



UN LIBRARY

JUN 6 1961

Distr.
LIMITED

E/CONF.35/S/98/SUMMARY
16 May 1961
ENGLISH/FRENCH
ORIGINAL: ENGLISH



UN/98 COLLECTION
UNITED NATIONS
CONFERENCE
ON NEW SOURCES
OF ENERGY

CONFÉRENCE
DES NATIONS UNIES
SUR LES SOURCES NOUVELLES
D'ÉNERGIE

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Agenda item/Point de l'ordre du jour:

III.A - Solar energy availability and instruments for measurements:
Radiation data - Networks - Instrumentation

Energie solaire disponible et instruments de mesure:
Données sur le rayonnement - réseaux - instruments

THE ESTIMATION OF MONTHLY MEAN VALUES OF DAILY TOTAL
SHORT WAVE RADIATION ON VERTICAL AND INCLINED SURFACES
FROM SUNSHINE RECORDS FOR LATITUDES 40°N - 40°S

By John K. PAGE

Professor of Building Science in the University of Sheffield,
Great Britain

EVALUATION DES VALEURS MOYENNES MENSUELLES DU
RAYONNEMENT A ONDES COURTES TOTAL DES SURFACES
VERTICALES ET INCLINEES D'APRES LES ARCHIVES
D'ENSOLEILLEMENT POUR LES LATITUDE S 40°N et 40°S

Par Professeur John K. PAGE

Professeur d'architecture de l'Université de Sheffield,
Angleterre

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORKING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUBLISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRESENTE SUR INVITATION A LA CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ENERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT DISTRIBUES COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIES TELS QUE LES AUTEURS LES ONT REDIGES ET LES VUES QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

NOTES

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

THE ESTIMATION OF MONTHLY MEAN VALUES OF DAILY TOTAL SHORT WAVE RADIATION ON VERTICAL AND INCLINED SURFACES FROM SUNSHINE RECORDS FOR LATITUDES 40°N - 40°S.

SUMMARY

- a) A technique for calculating monthly mean values of total daily radiation on inclined surfaces from sunshine data has been proposed.
- b) The first part deals with the calculation of mean values of total radiation on horizontal planes, using the conventional type of regression equation.

$$Q/Q_0 = a + b \frac{n}{N}$$

where Q is the monthly mean daily total radiation Q_0 is the corresponding monthly mean daily radiation outside the atmosphere, a and b are constants which are climatologically $\frac{n}{N}$ is the percentage possible sunshine.

Values of a and b for various tropical stations are given in Table 2, while values of Q_0 may be found in Table 1. It is suggested that the values of a and b should be selected that are representative of the transmission characteristics of the atmosphere in the locality under study.

- c) The second part deals with the separation of the mean horizontal diffuse radiation from the total radiation, using a regression equation of the form

$$D_H/Q = c + d Q/Q_0$$

where D_H is the monthly mean daily diffuse radiation on a horizontal plane where c and d are climatologically determined constants and where Q and Q_0 have the same meaning as before.

The monthly mean value of the daily direct radiation on the horizontal plane $\sum I_D \sin \theta$ may be found from the relation

$$\sum I_D \sin \theta = Q - D_H$$

Values of c and d for various localities may be found in Table 3. It is shown that maximum diffuse radiation occurs when $\frac{n}{N} = 40 - 50\%$.

- d) The third part of this paper deals with the conversion of direct radiation on the horizontal plane to direct radiation on inclined planes. Table 5 contains a series of conversion factors f for latitudes 0 - 40° to convert values of $\sum I_D \sin \theta$ into values of I_s , the direct radiation on slope S .

Factors are given for the following surfaces

- (1) Vertical facing equator,
- (2) Vertical facing pole,
- (3) Vertical facing east or west,
- (4) Vertical facing equator tilted at 45° to horizon,

- (5) Vertical facing equator tilted at angle to horizontal equal to latitude.

These factors are based on radiation curves drawn using standard radiation curve given in Table 4.

- e) The fourth part of this paper deals with the estimation of diffuse radiation on inclined surfaces using the isotropic approximation.

The total radiation on slope S is given by:-

$$\langle (I + D + r) \rangle = \langle I_s + \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right) D_H + \left(\frac{1 - \cos \alpha}{2} \right) r_H$$

where $I_s = I_D \sin \theta$ is the direct radiation on the slope of inclination θ
 $\cos^2 \frac{\alpha}{2} D_H$ is the diffuse radiation from the sky on the slope
 $\sin^2 \frac{\alpha}{2} r_H$ is the diffuse radiation from the ground.

The value of r_H will be equal to YQ , if the ground is not overshadowed, where Y is the total short wave albedo (not visual albedo).

The limitations of the isotropic approximation are discussed and certain empirical correction factors are proposed to take account of orientation.

- f) The need for further field observations is stressed also the fact that the method of analysis is restricted to monthly mean values of possible sunshine and so is not applicable to daily values of sunshine. The accuracy of prediction appears to be of the order of $\pm 5\%$ for monthly means. It is shown that collector orientation for maximum efficiency is influenced very much by the diffuse radiation climate in any locality and it is suggested that attention must be given to the problem of properly utilising this diffuse energy in flat plate collectors, particularly in the humid tropics where half the available energy may be diffuse.

