

1980

A.M.T. UNDERSØKELSER PÅ TVERRFJELLET
FOR FOLLDAL VERK A/S

RESYMÉ

A.M.T. står for Audio Magneto Telluric, og med metoden registreres såkalte naturlige jordstrømmer. I felt måles den elektriske motstand på flere frekvenser og motstandsforholdene i berggrunnen kan kartlegges ned til store dyp.

Undersøkelsene ble foretatt i tidsrommet 10.-13.juni og i løpet av 27 felttimer ble det målt på tilsammen 53 stasjoner fordelt på 4 profiler.

Det viser seg at NSB's kjøreledning er en større forstyrrende faktor enn hva som ble antatt ved undersøkelsene i 1979.

Ett av formålene med undersøkelsene var å følge opp A.M.T. målinger fra 1979 på en lederstruktur øst for forkastningen. Samtidig ville en foreta noen kontrollmålinger på tidligere A.M.T. stasjoner. Hensikten med undersøkelsene var også å foreta strukturundersøkelser nord for malmsonen og i dens vestlige forlengelse.

Resultatet av kontrollmålingene er totalt sett mindre tilfredsstillende.

Til tross for mindre vellykkede kontrollmålinger, så viser nå resultatene fra 4 måleprofiler øst for forkastningen ganske systematiske om enn noe svake indikasjoner på en steiltstående lederstruktur. En mulig forklaring kan være gjenspeiling på dypet av en utgående sone bestående av magnetitt og kisstriper. Det kan dog ikke utelukkes at det er den forkastede malmsone man ser.

Målinger nord for malmsonen har gitt indikasjoner på en bølgeformet lederstruktur hvis avstand fra dagoverflaten varierer fra omlag 400 - 1400 m. Det synes å være mulig at denne struktur kan ha sammenheng med malmsonen i syd og grunne turam-indikasjoner omlag 2 km nord for malmsonen.



Resultatet fra målinger ca. 1 km vest for malmsonen har gitt noen få svake indikasjoner på en leder ca. 1000 m under dagsoverflaten og en mulig leder på det akademiske dyp av 2-4 km. Spesielt disse resultater er usikre.

I hvor stor grad NSB's kjøreledning har influert på de praktiske resultater er imidlertid usikkert. Det nevnes at det er en viss mulighet for at dybdeangivelser til mulige ledere kan være for store.

Da de oppnådde A.M.T. resultater synes å ha gitt relativt systematiske indikasjoner på mulige geologiske strukturer i berggrunnen, tror vi at metoden har en misjon på Tverrfjellet.

Man tror at elektriske forstyrrelser fra NSB kan minskes noe ved å legge tidspunktet for eventuelle fremtidige målinger til tider som med god margin faller utenfor togtidene på Tverrfjellet.

Før oppdragsgiver har vurdert kritisk de oppnådde resultater i lys av geologiske strukturinformasjoner, finner vi det ikke riktig å ta standpunkt til et konkret oppfølgingsprogram.

Oslo, 6. januar 1981

C.W. Carstens



INNHALDSFORTEGNELSE

Side

1.	INNLEDNING	1
1.1.	Formål	1
1.2.	Målemetode og tolkning	1
2.	GJENNOMFØRING AV MÅLINGENE	2
2.1.	Måleopplegg	2
2.2.	Problemer	2
3.	RESULTATER	3
3.1.	Repetisjonsmålinger	3
3.2.	Ledende A.M.T.struktur øst for forkastningen	4
3.3.	Strukturundersøkelser nord for malmsonen	6
3.4.	Undersøkelser i den vestlige forlengelse av malmsonen	7
4.	KONKLUSJON	8



1. INNLEDNING

Elkem a/s utførte i tidsrommet 10-13 juni 1980 Audio Magneto Telluriske (A.M.T.)målinger på Tverrrfjellet. Målingene ble utført av C.W.Carstens med god assistanse fra oppdragsgivers geofysiker.

