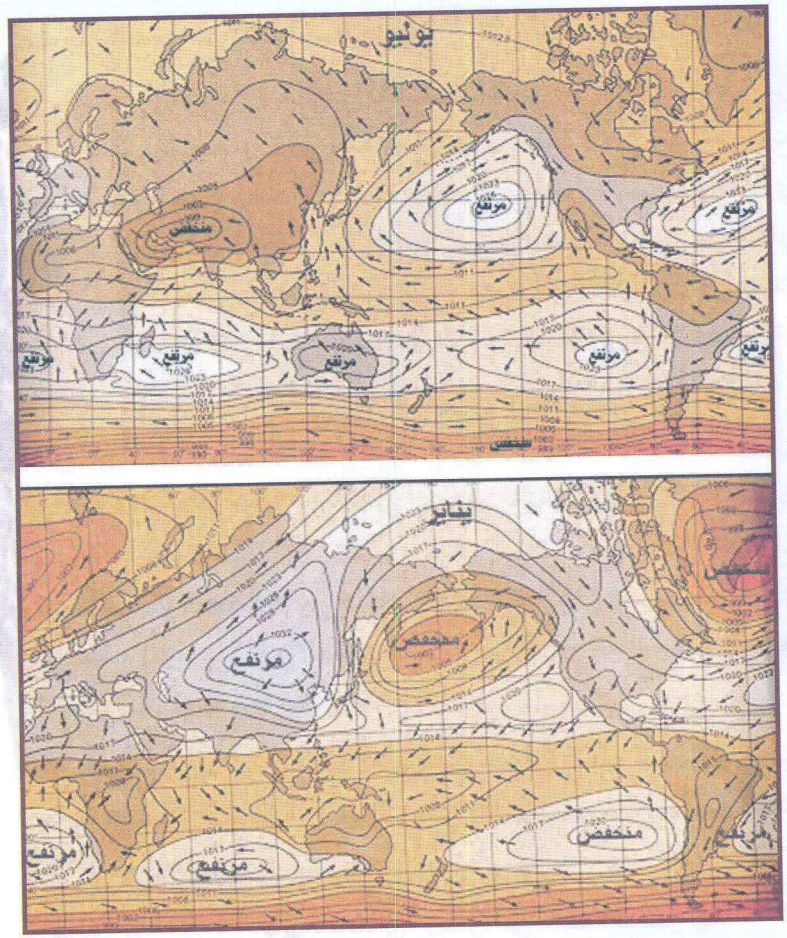
٢- حزام الضغط المرتفع شبه المداري ويسود في المنطقة الواقعة بين ٢٥ - ٣٥ شمالاً وجنوبًا.

٣- حزام الضغط المنخفض شبه القطبي حول دائرة العرض ٦٥ شمالاً وجنوباً.

٤-حزام الضغط المرتفع القطبي بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي.

يوليو

يناير

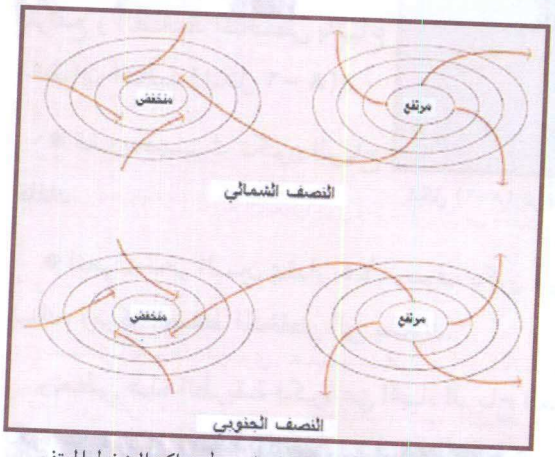


شكل (٦-٥) توزيع الضغط الجوي وحركة الرياح في شهري يوليو ويناير (ملليبار)

حركة الهواء:

يتميز الغلاف الجوي بعدم استقراره أو ثباته على حالة واحدة فهو دائمًا في حركة مستمرة لا تتوقف، كما أنها مختلفة السرعة والاتجاه. وترجع حركة الهواء الى اختلاف حرارة سطح الأرض ولو كانت حرارة الأرض

واحدة لأصبح الضغط الجوي على سطح الأرض متساويًا و ثابت غير متغير، ولما تحرك الهواء. ونتيجة أختلاف الحرارة على سطح الأرض اختلف الضغط الجوي، ونشأة مناطق ضغط جوي مرتفع ومنخفض تتسبب في حركة الهواء من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض. وتعرف مناطق الضغط الجوي المنخفض بمناطق الأعاصير(Cyclone)، ومناطق الضغط الجوي المرتفع بمناطق أضداد الأعاصير.(Anticyclone) وتعتبر مناطق الضغط المنخفض مناطق تجمع و تكدس الهواء، ومن ثم يرتفع فيها الهواء الى أعلى. ويسير الهواء نحو مركز الضغط المنخفض باتجاه عكس عقارب الساعة (Anti -clock wise Counter Clock wise) أما في مناطق الضغط المرتفع فالهواء يخرج منها نحو منطقة الضغط المنخفض، وتكون حركة الهواء حول المركز باتجاه عقارب الساعة. (شكل ٦-٦ و ٦-٧ وجدول ٦-٤).



شكل (٦-٦) اتجاه وحركة الهواء حول مراكز الضغط المرتفع والمنخفض في شمال وجنوب الكرة الأرضية

شكل (٦-٧)حركة الهواء حول مركز الضغط الجوي

جدول (٦- ٤) مقارنة حركة الهواء في مناطق الضغط المنخفض و المرتفع

	منخفض	مرتفع
حالة الجو	تجمع و تكثف الهواء تصاعد الهواء سحب ، أمطار ، ثلج	خروج الهواء هبوط الهواء ندرة الأمطار
حركة الهواء	ضد عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي مع عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي	باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي ضد عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي
الرياح	قوية	خفيفة
الحرارة	دافئة تتغير إلى باردة	دافئة أو باردة تقريبا لمدة طويلة

كيف تحدد مناطق الضغط المرتفع و الضغط المنخفض :

يمكن أن تحدد منطقة الضغط المرتفع و الضغط المنخفض باتباع الخطوات التالية (شكل ٦- ٨):

شكل (٦-٨) طريقة تحديد اتجاه مراكز الضغط الجوي

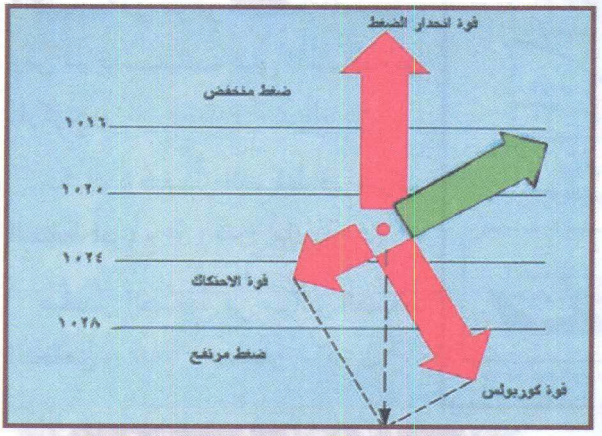
- قف بحيث تكون الرياح خلفك.
- انحرف نحو اليمين بمقدار ٤٥°، وسوف يكون مركز الضغط المرتفع الى يمينك، ومركز الضغط المنخفض الى يسارك.

وتعطي هذه الطريقة فكرة عن اتجاه الرياح العامة لكنها لا تعطي فكرة عن مواقع الضغط المنخفض والمرتفع الناتجة عن اختلاف الحرارة المحلي كنسيم البر والبحر ونحو ذلك.

العوامل التي تؤثر في حركة الرياح:

تهب الرياح نتيجة اختلاف الضغط الناتج عن اختلاف الحرارة من منطقة لأخرى، ويحدث اختلاف الضغط على نطاق محلي وإقليمي وعالمي. وينشأ عن ذلك رياح محلية وإقليمية وعالمية. وتتفاوت سرعة واتجاه الرياح حسب الوقت والمكان. وتختلف سرعة الرياح بين الليل والنهار، وتتميز الرياح خلال الليل بالهدوء وقلة الاضطرابات الهوائية، ويرجع ذلك الى عدم وجود طاقة حرارية بسبب غياب الشمس. وتزيد سرعة الرياح خلال النهار لتوفر الطاقة الحرارية واختلاف الحرارة على سطح الأرض من مكان لأخر.

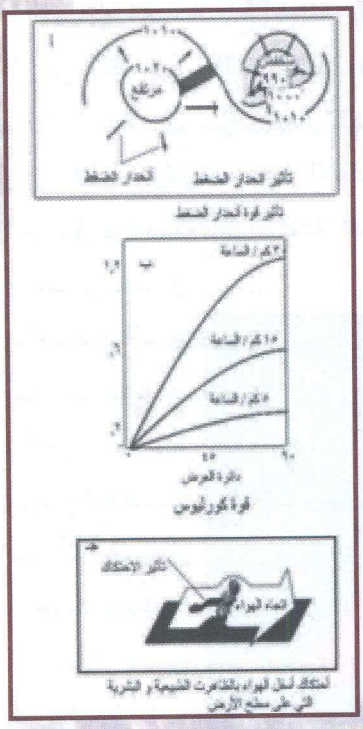
كما أن اتجاه الرياح يختلف بسبب اختلاف توزيع الضغط على سطح الأرض خلال اليوم والفصل والسنة. وتتأثر حركة الهواء بعدد من العوامل والمؤثرات، ومنها قوة انحدار الضغط، وقوة كوريوليس (قانون فرل)، وقوة الطرد المركزية، وعامل الاحتكاك (شكل ٦-٩). ويتفاوت تأثير هذه العوامل في حركة الهواء فمثلا تتأثر الرياح العالمية بقوة كوريوليس ولكنها لا تتأثر بعامل الاحتكاك الناتج عن تأثير سطح الأرض، بينما الرياح المحلية تتأثر بعامل الاحتكاك لكنها لا تتأثر بقوة كوريوليس.



شكل (٦-٩) العوامل والقوى المؤثرة في حركة الرياح

١- قوة انحدار (تدرج) الضغط : Pressure gradient force

يعتبر اختلاف الضغط على سطح الأرض العامل الرئيس و المحرك الأساسي لتحرك الهواء وانتقاله من منطقة لأخرى. وعندما يتعرض سطح الأرض لأشعة الشمس تتباين حرارته ويختلف الضغط الجوي. ويتحرك الهواء من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض. وتختلف سرعة تحرك الهواء من مناطق الضغط المرتفع نحو منطقة الضغط المنخفض بسبب اختلاف قيمة الضغط بين خطوط الضغط، والمعروفة بخطوط تساوي الضغط. وهي الخطوط التي تصل بين مناطق الضغط المتساوية، و تختلف المسافة بينها. وكلما كان مقدار الضغط كبيراً و المسافة قصيرة زادسرعة الرياح والعكس. وتعرف هذه بقوة تدرج الضغط (شكل ٦- ١٠أ). و يمكن حسابها بمعرفة مقدار الفرق بين مقدار الضغط في مركز الضغط المرتفع والضغط في مركز الضغط المنخفض، ومن ثم قسمته على المسافة بين المركزين.



شكل (٦-١٠) القوى التي تؤثر في حركة الهواء

مثال : مقدار الضغط في مركز الضغط المرتفع = ١٠١٠ ملليبار

مقدار الضغط في مركز الضغط المنخفض = ١٠٠٤ ملليبار

الفرق بينهما = ١٠١٠- ١٠٠٤ = ٦ ملليبار

المسافة بين مركزي الضغط = ٥٠ كيلومتر

مقدار الفرق في الضغط

نسبة انحدار الضغط = ---------- =

المسافة

٦

نسبة انحدار الضغط = ---------- = ١,٢

٥٠

و نظرا لاختلاف نسبة انحدار الضغط بين مراكز الضغط و كذلك بين خطوط الضغط فان سرعة الرياح ليست ثابتة بل تختلف على سطح الأرض خلال العام و الفصل و الشهر و اليوم و الساعة.

٢ - قوة الجذب نحو المركز Centripetal acceleration (Force)

تحدث قوة الجذب نحوالمركز نتيجة تحرك الأجسام حركة دورانية. وتعمل قوة الجذب نحو المركز على جذب أي جسم يتحرك حركة دورانية باتجاه مركز دورانه ، ذلك أن أي جسم يتحرك حركة دائرية لابد له من أن يتسارع باتجاه مركز دورانه . و تأثير قوة الجذب نحو المركز محدود ، و يكون تأثيرها أوضح عند ما تكون الرياح تسيرعلى شكل منحنى كالأعاصير التي تحدث قريبا من المنطقة الاستوائية حيث ينعدم تأثير قوة كوريوليس. والأعاصير التي تشغل مساحة صغيرة كالأعاصير الدوامية (القمعية) من التي تعرف بالترنيدو[١].

1- Barry,G., & R. chorley (968) P.107-8.

٣- قوة كوريوليس Coriolis Acceleration , Force

تؤثر قوة كوريوليس في حركة الهواء ، وهي ناتجة عن دوران الأرض، وتعرف بقانون فرل أو قانون الانحراف. وتنص على أن الأجسام المتحركة في الغلاف الجوي تنحرف الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي. وتنعدم قوة كوريوليس عند الدائرة الاستوائية، وتزداد بالاتجاه نحو القطبين (شكل ٦-١٠ ب). ويزيد تأثير قوة كوريوليس بزيادة سرعة حركة الأجسام، ويزداد نحراف الرياح كلما زاد سرعتها. وبسبب تأثيرقوة كوريوليس فان الرياح لا تسيرمن مركز الضغط المرتفع نحو مركز الضغط المنخفض على شكل خط مستقيم بل تنحرف الى يمين إتجاهها في الجزء الشمالي من الأرض والى يسار إتجاهها في النصف الجنوبي من الأرض.

٤ - عامل الاحتكاك Frictional Deceleration

تتأثر الرياح السطحية بسطح الأرض وما عليه من ظاهرات طبيعية وبشرية بارزة كالجبال والأشجار والمباني والمنشآت وغيرها من الظاهرات والأجسام البارزة على سطح الأرض. وتؤثرالظاهرات الطبيعية والبشرية بشكل كبير في سرعة واتجاه الرياح السطحية.

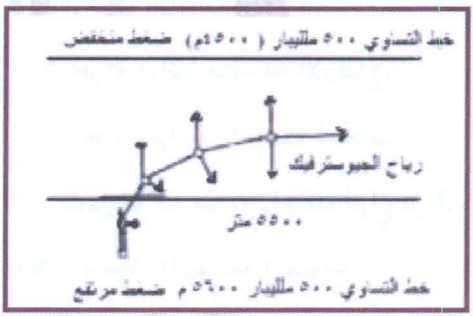
ويعتمد تأثيرعامل الاحتكاك في الرياح على حجم وارتفاع الظاهرة فكلما زاد حجمها وارتفاعها كان تأثيرها أكبر. ويقل تأثير الظاهرات السطحية الطبيعية و البشرية في الرياح بالابتعاد عن سطح الأرض، ولذا فان سرعة الرياح تزداد بالارتفاع من سطح الأرض وتقل بالاقتراب منه. ومن الرياح التي لا تتأثر بسطح الأرض الرياح العلوية والتيارات النفاثة شديدة السرعة. وتعمل الظاهرات السطحية الطبيعية والبشرية على تغييرمسار الرياح واتجاهاتها فتنحرف يميناً أو يساراً من مسارها الأساسي،

أو ترتفع الى أعلى فتعبر فوق الظاهرات الطبيعية أو البشرية (شكل ٦-١٠ جـ).

ويختلف تأثير (قوة تدرج الضغط، قوة الجذب نحو المركز، وقوة كوريوليس، وقوة الاحتكاك) في حركة الهواء من منطقة لأخرى ومن وقت لأخر، ولذا فان سرعة واتجاه الرياح على سطح الأرض ليست على نمط واحد بل تختلف من مكان لأخر.

رياح الجيوسترفيك Geoastraphic Wind

تعمل قوة كوريوليس بعكس قوة الانحدار(قوة الجذب نحو مركز الضغط المنخفض)، فتنحرف الرياح عن مسارها المستقيم. ويحصل أحياناً أن تحدث حالة من التوازن بين القوتين تؤدي الى نشوء رياح الجوسترفيك (شكل ٦-١١).وتعرف رياح الجيوسترفيك بأنها رياح علوية تتكون نتيجة حدوث حالة من التوازن بين قوة انحدار الضغط وقوة كوريوليس. ويكون الضغط المرتفع على يمين مسارها و الضغط المنخفض على يسارها في النصف الشمالى من الأرض و الى يسار اتجاها في النصف الجنوبي من الأرض وتعتبر رياح الجيوسترفيك من الحالات الجوية النادرة الحدوث.



شكل (٦-١١) تحدث رياح الجيوسترفك نتيجة تعادل قوة الجو (إنحدار الضغط) وقوة كورلوليس

أنواع الرياح :

يتحرك الهواء من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض نتيجة اختلاف حرارة سطح الأرض

وما يترتب عليه من اختلاف الضغط الجوي من منطقة لأخرى. ويختلف الهواء المتحرك في مساحة النطاق الذي يتحرك فيه والفترة التي يستغرقها، وتحدث حركة الهواء على نطاق عالمي لتشمل الغلاف الجوي المحيط بالأرض، ويكون الهواء في حركة دائبة طوال العام كالدورة العامة للرياح والرياح العلوية والتيارات الهوائية النفاثة، والرياح الدائمة. وقد تشغل مساحة كبيرة من سطح الأرض و لفترة أقل من عام كالرياح الموسمية التي تهب على أجزاء معينة من سطح الأرض، وتغيرمسارها واتجاهها خلال العام.

وتهب الرياح على نطاق محدود من سطح الأرض، وتغير مسارها خلال ٢٤ ساعة، ما بين الليل والنهار كرياح النسيم التي تحدث نتيجة للتباين الحراري المحلي الناتج عن اختلاف طبيعة سطح الأرض كنسيم البر و البحر ونسيم الجبل والوادي، ونسيم الواحة والصحراء، ونحو ذلك. وقد تكون حركة الهواء أصغر من ذلك كالدوامات والزوابع الهوائية الصغيرة التي تحدث في البيئة باستمرار. ويمكن تقسيم حركة الهواء الى الأقسام التالية:

١- حركة هوائية علوية.

٢-حركة هوائية متوسطة الارتفاع.

٣- حركة هوائية منخفضة (سطحية).

ويشمل كل من هذه الانواع عدة أنواع من الرياح لكل منها خصائصها الطبيعية.

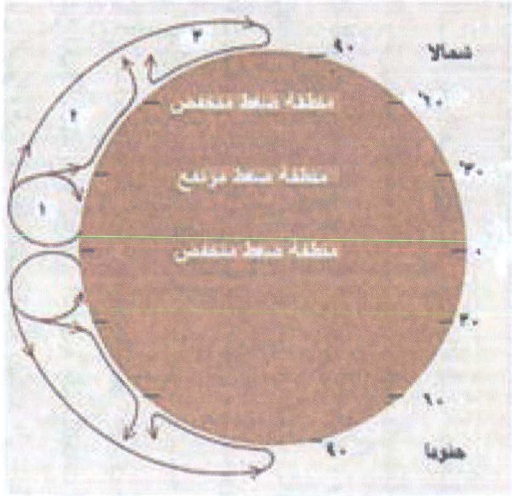
أولا- الحركة الهوائية العلوية :

يقصد بها الهواء الذي يتحرك في الأجزاء العلوية من الغلاف الجوية بعيداً عن سطح الأرض، وتشمل الدورة العامة للرياح، والتيارات النفاثة، والموجات الهوائية الطويلة، المعروفة بموجات روسبي.

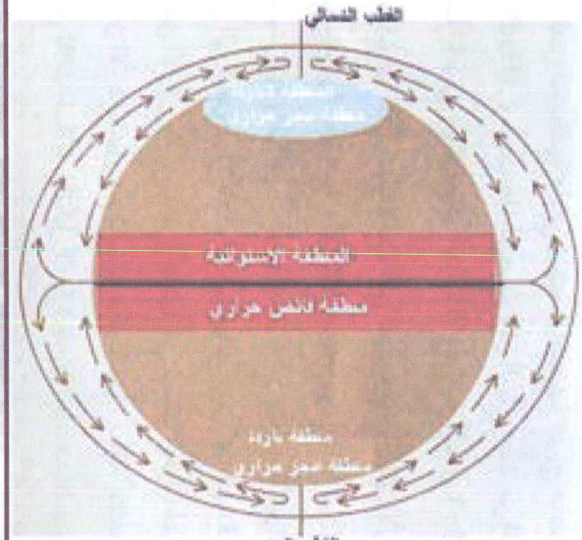
١ - الدورة العامة للرياح : General circulation

يتحرك الهواء بين العروض الاستوائية والقطبية نتيجة للتباين الحراري على سطح الأرض، بين المنطقة الاستوائية الدافئة والمنطقة القطبية الباردة. وتتأثر حركة الهواء بينهما بدوران الأرض حول محورها، و كذلك باختلاف مكونات سطح الأرض. وفي حالة افتراض أن الأرض ثابتة فان حركة الهواء بين المنطقتين الدافئة والباردة تكون بسيطة وينعدم تأثير قوة كوريوليس الناتجة عن دوران الأرض. و في حالة تشابه سطح الأرض بأن يكون يابساً أو مسطحاً مائياً فانه ينعدم التباين الحراري على سطح الأرض الذي ينتج عن اختلاف توزيع و تداخل اليابسة والمسطحات المائية. وعلى هذا الافتراض فان الهواء في المنطقة الاستوائية يصعد الى الطبقات العليا من الجو ثم يتجه الى المنطقة القطبية، بينما يهبط الهواء القطبي البارد نحو الأسفل ثم يتجه نحو المنطقة الاستوائية، وبهذا تنشأ دورة هوائية ذات خلية واحدة، و المعروفة بخلية هادلي نسبة لواضعها جورج هادلي عام ١٧٣٥م (Hadley cell). وحسب هذا التصور فان الرياح تهب من القطب الشمالي ومن القطب الجنوبي مباشرة نحو الدائرة الاستوائية (شكل ٦-١٢ أ).

وفي الحقيقة فان هذا الافتراض غير موجود لأن الأرض متحركة ومكونات سطحها مختلف، ولذا فان حركة الهواء المباشرة والمستقيمة بين المنطقة الاستوائية والمناطق القطبية غير ممكن بسبب تأثير قوة كوريوليس التي تؤدي الى انحراف الأجسام المتحركة الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي من الأرض والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي. وفي حالة افتراض أن الأرض تدور مع تشابه مكوناتها، فانه ينشأ دورة هوائية مكونة من ثلاث خلايا (شكل ٦-١٢ ب) . يصعد الهواء في المنطقة الاستوائية، ومن ثم يتجه نحوالشمال ولكنه لا يتجه مباشرة نحوالقطب



نموذج الخلايا الثلاث لحركة الرياح



التباين الحراري بين المنطقة القطبية و الاستوائية المحرك للرياح بين المنطقتين خلية هوائية واحدة

الشمالي بسبب تأثير قوة كوريوليس التي تؤدي الى انحراف الهواء نحواليمين وتصبح رياح غربية. ويتكدس الهواء في الطبقات العليا عند دائرة العرض ٣٠ شمالاً مكوناً حزاماً من الضغط المرتفع وهواء هابط نحوالأسفل، وبذلك تنشأ أول الخلايا الهوائية بين الدائرة الاستوائية و دائرة العرض ٣٠ شمالا. و تتكون خلية ثانية بين دائرة العرض ٩٠ شمالاً (الدائرة القطبية) ودائرة العرض ٦٠ شمالا، وفيها ينزل الهواء العلوي البارد نحو السطح و يهب نحو الجنوب حتى يقابل الهواء المعاكس القادم من دائرة العرض ٣٠ شمالاً الى دائرة العرض ٦٠ شمالاً. وتقع الخلية الثالثة في العروض الوسطى بين الخليتين الاخريتين و تعرف بخلية فرل Ferrell cell.

إن نموذج الخلايا الثلاث ليس واقعاً تماماً لافتراضه دوران الأرض مع تشابه مكونات سطحها مما ينتج عنه تشابه توزيع الضغط الجوي عليه. وهذا ليس صحيحاً لأن سطح الأرض يتألف من اليابسة و المسطحات المائية وكما هو معروف ان اختلاف الخصائص الطبيعية بينهما في اكتساب الحرارة وفقدانها يجعل الجسمين مختلفين في درجة الحرارة على الرغم من تجاورهما. فاليابسة تسخن بسرعة، وتبرد أيضا بسرعة، بينما المسطحات المائية تسخن ببطء وتبرد ببطء.

ونتيجة للعوامل السابقة تختلف درجة حرارة اليابسة عن المسطحات المائية المجاورة لها، ويؤدي ذلك الى اختلاف توزيع الضغط الجوي السنوي على سطح الأرض. ونشأ عن ذلك نظام عام للرياح بالقرب من سطح الأرض يعرف بنظام الدورة العامة للرياح (General circulation). وهو نظام معقد يختلف عن نظام الخلية الواحدة أوالخلايا الثلاث المقترحة. وعلى العموم فان اتجاه الرياح في نصف الكرة الشمالي شمالية شرقية في العروض الواقعة بين دائرة العرض صفر و دائرة العرض ٣٠ شمالاً، وفيها

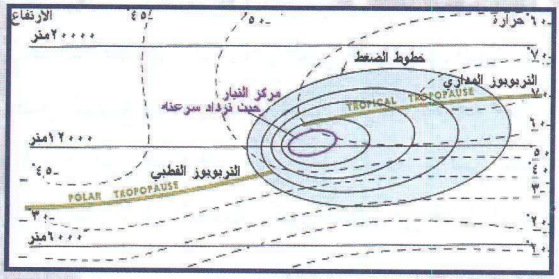
تهب الرياح من منطقة الضغط المرتفع عند دائرة العرض ٣٠ شمالاً نحو منطقة الضغط المنخفض عند دائرة العرض صفر. وتنحرف الرياح نحواليمين بسبب تأثير قوة كوريوليس الناتجة عن دوران الأرض، وفي العروض الوسطى الواقعة بين ٣٠ شمالاً و ٦٠ شمالاً تكون الرياح جنوبية غربية بسبب انحراف الرياح نحو اليمين. وفي العروض العليا بين ٦٠ شمالاً و ٩٠ شمالاً تكون الرياح شمالية شرقية لانحراف الرياح نحو اليمين. وفي نصف الكرة الجنوبي يكون اتجاه الرياح عكس ما عليه في النصف الشمالي من الأرض حيث تنحرف الى يسارمسارها نتيجة تأثير قوة كوريوليس. وتلتقي الرياح القادمة من دائرة العرض ٣٠ شمالاً وجنوباً في المنطقة الاستوائية.

٢ - التيارات الهوائية النفاثة Jet streams:

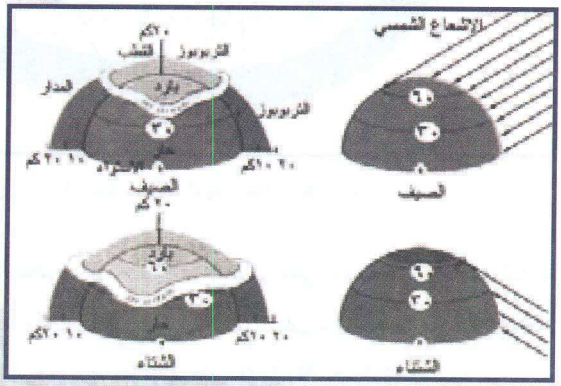
تعتبرالتيارات الهوائية النفاثة من الظاهرات الجوية العلوية. وقد اكتشفت خلال الحرب العالمية الثانية، وأطلق عليها النفاثة لشدة سرعتها. وهي عبارة عن رياح علوية سريعة تقع في أعلى طبقة التربوسفير (شكل ٦-١٣). ويبلغ طول التيار النفاث آلاف الكيلومترات و عرضه مئات الكيلومترات، ويبلغ أقصى حد لسرعته في منطقة المركز. وتستمد التيارات النفاثة طاقتها من التباين الحراري بين المناطق الاستوائية والمدارية الحارة والمناطق القطبية الباردة، وتزحف جنوبا في فصل الشتاء، وشمالاً في فصل الصيف. وتزداد سرعتها شتاءً وتقل صيفاً. (شكل ٦-١٤).

ويمكن توضيح العلاقة بين التيارات النفاثة واختلاف الحرارة الفصلي على سطح الأرض بالأخذ في الاعتبارالموقع الفصلي للتيارات وسرعتها. وعلى سبيل المثال، يقع التيار النفاث القطبي خلال فصل الشتاء عند دائرة العرض ٣٥ شمالا. ويبلغ معدل سرعته في هذا الفصل ١٣٠ كيلو متراً في

الساعة. ويتحرك نحو الشمال خلال فصل الصيف، ويقع بالقرب من دائرة العرض ٥٠ شمالاً، ويبلغ معدل سرعته نحو ٦٥ كيلومتراً في الساعة (شكل ٦-١٥). ويرجع اختلاف موقع وسرعة التيارالنفاث خلال فصلي الشتاء والصيف الى أنه في فصل الشتاء تنخفض كمية الطاقة التي تصل للقطب الشمالي، بينما تحظى المنطقة الاستوائية والمدارية بكمية وفيرة من الطاقة. ولهذا تختلف حرارة الغلاف الجوي اختلافًا كبيراً فوق الأجواء الاستوائية والمدارية عنها في أجواء المنطقة القطبية. ويحدث اختلاف في كثافة الهواء فوق المنطقتين، ومن ثم اختلاف في الضغط الجوي مما يؤدي الى حركة الهواء. وتكون شديدة السرعة خلال فصل الشتاء لشدة التباين الحراري بين المنطقتين، بينما تقل سرعة التيار النفاث خلال فصل الصيف



شكل (٦-١٣)موقع التيار النفاث في الطبقات العليا بين التربوبوز القطبي والتربوبوز المداري

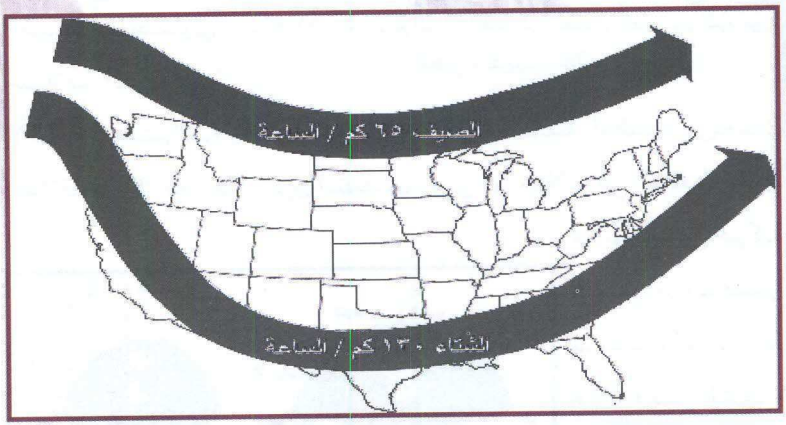


شكل (٦-١٤) العلاقة بين سرعة التيار النفاث وحركة الشمس الفصلية

بسبب سقوط كمية من الطاقة على المنطقة القطبية تؤدي الى قلة التباين الحراري بين دوائر العرض الشمالية و الجنوبية (شكل ٦-١٥).

العلاقة بين التيارات النفاثة و الظاهرات الجوية السطحية:

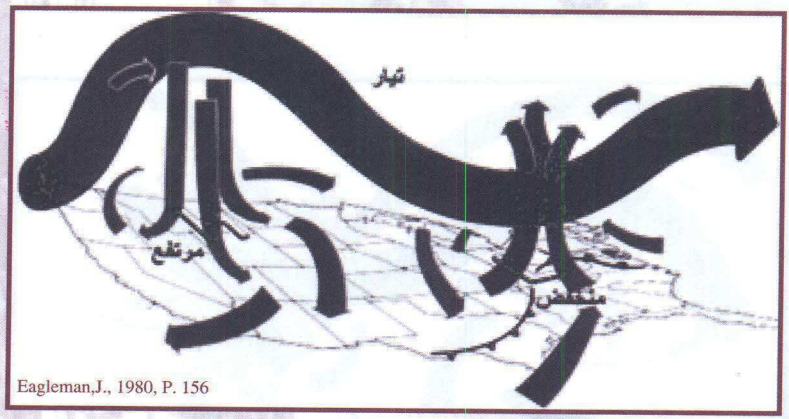
يؤثر موقع و سرعة التيارات النفاثة في الظاهرات الجوية السطحية (شكل ٦-١٦ و ٦-١٧). وتتأثر أعاصير العروض الوسطى بالتيار النفاث، فظاهرة الترنادو التي تحدث في الولايات المتحدة تتكرر في فصل الربيع وليس خلال فصل الخريف نتيجة تحول الحركة من التيارالنفاث والرياح التي حوله الى العواصف الرعدية التي ينتج عنها الترنادو. وحيث أن سرعة التيار النفاث تكون أعظم في فصل الربيع بعد فترة الظلام التي



شكل (٦-١٥) معدل مواقع التيار النفاث خلال العام

تهيمن على القطب الشمالي، فانه لازال يحتوي على كمية من الطاقة تنتقل الى العواصف الرعدية والترنادو حينما تعبر الجزء الأوسط من أمريكا، حيث يحدث التباين الحراري بين الكتل الهوائية الأرضية في فصل الربيع. وأما في فصل الخريف، يبدأ التيار النفاث يتحرك نحو الجنوب، وتقل

سرعته بسبب قلة التباين الحراري في الكتل الهوائية القريبة من سطح الأرض بعكس ما يحصل في فصل الربيع ولذا فان الطقس ليس مضطربا في فصل الخريف كما هو الحال في فصل الربيع.



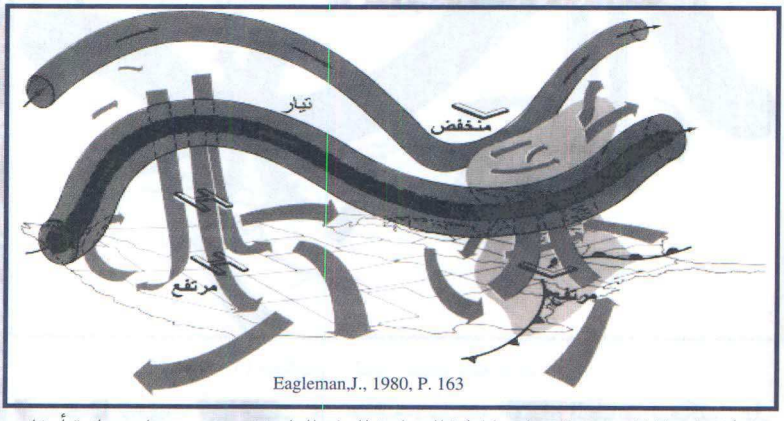
Eagleman,J., 1980, P. 156

شكل (٦-١٦) العلاقة بين التيار النفاث والظاهرات الجوية السفلية

وعندما يحدث أي تغيير في موقع وسرعة التيار النفاث ينعكس على الظاهرات الجوية التي تحدث بالقرب من سطح الأرض، وعلى سبيل المثال، في عام ١٩٧٦م مكث التيار النفاث فوق شمال الولايات المتحدة فترة أطول عما هو معتاد فنتج عنه ارتفاع الحرارة في يناير وفبراير من هذا العام، وفي شتاء عام ١٩٧٧م حدث العكس حينما تزحزح التيار النفاث كثيراً نحو الجنوب وتجاوز موقعه المعتاد فوق شرق الولايات المتحدة، حصل شتاء بارد لم يحدث له مثيل منذ ١٧٠عاماً لمعظم الولايات الواقعة شرق جبال روكي، وصيف حار وجاف في الولايات المتحدة. وفي نفس العام تعرض جنوب غرب الولايات المتحدة لفصل خريف جاف وشتاء دافئ.[١] وهذا يؤكد مدى ارتباط الظاهرات الجوية التي تحدث بالقرب من سطح الأرض بالتيارات والرياح العلوية.

1- Eagle, J. (1980), P. 103

وتؤثر حركة و سرعة التيارات النفاثة في حركة الطيران فتزيد من سرعة الطيران وتوفر الطاقة إذا كانت الطائرة تطير في اتجاه التيار النفاث والعكس، ولذا أخذ ذلك في الاعتبار عند وضع برامج رحلات الطيران الدولية.



شكل (٦-١٧)يتسبب الانفراج والحركة الدورانية للرياح العلوية في نشوء جبهات هوائية أسفل منخفضات التيارات النفاثة كما تساعد التيارات النفاثة الأعاصير الأرضية على إكمال دورتها

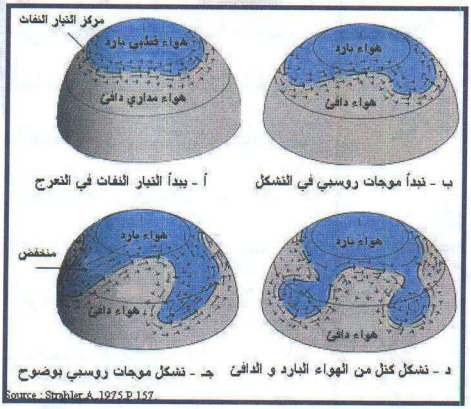
دورة التيار النفاث و موجات روسبي : Jet Stream Cycles

تبدأ المرحلة الأولى من دورة التيار النفاث بتجمع الهواء. ويتألف من هواء متجانس يتجه من الغرب نحو الشرق عبر العروض الوسطى من النصف الشمالي للغلاف الجوي، وفي المرحلة الثانية ينشأ منحنيات صغيرة أو موجات طويلة في التيار النفاث،وتعرف بموجات روسبي نسبة لمكتشفها عالم الطقس السويدي كارل جوستاف روسبي (Rossby C.G)، وتشكل المنحنيات منخفضات. وتبقى درجة حرارة السطح متعادلة الى حد ما مع التيار النفاث. وعلى العموم يبقى الهواء الدافئ الى الجنوب والهواء البارد الى الشمال من التيار النفاث (شكل ٦- ١٨). و يحدد

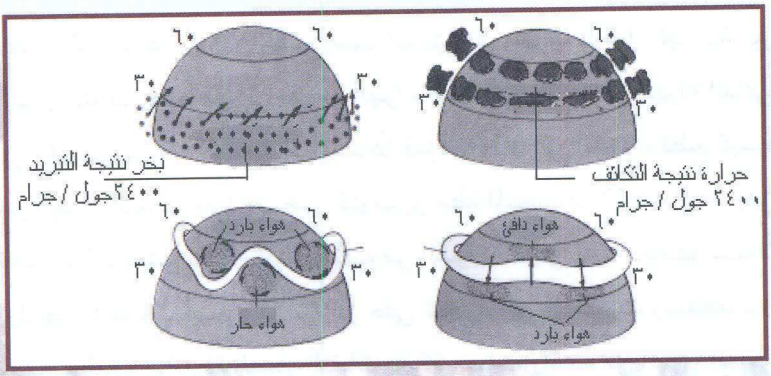
التيار النفاث تقريباً هذه الحدود حيث أنه يؤثر في حركة الكتل الهوائية، يمر التيار النفاث بعدد من المراحل مع الهواء البارد في الشمال و الهواء الدافئ في الجنوب. وتزداد الانحناءات اتساعًا فيؤدي ذلك الى انفصال قطع كبيرة من الهواء البارد، وتندفع نحو الجنوب بواسطة المنحنيات الإعصارية. وفي نفس الوقت ينشأ مساحات واسعة من الهواء الدافئ يتم دفعها شمالاً بواسطة منحنيات أضداد الأعاصير حتى تتحول الى منحنيات ومنعطفات، ويتم قطعها بواسطة التيار النفاث تاركة مساحة واسعة من الهواء الدافئ يتجه نحو الشمال. وتستمر التيارات الجوية النفاثة في إحداث هذه الدورات . وتأخذ هذه الدورة لتكتمل شهراً أو أكثر. وتلعب الكتل الهوائية المقتطعة المتجهة نحو الشمال أو الجنوب دوراً مهمًا في عملية التوازن الحراري للغلاف الجوي (شكل ٦-١٩).

أنواع التيارات النفاثة:

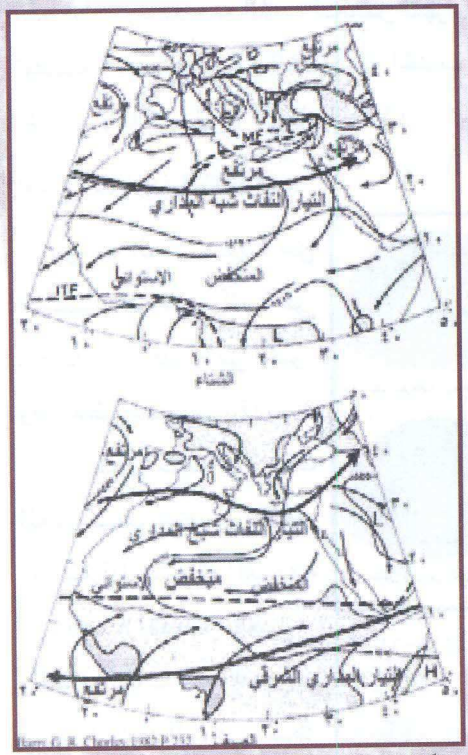
يوجد العديد من التيارات الهوائية في الطبقات العلوية من الجو، وقد حظي بعضها بالدراسة أما البعض منها فلا زالت المعلومات عنها قليلة. والتيارات النفاثة المعروفة هي التيارالنفاث القطبي، والتيار النفاث شبه المداري، والتيارالمداري الشرقي (شكل ٦-٢٠).



شكل (٦-١٨)تشكل الموجات الهوائية العلوية في الغربيات



شكل (٦-١٩) الموجات العلوية ودورها في عملية التبادل الحراري بين العروض العليا الباردة والعروض السفلى الدافئة



شكل (٦-٢٠) موقع التيار النفاث شبه المداري والتيار المداري الشرقي خلال العام

١-التيار النفاث القطبي Polar jet stream:

ينشأ التيار النفاث القطبي في منطقة التقاء الهواء الدافئ القادم من الجنوب بالهواء البارد القادم من الشمال، ويسير من الغرب نحو الشرق، ويقع تقريبا عند دائرة العرض ٣٠° شمالاً وعلى ارتفاع ما بين ٩٠٠٠-١٥٠٠٠ متراً، وتصل سرعته في فصل الشتاء الى ٣٠٠ كم خاصة في المركز. وعلى العموم تزداد سرعة التيار

النفاث في فصل الشتاء وتقل في فصل الصيف بسبب زيادة التباين الحراري بين أجواء المنطقة القطبية و المنطقة الاستوائية والمدارية في فصل الشتاء وانخفاضها في فصل الصيف. ويلاحظ على التيار النفاث القطبي أنه لا يشكل دائرة مستمرة حول الأرض وأنه غير منتظم بل متقطع.

