

verificatie van
GONO golfverwachting
over de periode
oktober 1987 - april 1988

R. A. van Moerkerken

technische rapporten; TR-118

de bilt 1989 publicatienummer: Technische rapporten; TR - 118 (00)

postbus 201
3730 AE de bilt
wilhelminalaan 10
tel. (030) 206911
telex 47096

Afdeling Oceanografisch Onderzoek

U.D.C.: 551.466.33
(261.26)

ISSN: 0169-1708

© KNMI, De Bilt. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en / of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotocopie, microfilm, of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het KNMI.

verificatie van
GONO golfverwachting
over de periode
oktober 1987 - april 1988

R. A. van Moerkerken
technische rapporten; TR-118

Samenvatting

In dit rapport worden golfhoogten die berekend zijn door het operationele golfmodel van het KNMI (GONO) en windvelden die berekend zijn met behulp van drukvelden afkomstig van het atmosferische "fine-mesh" model van het UK Meteorological Office in Bracknell (GONO wind) vergeleken met waarnemingen. De vergelijking betreft windrichting, windsnelheid, golfhoogte en laagfrequente golfhoogte, over de periode 1 oktober 1987 t/m 30 april 1988, voor de posities : EPF, IJMUIDEN en K-13 in de zuidelijke Noordzee, AUK in de centrale Noordzee en BRENT in de noordelijke Noordzee. Er wordt aangetoond dat er een duidelijk verband bestaat tussen de fout in de GONO windsnelheden en de fout in de golfhoogten. De correlatie coëfficiënt is bij de kuststations ongeveer 0.7 en bij de stations in open zee 0.5.

Abstract

Wave heights predicted by the operational KNMI wave model (GONO) and the wind fields derived from UK Meteorological Office fine-mesh pressure fields (GONO wind) have been compared with observations. The comparison is made for the following elements : the wind direction, the wind speed, the wave height and the low frequency wave height, for the period October 1987 until April 1988 inclusive for the following locations: EPF, IJMUIDEN and K-13 in the southern North Sea, AUK in the central North Sea and BRENT in the northern North Sea. We show that there is a quite strong correlation between errors in the GONO wind and errors in the calculated wave height. The correlation coefficient at the coastal stations is about 0.7 and at the stations in open sea about 0.5.

Inhoud

I	Inleiding	5 - 6
II	Waarnemingen en modeluitkomsten	7
	1. Waarnemingen	7
III	Algemeen overzicht	8 - 13
	1. GONO en GONO wind versus waarnemingen	8 - 13
IV	Statistisch overzicht	14 - 22
	1. Statistisch overzicht van de waargenomen golfhoogten	14 - 15
	2. Statistisch overzicht GONO en GONO wind versus waarnemingen	16 - 19
	3. GONO en GONO wind versus waarnemingen	20 - 22
V	Conclusies	23
	Referenties	25 - 26
	Figuren	

I Inleiding.

Het operationele numerieke golfmodel GONO wordt sinds vele jaren gebruikt voor het maken van zeegang- en deiningverwachtingen voor de Noordzee. Binnenkort wordt het golfverwachtingssysteem vervangen door een 3de generatie golfverwachtingsmodel, dat gekoppeld zal worden aan een "limited-area" atmosfeermodel (LAM). Het nieuwe systeem, dat meer fysika bevat, zal naar verwachting betere resultaten opleveren. Om deze bewering in de toekomst te kunnen controleren, en om de kwaliteit van de lopende verwachtingen te bewaken is de verificatie voor het seizoen 1987 - 1988 uitgevoerd.

Samengevat verloopt een modelrun als volgt. Ten behoeve van de operationele dienst ontvangt het KNMI iedere 12 uur 3 uurlijkse luchtdrukvelen voor een verwachtingstermijn van 36 uur vooruit. De velden zijn afkomstig van het Meteorological Office in Bracknell, Engeland. Uit deze velden wordt de bijbehorende windsnelheid op het 10 meter niveau voor ieder punt van het GONO-rooster berekend. De 10 meter wind wordt vervolgens ingevoerd in het golfmodel GONO. Deze wind wordt in dit rapport GONO wind genoemd. Zowel GONO als GONO wind worden in dit rapport geverifieerd.

Een beschrijving van GONO is te vinden in Janssen, Komen en de Voogt (1984). Sinds 1979 wordt het model systematisch geverifieerd. Het seizoen 1986/87 is het eerste verificatieseizoen, dat windvelden afgeleid uit drukvelden afkomstig van het UK Meteorological Office in Bracknell, als invoer voor het golfmodel gebruikt werden, daarvoor was het BK4 windmodel aan het golfmodel gekoppeld. De resultaten van deze verificaties worden jaarlijks gebundeld. (Bouws et al., 1980, 1982a, 1982b, 1983, 1984, 1985 en 1986 en Van Moerkerken, 1989)

Dit rapport behandelt de periode 1 oktober 1987 tot en met 30 april 1988. De modelresultaten worden geverifieerd voor de volgende posities:

NAAM	POSITIE	HOOGTE WINDMETER	DIEPTE
EPF	52°00' N 3°16' E	29 meter	30 m
IJMUIDEN	52°34' N 4°04' E	12 meter	25 m
K-13	53°13' N 3 13' E	75 meter	22 m
AUK	56°24' N 2°04' E	103 meter	60 m
BRENT	61°04' N 1°43' E	80 meter	>100 m

Deze posities zijn aangegeven in figuur 1.

Bovenstaande hoogtes van de windsensor zijn gegeven t.o.v. het gemiddelde zeeniveau (MSL). Voor de verifikatie zijn de gemeten windsnelheden gecorrigeerd naar het 10 meter niveau. Geverifieerd worden: windrichting (DD), windsnelheid (FF), golfhoogte (H_S) en laagfrequente golfhoogte ($H_{S,10}$). Voor de golfhoogten gelden de onderstaande formules:

$$H_S = 4 \left[\int_0^{\infty} E(f) df \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$H_{S,10} = 4 \left[\int_0^{0.1} E(f) df \right]^{\frac{1}{2}}$$

In de praktijk wordt veel met E_{10} gewerkt, de relatie tot $H_{S,10}$ is:

$$E_{10} = \left[\frac{1}{4} H_{S,10} \right]^2$$

II Waarnemingen en modeluitkomsten.

II.1 Waarnemingen.

De golfmetingen van de positie IJMUIDEN werden door KNMI waveriders geregistreerd. De golfmetingen van de posities EPF, K-13 en AUK werden door de Directie Noordzee van Rijkswaterstaat ingezameld. De golfwaarnemingen van BRENT evenals de windwaarnemingen zijn betrokken via het Global Telecommunication System (GTS).

III Algemeen overzicht.

De tijdreeksen zijn gepresenteerd in de vorm van grafieken, waarin 6 uurlijks de windrichting (DD) in hele graden, de windsnelheid (FF) in meters/sec, de golfhoogte (H_S) en de laagfrequente golfhoogte ($H_{S,10}$) in meters zijn geplot. De modelanalyses worden vergeleken met de waarnemingen. Omdat het model slechts tweemaal per dag om 0 en 12 uur UTC opgestart wordt beschikken we alleen op die tijdstippen over analyses. Op de plots staat $FP = 0,6,0,6$ (FP betekent "forecasting period"); dit wil zeggen dat alleen de analyses en de 6 uur forecasts geplot worden.

Om praktische reden zijn de teksten op de plots in het Engels.

In dit overzicht is voornamelijk gelet op extremen die naar voren komen in de tijdreeksen (figuren 2 t/m 36).

III.1 GONO en GONO wind versus waarnemingen.

Tijdens deze verificatieperiode zijn er helaas veel hiaten in de meetreeksen vooral in de maanden november, december en januari.

Zuidelijke Noordzee (EPF, IJMUIDEN en K-13)

Stormsituaties (8 Beaufort) deden zich in de eerste verificatiemaand voor op 7, 8, 15 en 16 oktober (zie fig. 2, 9, en 16), waarbij vooral de zware storm van 16 oktober (10 Beaufort) opvalt. De windrichtingen waren tussen zuid en west tijdens deze stormen. De golfhoogten en de windsnelheden werden door het model redelijk goed berekend, alleen op 7 oktober berekende het model de windsnelheid te hoog (bij IJMUIDEN zelfs 7.5 m/s te hoog).

Op 11 oktober nam bij IJMUIDEN de windsnelheid afkomstig uit het ZW toe tot 21 m/sec (op de meetpost Noordwijk werd 17.5 m/sec waargenomen), het model berekende slechts 11 m/sec. Op 16 oktober (6 uur) berekende GONO bij K-13 een golfhoogte van 6 meter, deze golfhoogte werd op deze positie pas om 9 uur waargenomen.

Op 12 november (zie fig. 3) werd bij Z wind kracht 8 Bft bij EPF een golfhoogte van 2.5 meter waargenomen. GONO berekende 3.3 meter, de windsnelheid werd wel goed berekend. Op 21 november (zie fig. 17) werd bij K-13 een golfpiek waargenomen van 4.4 meter, bij NW wind kracht 7 Bft, berekende GONO 4.3 meter; op dit tijdstip werd bij IJMUIDEN (zie fig. 10) windkracht 8 Bft met een golfhoogte van 5.7 meter gemeten. GONO berekende 4.1 meter terwijl de windsnelheid 2 m/sec te laag werd berekend.

In de eerste 8 dagen van december werden zowel de windsnelheden als de golfhoogten te laag berekend. (zie fig. 11 en 18)

De zware storm (Bft 9) op 6 januari met een waargenomen golfhoogte bij IJMUIDEN (zie fig. 12) van 5.4 meter werd door het model goed weergegeven. Bij K-13 (zie fig. 19) werd de laagfrequente golfhoogte van 2.4 meter door GONO ca. 1 meter te laag berekend. Op 25 januari werd gedurende korte tijd ZW storm (Bft 8) waargenomen bij EPF (zie fig. 5) en bij IJMUIDEN (zie fig. 12), het model berekende bij EPF de windsnelheid goed, maar bij IJMUIDEN 8 m/sec te laag.

In februari (zie fig. 6, 13, en 20) werden de waarnemingen redelijk goed door het model weergegeven. Op 1, 2, 3, 8, 9, en 10 februari werden windsnelheden van meer dan 17 m/sec (Bft 8) bij windrichtingen tussen zuid en west waargenomen; de golfhoogten varieerden tussen 3.5 en 5.5 meter.

Op 1 februari werd de golfhoogte van 3 meter bij IJMUIDEN (zie fig. 13) 1 meter te hoog en bij K-13 (zie fig. 20) 1.5 meter te laag berekend. Op 3 februari werd de windsnelheid bij IJMUIDEN 5 m/sec te laag berekend. Op 10 februari berekende het model (zie fig. 6, 13 en 20) zowel de windsnelheden (5 - 10 m/sec) als de golfhoogten (0.5 - 1.7 meter) te hoog. De hoogste golf uit deze verifikatieperiode werd waargenomen op 29 februari ($H_S = 6.8$ meter bij IJMUIDEN), bij NW windkracht 8 Bft berekende GONO de golfhoogten 0.5 - 1.0 te laag en de windsnelheden 1.0 - 3.5 m/sec te hoog.

Op 1 maart werden golfhoogten gemeten van 4.5 - 5.0 meter, bij NW windkracht 7 Bft berekende GONO bij EPF (zie fig. 7) 0.5 meter te hoog als gevolg van een te hoog berekende windsnelheid. (4.5 m/sec te hoog). Bij NNW wind 8 Beaufort werd op 7 maart bij IJMUIDEN (zie fig. 14) een golfpiek gemeten van 3.9 meter het model gaf de windsnelheid en de golfhoogte goed weer.

De maand april kenmerkt zich door heel lage golven (≤ 2 meter), waarbij opvalt dat het model te lage golven berekent. (zie fig. 8, 15 en 22)

Samengevat: in de zuidelijke Noordzee werden over het algemeen de extremen in windsnelheden (> 7 Beaufort) en golfhoogten (> 4 meter) redelijk goed berekend. In uitzonderings gevallen werden te hoge windsnelheden berekend met als gevolg te hoge golfhoogten. Bij lage golven (1 - 2 m) berekende GONO vaak te lage golfhoogten.

Centrale Noorzee (AUK)

Op 11 oktober (zie fig. 23) werd een golfhoogte van 3.9 meter en een windsnelheid van 16 m/sec uit het NW waargenomen, het model berekende 1.9 meter en 7 m/sec. Het maximum in windsnelheid en golfhoogte ($H_S = 6.9$ meter) op 16 oktober werd heel goed weergegeven, echter in de aanloop tot dit maximum berekende het model te laag. Op 18 oktober berekende GONO bij Z wind Bft 7 te hoge windsnelheden (2.5 - 3.5 m/sec) en te hoge golfhoogten (2 - 3 meter).

De golfhoogte van 7.0 meter op 20 november (zie fig. 24) werd door GONO heel goed weergegeven, deze golfhoogte was het gevolg van een NNW storm kracht 8 Bft.

Een storm (8 Bft) uit ZW richting op 29 december (zie fig. 25) genereerde een golfhoogte van 3.3 meter, de golfhoogte werd 1.5 meter te hoog en de windsnelheid 3.5 m/sec te laag berekend. Op 31 december werd een Z storm Bft 8 waargenomen, de windsnelheid werd 2.5 m/sec te laag berekend.

Op 19 januari (zie fig. 26) werden maxima in windsnelheid (15.5 m/sec) en golfhoogte (4.5 meter) door het model goed weergegeven.

Februari was in dit gebied de meest stormachtige maand van het seizoen, met vele keren golfhoogten van ≥ 5 meter. Op 9 februari 18 uur (zie fig. 27) heerste er een ZW storm (8 Bft) met een golfhoogte van 6.5 meter, die toenam tot 21 m/sec (Bft 9) en een H_S van 7.3 meter om 21 uur.

Aanvankelijk overschatte GONO de windsnelheid met 5 m/sec maar op 10 februari 0 uur berekende GONO 18 m/sec met een golfhoogte van 7.2 meter.

De meest extreme golfhoogte werd gegenereerd op 29 februari met een hoogte van 9.1 meter veroorzaakt door een N zware storm (10 Bft). Helaas ontbraken er in de aanloop tot dit maximum een paar waarnemingen maar het maximum van deze gigant werd door GONO ($H_S = 10$ meter) goed weergegeven.

Op 4 maart (zie fig. 28) bij NNW storm (8 Bft) berekende GONO de windsnelheid goed, de berekende golfhoogte was 8.0 meter. De waargenomen golfhoogte ontbrak helaas maar een nabij gelegen station (EKOFISK) gaf 7.0 meter.

Het model onderschatte op 9 april (zie fig. 29) zowel de windsnelheid met 6 m/sec als de golfhoogte met 2.0 meter.

Samengevat : in de centrale Noordzee (AUK) werden de golfhoogten (> 4 meter) en windsnelheden (≥ 8 Bft) in het algemeen redelijk goed weergegeven.

Noordelijke Noordzee (BRENT)

Vooraf in oktober (zie fig. 30) bij windrichtingen Z - O is te zien dat de modelberekeningen vaak te laag uitvielen. Op een aantal dagen werden er golfhoogten van 6 meter of meer waargenomen n.l. op 9, 17, 18, 19 en 26 oktober. De maxima in golfhoogten werden op 17 en 18 oktober heel goed berekend, op 9 en 19 oktober te laag (2 - 3.5 meter).

De deining van 6.0 meter op 20 november (zie fig. 31) werd door GONO met 1.7 meter onderschat.

Op 22 december (zie fig. 32) veroorzaakte een zware westerstorm (Bft 10) een golfhoogte van 9.0 meter deze hoogte werd door GONO ($H_S = 8.1$ meter) goed weergegeven.

In januari (zie fig. 33) kwamen op 4 dagen golfhoogten > 6.0 meter voor, allemaal bij Z storm (8 Bft en meer). Op 9 en 10 januari berekende GONO de golfhoogte te laag (1 - 2 m), op 13 januari goed en op 20 januari werd er om 3 uur 10 meter waargenomen, terwijl GONO 10 meter berekende om 6 uur.

Op 1 en 9 februari (zie fig. 34) werden golfhoogten waargenomen van 7 - 8 meter veroorzaakt door een ZO storm (8 Bft en meer) GONO berekende 5 - 6 meter, de windsnelheid werd vooral op de 9de met 6.5 m/sec onderschat. Op 14 februari werd een windsnelheid van 17 m/sec berekend dit was overeenkomstig de waarneming; de golfhoogte ontbrak, maar een station in de omgeving rapporteerde 8.0 meter (GONO 7.8 meter). De golfhoogte op 29 februari (9.5 meter) veroorzaakt door NNW storm (9 Bft) werd door het model goed berekend.

Op 3 maart (zie fig. 35) werd bij NW zware storm (11 Bft) een golfhoogte van 7.5 meter waargenomen, GONO berekende slechts 5.5 meter, ook de windsnelheid werd te laag berekend (5 m/sec). Bij storm (8 Bft) op 4 en 19 maart werden de golfhoogten respectievelijk 7.5 m en 6.0 m door GONO redelijk goed berekend.

Op 8 april werd een N storm (8 Bft) met een golfhoogte van 8.5 meter waargenomen, GONO berekende slechts 5.8 meter en ook de windsnelheid was te laag (2.5 m/sec).

Samengevat: Het model berekende in het algemeen de windsnelheden (≥ 8 Bft) en de golfhoogten (≥ 6 meter) te laag.

IV Statistisch overzicht.

IV.1 Statistisch overzicht van de waargenomen golfhoogten.

Om een idee te geven van de golftoestand tijdens de periode oktober 1987 - april 1988, bevat tabel 1 verdelingen van golfhoogten per sector van windrichting.

Waarnemingen in aantallen (Periode 8710 t/m 8804)

		<u>EPF</u>					
H_S		0 - 60	60 - 120	120 - 180	180 - 240	240 - 300	300 - 360
< 1	m	19	29	37	22	12	7
1 - 2	m	36	20	43	50	37	20
2 - 3	m	5	-	10	28	24	19
3 - 4	m	-	-	1	15	5	3
4 - 5	m	-	-	-	4	3	2
5 - 6	m	-	-	-	1	1	1
totaal		<u>60</u>	<u>49</u>	<u>91</u>	<u>120</u>	<u>82</u>	<u>52</u>
Perc. (%)		13.2	10.8	20.0	26.4	18.1	11.5

		<u>IJMUIDEN</u>					
H_S		0 - 60	60 - 120	120 - 180	180 - 240	240 - 300	300 - 360
< 1	m	15	43	28	32	14	9
1 - 2	m	36	27	54	65	46	20
2 - 3	m	13	1	14	50	28	13
3 - 4	m	-	-	4	18	11	5
4 - 5	m	-	-	-	6	5	3
5 - 6	m	-	-	-	3	-	3
6 - 7	m	-	-	-	-	-	3
Totaal		<u>64</u>	<u>71</u>	<u>100</u>	<u>174</u>	<u>104</u>	<u>56</u>
Perc. (%)		11.2	12.5	17.6	30.6	18.3	9.8

TABEL 1 Overzicht van het aantal waargenomen golfhoogten verdeeld in klassen van golfhoogten uitgesplitst in 6 sectoren

K-13

H _S	0 - 60	60 - 120	120 - 180	180 - 240	240 - 300	300 - 360
> 1 m	10	18	15	18	17	3
1 - 2 m	34	45	41	73	70	24
2 - 3 m	22	11	18	41	48	21
3 - 4 m	3	-	2	19	16	10
4 - 5 m	-	-	1	3	5	6
5 - 6 m	-	-	1	2	1	2
6 - 7 m	-	-	-	-	-	1
7 - 8 m	-	-	-	-	-	1
Totaal	69	74	78	156	157	68
Perc. (%)	11.4	12.3	13.0	25.9	26.1	11.3

AUK

H _S	0 - 60	60 - 120	120 - 180	180 - 240	240 - 300	300 - 360
< 1 m	5	2	8	15	6	8
1 - 2 m	16	24	47	52	34	14
2 - 3 m	15	17	28	52	46	23
3 - 4 m	17	6	16	23	19	16
4 - 5 m	3	-	5	17	5	7
5 - 6 m	1	-	1	3	4	9
6 - 7 m	-	-	-	2	-	1
7 - 8 m	-	-	-	-	-	3
8 - 9 m	-	-	-	-	-	1
9 - 10 m	-	-	-	-	-	1
Totaal	57	49	105	164	114	83
Perc. (%)	9.7	8.6	18.4	28.7	19.9	14.5

BRENT

H _S	0 - 60	60 - 120	120 - 180	180 - 240	240 - 300	300 - 360
< 1 m	-	-	1	-	2	-
1 - 2 m	9	2	15	23	21	3
2 - 3 m	25	11	35	35	28	19
3 - 4 m	23	6	43	20	19	21
4 - 5 m	20	2	37	13	10	13
5 - 6 m	6	3	16	3	8	7
6 - 7 m	1	1	8	5	1	4
7 - 8 m	4	-	1	2	1	3
8 - 9 m	1	-	2	1	-	2
9 - 10 m	1	-	1	1	1	-
Totaal	90	25	159	103	91	72
Perc. (%)	16.7	4.6	29.4	19.1	16.9	13.3

VERVOLG TABEL 1 Overzicht van het aantal waargenomen golfhoogten verdeeld in klassen van golfhoogten uitgesplitst in 6 sectoren

IV.2 Statistisch overzicht GONO en GONO wind versus waarnemingen.

De statistiek wordt gepresenteerd in de vorm van tabellen. Het gaat hierbij om het aantal waarnemingen (NUMBER), het gemiddelde van de waargenomen waarden (AV. OBS), de gemiddelde fout (BIAS), en de standaard afwijking (SD). Tevens wordt gegeven de strooiindex (SI) gedefinieerd door $100 * (SD / AV. OBS)$ in percentages (tabel 2).

De bias en de standaarddeviatie in de windsnelheden zijn gegeven in dm/sec en de golfhoogten in cm. De statistiek is van toepassing op windsnelheden groter of gelijk aan 5 m/s.

In de onderstaande tabel worden de statistische parameters van de windrichting, de windsnelheid, de golfhoogte en de laagfrequente golfhoogte gepresenteerd zowel voor de analyses als voor de prognoses.

GONO (H_S , $H_{S,10}$) en GONO wind (DD,FF) (periode 8710 t/m 8804)											
<u>EPF</u>	NUMBER	AV.OBS	BIAS 0	BIAS +12	BIAS +24	SD 0	SD +12	SD +24	SI 0	SI +12	SI +24
DD	620		12	13	14	21	23	27			
FF	620	100	- 8	- 7	- 5	22	26	30	22	26	29
H_S	454	160	-25	-23	-22	44	50	60	27	31	37
$H_{S,10}$	346	21	- 3	- 2	- 1	20	25	30	88	110	127
<u>IJMUIDEN</u>	NUMBER	AV.OBS	BIAS 0	BIAS +12	BIAS +24	SD 0	SD +12	SD +24	SI 0	SI +12	SI +24
DD	604		10	11	10	24	27	33			
FF	604	98	- 7	- 5	- 6	24	28	33	25	28	34
H_S	569	174	-17	-16	-14	48	53	61	27	30	35
$H_{S,10}$	567	35	- 6	- 5	- 5	36	38	41	105	110	115

TABEL 2 Statistisch overzicht van windrichting, windsnelheid, golfhoogte en laagfrequente golfhoogte voor analyses en prognoses

<u>K-13</u>	NUMBER	AV.OBS	BIAS 0	BIAS +12	BIAS +24	SD 0	SD +12	SD +24	SI 0	SI +12	SI +24
DD	602		- 3	- 2	- 3	17	23	24			
FF	602	97	- 3	- 3	0	21	24	31	22	25	32
H _S	602	193	- 9	- 8	- 7	52	58	71	27	30	37
H _{S,10}	590	43	- 8	- 7	- 9	31	33	36	71	76	81

<u>AUK</u>	NUMBER	AV.OBS	BIAS 0	BIAS +12	BIAS +24	SD 0	SD +12	SD +24	SI 0	SI +12	SI +24
DD	600		- 9	- 7	- 7	20	24	29			
FF	600	106	-18	-17	-15	19	24	26	18	23	25
H _S	572	246	-36	-32	-30	67	75	86	27	31	34
H _{S,10}	492	86	-17	-16	-17	59	62	66	69	72	73

<u>BRENT</u>	NUMBER	AV.OBS	BIAS 0	BIAS +12	BIAS +24	SD 0	SD +12	SD +24	SI 0	SI +12	SI +24
DD	597		- 9	- 8	- 8	23	27	33			
FF	597	113	-22	-24	-24	27	33	36	24	29	32
H _S	540	331	-73	-73	-75	86	94	100	26	28	30

DD in hele graden; FF in dm/sec; H_S in cm; H_{S,10} in cm.
 0 = analyses; +12 en +24 = prognoses;

VERVOLG TABEL 2 Statistisch overzicht van windrichting, windsnelheid, golfhoogte en laagfrequente golfhoogte voor analyses en prognoses

Tabel 3 geeft een overzicht van de statistische verifikatie van de windsnelheden en de golfhoogten. Het betreft de windsnelheid en golfhoogten uitgesplitst in 6 sectoren van windrichting.

GONO wind en GONO golfhoogten (periode 8710 t/m 8804)

<u>EPF</u>	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S
SECTOR	N	N	BIAS	BIAS	SD	SD	SI	SI
000 - 060	79	60	-19	-51	17	30	18	23
060 - 120	63	49	-16	-43	17	32	21	34
120 - 180	119	91	- 8	-16	23	44	23	35
180 - 240	193	120	- 4	-16	24	48	21	25
240 - 300	104	82	- 4	-16	15	43	18	22
300 - 360	62	52	- 4	-29	22	43	25	22

<u>IJMUIDEN</u>	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S
SECTOR	N	N	BIAS	BIAS	SD	SD	SI	SI
000 - 060	70	64	- 8	-47	23	35	27	23
060 - 120	72	71	-11	-46	21	32	27	33
120 - 180	105	100	12	- 4	26	41	32	29
180 - 240	179	174	-12	1	24	47	20	24
240 - 300	114	104	-10	- 8	21	42	20	21
300 - 360	64	56	- 9	-43	20	57	20	23

Tabel 3

Statistisch overzicht van windsnelheden

uitgesplitst in 6 sectoren van windrichting

<u>K-13</u>	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S
SECTOR	N	N	BIAS	BIAS	SD	SD	SI	SI
000 - 060	69	69	-16	-47	17	42	20	24
060 - 120	74	74	-20	-55	17	33	20	23
120 - 180	78	78	0	4	19	45	20	26
180 - 240	156	156	4	22	19	48	18	24
240 - 300	157	157	- 3	- 6	20	46	20	23
300 - 360	68	68	5	-20	20	50	21	19

<u>AUK</u>	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S
SECTOR	N	N	BIAS	BIAS	SD	SD	SI	SI
000 - 060	57	57	-21	-96	18	63	21	26
060 - 120	50	49	-22	-44	19	57	21	29
120 - 180	105	105	-15	- 9	17	68	16	31
180 - 240	170	164	-17	-10	17	63	16	26
240 - 300	117	114	-16	-35	17	46	16	18
300 - 360	101	83	-23	-78	24	59	19	18

<u>BRENT</u>	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S	FF	H _S
SECTOR	N	N	BIAS	BIAS	SD	SD	SI	SI
000 - 060	91	90	-31	-95	22	92	20	26
060 - 120	25	25	-14	-87	29	60	31	19
120 - 180	184	159	-30	-79	27	88	20	25
180 - 240	111	103	- 4	-24	23	70	22	23
240 - 300	101	91	-13	-71	25	78	26	27
300 - 360	85	72	-34	-105	24	79	22	21

VERVOLG TABEL 3 Statistisch overzicht van windsnelheden

uitgesplitst in 6 sectoren van windrichting

IV.4 GONO en GONO wind versus waarnemingen.

In deze en de volgende paragraaf zullen we aan de hand van scatterplots proberen verder inzicht te krijgen in het verband tussen berekende en waargenomen grootheden, als functie van windrichting en voor verschillende snelheids- respectievelijk hoogteklassen.

Scatterplots (fig. 37 t/m 51).

De vierkantjes op de X- en Y-assen op de scatterplots geven de gemiddelde waarden van de waarnemingen respectievelijk van de modeluitkomsten.

In een aantal scatterplots (figuren 37, 40, 43, 46 en 49) worden alle data geplot, maar om een beter inzicht te krijgen worden tevens scatterplots gepresenteerd waarbij de data uitgesplitst zijn in 6 sectoren van windrichting. Bias en standaarddeviatie zijn gegeven in dm/sec, net als in de tabellen. Onderstaand wordt het e.e.a. besproken.

Zuidelijke Noordzee (EPF, IJMUIDEN en K-13)

Bij EPF (fig. 37a) en IJMUIDEN (fig. 40a) is te zien dat de windrichtingen geruimd zijn (12 en 10 graden) t.o.v. de waarnemingen. Bij K-13 komen de windrichtingen goed overeen met de waarnemingen. De windsnelheden werden bij EPF (zie fig. 38) en K-13 (zie fig. 44) in de sectoren 0 - 60, 60 - 120 te laag berekend (16 - 20 dm/s te laag), terwijl in de overige sectoren de windsnelheden redelijk goed door GONO werden berekend. Bij IJMUIDEN (zie fig. 41) werden de windsnelheden in de sector 120 -180 te hoog (12 dm/sec) en in de overige sectoren te laag berekend (8 - 12 dm/sec) De golfhoogten werden in de sectoren 0 - 60, 60 - 120 en bij IJMUIDEN ook in de sector 300 - 360 te laag berekend (16 - 55 cm).

Centrale Noordzee (AUK)

De windrichtingen (fig. 46a) bij AUK werden te laag berekend (9 graden). De windsnelheden (fig. 47) werden in alle sectoren te laag berekend (15 - 23 dm/s), ook de golfhoogten (fig. 48) werden in alle sectoren te laag berekend, vooral in de sectoren 0 - 60 en 300 - 360 (78 - 96 cm) en in de sectoren 60 - 120 en 240 - 300 (35 - 44 cm).

Noordelijke Noordzee (BRENT)

De windrichtingen (fig. 49a) werden ook op deze positie te laag berekend (9 graden gekrompen). De windsnelheden (fig. 50) werden eveneens te laag berekend, in de sector 180 - 240 slechts 4 dm/sec en in de overige sectoren 13 - 34 dm/sec. Bij de golfhoogten is hetzelfde beeld te zien, in de sector 180 - 240 24 cm te laag en bij de overige sectoren 71 - 105 cm te laag.

Tabel 4 geeft voor EPF (kuststation) en AUK (open zee station) de relatie tussen de gemiddelde fout in de windsnelheid ΔFF ($FF_{GONO} - FF_{OBS}$ per klasse) en de daarbij optredende gemiddelde fout in de golfhoogte ΔH_S ($H_{S,GONO} - H_{S,OBS}$). In de tabel zijn alleen windsnelheden > 10 m/sec verwerkt. De correlatie coëfficiënt bij EPF is .7 en bij AUK .5.

ΔFF (dm/sec)	<u>EPF</u>		ΔFF (dm/sec)	<u>AUK</u>	
	AANTAL	$\langle \Delta H_S \rangle$ (cm)		AANTAL	$\langle \Delta H_S \rangle$ (cm)
<-40	18	-76	<-70	5	-139
-40 - -30	14	-53	-70 - -60	8	-104
-30 - -20	21	-56	-60 - -50	13	-84
-20 - -10	31	-36	-50 - -40	24	-57
-10 - 0	31	-18	-40 - -30	36	-31
0 - 10	28	2	-30 - -20	54	-48
10 - 20	19	17	-20 - -10	63	- 2
20 - 30	10	25	-10 - 0	44	3
30 - 40	6	58	0 - 10	20	-12
> 40	7	64	< 10	16	88

TABEL 4 $\langle \Delta H_S \rangle$ (= $H_{S,GONO} - H_{S,OBS}$) voor 10 klassen van fouten in de windsnelheid waarbij $\langle \Delta H_S \rangle$ een gemiddelde per klasse is.

V. Conclusies

1. De extremen in de wind en golven (zie fig. 2 t/m 36) werden in de zuidelijke- en centrale Noordzee redelijk goed berekend, in de noordelijke Noordzee in het algemeen te laag.
2. De bias van alle elementen (DD, FF, H_S en $H_{S,10}$) in de prognoses ($F_p = +12$ respectievelijk $F_p = +24$) verschilt weinig met de bias in de analyse ($F_p = 0$), dit is echter niet het geval met de standaard afwijking. Deze statistische parameter verslechtert meer in de tijd. (zie tabel 2).
3. Zowel de windsnelheden als de golfhoogten werden door het model te laag berekend. (zie tabel 3). Vooral in de sectoren 0 - 60 en 60 -120 in de Zuidelijke Noordzee werden zowel de winden (ca. 1 - 2 m/sec) als de golven (ca. 50 cm) te laag berekend.
4. Bij alle stations werden bij oostelijke windrichtingen te lage windsnelheden berekend met als gevolg te lage golfhoogten. (zie fig. 38, 41, 44, 47, 50)
5. Er is duidelijk een verband tussen de fout in de GONO windsnelheden en de fout in de golfhoogten. Langs de kust is de correlatie coëfficiënt ongeveer $> .7$. Dit houdt in, dat een belangrijk deel van de fouten in de golfverwachtingen te wijten is aan de fouten in de windverwachtingen.
(zie tabel 4)

Dankbetuiging

Voor het kritisch doorlezen van dit rapport en de waardevolle suggesties
bedank ik **EVERT BOUWS, GERBRAND KOMEN en PETER JANSSEN**

Referenties.

