

CENTRALE ORGANISATIE

VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

INSTITUUT VOOR TOEGEPAST BIOLOGISCH ONDERZOEK IN DE NATUUR

EEN METHODE TER  
BEPALING VAN DE  
SCHADUWBREEDTE

*Bl*  
MEDEDELING No. 4

TEVENS PUBLICATIE VAN HET KONINKLIJK  
NEDERLANDSCH METEOROLOGISCH INSTITUUT  
TE DE BILT  
(MEDEDELINGEN EN VERHANDELINGEN  
No. 52, 1946)

INSTITUUT VOOR  
TOEGEPAST BIOLOGISCH  
ONDERZOEK IN DE NATUUR



EEN METHODE TER BEPALING VAN HET DAGELIJKSCH  
VERLOOP VAN DE BREEDTE VAN DE SCHADUW IN VER-  
BAND MET DEN TIJD VAN HET JAAR EN DE ORIENTATIE  
VAN HET BESCHADUWENDE OBJECT

DOOR R. J. V. D. LINDE EN J. P. M. WOUDEBERG.

Bij de uitwerking van de gegevens van een onderzoek naar den invloed van houtwallen op het micro-klimaat van hun omgeving, hadden wij behoefte aan een methode, waarmede de schaduwbreedte naast iederen willekeurigen houtopstand zou kunnen worden bepaald op ieder moment van den dag en op elken dag van het jaar, zonder directe waarnemingen in het terrein.

Reeds had Geiger<sup>1)</sup> een methode hiervoor aangegeven, doch de bewerking is tamelijk omslachtig, daar men genoodzaakt is, steeds tabellen voor den zonnestand te raadplegen.

Wij vonden een methode om dit te vereenvoudigen, waardoor de bepaling van de schaduwbreedte uitsluitend een grafische bewerking is geworden.

Hiervoor moeten wij over de volgende gegevens beschikken:

- 1e. De stand van de zon op ieder moment van den dag gedurende het geheele jaar.
- 2e. De mogelijke standen van de zon t.o.v. den houtopstand bij een bepaalde breedte van de schaduw.
- 3e. De breedte van de schaduw wordt vanzelfsprekend eveneens bepaald door de hoogte van de heg. Wanneer echter de schaduwbreedte van den houtopstand uitgedrukt wordt in de hoogte, hebben wij dit gegeven niet nodig.

Het verkrijgen van de gegevens, genoemd onder punt 1, is een eenvoudige zaak, daar de astronomen hierover nauwkeurige gegevens bezitten.

Met behulp van deze gegevens zijn de figuren 1a en 1b vervaardigd. Hierin zijn uitgezet het zons-azimuth en de zonshoogte voor de geografische breedte van Amsterdam voor ieder moment van den dag voor het geheele jaar.

Voor andere breedten dienen nieuwe figuren samengesteld te worden. Daar echter het breedteverschil in ons land zeer gering is en bovendien geen nauwkeurigheid in seconden wordt vereischt, zijn de figuren 1a en 1b voor het geheele land te gebruiken.

Er dient echter rekening gehouden te worden met den waren tijd, waardoor nog een correctie voor de tijdvereffening (verschil tusschen middelbaren en waren tijd) moet worden aangebracht. Hierdoor worden de uurlijnen S-vormig gebogen. Omdat deze lijnen bij rijzenden en dalenden zonnestand verschillend zijn, moesten twee figuren worden samengesteld. Figuur 1a geldt voor winter en voorjaar, fig. 1b voor zomer en herfst. In deze grafieken is door interpolatie op ieder gewenscht tijdstip de plaats van de zon af te lezen.

<sup>1)</sup> Geiger R. Die Beschattung am Bestandesrand. Fw. Centralblatt. 57. 789—794. 1935.

Het tweede gegeven krijgen wij als volgt: noemen wij de zonshoogte  $\alpha$  (in graden), de hoek tusschen de projectie van de lichtstralen op het horizontale vlak en de loodlijn op den houtwal  $\beta$ , de schaduwbreedte  $s$  en de hoogte van den houtopstand  $h$ , dan is

$$s/h = \cotg \alpha \cos \beta.$$

In figuur 2 zijn lijnen van gelijke  $s/h$  geteekend. Zij geven de meetkundige plaats aan, waar de zon t.o.v. den houtopstand kan staan om een bepaalde schaduwbreedte te geven.

