

Sedert 1865 was de herfst niet warmer geweest, sedert 1831 was een warmere oktober niet voorgekomen. De winter, waarmede het jaar begon, was zeldzaam somber en daarbij aan de koude en aan de droge kant; ook de laatste maand van het jaar was koud. De lente was te koud, te nat en te somber met alleen in april een uitzondering die evenwel uitsluitend betrekking had op de zon.

De moeilijkheden voor het verkeer waren talrijk, vooral als de temperatuur zich afwisselend boven en onder het vriespunt bewoog. Stuifsnieuw en ijzel hebben in februari vooral in de noordelijke provincies tot moeilijkheden aanleiding gegeven; ook op 18 maart nog was de sneeuw daar zeer hinderlijk voor het verkeer. Van 15 tot 18 februari sneeuwde het in Zuid-Limburg bijna 70 uur lang zonder onderbreking waardoor de laag sneeuw daar tot 40 cm aangroeide. In december werd op de zondagen 7 en 14 december last van sneeuw, op 21 december van sneeuw maar vooral van ijzel ondervonden. Stormweer heerste op 2 februari, op 12 april, en op 9 en 28 november wees de barometer daarbij een bijzonder lage stand aan.

Ten slotte de feestdagen: pasen (6 en 7 april) was de mooiste zo vroege pasen tot dusver in deze eeuw, er was toen geen wolkje om de zon ook maar even te verduisteren. Hemelvaartsdag bracht redelijk weer, alleen in de avond viel plaatselijk een bui. Pinksteren (25 en 26 mei) begon goed, maar het werd geleidelijk kouder, winderiger en buiiger. De kerstdagen gingen vrijwel zonder sneeuw en vorst voorbij behalve in het Oosten van het land waar het kwik in de middag van tweede kerstdag onder het vriespunt kwam.

## Onderzoek Utrechts stads-klimaat met weerbus

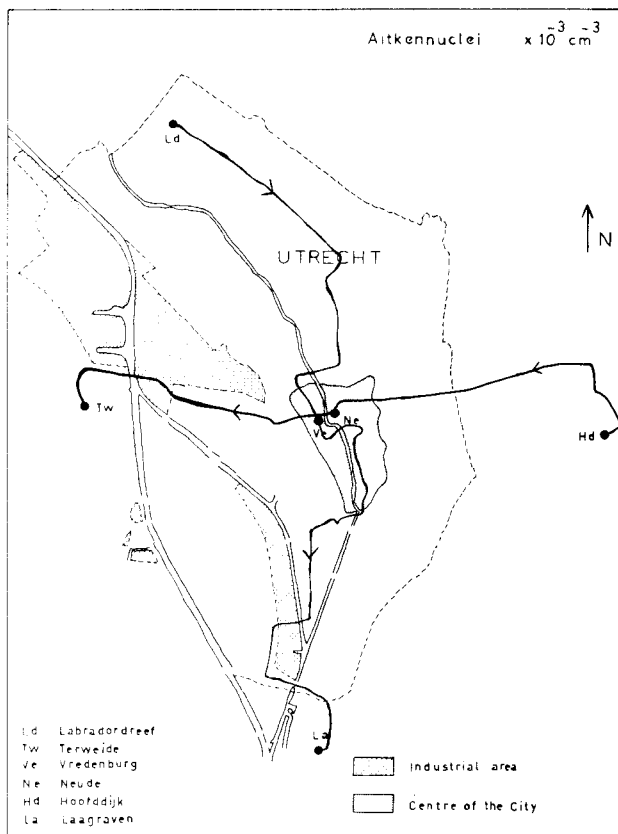
C. Floor

Gedurende de 3 wintermaanden van december 1969 tot en met februari 1970 heeft het instituut voor Meteorologie en Oceanografie in Utrecht het project 'stadsklimaat' uitgevoerd. Hierbij werden in en om de stad weerkundige waarnemingen verricht gedurende 2 dagelijkse meetritten. Een doel van het onderzoek was inzicht te krijgen in het klimaat van een niet te grote

stad gedurende de wintermaanden. De onderzoeken, onder leiding van Prof. Dr. F. H. Schmidt, werden uitgevoerd door Drs. J. C. H. van der Hage en Drs. L. A. Conrads. De meetritten werden gereden met een door het Utrechts Nieuwsblad beschikbaar gesteld volkswagenbusje.