1.1. Formål

1. Sjekke og kontrollere noen A.M.T.-måleresultater fra 1979.
2. Følge opp A.M.T. lederindikasjonsstrukturen øst for Forkastningen.
3. Undersøke de strukturelle forhold nord for malmsonen.
4. Undersøke turam anomalier i den vestlige forlengelse av malmsonen.

1.2. Målemetode og tolkning

Med den Audio Magneto Telluriske metode måles såkalte naturlige jordstrømmer. I Felten registreres den tilsynelatende motstand på 9 frekvenser fra 8-3700 Hz. I dette frekvensspekter kan indikativ motstand i undergrunnen kartlegges fra områder nær dagoverflaten til store dyp.

Tolkningen er gjort manuelt ved å studere nomogrammer hvor registrerte motstandsverdier plottes inn. Indikative verdier for ledningsevne-produktet kan regnes ut for å få peiling på hvor god en eventuell elektrisk leder kan være.

Hvis man ønsker å fremskaffe en modell som angir elektrisk motstand i flere lag, gjøres tolkningene enklest på data-maskin. Det nevnes at NGU nylig har utarbeidet program for 1 dimensjonale modeller og de arbeider for tiden med utvikling av program for 2 dimensjonale modeller, som eventuelt ville passe bedre for tolkningen av steiltstående strukturer som man har på Tverrrfjellet. Elkem tar sikte på å samarbeide med NGU på tolkningssiden i fremtiden.



2. GJENNOMFØRING AV MÅLINGENE

2.1. Måleopplegg

Måleopplegget er utført i overensstemmelse med oppdragsgivers ønske. I løpet av 27 felttimer er det utført målinger på tilsammen 53 stasjoner fordelt på 4 profiler. Resultatene er basert på målinger omtrent parallelt med strøkretningen. Dvs. at det elektriske feltet er registrert langs strøkretningen mens magnetfeltet er registrert på tvers av denne retning.

2.2. Problemer

Effekten i NSB's kjøreledning varierer mellom 600 og 5400 MW. Strømperioden er 16 Hz. Forstyrrelsene fra denne kjøreledning og tog er større enn hva det ble gitt uttrykk for i rapporten fra 1979-målingene.

Den lavfrekvente coilen sviktet den første dagen ved målingene i 1979. Nå har man et bra grunnlag for å si at den sviktet p.g.a. forstyrrelser fra NSB.

På de fleste stasjoner ble det forsøkt foretatt noen avlesninger på de lave frekvenser og resultatene fra motstands-målingene under 170 Hz bærer preg av betydelige forstyrrelser. Det ble ofte registrert høye elektriske felter som vil forårsake at de avleste motstandsverdier blir for høye ($P \approx E/H$). I spesielt vanskelige perioder kunne man intet annet gjøre enn å vente på at elektriske togsett som var i anmarsj hadde passert. Som togdetektor har man erfaringer på at metoden er ypperlig.

For ordens skyld vil man nevne at det er motstandsresultatene på de høyeste frekvenser (170 - 3700 Hz) som har praktisk betydning. Det er vanskelig å si i hvilken grad de elektriske forstyrrelser har influert på disse resultatene. En må imidlertid være forberedt på noen forstyrrelser, og en vil spesielt nevne at de anslåtte dyp til mulige ledere kan være noe store.



En vil også gjøre oppmerksom på at lokale tordenvær forstyrrer målingen. Den siste måledagen var det mørke torden-skyer selv om man ikke registrerte utladninger. Under hele måleperioden var det imidlertid mye lokale tordenvær i den sydlige del av landet, og det er mulig at disse utladningene har påvirket måleresultatene.

3. RESULTATER

3.1. Repetisjonsmålinger

5 målestasjoner i profil 400Ø ble målt opp igjen i 1980 for å sjekke den generelle pålitelighet ved A.M.T.målinger.

