



## **AANVULLEND**

## **RAPPORT VAN ONDERZOEK**

## **INZAKE**

## **HET MOBIELE GSM GESPREK OP 23 SEPTEMBER 1999**

## **IN DE STRAFZAAK TEGEN**

**Ernest Cornelis Jacobus Johannes Louwes**

Geboren op 13 augustus 1953 te Amsterdam,



## Ten geleide

In de afgelopen 12 maanden is er door de samenstellers van dit rapport nog een aantal aanvullende onderzoeken uitgevoerd betreffende het mobiele gesprek van de heer E. Louwes en het slachtoffer op 23 september 1999, omstreeks 20.36 uur.

In de afgelopen jaren heeft het genoemde mobiele gesprek een duidelijke rol gespeeld in de veroordeling van de verdachte en werd de verdachte, vanwege het mobiele gesprek op 23 september 1999, omstreeks 20.36 uur, in de directe omgeving van de Zwolseweg te Deventer geachte te zijn geweest ten tijde van genoemd mobiel gesprek.

Door de samenstellers van dit rapport zijn in het verleden reeds enige rapporten opgesteld omtrent dit mobiele gesprek en mocht worden vastgesteld dat het niet voorhanden zijn van de meest belangrijke gegevens, de Timing Advance gegevens welke de daadwerkelijke afstand aangeven tussen een mobiele telefoon alsmede het GSM opstelpunt, een groot gemis zijn in het onderzoek naar de waarschijnlijkheid van de mogelijkheid dat verdachte, naar zijn verklaringen en zijn volharding hierin, zich niet in de directe omgeving bevond van de Zwolseweg in Deventer op 23 september 1999, omstreeks 20.36 uur, maar op de A28 tussen de afslag Harderwijk en 't Harde.

In onze rapportage van mei 2002 en van november 2003 werd reeds aangehaald dat onderzoek is gedaan naar de aanwezigheid van bijzonder atmosferische omstandigheden welke het heel goed mogelijk maakte dat de afstand van het opstelpunt, zijnde de 14501 en de mobiele telefoon van verdachte, hierdoor kon worden overbrugd.

Inmiddels is er door de samenstellers van dit rapport meer onderzoek gedaan naar deze bijzonder atmosferische omstandigheden en de invloed hiervan op het mobiele telefoongesprek op 23 september 1999 tussen verdachte en het slachtoffer.

Tevens is er aanvullend onderzoek gedaan waarom het mobiele gesprek niet is opgepakt door een GSM opstelpunt gelegen tussen Deventer en de A28, met name het stuk tussen de afslag Harderwijk en 't Harde aangezien enkele deskundige in het verleden met de stelling naar voren kwamen dat er "honderden" GSM opstelpunten zouden moeten staan tussen Deventer en de A28.

Onze conclusie is dat nader onderzoek heeft aangetoond dat het zeer aannemelijk is dat het bewuste mobiele gesprek tussen verdachte en het slachtoffer op 23 september 1999, omstreeks 20.36 uur, conform zijn verklaringen heeft plaatsgevonden op de A28 tussen de afslag Harderwijk en 't Harde.

2007

CIS, Afdeling Special Research  
correspondentie adres:

Postbus 48  
6880 AA Velp



Productie I toont aan dat op de bewuste avond bijzondere atmosferische omstandigheden heersten, die lange afstandcommunicatie op GSM frequenties van 900MHz bevorderden.

In deze aanvullende rapportage zijn opgenomen twee producties, t.w.:

- I: Onderzoek naar buitengewone propagatie condities op 23 september 1999, opgemaakt door de heer J.C. Meijer.
- II: Aanvullend onderzoek locatie GSM gesprek.

Dit rapport is opgemaakt op 2 maart 2007 te Arnhem door:

  
J.J.R. Heinen

  
J.C. Meijer

  
J.A. Sterrenburg

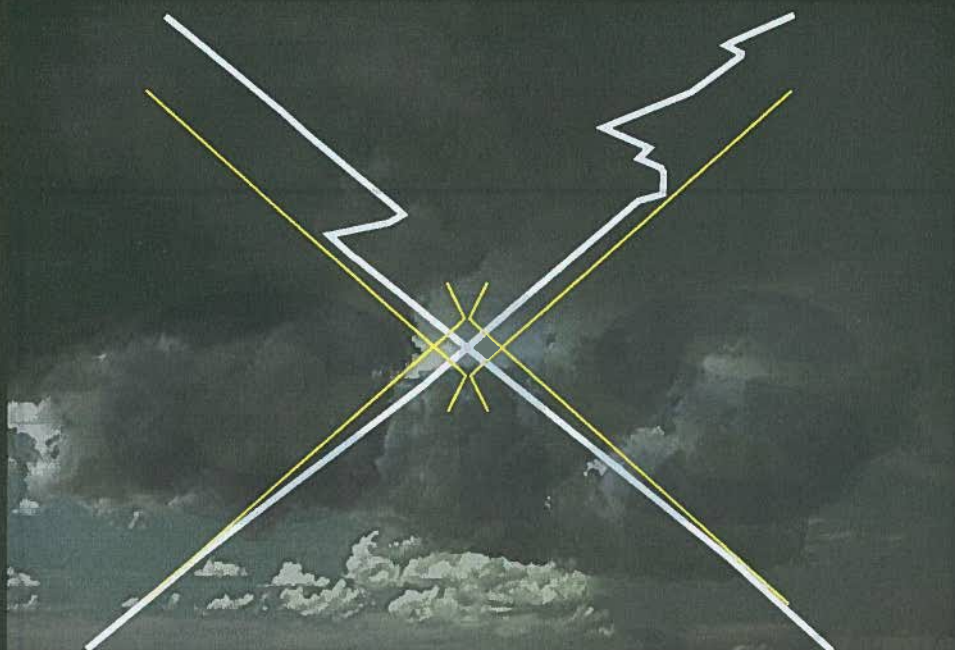


## PRODUCTIE 1





## Profielen van een beladen atmosfeer



ONDERZOEK NAAR BIJZONDERE TROPOSFERISCHE CONDITIES VOOR  
RADIOPROPAGATIE OP GSM-FREQUENTIE VAN 900 MHz  
OP 23 SEPTEMBER 1999 ROND 20:30 UUR  
OVER HET TRAJECT TUSSEN GSM-OPSTELPUNT 14501 TE DEVENTER  
EN HET WEGVAK RIJKSWEWEG A28 TUSSEN HARDERWIJK EN 'T HARDE

J.C. MEIJER





## INHOUDSOVERZICHT

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INLEIDING .....                                                                       | 3  |
| CONCLUSIES .....                                                                      | 6  |
| <br><b>DEEL 1: PROPAGATIEONDERZOEK</b>                                                |    |
| 1. BUTTENGEWONE RADIOPROPAGATIE IN BETREKKING TOT HET WEER..                          | 7  |
| 1.1. WEERSINVLOEDEN EN PROPAGATIEPROGNOSES .....                                      | 7  |
| 2. BESCHRIJVING VAN HET PROPAGATIEONDERZOEK .....                                     | 10 |
| 3. VERBINDING OP 1296 MHZ OVER 353 KILOMETER .....                                    | 12 |
| 4. ANALYSE VAN DE VERZAMELDE M-PROFIELEN .....                                        | 14 |
| 4.1. SUPERREFRACTIE IN DE BILT, 23-09-1999 .....                                      | 14 |
| 4.2. GEBIEDSANALYSE ... ..                                                            | 15 |
| 4.3. GEVOLGTREKKINGEN VOOR PROPAGATIETRAJECT<br>DEVENTER-RIJKSWEIG A28 .....          | 18 |
| <br><b>DEEL 2: TOELICHTINGEN</b>                                                      |    |
| 5. BEREKENINGSMETHODE M-PROFIELEN .....                                               | 20 |
| 6. EFFECTEN VAN SUPERREFRACTIE .....                                                  | 22 |
| 7. BEREKENING GEÏNTERPOLEERDE M-PROFIELEN .....                                       | 23 |
| 7.1. LINEAIRE INTERPOLATIES VOOR M-PROFIEL 21:00 UUR .....                            | 24 |
| 7.2. LINEAIRE INTERPOLATIES VOOR M-PROFIEL 22:00 UUR .....                            | 25 |
| 8. STRUCTUUR VAN DE METEOROLOGISCHE BRONBESTANDEN .....                               | 26 |
| 9. SYMBOLEN, GROOTHEDEN EN EENHEDEN IN BRONBESTANDEN<br>EN BEREKENINGEN (TABEL) ..... | 27 |
| 10. LITERATUUR EN INTERNETBRONNEN .....                                               | 27 |
| <br><b>BIJLAGEN</b>                                                                   |    |
| BIJLAGE 1: BRONGEGEVENS M-PROFIELEN                                                   |    |
| DE BILT                                                                               |    |
| ESSEN (BRD)                                                                           |    |
| EMDEN (BRD)                                                                           |    |
| SLEESWIJK (BRD)                                                                       |    |
| GREIFSWALD (BRD)                                                                      |    |
| BIJLAGE 2: GRAFISCHE CONSTRUCTIE M-PROFIELEN                                          |    |
| BIJLAGE 3: PROPAGATIE-ERVARINGEN VAN RADIOZENDAMATEURS                                |    |



## INLEIDING

**B**ij uitspraak van 22 februari 2005 inzake beroep in cassatie bekrachtigde de Hoge Raad der Nederlanden het vonnis dat het Gerechtshof 's Hertogenbosch op 9 februari 2004 uitsprak tegen E.C.J.J. Louwes. Daarmee werd die uitspraak formeel onherroepelijk.

Betrekkelijk veel plaats is in beide uitspraken ingeruimd voor een van de raadselachtige aspecten van deze spraakmakende zaak: het telefoongesprek dat de veroordeelde volhoudt op 23 september 1999 om 20:36 uur vanaf Rijksweg A28 vanuit zijn auto te hebben gevoerd met mw. Wittenberg, vermoedelijk kort voordat zij in haar woning te Deventer slachtoffer werd van een gewelddadige levensberoving. Voorbijgaand aan de argumentatie volgens welke het telefoongesprek in retrospectief de jure niet langer als onderdeel van een alibi kan gelden, blijven hieromtrent na analyse van de uitspraak vanuit technisch perspectief vele vragen onbeantwoord.

Nadat een gloeilamp uit een fitting is verwijderd, mag het uitgesloten heten dat die lamp zal oplichten na het bedienen van de schakelaar waarop die lege fitting is aangesloten. Technisch, wetenschappelijk, logisch en menselijkerwijs is dat immers een onmogelijkheid. Tenzij men geloof zou hechten aan het bovennatuurlijke. Alleen een zekerheid van dit kaliber over het onmogelijke van het aanstralen van een gsm-station in Deventer vanaf de A28 tussen Harderwijk en 't Harde had aan alle onzekerheid een einde kunnen maken. Een dergelijke zekerheid had bij de rechter op tafel kunnen liggen in de vorm van de *time advance*-gegevens. Binnen een marge van een kleine 550 meter zouden deze gegevens onbetwistbaar uitsluitsel hebben gegeven over de kwestie vanaf welke afstand van het gsm-station het telefoongesprek was gevoerd. Aldus de Hoge Raad is hetgeen door diverse getuige-deskundigen ter zake is aangevoerd op te vatten als compensatie voor het verzuim deze TA-gegevens te produceren. Evenwel is het onvermijdelijk te constateren dat van zulk een compensatie geen sprake kan zijn. Een zekerheid vormt hier alleen het harde bewijs van een mogelijkheid of onmogelijkheid, niet van een onzekerheid of een mate van glibberige statistische waarschijnlijkheid. Omdat langs de laatste lijn is afgewogen en geoordeeld, kan van een werkelijke compensatie dan ook geen sprake zijn. Ook enige hier geformuleerde gevolgtrekking zal daarom bij voorbaat niet in staat zijn voor genoemde omissie een hard alternatief te vormen. Dat neemt niet weg dat nader onderzoek van diverse achterwege gebleven aspecten een ander licht kan werpen op de statistiek van de casus. Wellicht kan dit achteraf althans een compensatie bewerkstelligen voor een beeld dat is gerezen op grond van uitkomsten van een onderzoek waarover men serieuze vragen kan stellen. Tenzij natuurlijk de TA-gegevens alsnog beschikbaar zouden komen. Dit laatste lijkt echter onwaarschijnlijker dan op het eerste gezicht een rechtstreekse gsm-verbinding tussen 't Harde en Deventer.

Eerste aanleiding voor het hier gerapporteerde onderzoek was de constatering dat de verklaring van de veroordeelde, in door hem openbaar gemaakte bewoording, inhoudt dat hij niet zozeer *nabij* de afslag 't Harde heeft getelefoneerd, maar "ergens op de snelweg tussen het viaduct te Harderwijk en de afslag 't Harde." Latere inzage in een deel van het dossier van de zaak leerde dat deze bewoording geheel strookt met hetgeen de heer Louwes in proces verbaal tegenover de politie had verklaard. Kennelijk kende het Hof de marge van deze verklaring, waar hij stelde "maar naar zijn zeggen bevond hij zich niet in of vlakbij Deventer, maar belde hij op de snelweg A28, waarschijnlijk nabij de afslag 't Harde" (rechtsoverweging 2.3.3). Waarschijnlijk... Wie evenwel, gedachtig deze verklaring, met enige kennis van radiopropagatie het terrein beschouwt, ziet rechts van de vermeende rijrichting al snel het Woldbergmassief, dat een sterk afschermende werking lijkt te hebben voor radioverbindingen vanaf de A28. Heel kort ervoor, zeker in termen van rijtijd, ligt een wegvak dat om Nunspeet heenleidt en waarvoor deze beperking aanmerkelijk minder lijkt te gelden. Toch werd het gehele politie-onderzoek, inclusief de vraag-



stelling aan de getuige-deskundigen, gefixeerd op een positie nabij de afslag 't Harde. Zodoende werd een waarschijnlijkheid als een zekerheid behandeld, waarvoor geen vaste grond bestond in de eigen verklaring van, op dat moment nog, de verdachte. Niet als de zekerheid dat de verdachte vanaf het wegvak tussen Nunspeet en 't Harde via de gsm-mast in Deventer zou hebben getelefoneerd, maar als zekerheid dat de eigen verklaring geen andere interpretatie zou bieden dan juist dat stukje weg waar het gesprek op voorhand het minst waarschijnlijk was.

Door de verdediging is aangevoerd dat meteorologische invloeden wellicht de verbreding van radiogolven over abnormale afstand hebben bevorderd en zo de onwaarschijnlijk lijkende verbinding mogelijk maakten. Wat ter zake door het Openbaar Ministerie in geding is gebracht, mag pover heten in het perspectief van de ingewikkeldheid van deze materie. Buiten beeld bleef de dynamiek van de weersontwikkeling over de voorafgaande dagen en de invloed hiervan op de vorming van omstandigheden die zulke verbindingen mogelijk, onmogelijk of zeer onwaarschijnlijk maken. Bovenal bleef echter buiten beeld dat al decennialang wetenschap is ontwikkeld over de samenhang tussen atmosferische omstandigheden en radiopropagatie. Deze discipline, de radiometeorologie, lijkt in Nederland nog weinig bekend. Ingevoerd in een internet-zoekprogramma levert het voornamelijk (enkele honderden) Duitse treffers op. Waaronder van het *Fraunhofer Institut für Radiometeorologie und Maritime Meteorologie*. Getuige de ruim 10 000 Engelse treffers voor *radio meteorology* leeft het begrip ook in de Angelsaksische wereld. Wanneer men de atmosfeer wil onderzoeken op anomalieën die op gsm-frequenties buitengewone propagatie veroorzaken, zo leert de discipline, onderzoekers men de relevante gegevens van de atmosferische lagen.

Overall ter wereld laten vele weerstations minstens tweemaal per etmaal een weerballon op, voorzien van een radiosonde die tot grote hoogte de atmosfeer bemonstert op diverse kernmerken. Zo ook bij KNMI te De Bilt. Uit aldus verzamelde meteorologische gegevens laat zich met een bepaald rekenmodel per gesondeerde hoogte de zogenoemde refractiviteit bepalen. In een grafiek uitgezet leveren die waarden tezamen een nauwkeurig beeld van eventuele buitengewone propagatiecondities op het tijdstip van de radiosondering. Zonder kennelijk over dergelijke gegevens te beschikken, trokken twee ongetwijfeld eminente wetenschapsbeoefenaren onafhankelijk van elkaar een conclusie over zulke condities op de avond van 23 september 1999.

Een Nederlandse emeritus-hoogleraar concludeerde negatief. Ofschoon hij de weermechanismen van het verschijnsel bleek te kennen, baseerde hij zijn oordeel op voor dit doel onbruikbare weergegevens. Want de daartoe vereiste informatie over atmosferische lagen ontbrak in het hem overgelegde weerrapport van het KNMI. Een Duitse hoogleraar was, ten onrechte, van mening dat eventuele buitengewone propagatie achteraf niet meer valt vast te stellen. Aldus maakte de rechter het tot zijn overtuiging dat van "bijzondere weersomstandigheden die ten tijde van het onderhavige telefoongesprek radiopropagatie mogelijk maakten niet is gebleken" (rechtsoverweging 136 HR). Hier, en op andere plaatsen in de uitspraak, werd kennelijk bedoeld: *abnormale of buitengewone radiopropagatie*.

Verscheidene andere technische argumenten hebben in deze zaak eveneens bijgedragen tot de rechterlijke overtuiging dat het gsm-gesprek moet zijn gevoerd te of nabij Deventer. Bij nader inzien vloeit een belangrijk deel van deze argumenten voort uit de plaats waar het gsm-gesprek was gepositioneerd: nabij de afslag 't Harde. Een deel van deze argumenten blijkt onjuist of slechts beperkt juist. Ze zijn niet of slechts beperkt van toepassing indien men de reële mogelijkheid onder ogen ziet dat het gesprek ook zou kunnen zijn gevoerd op het wegvak van de A28 bij Nunspeet.

Staande blijft dat geen van de getuige-deskundigen in geval van buitengewone radiopropagatie de aanstraling van het basisstation 14501 te Deventer vanaf de A28 nabij 't Harde





heeft uitgesloten. Wellicht het belangrijkste oordeel komt in dezen van de beheerder van het gsm-netwerk. Alleen deze bezit de informatie over specifieke technische maatregelen die zo'n uitsluiting zou kunnen onderbouwen. Veelzeggend is daarom de verklaring van netwerkbeheerder KPN. Hierin werd aangegeven dat er onder bijzondere atmosferische omstandigheden een theoretische kans bestond op afwikkeling van het gsm-gesprek vanuit de onmiddellijke omgeving van 't Harde via een basisstation in Deventer.

Om deze reden blijft het hier gerapporteerde onderzoek beperkt tot de belangrijkste aller kwesties: Was er op de avond van 23 september 1999 sprake van bijzondere atmosferische omstandigheden die aanleiding waren tot buitengewone radiopropagatie op de gsm-frequentie van 900 MHz? Verrassenderwijs bleek het gevonden antwoord bevestigend: Ja, uit berekeningen op grond van de atmosferische sondering van KNMI om 20:00 uur locale tijd, en in weerwil van hetgeen hierover door getuige-deskundigen is geopperd, blijkt onweerlegbaar dat zulke omstandigheden heersten. Niet alleen tussen Deventer en Nunspeet of 't Harde. Of in heel Nederland. Maar over een breed en diep gebied, van Noord-Frankrijk tot Noord-Duitsland.

Openend met de conclusies behandelt deze rapportage in hoofdzaak de bevindingen zelf en de wijze waarop deze zijn vergaard en berekend. Een uitvoerige bijlage geeft inzicht in de brongegevens waarop de conclusies berusten. Daarnaast is een poging ondernomen de voor velen ongrijpbare materie althans enigszins bevattelijk te maken. Deze verklarende secties hebben geenszins de pretentie van een leerboek of streng-wetenschappelijke verhandeling. Buitendien, de auteur is radiotechnicus en geen meteoroloog. Van belang voor de interpretatie van het gevondene en aangetoonde is enig gevoel voor de aard van het verschijnsel, de weermechanismen die het veroorzaakt en de snelheid, of zo men wil de traagheid, waarmee het zich verspreidt en weer verdwijnt. Buitengewone radiopropagatie op zeer hoge frequenties is, zoals het weer, met redelijke betrouwbaarheid voorspelbaar. Is zo'n verschijnsel eenmaal geschiedenis, dan laat het zich achteraf zelfs eenduidig vaststellen. Indien althans de juiste meteorologische gegevens beschikbaar zijn. In dit opzicht beschrijft deze rapportage verifieerbare geschiedenis met reproduceerbare resultaten, als bijdrage aan de waarheidsvinding in een geruchtmakende zaak.

J.C. Meijer  
Deventer, maart 2007



## CONCLUSIES

1. Buitengewone radiopropagatie van de aard waarop dit onderzoek betrekking heeft, is het gevolg van superrefractie. Dit meteorologisch/natuurkundig verschijnsel is met een redelijke betrouwbaarheid voorspelbaar en, anders dan soms gedacht en beweerd, achteraf aantoonbaar aan de hand van specifieke meteorologische gegevens. Naar de aard van het radiometeorologisch verschijnsel zijn normale weerrapporten over een bepaald beperkt gebied, hoe zeer ook gedetailleerd, geheel onbruikbaar om het achteraf te kunnen vaststellen of beoordelen.
2. Aangetoond is dat op 22 en 23 september 1999 over grote delen van het in deze rapportage onderzochte gebied, van Noord-Frankrijk tot Noord-Duitsland, condities heersten voor buitengewone radiopropagatie, veroorzaakt door een superrefractieve lage atmosfeer. Aangetoond is eveneens, op grond van KNMI-gegevens betreffende de atmosfeer van die dag, dat dit in Nederland het geval was op 23 september 1999 om 20:00 uur voor frequenties van 900 MHz (megahertz) en hoger.
3. Gegeven de aard van het op die dag wijdverspreide natuurverschijnsel en wat dienaangaande is onderzocht en overwogen, moet het als uiterst onwaarschijnlijk gelden dat het, althans naar de aard van het verschijnsel, zeer nabij De Bilt gelegen gebiedje waarover de gsm-verbinding zou hebben plaatsgevonden – de "taartpunt" begrensd door enerzijds gsm-basisstation 14501 te Deventer en anderzijds Rijksweg A28 tussen Harderwijk en 't Harde – een superrefractieve lage atmosfeer zou zijn bespaard.
4. Daar de onderzochte atmosferische brongegevens een momentopname zijn, is achteraf niet stellig te bepalen of het verschijnsel toenemend of uitdovend was. Superrefractie die zich 's avonds aandient wordt doorgaans veroorzaakt door temperatuurinversie tussen de onderste laag of lagen van de atmosfeer en de laag erboven. Dit was ook het geval bij de superrefractie die in de gegevens van De Bilt is waargenomen. Temperatuurinversie ontstaat door snellere afkoeling van de onderste laag door toenemende reductie van de zonnewarmte, niet gecompenseerd door de warmte-afgifte van het aardoppervlak. Hierdoor veroorzaakte ducts versterken zich veelal tot geruime tijd na zonsondergang; de desbetreffende gegevens dateren van slechts 24 minuten hierna.
5. Aangetoond is dat ook in het slechtste geval, namelijk indien al sprake was van een tanende duct, de sterkte ervan rond 20:36 zeer waarschijnlijk nog een gsm-verbinding op 900 MHz kon bevorderen.
6. Op 23 september 1999 om 18:59 uur onderhield een Franse zendamateur radiocontact met een zendamateur in Katwijk aan de Rijn via een verbinding op 1296 MHz, hetgeen zonder buitengewone propagatiecondities onmogelijk is. Onderzocht is of aan deze verbinding ook een anomalie in de hogere atmosfeer ten grondslag kon liggen, anders dan het verschijnsel bedoeld onder 1. t/m 4. Dit bleek niet het geval te zijn.

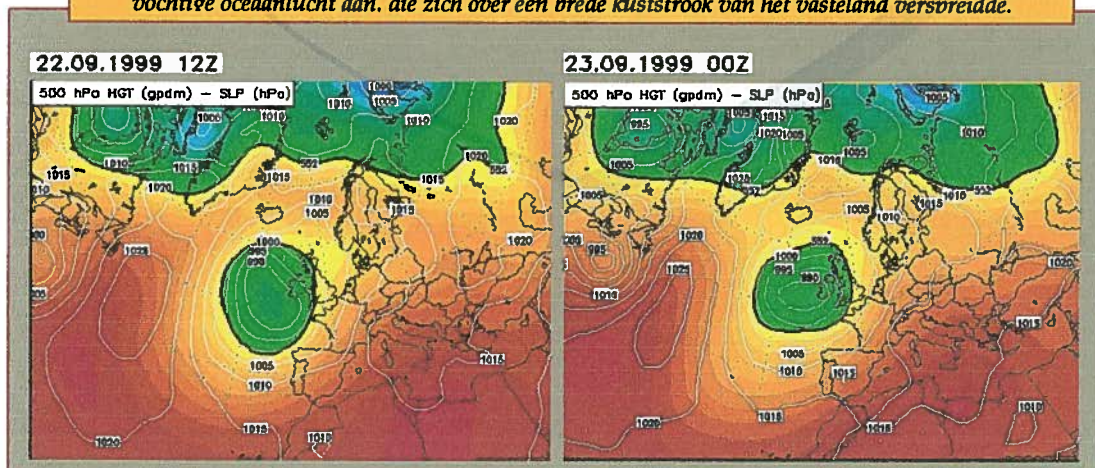
## 1. Buitengewone radiopropagatie in betrekking tot het weer

**A**bnormale radiopropagatie door atmosferische anomalieën speelt zich dikwijls af tussen isobaren. Dat wil zeggen over een doorgaans breed gebied begrensd door lijnen van gelijke luchtdruk. Op 23 september 1999 lag Nederland tussen een mediterraan hogedrukgebied en een lagedrukgebied waarvan de kern ten westen van de Britse eilanden lag. Deze situatie was al enkele dagen van kracht, zie de weerkaartjes in figuur 1. Onder invloed van dit weersysteem stroomde allengs via de kust van Bretagne en de westkust van Frankrijk zeer vochtige oceaanolucht over een brede kuststrook van het vasteland in de richting van Scandinavië. Na verloop van tijd bereikte deze luchtstroming ook Nederland en een westelijke strook van Duitsland. In combinatie met de heersende luchtdruk en temperatuur waren de overgangen tussen de onderste lagen van de atmosfeer daardoor buitengewoon bevattelijk voor abrupte veranderingen van de brekings-index. Als dit verschijnsel optreedt is er sprake van buitengewone radiopropagatie voor, in extreme gevallen, frequenties in het VHF-gebied (vanaf circa 50 MHz), maar meestal in het UHF-gebied (400 MHz en hoger). Of het verschijnsel optreedt is afhankelijk van een samenspel van factoren. Steeds moet daartoe bij een bepaalde luchtdruk een onbalans heersen tussen temperatuur, dauwpunt of relatieve luchtvochtigheid. In een normale atmosfeer nemen luchtdruk, temperatuur, dauwpunttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in onderling evenwicht af met toenemende hoogte. In de gegevens waaruit het verschijnsel zich laat berekenen, blijken in geval van een anomalie dikwijls inversies van temperatuur en/of relatieve luchtvochtigheid op te treden. Evenwel volstaat vaak al een onbalans waarbij deze grootheden vanaf het maaiveld tot op een bepaalde hoogte nagenoeg stabiel blijven om een toestand van buitengewone propagatie te veroorzaken.