Bouws, E., Komen, G.J., Moerkerken, R.A. van, Peeck, H.H. and Saraber, M.J.M. (1980). A comparison of shallow water wave predictions. KNMI Verslagen, V-362.

Bouws, E., Komen, G.J., Moerkerken, R.A. van, Peeck, H.H. and Saraber, M.J.M. (1982a). An evaluation of the KNMI operational wave model GONO for the period October 1980 - April 1981.

KNMI Technisch Rapport, TR-11.

Bouws, E., Komen, G.J., Moerkerken, R.A. van, Peeck, H.H. en Saraber, M.J.M. (1982b). Evaluatie van de golfberekeningen van GONO over de periode oktober 1981 - april 1982.

KNMI Technisch Rapport, TR-22.

Bouws, E., Komen, G.J., Moerkerken, R.A. van, Peeck, H.H. en Saraber, M.J.M. (1983). Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1982 - april 1983.

KNMI Technisch Rapport, TR-37.

Bouws, E., Komen, G.J., Moerkerken, R.A. van, Peeck, H.H. en Saraber, M.J.M. (1984). Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1983 - april 1984.

KNMI Technisch Rapport, TR-56.

Bouws, E., Komen, G.J., Kruseman, P., Moerkerken, R.A. van en Peeck, H.H. (1985). Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1984 - april 1985.

KNMI Technisch Rapport, TR-79.

Bouws, E., Komen, G.J., Kruseman, P., en Moerkerken, R.A. van (1986).
Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1985 -
april 1986.

KNMI Technisch Rapport, TR-96.

Janssen, P.A.E.M., Komen, G.J. and Voogt, W.J.P. de (1984).

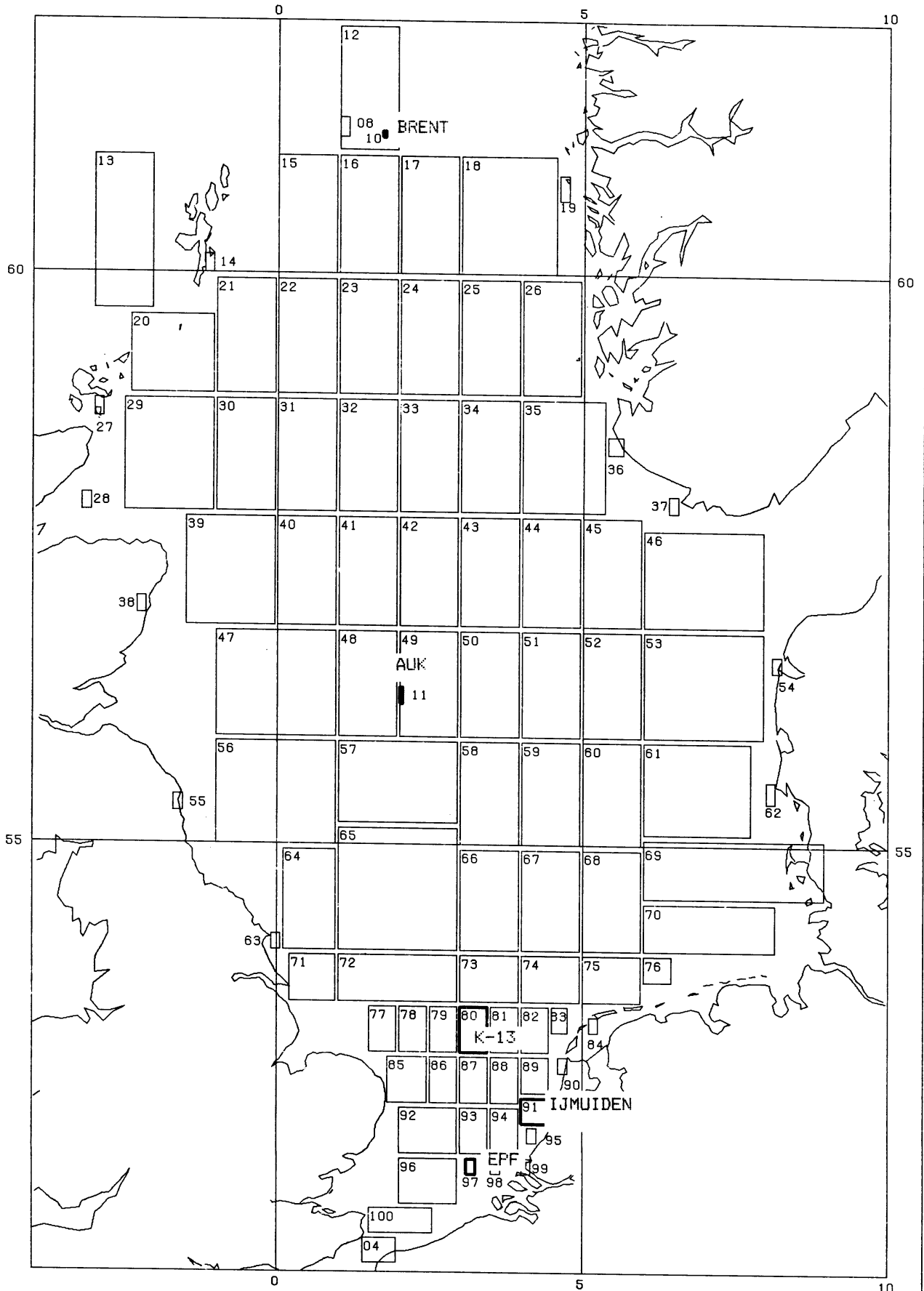
An operational coupled hybrid wave prediction model, J. Geophys. Res. 89,
3635-3654.

Moerkerken, R.A. van, (1989). Verifikatie van GONO golfverwachtingen en
van Engelse fine-mesh winden over de periode oktober 1986 - april 1987.

KNMI Wetenschappelijk Rapport, WR 89-03.

Onderschriften bij de figuren

- fig. 1** overzicht van de Noordzee met de posities van de
 5 verifikatie stations
- fig. 2 - 36** tijdreeksen met windrichting, windsnelheid, golfhoogte en
 laagfrequente golfhoogte van de 5 posities
- fig. 37 - 51** scatterplots met windrichting, windsnelheid en golfhoogte van
 observaties uitgezet tegen modeluitkomsten