Rådataene fra målinger i 1979 og 1980 er sammenstilt på 5 nomogrammer (se bilag 2 fig.2-6). Nomogrammene taler selv sitt tydelige språk - repeterbarheten er ikke god. Det gis en kort kommentar til hver av de 5 kontrollmålingene.

Fig. 2 Ingen ledningsevnekontraster. Forhøye elektriske felter forårsaket urimelig høye motstandsverdier på 370 og 170 Hz. Repeterbarheten på de 3 høyeste frekvenser er tilfredsstillende.

Fig. 3 Målinger med noen timers mellomrom i 1979. Ledningsevnekontrast på 5-600m. Repeterbarhet på målingene i 1979 er tilfredsstillende. Målinger 1980 er forstyrret (høye elektriske felter) og ingen ledningsevnekontraster ble registrert. Forstyrrelser må være årsaken til at det er elendig overensstemmelse mellom 1979 og 1980 målinger. Målingene i 1979 anses for å være de mest pålitelige.

Fig.4 Ledningsevnekontrast på ca. 1 km ved målinger i 1979. Ingen ledningsevnekontrast ved målinger i 1980. Elendig overensstemmelse.



Fig.5 Ledningsevnekontraster på 5-700 m i 1979.
Målinger i 1980 indikerer en noe dypere leder.,
Repeterbarheten er middels bra.

Fig.6 Utydelige ledningsevnekontraster på 1,3 km i 1979.
Målinger i 1980 indikerer ledningsevnekontraster på
ca. 1 km. Repeterbarheten er noe under middels bra.

Ved andre steder er også repeterbarheten undersøkt - og vi må innrømme bedre resultater. I Joma-feltet ble det hver dag i 5 dager foretatt kontrollmålinger på et punkt hvor de geologiske forhold var kjent. Hver måling viste tydelig indikasjon på kjent leder selv om dybdeindikasjonene varierte -15%/+20% til kjent leder 400 m under dagen. I Sulitjelma har man oppnådd lignende resultater ved kontrollmålinger med ca. 3 ukers mellomrom.

3.2 Ledende A.M.T. struktur øst for forkastningen.

I 3 profiler øst for forkastningen hadde man ved undersøkelser i 1979 indikasjoner på en steil ledende struktur (se bilag 1 fig.1). I 1980 ble undersøkelsene på denne struktur fulgt opp i profil 600Ø. Tolkningen som fremgår av fig.7 bilag 3 indikerer en steiltstående leder.

For å se resultatene i sammenheng med målinger fra 1979, er det tegnet sammenstillingskarter (se fig.8 bilag 3). Det øverste er et plankart som viser målestasjonene og hvilke indikative ledningsevneprodukter lederstrukturen kan ha. Den nedre del av fig. viser lederstrukturen i vertikalplan gjennom måleprofilene. Resultatene viser at det er ganske systematiske indikasjoner på en steiltstående lederstruktur hvis ledningsevneprodukt varierer fra ca.0,2 - 1,2 l/ohm.

Det er geofysisk vanskelig å uttale seg om hvorvidt lederstrukturen kan skyldes et tykkere lag (dårlig ledende grafisk skifer) eller et tynnere, bedre ledende lag. Selv om det omlag 600 m lange borhull som ble boret i sommer ikke direkte er påsatt på A.M.T. indikasjoner, så vil man tro at

borhullsloggen, som man ikke kjenner, muligens kan bidra, til å forklare A.M.T.indikasjonene.

Dersom man forutsetter at indikasjonene gjenspeiler en leder med tykkelse 15 m (gjennomsnittsmektighet på kjent malm), er den indikative motstand på lederstrukturen i de 4 profilene regnet ut til å variere mellom 16 og 60 ohm (se fig.8 bilag 3). Holder man resultatene fra profil 100 Ø utenfor, blir gjennomsnittsmotstanden i strukturen omlag 20 ohm.

Kjent malm er mot øst kuttet av ved en forkastning.