### 1.1. Weersinvloeden en propagatieprognoses

Daar het om een meteorologisch verschijnsel gaat, hebben weersomstandigheden een allesbepalende invloed bij het ontstaan en uitdoven van het verschijnsel. Het is dan ook verleidelijk de plaatselijke weersomstandigheden te betrekken bij de vraag of het verschijnsel op een bepaalde plaats zal optreden of wellicht is opgetreden. Bij buitengewone propagatie is het niet zeldzaam dat radioverbindingen

*Figuur 1. Op 23 september 1999 werd het weer in Nederland bepaald door een lagedrukgebied ten westen van Ierland en de Britse eilanden. Via de kust van Bretagne voerde dit weersysteem zeer vochtige oceaanolucht aan, die zich over een brede kuststrook van het vasteland verspreide.*







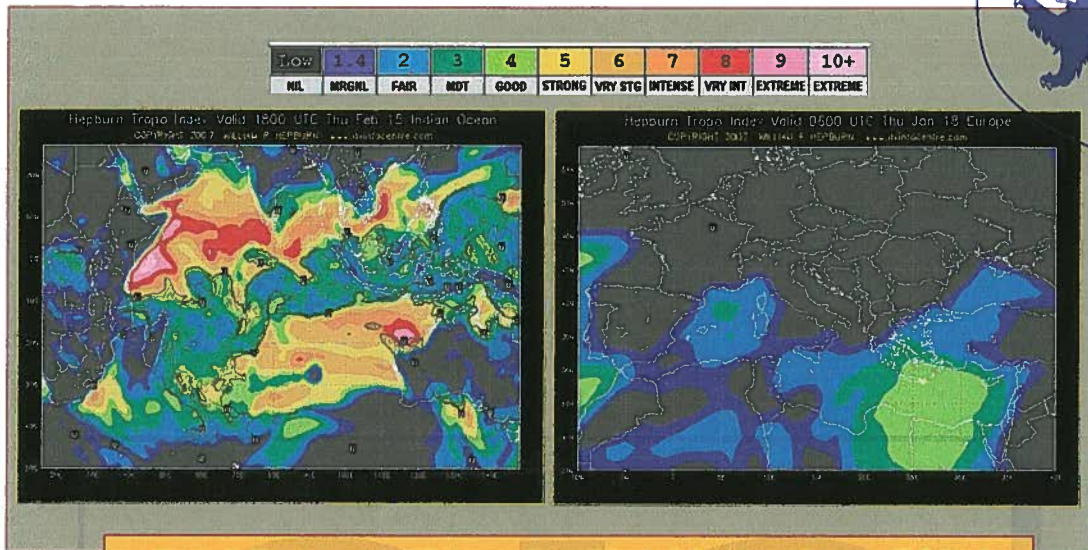
tot stand komen over honderden kilometers, die gezien hun hoge frequentie normaal tot hooguit enkele tientallen kilometers zouden reiken. Over zeer lange trajecten zal het weer niet zelden lokaal nogal eens wisselen. Op weg naar de ontvanger(s) zal het radiosignaal dan diverse temperatuursveranderingen tegenkomen en wellicht ook door regenbuien of onweer trekken. Overal blijft de voor de verbinding verantwoordelijke atmosferische onbalans dan kennelijk toch voldoende in stand. Buitengewone propagatie is dan ook een macroverschijnsel waarop lokale weersinvloeden doorgaans betrekkelijk weinig invloed uitoefenen.

Van grotere betekenis is de algemene interactie tussen de warmte van het aardoppervlak, de windsnelheid en windrichting en de invloed hiervan op de temperatuur en het vochtaandeel in de onderste luchtlagen, beschouwd over een groter gebied. Zonder deze materie hier verder uit te diepen, geldt dat het optreden van buitengewone radiopropagatie verbonden is met seizoenen en bepaalde uren van de dag. 's Winters en 's zomers is het verschijnsel in Nederland zeldzaam. Maar vooral het late voorjaar, de laatste weken van de zomer en de eerste maand van de herfst geven een grote kans op buitengewone radiopropagatie in de lage troposfeer. 's Nachts en in de eerste ochtenduren ("dode uren") bestaat, in termen van zendamateurs, ook dan weinig kans op tropo-activiteit. In de middag, maar vooral in de eerste uren na zonsondergang, is die kans het grootst.

Weliswaar zijn dit zijn vuistregels en statistieken die enige geldigheid bezitten. Maar omdat het verschijnsel niet uit de lucht komt vallen, blijft of en wanneer het gebeurt afhankelijk van klimaat, jaargetijde en heersende weersomstandigheden over een groter gebied. En die kunnen heel tegenstrijdig lijken. Grote onbewolkte gebieden kunnen door warmteafgifte van het aardoppervlak in de avonduren temperatuurinversies vertonen. Anderzijds kan een naderend koudefront met onweersbuien zijn schaduwen wel anderhalf uur vooruitwerpen door warme en droge lucht te verdringen door koude en vochtige lucht. Kortom, "tropo-activiteit" is nauw verstrengd met weer en klimaat. Zozeer, dat zich uit weerprognoses met voldoende nauwkeurige schattingen van de kenmerken van luchtlagen in de lage atmosfeer ook bruikbare prognoses over buitengewone radiopropagatie laten berekenen.

Ten behoeve van radiozendamateurs onderhoudt sinds 2000 de Amerikaan W.R. Hepburn op internet een veelbezochte pagina met mondiale prognoses over tropo-activiteit. Figuur 2 (rechts) geeft het beeld van zo'n prognose voor 18 januari 2007 in Europa. Het grote grijze gebied geeft aan dat er op die dag weinig te duchten dan wel te beleven zou zijn. Alleen de kusten van Portugal en Spanje hadden een marginale kans op buitengewone propagatie. Redelijk was de kans daarop in Griekenland. Goede kans maakten volgens de legendakleuren de Egyptenaren en Libiërs. Daarentegen waren blijkens de linker kaart op 15 februari 2007 zeer grote delen van het Indische-Oceaan gebied in potentie een roetsjbaan voor zeer hoogfrequente radiosignalen. Daar varieerden de condities van sterk tot extreem. Voor 15 februari 2007 voorspelde Hepburn in deze periode vrij sporadische atmosferische condities voor buitengewone radiopropagatie. Zijn prognosekaart (zie figuur 3) kleurde blauw en groen (redelijk en matig) over een groot deel van Zuid- en West-Europa. Vrijwel heel Nederland viel onder dit regime met een uitloper van het groene gebied, die juist voorbij De Bilt reikte. Op basis van de juiste gegevens valt achteraf te bepalen of de prognose is uitgekomen. Analyse



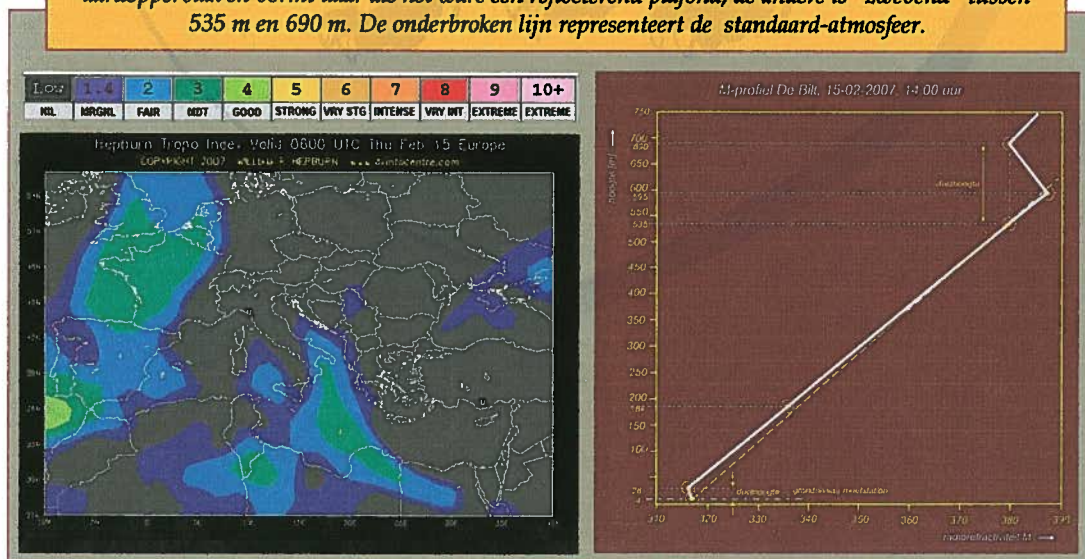


Figuur 2. Prognose voor radiopropagatiecondities in de lage troposfeer voor (links) het Indische-Oceaan gebied en (rechts) Europa. In het winterse Noord-, West- en Midden-Europa zijn de kansen op buitengewone radiopropagatie nihil.

van KNMI-gegevens van 18 januari toonden inderdaad geen buitengewone propagatiecondities aan. Daarentegen leverden KNMI-gegevens van 15 februari 14:00 uur het bewijs dat de conditie ook feitelijk is opgetreden. Volgens de hierna toegelichte onderzoeksmethode werd voor verschillende laaghoogten de M-waarde bepaald (zie tabel) en daaruit het in figuur 3 weergegeven M-profiel geconstrueerd. Beide karakteristieke inversies in dit profiel representeren abnormale propagatiecondities vanaf circa 4,1 GHz (onder) en circa 132 MHz (op 535 ... 690 m).

| hoogte [m] | M-waarde |
|------------|----------|
| 4          | 317,00   |
| 28         | 316,25   |
| 184        | 335,87   |
| 535        | 379,70   |
| 595        | 387,25   |
| 690        | 379,67   |
| 803        | 392,00   |

Figuur 3. Hepburns propagatieprognose voor Europa op 15-02-2007. Om 14:00 uur vertoonde het M-profiel van De Bilt twee kenmerken voor buitengewone propagatie. Bij omkering van de profielrichting vormen zich zogenoemde ducts, bijzondere transportlagen voor radiogolven. Een laag ligt dicht bij het aardoppervlak en vormt daar als het ware een reflecterend plafond; de andere is "zwevend" tussen 535 m en 690 m. De onderbroken lijn representeert de standaard-atmosfeer.



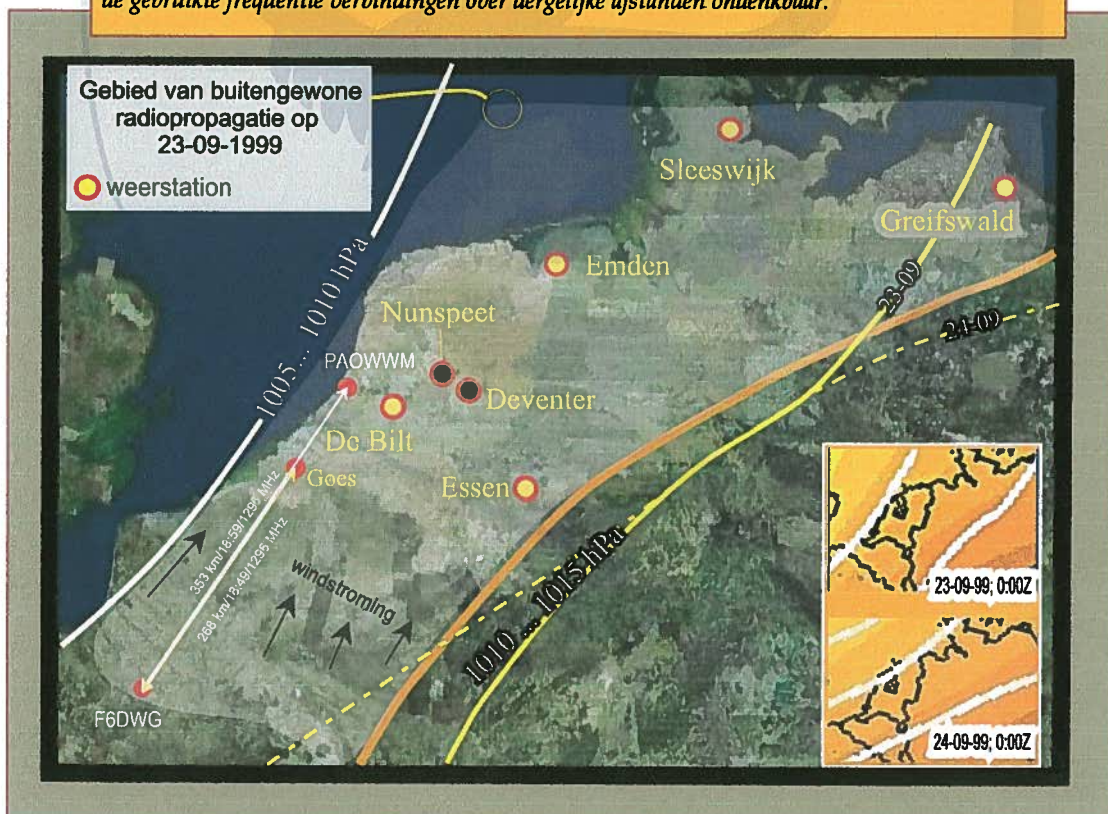


## 2. Beschrijving van het propagatieonderzoek

Het gsm-telefoongesprek dat aanleiding is tot deze rapportage werd gevoerd op de tweede dag van de herfst en precies een uur na zonsondergang (op 23 september ging de zon onder om 19:36). In het licht van de vermelde statistiek zou men de geopperde omstandigheid van buitengewone radiopropagatie dan ook een zekere waarschijnlijkheid kunnen toekennen. Statistiek is echter niet het onderwerp van deze rapportage. Van meer gewicht zijn de feiten die uitvoerig onderzoek hieromtrent heeft opgeleverd.

Eerst werd vastgesteld dat op 23 september 1999 in De Bilt om 20:00 uur buitengewone radiopropagatie onweerlegbaar was en dat deze voldeed aan het frequentie criterium van 900 MHz. Vervolgens is aan de hand van de hiervoor geschetste weersituatie bepaald welk gebied voor nader onderzoek in aanmerking zou komen, zodat een beeld zou kunnen ontstaan van de verspreiding van het verschijnsel. In figuur 4 is een kaart weergegeven met een projectie van het potentiële propagatiegebied. Isobaren in de figuur zijn ontleend aan de beide weerkaartjes, vergrote uitsneden uit de kaarten in figuur 1. Op 23 september (het kaar-

*Figuur 4. Onder invloed van een lagedrukgebied ten westen van Ierland en de Britse eilanden verspreidde op 23 september 1999 de windstroming al enkele dagen een zeer vochtige atmosfeer over Frankrijk, de Benelux en een brede strook van West- en Noord-Duitsland. In combinatie met het deels zonnige en vrij warme weer ontstonden over het gehele gebied condities voor buitengewone radiopropagatie. Dit kwam omstreeks 19:00 uur onder meer tot uiting in een UHF-radioverbinding van zendamateurs tussen Noord-Frankrijk en Katwijk aan de Rijn, over een afstand van 353 km. Even ervoor had de Franse zendamateur al een radiobaken van Goes ontvangen, over een afstand van 268 km. Onder normale atmosferische omstandigheden zijn op de gebruikte frequentie verbindingen over dergelijke afstanden ondenkbaar.*



tje betreft de situatie om 02:00 uur lokale tijd) werd het gebied begrensd door een luchtdruk van 1005 hPa langs de Noordzeekust tot 1010 hPa langs een lijn over Duitsland. Dertig uur later was de luchtdruk met gemiddeld 5 hPa toegenomen en de isobaar over Duitsland een stuk verschoven (stippellijn). Tussen de isobaren is, in de breedte en in de diepte (in de richting van de weersontwikkeling), gezocht naar weerstations waarvan de relevante informatie beschikbaar was. Onder relevante informatie wordt hier verstaan meteorologische informatie die specifiek uitsluitend geeft over de gesteldheid van de eerste vijfhonderd meter van de atmosfeer op de onderzochte datum. Het onderzochte verschijnsel treedt namelijk op in de lage atmosfeer, soms al op enkele tientallen meters, soms op honderd meter of hoger.



Behalve van het KNMI te De Bilt, werd zulke informatie gevonden van de Duitse weerstations Essen, Emden, Sleswijk en Greifswald. Atmosferische informatie wordt dagelijks meermaals verworven via radiosondering, conform de criteria van WMO (*World Meteorological Organization*), normaliter door het oplaten van een weerballon. Op deze wijze wordt over de hele wereld identiek gestructureerde en vergelijkbare atmosferische informatie verzameld en gearhiveerd. Een min of meer gedetailleerd weerbericht, betrokken op de weersgesteldheid aan de grond, is bij onderzoek naar buitengewone propagatieverschijnselen hooguit van speculatieve waarde.

Om inzicht te krijgen in de dynamiek en verspreiding van het voor De Bilt vastgestelde verschijnsel zijn van alle vermelde weerstations de atmosferische sonderingen verzameld en onderzocht vanaf 22 september 1999 om 14:00 uur (locale tijd) tot en met 24 september 1999 om 0:200 uur (locale tijd). Alle tijden weergegeven op de weerkaartjes alsook bij de in Bijlage 1 opgenomen bronbestanden betreffen de *Zulu Time* die overeenkomt met de universele standaardtijd (UTC, *Universal Time Coordinated*). Deze tijd ligt twee uur eerder dan de Nederlandse (zomer)tijd in september.

Onderzoek van de bronbestanden bestond uit het doorvoeren van berekeningen volgens een specifiek rekenmodel, nader toegelicht in 5, ingevoerd in een wetenschappelijk computerprogramma. Basis van deze berekeningen zijn de invoergrootheden laaghoogte, temperatuur, dauwpunt en relatieve vochtigheid, zoals ontleend aan de bronbestanden. Resultaten van dit onderzoek zijn verwerkt in tabellen waaruit eenvoudig interpreteerbare grafische representaties zijn geconstrueerd in de vorm van *M-profielen* (Bijlage 1). Zoals eveneens in 5 toegelicht, verbeeldt een M-profiel de *gemodificeerde radiorefractiviteit* als functie van de hoogte. Op deze wijze zijn van de vermelde weerstations in het onderzochte gebied 26 M-profielen aangemaakt, die inzicht verschaffen in de refractiviteit van de atmosfeer.

M-profielen zijn geen indicatie van een potentiële momentele conditie, maar weerspiegelen binnen de onnauwkeurigheidsmarges van de meteorologische brongegevens de conditie zelf.

Voorts is in het onderzoek betrokken het navolgend behandelde feit van twee in een logboek voor zendamateurs geregistreerde zeer lange, bij normale atmosfeer ondenkbare, radioverbindingen tussen Noord-Frankrijk en Nederland. Deze verbindingen zijn ook aangegeven op de kaart in figuur 4.



### 3. Verbinding op 1296 MHz over 353 kilometer

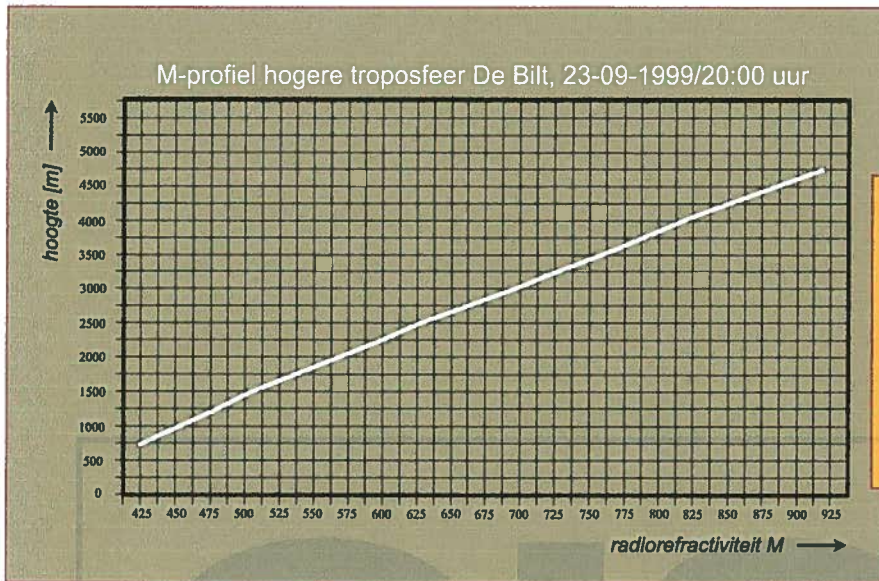
Uit interesse voor de Deventer Moordzaak onderzocht een Nederlandse zendamateur of er op de avond van 23 september 1999 buitengewone radiopropagatie op hoge frequenties was opgetreden. In gepubliceerde logboeken vond hij bewijs dat een zendamateur met de codenaam F6DWG om 18:49 uur van de bewuste avond vanuit Noord-Frankrijk het radiobaken P17GOE/B in Goes had ontvangen. Even erna, om 18:59, kreeg F6DWG contact met collega-zendamateur PAOWWM in Nederland. Uit de uitgewisselde zogeheten locatievakken (een fijnmazig op coördinaten gebaseerd plaatsbepalingssysteem voor radio-amateurs) bleek een overbrugde afstand van 353 km op een frequentie van 1296 MHz. Deze bevindingen zijn op internet gepubliceerd en met bron en vindplaats weergegeven in Bijlage 3.

Onderzoek, via internet, naar de plaatsen waartussen genoemd radiocontact is onderhouden leverde het volgende op. De Franse zendamateur F6DWG bleek nog steeds actief te zijn en een eigen internetlocatie te onderhouden. Hierop is een kaartje gepubliceerd waarop de plaats van zijn zender is weergegeven, zie figuur 5. Van de Nederlandse zendamateur PAOWWM met wie F6DWG het radiocontact had onderhouden werden naam en postcode achterhaald; deze zendamateur woont/woonde in Katwijk aan de Rijn. Combinatie van deze gegevens met het locatiekaartje van F6DWG wijst uit dat het Franse radiostation ongeveer 55 km beneden Amiens stond/staat opgesteld, op de lijn Rouen-Reims.

Ondanks de anonimiteit van beide zendamateurs, die hieromtrent niet werden benaderd, mag gepubliceerde logboekinformatie van zendamateurs zeer betrouwbaar heten. Hieruit volgt de vaststelling dat al in de vroege avond van 23 september 1999 buitengewone radiopropagatie optrad die althans het gebied omvatte tussen de lijn Rouen-Reims en Katwijk aan de Rijn. Overigens bevat Bijlage 3

*Figuur 5. Aan de hand van de bekende gegevens over de radioverbindingen vanuit Noord-Frankrijk met Nederland werd het zenderlocatiekaartje (rechts) van zendamateur F6DWG en de woonplaats Katwijk aan de Rijn van zendamateur PAOWWM achterhaald. Uit de bekende afstand tussen F6DWG en PAOWWM is met behulp van het programma Google Earth de positie van F6DWG geverifieerd als liggend beneden Amiens op de lijn Rouen-Reims, in kaart gebracht (links) en overgenomen in figuur 4.*





Figuur 6. Op 23 september 1999 vertoonde de hogere atmosfeer boven De Bilt een zodanig regelmatig verloop dat enige substantiële ductvorming korte tijd ervoor praktisch is uitgesloten.

een bijzondere controle van de betrouwbaarheid van een recente logboekmelding van F6DWG, die tevens illustratief is voor de hier besproken materie.

Om zekerheid te verkrijgen over de aard van de verbinding tussen F6DWG en PAOWWM is het bronbestand van De Bilt van 23 september 1999/20:00 uur tevens onderzocht op anomalieën in de hogere troposfeer. Tabel 1 toont het bronbestand van de laagmonsters van 742 m tot 4716 m (een verklaring van de begrippen is gegeven onder 7). In de rechterkolom, die geen deel is van het bronbestand, zijn de hieruit berekende M-waarden gegeven. Nergens tussen twee hoogtemonsters is een richtingsinversie van de refractiviteit opgetreden. In figuur 6 zijn de gevonden waarden uitgezet in een M-profiel. Hieruit blijkt een zodanig regelmatig verloop dat het als uitgesloten moet gelden dat een uur eerder een zwevende duct is opgetreden waardoor de radioverbinding tot stand had kunnen komen. Daar een verbinding op 1296 MHz over een afstand van 353 km onder normale propagatiecondities onmogelijk is, moet derhalve de conclusie luiden dat deze tot stand is gekomen via de in figuur 7 aangetoonde oppervlakeduct. Illustratief voor de beperkte invloed van locale omstandigheden is dat deze duct klaarblijkelijk zelfs over de Zeeuwse wateren heeft standgehouden.

#### 06260 EHDB De Bilt Observations at 18Z 23 Sep 1999

**Tabel 1.**  
Atmosferische  
laagmonsters van de  
hoogten 742 m tot  
4716 m, genomen  
op 23 september  
1999 om 20:00 uur  
door KNMI  
te De Bilt.

| PRES  | HGHT | TEMP  | DWPT  | RELH | M      |
|-------|------|-------|-------|------|--------|
| hPa   | m    | C     | C     | %    |        |
| 925.0 | 742  | 14.8  | 9.8   | 72   | 420,24 |
| 877.0 | 1191 | 10.6  | 7.7   | 82   | 475,49 |
| 850.0 | 1451 | 8.8   | 5.2   | 78   | 503,23 |
| 774.0 | 2219 | 3.0   | 1.8   | 92   | 599,89 |
| 753.0 | 2440 | 1.7   | 0.5   | 92   | 623,80 |
| 700.0 | 3027 | -1.9  | -3.0  | 92   | 700,32 |
| 689.0 | 3153 | -2.9  | -3.4  | 96   | 717,13 |
| 655.0 | 3552 | -5.1  | -6.3  | 91   | 767,08 |
| 646.0 | 3661 | -4.9  | -6.1  | 91   | 781,73 |
| 617.0 | 4021 | -6.5  | -11.1 | 70   | 824,59 |
| 564.0 | 4716 | -11.3 | -12.8 | 89   | 919,97 |

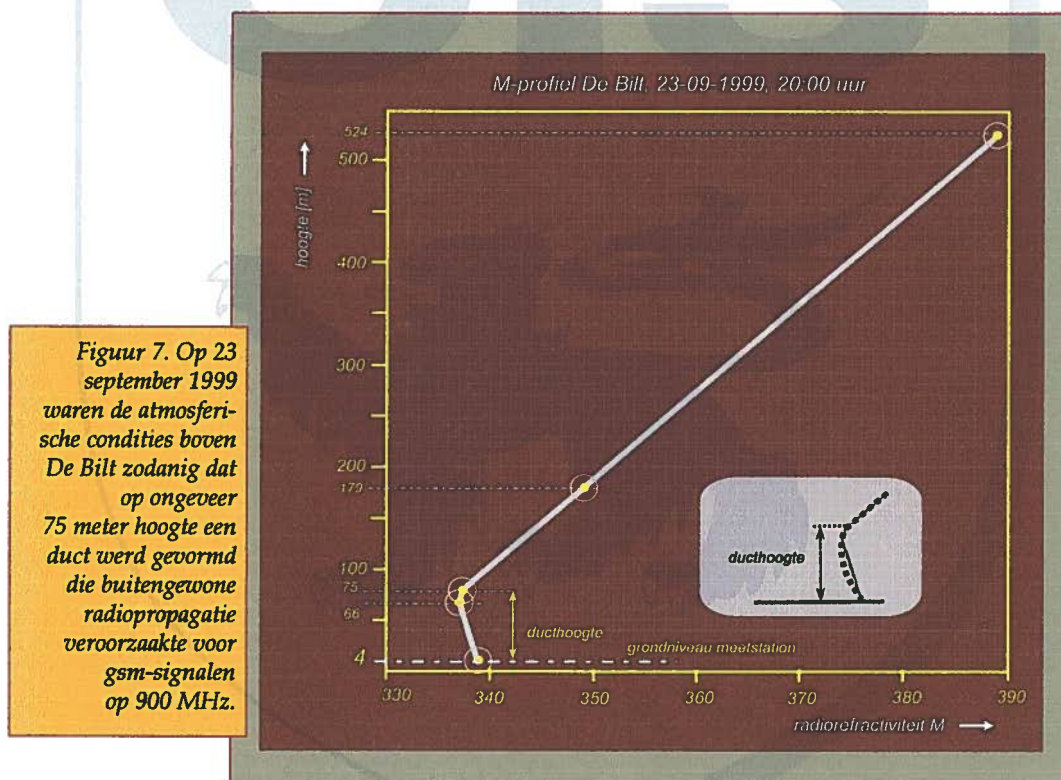


#### 4. Analyse van de verzamelde M-profielen

K NMI voerde in 1999 en nog enkele jaren erna dagelijks vier atmosferische sonderingen uit in een cyclus van zes uur: om 00:00Z (2:00 uur), 06:00Z (8:00 uur), 12:00Z (14:00 uur) en 18:00Z (20:00 uur). Omstreeks 2002 is dit aantal gehalveerd en vervielen de sonderingen van 8:00 uur en 20:00 uur. Voor dit onderzoek was het bepaald fortuinlijk over de gegevens van 20:00 uur te kunnen beschikken.