EVALUATION DES VALEURS MOYENNES MENSUELLES DU RAYONNEMENT A ONDES COURTES
TOTAL DES SURFACES VERTICALES ET INCLINEES D'APRES LES ARCHIVES D'ENSO-
LEILLEMENT POUR LES LATITUDES 40° N et 40° S.

par Professeur John K. Page

Professeur d'architecture de l'Université de Sheffield
Angleterre

Résumé

a) On a proposé une technique de calcul des valeurs moyennes mensuelles du rayonnement quotidien total pour les surfaces inclinées, à partir des données obtenues sur le soleil.

b) La première partie du mémoire porte sur le calcul des valeurs moyennes du rayonnement total sur des plans horizontaux, en se servant de l'équation classique de régression:

$$Q/Q_0 = a + b \frac{n}{N}$$

dans laquelle Q est la moyenne quotidienne du rayonnement total sur un mois, Q₀ la moyenne quotidienne moyenne de l'atmosphère extérieure, et a et b des constantes climatologiques, $\frac{n}{N}$ étant le pourcentage du soleil possible.

Les valeurs de a et b pour les divers postes tropicaux sont données à la table 2, tandis que les valeurs de Q₀ seront trouvées à la table 1. On laisse entendre que les valeurs de a et b doivent être choisies pour bien représenter les caractéristiques de transmission de l'atmosphère dans la localité à l'étude.

c)- La deuxième partie porte sur la séparation du rayonnement moyen horizontal diffus du rayonnement total en se servant d'une équation de régression de la forme :

$$D_H/Q = c + d Q/Q_0$$

dans laquelle D_H est le rayonnement diffus quotidien moyen sur un plan horizontal avec c et d des constantes déterminées climatologiquement et où Q et Q_0 ont la même signification qu'auparavant.

La valeur moyenne mensuelle du rayonnement quotidien direct sur le plan horizontal

$$\sum I_D \sin \theta \text{ peut être tirée du rapport } \sum I_D \sin \theta = c - D_H$$

Les valeurs de c et d pour diverses localités peuvent être trouvées à la table 3. On démontre que le rayonnement diffus maximum se produit quand

$$\frac{n}{N} = 40 - 50\%$$

d)- La troisième partie de ce mémoire porte sur la conversion du rayonnement direct sur le plan horizontal en rayonnement indirect sur les plans inclinés. La table 5 contient une série de facteurs de conversion, pour les latitudes $0 - 40^\circ$ pour transformer les valeurs de $\sum I_D \sin \theta$ en valeur de I_s rayonnement direct sur la pente S .

On donne des facteurs pour les surfaces suivantes:

- 1)- Verticale, tournée vers l'équateur
- 2)- Verticale, tournée vers le pôle
- 3)- Verticale, faisant face à l'est ou à l'ouest
- 4)- Verticale, faisant face à l'équateur et inclinée à 45° sur l'horizontale
- 5)- Verticale, faisant face à l'équateur et inclinée d'un angle sur l'horizontale égal à la latitude.

Ces facteurs sont basés sur des courbes de rayonnement établies en se servant de la courbe de rayonnement standard de la figure 4.

e)- La quatrième partie de la communication porte sur les évaluations du rayonnement diffus sur les surfaces inclinées en se servant de l'approximation isotropique.

Le rayonnement total sur la pente S est donné par:

$$\begin{aligned} \sum (I + D + r)s &= \sum I_s + \left(\frac{i + \cos^2 \theta}{2} \right) D_H + \frac{i - \cos^2 \theta}{2} r_H \\ &= f_s \sum I_D \sin \theta + \cos^2 \theta \frac{\sum D_H}{2} + \sin^2 \theta \frac{\sum r_H}{2} \end{aligned}$$

expression dans laquelle $f_s \sum I_D \sin \theta$ est le rayonnement direct sur la pente d'inclinaison,

$\cos^2 \theta \frac{\sum D_H}{2}$ est le rayonnement diffus du ciel sur la pente,

$\sin^2 \theta \frac{\sum r_H}{2}$ est le rayonnement diffus du sol.

La valeur de r_H sera égale à YQ si le sol n'est pas ombragé, dans laquelle Y est l'albedo total à ondes courtes (pas l'albedo visuel).

Les limitations de l'approximation isotropique sont passées en revue et certaines corrections empiriques sont proposées pour tenir compte de l'orientation.

f)- On souligne le besoin d'autres observations sur place, ainsi que le fait que la méthode d'analyse est limitée à des valeurs moyennes mensuelles de l'ensoleillement possible et, de la sorte, ne peut pas s'appliquer à des valeurs quotidiennes. L'exactitude des prédictions semble être de l'ordre de 5% pour des moyennes mensuelles. On démontre que l'orientation du collecteur, pour avoir le maximum de rendement, dépend beaucoup du rayonnement diffus en tous lieux et on suggère qu'on doit s'attacher au problème d'équilibrer convenablement cette énergie diffuse sur des collecteurs à plaque, particulièrement dans les tropiques humides où la moitié de l'énergie disponible doit être diffuse.