Op welke momenten deze schaduwbreedten, uitgedrukt in de hoogte van het beschaduwende object, verwezenlijkt worden, kunnen wij zien, wanneer de figuren 2 en 1a of 1b op elkaar gelegd worden. Daarom is figuur 2 op doorzichtig papier afgedrukt.

Al naar de orientatie van den houtopstand moet men figuur 2 steeds op een andere wijze op figuur 1 leggen. Dit geschiedt zoo, dat de middellijn van figuur 2 samenvalt met den normaal op den houtwal. De richting van den normaal neemt men zoodanig dat deze tegenovergesteld is aan de zijde, waarlangs men de schaduw wil bepalen. De bases van beide grafieken komen op elkaar te liggen. Wanneer men dus de beschaduwing wil weten aan de NO-zijde van een NW-ZO verloopenden wal, dan legt men die middellijn op ZW.

Nu kiese men in de eerste grafiek de zonsbaan van de desbetreffende datum en men bepale de snijpunten van deze lijn met de  $s/h$  lijnen. In die snijpunten worden dus de corresponderende verhoudingen  $s/h$  verwezenlijkt. Het tijdstip hiervoor kan men mede aflezen.

Het zal wel duidelijk zijn, dat deze methode slechts dan betrouwbare uitkomsten geeft, wanneer de grond voldoende vlak en de houtopstand regelmatig is. Ideaal is de methode alleen bij een schutting of gladgeschoren heg met volkomen horizontalen bovenrand en een horizontaal vlak.

Ook bij de bepaling van de beschaduwing door een regelmatig gebouwd huis of iets dergelijks zal de methode goede diensten kunnen bewijzen.

Bij wijze van voorbeeld is in figuur 3 het bovengenoemde geval voor eenige dagen in het jaar uitgewerkt.

In deze figuur is op de abscis de tijd van den dag en op de ordinaat de schaduwbreedte aan beide zijden van den houtopstand uitgezet. Ter onderscheiding van deze beide zijden van den houtopstand kan men de schaduwbreedte een teeken geven. Positief moet men dan de schaduw noemen aan die zijde van den houtopstand, waar het werkterrein gelegen is. Volgens de bovenbeschreven werkwijze bepaalt men steeds de schaduw met het positieve teeken. De negatieve bepaalt men door fig. 2 180 graden te verleggen.

In het bovenstaande geval heeft de schaduwkromme slechts één positief en één negatief deel. In fig. 4 is de beschaduwing door een Oost-West verloopenden houtwal voorgesteld voor den langsten dag. In dit geval verandert de schaduw per dag twee maal van teeken en is achtereenvolgens, alnaar de zijde, waar men zich bevindt, positief, negatief en positief, of negatief, positief en negatief.

# A METHOD FOR DETERMINING THE DAILY VARIATION IN WIDTH OF THE SHADOW IN CONNECTION WITH THE TIME OF THE YEAR AND THE ORIENTATION OF THE OVERSHADOWING OBJECT

BY R. J. v. D. LINDE AND J. P. M. WOUDEBERG.

For the study of the data of an investigation into the influence of shelterbelts on the micro-climate of their surroundings, we needed a method for determining the width of the shadow near a belt or hedge at any moment of the day and on any day of the year, without making direct observations in the field.

Geiger<sup>1)</sup> already gave a method for this purpose, but it is rather laborious, as we have to consult the tables of the sun's altitude all the time.

We found a more simple method by which the determination of the width of a shadow has become a graphical question only.

For this purpose we need the following data:

1. The position of the sun at any moment of the day during the whole year.
2. The possible positions of the sun in relation to the shelterbelt when producing a shadow of a given width.
3. Naturally the width of the shadow is also determined by the height of the shelterbelt. If, however, the width of the shadow is measured by the height of the shelterbelt as a unit, we need not know the height.

The determination of the position of the sun is an easy task, as the astronomer has exact data about this subject. The figures 1a and 1b were constructed with the help of these data. The azimuth and the altitude of the sun are plotted in these figures for the geographical latitude of Amsterdam.

New figures have to be made for other latitudes. As the difference in latitude is very small in Holland and we don't require an accuracy in seconds, the figures 1a and 1b may be used for the whole country.