٢ - التيار النفاث شبه المداري Sub- tropical jet stream

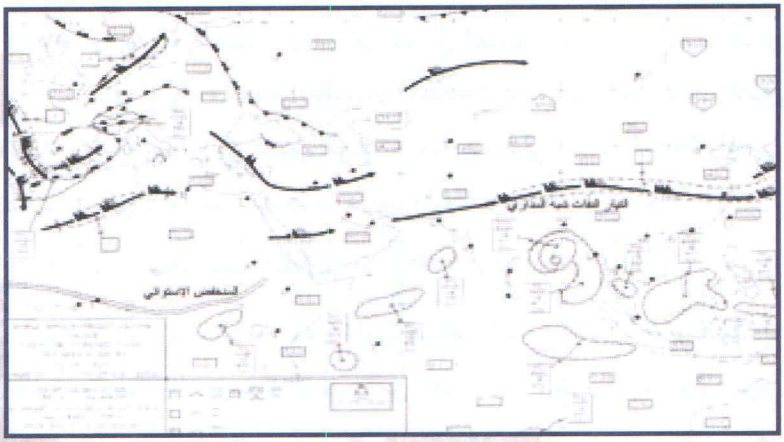
يتكون التيار النفاث شبه المداري نتيجة التدرج الحراري في الطبقات العليا من طبقة التربوسفير، ويسير من الغرب نحو الشرق، ويقع بين دائرتي العرض ٢٠° و ٣٠° شمالاً.

صورة (٦-١) أخذت الصورة من أعلى ارتفاع ١٨٠ كم وتمثل السحب مسار التيار النفاذ شبه المدار فوق مصر البحر الأحمر والجزيرة العربية

ويتزحزح شمالا في فصل الصيف و يتراجع خلال فصل الشتاء نحو الجنوب، و يعبر الأجواء الشمالية من مصر والبحر الأحمر والمملكة العربية السعودية (شكل ٦-٢١ وصورة ٦- ١). ويتميز التيار النفاث شبه المداري بانتظامه بعكس التيار النفاث القطبي.

٣- التيار المداري الشرقي Easterly tropical jet stream

يتكون التيار المداري الشرقي في فصل الصيف في الجزء العلوي من طبقة التربوسفير فوق جنوب أسيا وأفريقيا حول دائرة العرض ١٣° شمالاً



شكل (٦-٢١) خريطة جوية ويلاحظ وجود التيار النفاث شبه المداري فوق وسط المملكة العربية السعودية

نتيجة التدرج الحراري بين الجنوب والشمال، ويسيرمن الشرق نحو الغرب بعكس التيارات الأخرى. ويلاحظ تكون التيار النفاث المداري خلال فصل الصيف فقط عندما يزحف المنخفض الاستوائي نحو الشمال (شكل ٦ - ٢٠).

ثانيا : الرياح متوسطة الارتفاع :

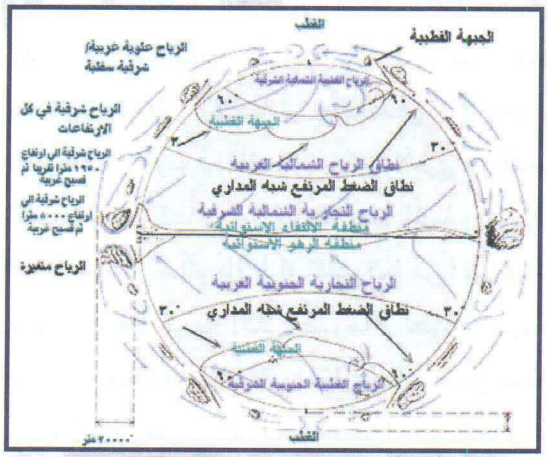
١ - الرياح الدائمة :

تشمل الرياح الدائمة الرياح التي تهب بين مناطق الضغط المرتفع والمنخفض شبه الدائمة و هي منطقة الضغط المنخفض الاستوائية ومنطقة الضغط المرتفع ٣٠ شبه المداري، ومنطقة الضغط المنخفض٦٠، ومنطقة الضغط المرتفع القطبية٩٠ . وتتميزالرياح الدائمة بأنها ثابتة الاتجاه طوال العام . وتشمل الرياح التجارية والرياح العكسية و الرياح القطبية (شكل ٦-٢٢).

أ - الرياح التجارية :

تهب الرياح التجارية من حزام الضغط المرتفع شبه المداري نحو المنخفض الاستوائي. وعُرفت بالتجارية لدورها الهام في العصور الماضية في تسيير السفن الشراعية التي تجوب البحار والمحيطات.

ويطلق علي الرياح التي تهب من منطقة الضغط المرتفع شبه المدارية الشمالية نحو المنخفض الاستوائي بالرياح التجارية الشمالية الشرقية، وتهب من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي. أما الرياح التي تهب من منطقة الضغط المرتفع شبه المدارية الجنوبية فتعرف بالرياح التجارية الجنوبية الشرقية، وتهب من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي (شكل ٦-٢٢). وتوصف الرياح التجارية بالشرقية بسبب تأثرها بقوة كوريوليس حيث تنحرف الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي. وتحتل الرياح التجارية أهمية بسبب المساحة الشاسعة التي تغطيها حيث تهب على نحو نصف الأرض. وتتميز باستمرار اتجاهها وعدم تباين سرعتها، وقلة اضطراباتها الهوائية. ويتراوح معدل سرعة الرياح التجارية ما بين ١٥-٢٤ كيلومتراً في الساعة، ويزداد



شكل (٦-٢٢) الدورة العامة للرياح

سرعتها في فصل الشتاء. وتنخفض سرعتها باتجاه القطبين والمنطقة الاستوائية. وتتفاوت الخصائص الجوية للرياح التجارية للمنطقة التي تهب عليها لتأثرها بمنطقة الضغط المرتفع شبه المداري (منطقة أضداد الأعاصير المدارية) التي تتميز بهدوء الجو. وفي هذه المنطقة يهبط الهواء من الطبقات الجوية العلوية نحو الأسفل و ما يترتب عليه من ارتفاع حرارة الهواء بسبب هبوطه من الأعلى البارد نحو الأسفل الدافئ، وكذلك تأثير عامل احتكاك جزئيات الهواء الهابطة بعضها ببعض. ويؤدي نزول الهواء في منطقة الضغط المرتفع الى نشوء طبقة حرارية منخفضة (انقلاب حراري)، يتراوح ارتفاعها ما بين ٥٠٠ - ١٥٠٠ متراً. وهذه الطبقة لا تساعد على صعود وتكاثف الهواء، وتكوّن السحب وسقوط الأمطار، بل تؤدي الى تسخين بخار الماء المتطاير في الجو وتشتيت السحب. ولذا فان حواف الرياح التجارية الغربية من منطقة الضغط المرتفع شبه المدارية والجنوبية تتميز بهدوئها وجفافها. وتتميز الرياح التجارية بالقرب من المنخفض الاستوائي (المنطقة الإعصارية) بهدوء جوها ورطوبته. ويرجع ذلك الى أن الهواء الدافئ في هذه المنطقة يصعد الى أعلى ويبرد ويتكاثف فتتكون السحب، وتسقط الأمطار. كما أن خصائص الرياح التجارية التي تهب على المحيطات المدارية تختلف من منطقة لأخرى من المحيطات والأجزاء اليابسة المحاذية لها، لتأثرها بمركز الضغط المرتفع على المحيطات، ففي المناطق الشرقية التي تتأثر بالأطراف الشرقية من الضغط المرتفع شبه المداري حيث يكون الضغط فيها أكثر وضوحاً و تطوراً، وهبوط الهواء أشد. ويتكون طبقة منخفضة من الانقلاب الحراري بالقرب من سطح الأرض، ويكون الهواء مستقراً والأمطار قليلة، بينما يتميز الجانب الغربي من مركز الضغط المرتفع شبه المداري بضعفه، ومن ثم قلة الهواء الهابط، ونشوء طبقة انقلابية عالية

تسمح بصعود الهواء الى أعلى و تكثفه، وتكون السحب، وسقوط الأمطار. كما أن الرياح التجارية تصطدم بالحواف الشرقية للقارات التي تهب عليها فيصعد الهواء الدافئ والرطب نتيجة عبوره مساحة شاسعة من مياه المحيطات الدافئة الى أعلى ويتكاثف، فتتكون السحب وتسقط الأمطار الغزيرة. ولذا تغزر الأمطار على السواحل الشرقية للقارات الواقعة في مهب الرياح التجارية كالسواحل الشرقية لأمريكا والساحل الشرقي لاستراليا، بينما يلاحظ أن الأطراف الغربية للقارات التي تهب عليها الرياح التجارية جافة لوقوعها تحت تأثير الجزء الشرقي من مركز الضغط المرتفع شبه المداري (منطقة أضداد الأعاصير المدارية)، وعدم مرور الرياح التجارية بمسطحات مائية، وعدم اصطدامها باليابسة. وفي هذه المناطق تقع الصحاري المدارية الجافة في غرب القارات حيث تسود الرياح التجارية كالصحاري العربية في أسيا و أفريقيا، وصحراء أمريكا الشمالية، وصحراء غرب أمريكا الجنوبية. وتلتقي الرياح التجارية الشمالية والجنوبية في منطقة المنخفض الاستوائي (Inter Tropical Convergence Zone) (ITCZ). وتتميز بعدم استمرارها فتشكل مناطق متميزة برياح خفيفة السرعة ومتقلبة تعرف بمنطقة الرهو الاستوائي (الهدوء الاستوائي أو الركود الاستوائي) كما هو الحال في شرقي المحيطين الهادي والأطلسي، وفي المحيط الهندي و غرب المحيط الهادي (شكل ٦-٢٢). وقد كانت هذه المناطق تشكل في الماضي عائقا للملاحة الشراعية المتجهة نحو العالم الجديد، وتكاد تتوقف أحيانا، ويضطر الملاحون تخفيف حمولة السفن برمي الخيول في المحيط، وقد عُرفت هذه المناطق بعروض الخيل (Horse Latitudes).

ب - الرياح الغربية (الرياح العكسية) Westerlies wind:

تسود الرياح الغربية في العروض الوسطى الواقعة تقريبا بين دائرتي العرض ٣٠° و ٦٠° شمالاً و جنوباً، من منطقة الضغط المرتفع شبه المداري (٣٠ شمالاً وجنوباً) نحو منطقة الضغط المنخفض شبه القطبي عند دائرة العرض ٦٠ شمالاً وجنوباً. وتنحرف الرياح الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي. ويكون مسارها في النصف الشمالي من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي، وفي الجنوب من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي (شكل ٦-٢٢). وتختلف الرياح الغربية (العكسية) عن الرياح التجارية في اتجاهاتها و كثافتها، خاصة في فصل الشتاء الذي تكثر فيه المنخفضات الجوية التي ينتج عنها اضطرابات جوية يتغير بسببها اتجاه الرياح وسرعتها.

ويلاحظ أن الرياح الغربية في النصف الجنوبي من الأرض أكثر اضطراباً و سرعة خلال فصلي الصيف و الشتاء. وتعرف في العروض الواقعة بين دائرتي العرض ٤٠ و ٥٠ جنوباً بالرياح المزمجرة أو الهوجاء (Roaring Forties). وتكون الرياح الغربية أكثر وضوحاً على السواحل الغربية للقارات منها على السواحل الشرقية حيث تضعف أحياناً خلال فصل الصيف، وتظهرمحلها الرياح الموسمية كما هو الحال في شرق أسيا. وتلعب الرياح الغربية دوراً مهماً في عملية التوازن الحراري بين الشمال والجنوب، وذلك بنقل الدفء من العروض المدارية الى العروض الوسطى التي تهب عليها، كما تتسبب في سقوط الأمطار على السواحل الغربية للعروض الوسطى في غرب أوربا وغرب الولايات المتحدة الأمريكية نظراً لعبورها مسطحات مائية شاسعة (المحيط الأطلسي) فيعطيها فرصة للتشبع بالرطوبة.

جـ - الرياح القطبية :

يتحرك الهواء من منطقة الضغط المرتفع على المنطقة القطبية الباردة الى منطقة الضغط المنخفض شبه القطبية الواقعة تقريباً عند دائرة العرض ٦٠ شمالاً وجنوباً، وتسود في العروض العليا الواقعة بين هذين الضغطين (شكل ٦-٢٢). و تأخذ الرياح القطبية اتجاه شمالي شرقي بسبب تأثير قوة كوريليس حيث تنحرف الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي، والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي. وتهب في نصف الكرة الشمالي من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي. وفي النصف الجنوبي من الأرض تهب من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي. وتتميز الرياح القطبية بالبرودة الشديدة وانخفاض رطوبتها.

٢- الرياح الموسمية: Monsoon wind

توصف الرياح بالموسمية لأنها تغير اتجاهها خلال العام من فصل لأخر نتيجة التباين الحراري الذي يحدث خلال العام بين اليابسة والمسطحات المائية في مناطق هبوبها. وتحدث الرياح الموسمية في أماكن كثيرة من العالم، إلا أنه يقصد بها غالباً الرياح التي تغير اتجاهها في المنطقة المدارية والمناطق القريبة منها، والتي تُسقط غالبية أمطارها في فصل الصيف (شكل ٦-٢٣). وتتأثر الرياح الموسمية بمدى اختلاف الحرارة بين اليابسة والمسطحات المائية المحيطة، وبالحركة الجوية العلوية السائدة في الأجواء العليا من منطقة سيادة الرياح الموسمية كالتيارات الجوية التي تعبر فوق جنوب أسيا، وكذلك بالمؤثرات السطحية التضاريسية كجبال الهيملايا [١]. وتختلف خصائص الرياح الموسمية خلال العام من فصل لأخر بسبب اختلاف منطقة النشأة، فهي باردة جافة في الشتاء ودافئة رطبة في

1- Barry,and R. Chorley, (19681, P. 246.

فصل الصيف. أما في فصلي الربيع و الخريف فهما فصلان انتقاليان بين الفصلين.

١ - الرياح الموسمية الصيفية : Summer Monsoon Winds

تتعامد الشمس في فصل الصيف على مدارالسرطان (٢٣,٥° شمالاً)، ويحظى النصف الشمالي من الأرض بنصيب وافرمن الطاقة الشمسية. وتسخن اليابسة قبل المسطحات المائية، وينعكس ذلك على الهواء الذي يعلوهما فيكون الهواء دافئاً على اليابسة وبارداً على المسطحات المائية. ويتكون فوق الأراضي الداخلية من الكتل اليابسة ضغط منخفض بينما يتكون فوق المسطحات المائية الباردة ضغط مرتفع، ومن ثم يتحرك الهواء من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض المتمركز على اليابسة. وتعتبر أسياوأفريقيا مثال جيد للرياح الموسمية حيث ترتفع الحرارة في الصيف على الكتلتين اليابستين، وينتقل إليهما الهواء الرطب من المياه المحيطة بهما (شكل ٦-٢٣). وتكون الرياح جنوبية غربية على المناطق الواقعة في مسارها. ويعتمد تأثير الرياح الموسمية الصيفية على المناطق التي تهب عليها على عدد من العوامل و المؤثرات الجوية والسطحية منها:

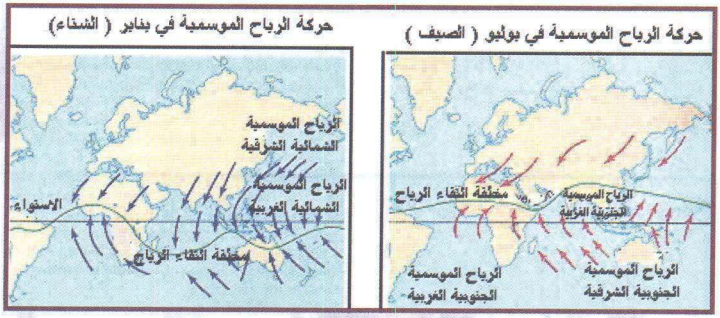
١- مدى تعمق المنخفض الاستوائي، ومناطق الضغط المرتفع (أضداد الأعاصير) شمالا، التي تتأثربتعامد الشمس على مدار السرطان خلال الصيف الشمالي (٢٣,٥° شمالاً).

٢-موقع التيار النفاث الغربي شبه المداري، والتيار النفاث المداري الشرقي الذي يقع خلال فصلي الصيف فوق جنوب أسيا ووسط أفريقيا.

٣-تعمق المنخفض الموسمي الهندي المتمركز فوق شمال الهند والباكستان.

٤-الطبيعة الطبوغرافية لمنطقة هبوب الرياح الموسمية.

ويتفاوت تأثير الرياح الموسمية في مدى تعمقها داخل اليابسة، وكمية



شكل (٦-٢٣) الرياح الموسمية

ووقت الأمطار التي تسقطها من منطقة لأخرى. وتجلب الرياح الموسمية الصيفية الأمطار لغرب أفريقيا وجنوب وجنوب غرب وجنوب شرق أسيا. وتعتمد الحياة و النشاط الرعوي والزراعي في كثير من دول هذه المناطق على الأمطارالتي تجلبها الرياح الموسمية إليها . وتسقط الأمطارالموسمية على الهند بكميات كبيرة، وتتجاوز أحيانا ١٠٠٠ بوصة في السنة خاصة في شمال الهند حيث تصطدم الرياح الموسمية بجبال الهيملايا[١] (صورة ٦ - ٢).

وتنخفض كمية الأمطارالموسميةعلى أفريقيا وجنوب شرق وغرب أسيا، ويبلغ معدلهاالسنوي ٢٥ بوصة. وقد تنخفض عن ذلك كثيرا في بعض السنوات في حصل الجفاف و القحط في هذه المناطق كما حصل للساحل الأفريقي حيث استمرالجفاف ٦ سنوات، فقد بدأ في عام ١٩٦٨م، واستمر حتى عام ١٩٧٣ . ونتج عن ذلك تعرض أكثر من ١٠٠,٠٠٠ من سكان المنطقة للجوع، وموت نحو ٢٠ مليون رأس من الماشية. وقد تأثر اقتصاد دول الساحل الأفريقي وهي موريتانيا السنغال، مالي، فولتا العليا، النيجر، وتشاد، ونشأت أزمة اقتصادية حادة في هذه البلدان[٢].

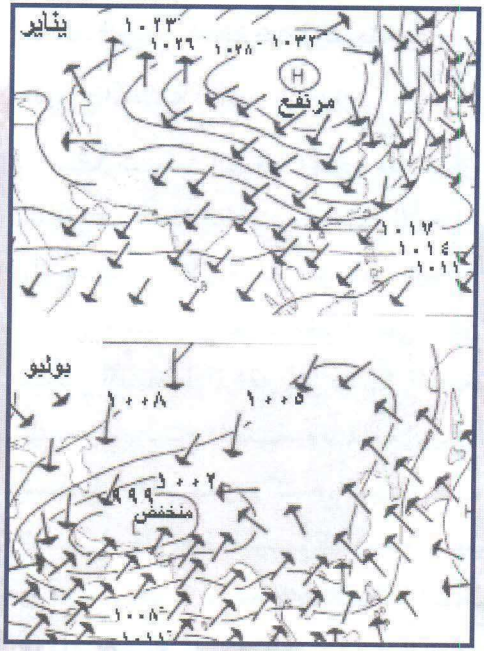
1- Navarra,J., 1979, P. 239.

2- Lockwood,. J., 1979, P.199-209.

صورة (٦-٢) تُسقط الرياح الموسمية أمطار غزيرة على الهند بسبب تعامدها على المرتفعات

وتسقط الأمطار الموسمية الصيفية على جنوب غرب الجزيرة العربية. ويبلغ معدلها السنوي نحو بوصة ٢٥، وقد تنخفض في بعض السنوات الى أقل من ذلك بكثير.

وتلعب المرتفعات الجنوبية الغربية في شبه الجزيرة العربية دوراً كبيراً في زيادة أمطار المنطقة بسبب تعامد الرياح الموسمية الرطبة عليها. أما السواحل الجنوبية لشبه الجزيرة العربية فهي جافة بسبب موازات الرياح الموسمية لها (شكل ٦ - ٢٤).



شكل (٦-٢٤) يعتمد تأثير الرياح على وضعها بالنسبة لليابسة التي تهب عليها ويزداد تأثيرها كلما كانت عمودية بالنسبة لليابسة

٢ - الرياح الموسمية الشتوية : Winter Monsoon Winds

تنخفض الحرارة خلال الشتاء في وسط أسيا وشرق سيبيريا. وينشأ عن ذلك ضغط مرتفع على المنطقة، ويبلغ معدلة ١٠٣٦ ملليبار(٣٦ بوصة). وتتميز المياه المحيطة بالكتلة اليابسة بالدفء. وينشأ عن ذلك ضغط منخفض يتسبب في تحرك الهواء نحوها من اليابسة المحيطة بها (شكل ٦- ٢٣و٦- ٢٤)، وهو هواء بارد جاف. وتجلب الرياح الموسمية الشتوية البرودة والجفاف للمناطق التي تهب عليها.

ثالثا: الرياح المنخفضة (السطحية):

الرياح المحلية : Local winds

يتفاوت مقدارالضغط الجوي على نطاق محلى بسبب التباين الحراري الناتج عن اختلاف طبيعة سطح الأرض في المنطقة الواحدة كالارتفاع والانخفاض وتوزيع اليابس والماء ووجود الغطاء النباتي، ونحو ذلك. ويؤدي اختلاف الضغط الجوي على نطاق محلي الى حركة الهواء من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض، ويعرف الهواء المتحرك بالرياح المحلية. وتتصف الرياح المحلية بصغر المساحة التي تسودها، وقصرعمرها كنسيم البر والبحر، ونسيم الجبل والوادي، ونسيم الصحراء والواحة، ونسيم البحيرة، ونسيم الحدائق والمتنزهات والمزارع والمسابح ونحوها من الحركات الهوائية الصغيرة التي تحدث خلال ٢٤ ساعة أوأقل. وتشمل الرياح المحلية أيضا الرياح المصاحبة للمنخفضات الجوية الحارة والباردة كرياح الخماسين والسموم، والسيروكو، والفهن، والشنوك، ورياح المسترال، ورياح البورا، وغيرها من الرياح التي تصاحب المنخفضات الجوية. وتختلف الخصائص الجوية للرياح المحلية فمنها الحار والبارد، ومنها الرطب والجاف، وكذلك تختلف في سرعتها. و يمكن تقسيمها الى:

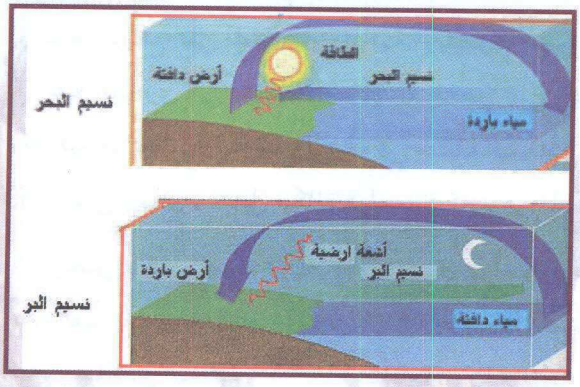
أ - رياح النسيم :

وتشمل الرياح الناتجة عن أختلاف الحرارة والضغط بين المناطق اليابسة والمناطق الرطبة الصغيرة كالمسطحات المائية والمسطحات الخضراء كالغابات والحدائق والمزارع ونحوها، وأختلاف الحرارة والضغط بين السفوح والأودية.

١ - نسيم البر و البحر : Land and Sea Breeze

تحدث ظاهرة نسيم البر والبحر خلال ٢٤ ساعة بين اليابسة والمسطح

المائي المحيط بها بسبب اختلاف الحرارة بينهما خلال اليوم. ففي النهار، يتحرك الهواء من المسطح المائي نحو اليابسة، وخلال الليل يحدث العكس حيث يتحرك الهواء من اليابسة نحو البحر (شكل ٦-٢٥). ويرجع ذلك الى اختلافهما في اكتساب الحرارة وفقدانها، فاليابسة تكتسب الحرارة بسرعة وتفقدها بسرعة بينما المسطحات المائية تكتسب الحرارة ببطء وتفقدها ببطء. ويرجع ذلك الى عدد من العوامل والمؤثرات منها، ثبات سطح اليابسة مما يجعله عرضة لأشعة الشمس طوال مدة شروق الشمس بعكس المسطحات المائية فهي غير ثابتة بل تتجدد باستمرار، وتتعمق الأشعة الشمسية في المياه لعدة أمتار، بينما تتركز الأشعة الشمسية على القشرة السطحية لليابسة فترفع من حرارتها.



شكل (٦-٢٥) حركة الرياح اليومية نتيجة اختلاف الحرارة بين اليابسة والمسطحات المائية خلال اليوم

أ - نسيم البحر : Sea breeze

بعد شروق الشمس تتعرض المسطحات المائية واليابسة للأشعة الشمسية وتأخذ حرارتهما بالارتفاع إلا أنه يلاحظ أن اليابسة ترتفع حرارتها بشكل أسرع من المسطح المائي المجاور. وترتفع حرارة الهواء السفلي الذي يعلو اليابسة بينما يكون الهواء الذي يعلو المسطحات المائية بارداً. ونتيجة للاختلاف الحراري بينهما خلال النهار ينشأ ضغط منخفض على اليابسة

وضغط مرتفع على المسطحات المائية. ويتحرك الهواء من منطقة الضغط المرتفع البحري الى منطقة الضغط المنخفض على اليابسة. وتستمر هذه العملية خلال النهار بارتفاع الهواء في منطقة الضغط المنخفض على اليابسة الى أعلى ويتحرك ليحل مكانه هواء بارد قادم من المسطح المائي المجاور.

ويحل مكان الهواء البحري المتحرك هواء بارد من الأعلى، وتعرف هذه العملية بنسيم البحر (شكل ٦-٢٥). ويبدأ نسيم البحر في التحرك غالبا ما بين الساعة ١٠ - ١١ صباحًا، ويبلغ أوجه ما بين الساعة ١و٣ مساءاً بسبب التباين الحراري الشديد بين اليابسة والمسطحات المائية. ويؤثر نسيم البحر في جو اليابسة المحيطة به فيلطفه ويرفع من رطوبته. وقد يؤدي أحياناً الى سقوط الأمطار خاصة أمطار ما بعد الظهر كما يحدث في السفوح الغربية للمرتفعات الجنوبية الغربية من شبه الجزيرة العربية. ويتفاوت تأثير نسيم البحر في جو اليابسة على عدد من المؤثرات منها.

١ - مدى اختلاف مقدار الضغط بين اليابسة والمسطحات المائية المجاورة.

٢- طبيعة سطح اليابسة المجاورة. فاذا كانت منبسطة ومفتوحة فان نسيم البحر يكون تأثيره أعمق، أما إذا كانت اليابسة غير مفتوحة نحو البحر كوجود حواجز جبلية ممتدة بشكل موازي للبحر فانها تمنع من تعمق المؤثرات البحرية نحو اليابسة كما هو الحال في المرتفعات الغربية لشبه الجزيرة العربية المحاذية للبحر الأحمر الممتدة من الشمال الى الجنوب والتي تحد من تعمق المؤثرات البحرية في اليابسة.

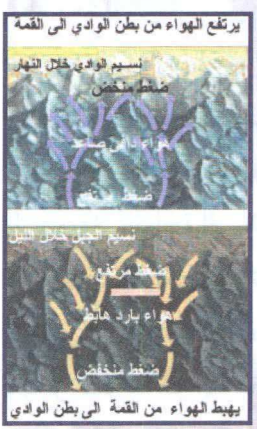
٣- يعتمد تأثيرنسيم البحر في جو اليابسة على مساحة المسطح المائي، فكلما زادت مساحة المسطح المائي كان تأثيره أكبر والعكس.

ب - نسيم البر: Land breeze

تبدأ الأرض في آخر النهار تفقد حرارتها السطحية وتبرد خلال الليل، و تصبح أبرد من المسطحات المائية المجاورة، و يعلوها هواء بارد، بينما تحتفظ المسطحات المائية بالحرارة، ويكتسب الهواء الذي يعلوها الدفء. ويتكون ضغط مرتفع على اليابسة الباردة، وضغط منخفض على المسطحات المائية المجاورة. ويرتفع الهواء الدافئ الذي يعلو المسطحات المائية الى أعلى ويحل مكانه هواء بارد جاف قادم من اليابسة. وتستمرهذه العملية خلال الليل (شكل ٦-٢٥). وعلى العموم نسيم البر أقل تأثيراً من نسيم البحر.

٢- نسيم الجبل و الوادي : Mountain and Valley breeze

تتفاوت الحرارة بين بطون الأودية وسفوح المرتفعات المطلة عليها بسبب اختلاف تعرضها لأشعة الشمس خلال اليوم. وينتج عن ذلك اختلاف الضغط الجوي بين سفوح المرتفعات و بطون الأودية، ونشوء مناطق ضغط مرتفعة وأخرى منخفضة في نطاق مساحة محدودة. ومن ثم يتحرك الهواء من منطقة الضغط المرتفع نحو منطقة الضغط المنخفض من السفوح الجبلية نحو بطون الأودية والعكس، وتعرف هذه العملية بنسيم الجبل و الوادي (شكل ٦-٢٦). ففي أثناء النهار تتعرض سفوح الجبال مباشرة لأشعة الشمس فيسخن الهواء الذي يعلوها، ويخف وزنه، ويرتفع الى أعلى، ويشكل ضغطاً منخفضاً. بينما لا تتعرض بطون الأودية للأشعة الشمسية فيكون هواؤها بارداً، ويتكون ضغط مرتفع. ويتحرك الهواء أثناء النهار



شكل (٦-٢٦)نسيم الوادي والجبل

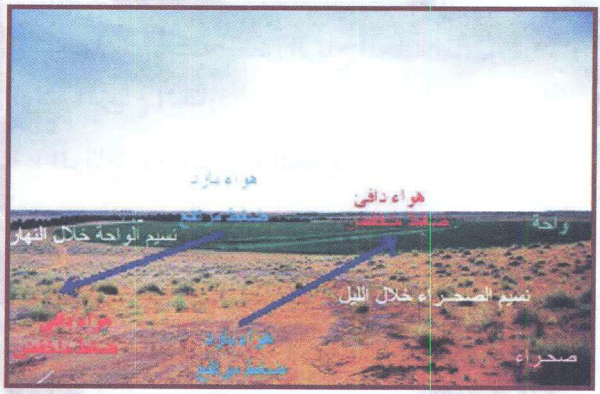
من بطون الأودية (الضغط المرتفع) الى السفوح الجبلية (الضغط المنخفض). وتعرف هذه العملية بنسيم الوادي (شكل ٦- ٢٦). وفي أثناء الليل يحدث العكس تبردالسفوح الجبلية أسرع من بطون الأودية لأنها مرتفعة ومكشوفة. ويتكون ضغط مرتفع على السفوح وضغط منخفض في بطون الأودية. ويتحرك الهواء البارد الثقيل من سفوح الجبال نحو بطون الأودية ليحل مكان الهواء الدافئ الصاعد من بطون الأودية. وتعرف هذه العملية بنسيم الجبل (شكل ٦-٢٦).

ويستغل سكان المناطق الجبلية الباردة الطبقة الهوائية الدافئة التي تتكون على السفوح الجبلية التي تنشأ عن عملية نسيم الوادي والجبل بزراعة بعض المحاصيل الزراعية الدافئة.

٣ - نسيم الواحة و الصحراء : Desert and Oases Breeze

يحدث نسيم الواحة والصحراء في المناطق الصحراوية حيث تحيط المناطق الصحراوية التي تسودها الرمال والصخور ونحوها، بالواحات الزراعية. وينتج عن ذلك اختلاف الحرارة خلال اليوم بين الواحة والصحراء المحيطة بها. وخلال النهار تتميز الواحة باعتدال جوها مقارنة بالصحراء المحيطة التي تتميز بارتفاع حرارتها. ونتيجة للتباين الحراري بينهما يختلف الضغط الجوي بين المنطقتين. وينشأ عن ذلك ضغط منخفض على الصحراء لارتفاع حرارتها، وضغط مرتفع على الواحة. ويتحرك الهواء من الضغط المرتفع على الواحة الى الصحراء المجاورة فيلطف من جو الصحراء المحيط بها مباشرة. ويعتمد تأثير نسيم الواحة على مساحة الواحة ونسبة الغطاء النباتي. وعلى العموم فان تأثير نسيم الواحة على الصحراء محدود جداً لصغر مساحة الواحة مقارنة بالصحراء المحيطة بها. و خلال الليل يحدث العكس تفقد الصحراء الحرارة التي اكتسبتها أثناء النهار بسرعة لصفاء

جوها، وندرة الغطاء النباتي. ويكون جو الواحة أدفئ. وتتشكل أثناء الليل منطقة ضغط مرتفع على اليابسة، و ضغط منخفض على الواحة. ويتحرك الهواء من منطقة الضغط المرتفع الصحراوي الى الضغط المنخفض على الواحة. ويعرف بنسيم الصحراء، ويتصف بالبرودة والجفاف (شكل ٦-٢٧).



شكل (٦-٢٧) يحدث نسيم الصحراء أثناء الليل ونسيم الواحة أثناء النهار بسبب أختلاف الحرارة بينهما

ب - الرياح المصاحبة للمنخفضات الجوية (الرياح المحلية):

تحدث الرياح المحلية نتيجة اختلاف الضغوط المحلية، وتحرك المنخفضات الجوية الباردة والحارة. وتتفاوت هذه الرياح في خصائصها الجوية. ويرجع ذلك الى اختلاف خصائص مناطق نشأتها، ومساراتها، فمنها البارد، ومنها الحار، والرطب، ومنها الجاف. ويطلق عليها أسماء محلية مختلفة. وتقسم الرياح المصاحبة للمنخفضات الجوية الى رياح محلية حارة وباردة. وتنشأ في المناطق المرتفعة والمنخفضة. ومن الرياح الحارة التي تهب في مقدمة المنخفضات الجوية رياح الخماسين، والسموم، والسيركو، والهرمتان، ورياح البركفيلدرز. ومن الرياح المحلية الجبلية الحارة التي تهب في مقدمة المنخفضات الجوية والتي تكتسب حرارتها من انزلاقها

على السفوح الجبلية رياح الفهن، ورياح الشنوك، ورياح سانتا انا. ومن الرياح المحلية الباردة التي تهب في مؤخرة المنخفضات الجوية رياح المسترال، ورياح البورا (شكل ٦- ٢٨).

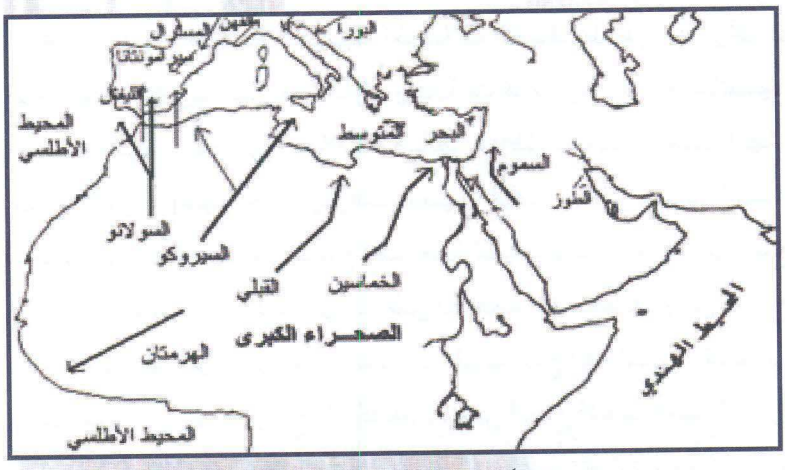
وفيما يلي أمثلة لبعض الرياح المحلية المشهورة:

أولا- الرياح الحارة:

أ - الرياح الصحراوية الحارة

تتكون الرياح الصحراوية الحارة في المناطق الصحراوية الحارة.

وتتميز بحرارتها وجفافها، وإثارتها للأتربة. وتنتشر في أماكن كثيرة من العالم (شكل ٦- ٢٨). ومنها رياح الصحراء الكبرى بشمال أفريقيا كرياح الخماسين، والقبلي، والسيروكو، ورياح الهرمتان ورياح شبه الجزيرة العربية كالسموم، والكوس. ورياح البريكفيلدرز في جنوب شرق أستراليا، ورياح الزوندا في الأرجنتين وتنقل الرياح الصحراوية الحرارة والأتربة والرمال الناعمة الى مناطق بعيدة عن أماكن نشأتها، ولكنها عند ما



شكل (٦-٢٨) نماذج للرياح المحلية

تعبرمسطحات مائية تتغيربعض خصائصها كزيادة رطوبتها، وحرارتها. وتقل كمية الأتربة والرمال التي تحملها. ويعتمد ذلك على مساحة المسطح المائي الذي تعبره كما هو الحال بالنسبة لرياح الصحراء الكبرى فهي صحراوية المنشأ، كرياح السيروكو، ورياح الليفانتز التي تهب من شمال أفريقيا تعبر البحر المتوسط الى جنوب أوربا فتفقد بعض خصائصها الأصلية، وتكتسب بعض الخصائص المناخية للمناطق التي تعبرها كالحرارة والرطوبة. ويختلف وقت ومدة هبوب الرياح الصحراوية، وتكرارها من منطقة لأخرى. وقد يصل تكرارها في بعض المناطق الى ٥٠ مرة في العام كرياح الخماسين التي تهب على مصر. وتهب الرياح الصحراوية الحارة، والجافة، والمغبرة على المناطق السكنية والزراعية، الطرق فترفع حرارة جوها، وتخفض رطوبتها خلال فترة زمنية قصيرة، وتؤدي الى تدني الرؤية بما تثيره من أتربة ورمال ناعمة تتسبب في توقف حركة السير والنقل الأرضية والجوية، وتلف المحاصيل الزراعية بسبب ارتفاع حرارتها، وما تنقله من أتربة ورمال تضرب بها النباتات الزراعية وأوراقها وثمارها كما تساعد على إشعال الحرائق. كما تؤثر الرياح الصحراوية في صحة الإنسان فتساعد على نشر أمراض العيون والصدر، وتعكرالمزاج. وفيما يلي نبذة عن بعض الرياح المحلية ذات المنشأ الصحراوي.

أ - الرياح الحارة في أفريقيا:

١ - الخماسين Khamasin

تنشأ رياح الخماسين فوق الرمال الصحراوية في شمال أفريقيا (شكل ٦ - ٢٨)، وقد أطلق عليها الخماسين لأن عدد الأيام التي تهب فيها على مصر في العام ٥٠ يوماً. وتهب رياح الخماسين على مصر في فترات غير منتظمة، ويتركز معظمها في فصل الربيع. وهي رياح جافة محملة بالأتربة

والغبار نظراً لهبوبها من الصحراء. وترفع درجة الحرارة فجأة ارتفاعاً شديداً، وقد ترفع درجة حرارة الجو ٣٥م خلال ساعتين. وتصل سرعة رياح الخماسين ١٤٠ كم / الساعة. ويقدر عدد الأيام التي تهب فيها رياح الخماسين حوالي ٥٠ يومًا من أبريل الى يونيو. وتهب في مقدمة المنخفضات الجوية على شمال مصر، وفي موسم الخماسين تكون درجة تركيز الغبار بالجو عالية جداً.ويصل أثرها لمسافات بعيدة ، فقد حدث في أبريل عام ١٩٢٨م أن حملت الرياح الشديدة رمال الصحراء ونقلتها شمالا الى شواطئ البحر الأسود وأوكرانيا. و قد تعرضت مصر في ٢٤/٢٣ من شهر فبراير من عام ١٩٨١ لإحدى عواصف الخماسين الشديدة المحملة بالأتربة والغبار. و يقدر ما وضعته فوق القاهرة خلال اليومين بأكثر من ٥٠٠٠ طن من الأتربة والغبار. وقد تكون الرمال المثارة مشحونة بشحنات كهربائية ضعيفة يصحبها تفريغ خفيف يعوق أو يؤثرفي الاتصالات اللاسلكية.

٢ - القبلي Ghibli

تعتبر رياح القبلي مجانسة لرياح الخماسين من حيث المنشأ والخصائص. وتهب رياح القبلي خلال فصل الربيع من الصحراء الكبرى عبر ليبيا نحو مقدمة المنخفضات الجوية التي تعبر البحر المتوسط وشمال ليبيا من الغرب نحو الشرق، وهى رياح حارة جافة (شكل ٦- ٢٨).

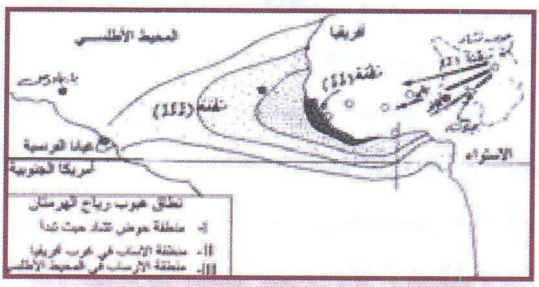
٣ - السيروكو Sirocco

تنشأ رياح السيروكو كرياح الخماسين والقبلي فوق الصحراء الكبرى، وتتجه شمالا نحو الأراضي التونسية والجزائرية والمغربية نحو مقدمة المنخفضات الجوية التي تعبر غرب البحر المتوسط والسواحل الشمالية الغربية من أفريقيا (شكل ٦- ٢٨). وهى رياح حارة جافة ومتربة، وتؤثر في أجواء الأراضي الشمالية الغربية من أفريقيا ،وتنخفض حرارتها عندما

ترتفع فوق جبال أطلس، ولكن حرارتها ترتفع عندما تنحدر على السفوح الشمالية للجبال نحو البحر المتوسط. وتعبر رياح السيروكو البحر المتوسط نحو جنوب أوربا، وتكتسب الرطوبة من مياه البحر. وتكون دافئة رطبة على جزر صقلية ومالطة وايطاليا وجنوب فرنسا والسواحل الشرقية لأسبانيا. وقد تنقل أحياناً رياح السيروكو الرمال الصحراوية من شمال أفريقيا الى جنوب أوربا. ويشابه رياح السيروكو رياح اليفانتر(levanter) والسولانو التي تهب على جبل طارق، ورياح اللفيتش (Leveche) في السواحل الجنوبية لأسبانيا، ورياح اللست (Leste) فوق شمال غرب المغرب والمحيط الأطسي.

٤ - الهرمتان (الهرمطان) Harmettan

تهب رياح الهرمتان من الصحراء الكبرى على غرب أفريقيا وخاصة نيجيريا (شكل ٦- ٢٨)، و ذلك في فصل الشتاء عند ما يتحرك الهواء البارد نسبيًا من الصحراء الكبرى ليحل محل الهواء المداري الرطب على ساحل غانة، ويؤدي الى انخفاض درجة حرارة الجو ومدى الرؤية. ونظرا لجفاف رياح الهرمتان الشديد فانها تعمل على خفض رطوبة الأجواء التي تهب عليها. ويطلق سكان غانا على رياح الهرمتان "الطبيب" لأنها تعمل على تخفيف نسبة الرطوبة في المنطقة. وتنشأ أتربة وغبار الهرمتان من منخفض بودل-(Bodele depres sion) بالقرب من فيالارجو في تشاد،



شكل (٦-٢٩) منطقة هبوب رياح الهرستان

وكذلك من صحراء تنير (Tenere) وتتجه غربا نحو المحيط الأطلسي، ويصل تأثيرها الى السواحل الشمالية الشرقية لأمريكا الجنوبية. ويقل تأثيرها كلما ابتعدت من غرب من ساحل غانا (شكل ٦- ٢٩).

