

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.836-4
(2009/10)

بخار الماء: الكثافة عند سطح الأرض
والمحتوى الإجمالي لعمود هوائي

السلسلة P
انتشار الموجات الراديوية

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en> حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	
علم الفلك الراديوي	RA
الخدمة الثابتة الساتلية	S
أنظمة الاستشعار عن بعد	RS
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية	SA
تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة	SF
إدارة الطيف	SM
التجميع الساتلي للأخبار	SNG
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني

جنيف، 2010

© ITU 2010

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R P.836-4

بخار الماء: الكثافة عند سطح الأرض والمحتوى الإجمالي لعمود هوائي

(المسألة ITU-R 201/3)

(1992-1997-2001-2001-2009)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية طرائق التنبؤ بكثافة بخار الماء عند سطح الأرض والمحتوى الإجمالي من بخار الماء في عمود هوائي.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه لحساب آثار الانكسار والتوهين الغازي، هناك حاجة إلى معلومات عن كثافة بخار الماء في الجو؛

ب) أن هذه المعلومات ضرورية بالنسبة لكل أجزاء الأرض وكل الفصول،

توصي

1 باستعمال المعلومات المتضمنة في الملحقين 1 و2 في الحسابات العالمية لآثار الانتشار التي تحتاج إلى تقدير لكثافة بخار الماء عند سطح الأرض أو للمحتوى الإجمالي من بخار الماء في عمود هوائي وتغيراتها الفصلية، وذلك إذا لم تتيسر بيانات محلية أدق.

الملحق 1

1 كثافة بخار الماء عند سطح الأرض

إن بخار الماء والأكسجين الجويين يسببان امتصاصاً للموجات المليمترية، خاصة بالقرب من خطوط الامتصاص (انظر التوصية ITU-R P.676). ويعتبر تركيز الأكسجين في الجو ثابتاً فيما يتغير تركيز بخار الماء في الجو بتغير المكان والزمان على السواء.

والقيم السنوية لكثافة بخار الماء عند سطح الأرض، ρ ، بوحدات g/m^3 التي يتم تجاوزها لنسب 0,1 و0,2 و0,3 و0,5 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99% من سنة متوسطة متاحة في صورة خرائط رقمية على موقع الويب للجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية في ملفات بيانات بالنسق SURF_WVxx_v4.TXT، حيث $01 = xx$ و02 و03 و05 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99. والبيانات من 0° إلى 360° في خطوط الطول والعرض. ويتعين استعمال هذه البيانات على التوازي مع صاحبتيها من ملفات البيانات ذات النسق

ESALON1dot125.TXT و ESALAT1dot125.TXT والتي تحتوي على خطوط الطول والعرض للمدخلات المقابلة (نقاط شبكية) في ملفات البيانات SURF_WVxx_v4.TXT. ويمكن اشتقاق كثافة بخار الماء عند سطح الأرض عند أي موقع على سطح الأرض من خلال طريقة الاستكمال الداخلي التالية:

- (أ) تحدد قيمتا الاحتمالين p_{above} (الاحتمال الأعلى) و p_{below} (الاحتمال الأدنى) من قيمة الاحتمال المطلوب من المجموعة 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99%؛
- (ب) بالنسبة للاحتمالين الأعلى والأدنى، تحدد كثافتا بخار الماء عند سطح الأرض، ρ'_1 و ρ'_2 و ρ'_3 و ρ'_4 عند أقرب أربع نقاط شبكية؛
- (ج) باستعمال ملف بيانات للقياس الأعلى لبخار الماء، VSCH_xx_v4.TXT، حيث تقابل xx الاحتمالين p_{above} و p_{below} ، يتم تحديد المقياس الأعلى لبخار الماء عند أقرب أربع نقاط شبكية $vsch_1$ و $vsch_2$ و $vsch_3$ و $vsch_4$ لكل من الاحتمالين p_{below} و p_{above} ؛
- (د) باستعمال التوصية ITU-R P.1511، تحدد الارتفاعات الطبوغرافية alt_1 و alt_2 و alt_3 و alt_4 للنقاط الشبكية الأربع الأقرب؛
- (هـ) لكل نقطة من النقاط الشبكية الأربع الأقرب ولكل احتمال، تحدد كثافة بخار الماء ρ_1 و ρ_2 و ρ_3 و ρ_4 عند الارتفاع المطلوب، alt ، وذلك عن طريق تدرج كثافات بخار الماء ρ'_1 و ρ'_2 و ρ'_3 و ρ'_4 باستعمال العلاقة التالية:

$$(1) \quad \rho_i = \rho'_i e^{-\frac{alt - alt_i}{vsch_i}} \quad \text{for } i = 1, 2, 3, 4$$

(و) تحديد كثافة بخار الماء، p_{below} و p_{above} عند الاحتمالين p_{below} و p_{above} وعند الموقع المرغوب بإجراء استكمال داخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع لكثافة بخار الماء ρ_1 و ρ_2 و ρ_3 و ρ_4 عند النقاط الشبكية الأربع على النحو المبين في التوصية ITU-R P.1144 (الإجراء الخاص بتحديد الكثافتين p_{below} و p_{above} من ρ'_1 و ρ'_2 و ρ'_3 و ρ'_4 مبين في الشكل 1 كمرجع)؛

(ز) تحديد كثافة بخار الماء، ρ ، عند الاحتمال المرغوب، p ، بإجراء استكمال داخلي لكل من p_{below} و p_{above} إزاء الاحتمالين p_{below} و p_{above} بالنسبة إلى الاحتمال p على المنحني الخطي ρ إزاء $\log p$.

يُلاحظ أن الخرائط الرقمية الخاصة ببخار الماء على سطح الأرض تتضمن الرمز NaN (لا يوجد رقم) عندما لا تكون هناك قيمة لكثافة بخار الماء على سطح الأرض تقابل احتمال سنوي معين للتجاوز.

