2- لا يمكن أن تحدث عملية تكاثف بخار الماء المتواجد في الهواء من دون انخفاض درجة حرارة الهواء المشبع بالبخار إلى ما دون نقطة الندى (*Dew Point*).

3- وجود نويات للتكاثف (*Hygroscopic*) عالقة في الهواء وهي عبارة عن جسيمات صغيرة تجذب حولها بخار الماء لتشكل قطرات مائية أو بلورات ثلجية وتشمل نويات التكاثف على جزيئات الغبار والدخان والأملاح البحرية.

4- تنامي القطرات المائية وتزايد أحجامها بفعل الاندماج والتلاصق فيما بينها مما يؤدي إلى ازدياد وزنها إلى الدرجة التي يصعب على الهواء حملها فتعمل الجاذبية الأرضية على إسقاطها إلى سطح الأرض.

التوزيع الجغرافي للتساقط الجوي: *Precipitation Distribution*

يقدر المعدل العام لحجم التساقط الجوي على الكرة الأرضية بحدود 982 ملم/سنة، ولذلك تقدر الكمية الإجمالية للتساقط الجوي على الكرة الأرضية بحدود 0.5 مليون كم^3/سنة (جدول 12). إن المتساقطات الجوية تتوزع بصورة غير متساوية بين اليابس والمياه، إذ تستحوذ المحيطات على الكمية الأكبر من التساقط الجوي وبمقدار حوالي 370.72 ألف كم^3 لتمثل 75.65% من الحجم الإجمالي للتساقط الجوي على الكرة الأرضية وذلك بسبب ارتفاع معدل حجم التساقط الجوي بحدود 1024 ملم/سنة، في حين ينخفض حجم التساقط الجوي على سطح القارات بمقدار 119.32 ألف كم^3 ليمثل حوالي 24.35% من الحجم الإجمالي للتساقط الجوي بسبب انخفاض معدل حجم التساقط الجوي إلى حوالي 879 ملم/سنة.

٢٦٥/٧٣

جدول 12 الحجم التخميني للمياه في عناصر الدورة الهيدرولوجية.

العناصر	الموقع	معدل المياه (ملم/سنة)*	حجم المياه (ألف كم^3)	نسبة المياه من الحجم الإجمالي
التساقط	المحيطات	1024	370.72	75.65
	القارات	879	119.32	24.35
	المعدل	982	490.04	100
التبخر	المحيطات	1128	408.488	83.36
	القارات	601	81.554	16.64
	المعدل	975	490.04	100
الجريان السطحي	المحيطات		0.0	0.0
	القارات	255.14	37.77	100
	المجموع	255.14	37.77	100

المصدر:

Subramanya, K. 2004. Engineering hydrology, Second Edition, New Delhi, 392 p.

* يمثل المعدل الموزون وليس الوسط الحسابي.

على الرغم من تقدير المعدل العام للتساقط الجوي بحدود 982 ملم/سنة، غير أن معدلات التساقط الجوي تتباين بشكل كبير بين المناطق المختلفة لسطح الأرض. إذ يرتفع المعدل في بعض المناطق ليصل إلى حوالي 10000 ملم/سنة، في حين ينخفض المعدل في مناطق أخرى حتى يصل إلى حوالي 2 ملم/سنة[2].

إن أسباب التساقط الجوي وأشكاله وكمياته تتباين على سطح الأرض بشكل عام على وفق التوزيع التقريبي الأتي[3] و[4] :

1- المنطقة الاستوائية: تمتد بين دائرتي عرض 0- 10 درجة، وتعد الحركة التصاعدية للتيارات الهوائية (التسخين الأرضي) السبب الرئيس للتساقط الجوي والذي يكون على شكل أمطار، إن هذه المنطقة تمتاز بأمطار دائمة غزيرة على مدار السنة إذ تتباين معدلاتها بين 1000- 2500 ملم/سنة.

2 – منطقة العروض المدارية: تمتد بشكل رئيس بين دائرتي عرض 20- 30 درجة، ويحدث التساقط الجوي الذي يكون على شكل أمطار في الغالب خلال فصل الشتاء بسبب الرياح التجارية (تساقط جبهوي)، وتتباين معدلات الأمطار المتساقطة بين 50- 250 ملم/سنة.

3- منطقة العروض المعتدلة: تمتد بشكل رئيس بين دائرتي عرض 40- 60 درجة، ويحدث التساقط طول العام مع تركز في فصل الشتاء بسبب المنخفضات الجوية (تساقط جبهوي) وتتباين أشكال التساقط في هذه المنطقة بين الأمطار والثلوج مع سيطرة لتساقط الأمطار، وتتباين معدلات التساقط بين 1000- 1500 ملم/سنة.