Det synes som om lederstrukturens projeksjon med dagoverflaten er forskjøvet ca.150 m mot nord i relasjon til kjent malmdrag vest for forkastningen. Selskapets grubegeolog mener at malmen er forkastet nordover. Selv om den indikerte motstand i en eventuell malm er noe høy, kan man ut ifra geofysiske holdepunkter ikke utelukke at det er den forkastede malmsone man har indikasjoner på.

Det faktum at det er mere eller mindre sterke turamanomalier på utgående sone av magnetitt og kisstriper syd for lederstrukturen (se fig.1 bilag 1), fører en inn på en annen alternativ forklaring på A.M.T.indikasjonene. Det er mulig at den omtalte lederstruktur kan gjenspeile denne sonen på dypet i fallretningen. I denne sammenheng vil man nevne at resultatene fra A.M.T.stasjonene nærmere utgående er meget forstyrret av høye elektriske felter. Årsaken til forstyrrelsene kan være kanteffekter fra utgående mineraliserte sone.



3.3 Strukturundersøkelser nord for malmsønen

For å undersøke de strukturelle forhold nord for malmsønen ble profil 2200V målt. Resultatet er presentert i fig.9 bilag 4.

Motstandsprofilen gir kun et helt indikativt bilde av relative variasjoner i motstandsbildet i undergrunnen. Avhengig av motstandsforholdene i undergrunnen er man på frekvensene 170 - 3700 Hz i stand til å sondere ned til dyp av størrelsesorden 1-2 km under dagoverflaten. De tilsynelatende motstandsverdier viser at en 3-4 lag modell kan synes anvendelig i feltet. Hvis man vil søke å bygge om en lagmodell ut ifra de geofysiske data, gjøres dette lettest ved å gjøre tolkninger på datamaskin.

Våre tolkninger er gjort manuelt og i vedlagte tolkningsprofil har man angitt en delvis sammenhengende struktur som relativt sett er den bestledende. Den ledende strukturs avstand til dagoverflaten varierer i størrelsesorden 400 - 1400 m. Når man ser på tolkningsprofilen, må man være klar over at det er stor forskjell mellom vertikal- og horisontal-målestokk. På denne måte er lederstrukturen mer voldsom og steil enn hva man umiddelbart kan få inntrykk av ved å studere fig. 9 bilag 4.

På grunn av for lite målinger har man egentlig ikke grunnlag til å forbinde kjent malmsøne i syd og turamindikasjoner i nord med nevnte geofysisk ledende struktur. En sådan forbindelse er imidlertid antydning for å illustrere en mulig forbindelse.

De angitte ledningsevneprodukter indikerer at strukturen som leder å betrakte er variert og heller dårlig. Hvis man forutsetter at lederen er 15 m tykk, kan man regne ut en gjennomsnittsmotstand på et slikt lag til ca. 30 ohm/m. Hvis man skulle forsøke å antyde motstander i lagene over og under den ledende struktur (30 ohm m - 15 m tykk), er de indikative tall henholdsvis 7000 og 10.000 ohm m.



Selv om ytterligere minst ett parallelt profil burde vært målt, håper man at den fremkomne geofysiske struktur kan bidra til en forståelse av malmfeltet. Om den fremkomne geofysiske struktur kan være sannsynlig ut ifra geofysiske strukturobservasjoner, bør vurderes kritisk av oppdragsgivers geologer.

3.4 Undersøkelser i den vestlige forlengelse av malmsonen

Siste dagen ble viet undersøkelser i profil 2200V ca. 800 m vest for malmsonen. Se fig.10 bilag 4.

Det må påpekes at forholdene ved disse målinger var ugunstige. Man registrerte relativt mye forstyrrelser, hvilket kan skrive seg fra elektriske utladninger (tordenvær).