PROJECTION MERCATOR

FIG. 1

OCTOBER 1987

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

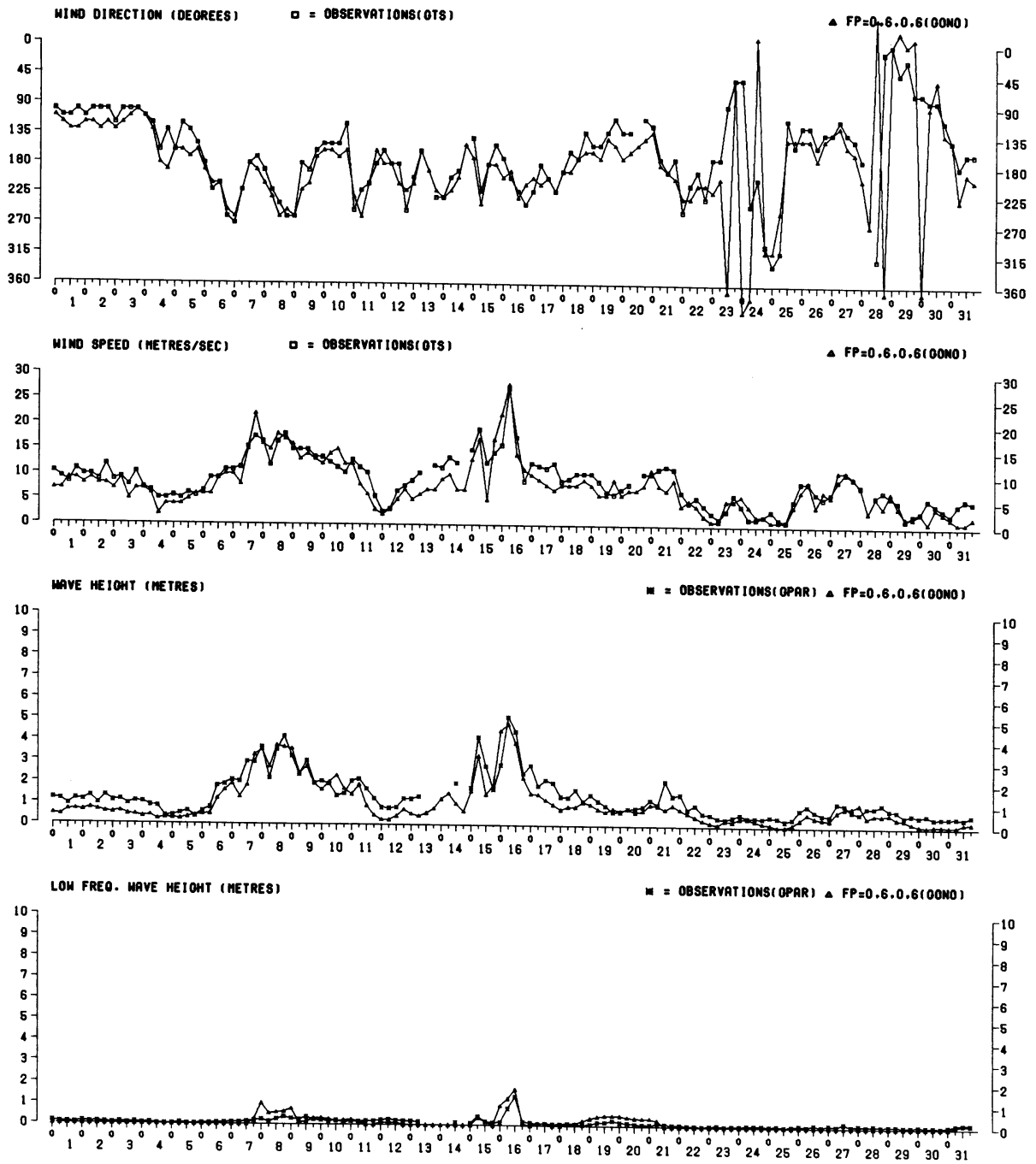


FIG. 2

NOVEMBER 1987

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

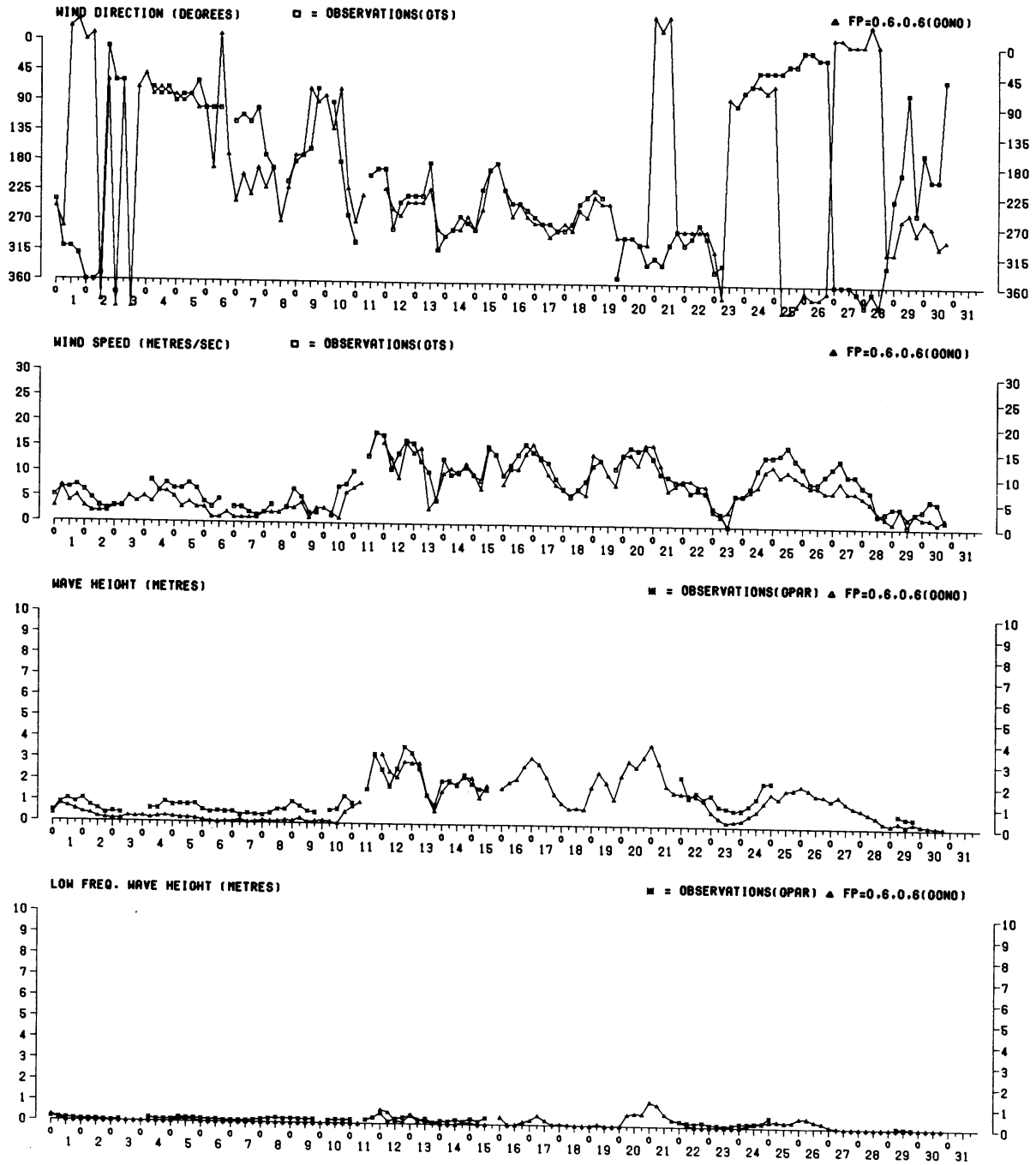


FIG. 3

DECEMBER 1987

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

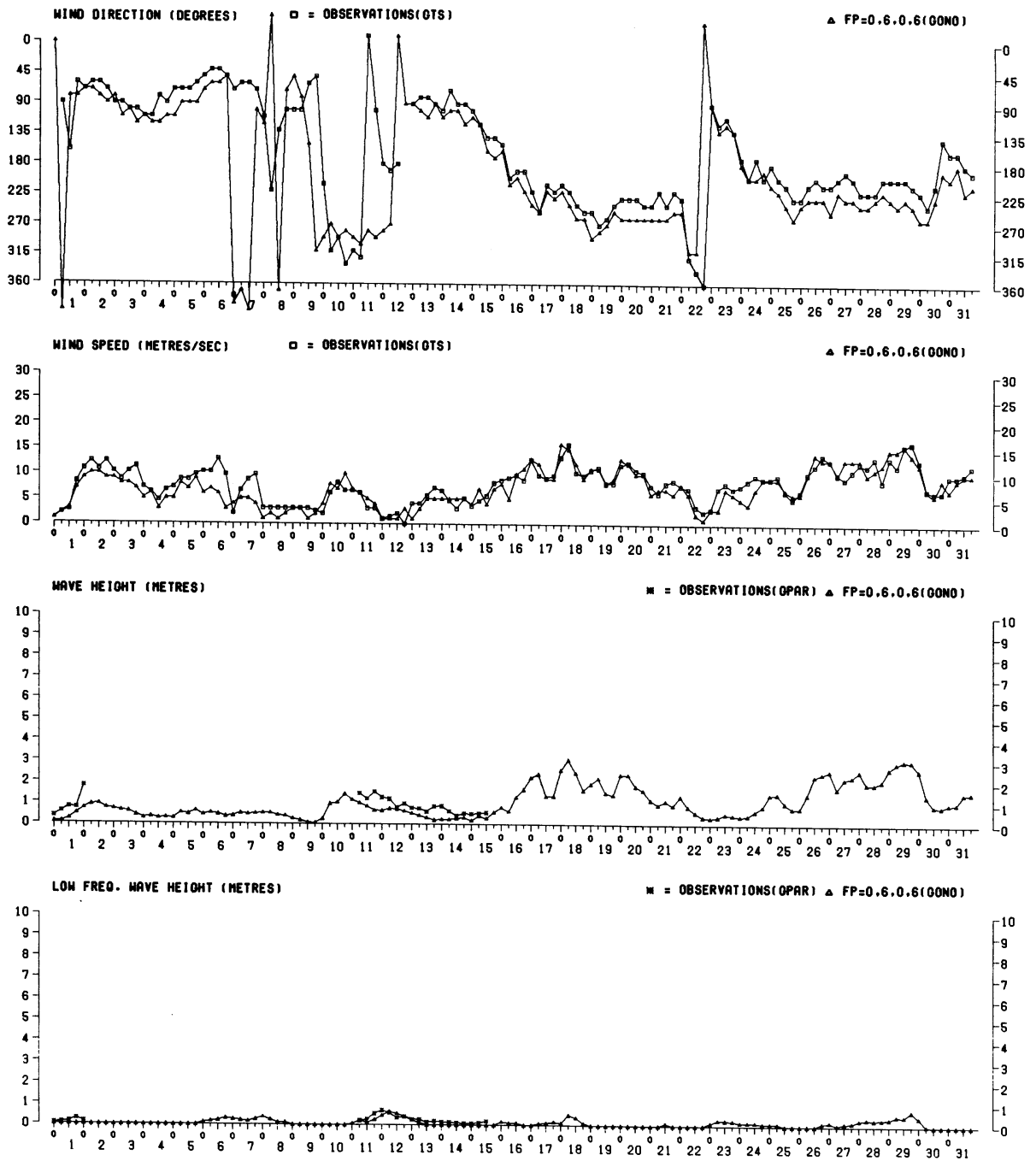


FIG. 4

JANUARY 1988

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

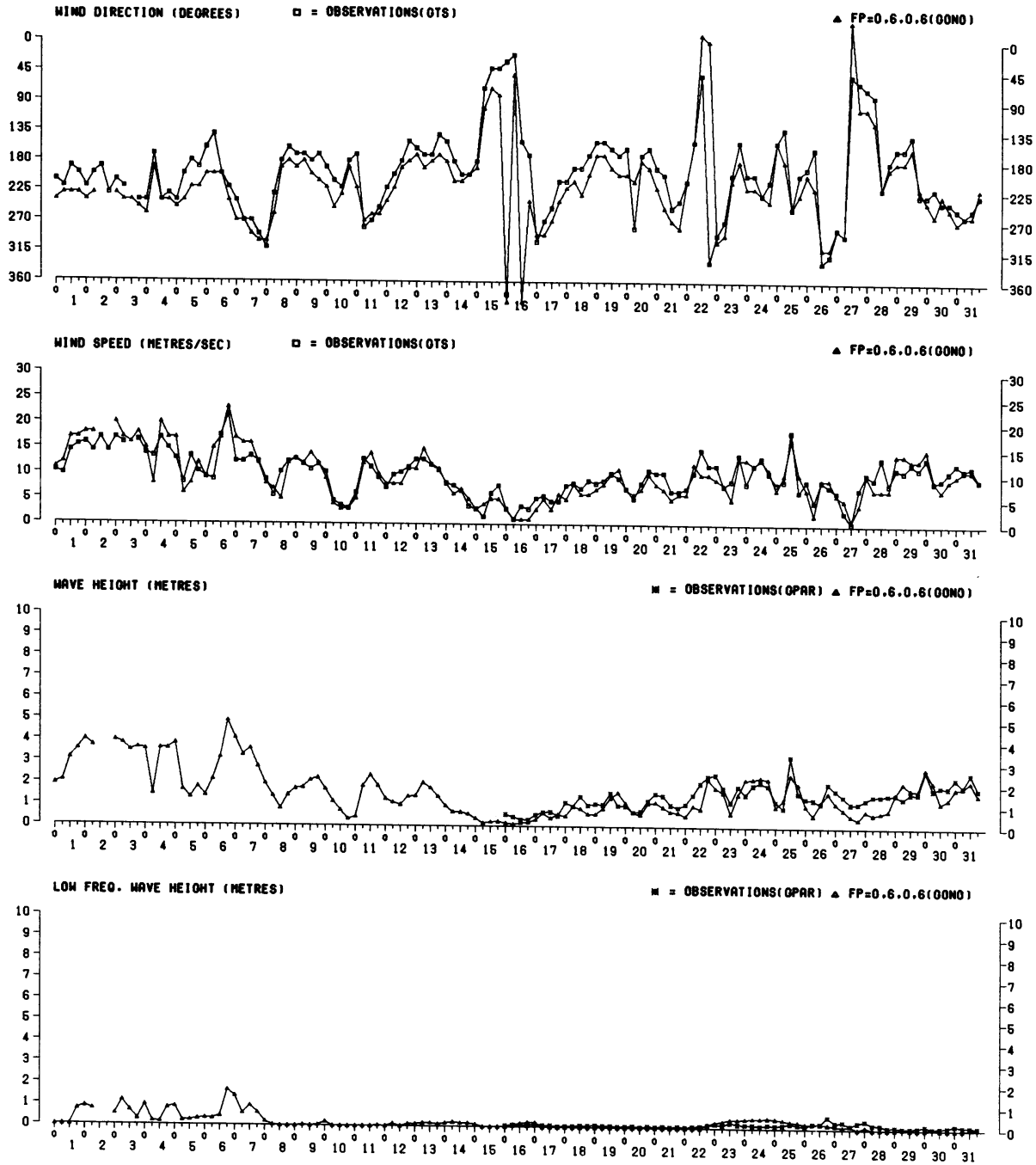


FIG. 5

FEBRUARY 1988

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

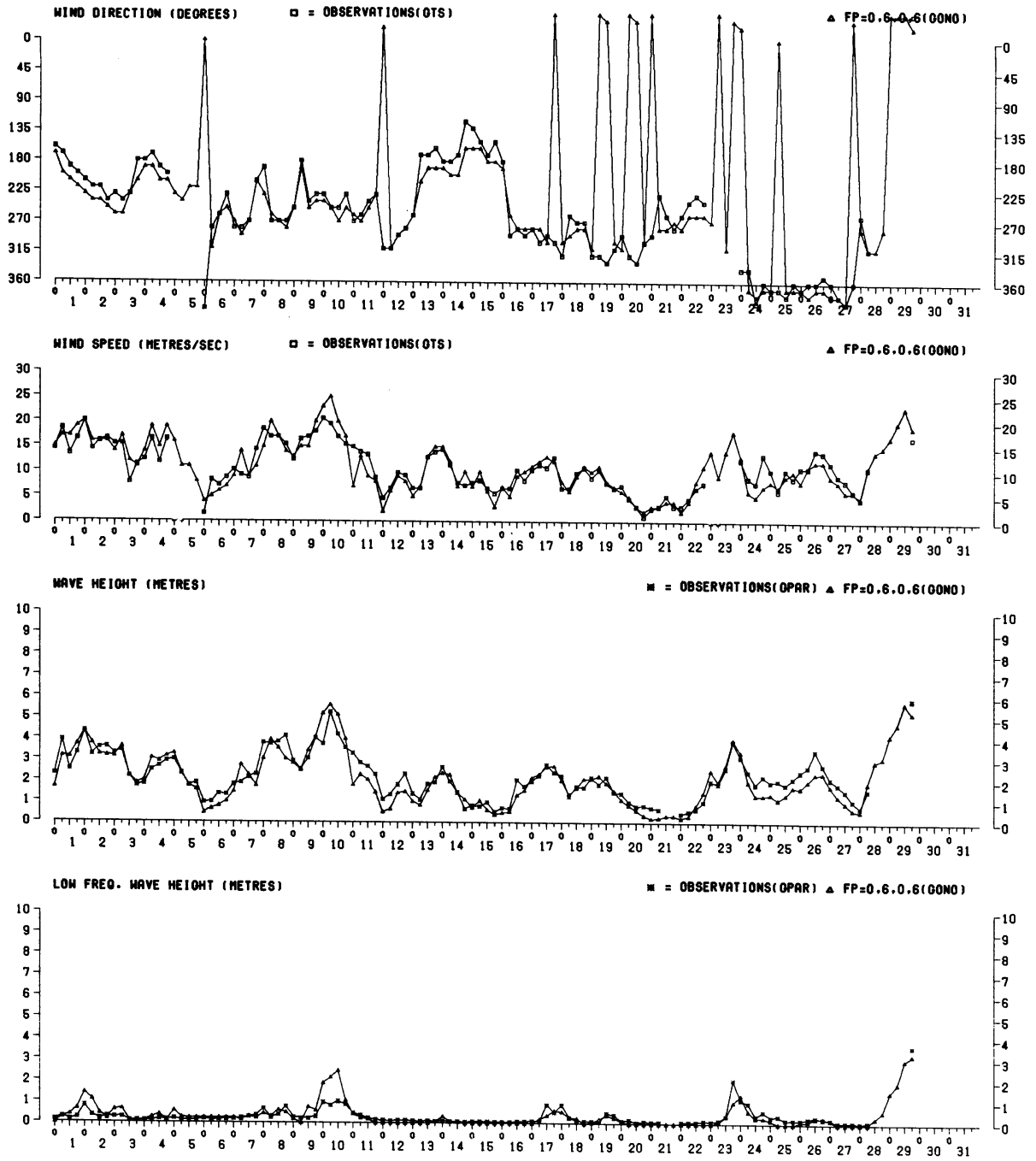


FIG. 6

MARCH 1988

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

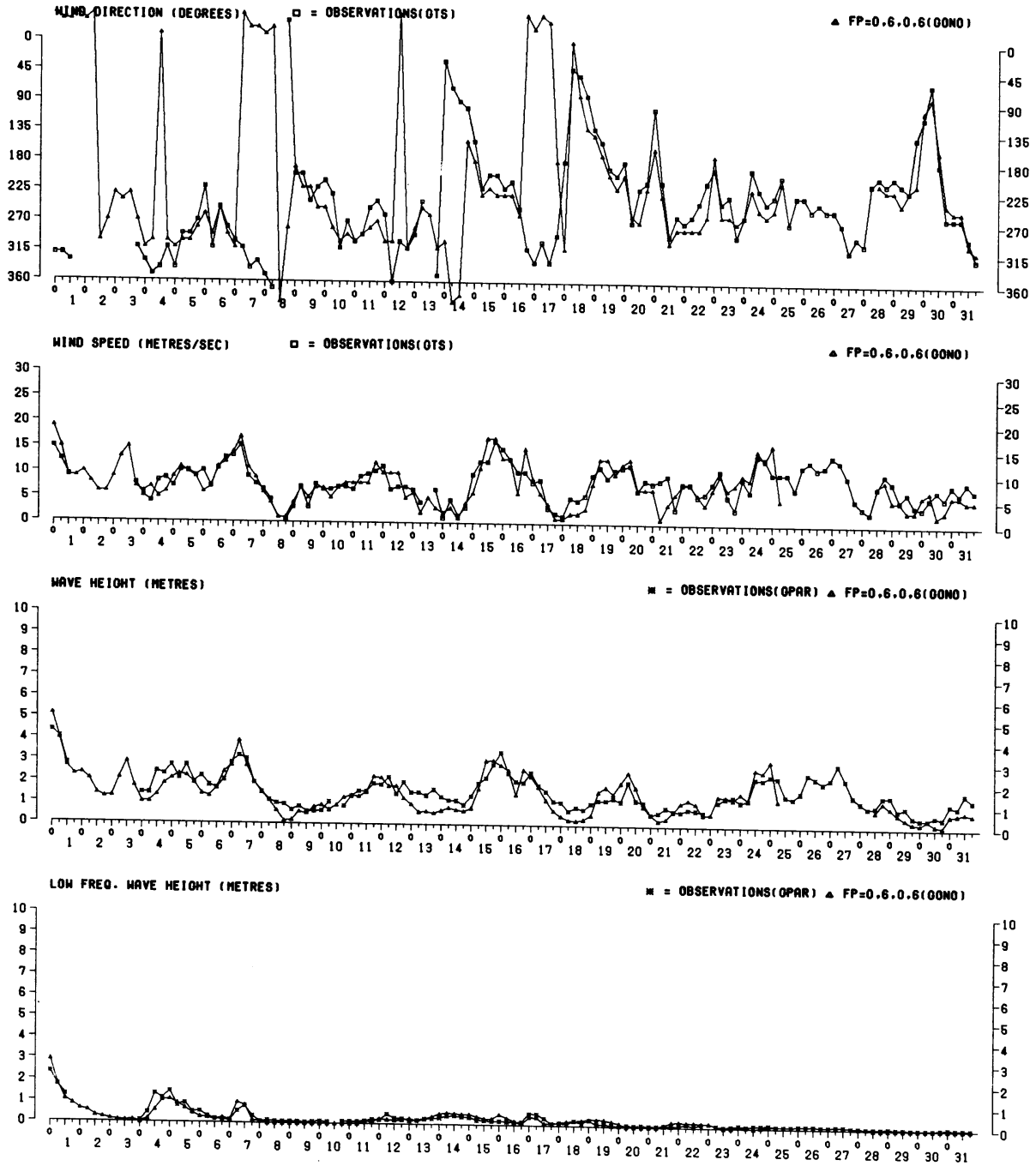


FIG. 7

APRIL 1988

EPF-AREA 97

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

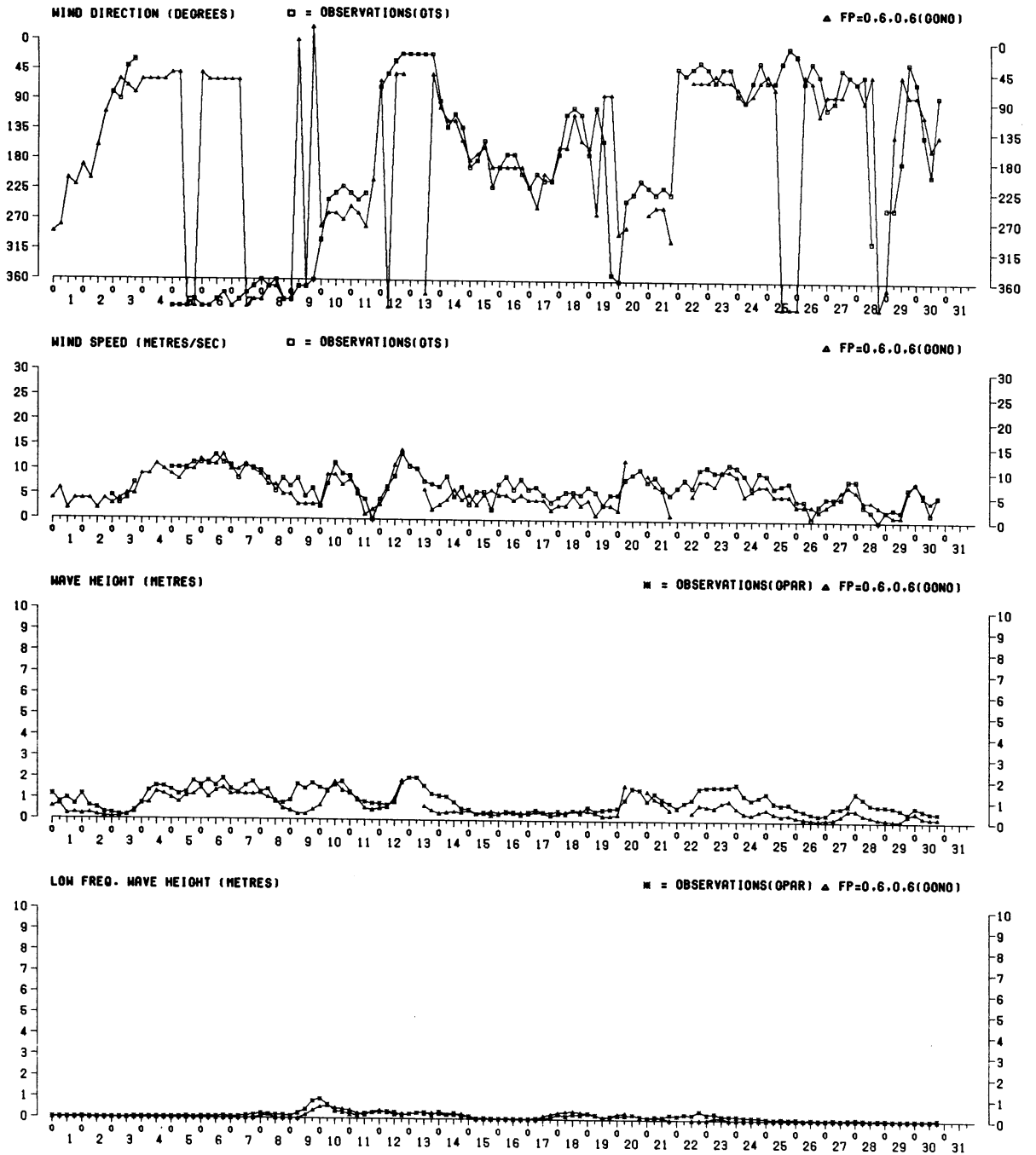


FIG. 8

OCTOBER 1987

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

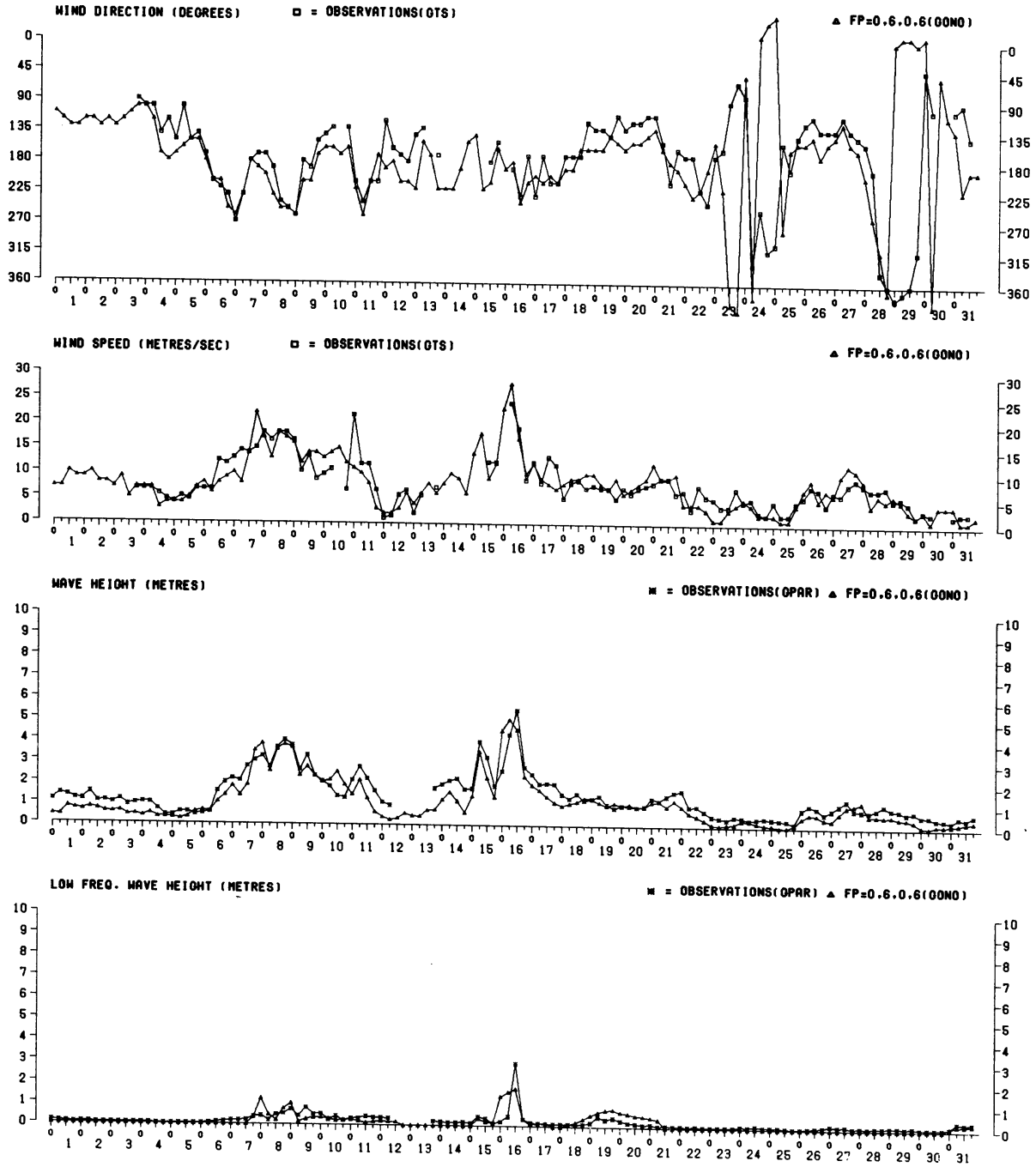


FIG. 9

NOVEMBER 1987

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

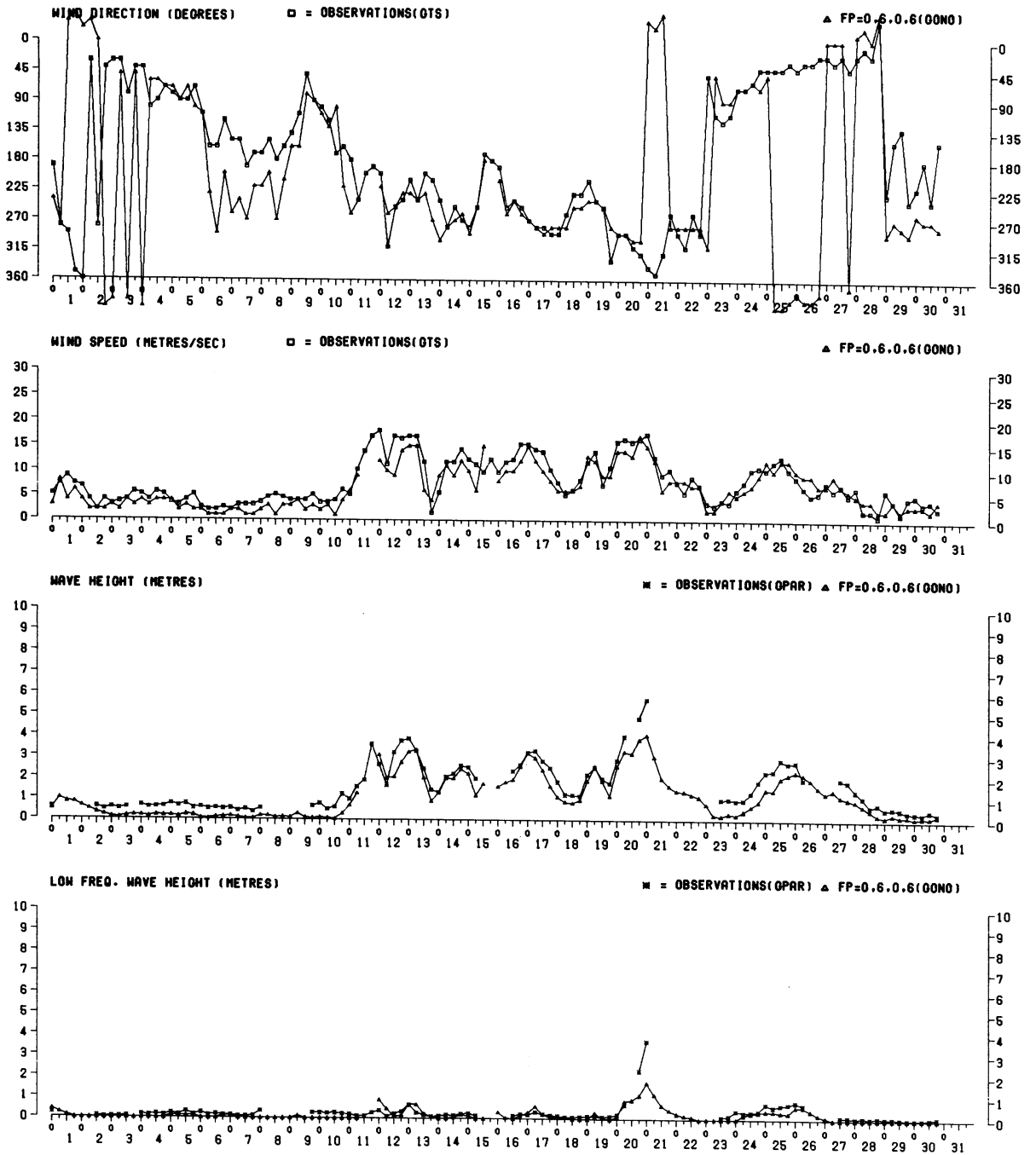


FIG. 10

DECEMBER 1987

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

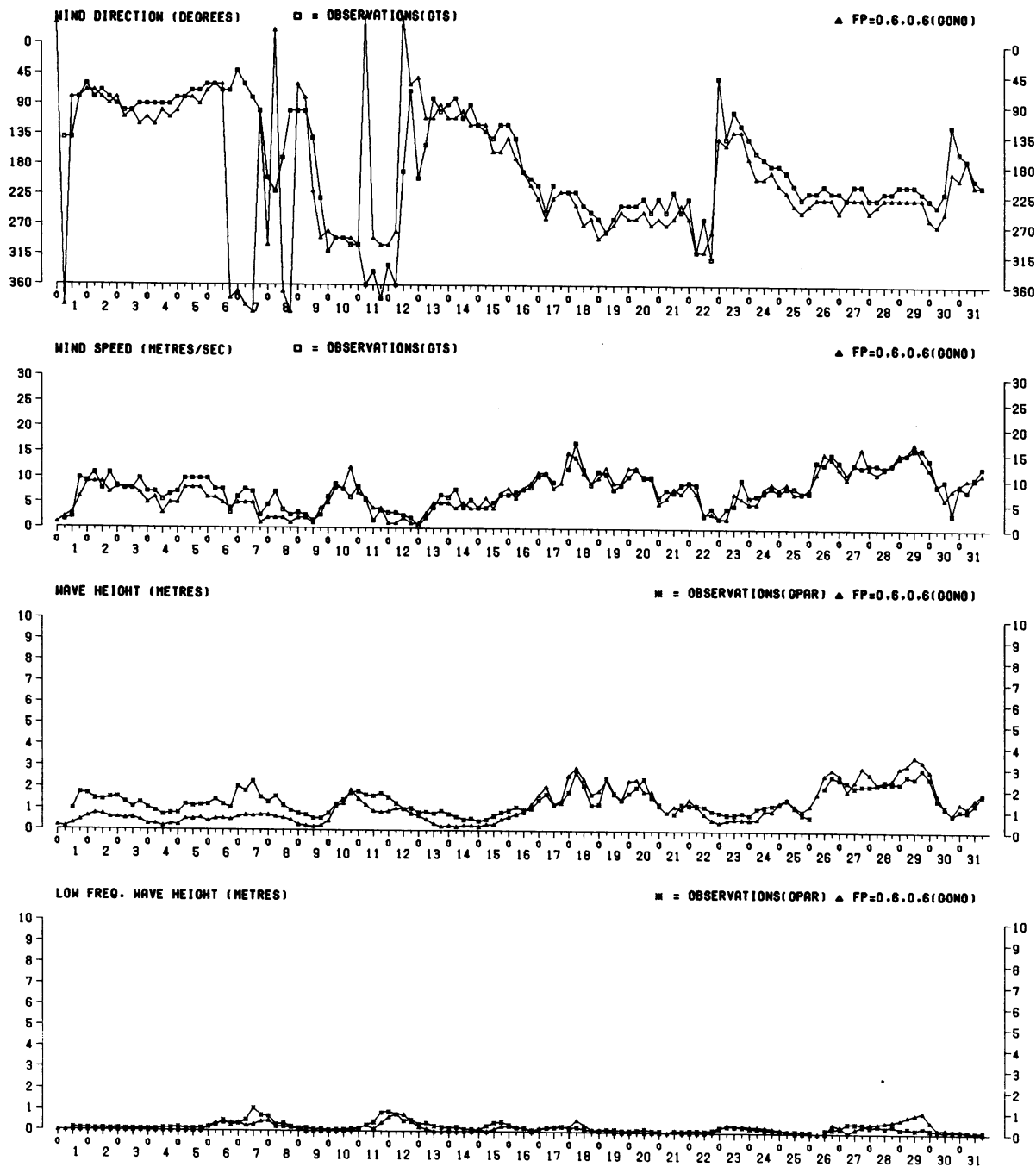


FIG. 11

JANUARY 1988

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

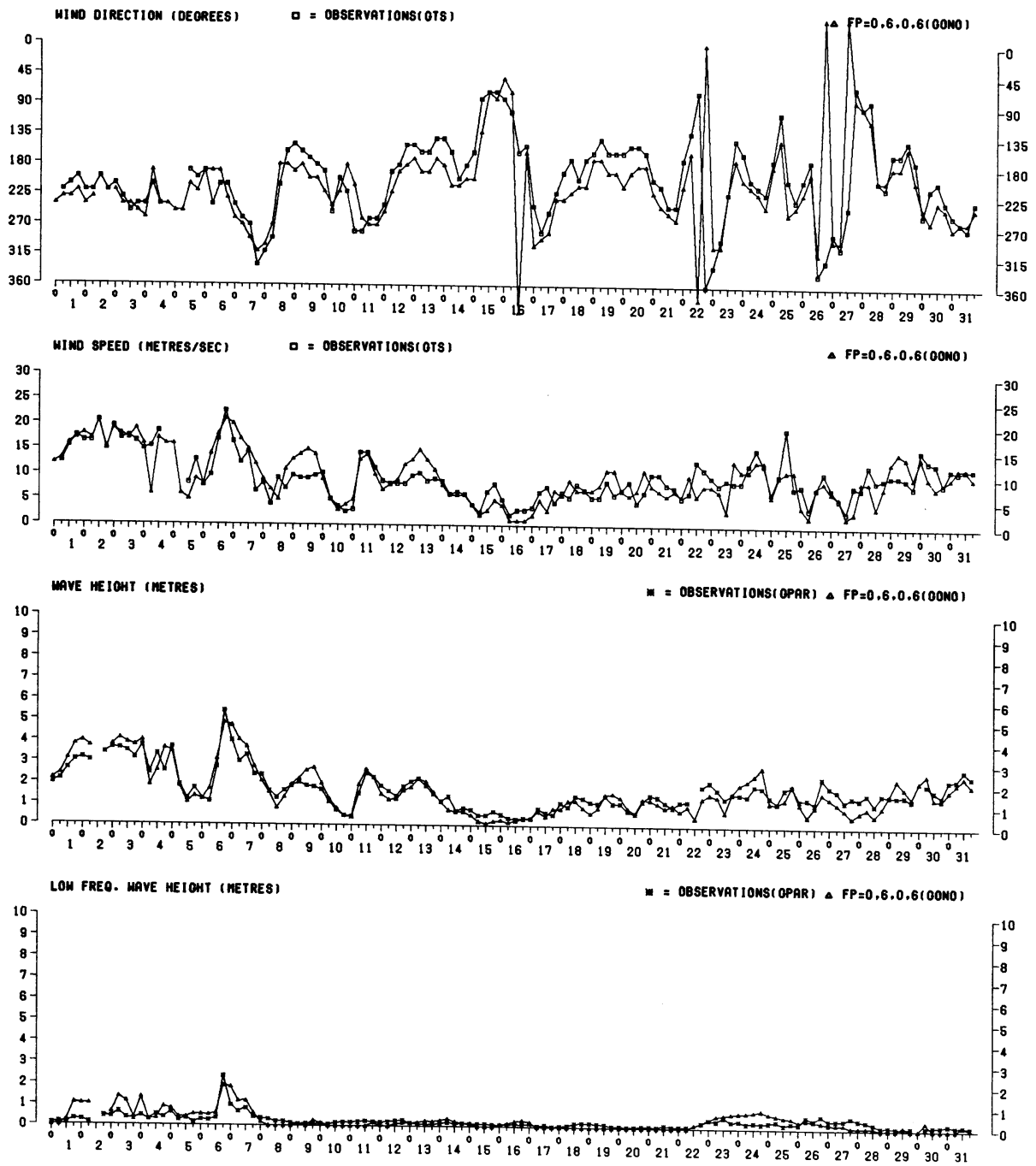


FIG. 12

FEBRUARY 1988

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

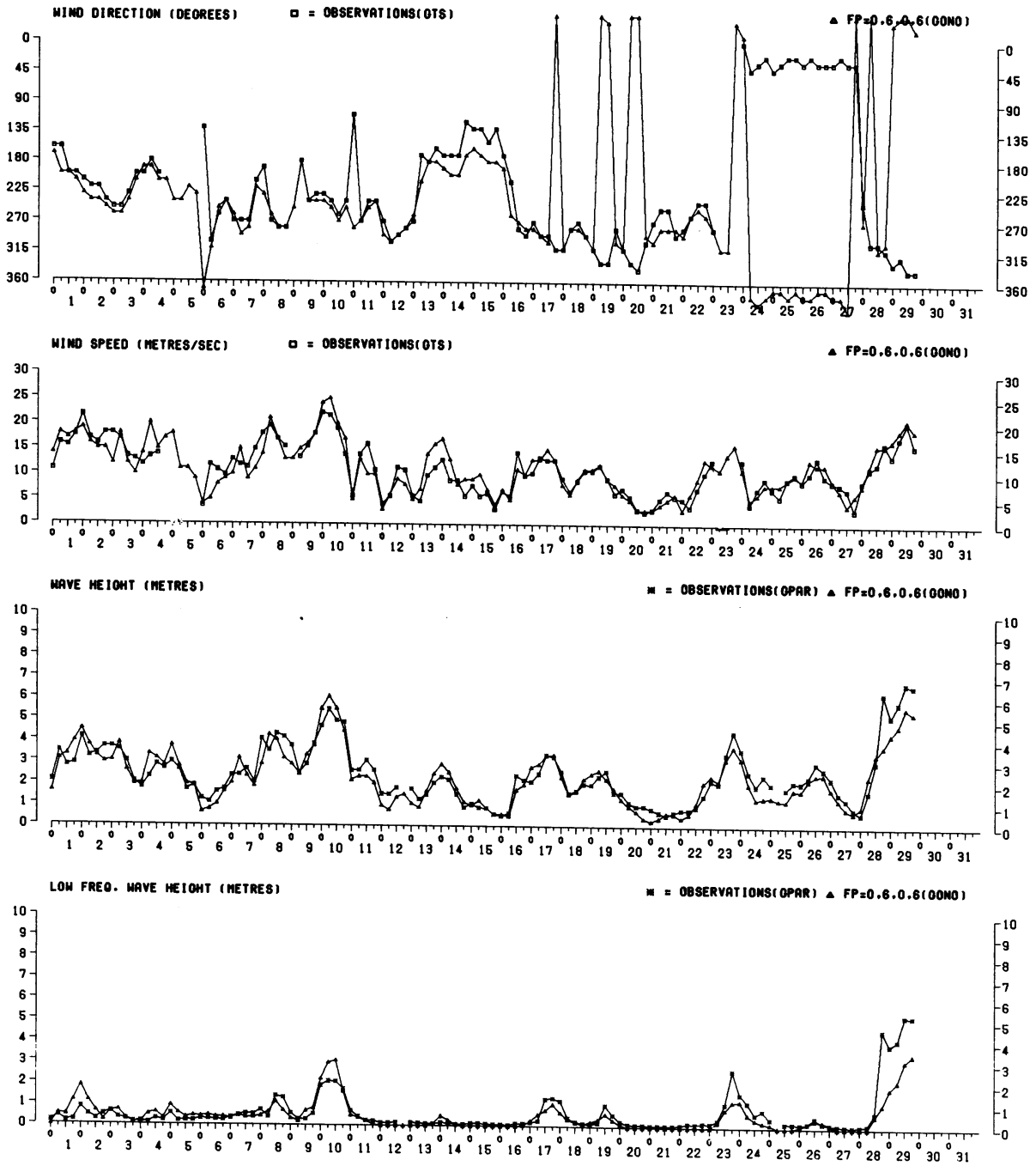


FIG. 13

MARCH 1988