We have to take account of the real time, therefore a correction for the adjustment of time must be made. As a result of this the hour lines are changed into s-shaped lines. As these lines are different for rising and declining sun, two figures had to be made. Figure 1a applies to winter and spring, figure 1b to summer and autumn. By means of these graphs we are able to find the altitude of the sun at any desired moment.

The data mentioned under 2 can be found as follows:

Let the altitude of the sun be  $\alpha$  (degrees), the angle between the projection of the direction of the rays of the sun in the horizontal plane and the perpendicular on the shelterbelt  $\beta$ , the width of the shadow  $s$ , and the height of the belt  $h$ . Then we have:

$$s/h = \cotg \alpha \cos \beta.$$

---

<sup>1)</sup> Geiger R. Die Beschattung am Bestandesrand. Fw. Centralblatt. 57. 789—794. 1935.

In figure 2 lines of equal  $s/h$  are plotted. These lines are the locus of the position of the sun, when casting a shadow of a certain width. We are able to find the moments at which this width is realised by putting figure 1 and 2 over one another. Therefore figure 2 has been printed on transparent paper.

In accordance with the orientation of the shelterbelt the relative position of the two figures must be changed. This is done in such a way that the line in the middle of figure 2 coincides with the perpendicular on the hedge. One takes the direction of this perpendicular opposite to that beside which we want to determine the shadow. The bases of the two graphs must of course coincide.

If, for instance, we want to know the width of the shadow on the NE-side of a hedge running NW-SE we put the median of figure 2 on the point SW of figure 1.

We now take the path of the sun for the date in question, and we ascertain the intersections of this line with the lines  $s/h$ . In these intersections the corresponding ratios  $s/h$  are realised. At the same time we can read the moment when this occurs.

The method will give reliable results only in the case of sufficiently level ground. Besides this the shelterbelt must be perfectly regular, which is never the case. The method is ideal only in the case of a fence or a trimmed hedge with a perfectly horizontal edge standing on a horizontal plane.

Also for the determination of the width of the shadow of a regularly built house or similar object the method may render good services.

As an example the overshadowing by a hedge running NW-SE has been determined for some days of the year in figure 3. In this figure the hours are plotted on the abscissa and the width of the shadow on both sides of the hedge on the ordinate. To distinguish between both sides of the hedge we can give the width of the shadow a positive or negative sign. The shadow must be called positive if it falls on the side where the observations are made. One determines the positive shadow by the method mentioned above. The negative shadow is found by moving figure 2 over 180 degrees.

In the case mentioned above, the shade curve consists of only one positive and one negative part.

In figure 4 the overshadowing has been determined for a hedge with E-W orientation during the longest day. In this case the shadow changes its sign twice a day, and, according to the side from which the hedge is seen, may be: positive, negative, and positive in succession; or, negative, positive, and negative in succession.