I fig.10 bilag 4 er det tegnet opp et motstandsprofil over resultatene. Det nevnes at resultatene fra stasjon 50 er spesielt meget forstyrret. Stasjon 50 er målt i forlengelsen av malmsonen på en svak turamanomali. En årsak til forstyrrelsene er kanteffekter med høye elektriske felter fra en "turamleder". Stasjon 53 er målt ca. 100 m øst for borhull 66 hvor det er påtruffet striper og impregnasjon av kis på ca. 100 m. Det nevnes A.M.T. resultatene som fra stasjon 53 ikke bærer for mye preg av forstyrrelser ikke korrelerer med denne mineralisering. Det synes som om man ser igjennom sonen.

Ledningsevnekontrastene er uskarpe.

Resultatene fra stasjon 48, 51 og 52 antyder spekulative (uhyre svake) ledningsevnekontraster ca. 1000 m under dagoverflaten, mens resultatene fra stasjon 49, 50 og 51 antyder noe mere tydelige kontraster i det akademiske dyp av 2-4 km.



4. KONKLUSJON

På grunn av NSB's kjøreledning er man klar over at enkelte stiller seg svært tvilende til nytteverdien av A.M.T. undersøkelser på Tverrfjellet. Det er et faktum at de fleste måleresultatene i det laveste frekvensspektrum 8-80 Hz er meget forstyrret.

Det er imidlertid motstandsverdiene i frekvensområdet 170-3700 Hz som har gitt de praktiske resultater. Det er vanskelig å uttale seg om i hvilken grad disse resultater er påvirket av forstyrrelser.

De oppnådde A.M.T.-resultater viser imidlertid ganske systematiske indikasjoner på mulige geologiske strukturer. På grunn av dette forhold og en vurdering av signalstøyforholdene på de høyeste frekvenser, tror vi metoden har sin berettigelse i malmletingssammenheng på Tverrfjellet.

For eventuelle fremtidige målinger tror man at forstyrrelser fra NSB kan minskes noe ved å legge tidspunktet for målingene til tider som med god margin faller utenfor togtidene på Tverrfjellet. I utgangspunktet vil vi anbefale ytterligere A.M.T.undersøkelser.

Før oppdragsgiver har vurdert kritisk de oppnådde resultater i lys av geologiske strukturinformasjoner, finner vi det ikke riktig å ta standpunkt til et konkret oppfølgingsprogram.