##### 4.1. Superrefractie in De Bilt, 23-09-1999

Grond om het onderzoek uit te breiden naar de atmosferische informatie van andere weerstations was de conclusie naar aanleiding van figuur 7. Zoals uit het in deze figuur weergegeven M-profiel volgt, heersten op donderdagavond 23 september 1999 om 20:00 te De Bilt de onmiskenbare toestand van atmosferische superrefractie waardoor een zogenoemde duct werd gevormd (zie 6 voor beknopte verklaring van deze begrippen) op een hoogte van ongeveer 75 meter.



Een duct wordt gekwalificeerd naar sterkte; hoe groter de golflengte waarbij de radiogolf door de duct wordt gevangen, des te sterker de duct wordt geacht te zijn. Kwantificering van dit effect is echter met onzekerheden omgeven. Turton publiceerde in 1988 een benaderingsformule die aangeeft bij welke golflengte een radiosignaal optimaal van het verschijnsel profiteert [1]:

$$\lambda_{\max} \approx \frac{2 \cdot A \cdot D \sqrt{\Delta M}}{3}$$





Voor een oppervlakeduct zoals in figuur 7 wordt aangetroffen heeft  $A$  de waarde  $3,77 \times 10^{-3}$ ; voor zwevende ducts, zoals hoog in het M-profiel in figuur 3, wordt met  $5,66 \times 10^{-3}$  gerekend.  $D$  is de ducthoogte en  $\Delta M$  het maximale verschil tussen de waarden van  $M$  in de richtingsinversie. Zoals Brooks [2] stipuleert, is de afsnij-frequentie van een duct niet scherp gedefinieerd en zal deze tot een zekere grens ook radiosignalen met een grotere golflengte invangen. Is de golflengte bekend dan laat de minimumfrequentie zich berekenen uit:

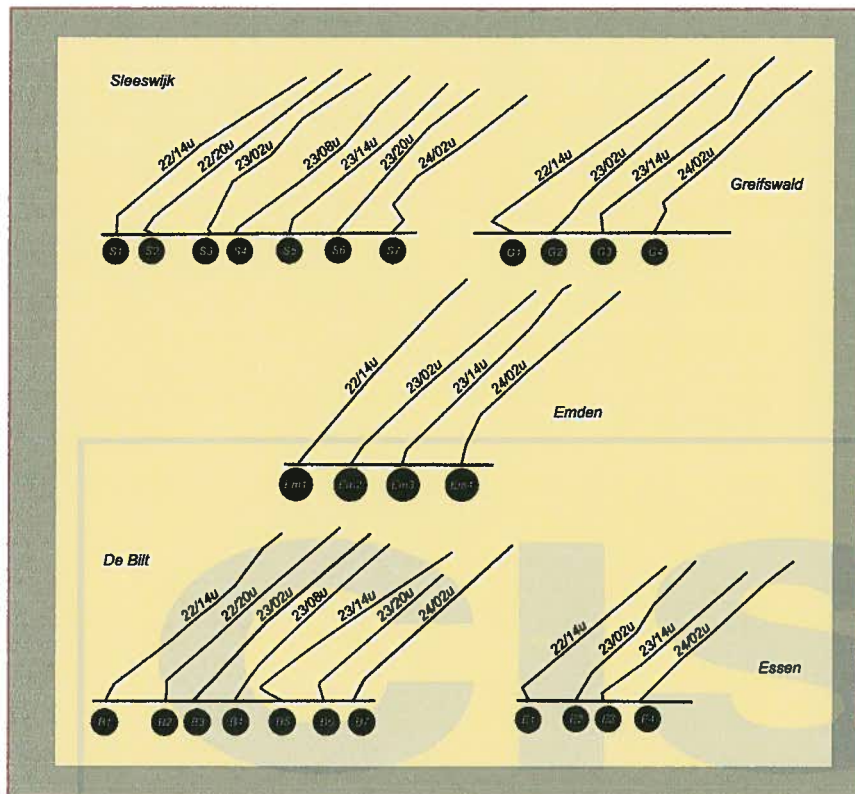
$$f_{\min} = \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda_{\max}}$$

Toegepast op het M-profiel van figuur 7 komt de initiële schatting uit op een minimumfrequentie van rond 915 MHz. Rekening houdend met een marge naar beneden van zeker 10% moet men, met enige verzwakking, de transmissie van een 900-MHz gsm-sig-naal via een duct van deze sterkte ruimschoots voor mogelijk houden. Om deze reden was het dan ook zinvol andere weerstations in het grote gebied dat gezien de meteorologische voorwaarden voor ductvorming in aanmerking kwam bij het onderzoek te betrekken.

#### 4.2. Gebiedsanalyse

Evenals KNMI sondeerde Sleeswijk in de periode rond 23 september 1999 elke 6 uur. Andere in het onderzoek betrokken Duitse weerstations (Essen, Emden, en Greifswald) voerden tweemaal per etmaal een sondering uit. Over de onderzochte periode tussen 22 september 14:00 uur en 24 september 02:00 uur resulteerde dit in het ensemble van 26 M-profielen, genummerd weergegeven in figuur 8. Wat meteen opvalt is de minderheid van min of meer rechte lijnen die een standaard-atmosfeer kenmerken. Van de 26 profielen vertonen 11 de kenmerken van superrefractie die abnormale radiopropagatie veroorzaakt. Eén profiel (S1) is nagenoeg kritisch, wat wil zeggen dat de waarde van  $M$  over een zeker hoogteverschil (in dit geval over 67 meter) constant blijft. Kleine veranderingen in luchtdruk, temperatuur of relatieve vochtigheid zijn dan voldoende om superrefractie te bewerkstelligen, dan wel die dreiging juist te verminderen. In ruime meerderheid vertonen de profielen significante knikpunten relatief laag boven maaiveldniveau. Dit duidt op een grote relatieve luchtvochtigheid in de onderste laag van de atmosfeer, die bij inversie van laageigenschappen (temperatuur en/of de relatieve vochtigheid zelf) aanleiding is tot superrefractie. Op de beide data domineerde kortom over het gehele onderzochte gebied een met vocht beladen, voor superrefractie ontvankelijke atmosfeer.

Toestanden van superrefractie vertonen een wisselende stabiliteit. Zwevende ducts, zoals in figuur 3 en ook in de profielen S7 en G4, vormen geleidende tunnels voor radiosignalen tussen twee luchtlagen en zijn vooral overdag inherent instabiel. Ofschoon een dergelijke duct soms lang kan aanhouden, wisselen de specifieke eigenschappen ervan voortdurend, alleen al omdat de hoogten van de lagen in voortdurende onderlinge verandering verkeren. Zwevende ducts op hoogten van enkele honderden meters zijn onder meer de oorzaak van de bekende, vaak zeer storende en snel wisselende interferentie tussen televisiesignalen. Oppervlakeducts, waarbij de vloer van de tunnel uit de aardbodem bestaat, zijn aanzienlijk stabiel. Een toestand van superrefractie wordt hier bewerkstelligd



**Figuur 8.**  
Verzameling M-  
profielen over de  
periode 22 september  
1999, 14:00 uur, tot  
24 september 1999,  
02:00 uur.

door de dominerende invloed van de temperatuur van het aardoppervlak op de direct erboven liggende luchtlaag en de verschillen met de minder beïnvloede laag daarboven. Door invloed van de zonnewarmte zal een zich 's nachts gevormde zeer vochtige atmosfeer in de onderste laag langzaam verdrogen en bovendien opwarmen. Windsnelheid en het verschil in windsnelheden tussen twee lagen zijn belangrijke onderdelen van het mechanisme waardoor een duct zich opbouwt en verspreidt, en later weer uitsterft. Daarbij bepaalt de richting van de windstroming (tegengesteld aan de definitie van windrichting) hoe een duct zich verbreidt over een bepaald gebied. Het verloop in de tijd, zowel in de vorming als het uitdoven van het verschijnsel, is over zekere afstand vergelijkbaar met de verplaatsing van een menselijke *wave* in een stadion. Zo'n *wave* is eerder het stadion rond, dan men het zou kunnen rondlopen. Om er een duct te doen ontstaan hoeft De Bilt niet te wachten op de wind uit Brest, of Sleeswijk op de wind uit De Bilt. Bovendien gaat het in dit proces steeds om veranderingen in zeer grote massa's van aardbodem (temperatuur en verdamping) en lucht (één kubieke meter lucht heeft gemiddeld een massa van 1,25 kg), wat het verschijnsel een inherente traagheid bezorgt. Een duct verdwijnt niet spoorloos als er een wolk voor de zon schuift om weer tevoorschijn te komen als de zon weer doorbreekt, of andersom.

Uit de M-profielen en bronbestanden in Bijlage 1 blijkt een grote atmosferische verwantschap. Op 22 september om 14:00 uur trad superrefractie op in Essen (E1) en Greifswald (G1). In Sleeswijk (S1) is de atmosfeer kritisch en in De Bilt (B1) nog juist niet of juist niet meer. Zoals blijkt uit de bronbestanden vertoonde Essen een sterke inversie in luchtvochtigheid (RH-inversie) in de laagovergang tussen 214 en 721 m (bij een maaiveldhoogte van 153 m). Een overeenkomstige toestand is aanwijsbaar in Greifswald, Sleeswijk en de Bilt.



Zolang de aarde zonnewarmte ontvangt, absorbeert het aardoppervlak per saldo meer warmte-energie dan het afstraalt en neemt de temperatuur min of meer normaal af met toenemende hoogte. Door de warmte in de buurt van het aardoppervlak verdampt het vocht dat door de wind wordt aangevoerd sneller dan in hogere luchtlagen. Vooral als aan de grond een matige wind staat, wat de aanvoer van vocht beperkt, en het in hogere lagen harder waait. Op Em1 na is dit patroon herkenbaar in alle profielen van de middaguren. Er ontstaat dan een RH-inversie die bij de juiste combinatie van overige factoren (luchtdruk en laagtemperatuur) tot superrefractie kan leiden. Maatgevend is daarbij de verhouding tussen het droge (vooral bepaald door de luchtdruk) en natte aandeel van de refractiviteit (vooral bepaald door de verhouding tussen luchtvochtigheid en temperatuur), zie 5. Emden was op 22 september in dit geheel een uitzondering met een normale atmosfeer (Em1). Hier waren waarschijnlijk aanmerkelijke lokale oorzaken in het geding. Het verschil in windsterkte tussen de onderste lagen was betrekkelijk gering, 12 tot 14 knopen (1 knoop = 1,852 km/u). Emden ligt aan de watervlakten van Eems en Dollart waarover de aangevoerde lucht werd afgekoeld en bevochtigd. Daarom werd kennelijk meer vocht aangevoerd dan vlak bij de aarde kon verdampen. Bij een hogere luchtdruk was de RH-waarde aan de grond er 90% bij 18,4 °C, tegen 85% bij 18,8 °C in De Bilt en 64% bij 19,6 °C in Sleswijk.

Naarmate de zon ondergaat, keert het proces allengs om. De warmte-afgifte van het aardoppervlak kan de reductie van zonnewarmte niet compenseren en de laagste atmosfeer begint sneller af te koelen dan de hogere luchtlagen. Daardoor zal in de laagste atmosfeer de relatieve luchtvochtigheid langzaam toenemen, maar ontstaat een temperatuurinversie met de laag erboven. Onderwijl koelt de wind de aarde verder af en stuwt de daarbij vrijkomende warmte voorwaarts omdat de inversielaag opstijgende warmte blokkeert. Alle vrijkomende warmte blijft voornamelijk opgesloten in de onderste laag. Hoe snel de toestand van superrefractie wordt opgeheven, hangt samen met de verschillen in windsnelheid tussen de luchtlagen. Zijn het 's middags RH-inversies, na zonsondergang wordt een duct doorgaans gedicteerd door een temperatuurinversie. Dit is het geval bij de profielen B2, B6, S7 en G4. Uitzondering is S2 (RH-inversie), waar het verschijnsel pas later optreedt; zes uur later wordt het M-profiel in Sleswijk (S3) wel door een temperatuurinversie bepaald. Ook de bronbestanden van de nachtelijke profielen B4, B7, E2, E4, Em2 en G2 vertonen nog steeds temperatuurinversies, maar zonder dat dit nog tot superrefractie leidt. Veelal is hieraan dan superrefractie voorafgegaan. Ook twee isotherme lagen (lagen van gelijke temperatuur) kunnen hiervan een indicatie zijn, zoals de lagen 2 en 3 van profiel B7 na de superrefractie in B6 en in het paar B2/B3.

Het ontbreken van sonderingsgegevens van 20:00 uur van vooral Essen en Emden is zeker een gemis voor volledig inzicht in de propagatiecondities van het onderzochte gebied. Op grond van voorgaande overwegingen is het niettemin niet zonder reden te veronderstellen dat op 23 september om 20:00 uur ook de atmosfeer in Essen superrefractie vertoonde; de voorgeschiedenis van profiel E4 is althans een sterke vingerwijzing. De situatie in en achter Emden (tot aan de Waddenzee) is lastiger te interpreteren. Hier vertonen de profielen Em3 en Em4 de kenmerken van een zich vormende dan wel een tanende duct. Hoewel dit op grond van de kennelijke temperatuurontwikkeling beredeneerbaar is, dienen zich ook factoren aan waaruit zou volgen dat die toestand van superrefractie waarschijnlijk niet





werd bereikt. Zonder nadere gegevens zou enige uitspraak hier te zeer op speculatie berusten.

Voorgaand is vastgesteld dat op 22 en 23 september 1999 de meteorologische condities in het onderzochte gebied aanleiding waren tot onmiskenbare condities voor buitengewone radiopropagatie. Deze condities verspreidden zich in de richting van het weer, synchroon vanuit de as De Bilt-Essen naar Sleeswijk-Greifswald. Op 23 september trad al om 14:00 uur in Essen (E3) en vooral De Bilt (B5) sterke superrefractie op. Het is om gegeven redenen zeer aannemelijk dat dit om 20:00 uur eveneens in beide plaatsen het geval was. Op dat moment was de atmosfeer in Sleeswijk (S6) nog "schoon", evenals waarschijnlijk in Greifswald (G3). Korte tijd later zouden zich ook daar ducts ontwikkelen. Om 02:00 uur zijn deze inmiddels tanend, maar gezien de sterkte ervan is die avond zeker in Sleeswijk aanzienlijke superrefractie opgetreden (S7).

#### **4.3. Gevolgtrekkingen voor propagatietraject Deventer-Rijksweg A28**

Ten slotte dient zich de kwestie aan wat het hiervoor geconstateerde betekent voor de radiopropagatiecondities op 23 september 1999 rond 20:36 uur in het gebied begrensd door Deventer en Rijksweg A28 tussen Harderwijk en 't Harde. Dit vraagstuk kent twee aspecten:

1. Hield de zeer gunstige propagatieconditie niet juist ten noordoosten van De Bilt op te bestaan?
2. Bestond de toestand van 20:00 uur nog omstreeks 20:36 uur, en wel in die mate dat deze radiocommunicatie op de gsm-frequentie van 900 MHz bevorderde?

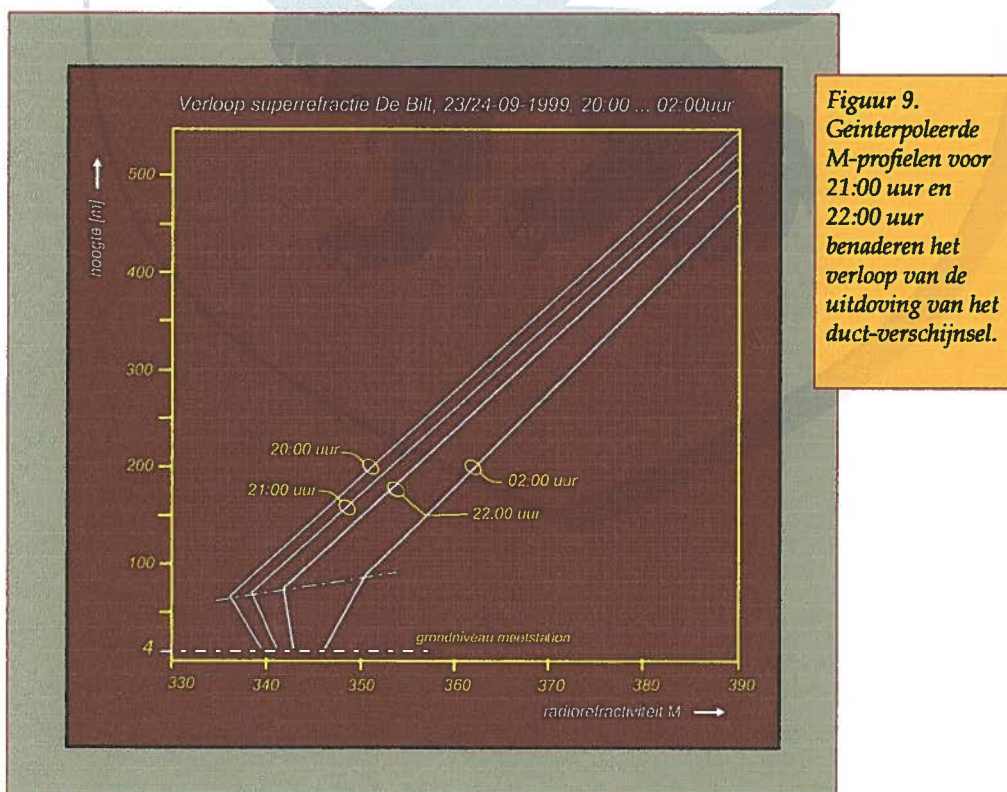
**Ad 1:** Er bestaan geen geschikte meteorologische gegevens die op het desbetreffende tijdstip een superrefractie kunnen aantonen ergens in het traject waarover de gsm-verbinding tot stand zou zijn gekomen. Zo die wel beschikbaar waren, zou dit wellicht de vervolgvraag opwerpen wat die op slechts één locatie betrekking hebbende informatie eigenlijk zou bewijzen over de rest van het traject.

Voorgaand is gepoogd aan te tonen dat het meteorologische verschijnsel van superrefractie en de daarmee verbonden ductvorming niet vergelijkbaar is met een kortstondige plaatselijke regenbui. Oppervlakeducts van de voor De Bilt vastgestelde soort zijn in het algemeen persistente verschijnselen die, inherent aan hun mechanismen, tijd vereisen voor de opbouw en verspreiding zowel als voor het verdwijnen. Voorts geschiedt acquisitie van sonderingsgegevens waarop de M-profielen berusten niet meermaals per etmaal met slechts het oogmerk een beeld te verkrijgen van de atmosfeer boven een buitenwijk van De Bilt. Deze gegevens krijgen vooral betekenis in de context van soortgelijke gegevens van omringende weerstations. Ze verschaffen meteorologen relevante informatie omtrent de atmosfeer in een grote regio. Om 20:00 uur, en zeker al ruim een uur ervoor, was het verschijnsel over een brede kuststrook van het continent verbreid. Rond 19:00 uur bevorderde het zoals vermeld onder 3 een bewezen radioverbinding vanuit Noord-Frankrijk met Katwijk aan de Rijn over een afstand van 353 km.

Een vermoeden dat het op grond van te De Bilt verzamelde weergegevens van 20:00 uur aangetoonde verschijnsel ineens voor de Veluwe tot staan zou zijn ge-

komen, is dan ook ongerijmd. In dit geval had ook de wind het gebied links of rechts moeten laten liggen. Waarschijnlijker is zelfs dat het verschijnsel in De Bilt eerder was uitgedoofd dan in het ruim vijftig kilometer in de richting van de luchtstroming verderop gelegen gebied.

**Ad 2:** Gegeven de geconstateerde sterkte van de duct was het nog te vroeg in de avond om te veronderstellen dat deze binnen drie kwartier al zo sterk zou zijn gereduceerd om op 900 MHz geen effect meer te sorteren. Om een indruk te verkrijgen hoe snel of traag het uitdoven verloopt, zijn twee lineaire interpolaties berekend tussen de bekende toestanden om 20:00 uur en 02:00 uur. Hierbij is de M-waarde van het voetpunt van de interpolatie van 22:00 uur ontleend aan beschikbare actuele weergegevens. Onder 7 zijn de aannamen en berekeningen toegelicht. Figuur 9 schetst de aldus verkregen profielen. Hierbij zij aangetekend dat zeker een wetenschappelijkere benadering mogelijk is, die meer recht doet aan de complexiteit van veel inherent niet-lineaire meteorologische veranderingsprocessen. Maar ook zo'n exercitie blijft zonder feitelijke gegevens een benadering. Beide middelste profielen zijn evenwel interpolaties binnen een korte periode, en geen speculatieve extrapolaties, van een traag veranderingsproces. Daarbij geldt dat het profiel boven het knikpunt met de nachtelijke afkoeling traag en vrijwel autonoom naar rechts schuift. Om de toestand van superrefractie snel te verliezen is daarom in de onderste laag een onnatuurlijk snelle verandering in de verhouding tussen laagtemperatuur en relatieve vochtigheid (RH) nodig. Berekening toont aan dat het profiel van 20:00 uur ter reductie van M naar de kritische waarde (circa 336,2) een temperatuursdaling vergt van 1,1 °C, maar wel zonder verandering van RH. Een tegendraadse daling van RH van 74% naar 70,6% bij gelijkblijvende temperatuur bereikt hetzelfde. Uit de beschikbare gegevens blijkt namelijk dat de temperatuur vergeleken met die om 20:00 uur eerst om 22:00 uur slechts





met één graad is afgenomen, maar juist bij een *toeneming* van RH van 74% naar 80%. Gezien deze overwegingen is het een verantwoorde schatting dat althans de interpolatie van 21:00 uur het werkelijke verloop van een tanende duct redelijk benadert. Maar bij alle aangegeven onzekerheidsmarges is het tevens onzeker of dit laatste het geval was. Gezien het vroege tijdstip van de avond is het namelijk zeer wel denkbaar dat de ductsterkte nog niet de volle omvang had bereikt.

Met een ducthoogte van circa 72 m en  $\Delta M$  met een waarde van ruim 2,5 (zie 4.1) laat zich berekenen dat de geschatte optimumfrequentie voor het invangen van een radiosignaal in de duct dan rond 1 GHz ligt. In een uur tijd is de duct dus ongeveer  $(1000 - 915) \text{ MHz} = 85 \text{ MHz}$  "verzwakt". Rond de tijd van het telefoongesprek (20:36 uur) was het optimum afgenomen tot 966 MHz. Opnieuw de marge van minstens 10% in acht genomen, was de duct dan actief voor radiosignalen vanaf 870 MHz.

## 5. Berekeningsmethode M-profielen

Voor berekening van de M-profielen is uitgegaan van het verbreide empirische model dat in 1971 werd gepubliceerd door *Helen Hopfield* [3] en dat door de Internationale Telecommunicatie-Unie (ITU) is geadopteerd in aanbeveling ITU-R P.453-7 [4]. Kort samengevat bestaat volgens dit model de refractiviteit  $N$  uit een "droog" en een "nat" aandeel:

$$N = N_d + N_n = \frac{77,6 P}{T_k} + \frac{373\,000 p_w}{T_k^2} = \frac{77,6}{T_k} \left( P + \frac{4807 p_w}{T_k} \right)$$

In de nabijheid van het aardoppervlak varieert de normale atmosferische brekingsindex  $n$  tussen 1,00025 en 1,00040. Daarom rekent het model met een handzame waarde:  $N = (n - 1) 10^6$ . Volgens deze conventie levert de atmosferische brekingsindexvariatie gemakkelijker hanteerbare waarden op tussen 250 en 400 dimensieloze eenheden  $N$ , de refractiegradiënt van de atmosfeer. Een droge atmosfeer vormt een ideaal gas in hydrostatisch evenwicht. Derhalve is de droge term  $N_d$  proportioneel met de luchtdruk  $P$  (in hectopascal, hPa, oftewel millibar) en omgekeerd evenredig met de kelvintemperatuur  $T_k$  van de beschouwde luchtlaag. Het "natte" aandeel van het model verdisconteert de vochtigheid van de lucht en representeert met de (water)dampdruk  $p_w$  als het ware de afwijking van het ideaal. Is de dauwpunttemperatuur  $T_d$  of de relatieve vochtigheid  $H$  gegeven, dan laat  $p_w$  zich uit elk van beide gegevens berekenen. In het eerste geval geldt:

$$p_w = 6,1078 \times 10^x, \text{ met } x = \frac{7,5 T_d}{237,5 + T_d}$$

Berekening op basis van relatieve vochtigheid verloopt indirect via de verzadigingsdampdruk  $p_{ws}$  (in hPa) en de temperatuur van de luchtlaag  $T_c$  (in °C). Er geldt:

$$p_{ws} = 6,1121 \times e^y, \text{ met } y = \frac{17,502 T_c}{240,97 + T_c}$$



Hierin is  $e$  het grondtal van de natuurlijke logaritmen ( $e = 2,718$ ). Met de relatieve vochtigheid  $H$  (in procent) volgt nu de gezochte dampdruk  $p_w$  uit:

$$p_w = H \times \frac{p_{ws}}{100}$$

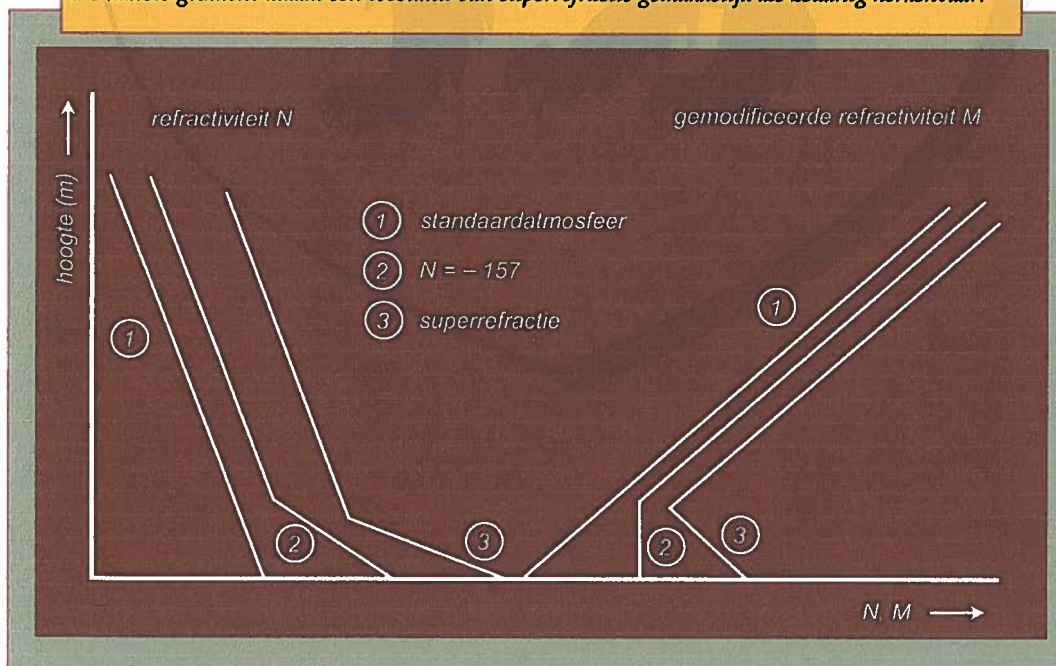
Beide rekenmethoden geven nauwkeurige bepaling van de refractiewaarden met een onderling verschil van niet meer dan enkele tienden van een promille. Naarmate de hoogte toeneemt, neemt de luchtdruk  $P$  af, en daarmee tevens de waarde van  $N$ . Bijgevolg is de gradiënt  $N$  als functie van de hoogte negatief. De waarde  $N = -39$  eenheden per kilometer noemt men de *standaard-atmosfeer*. Evenwel wordt elke gradiënt tussen  $-39$  en  $-157$  beschouwd als normaal. Zodra  $N$  negatiever wordt dan  $-157$  is er sprake van een zodanige toeneming van de brekingsindex dat de atmosfeer zeer hoogfrequente radiogolven die anders in de ruimte zouden verdwijnen terugbuigt in de richting van het aardoppervlak. Men spreekt dan van *superrefractie*.