٥ - الهبوب Haboob

تحدث رياح الهبوب في السودان، وهي عبارة عن عواصف وزوابع ترابية. وتتشكل على حافة الهواء المضطرب، ويحدث ذلك عند ما يصل للمنطقة الدافئة ككتلة هوائية باردة، فيسخن الجزء الأسفل من الهواء البارد الملامس للسطح الدافئ. وينشأ حالة من الاضطراب، وعدم الاستقرار وصعود الهواء الى أعلى. وتتكون العواصف والدوامات الترابية فتثير الأتربة والرمال الى أعلى مكونة في الجو سحباً كثيفة من الأتربة والرمال قد تستمر في الجو أكثر من يوم، وتصاحب أحياناً بسحب ممطرة. وتحدث رياح الهبوب في السودان بمعدل٢٤يوماً في السنة في شهر مايو ويونيو ويوليو.

ب - الرياح الحارة التي تهب على شبه الجزيرة العربية:

تهب على الجزيرة العربية رياح محلية مختلفة بسبب التباين الحراري الذي يحدث في مختلف مناطقها. وتشبه في خصائصها الرياح المحلية التي تهب على شمال أفريقيا، فهي رياح حارة جافة مصحوبة بالأتربة والغبار، ترفع من حرارة المنطقة التي تمر عليها وتؤدي الى تدني الرؤية البصرية، وتقترب أحيانا من الصفر، وتنقل الأتربة والرمال من المناطق الصحراوية الى المستوطنات البشرية، والمزارع والطرق المجاورة ملحقة الضرر بها. وتأخذ الرياح المحلية التي تهب علي شبه الجزيرة العربية أسماء محلية مختلفة. ومنها رياح السموم (Sammum)، ورياح الكوس (Kaus)، ورياح الشمال (Shamals)، والسواحيلي (Suhailli)، و رياح الصبا (Sabba)،

ورياح الدبور (Daboor)، وغيرها من الرياح المحلية التي تهب على مناطق مختلفة من شبه الجزيرة العربية. ويطلق عليها أسماء محلية معروفة لدى سكان المناطق.

١- رياح السموم: Sammum

تتحرك رياح السموم خلال فصل الربيع من صحاري شبه الجزيرة العربية نحو مقدمة المنخفضات الجوية المتوسطية التي تعبر شمال شبه الجزيرة العربية من الغرب نحو الشرق (شكل ٦- ٢٨). وتتميز رياح السموم بارتفاع حرارتها و جفافها، وإثارتها للأتربة والرمال. وتؤثر في أجواء شبه الجزيرة العربية وبلاد الشام والعراق.

وينتج عن هبوب رياح السموم ارتفاع حرارة المناطق التي تهب عليها، وقد ترفع حرارتها فجأة الى أكثر من ٥٠ مْ. كما تثير الأتربة والرمال مما يؤدي الى تدني الرؤية، وإلحاق الضرر بالممتلكات والمنشآت، وانتشار بعض الأمراض كحساسية العيون، والتهاب الصدر.

٢ - رياح الكوس: Kaus

تهب رياح الكوس، المعروفة بالغبار على الساحل الغربي من الخليج العربي. وتنشأ في جنوب شرق شبه الجزيرة العربية خلال فصل الشتاء وتتجه نحو مقدمة المنخفضات الجوية التي تعبر شمال شبه الجزيرة العربية. وتمر رياح الكوس بالمناطق المجاورة للساحل الغربي للخليج العربي. وتكون جنوبية شرقية، ودافئة رطبة على الكويت بسبب مرورها على مياه الخليج العربي.

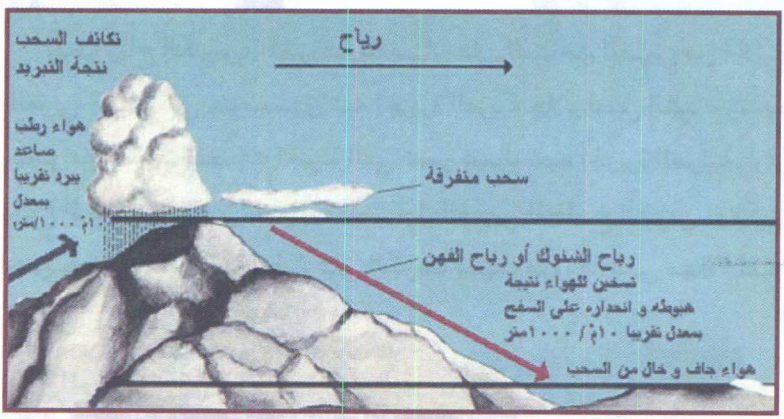
ب - الرياح الجبلية الهابطة الحارة:

تهب هذه الرياح في مقدمة الانخفاضات الجوية الدافئة، وتكتسب

حرارتها من انحدارها على السفوح الجبلية. ومن هذه الرياح الفهن في أوربا، والشنوك، وسانتا آنا في أمريكا. والزوندا (Zonda) في الأرجنتين.

١- الفهن: (Foehn)

هي رياح دافئة جافة تهب من جنوب أوربا نحو وسطها. وتعبر الفهن مرتفعات الألب فتنخفض درجة حرارتها مع الارتفاع، مما يؤدي الى تكون السحب وسقوط الأمطار والثلوج على سفوح المرتفعات المواجهة لها فتفقد حمولتها من بخار الماء، وبعد أن تتجاوز المرتفعات الجبلية تنحدر على السفوح الشمالية لجبال الألب نحو الأراضي المنخفضة فترتفع حرارتها بسبب نزولها نحو الأسفل، وانضغاطها، واحتكاكها بالسفح المعاكس لاتجاهها (شكل ٦ - ٣٠). وتؤدي رياح الفهن الدافئة الى رفع درجة حرارة السفوح الشمالية لجبال الألب نحو ٢٠°م خلال فترة زمنية قصيرة تبلغ ساعة واحدة ، وتخفض الرطوبة النسبية الى أقل من ٥٪ ، فتذيب الثلوج فتؤدي الى انحدار المياه وجريانها، كما أنها تساعد على نضج المحاصيل الزراعية المزروعة على السفوح الجبلية التي تمر عليها.



شكل (٦-٣٠) رياح الشنوك أو الفهن

٢ - رياح الشنوك Chinook

تنحدر رياح الشنوك من مرتفعات الروكي في أمريكا الشمالية، وتشبه رياح الفهن في جبال الألب في أوربا. وتهب الشنوك في مقدمة المنخفضات الجوية التي تتعرض لها أمريكا الشمالية خلال فصلي الشتاء والربيع. ويتحرك الهواء من مياه المحيط الهادي متجها نحو اليابسة، ويصطدم بالسفوح الغربية لجبال روكي الممتدة من الشمال نحو الجنوب محاذية الساحل الغربي لأمريكا الشمالية. ويضطرالهواء للصعود الى أعلى فيبرد، ويتكاثف، وتتكون السحب، وتسقط الأمطار والثلوج على السفح الغربي للمرتفعات، وتتخلص الرياح من غالبية حمولتها من بخار الماء. وتتجاوز رياح الشنوك جبال الروكي، وتنحدرعلى سفوحها الشرقية نحوالمناطق المنخفضة فترتفع حرارتها لانضغاطها على السفح المعاكس لاتجاهها، وانحدارها نحو الأسفل (شكل ٦- ٣٠). وتتحول رياح الشنوك الى رياح حارة جافة تؤدي الى إذابة الثلوج المتراكمة على السفوح الشرقية لجبال روكي. وتنحدر المياه على هيئة أنهار نحو المناطق المنخفضة. كما تساعد على نموالمحاصيل الزراعية كالقمح وغيره خلال فصل الربيع في الأراضي الواقعة شرقاً من جبال روكي.

٣ - رياح سانتا أنا Santa Ana

تهب رياح سانتا آنا من صحاري الولايات المتحدة الأمريكية نحو المنخفضات الجوية التي تعبر الساحل الغربي لكاليفورنيا. وتبدأ من المناطق الصحراوية الواقعة شرقاً من جبال سيرا نفادا، وتتجه نحو الغرب، وتصطدم بالجبال فترتفع الى أعلى حتى تصل الى قمتها، ثم تأخذ في الانحدار على السفوح الغربية للجبال المعاكسة لاتجاهها فترتفع حرارتها

بسبب انضغاطها على السفح وانحدارها نحو الأسفل. وتهب رياح سانتا آنا على الساحل الغربي لكاليفورنيا كرياح حارة جافة محملة بالأتربة والرمال. وقد اكتسبت رياح سانتا آنا خصائصها لعاملين:

١- نشأتها في منطقة صحراوية حارة جافة تسودها الأتربة والرمال.

٢- انحدارها نحو الأسفل على السفوح الغربية لجبال سيرا نفادا مما اكسبها مزيداً من الحرارة. وتؤثر رياح سانتا آنا حينما تهب على الساحل الغربي لكاليفورنيا. وتؤثر في المحاصيل الزراعية.وتؤدى أحيانا الى نشوء الحرائق بسبب حرارتها وجفافها.

ثانيا: الرياح الباردة Cold Winds

وهي رياح باردة تهب في مؤخرة المنخفضات الجوية، وتؤدي الى انخفاض درجة حرارة المناطق التي تمر عليها. ومنها على سبيل المثال رياح المسترال في جنوب فرنسا، ورياح البورا في شمال البحر الادرياتي، ورياح الكريفتز (Le Crivetz) في شمال شبه جزيرة البلقان، ورياح البوران (Buran) في أواسط أسيا وروسيا، ورياح البرجا (Burga) في وسط أسيا وروسيا والسكا. ورياح النورثر الشمالية، ورياح البليزارد (Blizzard) في أمريكا الشمالية، ورياح البامبورا (Pampora) في جنوب شرق البرازيل والأرجنتين، ورياح البرستر الجنوبية (Suoutherly Burster) في ساوث ويلز جنوبي شرق استراليا، وفي نيوزيلند.

١- رياح المسترال Misteral

تتكون رياح المسترال فوق المرتفعات الجبلية المحيطة بحوض الرون بفرنسا (شكل ٦-٢٨)، وهي رياح شديدة البرودة. وتنحدر بفعل عامل الجاذبية بسرعة شديدة نحو وادي الرون، كما يساعد على سرعتها اتجاهها نحو مؤخرة المنخفضات الجوية التي تتعرض لها جنوب أوربا خلال فصلي

الشتاء والربيع. وقد تتجاوز سرعة رياح المسترال ٦٠ كيلو متراً في الساعة. وتستمر في انحدارها عبر وادي الرون الى شواطئي البحر المتوسط. وتؤثر رياح المسترال الباردة في المناطق التي تهب عليها بخفض حرارتها، واقتلاع الأشجار، وتدمير المساكن.

٢- رياح البورا Bora

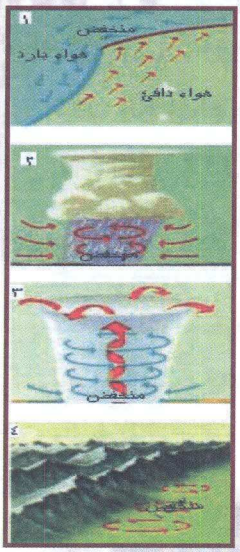
وهي رياح باردة تشبه رياح المسترال، تنحدر في فصل الشتاء من مرتفعات الألب نحو شمال البحر الادرياتي (شكل ٦- ٢٨). وتهب في مؤخرة المنخفضات الجوية المتوسطية. ويزيد انحدارها من المرتفعات على زيادة سرعتها. ويتجاوز سرعتها ٦٠ كيلو متراً في الساعة. وتتسبب رياح البورا في انخفاض شديد في درجة الحرارة، وتكون أحياناً مصحوبة بالثلوج.

المنخفضات الجوية:

تتشكل المنخفضات الجوية نتيجة عوامل ومؤثرات مختلفة منها (شكل ٦-٣١):

١- يؤدي اختلاف درجة الحرارة لمنطقتين مجاورتين الى نشوء منطقة ضغط مرتفع وأخرى ضغط منخفض فيتحرك الهواء من منطقة الضغط المرتفع نحو منطقة الضغط المنخفض كما هو الحال في الجبهات الهوائية (شكل٦- ٣١-١) .

٣-عند يتكون سحاب ركامي كثيف ويرتفع الى أعلى بشكل سريع فان الهواء ينجذب بسرعة اسفل منه و يدخل منطقة الضغط المنخفض بعكس أتجاه عقارب الساعة (شكل٦- ٣١- ٢). ومثال ذلك الأعاصير التي يتراوح قطرها نحو٣٢ كم.



شكل (٦-٣١) تشكل المنخفضات الجوية

٤- يتشكل المنخفض في المناطق الصحراوية بسبب أرتفاع درجة الحرارة . يسخن الهواء و يرتفع الى أعلى مكوناً منخفضاً جوياً محلياً ينجذب اليه الهواء المحيط (شكل٦- ٣١-٣). ومثال ذلك الزوابع الترابية التي تنشأ في المناطق الصحراوية خلال الصيف.

٥ - تتشكل المنخفضات أحياناً في ظل الجبال مكونة أضطرابات هوائية في المناطق الجبلية (شكل٦- ٣١-٤).

الكتل الهوائية : Air Masses

عبارة عن كتلة (جسم ضخم) من الهواء متجانسة في خصائصها الطبيعية؛ الحرارة والرطوبة والاستقرار. ويبلغ قطرها مئات أو آلاف الكيلو مترات. ويقل تجانس خصائصها الطبيعية بالابتعاد من مركزها. ويتوقع في الكتل الهوائية الضخمة أن تكون الأجزاء المواجهة للمنطقة الاستوائية أدفأ من أجزائها المواجهة للمنطقة القطبية.

مكان نشأت الكتل الهوائية :

تنشأ الكتل الهوائية فوق المسطحات المائية و اليابسة على حد سواء (شكل ٦- ٣٢ و ٦-٣٣). ويتطلب في مكان نشأتها مساحة واسعة متشابهة في خصائصها الطبيعية كالتضاريس والحركة الهوائية. ويساعد تجانس مكان النشأة على تجانس الخصائص الطبيعية للهواء الذي يعلوها، كما يتطلب استقرار الهواء فوق المنطقة لفترة زمنية تبلغ عدة أيام أو أسابيع لكي تكتسب بعض الخصائص الهوائية للمنطقة التي تعلوها كالحرارة والرطوبة ونحوها.

ويكتسب الهواء خصائص الأرض التي يعلوها، فمثلا، إذا أستقر الهواء فوق مسطحات مائية فان نسبة رطوبة الجو تزيد والعكس فوق اليابسة فان رطوبة الجو تنخفض. وإذا كانت منطقة نشأة الكتلة الهوائية

حارة فان الهواء الذي يعلوها يكون حاراً. أما إذا نشأة الكتلة فوق منطقة باردة فان الهواء يكون بارداً.

وعند ما تتحرك الكتل الهوائية من مكان نشأتها الى مناطق أخرى فانها تفقد خصائصها الطبيعية تدريجياً. فاذا اتجهت نحو المنطقة الاستوائية فان حرارتها تزيد، وإذا اتجهت صوب القطب فان درجة حرارتها تنخفض. وإذا تحركت من المسطحات المائية نحواليابسة فانها تفقد تدريجياً جزءاً من رطوبتها، والعكس إذا تحركت من اليابسة نحو البحر فان رطوبتها تزيد.

وتتأثر الكتل الهوائية المتحركة بالخصائص الطبيعية لمنطقة مسارها، فاذا مرت بمسطحات رطبة أو مناطق غابية أو زراعية فان رطوبتها تزيد، بينما اذا تحركت من منطقة رطبة ونحوها وعبرت مناطق جافة فانها تفقد تدريجياً جزءاً من رطوبتها.

تصنيف الكتل الهوائية:

تصنف الكتل الهوائية حسب مكان نشأتها العروضي، والجغرافي، ودرجة رطوبتها، ومدى استقرارها. وقد أُعطيت الكتل الهوائية رموزاً تبين مكان نشأتها وخصائصها الجوية علي النحو التالي(شكل ٦- ٣٢ و٦- ٣٣):

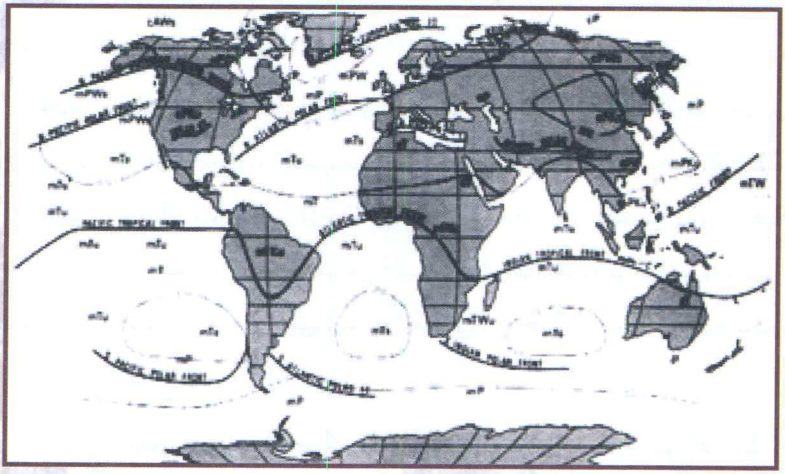
أقسام الكتل الهوائية حسب مكان نشأتها العروضي:

١- كتل هوائية قطبية شديدة البرودة (A) Arctic Air masses

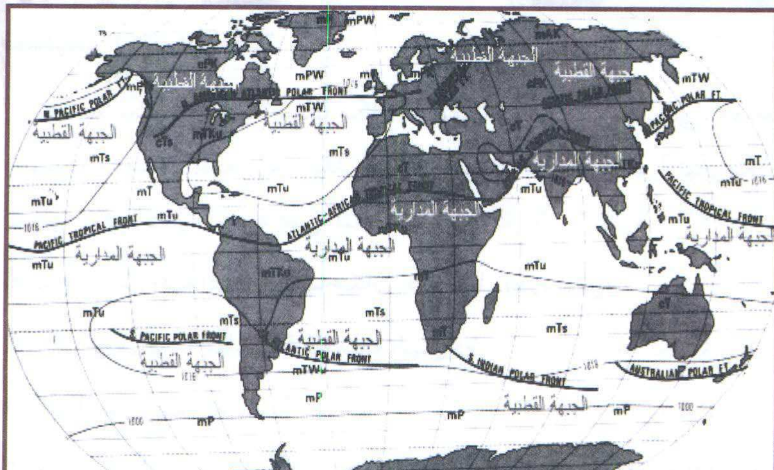
٢-كتل هوائية قطبية باردة (P) Polar Air Masses

٣-كتل هوائية مدارية (T) Tropical Air Masses

٤-كتل هوائية استوائية (E) Equatorial Air Masses



شكل (٦-٣٢) معدل موقع الجبهات والكتل الهوائية في شهر يناير



شكل (٦-٣٣) معدل موقع الجبهات والكتل الهوائية في شهر يوليو

ولتحديد مكان نشأة الكتلة الهوائية بالنسبة للمسطحات المائية واليابسة قسمت الكتل الهوائية الى قسمين هما :

١ - كتل هواية بحرية (M) Maritime Air Masses

٢-كتل هوائية قارية (C) Continental Air Masses

و تصنف الكتل الهوائية حسب درجة حرارتها الى كتل حارة و باردة على النحو التالي:

١- كتل هوائية دافئة (W) Warm Air Masses

٢-كتل هوائية باردة (K) Cold Air Masses

وتصنف الكتل الهوائية الى كتل مستقرة وغير مستقرة على النحو التالي:

١ - كتل هوائية مستقرة (S) Stable Air Masses

٢- كتل هوائية غير مستقرة (U) Unstable Air Masses

وتستخدم التقسيمات السابقة ورموزها في وصف الكتل الهوائية والتعرف على خصائصها الجوية، فعلى سبيل المثال تعني الرموز التالية ما يلي:

(cP) كتلة هوائية قطبية قارية

(mP) كتلة هوائية قطبية بحرية

(cT) كتلة هوائية مدارية قارية

(mT) كتلة هوائية مدارية بحرية

(cPw) كتلة هوائية قطبية قارية دافئة

(cPk) كتلة هوائية قطبية قارية باردة

(mPw) كتلة هوائية قطبية بحرية دافئة

(mPk)كتلة هوائية قطبية بحرية باردة

(cTw) كتلة هوائية مدارية قارية دافئة

(cTk) كتلة هوائية مدارية قارية باردة

(mTw) كتلة هوائية مدارية بحرية دافئة

(mTk) كتلة هوائية مدارية بحرية باردة

(cPks) كتلة هوائية قطبية قارية باردة مستقرة

(cPku) كتلة هوائية قطبية قارية غير مستقرة

(mPks) كتلة هوائية قطبية بحرية باردة مستقرة

(mPku) كتلة هوائية قطبية بحرية باردة غير مستقرة

(cTws) كتلة هوائية مدارية قارية دافئة مستقرة

(cTku) كتلة هوائية مدارية قارية باردة غير مستقرة

(cTws) كتلة هوائية مدارية قارية دافئة مستقرة.

التوزيع الجغرافي للكتل الهوائية:

تتوزع الكتل الهوائية على سطح الأرض، وتتأثر بخصائص موقعها الجغرافي، ومساراتها. وتتواجد في العروض الحارة والباردة والمعتدلة، وعلى المسطحات المائية، واليابسة على حد سواء.

ويختلف وقعها الجغرافي خلال العام حيث تتأثر بحركة الشمس الظاهرية خلال فصول السنة، ما بين مدار السرطان ٢٣,٥° شمالا و٢٣,٥° جنوباً، وما يترتب على ذلك من اختلاف توزيع كمية الإشعاع الشمسي، وتزحزح المناطق الباردة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية نحو الشمال في فصل الصيف الشمالي (الشتاء

الجنوبي)، وتراجعها نحو الجنوب خلال فصل الشتاء الشمالي (الصيف الجنوبي) (شكل ٦- ٣٢و٦-٣٣).

الآثار الجوية لحركة الكتل الهوائية:

تكتسب الكتل الهوائية خصائص منطقة نشأتها . وبسبب اختلاف الضغط الجوي تتحرك من مناطق الضغط الجوي المرتفع الى مناطق الضغط الجوي المنخفض. وعند ما تتحرك الكتلة الهوائية من منطقة تكونها فانها تبدأ تفقد تدريجياً خصائصها الطبيعية الأساسية خاصة الأجزاء السفلية منها. وينتج عن قدوم كتلة هوائية لمنطقة ما أثار جوية مختلفة. ويعتمد ذلك على خصائص الكتلة الهوائية القادمة، والمنطقة التي تعبرها. وعلى سبيل المثال، عند ما تتحرك كتلة هوائية قطبية قارية باردة (cP) خلال فصل الشتاء من وسط أسيا البارد الجاف نحو الجنوب فان الأجزاء السفلية من الكتلة تكتسب الدفء تدريجيا وتقل برودتها بالابتعاد عن مركز نشأتها حتى تفقد خصائصها الأصلية و تكتسب خصائص طبيعية جديدة. ويحدث نوعاً من الاضطرابات الهوائية التي تؤدي الى نشوء السحب أو إثارة الأتربة والرمال. ويعتمد ذلك على مدى استقرار الكتلة الهوائية القادمة بالنسبة لمنطقة عبورها. وإذا مرت الكتلة الهوائية الباردة والجافة بمياه دافئة فانه ينشأ عن ذلك تيارات هوائية صاعدة تؤدي الى تكون السحب وسقوط الأمطار أحياناً.

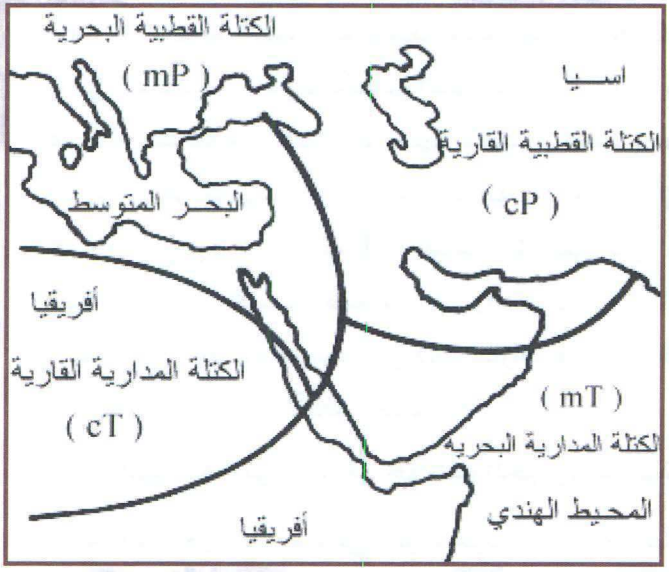
الكتل الهوائية التي تؤثر في جو شبه الجزيرة العربية:

تقع شبه الجزيرة العربية في جنوب غرب أسيا مما جعلها معبراً للكتل الهوائية الباردة القادمة من الشمال البارد والمتجهة نحو المياه الدافئة في الجنوب، والكتل الهوائية الدافئة المتجهة نحو الشمال. وتلعب مراكز الضغط المحيطة بالمنطقة وتغيراتها الموسمية دوراً كبيراً في تحرك الكتل

الهوائية بنوعيها. وتعرف الكتل الهوائية الشمالية التي تهب على شبه الجزيرة العربية بالكتلة القطبية القارية (cP) والكتلة القطبية البحرية (mP) والكتلة المدارية القارية (cT) والكتلة المدارية البحرية (mT) شكل (٦-٣٤). ويتفاوت تأثير هذه الكتل حسب مصدرها، كما أنها تفقد بعض خصائصها بالابتعاد عن مصدر نشأتهاويختلف تأثيرها في اجواء شبه الجزيرة العربية خلال العام من فصل لأخر.

أ. الكتل الهوائية الشتوية: Winter Air Masses

تقع شبه الجزيرة العربية خلال فصل الشتاء تحت تأثير الكتلة الهوائية القطبية بنوعيها القاري (cP) والبحري (mP) وتصل للمنطقة في أعقاب المنخفضات الشتوية التي تتعرض لها. وتتفاوت الكتلة القطبية في خصائصها الطبيعية نظراً لاختلاف الخصائص الجوية لمكان النشأة على النحو التالي:



شكل (٦-٣٤) الكتل الهوائية التي تؤثر في جو شبه الجزيرة العربية

الكتلة الهوائية القطبية القارية : (cP)

تنشأ هذه الكتلة في أواسط وشمال أسيا حيث يتمركز الضغط المرتفع. وتتميز هذه الكتلة ببرودتها الشديدة وجفافها. وتتجه جنوباً الى شبه الجزيرة العربية. وعلى الرغم من أن الأجزاء السفلية من الكتلة تأخذ في ارتفاع حرارتها بسبب اتجاهها جنوباً إلا أنها تؤدي الى انخفاض درجة الحرارة خلال فصل الشتاء في الأجزاء الشمالية من شبه الجزيرة العربية. وقد تنخفض درجة الحرارة الى تحت الصفر في المدن الشمالية من المملكة العربية السعودية خاصة خلال الليل. ويصل تأثير الكتلة الهوائية القطبية القارية الى الأجزاء الوسطى والجنوبية الشرقية من شبه الجزيرة العربية.

الكتلة الهوائية القطبية البحرية (mP)

تنشأ هذه الكتلة فوق أوربا و المياه الشمالية للمحيط الأطلسي. وتهب على شبه الجزيرة العربية في أعقاب منخفضات البحر المتوسط الشتوية التي تهب على المناطق الشرقية للبحر المتوسط. وهي كتلة باردة رطبة الأصل إلا أنها تفقد كثيراً من خصائصها بسبب اتجاهها جنوباً، وعبورها الأراضي اليابسة. ويصل تأثيرها لأجواء شبه الجزيرة العربية. وتتميز الكتلة القطبية البحرية التي تهب على شبه الجزيرة العربية بأنها أقل برودة وأكثر رطوبة من الكتلة الهوائية القطبية القارية. وتتسبب في انخفاض درجة الحرارة في شمال المملكة العربية السعودية، وتؤدي أحيانا الى سقوط الثلوج على المدن الشمالية من المملكة لفترة قصيرة (صورة ٦-٣)، كما أنها تؤدي الى سقوط الأمطار على أجزاء متفرقة من شبه الجزيرة العربية.

صورة (٦-٣) عاصفة ثلجية علي القريات شمالالمملكة العربية السعودية

ويتعمق تأثير الكتلة الهوائية القطبية الشتوية القارية (cP) والبحرية (mP) الى الوسط والأطراف الجنوبية والشرقية من شبه الجزيرة العربية عندما يمتد المنخفض السوداني نحو الأراضي الوسطى والشرقية من شبه الجزيرة العربية، أو يتحد مع منخفضات البحر المتوسط.

ب. الكتل الهوائية الصيفية : Summer Air masses

خلال فصل الصيف، تسخن الأراضي اليابسة في أسيا و شمال أفريقيا، و تشكل منطقة ضغط منخفض. وتقع الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من شبه الجزيرة العربية تحت تأثير الكتلة الهوائية المدارية الرطبة (mT) وتسبب في سقوط الأمطار على مرتفعات اليمن ومرتفعات عسير بالمملكة العربية السعودية، ومرتفعات عُمان. ويعتمد تأثير الكتلة المدارية الرطبة على شبه جنوب الجزيرة العربية على موقع المنخفض الاستوائي (ITCZ) (Inter Tropical Convergence Zone)، الذي يصل شمالا الى دائرة العرض ٢٠ شمالا. وتقع لأجزاء الشمالية الوسطى والشمالية من شبه الجزيرة العربية خلال فصل الصيف تحت تأثير الهواء

القادم من المنخفض الأزوري، كما تقع المنطقة تحت تأثير الكتلة الهوائية المدارية القارية (cT) التي تنشأ فوق الصحاري المحيطة في الغرب والشمال. وتهب في مقدمة الانخفاضات الجوية التي تغزو شبه الجزيرة العربية، وتؤدي الى نشوء الزوابع الترابية والرملية في بداية الصيف.

ج. الكتل الهوائية الربيعية : Spring Air Masses

يعتبر فصل الربيع فصل انتقالي من فصل الشتاء البارد الى فصل الصيف الحار، وفيه تكون حركة الهواء غير ثابتة. ويبدأ تأثير الكتلة الهوائية القطبية القارية (cP)، والقطبية البحرية (mP) المعدلة. وتبدأ المؤثرات الهوائية الشمالية و الشمالية الغربية في الضعف والتراجع، ويأخذ تأثير الكتلة البحرية المدارية (mT) ينشط خاصة على الأجزاء الجنوبية من شبه الجزيرة العربية. ويُعتبر الهواء القادم من منطقة البحر المتوسط مصدراً للأمطار الربيعية التي تسقط على أنحاء مختلفة من شبه الجزيرة العربية. ويتأثر بحرارة سطح الأرض، ويؤدي الى عدم استقرار الأجزاء السفلية منه فتتكون تيارات الحمل الصاعدة التي تؤدي الى تكون السحب، ومن ثم سقوط الأمطار الإعصارية إذا كان الهواء رطباً، أو تؤدي الى نشوء العواصف الرملية والترابية. كما تقع المنطقة تحت تأثير الكتل الهوائية المدارية القارية (cT) القادمة من صحراء شمال أفريقيا، والتي تكون في مقدمة الجبهات الباردة.

د. الكتل الهوائية الخريفية : Autumn Air Masses

يعتبر فصل الخريف فترة انتقالية من فصل الصيف الى فصل الشتاء. وتتميز هذه الفترة بأن اتجاهات الهواء غير ثابتة وواضحة كما في فصل الصيف والشتاء، وتكون الرياح منخفضة السرعة. ويبدأ تأثيرالكتل الهوائية القطبية القارية cP والبحرية (mP)، وينشط منخفض البحر المتوسط،

بينما يبدأ تأثير الكتلة المدارية البحرية (mT) في التراجع. وتقع غالبية شبه الجزيرة العربية تحت تأثيرالكتلة القطبية المعدلة القادمة من الشمال، ويزداد تعمقها الى أطراف شبه الجزيرة العربية الجنوبية والشرقية. ويعتمد ذلك على مدى تعمق المنخفض السوداني شرقاً نحو الخليج العربي. كما تقع المنطقة تحت تأثير الكتلة المدارية القارية (cT) التي تتحرك من المناطق الصحراوية الجافة، والتي تهب في مقدمة المنخفضات الجوية التي تتعرض لها المنطقة. وتكون مثيرة للأتربة والرمال.

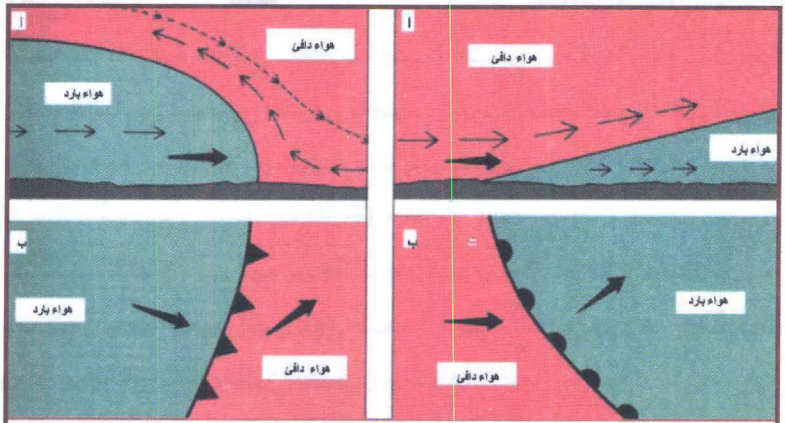
الجبهات الهوائية: Fronts

تتحرك الكتل الهوائية مختلفة الخصائص الجوية من مكان نشأتها الى مناطق أخرى بسبب اختلاف توزيع الضغط الجوي على سطح الأرض اليابس والرطب. وبعد تحركها من مكانها الأصلي فانها تلتقي بكتلة هوائية أخرى مشابهة أومغايرة لها في الخصائص الطبيعية كالحرارة والرطوبة، كالتقاء الكتلة القطبية القارية (cP) بالكتلة القارية المدارية (cT)، أو بالكتلة القطبية البحرية .(mP) أو التقاء الكتلة المدارية البحرية (mT) بالكتلة المدارية القارية (cT)، أو بالكتلة القطبية القارية (cP).وعند ما تلتقي كتلة هوائية باردة بكتلة هوائية دافئة فان الهواء الدافئ يرتفع الى أعلى لخفته، أما الهواء البارد الثقيل فانه يندفع أسفل الهواء الدافئ، و يفصل بينهما شريط هوائي يعرف بسطح الجبهة (Front Surface). أو سطح الانفصال (Surface of Separation) ويتراوح عرض شريط الانفصال الهوائي عشرات الكيلو مترات، وطوله مئات الكيلو مترات، بل قد يبلغ أحياناً طوله آلاف الكيلومترات. ويكون سطح الانفصال مائلاًعلى المستوى الأفقي بدرجة تتزايد كلما بعدنا عن الدائرة الاستوائية بسبب دوران الأرض حول نفسها. ويبلغ متوسط انحداره (١/ ١٠٠)، أي أن سطح

الانفصال يرتفع الى الأعلى بمعدل وحدة لكل مسافة قدرها ١٠٠ وحدة أفقية. وفي مناطق الجبهات الهوائية تتولدالأعاصير والانخفاضات الجوية. ولذا تعرف الجبهات الجوية أيضا بمناطق الانخفاضات الجويةAtmospheric) (Depression، أو بسطوح عدم الاستقرار .(Surface of Discontinuity).

رموز الجبهات الهوائية:

يرمز للجبهات الهوائية على خرائط الطقس برموز تبين نوعيتها، فيرمز للجبهة الحارة بنصف دائرة، وللجبهة الباردة بمثلث (شكل ٦-٣٥). ويبن رمز الجبهة الهوائية الباردة (Cold Front) سيادة الهواء البارد على الهواء الدافئ عند سطح الأرض. ويوضح رمز الجبهة الدافئة (Warm Front) سيادة الهواء الدافئ على الهواء البارد. وتحدث الجبهة الممتلئة Occluded Front عندما تتجاوز (Overtake) جبهة هوائية باردة جبهة هوائية دافئة ويرمز لها بنصف دائرة و مثلث باتجاه واحد من السطح. وتتكون الجبهة الهوائية المستقرة Stationary Front) عند ما يكون الهواء في حالة ثبات وعدم تقدم الى الأمام على طول خط الاتصال بين



جبهة هوائية دافئة (أ) و خارطة طقسية لها (ب)

جبهة هوائية باردة (أ) و خارطة طقسية لها (ب)

الكتلتين الهوائيتين، ويرمز لها بنصف دائرة و بمثلث متعاكسين على سطح الجبهة.

التوزيع الجغرافي للجبهات الهوائية:

تحدث الجبهات الهوائية على نطاق واسع من سطح الأرض (٦- ٣٢و٦ - ٣٣) وتتأثر مواقعها الجغرافية بثبات وتحرك مناطق الضغط الجوي على سطح الأرض التي ترتبط بشكل وثيق بتوزيع درجة الحرارة على سطح الأرض وما ينتج عنه من تغير في مسارات الرياح والكتل الهوائية. ويوجد العديد من الجبهات الهوائية ومنها:

١ - الجبهة الهوائية الاستوائية (Equatorial Front)

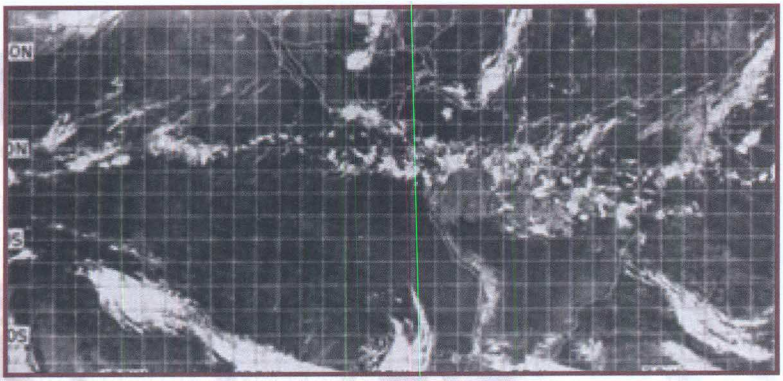
٢- الجبهة الهوائية القطبية الباردة (Polar Front)

٣- الجبهة الهوائية القطبية الشديدة البرودة (Arctic Front)

٤- جبهة البحر المتوسط (Mediternean Front)

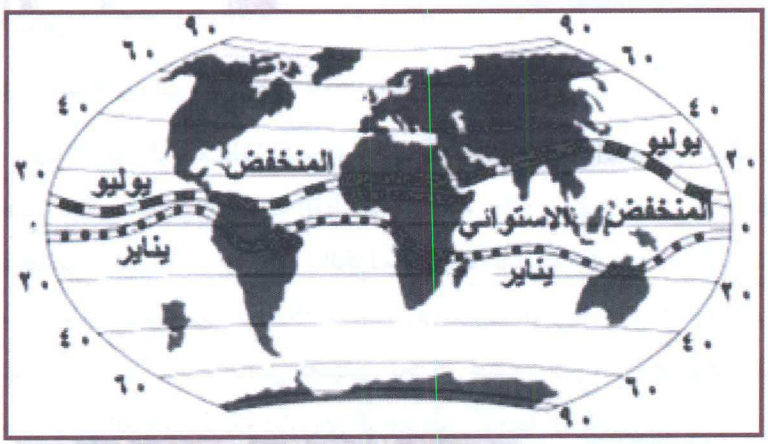
١- الجبهة الاستوائية:

تقع الجبهة الاستوائية في المنطقة الاستوائية حيث تلتقي الرياح التجارية الشمالية الشرقية بالرياح التجارية الجنوبية الشرقية (صورة٦-٤). ونتيجة التقاء الهوائين الشمالي الشرقي بالجنوبي الغربي يصعد الهواء الى أعلى. وتعرف هذه المنطقة بجبهة ما بين المدارين (Inter tropical Front)، أومنطقة التجمع بين المدارية Inter tropical Convergence Zone (ITCZ) . وتتكون الجبهة الاستوائية نتيجة التقاء كتلتين مداريتين غير مستقرتين. و يحدث نتيجة تقابل الهوائيين صعود الهواء الدافئ الى أعلى لخفته، وتكاثف بخار الماء، وتكون السحب، و تسقط الأمطار بكميات غزيرة. وهي أمطار تتميز بها المنطقة الاستوائية عن غيرها من سطح الأرض.



صورة (٦-٤) توضح السحب الممتدة من الشرق نحو الغرب موقع منطقه الركود الاستوائي أو الرهو الاستوائي حيث تلتقي الرياح التجارية الشمالية بالجنوبية

ويتأثر موقع الجبهة الاستوائية الفصلي بحركة الشمس الظاهرية بين مدار السرطان (٢٣,٥ْشمالاً) خلال فصل الصيف الشمالي، ومدار الجدي (٢٣,٥ْجنوباً) خلال فصل الصيف الجنوبي، الشتاء الشمالي (شكل ٦-٣٦). وينتج عن تقدم الجبهة الاستوائية شمالا أو تراجعها جنوبا امتداد نطاق الأمطار للمناطق الشمالية القريبة من المنطقة الاستوائية.



شكل (٦-٣٦) موقع المنخفض الاستوائي (الرهو أو الركود الاستوائي)

٢ - الجبهة القطبية الشديدة البرودة Arctic Frontal Zone

تحدث نتيجة التقاء الهواء القطبي شديد البرودة الذي ينشأ فوق الدائرة القطبية والمناطق المتجمدة القريبة منها بالهواء الذي ينشأ فوق العروض العليا الأقل برودة من المناطق القطبية. وتسود الجبهة القطبية المتجمدة الأطراف الشمالية لأسيا وأوربا وشمال كندا وألسكا، والأطراف الشمالية للمحيط الهادي والأطلسي، والقارة القطبية الجنوبية.

٣ - الجبهة القطبية Polar Front

و هي منطقة التقاء الكتلة الهوائية القطبية الباردة بالكتلة المدارية الدافئة. وتحدث عند ما يلتقي هواء قاري بارد(cp) بهواء قاري دافئ (cT) أو يلتقي هواء قطبي بحري بارد (mP) بهواء مداري بحري (mT) أو عند ما يلتقي هواء بحري قطبي (mp) أو مداري بحري (mT) بهواء قاري قطبي (cP) أو قاري مداري (cT). ويتأثر موقع الجبهة القطبية باختلاف توزيع مراكز الضغط الجوي خلال العام حيث تتقدم شمالاً في فصل الصيف الشمالي، وتتراجع جنوباً في فصل الشتاء الشمالي، الصيف الجنوبي (شكل ٦- ٣٢ و ٦-٣٣).

٤ - جبهة البحر المتوسط Mediterranean Front

تقع الجبهة فوق منطقة البحرالمتوسط، وبحر قزوين خلال فصل الشتاء، حيث تلتقي الكتل الهوائية القطبية البحرية (mP) القادمة من المحيط الأطلسي الشمالية، أو التقاء الكتلة القطبية القارية الباردة (cP) القادمة من جنوب شرق أوربا مع الكتلة الهوائية المدارية القارية (cT) القادمة من شمال أفريقيا. وخلال فصل الصيف، تختفي جبهة البحر المتوسط لوقوعها تحت تأثير الضغط المرتفع الازوري الواقع على المحيط الأطلسي.

