

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

D e B i l t

Verslagen

V - 259

F. Cannemeijer

Vergelijking 16m-basis met 160m-basis transmissometer

De Bilt, 1974

Publikationsnummer: K.N.M.I. V- 259 (M.O.-A)

UDC: 551.508.91

Vergelijking 16m-basis met 160m-basis transmissometer.

door

F. Cannemeijer

1. Inleiding.

Ten behoeve van de zichtmetingen op de luchthaven Schiphol werd eind 1972 naast een reeds jaren aanwezige transmissometer met een basis van 160m nabij post 24 een transmissometer met een basis van 16m opgesteld. Van zijde van de Operationele Dienst van het KNMI werd de afdeling Meteorologisch Onderzoek verzocht de gelijktijdig verrichte metingen over de periode eind 1972 - medio 1973 te vergelijken. Gezien de provisorische wijze van opstellen van de transmissometer met 16m-basis bleek een vergelijkingsstudie niet erg zinvol.

Voor een meer gedegen onderzoek kwam tegen 1974 een verbeterde opstelling gereed. De transmissometer met een 160m-basis staat opgesteld met de basis everwijdig aan baan 06-24. De projektor van deze meter is gericht naar het zuidwesten (richting 240°). Op enkele meters afstand van deze projektor is de projektor van de 16m-basis transmissometer geplaatst. Deze werpt een lichtbundel naar het oosten (richting 100°). De detektors van de twee instrumenten staan in genoemde richtingen op respectievelijk 160m en 16m afstand van de bijbehorende projectors opgesteld.

Alvorens deze zg. korte basis transmissometer operationeel gebruikt kan worden dient te worden nagegaan hoe de door deze meters aangegeven transmissiewaarden omgezet kunnen worden in zichtwaarden.

De zichtwaarden verkregen m.b.v. de 16m-basis transmissometer behoren in homogene zichtsituaties gelijk te zijn aan de zichtwaarden aangegeven door de 160m-basis transmissometer.

Dit verslag beschrijft een vergelijking van de meetregistraties van de betreffende twee zichtmeters.

Dit werd gedaan aan de hand van een aantal transmissiewaarden geregistreerd tijdens een tweetal misten (13-3-1974 en 21-3-1974).

Tevens werden de beide transmissometers doorgemeten met een aantal grijsfilters (dit zijn filters waarbij de verzwakking van het licht onafhankelijk van de golflengte van het licht geschiedt).

2. Vergelijking van contrast-zichten verkregen m.b.v. de 16m- respectievelijk 160m-basis transmissometer.

De basislengtes van de twee meters verschillen een faktor 10, (160m en 16m). Teneinde de registraties van de meters met elkaar te kunnen vergelijken is het nodig dat de mist dus homogeen is.

Verdichtingen en verdunningen in de mist moeten een horizontale uitgestrektheid hebben van tenminste 160m.

Twee misten (d.d. 13-3-1974 en 21-3-1974) gedurende welke een windsnelheid heerste van 2.5 à 4 m/s voldeder hieraan. De windrichting tijdens deze misten was 040 - 080°. M.a.w. de mist werd in de lengterichting over de basis van de 160m-basis transmissometer gevoerd.

De registraties van de korte basis en de lange basis transmissometer werden nauwgezet met elkaar vergeleken.

Bij relatieve extremen (maxima en minima) en horizontale stukjes in de 16m-registratie werden corresponderende extremen en horizontale stukjes van de 160m-basisregistratie gezocht. Aan de extremen die werden uitgekozen werd de eis gesteld dat ze minimaal 1 minuut duurden.

De lengte van deze inhomogeniteiten was dan minimaal 150m (= 2.5 m/s * 60 s). De bijbehorende transmissiewaarden werden afgelezen. Deze transmissiewaarden werden omgezet in contrast-zichten m.b.v.:

$$T = e^{-\sigma L} = \frac{E}{E_0} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\ln(1/\epsilon)}{V} \quad (2)$$

waarin: T = transmissie = recorderuitslag/100.

σ = extinctie-coëfficiënt in m^{-1} .

L = lengte van de transmissometerbasis in m.

ϵ = contrast-drempel van het oog (≈ 0.05)

V = contrast-zicht in m.

E_0 = verlichtingssterkte ter plaatse van de detektor bij zeer goed zicht.

E = verlichtingssterkte ter plaatse van de detektor bij een zicht van V meter.