Werken met de gradiënt  $N$  heeft als nadeel dat de overgang tussen een normale atmosfeer en de toestand van *superrefractie* niet duidelijk volgt uit de grafische representatie. Zoals weergegeven in figuur 10 kan alleen berekening van de helling voorbij het knikpunt uitsluitsel geven over de mate van overschrijding van het criterium. Dit bezwaar wordt ondervangen door de gemodificeerde radiorefractiviteit  $M$ . Deze corrigeert  $N$  voor de aardkromming met een term  $0,157 h$  (hoogte van de onderzochte luchtlaag) en volgt derhalve eenvoudig uit:

$$M = N + 0,157 h$$

Bij een hoogte van nul komen  $N$  en  $M$  dus overeen; naarmate de hoogte toeneemt zullen de waarden steeds verder uiteenlopen. In een standaard-atmosfeer is  $N$  op

**Figuur 10. Grafische voorstelling van de refractiviteit  $N$  en de gemodificeerde refractiviteit  $M$ . De laatste gradiënt maakt een toestand van *superrefractie* gemakkelijk als zodanig herkenbaar.**

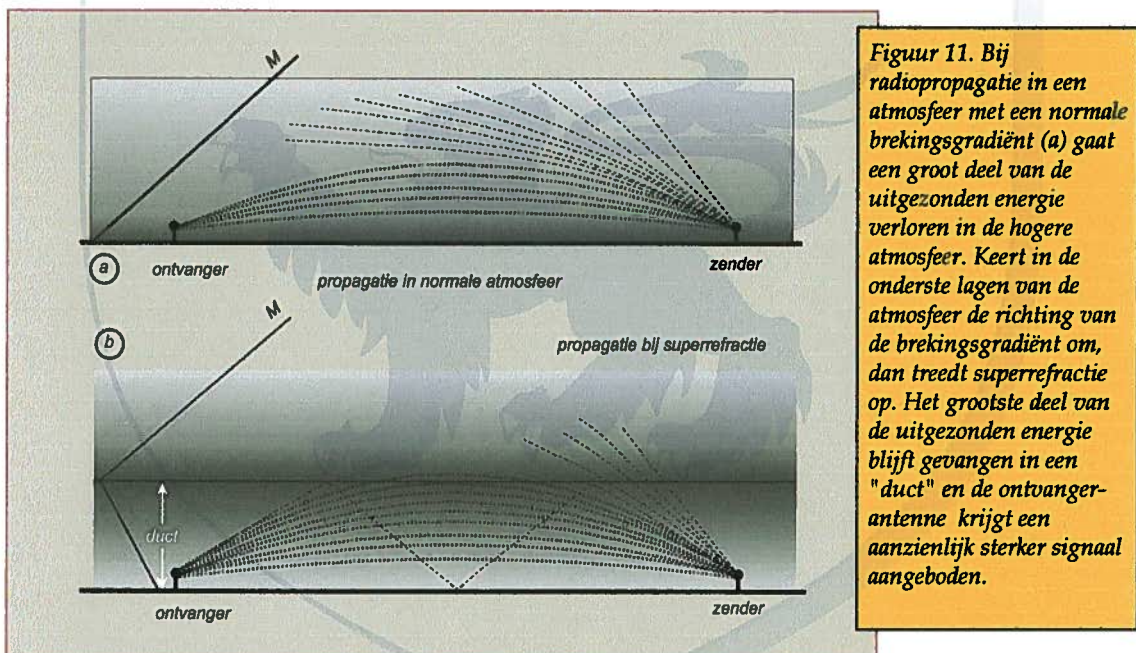


500 meter met  $39/2 = 19,5$  afgenomen en  $M$  daarentegen met  $500 \times 0,157 - 19,5 = 59$  aangegroeid. Uitgedrukt in  $M$  voldoet de standaard-atmosfeer dus aan 118 eenheden per kilometer. Omdat in een normale atmosfeer  $M$  meer toeneemt dan  $N$  afneemt, is de helling van  $M$  dan positief als functie van de hoogte. Zoals blijkt uit de rechter curven van figuur 10 is de toestand van superrefractie nu eenvoudig herkenbaar uit de omkering van de richting van de gradiënt. Uit waarden van  $N$  of  $M$  voor verschillende hoogten in de atmosfeer kan men een zogeheten  $N$ - of  $M$ -profiel construeren, waaruit zich eventuele buitengewone propagatiecondities eenduidig laten vaststellen.

## 6. Effecten van superrefractie

Figuur 11 illustreert aan de hand van vereenvoudigde voorstellingen wat het effect is van superrefractie op de propagatie van zeer hoogfrequente radiogolven. In figuur 11a is eerst de toestand van een normale atmosfeer verbeeld.

Luchtvochtigheid en temperatuur nemen hier in min of meer normale verhouding af met de luchtdruk, en daarmee met toenemende hoogte. Met als gevolg dat de atmosfeer voor radiogolven over elk hoogteverschil een ongeveer identieke verandering van de brekingsindex vertoont. Idealiter vormt het  $N$ - of  $M$ -profiel dan een



Figuur 11. Bij radiopropagatie in een atmosfeer met een normale brekingsgradiënt (a) gaat een groot deel van de uitgezonden energie verloren in de hogere atmosfeer. Keert in de onderste lagen van de atmosfeer de richting van de brekingsgradiënt om, dan treedt superrefractie op. Het grootste deel van de uitgezonden energie blijft gevangen in een "duct" en de ontvanger-antenne krijgt een aanzienlijk sterker signaal aangeboden.

rechte lijn met een bepaalde helling. Mede doordat deze brekingsgradiënt slechts een betrekkelijk geringe terugbuiging naar de aarde veroorzaakt, zal slechts een klein deel van de door de zender uitgezonden straling de ontvanger bereiken. Een groot deel ervan verdwijnt, al dan niet bedoeld, in de ruimte. Bij een omslag in het  $M$ -profiel, zoals in figuur 11b, treedt onvermijdelijk een toestand van superrefractie op. In dit geval verloopt de breking omgekeerd aan het normale verloop en treedt op de hoogte waar de richting omkeert een overgang op tussen twee media (luchtlagen) met een verschillende brekingsindex.





Op deze wijze vormt zich als het ware een onzichtbaar "spiegelplafond" voor het grootste deel van de radiostraling. Alleen de radiogolven die de tweede laag onder een voldoende grote hoek binnentreden gaan nog voor aardse ontvangst verloren. De rest van de straling blijft opgesloten in wat men noemt een *duct*. Deze duct werkt als een effectieve tunnel voor zeer hoogfrequentie radiogolven, met als plafond de overgang tussen de eerste en tweede luchtlag en als bodem het reflecterende aardoppervlak. Het gevolg hiervan is een overdrachtstraject dat zelfs op frequenties van rond één gigahertz en hoger soms honderden kilometers in plaats van hooguit enkele tientallen kan overbruggen. Waar de normale afstand niet wordt overschreden, zal de ontvangerantenne een veldsterkte ervaren alsof de zender aanzienlijk dichterbij staat.

## 7. Berekening geïnterpoleerde M-profielen

Ter berekening van de geïnterpoleerde M-profielen voor 21:00 uur en 22:00 uur op 23-09-1999 te De Bilt is uitgegaan van twee gegevensbronnen. Ten eerste is gebruik gemaakt van de gegevens voor de profielen van 20:00 (23-09-1999) uur en 02:00 uur (24-09-1999). Voor het profiel van 21:00 uur zijn de te interpoleren gegevens op maaiveldhoogte ontleend aan de brongegevens van 20:00 uur en de meteorologische gegevens over 22:00 uur in het weerrapport dat KNMI op 8 oktober 1999 op verzoek verstrekte aan de Regiopolitie IJsselland. In dit rapport werd geen melding gemaakt van gegevens betreffende hogere luchtlagen, zodat althans de hier gebruikte gegevens van toepassing waren op de maaiveldhoogte in De Bilt (4 m). Voor het M-profiel van 21:00 uur zijn de gegevens op 4 meter ontleend aan het halve verschil tussen de corresponderende gegevens van 20:00 uur en 22:00, opgeteld bij of afgetrokken van de gegevens van 20:00 uur. Als correctiefactoren voor de twee hogere voor superrefractie van belang zijnde luchtlagen is eenzesde (21:00 uur) dan wel tweezesde (22:00 uur) genomen van het verschil over zes uur tussen de brongegevens om 20:00 uur en 02:00 uur.

| Brongegevens M-profielen                         | <i>h</i> | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>H</i> |
|--------------------------------------------------|----------|----------|----------------------|----------|
| 20:00 uur                                        | 4        | 1008,0   | 19,0                 | 74%      |
| 02:00 uur                                        | 4        | 1011,0   | 16,2                 | 91%      |
| KNMI-rapport Regiopolitie IJsselland, 08-10-1999 | <i>h</i> | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>H</i> |
| 22:00 uur                                        | -        | 1011,0   | 18,0                 | 80%      |

Laag 3 heeft om 20:00 uur en om 02:00 uur dezelfde relatieve vochtigheid als laag 2. Daarom zijn voor beide geïnterpoleerde M-profielen voor laag 2 dezelfde waarde als van laag 3 aangehouden. Voorts zijn laag 2 en laag 3 om 02:00 uur beide nog isotherm en is de initiële temperatuurinversie nog in stand gebleven, slechts gereduceerd van een verschil van 1 °C om 20:00 uur tot 0,6 °C om 02:00 uur. Dit gegeven sluit op zichzelf een snelle uitdoving al uit omdat de temperatuurinversie de warmte-uitwisseling van de onderste laag met de hogere lagen tegengaat. Juist die uitwisseling is van belang voor het herstellen van de atmosferische balans. Daarom is ook voor beide tussentijdse profielen uitgegaan van gelijke laagtemperaturen. Laag 2 en laag 3 liggen om 02:00 uur hoger dan om 20:00 uur; de luchtdruk in de laagovergangen, die met de hoogte had moeten toenemen, is echter gelijk gebleven doordat op maaiveldhoogte de luchtdruk blijkt te zijn toegenomen. Beide geïnterpoleerde M-profielen hebben daarom in de lagen 2 en 3 identieke luchtdrukwaarden als de "flankerende" profielen; lineaire interpolatie





van het verloop van luchtdruk en laaghoogten zullen hier redelijk evenwichtig compenseren.

Het verloop van hogere lagen is niet van belang voor de superrefractie. Ze zijn in de gezamenlijke weergave "op het oog" geïnterpoleerd tussen de profielen van 20:00 uur en 02:00 uur. Dauwpuntwaarden zijn buiten beschouwing gelaten omdat refractieberekening hier is uitgevoerd op basis van relatieve vochtigheid, daar het KNMI-rapport geen dauwpuntgegevens bevat.

### 7.1. Lineaire interpolaties voor M-profiel 21:00 uur

Indices verwijzen achtereenvolgens naar laagnummer en tijd (2-21 = waarde laag 2 om 21:00 uur enz., zoals vermeld in de bronbestanden.)

#### Luchtdruk P:

$$\text{laag 1: } P_{1-21} = \frac{P_{1-20} + P_{1-22}}{2} = \frac{(1008 + 1011) \text{ hPa}}{2} = 1009,5 \text{ hPa}$$

$$\text{laag 2: } P = 1001 \text{ hPa; laag 3: } P = 1000 \text{ hPa}$$

#### Laaghoogten h:

$$h_{2-21} = 66 \text{ m} + \frac{89 \text{ m} - 66 \text{ m}}{6} = 66 \text{ m} + 3,86 \text{ m} = 69,83 \text{ m} \approx 70 \text{ m}$$

$$h_{3-21} = 75 \text{ m} + \frac{h_{3-02} - h_{3-20}}{6} =$$

$$h_{3-21} = 75 \text{ m} + \frac{97 \text{ m} - 75 \text{ m}}{6} = 75 \text{ m} + 3,67 \text{ m} = 78,67 \text{ m} \approx 79 \text{ m}$$

#### Laagtemperaturen T<sub>c</sub>:

$$T_{c1-21} = \frac{T_{c1-20} + T_{c1-22}}{2} = \frac{19^\circ\text{C} + 18^\circ\text{C}}{2} = 18,5^\circ\text{C}$$

$$T_{c2,3-21} = 20^\circ\text{C} - \frac{T_{c2-20} - T_{c2-02}}{6} = 20^\circ\text{C} - \frac{20^\circ\text{C} - 16,8^\circ\text{C}}{6} = 19,47^\circ\text{C} \approx 19,5^\circ\text{C}$$

Geïnterpoleerde gegevens en M-waarden De Bilt 23 september 1999, 21:00 uur, zie ook 8.

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT   | RELH |
|--------|------|------|--------|------|
| hPa    | m    | C    | C      | %    |
| 1009.5 | 4    | 18.5 | n.v.t. | 77   |
| 1001.0 | 70   | 19.5 | n.v.t. | 63   |
| 1000.0 | 79   | 19.5 | n.v.t. | 63   |
| 988.0  | 179  | 19.3 | 11.5   | 64   |
| 949.0  | 524  | 16.8 | 9.8    | 63   |

| h   | P      | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | H   | M      |
|-----|--------|----------------|----------------|-----|--------|
| 4   | 1008,0 | 18,5           | 291,66         | 77% | 341,14 |
| 70  | 1001,0 | 19,5           | 293,16         | 63% | 338,62 |
| 79  | 1000,0 | 19,5           | 293,16         | 63% | 339,77 |
| 179 | 988,0  | 19,3           | 292,46         | 64% | 349,39 |
| 524 | 949,0  | 16,8           | 289,96         | 63% | 389,97 |

(B6-A) De Bilt 23-09-99 21:00 uur



## 7.2. Lineaire interpolaties voor M-profiel 22:00 uur

### Relatieve vochtigheid:

$$H_{1-21} = \frac{H_{1-20} + H_{1-22}}{2} = \frac{74\% + 80\%}{2} = 77\%$$

$$H_{2,3-21} = H_{1-20} + \frac{H_{2-02} - H_{2-20}}{6} = 60\% + \frac{81\% - 60\%}{6} = 63,5\% \approx 63\%$$

### Luchtdruk P:

laag 1: 1011 hPa (gegeven); laag 2: P = 1001 hPa; laag 3: P = 1000 hPa

### Laaghoogten h: (h<sub>2-02</sub> en h<sub>3-02</sub> zie waarden 24-09, 02:00 uur):

$$h_{2-22} = 66 \text{ m} + 2 \left( \frac{h_{2-02} - h_{2-20}}{6} \right) = 66 \text{ m} + 2 \times 3,86 \text{ m} = 73,69 \text{ m} \approx 74 \text{ m}$$

$$h_{3-22} = 75 \text{ m} + 2 \left( \frac{h_{3-02} - h_{3-20}}{6} \right) = 75 \text{ m} + 2 \times 3,67 \text{ m} = 82,34 \text{ m} \approx 82 \text{ m}$$

### Laagtemperaturen:

T<sub>C1-22</sub> = 18 °C (gegeven)

$$T_{c2,3-22} = 20 \text{ °C} - 2 \times \left( \frac{T_{c2-20} - T_{c2-02}}{6} \right) =$$

$$T_{c2,3-22} = 20 \text{ °C} - 2 \times \left( \frac{20 \text{ °C} - 16,8 \text{ °C}}{6} \right) = 18,93 \text{ °C} \approx 19 \text{ °C}$$

### Relatieve vochtigheid:

H<sub>1-21</sub> = 80% (gegeven)

$$H_{2-21} = H_{1-20} + 2 \times \left( \frac{H_{2-02} - H_{2-20}}{6} \right) = 60\% + 2 \times \left( \frac{81\% - 60\%}{6} \right) = 67\%$$

Geïnterpoleerde gegevens en M-waarden De Bilt 23 september 1999, 22:00 uur, zie ook 8.

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT   | RELH |
|--------|------|------|--------|------|
| hPa    | m    | C    | C      | %    |
| 1011.0 | 4    | 18.0 | n.v.t. | 80   |
| 1001.0 | 74   | 19.0 | n.v.t. | 67   |
| 1000.0 | 82   | 19.0 | n.v.t. | 67   |
| 988.0  | 179  | 19.3 | 11.5   | 64   |
| 949.0  | 524  | 16.8 | 9.8    | 63   |

| h                                 | P      | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | H   | M <sub>1</sub> |
|-----------------------------------|--------|----------------|----------------|-----|----------------|
| 4                                 | 1011,0 | 18,0           | 291,66         | 80% | 342,75         |
| 74                                | 1001,0 | 19,0           | 293,16         | 67% | 341,84         |
| 82                                | 1000,0 | 19,0           | 293,16         | 67% | 342,83         |
| 179                               | 988,0  | 19,3           | 292,46         | 64% | 349,39         |
| 524                               | 949,0  | 16,8           | 289,96         | 63% | 389,97         |
| (B6-B) De Bilt 23-09-99 22:00 uur |        |                |                |     |                |



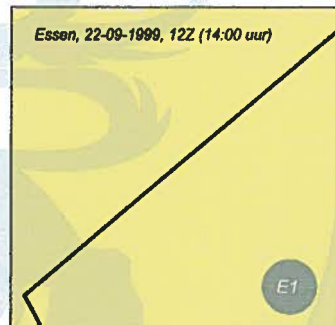
## 8. Structuur van de meteorologische bronbestanden

M-profielen berusten zoals betoogd geheel op meteorologische gegevens. Om een propagatieconditie uit het verleden te onderzoeken dient men te beschikken over relevante gegevens uit het te onderzoeken gebied. Vele weerstations sonderen al decennialang meermaals per etmaal op gezette tijden de atmosfeer. In Nederland is dit het KNMI te De Bilt. Voor het hier gerapporteerde onderzoek is, zoals vermeld, verder gebruik gemaakt van de gegevens van vier Duitse weerstations, namelijk te Essen, Emden, Sleeswijk en Greifswald. Alle gegevens werden verkregen uit het zeer uitgebreide via internet toegankelijke archief van de meteorologische faculteit van de Universiteit van Wyoming (VS). Uitkomsten van de berekeningen zijn in Bijlage 1 voor elk M-profiel als onderstaand samengevat in een tabel en voorts geïllustreerd met een verkleinde profielweergave.

### 10410 EDZE Essen Observations at 12Z 22 Sep 1999

| PRES  | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa   | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 989.0 | 153  | 19.2 | 15.7 | 80   | 11.47 | 220  | 12   | 293.3 | 326.1 | 295.3 |
| 982.0 | 214  | 18.0 | 13.0 | 73   | 9.67  | 221  | 13   | 292.7 | 320.4 | 294.4 |
| 925.0 | 721  | 13.0 | 10.7 | 86   | 8.80  | 225  | 21   | 292.6 | 317.9 | 294.1 |
| 906.0 | 895  | 11.2 | 9.8  | 91   | 8.46  | 226  | 23   | 292.5 | 316.9 | 294.0 |

| h                       | h     | P    | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M |
|-------------------------|-------|------|----------------|----------------|----------------|---|
| 153                     | 989,0 | 19,2 | 292,36         | 15,7           | 364,30         |   |
| 214                     | 982,0 | 18,0 | 291,16         | 13,0           | 361,17         |   |
| 721                     | 925,0 | 13,0 | 286,16         | 10,7           | 422,61         |   |
| (E1) Essen 22-09-99 12Z |       |      |                |                |                |   |



Bijlage 1 bevat het verslag van de berekeningsresultaten; hierin zijn alleen de eerste regels van de grote bronbestanden opgenomen. Deze bieden de voor een M-profiel noodzakelijke informatie over de eerste zevenhonderd meter van de lage atmosfeer. Relevante gegevens zijn in het per profiel weergegeven bestand zoals in hiervoor opgenomen voorbeeld omkaderd.

Daar de radiosonderingen, behalve de gegevens op maaiveldhoogte (eerste regel) alsook bij een luchtdruk van 1000 hPa, alleen veranderingen registreren, varieert het aantal regels per profiel. Van belang zijn de luchtdruk (PRES), de laaghoogte (HGHT), de laagtemperatuur (TEMP) en de dauwpunttemperatuur (DWPT). Parallelle berekening via de relatieve vochtigheid (RELH) werd steeds uitgevoerd als controle. Met uitzondering van de beide interpolaties zijn vermelde resultaten echter uitsluitend betrokken op het dauwpunt.





## 9. Symbolen, grootheden en eenheden in bronbestanden en berekeningen

| Symbol |       | Grootheid                                               | Eenheid      |
|--------|-------|---------------------------------------------------------|--------------|
| HGHT   | $h$   | laaghoogte                                              | m            |
| PRES   | $P$   | luchtdruk                                               | hPa          |
| TEMP   | $T_c$ | laagtemperatuur                                         | °C           |
| -      | $T_k$ | kelvintemperatuur van $T_c$<br>$273,16\text{ °C} + T_c$ | kelvin       |
| DWPT   | $T_d$ | dauwpunt                                                | °C           |
| -      | $M$   | radiorefractiviteit                                     | dimensieloos |

## 10. Literatuur en internetbronnen:

- [1] J. Turton, D.A. Bennets, S.F.G. Framer: "An introduction to radio ducting", Meteorological Magazine, 117, p. 245... 254, 1988.
- [2] I. M. Brooks, A.K. Goroch, D.P. Rogers: "Observations of strong surface radar ducts over the Persian Gulf", Journal of Applied Meteorology, 38/9, p. 1293 ... 1310, september 1999.
- [3] Helen Hopfield: "Tropospheric Range Error at the Zenith", Committee on Space Research, 14e Plenaire Vergadering, Werkgroep 1, id-nummer a.15, onder redactie van Applied Physics Laboratory, John Hopkins University, Maryland, V.S.
- [4] The Radio Refractive Index: Its Formula and Refractivity Data, Recommendation ITU-R P.453-7, Aanbeveling ITU, International Telecommunication Union, 1999.
- [5] M. Hornsteiner: "Troposphärische Übereichweiten im 3m-Radiowellenbereich", Vortrag UKW-Tagung 1999, Reflexion, nr. 171, november 2001, p. 49 ... 56.
- [6] J. Middleton: "Validation of interference reduction techniques used in planning the UK DTT network", R&D Whitepaper, WHP 002, BBC, V.K., juli 2001.
- [7] B. Zebhauser: "Zur Entwicklung eines GPS-Programmsystems für Lehre und Tests unter besonderer Berücksichtigung der Ambiguity Function Methode", dissertatie TU München, Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie, februari 2000.
- [8] User's Manual for Advanced Refractive Effects Prediction System, document version 3.6, Space and Naval Warfare Systems Center, Atmospheric Propagation Branch, San Diego, CA, V.S., 18-12-2006.