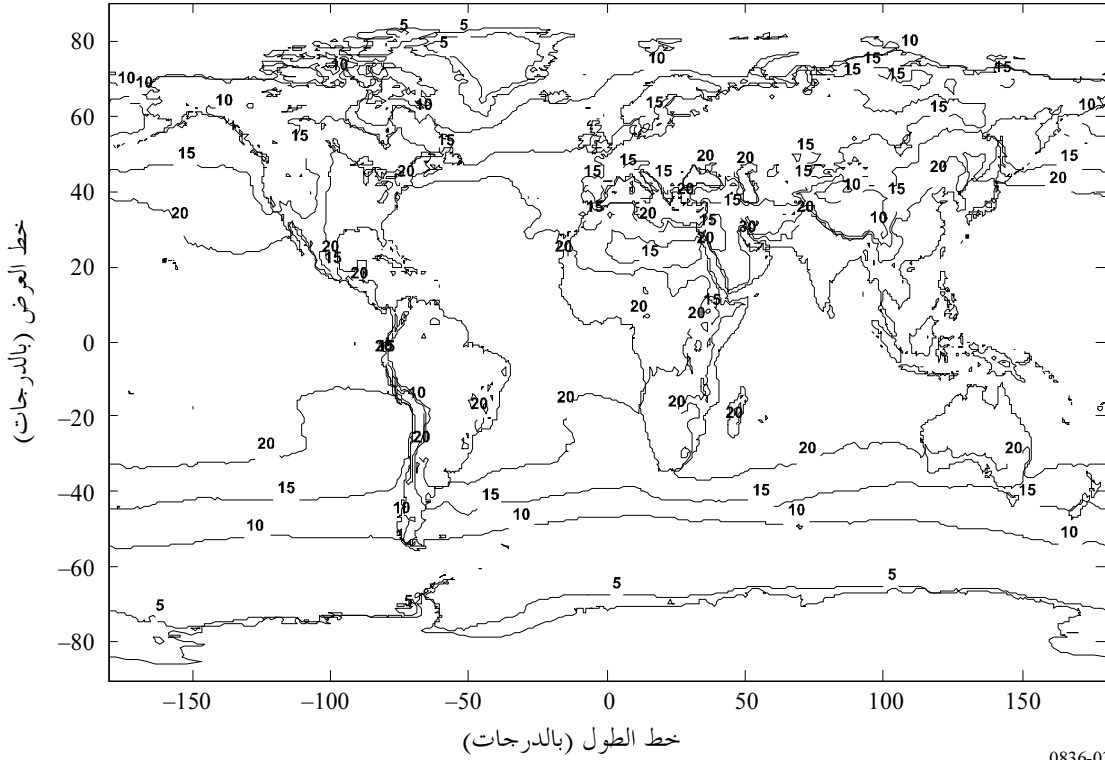
ويرد في الشكل 2 مثال لكفاف ارتفاع مقياس بخار الماء بالنسبة لاحتمال تجاوز مقداره 1%. فيما تقدم الأشكال 3 و 4 و 5 و 6 و 7 و 8 و 9 أمثلة لأكفة الكثافة السنوية المتوسطة لبخار الماء بالنسبة لاحتمالات تجاوز قيمتها 0,1 و 0,5 و 1 و 5 و 10 و 20 و 50%.

وترد في الأشكال 10 و 11 و 12 و 13 أكفة الكثافة المتوسطة الموسمية لبخار الماء. ويُلاحظ أن بيانات المتوسط الموسمي هذه مشتقة من مجموعة بيانات مختلفة عن بيانات المتوسط السنوي.

وترد العلاقات بين كثافة بخار الماء وضغط بخار الماء والرطوبة النسبية في التوصية ITU-R P.453، كمرجع.

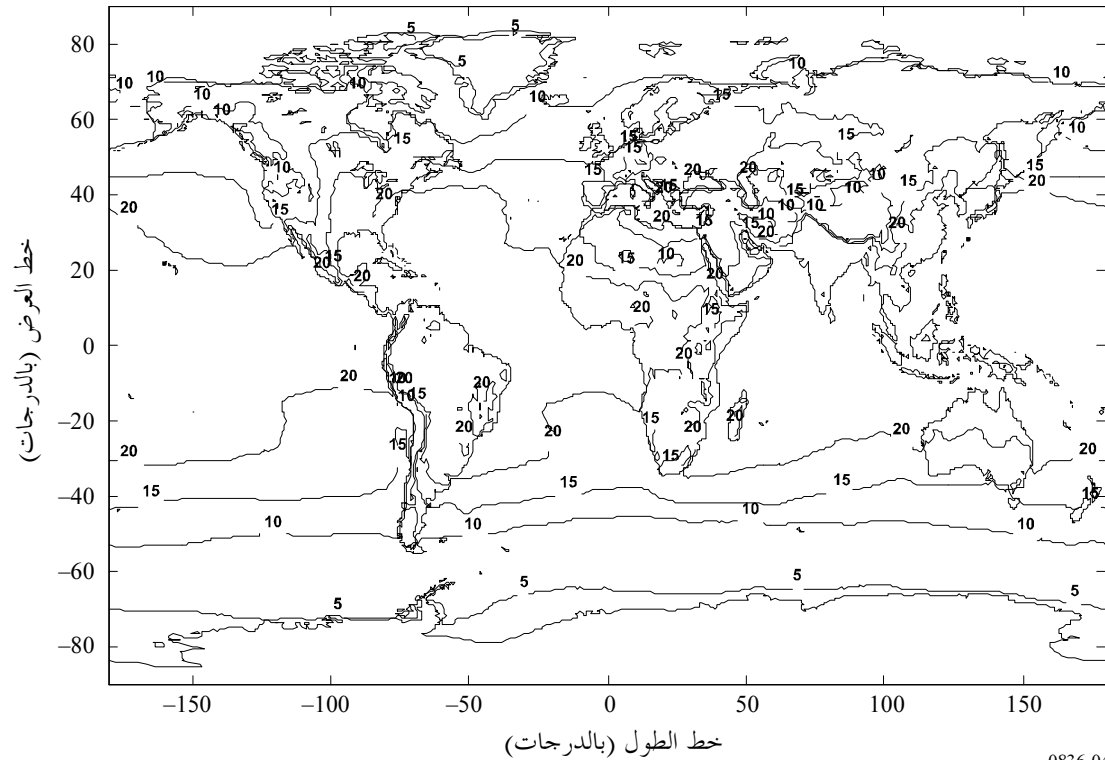
الشكل 3

كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 0,1% من السنة (g/m^3)