Voor de twee meters resulteren vergelijking (1) en (2) in:

$$\ln (T_{160m}) = - \frac{480}{V_{160m}} \quad (3a)$$

$$\ln (T_{16m}) = - \frac{48}{V_{16m}} \quad (3b)$$

In figuur 1 is uitgezet V_{16m} (= contrast-zicht verkregen uit 16m-registratie m.b.v. vergelijking (3b)) tegen V_{160m} (= contrast-zicht uit 160m-registratie m.b.v. vergelijking (3a)).

Het is duidelijk te zien dat de 16m-basis transmissometer vergeleken met de zichtwaarden van de 160m-basis transmissometer, systematisch te grote zichtwaarden aanwijst. Voor een zichtwaarde van 200m respectievelijk 100m verkregen m.b.v. de 160m-basis transmissometer geeft de korte basis transmissometer een zicht van 300m respectievelijk 150m.

3. Niet-lineariteit van de detektorcel.

Bij bovenstaande omzetting van transmissie in contrast-zicht is uitgegaan van een lineair verband tussen de verlichtingssterkte ter plaatse van de detector en de transmissie zoals afgelezen van de recorderregistraties.

De lichtsterkte wordt bij de 16m-basis transmissometer m.b.v. een CdS-cel (type RPY-58) gemeten. Van deze cellen is bekend dat het verband tussen de verlichtingssterkte en het resulterend geleidingsvermogen niet-lineair is:

$$\frac{R_o}{R} = \left(\frac{E}{E_o} \right)^p \quad \text{waarbij } p < 1 \quad (4)$$

hierin is E_o de verlichtingssterkte bij 100% transmissie en R_o de bijbehorende weerstandswaarde van de detektorcel.

Vergelijking (3b) voor de 16m-basis transmissometer wordt nu:

$$\ln (T_{16m}) = - \frac{48}{V_{16m}} \times p \quad (5)$$

Bij de 160m-basis transmissometer wordt de verlichtingssterkte gemeten m.b.v. een fotocel. Volgens de fabrieksspecificaties heeft de 160m-basis transmissometer een lineair verband tussen verlichtingssterkte en het resulterende

signaal. M.a.w. voor de 160m-basis transmissometer is p gelijk aan 1.

Indien men aanneemt dat $V_{16m} = V_{160m}$ (homogene mist) dan geven vergelijking (3a) en (5):

$$\ln (T_{160m}) = \frac{10}{p} \ln (T_{16m})$$

$\ln (T_{160m})$ uitgezet tegen $\ln (T_{16m})$ moet een rechte opleveren met helling $\frac{10}{p}$. Figuur 2 laat zien dat er een redelijk rechtlijnig verband met $p = 0.7$ bestaat. Men kan dus de metingen van de 16m-basis transmissometer in overeenstemming brengen met de 160m-basis transmissometermetingen door een niet-lineair verband tussen het opvallend licht en het resulterende geleidingsvermogen van de 16m-detektor aan te nemen:

$$\frac{R_o}{R} = \left(\frac{E}{E_o} \right)^{0.7}$$

4. Filtermetingen.

M.b.v. een 52%-transmissie grijsfilter is begin 1974 een meting gedaan aan de 16m-basis transmissometer. De zichtmeter gaf 59% transmissie bij het in de lichtbundel (tegen de detektor-opening, loodrecht op de lichtbundel) houden van het desbetreffende filter. Dit resulteerde in een waarde van $p = 0.81$. In verband met het feit dat de zichtmetingen (d.d. maart 1974) $p = 0.7$ opleverden leek het gewenst om de opstelling; nogmaals met filters door te meten.

Op 23-7-1974 werd dit gedaan.

Het resultaat:

Transmissie van het filter in %:	Recorderuitslag in % van recorderuitslag zonder filter:	p
52	59.0	0.81
38	46.3	0.80
20	27.3	0.80

Tussen januari (eerste filtermeting) en juli 1974 is de verlichtingssterktegeleidingsvermogen karakteristiek van de detektorcel kennelijk niet gewijzigd.

5. Filtermeting aan de 160m-basis transmissometer.

Zoals in paragraaf 3 beschreven is werd uit de mistmetingen $p = 0.7$ gevonden voor de detektorcel van de 16m-basis transmissometer. Deze p -waarde is duidelijk lager dan de waarde $p = 0.81$ verkregen uit de filtermetingen.