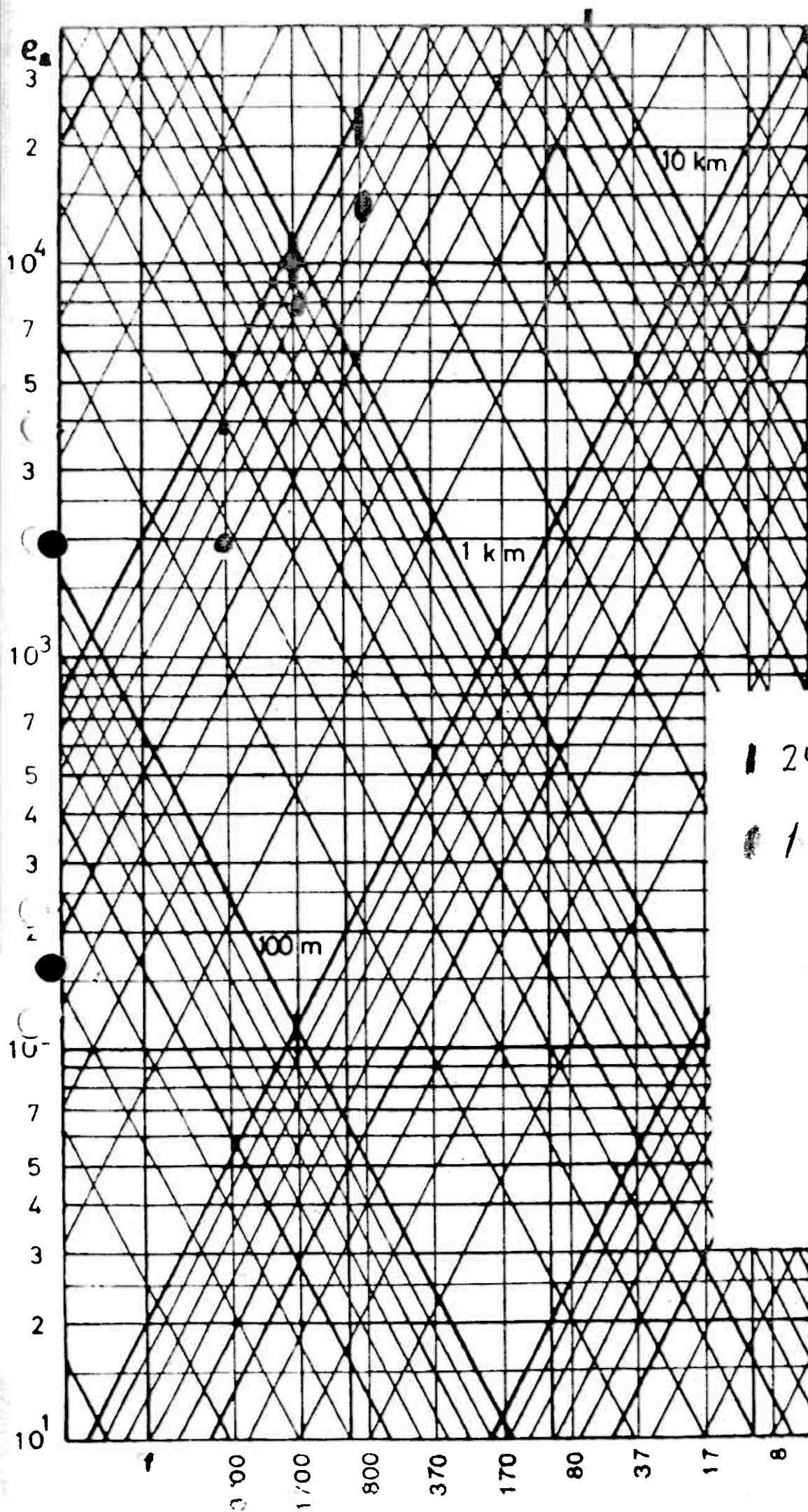


LISTE OVER FIGURER

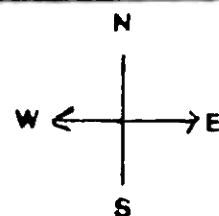
Fig. 1 bilag 1	Situasjonskart
Fig. 2-6 bilag 2	Rådata for kontrollmålinger
Fig. 7 bilag 3	Tolkningsprofil 600 Ø
Fig. 8 bilag 3	Sammenstillingskart over resultatene øst for forkastningen
Fig. 9 bilag 4	Motstandsprofil og tolkningsprofil 2200V
Fig.10 bilag 4	Motstandsprofil 3600V.