### Het onderzoek

Het meetprogramma bestond uit het bepalen van windsnelheid, windrichting, temperatuur, vochtigheid en het aantal aïtkendeeltjes (in verband met de verontreiniging van de lucht), op zes punten. Twee punten hiervan bevonden zich in de stad (Neude en Vreeburg), de overige aan de rand van de stad en wel één ten N, één ten O, één ten Z en één ten W van Utrecht. Het punt ten Oosten van de stad was een weiland niet ver van het K.N.M.I. in de Bilt, zodat de waarnemingen van dit punt met die van de meetweide van het K.N.M.I. zouden kunnen worden vergeleken. Bovendien werden tijdens de meetritten, die van punt oost via Neude naar punt west en dan van punt noord via Vreeburg naar punt zuid voerden (zie fig. 1),



Figuur 1. Het traject van de meetritten met de oost-west (Hd-Tw) en noord-zuidroute (Ld-La).

temperaturen gemeten. De ochtendritten werden steeds gereden tussen 7.30 en 9.30 uur (rond zonsopgang), de middagritten tussen 13.00 en 15.00 uur (rond het tijdstip waarop normaliter de maximum temperaturen worden bereikt). Deze tijden waren gekozen, omdat de temperatuurschommelingen ten gevolge van de dagelijkse gang rond die momenten in het algemeen het geringst zijn.

### *Temperatuurmetingen*

De temperatuurmetingen tijdens het rijden werden verricht met behulp van 4 thermokoppels. Deze gaven een signaal af aan een in de meetbus opgestelde kontinu schrijvende rekorder (Servogor). Met behulp van een dergelijk apparaat krijgt men een registratiepapier, waarop elk punt van een horizontale lijn een bepaalde temperatuur voorstelt.

Op de zes meetpunten liet men de rekorder ook twee z.g. referentietemperaturen registreren; een referentietemperatuur was de temperatuur van een hoeveelheid petroleum, die in een bakje buiten de bus hing, de andere gaf de temperatuur van de petroleum, die in een bij het instrumentenpaneel (dus binnen) staande thermosfles zat. De petroleum buiten nam ongeveer de temperatuur van de lucht aan, waardoor de bus kortevoren had gereden; de petroleum in de thermosfles veranderde vrijwel niet van temperatuur en was daardoor ongeveer even warm als de lucht in de garage, waar de bus 's nachts werd gestald. De beide temperaturen, die bijna altijd wel enige graden verschilden, werden met behulp van thermometers afgelezen en het resultaat werd bij hun registratie geschreven. Achteraf kan men zo van alle punten op het registratievel de bijbehorende temperatuur bepalen. Op deze manier kan men temperaturen tot op  $0,1^{\circ}\text{C}$  nauwkeurig meten; het grootste temperatuurverschil, dat de rekorder dan kan weergeven is ongeveer 10 graden.

Het registratiepapier loopt met een konstante snelheid door de rekorder. Eigenlijk komt elk punt op een verticale lijn van de registratie dan overeen met een tijdstip tijdens de meetrit. Op 50 punten van de route werd er echter naast de registratie van de temperatuur een streepje gezet met 2 letters, als kode voor het punt, zodat van de 50 punten precies de temperatuur achteraf bepaald kan worden en aan de hand daarvan, door terugrekenen, ook de temperatuur van de tussenliggende punten. Het gebruik van meerdere thermokoppels heeft twee voordelen: het temperatuurafhankelijke signaal dat naar de rekorder gaat is sterker, d.w.z. makkelijker te meten. Bovendien krijgt men vanzelf de gemiddelde temperatuur over een gebiedje tussen de buitenste thermokoppels als men de 4 instrumentjes een eindje uit elkaar plaatst. Dit was dan

ook gedaan. De middeling is o.a. van belang in verband met het voorkomen van kleine relatief warme luchtbelletjes, vooral boven asfaltwegen. Zou er met 1 thermokoppel worden gemeten, dan zouden er bij het rijden door zo'n warme luchtbel ongewenste pieken op de registratie kunnen ontstaan.