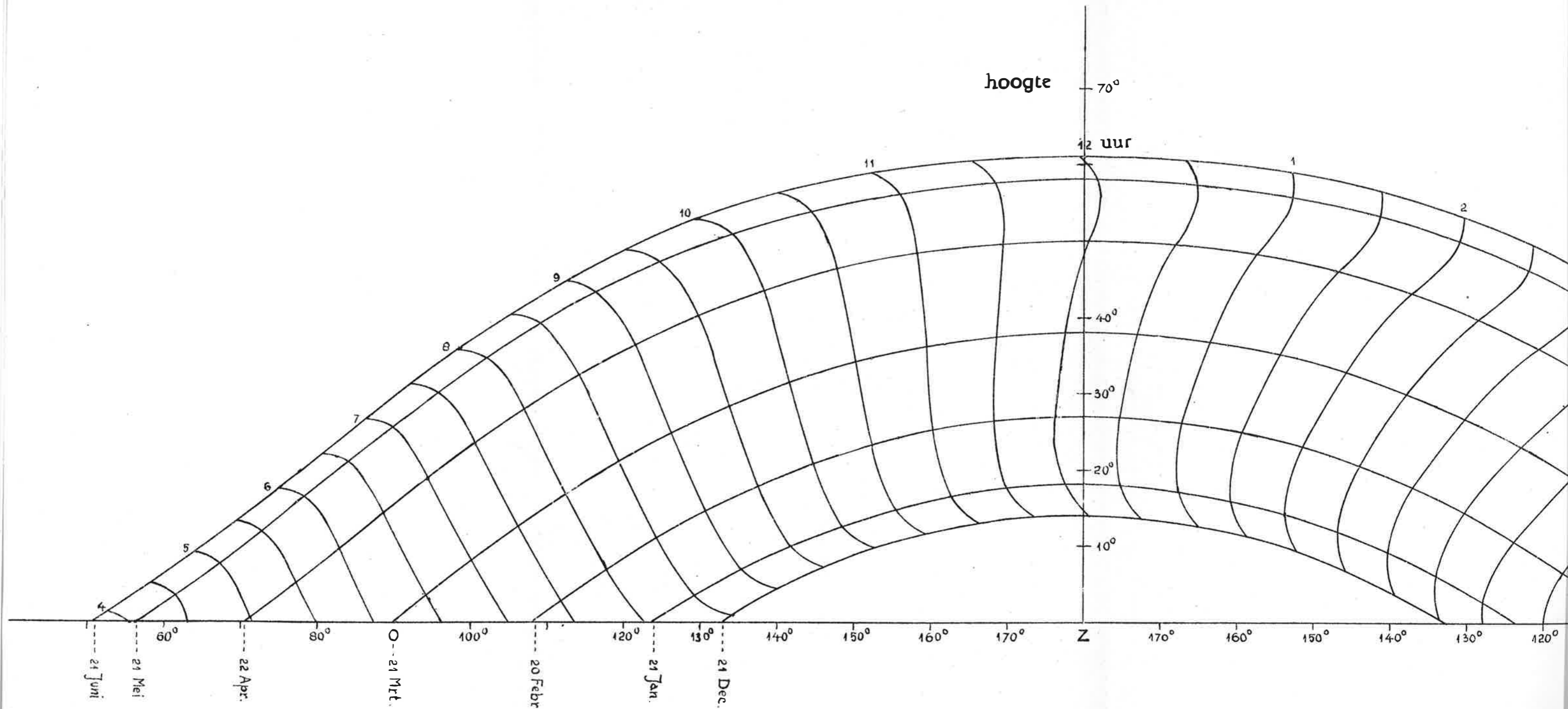
