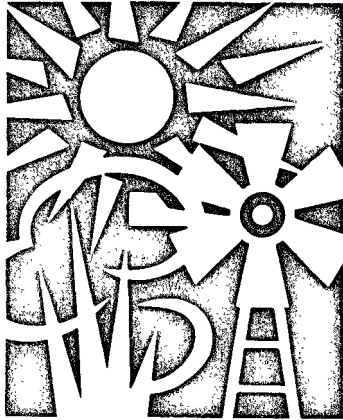




Distr.
LIMITED
E/CONF.35/W/6/Summary
12 April 1961
ENGLISH/FRENCH
ORIGINAL: ENGLISH



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:

II.B.3(a) - Recent developments and potential improvements in wind power utilization: For household and other individual uses

Utilisation de l'énergie éolienne: progrès récents et améliorations possibles: Usages domestiques et autres usages individuels

WIND POWER PLANT IN EILAT

By J. FRENKIEL

Technion - Israel Institute of Technology

LA CENTRALE EOLIENNE D'EILAT

par J. FRENKIEL

Technion - Institut Israélien de Technologie

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 PRÉSENTÉ SUR INVITATION À LA CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ÉNERGIE DES MÉMOIRES QUI SERONT DISTRIBUÉS COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFÉRENCE. CES MÉMOIRES SONT PUBLIÉS TELS QUE LES AUTEURS LES ONT RÉDIGÉS 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.

S U M M A R Y

1. Introduction - Eilat, the southernmost settlement in Israel lying on the Red Sea shore is an excellent example of a new locality in an undeveloped area. When first established in 1949 it was almost 250 km. distant from the nearest inhabited place in Israel, and all the supplies had to be brought either by a dirt track or by air.

Power generation presented one of the more pressing needs, and this was first supplied by a relatively small Diesel generator. The electricity so produced was very expensive due primarily to the exorbitant cost of fuel, and its supply was not continuous. For some purposes it was essential to have a continuous supply of electricity, and wind power was among the alternatives considered. Winds are comparatively strong and steady in Eilat, and it was decided to set up a small wind power plant there.

2. Description of the plant - The plant chosen was the largest available commercially at the time (1952), a 14 ft. diameter 3-kW nominal power 110V D.C. Jacobs unit. The plant was set up on a 12-m high tower erected on a small ridge athwart the prevailing wind direction, at a distance of about 30-m from a wind recording instrument and at the same height. It was equipped with a 150 amp. battery and electrical measuring instruments. In view of the capacity of the battery the charge limit was set at 18 amps, and the voltage limit at 138 volts. The load was provided by two near-by cottages housing government offices with attached living quarters.

The plant was in continuous operation for more than 3 years. During this time wind velocity and direction were recorded, and daily readings were taken of the output of the plant, and the effective electricity consumption.

3. Wind regime in Eilat - is characterized by:

(a) a pronounced seasonal variation, as shown in the following table of monthly mean wind speeds (1954-1957).

Table 1 (s) - MONTHLY MEAN WIND SPEEDS AT EILAT

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mean Wind Speed (Km/hr)	15.5	15.7	16.3	17.9	21.3	21.9	20.7	22.1	23.5	19.3	16.2	15.9

It is seen that there is a flat minimum in winter, and a broad maximum in summer with a slight trough in the middle of it;

(b) a strong diurnal variation, especially in summer, as shown in table 2(s).

Table 2 (s) - RATIO OF THE DIFFERENCE OF MEAN MAXIMUM AND MINIMUM HOURLY WIND SPEED TO MEAN MONTHLY SPEED

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0.45	0.33	0.38	0.40	0.43	0.43	0.60	0.60	0.57	0.53	0.55	0.50

(c) a year-round strongly prevailing wind direction as shown in Table 3(s)

Table 3 (s) - FREQUENCY (IN PER MILLE) OF YEARLY MEAN WIND DIRECTION

Time (G.M.T. +2)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calm
08	617	283	7	2	12	8	8	17	46
14	480	226	22	21	129	61	12	25	24
20	504	132	3	3	40	32	26	126	74

(d) a constancy of yearly wind regime, as shown in Table 4 (s)

Table 4 (s) - YEARLY WIND SPEED AND ENERGY IN THE WIND IN EILAT

Period	Mean wind Speed (km/hr)	Energy in the wind (kWh p.a./sq.m)
1.4.1953-1.4.1954	18.5	1250
1954	19.0	1220
1955	19.4	1300
1956	19.2	(1) ^x
1957	18.1	(1) ^x

(1)^x not computed

4. Performance data - of the plant relate to the period July 1953 - June 1956. During this time the average yearly output - with charge and voltage limiting devices operating - was 4200 kWh equivalent to 1680 kWh per kW installed or 294 kWh per square meter of the swept area of the propellor. The latter figure approaches that achieved by the 17.5 m diameter 50 kW Smidth aerogenerators during the years 1941-1944 when working in parallel with local D.C. Danish grids in wind regimes characterised by the mean wind speed of 6 m/sec, (as against mean wind speed of 5.3 m/sec in Eilat), and is far superior to any known published performances of D.C. wind units operating individually. However, of the 4200 kWh produced yearly only 2750 kWh (or 65.5%) were actually consumed; the remainder of 1450 kWh (or 34.5%) must be regarded as loss incurred during battery charging.