De thermokoppels bevonden zich in 4 buisjes, die met 50 cm tussenruimte op ongeveer 2 m hoogte voorop de bus waren gemonteerd (zie foto fig. 2). De dubbel-



*Figuur 2.* De weerbus, waarmee de waarnemingen werden verricht. Voorop zijn duidelijk zichtbaar de omhulsels van de thermokoppels met daarachter de blower. Helemaal rechts op de foto de buitenreferentietemperatuur.

wandige buisjes waren aluminiumkleurig geverfd om de thermokoppels zoveel mogelijk tegen bestraling door de zon te beschermen. De lucht die langs de thermokoppels streek, stroomde aan de voorkant de buisjes binnen en werd aan de achterzijde door een op de auto gemonteerde ventilator afgezogen. Hierdoor konden ook temperaturen gemeten worden tijdens stilstand van de bus. De snelheid, waarmee de lucht langs de thermokoppels stroomt is, zodra hij eenmaal groter is dan een bepaalde minimumwaarde, die door de geringe warmtecapaciteit van de thermokoppels niet zo hoog hoeft te zijn, niet meer van invloed.

### *Meting van de Aitkendeeltjes*

Op de zes meetpunten, en soms ook tijdens de rit, werden Aitkendeeltjes gemeten. Dit zijn hele kleine stofdeeltjes met straal tussen  $10^{-3}\mu$  en  $10^{-1}\mu$  ( $10^{-9}\text{m}$  —  $10^{-7}\text{m}$ ), die, omdat zij voornamelijk door industrie, huisbrand en verkeer geproduceerd worden, een indicator zijn voor de verontreiniging van de lucht. Ze zijn genoemd naar de engelse fysicus John Aitken, die zich in 1887 als eerste voor deze deeltjes interesseerde. Van belang hierbij is vooral de manier waarop de

deeltjes zich verspreiden, zodat men bij de vestiging van een industrie of de aanleg van een verkeersweg kan voorspellen wat de mogelijke gevolgen zijn voor de lucht, die de mensen in de omgeving moeten inademen bij verschillende weersomstandigheden.

De deeltjes zijn echter zo klein, dat ze zelfs met een sterk vergrotende mikroskoop niet te zien zijn. Om toch het aantal deeltjes per volume-eenheid te weten te komen, maakt men gebruik van het feit, dat ze als kondensatiekern kunnen dienen bij grote oververzadigingen, d.w.z. dat, als men de relatieve vochtigheid zeer groot maakt, ver over de 100%, zich druppels vormen om de deeltjes heen. Deze druppeltjes kan men wel zichtbaar maken en dan b.v. met behulp van een mikroskoop, of na het maken van een foto, tellen. Ook kan men gebruik maken van de eigenschap, dat de druppeltjes het doorvallende licht verstrooien. Dit betekent, dat het zicht afneemt. Het lichtgevoelig element onderin een verticale buis waarin zich het luchtmonster met de druppeltjes bevindt, neemt een lampje boven in de buis minder goed waar, naarmate er meer druppeltjes en dus ook meer Aitkenkendeeltjes zijn. De hoeveelheid licht, die op het element valt wordt gemeten en is een maat voor het aantal Aitkenkendeeltjes. Deze verstrooiingsmethode wordt toegepast in de Aitkenteller, die, althans in de USA, in de handel verkrijgbaar is, en tijdens de meetritten werd gebruikt.

#### Windmeting

In de meetbus bevond zich een uitschuifbare mast met aan het bovineinde een dwarsbalk, waarop een windrichtings- en windsnelheidsmeter bevestigd waren. Op de meetpunten werd de mast uitgeschoven, zodat de gemeten waarden betrekking hebben op een hoogte van 4 meter.

De windsnelheidsmeter bestaat uit een lichtlopende dynamo met er bovenop een molentje, dat door de wind wordt bewogen. Naarmate het harder waait, draait het molentje sneller, waardoor ook de dynamo sneller draait en meer stroom afgeeft. De afgegeven stroom wordt gemeten en is een maat voor de windsnelheid.

De windrichtingsmeter is een over 360° draaiende weerstand, waarop een windvaan is bevestigd. Bij elke windrichting heeft de weerstand een andere waarde. Deze wordt weer gemeten en op de bijbehorende schaal kan men de windrichting meteen aflezen. Van groot belang is natuurlijk, dat de meetbus bij elke windrichtingsmeting in de noord-zuid (of een andere vastgestelde) richting staat, omdat anders de schaalverdeling niet van toepassing is.