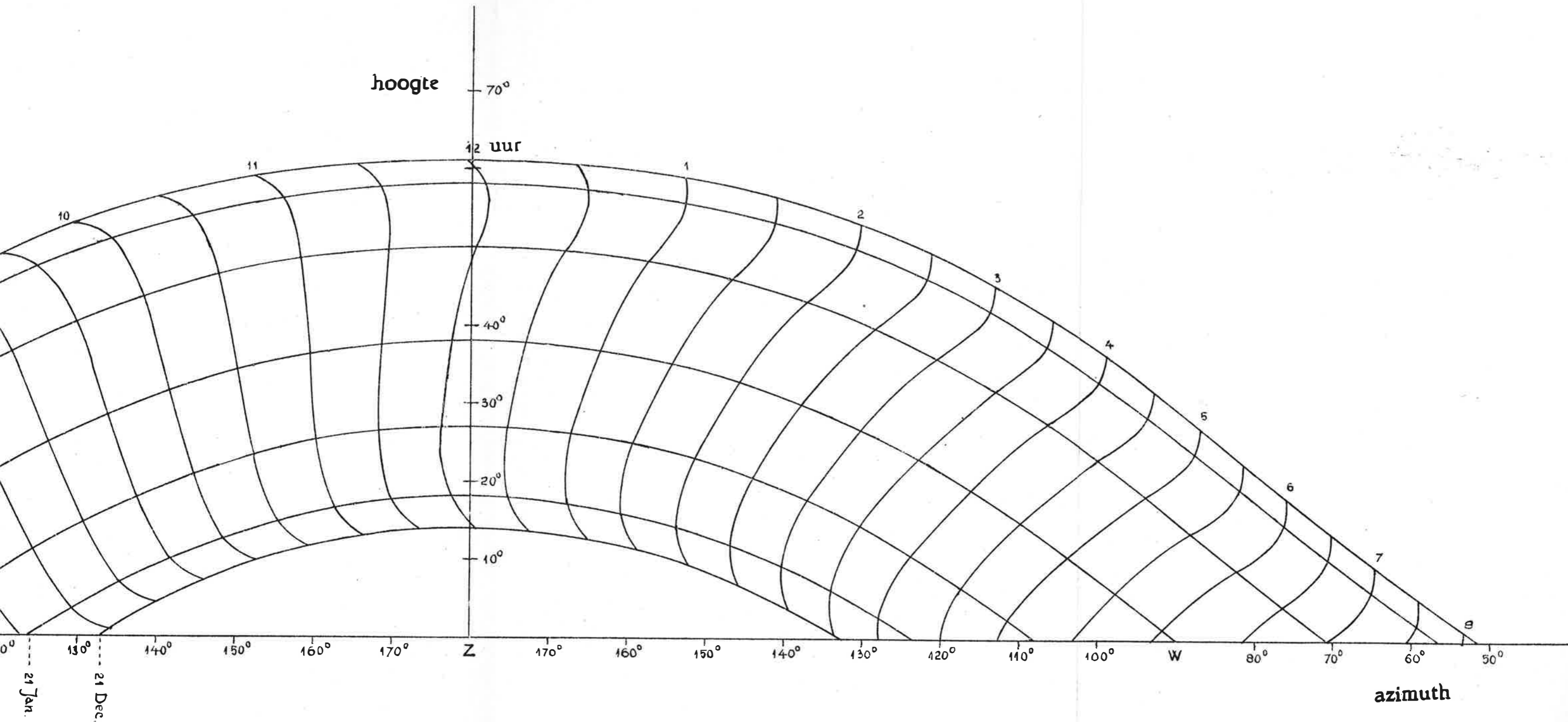