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

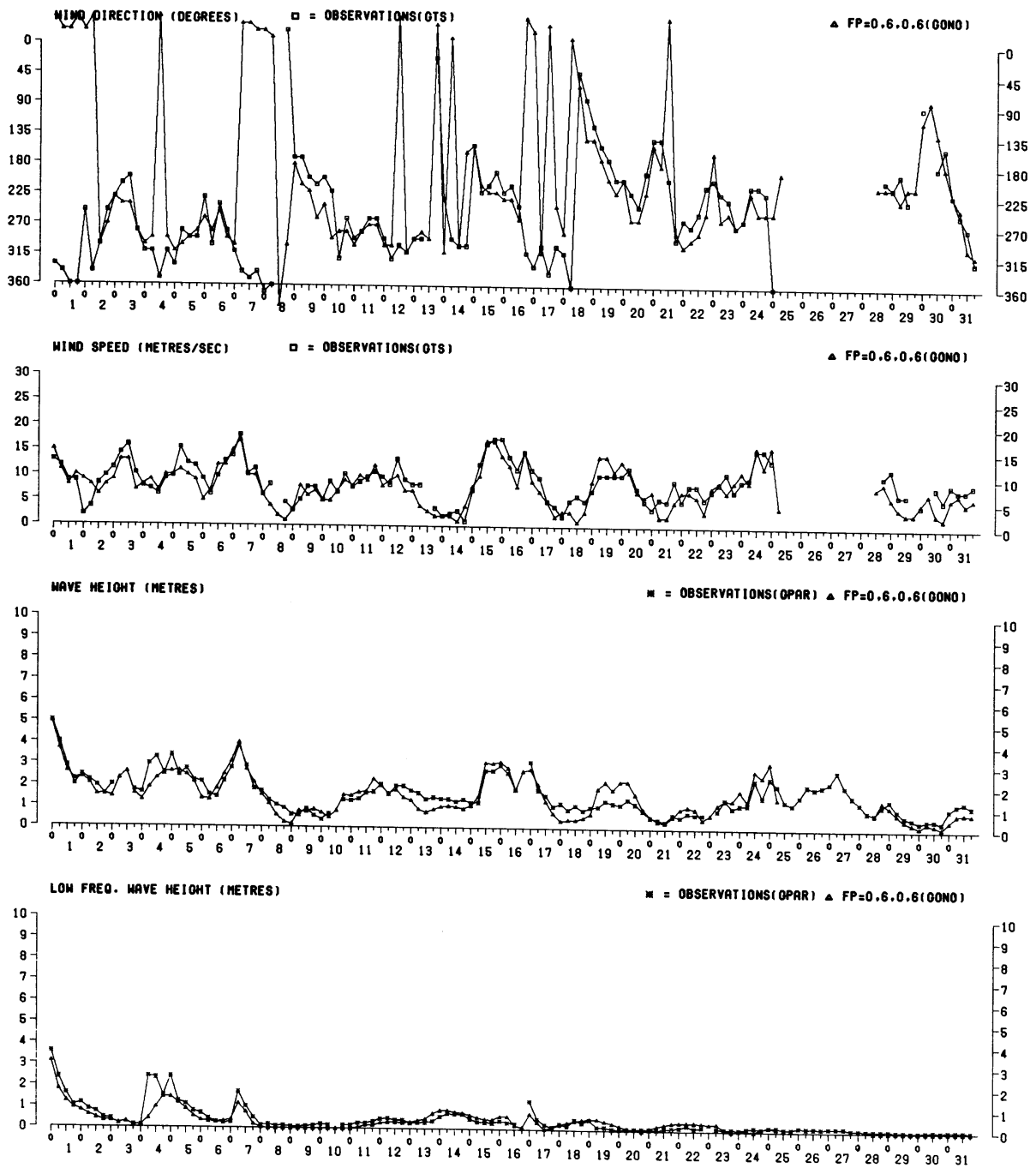


FIG. 14

APRIL 1988

IJMUIDEN-AREA 91

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

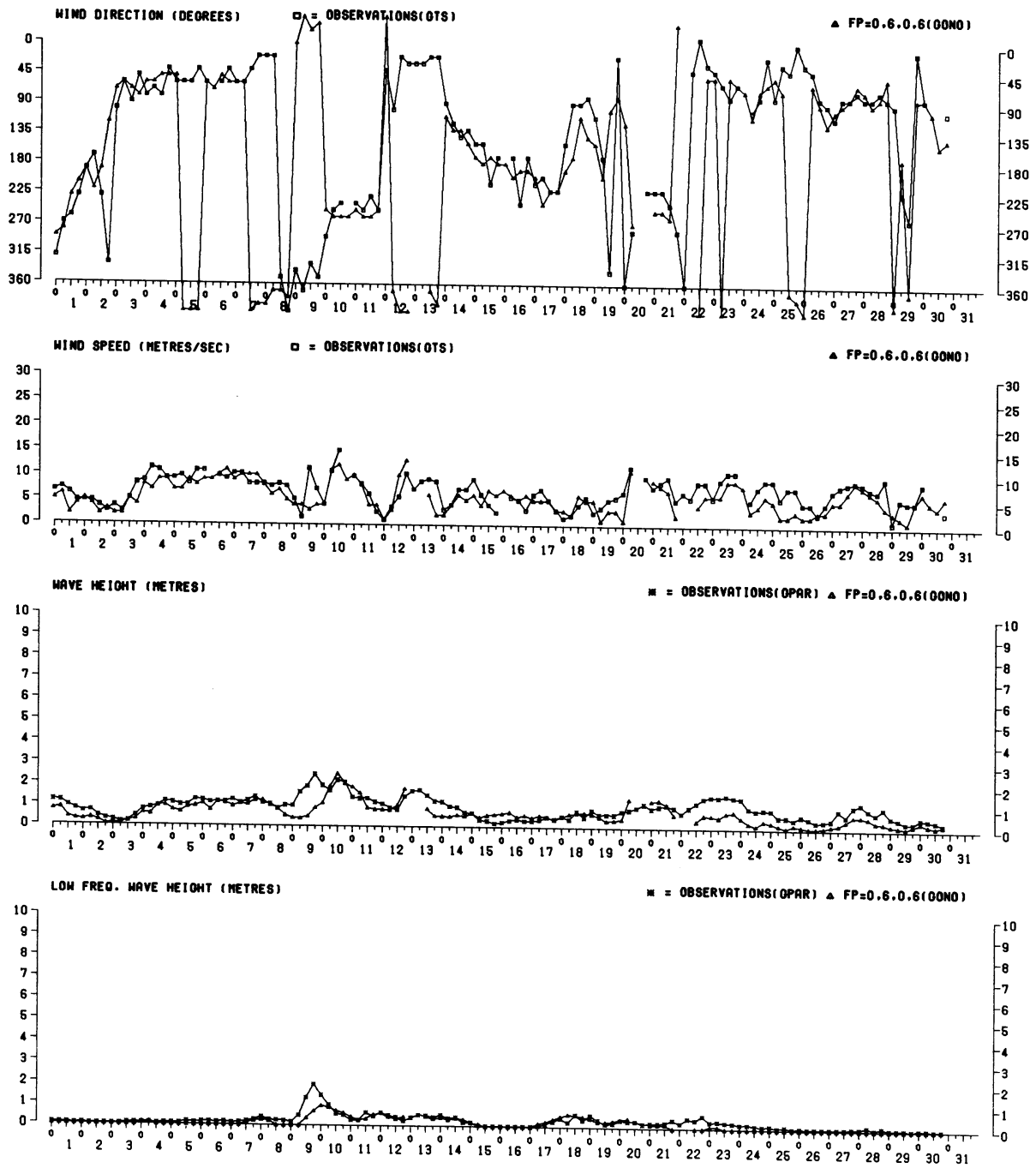


FIG. 15

OCTOBER 1987

K13-AREA 80

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

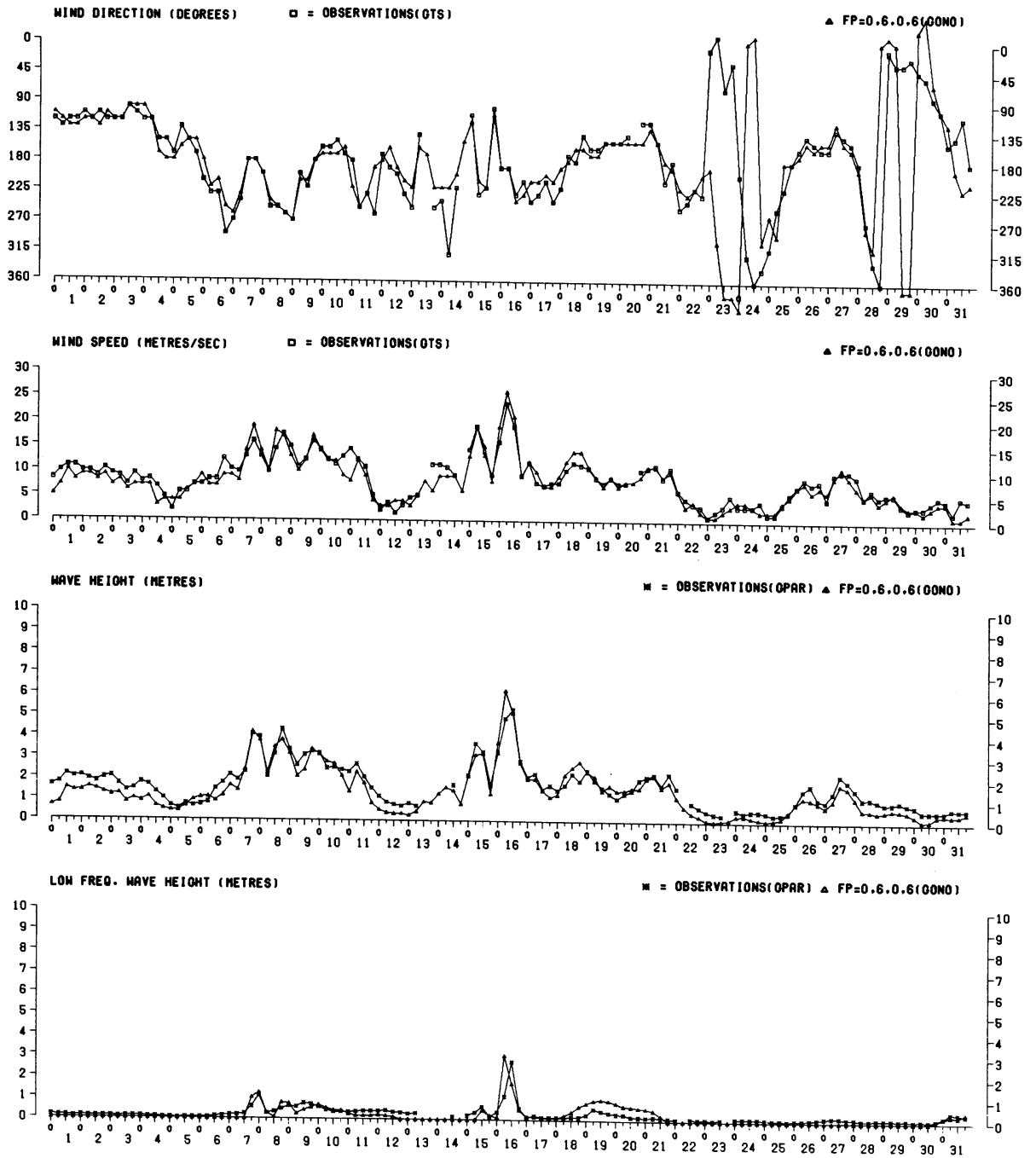


FIG. 16

NOVEMBER 1987

K13-AREA 80

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

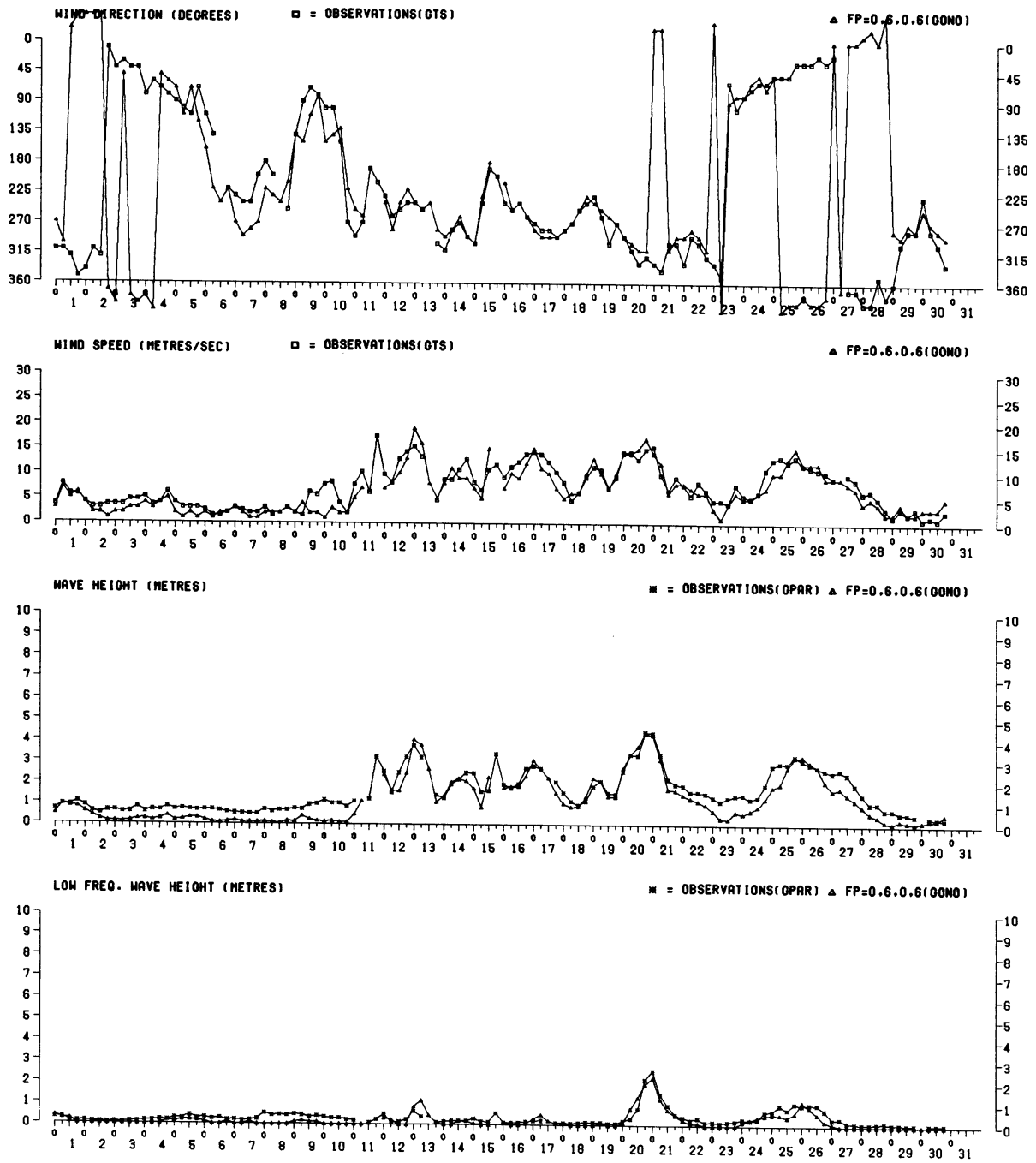


FIG. 17

DECEMBER 1987

K13-AREA 80

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

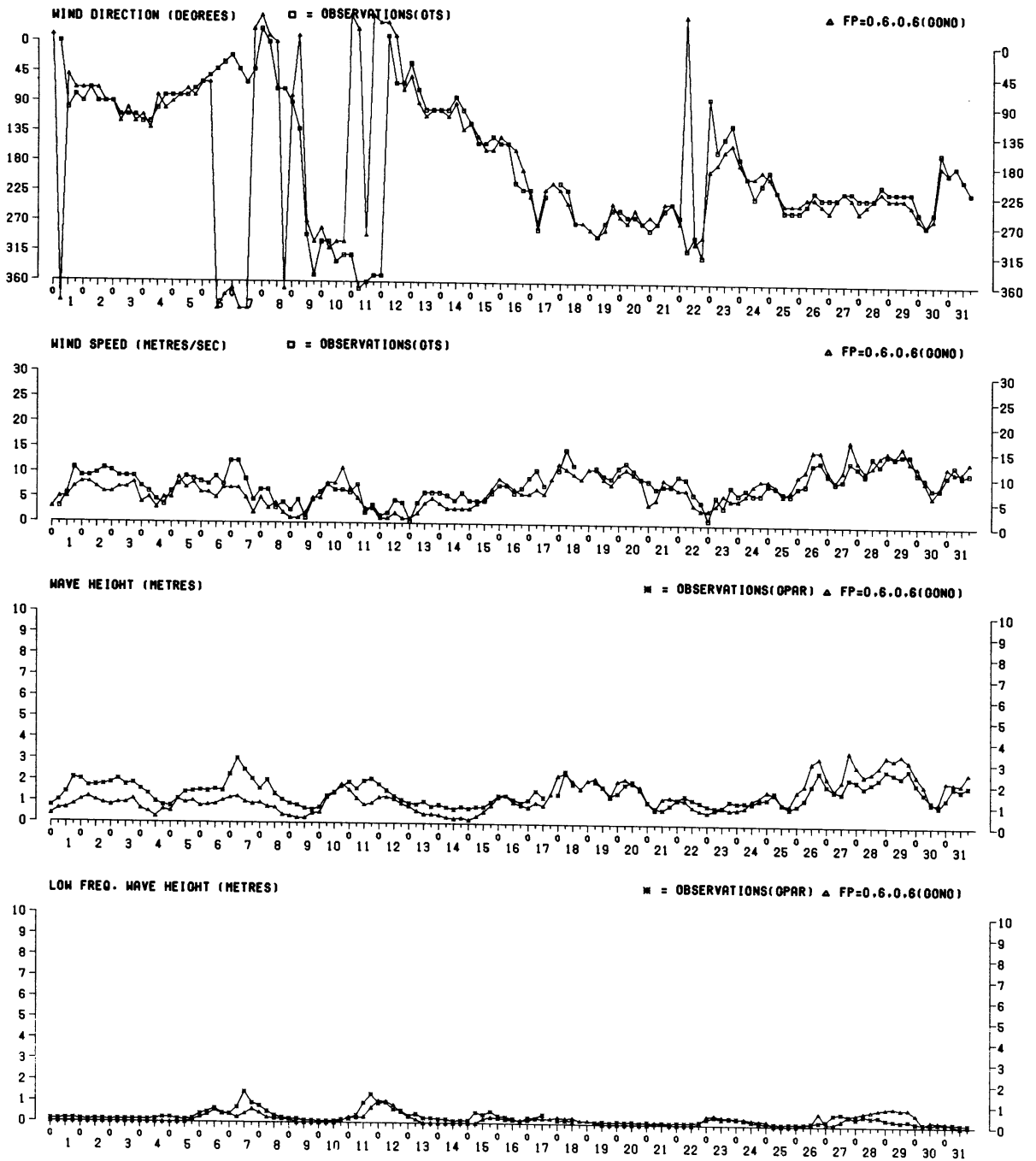


FIG. 18

JANUARY 1988

K13-AREA 80

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

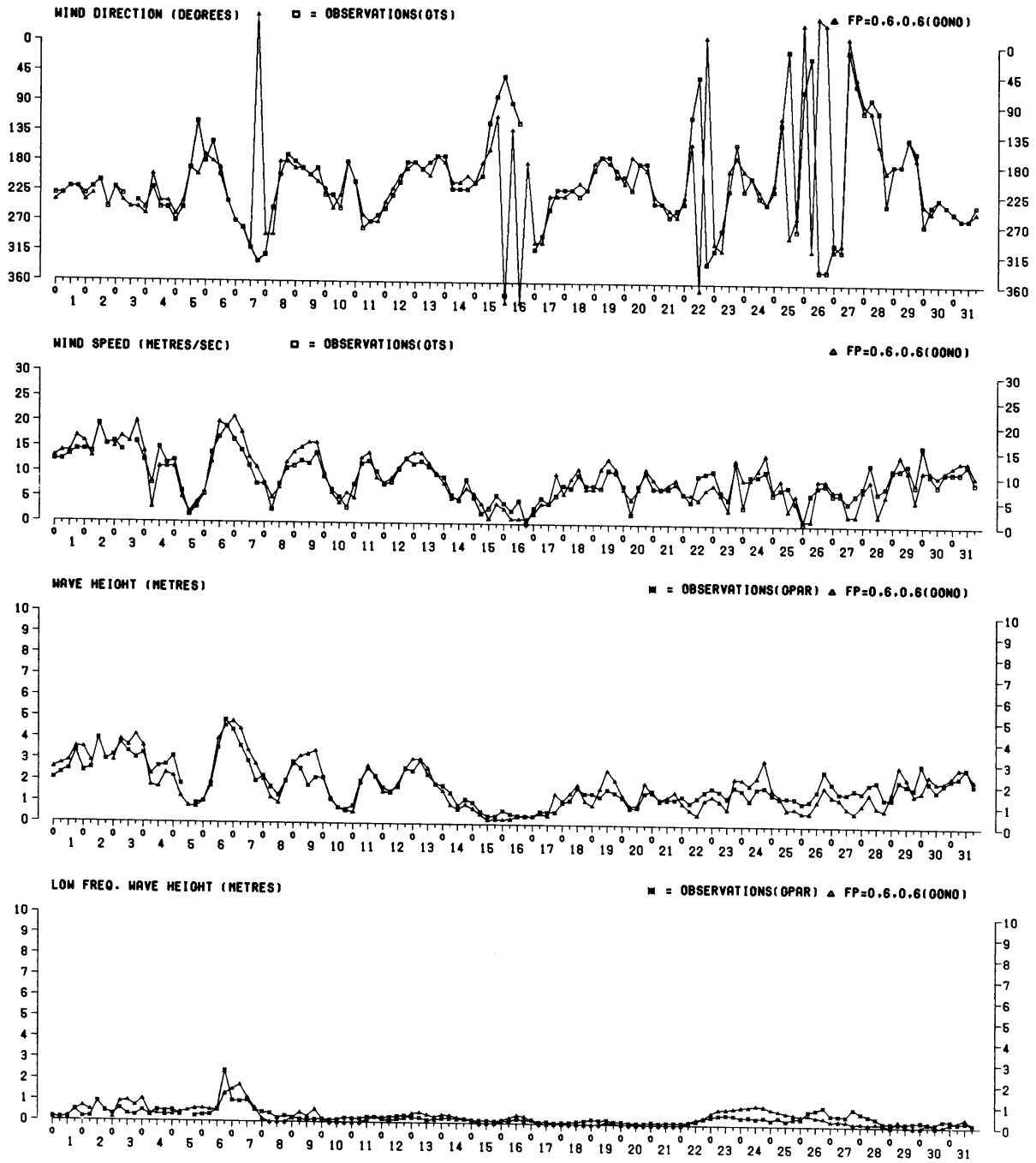


FIG. 19

FEBRUARY 1988

K13-AREA 80

KWMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

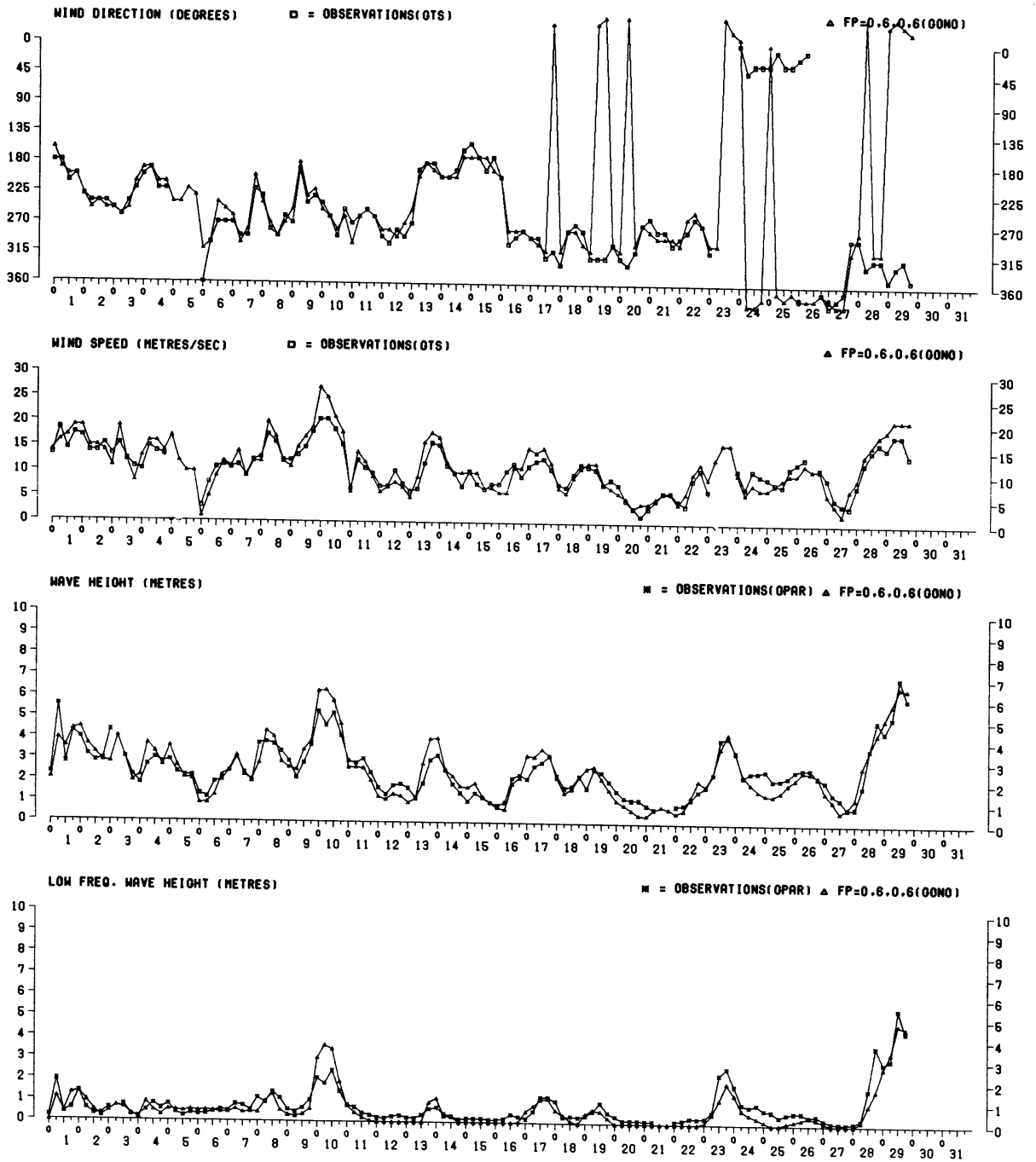


FIG. 20

MARCH 1988

K13-AREA 80

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

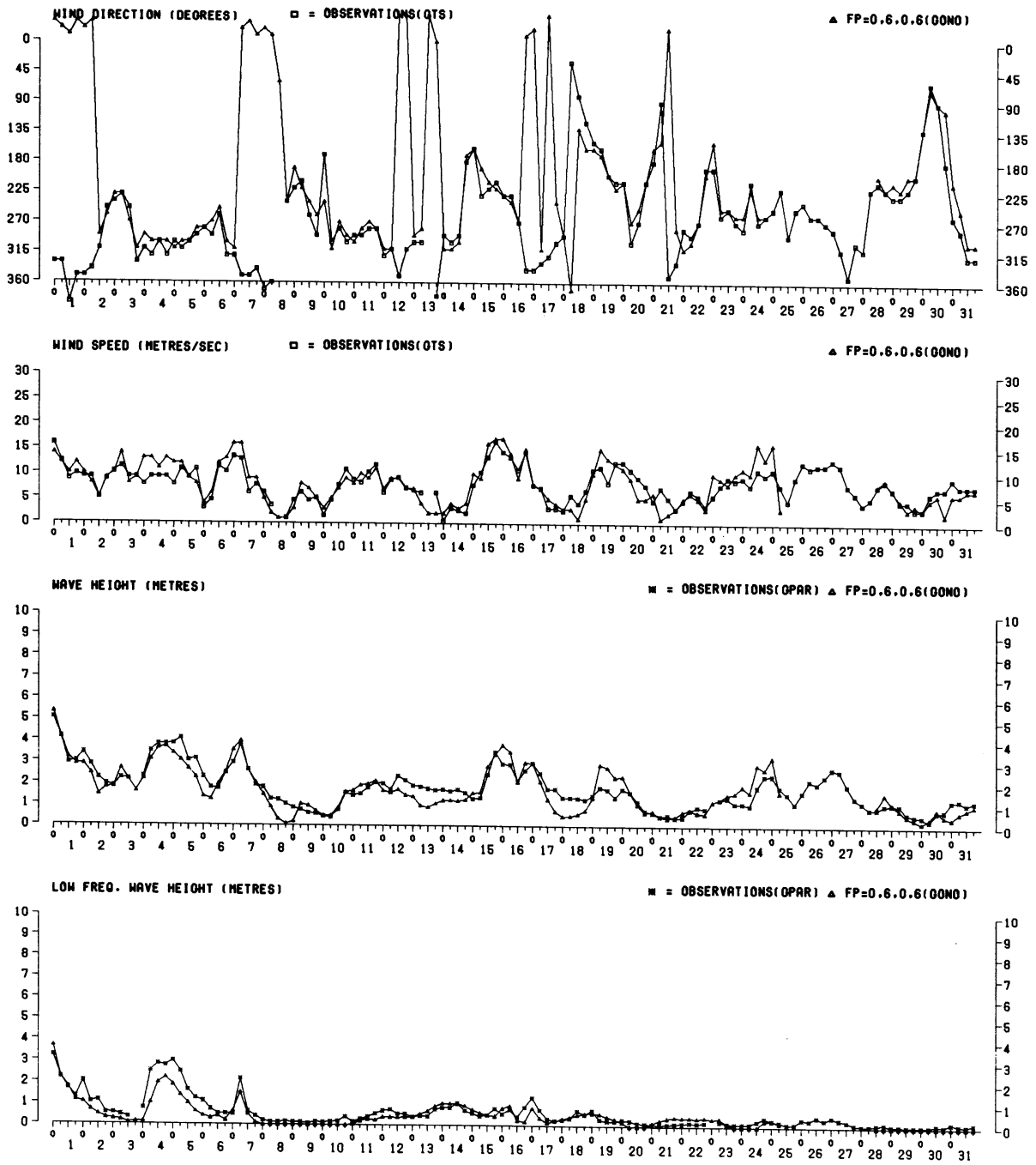


FIG. 21

APRIL 1988

K13-AREA 80

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

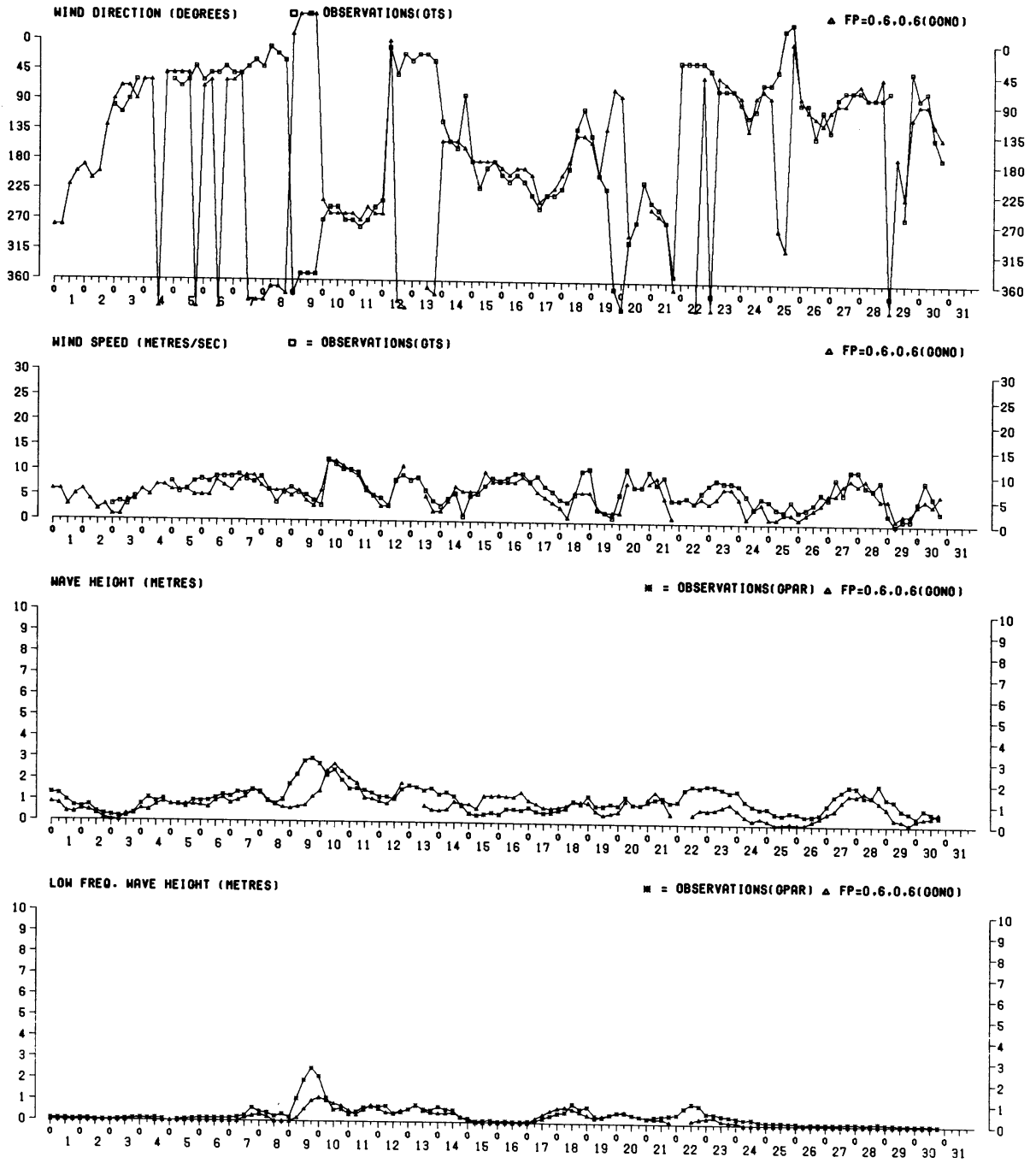


FIG. 22

OCTOBER 1987

AUK-AREA 11

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

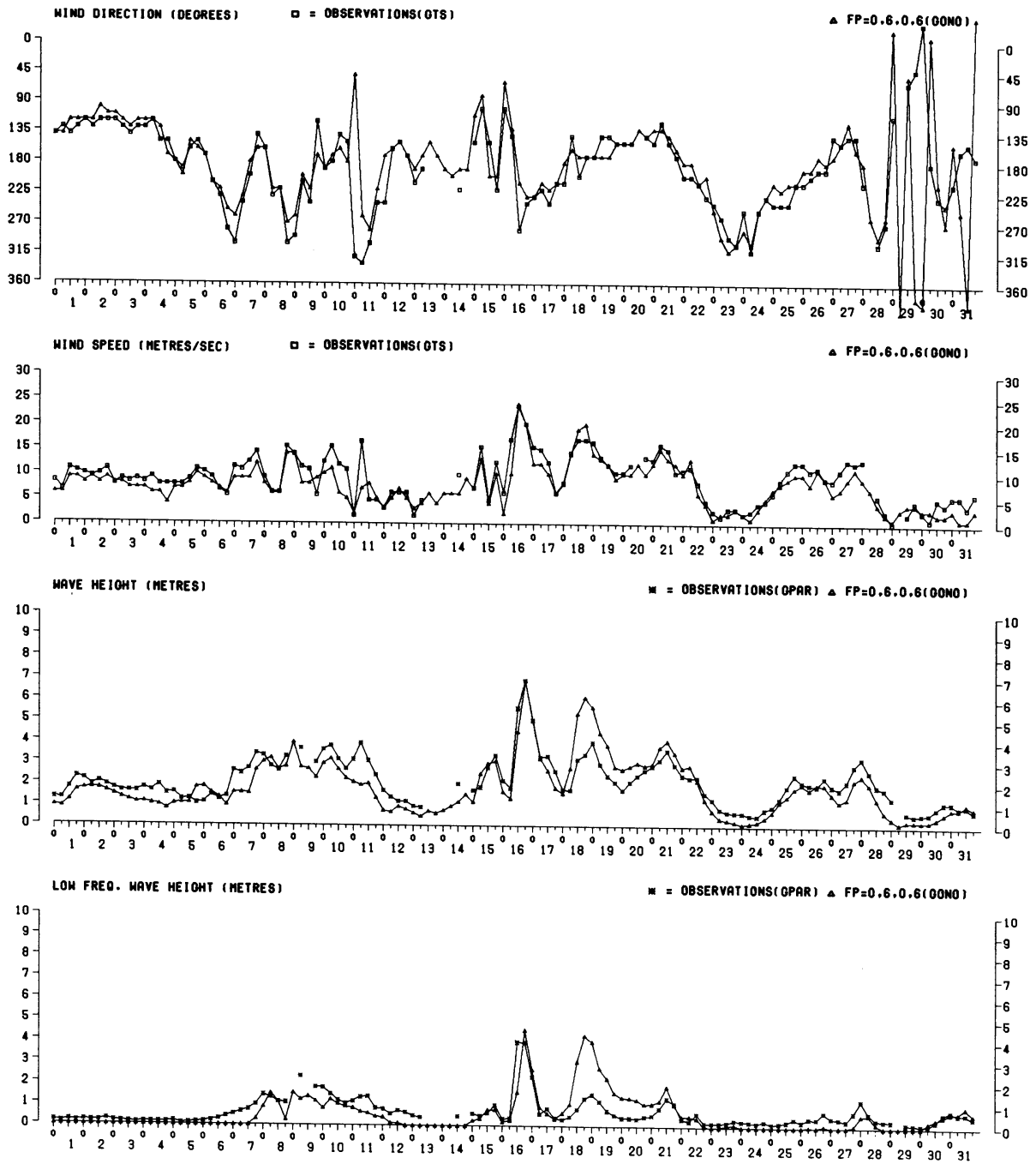


FIG. 23

NOVEMBER 1987

AUK-AREA 11

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

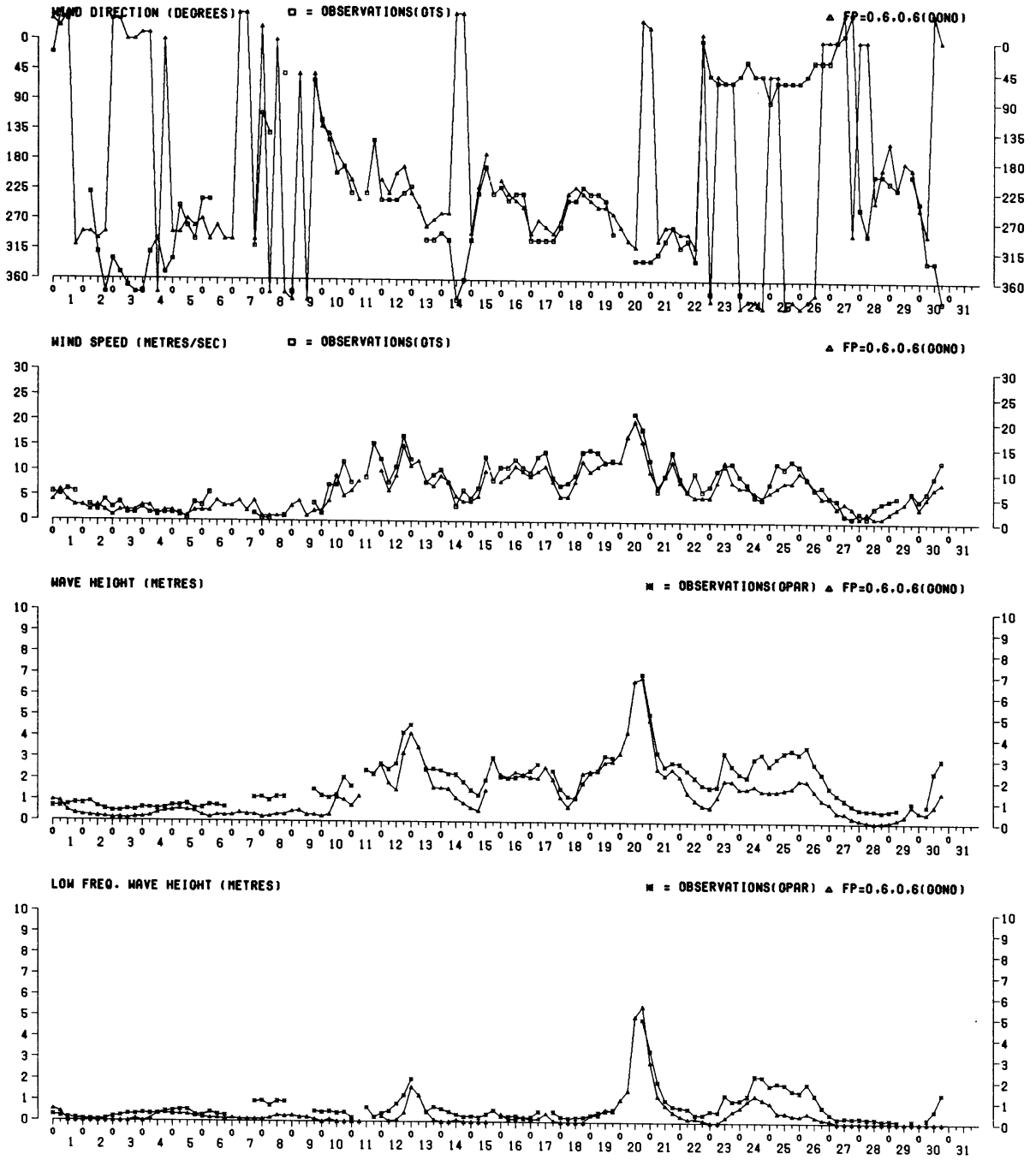


FIG. 24

DECEMBER 1987

AUK-AREA 11

KWMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

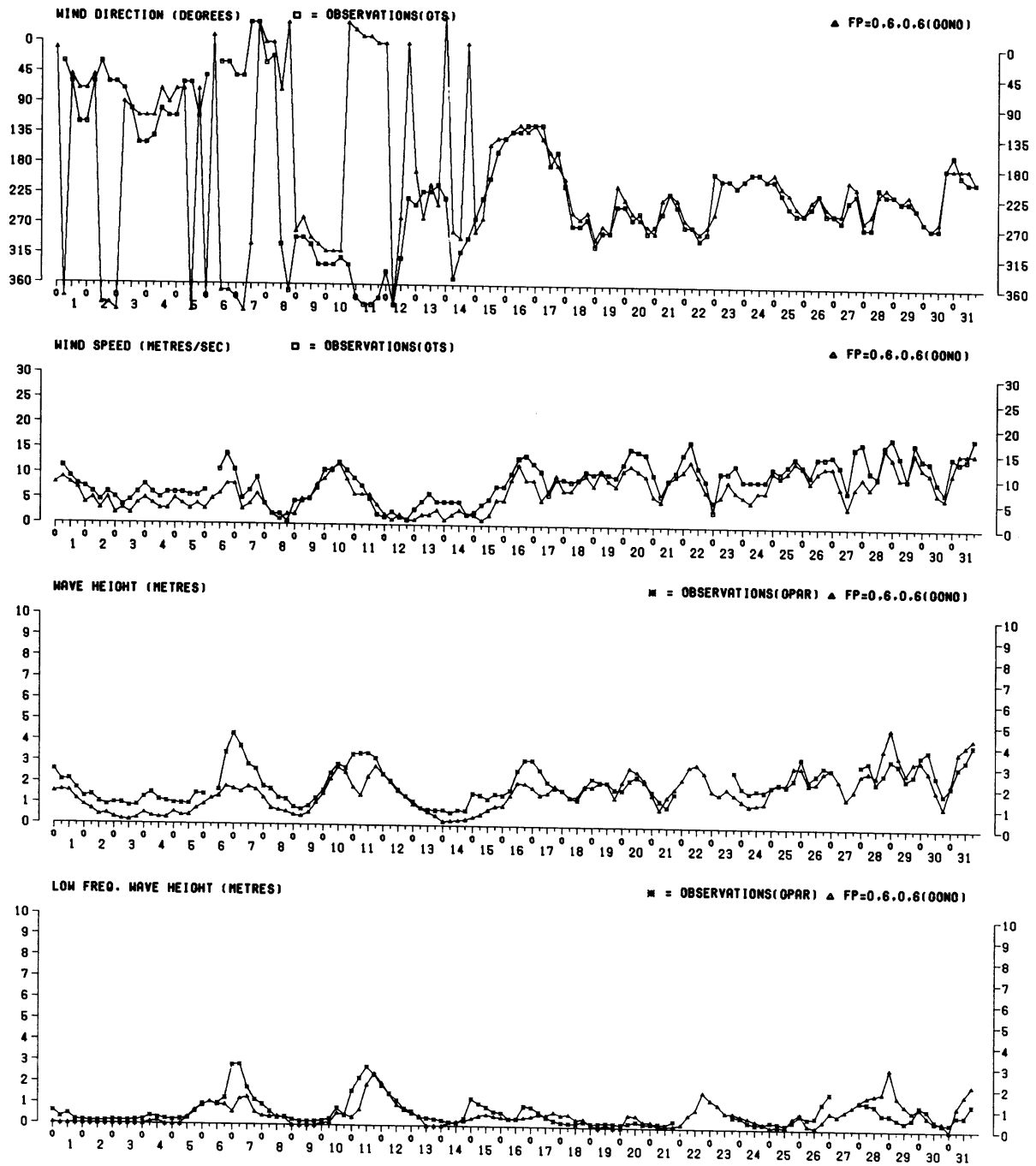


FIG. 25

JANUARY 1988

AUK-AREA 11

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

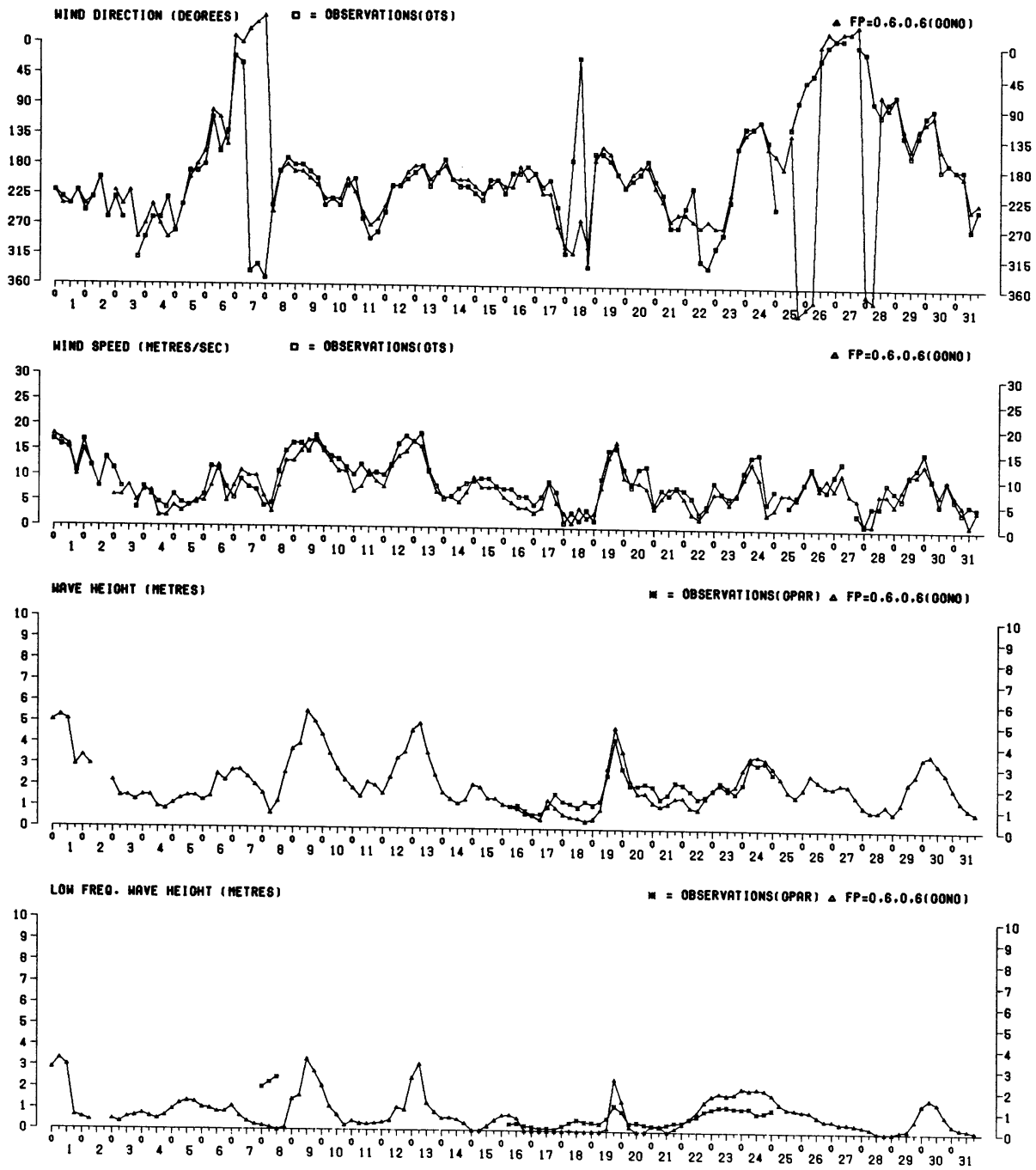


FIG. 26

FEBRUARY 1988

AUK-AREA 11

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

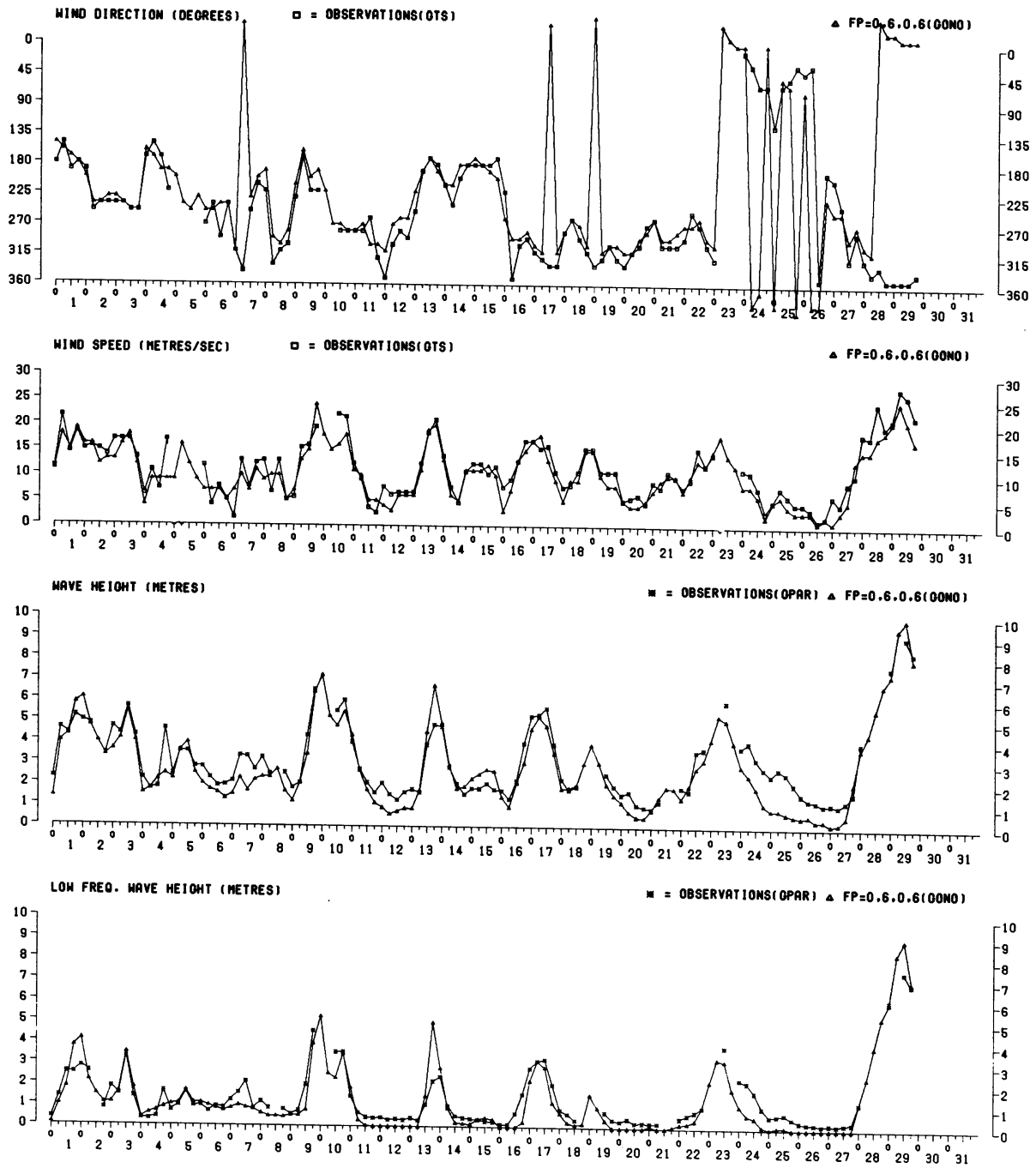


FIG. 27

MARCH 1988

AUK-AREA 11

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

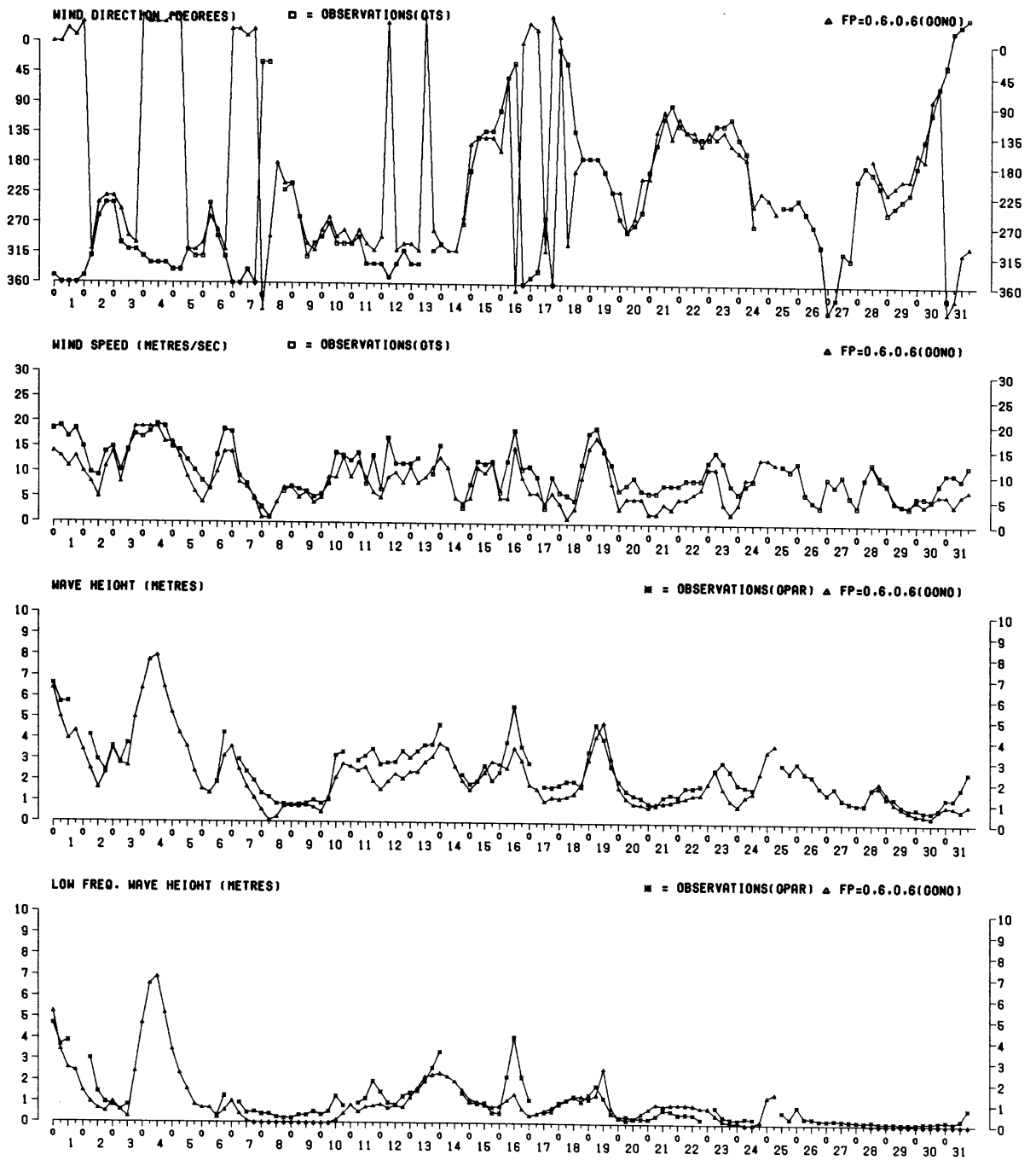


FIG. 28

APRIL 1988

AUK-AREA 11

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

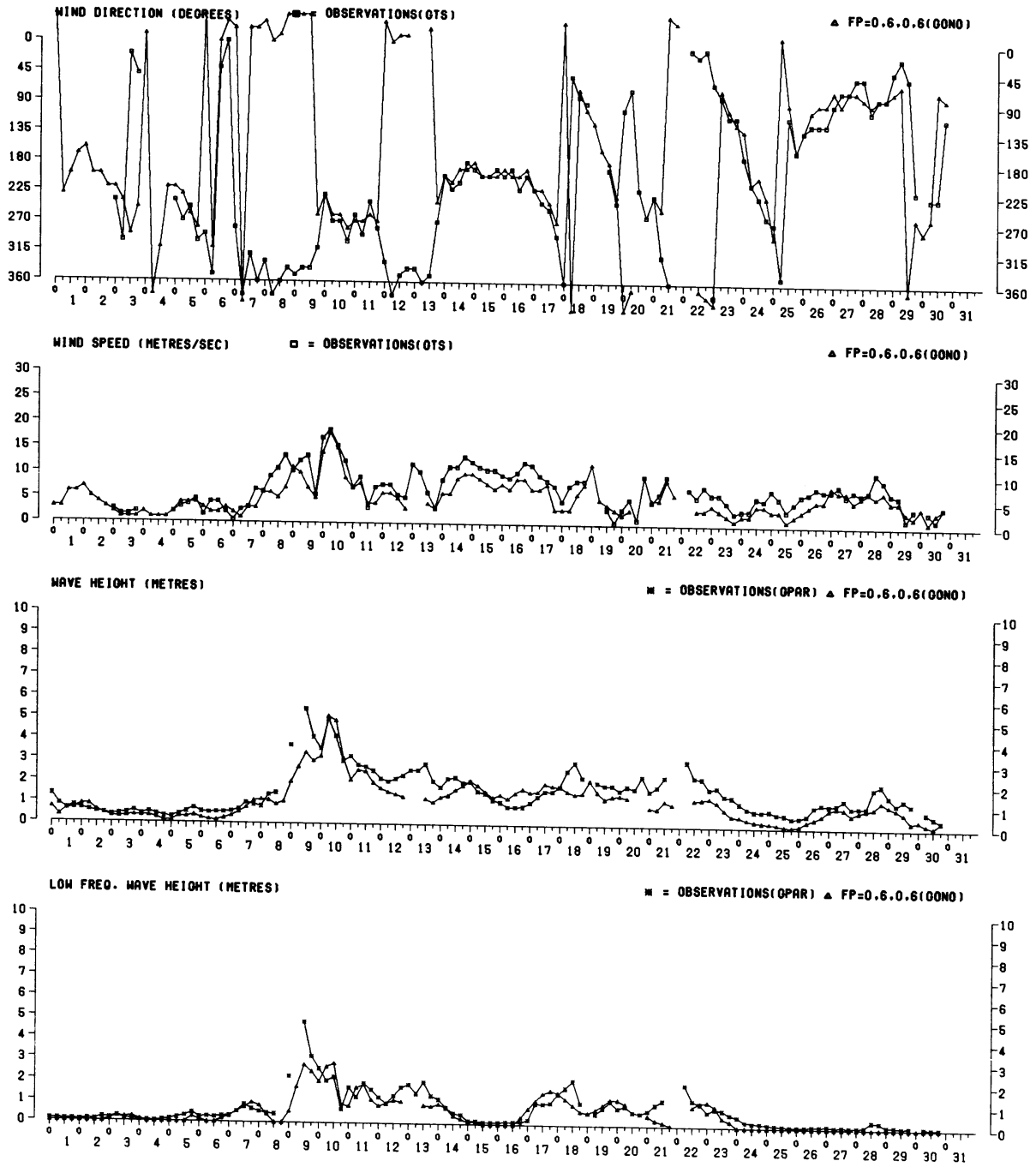


FIG. 29

OCTOBER 1987

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

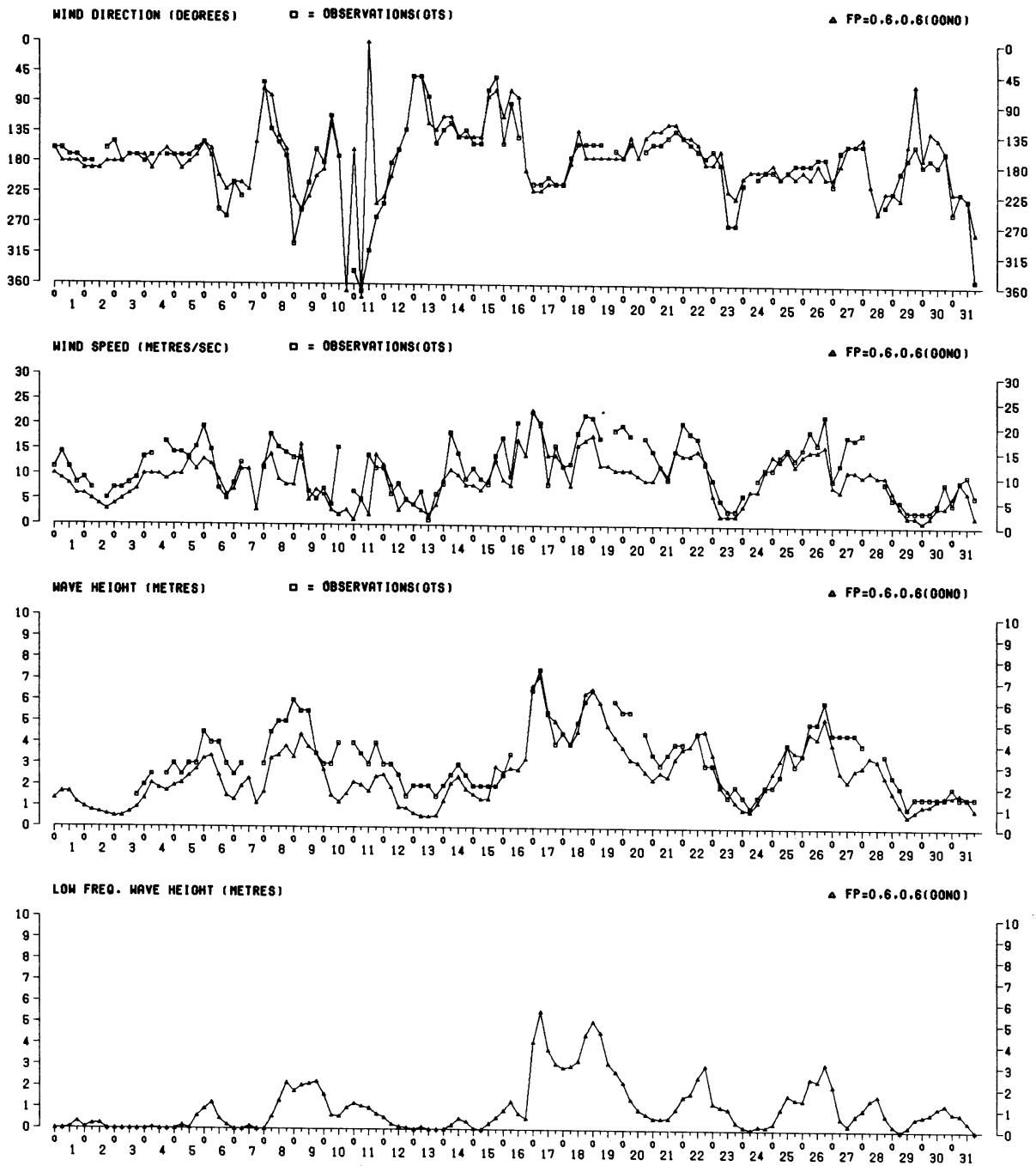


FIG. 30

NOVEMBER 1987

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

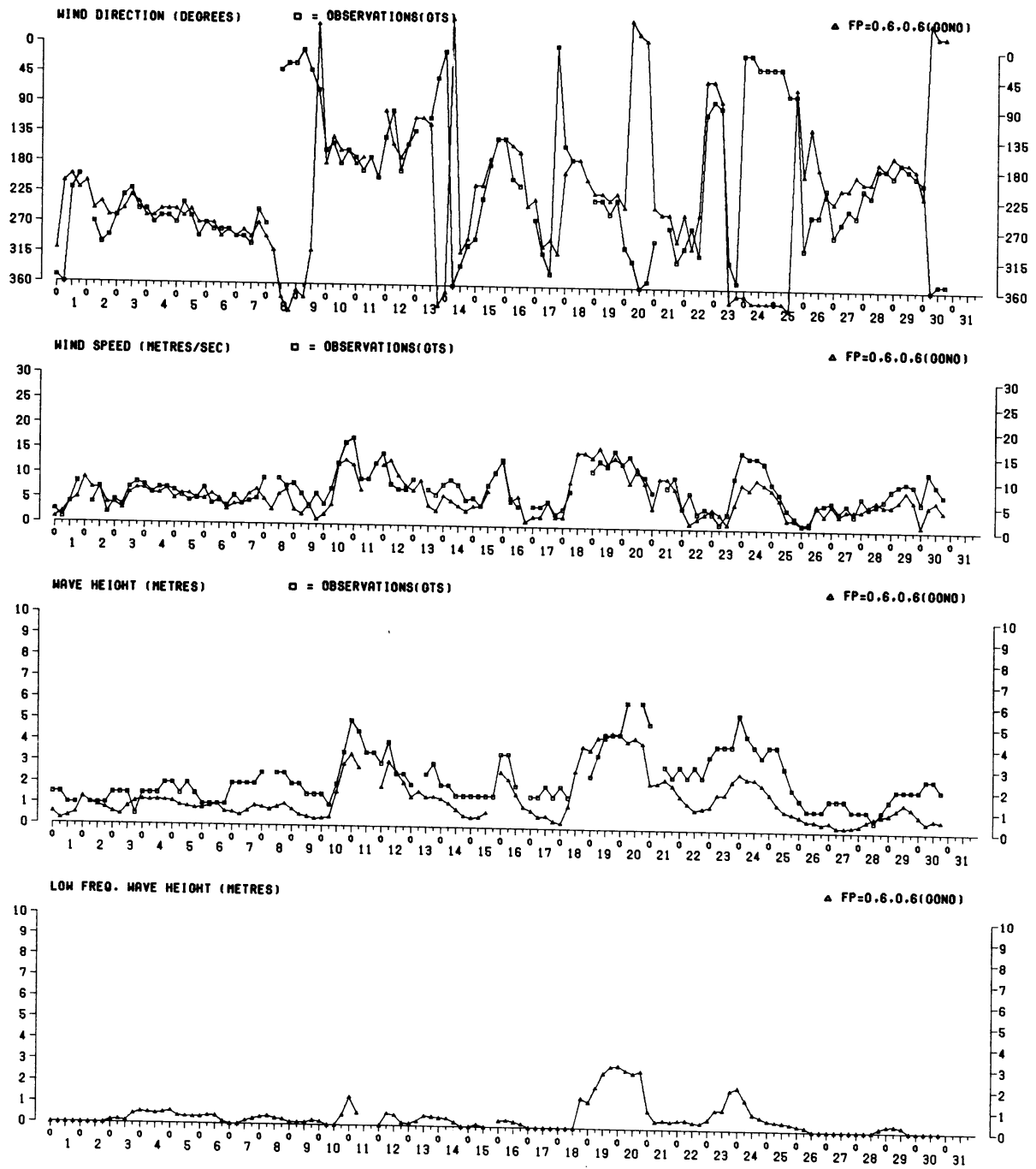


FIG. 31

DECEMBER 1987

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

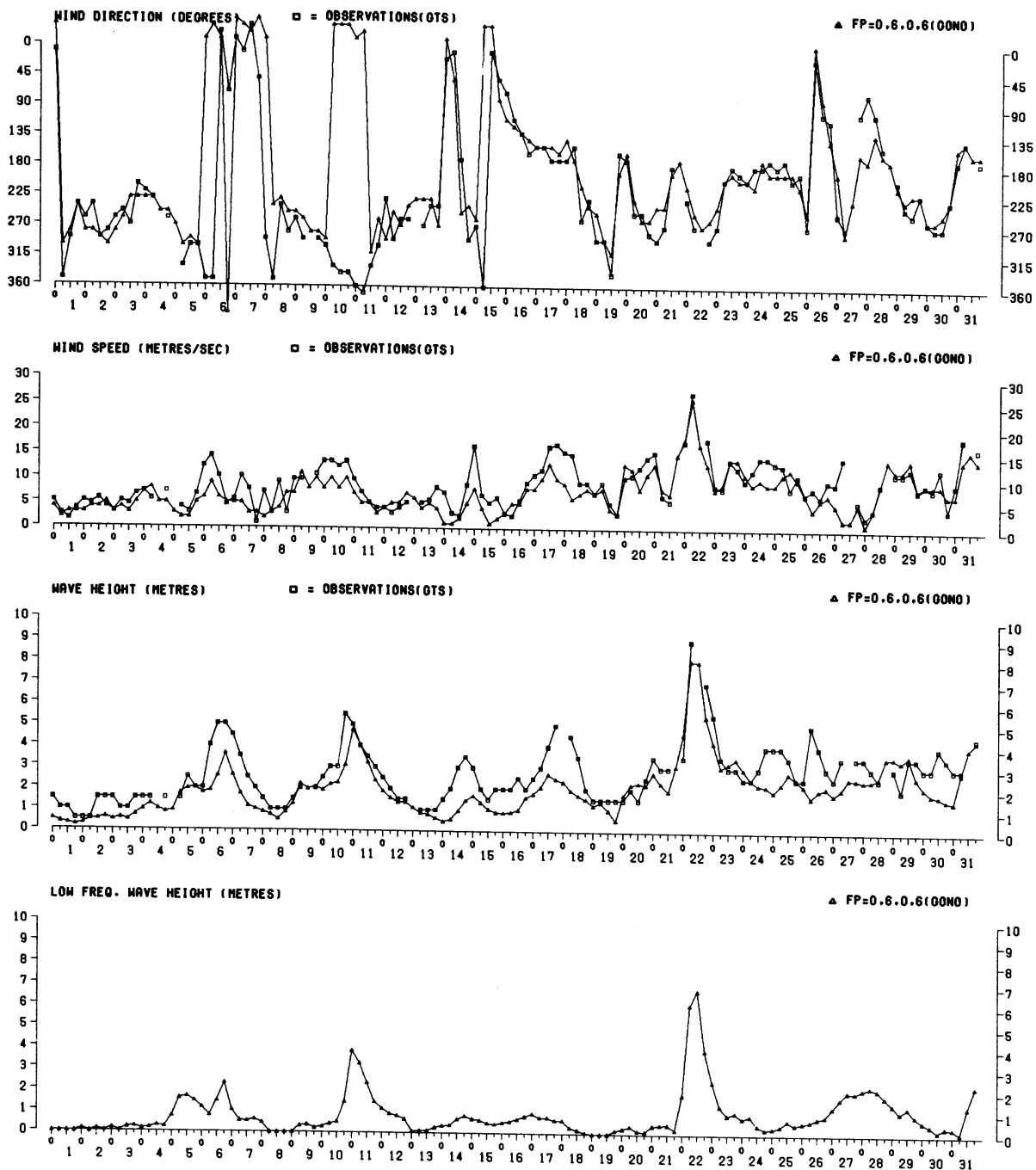


FIG. 32

JANUARY 1988

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

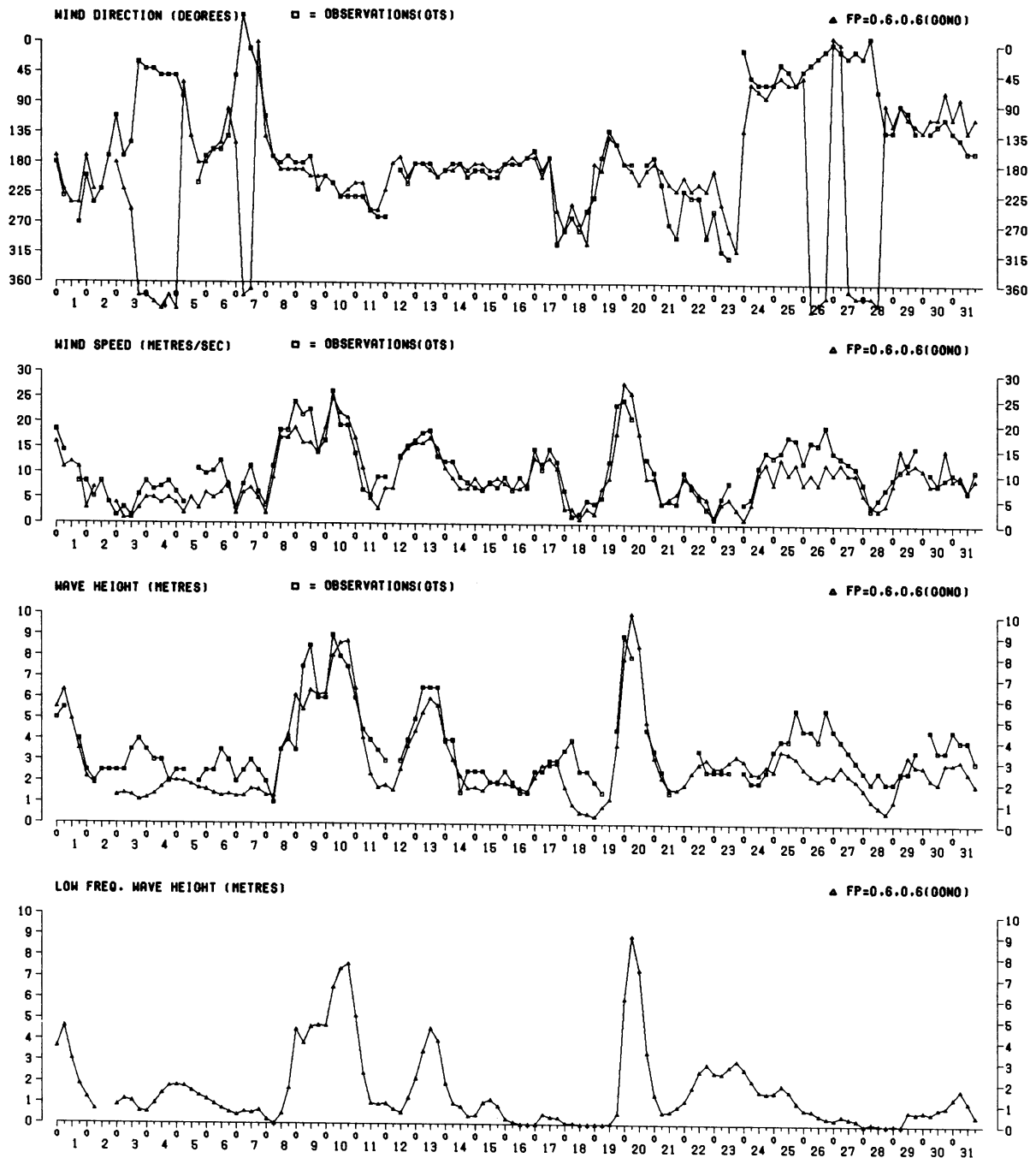


FIG. 33

FEBRUARY 1988

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

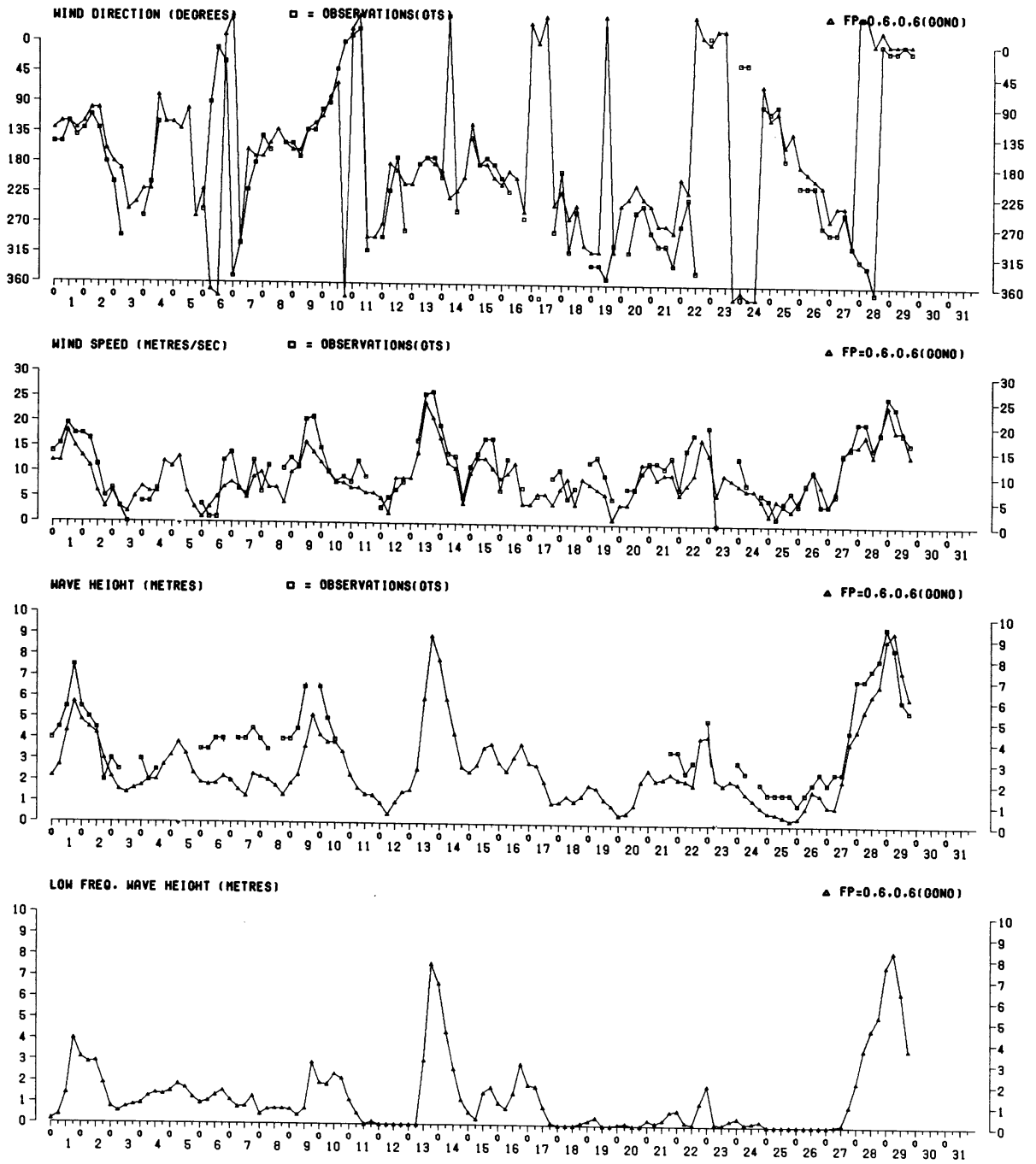


FIG. 34

MARCH 1988

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

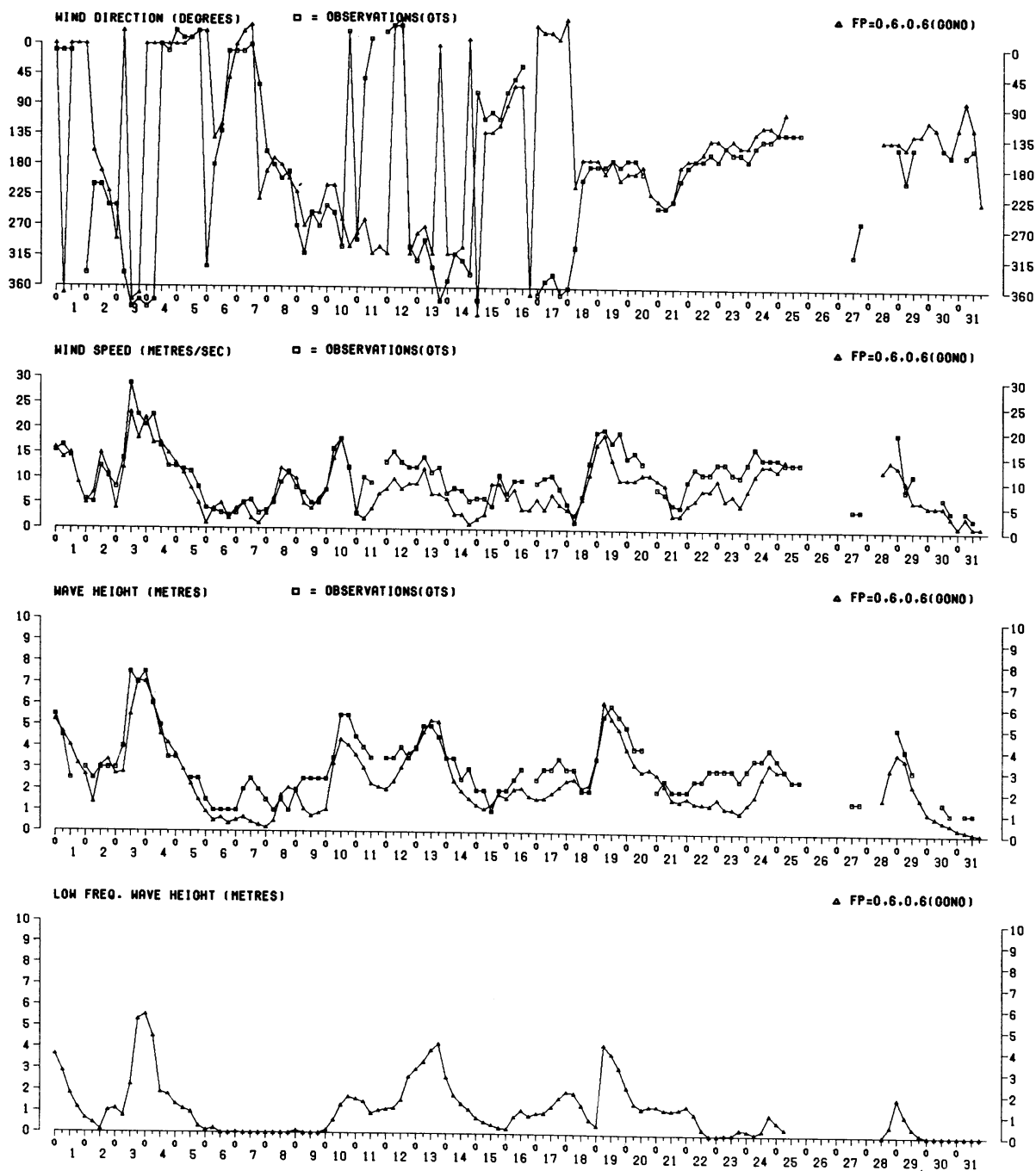


FIG. 35

APRIL 1988

BRENT-AREA 10

KNMI (ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE)
DIVISION OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH

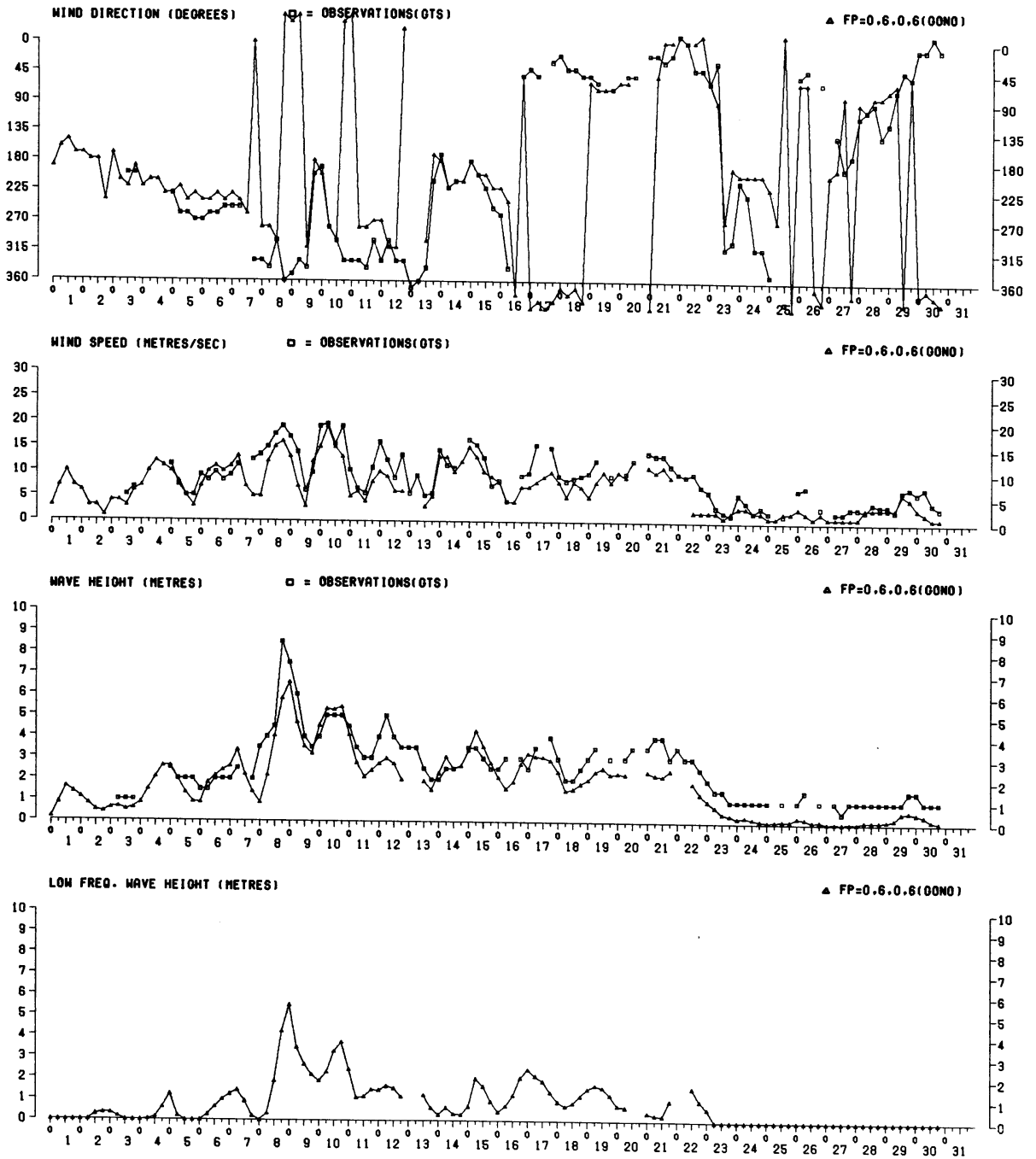
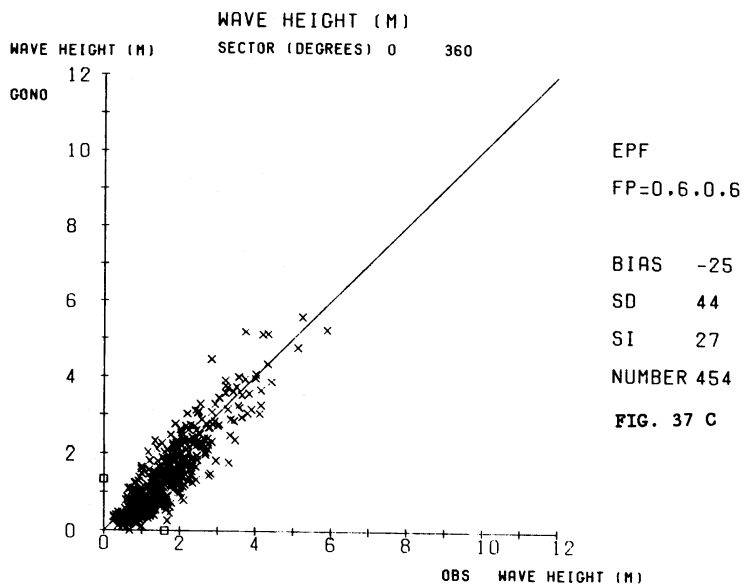
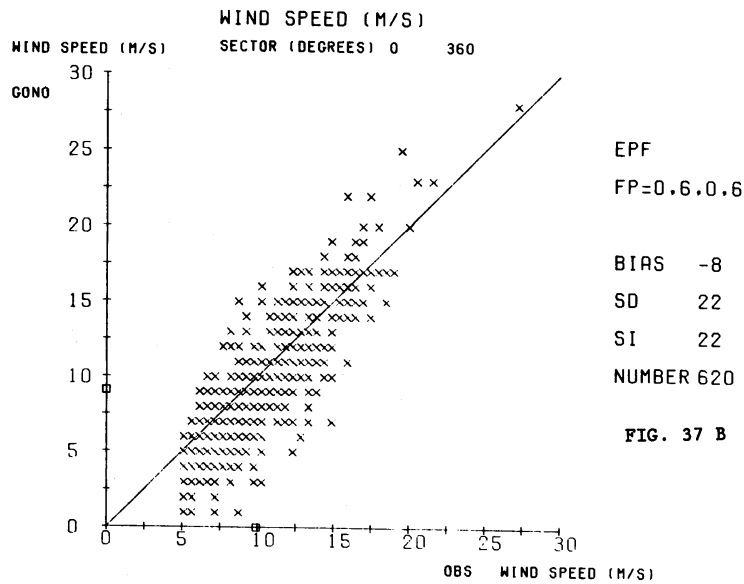
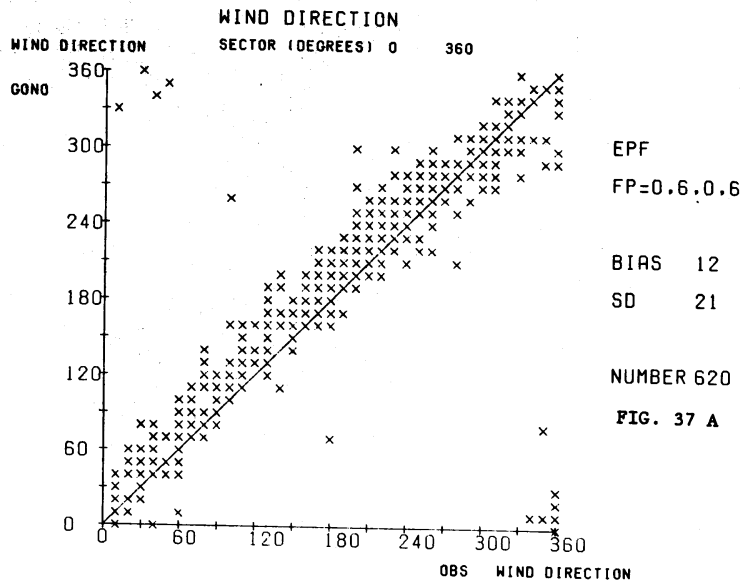


FIG. 36



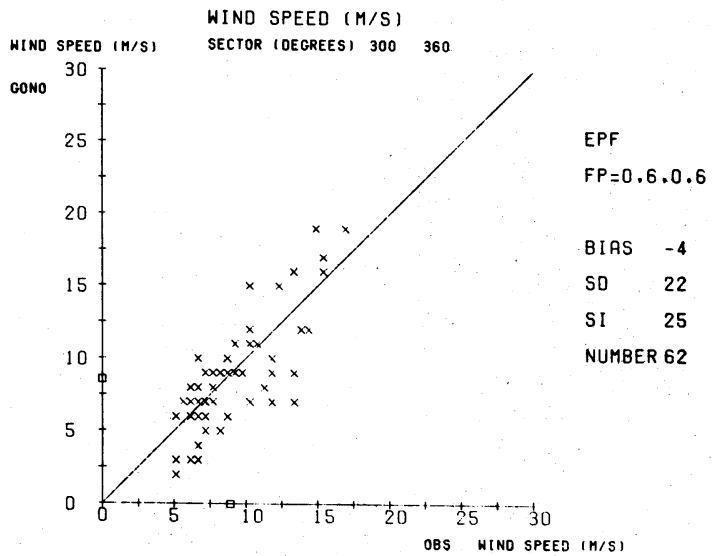
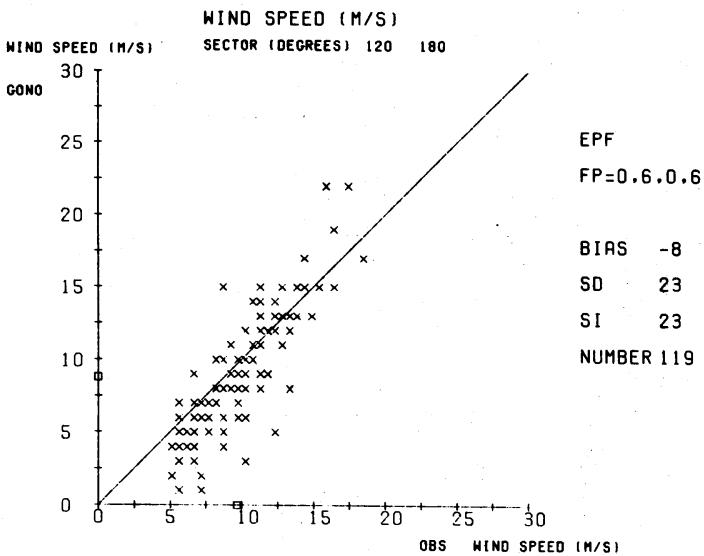
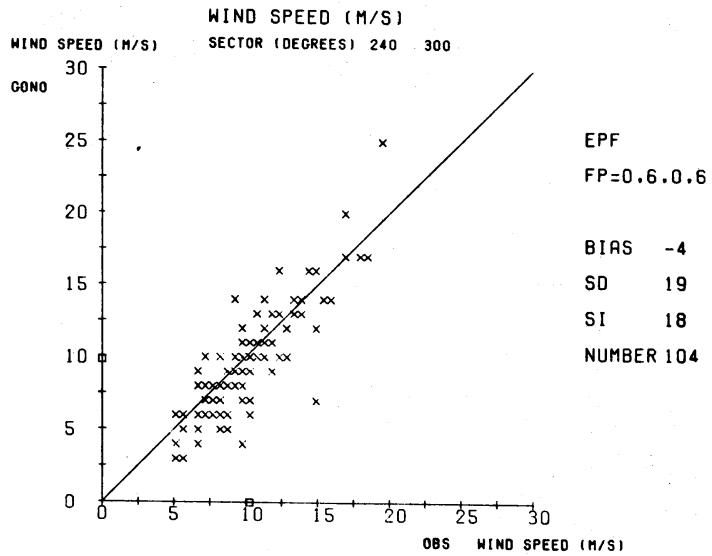
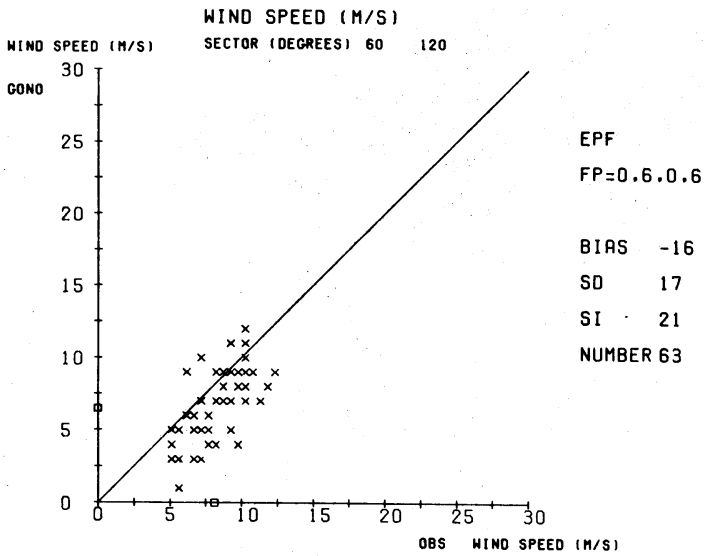
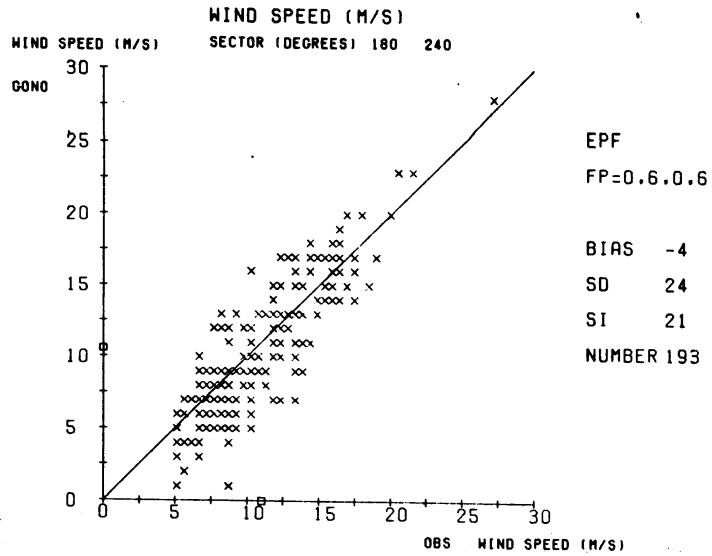
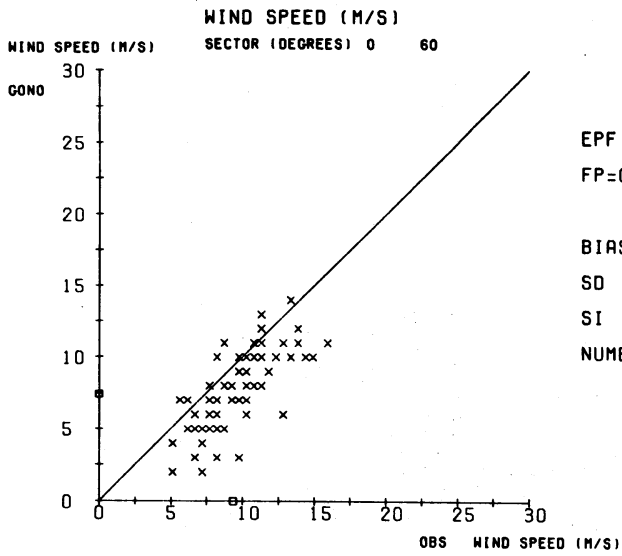


FIG. 38

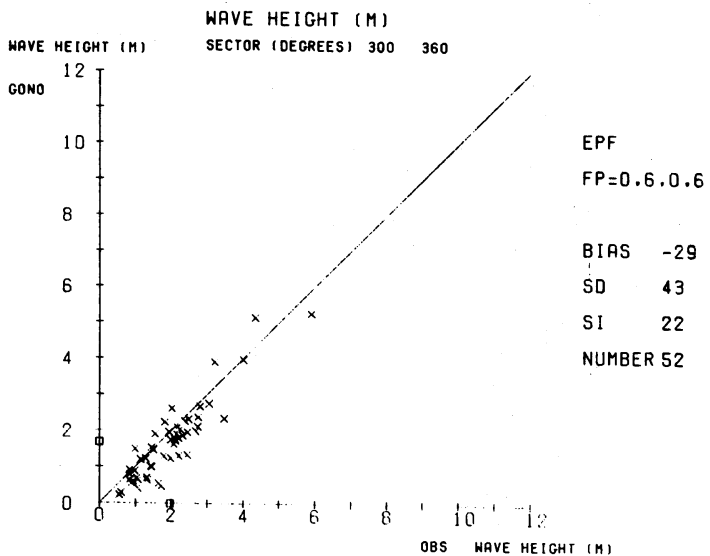
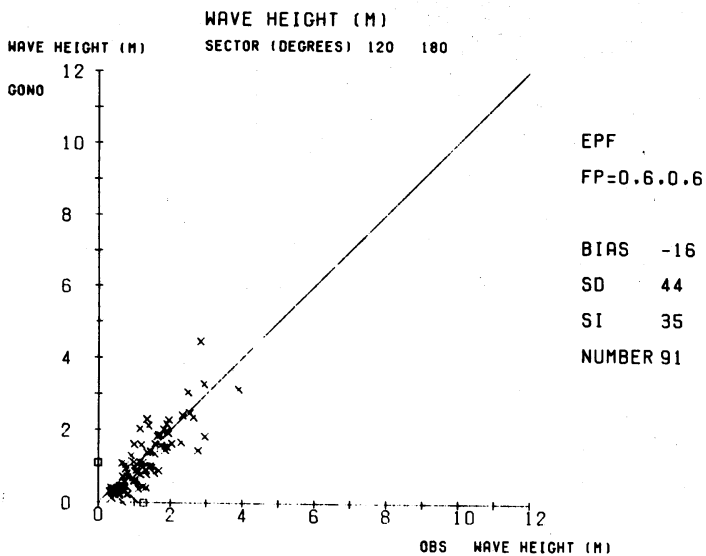
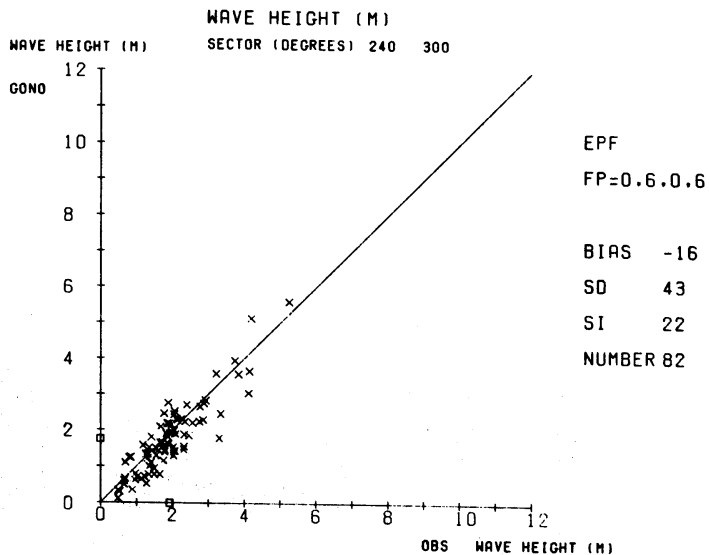
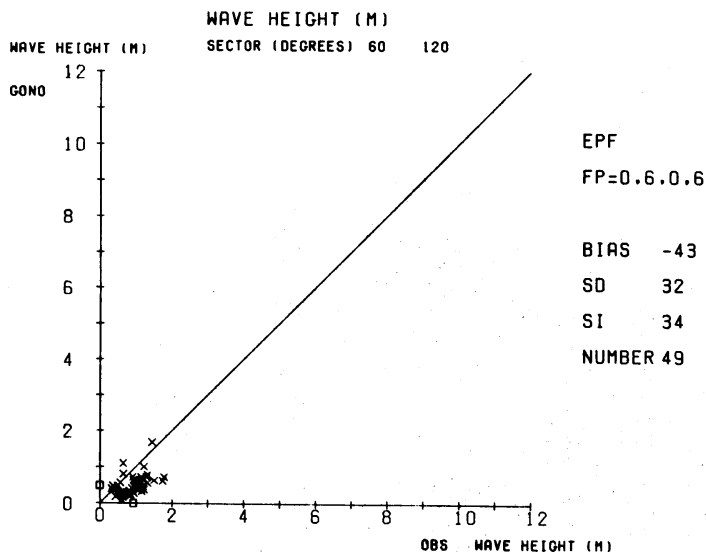
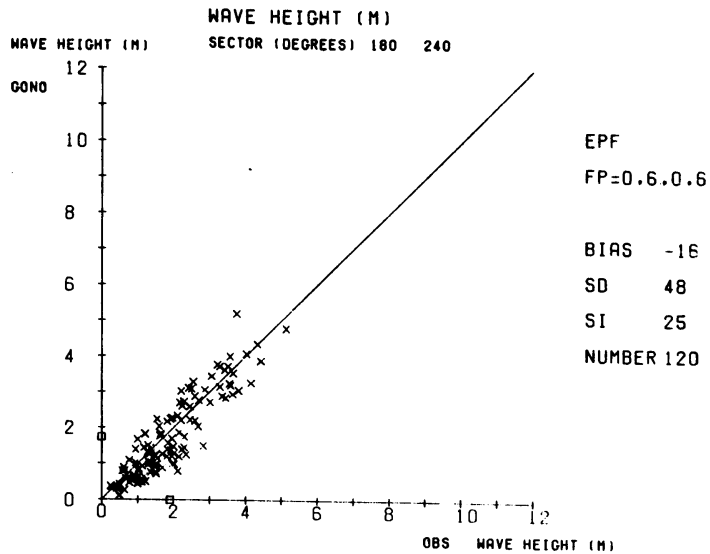
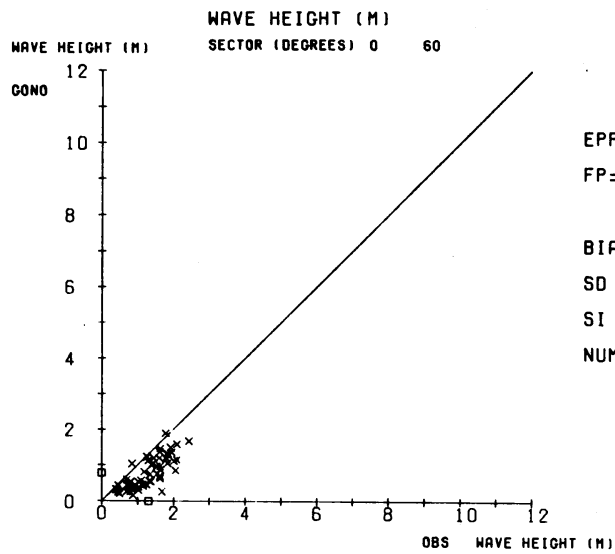
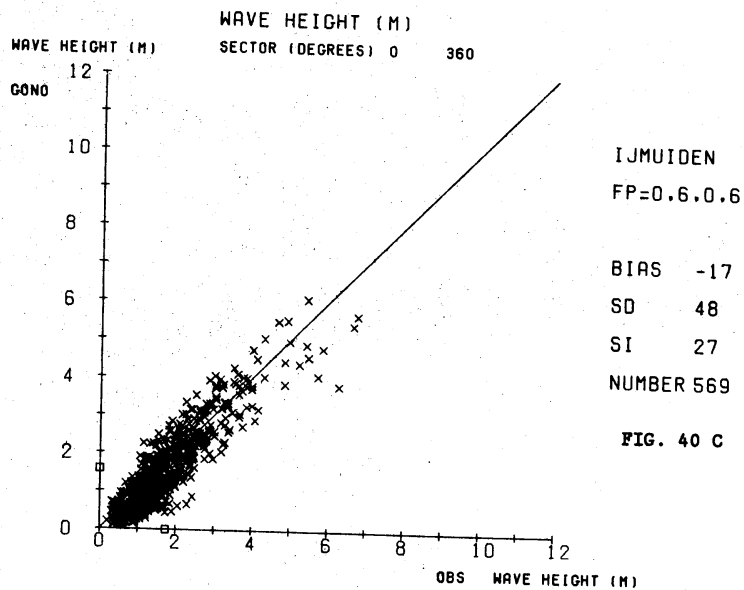
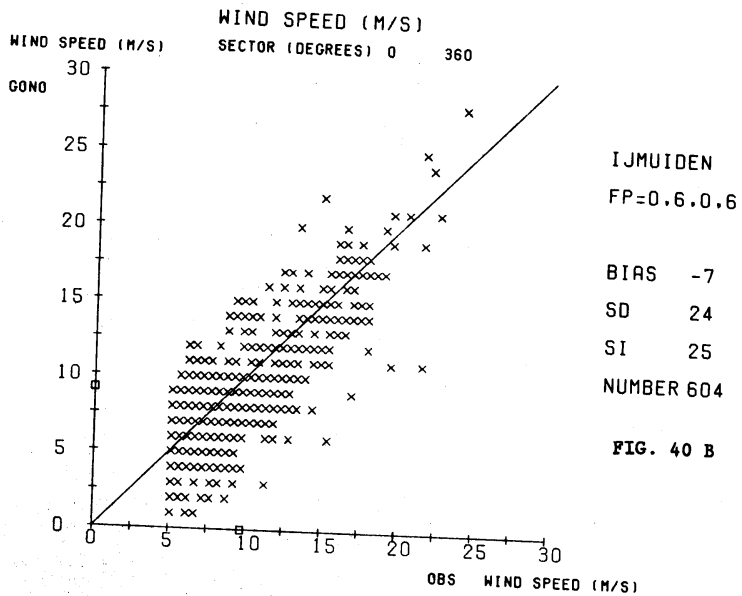
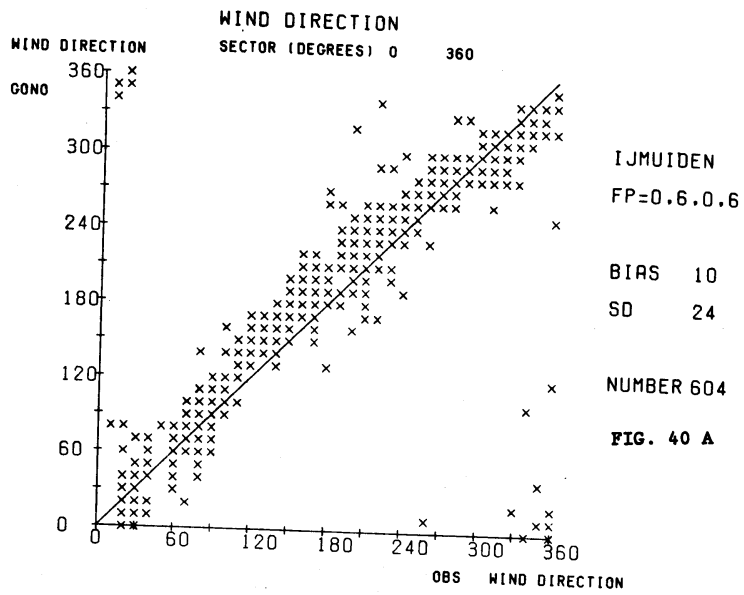


FIG. 39



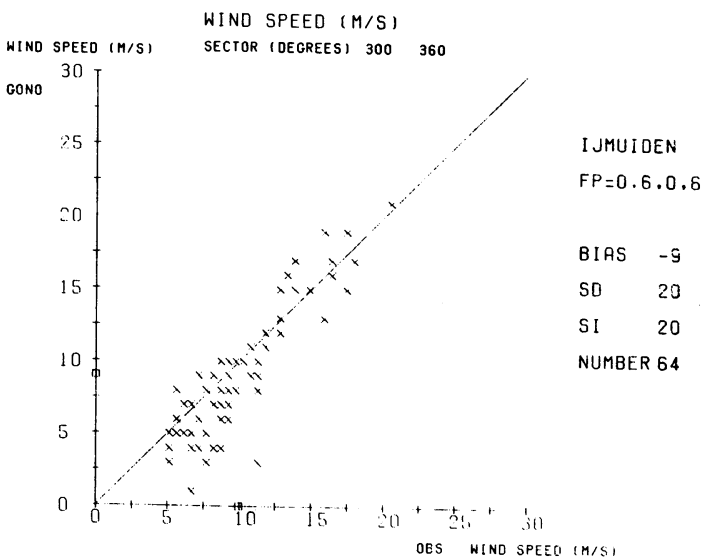
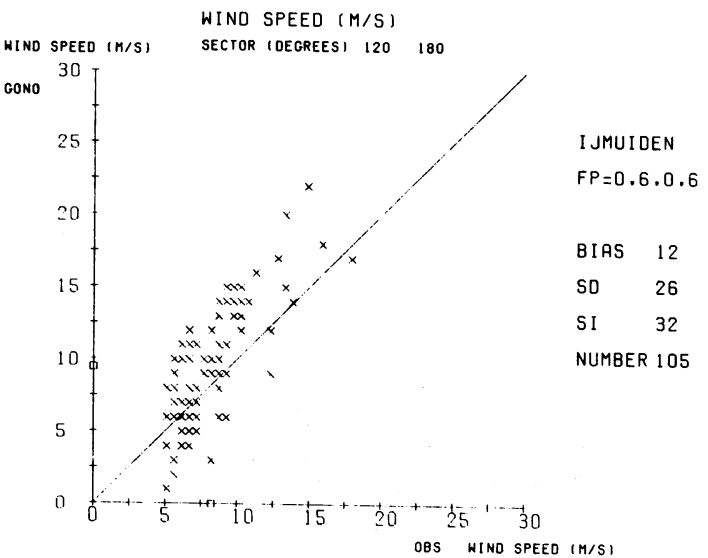
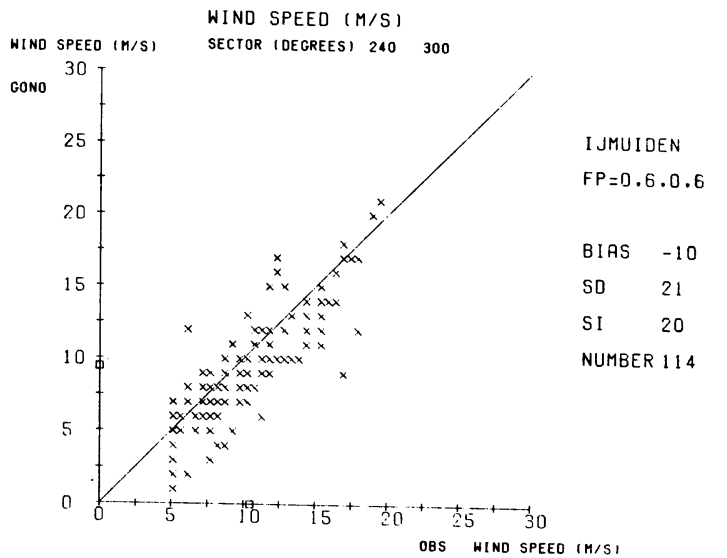
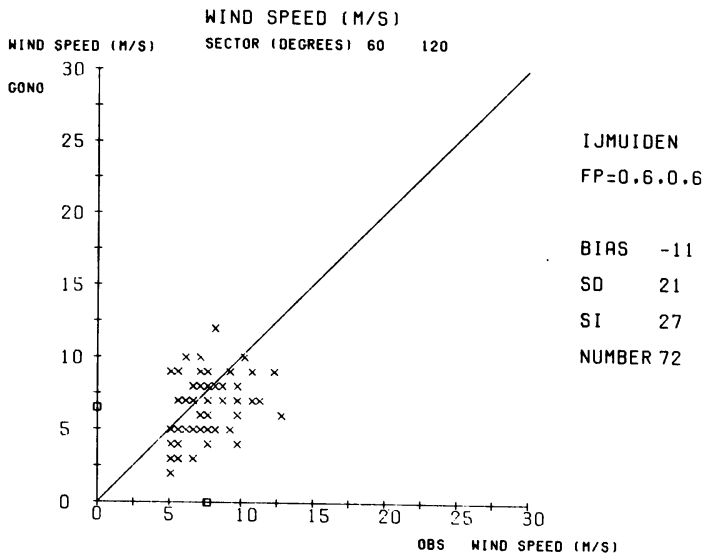
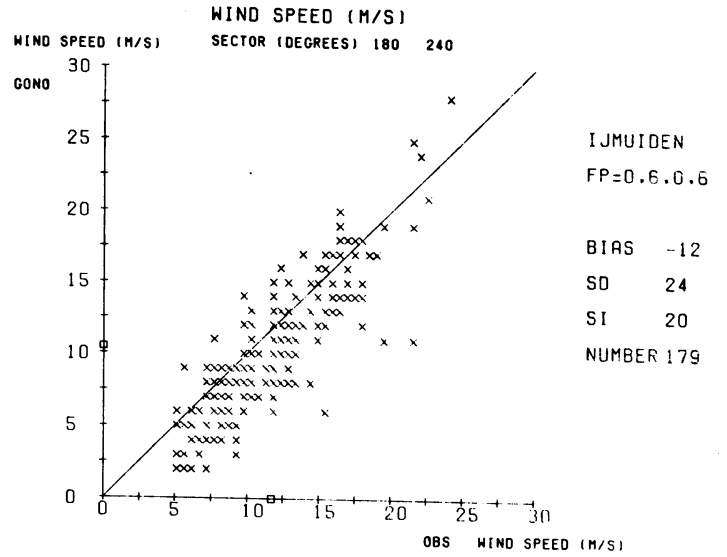
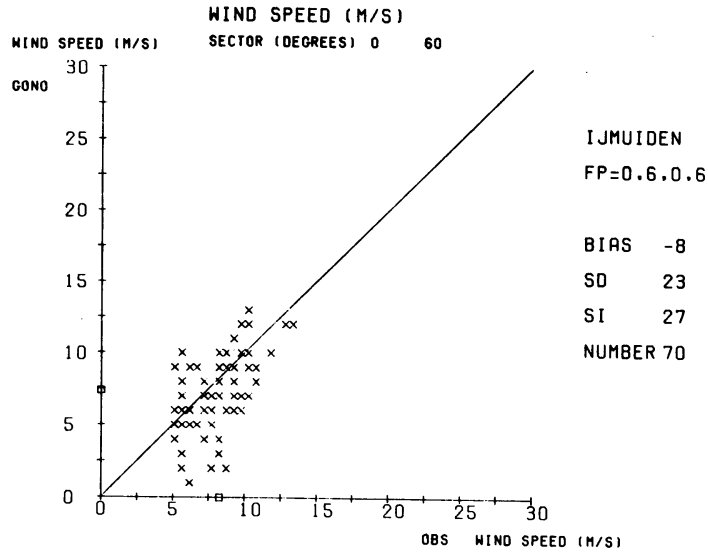