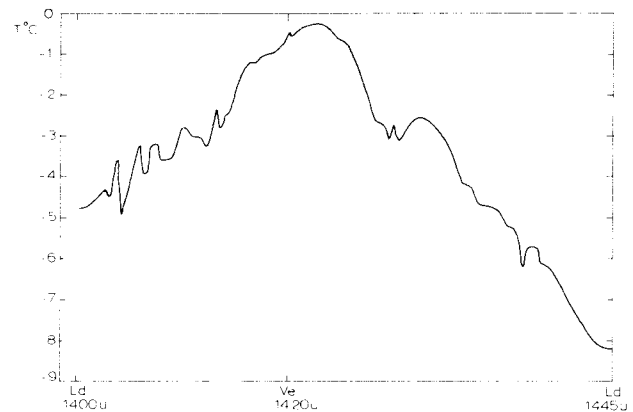
#### Vochtigheidsmeting

Voor het bepalen van de vochtigheid werd gebruik gemaakt van een z.g. psychrometer. Dit is een apparaat, dat bestaat uit 2 thermometers, die met behulp van een op batterijen werkende ventilator worden geventileerd. De ene thermometer geeft de normale luchttemperatuur. Om de andere zit een nat lapje gewikkeld. Na ventilatie van de thermometers wijst de omwikkelde een lagere temperatuur aan, omdat door verdamping warmte aan het kwikreservoir van de thermometer is onttrokken. Uit de beide gemeten temperaturen kan de vochtigheid worden bepaald. Het is ook mogelijk om in plaats van het kwikreservoir van een thermometer de las van een thermokoppel te omwikkelen. De psychrometer bestaat dan uit 2 thermokoppels in plaats van 2 thermometers.

In Wageningen heeft men deze methode reeds toegepast voor het meten van vochtigheid. Een van de voordelen ervan is, dat men ook rijdend vochtigheden kan meten, die achteraf uit de registraties van beide thermokoppels bepaald kunnen worden. De apparatuur hiervoor is in Utrecht nog in ontwikkeling.

#### Enige voorlopige resultaten

Uit een voorlopige beschouwing van de metingen, die tot nu toe zijn verricht, blijkt dat de temperatuur van de lucht in de stad altijd hoger was dan daarbuiten. Dit z.g. warmte-eiland bedroeg meestal 1 tot 2°C, maar was op sommige dagen, onder daarvoor gunstige omstandigheden, wel groter dan 7°. Een voorbeeld van een registratie van zo'n dag is die van de middagrit van 7 januari 1970 (zie fig. 3). De registratie heeft betrekking op de noord-zuid route. In de stad is het onbewolkt, daarbuiten mistig en overal windstil.



Figuur 3. Gedeelte van de temperatuurregistratie van 7 januari 1970. Ld: Labradordreef, Ve: Vreeburg, La: Laagraven. De afstanden op de horizontale as zijn op schaal. Duidelijk is te zien dat het centrum van de stad een 'warmte-eiland' vormt.