Fig. 1a. Het dagelijksch verloop van de zonshoogte en het azimuth voor de geografische breedte van Amsterdam in den winter en de le  
*The daily variance of the altitude and the azimuth of the sun for the geographical latitude of Amsterdam in winter and spring.*



a. Het dagelijksch verloop van de zonshoogte en het azimuth voor de geografische breedte van Amsterdam in den winter en de lente.  
*The daily variance of the altitude and the azimuth of the sun for the geographical latitude of Amsterdam in winter and spring.*



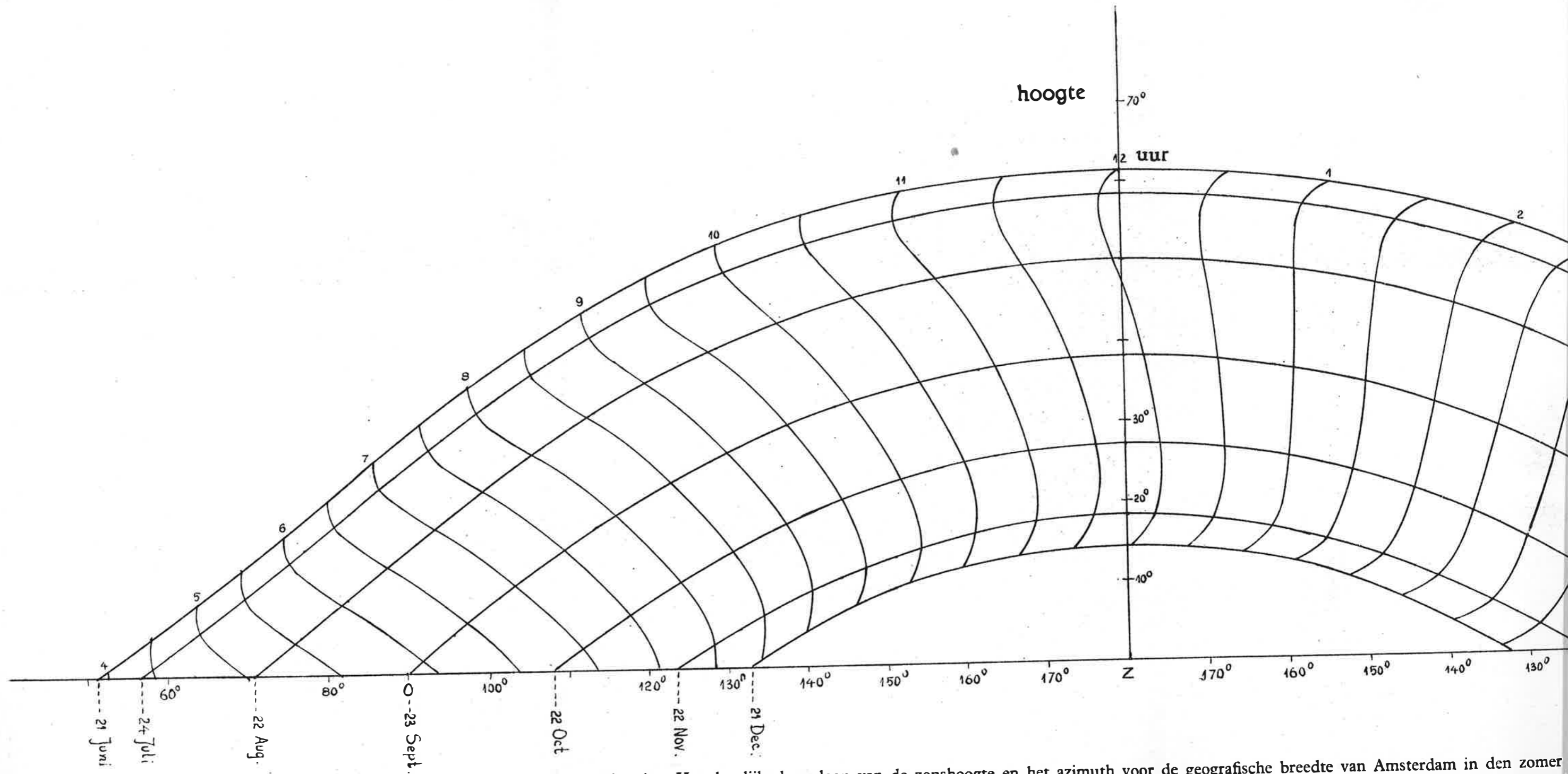
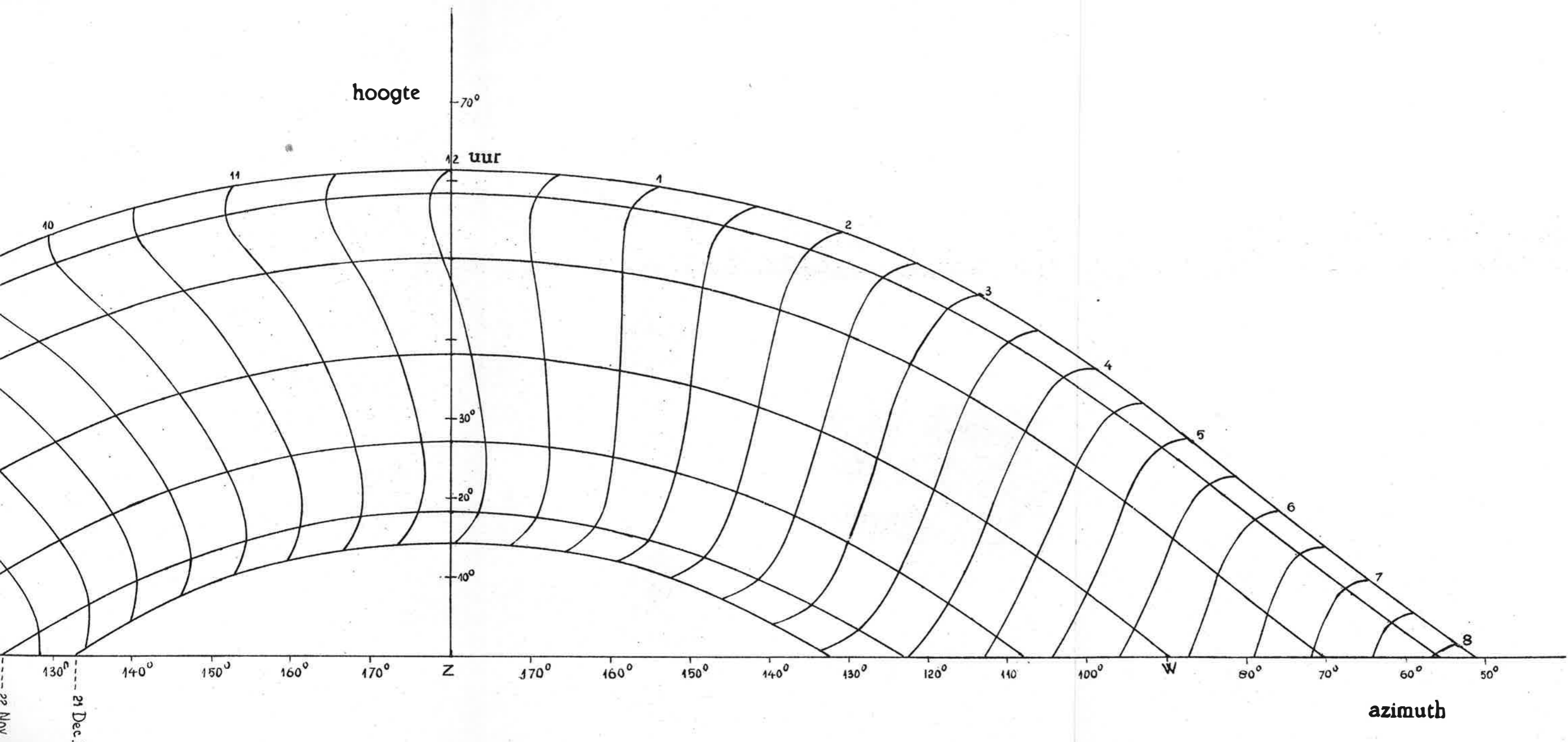