FIG. 41

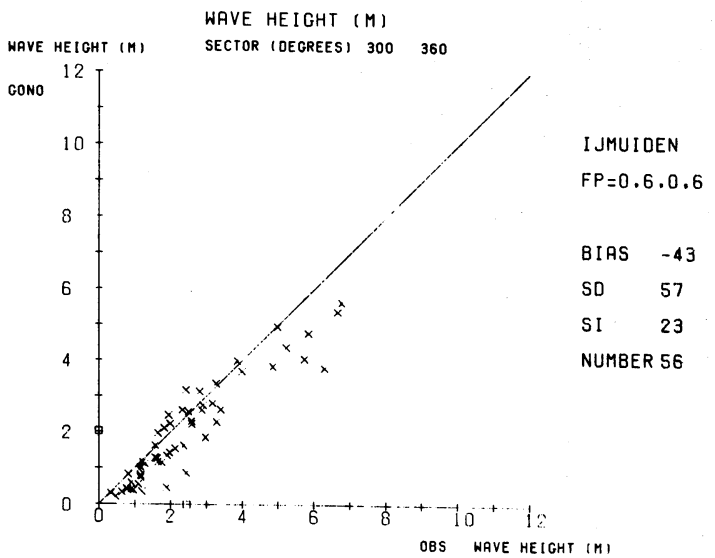
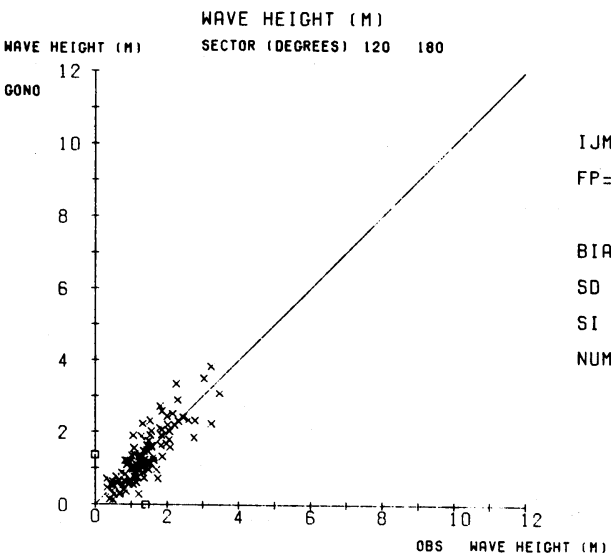
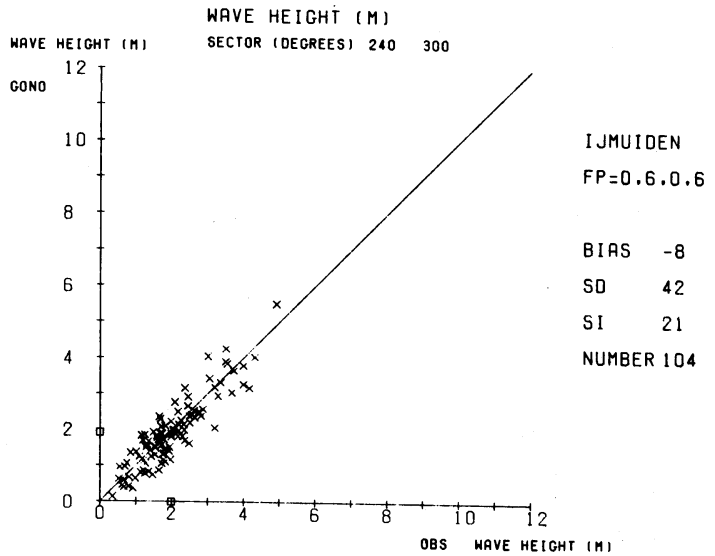
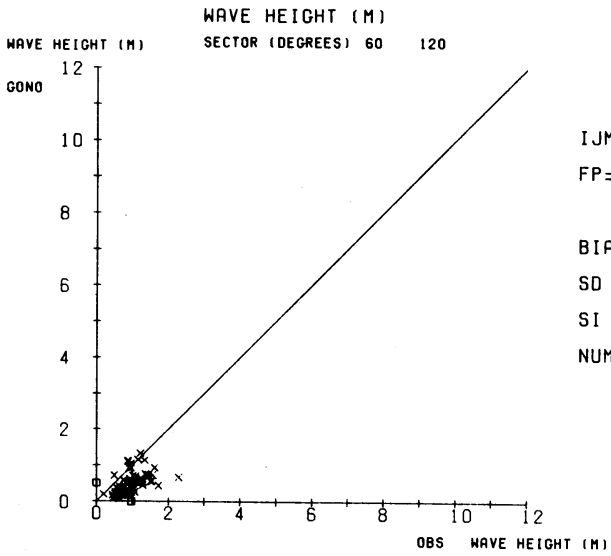
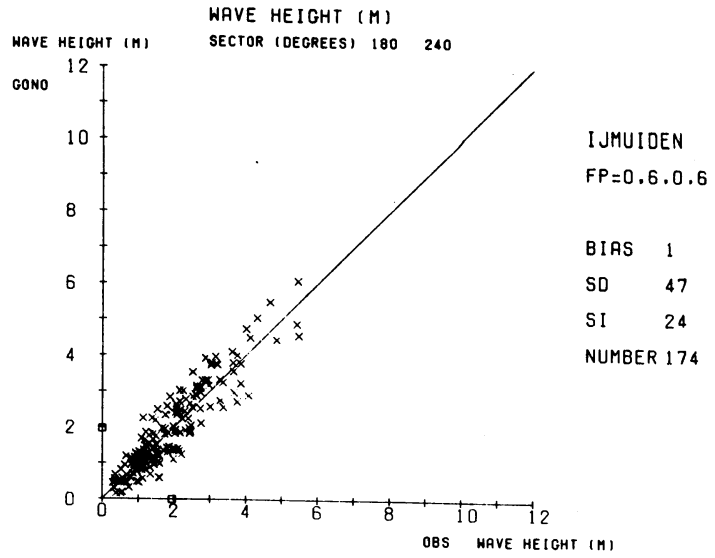
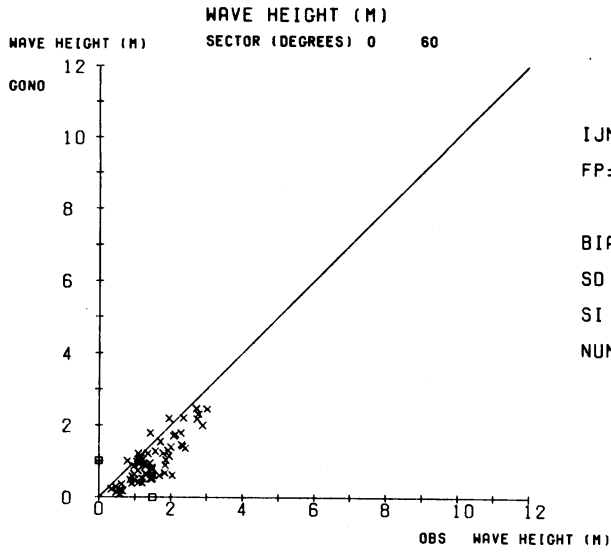
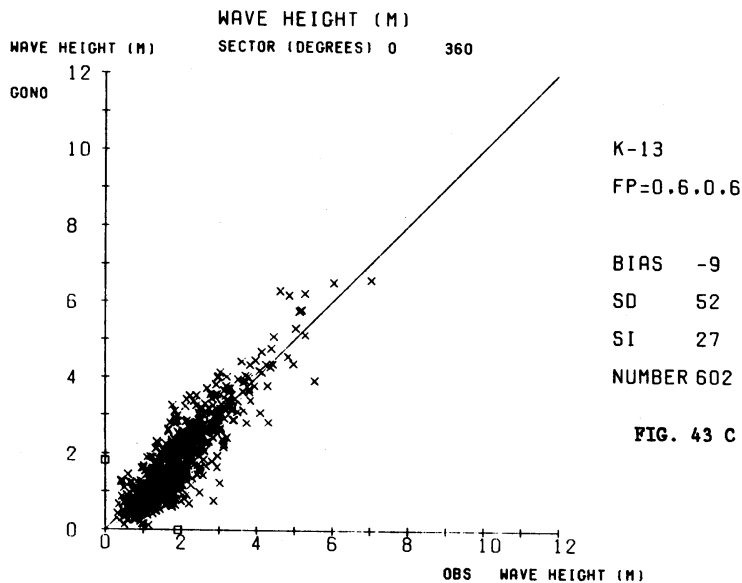
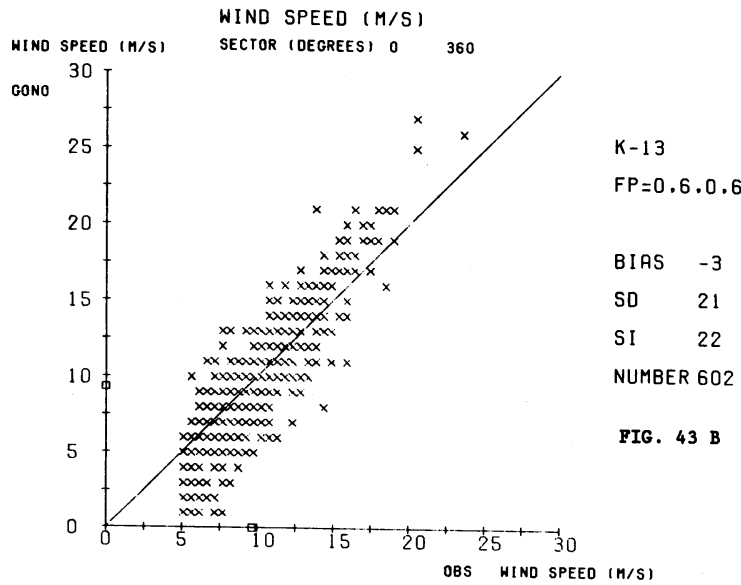
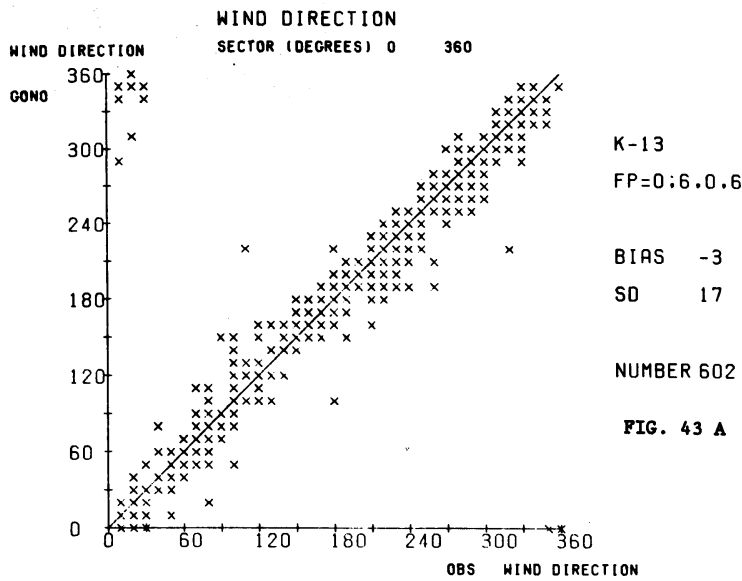


FIG. 42



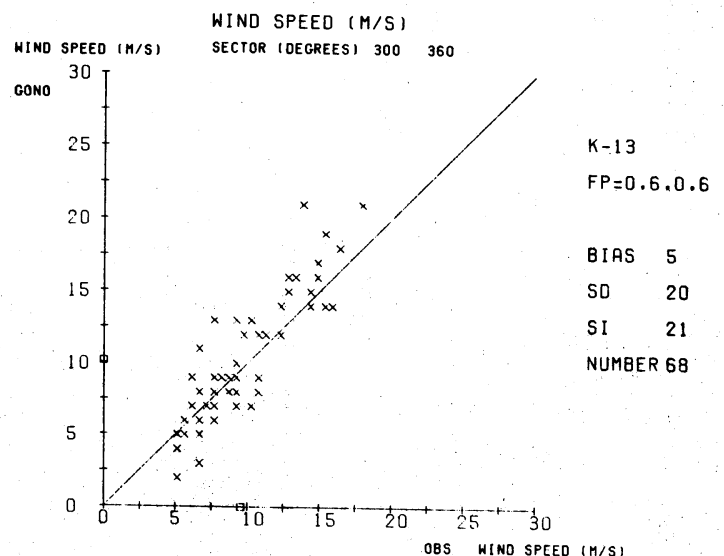
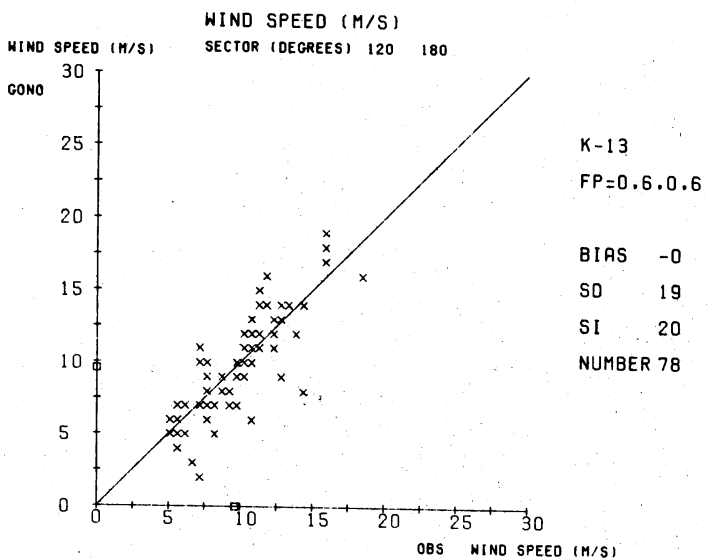
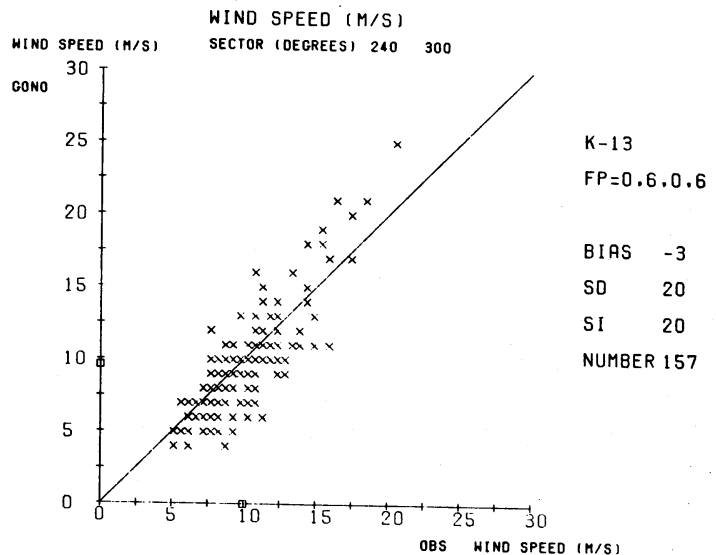
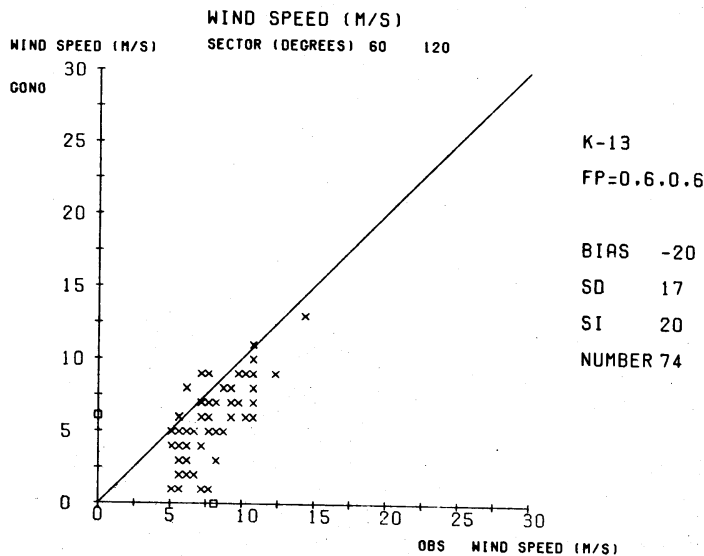
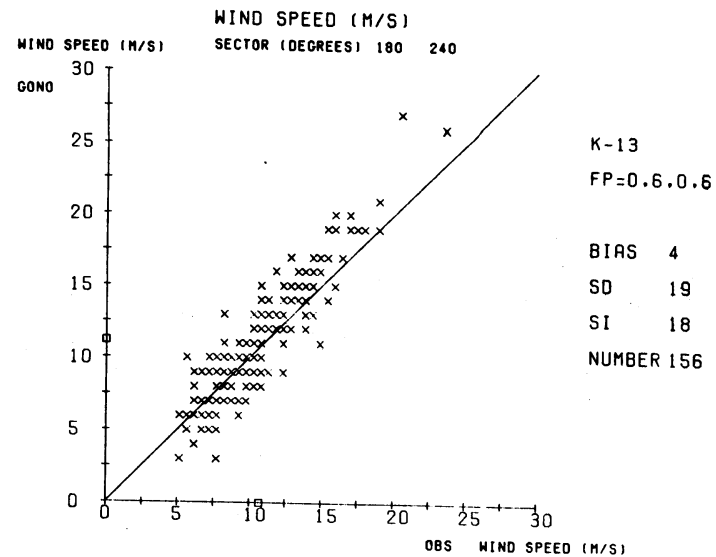
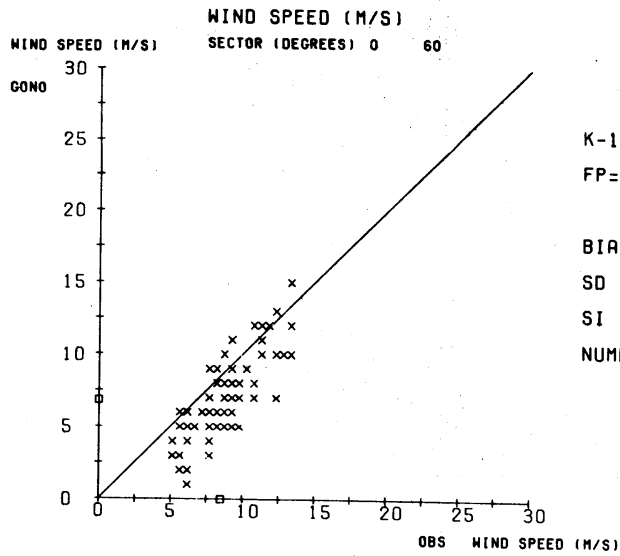


FIG. 44

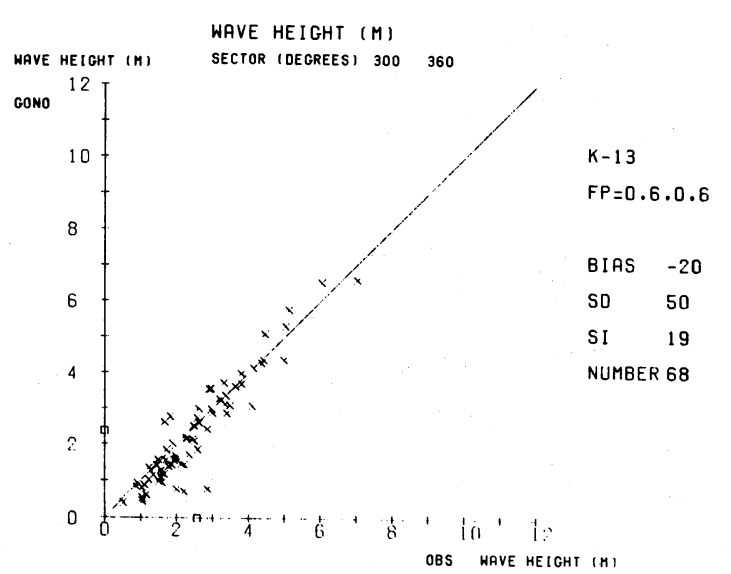
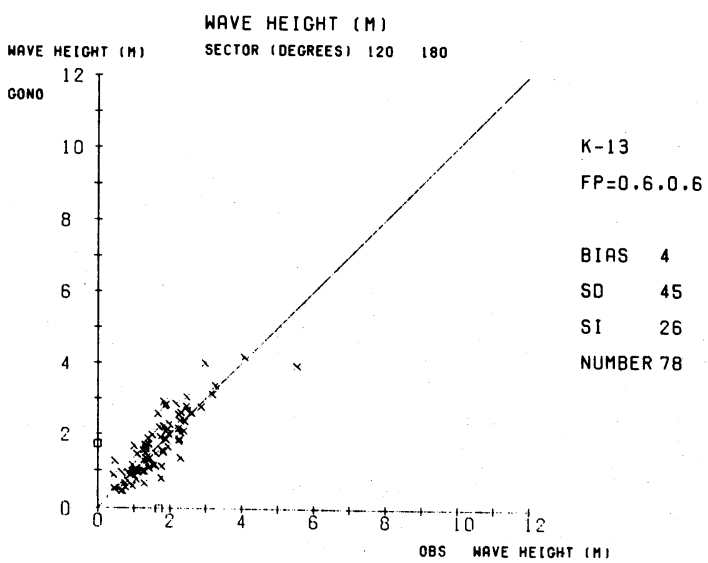
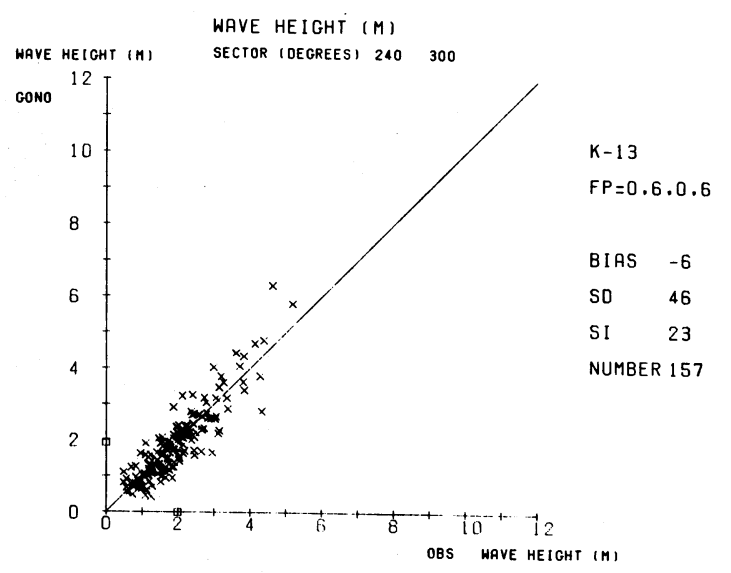
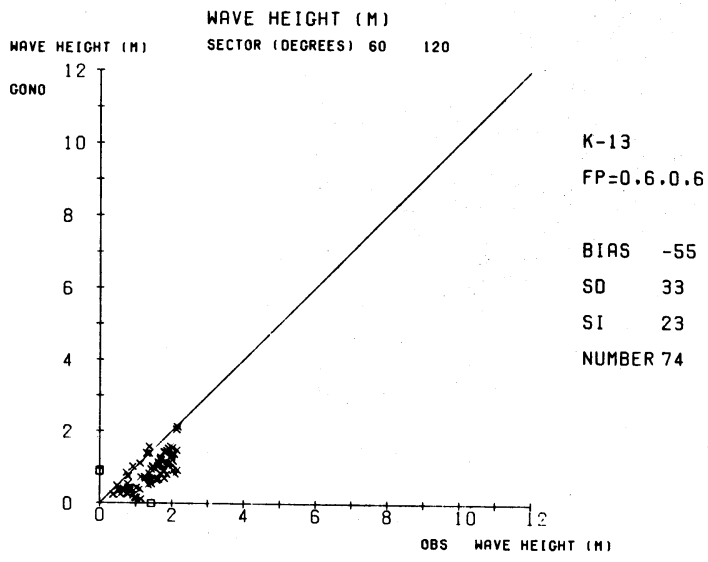
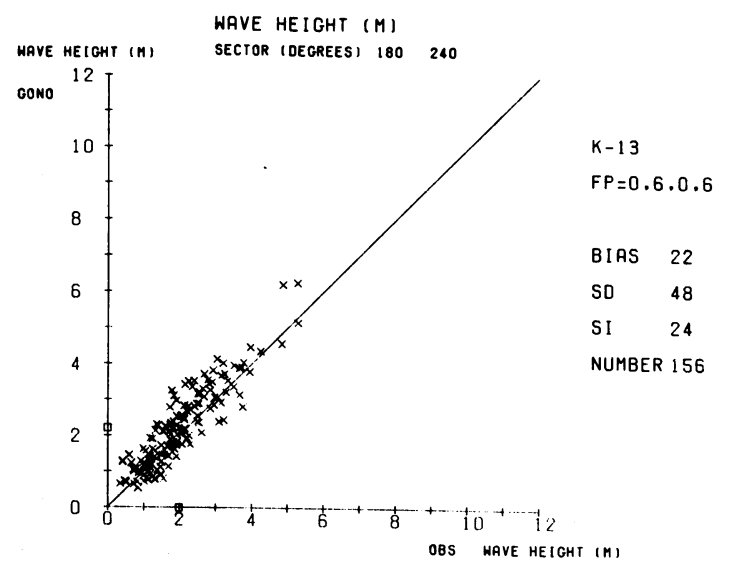
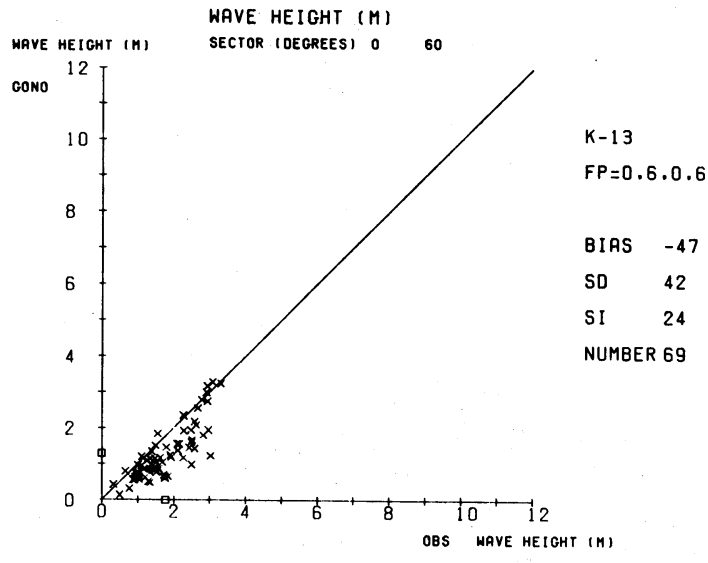
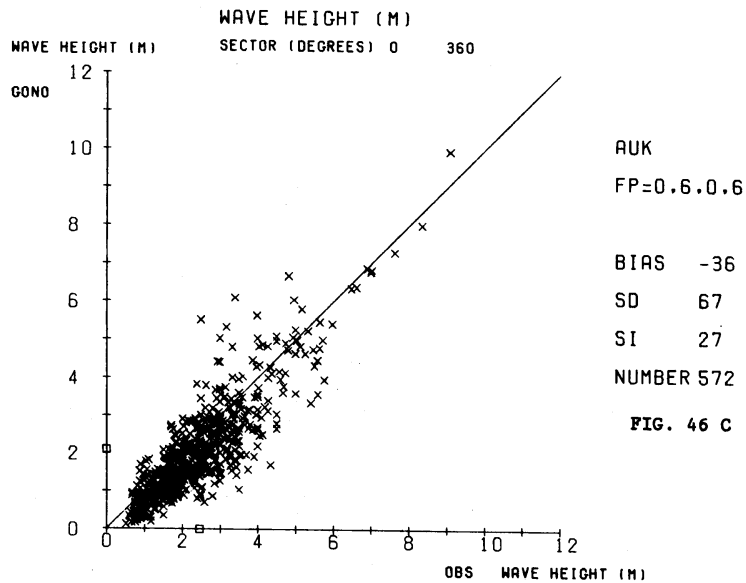
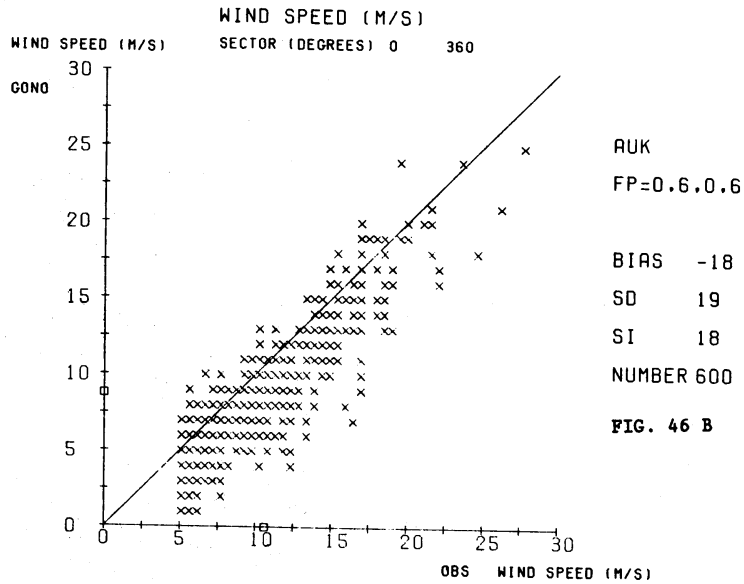
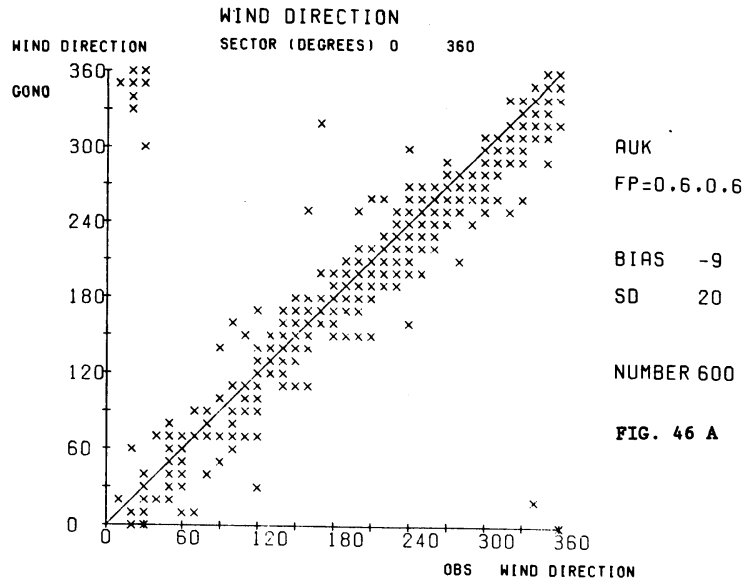