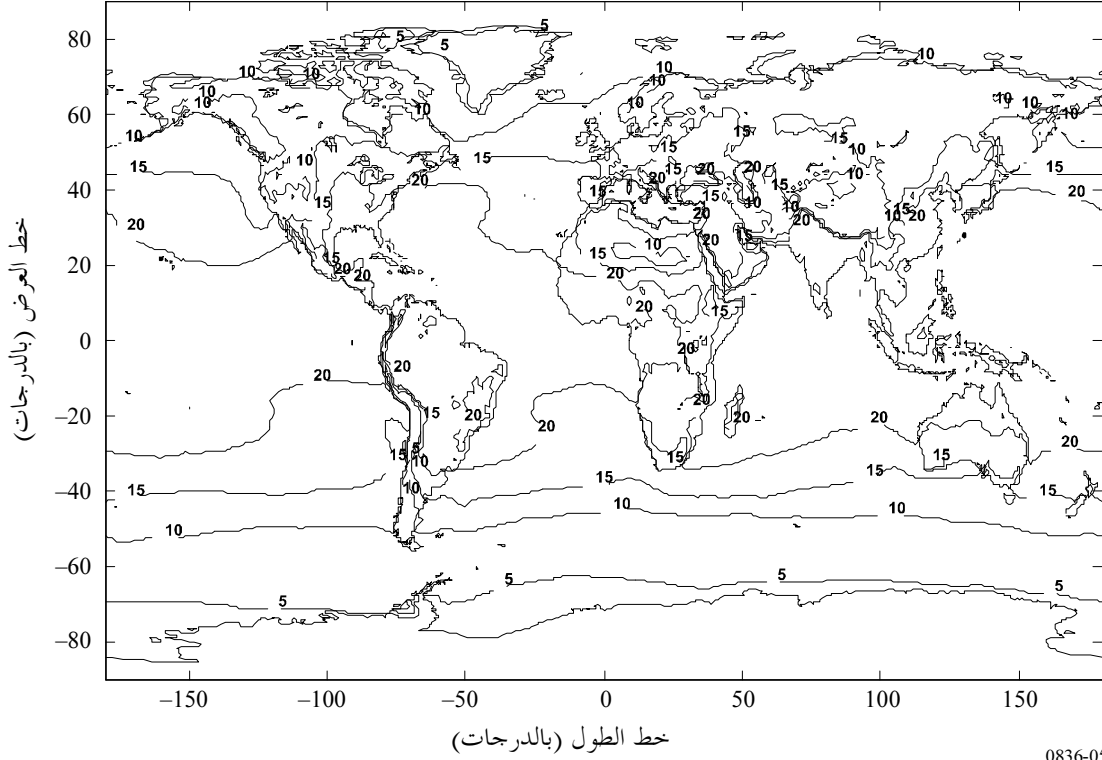


الشكل 4

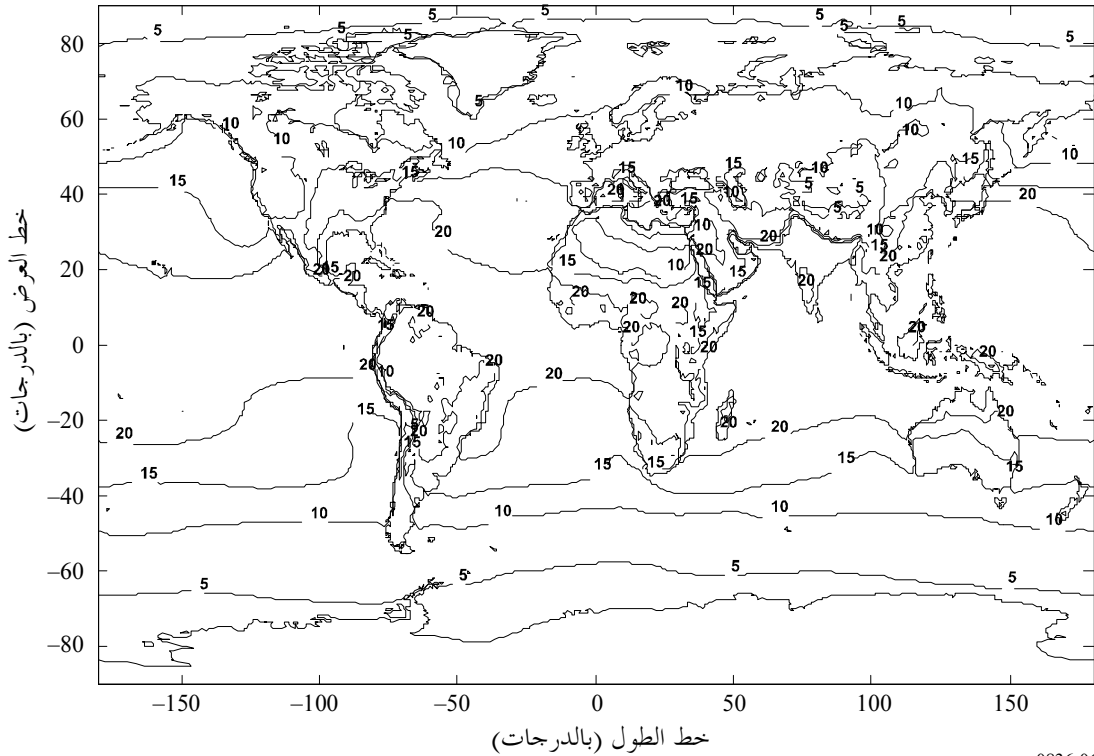
كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 0,5% من السنة (g/m^3)



الشكل 5

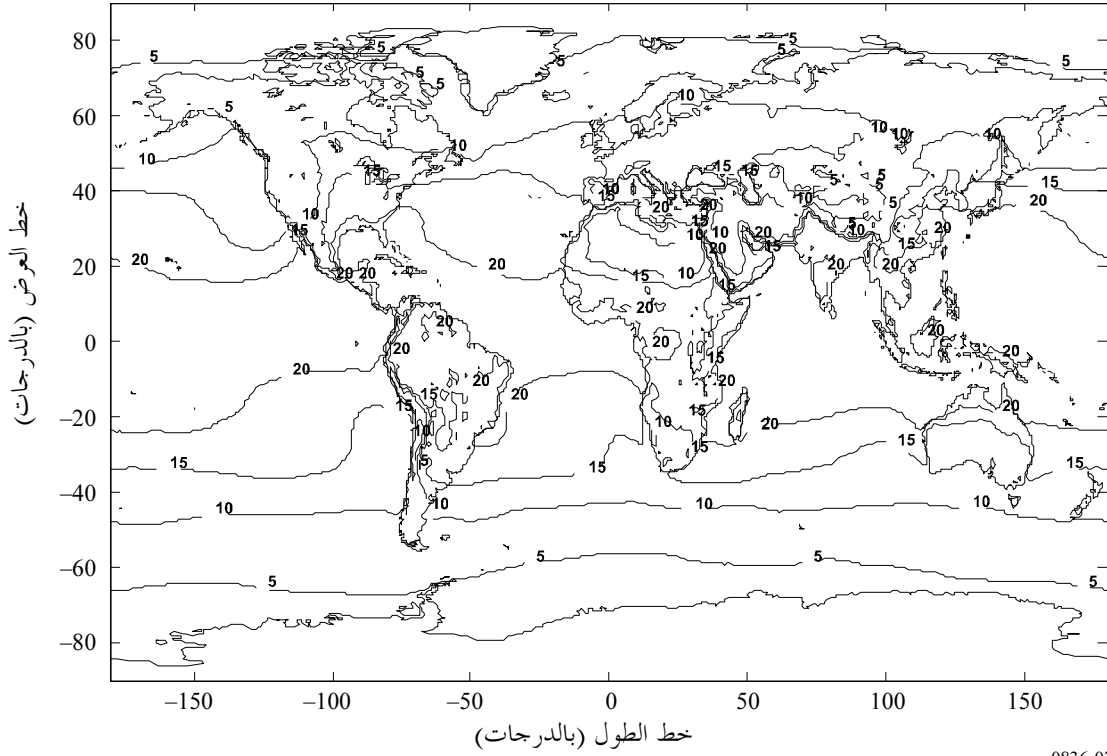
كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 1% من السنة (g/m^3)

الشكل 6

كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 5% من السنة (g/m^3)

