

# KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 74-12

W.N. Lablans en P.J. Rijkoort

De betekenis van de veranderlijkheid  
van de windrichting voor schattingen  
van de ligging van het besmette gebied  
na ongevallen met schadelijke stoffen



Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 74-12 (M.O.)

U.D.C.: 551.553.6 ;  
551.556.4

## INHOUD

Summary

Samenvatting

1. Inleiding.	1
2. De grootte van de sectoren waarin na een ongeval, besmetting van de atmosfeer kan plaatsvinden.	2
3. De keuze van het veiligheidspercentage.	3
4. Representativiteit van het uitgangswindgegeven voor de verspreiding van de schadelijke stoffen.	3
5. Enkele bijzondere gevallen.	4
6. Het werkelijke verloop van de besmetting.	4
Literatuur.	6
Appendix.	7
Figuren.	10
Legend to figures.	17

### Summary

The dispersion of noxious gases after an accidental discharge is determined by the nature and the duration of the accident and the meteorological circumstances. The meteorological advice with respect to such emissions falls apart into two stages. The first stage is a rapid determination of a sector outside which the atmosphere will not be ~~contaminated~~ <sup>contaminated</sup> with an indicated high probability.

Thereafter it is investigated how the contamination proceeds with time in the indicated sector.

In the present report a method is described for the assessment of this sector on the basis of data on the persistence of wind direction.

### Samenvatting

De verspreiding van gevaarlijke stoffen na een ongeval wordt bepaald door de aard van het ongeval en de meteorologische omstandigheden. De meteorologische voorlichting met betrekking tot de verspreiding van gevaarlijke stoffen na ongevallen omvat twee fasen.

De eerste fase bestaat uit een snelle bepaling van de richtingssector waarbuiten met een grote waarschijnlijkheid geen besmetting van de atmosfeer zal plaatsvinden. Daarna wordt bepaald hoe de besmetting binnen deze sector zal verlopen.

In dit rapport wordt een methode beschreven voor het bepalen van de grootte en de orientatie van de bovengenoemde sector. De methode is gebaseerd op statistisch onderzoek naar de persistentie van de windrichting.

De betekenis van de veranderlijkheid van de windrichting voor schattingen van de ligging van het besmette gebied na ongevallen met schadelijke stoffen.

## 1. Inleiding

Na ongevallen, zoals branden, lekkages en explosies bij bedrijven en na ongevallen bij transporten kunnen schadelijke stoffen in de atmosfeer verspreid worden. Welk gebied daarbij besmet kan worden, hangt af van de meteorologische omstandigheden, in de eerste plaats van de windrichting. De windrichting is een zeer veranderlijke grootte (zie fig. 1). Men dient daarom steeds rekening te houden met de mogelijkheid van verspreiding van de geloosde stoffen over een vrij wijde sector van de omgeving. Voor de verspreiding van de stoffen zijn de windrichting en de windsnelheid van belang in het gehele gebied en op iedere hoogte waar de stoffen zich verspreiden en gedurende de gehele tijdsduur waarin de verspreiding plaats vindt. De wind die ter plaatse van het ongeval wordt waargenomen zal daarom vaak niet representatief zijn voor de verspreiding van de stoffen. Voor een optimale meteorologische voorlichting na ongevallen waarbij schadelijke stoffen vrijkomen dienen meer meteorologische gegevens geraadpleegd te worden dan ter plaatse kunnen worden bepaald. Behalve windgegevens zijn ook gegevens omtrent de temperatuur-opbouw en de mate van turbulentie in de onderste lagen van de atmosfeer van belang, omdat daarmee het verloop van de vermenging van de geloosde stoffen met de lucht nauw samenhangt. Het is daarom aan te bevelen, dat na een ongeval waarbij besmetting van de omgeving met schadelijke stoffen kan plaatsvinden overleg gepleegd wordt met de weerdienst van het K.N.M.I. te De Bilt, vooral in gevallen waarbij de lozing enige tijd kan voortduren en indien de besmetting ook op grotere afstand van de bron nog van belang kan zijn.

In de tijd die nodig is om dit overleg op gang te brengen kunnen de schadelijke stoffen zich reeds verspreiden over een gebied met afmetingen van b.v. 5 à 10 km. Er kan daarom in vele gevallen behoefte bestaan aan een snelle schatting van de ligging van het met besmetting bedreigde gebied. Het is in die gevallen nuttig als de met de rampenbestrijding belaste instanties kunnen beschikken over eenvoudig te hanteren regels waarmee op grond van ter plaatse te bepalen uitgangsgegevens een verantwoorde schatting gemaakt kan worden van de ligging van het gebied dat besmet kan raken.

Zulke regels, die opgesteld konden worden op grond van klimatologische gegevens betreffende de wind, worden in de volgende paragraaf besproken.

2. De grootte van de sectoren waarin na een ongeval besmetting van de atmosfeer kan plaatsvinden.

Uit windmetingen die in het tijdvak 1961 - 1970 te Schiphol op 10 m hoogte werden verricht, werden tien-minuten gemiddelden voor de windrichting bepaald. De variabiliteit van deze gemiddelde windrichting werd onderzocht door de grootte vast te stellen van de richtingssectoren waarbinnen de veranderingen van de windrichting na verloop van tijdvakken van één en twee uur plaatsvonden. In de Appendix wordt dit statistisch onderzoek besproken. De resultaten zijn kort samengevat in de figuren 2 en 3. Hierin is de grootte aangegeven van de sectoren waarbinnen in 80% van de gevallen de veranderingen van de gemiddelde windrichting plaatsvonden. Kiest men een hoger percentage dan vindt men ruimere sectoren (zie de Appendix) en zelfs voor punten die bij het begin van een lozing bovenwinds van de bron zijn gelegen bestaat er een kleine kans dat zij niet vrij van besmetting zullen blijven.

De gevonden resultaten kunnen gebruikt worden voor schattingen van de omvang van de sector die besmet kan worden in de uren na het begin van een lozing van schadelijke stoffen. De oriëntatie van deze sector wordt vastgelegd door middel van een hartlijn, waarvan de richting bepaald wordt door de gemiddelde windrichting in de tien minuten voorafgaande aan het begintijdstip van de lozing, bij welke richting 180% moet worden opgeteld. Dit laatste om in rekening te brengen dat de windrichting altijd wordt opgegeven als de richting van waaruit de wind waait, terwijl de besmette sector ligt in de richting waar de wind naar toe is gericht. De sectorhoeken bleken sterk afhankelijk te zijn van de windsnelheid en enigermate van andere factoren zoals het seizoen en de tijd van de dag waarop de lozing plaats vindt.