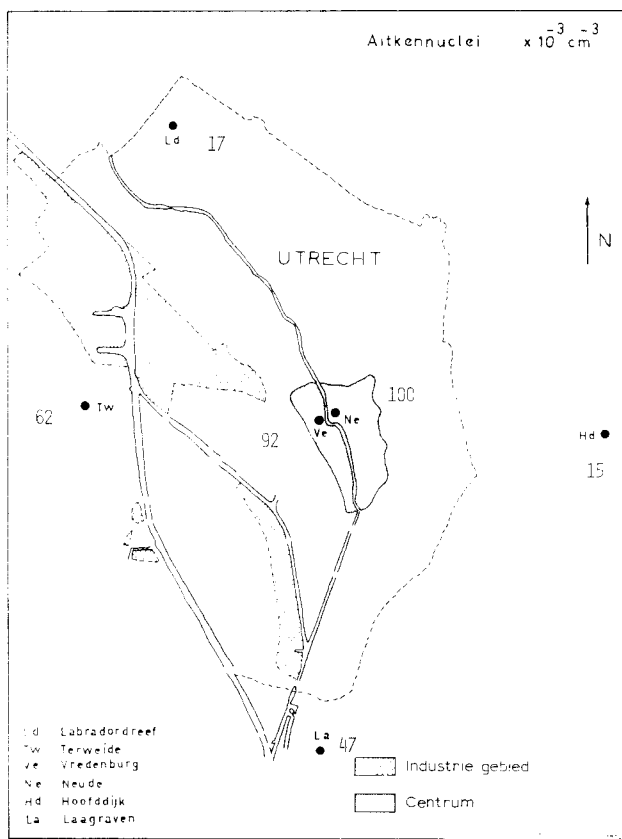


FIG 4A. KONCENTRATIE VAN DE AITKENDEELTJES TIJDENS DE OCHTENDRIT VAN VRIJDAG 19 DECEMBER 1969 (VEEL VERKEER)