خصائص الجبهات الهوائية: Characteristics of Front

تتسم الجبهات الهوائية بعدد من الخصائص والسمات منها:

١- تتشكل الجبهات خارج حدود نطاق الضغط المرتفع.

٢- تتشكل الجبهات فقط بين الكتل الهوائية مختلفة الخصائص الطبيعية كالحرارة والرطوبة.

٣- في نصف الكرة الشمالي، عند ما تعبر الجبهة فان الرياح تهب بالقرب من سطح الأرض من الجنوب الشرقي الى الشمال الغربي.

٤- تأخذ خطوط الضغط في الجبهة شكل (٧).

٥- يوجد مركز الإعصار أو مركز الضغط المنخفض في إحدى نهايات الجبهة، كما أن الهواء يدور حول مركزالضغط المنخفض باتجاه معاكس لاتجاه عقارب الساعة في النصف الشمالي من الأرض.

٦- توجد الجبهة على طول أخدود الضغط المنخفض، كما أن الضغط يقل بالاتجاه نحو مركزالضغط المنخفض. وينخفض الضغط عندما تعبر الجبهة، ويرتفع عند ما يتجاوزها.

٧- تقع الجبهة الباردة على طول الحدود المواجهة حيث أن الهواء الدافئ أزيح بواسطة الهواء البارد الثقيل [١].

الظواهر الجوية المصاحبة للجبهات الهوائية:

حينما يلتقى كتلتان هوائيتان مختلفتان في خصائصهما الجوية كالحرارة والرطوبة ينتج عنها ظاهرات جوية كالاضطرابات الهوائية، وتكون السحب،وتساقط الأمطار، وإثارة الأتربة والغبار في الجو، ويعتمد نشوء الظاهرات الجوية علي مدى اختلاف الخصائص الجوية للكتلتين، فعند ما يتقابل هواء بارد بهواء دافئ فان الهواء البارد يرغم الهواء الدافئ على

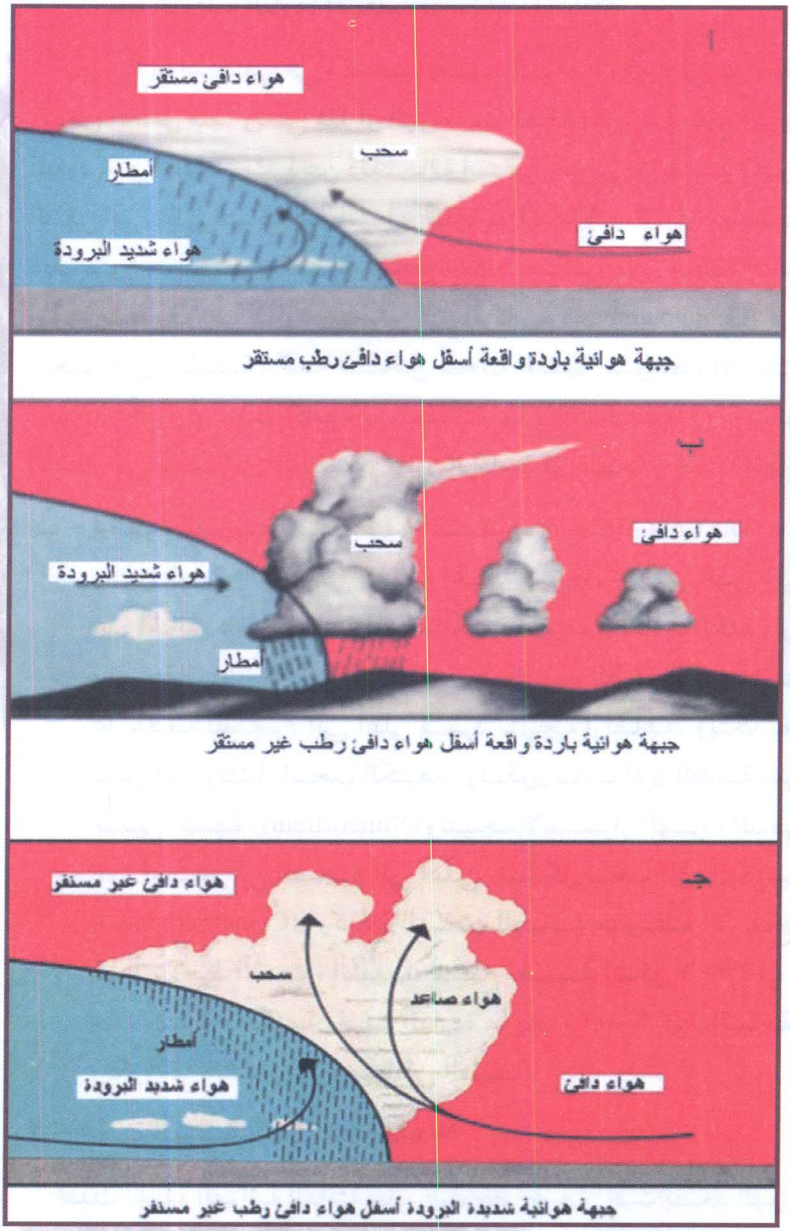
1- Navarra, J. 1979, P.263-4 .

الصعود الى أعلى فيبرد تدريجياً بما يعرف بالتبريد الذاتي (Adiabatic Cooling) ويتكاثف بخار الماء المتواجد في الهواء الصاعد، وتتكون السحب، وتسقط الأمطار. أما إذا كان الهواء جافاً كما هو الحال في الأجواء الصحراوية فيسود السماء الغبار والآتربة الناعمة، وتختلف سرعة صعود الهواء الدافئ الى أعلى وكثافة ونوعية السحب وغزارة الأمطار، ويدل شكل خط سطح الجبهة على مدى استقرار الجبهة وعدمها، والذي يعتمد على مدى اختلاف حرارة سطح الأرض والهواء الذي يعلوه.

وتتفاوت الظاهرات الجوية المصاحبة للجبهات الهوائية الباردة والدافئة كالسحب والأمطار والأعاصير، وذلك حسب طبيعة الجبهة من حيث الحرارة والرطوبة، و مدى استقرارها وعدمه على النحو التالي.

١ - الجبهة الهوائية الباردة Cold Front

تحدث الجبهة الباردة على طول الخط الفاصل بين الكتلتين الهوائيتين الباردة والدافئة، حيث يتم إزاحة الهواء الدافئ الى أعلى بواسطة الهواء البارد الأثقل منه. ويبردالهواء الدافئ الصاعد الى أعلى. وعلى طول الجبهة الباردة يندفع الهواء البارد الكثيف تحت الهواء الدافئ، وينشأ عنه سطح جبهة شديد الانحناء بسبب دفع الهواء البارد الثقيل للهواء الدافئ الخفيف بقوة الى أعلى. وتنحصر الظاهرات الجوية المصاحبة للجبهة الباردة في نطاق ضيق تكون غالباً مضطربة ونشطة. ويعتمد ذلك على درجة حرارة سطح الأرض والهواء الذي يعلوه. فاذا كان الهواء أدفئ من سطح الأرض الذي أسفل منه، فيشكل حالة استقرار Stable Air ففي هذه الحالة فان الهواء يعطي سطح الأرض الطاقة . أما إذا كان الهواء القادم أبرد من سطح الأرض فانه يكتسب طاقة من سطح الأرض فيسخن ويصعد الى أعلى. ويكون الهواء في حالة عدم استقرار Unstable Air وتختلف الظاهرات الجوية المصاحبة للحالتين على النحو التالي شكل (٦-٣٧).



شكل (٦-٣٧) جبهة هوائية باردة مستقرة وغيرمستقرة

أ - الجبهة الهوائية الباردة المستقرة Stable Cold Front

يكون الهواء الدافئ في مقدمة الجبهة الباردة، وهو أدفئ من سطح الأرض الأسفل منه. ويعني هذا أن الهواء يبث الطاقة الحرارية لسطح الأرض البارد الذي تحته، وينشأ عن ذلك حالة استقرار هوائي. ويصعد الهواء الدافئ الى أعلى نتيجة دفع الهواء البارد له (شكل٦- ٣٧ أ). ويصحب ذلك تكون سحب المزن الطبقية (Nimbostratus) مباشرة فوق منطقة التقاء الجبهة بسطح الأرض البارد. وسحب المزن الركامية (Cumulonimbus) فوق سحب المزن الطبقية، كما تتشكل سحب طبقية متوسطة الارتفاع (Altostratus)، وسحب ركامية متوسطة الارتفاع (Altocumulus) .وتسقط الأمطار من سحب المزن الطبقية ، والمزن الركامية في مقدمة و خلف الجبهة.

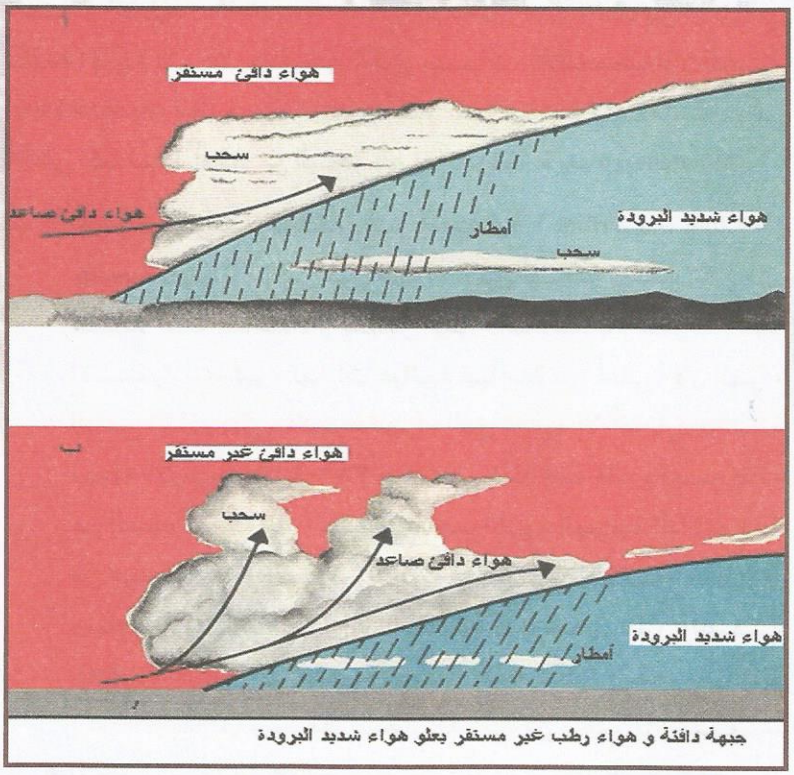
ب - الجبهة الهوائية الباردة غير المستقرة Unstable Cold Air Front

يكون الهواء الدافئ في مقدمة الجبهة الباردة. ويعتبر الهواء في هذه الحالة دافئا بالنسبة لهواء الكتلة الهوائية القادمة لكنه بارد بالنسبة لسطح الأرض الأسفل منه، فيكتسب الطاقة (الحرارة) منه مما يدفعه للصعود الى أعلى فيبرد نتيجة ارتفاعه. ويتكاثف بخار الماء وتنشأ السحب الكثيفة. وتتكون سحب المزن الطبقية على جانبي الجبهة (Nimbostratus) ونتيجة لاستمرار الهواء الدافئ غير المستقر في الصعود الى أعلى تتشكل سحب المزن الركامية (Cumulonimbus)، وكذلك السحب الطبقية متوسطة الارتفاع. كما يلاحظ الانحناء الشديد لسطح الجبهة (شكل ٦-٣٧ ب و جـ)، وتتراوح سرعة الجبهة الباردة ما بين ٢٠-٩٠ كم/ الساعة. وتكون في الشتاء أسرع منها في الصيف.

٢ - الجبهة الهوائية الدافئة Warm front

تحدث الجبهة الهوائية الدافئة على طول خط الجبهة حيث يصعد الهواء الدافئ على الهواء البارد الذي أمامه. و تمتد الجبهة لمسافة طويلة قد

تتجاوز آلاف الكيلومترات. وفي الجبهة الهوائية الدافئة يصعد الهواء الدافئ القليل الكثافة فوق الهواء البارد الذي أمامه ويشكل خط تصاعد تدريجي (شكل٦- ٣٨) . و نتيجة لصعود الهواء الدافئ فوق الهواء البارد تحدث بعض الظاهرات الجوية كتكون السحب، وسقوط الأمطار. وتعتمد كثافة السحب و الأمطار على مدى استقرار الجبهة أو اضطرابها.



شكل (٦-٣٨) جبهة هوائية دافئة مستقرة (أ) وغير مستقرة (ب)

وتتميز الجبهة الدافئة عن الجبهة الباردة بأنها أقل سرعة منها في الحركة، ويتراوح سرعتها عادة ما بين ٢٢ -٢٨ كم/الساعة، مما جعلها تمكث فوق المنطقة مدة أطول من الجبهة الباردة، كما تغطى مساحة واسعة. ولكل من

الجبهة الهوائية الدافئة المستقرة وغير المستقرة خصائصها و الظاهرات الجوية المصاحبة لها.

أ - الجبهة الهوائية الدافئة المستقرة : Stable warm front

يصعد الهواء الدافئ فوق الهواء البارد بهدوء (شكل٦- ٣٨ أ). وتتكون السحب الطبقية (Stratus Type)، وسحب المزن الطبقية (Altostratus)، وسحب السمحاق الطبقية (Cirrostratus)، وسحب السمحاق (Cirrus)، ويكمن أن ترى في مقدمة الجبهة على بعد مئات من الكيلو مترات. وتجلب سحب المزن الطبقية (Nimbostratus) أمطار غزيرة. وتقل الأمطار كلما ارتفعت قاعدة السحب الى الأعلى. كما تسقط أمطار من السحب الطبقية متوسطة الارتفاع (Altostratus).

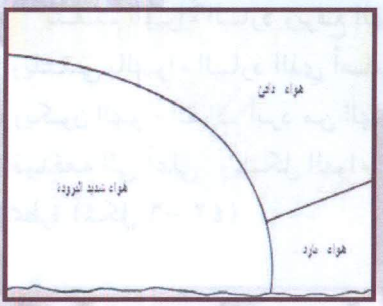
ب - الجبهة الهوائية الدافئة غير المستقرة : Unstable warm front

يصعد الهواء الدافئ فوق الهواء الذي أمامه بشكل تدريجي مشكلاً خطاً صاعداً. و يتميز الهواء الصاعد بالاضطراب وعدم الاستقرار، ونشوء تيارات هوائية صاعدة الى أعلى، لأن الهواء الدافئ القادم دافئ بالنسبة للهواء الذي أمامه إلا أنه بارد بالنسبة لسطح الأرض (شكل٦- ٣٨ ب). وفي هذه الحالة فانه يكتسب طاقة من السطح تدفعه الى أعلى. ويصاحب الجبهة الهوائية الدافئة حالة من عدم استقرار الهواء، وتتكون سحب المزن الطبقية (Stratus)، وسحب المزن الركامية (Cumulonimbus). وسحب المزن الطبقية (Cirrocumulus) في مقدمة الجبهة. كما تتكون السحب الرعدية (Thunderhead) وتسقط الأمطار الغزيرة من سحب المزن الطبقية المنخفضة الارتفاع، وكذلك من سحب المزن الركامية متوسطة الارتفاع.

٣ - الجبهة الهوائية الممتلئة أو النهائية : Occluded Front

تحدث الجبهة الممتلئة أو النهائية عند ما تسيطر الجبهة الباردة على الجبهة الدافئة، ويزيح الهواء الدافئ الذي خلف الجبهة الدافئة من سطح

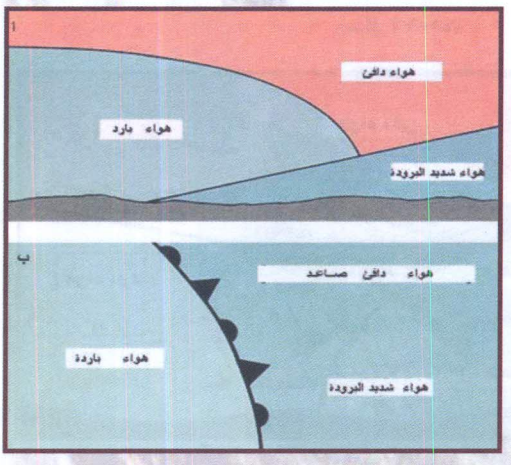
الأرض. ويصبح الهواء الدافئ محصورا بين كتلتين هوائيتين باردتين (شكل ٦-٣٩). و يلتقي الهواء البارد المتقدم بالهواء البارد الذي أمام الهواء الدافئ قبل صعوده الى أعلى. وفي هذه الحالة إما أن يكون الهواء القادم أبرد من الهواء الذي أمام الهواء الدافئ أو أدفئ منه، ويتكون على السطح ما يعرف بالجبهة الممتلئة. وتكون جبهة ممتلئة باردة أو ممتلئة دافئة على النحو التالي :



شكل (٦-٣٩) جبهة هوائية باردة (نهائية) ممتلئة

أ - جبهة ممتلئة دافئة Warm Front Occlusion

وفي هذه الحالة تتقدم الجبهة الباردة، وتزيح الهواء الدافئ من سطح الأرض. ويلتقي الهواء البارد القادم بالهواء الذي أمام الجبهة الدافئة، ولكن الهواء القادم أدفئ من الهواء الذي أمام الجبهة، وتتكون جبهة ممتلئة دافئة. ويضطر الهواء القادم الصعود الى أعلى فوق الهواء البارد الذي أمامه لقلة كثافته وخفته. وتسقط الأمطار على جانبي الجبهة الممتلئة، كما تحدث الظاهرات الجوية المصاحبة للجبهات الباردة والدافئة (شكل٦- ٤٠ و٦- ٤١).



شكل (٦-٤٠) جبهة هوائية نهائية (ممتلئة)، أ، وخارطة طقسية لها

ب - جبهة ممتلئة باردة Cold Front Occlusion

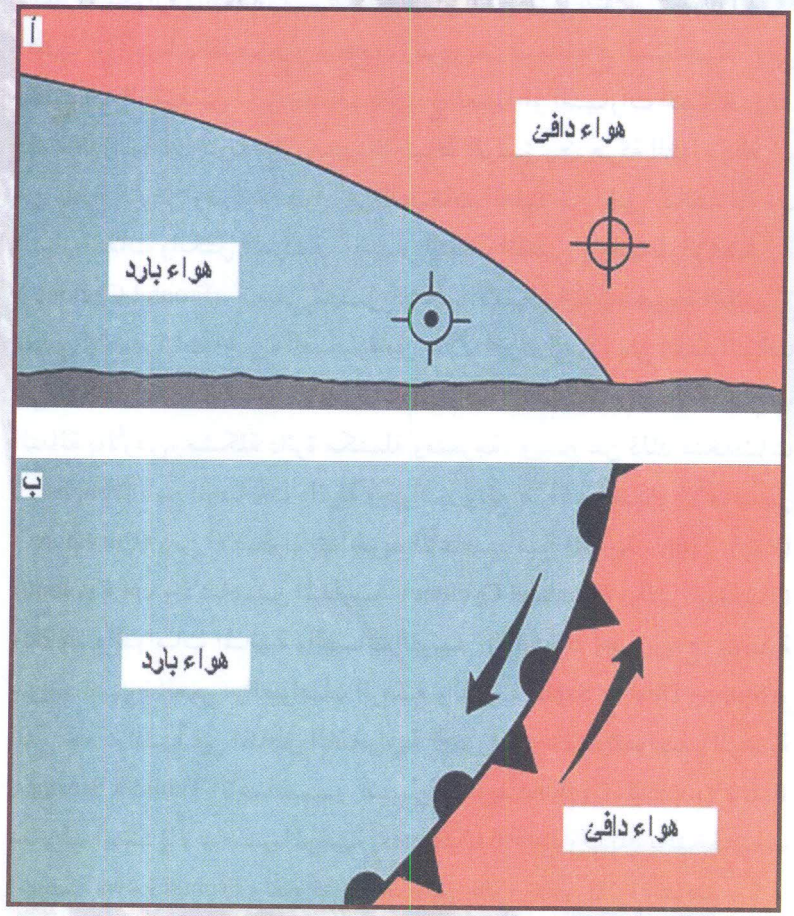
يتقدم الهواء البارد ويرفع الهواء الدافئ الذي أمامه الى الأعلى، ويلتقي بالهواء البارد الذي أمام الهواء الدافئ الذي أزيح الى الأعلى. ويكون الهواء القادم أبرد من الهواء البارد الذي كان سائداً في المنطقة فيدفعه الى أعلى. ويشكل الهواء الدافئ الرطب الصاعد الى أعلى سحبًا ممطرة (شكل ٦- ٤٢).

شكل (٦-٤١)

شكل (٦-٤٢) جبهة هوائية نهائية (ممتلئة) باردة مصحوبة بهواء دافئ ورطب مستقر صاعد الى أعلى

٤- الجبهة الهوائية المستقرة (الثابتة) Stationary Front

تحدث الجبهة المستقرة عند ما لا يكون هناك تقدم على طول خط الالتقاء بين الكتل الهوائية المختلفة (شكل ٦-٤٣). وفي هذه الحالة يمكن أن تستقر الجبهة لفترة من الزمن. ويصاحب الجبهة المستقرة مطر ورذاذ وضباب. وتشابه الحالة الجوية المصاحبة للجبهة الهوائية الدافئة المستقرة.

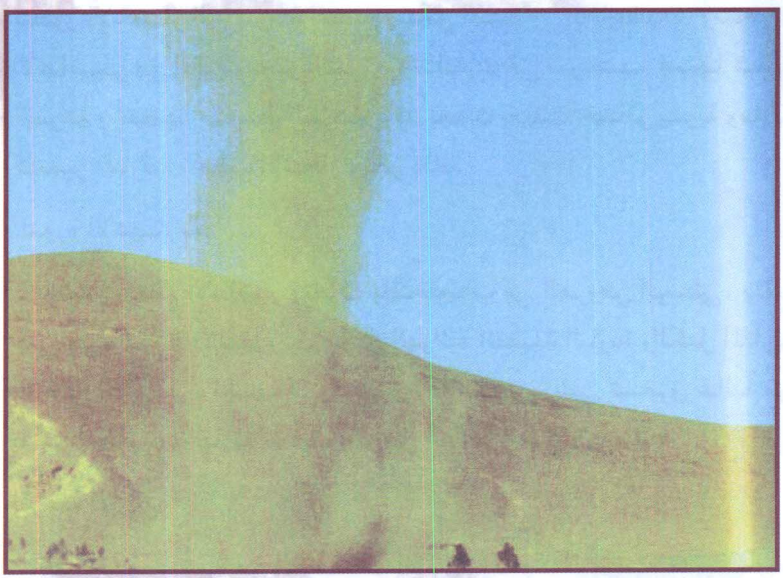


شكل (٦-٤٣) جبهة هوائية مستقرة (أ) وخارطة طقسية لها (ب)

العواصف والأعاصير الجوية:

يختلف التوزيع الأفقي والرأسي للحرارة والضغط الجوي على سطح الأرض. وينتج عن ذلك تكون مناطق ضغط جوي مرتفع ومنخفض، ويتحرك الهواء من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض. ويختلف الهواء المتحرك في خصائصه الطبيعية، والمساحة التي يغطيها، ومدة استمراره واتجاهه، وسرعته، والآثار التي تنتج عنه. ويتحرك الهواء أفقياً وراسياً بالقرب من سطح الأرض ويعرف بالرياح السطحية. وفي الطبقات العليا من الجو ويعرف بالرياح العليا أو التيارات النفاثة. وقد دلت الدراسات الجوية على مدى الارتباط الوثيق بين حركة الهواء بالقرب من سطح الأرض وحركة الهواء في الطبقات العليا من الجو. كالعلاقة بين التيار النفاث والكتل الهوائية، والتيار النفاث القطبي والجبهات الإعصارية (Frontal Cyclone) فعلى سبيل المثال، الاضطرابات الجوية الكبيرة تغذي الاضطرابات الجوية الصغيرة من خلال تحرك الهواء من التيارالنفاث الى الاضطرابات المحلية، والتحركات الهوائية الصغيرة. وتحيط التيارات النفاثة بالأرض، مشكلة دائرة مكتملة ومتعرجة. وينتج عن ذلك منخفضات (Troughs) مع انحناءات دائرية وحواف، وتقع مراكز أضداد الأعاصير (Curvature) ومن الاضطرابات الجوية الأعاصيرغير المدارية (Extra Tropical Cyclone) والأعاصير المدارية (Tropical Cyclone) والترنيدو (Tornado)، والدوامات المائية والهبات النوئية (Sqalls)، وهي رياح عنيفة سريعة قصيرة العمر، والعواصف الرملية والترابية (Storms Dust or Sand)، التي تحدث كثيراً في المناطق الصحراوية (صورة ٦-٥)، والعواصف الرعدية Thunder Storms. الأعاصير غير المدارية Extra Tropical Cyclone وتعرف أيضا بالأعاصير الموجية wave Cyclones، وكذلك بالمنخفضات الجبهية Frontal Lows وتقع هذه الأعاصير خارج نطاق دائرة العرض ٢٠. وتحدث كثيراً بين دائرتي العرض ٣٠ و ٦٠ حيث تسود الرياح الغربية.

وتتشكل هذه المنخفضات على طول الجبهات التي تفصل بين الكتل الهوائية الضخمة. وتتطور في منطقة التقاء منحنى الجبهة الباردة بمنحنى الجبهة الدافئة.، ويصعد الهواء الدافئ الرطب فوق الهواء البارد على طول الجبهات الباردة والدافئة. وتستمر الطاقة التي تشكلت في المنخفض من إطلاق الطاقة المطلوبة للدورة، وتتحول الطاقة الحرارية Potential Energy الى الطاقة الحركية The Kinetic Energy عند ما يهبط الهواء البارد ويصعد الهواء الدافئ، وينتج غالباً عن صعود الهواء الدافئ على طول الجبهات الباردة سقوط أمطار في وسط منطقة الإعصار. وتغذي الحرارة الكامنة المنطلقة من بخار الماء المتكاثف في الجو الإعصار بالطاقة، وتعمق المنخفض. وتساهم الغربيات (الرياح العلوية فوق العروض الوسطى) في نشوء وتطورالأعاصير والمنخفضات التي تقع خارج النطاق المداري.



صورة (٦-٥) تنتشر العواصف (الدوامات) الترابية في المناطق الصحراوية الجافة

تكون الأعاصير غير المدارية:

يتدفق الهواء من منطقة الضغط المرتفع نحو منطقة الضغط المنخفض. وتعتمد سرعة تدفقه على مدى عمق مركز الضغط المنخفض، وتزداد سرعة حركة الهواء كلما تقاربت خطوط الضغط الجوي حول مركز الضغط والعكس. ويتجه الهواء نحو مركز الإعصار باتجاه ضد عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، وباتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي. وعلى العموم، في النصف الشمالي، يكون الجانب الجنوبي الشرقي من الإعصار الموجي دافئاً بسبب تحرك الهواء الدافئ إليه من الجانب الدافئ في الجنوب. ويكون الالتقاء قوياً في سطح الإعصار في الجانب الشرقي وبالقرب مباشرة من مركز المنخفض. ويكون الجانب الشمالي الغربي هو الجانب البارد، وفي هذه المنطقة يدخل الهواء البارد الإعصار. وعند ما يتطور الإعصار الى مرحلة النضج يشكل امتلاء (Occlusion) وتتحرك الأعاصير من الغرب نحو الشرق، وتتفاوت في سرعتها فمنها شديد السرعة و بعضها متوسط السرعة. وقد يُحدث بعضها خسائر بشرية ومادية كتدمير المنازل، وتحطيم الأشجار ونحو ذلك.

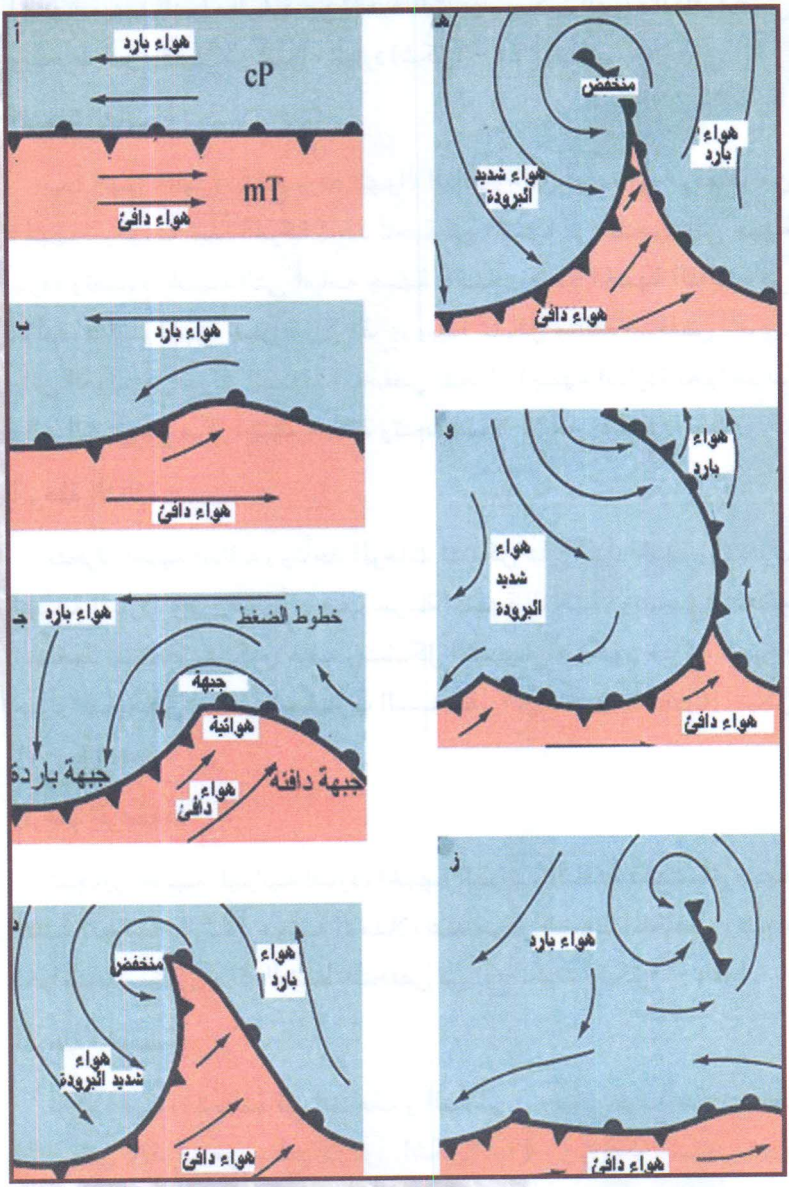
الدورة الاعصارية:

تتكون معظم الأعاصير وتعرف بالمنخفضات في العروض الوسطى، وتقع على طول منطقة الالتقاء بين الكتل الهوائية القطبية الباردة والكتل المدارية الدافئة (على طول الجبهة). وتمر الدورة الإعصارية التي تسغرق غالباً من بدايتها حتى نهايتها ثلاثة أيام بالمراحل التالية (شكل٦-٤٤):

المرحلة الإولى:

تمتد جبهة مستقرة من الغرب نحو الشرق. وتقع كتلة هوائية قطبية قارية باردة في شمال الجبهة (cP)، وكتلة مدارية بحرية دافئة (mT) في جنوب

1- Navarra, J. 1979, P.292



شكل (٦-٤٤) الدورة الإعصارية

الجبهة ويهب الهواء البارد من ناحية الشرق، ويكون الهواء الدافئ غربي ويتحرك اسرع قليلاً من الهواء البارد (شكل٦-٤٤ أوب).

المرحلة الثانية:

يبدأ الهواء البارد بدفع ورفع الهواء الدافئ الذي أمامه في موقع ما من الجبهة، وحينما تبدأ الحركة تأخذ ناحية من الجبهة في التحول الى جبهة باردة وتصبح الجبهة التي أمامه جبهة دافئة. وتأخذ الجبهة الدافئة في الاندفاع أمام الجبهة الباردة والارتفاع، ويبدأ تشكل منطقة المنخفض الجوي. والى الغرب من مركز الضغط المنخفض تتحرك الجبهة الباردة نحوالجنوب والى الشرق من مركز الجبهة الدافئة وتتجه شمالا (شكل ٤٤ جـ - و).

المرحلة الثالثة :

تتحرك الجبهة الدافئة، وتأخذ الموجات تتشكل على طول الجبهة، وتتحرك الجبهة الباردة وهي غالباً ضعف سرعة الجبهة الدافئة، وتتجاوز منطقة الضغط المنخفض فتكون خلفه ويتشكل الإعصار، وتكون حركة الهواء حول المنخفض بعكس عقارب الساعة (Counterclockwise) شكل (٦- ٤٤ هـ).

المرحلة الرابعة:

تتجاوز الجبهة الهوائية الباردة الجبهة الهوائية الدافئة فتتشكل جبهة ممتلئة (نهائية). وتبدأ عملية الامتلاء عند مركز الضغط المنخفض وتتجه نحوالجنوب، ويكون مركز الضغط المنخفض في أوج تكونه (شكل٦ -٤٤و).

المرحلة الخامسة:

تأخذ الجبهة الممتلئة في الضعف و التلاشي ، ويبقى خلية من الضغط المنخفض بالقرب من سطح الأرض (شكل٦-٤٤ ز). وهكذا تنتهي دورة إعصارية و تبدأ أخرى.

الحالة الجوية المصاحبة للأعاصير:

تختلف الحالة الجوية المصاحبة للأعاصير، وتعتمد على كمية بخار الماء، والديناميكية الحرارية للجو المتجهة نحو الحركة الإعصارية. وفي مقدمة الجبهة الباردة، تزداد سرعة الرياح، وتصبح عنيفة، وتسقط بعض الأمطار. وخلال عبور الجبهة الباردة يحدث بشكل فجائي تغير في اتجاه الرياح، وتسقط أمطار غزيرة، وقد يسقط البَردُ خلال فصلي الربيع والصيف، ويحدث الرعد و البرق من سحب المزن الركامية الواقعة فوق الجبهة. وخلال عبور الجبهة تتوقف الأمطار. ولكن أحياناً يسقط في خلف الجبهة الدافئة الرذاذ أو أمطار خفيفة.

العواصف الرعدية Thunderstorms

تحدث العواصف الرعدية خلال فصلي الربيع و الخريف، وتكون مصحوبة بسحب مزن كثيفة وبرق ورعد، وتسقط أمطار غزيرة. وعندما تتقدم العواصف الرعدية يصحبها رياح شديدة تثني الأشجار، وتشكل موجات مائية في الأنهار والبحيرات. وينتج عن سحب المزن الركامية حزام من الضوء (البرق)، صورة (٦- ٦) يتجه نحو الأرض،كما تسقط الأمطار الغزيرة التي تؤدي الى جرف التربة، وكذلك البَردُ الذي يؤدي الى تدمير المحاصيل الزراعية. ويمر تشكل العواصف الرعدية بعدد من المراحل.

صورة (٦-٦) برق مصاحب للسحب الرعدية

تطور العواصف الرعدية:

تشكل السحب الركامية الخفيفة علامة طقس معتدل، ولكن في الغالب تكون في الأيام الدافئة مؤشر لنشأة عواصف رعدية. وليتحقق ذلك لابد من الأمور التالية:

١ - وجود مساحة واسعة من الأرض يعلوها هواء رطب.

٢ - رياح خفيفة جداً أو ساكنة.

وتستمد العواصف الرعدية قوتها من انطلاق الحرارة الكامنة من الهواء الرطب الصاعد المتكاثف. وتنشأ العواصف الرعدية من:

١- الحرارة و الحمل في الهواء الرطب فوق اليابسة الدافئة.

٢- عبور هواء بارد رطب فوق مياه دافئة.

٣- صعود هواء غير مستقر في منطقة التقاء أو حواجز جبلية.

٤- التبريد الإشعاعي في الطبقات العليا.

أنواع العواصف الرعدية:

يمكن تصنيف العواصف الرعدية حسب سبب صعود هوائها الى ثلاثة انواع هي:

١- عواصف الكتل الهوائية الرعدية (Air-mass thunderstorms)، عواصف رعدية ناشئة عن كتل هوائية محلية محدودة تحدث بسبب تسخين السطح للهواء الذي يعلوه.

٢ - عواصف رعدية جبهية (Frontal Thunderstorms) ، وهي عواصف تكون مصاحبة للجبهات الهوائية حيث يصعد الهواء الدافئ فوق الهواء البارد وتنخفض حرارته بالارتفاع، ويطلق حرارة كامنة، وتتكون السحب الرعدية، وتسقط أمطار غزيرة.

٣ - عواصف رعدية جبلية (Mountain thunderstorm) تنتج عن صعود الهواء الرطب في المناطق الجلية. و يصعد الهواء فوق السفوح الجبلية لسببين:

١- تسخين السفوح الجبلية للهواء الرطب الملامس لها فيصعد الى أعلى.

٢- اصطدام الهواء الدافئ الرطب بالسفوح الجبلية فيضطر الاندفاع الى أعلى، فيبرد ويتكاثف وتتكون السحب، وتسقط الأمطار الغزيرة.

وعلى العموم تحدث العواصف الرعدية في كل مكان من العالم، ويقدر عدد حدوثها سنويا بنحو ١٦ مليون عاصفة رعدية. وتحدث كثيراً في الأماكن التي تتوفر فيها الحرارة والرطوبة، و يبلغ عدد ما يحدث عالمياً في الدقيقة نحو ٢٠٠٠عاصفة رعدية . وعلى سبيل المثال، في مدينة كامبلا في أوغندا، يبلغ عدد الأيام التي تقع فيها العواصف الرعدية خلال العام نحو ٢٤٢ يوماً، أي٢٠ يوماً من كل شهر. وفي منطقة الرهو الاستوائي (الركود الاستوائي) حيث تتوفر الحرارة والرطوبة، يبلغ معدل الأيام التي تحدث فيها العواصف الرعدية من السنة ما بين ٧٥ - ١٥٠ يوماً. أما في المناطق الحارة الجافة (المناطق الصحراوية) تحدث العواصف الرعدية في أيام قليلة من السنة تقدر بنحو ٥ أيام فقط على الرغم من توفر الحرارة ولكن يعوزها الرطوبة التي منها تتشكل السحب [١].

مراحل تكون العواصف الرعدية:

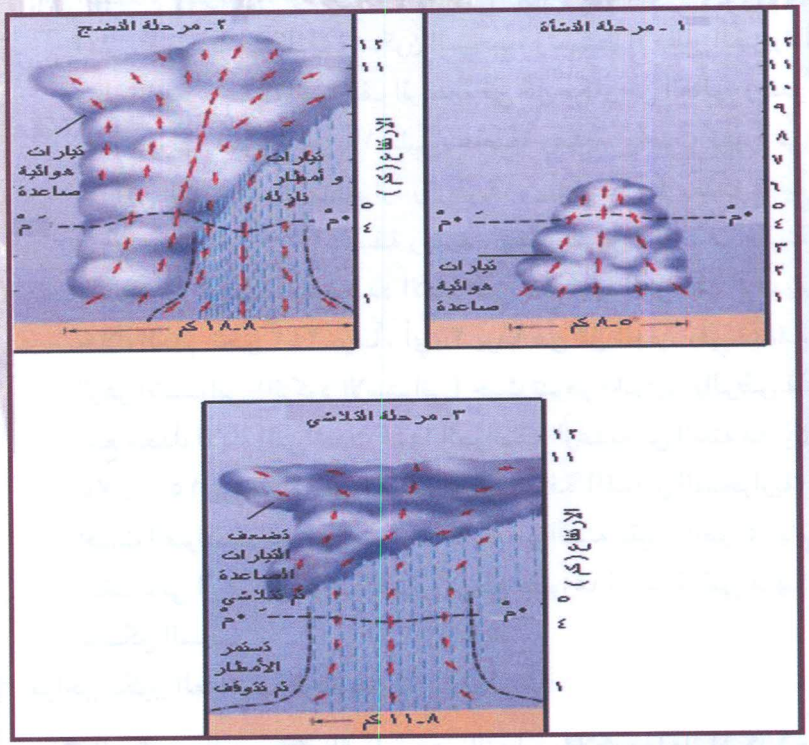
تمر العواصف الرعدية من البداية حتى النهاية بثلاث مراحل (شكل٦-٤٥) هي:

المرحلة الاولى : مرحلة النشأة (التكون): Birth Stage

بعد أن تسخن الأرض تشع الطاقة الى الهواء الذي يعلوها فترتفع حرارته، ويتمدد، وتقل كثافته، وينقسم الى مجموعة من الخلايا الهوائية

1- Navrra, J., 1979, P 292

يتحرك الهواء في وسطها الى أعلى. وتستمر التغذية الحرارية للجو من سطح الأرض. وتنخفض درجة حرارة الهواء الصاعد مع الارتفاع فيبرد، ويستمر يطلق حرارة كامنة. وتأخذ السحب في التشكل، ويستمر الهواء في الارتفاع الى أعلى، وتبدأ العواصف الرعدية في التكون.



شكل (٦-٤٥) مراحل تكون العواصف العرعدية

ويطلق على هذه المرحلة مرحلة تكون السحب الركامية (مرحلة بداية صعود الهواء الدافئ). ويستمر السحاب في الصعود الى أعلى بقوة مما يؤدي الى نشوء أبراج من سحب المزن الركامية. وتبلغ سرعة الهواء الصاعد أوالهابط نحو ٣٠ متراً في الثانية (١٠٠ كيلو متراً في الساعة). وفي

المرحلة الأولى من تكون العواصف الرعدية يبلغ قطر السحب الركامية نحو ١٦٠٠ متراً، ويصل ارتفاعها الى ٤٥٠٠ متراً، ويزداد قطرها خلال دقائق قليلة. ويكتمل في هذه المرحلة نمو سحب المزن الركامية المكونة للعاصفة . ويتراوح قاعدة هذه السحب ما بين ١٥٠ - ٤٠٠٠ متراً من سطح الأرض. ويكون الجزء العلوي من السحب بارد جداً، وتنخفض درجة حرارته كثيراً تحت الصفر. وتتكاثف و تنمو ذرات السحب خلال صعودها الى أعلى. ونتيجة برودة بخار الماء الصاعد وتكثفه) يطلق المزيد من الطاقة الحرارية الكامنة فيساعد على استمرار صعود الهواء وبخار الماء الى أعلى. وفي الأجزاء العلوية من السحب يتكاثف بخار الماء مكوناً بلورات ثلجية صغيرة. والتي بدورها تتصادم مع بعضها، ويتشكل البَرَدُ. وتندمج القطرات المائية المكونة للأجزاء السفلية من السحاب مع بعضها مكونة قطرات مطر كبيرة، ولا تشكل الاضطرابات الصغيرة في السحب التي تسبق العواصف الرعدية نسقاً واحداً، ويقع قليل منها تحت ارتفاع ٣٠٠٠ متر. وتقع غالبية الاضطرابات في العواصف الرعدية في ارتفاع ما بين ٤٥٠٠ و ٦٠٠٠ متراً.