Uit bewerkingen van kortere meetreeksen, afkomstig van andere stations en andere waarnemingshoogten bleek dat de grootte van de gevonden sectorhoeken weinig afhankelijk is van de plaats en de hoogte van het meetpunt, althans tot ca. 80 m hoogte.

Bij een statistische bewerking van tien-minuten gemiddelden van de wind komen snelle variaties in de windrichting, die ook bijdragen tot de verspreiding van de verontreiniging, niet tot uiting. De gevonden sectorhoeken moeten daarom nog met een toeslag voor de verspreiding door turbulentie worden vergroot. Deze toeslag werd uit de gangbare modelvoorstelling voor de turbulente diffusie afgeleid (Turner 1969). De grootte van deze toeslag, in afhankelijkheid van de windsnelheid, is gegeven in fig. 4.

In fig. 2 en 3 is deze toeslag reeds verwerkt. Door vergelijken van fig. 4 met fig. 2 en 3 ziet men dat de verspreiding door turbulentie slechts een bescheiden bijdrage levert tot de gehele sectorhoeken.

3. De keuze van het veiligheidspercentage

De waarschijnlijkheid dat de besmetting van het gebied in de omgeving van een lozingspunt van schadelijke stoffen tot een bepaalde sector beperkt zal blijven kan het "veiligheidspercentage" genoemd worden. Immers des te groter men dit percentage kiest, des te kleiner zal de kans zijn dat de methode "faalt", als men daaronder verstaat dat ook buiten de aangegeven sector besmetting optreedt.

Het verband tussen het veiligheidspercentage en de sectorgrootte is een uitkomst van statistisch-meteorologisch onderzoek, maar de keuze van het veiligheidspercentage dat men bij toepassingen van deze onderzoekresultaten zal hanteren is een vraagstuk voor de met de bestrijding van de gevolgen van een ongeval belaste instanties. Gaat het er bijvoorbeeld om te bepalen in welk gebied men na een ongeval een beperkt beschikbaar potentieel zal inzetten, dan zal men zijn aandacht willen richten op het meest bedreigde gebied. Dit wordt het duidelijkst aangegeven als men een laag veiligheidspercentage kiest (b.v. 60%). Gaat het om maatregelen die zonder bezwaar in grote sectoren kunnen worden uitgevoerd, zoals het uitgeven van een advies om binnenshuis te blijven, dan kan men een veel hoger veiligheidspercentage kiezen (b.v. 90 of 95%).

4. Representativiteit van het uitgangswindgegeven voor de verspreiding van de schadelijke stoffen

De gegevens die bij het statistisch onderzoek naar de verandering van de windrichting werden gebruikt waren afkomstig van vrij opgestelde meetapparatuur waarvan de gegevens representatief zijn voor het station en de omgeving daarvan. Bij ongelukken met schadelijke stoffen zal men in het algemeen niet beschikken over zulke representatieve waarnemingen. Men zal dan moeten werken met een min of meer gebrekkige schatting van de windgegevens. Het veiligheidspercentage bij de sectorbepaling zal dan in feite kleiner zijn dan bij de methode is aangegeven. Het verkrijgen van een voor de verspreiding van de verontreiniging representatief windgegeven wordt bemoeilijkt door vele factoren, zoals de aanwezigheid van obstakels die het windveld verstoren (gebouwen, bomen etc.), door verschil tussen de hoogte van het lozingspunt en de hoogte waarop de windmeting plaats vindt, door eventuele temperatuurverschillen van de geloosde stoffen en de omgevingslucht, door onvolkomen menging van de geloosde stof met de lucht e.d. In verband met problemen van deze aard verdient het aanbeveling om overleg te plegen met het K.N.M.I. als men overweegt bij de beoordeling van ongevalssituaties de meteorologische aspecten in de beschouwing te betrekken. Enkele bijzondere gevallen waaromtrent reeds overleg plaats vindt tussen bij de rampenbestrijding betrokken instanties en het K.N.M.I. worden in de volgende paragraaf in het kort besproken.

5. Enkele bijzondere gevallen

a. Zware gassen

Uit theoretische beschouwingen en proefnemingen is gebleken dat sommige zware gassen, zoals chloorgas, zich na een emissie niet onmiddellijk goed mengen met de lucht, maar eerst in alle richtingen over de boden uitvloeien. De omvang van dit aanvankelijke verspreidingsgebied is afhankelijk van de grootte van de lozing, de terreingesteldheid, de windsnelheid, het soortelijk gewicht en enigermate van de temperatuur van het gas. De temperatuur zal aanvankelijk lager zijn dan de luchttemperatuur, daar een lozing van zware gassen zijn oorsprong in het algemeen vindt in het vrijkomen van vloeibaar gas, waarvan een deel dan onmiddellijk verdampt. Omtrent recent meteorologisch onderzoek over de verspreiding van zware gassen kan verwezen worden naar Van Ulden (1974).

b. Radio-actieve stoffen

De toepassing van radio-actieve stoffen is gebonden aan een vergunningstelsel. Er is daarom nauwkeurig bekend waar en in welke hoeveelheden radio-actieve stoffen aanwezig zijn en hoe zij bij ongevallen vrij zouden kunnen komen (Van Daatselaar 1972). Het is dan ook mogelijk om ervoor te zorgen dat bij installaties waar grote hoeveelheden radio-actieve stoffen aanwezig zijn goede windmeetapparatuur wordt geplaatst. De in par. 2 beschreven sectorbepaling is dan na een lozing van radio-actieve stoffen uit deze installaties goed uitvoerbaar. De verspreiding van radio-actieve stoffen is voorts een voorbeeld van een geval waarbij zowel een snelle eerste schatting van de mogelijke verspreiding als een nadere analyse van het verloop van de besmetting zinvol kan zijn, b.v. ten dienste van het opsporen van met radio-actieve stoffen besmette landbouw- en zuivelproducten, ook op vrij grote afstand van het lozingspunt.

6. Het werkelijke verloop van de besmetting

In de voorgaande paragrafen is slechts gesproken over de grootte van de richtingssectoren waarin na een ongeval op grond van statistische overwegingen met besmetting van de atmosfeer rekening moet worden gehouden.

Een behandeling van de methoden die na een eerste sectorbepaling gehanteerd kunnen worden bij de meteorologische voorlichting omtrent het werkelijke verloop van de besmetting in een bepaald geval, valt buiten het bestek van dit rapport. Om aan te geven welke beperkte betekenis de hier besproken sectorbepaling heeft, zullen hieronder evenwel nog enkele aspecten van de verspreiding van schadelijke stoffen na ongevallen worden aangestipt.

Omtrent de werkelijke verspreiding van de schadelijke stoffen zou men een schatting kunnen verkrijgen door de ter plaatse van het ongeval waargenomen (of ~~geschatte~~) windsnelheid af te passen in de waargenomen windrichting.