Bilag 1

Bilag 2



NO	24 1
DOMAIN	Tverrfjellet
DATE	11-10-79, 10-680
X	500 N
Y	400 Ø



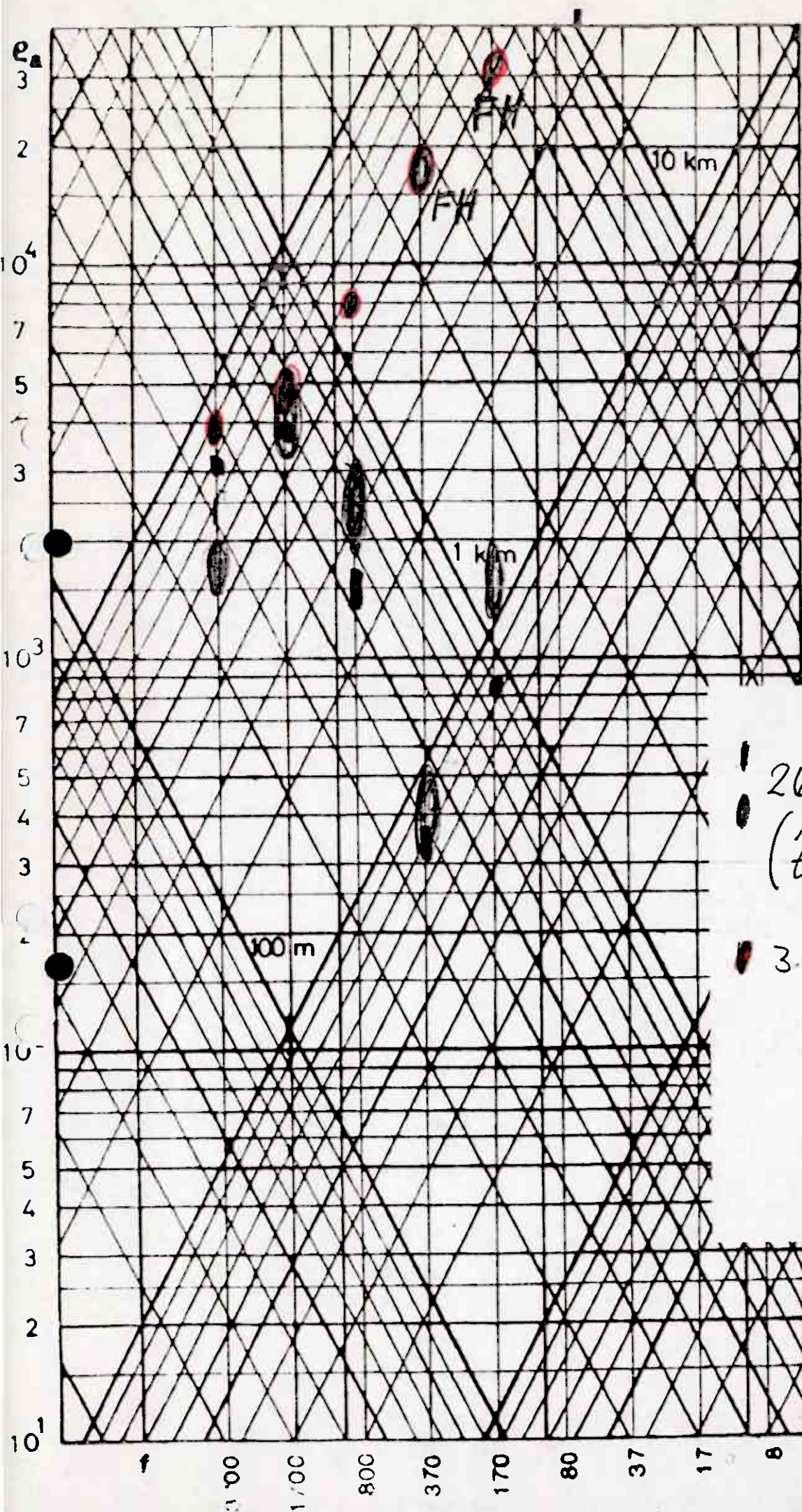
L	15.8m	R	
(p ₁₁)		p _⊥	

24 Resultat 1979

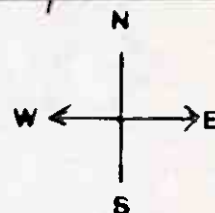
1 - 11 - 1980

Fig 2

3700



NO	26 3
DOMAIN	Tverrhyellet
DATE	4-10-79, 10-6-80