المرحلة الثانية : مرحلة النضج The Mature Stage

تبدأ مرحلة النضج عند ما يؤدي تراكم البلورات الثلجية، وقطرات الماء والبَرَدُ في الأجزاء العليا من السحابة الى زيادة ثقلها فيصعب على التيارات الهوائية الصاعدة في السحاب حملها و دفعها الى أعلى وعندها تبدأ مرحلة جديدة، وهي سقوط قطرات الماء والبلورات الثلجية و البَرَد من سحب المزن المكونة للعاصفة مع استمرار صعود التيارات الحرارية في السحابة. ويحدث في هذه المرحلة تيارات باردة هابطة، وتيارات هوائية دافئة صاعدة جنباً الى جنب. وتحمل التيارات الهوائية الهابطة قطرات الماء والبلورات الثلجية وحبات البَرَدْ معها الى الأسفل فيؤدي الى برودة الجو. وتستغرق هذه العملية (العاصفة الرعدية) وقتاً قصيراً ما بين ١٥-٣٠ دقيقة.

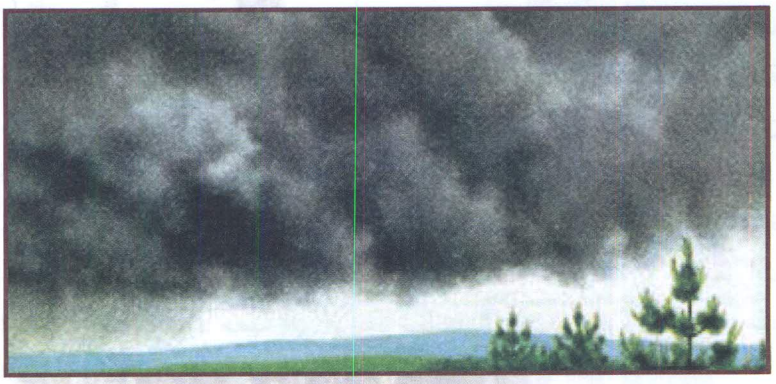
المرحلة الثالثة : مرحلة التشتت (التلاشي) Death Stage

عند ما تبدأ التيارات الصاعدة في الضعف ، تبدأ المرحلة الثالثة من العاصفة الرعدية . وتقل الرطوبة الصاعدة، وتأخذ عملية التكاثف في التوقف. وتفقد العاصفة الرعدية طاقتها ، ومكوناتها المائية فتبدأ التيارات الهوائية الصاعدة و الهابطة في التلاشي، ومن ثم التوقف.

وبصفة عامة عند ما تبدأ مرحلة النضج، وسقوط الأمطار وحدوث البرق و الرعد فانها في الغالب لا تتجاوز ٣٠ دقيقة ، ولا يتجاوز عمر العاصفة الرعدية من النشأة الى النهاية ساعة واحدة. ويحدث أحياناً أن ينشأ إعصار آخر تال مباشرة للإعصار الذي تلاشى.

الرياح الفجائية القصيرة Squall

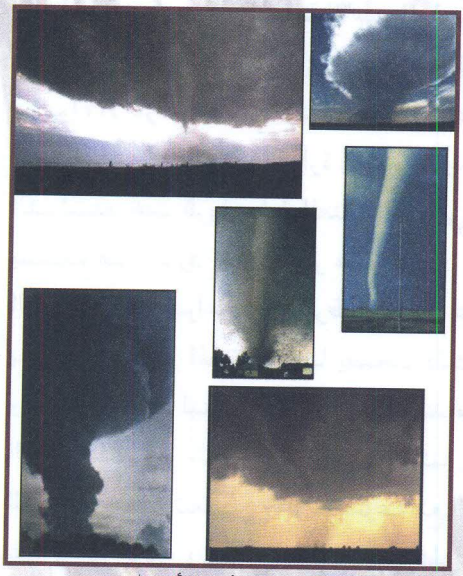
رياح عنيفة تحدث فجأة، وتستمر لفترة زمنية قصيرة ربما لعدة دقائق، وتنخفض سرعتها بشكل حاد. ويبلغ معدل سرعتها ما بين ٤٨ - ٨٨ كم / الساعة. ويطلق عليها أمطار فجائية (Rain Squall)، ثلوج عنيفة (Snow Squall)، و بَرَدْ مفاجئ (Hail Squall) ورعد مفاجئ (Thunder Squall) أي أن المطر والرعد والبَرَد يحصل بغزارة وكثافة عالية خلال فترة قصيرة، ويصاحب برياح شديدة (صورة ٦- ٧).



صورة (٦-٧) خط الرياح الفجائية

الترنيدو Tornadio

تعرف بالأعاصير القِمْعية وهي رياح دوامة تشبه القِمْع صغيرة القطر، شديدة السرعة، وتدور الترنيدو بسرعة شديدة حول عمود من الهواء مجوف من قاعدة السحابة المحلية الى سطح الأرض. وتدور في نصف الكرة الشمالي باتجاه عكس دوران عقارب الساعة (Counterclockwise) وتزداد سرعتها بالاتجاه نحو المركز، و ربما تتجاوز سرعتها ٦٠٠ كم/ الساعة، وقد يصل سرعة الترنيدو الى ٨٠٠ كيلو متر/ الساعة [١] وتؤدي قوة الجاذبية المركزية (Centripetal Force) الى نشوء ما يشبه المكنسة في مركز منطقة الضغط المنخفض، حيث تعمل على جذب الجسم المتحرك حركة دورانية باتجاه مركز دورانه. وعلى العموم تتكون الترنيدو قمعية الشكل، في منخفض واسع كثيف السحب المزنية. ويمتد القمع من أسفل السحابة حتى سطح الأرض. ويشبه في امتداده ودورانه الحبل. ويصاحب الترنيدو أحيانا أمطار وبَرَد، وظلمة شديدة. ويؤدي التكاثف الذي يحدث حول الدوامة الى تكون سحب ضعيفة، ويمكن رؤية قِمْع الترنيدو بسبب تكاثف الهواء الذي يحيط به، ورؤية العاصفة حينما تتحرك على الأرض. وعادة ما يكون الهواء الدائر باتجاه عقارب الساعة مظلم مصحوباً بالغبار والعوالق، ويصبح كامل القمع مظلماً نتيجة العوالق (صورة ٦-٨).



صورة (٦-٨) نماذج لألوان وأشكال الترنيدو

١- الأحيدب ، ابراهيم ، ١٤١٩هـ ص ٧٠-٧٧ .

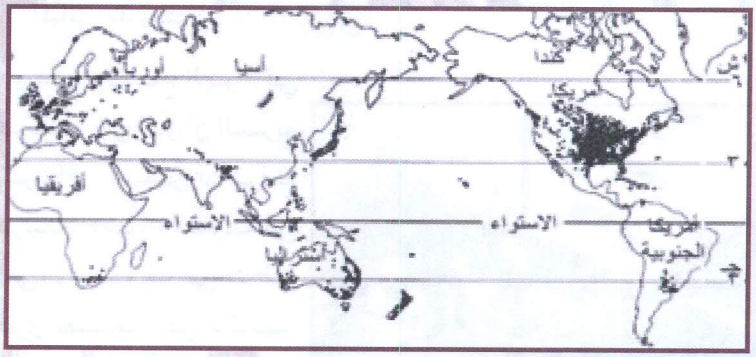
كيف تتكون الترنيدو Tornadio formation

حاول علماء الطقس والأحوال الجوية تفسير نشوء ظاهرة الترنيدو. وفي الحقيقة لا يوجد نظرية علمية مقبولة تشرح كيف تتكون الترنيدو. ويرى البعض من العلماء أن الترنيدو تحدث بسبب تيارات الحمل الحرارية، وتعرف بالنظرية الحرارية (Thermodynamic theory)، أي أنها تحدث نتيجة حدوث حمل حراري محلي عنيف. ويرى البعض الآخرأنها تحدث بسبب عوامل جوية ميكانيكية. وتعرف بالنظرية الميكانيكية (Mechanical theory) .وتري هذه النظرية أن الترنيدو تتكون نتيجة تقابل تيارات هوائية مختلفة قادمة من جهات عدة مختلفة في سرعتها وفي خصائصها الطبيعية. و بصفة عامة الحالة المناسبة لنشأة الترنيدو عند ما يصطدم كتلتان هوائيتان مختلفتان كثيراً في الخصائص الجوية، كالكتلة المدارية البحرية mT والكتلة القطبية الباردة القارية cP. وعلى سبيل المثال يتحرك الهواء البحري المداري من خليج المكسيك أو من المنطقة الاستوائية في مياه المحيط الأطلسي (دافئة رطبة)، و يأتي الهواء القاري القطبي من كندا، وهو هواء بارد جاف مقارنة بالهواء الأخر. وتنشأ الترنيدو عند ما تصطدم الكتلتان المختلفتان في خصائصهما الطبيعية، الحرارة والرطوبة، واتجاه الرياح. وفي الغالب، تنشأ الترنيدو تحت ظروف خط العنف الهوائي Squall Line، وذلك عند ما يتقدم هواء بارد جاف نحو هواء دافئ رطب. وعند بداية دفع الهواء البارد الجاف للهواء الدافئ الرطب، تحدث عملية إطلاق للطاقة الكامنة في بخار الماء للجو المحيط، وما يصحب ذلك من صعود الهواء واضطرابه. وأفضل الأحوال لبدء الترنيدو تحدث عند ما تكون سماكة الهواء الدافئ الرطب ما بين ٢٤٠٠ - ٣٠٠٠ متراً. كما يعمل الهواء البارد على نشوء الترنيدو حينما تنخفض حرارته بسرعة مع الارتفاع، ويجتاح الهواء الدافئ عند زاوية حادة. وتشجع هذه الحالات على نشوء التيارات والاضطرابات الهوائية على طول خط تقابل الهوائين، والتي منها تنشأ الترنيدو.

مناطق نشأة الترنيدو:

تحدث الترنيدو في المناطق المدارية و العروض الوسطى. وتعتبرالأراضي الواقعة شرق جبال روكي بالولايات المتحدة الأمريكية منطقة مناسبة لنشأة الترنيدو حيث يلتقي هواء جاف من الغرب أو الشمال الغربي بهواء رطب متجه نحو الشمال من خليج المكسيك.

وتحدث كذلك في أماكن كثيرة من العالم في كل من أوربا وأفريقيا وأسيا، وأمريكا الوسطى، وفي استراليا. ولكنها غير منتظمة كما هو الحال في أمريكا واستراليا حيث تقع بشكل منتظم ومتكرر باستمرار (شكل ٦- ٤٦).



صورة (٦-٤٦) التوزيع الجغرافي للترنيدو

ويعتبر فصل الشتاء أقل فصول السنة حدوثاً للترنيدو في الولايات المتحدة الأمريكية. وتزداد في فصل الربيع، وتبلغ أوجها في شهر مايو ثم تبدأ في الانخفاض في شهر يونيو. وتعتبر الأشهر الثلاثة أبريل، مايو، ويونيو أكثر الشهور تكراراً للترنيدو في الولايات المتحدة الأمريكية.

وتنشط الترنيدو خلال اليوم أثناء الفترة الدافئة منه، وغالباً في آخر النهار . ويقع ٨٢ ٪ من الترنيدو التي تحدث في الولايات المتحدة ما بين منتصف النهار ومنتصف الليل. و يمكن القول أن معظمها يقع ما بين الساعة ٤ و٦ مساءا أي نحو ٣٢ ٪ من مجموع حوادث الترنيدو.

وتدمر الترنيدو الممتلكات العامة والخاصة وتؤدي سنوياً إلى خسائر مادية وبشرية. ويرجع تأثير الترنيدو إلى ثلاثة أمور هي:

١- السرعة الشديدة التي تؤثر على المباني.

٢- الرفع الى أعلى الناتج عن صعود الهواء المضطرب.

٣- الضغط الشديد الناتج عن هواء الترنيدو، على المباني والأشجار التي لا تستطيع مقاومته (صورة ٦ - ٩). وعلى سبيل المثال، يبلغ ضغط رياح الترنيدو ما بين ١٦٠ - ٢٠٠ رطل على كل قدم مربع، ويزيد كثيراً عن ذلك. وهذه القوة من الضغط لا تستطيع كثير من المباني مقاومتها[١].

وينتج ارتفاع الهواء في الترنيدو عن الدوران السريع للرياح. ويمكن أن ترفع الترنيدو الأشياء الثقيلة الى أعلى، وترميها في مناطق أخرى بعيدة عن مكانها الأصلي. ومما يدل على قوة الترنيدو ما فعلته في عام ١٩٣١م، فقد استطاعت رفع مقصورة قطار تزن ٨٣ طنا بركابها البالغين ١١٧ شخصاً إلى ارتفاع ٢٤ متراً، ورميها بعيداً عن قضبانها الحديدية [٢].

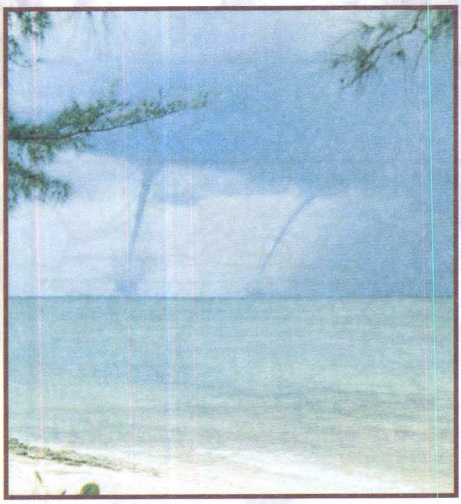
صورة (٦-٩) تدمر الترنيدو ما في طريقها من قوارب ومباني وأشجار

1- Navrra, G., 1979, P. 310.

٢- الأحيدب، ابراهيم، ١٤١٩هـ، ص ٧٠

الدوامات المائية Water Spouts

وهي الترنيدو التي تنشأ فوق المسطحات المائية. و يشبه قمع الدوامة المائية قمع الترنيدو تماماً. وتنشأ الدوامات المائية في جو غير مستقر مصحوباً بعاصفة رعدية . وعند ما يصل القمع الى سطح البحر تتشكل دوامة مائية بسبب انخفاض الضغط في الدوامة. ويحدث شفط للهواء والماء، ورذاذ البحر الى الدوامة اللولبية (الترنيدو). ويؤدي تكاثف بخار الماء في السحابة القمعية الى ظلام السحابة (صورة ٦-١٠).



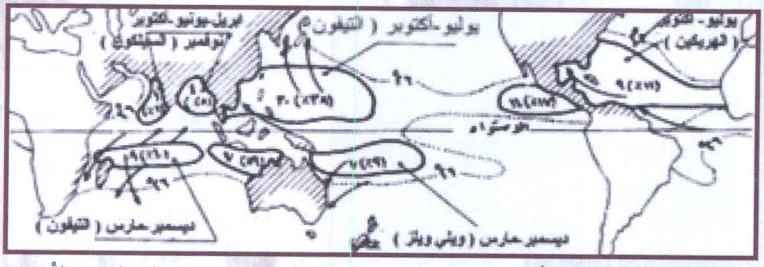
صورة (٦-١٠) الدوامات المائية

ويوجد في الدوامة المائية خليط من ذرات مياه البحر مع ذرات مياه عذبة تم سحبها من الجو. وفي حالات كثيرة تؤدي الدوامات المائية الى سقوط أمطار مالحة ، وأحياناً تكون مصحوبة بأسماك و ضفادع كما حصل في بريطانيا. ونيوزيلندا في يوم ١٣ يوليو من عام ١٩٤٩م[1] وتحدث الدوامات المائية في المناطق الساحلية كالسواحل الشرقية للولايات المتحدة الأمريكية، والسواحل الصينية واليابانية، وغيرها من المناطق الساحلية. ومن الأماكن المناسبة لنشأة الدوامات المائية منطقة الركود الاستوائي (الرهو الاستوائي) حيث ترتفع الحرارة، وتكون الرطوبة عالية، وتستمر تيارات الحمل الصاعدة. وعند ما تصل الدوامات المائية الى اليابسة لا تستمر طويلاً بل تستمر فترة قصيرة. وتتفاوت سرعة الدوامات المائية ما بين خفيفة وشديدة السرعة.

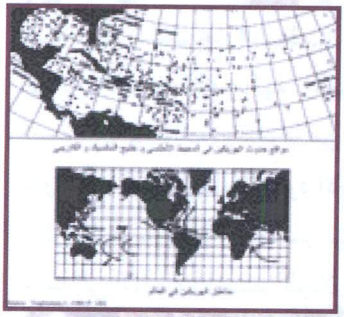
1- Navrra, G., 1979, P. 310- 313

الأعاصير المدارية (الهريكين):

تنشأ الأعاصير المدارية في المناطق المدارية بين دائرتي العرض٥ - ٢٠ شمالاً وجنوباً، في المياه الدافئة التي تتجاوز حرارتها ٢٦م°. وتنتشر الأعاصير في أماكن كثيرة من العالم، وتعرف باسماء مختلفة كالتيفون (Typhoon) بالقرب من الصين واليابان، والهريكين (Hurricane) في أمريكا الشمالية والوسطى والجنوبية، والسيكلونز (Cyclones) في جنوب أسيا والمحيط الهندي، والولي ويلز (Willy willy) في أستراليا (شكل ٦-٤٧ و٦-٤٨). وتعبرالأعاصير المدارية أحيانا المنطقة المدارية نحو العروض الوسطى، وتكتسب بعض خصائصها. وتتحول الى منخفضات مدارية حينما يبدأ ضغط السطح ينخفض.



شكل (٦-٤٧) تقع الأعاصير المدارية في المسطحات المائية التي تزيد حرارتها عن ٢٦م°



شكل (٦-٤٨) مناطق الهريكين في العالم ومواقع حدوثه في البحر الكاريبي وخليج المكسيك

وتقع الأعاصير المدارية في نطاق الاضطرابات الهوائية التي تبدأ عند ما ينخفض الضغط الجوي بشكل سريع في أي اضطراب هوائي، وتقع كثيراً في نطاق الرياح التجارية. وعلامة تكون الأعاصير المدارية وجود نطاق من الرياح حول منطقة منخفض جوي تبدأ تضيق وتزداد فيها سرعة الرياح ، و ربما تتكون العين، وتحتوي

على رياح خفيفة. وعند ما يتكون الإعصار الصغير يبدأ الهواء الصاعد فوق الضغط المنخفض يولد زيادة ضغط جوي في الطبقة العليا من الجو. ويستمد الإعصار المداري (الهريكين) طاقته من الطاقة المنقولة من الحرارة المحسوسة و الكامنة من البحر الى الهواء. ويستمد حركته الدائرية من تأثير قوة كوريوليس. ويتشكل الهريكين غالباً في منطقة الالتقاء بين المدارين Inter Tropical Conversion Zon عند ما يقع على الأقل بين دائرتي العرض ٥ - ١٠، في نهاية الصيف أو بداية الخريف. ويستمد الهريكين قوته من الرياح العلوية كالأمواج الهوائية الشرقية أو المنخفضات المدارية التي تهاجر من المنطقة المدارية نحو الشمال، والتي تغذيه بهواء رطب دافئ. ويبلغ قطر الهريكين العادي ما بين ١٥٠ - ١٠٠٠ كيلو متر ويزداد عندما يتحرك الإعصار من العروض السفلية نحو العروض العلوية، ويبلغ قطر بعض الهريكين الصغيرة نحو ٣٠ كيلو متراً. وتتألف حياة الهريكين من أربع مراحل:

المرحلة الاولى:

تمثل هذه المرحلة اضطراب مداري، مصحوب برياح خفيفة السرعة، مع عدم تشكل خطوط ضغط مغلقة حول مركز الضغط الجوي المنخفض. ويتكون سحب خفيفة، قليلة المطر.

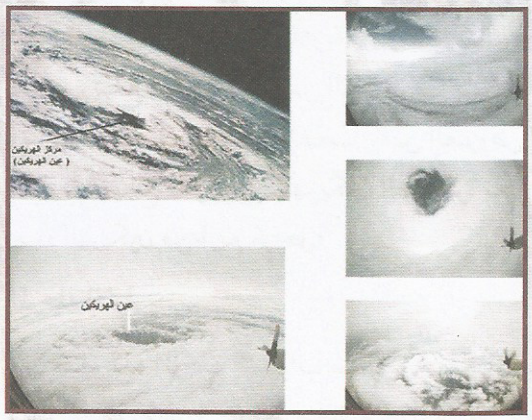
المرحلة الثانية:

تعرف هذه المرحلة من تطور الهريكين بالمنخفض المداري. ويتألف المنخفض المداري على الأقل من خط ضغط جوي مغلق يربط مركز الضغط المنخفض من الإعصار، وتزداد سرعة الرياح، ولكنها لا تتجاوز ٦٠ كيلو متراً في الساعة.

المرحلة الثالثة:

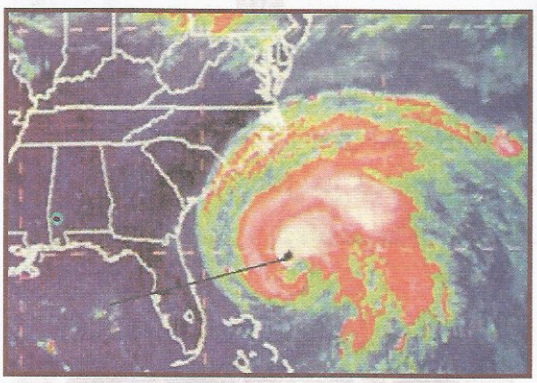
تعرف هذه المرحلة من الهريكين بالأعاصير المدارية. ويتألف مركز الإعصار من مجموعة من خطوط الضغط الجوي كاملة الاستدارة حول المركز وتشتد سرعة الرياح، وتتراوح سرعة الرياح في هذه المرحلة ما بين ٦٠ و١٢٠ كيلو متراً في الساعة.

المرحلة الرابعة : و تعرف هذه بمرحلة الهريكين. و تكون فيها خطوط الضغط كاملة الاستدارة وواضحة حول مركز الضغط المنخفض. وتكون فيها الرياح شديدة السرعة، وتتجاوز سرعتها ١٢٠ كيلو متراً في الساعة. وتتكون في مركز الإعصار دوامة هوائية كثيفة. وتعرف بعين الهريكين (صورة ٦- ١١ و٦- ١٢).



صورة (٦-١١) عين الهريكين

ويستمر الهريكين العادي عدة أيام، ومعدل حياته ٩ أيام. وتنخفض كثافته و قوته سريعًا بعد تعمقه في اليابسة. ويتفاوت ذلك من هريكين لأخر وحسب قوته.



صورة (٦-١٢) اعصار بوني متجها نحو السواحل الشرقية للولايات المتحدة

بعض خصائص الهريكين:

١- يحدث الهريكين في أوقات معينة من السنة، ففي النصف الشمالي تحدث كثيراً في سبتمبرأكثر من غيره من شهور السنة، وفي النصف الجنوبي تحدث في شهر مايو، والسبب في ذلك أنها تحدث في مياه المحيطات التي تتجاوز حرارتها ٢٦م°.

٢- لا تصاحب الهريكين جبهة هوائية كما هوالحال في أعاصير العروض الوسطى، ولكن خطوط الضغط والرياح تأخذ شكل دائري حول مركز الضغط المنخفض.

٣- يعرف مركز الهريكين الناضج بعين الهريكين ويتراوح قطرها ما بين ١٠و٥٠ كيلومتراً. وتكون خالية من السحاب أو يوجد حولها سحب خفيفة ينتج عنها أمطار خفيفة. وتتكون عين الهريكين عند ما تزداد سرعة الرياح، وتتشكل خطوط الضغط بشكل دائري حول مركز الضغط المنخفض.

٤- حجم الهريكين أصغر من أعاصيرالعروض الوسطى. ويبلغ قطر الهريكين العادي ٥٠٠ كيلو متراً. وربما يغطي إعصار العروض الوسطى نحو ٢٠٠٠ كيلو متراً.

٥- رياح الهريكين أكثر تدميرا من أعاصير العروض الوسطى بسبب شدة سرعة رياحها، وقد تتجاوز سرعتها ٣٠٠ كيلو متراً في الساعة. وبسبب سرعة رياح الهريكين فانها تدمرالمساكن والمنشآت والأشجار وغيرها.

٦- من الملاحظ أن الهريكين لا يتكون في المنطقة الاستوائية على الرغم من شرط توفر المياه الدافئة المناسبة لنشأة الهريكين لانعدام تأثير قوة كوريولس.

٧- يكون أقل ضغط للهريكين في مركزه ، ولذا ينخفض الضغط في

الهريكين بالاتجاه نحوالعين.

٨- تكون أعلى حرارة في الهريكين في مركزه، ولذا فان درجة حرارته تقل بالابتعاد من المركز.

٩- يشكل الهواء الدافئ الرطب المحرك الأساسي للهريكين. ويزود الهريكين بكمية عظيمة من الطاقة تؤدي الى تصاعد الهواء وتكون السحب وتكاثفها. وتبلغ الطاقة المنطلقة نحو ٥٨٠ كالوري لكل سنتيمتر مكعب من الماء المتكاثف.

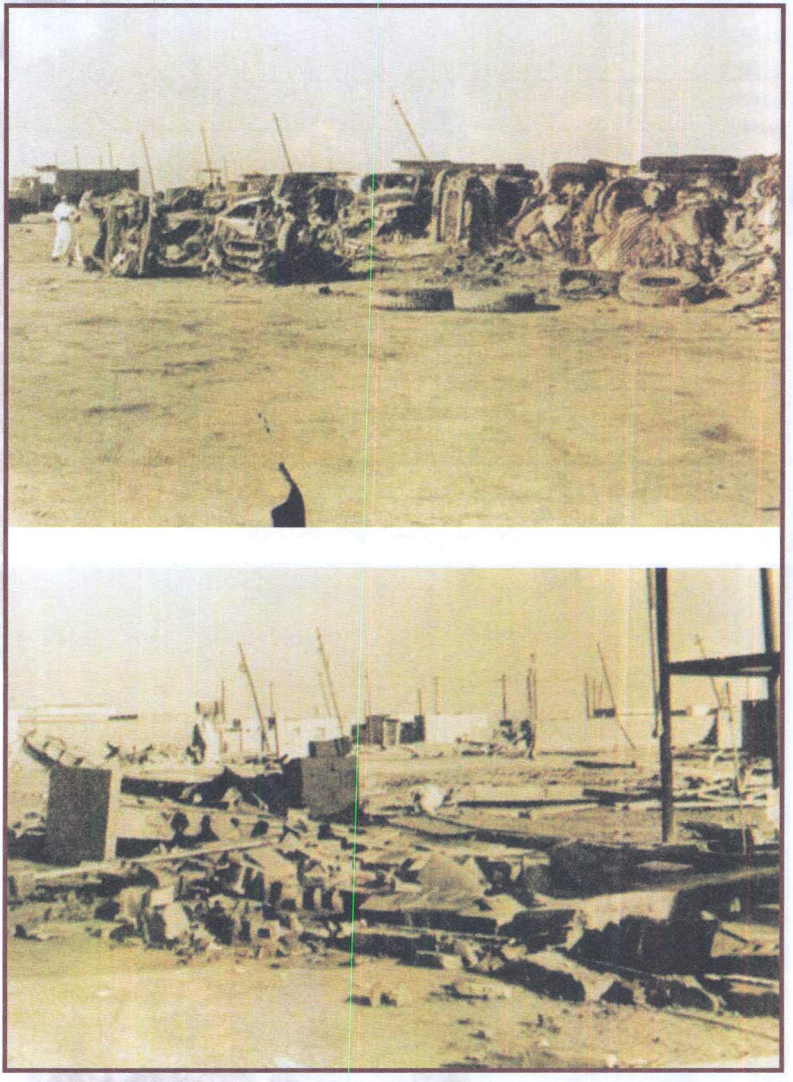
ويهبط الهواء في الهريكين الى قاعدته، و يدور حول جدار عين الهريكين، ويكون نطاق الأمطار في الهريكين دوامة متكاملة. ويختلف الهريكين عن الترنيدو من حيث القوة الدافعة التي تقع فوق الإعصار، أو أعاصيرالعروض الوسطى حيث يتشتت الهواء عند مستوى التيار النفاث لان الدافع لذلك (القوة الدافعة) هو الهواء فوق مركز الضغط المنخفض بعكس الهريكين الذي يستمد طاقته من الهواء الدافئ الرطب. ولذلك فانها تفقد طاقتها عند ما تعبر اليابسة، وعلى العموم تكون الرياح سريعة جداً في الهريكين في النطاق الذي يحيط بعين الهريكين. وراكدة في العين.

أثار الأعاصير:

تؤثر الأعاصير على المناطق التي تهب عليها بسبب كبر المساحة التي تعبرها، وشدة سرعتها، وغزارة المياه التي تجلبها معها. وتؤدي الي الفيضانات وتدمير المنشآت والمساكن وتقتلع الأشجار من جذورها. كما تقتل عشرات الآلف من البشر سنويا وتشرد مئات الآلف وتتركهم بدون مأوى، وتحول شوارع المدن الى أنهار جارية، ومن المناطق التي تتعرض كثيراً للأعاصير الصين والهند وبنجلادش والسودان ودول أمريكا الوسطى والولايات المتحدة الأمريكية، وغيرها من دول اسيا و أوربا و أستراليا (صور ٦- ١٣ - ٦ -١٥).

صورة (١٣.٦) تجلب الأعاصير التي تهب على بنجلاديش كميات غزيرة من المياه تحدث الفيضانات وتحول الشوارع الى انهار

صورة (١٤.٦) ضحايا الإعصار الذي ضرب امريكا الوسطى في شهر نوفمبر عام ١٩٩٨م ونتج عنه قتل اكثر من عشرة الاف شخص وتشريد عشرات الألاف من السكان وتدمير المباني



صورة (٦-١٥) أثار الإعصار الذي ضرب مدينة الخفجي شمال شرق المملكة العربية السعودية

في ١١-١-١٤٠٣هـ وأدى الى رفع السيارات وتحطمها

موضوع للقراءة:

طاقة الرياح: تسخير الرياح: (١)

إن الرياح هي في الواقع شكل من أشكال الطاقة الشمسية. فضوء الشمس يسقط بكميات غير متساوية على مناطق الأرض المختلفة، وهكذا يجعل بعض أجزاء الجو أشد سخونة من الأجزاء الأخرى.

وحيث إن الهواء الدافئ أخف من البارد، ويميل الى الصعود، فان الهواء يتحرك نتيجة لهذا النمط المتفاوت التسخين. وإن ما يقرب من ٢٪ من ضوء الشمس الساقط على سطح الكرة الأرضية يتحول الى طاقة حركة الرياح. وهذه كمية هائلة من الطاقة تزيد كثيرا على ما يستهلك من الطاقة في جميع أنحاء العالم في أي سنة من السنين والرياح هي المحرك الذي يعمل بواسطته نظام العواصف في العالم، الذي يأتي بالمطر الى مناطق قد تصبح جافة بدونه، ويتخذ أحيانا شكل أعاصير بحرية أو برية فيدمرالمجتمعات المحلية. وقدرة الرياح هذه على أن تحي وتميت (باذن الله) قد بوأتها مكانا هاما في الأديان والأساطير في جميع أنحاء العالم. وهناك ظاهرتان ميترولوجيتان أساسيتان تتسببان في الجزء الأعظم من رياح العالم. فينشأ نمط ضخم لدوران الهواء العالمي من سَحْب الهواء القطبي البارد نحو المنطقتين المداريتين ليحل محل الهواء الأدفأ و الأخف الذي يصعد ثم يتحرك نحو القطبين. ومن الطبيعي أن تنشأ مناطق ضغط عالٍ ومناطق ضغط منخفض، وتعمل قوة دوران الأرض على دوران الهواء في اتجاه حركة عقرب الساعة شمال خط الاستواء. وهذان النمطان العامان هما المسئولان عن سمات الطقس الرئيسية كالرياح التجارية المستمرة في المناطق المدارية و الرياح الغربية السائدة في المناطق المعتدلة الشمالية. والسبب الآخر للرياح البعيدة المدى هو أن الهواء الذي يعلو المحيطات لا يسخن بالقدر نفسه الذي يسخن به الهواء الذي يعلو البر. وتنشأ الرياح عندما يتدفق هواء المحيط البارد الى البر ليحل محل الهواء الدافئ الصاعد.

١ـ ملخص لكتاب طاقة الرياح: نقطة تحول، تأليف، كريستوفر فلافين، ترجمة سيد رمضان هدارة، معهد مراقبة البيئة العالمية، وثيقة ٤٥، الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية، القاهرة ١٩٩٣م.

والنتيجة النهائية هي نظم للطقس غيرمستقرة ودائمة التغير. إن طاقة ضوء الشمس الحرارية تتحول باستمرار الى طاقة حركة الرياح، و لكن هذه الطاقة تتبدد آنيا عن طريق الاحتكاك مع سطح الأرض وفي داخل الرياح ذاتها. وجزء صغير جدا فقط من طاقة الرياح هو الذي يمكن الاستفادة به فعلا. فمعظم الرياح تهب في الارتفاعات العالية أو فوق المحيطات، وعلى ذلك فهي بعيدة المنال. ولن تستخلص خطط طاقة الرياح، حتى أعظمها طموحا ، إلا جزءاً صغيراً من المورد الكلي، كاغتراف ملء دلو من نهرالأمازون بين الحين والحين.إن الرياح هي أحد أشكال الطاقة الشمسية الأعظم وفرة والذي يسهل استخدامه. وهي دائمة التجدد و لن تنفد فيما يتعلق بجميع الأغراض العلمية. وليس تسخير طاقة الرياح فكرة جديدة بالطبع. فلقد كانت السفن الشراعية على مر جميع العصور وسيلة لنقل السلع والناس واكتشاف أرض جديدة و حمل جيوش الغزو الى شواطئ نائية و ظهرت بعدها طواحين الهواء - وهي آلات تستلب طاقة الرياح لتؤدي أعمالا ميكانيكية متنوعة - ولو أن مكان اختراعها و زمانه ليسا يقينين وتظهر أول إشارة لطواحين الهواء في كتابات العرب في العصور الوسطى، فلقد وصفوا آلات ريحية بدائية في فارس في القرن السابع الميلادي. والظاهر أن هذه الآلات كانت قد طورت في زمن مبكر يرجع الى عام ٢٠٠ قبل الميلاد، وكانت تستخدم لطحن الحبوب، ذلك الأسلوب الذي انتشر في وقت لاحق في جميع أنحاء الشرق الأوسط. وكانت شبيهة بدوامة الخيل الخشبية والمقاعد التي تدور حول محور في حدائق الملاهي، ولها أشرعة، وهذه تعرف بحجرالطاحونة الرأسية المحور، حيث إن الأشرعة تديرعموداً عموديا في المركز متصل بحجر الطاحونة الذي يقوم بالطحن الفعلي. ولقد طورت آلات مماثلة لها في الصين وكان تطويرها مستقلا عن نظائرها في فارس، واستخدمت هناك منذ ٢٠٠٠ عام على الأقل. ولقد أدخلت طواحين الهواء في أوروبا في وقت ما قبل القرن الثاني عشر،

والظاهر أن الصليبين العائدين كانوا هم الذين أدخلوها. وعلى الرغم من أنها لم تكن تكنولوجيا محلية، فانها سرعان ما حظيت بأهمية لم يسبق لها مثيل في أوروبا العصور الوسطى، فاستخدمت لطحن الحبوب في بادئ الأمر ثم لنشر الخشب وصنع الورق وصرف الماء من الحقول الواطئة. ولقد كانت هذه الطواحين الهوائية الخشبية آلات أفقية المحور، لها عمود إدارة موازن للأرض، وأربع ريش كبيرة يمكن أن تدار يدويا لتواجه الريح. وكان بها مجموعة من التروس تصل عمود الإدارة الدائر بحجر الطحن أو غيره من الأدوات التي كانت تستخدم القوة الميكانيكية. وهذا التصميم الذي تطور الى الصورة التي عليها الطراز الهولندي هو ما يتصوره معظم الناس عندما يفكرون في طاحونة الهواء. وبحلول القرن الخامس عشر وجدت أشكالا متطورة من هذه التكنولوجيا في جميع أنحاء أوروبا. وأصبحت طواحين الهواء والدواليب المائية إضافات رئيسية مكملة لقوة الإنسان والحيوان، فرفعت كفاءة الأداء في إنجاز الأعمال الروتينية، وزادت إنتاجية النظم الاقتصادية الزراعية زيادة عظيمة. وبلغ عدد طواحين الهواء ذروته في القرن السابع عشر حيث كان في انجلترا حوالي ١٠٠٠٠ طاحونة هوائية تفاوت قدرة كل منها من ١٠ إلى ٢٠ قدرة حصان، فكان ما تمد به من الطاقة يمثل جزءا ضخما من الطاقة الكلية المستخدمة في تلك الأيام. وفي هولندا، التي بلا شك كانت تسخر الرياح بقدر أكبر منه في بلد آخر لكل فرد من السكان، بلغ عدد الآلات التي كانت مستخدمة في تلك الحقبة نحو ١٢٠٠٠ آلة، وكان مجال الاستخدام الرئيسي هو استصلاح الأراضي الزراعية المغمورة.

وبحلول أوائل القرن التاسع عشر أخذ استخدام طاقة الرياح في الصناعة الأوربية ينحدر. فلقد أمدت المحركات البخارية التي كانت تعمل بالفحم ببديل اقتصادي مناسب لكثير من الأعمال التي كانت طواحين الهواء تؤديها في وقت من الأوقات، ولو أن دور الرياح واصل النمو في بعض

البلاد. فالدانمارك، التي تفتقر بدرجة عظيمة الى الوقود الحفري المحلي بأنواعه المختلفة، أنتجت طواحين هوائية محسنة واستخدمتها للإمداد بربع الطاقة الصناعية في البلد في عام ١٩٠٠م. وفي استراليا وأمريكا الشمالية، وجد الرواد في المناطق القاحلة المنعزلة أن الطواحين الهوائية كانت هي السبيل الوحيد للحصول على الماء النفيس للري و الشرب. وسرعان ما أنتجوا آلات باثني عشرة ريشة معدنية أو أكثر، وبحلول أواخر القرن التاسع عشر كان ما يقدر بستة ملايين مضخة مائية مستخدمة في الولايات المتحدة ونقلا عن بيتر فرانكل خبير الآلات الريحية ، لقد كانت الطاحونة الهوائية ومسدس كولت على الدرجة نفسها من الأهمية في فتح الغرب الأمريكي لتربية المواشي في المزارع..

إن التكنولوجيا التي فتحت الغرب الأمريكي في منتصف القرن التاسع عشر قد تأتي في النهاية بالفرج لكثيرمن أنحاء العالم شبه القاحلة في أواخر القرن العشرين. فلقد أصبحت المضخات التي تدار بالديزل والكهرباء باهظة التكاليف خلال العقد الماضي بدرجة يمتنع معها استخدامها. ،ولابد من إيجاد طريقة أرخص لرفع الماء الذي تشتد إليه الحاجة للري، وسقي الماشية والاستخدامات المنزلية العامة، خاصة في البلاد النامية.

والمضخات الريحية، لحسن الحظ ، تكنولوجيا راسخة ملائمة في المناطق التي ينخفض فيها متوسط سرعة الرياح الى ٨ أميال (حوالي ١٠ كيلومتر) في الساعة، وهي مناسبة، بوجه خاص للاحتياجات المعتدلة من الماء اللازم للبيوت أو المزارع الصغيرة. كما أن طاقة الرياح تتلاءم تماما مع مهمة الإمداد بالماء، حيث يستطيع المحتاج الى الماء، خلال فترة سكون الرياح الوجيزة، سحب ما يحتاج إليه ببساطة من الماء الذي يضخ في صهريج أثناء فترة الرياح الوفيرة. وتخزين الماء أرخص كثيرا من تخزين الكهرباء.

وهناك ما يقارب من مليون مضخة ريحية ميكانيكية مستخدمة اليوم معظمها في الأرجنتين واستراليا والولايات المتحدة حيث تمد بالماء، بصفة رئيسية، للاستخدام المنزلي وللماشية. وعندما توجد مضخة متصلة ببئر في الأرض، لا يحتاج مستخدمها الى الاعتماد على شركة المنافع العامة في الحصول على الماء أو الطاقة اللازمة لرفعه. ولا توجد تقديرات واقعية عن كمية الطاقة التي تمد بها هذه الطواحين الهوائية، ولكن المحتمل أن لا يكون الرقم كبيرا.. إن السبيل الى جعل الرياح مصدر طاقة لجميع الأغراض هو بالطبع استخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية. ولقد صنعت المولدات الريحية منذ العشرينيات، ولكن الكهرباء الناتجة من المصادر الأخرى كانت أرخص من الكهرباء الريحية. ومع هذا، فلقد استعاد الاهتمام بالمولدات الريحية حيويته على نحو مشجع منذ أوائل السبعينيات ويزداد عدد الشركات التي تنتجها. وقد تصبح التوربينات الريحية الصغيرة منظرا مألوفا بالمزارع وقرب المنازل في المناطق الريفية قبل نهاية هذا القرن. فهذه التوربينات تهيئ إمكانية اعتدال أسعار الكهرباء وثباتها، ليس هذا فحسب، بل إنها بلا شك رمز جذاب للاستقلال وعدم الاعتماد على الغير فيما يتعلق بالحصول على الطاقة فالمحتمل أن تكون التوربينات الريحية هي أول تكنولوجيا تسمح لنسبة كبيرة من مستخدمي الكهرباء بإنتاج الطاقة الخاصة بهم، بالإضافة الى المزايا السابقة للطاقة الريحية، فإنها طاقة نظيفة، صديقة للبيئة.