الشكل 7

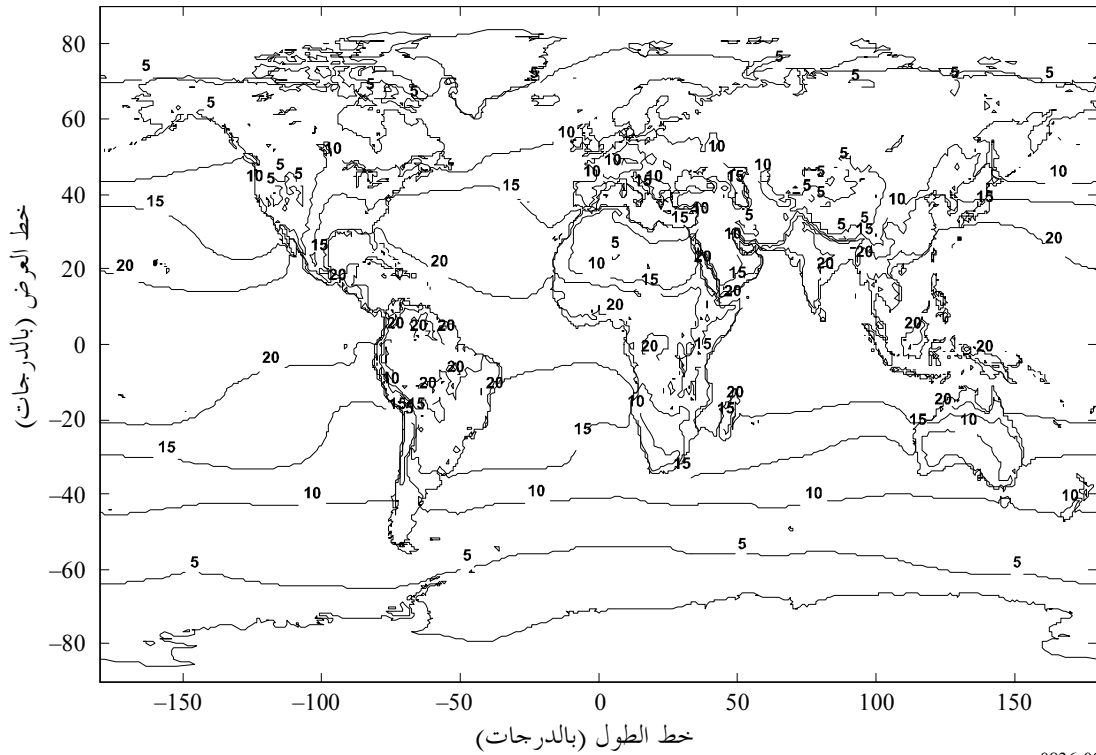
كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 10% من السنة (g/m^3)



0836-07

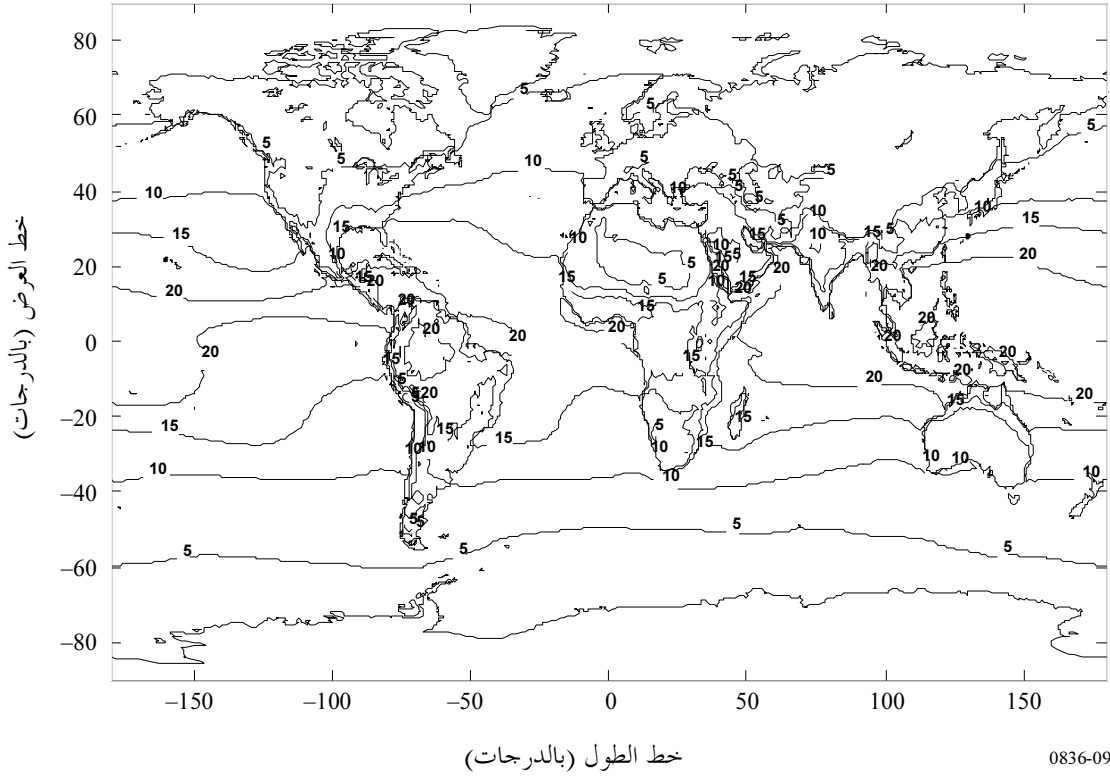
الشكل 8

كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 20% من السنة (g/m^3)