٢٦٥/٧٥

6- منطقة العروض القطبية: تمتد بشكل رئيس بين دائرتي عرض 60- 90 درجة، ويحدث التساقط الجوي الذي يكون على شكل ثلوج طول العام ويرجع سبب التساقط إلى الأعاصير (تساقط جبهوي) وتتباين معدلات التساقط بين 20- 300 ملم/سنة.

العوامل المؤثرة في التباين المكاني للتساقط:

Factors Effecting precipitation

تشهد كمية التساقط الجوي تبايناً مكانياً بين دوائر العرض المختلفة، كما تتبلين موقعياً ضمن الدائرة العرضية الواحدة، ويرجع ذلك إلى جملة من العوامل والتي من أبرزها ما يأتي:

1- الموقع من اليابس والماء: *Location From Land and Water*

إن المصدر الأساس للتساقط الجوي هو بخار الماء، وتعد البحار والمحيطات المصدر الأساس للتبخر السطحي. ولذلك تزداد كمية التساقط على البحار والمحيطات والمناطق الساحلية وتنخفض كمية التساقط في المناطق القارية الداخلية لبعدها عن تأثير المسطحات المائية وانخفاض بخار الماء، إذ يعد انخفاض الرطوبة النسبية في الصحاري المدارية خلال الصيف من الأسباب الرئيسة لانتفاء تشكيل الغيوم وتساقط الأمطار على الرغم من وجود تيارات هوائية صاعدة.

2- مستوى سطح الأرض: *surface Elevation*

إن ارتفاع سطح الأرض يعمل على رفع الرياح المتعامدة مع اتجاه المرتفعات مما يسهم في زيادة عمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم

٢٦٥/٧٦

والتساقط الجوي، في حين تعمل المرتفعات على الحد من التساقط الجوي في المناطق الواقعة باتجاه معاكس لحركة الرياح واتجاهها والتي تسمى بمناطق ظل المطر (*Rain Shadow*) مما يسهم في زيادة الجفاف وتشكيل الصحاري.

3- انطقه الضغط الجوي: *Atmosphere Pressure*

لمقدار الضغط الجوي المسلط على المنطقة علاقة بكمية التساقط الجوي، وذلك لدوره في تحديد اتجاه حركة التيارات الهوائية (صاعدة أو هابطة). إن سيادة الضغط الواطئ (*Low Pressure*) في المناطق الاستوائية والمعتدلة يعمل على تزايد نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وجذب الأعاصير والمنخفضات الجوية مما يسهم في زيادة عمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم والتساقط الجوي. في حين تسهم التيارات الهوائية الهابطة في المناطق المدارية والقطبية في الحد من تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم بفعل سيادة الضغط المرتفع (*High Pressure*) مما يخفض من كمية التساقط الجوي.

قياس التساقط الجوي (الأمطار): *Measurement of Rainfall*

إن الأمطار المتساقطة على سطح الأرض تتباين مكانياً وزمنياً من حيث الكمية والشدة، ويعبر عن كمية الأمطار بعمق ماء المطر (*Rainfall Depth*) المتراكم على مساحة محددة من سطح الأرض وخلال مدة زمنية محددة كاليوم أو الأسبوع أو الشهر أو السنة، وتقاس كمية الأمطار عادة بوحدة الملي متر (ملم/سنة). أما الشدة المطرية (*Intensity of Rainfall*) فيعبر عنها بمعدل عمق ماء المطر المتراكم على مساحة محددة من سطح الأرض خلال مدة العاصفة المطرية (*Duration of Rain Storm*)، وتقاس الشدة المطرية عادة بوحدة الملي متر/الساعة.

٢٦٥/٧٧

تقاس الأمطار المتساقطة على سطح الأرض بأجهزة خاصة تسمى بمقاييس المطر (*Rain Gauges*) والتي يمكن تقسيمها إلى صنفين رئيسين هما:

1- مقاييس المطر غير المسجلة: *Non-recording Rain Gauges*

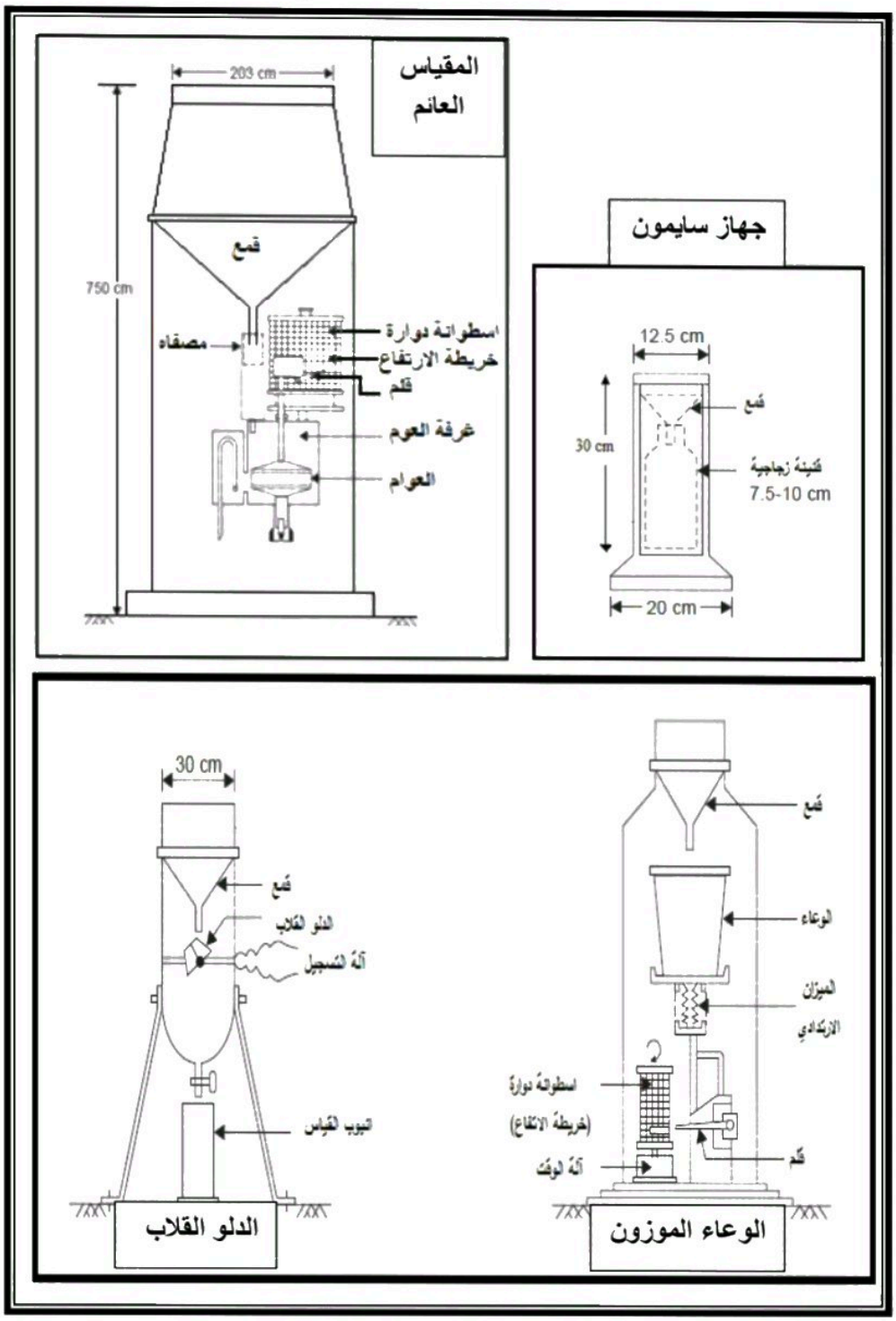
يضم هذا الصنف أنواع متعددة من المقاييس غير أن أهمها وأكثرها شيوعاً واستخداماً في المحطات المناخية هو جهاز سايمون لقياس المطر (*Symon's rain gauge*) (شكل 4) ، ولهذا الجهاز القدرة على قياس كمية الأمطار المتساقطة على سطح الأرض من خلال تحديد عمق المطر المتجمع في اسطوانة الجهاز. إن المياه المتجمعة في الأجهزة غير المسجلة في الغالب تكون أدنى من القيمة الفعلية لعمق ماء المطر ويرجع السبب في ذلك بشكل رئيس إلى عمليات التبخر السطحي وترطيب أسطح جدران الجهاز مما يعمل على انخفاض عمق المياه المتجمع في الجهاز.

2- مقاييس المطر المسجلة: *Recording Rain Gauges*

تعد قراءات مقاييس المطر المسجلة ونتائجها أكثر أهمية وفائدة في الدراسات الهيدرولوجية من المقاييس غير المسجلة، وذلك لكونها تحدد كمية الأمطار المتساقطة على سطح الأرض كما تحدد الشدة المطرية ومدتها. إذ تعمل المقاييس المسجلة على رسم مخططات على أوراق بيانية تكشف حجم التباين في عمق ماء المطر مع الزمن، كما أنها أقل تأثراً بظروف التبخر السطحي. تضم المقاييس المسجلة أنواعاً متعددة من المقاييس والتي من أهمها ما يأتي[5] (شكل 4):

٢٦٥/٧٨

شكل 4 ابرز مقاييس المطر في العالم.



٢٦٥/٧٩

أ- مقياس المطر العائم: ***Float Rain Gauge***

ب- الوعاء الموزون: ***Weighting Bucket Rain Gauge***

ج- الدلو القلاب: ***Tipping Bucket Rain Gauge***

د- الرادار: ***Radar***