مصطلحات جوية و مناخية

Counter Clock Wise	أتجاه عقارب الساعة
Anti-Cyclones	أضداد الأعاصير
Cyclones	أعاصير (سيكلونز)
Wave Cyclones	الأعاصير الموجية
Extra-Tropical Cyclone	أعاصير غير مدارية
Tropical Cyclones	أعاصير مدارية
Tornadio	أعاصير دوامية (لولبية) ترنيدو
Cyclones	أعصار السيكلونز
Hurricane	أعصار الهريكين
Willy Willy	أعصار الولي ولز
Rain Squall	أمطار فجائية
Hail Squall	بَرَد فجائي وكثير
Adiabatic Coolin	تبريد ذاتي
Latidude Correction	تعديل الضغط نتيجة الارتفاع
Barometer	تعديل الضغط نتيجة الجهاز
Temperature Correction	تعديل حراري
Negative Correction	تعديل سالب
Easterly Tropical Jet Stream	التيار المداري الشرقي
Jet Stream	التيار النفاث
Polar Jet Stream	التيار النفاث القطبي
Sub-Tropical Jet Stream	التيار النفاث شبه المداري
Typhoon	التيفون

Snow Squall	ثلوج فجائية وقصير
Frontal Cyclone	جبهة أعصارية
Cold Front	جبهة باردة
Stable Cold Front	جبهة باردة مستقرة
Warm Front	جبهة دافئة
Warm Front	جبهة دافئة
Stable Warm Front	جبهة دافئة مستقرة
Polar Front	جبهة قطبية
Arctic Front	جبهة قطبية شديدة البرودة
Mediternean Front	جبهة متوسطية
Stationary Front	جبهة مستقرة
Cold Front Occlusion	جبهة ممتلئة باردة
Equatorial Front	جبهة هوائية أستوائية
Unstable Cold Air Front	جبهة هوائية باردة غير مستقرة
Unstable Warm Front	جبهة هوائية دافئة غير مستقرة
Occluded Front	حبهة نهائية (ممتلئة)
Standard Temperature	الحرارة المحددة (المعيارية)
Air Movement	حركة الهواء
Ferrel Cell	خلية فرل
Hadlly Cell	خلية هادلي
Water Spouts	الدوامات المائية
Jet Stream Cycle	دورة التيار النفاث
General Wind	الدورة العامة للرياح

Thunder Squall	رعد فجائي
Cold Wind	الرياح الباردة
Pampora Wind	رياح البامبورا
Southerly Buster Wind	رياح البرستر الجنوبية
Blizzard Wind	رياح البليزارد
Buran Wind	رياح البوران
Burga Wind	رياح البورجا
Trade Wind	الرياح التجارية
Geostraphical Wind	رياح الجيوسترافيك
Khamasin Wind	رياح الخماسين
Daboor Wind	رياح الدبور
Zonda Wind	رياح الزوندا
Sammum Wind	رياح السموم
Suhaili Wind	الرياح السواحلية
Sirocco Wind	رياح السيروكو
Shamals Wind	رياح الشمال
Chinook Wind	رياح الشنوك
Sabba Wind	رياح الصبا
Westerly Wind	الرياح الغربية (العكسية)
Squall Wind	الرياح الفجائية القصيرة
Foehn Wind	رياح الفهن
Ghibli Wind	رياح القبلي
Lacrivetz Wind	رياح الكريفتز

Kaus Wind	رياح الكوز
Leste Wind	رياح اللست
Leveche Wind	رياح اللفيتش
Misteral Wind	رياح المستـرال
Monsoon Wind	الرياح الموسمية
Winter Monsoon Wind	الرياح الموسمية الشتوية
Local Wind	الرياح المحلية
Summer Monsoon Wind	الرياح الموسمية الصيفية
Haboob Wind	رياح الهبوب
Harmetan Wind	رياح الهرمتان
Roaring Forties Winds	الرياح الهوجاء (المزمجرة)
Polar Wind	الرياح القطبية
Leavanter Wind	رياح اليفانتر
Santa Ana Wind	رياح سانتا آنا
Cirrus	سحب السمحاق
Thunder head	سحب رعدية
Altocumulus	سحب ركامية متوسطة الارتفاع
Cumulonimbus	سحب مزن ركامية
Cirrocumulus	سحب مزن طبقية
Altostratus	سحب مزن طبقية
Nimbostratus	سحب مزن طبقية
Wind Direction	سرعة الرياح
Front Surface	سطح الجبهة

Surface of Seperation	سطح الانفصال
Potential Energy	الطاقة الحرارية
The Kinetic Energy	الطاقة الحركية
Frictional Decelaration	عامل الاحتكاك
Horse Latitudes	عروض الخيل
Air Masses Thunder Storms	عواصف الكتل الهوائية الرعدية
Dust or Sand Storm	عواصف ترابية أو رملية
Thunder Storm	عواصف رعدية
Mountain Thunder Storms	عواصف رعدية جبلية
Frontal Thunder Storms	عواصف رعدية جبهية
Ferll Law	قانون فرل
Pressure Gradient Force	قوة أنحدار (تدرج) الضغط
Accelaration Of Gravity	قوة الجذب
Centripetal Acceleration Force	قوة الجذب نحو المركز
Coriolis Accleration Force	قوة كوريوليس
Air Masses	الكتل الهوائية
Autumn Air Masses	كتل هوائية خريفية
Spring Air Masses	كتل هوائية ربيعية
Winter Air Masses	كتل هوائية شتوية
Summer Air Masses	كتل هوائية صيفية
(E) Equatorial Air Masses	كتلة هوائية أستوائية
(K) Cold Air Masses	كتلة هوائية باردة
(M) Maritime Air Masses	كتلة هوائية بحرية

كتلة هوائية دافئة	(W) Warm Air Masses
كتلة هوائية غير مستقرة	(U) Unstable Air Masses
كتلة هوائية قارية	(C) Continantal Air Masses
كتلة هوائية قطبية باردة	(P) Polar Air Masses
كتلة هوائية قطبية بحرية	(mP)
كتلة هوائية قطبية بحرية باردة مستقرة	(mPKs)
كتلة هوائية قطبية بحرية باردة	(mPk)
كتلة هوائية قطبية بحرية باردة غير مستقرة	(mPku)
كتلة هوائية قطبية بحرية دافئة	(mPw)
كتلة هوائية قطبية شديدة البرودة	(A) Arctic Air Masses
كتلة هوائية قطبية قارية	(cP)
كتلة هوائية قطبية قارية باردة	(cPk)
كتلة هوائية قطبية قارية باردة مستقرة	(cPks)
كتلة هوائية قطبية قارية دافئة	(cPw)
كتلة هوائية قطبية قارية غير مستقرة	(cPku)
كتلة هوائية مدارية	(T) Tropical Air Masses
كتلة هوائية مدارية بحرية باردة	(mTk)
كتلة هوائية مدارية بحرية دافئة	(mTw)
كتلة هوائية مدارية قارية	(cT)
كتلة هوائية مدارية قارية باردة	(cTk)
كتلة هوائية مدارية قارية باردة غير مستقرة	(cTku)
كتلة هوائية مدارية قارية دافئة مستقرة	(cTws)
كتلة هوائية مدارية قارية دافئة مستقرة	(cTws)

(cTw)	كـتـلة هوائيـة مـدارية قـارية دافـئـة
(S) Stable Air Masses	كتلة هوائية مستقرة
Cloud amount	كمـية السـحب
Death Stage	مـرحلة التـشـتت والـتـلاشي
Birth Stage	مـرحلة النضج
The Mature Stage	مـرحلة النضج
Millibar	ملليـبـار
Trouph	منخـفض
Inter-Tropical Convergence Zone	المنخفض الاستوائي (الرهو الاستوائي)
Bodele Deperssion	منخـفض بودل
Atmospheric Deperation	منخـفض جـوي
Local Deperssion	منخـفض مـحلي
Frontal Lows	المنخـفضـات الجبـهـيـة
Rossby Wave	مـوجـات روسـبي
Sea Breeze	نسـيم البـحـر
Land Breeze	نسيم البر
Land and Sea Breeze	نسـيم البـر و البـحـر
Mountain Breeze	نسـيم الجـبل
Mountain and Valley Breeze	نسـيم الجـبل و الوادي
Desert Breeze	نسـيم الصـحـراء
Oases Breeze	نسـيم الواحـة
Desert and Oases	نسـيم الواحـة والصـحـراء
Valley Breeze	نسيم الوادي

أسئلة للمراجعة:

١- تحدث بالتفصيل عن الضغط الجوي، أسبابه، توزيعه الجغرافي على سطح الأرض، وما هي العوامل المؤثرة فيه.

٢- تحدث عن الرياح، أسبابها والعوامل المؤثرة فيها، وأنواعها.

٣- أشرح أهمية الرياح للأرض والغلاف الجوي، وللحياة بصفة عامة.

٤- عرف التيارات الهوائية النفاثة، وأذكر أسباب تكونها، وما هي أهميتها للحركات الهوائية الأرضية.

٥- عرف الكتل الهوائية، وأذكر كيف تتكون، وأنواعها، وما هي أهميتها الجوية.

٦- تحدث بالتفصيل عن الجبهات الجوية، أسبابها، وأنواعها، وأهميتها الجوية.

٧- قارن بين الهريكين و الترنيدو من حيث مكان نشأتها، والخصائص الطبيعية لكل منهما والآثار التي تترتب عليهما.

٨ - تحدث بالتفصيل عن الرياح المصاحبة للمنخفضات الجوية، أسبابها، وأنواعها، وتوزيعها الجغرافي.

مراجع مقترحة:

١ - فلافي، كريستوفر،١٩٩٣، طاقة الرياح: نقطة تحول، (ترجمة) سيد رمضان هدارة، معهد مراقبة البيئة العالمية، وثيقة ٤٥، الجمعية المصرية لنشرالمعرفة والثقافة العالمية، القاهرة.

٢ - مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، ١٩٨٦، أطلس طاقة الرياح في المملكة العربية السعودية، الرياض.

tion Selection,Methun, New York.

4 -Eagle , joe, 1980, Meteorology : The Atmosphere in Action, D.van nostrand com. New York.

5 -Holton ,James,1979, An Introduction toDynamical Meteorology ,Academic press , New York

الفصل السابع
الرطوبة والتساقط

الرطوبة و التساقط

الرطوبة Humdity

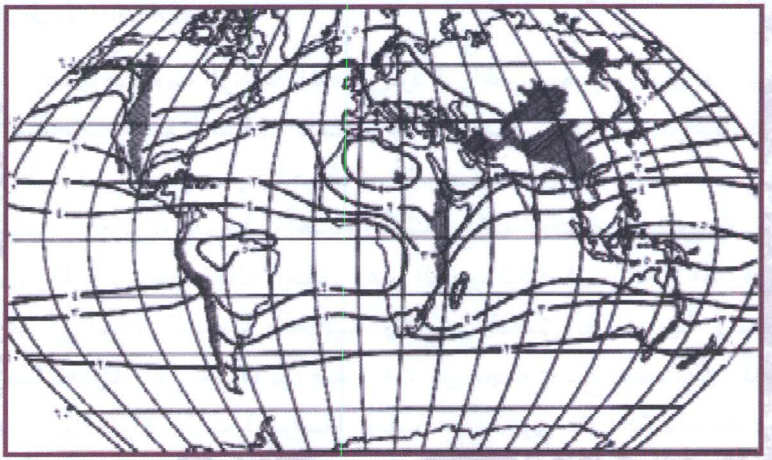
تشيرالرطوبة الى بخارالماء الموجود في الجو. ويصعد بخار الماء من المسطحات المائية المختلفة والأشجار عندما تتعرض للحرارة. ومن مصادر الرطوبة في الجو البحار والمحيطات، والبحيرات والأنهار والمستنقعات المائية، والغابات والتربة، وأجسام الكائنات الحية المختلفة، وتتفاوت كمية بخار الماء في الجو مكاناً وزماناً. وعلى العموم تزداد كمية بخار الماء في الجو في المناطق البحرية والغابية، وتقل في المناطق الصحراوية. وتبلغ كمية بخارالماء في الجو ما بين صفر و٤٪ من حجمه. ويبلغ معدل بخار الماء في الجو نحو ٢,٥ سم (١بوصة). ويقدر ما يحتوي عليه الغلاف الجوي في أي وقت من الأوقات بنحو ١٠ تريليون طن من الماء. ويتبخر يومياً من سطح الأرض (البحار وغيرها من مصادر المياه) للجو نحو١تريليون طن. ويسقط في نفس الوقت على الأرض يومياً نحو ١ تريليون. ويكفي بخار الماء الموجود في الجو لمطر الأرض لمدة ١٠ أيام [1]. وتختلف كمية بخار الماء في الجو خلال العام جدول (٧-١) و(شكل ٧ -١و٧-٢).

جدول (٧-١) معدل بخار الماء في الغلاف الجوي (سم / بوصة)

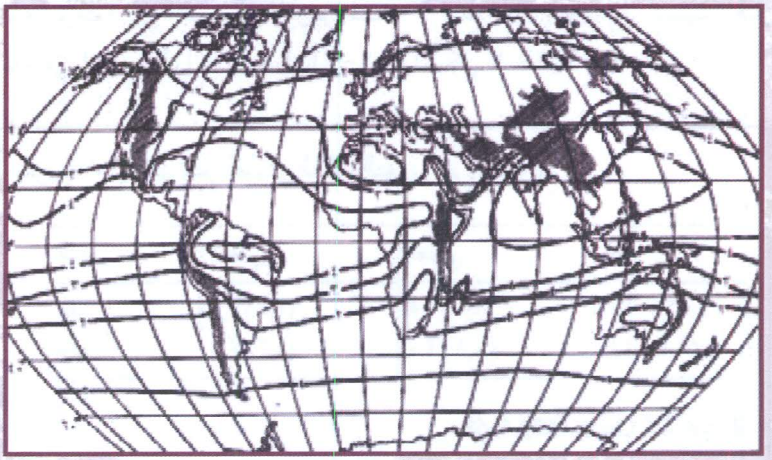
الشهر	الشمالي	الجنوبي	العام
يناير	١,٩ (٠,٨)	٢,٥ (١,٠)	٢,٢ (٠,٩)
يوليو	٣,٤ (١,٣)	٢,٠ (٠,٨)	٢,٧ (١,١)

Barry,R.,& R. Chorley,1982,p. 53-54

1- Navrra, J., 1979, P177



شكل (٧-١) معدل بخار الماء في الجو خلال شهر يناير (سم)



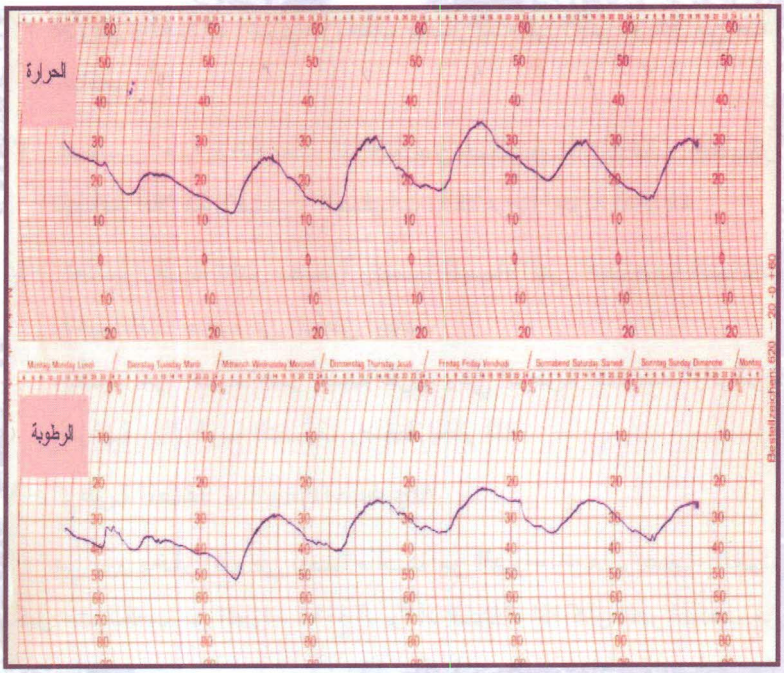
شكل (٧-٢) معدل بخار الماء في الجو خلال شهر يوليو (سم)

ويتراوح بخار الماء في الجو ما بين صفر في الهواء البارد في المنطقة القطبية في الشتاء الى٤ أو٥ ٪ في المناطق الاستوائية الرطبة. وتتغير الرطوبة[١] النسبية للهواء بطريقتين:

١ -زيادة تبخر المسطحات المائية، وهي عملية بطيئة يتم خلالها صعود جزئيات الماء، وانتشارها في الجو.

٢- انخفاض حرارة الهواء على الرغم من عدم إضافة بخار الماء، وهذه عملية اتوماتيكية (تلقائية).

والحقيقة أن مقدرة الهواء على حمل بخار الماء تختلف بتغير درجة الحرارة، تنخفض بالبرودة، و ترتفع بالحرارة (شكل ٧-٣).



شكل (٧-٣) العلاقة بين الحرارة والرطوبة اليومية

1- Strahler,A., (975), P.163

أهمية الرطوبة:

تعتبر رطوبة الجو مهمة جداً بسبب أهميتها في العمليات الجوية ومنها:

١- أنها مصدر للأمطار وأشكال التكاثف الأخرى، حيث يؤدي تكاثف بخار الماء في الجو إلى نشوء السحب، وسقوط الأمطار، وتكون الندى والضباب.

٢- يقوم بخار الماء المتطاير في الجو بامتصاص كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي، ويقلل من كمية الأشعة الشمسية التي تصل لسطح الأرض. و يؤثر بخارالماء المتطاير في الجو في عملية التوازن الحراري للأرض والغلاف الجوي. ويلطف بخار الماء في الجو، ويقل من حدة جفافه.

٣- تعتبر الحرارة الكامنة الناتجة عن عمليات التكاثف مصدراً للطاقة اللازمة لاستمرار العمليات والظاهرات الجوية المختلفة.

٤- تعتبر رطوبة الجو مصدراً رئيساً للمياه التي تحتاجها النباتات والحيوانات، خاصة في المناطق الجافة.

ويعُبرعن رطوبة الجو بعدة طرق، وهي الرطوبة المطلقة، والرطوبة النوعية، والرطوبة النسبية، وضغط بخار الماء.

١- الرطوبة المطلقة Absolute Humidity

هي وزن بخار الماء في وحدة معينة من الهواء، ويُعبر عنها بالغرام لكل مترمكعب من الهواء (١ غ / م٣). فمثلا، إذا كان المتر المكعب من الهواء يحتوي على ٢٥ غرام من بخار الماء فان رطوبته المطلقة تساوي ٢٥ غرام / م٣، وتمثل الرطوبة المطلقة العلاقة بين وزن بخار الماء وحجم الهواء.

وهي متغيرة، تقل مع زيادة حجم الهواء بالتمدد، وتزداد مع قلة حجمه نتيجة الانكماش. فمثلا، إذا كانت الرطوبة المطلقة للهواء ٢٠ غراماً للمتر المكعب ثم حصل للهواء أن تمدد للضعف نتيجة التسخين فان الرطوبة المطلقة تنخفض الى النصف، وهي ١٠ غرام للمتر المكعب (جدول ٧-٢).

جدول (٧-٢) الرطوبة المطلقة لهواء مشبع

الحرارة	بخار الماء جرام لكل متر مكعب
٢٠-	١,٠٧
١٥-	١,٦١
١٠-	٢,٣٦
٥-	٣,٤١
٠	٤,٨٥
٥	٥,٧٩
١٠	٩,٤٠
١٥	١٢,٨٣
	١٧,٣٠
٢٠	٢٣,٠٥
٢٥	٣٠,٣٨
٣٠	٣٩,٦٣
٣٥	٥١,١٩
٤٠	٦٥,٥٠
٤٥	

٢ - الرطوبة النوعية Specific Humidity

تشير الرطوبة النوعية الى كمية وزن بخار الماء الموجود في وحدة وزن من الهواء، وهي وزن بخار الماء لكل وحدة معينة من الهواء الرطب.

ويعُبر عن الرطوبة النوعية بجرام من بخار الماء لكل كيلو جرام من الهواء، وتمثل علاقة بين وزن الماء ووزن الهواء، ولذا فان مقدارها ثابت لا يتأثر بتغير حجم الهواء الذي يتغير بتغير الحرارة، فيتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة. و يعبر عن الرطوبة النوعية بعدد الغرامات من بخار الماء الموجود في الكيلو غرام من الهواء (غ / كجم). فمثلاً، إذا كان وزن بخار الماء الموجود في الهواء ٢٥غراماً فان رطوبته النوعية تكون٢٠غراماً في كل كيلو جراما من الهواء (٢٠ غرام/ كجم).

٣ - الرطوبة النسبية Relative Humidity

يعُتبر مصطلح الرطوبة النسبية الأكثر استخداماً في المجالات الجوية و المناخية للتعبير عن مقدار بخار الماء في الجو. وهي مقدار بخار الماء الموجود في الهواء عند درجة حرارة معينة مقارنة بالحد الأعلى من البخارالذي يستطيع الهواء أن يحمله عند نفس درجة الحرارة. وتشير الرطوبة النسبية الى النسبة المئوية بين مقدار بخار الماء الموجود فعلاً في الجو ضمن حجم معين من كمية البخار اللازمة لكي يكون ذلك الهواء مشبعاً في نفس درجة حرارته وضغطه (شكل٧ -٣). ويتناسب مقدار الهواء على حمل بخار الماء تناسباً طردياً مع درجة حرارته، أي أنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء زادت مقدرته على حمل كمية من بخار الماء. وعلى سبيل المثال: جسم من الهواء عند درجة حرارة ٢٠ مْ، ومقدار ضغط بخار الماء ١٤ ملليبار فانه سوف يلاحظ أن ضغط بخارالماء المشبع عند درجة حرارة ٢٠ مْ هو٢٣,٣٧ ملليبار. وحيث أن الرطوبة النسبية هي مقارنة بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء لضغط بخار الماء في حالة التشبع، فيقسم ١٤ ملليبار على ٢٣,٣٧ وسوف يعطي معدل ٥٩٩, . ولذا فان الرطوبة النسبية للهواء عند درجة حرارة ٢٠مْ سوف تكون ٥٩,٩ ٪. وهذا يعني أن الهواء

يحتوي على ٥٩ , ٠ ٪ من طاقته التشبعية. وحينما تتغير درجة الحرارة فان الرطوبة النسبية تتغير أيضا عند أي درجة حرارة معينة. وهنالك حد معين لهذه الكمية التي يمكن أن يحتويها الهواء. وزيادة درجة الحرارة يعطي فرصة لاحتواه على كمية أكبر من بخار الماء ، وسوف تنخفض الرطوبة النسبية.

ويمكن معرفة الرطوبة النسبية كما يلي:

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلي}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع}} \times ١٠٠$$

أو

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة النوعية}}{\text{الرطوبة النوعية عند التشبع}} \times ١٠٠$$

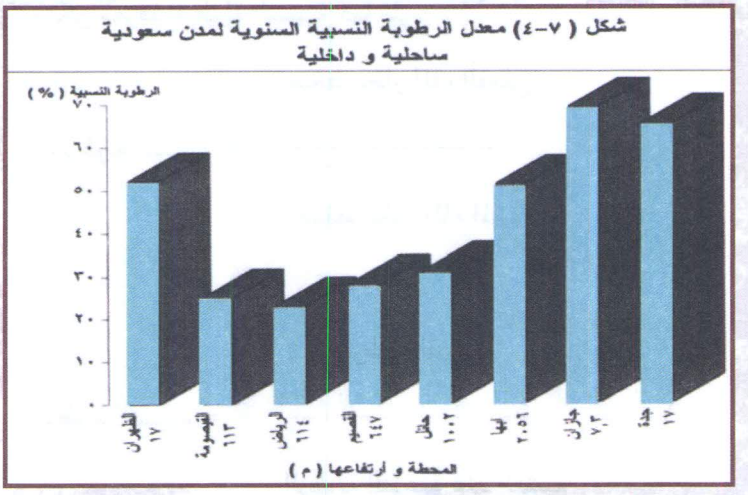
أو

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة}}{\text{رطوبة الهواء في حالة التشبع}} \times ١٠٠$$

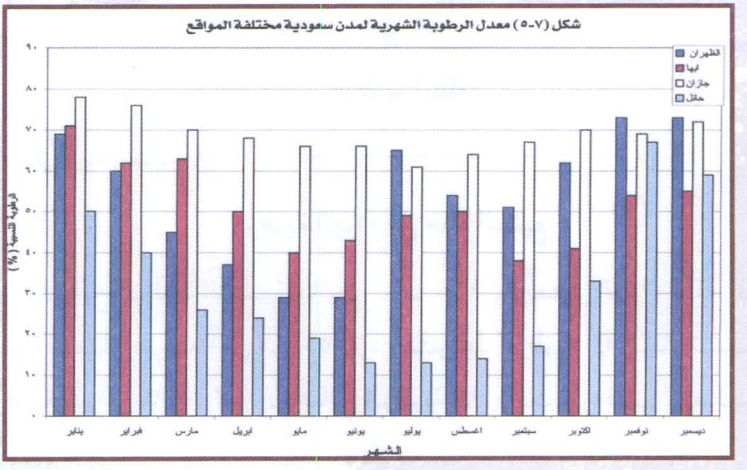
وتتراوح الرطوبة النسبية ما بين ٠ ـ ١٠٠ . ويُعتبر الهواء جافاً إذا كانت نسبة رطوبته أقل من ٥٠ ٪ ، ومتوسط الرطوبة إذا كانت نسبة الرطوبة حوالي ٦٠ - ٧٠ ٪ ، وعالي الرطوبة إذا زادت عن ذلك. ويعتبر

الجو في حالة تشبع إذا بلغت نسبة الرطوبة ١٠٠ ٪ .

وتتفاوت الرطوبة النسبية من مكان لأخر من سطح الأرض بسبب القرب والبعد من مصادر الرطوبة (شكل ٧- ٤)، والقرب من الدائرة الاستوائية، واختلاف فصول السنة ، واتجاه الرياح، وتختلف كذلك الرطوبة بالنسبة للمكان الواحد خلال اليوم والشهر (شكل ٧-٥) لاختلاف الحرارة والرياح.



شكل (٧-٤) معدل الرطوبة النسبية السنوية لمدن سعودية ساحلية و داخلية



درجة الندى (Dew point

وهي الدرجة الحرارية التي يصبح عندها الهواء عاجزاً عن حمل ما يحتويه من بخار الماء فيبدأ بعضه في التكاثف. وهذه الدرجة لا تختلف كثيراً عن الدرجة التي يصبح عندها الهواء مشبعاً تماماً بالبخار. ويتوقف توصيل الهواء الى درجة الندى على رطوبته النسبية. وكلما كانت الرطوبة النسبية مرتفعة كان الانخفاض الحراري اللازم لتوصيله الى درجة الندى قليلا [1]. وإذا انخفضت درجة الحرارة تحت الصفر المئوي يطلق على درجة الندي نقطة

التجمد. Frost point

التبخر والنتح : Evaporation & Transpiration

التبخر هو هروب جزئيات الماء من المسطحات المائية و غيرها من الأجسام التي تحتوي على رطوبة الى الجو مكونة بخار الماء. ويحدث التبخر عند ما تتعرض للحرارة المسطحات المائية وغيرها من الأجسام التي تحتوي على رطوبة. وتعرف عملية هروب الماء من المسطحات المائية والأجسام الرطبة بالتبخر، ومن النبات بالنتح. وتزداد عملية التبخر والنتح بزيادة الحرارة. وتحتاج المسطحات المائية لكي تتبخر لطاقة حرارية مقدارها ٦٠٠ كالوري لكل جرام من الماء (٦٠٠ كالوري/ ١جرام من الماء). ويحدث العكس عند ما يتحول الماء من الحالة الغازية الى الحالة السائلة فانه يطلق حرارة كامنة مقدارها ٦٠٠ كالوري / جرام من الماء (جدول ٧- ٣).

١. شرف عبد العزيز، بدون تاريخ، الجغرافيات المناخية والنباتية، ص ١٨١ .

جدول (٧- ٣) الحرارة المنقولة المرتبطة بحالات تغير حالات الماء

حالة التغير	الحرارة المنقولة	(كالوري)	نوع الحرارة الكامنة
من سائلة لغازية	امتصاص حرارة	٥٤٠ ـ ٥٩٠	تبخر
من ثلج لسائل	امتصاص حرارة	٨٠	انصهار
من ثلج لبخار	امتصاص حرارة	٦٨٠	تسامي
من بخار لسائل	أطلاق حرارة	٥٤٠ ـ ٥٩٠	تكاثف
من سائل لثلج	أطلاق حرارة	٨٠	تجمد
من بخار لثلج	أطلاق حرارة	٦٨٠	تسامي

Oliver, J., and J., Hidore, p. 70

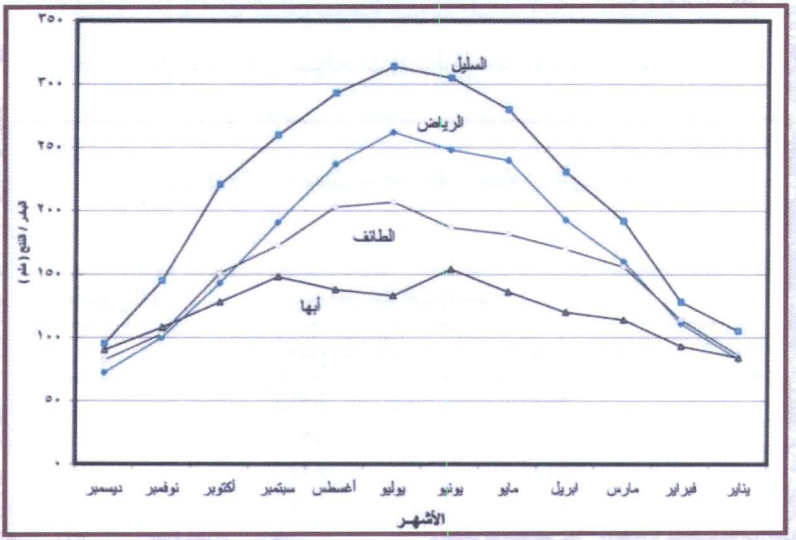
ويعتمد التبخر و النتح على عدد من العوامل و المؤثرات الجوية منها:

١- الاختلاف في درجة حرارة سطح الأرض والهواء الذي يعلوه، ويتناسب معدل التبخر مع درجة حرارة، أي أنه كلما زادت درجة الحرارة زاد معدل التبخر، ويؤدي انخفاض درجة الحرارة الى انخفاض معدل التبخر (شكل ٧ -٦).

٢- مقدارنسبة رطوبة الجو: تؤثر رطوبة الجو في كمية المياه المتبخرة من المسطحات المائية، ومن الغطاء النباتي فكلما زادت نسبة رطوبة الجو قل التبخر والنتح، والعكس صحيح.

٣- سرعة الرياح: تنقل الرياح التي تمر بالمسطحات المائية والنباتية بخار الماء الذي في أجوائها بعيداً عنها، ويؤدي الى زيادة معدل التبخر. بها وينقل الهواء الجاف كمية أكبر من بخار الماء من الهواء الرطب.

ويزداد التبخر والنتح مع زيادة سرعة الرياح حيث تساعد على تنظيف البخار الموجود على المسطح المائي والنباتي في وقت قصير.



(شكل ٧-٦) تختلف الرطوبة النسبية للموقع حسب اختلاف درجة الحرارة

٤- اختلاف ملوحة المسطحات المائية: يختلف معدل البخر باختلاف ملوحة الجسم المائي، وتحد المواد المذابة في الماء من التبخر، ولذا فان معدل التبخر يكون أكبر في المسطح المائي العذب عنه في الماء المالح في نفس الظروف البيئية (كالحرارة وسرعة الرياح الخ ..). وفي تشابه الظروف الجوية تتبخر المياه العذبة بسرعة أعلى من المياه المالحة بمعدل ٥ ٪.

٥- اختلاف ضغط بخار الماء : Vapor Pressure يقصد به الضغط الناتج عن ضغط بخار الماء الموجود في الهواء. ويتناسب ضغط بخار الماء مع كمية البخار الموجود في الجو ، فكلما زاد بخار الماء في الهواء زاد ضغطه. ويصل ضغط بخار الماء الى أقصاه عند ما يصل الهواء الى

مرحلة التشبع ببخار الماء. وفي هذه الحالة يبلغ الهواء مرحلة التشبع فلا يستطيع أن يمتص المزيد من البخار. ويتغير ضغط بخار الماء مع تغير درجة الحرارة. ويتفاوت كذلك بدرجة عذوبة المياه. ويكون الضغط على المياه العذبة أعلى منه على المسطحات المائية المالحة (جدول ٧- ٤).

جدول (٧-٤) معدل ضغط بخار الماء (ملليبار)

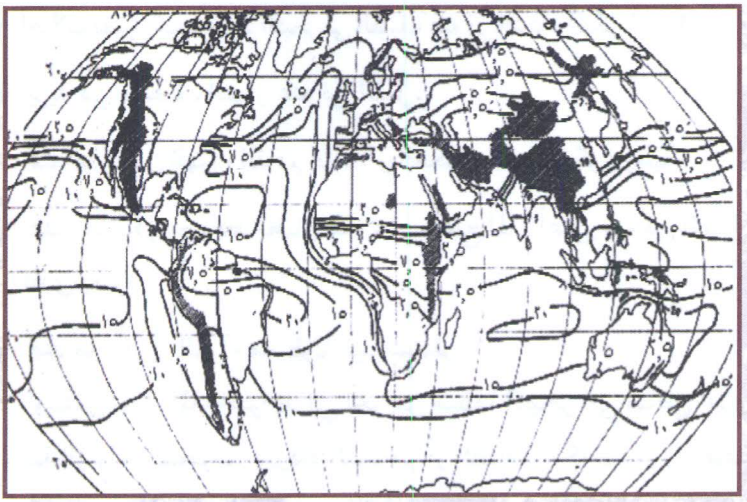
درجة الحرارة (م)	ضغط بخار الماء المشبع (ملليبار)	
	مسطح مائي عذب	مسطح مائي مالح
٠	٦,١١	٥,٩٩
٥	٨,٧٢	٨,٥٦
١٠	١٢,٢٧	١٢,٠٥
١٥	١٧,٠٤	١٦,٧٤
٢٠	٢٣,٢٧	٢٢,٩٦
٢٥	٣١,٦٧	٣١,١٢
٣٠	٤٢,٤٣	٤١,٦٨
٣٥	٥٦,٢٤	٥٥,٤٧
٤٠	٧٢,٧٨	٧٢,٤٧

Oliver,J.,and J.HIDORE,1984,P.70

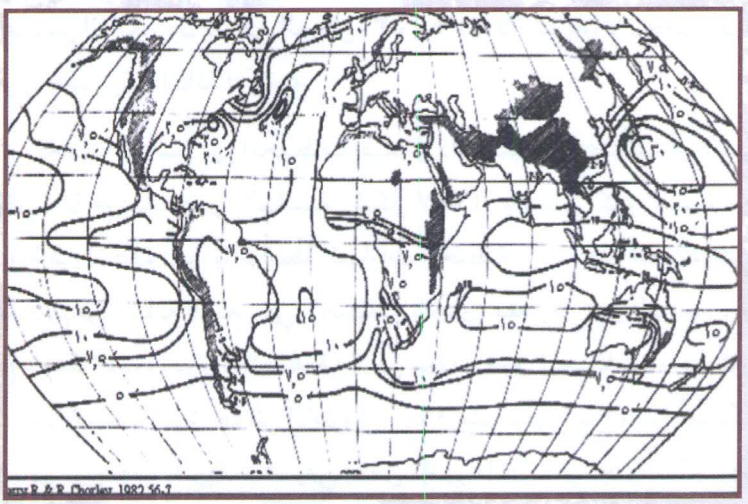
وعلى العموم يزيد التبخر و النتح في الحالات التالية:

١- أرتفاع درجة حرارة المسطح المائي.

٢- انخفاض رطوبة الجو .



شكل (٧-٧- أ) معدل معدل التبخر خلال شهر يونيو (سم)



شكل (٧-٧-ب) معدل معدل التبخر خلال شهر يناير (سم)

٣- زيادة سرعة الرياح .

٤- اختلاف فصول السنة ويزيد التبخر في الصيف عنه في الشتاء (شكل ٧ - ٦).

٥- يزيد في منتصف النهار عنه في الليل.

٦- عند ما يكون الهواء القادم جاف، وبالعكس عند ما يكون رطباً.

٧- عند ما يكون ضغط بخار الماء على سطح الماء أعلى منه في الهواء الذي يعلوه.

٨- عند ما يكون الهواء مضطرباً غير مستقر.

وينتقل بخار الماء المتواجد في الجو من منطقة التبخر الى مناطق أخرى بواسطة الهواء المتحرك. ويزداد التبخر أو الطاقة الكامنة في المنطقة الاستوائية، وتنخفض بالاتجاه نحو القطبين. ويرتفع في المنطقة شبه الجافة بين دئرتي العرض ٢٠ - ٣٠ شمالا. ويزيد التبخر قليلا في منطقة حدوث الأعاصير الواقعة بين دائرتي العرض ٣٠ و ٥٠ شمالا، ثم تعود تنخفض مرة أخرى لعدم توفر الطاقة الكامنة.

ويحدث العكس في المحيطات حيث يزداد التبخر للضعف أو أكثر فوقها مما هوعليه فوق اليابسة (شكل ٧-٧). وتنتقل أكبر كمية من الطاقة في المنطقة المدارية بواسطة التيارات المحيطية. و لذا فان الطاقة التي تستخدم في عملية التبخر في المحيطات تتجاوز مقدارها فوق اليابسة . و يبلغ معدل التبخر فوق اليابسة ٣/١ من معدله فوق المحيطات. و يتجاوز التبخر السنوي فوق حوض الامزون ١٠٠٠ ملم، وفي أجزاء من أمريكا الوسطى، وجنوب أفريقيا، وفي بعض الجزر المدارية في جنوب المحيط الهادي. وفي خزانات السدود والبحيرات في المناطق اليابسة من الصحاري شبه المدارية.

ويرتفع التبخر في المناطق البحرية المدارية. ويبلغ التبخر السنوي في المناطق المدارية وشبه المدارية البحرية أكثر من١متر. ويقل التبخر في المناطق الصحراوية على الرغم من ارتفاع الحرارة طول العام بسبب انخفاض رطوبة الأرض وعدم توفر مصادر الرطوبة المائية كالبحيرات والأنهار والمستنقعات المائية والغطاء النباتي وغيرها من مصادر الرطوبة.

وكما هو معروف فان التبخر ينخفض خلال فصل الشتاء. ويحدث التبخر الأعظم في بداية أو منتصف الفصل الدافئ، ويعتمد ذلك على حالة رطوبة الجو. وبالعكس بالنسبة للمحيطات الذي يزداد تبخرها عادة في فصل الشتاء. ويرجع ذلك الى زيادة الفرق (الاختلاف) بين درجة حرارة الماء والهواء الذي يعلوه في فصل الشتاء فيؤدي الى اختلاف ضغط بخار الماء بينهما. الى جانب أن معدل سرعة الرياح في الفصل البارد فوق المحيطات أعلى منه فوق اليابسة، فيؤدي الى زيادة التبخر في فصل الشتاء. كما يزداد التبخر في الفصل البارد نتيجة تأثيرالتيارات الدافئة التي تساعد على زيادة التبخر[1].

جدول (٧ ـ ٥) معدل التبخر السنوي حسب دوائر العرض (سم)

نصف الكرة الشمالي		نصف الكرة الجنوبي	
دائرة العرض	البخر	دائرة العرض	البخر
٦٠ ـ ٧٠	١٢٠	٦٠ ـ ٧٠	١٢٠
٥٠ ـ ٦٠	٩٤٠	٥٠ ـ ٦٠	١٣٠
٤٠ ـ ٥٠	١٢٠	٤٠ ـ ٥٠	١٣٠
٣٠ ـ ٤٠	١١٠	٣٠ ـ ٤٠	١٠٠
٢٠ ـ ٣٠	٧٠	٢٠ ـ ٣٠	٦٠
١٠ ـ ٢٠	٤٠	١٠ ـ ٢٠	٣٠
٠ ـ ١٠	١٨	٠ ـ ١٠	ـــ

Trewartha, G. ,p.122.

ويتفاوت التبخر حسب دوائر العرض، و يقل بوجه عام بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية بالاتجاه نحو القطبين بسبب انخفاض درجة الحرارة التدريجي بالابتعادعن الدائرة الاستوائية (جدول ٧- ٥).

1- Badyko,M. 1974, P.164-5

التكاثف: Condensation

يقصد بالتكاثف التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة أو الصلبة، وهو عكس عملية التبخر. ويحدث التكاثف نتيجة عدد من العوامل منها:

أ- عوامل ذاتية Adiabatic Processes، وتحدث بسبب ارتفاع الهواء الرطب الى أعلى للأسباب التالية:

١- انخفاض الضغط الجوي عند سطح الأرض، وارتفاع الهواء الى أعلى وتعرضه للبرودة.

٢- صعود الهواء الى أعلى بتأثير التيارات الهوائية الصاعدة Convection، وتجمع الهواء أو الكتل الهوائية على طول أسطح الجبهات الهوائية Convergence Fronts، وارتفاع الهواء فوق المنحدرات والسفوح الجبلية Orographic liftig

ب - عوامل غير ذاتية Non Adiabatic

تنخفض حرارة الهواء بعوامل غير ذاتية مثل.

١- فقدان الحرارة عن طريق الإشعاع الأرضي، والإشعاع المباشر عن طريق الهواء الرطب الذي يؤدي الى تكون السحب والضباب.

٢- ملامسة الهواء الدافئ للأسطح الباردة الموجودة على سطح الأرض يؤدى لتكون الندي أو الصقيع.

٣- اختلاط الهواء الدافئ مع الهواء البارد يؤدي الى انخفاض حرارة الهواء الدافئ فيحدث التكاثف، و تتكون السحب والضباب ويحدث التكاثف الهوائي بالقرب من سطح الأرض، ويُعرف بالتكاثف

السطحي، وفي الطبقات العليا، بالتكاثف العلوي. وينتج عن التكاثف السطحي والعلوي العديد من الظاهرات الجوية.

أولا - بعض الظاهرات الجوية المصاحبة للتكاثف السطحي:

ينتج عن التكاثف الجوي السطحي الظاهرات الجوية التالية:

١- الندى Dew

و هو عبارة عن قطرات مائية تتكون في الصباح قبل طلوع الشمس على الأجسام الباردة كأوراق النباتات، وزجاج السيارات ونحوها من الأسطح الباردة. وينتهي الندي بعد طلوع الشمس بقليل بسبب تعرض قطرات الماء للحرارة فتتبخر. ويعتبر الندى مصدر رطوبة للنباتات خاصة النباتات الصحراوية التي تسد حاجتها من الرطوبة عن طريق قطرات الماء التي تتكاثف عليها في الليل.

٢- الصقيع Frost

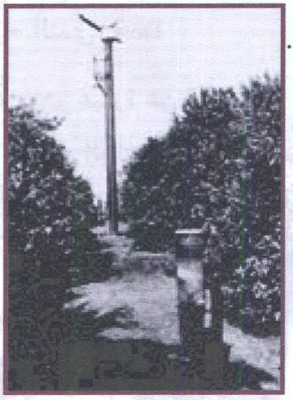
وهو عبارة عن بلورات ثلجية صغيرة جداً تتكون في الصباح قبل طلوع الشمس على الأسطح الباردة. والصقيع هو الندي إلا أنه وصل الى درجة التجمد نتيجة انخفاض درجة الحرارة. ويلاحظ الصقيع كطلاء أبيض على زجاج السيارات ونوافذ المنازل والنباتات (صورة ١-٧)، ويختفي الصقيع بعد طلوع الشمس مباشرة.

صورة (٧-١) يتكون الصقيع على النبات خلال الليالي الباردة

ويشكل الصقيع خطراً على المحاصيل الزراعية التي لا تتحمل البرد الشديد، فحدوثه لفترة زمنية قصيرة خلال الصباح

الباكر قديؤدي لتلف المحاصيل الزراعية، و يتكبد المزارعون بسببه خسائر جسيمة.

ويتخذ أصحاب المزارع عدة طرق وقائية للحد من خطر الصقيع على محاصيلهم منها:



صورة (٧-٢) تستخدم المراوح الكبيرة في المزارع للحد من تأثير الصقيع علي الأشجار

١- إشعال النار بالقرب من المحاصيل الزراعية.

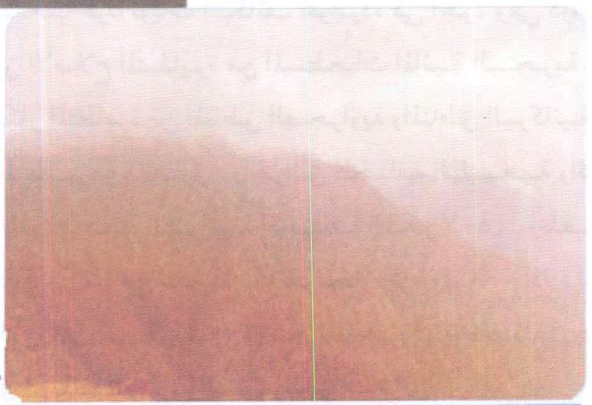
٢- تغطية المحاصيل الزراعية بالبلاستيك.