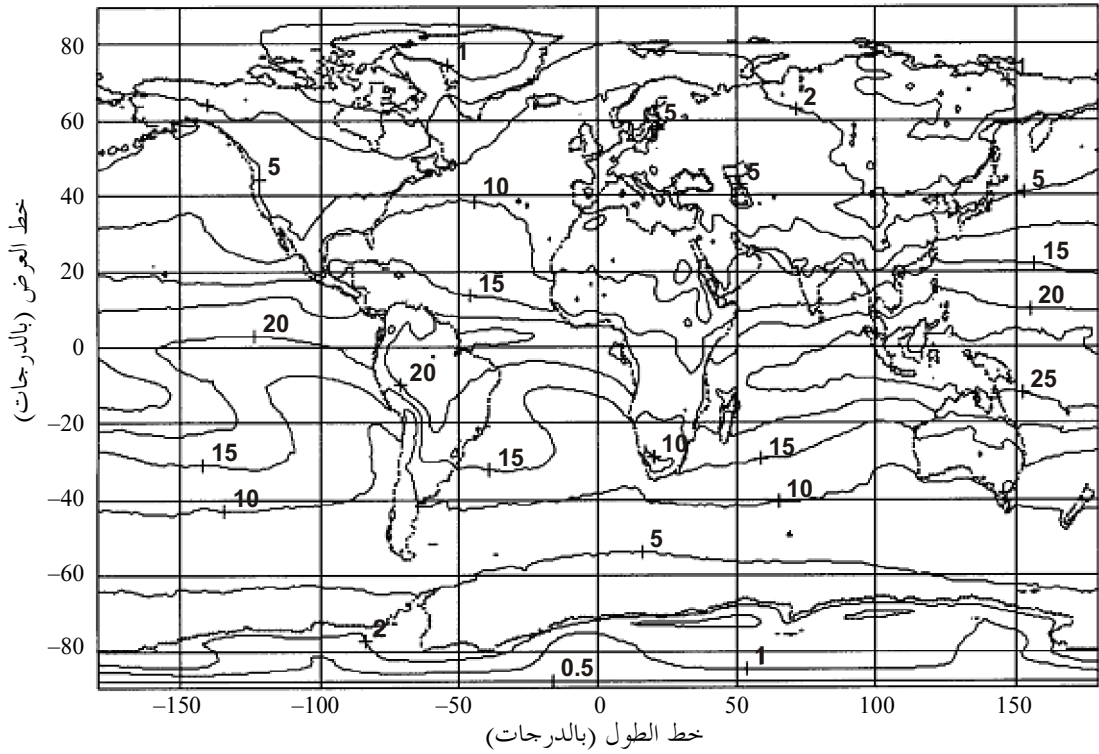


0836-08

الشكل 9

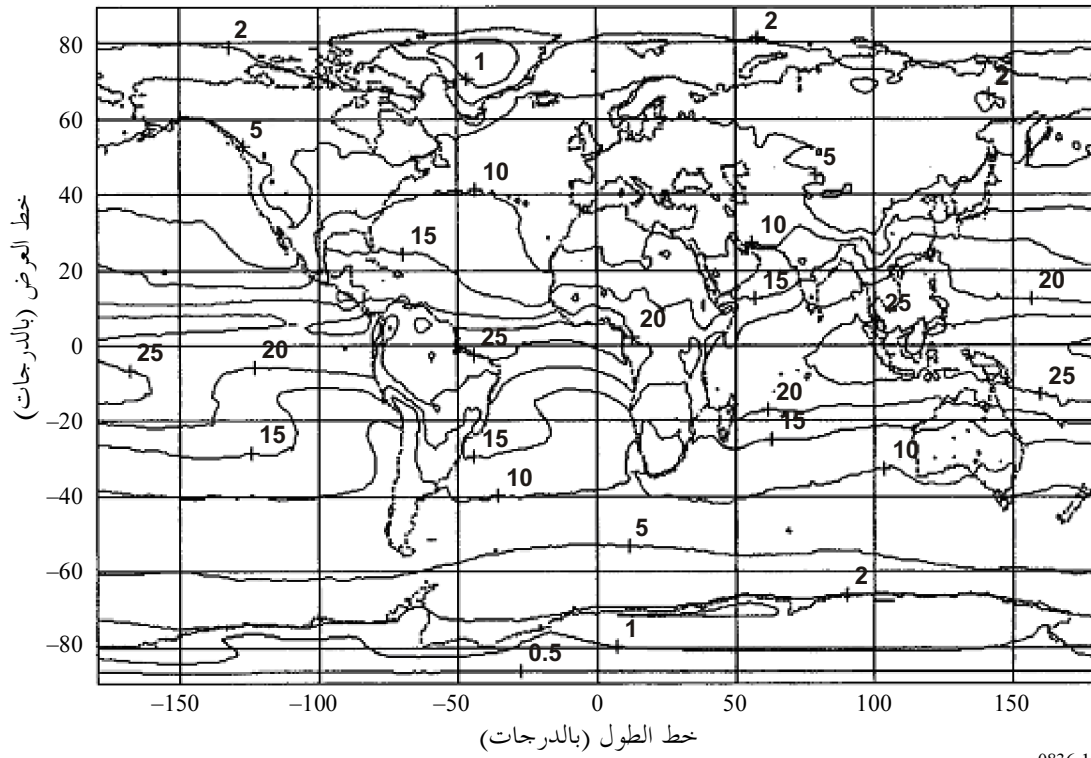
كثافة بخار الماء المتجاورة خلال 50% من السنة (g/m^3)

الشكل 10

ديسمبر، يناير، فبراير: كثافة بخار الماء على سطح الأرض (g/m^3)

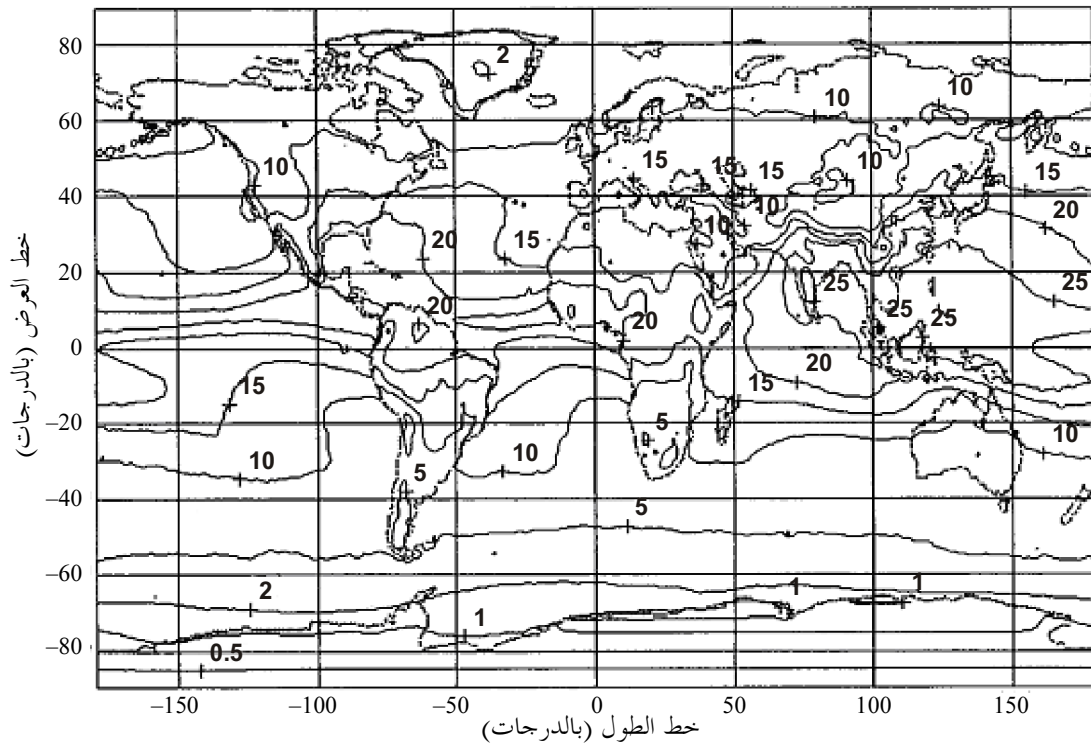
الشكل 11

مارس، أبريل، مايو: كثافة بخار الماء على سطح الأرض (g/m^3)