H geschatte



Deze werkwijze is evenwel zeer aanvechtbaar. In de eerste plaats geldt voor de windsnelheid nog meer dan voor de windrichting dat het uitgangsgegeven dat ter plaatse gemeten of geschat is, veelal niet representatief is voor het transport van de verontreiniging. Een verschil tussen de hoogte waarop de wind gemeten wordt en de hoogte waarop het transport voornamelijk plaats vindt kan vooral voor de windsnelheid aanleiding geven tot flinke fouten in de schatting van de verplaatsingssnelheid van de verontreiniging. Voorts dient men, omdat tijdens het transport in de atmosfeer door menging met niet besmette lucht verdunning van de verontreiniging optreedt, onderscheid te maken tussen het voortschrijden van de voorste begrenzing van de verontreiniging en van de, kleinere, uitbreidingssnelheid van een gebied dat door een lijn van constante concentratie wordt begrensd. De afstand van het maximum van de besmetting tot de bron hangt voornamelijk af van de hoogte van het lozingspunt en de temperatuuropbouw van de atmosfeer (Velds 1971). Verplaatsingen van het gebied met maximale besmetting zullen daarom vooral plaatsvinden in zijdelingse richting, onder invloed van veranderingen in de windrichting, hetgeen één van de redenen is waarom de nodige aandacht besteed dient te worden aan de variabiliteit van de windrichting. Men dient dus als men bij de rampenbestrijding de verplaatsingssnelheid van de verontreiniging wil betrekken, eerst te bepalen welk van de genoemde aspecten van het meeste belang is, de verplaatsing van de voorste begrenzing, de uitbreiding van het gebied waarin de concentratie een bepaalde waarde overschrijdt of verplaatsingen van het maximum van de besmetting.

De werkelijke besmetting na een ongeval zal in het algemeen slechts een deel van de door de methode uit par. 2 aangegeven sector beslaan (vooral als een hoog veiligheidspercentage gekozen werd), maar soms ook enig buiten de sector gelegen gebied omvatten (vooral bij een laag veiligheidspercentage). Voor een zo goed mogelijke beschrijving van het verloop van de besmetting in een bepaald geval dient men meer meteorologische gegevens te raadplegen dan ter plaatse beschikbaar kunnen zijn en dienen tevens de te verwachten veranderingen in de weersituatie in de beschouwing te worden betrokken.

Door mededelingen omtrent de omstandigheden ter plaatse van het ongeval in verband te brengen met bij de weerdienst van het K.N.M.I. te De Bilt beschikbare meteorologische gegevens, kan met grotere nauwkeurigheid dan met de statistische methode mogelijk is, bepaald worden hoe de besmetting van de atmosfeer zal verlopen. Uit het voorgaande moge blijken dat zowel bij de voorbereiding als bij de uitvoering van alarmregelingen voor ongevallen die van zo ernstige aard zijn dat de verplaatsingssnelheid van de schadelijke stoffen in de beschouwing moet worden betrokken, een intensief overleg tussen de met de rampenbestrijding belaste instanties en meteorologen wenselijk is.

Literatuur

- Turner, D.B. (1969)      Workbook of atmospheric estimates.  
US Department of Health. PHS Publ.  
no. 999-AP-26.
- Velds , C.A. (1971)      Luchtverontreiniging uit schoorsteenpluimen.  
Polytechnisch Tijdschrift, Procestechiek,  
26, 1971.
- Van Ulden, A. (1974)      On the spreading of a heavy gas released  
near the ground.  
In: Proceedings of the First International  
Symposium on Loss Prevention and Safety  
Promotion in the Process Industries.  
(The Hague - The Netherlands - May 28-30,  
1974).  
To be published by Elsevier Scientific  
Publishing Co.
- Van Daatselaar, C.J.  
(1972)      Nucleaire ongevallen en consequenties  
voor de omgeving.  
In: Milieuaspecten van de kernenergie-  
productie.  
R.C.N. Mededeling no. 33.

## Appendix

### A.1. Inleiding

Bij de meest gangbare modelvoorstelling voor de verspreiding van verontreinigingen in de atmosfeer uit een puntbron wordt de verspreiding beschreven onder invloed van de turbulente diffusie, dus onder invloed van snelle fluctuaties in de luchtstroming. De windrichting en windsnelheid (gemiddeld over perioden van de orde van tien minuten) en ook de temperatuur-opbouw van de atmosfeer worden gedurende het gehele tijdvak waarop de modelbeschouwing betrekking heeft constant verondersteld.

Over langere tijdvakken, zoals een seizoen of een jaar, waarvoor klimatologische gegevens omtrent de frequenties van het voorkomen van bepaalde windrichtingen, windsnelheden en temperatuur-opbouw beschikbaar zijn, kan dan met behulp van zulke modelvoorstellingen het gemiddelde verspreidingspatroon vrij goed berekend worden; zowel de snelle fluctuaties als langzame veranderingen in de wind en de verspreidingscondities worden hierbij op acceptabele wijze in rekening gebracht.

Bij een ongeval wordt de verspreiding van de geloosde stoffen vooral bepaald door de veranderingen in de luchtstroming die optreden gedurende de tijd dat de lozing en de verspreiding voortduren. Modelvoorstellingen die gelden voor stationaire omstandigheden, of voor de gemiddelde verspreiding over lange tijdvakken zijn juist op de tijdschaal van het verloop van ongevalssituaties (enkele uren) niet van toepassing. Wel kunnen, zoals hieronder zal worden aangetoond, omtrent de besmetting van de atmosfeer na een ongeval op grond van klimatologische gegevens waarschijnlijkheidsuitspraken gedaan worden. De statistisch-klimatologische bewerkingen op grond waarvan zulke uitspraken worden gedaan dienen op dit speciale doel te zijn afgestemd. In verband hiermee werd de veranderlijkheid van de windrichting over tijdvakken van enkele uren onderzocht.

### A.2. De veranderlijkheid van de windrichting

In deze paragraaf wordt onder "de wind op het tijdstip  $t$ " verstaan de gemiddelde wind over de tien minuten voorafgaande aan  $t$ . Veel bewerkingen van windgegevens zijn op deze definitie gebaseerd, zodat er omtrent deze gemiddelde wind veel waarnemingsmateriaal voor statistische bewerking beschikbaar is. Voor het hier beschreven onderzoek werden de waarnemingen gebruikt die in de jaren 1961-1970 te Schiphol op 10 m hoogte werden verricht. De windgegevens voor de gehele uren (tijdstippen  $t_n$ ) werden op verschillende manieren in groepen ingedeeld.