٣- استخدام مراوح كبيرة لتحريك الهواء فوق المحاصيل الهوائية لان اضطراب الهواء وتحركه لا يساعد على نشوء الصقيع (صورة ٧-٢).

٣- الضباب Smog

وهو عبارة عن ذرات مائية صغيرة جداً، خفيفة الوزن، تتطاير في الجو، و يزداد وزنها بالقرب من سطح الأرض. ويحدث الضباب نتيجة تكاثف بخار الماء في الهواء القريب من سطح الأرض بسبب انخفاض درجة الحرارة خلال فصل الشتاء أو الربيع. وينتشر الضباب في المناطق التي تكثر فيها المسطحات المائية أو الغابات، والأمطار كالسواحل البحرية ومناطق الغابات ونحوها (صورة ٧- ٣). ويشكل الضباب خطراً على حركة الطيران الجوية والبحرية والبرية لأنه يسبب تدني للرؤية البصرية فتحدث بسببه حوادث تصادم جوية وبحرية وبرية. ويحدث تعطيل في حركة الطيران، ويتسبب في تعطيل عمليتي الإقلاع و الهبوط.

الضباب في أجواء الغابات في ماليزيا



الضباب في اجواء المناطق الجبلية في جنوب غرب المملكة العربية السعودية

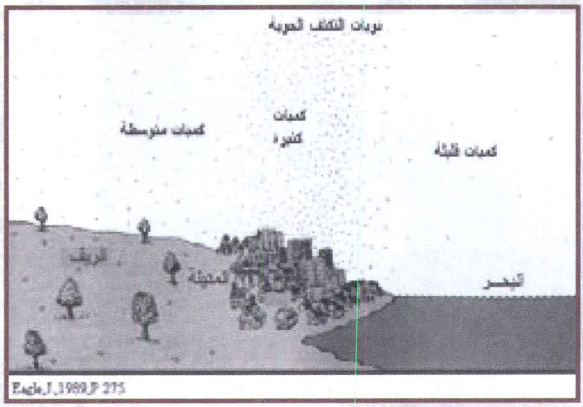
صورة (٧-٣) يتشكل الضباب في الأجواء الساحلية والغابية والجبلية

ثانياً - بعض الظاهرات الجوية المصاحبة للتكاثف العلوي:

يحدث التكاثف الهوائي العلوي بعيداً عن سطح الأرض، وينتج عنه تكون السحب والأمطار و الثلوج و البَرَد:

١ - السحب Clouds

تتألف السحب من قطرات مائية صغيرة جداً ناتجة عن تبخر مصادر الرطوبة الأرضية و الجوية. و يبلغ معدل قطرها أقل من ١٠ ميكرون (للمقارنة قطر شعر الرأس يساوي ٧٥ ميكرون). وتتكاثف قطرات الماء المكونة للسحب حول نويات التكاثف الموجودة في الجو، وهي ذرات دقيقة مكونة من الأملاح المتطايرة من المسطحات المائية البحرية، والأتربة وذرات الغبار المتطايرة من المناطق الصحراوية والمناطق البركانية، والمدن، والدخان المتطاير من المحارق، والحرائق المختلفة الطبيعية والبشرية، والملوثات الصناعية الهوائية المختلفة (شكل٧-٨). وتلعب نويات الكاثف دوراً مهماً في عملية تكاثف بخار الماء ونموها. وإذا قلت نويات التكاثف في الجو فان بخار الماء لا يتكاثف حتى لو انخفضت درجة حرارته تحت الصفر أو بلغت الرطوبة النسبية للجو ١٠٠ ٪ .



شكل (٧-٨) مصادر العوائق الجوية

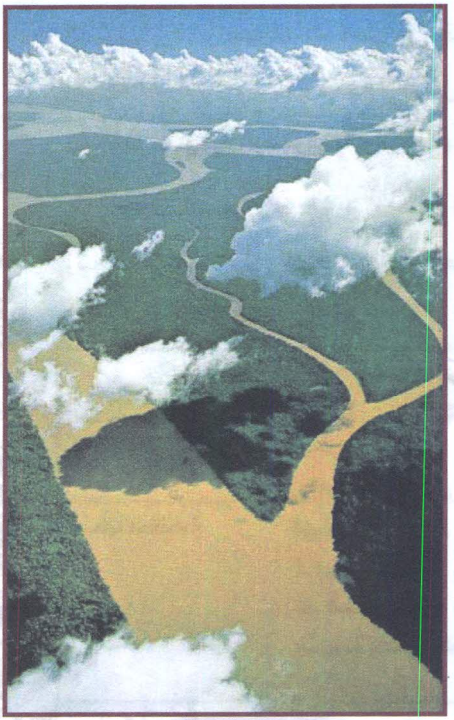
وتنتشر السحب في الأجواء الرطبة فوق المحيطات والبحار والأنهار والغابات ونحوها (صورة ٧- ٤)، وتقل في الأجواء

الصحراوية. وتختلف السحب في خصائصها الطبيعية كنسبة الرطوبة ودرجة الحرارة ونوعية وكمية العوالق الموجودة بها، وفي كثافتها وألوانها وشكلها الخارجي وسماكتها وأرتفاعها (صورة ٧- ٥، أ، ب، جـ ، د).

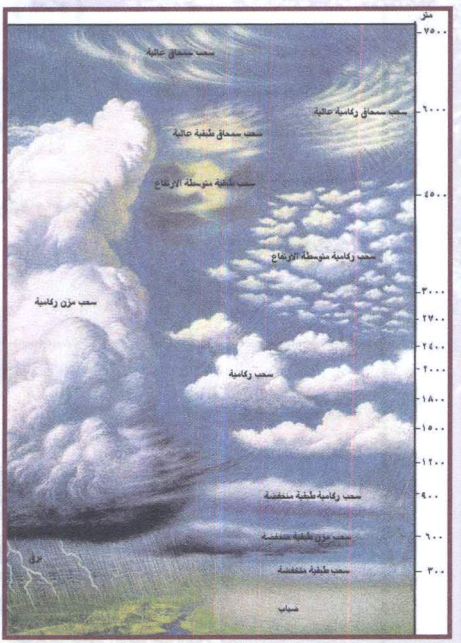
وتصنف السحب حسب أرتفاعها الى سحب منخفضة وسحب متوسطة وسحب مرتفعة على النحو التالي (جدول ٧ -٦ وشكل ٧ - ٩).

جدول (٧- ٦) تصنيف السحب حب الارتفاع و أنواعها

الفئة	الارتفاع و المكونات في العروض الوسطى	النوع
سحب منخفضة	الى أرتفاع ٢٠٠٠م (الماء)	
	أ- السحب الطبقية	Stratus St
	ب- السحب الطبقية الركامية	Stratocumulus Sc
	جـ - سحب المزن الطبقي	Nimbostratus Ns
سحب متوسطة	٢٠٠٠-٦٠٠٠م (جليد و ماء)	
	أ- سحب طبقية	Altostratus As
	ب- سحب ركامية	Altocumulus Ac
سحب مرتفعة	٦٠٠٠-١٣٠٠٠م (جليد)	
	أ- سحب السمحاق	Cirrus Ci
	ب- سحب السمحاق الطبقي	Cirrostratus Cs
	جـ - سحب السمحاق الركامي	Cirrocumulus Cc
سحب تتشكل رأسيا	بالقرب من سطح الأرض الى أرتفاع ١٣٠٠٠ م (ماء أسفل و جليد فوق)	
	أ- سحب ركامية	Cumulus Cu
	ب- سحب المزن الركامي	Cumulonimbus Cb

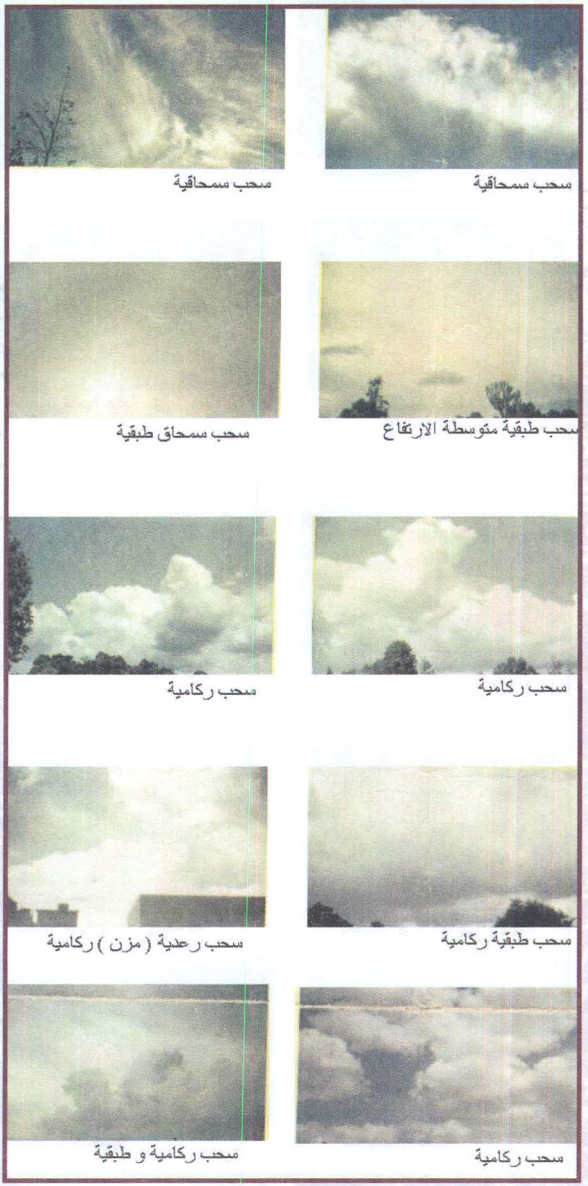


صورة (٧-٤) تتكون السحب فوق نهر الأمزون
حيث تتوفر المسطحات المائية والغابات



شكل (٧-٩) أذرع مختلفة من السحب المنخفضة والمتوسطة
والعالية الارتفاع

صورة (٧-٥،١) اشكال وألوان السحب



صورة (٧-٥،ب) اشكال وألوان السحب

صورة (٧-٥ ،جـ) اشكال وألوان السحب

صورة (٧-٥،د) اشكال وألوان السحب

٢-التساقط:

تسقط قطرات الماء المكونة للسحب ببطء شديد بسبب صغر حجمها. ويبلغ معدل سقوط قطرات الماء المكونة للسحب، من قاعدة سحاب على ارتفاع ١٠٠٠ متر ٤٨ ساعة ليصل لسطح الأرض حتى لو سقطت خلال جو رطب لأن كثيراً من القطرات المائية تتبخر قريباً من قاعدة السحاب، وينمو حجم القطرات ببطء شديد. و القطرات المائية الكبيرة التي تصل للأرض قبل أن تتبخر لا بد أنها تتكون من بلايين من قطرات السحب الصغيرة والمتوسطة الحجم. ولا بد أن يحدث عملية التحام والتصاق (Coalese) بين القطرات المائية حتى تتكون قطرات كبيرة تستطيع أن تستمر أثناء عملية النزول (Descent) وقد وضع العلماء عدداً من النظريات العلمية لتفسير تكوّن قطرات الأمطار، ومنها:

١- عملية برجرون Bergeron Process

٢- عملية التصادم و الالتحام Collision - Coalescence Process .

اولا : عملية برجرون Bergeron Process

تُنسب هذه العملية الى العالم السويدي تور برجرون. وتعتمد النظرية على خاصيتين للماء.

١- قطرات السحاب لاتتجمد عند درجة الحرارة صفر مئوي كما هو متوقع. والماء الخالص (النقي) الموجود في الجو لا يتجمد حتى تصل درجة حرارته الى -٤٠م°. وتعرف بقطرات الماء فوق المبردة (مفرطة البرودة)Super Cold Water Droplets. ويتجمد الماء البارد إذا تحرك، وهذا يفسر لماذا تتجمع الثلوج حول الطائرة أثناء عبورها لسحاب يحتوي على قطرات مائية فوق المبردة. وكذلك تتجمد القطرات

المائية المفرطة البرودة حينما تحتك بما يعرف بالنويات المتجمدة Freez-ing Nuclei، وهي حبيبات (ذرات) جليدية صلبة ذات أشكال بلورية يشبه دورها دور نويات التكاثف Condensation Nuclei في عملية تكاثف بخار الماء ليتكون السحاب. حيث أن كل منها ينشط إذا انخفضت درجة الحرارة الى تحت الصفر. وحينما تنخفض درجة الحرارة تحت الصفر تبدأ البلورات الثلجية Ice Crystal تتشكل في السحاب، ويكون عددها قليلاً، ومتباعداً بعضها عن بعض. وحينما تتشكل البلورات الثلجية تبدأ في التنافس بطريق غير مباشرمع القطرات المائية الشديدة البرودة في جذب قطرات بخار الماء المتوفرة في الجو.

٢- حينما يكون الهواء مشبعاً تماماً (كانت رطوبته النسبية ١٠٠ ٪)، ويكون فوق المشبع Super Saturated، وحينما تكون رطوبته النسبية أكثر من ١٠٠ ٪، ولكنه لم يتكاثف بالنسبة للثلج (جدول ٧-٧).

جدول (٧- ٧) الرطوبة النسبية بالنسبة للثلج عند ما تكون الرطوبة النسبية للماء ١٠٠٪.

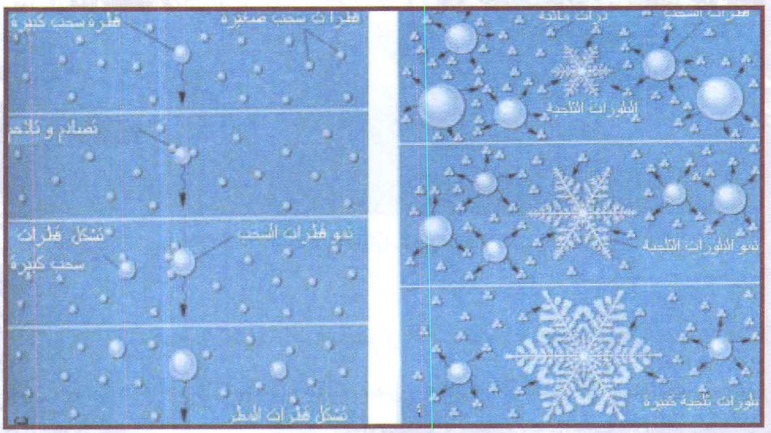
جدول (٧-٧) الرطوبة النسبية بالنسبة للثلج عند ما تكون الرطوبة النسبية للماء ١٠٠%

درجة الحرارة (م)	الماء (١٠٠ %)	الثلج(١٠٠ %)
الثلج (١٠٠ %)	١٠٠	١٠٠
٥ -	١٠٠	١٠٥
١٠ -	١٠٠	١١٠
١٥ -	١٠٠	١١٥
٢٠ -	١٠٠	١٢١

Lutgens,F., &E., Tarback, 1982 , P. 111

من الجدول السابق، يلاحظ أنه عند درجة الحرارة - ١٠ م تكون الرطوبة النسبية للماء ١٠٠٪، فان الرطوبة النسبية للثلج تكون ١١٠٪ . ولذا فان البلورات الثلجية Ice Crystals لا يمكن أن تتواجد مع القطرات المائية مفرطة البرودة لأن الهواء يبدو دائما عالي التشبع (فوق المشبع) بالنسبة للبلورات الثلجية. و نتيجة لذلك فان البلورات الثلجية تستهلك المياه الزائدة من بخار الماء ، وتؤدي الى انخفاض الرطوبة النسبية للقطرات المائية المحيطة. من جانب آخر، تتبخر القطرات المائية لتسد النقص في بخار الماء، و تعتبر مصدراً مستمراً من البخار لكي تنمو البلورات الثلجية.

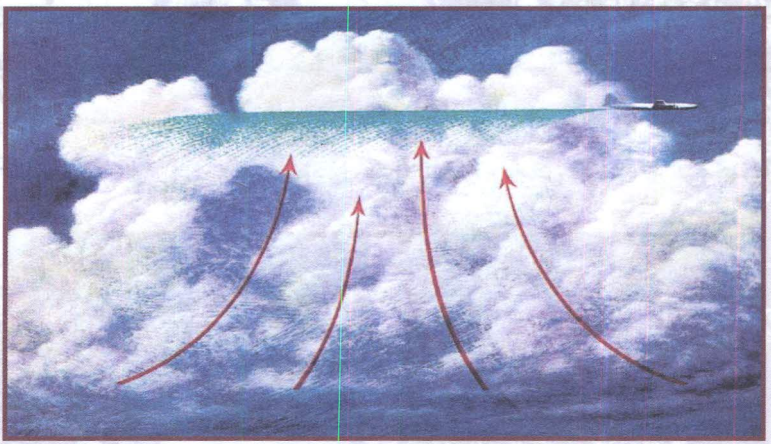
ونتيجة اختلاف مستوي فوق المشبع Super Saturation بالنسبة للثلج فان نمو البلورات الثلجية سوف يكون سريعاً لكي يشكل بلورات ثلجية كبيرة حتى تسقط. وخلال سقوط البلورات الثلجية فان حجمها سوف يزداد و ينمو نتيجة إلتقائها بالقطرات المائية المكونة للسحاب وتجمدها حولها (شكل ٧- ١٠). و يؤدي تحرك الهواء بعض الأحيان الى تجزئة



شكل (٧- ١٠) تنمو قطرات المطر والبلورات الثلجية عن طريق التصادم والتلاحم

البلورات الثلجية الى جزئيات . و هذه الجزئيات بدورها تعمل كنواة ثلجية بالنسبة للقطرات المائية السائلة الأخرى التي تنمو، وتعرف بندف الثلج Snow Flakes. وحينما تكون درجة حرارة الأرض فوق ٤مْ فان ندف الثلج سوف تذوب قبل أن تصل للأرض، وتسقط على هيئة قطرات مطر. ويمكن أن يبدأ المطر في الصيف على هيئة عواصف ثلجية في الأجزاء العلوية من السحاب.

وقد أستخدمت نظرية برجرون في عملية تلقيح السحب أو زرع السحب Cloud Seeding، وذلك باضافة نواة متجمدة الى السحاب الشديد البرودة. وغالباً تستخدم نترات اليود Silver Iodide برشها على السحابة بواسطة الطائرة أو بواسطة المدفع إذا كان السحاب منخفضاً (شكل ٧- ١١).



صورة (٧-١١)تستخدم الطائرات في عملية تفتيح السحب

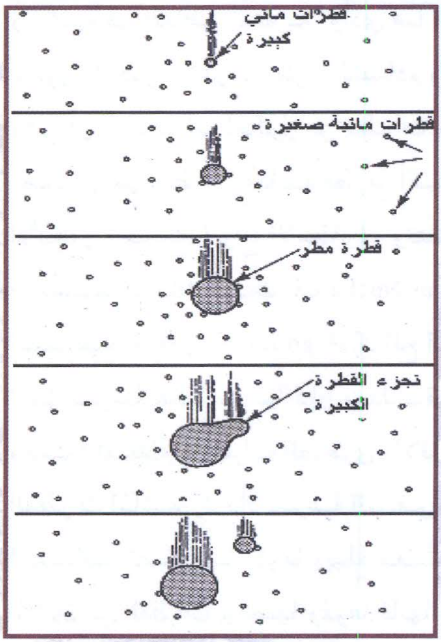
النظرية الثانية : نظرية التصادم و الالتحام Collision - Coalescence

كان علماء الأحوال الجوية يعتقدون منذ ٣٠ سنة أن عملية برجرون مسئولة عن تفسير نشأة معظم الأمطار باستثناء الأمطار الخفيفة

(الرذاذ). وعلى العموم فقد اكتشفت أن الأمطار الغزيرة في الغالب مرتبطة بالسحب التي تقع أسفل من مستوى التجمد (السحاب الدافئ)، وخاصة في المناطق المدارية. وأدى هذا الى بروز نظرية أخرى لتفسير تكون الأمطار، وتعرف بنظرية التصادم والتلاحم. Collision - Coalescence وهي أن السحاب المكون من قطرات سائلة Liquid Droplets لابد أن يحتوي على قطرات مائية قطرها أكبر من ٢٠ ميكرون لكي تتشكل الأمطار (جميع أنواع الأمطار). وتتشكل القطرات الكبيرة حينما يوجد نوايات التكاثف Condensation Nuclei والنويات (الذرات) المسترطبة Hygroscopic Nucli كالملح البحري. وتبدأ الذرات المسترطبة تنمو بسرعة هائلة ، و لذا فان معدل سقوط القطرات يعتمد على حجمها. وحينما تصطدم بالقطرات الصغرى والأقل سرعة فانها تلتحم بها. وتنمو القطرات المائية وتزداد سرعة السقوط (وتقل في الصعود). و يزداد احتمالية تصادمها ونموها ويبلغ معدل نموها (٥ , ٥ ٪). و بعد تصادم الملايين من القطرات ببعضها ونموها فانها تسقط على الأرض قبل أن تتبخر (شكل ٧-١٢). ويمكن أن تنمو قطرات المطر الى ٥ ملم حينما تسقط بمعدل ٤٠ كيلومتر في الساعة. عند هذا الحجم و السرعة تشد أسطح القطرات بعضها، وتتعرض للجرف بواسطة الهواء، وتتجزأ القطرات الكبيرة الى قطرات صغيرة (شكل ٧ - ١٢). وتصل القطرات الصغيرة التي أقل من ٥ , ٠ ملم لسطح الأرض على هيئة رذاذ، و تحتاج الى ١٠ دقائق لتصل للأرض من سحاب على ارتفاع ١٠٠٠ م.

ومن النقاش السابق يتضح أنه لا بد من نويات تكاثف كبيرة لتتشكل الأمطار في السحب الدافئة . وأن تلاحم و تتصادم قطرات الماء الصغيرة تكوّن قطرات المطر الكبيرة . ويرى البعض من العلماء أن عملية التلاحم والتلاصق بين قطرات المطر الساقطة ليست سهلة للأسباب التالية :

(١) يُحدث هبوط القطرات المائية الكبيرة حولها تيار هوائي شبيه بالتيار الهوائي الذي يحدث بسبب مرور سيارة مسرعة في الطريق فانها تطرد وتدفع ما على جانبي الطريق نحو الخارج، وكذلك تعمل القطرات المائية الكبيرة الهابطة على دفع القطرات المائية الصغيرة التي في طريقها.



شكل (٧-١٢) يؤدي تصادم قطرات المطر الكبيرة بالقطرات الصغيرة إلى نمو القطرات الكبيرة كما أن القطرات الكبيرة يحدث لها انفصال أثناء نزولها فتتجزأ إلى قطرات أصغر

(٢) التصادم لا يعني دائما التلاحم. ودلت التجارب بأن وجودالكهرباء الجوية من المحتمل أن تكون العامل المؤدي الى تلاحم القطرات بعضها الى بعض حينما تصطدم. فإذ كانت القطرة تحتوي على شحنة سالبة من الممكن أن تتصادم مع قطرات ذات شحنة موجبة والجاذبية الكهربائية للقطرات من الممكن أن تؤدي الى تلاصقها.

أنواع التساقط (التهطال) Precipitation

يقصد به جميع أشكال الماء السائلة والمتجمدة التي تحدث في الجو كالمطر، والثلج والبَرَد، والندى، والصقيع، والضباب.

١- الثلج :

تتعرض قطرات المطر النازلة في طريقها لسطح الأرض للبرودة فتتجمد. وتسقط خفيفة على الأرض تشبه القطن المندوف فلا تؤثر أثناء سقوطها (صورة ٧- ٦). و يكسو الثلج الأرض ويتراكم عليها لأعماق مختلفة قد تتجاوز المتر أحيانا. ويشكل الثلج خطراً على المحاصيل الزراعية وحركة السير حيث يؤدي إلى أنزلاق الطائرات عند هبوطها في المدرجات (صورة ٧-٧)، وكذلك أنزلاق السيارات بأنواعها على الطرقات فتحدث أصطدامات ينشأ عنها خسائر مادية و بشرية. وعند ما يتراكم الثلج خلال فترة سقوطه فانه يخزن كمية كبيرة من المياه، ويأخذ في الذوبان بأرتفاع الحرارة ، ويزود البحيرات والأنهار والمياه الجوفية بالماء في الفصول التالية الجافة أو شبة الجافة (صورة ٧- ٨ و٧-٩).

صورة (٧-٦) تساقط الأمطار و الثلوج على محافظة الخرمة بالمملكة العربية السعودية في عام ١٤٢٢ هـ

صورة (٧-٧) عاصفة ثلجية تعطل حركة الطيران في مطار تدمر

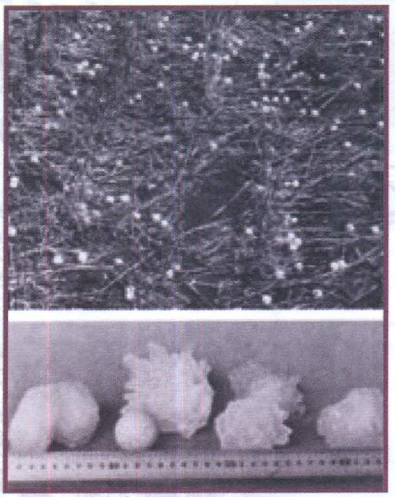
٢- البَرَد : Hail

حبات من الثلج مستديرة الشكل، تتكون في السحب المؤلفة للعواصف الرعدية نتيجة صعود قطرات الماء الى أعلى بسبب دفعها بواسطة التيارات الهوائية الصاعدة في السحابة، فيتكون البَرَدُ ويثقل ثم ينزل نحو سطح الأرض نتيجة عامل جاذبية الأرض. وقد تتعرض حبات البَرد أثناء سقوطها للذوبان قبل أن تصل لسطح الأرض أو يقل حجمها نتيجة ارتفاع حرارة الهواء السفلي. وأحياناً يزداد حجم حبات البرد إذا كان الهواء السفلي بارداً.

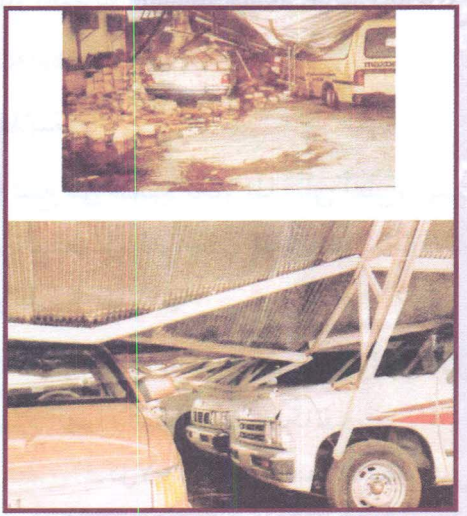
صورة (٧-٨) تشكل الثلج المتراكم مصدراً للمياه العذبة خلال الفصول الجافة أو شبه الجافة

صورة (٧-٩) تغذي الثلوج المتراكمة علي جبال الهيملايا الأنهار في الهند وكشمير والأراضي التي حولها بالمياه العذبة عندما تأخذ الحرارة في الارتفاع وتشح الأمطار على المنطقة (كشمير)

ويختلف حجم حبات البَرَد، وقد يصل لسطح الأرض بحجم البرتقالة أو حبات الليمون متوسطة الحجم (صورة ٧- ١٠). ويحُدث البَرَد أضراراً وخسائر مادية فادحة ويحصل بسببه وفيات بشرية، وقتل حيوانات، وتدمير للمزروعات والممتلكات المختلفة كالمساكن والسيارات. وقد تعرضت مدينة الرياض في عام ١٤١٦هـ لعاصفة رعدية مصحوبة بحبات بَرَد كبيرة الحجم نتج عنها أضرار وخسائر مادية كبيرة تقدر بملايين الريالات [١] (صورة ٧- ١١).



صورة (٧-١٠) تسقط حبات البَرَد بأحجام مختلفة

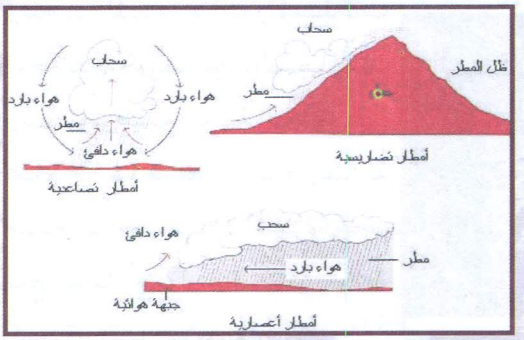


صورة (٧-١١) آثار العواصف المصحوبة بالبرد التي سقطت على مدينة الرياض في ٢٥ مارس ١٩٩٦م

١- الأحيدب، إبراهيم، ١٤١٩هـ، ص ١١٥-١١٦ .

٣ - الأمطار Rainfall

وهي قطرات الماء السائلة التي تسقط من السحب على سطح الأرض وتتفاوت كميتها من مكان لأخر من سطح الأرض. كما تتفاوت حجم قطرات المطر من مطره لأخرى. وتصنف الأمطار حسب الأسباب التي تؤدي الى تكون سحبها على النحو التالي (شكل ٧-١٣):



شكل (٧-١٣) أنواع الأمطار حسب أسباب سقوطها

١- أمطار تصاعدية، وتعرف بالأمطار الانقلابية Convection Rainfall.

٢-الأمطار الإعصارية أو أمطار الجبهات Cyclonical or Frontal Rainfall.

٣- أمطار تضاريسية Orographic Rainfall.

أ- الأمطار التصاعدية (الانقلابية):

وتعرف بالتصاعدية لأنها تنتج عن صعود بخار الماء الى أعلى، ويبرد ويتكاثف فيتكون السحاب ثم تسقط الأمطار، باذن الله ويصعد بخار الماء من مصادره المتعددة نتيجة عوامل مختلفة، منها:

١- عندما تسخن الأرض ينشأ تيارات حرارية صاعدة تدفع الهواء المحمل ببخارالماء الى أعلى. ويبرد الهواء الصاعد، فيتكاثف بخار الماء، ويكون سحبا ركامية ممطرة (شكل٧- ١٣). وتسقط الأمطار على مساحات صغيرة يتراوح مساحتها ما بين ٢٠ و ٥٠ كيلو متراً مربعاً.

وتستمر أمطارها لفترة زمنية قصيرة قد تستمر لمدة نصف ساعة أو ساعة. وتُصحب الأمطار التصاعدية أحياناً بعواصف رعدية.

٢- مرور هواء بارد رطب على منطقة أدفئ منه، فينشأ حالة من عدم الاستقرار، فيصعد الهواء الدافئ الى أعلى فيبرد، ويتكاثف، فتتكون السحب، وتسقط الأمطار.

٣- حدوث أعاصير مدارية: تحدث الأمطار التصاعدية أيضا مصاحبة للأعاصير المدارية.

ب : الأمطار الإعصارية أو أمطار الجبهات:

تحدث في مناطق الأعاصير، وفي مناطق الجبهات الهوائية، حيث تلتقي كتلة هوائية بكتلة هوائية أخري تختلف عنها في خصائصها الطبيعية. وينشأعن إلتقاء الكتلتين صعود الهواء الدافئ الرطب الى أعلى، فيبرد ويتكاثف مكونا سحبا ممطرة (شكل ٧- ١٣).

جـ : الأمطار التضاريسية [١]: Orographic Rainfall

وهي الأمطار التي تحدث نتيجة تأثير التضاريس التي ترغم الهواء الرطب على الصعود إلى أعلى ، فيبرد ، و يتكاثف بخار الماء مكوناً سحباً، وتسقط الأمطار على المناطق الجبلية (شكل ٧-١٣).

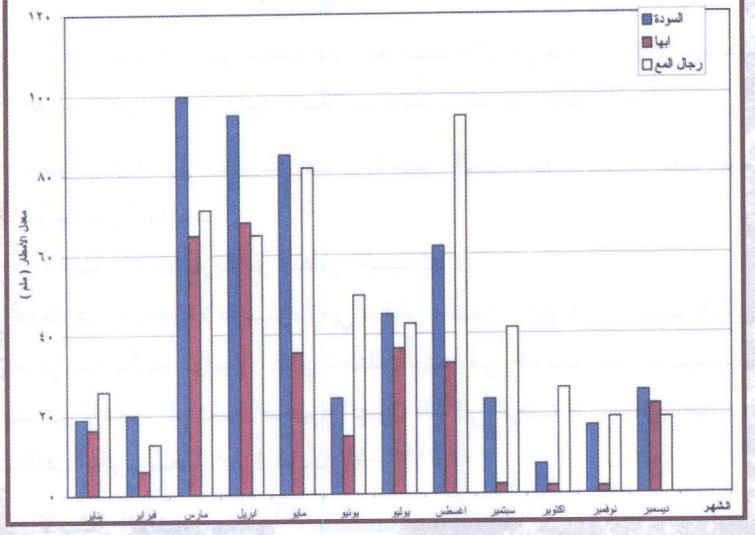
ويرجع غزارة الأمطار في كثير من مناطق العالم لتأثير التضاريس. ويختلف تأثير المرتفعات في كمية الأمطار الساقطة من من منطقة جغرافية لأخرى، وكذلك خلال العام من شهر لأخر (شكل ٧- ١٤) بل يختلف أحياناً على النطاق اليومي بسبب أختلاف حالة الجو السائدة. ويعتمد تأثير التضاريس في سقوط الأمطار على عدد من العوامل والمؤثرات منها:

١- مقدار ارتفاع التضاريس.

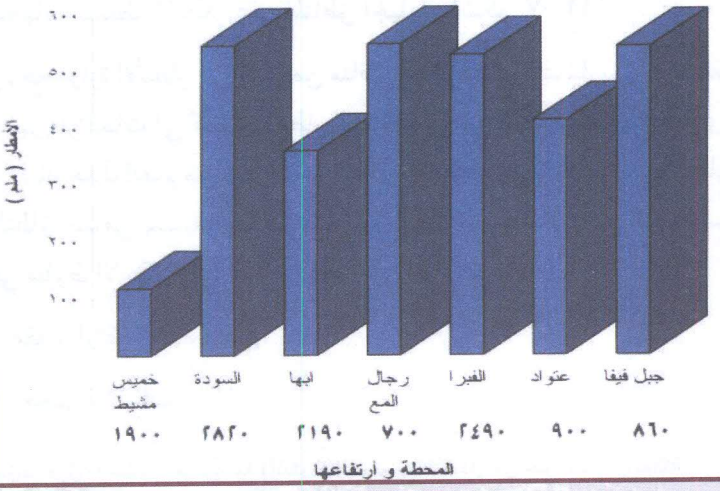
٢ - حجم المرتفعات.

١. للمزيد حول الأمطار التضاريسية (آنظر كتاب) توزيع الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية، تأليف إبراهيم الأحيدب، ١٤٢١هـ .

شكل (٧-١٤) مقارنة معدل الأمطار الشهرية لمحطات السودة و أبها و محطة رجال ألمع في جنوب غرب المملكة العربية السعودية و يلاحظ أختلاف تأثير الارتفاع على كمية الأمطار من شهر لأخر



شكل (٧-١٥) يختلف المعدل السنوي للامطار في محطات المرتفعات الجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية بسبب أختلاف موقعها بالنسبة للرياح الرطبة التي تهب عليها



٣ - شدة انحدار المرتفعات.

٤ - اتجاه المرتفعات بالنسبة للرياح القادمة (شكل ٧- ١٥)،

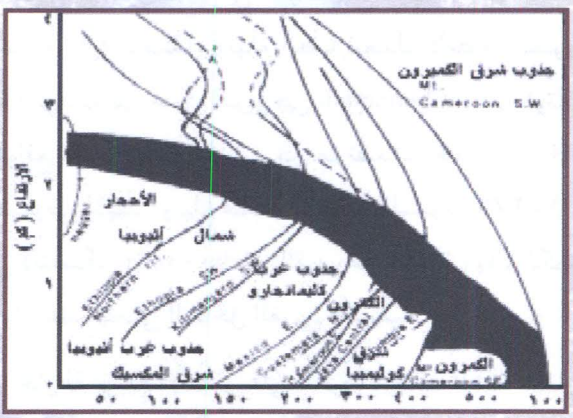
٥ - القرب و البعد من مصادر الرطوبة.

٦- حالة الجو بالنسبة للهواء القادم للمنطقة الجبلية من حيث استقراره واضطرابه.

٧ - حالة الهواء القادم للمنطقة الجبلية من حيث رطوبته وجفافه.

٨ - الموقع العروضي للمرتفعات الجبلية .

وتحظى المناطق الجبلية بكمية غزيرة من الأمطار خاصة اذا تعامدت الرياح على المرتفعات، وتزداد كمية الأمطار بالارتفاع الى الأعلى الى حد معين ثم تبدأ كمية الأمطار في الانخفاض. ويختلف منسوب أرتفاع الكمية العظمى للامطار من بيئة جغرافية لأخرى[1] (شكل ٧-١٦).



شكل (٧-١٦) مستوى ارتفاع مناطق الكمية العظمي
للأمطار في مناطق مختلفة من العالم

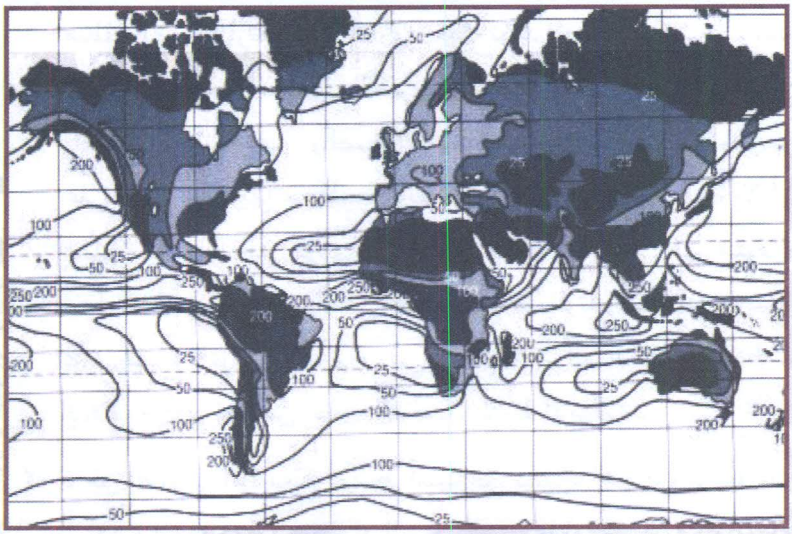
١. الأحيدب، إبراهيم، ١٤٢١هـ، ص ٢٧-٣٨ .

كمية الأمطار وتوزيعها الجغرافي على سطح الأرض:

تختلف كمية الأمطار التي تسقط على الكرة الأرضية من مكان لأخر، ومن وقت لأخر .وتقل عن ٥٠ ملم (٢ بوصة) على طول الساحل الغربي شبه المداري لأمريكا الجنوبية، وجنوب غرب أفريقيا، وصحاري أسيا وأفريقيا كالصحراء الكبرى في شمال أفريقيا، وصحاري شبه الجزيرة العربية، ووسط أسيا. وتتجاوز كمية الأمطار ٥٠٠٠ ملم (٢٠٠ بوصة) في مناطق كثيرة من العالم خاصة في المناطق الجبلية كما هو الحال في شمال شرق الهند وبورما في أسيا وساحل الكميرون وغينيا في أفريقيا ، والساحل الغربي لكولمبيا، والساحل الجنوبي لأمريكا الجنوبية، وفي جزر هاواي. وفي بعض المناطق الجبلية حيث تتوفر الرطوبة العالية، يُرغم الهواء الرطب على الصعود الى أعلى نتيجة تأثير المرتفعات، كما هو الحال في جبل ويليلي Mt. Waialeale في شمال جزيرة كايوي Island Gkauaiالواقعة في الشمال الغربي من سلسلة هوائي، حيث يبلغ فيها معدل الأمطار السنوي ١١٦٧٥ ملم (٤٦٠ بوصة). ويبلغ أيضا معدل الأمطار السنوي ١١٤١٩ ملم (٤٥٠) بوصة في جبل شربونجي Cherrapunji (على أرتفاع ١٣١٣ متراً)، الواقع على السفح الجنوبي من مرتفعات خاسي Khasi Hills في الشمال الشرقي للهند. ويبلغ معدل الأمطار السنوية ١٠٢٧٩ ملم (٤٠٥ بوصة) في دبندسكا Debundscha بالقرب من قاعدة جبال الكميرون شمال خط الاستواء عند منحنى الساحل الغربي لأفريقيا.

وبالنظر لخارطة توزيع الأمطار على الكرة الأرضية نلحظ التفاوت الشديد في كمية الأمطار السنوية الساقطة عليها (شكل٧-١٧)، ويرجع ذلك لتأثير عدد من العوامل والمؤثرات الجوية والجغرافية منها.

١ - القرب و البعد من مصادر الرطوبة الجوية، حيث تزاد رطوبة الجو



شكل (٧-١٧) توزيع معدل الأمطار السنوي (سم)

بالقرب من المسطحات المائية وتقل بالتعمق في اليابسة.

٢ - طبيعة تضاريس سطح الأرض، واتجاه المرتفعات بالنسبة للرياح السائدة.

٣ - اختلاف الظاهرات الجوية التي تحدث على سطح الأرض كالأعاصير، والجبهات الهوائية ، والمنخفضات الجوية ونحوها.

ومن قراءة خريطة توزيع الأمطار على سطح الأرض (شكل ٧-١٧) يلاحظ بصفة عامة أن أعظم كمية للأمطار تسقط بالقرب من المنطقة الاستوائية، حيث الرطوبة العالية، والتقاء الرياح التجارية الشمالية بالرياح التجارية الجنوبية مشكلة جبهة هوائية استوائية تؤدي لصعود الهواء الدافئ الرطب الى أعلى فيبرد، ويتكاثف مكوناً سحباً كثيفة تسقط أمطاراً غزيرة على المنطقة. وتقل الأمطار السنوية في ثلاث مناطق رئيسية من العالم هي:

١- منطقة الضغط المرتفع شبه المداري، حيث توجد الصحاري كصحراء شبه الجزيرة العربية، والصحراء الكبرى، وصحراء كالهاري في أفريقيا ، والصحراء الأسترالية، والصحراء الساحلية الغربية لأمريكا الجنوبية على الرغم من قربها من المسطحات المائية التي تزودها بالرطوبة إلا أن عملية التصعيد التي تؤدي الى صعود الهواء الى أعلى غير متوفرة فيها. كما أن هبوط الهواء في منطقة الضغط المرتفع شبه المداري ينتج عنه ارتفاع ذاتي في الحرارة، وفي معظم الأحوال يحدث في المنطقة انقلاب حراري يحد من نشوء السحب وسقوط الأمطار.

٢- داخل القارات الواسعة كوسط أسيا في شمال الجبال والمرتفعات الواقعة فيما يعرف بالاتحاد السوفيتي سابقاً، والصين ومنغوليا، والمناطق الداخلية الغربية للولايات المتحدة الأمريكية. وتقل الأمطار في هذه المناطق نتيجة عدم توفر مصدر للرطوبة. ويمتاز الجو في هذه المناطق بالجفاف بسبب بعدها عن البحار أو لوجود مرتفعات تحجز الهواء الرطب القادم من البحر أن يتعمق نحو الداخل، وتعرف هذه المناطق بمناطق ظل المطر كما هو الحال في المناطق الواقعة شرق المرتفعات الجنوبية الغربية من شبه الجزيرة العربية في المملكة العربية السعودية واليمن. وكذلك المناطق الواقعة في ظل منطقة الجبل الأخضر في دولة عُمان حيث تسود الصحراء في عُمان وجنوب شرق المملكة العربية السعودية.