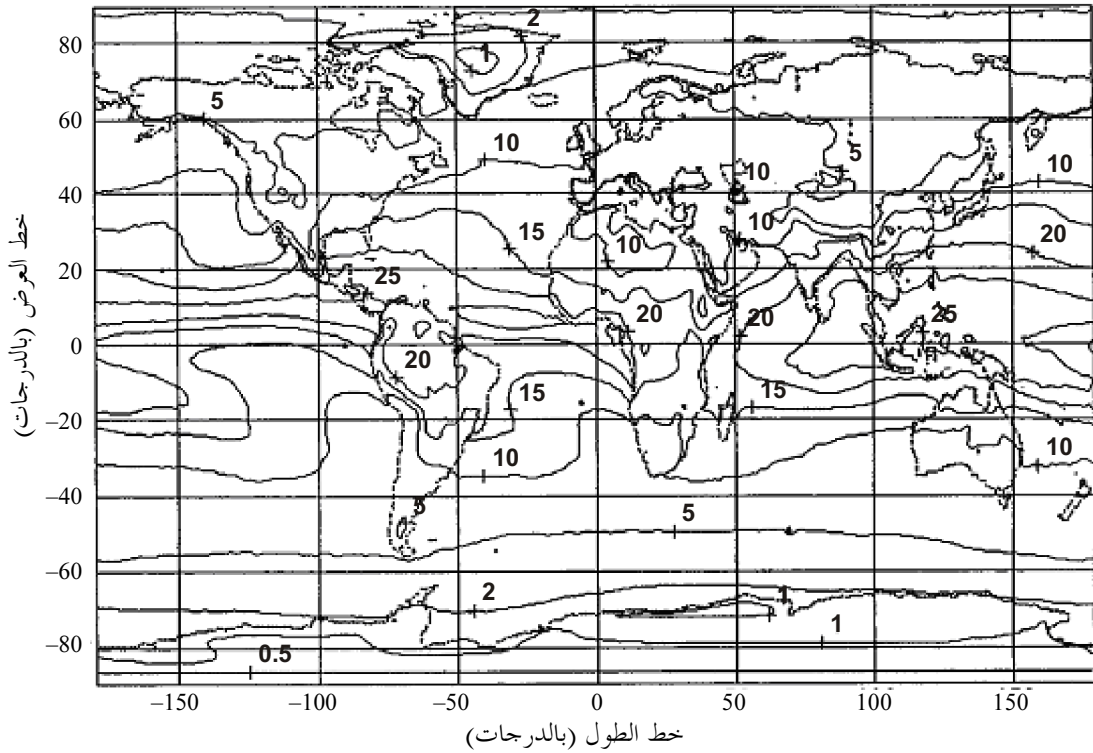
الشكل 12

يونيو، يوليو، أغسطس: كثافة بخار الماء على سطح الأرض (g/m^3)



الشكل 13

سبتمبر، أكتوبر، نوفمبر: كثافة بخار الماء على سطح الأرض (g/m^3)



0836-13

الملحق 2

1 المحتوى الإجمالي من بخار الماء

بالنسبة لبعض التطبيقات، يمكن استعمال المحتوى الإجمالي من بخار الماء عبر مسير ما لحساب طول المسير الزائد وكذلك التوهين الناجم عن بخار الماء في الجو، حيث يفترض أن هذا التوهين يتناسب مع المحتوى الإجمالي من بخار الماء خلال معامل الامتصاص الكتلي الخاص به.

والمحتوى الإجمالي من بخار الماء المعبر عنه بوحدات kg/m^2 ، أو ما يكافئه بوحدات mm من الماء الساقط، يمكن الحصول عليه من خلال عمليات السبر عبر المسبارات الراديوية وقياسات السوائل الملاحية ومراسد القياسات الراديوية. وتتوفر بيانات المسبارات الراديوية على نطاق واسع، بيد أنها تتسم باستبانة زمنية محدودة ولا تطبق إلا على مسيرات السمات. ويمكن استخلاص المحتوى الإجمالي من بخار الماء من القياسات الراديوية على ترددات مناسبة عبر المسير المطلوب.

والقيم السنوية للمحتوى الإجمالي من بخار الماء في عمود هوائي، $V (\text{kg/m}^2)$ ، المتجاوزة لفترات 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99% من السنة متاحة في شكل خرائط رقمية من موقع الويب للجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية في ملفات البيانات ESAWVC_xx_v4.TXT، حيث $xx = 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 2$ و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99. والبيانات مقدمة من 0° إلى 360° في خطوط الطول ومن 90+° إلى 90-° في خط العرض، مع استبانة مقدارها 1,125° لكل من خطوط الطول والعرض. وتستعمل هذه البيانات بالاقتران مع

صاحبتيها من ملفات البيانات ESALON_1dot125.TXT و ESALAT_1dot125.TXT التي تحتوي على خطوط العرض والطول للمدخلات المقابلة (النقاط الشبكية) في ملفات البيانات ESAWVC_xx_v4.TXT. ويمكن اشتقاق المحتوى الإجمالي من بخار الماء عند أي موقع مطلوب على سطح الأرض بإجراء طريقة الاستكمال الداخلي التالية:

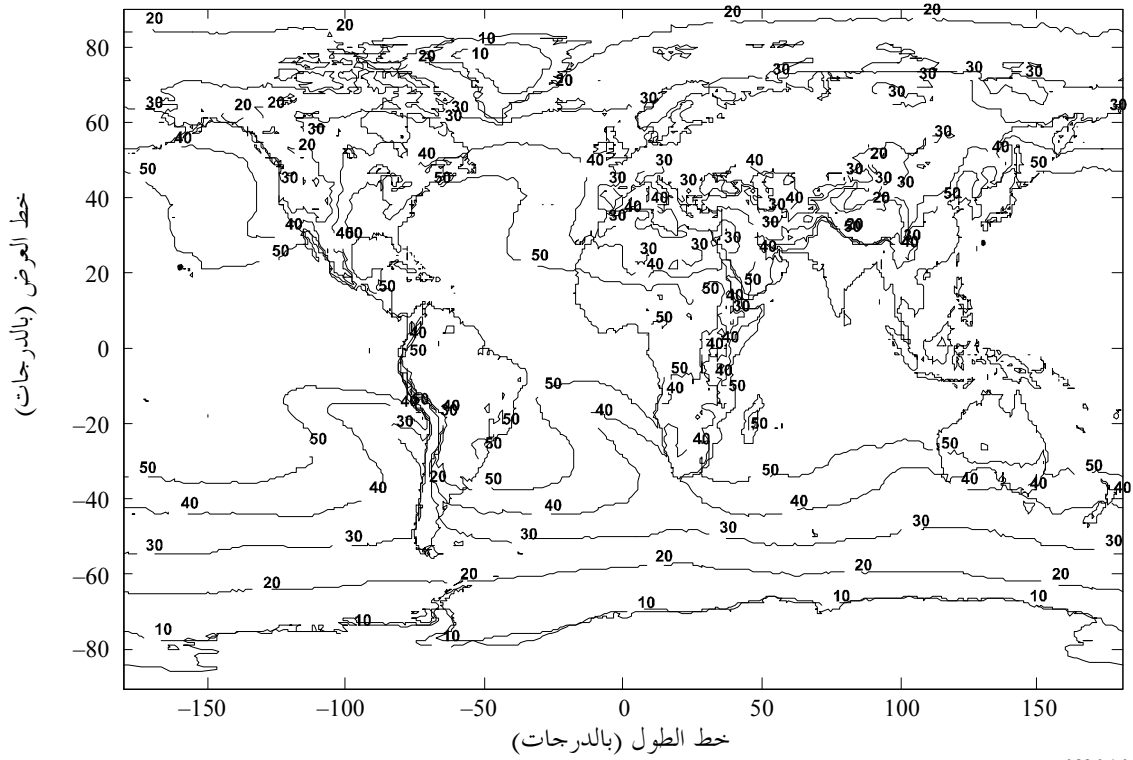
- (أ) تحدد قيمتان للاحتمال p_{below} و p_{above} أكبر وأقل من الاحتمال المطلوب، p ، من المجموعة 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99%؛
- (ب) بالنسبة للاحتمالين p_{below} و p_{above} ، يحدد المحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي، V_1' و V_2' و V_1' و V_4' عند النقاط الشبكية الأربعة الأقرب؛
- (ج) باستعمال ملف بيانات ارتفاع مقياس بخار الماء، VSCH_xx_v4.TXT، حيث xx تقابل الاحتمالين p_{below} و p_{above} ، يحدد ارتفاع مقياس بخار الماء عند النقاط الشبكية الأربعة الأقرب، $vsch_1$ و $vsch_2$ و $vsch_3$ و $vsch_4$ لكل من الاحتمالين p_{below} و p_{above} ؛
- (د) باستعمال التوصية ITU-R P.1511، تحدد الارتفاعات الطبوغرافية alt_1 و alt_2 و alt_3 و alt_4 للنقاط الشبكية الأربعة الأقرب؛
- (هـ) لكل نقطة من النقاط الشبكية الأربعة الأقرب ولكل احتمال يحدد المحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي، V_1 و V_2 و V_3 و V_4 عند الارتفاع المطلوب، alt ، بتدريج المحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي V_1' و V_2' و V_1' و V_4' ، باستعمال العلاقة التالية:

$$(2) \quad V_i = V_i' e^{\frac{alt - alt_i}{vsch_i}} \quad \text{for } i = 1, 2, 3, 4$$

- (و) يحدد المحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي، V_{below} و V_{above} عند الاحتمالين p_{below} و p_{above} عند الموقع المطلوب بإجراء استكمال داخلي ثنائي الخطية للقيم الأربعة للمحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي V_1' و V_2' و V_1' و V_4' ، عند النقاط الشبكية الأربعة على النحو المبين في التوصية ITU-R P.1144 (ويبين الشكل 14 إجراء تحديد V_{below} و V_{above} من V_1' و V_2' و V_1' و V_4' ، وذلك كمرجع)؛
- (ز) يحدد المحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي، V ، عند الاحتمال المطلوب، p ، بإجراء استكمال داخلي لكل من V_{below} و V_{above} مقابل p_{below} و p_{above} بالنسبة إلى الاحتمال p على المنحني الخطي V إزاء $\log p$.
- يلاحظ أن الخرائط الرقمية للمحتوى الإجمالي من بخار الماء في العمود الهوائي تحتوي على الرمز NaN (لا يوجد رقم) عندما لا تكون هناك قيمة للمحتوى الإجمالي من بخار الماء تقابل احتمال تجاوز سنوي معين.
- وترد في الأشكال 15 و 16 و 17 و 18 و 19 و 20 و 21 أمثلة على أكفة للمحتوى الإجمالي من بخار الماء في عمود هوائي بالنسبة لاحتمالات تجاوز 0,1 و 0,5 و 1 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50%.

الشكل 16

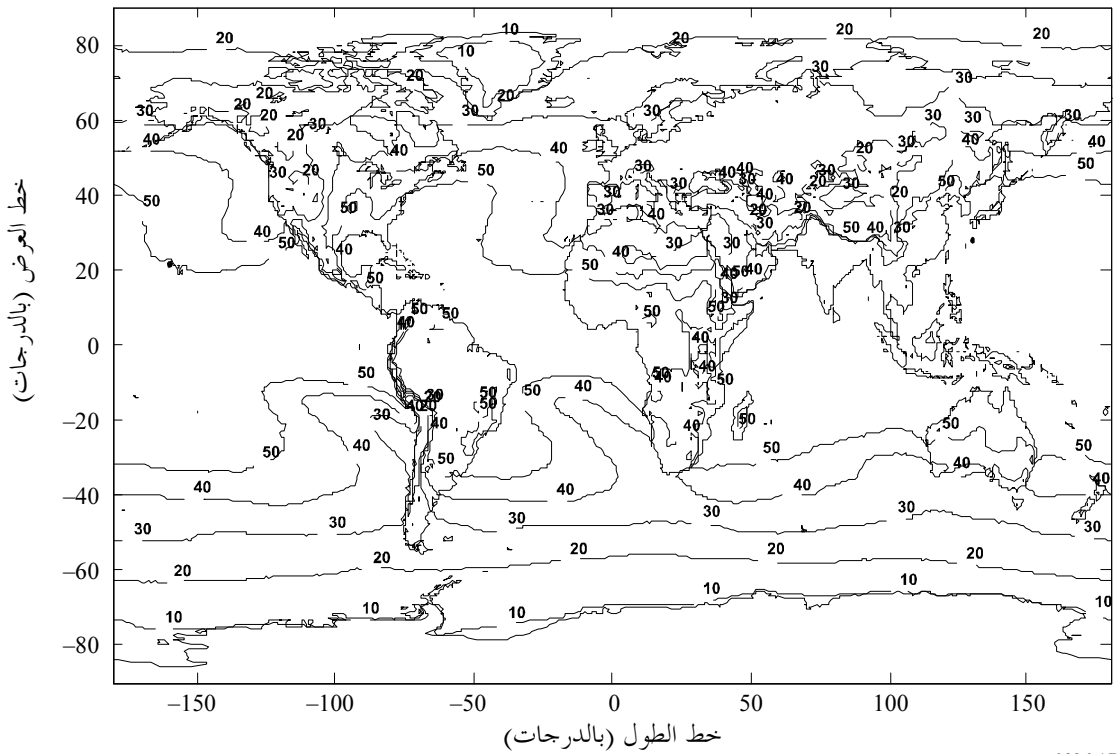
قيمة بخار الماء في العمود الهوائي (kg/m^2) المتجاوزة خلال 0,5% من السنة



0836-16

الشكل 17

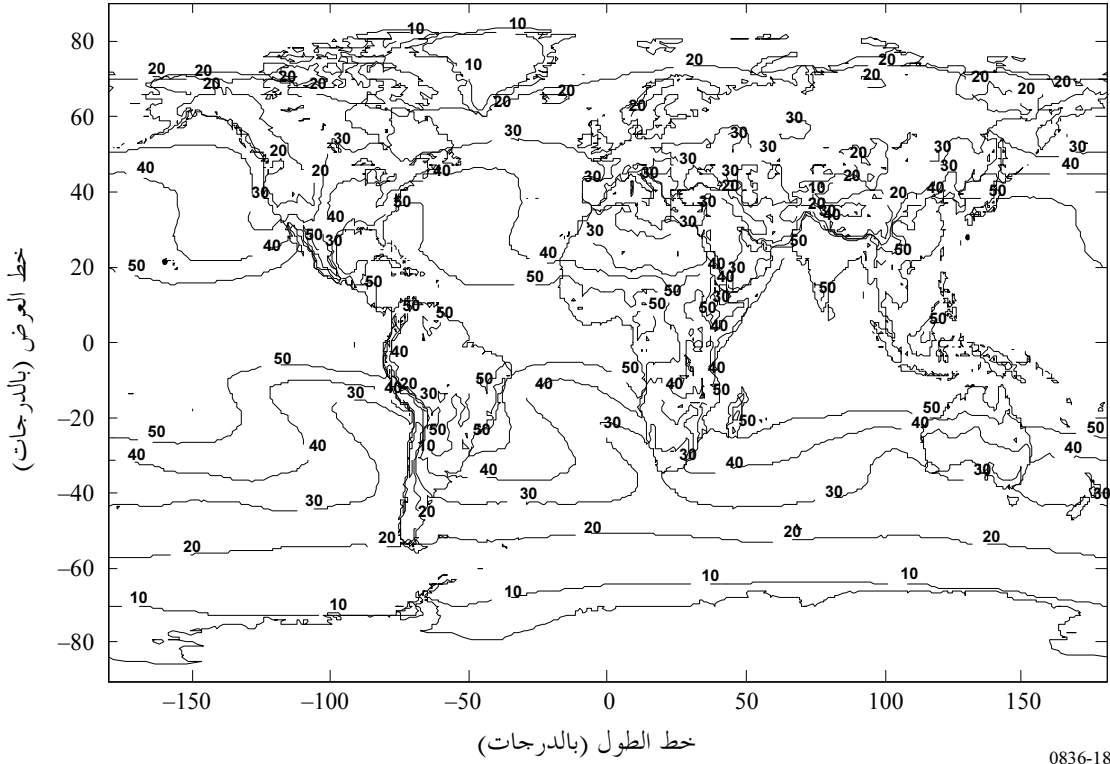
قيمة بخار الماء في العمود الهوائي (kg/m^2) المتجاوزة خلال 1% من السنة