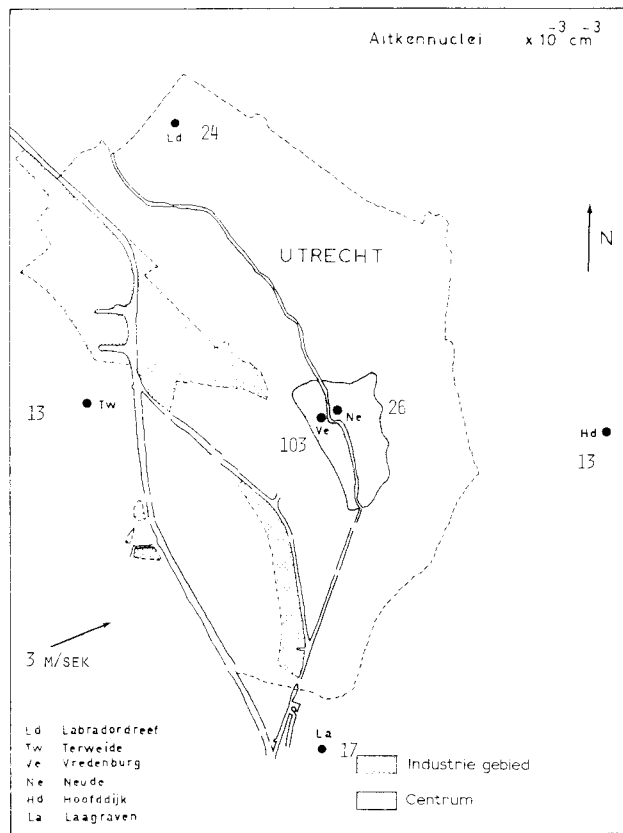


FIG 5A. KONCENTRATIE VAN DE AITKENDEELTJES TIJDENS DE OCHTENDRIT VAN WOENSDAG 3 DECEMBER 1969,

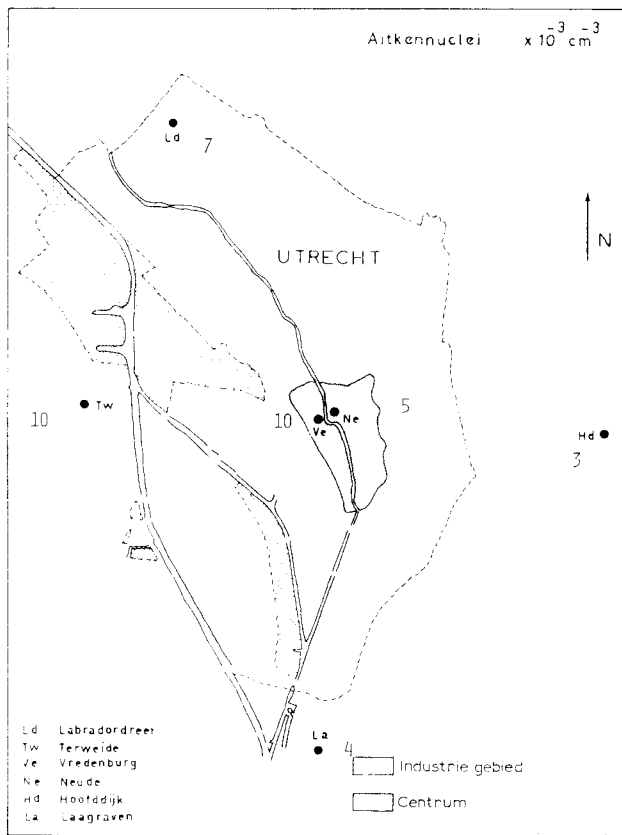


FIG 4B. KONCENTRATIE VAN DE AITKENDEELTJES TIJDENS DE OCHTENDRIT VAN 25 DECEMBER (EERSTE KERSTDAG) 1969

De hoeveelheid Aitkendeeltjes bleek sterk afhankelijk van de intensiteit van het verkeer in de omgeving. In de verkeersstromen kon het juiste aantal deeltjes zelfs niet worden bepaald, omdat daar de wijzer buiten de schaal sloeg, wat betekent, dat er meer dan 100 miljoen deeltjes in een  $\text{cm}^3$  lucht zitten. Uit 2 voorbeelden blijkt ook de grote verontreinigende invloed, die het gemotoriseerd verkeer heeft. Fig. 4a geeft concentraties voor vrijdagochtend 19 december 1969. Duidelijk is te zien, dat in de stad, waar het verkeer intensiever is, de concentraties hoger zijn dan daarbuiten. Fig. 4b geeft de concentraties, die gevonden werden tijdens de ochtendrit van 25 december 1969, eerste Kerstdag. Het verkeer was die ochtend nog niet op gang gekomen. Binnen en buiten de stad vindt men geen verschillen. Het afsluiten van binnensteden voor gemotoriseerd verkeer zal dus een gunstige invloed op de kwaliteit van de lucht in de stad hebben.

De invloed van de wind blijkt uit het voorbeeld van fig. 5 (woensdag 3 december 1969). 's Ochtends is de wind ZW, waardoor de punten zuid en west relatief lagere concentraties geven. 's Middags is de wind gedraaid naar NW. Punt west geeft nu veel hogere kon-

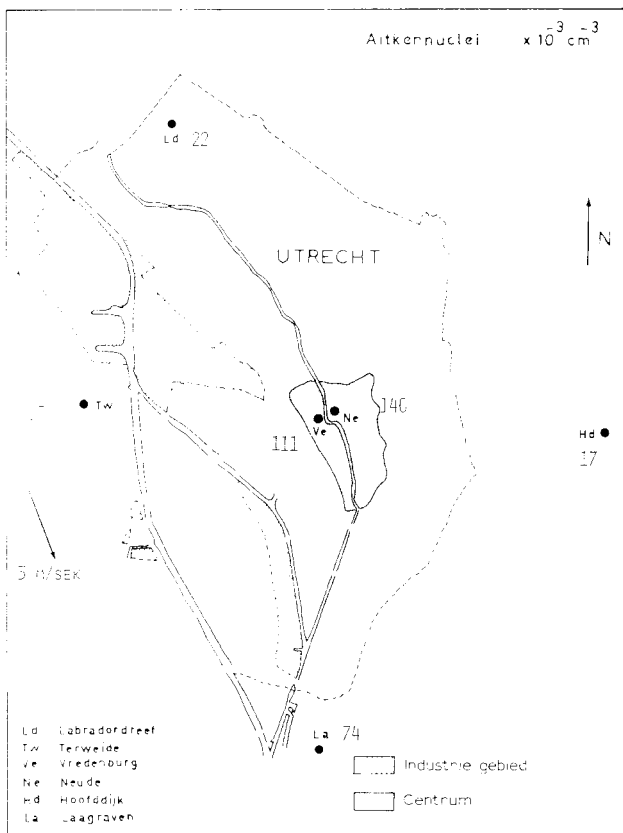


FIG 5B. KONCENTRATIE VAN DE AITKENDEELTJES TIJDENS DE MIDDAGT VAN WOENSDAG 3 DECEMBER 1969.

centraties ten gevolge van de invloed van het industriegebied ten westen van het Amsterdam-Rijnkanaal. Punt Zuid krijgt ook grote hoeveelheden Aitkendeeltjes, die van de stad en de vlak ten noorden van het punt liggende verkeersweg E 36 door de wind in ZO-richting worden gevoerd.

De windsnelheden in de stad waren over het algemeen lager dan daarbuiten, omdat de wind door de bebouwing sterk geremd wordt. De vochtigheid bleek eveneens iets lager ten gevolge van de hogere temperaturen en de goede afwatering.

Definitieve konklusies zullen pas kunnen worden getrokken als al het materiaal is verwerkt.