Fig. 1b. Het dagelijksch verloop van de zonshoogte en het azimuth voor de geografische breedte van Amsterdam in den zomer  
*The daily variance of the altitude and the azimuth of the sun for the geographical latitude of Amsterdam in summer and autumn*





Het dagelijksch verloop van de zonshoogte en het azimuth voor de geografische breedte van Amsterdam in den zomer en de herfst

*The daily variance of the altitude and the azimuth of the sun for the geographical latitude of Amsterdam in summer and autumn.*

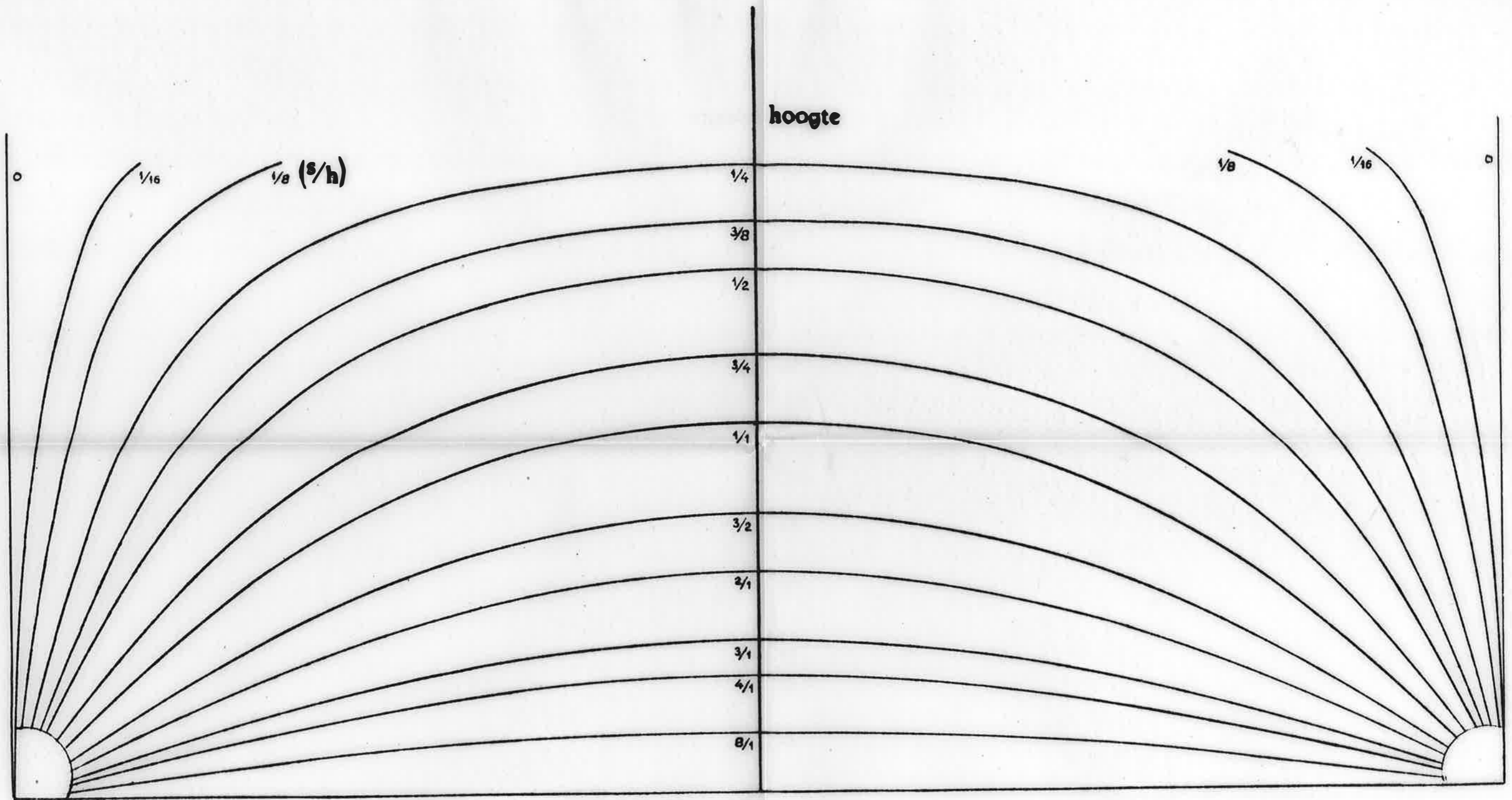


Fig. 2. Lijnen van gelijke  $s/h$   
 Lines of equal  $s/h$

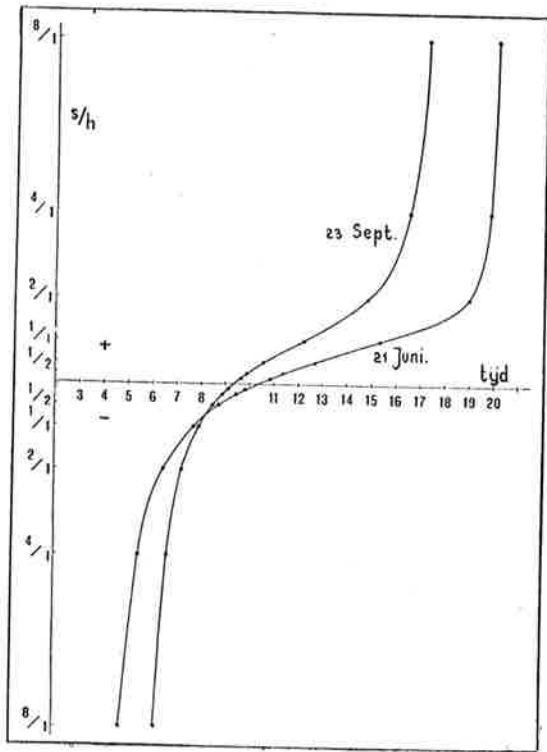


Fig. 3. De beschaduwung van een NW-ZO verloopende houtwal op 21 Juni en 23 September.  
*The overshadowing by a hedge running NW-SE on June 21 and September 23.*

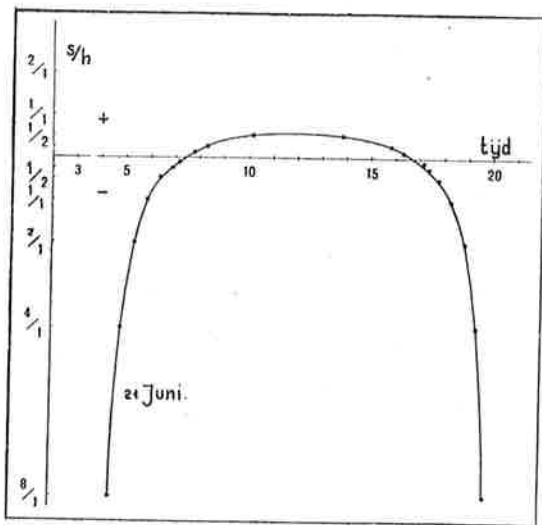


Fig. 4. De beschaduwung van een O-W verloopende houtwal op 21 Juni.  
*The overshadowing by a hedge running E-W on June 21.*