### Internetbronnen:

#### Literatuur:

- [2] <http://www.env.leeds.ac.uk/~ibrooks> (onder Publications)
- [4] [http://cict.inatel.br/nova2/docentes/dayan/Electronic\\_Library/Standards/Propagation/Rec.%20ITU-R%20P.453-7.pdf](http://cict.inatel.br/nova2/docentes/dayan/Electronic_Library/Standards/Propagation/Rec.%20ITU-R%20P.453-7.pdf)
- [6] <http://www.bbc.co.uk/rd/pubs/whp/whp-pdf-files/WHP002.pdf>

#### Figuren:

Figuur 1: Weerkaarten: <http://www.wetterzentrale.de>  
 Figuren 2 en 3 (William R. Hepburn): [www.dxinfocentre.com](http://www.dxinfocentre.com)



## Profielen van een beladen atmosfeer

### BIJLAGE 1: Brongegevens M-profielen

#### INHOUD

- |                           |      |
|---------------------------|------|
| 1. De Bilt .....          | II   |
| 2. Essen (BRD) .....      | VI   |
| 3. Emden (BRD) .....      | VIII |
| 4. Sleeswijk (BRD) .....  | X    |
| 5. Greifswald (BRD) ..... | XIV  |

## Brongegevens M-profielen

Symbolen, grootheden en eenheden in bronbestanden en berekeningen

| Symbol | Grootheid                                                     | Eenheid      |
|--------|---------------------------------------------------------------|--------------|
| HGHT   | $h$ laaghoogte                                                | m            |
| PRES   | $P$ luchtdruk                                                 | hPa          |
| TEMP   | $T_c$ laagtemperatuur                                         | °C           |
| -      | $T_k$ kelvintemperatuur van $T_c$<br>$273,16\text{ °C} + T_c$ | kelvin       |
| DWPT   | $T_d$ dauwpunt                                                | °C           |
| -      | $M$ radiorefractiviteit                                       | dimensieloos |

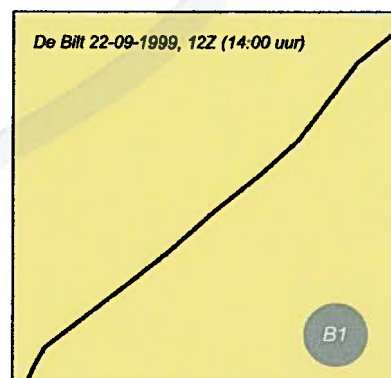
### 1. De Bilt

#### (1.1) 06260 EHDB De Bilt Observations at 12Z 22 Sep 1999

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1004.0 | 4    | 18.8 | 16.2 | 85   | 11.67 | 190  | 6    | 291.6 | 324.8 | 293.7 |
| 1000.0 | 41   | 18.0 | 15.4 | 85   | 11.12 | 190  | 6    | 291.1 | 322.8 | 293.1 |
| 996.0  | 75   | 17.2 | 14.7 | 85   | 10.66 | 196  | 7    | 290.7 | 321.0 | 292.6 |
| 981.0  | 205  | 16.0 | 14.5 | 91   | 10.68 | 220  | 10   | 290.7 | 321.1 | 292.6 |
| 974.0  | 266  | 15.4 | 14.4 | 94   | 10.69 | 221  | 11   | 290.7 | 321.1 | 292.6 |
| 965.0  | 345  | 14.6 | 14.0 | 96   | 10.51 | 221  | 12   | 290.7 | 320.6 | 292.5 |
| 957.0  | 416  | 14.2 | 13.9 | 98   | 10.53 | 222  | 14   | 291.0 | 320.9 | 292.8 |
| 949.0  | 487  | 14.0 | 13.7 | 98   | 10.48 | 223  | 15   | 291.5 | 321.4 | 293.3 |
| 932.0  | 639  | 12.8 | 11.5 | 92   | 9.22  | 224  | 18   | 291.8 | 318.2 | 293.4 |
| 925.0  | 703  | 12.6 | 11.5 | 93   | 9.29  | 225  | 19   | 292.2 | 318.8 | 293.8 |
| 910.0  | 841  | 11.6 | 11.0 | 96   | 9.13  | 222  | 22   | 292.5 | 318.8 | 294.1 |

| $h$ | $P$    | $T_c$ | $T_k$  | $T_d$ | $M$    |
|-----|--------|-------|--------|-------|--------|
| 4   | 1004,0 | 18,8  | 291,96 | 16,2  | 348,00 |
| 41  | 1000,0 | 18,0  | 291,16 | 15,4  | 349,88 |
| 75  | 996,0  | 17,2  | 290,36 | 14,7  | 351,90 |
| 205 | 981,0  | 16,0  | 289,16 | 14,5  | 369,05 |
| 266 | 974,0  | 15,4  | 288,06 | 14,4  | 377,12 |
| 345 | 965,0  | 14,6  | 287,76 | 14,0  | 386,35 |
| 416 | 957,0  | 14,2  | 287,36 | 13,9  | 395,43 |
| 487 | 949,0  | 14,0  | 287,16 | 13,7  | 403,77 |
| 639 | 932,0  | 12,8  | 285,96 | 11,5  | 415,10 |
| 703 | 925,0  | 12,6  | 285,76 | 11,5  | 423,51 |

(B1) De Bilt 22-09-99 12Z



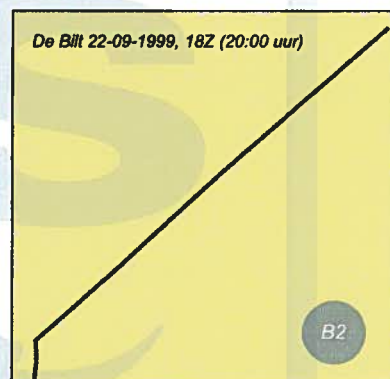


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(1.2) 06260 EHDB De Bilt Observations at 18Z 22 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1004.0 | 4    | 18.2 | 17.7 | 97   | 12.85 | 240  | 2    | 291.0 | 327.4 | 293.3 |
| 1000.0 | 42   | 18.4 | 16.9 | 91   | 12.26 | 240  | 2    | 291.6 | 326.4 | 293.7 |
| 995.0  | 85   | 18.6 | 15.9 | 84   | 11.55 | 234  | 5    | 292.2 | 325.1 | 294.2 |
| 978.0  | 232  | 17.4 | 15.2 | 87   | 11.25 | 215  | 16   | 292.4 | 324.6 | 294.4 |
| 956.0  | 425  | 15.9 | 14.4 | 91   | 10.87 | 210  | 19   | 292.8 | 323.9 | 294.7 |
| 925.0  | 706  | 13.6 | 13.1 | 97   | 10.34 | 210  | 21   | 293.2 | 322.9 | 295.0 |
| 869.0  | 1232 | 11.2 | 9.5  | 89   | 8.65  | 221  | 21   | 296.0 | 321.3 | 297.5 |

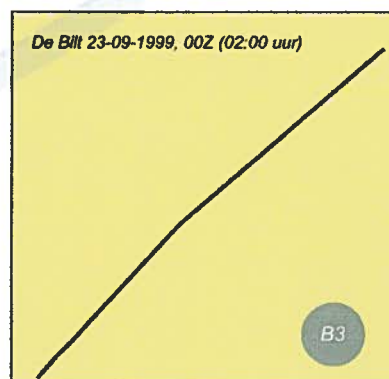
| <i>h</i>                  | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|---------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 4                         | 1004,0   | 18,2                 | 291,36               | 17,7                 | 356,94   |
| 42                        | 1000,0   | 18,4                 | 291,56               | 16,9                 | 357,16   |
| 85                        | 995,0    | 18,6                 | 291,76               | 15,9                 | 357,09   |
| 232                       | 978,0    | 17,4                 | 290,56               | 15,2                 | 373,88   |
| 425                       | 956,0    | 15,9                 | 289,06               | 14,4                 | 396,55   |
| 706                       | 925,0    | 13,6                 | 286,76               | 13,1                 | 429,49   |
| (B2) De Bilt 22-09-99 18Z |          |                      |                      |                      |          |



**(1.3) 06260 EHDB De Bilt Observations at 00Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1006.0 | 4    | 16.8 | 16.0 | 95   | 11.49 | 160  | 4    | 289.4 | 321.8 | 291.4 |
| 1000.0 | 53   | 16.8 | 15.7 | 93   | 11.34 | 205  | 19   | 289.9 | 322.0 | 291.9 |
| 996.0  | 87   | 16.9 | 15.5 | 92   | 11.24 | 205  | 19   | 290.4 | 322.2 | 292.3 |
| 967.0  | 341  | 17.6 | 14.1 | 80   | 10.56 | 235  | 31   | 293.6 | 323.9 | 295.4 |
| 925.0  | 720  | 15.2 | 12.7 | 85   | 10.07 | 230  | 27   | 294.9 | 324.0 | 296.6 |
| 873.0  | 1209 | 12.6 | 8.9  | 78   | 8.26  | 214  | 24   | 297.1 | 321.4 | 298.5 |

| <i>h</i>                  | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|---------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 4                         | 1006,0   | 16,8                 | 289,96               | 16,0                 | 350,45   |
| 53                        | 1000,0   | 16,8                 | 289,96               | 15,7                 | 355,01   |
| 87                        | 996,0    | 16,9                 | 290,06               | 15,5                 | 358,13   |
| 341                       | 967,0    | 17,6                 | 290,76               | 14,1                 | 382,55   |
| 720                       | 925,0    | 15,2                 | 288,36               | 12,7                 | 427,80   |
| (B3) De Bilt 23-09-99 00Z |          |                      |                      |                      |          |

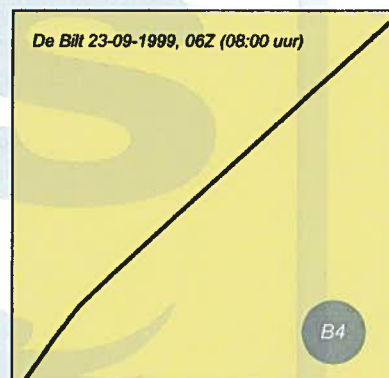


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(1.4) 06260 EHDB De Bilt Observations at 06Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1005.0 | 4    | 16.6 | 15.6 | 94   | 11.21 | 160  | 6    | 289.3 | 320.9 | 291.3 |
| 1000.0 | 47   | 16.4 | 14.9 | 91   | 10.76 | 180  | 19   | 289.6 | 319.9 | 291.4 |
| 996.0  | 81   | 16.4 | 14.6 | 89   | 10.59 | 184  | 21   | 289.9 | 319.9 | 291.7 |
| 989.0  | 142  | 16.5 | 14.4 | 87   | 10.51 | 190  | 23   | 290.6 | 320.4 | 292.4 |
| 969.0  | 316  | 16.8 | 13.7 | 82   | 10.26 | 205  | 29   | 292.6 | 322.0 | 294.4 |
| 962.0  | 378  | 16.4 | 13.7 | 84   | 10.31 | 210  | 31   | 292.8 | 322.4 | 294.6 |
| 925.0  | 712  | 14.4 | 13.4 | 94   | 10.55 | 215  | 27   | 294.0 | 324.4 | 295.9 |
| 917.0  | 785  | 13.8 | 13.2 | 96   | 10.50 | 214  | 27   | 294.1 | 324.4 | 296.0 |

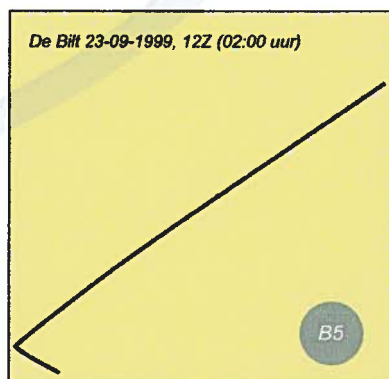
| <i>h</i>                  | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|---------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 4                         | 1005,0   | 16,6                 | 289,76               | 15,6                 | 348,45   |
| 47                        | 1000,0   | 16,4                 | 289,56               | 14,9                 | 350,69   |
| 81                        | 996,0    | 16,4                 | 289,56               | 14,6                 | 353,51   |
| 316                       | 969,0    | 16,8                 | 289,96               | 13,7                 | 378,44   |
| 378                       | 962,0    | 16,4                 | 289,56               | 13,7                 | 386,85   |
| (B4) De Bilt 23-09-99 06Z |          |                      |                      |                      |          |



**(1.5) 06260 EHDB De Bilt Observations at 12Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1008.0 | 4    | 21.0 | 15.0 | 69   | 10.74 | 210  | 12   | 293.5 | 324.4 | 295.4 |
| 1001.0 | 63   | 19.6 | 10.6 | 56   | 8.08  | 219  | 17   | 292.7 | 316.0 | 294.1 |
| 1000.0 | 71   | 19.6 | 10.6 | 56   | 8.08  | 220  | 17   | 292.8 | 316.1 | 294.2 |
| 977.0  | 269  | 17.7 | 10.0 | 61   | 7.96  | 225  | 23   | 292.8 | 315.8 | 294.2 |
| 925.0  | 735  | 13.2 | 8.7  | 74   | 7.69  | 230  | 25   | 292.8 | 315.1 | 294.2 |
| 898.0  | 984  | 10.8 | 7.7  | 81   | 7.39  | 230  | 27   | 292.8 | 314.2 | 294.1 |

| <i>h</i>                  | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|---------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 4                         | 1000,8   | 21                   | 294,16               | 15,0                 | 339,99   |
| 63                        | 1001,0   | 19,6                 | 292,76               | 10,6                 | 330,11   |
| 71                        | 1000,0   | 19,6                 | 292,76               | 10,6                 | 331,81   |
| 269                       | 977,0    | 17,7                 | 290,86               | 10,0                 | 357,00   |
| 735                       | 925,0    | 13,2                 | 286,36               | 8,7                  | 417,21   |
| (B5) De Bilt 23-09-99 12Z |          |                      |                      |                      |          |





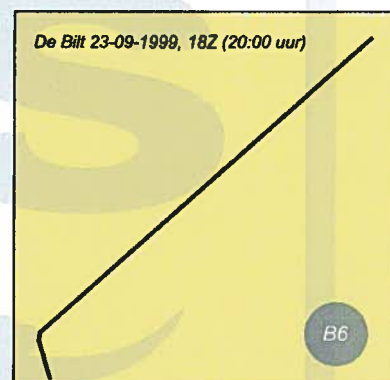
Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(1.6) 6260 EHDB De Bilt Observations at 18Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1008.0 | 4    | 19.0 | 14.3 | 74   | 10.26 | 190  | 6    | 291.5 | 320.8 | 293.3 |
| 1001.0 | 66   | 20.0 | 12.0 | 60   | 8.87  | 203  | 14   | 293.1 | 318.7 | 294.6 |
| 1000.0 | 75   | 20.0 | 12.0 | 60   | 8.88  | 205  | 16   | 293.1 | 318.8 | 294.7 |
| 988.0  | 179  | 19.3 | 11.5 | 61   | 8.69  | 210  | 23   | 293.4 | 318.6 | 295.0 |
| 949.0  | 524  | 16.8 | 9.8  | 63   | 8.07  | 216  | 27   | 294.3 | 317.8 | 295.8 |
| 925.0  | 742  | 14.8 | 9.8  | 72   | 8.28  | 220  | 29   | 294.4 | 318.5 | 295.9 |
| 877.0  | 1191 | 10.6 | 7.7  | 82   | 7.57  | 226  | 30   | 294.6 | 316.7 | 295.9 |

| <i>h</i> | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M<sub>1</sub></i> |
|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 4        | 1008,0   | 19                   | 292,16               | 14,3                 | 339,53               |
| 66       | 1001,0   | 20                   | 293,16               | 12,0                 | 336,16               |
| 75       | 1000,0   | 20                   | 293,16               | 12,0                 | 337,31               |
| 179      | 988,0    | 19,3                 | 292,46               | 11,5                 | 349,39               |
| 524      | 949,0    | 16,8                 | 289,96               | 9,8                  | 389,97               |

(B6) De Bilt 23-09-99 18Z

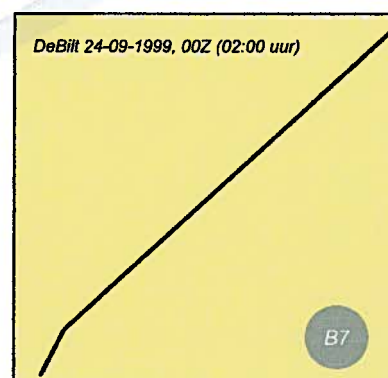


**(1.7) 06260 EHDB De Bilt Observations at 00Z 24 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1011.0 | 4    | 16.2 | 14.7 | 91   | 10.50 | 210  | 8    | 288.4 | 318.0 | 290.3 |
| 1001.0 | 89   | 16.8 | 13.5 | 81   | 9.80  | 228  | 22   | 289.9 | 317.7 | 291.6 |
| 1000.0 | 97   | 16.8 | 13.5 | 81   | 9.81  | 230  | 23   | 289.9 | 317.8 | 291.7 |
| 994.0  | 148  | 16.5 | 13.2 | 81   | 9.70  | 235  | 27   | 290.1 | 317.7 | 291.8 |
| 930.0  | 713  | 12.8 | 10.3 | 85   | 8.52  | 240  | 34   | 291.9 | 316.4 | 293.4 |
| 925.0  | 758  | 12.8 | 10.2 | 84   | 8.51  | 240  | 35   | 292.4 | 316.9 | 293.9 |

| <i>h</i> | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 4        | 1011,0   | 16,2                 | 289,36               | 14,7                 | 346,21   |
| 89       | 1001,0   | 16,8                 | 289,96               | 13,5                 | 350,47   |
| 97       | 1000,0   | 16,8                 | 289,96               | 13,5                 | 351,45   |
| 148      | 994,0    | 16,5                 | 289,66               | 13,2                 | 356,94   |
| 713      | 930,0    | 12,8                 | 285,96               | 10,3                 | 421,43   |

(B7) De Bilt 24-09-99 00Z



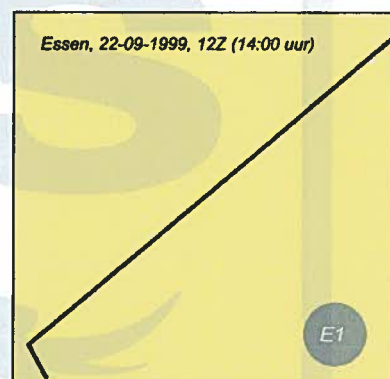


## 2. Essen (BRD)

### (2.1) 10410 EDZE Essen Observations at 12Z 22 Sep 1999

| PRES  | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa   | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 989.0 | 153  | 19.2 | 15.7 | 80   | 11.47 | 220  | 12   | 293.3 | 326.1 | 295.3 |
| 982.0 | 214  | 18.0 | 13.0 | 73   | 9.67  | 221  | 13   | 292.7 | 320.4 | 294.4 |
| 925.0 | 721  | 13.0 | 10.7 | 86   | 8.80  | 225  | 21   | 292.6 | 317.9 | 294.1 |
| 906.0 | 895  | 11.2 | 9.8  | 91   | 8.46  | 226  | 23   | 292.5 | 316.9 | 294.0 |

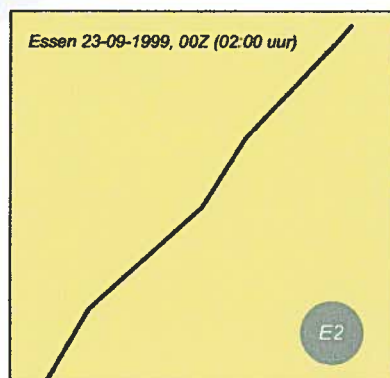
| h                       | P     | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|-------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 153                     | 989,0 | 19,2           | 292,36         | 15,7           | 364,30 |
| 214                     | 982,0 | 18,0           | 291,16         | 13,0           | 361,17 |
| 721                     | 925,0 | 13,0           | 286,16         | 10,7           | 422,61 |
| (E1) Essen 22-09-99 12Z |       |                |                |                |        |



### (2.2) 10410 EDZE Essen Observations at 00Z 23 Sep 1999

| PRES  | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa   | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 990.0 | 153  | 17.0 | 14.6 | 86   | 10.66 | 190  | 10   | 291.0 | 321.3 | 292.9 |
| 976.0 | 275  | 17.2 | 12.9 | 76   | 9.66  | 199  | 15   | 292.4 | 320.1 | 294.1 |
| 957.0 | 443  | 16.8 | 12.1 | 74   | 9.35  | 211  | 22   | 293.6 | 320.6 | 295.3 |
| 944.0 | 559  | 17.6 | 10.6 | 64   | 8.57  | 219  | 27   | 295.6 | 320.6 | 297.1 |
| 927.0 | 715  | 17.2 | 9.2  | 59   | 7.94  | 230  | 33   | 296.7 | 320.1 | 298.1 |
| 925.0 | 733  | 17.0 | 9.0  | 59   | 7.84  | 230  | 33   | 296.7 | 319.8 | 298.1 |
| 850.0 | 1449 | 12.0 | 6.0  | 67   | 6.94  | 235  | 27   | 298.7 | 319.4 | 299.9 |

| h                       | P     | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|-------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 153                     | 990,0 | 17,0           | 290,16         | 14,6           | 362,36 |
| 275                     | 976,0 | 17,2           | 290,36         | 12,9           | 369,80 |
| 443                     | 957,0 | 16,8           | 289,96         | 12,1           | 388,26 |
| 559                     | 944,0 | 17,6           | 290,76         | 10,6           | 396,07 |
| 715                     | 927,0 | 17,2           | 290,36         | 9,2            | 411,46 |
| 733                     | 925,0 | 17,0           | 290,16         | 9,0            | 413,30 |
| (E2) Essen 23-09-99 00Z |       |                |                |                |        |

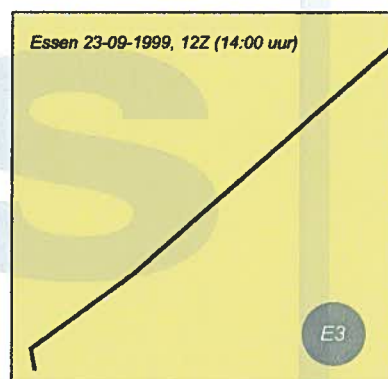


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(2.3) 10410 EDZE Essen Observations at 12Z 23 Sep 1999**

| PRES  | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa   | m    | C    | C    | %    | g/kg | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 992.0 | 153  | 19.6 | 12.6 | 64   | 9.32 | 220  | 12   | 293.4 | 320.3 | 295.1 |
| 987.0 | 197  | 18.6 | 10.6 | 60   | 8.19 | 221  | 12   | 292.8 | 316.5 | 294.3 |
| 971.0 | 338  | 17.6 | 10.6 | 64   | 8.33 | 225  | 13   | 293.2 | 317.3 | 294.7 |
| 925.0 | 753  | 14.0 | 8.0  | 67   | 7.32 | 235  | 17   | 293.6 | 314.9 | 294.9 |
| 918.0 | 817  | 13.4 | 7.4  | 67   | 7.08 | 236  | 19   | 293.6 | 314.3 | 294.9 |

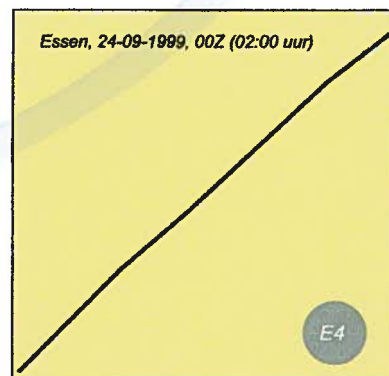
| h                       | P     | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|-------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 153                     | 992,0 | 19,6           | 292,96         | 12,6           | 350,42 |
| 197                     | 987,0 | 18,6           | 291,76         | 10,6           | 349,42 |
| 338                     | 971,0 | 17,6           | 290,76         | 10,6           | 368,58 |
| 753                     | 925,0 | 14,0           | 287,16         | 8,0            | 416,69 |
| (E3) Essen 23-09-99 12Z |       |                |                |                |        |



**(2.4) 10410 EDZE Essen Observations at 00Z 24 Sep 1999**

| PRES  | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa   | m    | C    | C    | %    | g/kg | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 995.0 | 153  | 17.6 | 11.6 | 68   | 8.69 | 210  | 10   | 291.2 | 316.1 | 292.7 |
| 974.0 | 336  | 18.6 | 10.6 | 60   | 8.30 | 223  | 22   | 293.9 | 318.1 | 295.4 |
| 963.0 | 434  | 18.4 | 10.4 | 60   | 8.28 | 230  | 29   | 294.7 | 318.8 | 296.2 |
| 938.0 | 659  | 16.6 | 8.6  | 59   | 7.53 | 240  | 33   | 295.1 | 317.1 | 296.4 |
| 925.0 | 778  | 15.6 | 8.6  | 63   | 7.63 | 245  | 35   | 295.2 | 317.6 | 296.6 |
| 917.0 | 851  | 14.9 | 8.4  | 65   | 7.58 | 245  | 35   | 295.3 | 317.5 | 296.7 |

| h                       | P     | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|-------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 153                     | 995,0 | 17,6           | 290,76         | 11,6           | 349,80 |
| 336                     | 974,0 | 18,6           | 291,76         | 10,6           | 367,79 |
| 434                     | 963,0 | 18,4           | 291,56         | 10,4           | 379,76 |
| 659                     | 938,0 | 16,6           | 289,76         | 8,6            | 404,28 |
| 778                     | 925,0 | 15,6           | 288,76         | 8,6            | 420,69 |
| (E4) Essen 24-09-99 00Z |       |                |                |                |        |





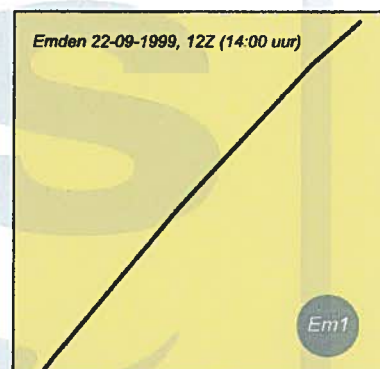
### 3. Emden (BRD)

#### (3.1) 10200 Emden-Flugplatz Observations at 12Z 22 Sep 1999

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1005.0 | 5    | 18.4 | 16.7 | 90   | 12.04 | 180  | 10   | 291.1 | 325.3 | 293.2 |
| 1000.0 | 45   | 18.0 | 16.2 | 89   | 11.71 | 180  | 12   | 291.1 | 324.4 | 293.2 |
| 966.0  | 339  | 15.3 | 13.0 | 86   | 9.84  | 170  | 14   | 291.3 | 319.4 | 293.1 |
| 935.0  | 617  | 12.8 | 10.0 | 83   | 8.31  | 178  | 15   | 291.5 | 315.3 | 292.9 |
| 925.0  | 707  | 12.4 | 9.4  | 82   | 8.06  | 180  | 16   | 292.0 | 315.2 | 293.4 |
| 914.0  | 808  | 11.8 | 8.7  | 81   | 7.78  | 182  | 16   | 292.4 | 314.8 | 293.7 |

| h   | P      | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|-----|--------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 5   | 1005,0 | 18,4           | 291,56         | 16,7           | 351,62 |
| 45  | 1000,0 | 18,0           | 291,16         | 16,2           | 354,55 |
| 339 | 966,0  | 15,3           | 288,46         | 13,0           | 380,18 |
| 617 | 935,0  | 12,8           | 285,96         | 10,0           | 406,58 |
| 707 | 925,0  | 12,4           | 285,56         | 9,4            | 416,29 |

(Em1) Emden 22-09-99 12Z

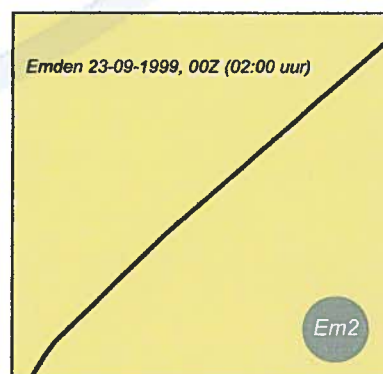


#### (3.2) 10200 Emden-Flugplatz Observations at 00Z 23 Sep 1999

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1007.0 | 5    | 16.8 | 16.5 | 98   | 11.86 | 190  | 8    | 289.4 | 322.8 | 291.4 |
| 1000.0 | 56   | 17.2 | 16.1 | 93   | 11.64 | 200  | 16   | 290.4 | 323.3 | 292.4 |
| 997.0  | 82   | 17.4 | 15.9 | 91   | 11.52 | 205  | 27   | 290.8 | 323.5 | 292.8 |
| 972.0  | 299  | 17.4 | 15.0 | 86   | 11.15 | 220  | 26   | 292.9 | 324.8 | 294.9 |
| 946.0  | 530  | 15.7 | 13.8 | 89   | 10.62 | 235  | 25   | 293.4 | 323.9 | 295.3 |
| 925.0  | 721  | 14.2 | 12.9 | 92   | 10.20 | 230  | 23   | 293.8 | 323.2 | 295.6 |
| 876.0  | 1179 | 10.8 | 10.5 | 98   | 9.18  | 215  | 19   | 294.9 | 321.5 | 296.5 |

| h   | P      | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|-----|--------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 5   | 1007,0 | 16,8           | 289,96         | 16,5           | 353,49 |
| 56  | 1000,0 | 17,2           | 290,36         | 16,1           | 356,94 |
| 82  | 997,0  | 17,4           | 290,56         | 15,9           | 358,90 |
| 299 | 972,0  | 17,4           | 290,56         | 15,0           | 381,82 |
| 530 | 946,0  | 15,7           | 288,86         | 13,8           | 407,83 |
| 721 | 925,0  | 14,2           | 287,36         | 12,9           | 430,15 |