Onderscheiden werden:

- a. Vier seizoenengroepen: lente (maart-mei); zomer (juni-augustus)  
herfst (september-november); winter (december-februari)
- b. Vier windrichtingsgroepen: NO ( $15^{\circ}$  -  $105^{\circ}$ )  
ZO ( $105^{\circ}$  -  $195^{\circ}$ )  
ZW ( $195^{\circ}$  -  $285^{\circ}$ )  
NW ( $285^{\circ}$  -  $015^{\circ}$ )
- c. Dag- en nachtregime
- d. Vier windsnelheidsgroepen: I 0 - 3 m/s  
II 3 - 5 m/s  
III 5 - 10 m/s  
IV > 10 m/s

De vierde windsnelheidsgroep bevatte te weinig materiaal voor statistische bewerking. Bij sommige toepassingen kunnen evenwel uitspraken over deze windsnelheidsgroep door extrapolatie uit de resultaten voor de lagere windsnelheden verkregen worden (zie b.v. par. 2 fig. 2 en 3).

Voor alle combinaties van deze groepen werden de frequentieverdelingen samengesteld van de veranderingen in de windrichting die over alle tijdvakken van één en twee uur voorkwamen. In fig. 5 is een tweetal van deze frequentieverdelingen weergegeven. Uit deze frequentieverdelingen werden op grafische wijze o.a. de waarden bepaald van de hoeken  $\alpha_{80}$  en  $\alpha_{90}$  die als volgt gedefinieerd zijn: in 80 resp. 90% van de gevallen is de windrichtingsverandering na een uur kleiner of gelijk  $\frac{1}{2}\alpha_{80}$  resp.  $\frac{1}{2}\alpha_{90}$ . Omdat een windrichtingsverandering zowel door ruimen als door krimpen van de wind tot stand kan komen betekent dit dat  $\alpha$  de grootte is van de sector waarbinnen in 80 resp. 90% van de gevallen de windrichting op het tijdstip  $t_n + 1$  uur is gelegen.

Als hartlijn van de sector dient de windrichting, gemiddeld over tien minuten voorafgaande aan  $t_n$ , plus  $180^{\circ}$ , te worden genomen. In de figuren 6a en 6b zijn de resultaten weergegeven. Het blijkt dat de variabiliteit van de windrichting het grootst is bij lage windsnelheden, in het algemeen overdag groter is dan 's nachts en 's zomers groter is dan 's winters.

Een verklaring voor deze verschijnselen wordt als resultaat van het statistisch onderzoek niet verkregen. Voor de hand ligt evenwel te veronderstellen dat de grootste variabiliteit gevonden wordt bij omstandigheden waaronder de luchtstroming op 10 m hoogte het meest beïnvloed wordt door de lokale en regionale gesteldheid van het aardoppervlak. Vooral bij lage windsnelheden kan bijvoorbeeld een ongelijkmatige temperatuurverdeling over verschillende land- en wateroppervlakken in de omgeving leiden tot veranderlijkheid in de luchtstroming op een bepaald meetpunt.

Relatief weinig variabiliteit in de windrichting kan daarentegen verwacht worden als de windrichting vooral bepaald wordt door de algemene luchtdrukverdeling, hetgeen bij grotere windsnelheden veelal het geval is.

Voor praktische toepassingen van het hierboven beschreven statistisch onderzoek zal het in het algemeen gewenst zijn om voor omstandigheden waarbij de resultaten weinig bleken te verschillen deze samen te voegen.

Dit is in par. 2 (fig. 2 en 3) geschied. De groepen die betrekking hebben op tijdstippen in lente en zomer overdag en de groepen voor overige tijdstippen werden samengevoegd; de indeling in windsnelheidsgroepen werd gehandhaafd, maar om praktische redenen niet per groep, maar door middel van een vloeiende kromme weergegeven.