De oorzaak van dit verschil zou kunnen zijn dat de aanname van lineariteit tussen verlichtingssterkte en recorderuitslag van de 160m-basis transmissometer fout is.

Daarom werd op 31-7-1974 de 160m-basis transmissometer m.b.v. de grijsfilters doorgemeten.

Het resultaat:

Transmissie van het filter in %:	Recorderuitslag in % van recorderuitslag zonder filter:
52	49.6 - 50.1
38	31.2 - 31.7
20	13.5 - 15.5

Daaruit blijkt dat de 160m-basis transmissometer te laag aanwijst!

Indien hiervoor gecorrigeerd wordt dan geven zowel de mistmetingen (vergelijking 16m-160m-basis transmissometer) als de filtermeting $p = 0.8$ voor de 16m-basis transmissometer.

6. Vervanging detektorcel van de 16m-basis transmissometer.

Op het KNMI heeft Heijnen (HTS-stagiaire) in een laboratorium-opstelling een tiental RPY-58-cellen onderzocht voor wat betreft niet-lineariteit en temperatuur-afhankelijkheid.

Dit tiental bleek via metingen m.b.v. drie grijsfilters (56, 52 en 38%), p -waarden te bezitten van 0.85 - 0.89. Deze cellen waren dus alle minder niet-lineair dan de RPY-58-cel aanwezig in de detektor ($p = 0.8$).

Het is gewenst dat bij een eventuele vervanging van de cel deze vervangen kan worden door een exemplaar met dezelfde eigenschappen.

Is dit niet het geval dan zou men steeds op andere transmissie-RVR-tabellen moeten overgaan. Daarom werd de aanwezige cel vervangen door een exemplaar uit de bovengenoemde serie van 10.

De recorderuitslag verkregen met de nieuwe cel bij gelijkblijvende omstandigheden bleek slechts 72% van de recorderuitslag van de vorige cel te zijn.

Meteen na vervanging werden de filters in de lichtbundel geplaatst evenals circa drie uur later. Vervolgens werd m.b.v. de lampspanning de opstelling afgeregeld op 100% (zicht was meer dan 30 km). Daarna werd weer een filtermeting uitgevoerd.

De resultaten waren:

Filter	Direct na vervanging cel		Na ca. 3 uur		Na afregeling	
	$\%$	p	$\%$	p	$\%$	p
52%	55.8	0.89	56.0	0.89	56.8	0.86
38%	43.2	0.87	43.1	0.87	43.8	0.85
20%	24.0	0.88	24.0	0.88	24.2	0.88

Men kan konstateren dat er geen verloop in de tijd optrad in de p-waarde. Het verhogen van de lampspanning om de recorderuitslag op 100% te krijgen had tot gevolg dat de p-waarde bij een transmissie van 52% en 38% enigszins kleiner werd.

De laboratoriummetingen van deze cel gaven $p = 0.87$.

Dit komt zeer goed overeen met de waarden gemeten in de 16m-basis transmissometer.

Deze cel kan dus, indien nodig, vervangen worden door één van de beschikbare andere cellen zonder dat andere omzettingstabellen nodig zijn.

7. Konklusies en aanbevelingen.

7.1 16m-basis transmissometer.

Het is duidelijk dat de 16m-basis transmissometer met de oorspronkelijke transmissie RVR-omzettingstabellen niet gebruikt kan worden.

Deze tabellen waren immers gebaseerd op een lineair verband tussen E/E_0 en R_0/R . Een omzettingstabel rekening houdend met $E/E_0 = (R_0/R)^{0.87}$ is aan dit verslag toegevoegd.

Bij eventuele vervanging dient er op te worden toegezien dat een exemplaar uitgekozen wordt die een p-waarde heeft die niet teveel van 0.87 afwijkt, bv. liggend in een range van 0.85 - 0.89.

Aangezien Schiphol over meerdere 16m-basis transmissometers zal gaan beschikken is het aan te bevelen dat INSA-Schiphol enkele filters beschikbaar heeft.

Men kan dan geregeld de karakteristiek van de diverse transmissometers doormeten.

7.2 160m-basis transmissometer.

Wat betreft de 160m-basis transmissometer is het opvallend dat zo'n grote afwijking van een lineair verband tussen verlichtingssterkte en recorderuitslag is gevonden (paragraaf 5).