(Em2) Emden 23-09-99 00Z





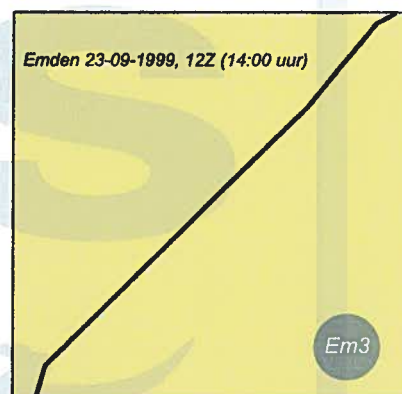


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(3.3) 10200 Emden-Flugplatz Observations at 12Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1008.0 | 5    | 16.6 | 16.6 | 100  | 11.92 | 220  | 8    | 289.1 | 322.6 | 291.2 |
| 1000.0 | 67   | 16.6 | 15.5 | 93   | 11.19 | 230  | 17   | 289.8 | 321.4 | 291.7 |
| 943.0  | 565  | 14.4 | 12.6 | 89   | 9.81  | 249  | 19   | 292.4 | 320.5 | 294.1 |
| 925.0  | 728  | 13.0 | 10.9 | 87   | 8.92  | 255  | 19   | 292.6 | 318.3 | 294.2 |
| 922.0  | 755  | 12.8 | 10.7 | 87   | 8.83  | 255  | 19   | 292.7 | 318.1 | 294.2 |
| 911.0  | 856  | 12.2 | 9.9  | 86   | 8.47  | 254  | 21   | 293.1 | 317.5 | 294.6 |

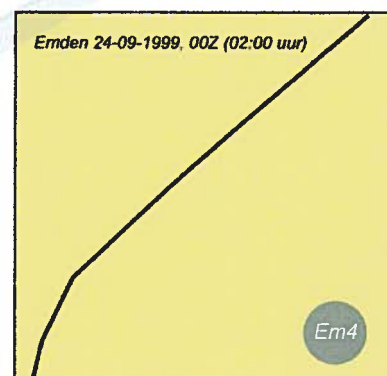
| h                        | P      | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|--------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 5                        | 1008,0 | 16,6           | 289,76         | 16,6           | 354,59 |
| 67                       | 1000,0 | 16,6           | 289,76         | 15,5           | 356,50 |
| 565                      | 943,0  | 14,4           | 287,56         | 12,6           | 408,95 |
| 728                      | 925,0  | 13,0           | 286,16         | 10,9           | 424,50 |
| 755                      | 922,0  | 12,8           | 285,96         | 10,7           | 427,39 |
| (Em3) Emden 23-09-99 12Z |        |                |                |                |        |



**(3.4) 10200 Emden-Flugplatz Observations at 00Z 24 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1010.0 | 5    | 17.8 | 16.8 | 94   | 12.06 | 210  | 14   | 290.1 | 324.2 | 292.2 |
| 1000.0 | 88   | 17.0 | 15.0 | 88   | 10.83 | 215  | 23   | 290.1 | 320.8 | 292.0 |
| 985.0  | 217  | 15.8 | 12.2 | 79   | 9.14  | 215  | 31   | 290.2 | 316.2 | 291.8 |
| 964.0  | 400  | 15.8 | 11.8 | 77   | 9.09  | 221  | 35   | 292.0 | 318.1 | 293.6 |
| 948.0  | 542  | 15.2 | 11.2 | 77   | 8.88  | 225  | 39   | 292.8 | 318.4 | 294.4 |
| 925.0  | 750  | 13.8 | 10.3 | 79   | 8.57  | 225  | 37   | 293.4 | 318.2 | 294.9 |
| 900.0  | 981  | 12.2 | 9.2  | 82   | 8.18  | 229  | 35   | 294.1 | 317.8 | 295.5 |

| h                        | P      | T <sub>c</sub> | T <sub>k</sub> | T <sub>d</sub> | M      |
|--------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 5                        | 1010,0 | 17,8           | 290,96         | 16,8           | 354,38 |
| 88                       | 1000,0 | 17,0           | 290,16         | 15,0           | 356,75 |
| 217                      | 985,0  | 15,8           | 288,96         | 12,2           | 363,03 |
| 400                      | 964,0  | 15,8           | 288,96         | 11,8           | 383,47 |
| 542                      | 948,0  | 15,2           | 288,36         | 11,2           | 399,84 |
| 750                      | 925,0  | 13,8           | 286,96         | 10,3           | 424,61 |
| (Em4) Emden 24-09-99 00Z |        |                |                |                |        |



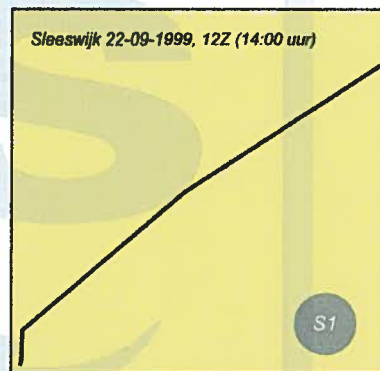
Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**4. Sleeswijk (BRD)**

**(4.1) 10035 Schleswig Observations at 12Z 22 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1001.0 | 48   | 19.6 | 12.6 | 64   | 9.23 | 210  | 6    | 292.7 | 319.2 | 294.3 |
| 1000.0 | 55   | 19.4 | 12.4 | 64   | 9.12 | 210  | 6    | 292.6 | 318.8 | 294.2 |
| 993.0  | 115  | 18.0 | 10.0 | 60   | 7.82 | 195  | 10   | 291.7 | 314.3 | 293.1 |
| 932.0  | 654  | 12.6 | 10.0 | 84   | 8.33 | 195  | 13   | 291.6 | 315.5 | 293.0 |
| 925.0  | 717  | 12.4 | 9.4  | 82   | 8.06 | 195  | 14   | 292.0 | 315.2 | 293.4 |
| 915.0  | 808  | 11.8 | 8.1  | 78   | 7.46 | 195  | 15   | 292.3 | 313.8 | 293.6 |

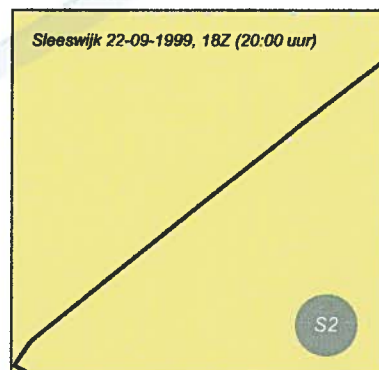
| <i>h</i>                    | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|-----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                          | 1001,0   | 19,6                 | 292,76               | 12,6                 | 336,32   |
| 55                          | 1000,0   | 19,4                 | 292,96               | 12,4                 | 336,59   |
| 115                         | 993,0    | 18,0                 | 291,16               | 10,0                 | 336,71   |
| 654                         | 932,0    | 12,6                 | 285,76               | 10,0                 | 411,83   |
| 717                         | 925,0    | 12,4                 | 285,56               | 9,4                  | 417,86   |
| (S1) Sleeswijk 22-09-99 12Z |          |                      |                      |                      |          |



**(4.2) 10035 Schleswig Observations at 18Z 22 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1002.0 | 48   | 20.2 | 12.2 | 60   | 8.98 | 180  | 4    | 293.2 | 319.1 | 294.8 |
| 1000.0 | 63   | 19.8 | 10.8 | 56   | 8.19 | 180  | 4    | 292.9 | 316.6 | 294.4 |
| 994.0  | 115  | 18.6 | 9.6  | 56   | 7.60 | 182  | 5    | 292.2 | 314.2 | 293.6 |
| 963.0  | 385  | 16.1 | 8.8  | 62   | 7.44 | 190  | 14   | 292.4 | 314.0 | 293.8 |
| 939.0  | 600  | 14.2 | 8.2  | 67   | 7.31 | 193  | 14   | 292.6 | 313.8 | 293.9 |
| 925.0  | 727  | 13.2 | 8.2  | 72   | 7.43 | 195  | 14   | 292.8 | 314.3 | 294.1 |
| 850.0  | 1432 | 7.8  | 4.1  | 77   | 6.07 | 205  | 12   | 294.3 | 312.2 | 295.4 |

| <i>h</i>                    | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|-----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                          | 1002,0   | 20,2                 | 293,36               | 12,2                 | 334,14   |
| 63                          | 1000,0   | 19,8                 | 292,96               | 10,8                 | 331,04   |
| 115                         | 994,0    | 18,6                 | 291,76               | 9,6                  | 334,79   |
| 385                         | 963,0    | 16,1                 | 289,26               | 8,8                  | 369,26   |
| 600                         | 939,0    | 14,2                 | 287,36               | 8,2                  | 396,87   |
| 727                         | 925,0    | 13,2                 | 286,36               | 8,2                  | 414,25   |
| (S2) Sleeswijk 22-09-99 18Z |          |                      |                      |                      |          |



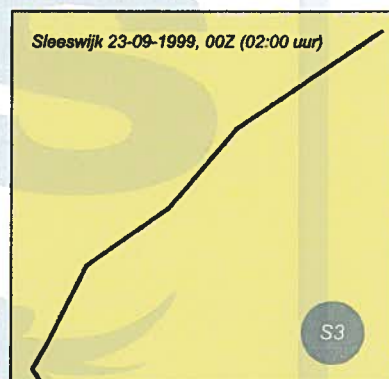


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(4.3) 10035 Schleswig Observations at 00Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1003.0 | 48   | 16.6 | 14.1 | 85   | 10.18 | 170  | 4    | 289.5 | 318.3 | 291.3 |
| 1000.0 | 70   | 16.4 | 13.5 | 83   | 9.81  | 170  | 6    | 289.6 | 317.3 | 291.3 |
| 994.0  | 121  | 16.2 | 12.6 | 79   | 9.30  | 174  | 7    | 289.9 | 316.3 | 291.5 |
| 976.0  | 277  | 16.8 | 9.8  | 63   | 7.85  | 187  | 10   | 292.0 | 314.6 | 293.4 |
| 963.0  | 391  | 16.4 | 10.4 | 68   | 8.28  | 197  | 12   | 292.7 | 316.6 | 294.1 |
| 945.0  | 551  | 15.2 | 9.8  | 70   | 8.10  | 210  | 16   | 293.0 | 316.5 | 294.5 |
| 925.0  | 732  | 13.8 | 9.1  | 73   | 7.90  | 215  | 16   | 293.4 | 316.3 | 294.8 |
| 867.0  | 1275 | 9.6  | 6.7  | 82   | 7.15  | 226  | 13   | 294.5 | 315.4 | 295.8 |

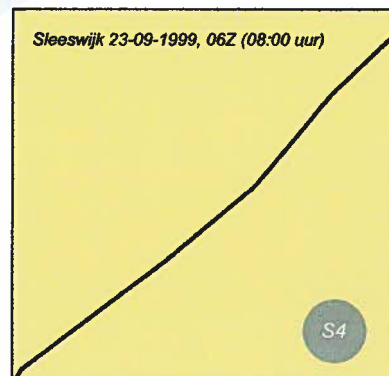
| <i>h</i>                   | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                         | 1003,0   | 16,6                 | 289,76               | 14,1                 | 348,97   |
| 70                         | 1000,0   | 16,4                 | 289,56               | 13,5                 | 347,77   |
| 121                        | 994,0    | 16,2                 | 289,36               | 12,6                 | 350,52   |
| 277                        | 976,0    | 16,8                 | 289,96               | 9,8                  | 358,51   |
| 391                        | 963,0    | 16,4                 | 289,56               | 10,4                 | 375,54   |
| 551                        | 945,0    | 15,2                 | 288,36               | 9,8                  | 395,13   |
| 732                        | 925,0    | 13,8                 | 286,96               | 9,1                  | 417,39   |
| (S3) Sleswijk 23-09-99 00Z |          |                      |                      |                      |          |



**(4.4) 10035 Schleswig Observations at 06Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1002.0 | 48   | 15.6 | 14.8 | 95   | 10.67 | 150  | 4    | 288.6 | 318.6 | 290.4 |
| 1000.0 | 60   | 15.6 | 14.8 | 95   | 10.69 | 155  | 6    | 288.8 | 318.8 | 290.6 |
| 974.0  | 284  | 16.0 | 15.2 | 95   | 11.27 | 180  | 16   | 291.3 | 323.4 | 293.3 |
| 957.0  | 434  | 15.0 | 14.7 | 98   | 11.10 | 183  | 15   | 291.8 | 323.4 | 293.7 |
| 937.0  | 613  | 14.4 | 13.0 | 91   | 10.14 | 188  | 14   | 292.9 | 322.1 | 294.7 |
| 925.0  | 722  | 13.8 | 12.3 | 91   | 9.80  | 190  | 14   | 293.4 | 321.6 | 295.1 |
| 889.0  | 1056 | 11.8 | 10.2 | 90   | 8.86  | 208  | 15   | 294.7 | 320.4 | 296.3 |

| <i>h</i>                   | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                         | 1002,0   | 15,6                 | 288,76               | 14,8                 | 352,06   |
| 60                         | 1000,0   | 15,6                 | 288,76               | 14,8                 | 353,40   |
| 284                        | 974,0    | 16,0                 | 289,16               | 15,2                 | 382,97   |
| 434                        | 957,0    | 15,0                 | 288,16               | 14,7                 | 400,93   |
| 613                        | 937,0    | 14,4                 | 287,56               | 13,0                 | 416,61   |
| 722                        | 925,0    | 13,8                 | 286,96               | 12,3                 | 428,25   |
| (S4) Sleswijk 23-09-99 06Z |          |                      |                      |                      |          |



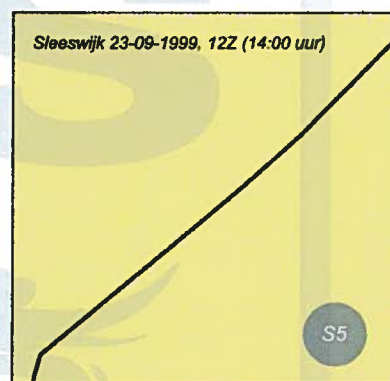


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(4.5) 10035 Schleswig Observations at 12Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1002.0 | 48   | 18.0 | 15.8 | 87   | 11.39 | 165  | 10   | 291.0 | 323.3 | 293.0 |
| 1000.0 | 64   | 17.8 | 15.4 | 86   | 11.12 | 165  | 10   | 290.9 | 322.5 | 292.9 |
| 995.0  | 107  | 17.2 | 14.3 | 83   | 10.40 | 169  | 11   | 290.8 | 320.3 | 292.6 |
| 967.0  | 350  | 15.2 | 13.6 | 90   | 10.25 | 190  | 17   | 291.2 | 320.3 | 292.9 |
| 961.0  | 403  | 14.8 | 13.5 | 92   | 10.22 | 192  | 18   | 291.2 | 320.3 | 293.0 |
| 950.0  | 500  | 14.4 | 13.1 | 92   | 10.06 | 196  | 20   | 291.8 | 320.6 | 293.6 |
| 932.0  | 662  | 14.8 | 12.3 | 85   | 9.73  | 202  | 22   | 293.8 | 321.9 | 295.5 |
| 925.0  | 726  | 14.6 | 12.2 | 86   | 9.74  | 205  | 23   | 294.2 | 322.4 | 296.0 |

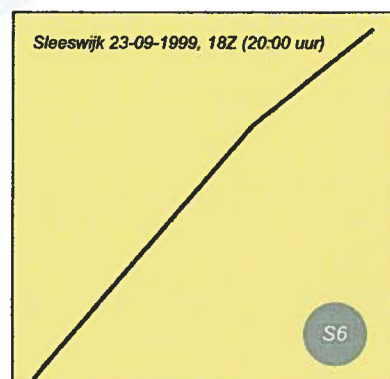
| <i>h</i>                   | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                         | 1002,0   | 18,0                 | 291,16               | 15,8                 | 353,51   |
| 64                         | 1000,0   | 17,8                 | 290,96               | 15,4                 | 353,78   |
| 107                        | 995,0    | 17,2                 | 290,36               | 14,3                 | 354,76   |
| 350                        | 967,0    | 15,2                 | 288,36               | 13,6                 | 385,00   |
| 403                        | 961,0    | 14,8                 | 287,96               | 13,5                 | 391,80   |
| 500                        | 950,0    | 14,4                 | 287,56               | 13,1                 | 402,82   |
| 662                        | 932,0    | 14,8                 | 287,96               | 12,3                 | 419,40   |
| (S5) Sleswijk 23-09-99 12Z |          |                      |                      |                      |          |



**(4.6) 10035 Schleswig Observations at 18Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1004.0 | 48   | 17.2 | 14.8 | 86   | 10.65 | 220  | 8    | 290.0 | 320.2 | 291.9 |
| 1000.0 | 80   | 17.0 | 14.5 | 85   | 10.48 | 220  | 10   | 290.1 | 319.9 | 292.0 |
| 969.0  | 348  | 15.5 | 11.7 | 78   | 9.00  | 235  | 23   | 291.3 | 317.0 | 292.9 |
| 946.0  | 552  | 14.4 | 9.6  | 73   | 7.99  | 240  | 26   | 292.1 | 315.2 | 293.6 |
| 925.0  | 742  | 13.0 | 8.8  | 76   | 7.74  | 245  | 29   | 292.6 | 315.0 | 294.0 |
| 917.0  | 815  | 12.4 | 8.4  | 77   | 7.62  | 245  | 29   | 292.7 | 314.8 | 294.1 |
| 879.0  | 1168 | 9.6  | 6.7  | 82   | 7.05  | 251  | 30   | 293.4 | 313.9 | 294.6 |

| <i>h</i>                   | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                         | 1004,0   | 17,2                 | 290,36               | 14,8                 | 350,28   |
| 80                         | 1000,0   | 17,0                 | 290,16               | 14,5                 | 353,10   |
| 348                        | 969,0    | 15,5                 | 288,66               | 11,7                 | 376,65   |
| 552                        | 946,0    | 14,4                 | 287,56               | 9,6                  | 395,84   |
| 742                        | 925,0    | 13,0                 | 286,16               | 8,8                  | 418,90   |
| 815                        | 917,0    | 12,4                 | 285,56               | 8,4                  | 427,55   |
| (S6) Sleswijk 23-09-99 18Z |          |                      |                      |                      |          |

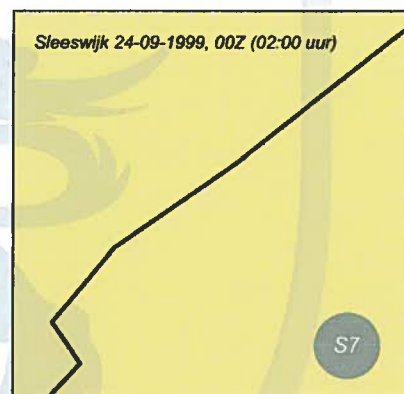


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(4.7) 10035 Schleswig Observations at 00Z 24 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1005.0 | 48   | 15.2 | 13.9 | 92   | 10.02 | 195  | 6    | 287.9 | 316.1 | 289.7 |
| 1000.0 | 93   | 15.2 | 13.7 | 91   | 9.94  |      |      | 288.4 | 316.3 | 290.1 |
| 998.0  | 110  | 15.2 | 13.6 | 90   | 9.90  |      |      | 288.5 | 316.4 | 290.2 |
| 989.0  | 187  | 17.6 | 10.6 | 64   | 8.17  |      |      | 291.7 | 315.2 | 293.1 |
| 984.0  | 231  | 17.4 | 10.4 | 63   | 8.11  |      |      | 291.9 | 315.2 | 293.3 |
| 973.0  | 327  | 16.8 | 8.8  | 59   | 7.35  |      |      | 292.2 | 313.5 | 293.5 |
| 955.0  | 485  | 15.4 | 9.4  | 67   | 7.81  |      |      | 292.4 | 314.9 | 293.8 |
| 937.0  | 647  | 15.2 | 9.2  | 67   | 7.85  |      |      | 293.8 | 316.6 | 295.1 |
| 925.0  | 756  | 14.2 | 9.2  | 72   | 7.95  |      |      | 293.8 | 316.9 | 295.2 |
| 867.0  | 1298 | 9.2  | 7.6  | 90   | 7.61  |      |      | 294.1 | 316.2 | 295.4 |

| <i>h</i>                    | <i>P</i> | <i>T<sub>e</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|-----------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 48                          | 1005,0   | 15,2                 | 288,36               | 13,9                 | 349,18   |
| 93                          | 1000,0   | 15,2                 | 288,36               | 13,7                 | 353,98   |
| 110                         | 998,0    | 15,2                 | 288,36               | 13,6                 | 355,66   |
| 187                         | 989,0    | 17,6                 | 290,76               | 10,6                 | 349,67   |
| 231                         | 984,0    | 17,4                 | 289,96               | 10,4                 | 354,76   |
| 327                         | 973,0    | 16,8                 | 285,56               | 8,8                  | 361,96   |
| 485                         | 955,0    | 15,4                 | 288,56               | 9,4                  | 385,77   |
| 647                         | 937,0    | 15,2                 | 285,56               | 9,2                  | 405,91   |
| 756                         | 925,0    | 14,2                 | 287,36               | 9,2                  | 421,02   |
| (S7) Sleeswijk 24-09-99 00Z |          |                      |                      |                      |          |





Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

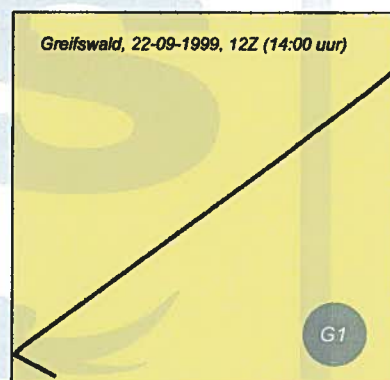
## 5. Greifswald (BRD)

### (5.1) 10184 Greifswald Observations at 12Z 22 Sep 1999

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1008.0 | 6    | 21.6 | 12.6 | 57   | 9.17 | 190  | 8    | 294.1 | 320.6 | 295.7 |
| 1002.0 | 52   | 20.2 | 8.2  | 46   | 6.85 | 194  | 8    | 293.2 | 313.2 | 294.4 |
| 1000.0 | 67   | 20.0 | 8.0  | 46   | 6.77 | 195  | 8    | 293.1 | 312.9 | 294.4 |
| 957.0  | 443  | 16.2 | 8.2  | 59   | 7.18 | 195  | 9    | 293.0 | 313.9 | 294.3 |
| 940.0  | 595  | 14.8 | 7.9  | 63   | 7.15 | 195  | 10   | 293.1 | 313.9 | 294.4 |
| 925.0  | 731  | 13.6 | 7.6  | 67   | 7.13 | 205  | 10   | 293.2 | 313.9 | 294.5 |
| 884.0  | 1111 | 10.2 | 7.1  | 81   | 7.21 | 224  | 12   | 293.5 | 314.5 | 294.8 |

| <i>h</i> | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 6        | 1008,0   | 21,6                 | 294,76               | 12,6                 | 328,91   |
| 52       | 1002,0   | 20,2                 | 293,36               | 8,2                  | 320,33   |
| 67       | 1000,0   | 20,0                 | 293,16               | 8,0                  | 321,76   |
| 443      | 957,0    | 16,2                 | 289,36               | 8,2                  | 374,62   |
| 595      | 940,0    | 14,8                 | 287,96               | 7,9                  | 394,64   |
| 731      | 925,0    | 13,6                 | 286,76               | 7,6                  | 412,41   |

(G1) Greifswald 22-09-99 12Z

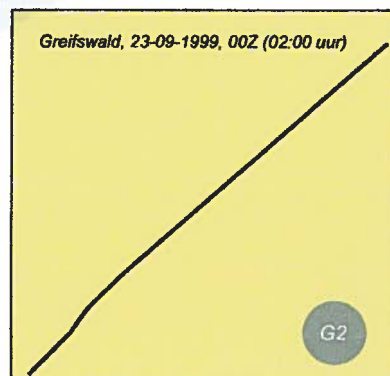


### (5.2) 10184 Greifswald Observations at 00Z 23 Sep 1999

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1010.0 | 6    | 16.2 | 12.4 | 78   | 9.03 | 190  | 6    | 288.5 | 314.1 | 290.1 |
| 1000.0 | 85   | 17.4 | 12.5 | 73   | 9.18 | 230  | 14   | 290.6 | 316.7 | 292.2 |
| 994.0  | 137  | 18.0 | 12.0 | 68   | 8.93 | 230  | 16   | 291.6 | 317.3 | 293.2 |
| 986.0  | 206  | 17.6 | 11.6 | 68   | 8.77 | 230  | 19   | 291.9 | 317.1 | 293.5 |
| 954.0  | 486  | 15.6 | 10.2 | 70   | 8.22 | 235  | 19   | 292.7 | 316.4 | 294.1 |
| 925.0  | 749  | 13.8 | 8.8  | 72   | 7.74 | 240  | 17   | 293.4 | 315.9 | 294.8 |
| 861.0  | 1350 | 9.8  | 5.4  | 74   | 6.57 | 253  | 16   | 295.3 | 314.7 | 296.5 |

| <i>h</i> | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 6        | 1010,0   | 16,2                 | 289,36               | 12,4                 | 335,91   |
| 85       | 1000,0   | 17,4                 | 290,56               | 12,5                 | 344,41   |
| 137      | 994,0    | 18,0                 | 291,16               | 12,0                 | 348,10   |
| 206      | 986,0    | 17,6                 | 290,76               | 11,6                 | 355,72   |
| 486      | 954,0    | 15,6                 | 288,76               | 10,2                 | 388,32   |
| 749      | 925,0    | 13,8                 | 286,96               | 8,8                  | 419,01   |

(G2) Greifswald 23-09-99 00Z

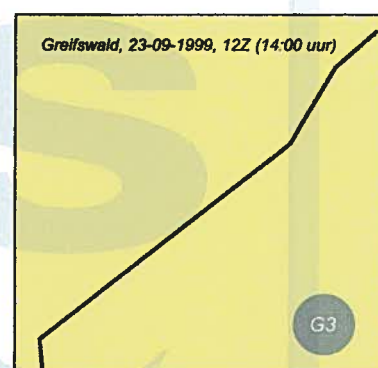


Bijlage 1. Profielen van een beladen atmosfeer: Brongegevens M-profielen

**(5.3) 10184 Greifswald Observations at 12Z 23 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1010.0 | 6    | 22.6 | 15.6 | 65   | 11.15 | 210  | 10   | 294.9 | 327.1 | 296.9 |
| 1000.0 | 84   | 20.8 | 12.8 | 60   | 9.37  | 210  | 12   | 293.9 | 321.0 | 295.6 |
| 956.0  | 471  | 17.0 | 12.1 | 73   | 9.36  | 217  | 17   | 293.9 | 320.9 | 295.6 |
| 952.0  | 507  | 16.8 | 11.9 | 73   | 9.27  | 217  | 17   | 294.1 | 320.9 | 295.7 |
| 934.0  | 670  | 17.0 | 9.0  | 59   | 7.77  | 220  | 19   | 295.9 | 318.7 | 297.2 |
| 925.0  | 753  | 16.4 | 9.4  | 63   | 8.06  | 220  | 17   | 296.1 | 319.7 | 297.5 |
| 876.0  | 1213 | 12.4 | 6.4  | 67   | 6.93  | 230  | 16   | 296.6 | 317.0 | 297.8 |