Monthly outputs varied from 184 kWh to 524 kWh (with charge limiting device operating) and 650 kWh (with charge limited only by the battery voltage) while the maximum daily output was 47.6 kWh (for 27 hours).

Whereas during calm winter months the output was near the plant capacity, during windy summer months it was 50 p.c. of the capacity, limited as it was by the insufficient consumption. Not surprisingly, the highest daily output was achieved on a windy winter day, with the battery almost empty. It is noteworthy that there was not a single day during the operation of the plant in which at least some output was not registered.

5. Economic analysis - The price of Eilat plant, including the batteries was about \$ 2500 or \$ 1000 per kW installed. Assuming 8 p.c. interest rate, the 15-year life-time of the plant excluding the battery and the 5-year life-time of the battery, it is found that the price of 1 kWh produced was about \$ 0.10 and that of 1 kWh consumed about \$ 0.15. As against this a 2.5 kW Diesel set would have cost about \$ 800. To give service equivalent to that of the wind power plant at Eilat, it would have to be in operation (mostly partial) at least for 4000 hours yearly, and consequently would have to be fully depreciated in 3 years. With high prices of fuel prevailing in Eilat at the time of the operation of wind power plant, the price of electricity so produced (and consumed) would have amounted to \$ 0.18 per kWh. With present, lower prices of fuel, it would still amount to \$ 0.17. Both the price of wind-and Diesel-generated electricity do not take into consideration the maintenance costs which tip the balance even farther in favour of wind-power plants.

6. Conclusion - In any undeveloped area whenever small quantities of electricity (of the order of 10,000 kWh yearly or less) are required and the mean wind speed is about 5 m/sec (18 km/hr) or more there is a definite advantage in using wind power units over Diesel generators.

LA CENTRALE EOLIENNE D'EILAT

par J. Frenkiel
Technion - Institut Israélien de Technologie

Résumé

1. INTRODUCTION

Eilat, qui est le centre le plus méridional d'Israël, en ce sens qu'il se trouve sur la côte de la Mer Rouge, offre un excellent exemple d'un nouvel établissement situé dans une région dont le développement est à poursuivre. Quand la ville fut fondée, en 1949, elle se trouvait à près de 250 km. du plus proche autre centre de population d'Israël, et toutes les fournitures devaient y être amenées, soit par un chemin de terre, soit par avion.

La force motrice était l'un de ses besoins les plus pressants et la fourniture en fut assurée, au début, par un groupe électrogène à moteur diesel relativement petit. L'électricité ainsi produite était très coûteuse en raison, au premier chef, du prix exorbitant du combustible, et elle n'était pas fournie de façon continue. Or, il était essentiel de disposer d'une telle source d'électricité et l'énergie éolienne était la solution envisagée pour ce problème. Les vents sont relativement forts et soutenus à Eilat, et on décida d'y organiser une petite centrale à énergie éolienne.

2. DESCRIPTION DE LA CENTRALE

Le groupe était le plus puissant en production commerciale à l'époque (1952) étant constitué par un appareil de Jacobs de 14 pieds de diamètre (4,20m), débitant 3 kW de puissance nominale sous 110 V en courant continu. On l'installa sur une tour de 12 mètres de haut érigée sur une petite crête,

à angle droit avec la direction des vents les plus communs et à une distance de 30 mètres d'un anémographe ayant même cote. Elle fut dotée d'une batterie d'accumulateurs de 150 ampères/heure et d'instruments électriques de mesure. Eu égard à la capacité de la batterie, on fixa la limite de charge à 18 ampères et celle de la tension à 138 V. La charge était constituée par deux petites maisons situées non loin de la centrale, qui abritaient les bureaux du gouvernement, avec les locaux d'habitation y afférents.

Le groupe électrogène fonctionna de manière continue pendant plus de trois ans. Au cours de ce temps, on enregistra la vitesse et la direction du vent et on procéda à des lectures quotidiennes du débit de courant de la centrale et de la consommation effective d'électricité.

3. REGIME DES VENTS A EILAT

Il se caractérise par :

(a) une variation saisonnière marquée, ainsi que l'indique la table suivante, donnant les vitesses moyennes du vent pendant un mois (1954 - 1957).

TABLE I (s) Vitesse moyenne mensuelle du vent à Eilat

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse moyenne du vent en km/h	15,5	15,7	16,3	17,9	21,3	21,9	20,7	22,1	23,5	19,3	16,2	15,9

On observera qu'il y a un minimum en plateau pendant l'hiver et un maximum en plage étalée en été, avec une légère dépression en son milieu ;

(b) On note également une variation diurne sensible, particulièrement pendant l'été, ainsi que l'indique la table 2 (s).