Deze grote afwijking vormde voldoende reden om alle 160m-basis transmissometers van het transmissometernet te Schiphol met behulp van de filters door te meten.

Op 20-9-1974 werden deze metingen uitgevoerd.*) In de tabel zijn de resultaten voor 52%, 38% en 20% transmissie weergegeven. Hierbij is de recorderuitslag, verkregen bij het in de lichtbundel houden van de respectievelijke filters, uitgedrukt in procenten van de uitslag behorend bij de niet verzwakte lichtbundel. Tevens is in de tabel opgenomen het berekende produkt van de transmissies die verkregen zijn m.b.v. het 52% en het 38% filter. Bij een lineair systeem moet dit produkt gelijk zijn aan de transmissie die men verkrijgt indien beide filters tegelijkertijd in de lichtbundel worden geplaatst.

meter bij baan filter	recorderuitslag in % van de waarde zonder filter.									
	09	19R0	19RW	01L	06	24	01R	27	19L	19L ^{x)}
52%	51.0	40.8	48.3	42.9	48.3	48.4	44.6	47.2	79.7	55.6
38%	37.8	33.7	32.6	32.6	33.5	32.5	30.4	32.8	54.2	38.9
20%	17.3	11.7	13.2	11.3	15.6	14.7	12.0	13.2	28.1	20.0
produkt van rij 1 met 2	19.3	13.7	15.7	14.0	16.2	15.7	13.5	15.5	43.2	21.6

x) Deze transmissiewaarden zijn afgelezen van de meter die zich bevindt in de transmissometer zelf.

Figuur 3 geeft voor alle transmissometers de transmissiewaarden met bijbehorende contrast-zichten.

Uit de resultaten van de metingen kunnen de volgende konklusies worden getrokken:

*) De heer R.J. Slikker verzorgde in samenwerking met INSA-Schiphol de uitvoering van de metingen

- geen van de transmissometers vertoont een lineair verband tussen transmissie en recorderuitslag.
 - behalve transmissometer 19L registreren alle meters veel te laag.
 - onderling vertonen de transmissometers grote verschillen.
 - transmissometer 19L registreert i.t.t. de andere meters veel te hoog voor de verschillende filters. Indien de meter, die zich in de detektor unit bevindt, wordt afgelezen, verkrijgt men echter waarden die veel beter overeenstemmen met de filter transmissiewaarden.
- Het is duidelijk dat de overdracht van het signaal naar de waarnemingsruimte en/of de registratie aldaar niet correct geschiedt.

De transmissometers 09, 19R0 en 24 werden reeds eerder met filters doorgemeten. De meters 09 en 19R0 op 4-9-1974 en de meter 24 op 31-7-1974. In de volgende tabel zijn de resultaten hiervan tezamen met de resultaten van de bovengenoemde metingen (d.d. 20-9-1974) weergegeven.

Transmissometer	09		19R0		24	
Filter \ datum	4/9	20/9	4/9	20/9	31/7	20/9
52%	46.2	51.0	40.9	40.8	49.8	48.4
38%	37.5	37.8	33.5	33.7	31.4	32.5
20%	18.3	17.3	11.8	11.7	14.5	14.7

De fout in de aflezing van de registraties zal 0.5% zeker niet te boven gaan. Dit betekent dat de metingen aan transmissometer 19R0 op 4/9 en 20/9 dezelfde resultaten opleverden.

Transmissometer 09 echter geeft wel een duidelijk verloop te zien. Bij navraag bleek dat op 27/8 de foto-elektrische unit is vervangen. Op 6/9 en 13/9, dus tussen de twee meetdata in, zijn bepaalde instelspanningen van de relay tube in de detektor unit afgeregeld.

De wijzigingen in deze spanningen vormen kennelijk de oorzaak voor de geconstateerde verschillen.

Aan transmissometer 19R0 is in de periode 4/9 tot 20/9 geen ingrijpende werkzaamheid uitgevoerd dan de zg. goed zicht afregeling (d.i. het instellen van de hoeveelheid licht met behulp van een variabel diafragma).

De data waarop meter 24 is gemeten liggen bijna twee maanden uiteen. De enige

werkzaamheid die in deze periode aan deze meter is uitgevoerd bestond uit een goed zicht afregeling (daarbij inbegrepen het schoonmaken van lamp en detektor en het eventueel uitrichten van de opstelling). Desondanks is de karakteristiek duidelijk gewijzigd. Op 29/7, d.i. twee dagen vóór de eerste filtermeting aan meter 24, is echter de relay tube in de detektor unit vervangen.