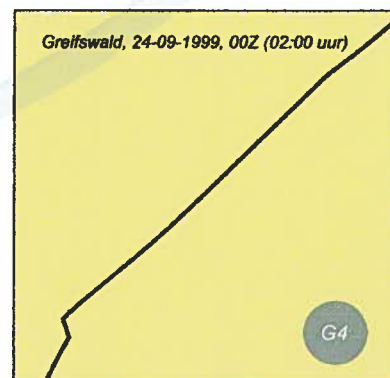
| <i>h</i>                     | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|------------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 6                            | 1010,0   | 22,6                 | 295,76               | 15,6                 | 341,45   |
| 84                           | 1000,0   | 20,8                 | 293,96               | 12,8                 | 340,94   |
| 471                          | 956,0    | 17,0                 | 290,16               | 12,1                 | 392,13   |
| 507                          | 952,0    | 16,8                 | 289,96               | 11,9                 | 396,15   |
| 670                          | 934,0    | 17,0                 | 290,16               | 9,0                  | 405,82   |
| 753                          | 925,0    | 16,4                 | 289,56               | 9,4                  | 418,56   |
| (G3) Greifswald 23-09-99 12Z |          |                      |                      |                      |          |



**(5.4) 10184 Greifswald Observations at 00Z 24 Sep 1999**

| PRES   | HGHT | TEMP | DWPT | RELH | MIXR  | DRCT | SKNT | THTA  | THTE  | THTV  |
|--------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| hPa    | m    | C    | C    | %    | g/kg  | deg  | knot | K     | K     | K     |
| 1012.0 | 6    | 15.4 | 14.6 | 95   | 10.42 | 215  | 6    | 287.6 | 316.8 | 289.4 |
| 1000.0 | 106  | 17.8 | 13.8 | 77   | 10.01 | 240  | 14   | 290.9 | 319.4 | 292.7 |
| 995.0  | 149  | 18.6 | 12.6 | 68   | 9.29  | 250  | 17   | 292.2 | 318.8 | 293.8 |
| 973.0  | 341  | 17.8 | 11.8 | 68   | 9.01  | 256  | 19   | 293.2 | 319.2 | 294.8 |
| 939.0  | 644  | 15.6 | 9.6  | 67   | 8.05  | 265  | 21   | 294.0 | 317.4 | 295.4 |
| 925.0  | 771  | 14.2 | 9.3  | 72   | 8.01  | 265  | 21   | 293.8 | 317.1 | 295.2 |
| 890.0  | 1096 | 11.0 | 8.2  | 83   | 7.72  | 265  | 22   | 293.8 | 316.2 | 295.1 |

| <i>h</i>                     | <i>P</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>T<sub>k</sub></i> | <i>T<sub>d</sub></i> | <i>M</i> |
|------------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 6                            | 1012,0   | 15,4                 | 288,56               | 14,6                 | 347,48   |
| 106                          | 1000,0   | 17,8                 | 290,96               | 13,8                 | 352,82   |
| 149                          | 995,0    | 18,6                 | 291,76               | 12,6                 | 351,92   |
| 341                          | 973,0    | 17,8                 | 290,96               | 11,8                 | 373,99   |
| 644                          | 939,0    | 15,6                 | 288,76               | 9,6                  | 406,90   |
| 771                          | 925,0    | 14,2                 | 287,36               | 9,3                  | 423,73   |
| (G4) Greifswald 24-09-99 00Z |          |                      |                      |                      |          |







## **Profielen van een beladen atmosfeer**

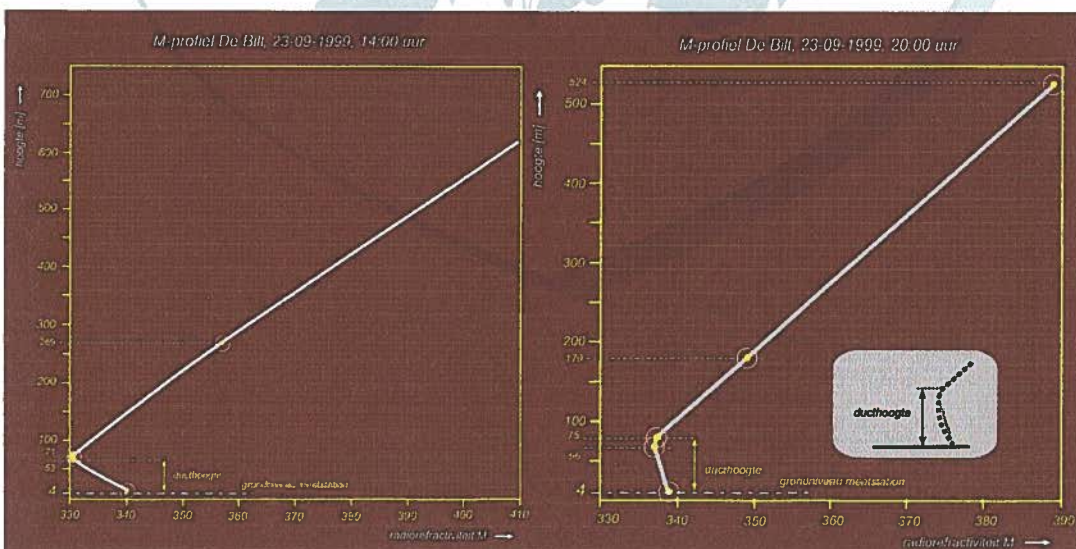
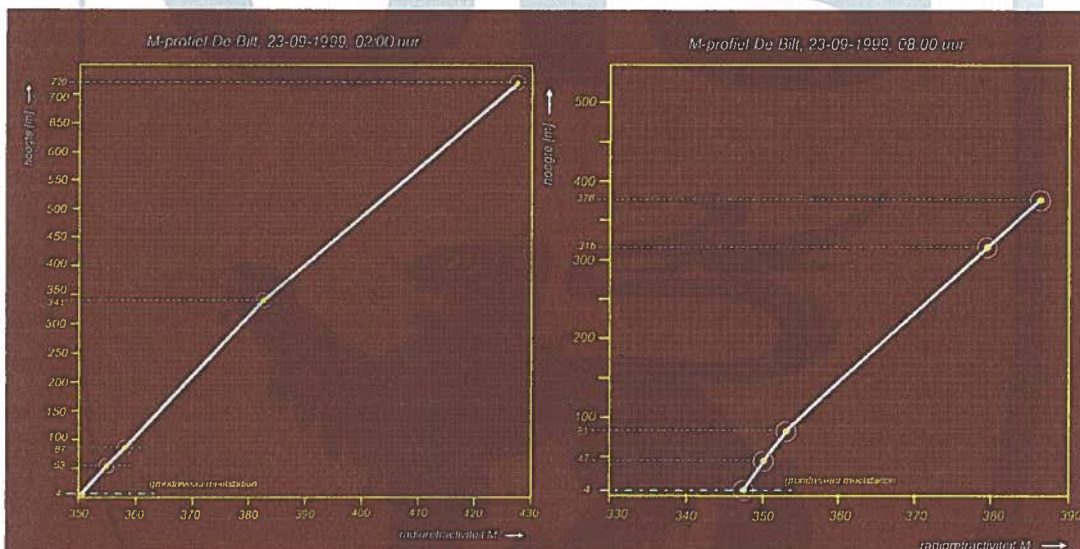
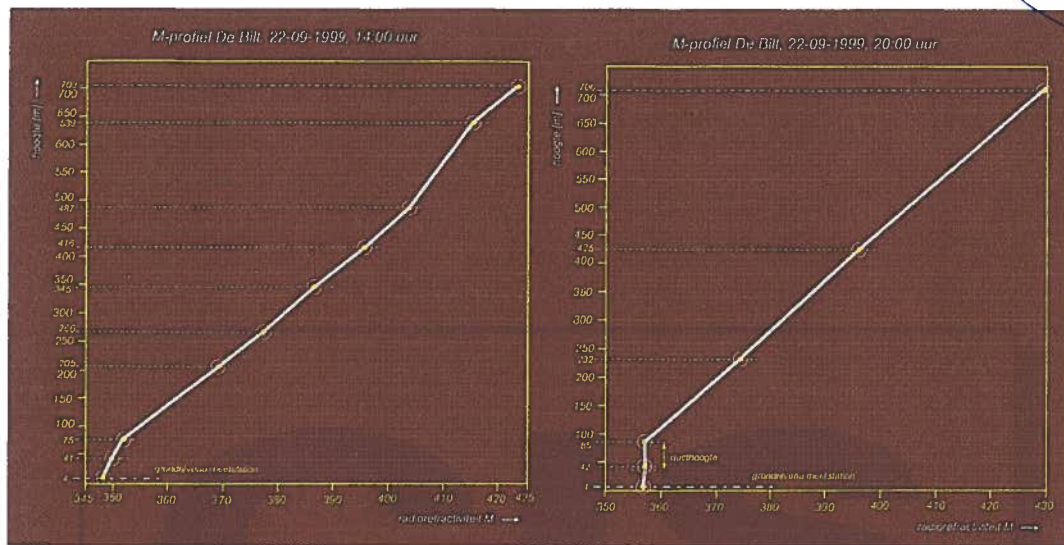
---

### **BIJLAGE 2: Grafische constructie M-profielen**

#### **INHOUD**

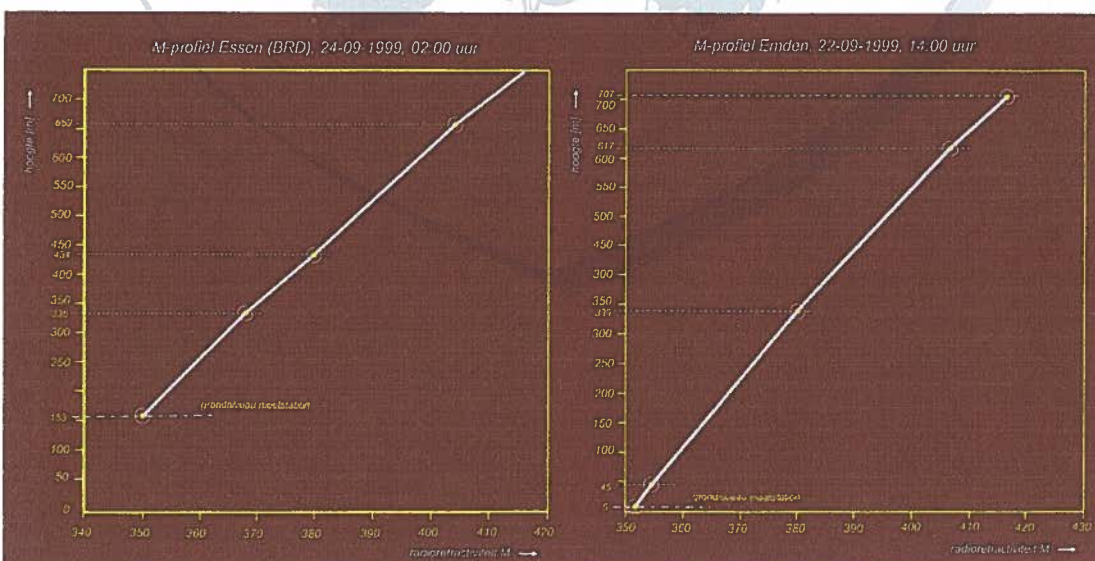
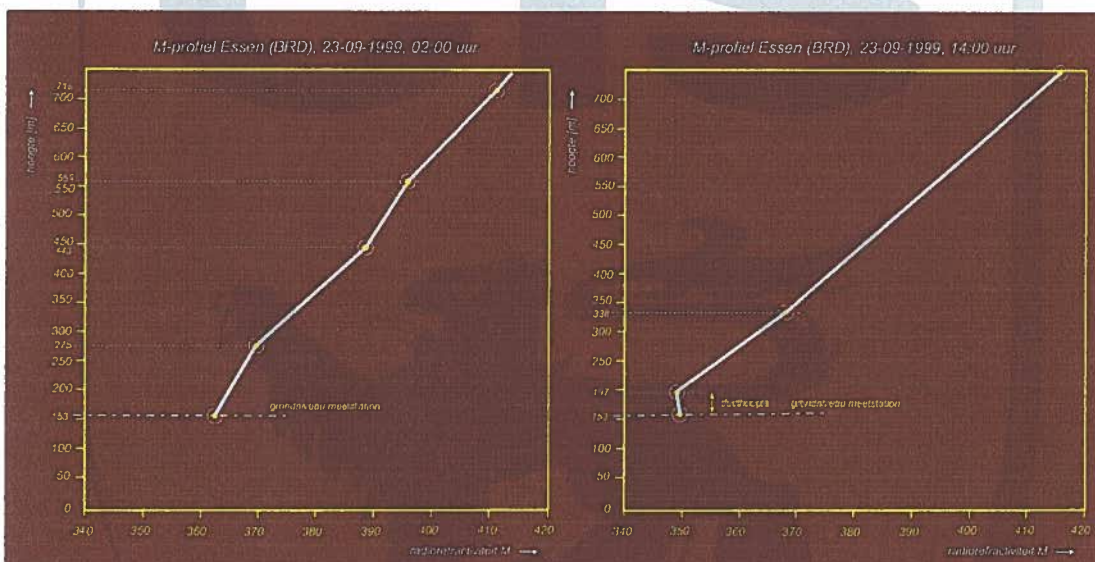
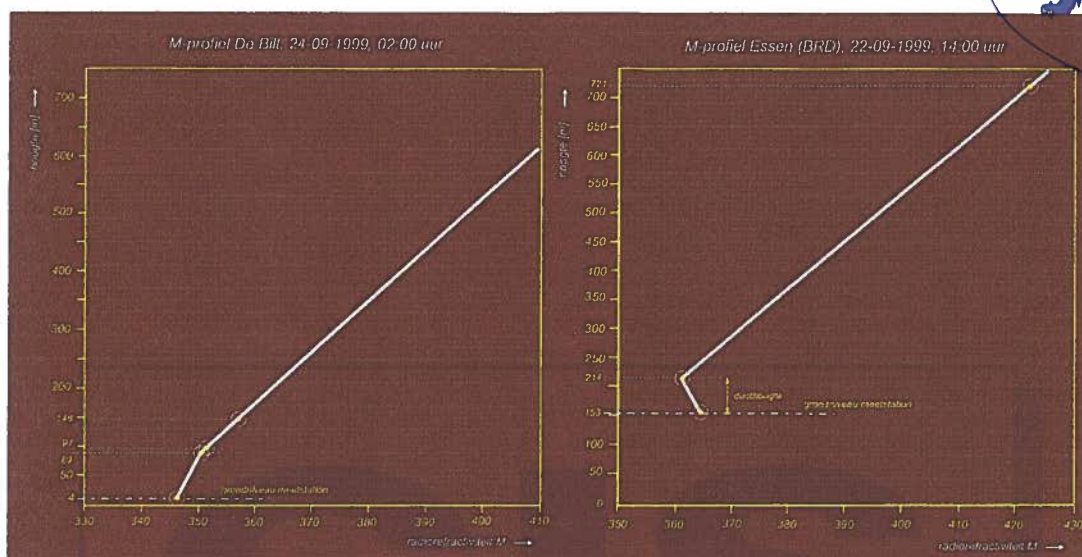
- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| 1. De Bilt .....          | <b>II/III</b> |
| 2. Essen (BRD) .....      | <b>III</b>    |
| 3. Emden (BRD) .....      | <b>III/IV</b> |
| 4. Sleeswijk (BRD) .....  | <b>IV/V</b>   |
| 5. Greifswald (BRD) ..... | <b>V/VI</b>   |

**Bijlage 2. Profielen van een beladen atmosfeer: Grafische constructie M-profielen**

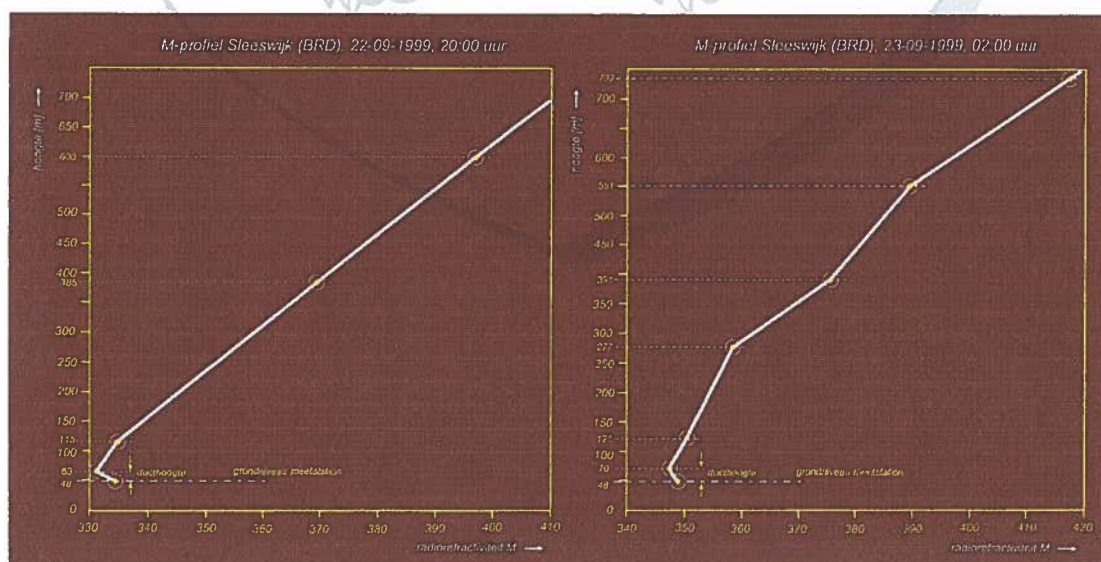
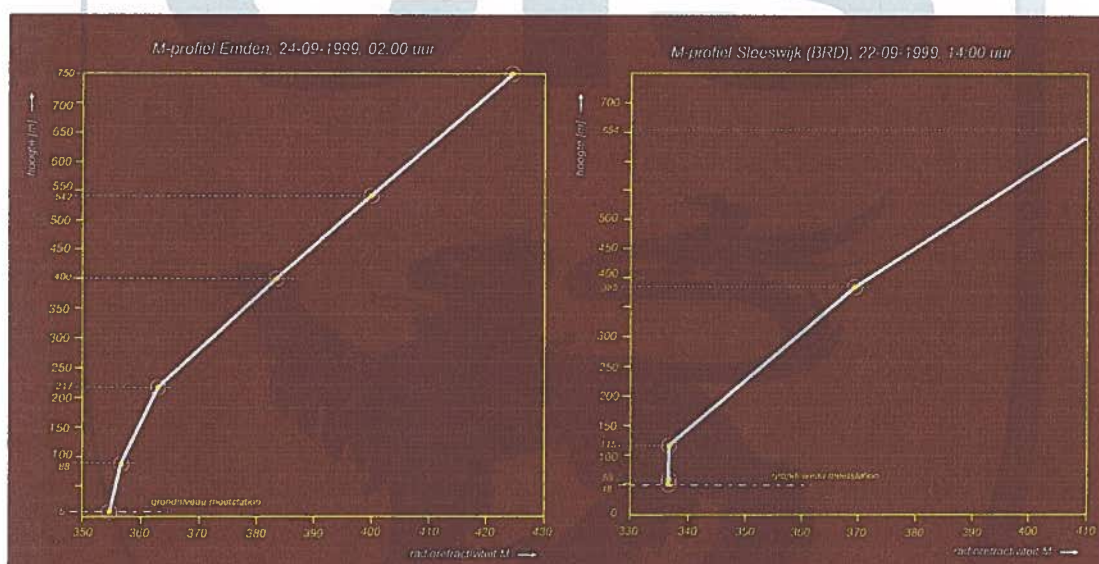
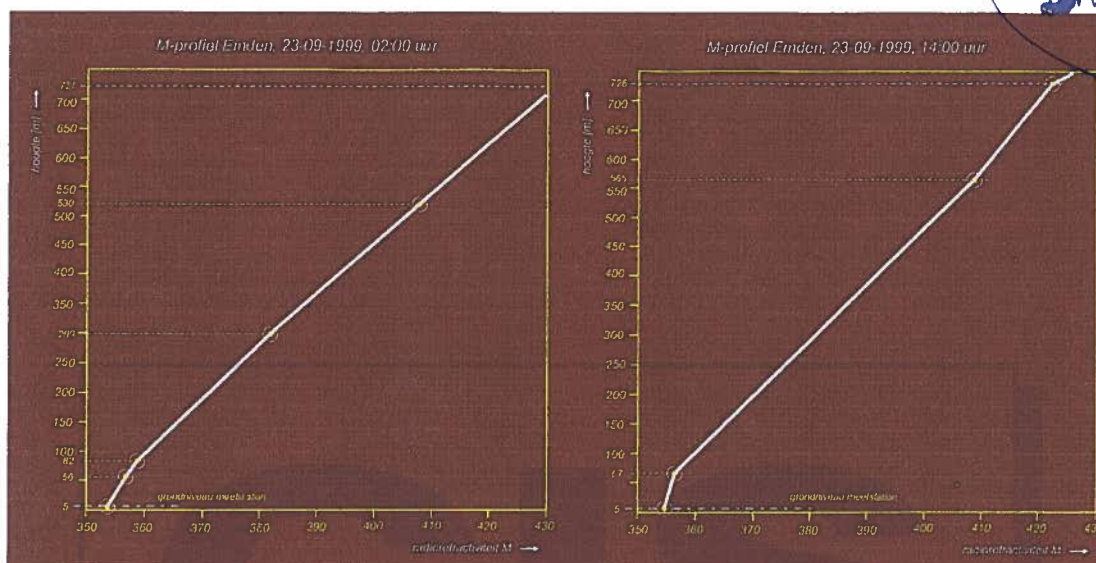




## Bijlage 2. Profielen van een beladen atmosfeer: Grafische constructie M-profielen



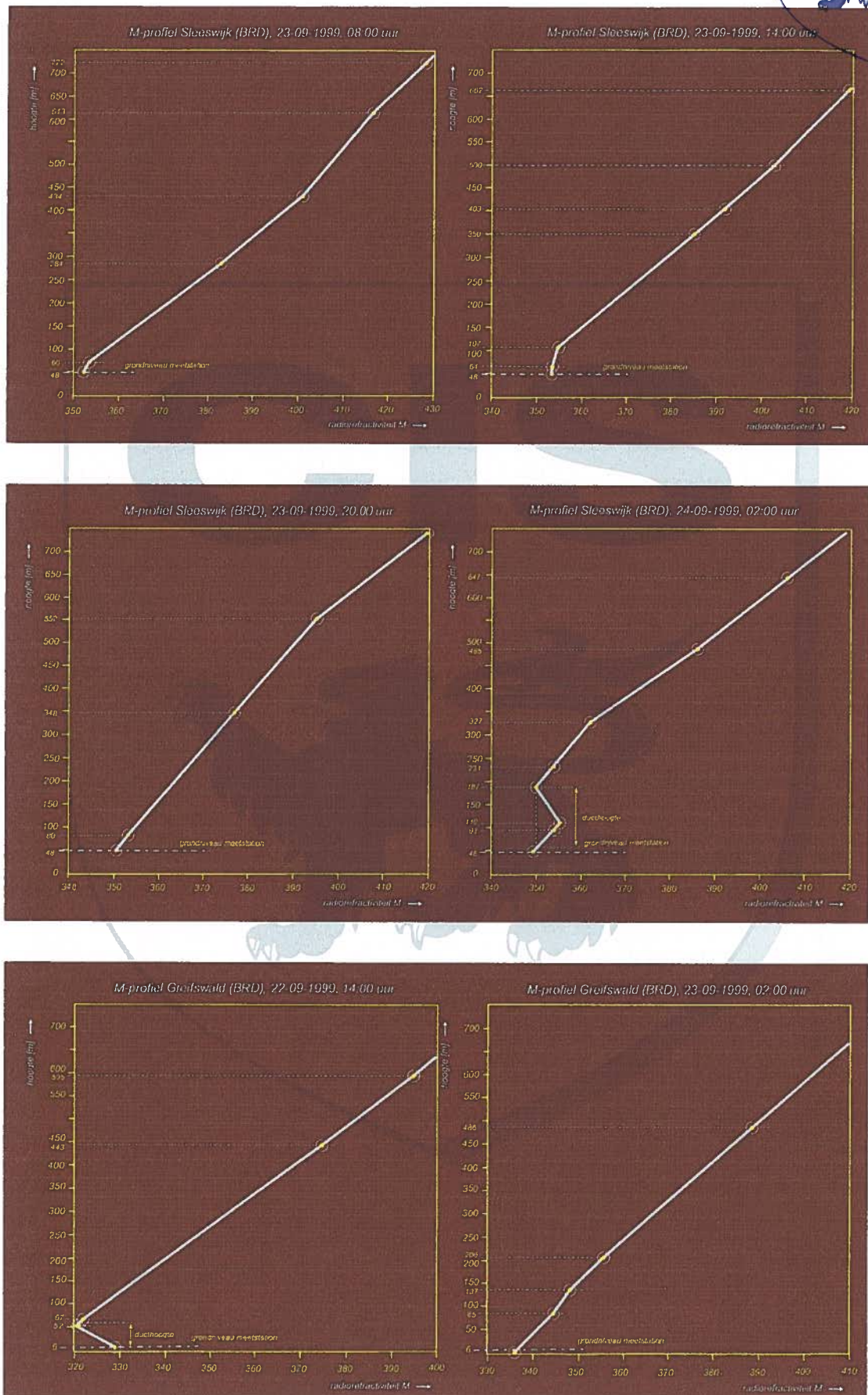
**Bijlage 2. Profielen van een beladen atmosfeer: Grafische constructie M-profielen**



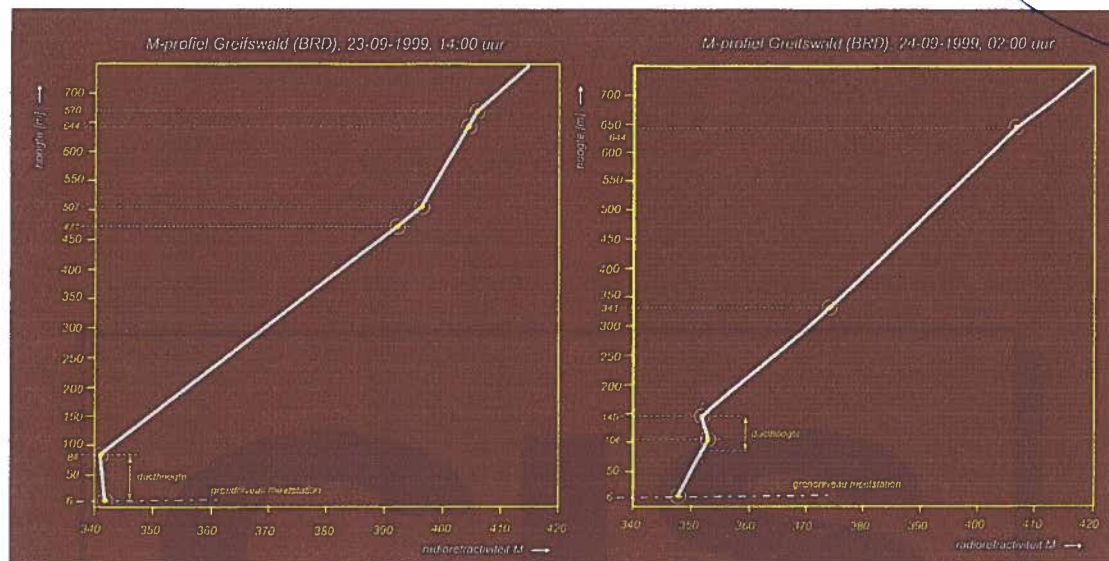




## Bijlage 2. Profielen van een beladen atmosfeer: Grafische constructie M-profielen



**Bijlage 2. Profielen van een beladen atmosfeer: Grafische constructie M-profielen**







## PRODUCTIE 2





## **1. Locatie van het telefoongesprek, getoetst aan de eigen verklaringen van Louwes**

1. Louwes' in proces verbaal opgetekende verklaring laat geheel in het midden op welke plaats van het wegvak Rijksweg A28 tussen Harderwijk en 't Harde zijn telefoongesprek met mw. Wittenberg heeft plaatsgevonden. Hij wist slechts zeker dat hij het gesprek had afgewikkeld voordat hij de afslag 't Harde bereikte.
2. Menselijkerwijs is er niets merkwaardigs aan als iemand zich na geruime tijd niet meer precies herinnert tussen welke kilometerpalen hij of zij al autorijdend een bepaald mobiel telefoongesprek heeft gevoerd. Dat Louwes kennelijk toch zeker meent te weten dat dit gebeurd moet zijn voordat hij de afslag 't Harde bereikte, is evenmin merkwaardig. Zulke wetenschap behoeft niet op specifieke herinnering te stoelen. Zijn auto was niet uitgerust met een zogenoemde 'carkit' voor mobiele telefoon. Daarom wilde hij altijd veilig de handen vrij hebben op tweebaanswegen zoals in Flevoland. Bij 't Harde had hij met één hand de afslag moeten nemen om dan al telefonierend linksaf de Eperweg richting Elburg op te draaien. Vanuit zijn zelfgekende attitude tot verstandig risicomijdend rijgedrag heeft hij voor zichzelf vooromschreven zekerheid kunnen reconstrueren.
3. Uitgaande van deze logische veronderstelling is er gegronde reden voor de volgende. Rijdende op de A28 wist Louwes kennelijk dat hij met mw. Wittenberg wilde telefoneren. Dat hij dit ook deed, staat immers vast als door hem erkend feit. Maar niemand weet precies van tevoren hoe lang een telefoongesprek zal duren. Weliswaar wist Louwes dat zijn eigen mededeling heel weinig tijd zou kosten. Maar hij kon bezwaarlijk anticiperen op eventuele vragen die gedurende die dag nog bij mw. Wittenberg waren gerezen. In dat geval zou het gesprek gemakkelijk enkele minuten in beslag hebben kunnen nemen. Geredeneerd vanuit bovenomschreven attitude lijkt het derhalve onlogisch pas vlak voor het naderen van de afslag het gesprek te beginnen. Zeer waarschijnlijk heeft Louwes daarom reeds enkele minuten eerder getelefoneerd.
4. Rijdende op de A28 met een gemiddelde snelheid van 100 kilometer per uur bedraagt de rijtijd vanaf de afslag naar de N795 bij Nunspeet tot afslag 't Harde (5,6 kilometer) slechts drie minuten en 36 seconden. Derhalve is het bovendien niet onbegrijpelijk als Louwes zich het gesprek als gevoerd zijnde kort voor de afslag 't Harde zou herinneren.