0836-17

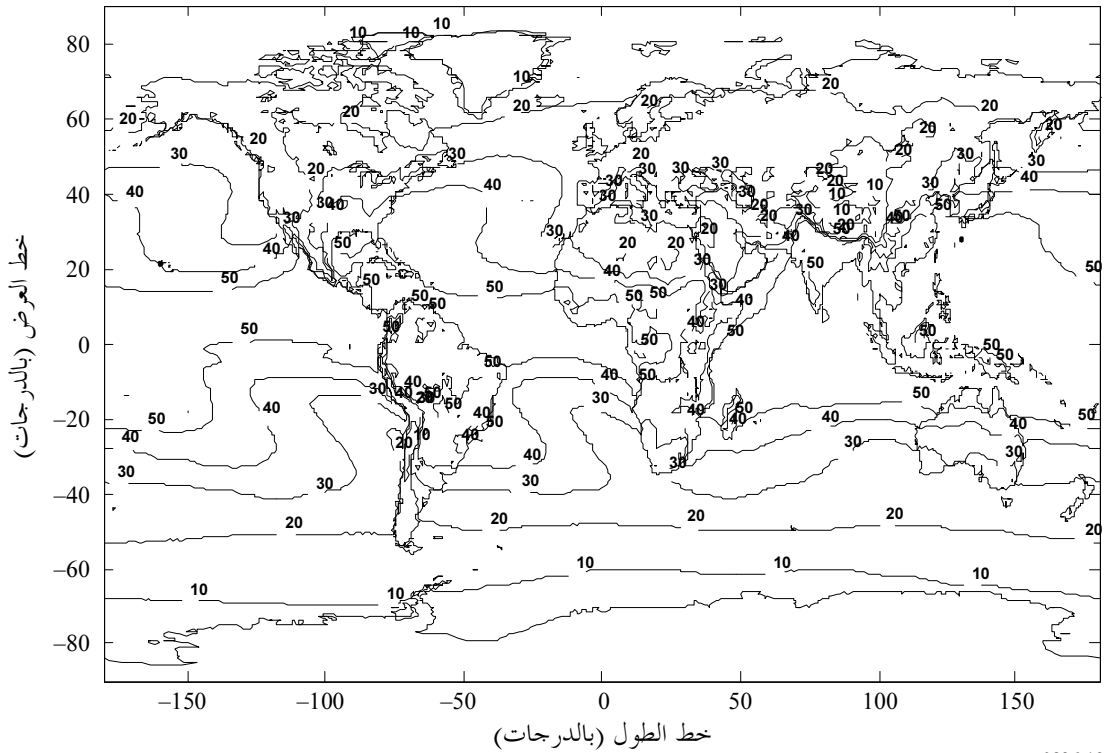
الشكل 18

قيمة بخار الماء في العمود الهوائي (kg/m^2) المتجاوزة خلال 5% من السنة



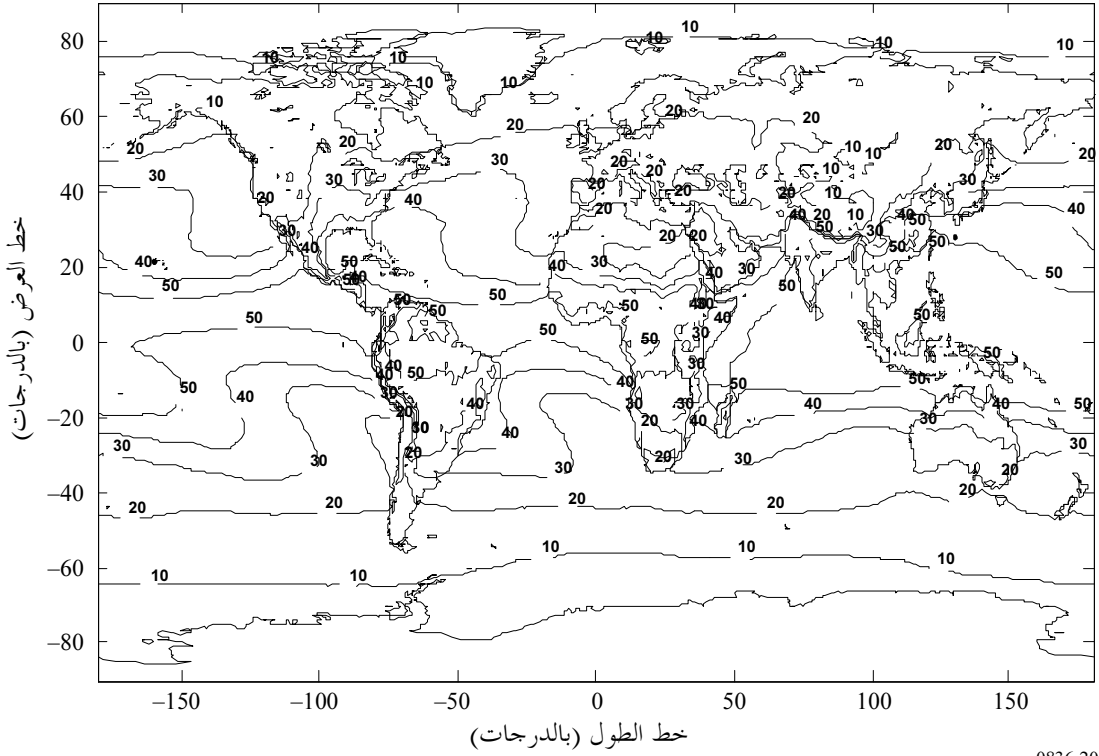
الشكل 19

قيمة بخار الماء في العمود الهوائي (kg/m^2) المتجاوزة خلال 10% من السنة



الشكل 20

قيمة بخار الماء في العمود الهوائي المتجاوزة خلال 20% من السنة (kg/m^2)



الشكل 21

قيمة بخار الماء في العمود الهوائي المتجاوزة خلال 50% من السنة (kg/m^2)