Kennelijk verandert het verband tussen verlichtingssterkte en recorderuitslag in de loop van de tijd.

Resumerend kan voor wat betreft het 160m-transmissometer-net van Schiphol het volgende opgemerkt worden:

- het aanbrengen (m.b.v. het 52% filter) van 730m contrast-zicht leverde voor de verschillende transmissometers 540m tot 2120m zicht op (zonder 19L: 545m tot 710m).
- 500m contrast-zicht m.b.v. het 38% filter gaf aanleiding tot zichtwaarden die uiteenliepen van 400m tot 780m voor de verschillende meters (van 400m tot 490m indien 19L niet meegerekend wordt).
- 300m contrast-zicht leverde zichtwaarden op van 220m tot 380m (zonder 19L: 220m tot 270m).

Deze waarden zijn op één dag gemeten onder dezelfde weersomstandigheden. Men dient te bedenken dat de normale controle- en afregelings mogelijkheden zich beperken tot nul instelling, goed zicht afregeling ($\geq 98\%$ transmissie bij ≥ 24 km zicht) en een 75 schaaldelen controle m.b.v. een 50 Hz signaal. Bij deze laatste controle echter wordt slechts vanaf de frekwentimeter gemeten en blijft de foto-elektrische unit buiten beschouwing.

Deze beperkte controle mogelijkheden (die overigens zeer frekvent uitgevoerd worden) geven dus geen informatie over het verband tussen de verlichtingssterkte en de uiteindelijke registratie. Het enige wat vastgelegd wordt is het nulpunt en het 100 s.d. punt.

Het verloop hiertussen blijkt uit bovenstaande filtermetingen niet-lineair en bovendien sterk verschillend van meter tot meter te zijn.

In verband met de onaanvaardbaar grote afwijkingen lijkt een uitgebreider onderzoek aan te bevelen. Hierbij zal moeten worden nagegaan in hoeverre de elektronika van het meetsysteem kan worden gewijzigd opdat deze afwijkingen tot aanvaardbare proporties kunnen worden teruggebracht.

Rest mij nog op te merken dat in het algemeen de veiligheid van start- en landingsoperaties waarschijnlijk niet in het geding is geweest.

Behalve transmissometer 19L gaven alle transmissometers te lage waarden aan. Wel is het zo dat ten onrechte banen gesloten kunnen zijn geweest, doordat de meters t.g.v. de te lage aanwijzing, waarden beneden start- of landingslimieten aangaven.

Tot slot dient opgemerkt te worden dat volgens de fabrieksspecificaties deze 160m-basis transmissometers een lineair verband tussen verlichtingssterkte en recorderuitslag bezitten.

-O-O-O-O-O-O-O-O-O-

NIEUWE TABELLEN TRANSMISSOMETERS.

Omzetting van recorderuitslag naar Runway Visual Range (RVR).

SCHIPHOL

BASIS = 16 M

SCHEMER	DAG(donker)	DAG(helder)	NACHT	CAT II
%	%	%	%	RVR m
3 t/m 19	6 t/m 27	10 t/m 37	2 t/m 14	50
20 t/m 37	28 t/m 46	38 t/m 58	15 t/m 29	100
38 t/m 50	47 t/m 59	59 t/m 70	30 t/m 42	150
51 t/m 59	60 t/m 68	71 t/m 78	43 t/m 52	200
60 t/m 67	69 t/m 74	79 t/m 82	53 t/m 59	250
68 t/m 70	75 t/m 77	83 t/m 84	60 t/m 63	300
71 t/m 73	78 t/m 79	85 t/m 86	64 t/m 67	350
74 t/m 75	80	87	68 t/m 70	400
76 t/m 77	81 t/m 82	88	71 t/m 72	450
78 t/m 79	83 t/m 84	89	73 t/m 74	500
80 t/m 81	85 t/m 86	90	75 t/m 77	550
82 t/m 83	87	91	78 t/m 79	600
84	88	92	80	650
85 t/m 86	89	93	81	700
87	90	94	82 t/m 84	750
88	91	95	85 t/m 87	800
89	92	96	88	900
90	93	97	89 t/m 90	1000
91	94	97	91	1100
92	95	97	92	1200
93	96	97	93	1300
94	96	97	94	1400
95	97	97	94	1500
95	97	98	95	1600
96	97	98	95	1700
96	97	98	96	1800
96	97	98	96	1900
97	98	98	97	2000
97	98	98	97	>2000