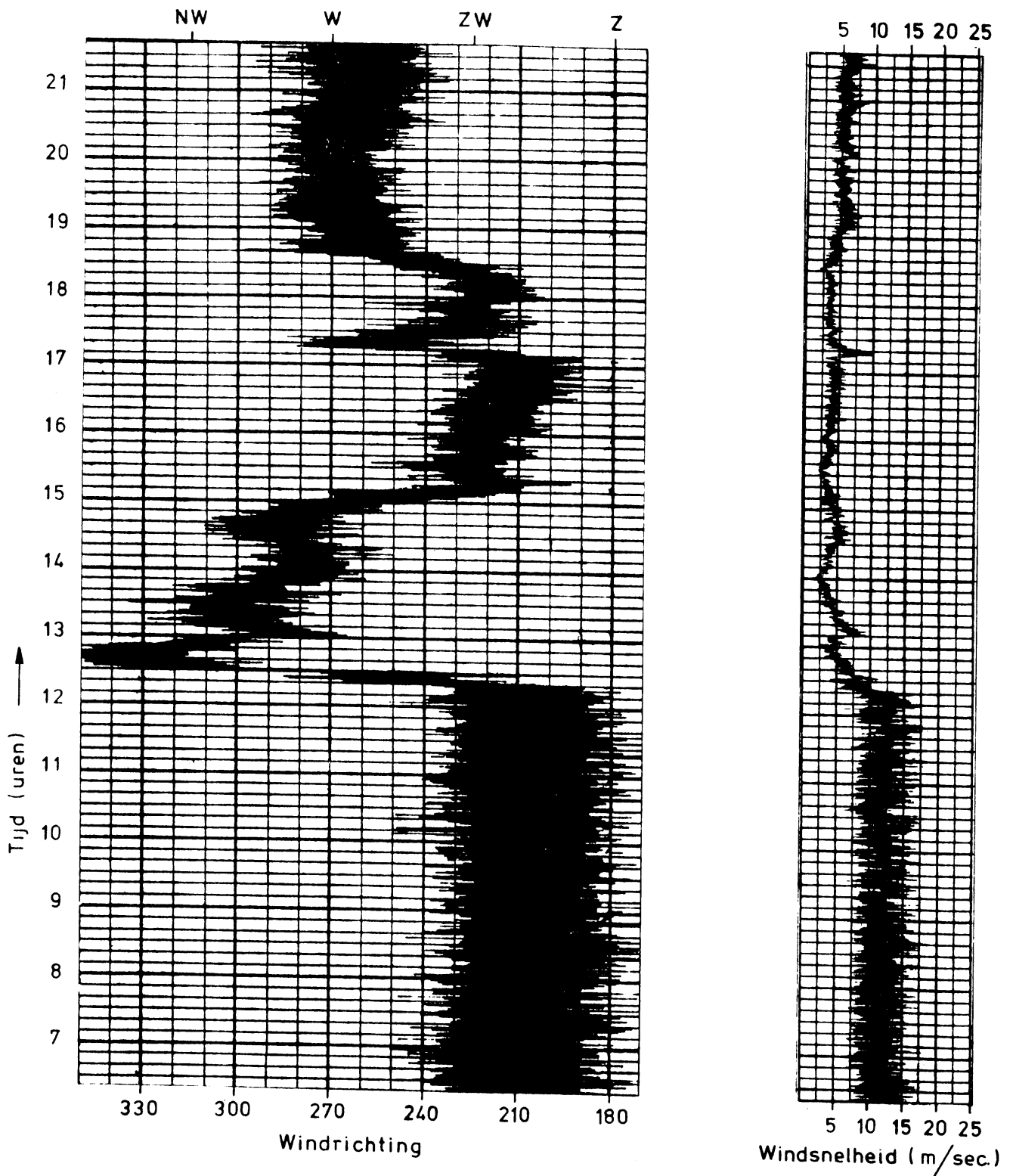


Fig. 1. Windrichting en windsnelheid te Schiphol op 10 november 1972, gemeten op 10 m hoogte.

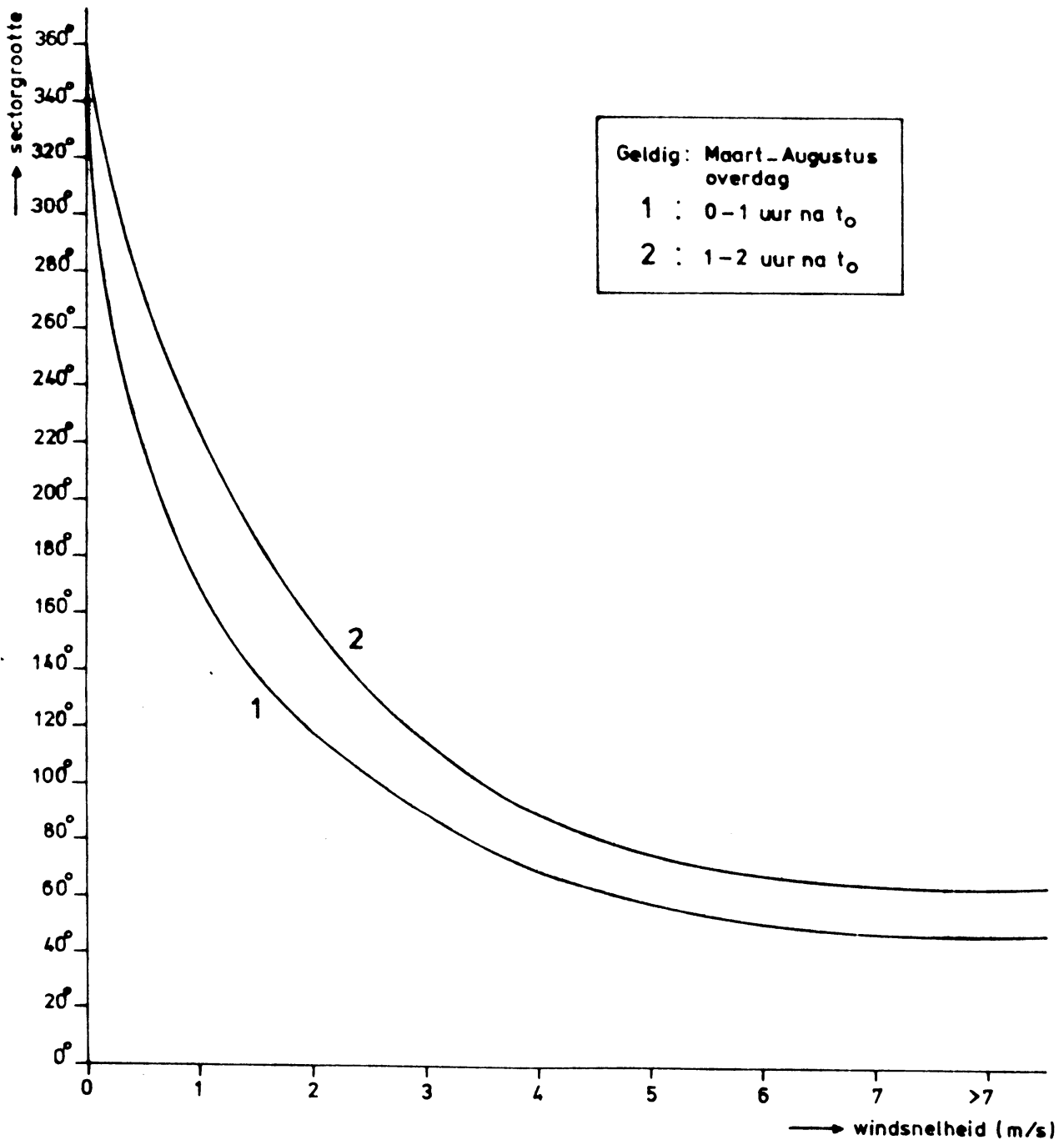


Fig. 2. Grootte van de sector waarbuiten met een waarschijnlijkheid van 80% geen besmetting van lucht en bodem zal plaatsvinden in één resp. twee uur na het begin van een continue lozing op tijdstip  $t_0$ .

Hartlijn van de sector is de gemiddelde windrichting over tien minuten voorafgaande aan  $t_0$ , plus  $180^\circ$ .