TABLE 2 (s) Rapport entre l'écart au maximum et du minimum horaire moyen de la vitesse du vent sur la moyenne mensuelle

Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0.45	0.33	0.38	0.40	0.43	0.43	0.60	0.60	0.57	0.53	0.55	0.50

(c) On observe, sur toute l'année, une direction nettement préférée par les vents, ainsi que l'indique la table 3 (s).

TABLE 3 (s) Fréquence (en parties par mille), de la direction moyenne annuelle du vent

Heure (G.M.T. + 2)	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme
08	617	283	7	2	12	8	8	17	46
14	480	226	22	21	129	61	12	25	24
20	504	132	3	3	40	32	26	126	74

(d) On observe une constance du régime annuel des vents, ainsi que le révèle la Table 4 (s)

TABLE 4 (s) Vitesse annuelle du vent et énergie éolienne à Eilat

Période	Vitesse moyenne du vent (km / h)	Energie du vent (kWh. p.a./ m ²)
1.4.1953- 1.4.1954	18.5	1250
1954	19.0	1220
1955	19.4	1300
1956	19.2	(1) ^x
1957	18.1	(1) ^x

(1) x valeurs non calculées

4. DONNEES SUR L'EXPLOITATION

Elles s'appliquent à la période allant de juillet 1953 - à juin 1956. Pendant cette période, le débit annuel, les limiteurs de charge et de tension étant en service, s'est établi à 4.200 kWh., soit 1.680 kWh. par kilowatt installé ou 294 kWh. par m² de surface balayée par les pales de l'éolienne. Ce dernier chiffre est voisin de celui qui a été réalisé par les aéromoteurs de 17,5 mètres de diamètre et de 50 kW du modèle Smidth durant les années 1941 - 1944 lorsqu'ils fonctionnaient en parallèle avec les réseaux de distribution danois en courant continu, par des régimes de vent caractérisés par une vitesse moyenne de 6 m/sec. (contre 5,3 m/sec. à Eilat) valeur très supérieure à tout autre résultat publié pour des aéromoteurs à courant continu fonctionnant individuellement. Néanmoins, des 4.200 kWh. produits annuellement, on ne consuma en réalité que 2.750 soit 65,5% ; le reste, soit 1.450 kWh. (34,5%), doit être considéré comme une perte subie pendant le chargement de la batterie.

Les débits mensuels ont varié entre 184 kWh. et 524 kWh. (avec un dispositif limiteur de charge en fonctionnement) ou 1650 kWh. (la charge n'étant limitée que par la tension de la batterie), tandis que le débit maximum quotidien s'établissait à 47,6 kWh. pour 27 heures.

Alors que, pendant les mois calmes d'hiver, le débit était voisin de la capacité de la centrale, il ne dépassa pas 50% de cette dernière pendant les mois d'été, où les vents soufflent beaucoup, en raison des limites imposées par l'insuffisance de la demande. Chose surprenante, le débit quotidien maximum fut réalisé un jour d'hiver où le vent soufflait fort, la batterie étant alors presque déchargée. Il est à observer qu'il n'y eut aucun jour, pendant la période de fonctionnement de l'usine, pendant lequel on n'enregistrât pas au moins un certain débit.

5. ANALYSE ECONOMIQUE

Le coût d'installation de la centrale d'Eilat, y compris celui des batteries, était de l'ordre de 2.500 dollars ou 1.000 dollars par kW installé. Si on prend un taux d'intérêt d'environ 8% et une durée de service de quinze ans pour la centrale, à l'exclusion de la batterie, dont la vie utile peut être prise comme devant être de cinq ans, on calcule que le prix du kWh produit ressort à environ \$0,10 et celui du kWh. consommé à \$0,15. Un groupe électrogène à moteur diesel de l'ordre de 2,5 kW aurait coûté environ 800 dollars. Pour rendre les mêmes services que ceux de la centrale éolienne d'Eilat, il aurait fallu qu'il fonctionne (partiellement en général) 4.000 heures par an au minimum et, en conséquence, on aurait dû l'amortir complètement en trois ans. Compte tenu du prix élevé du combustible à Eilat au moment où fonctionnait la centrale éolienne, le prix de l'électricité ainsi produite (et consommée) se serait élevé à \$0,18 par kWh. Avec la réduction des prix du combustible dont on bénéficie actuellement, il serait encore de \$0,17. Ni le prix de revient de l'électricité produite par la centrale éolienne, ni celui du courant fourni par le groupe électrogène à diesel ne tiennent compte des frais d'entretien qui font pencher la balance encore davantage vers les centrales éoliennes.

6. CONCLUSIONS

Dans toute région à développer, chaque fois qu'il est besoin de petites quantités d'électricité (de l'ordre de 10.000 kWh. par an ou moins) et que la vitesse moyenne du vent est de 5m/sec. à peu près (18 km/h.) ou davantage, il est nettement avantageux de faire usage de centrales éoliennes plutôt que de groupes électrogènes à moteur diesel.