Datum van ingang 1-8-1974

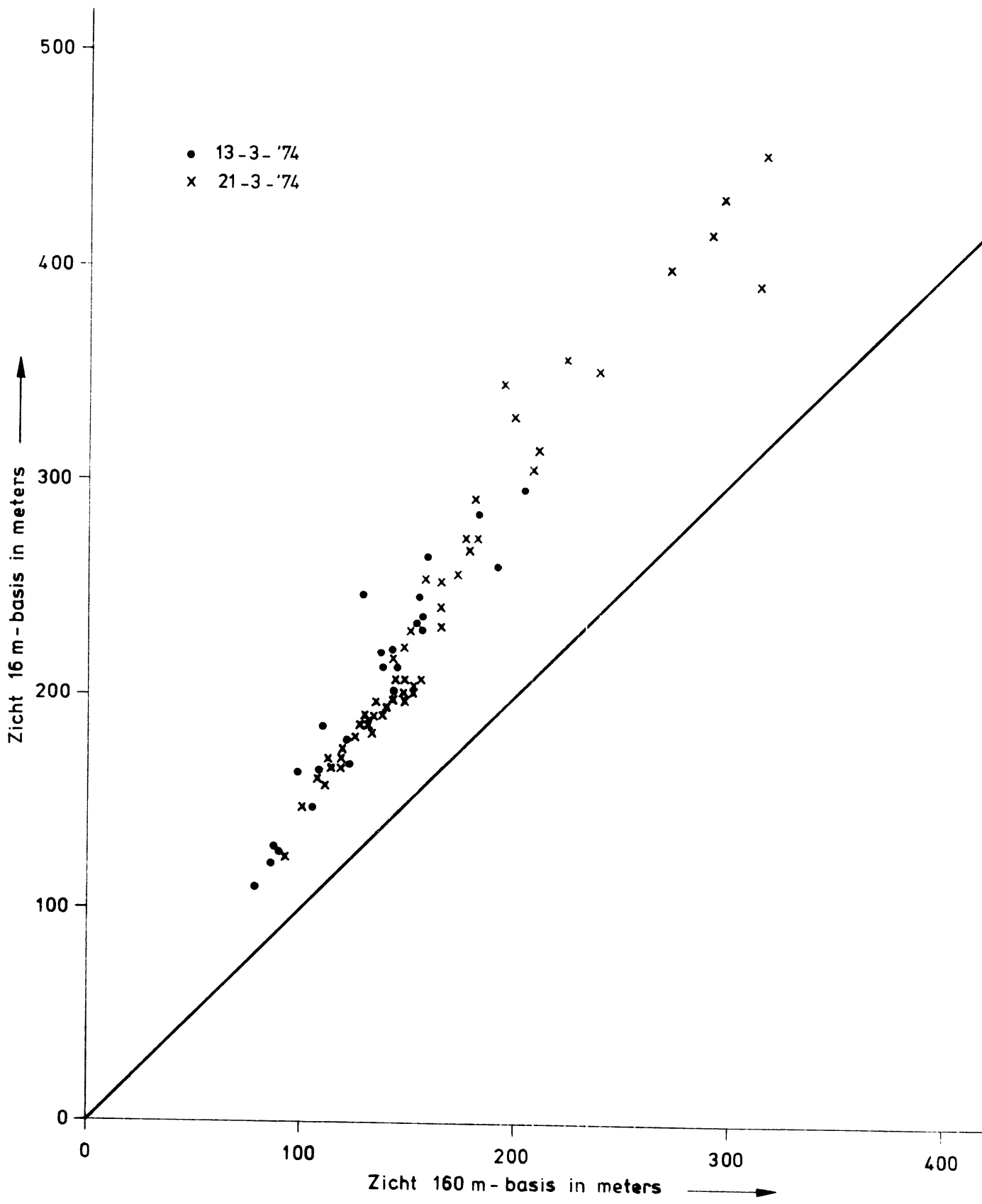
Toelichting bij de figuren.

Figuur 1: Kontrast-zicht afgeleid uit de 16m-basis transmissometer registraties uitgezet tegen het contrast-zicht verkregen uit de bijbehorende 160m-basis transmissometer registraties.