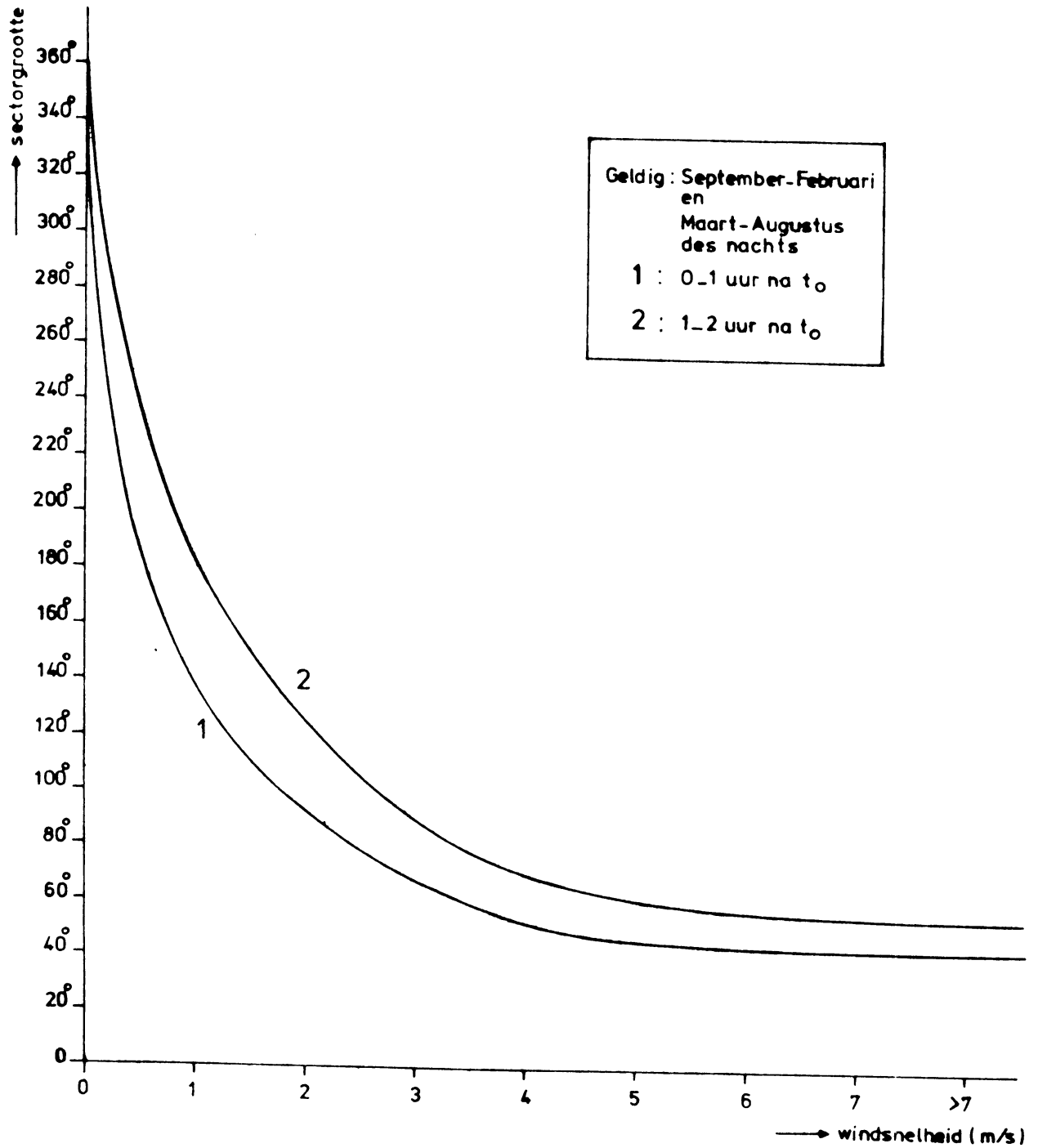


Fig. 3. Grootte van de sector waarbuiten met een waarschijnlijkheid van 80% geen besmetting van lucht en bodem zal plaatsvinden in één resp. twee uur na het begin van een continue lozing op tijdstip  $t_0$ .

Hartlijn van de sector is de gemiddelde windrichting over tien minuten voorafgaande aan  $t_0$ , plus  $180^\circ$ .



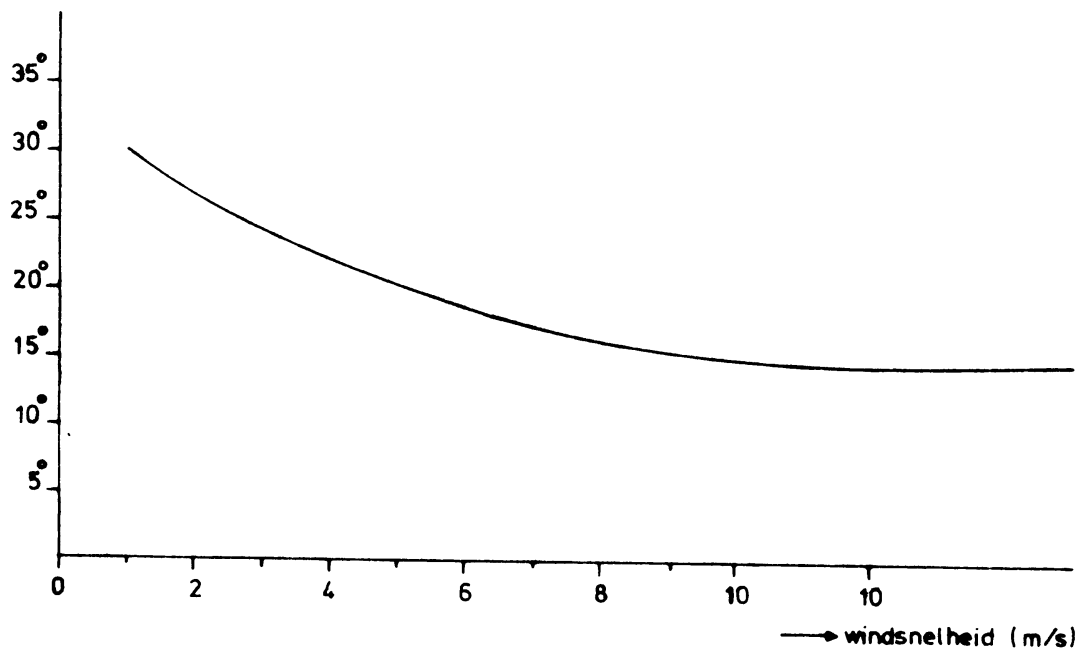


Fig. 4. Het aandeel van de turbulente verspreiding in de sectorhoeken.