FIG. 45



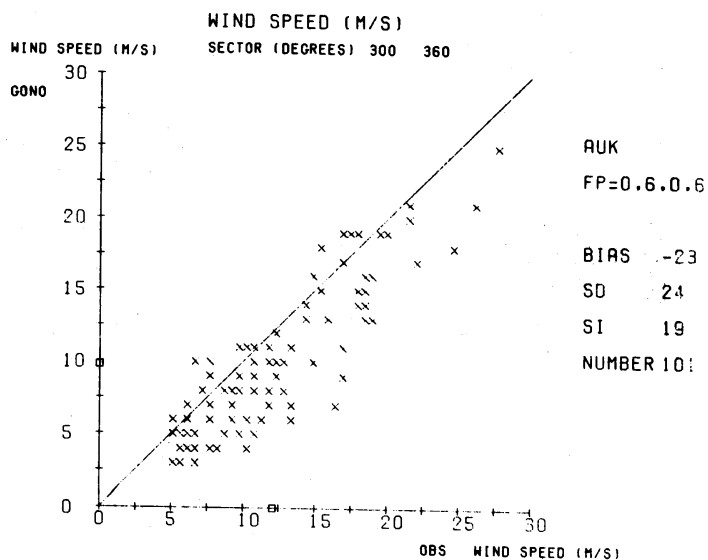
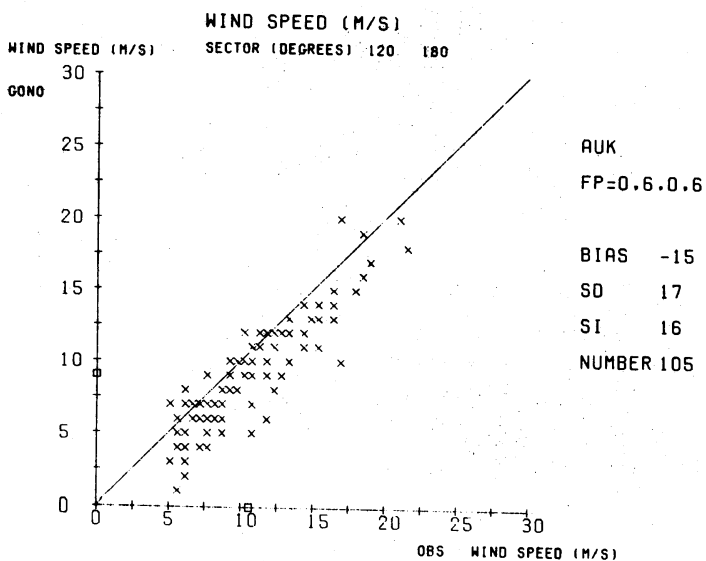
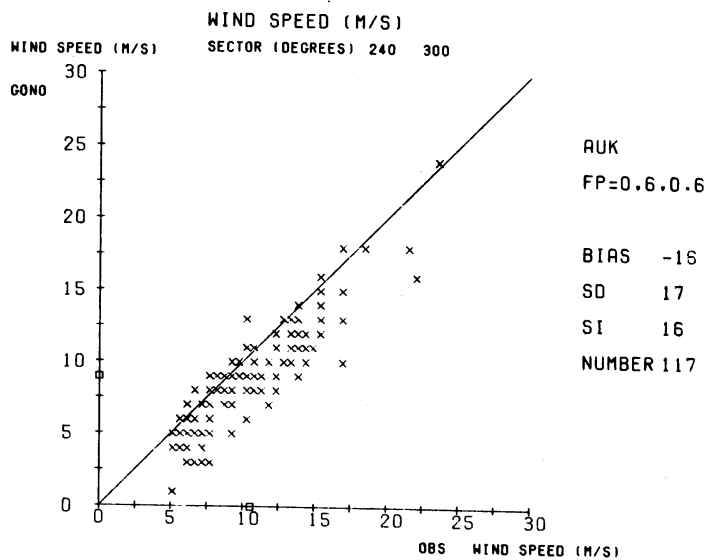
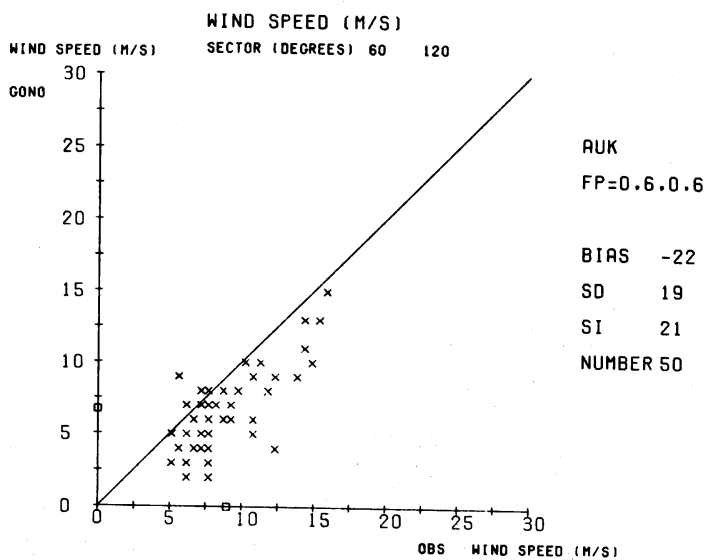
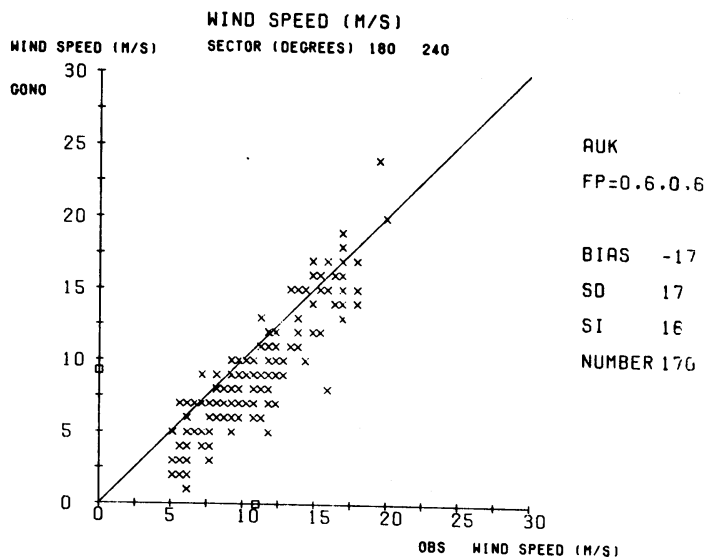
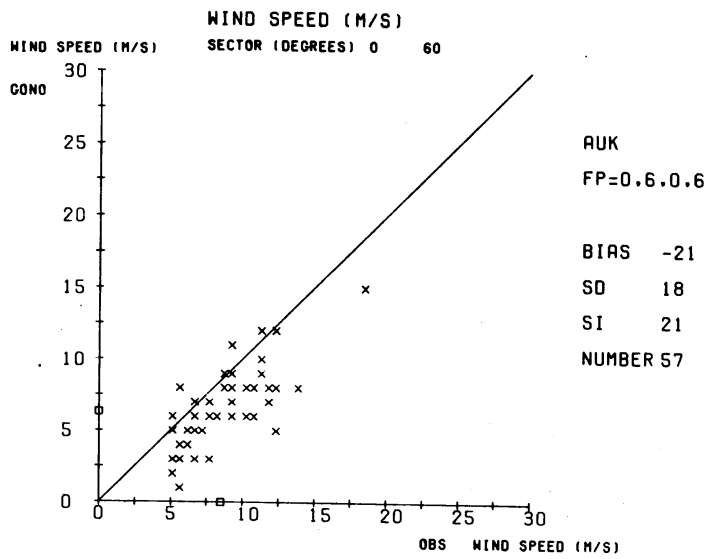


FIG 47

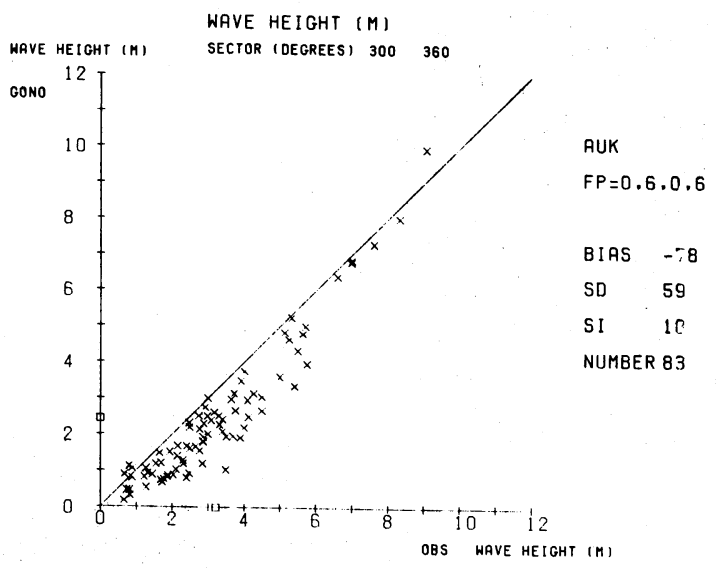
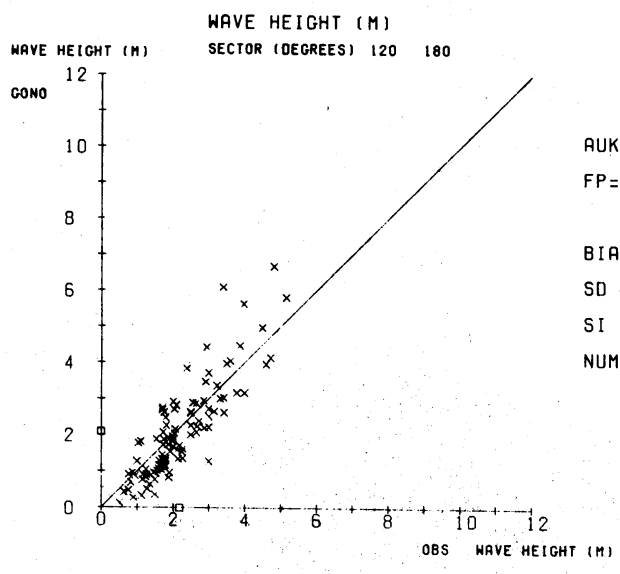
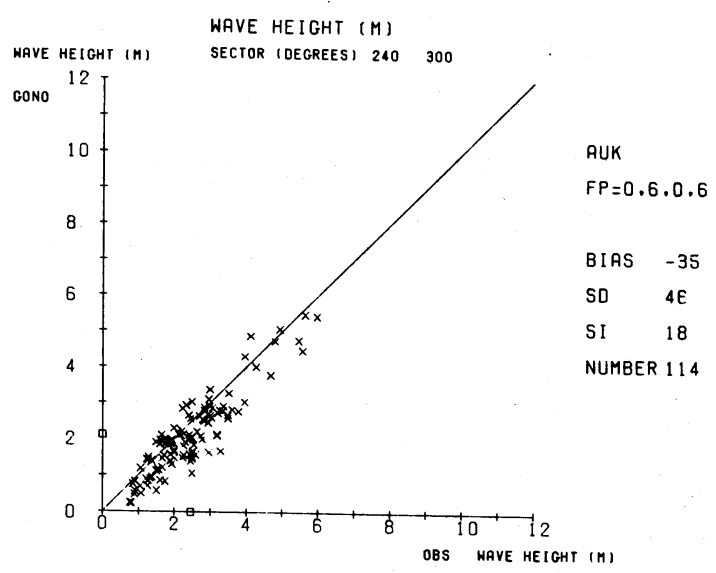
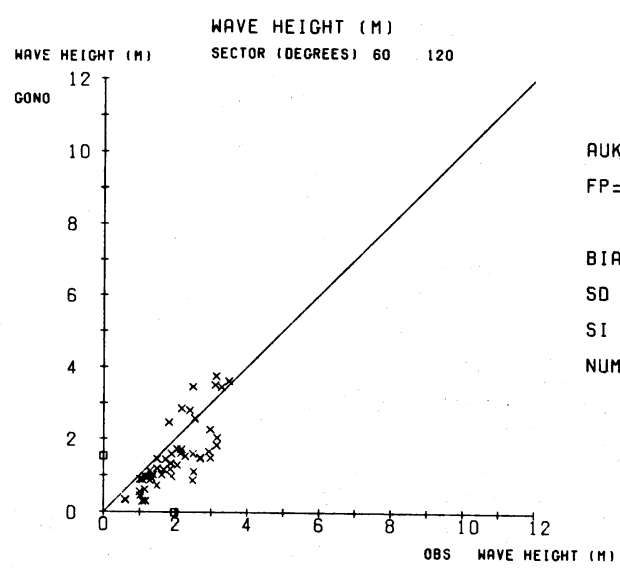
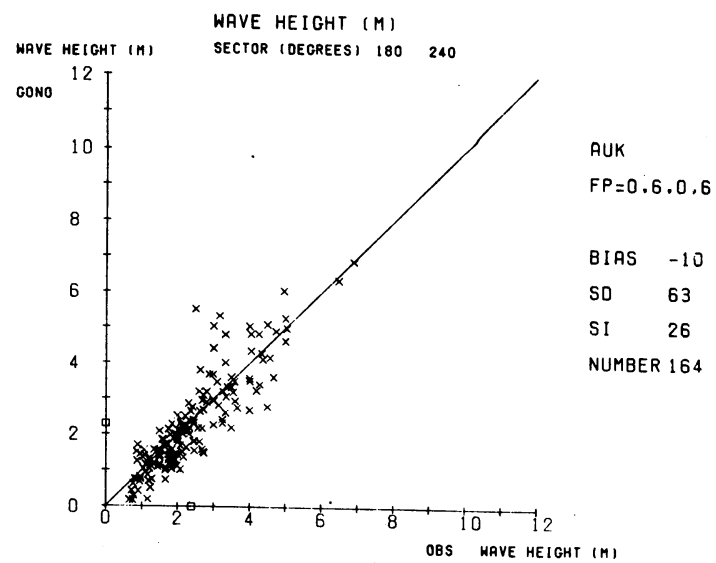
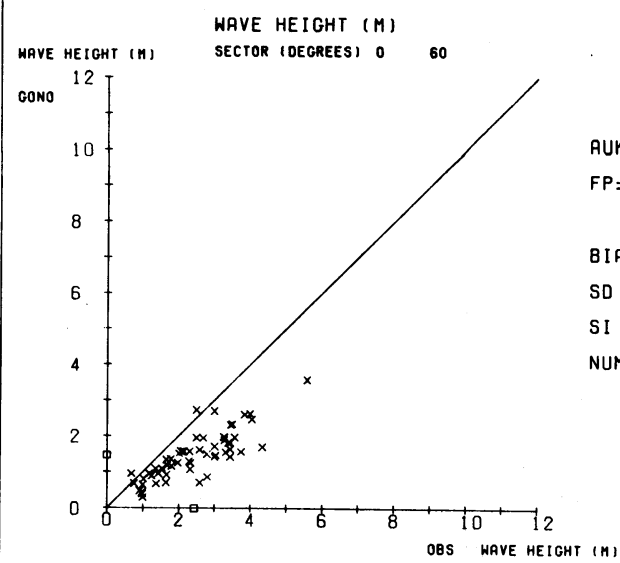
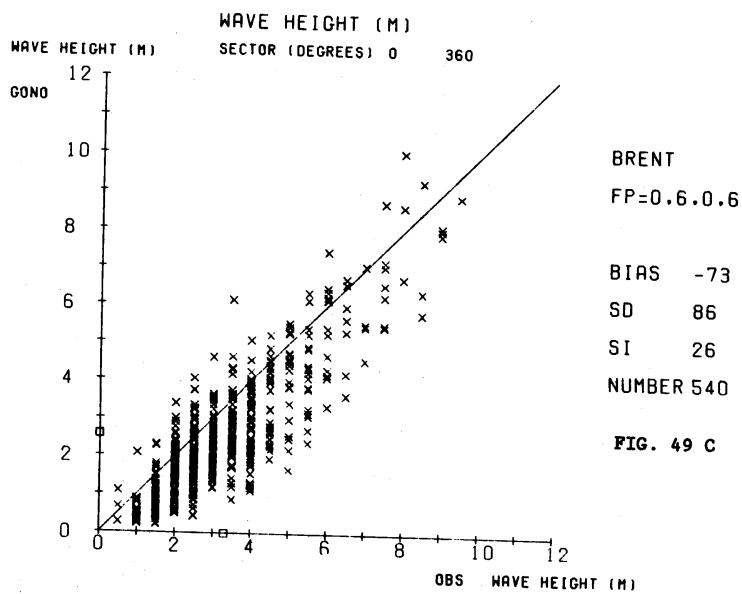
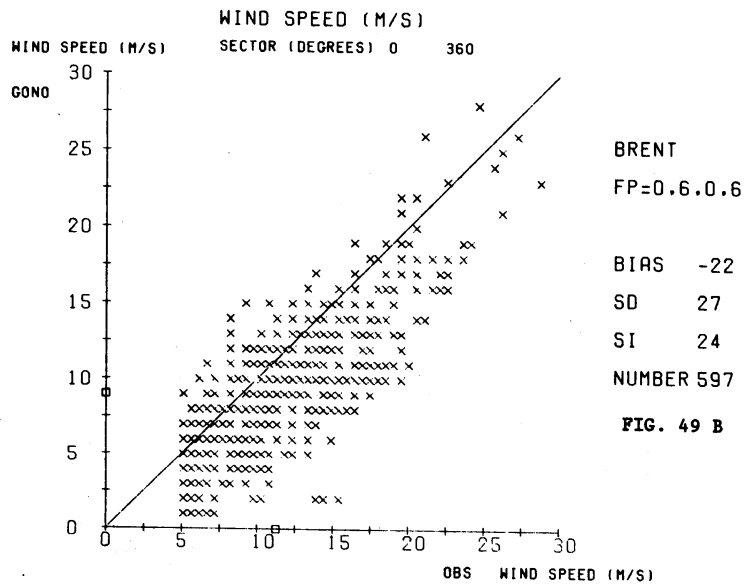
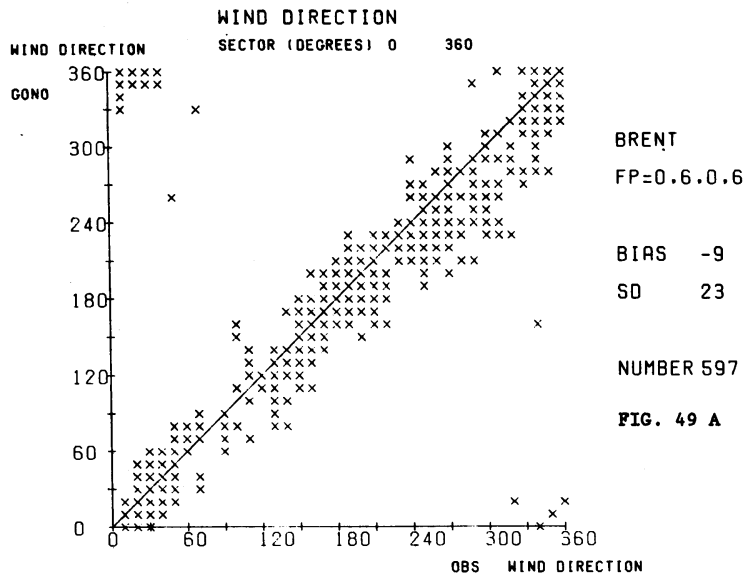


FIG 48



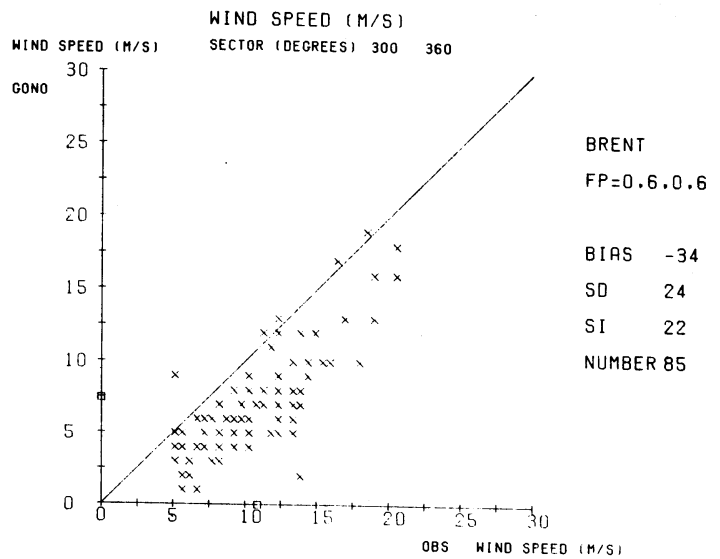
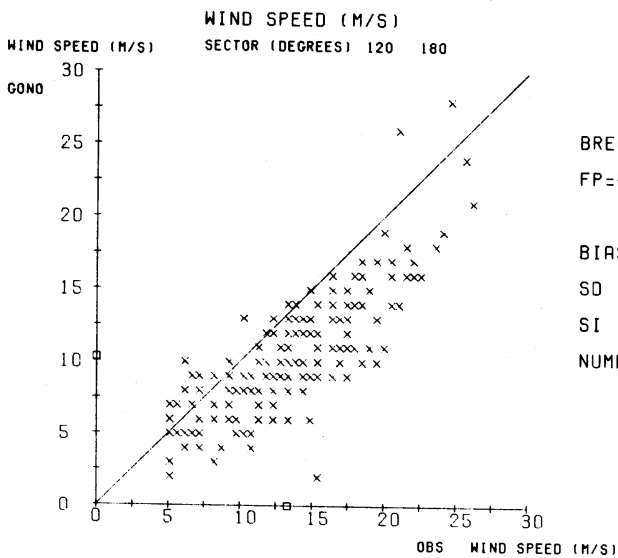
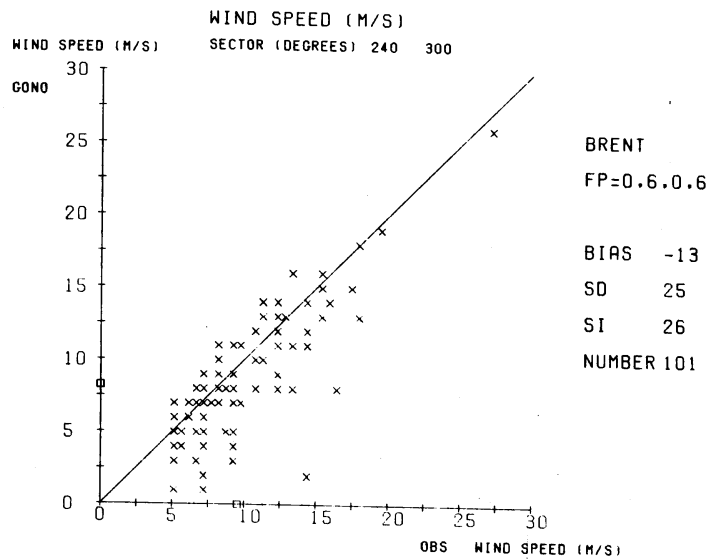
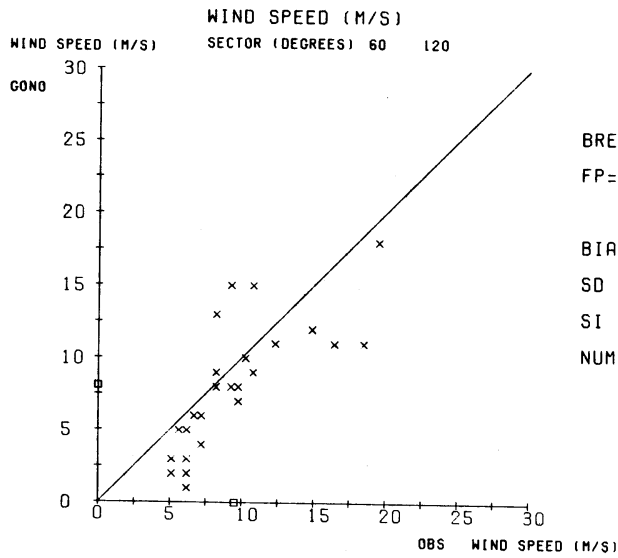
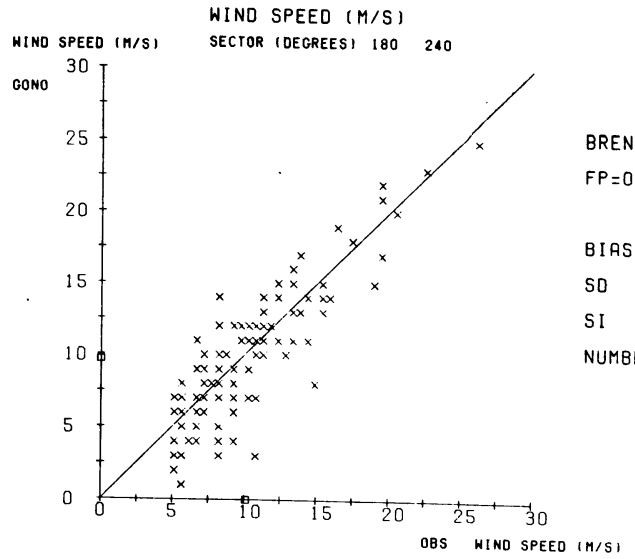
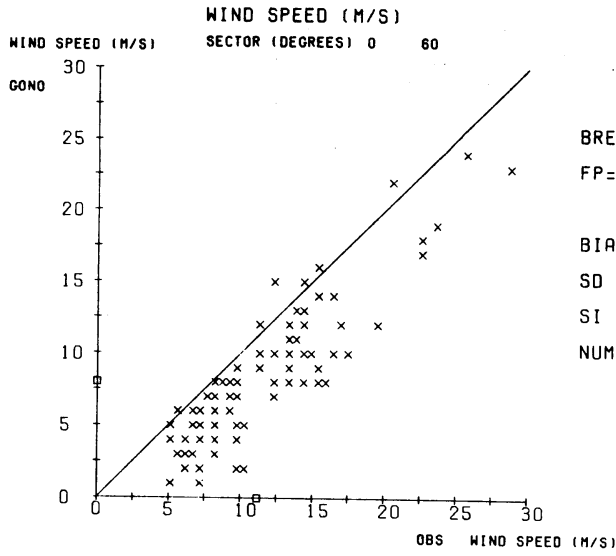


FIG 50

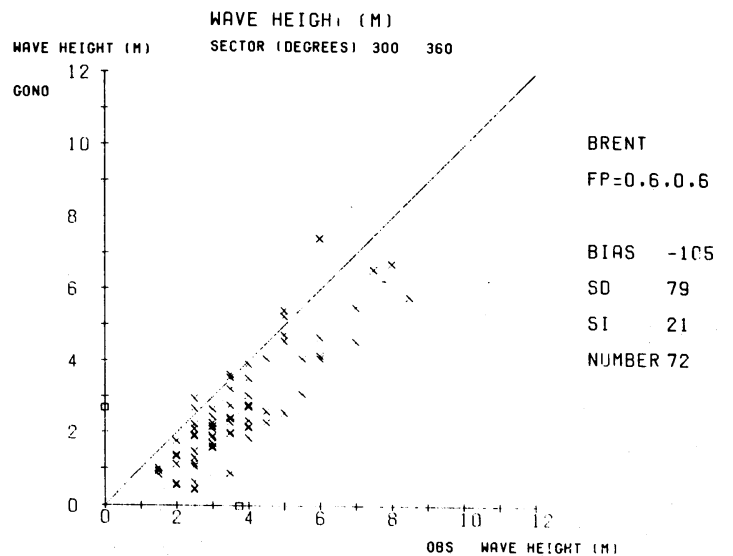
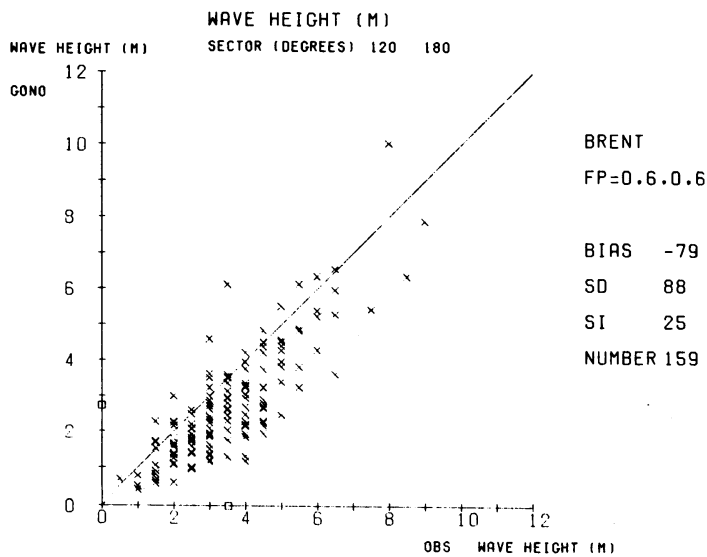
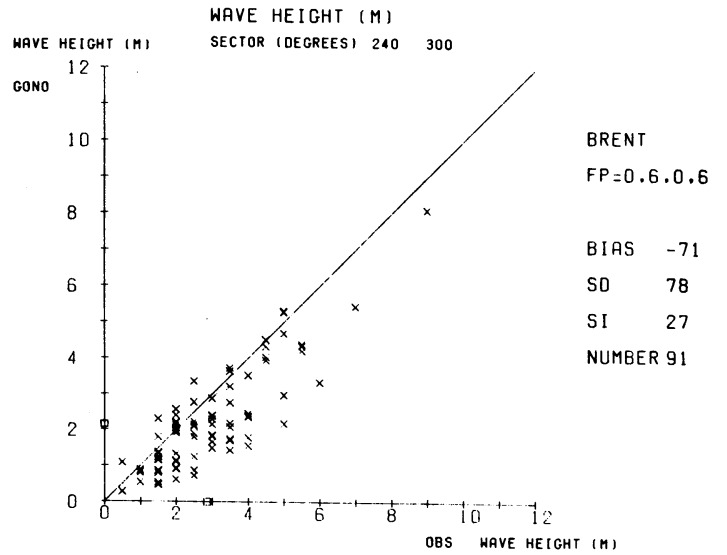
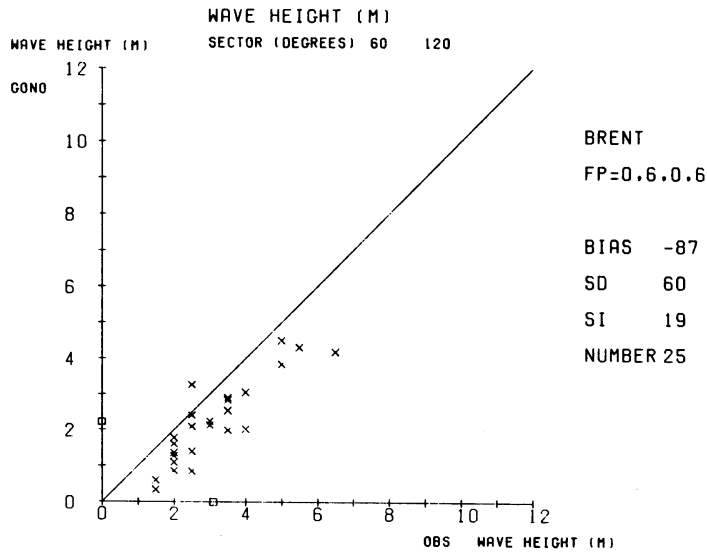
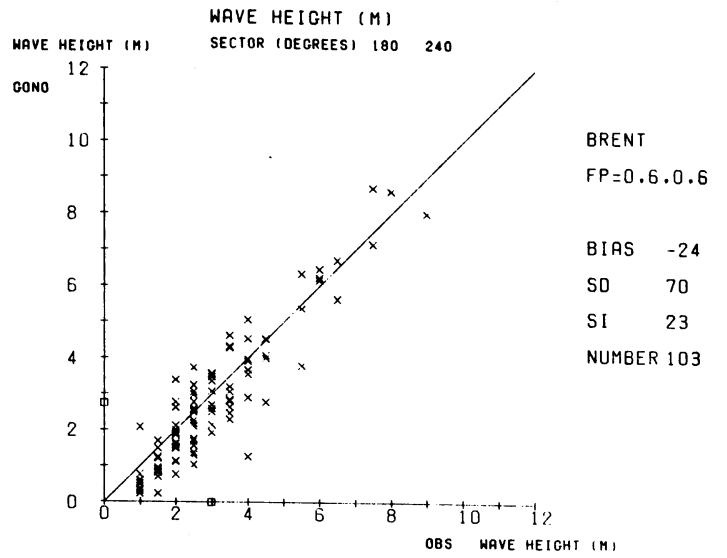
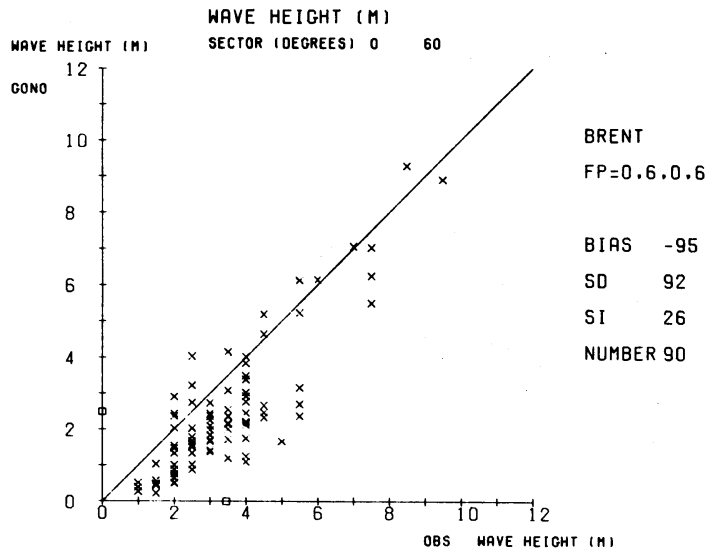


FIG 51