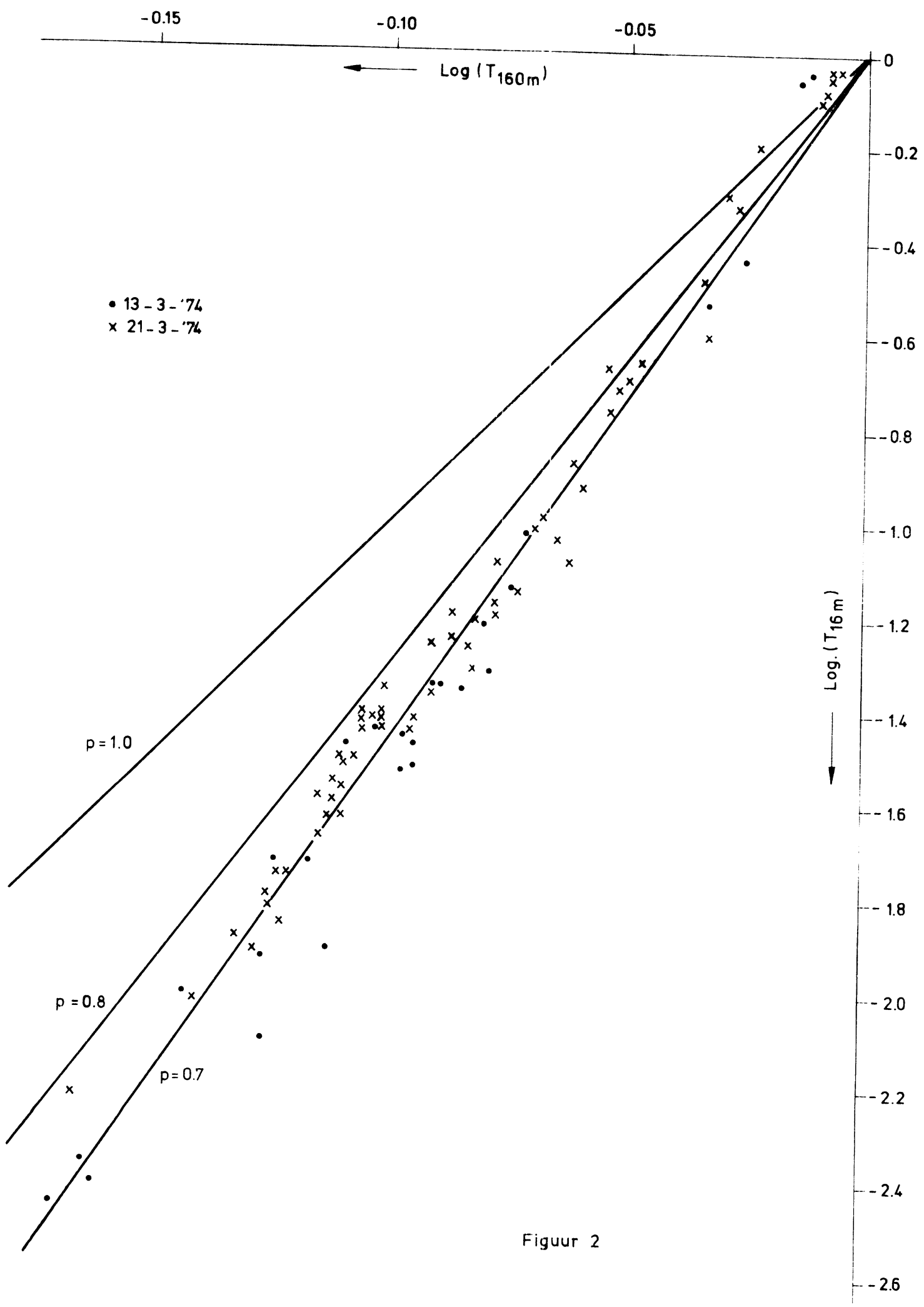
Figuur 2: $\text{Log}(T_{160m})$ als functie van $\text{Log}(T_{16m})$.

Figuur 3: Rekorderuitslag in % van de uitslag zonder filter voor de verschillende transmissometers bij toepassen van 52%, 38% en 20% (= 58% + 38% filter) filters.

-0-0-0-0-0-



Figuur 1



Figuur 2

Figuur 3