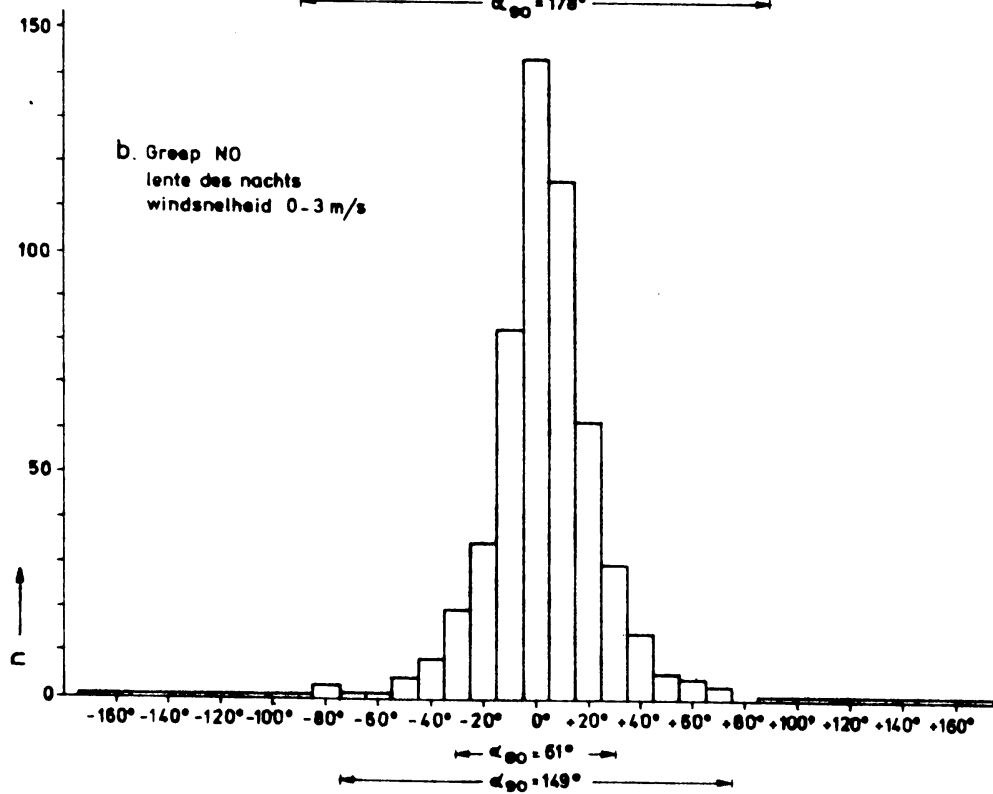
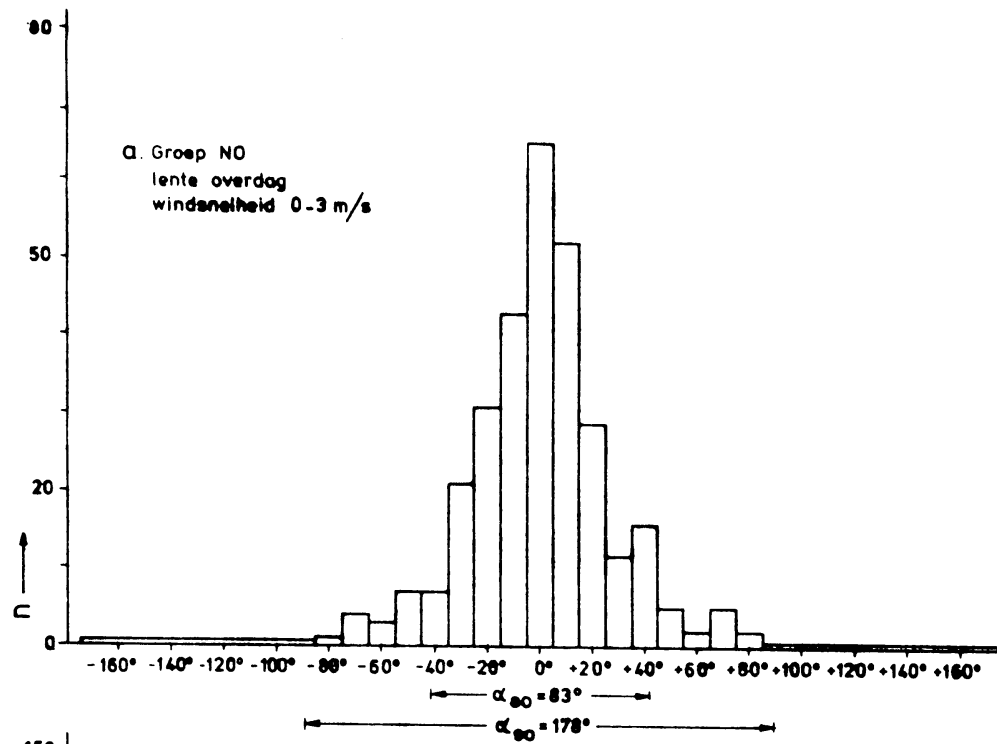


Fig. 5a. Frequentie-verdeling van veranderingen van de windrichting na één uur voor de groep NO, lente overdag, windsnelheid 0-3 m/s.

Fig. 5b. Frequentie-verdeling van veranderingen van de windrichting na één uur voor de groep NO, lente des nachts, windsnelheid 0-3 m/s.