٣- العروض العليا، وتشمل المناطق القطبية. وتقل بها الأمطار كالمناطق الصحراوية. ويرجع ذلك الى أن الهواء في العروض العليا بارد دائما، ويؤثر ذلك في مقدرته على التشبع، فهي منخفضة جداً، وقد تسقط أمطار قليلة على هيئة ثلوج تتراكم على الأرض. ويلاحظ من خارطة

توزيع الأمطار في العالم أن العروض الوسطى الواقعة في مهب الرياح الرطبة، وكذلك المناطق الواقعة في مهب الرياح الموسمية الرطبة تسقط عليها أمطار غزيرة. وعلى العموم يتفاوت توزيع الأمطار حسب القارات. وتحظى أمريكا الجنوبية بأكبر كمية للأمطار السنوية حيث يبلغ معدلها ١٦٤٠ ملم، وأقلها أستراليا ٤٧٠ ملم (جدول ٧- ٨) .

جدول (٧- ٨) كمية الأمطار السنوية حسب القارات (ملم)

القارة	كمية الأمطار (ملم)
أوربا	٦٤٠
أسيا	٦٠٠
أمريكا الشمالية	٦٦٠
أمريكا الجنوبية	١٦٤٠
أفريقيا	٦٩٠
استراليا	٤٧٠
المعدل	٧٣٠

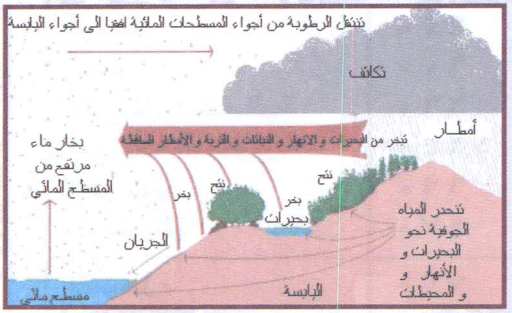
Budyko, M.,1974 , p

الدورة المائية Water cycle (Hydrologic Cycle)

يقصد بها الدورة العامة للمياه التي تبدأ من المحيطات عبر الغلاف الجوي و اليابسة ثم تعود الى المحيطات مرة أخرى، على شكل أمطار مباشرة على المحيطات، أو تنحدر إليها من اليابسة كمياه جارية (شكل ٧- ١٨). وتشكل المحيطات ٩٧ ٪ من المياه الموجودة على سطح الأرض، بينما تشكل المياه العذبة ٣٪ موزعة على النحو التالي٠,٠٣٪ مياه الأنهار، ٠,٠٦٪ رطوبة التربة ٠,٠٣ ٪ مياه البحيرات، ٢٥ ٪ مياه جوفية، و٧٥ ٪ من المياه العذبة غطاءات ثلجية. ويحتوي الغلاف الجوي على ٠,٠٣٥

٪ من المياه العذبة [١].

وتبدأ الدورة المائية عند ما تتعرض المسطحات المائية للطاقة الشمسية فتسخن ثم تتبخر . ويرتفع بخار الماء الى أعلى. ويقدر بخار الماء من المسطحات في السنة بنحو ١٠٩,٠٠٠ ميل مكعب من الماء (٤٥٥,٠٠٠ كيلومتر مكعب). وتتكون السحب فوق المسطحات المائية، وتسقط أمطار فوقها تقدر بنحو ٤٠٩,٠٠٠ كيلو متر مكعب (٩٨,٠٠٠ ميل مكعب) في السنة. ويتحرك الباقي من المياه المتبخرة من المحيطات نحو اليابسة بواسطة التيارات الهوائية التي تمر فوق المسطحات المائية و تتجهه نحو اليابسة، وتقدر بنحو ٤٦,٠٠٠ كيلو متر مكعب في السنة (١١,٠٠٠ ميل مكعب). ويقدر ما يدخل الغلاف الجوي من الماء الناتج عن التبخر من المسطحات المائية (المحيطات والبحار والبحيرات والمستنقعات، والخزانات المائية، والأنهار، والنتح من الغطاء النباتي الموجود على اليابسة) بنحو ٦٢,٦٠٠ كيلو متر مكعب (١٥,٠٠٠ ميل مكعب). وتبلغ كمية الأمطار التي تسقط على اليابسة بنحو ١٠٨,٠٠٠ كيلو متر مكعب (٢٦,٠٠٠ ميل مكعب). وبعد أن تسقط الأمطار على اليابسة يتبخر جزء منها أثناء نزولها قبل أن تصل للأرض، وتتعرض الأمطار التي تصل للأرض لعدة حالات (شكل ٧ - ١٨):



شكل (٧-١٨) ا لدورة المائية

1- Barry, R.& R., Chorly, 1979, P.53 .

١- قسم يتسرب في باطن الأرض، ويعتمد على مسامية التربة، ويكون مياه جوفية، ومجاري مياه باطنية تغذي الأنهار.

٢- يشكل القسم الأخر من الأمطار الساقطة بحيرات تنحدر منها الأنهار نحو المحيطات. كما تتكون المجاري البحيرات والمستنقعات المائية مختلفة المساحة الدائمة في المناطق الرطبة والموسمية في المناطق الجافة وشبه الجافة.

٣ - تلعب الأشجار دوراً كبيراً في الحد من وصول الأمطار مباشرة الى الأرض. وتتعرض الأمطار التى تسقط في مناطق الأشجار لحالتين: جزء يصل لسطح الأرض مباشرة وجزء يسقط على ورق الأشجار مكوناً قطرات مائية عليها، ويتبخر جزء منه للغلاف الجوي، والباقي يسقط على الأرض على هيئة قطرات مائية نتيجة ثقله، و تأثير الجاذبية الأرضية.

الموازنة المائية للأرض : Water Bugdet

يقصد بها معرفة الكميات المكتسبة و المفقودة من المياه . و يمكن حساب الموازنة المائية للكرة الأرضية بمعرفة المياه المتبخرة و الساقطة والجارية و المياه المخزونة في باطن الأرض. ويمكن وضع المعادلة التالية لحساب الموازنة المائية للكرة الأرضية:

الأمطار = التبخر+ المخزون في الأرض + المياه الجارية

ويمكن تجاهل المخزون، وتكتب المعادلة على النحو التالي:

الأمطار = التبخر + الجريان

وعلى العموم، تشكل الموازنة المائية للكرة الأرضية حالة توازن بين المياه

المفقودة والمكتسبة، فالمياه المتبخرة من المحيطات والمسطحات المائية على اليابسة تساوي كمية الأمطار الساقطة عليها على النحو التالي :

المكتسب :	
الأمطار على المحيطات	٤٠٩,٠٠٠ كيلو متر مكعب
الأمطار على اليابسة	١٠٨,٠٠٠ كيلو متر مكعب
المجموع	٥١٧,٠٠٠ كيلو متر مكعب
المفقود :	
التبخر من المحيطات	٤٥٥,٠٠٠ كيلو متر مكعب
التبخر من اليابسة	٦٢,٠٠٠ كيلو متر مكعب
المجموع	٥١٧,٠٠٠ كيلو متر مكعب

المكتسب للمحيطات واليابسة (أمطار) ٥١٧,٠٠٠ كيلو متر مكعب
المفقود من المحيطات و اليابسة (تبخر) ٥١٧,٠٠٠ كيلو متر مكعب
ويتضح مما سبق أن الموازنة المائية للأرض بشقيها المائي واليابس متساوية حيث تساوي كمية المياه المفقودة بواسطة البخر كمية الأمطار الساقطة عليها[1].

وتختلف الموازنة المائية على سطح الأرض حسب الموقع العروضي والخصائص الجغرافية والجوية للموقع من سطح الأرض. ولذا فان الميزانية المائية لسطح الأرض تختلف من منطقة لأخرى، وكذلك تختلف حسب الفصل من السنة نتيجة اختلاف الخصائص الطبيعية الجوية و الجغرافية لكل منطقة (جدول ٧- ٩). وبسبب ذلك نجد أن بعض المناطق الجغرافية تكون

1-Strahler, A., 1995, P.200-202 .

الميزانية المائية فيها موجبة، ويكون لديها فائض مائي فتتكون فيها البحيرات وتجري الأنهار، ويكثر بها الغطاء النباتي، بينما بعض المناطق الجغرافية تكون فيها الميزانية المائية سالبة، فيحدث عجز مائي فتنعدم بها البحيرات والأنهار الجارية، ويندر بها الغطاء النباتي. وفي مواسم الأمطار تتشكل البحيرات و المياه الجارية التي تستمر لعدة أيام أو أسابيع كما هو الحال في المملكة العربية السعودية حيث يسود الجفاف و يندر بها الأمطار (صورة ٧-١٢،١٣و ١٤).

وتختلف الموازنة المائية لسطح الارض خلال العام من فصل لأخر نتيجة اختلاف موسم الأمطار، وحرارة الجو (جدول ٧- ١٠).

جدول (٧- ٩) الموازنة المائية للقارات (ملم في السنة)

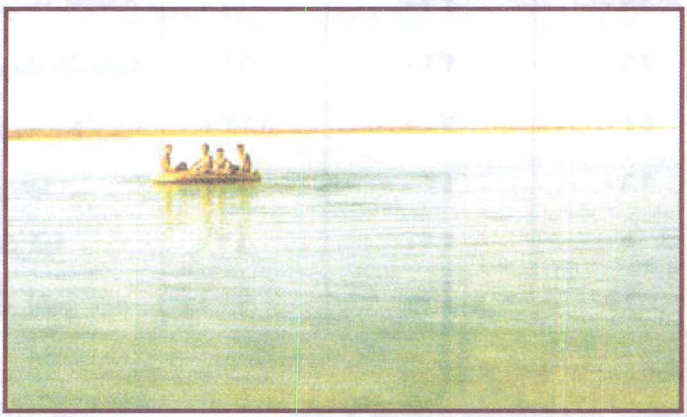
القارة	الأمطار	التبخر	الجريان
أوربا	٦٤٠	٣٩٠	٢٩٠
أسيا	٦٠٠	٣١٠	٢٩٠
أمريكا الشمالية	٦٦٠	٣٢٠	٢٦٠
أمريكا الجنوبية	١٦٣٠	٧٠٠	٤٤٠
أفريقيا	٦٩٠	٤٣٠	١٦٠
أستراليا	٤٧٠	٤٢٠	٥٠
القارات	٧٣٠	٤٢٠	٢٥

Budyko . M., 1974,P.227-228.

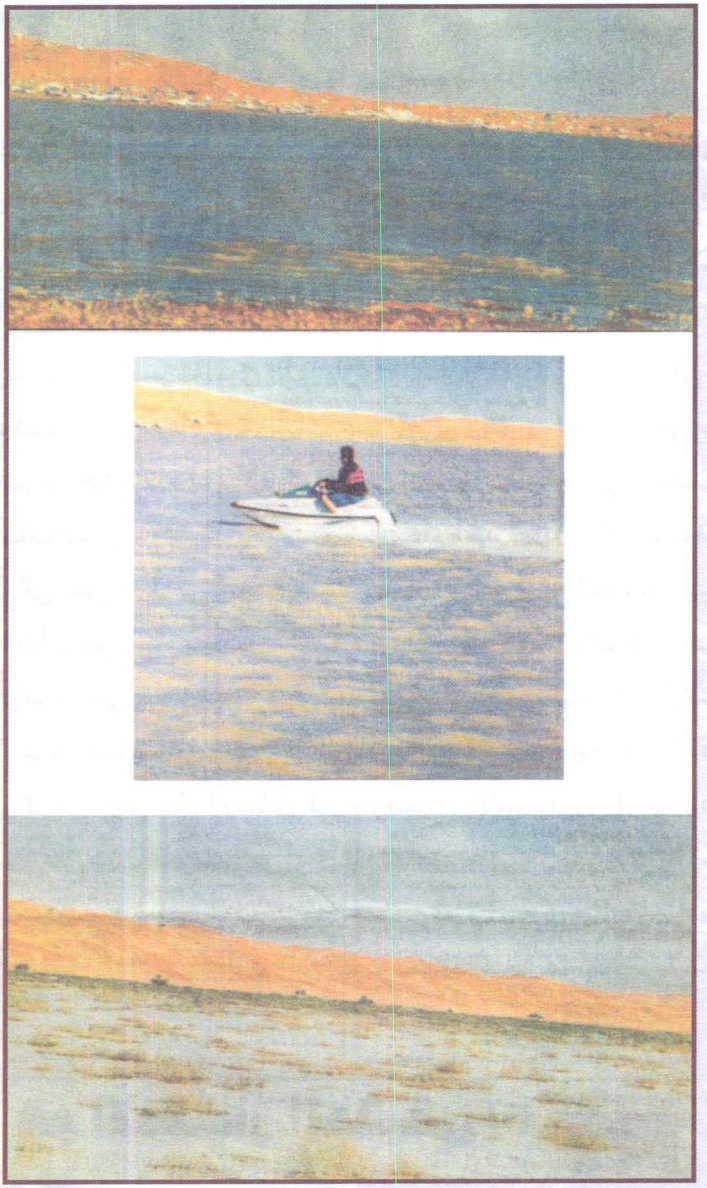
جدول (٧- ١٠) الموازنة المائية حسب دوائر العرض ، الفائض و العجز في الأمطار
(١٠٠٠ كيلو متر مكعب)

الشمال	الأمطار- التبخر	الجنوب	الأمطار- التبخر
١٠-٠	+ ١٩,٣		
٢٠-١٠	- ١٦,٢	١٠-٠	- ٠,٢
٣٠-٢٠	- ١٩,٠ فائض	٣٠-٢٠	- ١٦,٠ عجز
٤٠-٣٠	- ٧,١	٤٠-٣٠	-١٦,٥
٥٠-٤٠	+ ١٠,١	٤٠-٣٠	+٠,١
٦٠-٥٠	+ ٨,١	٥٠-٤٠	+ ١٠,٠
٧٠-٦٠	+ ٥,٠ فائض	٦٠-٥٠	+ ١٢,٠
٨٠-٧٠	+٢,٣	٧٠-٦٠	+ ٣,٦ فائض
٩٠-٨٠	+ ٠,٤	٨٠-٧٠	+ ٢,٥
		٩٠-٨٠	+١,٠

Trewartha, G., 1968, P., 125



صورة (٧-١٣) بحيره موسميه في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية



صورة (٧-١٤)

موضوع للقراءة :

مساعدة الغيوم على إنزال مخزونها من المياه بشكل صناعي [1] :

وهب الله عزّ وجل الإنسان الكثير من النعم والخيرات في هذه الأرض. و من أهم هذه النعم " المياه " التي لا يمكن للإنسان العيش من دونها. قال تعالى في كتابه العزيز: ﴿أولم يروا أنا نسوق الماء الى الأرض الجزر فنخرج به زرعا تأكل منه أنعامهم وأنفسهم أفلايبصرون﴾ ٢٧ السجدة

الماء هذا العنصر الحيوي الذي يلزم الإنسان لتستمر حياته على هذا الكوكب. والذي يحتاج إليه النبات حتى يعيش ويثمر، والحيوان حتى ينمو ويكبر ويتكاثر، بدأ يشح في كثير من الأماكن والمواقع التي يوجد بها لأسباب كثيرة، ولكن يكفي أن الإنسان كان أحد أهم هذه الأسباب التي أدت الى نقص المياه في كوكبنا بسبب تعامله التدميري مع الطبيعة والبيئة. وقد بدأ نقص المياه ينعكس سلبياً على المجتمعات البشرية. والحياه الطبيعية وعلى الزرع والضرع. ونتيجة لهذه المشكلة الكبيرة أخذ الإنسان على عاتقه مهمة البحث عن كل الوسائل التي تمكنه من زيادة كمية المياه على الأرض. ومن تلك الوسائل كان موضوع " الاستمطار " أو مساعدة الغيوم على إنزال مخزونها من المياه في مناطق تعاني من الجفاف [2]. وقد بدت هذه الوسيلة التي ظهرة للوجود عام ١٩٠٠م أي قبل مئة عام تقريباً، وكأنها الحل العلمي والمنطقي الذي سوف يساعد كثيراً في معالجة مشكلة

١- هشام عدرة، ١٤٢٢هـ، مساعدة الغيوم على مخزونها من المياه بشكل صناعي: بمناسبة مرور مائة عام على تقنية الاستحطار، قافلة الزيت، ربيع الآخر، ص ٤٢ - ٤٧ .

٢- لقد وجه الله رسله عليهم أفضل الصلاة والسلام العبادة بالتضرع والدعاء الى الله سبحانه وتعالى وذلك بطلب الغيث والمطر، ونتيجة انحراف الإنسان عن الفطرة السليمة لجاء لغير الله طلباً للمطر والغيث كدعاء الكواكب والنجوم والأصنام والشياطين وغيرها من المخلوقات، وتقديم القرابين لها، وتقوم بعض الشعوب بأشكال النار أو القيام بالرقص طلباً لنزول المطر،وقد أمر الرسول محمد عليه الصلاة والسلام المسلمين بإقامة صلاة الاستسقاء عندما تقل الأمطار (المؤلف).

الانحباس المطري والجفاف ونقص المياه خاصة في إرواء الأراضي الزراعية، ومن ثم تأمين الكلأ للحيوان، والطعام للإنسان. وهكذا تبلورت فكرة الاستمطار وتطبيقها في العام الأول من القرن العشرين.

أساس الفكرة علمياً:

استمطار الغيوم هي عملية يقصد بها التأثير على بعض الغيوم لمحاولة إنزال ما فيها من مياه المطر، بعد الاتكال على الله عزّ و جل، وذلك بنشر مادة كيميائية معينة. والهدف من عملية الاستمطار هو محاولة زيادة المساحة الجغرافية التي تغطيها الغيوم التي يتم التعامل معها. ويقوم المبدأ العلمي في أستمطار الغيوم على زراعة مادة " يوديد الفضة " داخل الغيمة التي تكون مياهها فائقة البرودة، حيث تكون المياه الموجودة في الغيوم بحالة سائلة رغم انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد، ويعطي كل كيلو غرام من هذه المادة ١٠ألف مليار جزئية صغيرة بمثابة نواة لتكثيف المياه وبالتالي تشكيل قطرات المطر.

تاريخ الاستمطار وتجاربه:

تعود فكرة استمطار الغيوم الى أوائل القرن الميلادي الماضي. وقد عقدت ما بين ١٩٠٠ و١٩٠٢ عدة مؤتمرات عالمية لبحث التأثير في الغيوم الشاقولية التكوين و مكافحة البرد، حيث أنشئت هيئات متخصصة لمتابعة هذا الموضوع في كل من فرنسا وسويسرا، وأجريت تجارب عديدة للتأثير في الغيوم باستخدام قذائف المدفعية ، و ذلك في عام ١٩٠٠م وفيما تلاه من أعوام. وفي عام ١٩٣١م تمكن " فيرات " من نيوزيلندا من أستثارة المطر صناعيا، وذلك من خلال قذفه حبيبات ثاني أكسيد الكربون الصلب في الجزء المحتوي على مياه فائقة البرودة في الغيوم بواسطة الطائرة وذلك لأول مرة في التاريخ، ولكن تجربته لم تلق أهتماماً كافياً وكانت كمية المطر

الهاطلة ضئيلة وسمك السحابة المتكونة لم يكن كبيراً.

وفي ثلاثينيات وأربعينيات القرن العشرين تم إجراء العديد من التجارب والدراسات حول هذا الموضوع في الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا والاتحاد السوفيتي (سابقا)، وأشهر العلماء المشهود لهم بالسبق جون شيفر من أمريكا، وأيولينسكي من الاتحاد السوفيتي وكريستانوف من بلغاريا. ومن العلماء الأوربين فينينبر، وتوريد جيروم وأولتر فنيدير. وقد تم تأسيس أول معهد للأمطار الصناعية في الاتحاد السوفيتي عام ١٩٣٢م. وفي عام ١٩٤٦م أجرى الأمريكيان، شيفر ولينغموز، تجارب على الغيوم التي تحتوي على مياه فائقة البرودة في غرف مبردة، حيث يتم تبريد الغرفة الى درجات الحرارة المطلوبة، ثم قاما بالقاء حبيبات من مادة الجليد الجاف، وفي نفس اللحظة وعلى طول مسار الحبيبات في الغرفة، تشكلت سلسلة من البلورات الثلجية، وفسرا ذلك بأن درجات الحرارة المنخفضة للهواء الذي كان في تماس مع الجليد الجاف (-٧٨مْ) أدت الى تجمد القطرات على طول مسار سقوط حبيبات الجليد الجاف. كما أن زيادة الإشعاع الناجمة عن التبريد السريع، نشّطت العوالق الجوية فتحولت الى نويات تجمد، ونتيجة لذلك قررا إجراء التجارب في مناخ الأرض.

ورغم اكتشاف خصائص الجليد الجاف بوصفه مادة قادرة على تكثيف المياه فائقة البرودة، إلا أن العلماء تابعوا البحث عن مواد أخرى ومنهم (برنارد فينوغوت) كماء أجريت تجارب مماثلة في مختبر البحوث العلمية في شركة " جنرال إلكتريك " حيث تم استقصاء جداول المركبات الكيماوية للمواد الصلبة المتبلورة من مواد مشابهة في مواصفاتها للجليد، حيث تمت دراسة التركيب الشبكي - البلوري (أي المسافة بين الذرات في مختلف البلورات) لغالبية المواد الصلبة، وأستنتجوا بعدم فاعليتها في تشكل

البلورات الثلجية، وذلك بسبب وجود مسافات كبيرة بين الذرات في الطبقة الأولى من النواة والطبقة الأولى من جزيء الماء، وتوصل فينوغوت فيما بعد إلى نتيجة مؤداها أن: يوديد الفضة هو أفضل مركب كيميائي مناسب لهذا الغرض، لأن تركيب شبكته البلورية شبية جدا بتركيب جزيء الماء ، وفرق المسافات بين الذرات ليس كبيرا، كما لاحظ أن بلورات يوديد أدت دور " نويات التجمد " حتى عند حرارة تبلغ -٣مْ.

وكان هدف هذه التجارب الحصول على أكبر عدد ممكن من نويات التجمد من كميات محددة من يوديد الفضة، و ذلك بتبخير (حرق) يوديد الفضة ثم تبريده بشكل مفاجئ، وأعطيت التجارب الأولى حتى ١٠ نوية تجمد من ١ سم.

بعد التجارب المخبرية تم تنفيذ تجارب على الغيوم التي تحتوي على مياه فائقة البرودة في الأجواء الطبيعية، حيث تم استخدام مولدات مثبتة على الطائرات، وكانت النتائج هي تكرار لما توصل إليه (شيفر) بزراعة الغيوم باستخدام الجليد الجاف، حيث تشكلت فراغات في الغيوم أدت الى هطول بلورات ثلجية. وقادت هذه التجارب إلى ظهور موجة جديدة لصالح الاستمطار، خاصة التجارب التي أجراها العالم (لينغمور) والتي بينت أنه من الممكن التأثير في الطقس في جميع أراضي الولايات المتحدة الأمريكية لقاء صرف دولارات محددة لتأمين يوديد الفضة. وقد أثبت أكتشاب " فينوغوت " لمادة يويد الفضة كمادة محفزة لإنتاج نويات التجمد، إنه بالإمكان التأثير في الغيوم ذات الأحجام الكبيرة ممكناً من وجهة النظر الاقتصادية، كما أثبت إمكانية زرع نويات التجمد من مولدات أرضية، والتي بلغت تكاليفها عام ١٩٤٨م نحو ثلاثة دولارات فقط في الساعة مقارنة مع كلفة الطائرة لزراعة الغيوم التي تبلغ دولارا في الساعة. ونتيجة تسجيل براءة الاختراع من قبل شركة (جنرال إلكتريك) لزراعة الغيوم فان العديد من الجهات العامة و الخاصة طلبت أستثمار هذه البراءة.

وسارع أصحاب مزارع إنتاج المواد الغذائية والأعمال المرتبطة بالغابات، وحتى مناطق الزراعات المروية بابرام عقود خاصة بالمطر الصناعي تغطي ١٠٪ من الأراضي الجافة في الولايات المتحدة الأمريكية حتى عام ١٩٥٠م.

وقد استمرت في السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين تجارب الاستمطار المخبرية في الأجواء الطبيعية، كما نفذت مشروعات للاستمطار في العديد من دول العالم، مما حدا بالمنظمة العالمية للأرصاد الجوية إلى إجراء مشروع لتجارب الاستمطار في أسبانيا عام ١٩٧٩م. وقد أشترك في تنفيذ المشروع علماء من مختلف دول العالم خاصة الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي - سابقا - وكندا وفرنسا وأيطاليا وألمانيا وإسبانيا، وذلك بهدف تطوير طرق زرع الغيوم والتقنيات المستخدمة في مراقبة الغيوم ودراسة مواد الزرع.

وبعد مشروع تجارب الاستمطار من قبل منظمة الأرصاد الجوية العالمية، نفذت في الثمانينيات والتسعينيات من القرن العشرين مشروعات استمطار إنتاجية في العديد من دول العالم كالولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي السابق وأستراليا وفرنسا وإيطاليا وبلغاريا واليونات ويوغسلافيا وفي الصين والهند وفيتنام وبعض الدول الأفريقية، هناك أيضا مشروعات أستمطار في المملكة العربية السعودية وسوريا والمغرب والإمارات العربية المتحدة وليبيا والأردن.

طائرات مزودة بمختبرات تقوم بعمليات الاستزراع:

تخصص لعمليات الاستمطار طائرات معينة لاستخدامها في زرع الغيوم " يوديد الفضة " من خلال قذائف محددة، وكل طائرة مزودة بمختبر متكامل. ويتم تركيب مواد الزرع ضمن حشوات متفجرة في أسفل الطائرة، ثم تطلقها

فوق الغيوم المناسبة لعملية الاستمطار.

ويكون الاتصال مستمرا مع الرادارات والشاشات الموزعة لتلقي أحدث الصور من الأقمار الصناعية، وذلك لتحديد الارتفاع المناسب للطائرة والتعرف على نوعية الغيوم و صلاحيتها. كما يحلل الكمبيوتر المعلومات ويعطي النتيجة التي تقررعملية الزرع ن مع الأخذ بعين الاعتبار عوامل الرطوبة ودرجة الحرارة والضغط وسرعة الرياح ونوعها وغير ذلك من المعلومات المهمة لإجراء عملية الزرع. وعلى مدى ٢٤ ساعة تتم مراقبة الحالة الجوية باستخدام الخرائط والمعلومات من مركز التنبؤ بالطقس، من أجل التخطيط الأولي لعملية الاستمطار وأماكنها المحتملة، وعدد الطائرات التي يجب أن تشارك فيها.

ويقوم رادار الطقس باعطاء معلومات عن الغيوم في دائرة نصف قطرها ٢٠٠ كيلومتر. كما تقوم محطات الرادار المختصة بمراقبة الطقس وأعمال المسح لأغراض الاستمطار، وتجري مقاطع على مستويات مختلفة لمعرفة الصدى الراداري لهذه الغيوم، وبالتالي محتواها المائي. ويمكن تحديد صفات الغيوم ضمن الرؤية الرادارية لمقاطع شاقولية وأفقية. وتوجد برامج خاصة لتحليل المعلومات التي تتصل بالحاسب الإلكتروني. إضافة للمعلومات الملاحية التي تبين ارتفاع الطائرة ومكانها في الجو. وعلى قائد الطائرة المحافظة على الاتصال الدائم مع الفنيين العاملين في الحاسب الآلي والرادار وفريق الاتصالات. وعند اكتشاف غيمة مناسبه توجه الطائرة إليها وتقوم الأجهزة بقياس معطيات هذه الغيمة، فاذا كانت هذه المعطيات مناسبة لأعمال الزرع، يعطى المسؤول تعليماته لاتمام العملية. وفي الغيوم قليلة السمك تستخدم الطلقات الصغيرة، اما في الغيوم السميكة التي يبلغ سمكها كيلو مترا الى كيلومترين وتتوفر فيها مياه فائقة البرودة، فتستعمل

الطلقات الكبيرة التي تستمر في اختراقها للغيوم لمسافة تصل الى ثلاثة كيلومترات. وقد تعود الطائرة أكثر من مرة للغيوم التي تم زرعها لقياس التغيرات الميكروفيزيائية. وذلك باستخدام أجهزة القياس الموجودة على متنها، خاصة كثافة البلورات والقطرات وأشكالها وأحجامها. ويساعد ذلك في معرفة تجارب الغيوم الحاوية على المياه مع مواد الزرع المستخدمة. وأثناء إطلاق مواد الزرع التي تخرج بحشوة دافعة ، تبدأ المواد الفعالة في الاحتراق بعد٨ إلى٢٤ ثانية حيث يعطي كل غرام منها مليار نواة تكثيف، تتجمع عليها المياه فوق المبردة مكونة بلورات ثلجية، وعند وجود تيارات صاعدة وهابطة تكبر هذه البلورات و تسقط باتجاه الأرض على شكل مطر أو ثلج فتكون عملية الاستمطار قد نجحت باذن الله تعالى.

نتائج و تجارب عربية ناجحة:

لقد بينت البحوث التي أجريت بالتوازي مع سلسلة المراقبة التاريخية، أو بطريقة تكوين سلاسل لمجموعات غيوم مزروعة أو غير مزروعة لمنطقة ما، أن النتائج تكون إيجابية فيما لو زرعت الغيوم المناسبة لأعمال الزرع. وتتراوح النتائج ما بين ٥ - ٣٠ ٪ مقارنة بالهطولات الطبيعية. كما أثبتت نتائج التجارب العالمية زيادة كميات هطول الأمطار من بعض الكتل الغيمية، بمقدار يصل من ٦ إلى ١٠ أضعاف ما يمكن أن يهطل منها فيما لو تركت دون تدخل من قبل الإنسان، وبشكل عام تتراوح نسبة الزيادة في كمية الهطول الغيوم المناسبة للاستمطار ما بين٥٠ - ٢٥٠ ٪ ، و ربما تزيد على ذلك كثيرا.

لقد نفذت تجارب الاستمطار في المملكة العربية السعودية لأربع سنوات متتالية، وتم تقويم النتائج من قبل خبراء من منظمة الأرصاد العالمية،

وكانت النتائج مشجعة، كما نفذت في الإمارات العربية المتحدة، وكانت النتائج مشجعة حسب معطيات الخبراء المنفذين، وفي سوريا كانت النتائج كذلك جيدة، حيث بدأت تجارب الاستمطار فيها منذ عام ١٩٩١م وبلغت كمية الهاطل المطري الإضافية الزائدة عن الهطول الطبيعية والناجمةعن أعمال زرع الغيوم نحو٢,٤٥ مليار م٢، ولم تزد تكلفة المتر المكعب الواحد عن قرش سوري واحد. وفي موسم ١٩٩٤م بلغت الزيادة ٢,٧ مليار م٢ ومشروع الاستمطار ما يزال مستمرا حتى الآن في سورية. وفي الأردن نفذت تجارب الاستمطار بطائرة مستأجرة وكانت النتائج مشجعة في السنة الأولى من التنفيذ وهنالك محاولات في بعض الدول الأخرى مثل تونس وعُمان لتنفيذ تجارب ومشاريع مماثلة حيث أثبتت عمليات الاستمطار فوائدها الكبيرة في مجال زيادة وتحسين توزيع الهاطل المطري وزيادة الجريان السطحي في الأحواض المائية وزيادة المخزون المائي في السدود وزيادة الهاطل المطري الاجمالي، لتحسين تغذية الأحواض المائية الجوفية. وهكذا من المؤمل أن تساعد تقنية الاستمطار على توفير المياه اللازمة للحياة واستمراريتها للإنسان والنبات والحيوان وذلك بعد أن باتت مشكلة نقصان المياه تشكل أزمة عالمية وتخلق مناطق صدامات جديدة وقد تؤدي مستقبلاً إلى نزاعات وحروب بسبب حرص الإنسان لتأمين احتياجاته من الماء والحصول على هذا العنصر الحيوي البسيط والمهم والذي يدخل في كل مفردات الحياة البشرية.

مصطلحات جوية و مناخية :

أرتفاع السحاب	Cloud Height
أرتفاع السحب فوق المرتفعات	Orographic Lifting
ألتقاء الكتل على أسطح الجبهات	Frontal Convergenc
أمطار أعصارية	Cyclonical Rainfall
أمطار أنقلابية	Convection Rainfall
أمطار الجبهات	Frontal Rainfall
أمطار تضاريسية	Orographic Rainfall
بذر السحاب	Cloud Seeding
البَرَد	Hail
بلورات الثلج	Ice Crystal
التبخر	Evaporation
تبخر / نتح	Evapotranspiration
تجمع	Convergence
التساقط (التهطال)	Precipitation
تفرق	Divergence
التكاثف	Condensation
ثلج	Snow
حوض أو وعاء التبخر	Evaporation Pan
درجة التجمد	Frost Point

Dew Point	درجة الندى
Water Cycle (Hydrological Cycle)	الدورة المائيـة
Humidity	الرطوبة
Absulte Humidity	الرطوبة المطلقـة
Relative Humidity	الرطوبة النسبيـة
Specific Humidity	الرطوبة النوعيـة
Cloud	سحب
Convection	صـــعـــود الهـــواء
Frost	الصقيع
Smog	الضباب
Water Vapor Pressure	ضغط بخار الماء
Collasion-Coalescence Process	عملية التصادم و التلاحم
Bergeron Process	عملية برجرون
Coalescence Process	عملية نمو المطر بالالتصاق
Adiabatic Process	عـــوامل ذاتيـــة
Non adiabatic	عوامل غير ذاتية
Liquid Droplts	قطرات سائلة
Super Cold Water Droplets	قطرات مـائيـة مفرطة التبـريد
Cloud amount	كميـة السحب

مشبع تماما	Supersaturation
مطر	Rainfall
مقياس أرتفاع السحب	Climometer
الموازنة المائية	Water Budget
نتح النبات	Transpiration
نترات اليود	Sliver Idodide
الندى	Dew
نويات (ذرات) مسترطبة	Hygroscopic Nuclie
نويات التجمد	Freezing Nuclei
نويات التكاثف	Condensation

أسئلة للمراجعة:

س١ - عرف الرطوبة، وماهي مصادرها وأهميتها.

س٢ - عرف المصطلحات التالية:

الرطوبة المطلقة

الرطوبة النوعية

الرطوبة النسبية

ضغط بخار الماء

س٣ - عرف التكاثف، وماهي الظاهرات الجوية التي تنتج عنه ؟.

س٤ - عرف التبخر والنتح، وماهي العوامل التي تؤثر فيهما ؟ .

س٥ - ماذا يقصد بالتساقط أو التهطال، وأشرح كيف تتكون قطرات المطر.

س٦ - تحدث عن أنواع الأمطار الثلاثة.

س٧ - أشرح لماذا يختلف توزيع الأمطار على سطح الأرض.

س٨ - تحدث مع الرسم عن الدورة المائية.

س٩ - ماذا يقصد بالموازنة المائية، وما هي أهمية التعرف عليها ؟.

س١٠ - عندما يحل الجفاف والقحط يعمل الانسان منذ القدم بعض الأعمال لإستجلاب المطر أذكر بعضها مع بيان الطريقة الصحيحية منها.

مراجع مقرحة:

الأحيدب، ابراهيم، ١٤٢١ هـ، توزيع الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية، الرياض.

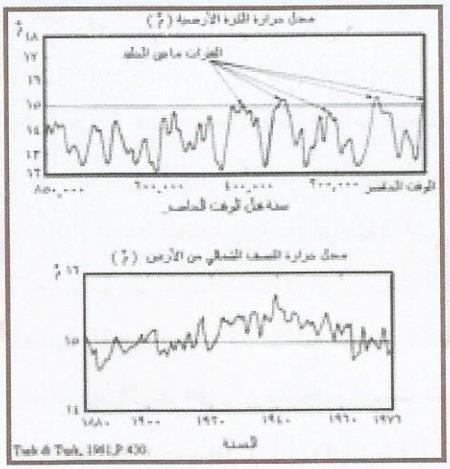
النطاح، محمد، ١٤٠٠، الأرصاد الجوية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والاعلان، بنغازي.

السلطان، عبد الغني، ١٩٨٥، الجو عناصره وتقلباته، وزارة الثقافة والاعلام العراقية، سلسلة (٢٢)، بغداد.

Lutgens,F., & E., Tarbuck, 1982, The Atmosphere: an introduction to meteorology,Prentice-Hall, INC, New Jersey.

Eagleman,joe,1980,Meteorology;The Atmosphere in Action,D.Van Nostrand Company , New York .

تعرضت لها الأرض، وعدم تسجيل الإنسان للتغيرات والذبذبات المناخية التي عاصرها لعدم معرفته للكتابة، أو لعدم اهتمامه بتسجيل الأحداث.أو لأن التغير المناخي يحدث بالتدريج خلال فترة زمنية طويلة لا يمكن أن يلحظها الإنسان خلال عمره القصير. وقد حاول العلماء التعرف على أنواع المناخ القديم للأرض أو أجزاء منها. وقد توصلوا الى أن الأرض ككل أو جزء منها قد مرت بحالات مناخية مختلفة عما هي عليه الآن معتمدين على عدد من الأدلة المطمورة في باطن الأرض أو المتشكلة على سطحها والتي تعكس الظروف المناخية السائدة في الماضي.



شكل (٨-٤) تبذيذ مناخ الأرض في الماضي

الأدلة على التغيرات المناخية :

حاول العلماء بما توفر لديهم من حفريات و أشكال جيمورفولوجية ومائية، وأثار بشرية التعرف على الظروف المناخية التي سادت في الماضي. وقد قسموا الأدلة على المناخ القديم الى قسمين، أدلة طبيعية وأدلة بشرية. وتشمل الأدلة الطبيعية والبقايا البيولوجية والجيومورفولوجية الناتجة عن تأثير العوامل المناخية والمائية فيها. وتشمل الأدلة البشرية ما تركه الإنسان من أثار من كتابات ورسوم وأدوات، وما تعرض له الإنسان من هجرات ومجاعات وأمراض وغيرها من الأعمال و الآثار البشرية.

Critchfield, H,1974, General Climatology, Prentice-Hall, Inc, New Jersey.

Crowe,P.R,1971, Concepts in Climatology, St.Martins Press, New York.

Daubenmire, Rexford, 1974, Plants and Environment, John Wiley & Sons, New York.

Department of Transportation and Department, 1975, Aviation Weather For Pilots and Flight Operations Personnel, Washington D.C.

Dunne, Thomas and Luna Leopold,1978, Water in Dury.G.H.,1981, An Introduction to Environmental Systems, Heinemann, London. Environmental Planning, W.H. Freeman and Company.

Eagleman, Joe, Meteorology in Action, 1980, D.Van Nostrand Co., New York

Fritts Harold,1969, Tree-Ring Analysis: A Tool for water Resources research, Ohio Bulletin,Num.1 JanuHare, F. Kenneth,1993, Climate Variations, Drought and Desertification, World Meteorological Organization, WWO-No.653.

Hidore, John, 1974, Physical Geography: Earth Systems, Scott, Foresman and Com. Illinois.

Holton, James, 1979, An Introduction to Dynamic Meteorology, Academic Press, London.

Isaac, Ronald, 1980, Physical Geography: A Laboratory Experience, Burgess Publishing Com. Minneapolis.

James, Preston and Geoffery Mavtin, 1981, All Possible Worlds a History of Geographical Ideas, John Willey 7 Sons, New York.

No.49,P.61-70.

Battan,Louis,1974,Weather, Foundations of Earth Science Series.

Battan,Louis, 1984, Fundamental Meteorology, Prentice -hall, Inc., New Jersey.

Bryson, Reid and Thomas Murray, 1977, Climates of Hunger: Mankind and the World Changing Weather, the University of Wisconsin Press, Wisconsin.

Budyko,M.,1974, Climate and Life, Academic Press,New York. Chorley,R.J and B.Kennedy, 1971, Physical Geography; A Systems Approach, Prentice-hall, Inc., London

Climatolography	المناخ الوصفي
Sub-regional Climate	مناخ شبه إقليمي
Local Climate	مناخ محلي
Balloon	المنطاد
World Meteorological Organization	المنطقة العالمية للأرصاد الجوية
(WMO)	المنطقة العالمية للرصد
Global Observing System (GOS)	المنطقة العالمية للطقس
World Weather Watch (WWW)	المنطقة العالمية لنظام
Radiation Balance	الموازنة الاشعاعية
Heat Balance	الموازنة الحرارية
Water Budget	الموازنة المائية
Minimum Thermometer	ميزان الحرارة الصغرى
Maximum Thermometer	ميزان الحرارة العظمى
Microne	الميكرون
Transpiration	نتح النبات
Sliver Idodide	نترات اليود
Molecular Nitrogen (N2)	النتروجين الجزئي الندى
Dew	نسبة التساقط الى التبخر
P/E Ratio	النسبة المركبة
Mixing Ratio	نظام
System	نظام الاستجابة للعمل
Process Response System	النظام الدوري
Cyclic System	النظام المغلق
Closed System	النظام المناخي
Isolated System	نظام معزول
Open System	نظام مفتوح
Sun Spot Theory	نظرية البقع الشمسية

المؤلف في سطور

الاسم : ابراهيم بن سليمان بن حسن الأحيدب

المؤهل العلمي : الدكتوراه / ١٤٠٥ هـ/ ١٩٨٥ م/ جامعة ولاية أريزونا - أمريكا.

التخصص : جغرافية طبيعية (مناخية).

العمل : عضو هيئة تدريس، قسم الجغرافيا/ كلية العلوم الاجتماعية بالرياض، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية

الدرجة العلمية : أستاذ

الاهتمامات العلمية: الدراسات المناخية، والجوية، والبيئية، والمخاطر والكوارث الطبيعية والبشرية.

الأبحاث العلمية والكتب:

أ- الأبحاث :

للمؤلف نحو ٢٠ بحثاً في مجال تخصصه العام والخاص والاهتمامات العلمية

ب - الكتب :

١- توزيع الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية.

٢- جلاجل: دراسة جغرافية، تاريخية وحضارية.

٣- الكوارث الطبيعية وكيفية مو اجهتها: دراسة جغرافية.

٤- أودية منطقة الرياض: دراسة جغرافية.

٥- المخاطر الطبيعية في المملكة العربية السعودية وكيفية مواجهتها: دراسة جغرافية.

٦- أثر النشاط البشري على سطح الأرض.

٧- الإنسان و البيئة: مشكلات وحلول.

٨- المناخ والحياة: دراسة في المناخ التطبيقي.

٩- المدخل الى الطقس والمناخ والجغرافيا المناخية.

١٠ - السياحة والتنزه البيئي في المملكة.

١١- جغرافية المخاطر.

١٢ - التنمية وأثرها على المياه في المملكة.

عنوان المراسلة
ص. ب ٨٤٣٣٩ / الرياض ١١٦٧١
جوال: ٠٥٠٤٢٠٧٤٠٣
البريد الإلكتروني:
isehaideb@gmail.com

ردمك : ٧-٤٨٧-٤٣-٩٩٦٠