5. Zorgvuldige analyse van de plaatselijke situaties langs de A28 ten opzichte van de ligging van het gsm-basisstation 14501 te Deventer via welk het telefoongesprek zou zijn afgewikkeld, en rekening houdend met zowel het terreinprofiel van het tussenliggende gebied als de dichtheid van het toenmalige gsm-netwerk, heeft aangetoond dat:
  - a. het wegvak van Rijksweg A28 tussen Nunspeet en 't Harde onder normale troposferische omstandigheden voor zulk een verbinding een minder waarschijnlijke locatie vormt;
  - b. het wegvak van Rijksweg A28 dat in een flauwe bocht om Nunspeet heenvoert voor zulk een verbinding optimale voorwaarden biedt, die men zelfs onder normale troposferische omstandigheden geenszins mag uitsluiten.
6. Blijkens rechtsoverweging 2.3.3., hoger beroep, kende het Hof de marge van Louwes' verklaring: "[...] maar naar zijn zeggen bevond hij zich toen niet in of vlak bij Deventer, maar belde hij op de snelweg A28, waarschijnlijk nabij de afslag 't Harde, vanuit zijn auto."
7. In rechtsoverweging 39, cassatie, schrapt de Hoge Raad, daarmee het Hof onvolledig citerend, eenvoudig die waarschijnlijkheid waar hij zegt: "[...] Volgens de verdachte bevond hij zich toen op de snelweg A28 nabij afslag 't Harde." Zowel Hof als Hoge Raad behandelden de casus echter geheel alsof Louwes in zijn verklaring geen andere mogelijke locatie openliet.
8. Ten onrechte is de getuige-deskundigen destijds gevraagd naar een oordeel geheel betrokken op het wegvak nabij de afslag 't Harde. Ook het Hof heeft zich in zijn uitspraak in deze locatie vastgebeten. Aan de zelf geconstateerde mogelijkheid dat het gesprek ook eerder en daarmee elders had kunnen plaatsvinden, immers de implicatie van de toevoeging "waarschijnlijk", heeft het Hof generlei inhoud gegeven. Waarheidsvinding was gediend geweest met zorgvuldiger afwegen van Louwes' verklaring en het hieruit formuleren van ruimere onderzoeksopdrachten.
9. Een van de overwegingen waarop het Hof zijn oordeel mede baseerde, betrof het ogenschijnlijk aan getuige-deskundige Steens toegeschreven aantal van honderden KPN-basisstations tussen het wegvak A28 nabij 't Harde en Deventer. Deze technisch en economisch ongehoorde dichtheid vindt geen grond in enigerlei vaststelling van een getuige-deskundige, doch berust klaarblijkelijk op een onjuiste interpretatie van een zinsnede in het rapport van Rijnders.

## Confidential Investigative Services

Eusebiusbuitensingel 24-III

6828 HV Arnhem

Postbus 48

6880 AA Velp

T 06 - 51219900

E [info@ciservices.eu](mailto:info@ciservices.eu)

I [www.ciservices.eu](http://www.ciservices.eu)



Knoops & Partners

De weledele heer mr.G. J. Knoops

Apollolaan 58

1077 BC Amsterdam

Onderwerp : Bijlage 3 Propagatieonderzoek  
Bijlage(n) : Propagatie ervaringen van radio zend amateurs  
In drievoud

Arnhem, 5 maart 2007

Geachte heer Knoops,

In navolging op de reeds ingeleverde stukken inzake het aanvullend rapport van (propagatie) onderzoek in de zaak Louwes-Wittenberg, gelieve hierbij de nog ontbrekende bijlage – 3 aan te treffen.

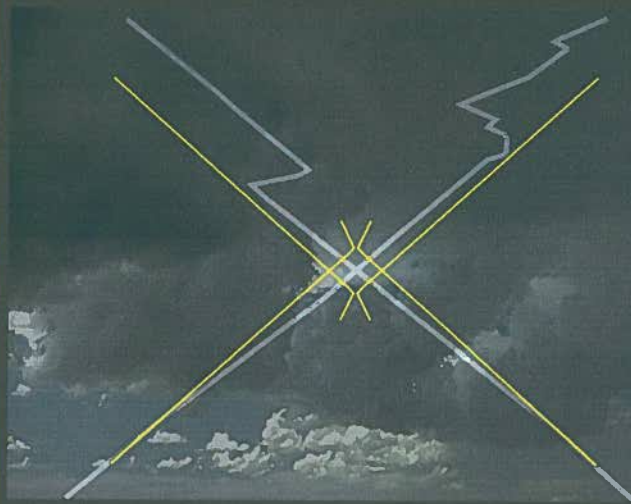
U veel succes wensend met het vervolg, verblijf ik met de meeste vriendelijke groeten.

Hoogachtend,

J.A. Sterrenburg  
CIS / SRD



## Profielen van een beladen atmosfeer



ONDERZOEK NAAR BIJZONDERE ATMOSFERISCHE CONDITIES VOOR  
RADIOPROPAGATIE OP GSM-FREQUENTIE VAN 900 MHz  
OP 23 SEPTEMBER 1999 ROND 20:30 UUR  
OVER HET TRAJECT TUSSEN GSM-OPSTELPUNT 14501 TE DEVENTER  
EN HET WEGVAK RIJKSWEG A28 TUSSEN HARDERWIJK EN 'T HARDE

*J.C. MEIJER*



**BIJLAGE 3: Propagatie-ervaringen van radiozendamateurs**

**INHOUD**

- 1. Ten geleide ..... II
  - 2. Verslag buitengewone radiopropagatie  
van zendamateur ..... IV
  - 3. Betrouwbaarheid van logboek F6DWG ..... V
-





Bijlage 3. Profielen van een beladen atmosfeer: Propagatie-ervaringen van radiozendamateurs

## 1. Ten geleide

Deze bijlage behoort bij een rapportage die de radiometeorologische methode toepast. Aan de hand van een aantal uit radiosondering verkregen meteorologische gegevens geeft deze uitsluitsel over condities voor buitengewone radiopropagatie op een bepaalde datum rond een bepaald tijdstip. Wie onbekend is met de methode verbaast zich wellicht over de eenvoudige abstractie van het resultaat: een grafiek waarin een negatieve afwijking in de helling van een rechte lijn een bijzondere atmosferische conditie aantoont. Zulke condities zijn bepaald geen zeldzaam verschijnsel; zoals in 1.1 uiteengezet, hangt de kans erop echter nauw samen met het jaargetijde. Wanneer de conditie optreedt, onttrekt deze zich aan de waarneming van verreweg de meeste burgers (en naar de burger mag hopen, onttrekken gespecialiseerde defensiekringen zich om hier niet nader aan te duiden redenen aan die onwetendheid). Een uitzondering hierop vormt de categorie van radiozendamateurs die zich toeleggen op verbindingen op de ultrahoge frequenties (UHF) en de nog hogere frequenties in het gebied van de microgolven. Onder normale omstandigheden is een ontvangen radiosignaal zowel omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand als met het kwadraat van de frequentie. Dit gegeven verklaart de uitdaging die schuilt in het leggen van (zeer) lange radioverbindingen op een frequentie die onder normale omstandigheden ook met groot zendvermogen en een hoge antenne nauwelijks verder zou reiken dan enkele tientallen kilometers of minder. Dit lukt, zoals uit de rapportage volgt, uitsluitend als het weer daaraan meewerkt.

Radiozendamateurs houden hun verworvenheden bij in een logboek. Ze bevestigen veelal hun verbindingen onderling door het zenden van een QSL-kaart (verklaring van deze term volgt onder paragraaf 3) en publiceren die dikwijls tevens in een *DX-cluster* op het internet. In kringen van zendamateurs deed zich naar aanleiding van de hier behandelde casus op enig moment de logische vraag voor of er bevestiging was te vinden voor buitengewone propagatiecondities op de avond van 23 september 1999. Een anoniem, die onder de schuilnaam Brillie een internetpagina met *weblog* onderhoudt, komt de eer toe die bevestiging te hebben achterhaald. Zijn bijdrage is hierna integraal weergegeven in paragraaf 2.

### Bron:

<http://www.brillie.nl>

(Weblog zaterdag 11 november 2006; rubriek Prullenbak.)

Het stuk geeft inzicht in de betekenis van de logboekregistraties omtrent de in hoofdstuk 3 van de rapportage beschreven radioverbinding tussen Noord-Frankrijk en Nederland op 23 september 1999, om 18:59 uur lokale tijd.

Zendamateurs, die weten hoe het werkt, zullen geen moment twijfelen aan de integriteit van de weergegeven logboekinformatie. Sjoemelen wordt snel afgestraft, daar er altijd twee partijen bij betrokken zijn. Bij de sporadische verbindingsmogelijkheden over een bepaald langeafstandstraject zullen zij nooit regelmatig contact kunnen onderhouden en elkaar dus niet of nauwelijks kennen. Onwaarheden over een gerealiseerde verbinding zijn hier bovendien slechts zelfbe-

Bijlage 3. Profielen van een beladen atmosfeer: Propagatie-ervaringen van radiozendamateurs

drog waarbij niemand baat heeft, de bedrieger wel het minst. De begeerde QSL-kaart zal het hem niet opleveren.

Ofschoon de auteur van de bijdrage in paragraaf 2, zelf zendamateur, de posities van de zenders met de roepnamen F6DWG en PAOWWM uit de vermelde locatievakken heeft kunnen afleiden, hield hij de woonplaatsen van zijn hobbygenoten discreet voor zichzelf. Omdat de locaties van de beide zendamateurs, zeker van de Nederlandse, van belang waren voor het propagatieonderzoek is getracht deze te achterhalen. Gevonden werd dat de Nederlandse zendamateur als lid is aangesloten bij een organisatie voor uitwisseling van QSL-kaarten via internet. Een internetpagina van deze organisatie, eQSL.cc, vermeldt van PAOWWM als woonplaats Katwijk aan de Rijn.

Bron:

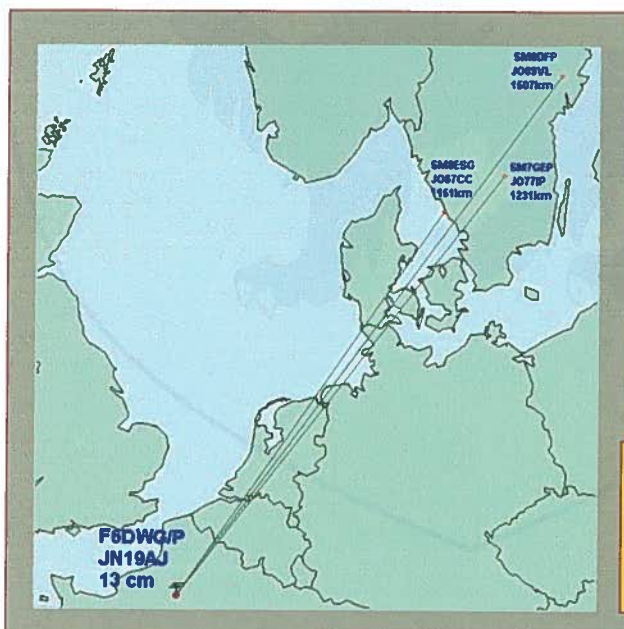
<http://eqsl.cc/qslcard/CountryList.cfm?Country=NETHERLANDS>

F6DWG blijkt, zoals vermeld in hoofdstuk 3, pagina 12, recentelijk een kaart te hebben gepubliceerd waarop een drietal met Zweden gerealiseerde radioverbindingen zijn aangegeven.

Bron:

[http://www.ok2kkw.com/tropo/211206/f6dwg\\_dec06.htm](http://www.ok2kkw.com/tropo/211206/f6dwg_dec06.htm)

Figuur 3-1 geeft deze kaart nogmaals weer, in groter formaat. Onder paragraaf 3 wordt het begeleidende logboek betreffende de drie verbindingen nader beschouwd en ter illustratie van de betrouwbaarheid gecorreleerd met de radiometeorologische condities van de data waarop de verbindingen plaatsvonden.



Figuur 3-1. Op 21 december 2006 realiseerde de Franse zendamateur F6DWG vanuit Noord-Frankrijk drie radioverbindingen met Zweedse zendamateurs, over een afstand van 1151 tot 1507 kilometer.



## 2. Verslag buitengewone radiopropagatie van zendamateur

Ook nu weer hebben radiozendamateurs bewezen dat radio signalen erg ver kunnen komen op deze zeer hoge frequenties. Op 1296 MHz is al een record gehaald van 2617 km. En zelfs op 474 THz is al een afstand gehaald van 77 km. Op deze hoge frequenties heeft de zon geen invloed meer. Wel warme en koude luchtlagen, de luchtdruk, en luchtvochtigheid. Die kunnen voor een duct zorgen. Dat is een soort tunnel, waarin een radio signaal heen en weer geslingerd wordt, en gedragen wordt over een grotere afstand, dan normaal van toepassing zou zijn. Echter profs houden zich niet bezig met het verbinden maken via ducts. Echter radiozendamateurs wel, de leken.

Dan kom ik nu op het punt of een GSM verbinding over een afstand van 21 km gemaakt kan worden. Uit het bovenstaande verhaal, kan je er van uitgaan dat dit heel goed kan. Je hebt er vast al, het gaat mij dus om het GSM verbinding die Ernest Louwes maakte op 23 september 1999 in de avond. De vraag is dan: *Kan het zijn dat er een GSM verbinding gemaakt is over een afstand van 21 km, door een duct?*

Nu houden profs niet bij of er ducts waren die avond, die hebben er ook geen belang bij. Echter, de radiozendamateurs loggen al hun verbindingen in een logboek. En sommige loggen hun verbindingen ook nog een keer in een DX-cluster. Een DX-cluster is een soort meldings systeem, dat andere radiozendamateurs laat weten waar iemand net een verbinding mee gemaakt heeft. Zodat ook zij, dat station kunnen werken. Dit systeem werkt via onze eigen zend-ontvangers, maar heeft ook koppelingen met het internet. En werkt erg snel. Al deze data wordt opgeslagen, voor gebruik voor later, om iets op te zoeken.

In een bekend dx-cluster ben ik dan ook opzoek gegaan naar verbindingen die gemaakt zijn op 23 september 1999. En wel op de 23 cm band. De band die tussen de twee GSM banden in ligt. En vooral dan kijkende of er ook ducts waren. En dan kom ik het volgende tegen:

|       |           |          |                 |                  |
|-------|-----------|----------|-----------------|------------------|
| F6DWG | 1296000.0 | PI7GOE/B | qt.f040         | 1649 23 Sep 1999 |
| F6DWG | 1296000.0 | ON4RUG/B | qt.f 045 214kms | 1655 23 Sep 1999 |
| F6DWG | 1296000.0 | PA0UVH   | JO22FE/JN19AJ   | 1659 23 Sep 1999 |

F6DWG is een Franse radiozendamateur in het noorden van Frankrijk. Die hoorde het baken dat opgesteld staat in Goes PI7GOE/B. Dat is over een afstand die meer is dan 200 km. De tijd die vermeld staat 1649, is een UTC tijd. Daar moet je nog 2 uur bij optellen (1 uur om van UTC naar wintertijd te gaan EN 1 uur om naar zomertijd te gaan). Kom je uit op 18 uur 49. Om 18 uur 59 hakte het de franse radiozendamateur, om een verbinding te maken met een Nederlandse radiozendamateur. Je ziet in de regel staan, twee lokator vakken. Via dat systeem, kan je zeer goed de afstand uit rekenen tussen twee lokatie. De radiozendamateurs gebruiken dat systeem oa voor radiowedstrijden om te bepalen wie de verste verbinding gemaakt heeft.

In dit geval is de afstand tussen JO22FE en JN19AJ 353 km. Die bewuste avond, kon er dus radioverbindingen gemaakt worden over een afstand van 353 km. En dat zijn er profs die beweren dat het niet mogelijk was om een GSM verbinding te maken over een afstand van 21 km. Ik mag dan een leek zijn in hun ogen, maar ik zou het graag andersom draaien. De profs zijn in dit geval de leek. Omdat ze niet verder wilde kijken, net als in 1924. Want het was toen ook niet mogelijk????

Nu terug komende op de GSM verbinding van Ernest Louwes, wat de profs voor niet mogelijk houden, zou heel goed wel gedaan kunnen zijn. Dat wil ik maar even aangeven in dit blog van deze dag. En dan moeten leken hun mond houden? Ik ben dus nog steeds overtuigd, dat het wel kan. En zeker die ook avond.

**Bron: <http://www.brillie.nl>**





### 3. Betrouwbaarheid van logboek F6DWG

Het kaartje in figuur 3-1 gaat vergezeld van de volgende logboekregistratie.

```
F6DWG/P JN19AJ - TROPO REPORT 21.12 2006
I transmit my 13cm log during good tropo of 21 dec 1006

Not many qso but long distance !!

At
2019gmt: qso SMOESG on 2320.200 CW 1151kms, 559/539 JO67CC
2207gmt: qso SMODFP JO89VL 1507kms CW 559/559  odx here !
2247gmt: qso SM7GEP JO77IP 1231kms CW 519/519
```

Zendamateurs maken veelvuldig gebruik van zogenoemde Q-codes, stammend uit de tijd van de morsecodes, die ze putten uit een lange standaardlijst met speciale betekenissen. Zo betekent QSL: Kunt u de ontvangst bevestigen? Hieraan ontleent de voornoemde QSL-kaart dan ook zijn naam. QSO, zoals vier maal vermeld in bovenstaande logboekregels heeft de betekenis van een conversatie.

In uitgebreide vertaling (en met correctie van een tikfout) luidt de mededeling in de eerste drie regels:

- Rapport van verbindingen door buitengewone propagatie op 21 december 2006 van zender met roepnaam F6DWG/P op locatie JN19AJ.
- Hierbij zend ik mijn logboek van verbindingen op 13 cm (= 2,31 GHz) tijdens gunstige atmosferische condities op 21 december 2006.
- Weinig conversaties, maar over lange afstand!!

Het lijstje met specificaties meldt drie verbindingen met Zweden over, gezien de frequentie van 2,31 GHz, indrukwekkende afstanden van 1151 km, 1507 km en 1231 km. Hierin duiden de codes SMOESG, SMODFP en SM7GEP op de roepnamen van de betrokken Zweedse zendamateurs. De gmt-tijden (2019, 2207 en 2247) staan voor *Greenwich Mean Time* (overeenkomend met UTC). Hieruit volgt dat de verbindingen zijn gelegd tussen 22:19 uur en (22 december) 00:47 uur locale tijd.

Dergelijke radioverbindingen zijn geheel ondenkbaar zonder atmosferische condities voor buitengewone propagatie. Ze heten gelegd in de tweede helft van de maand december, waarin zulke condities in Europa vrij zeldzaam zijn. Voor kritische geesten misschien reden tot wantrouwen. Volgens de radiometeorologische methode is de aanspraak van F6DWG echter relatief eenvoudig verifieerbaar. De verbindingen zouden dwars over Nederland zijn gelopen. Berust de aanspraak van F6DWG op waarheid, dan moest dus in de atmosferische gegevens van De Bilt om 02:00 uur locale tijd althans nog iets zijn te traceren van het verschijnsel, dat klaarblijkelijk ten minste enige uren heeft geduurd. Omdat de verbindingstrajecten ook tweemaal eindweegs over zee liepen, is een oppervlakteduct een onwaarschijnlijk overdrachtsmedium. Waarschijnlijker is een atmosferische anomalie die

Bijlage 3. Profielen van een beladen atmosfeer: Propagatie-ervaringen van radiozendamateurs

| 6260 EHDB De Bilt Observations at 12Z 21 Dec 2006 |      |      |       |      |        | 6260 EHDB De Bilt Observations at 00Z 22 Dec 2006 |      |      |       |      |        |
|---------------------------------------------------|------|------|-------|------|--------|---------------------------------------------------|------|------|-------|------|--------|
| PRES                                              | HGHT | TEMP | DWPT  | RELH | M      | PRES                                              | HGHT | TEMP | DWPT  | RELH | M      |
| hPa                                               | m    | C    | C     | %    |        | hPa                                               | m    | C    | C     | %    |        |
| 1042.0                                            | 4    | 7.2  | 5.3   | 88   | 331,30 | 1043.0                                            | 4    | 5.8  | 4.8   | 93   | 331,99 |
| 1032.0                                            | 84   | 8.2  | 3.5   | 72   | 334,80 | 1039.0                                            | 36   | 6.8  | 4.6   | 86   | 334,00 |
| 1000.0                                            | 346  | 5.6  | 2.4   | 80   | 367,55 | 1029.0                                            | 115  | 6.8  | 3.4   | 79   | 340,39 |
| 948.0                                             | 780  | 1.4  | 1.3   | 99   | 424,60 | 1000.0                                            | 349  | 5.4  | 1.9   | 78   | 367,04 |
| 925.0                                             | 977  | 0.2  | 0.2   | 100  | 446,91 | 926.0                                             | 970  | -0.2 | -0.3  | 100  | 445,46 |
| 893.0                                             | 1258 | -1.7 | -1.8  | 99   | 479,88 | 925.0                                             | 979  | -0.3 | -0.3  | 100  | 446,70 |
| 891.0                                             | 1276 | 3.0  | 2.1   | 94   | 485,46 | 910.0                                             | 1110 | -1.3 | -1.3  | 100  | 462,09 |
| 885.0                                             | 1331 | 3.6  | -0.6  | 74   | 485,58 | 909.0                                             | 1119 | -1.3 | -1.3  | 100  | 463,18 |
| 884.0                                             | 1340 | 3.4  | -1.5  | 70   | 485,11 | 903.0                                             | 1172 | 3.0  | 0.7   | 85   | 469,17 |
| 882.0                                             | 1359 | 4.2  | -5.8  | 48   | 479,03 | 899.0                                             | 1208 | 5.8  | -9.2  | 33   | 454,34 |
| 879.0                                             | 1387 | 4.8  | -6.2  | 45   | 482,72 | 897.0                                             | 1226 | 6.2  | -15.8 | 19   | 450,17 |
| 873.0                                             | 1442 | 4.8  | -4.2  | 52   | 470,84 | 894.0                                             | 1254 | 6.4  | -15.8 | 19   | 453,55 |
| 864.0                                             | 1527 | 5.0  | -11.0 | 30   | 493,50 | 884.0                                             | 1346 | 7.0  | -16.0 | 18   | 464,51 |
| 854.0                                             | 1622 | 5.0  | -11.9 | 28   | 505,74 | 875.0                                             | 1430 | 7.1  | -17.1 | 16   | 474,38 |
| 853.0                                             | 1631 | 5.0  | -12.0 | 28   | 505,78 | 869.0                                             | 1487 | 7.2  | -17.8 | 15   | 481,14 |
| 851.0                                             | 1650 | 5.0  | -20.0 | 14   | 502,58 | 853.0                                             | 1639 | 6.5  | -19.3 | 14   | 500,34 |
| 850.0                                             | 1660 | 5.0  | -20.0 | 14   | 503,77 |                                                   |      |      |       |      |        |
| 834.0                                             | 1815 | 4.4  | -10.6 | 33   | 531,32 |                                                   |      |      |       |      |        |

op ten minste enkele honderden meters of hoger een zwevende duct veroorzaakte. Beide tabellen tonen de bronbestanden met sonderingsgegevens van De Bilt op 21 december 14:00 uur en 22 december 02:00 uur. Uit het temperatuurverloop blijkt in beide tabellen een bijzondere inversie op relatief grote hoogte, die zich laag na laag versterkt. Hieruit berekende M-waarden (in de rechterkolommen) zijn in figuur 3-2 uitgezet in een M-profiel. Deze vertonen onmiskenbare en sterke zwevende ducts op een hoogte ruim boven 1 km. Overdag is een duidelijke instabiliteit te herkennen; 's nachts is deze gestabiliseerd en scherp afgetekend; de conditie heeft zeker nog geruime tijd aangehouden. Er is dus alle reden de aanspraken van de Franse zendamateur F6DWG als canoniek te beschouwen.