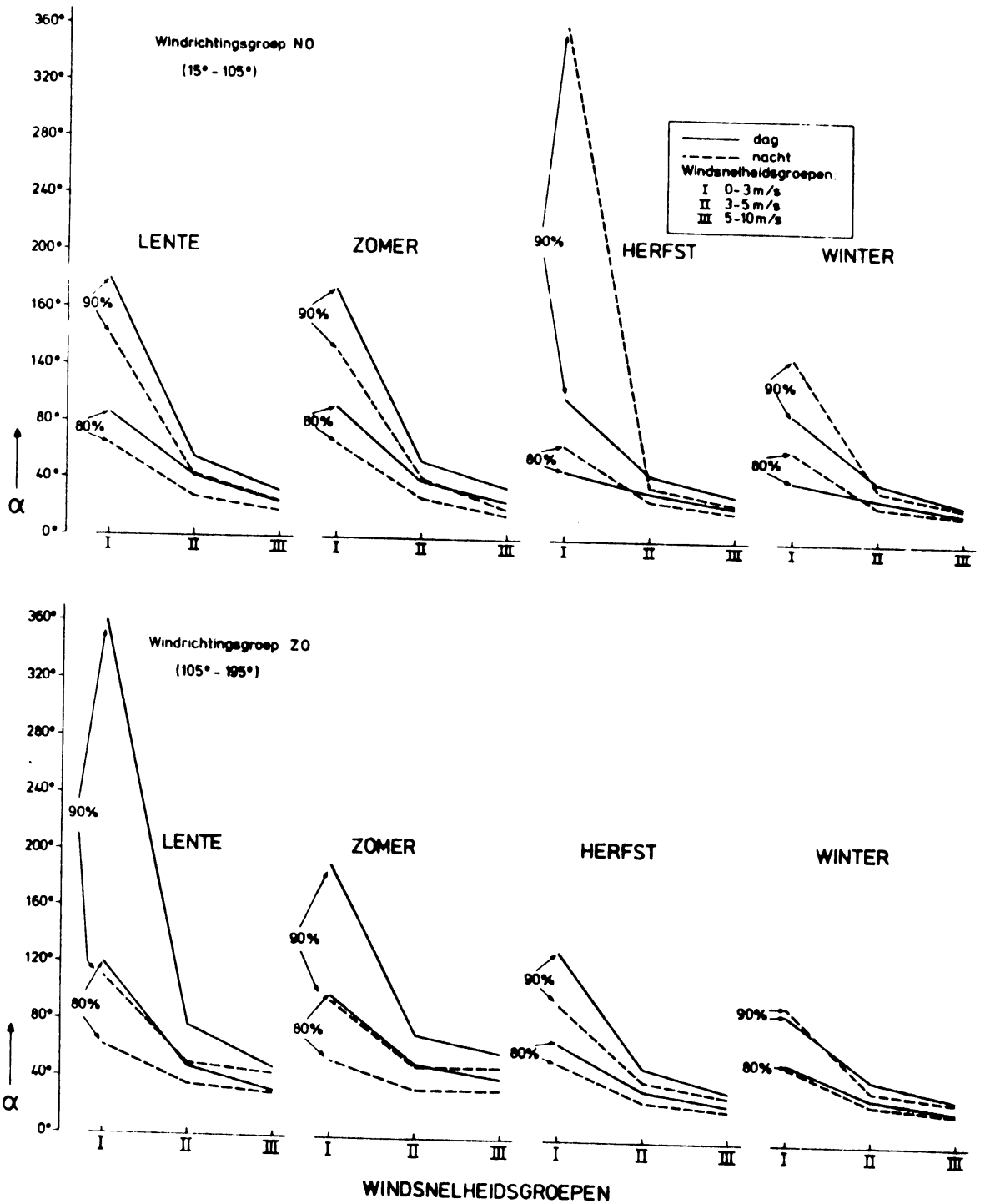


Fig. 6a. Grootte van de richtingssector  $\alpha$  waarbinnen met de aangegeven waarschijnlijkheid de veranderingen van de windrichting na verloop van één uur zijn gelegen, onder verschillende condities.

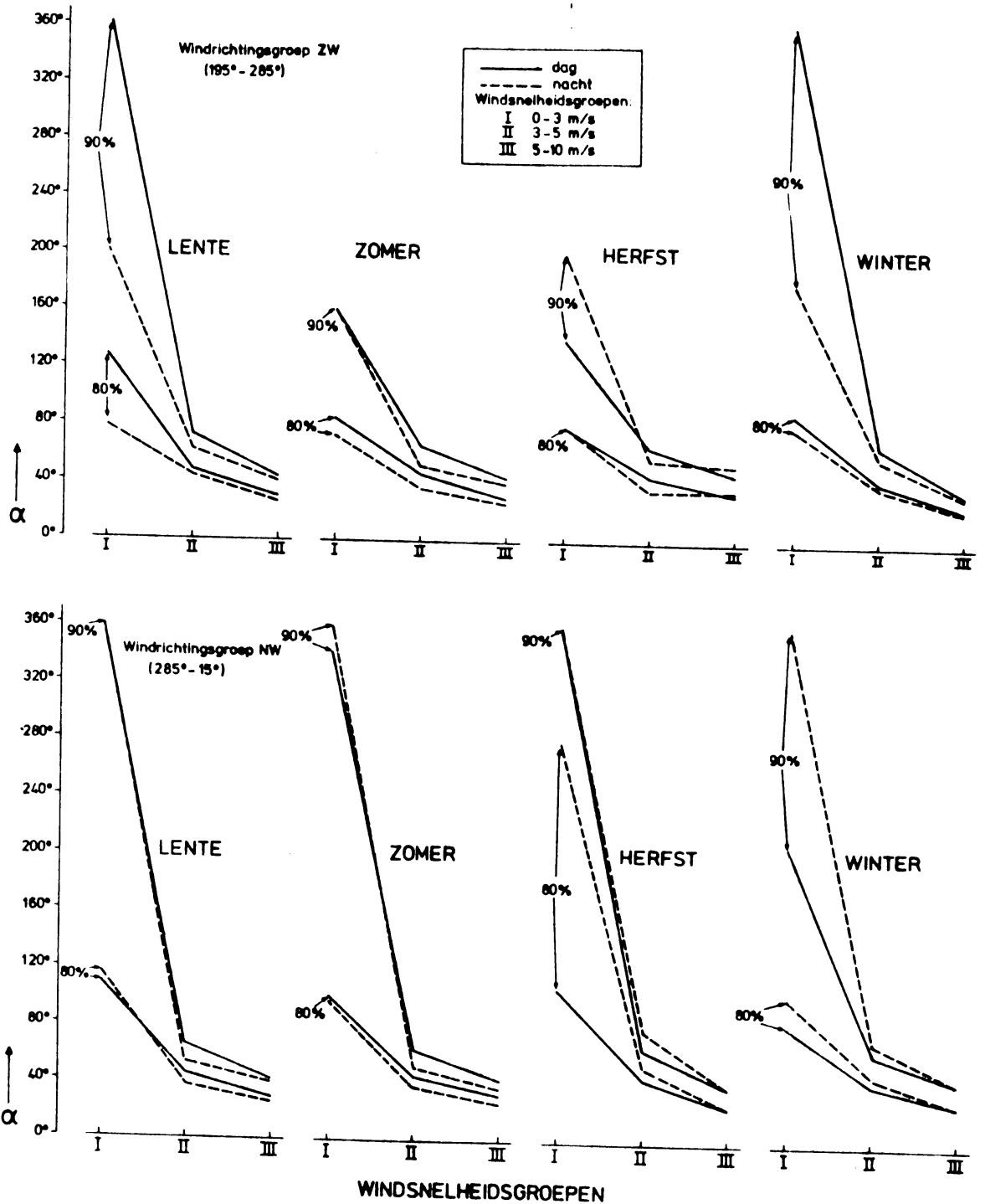


Fig. 6b. Grootte van de richtingssector  $\alpha$  waarbinnen met de aangegeven waarschijnlijkheid de veranderingen van de windrichting na verloop van één uur zijn gelegen, onder verschillende condities.

LEGEND TO FIGURES

- Fig. 1. Winddirection and windvelocity at Schiphol airport on 10 November 1972 at 10 m height.
- Fig. 2. Width of the sector  $\alpha$  outside which with a probability of 80% no contamination of the atmosphere and the ground will occur in two hours after the onset of a discharge of noxious matter.
- Fig. 3. Width of the sector  $\alpha$  outside which with a probability of 80% no contamination of the atmosphere and the ground will occur in two hours after the onset of a discharge of noxious matter.
- Fig. 4. The contribution of the turbulent dispersion to the sector  $\alpha$ .
- Fig. 5a. Frequency distribution of the variations of winddirection in one hour, for the group NE, spring, daytime, windvelocity 0-3 m/s.
- Fig. 5b. Frequency distribution of the variations of the winddirection after one hour, for the group NE, spring at night, windvelocity 0-3 m/s.
- Fig. 6a. Width of the sector  $\alpha$  which includes the indicated percentages of the variations in winddirection during one hour, under various conditions.
- Fig. 6b. Width of the sector  $\alpha$  which includes the indicated percentages of the variations in winddirection during one hour, under various conditions.