X	700N
Y	4000



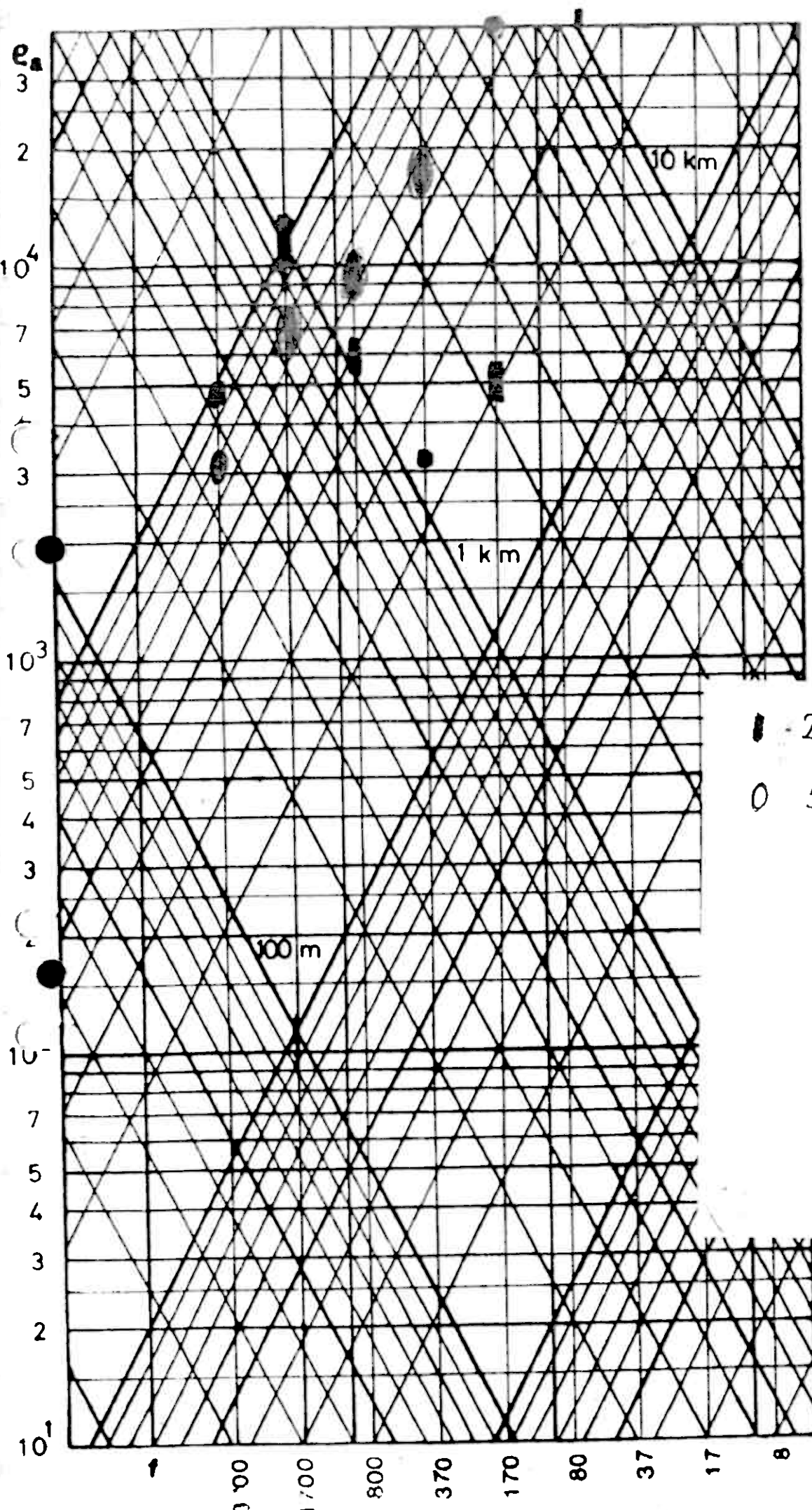
L	15.8m	R	
p_{11}		$p_{\perp}$	

26 Resultat 1979
(Måling med noen
timers mellomrom)

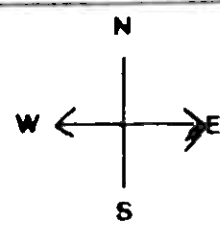
3. Resultat 1980

Fig 3

3700



NO	27, 5
DOMAIN	Trerfjellet
DATE	4-10-79, 10-6-80
X	750 N
Y	4000

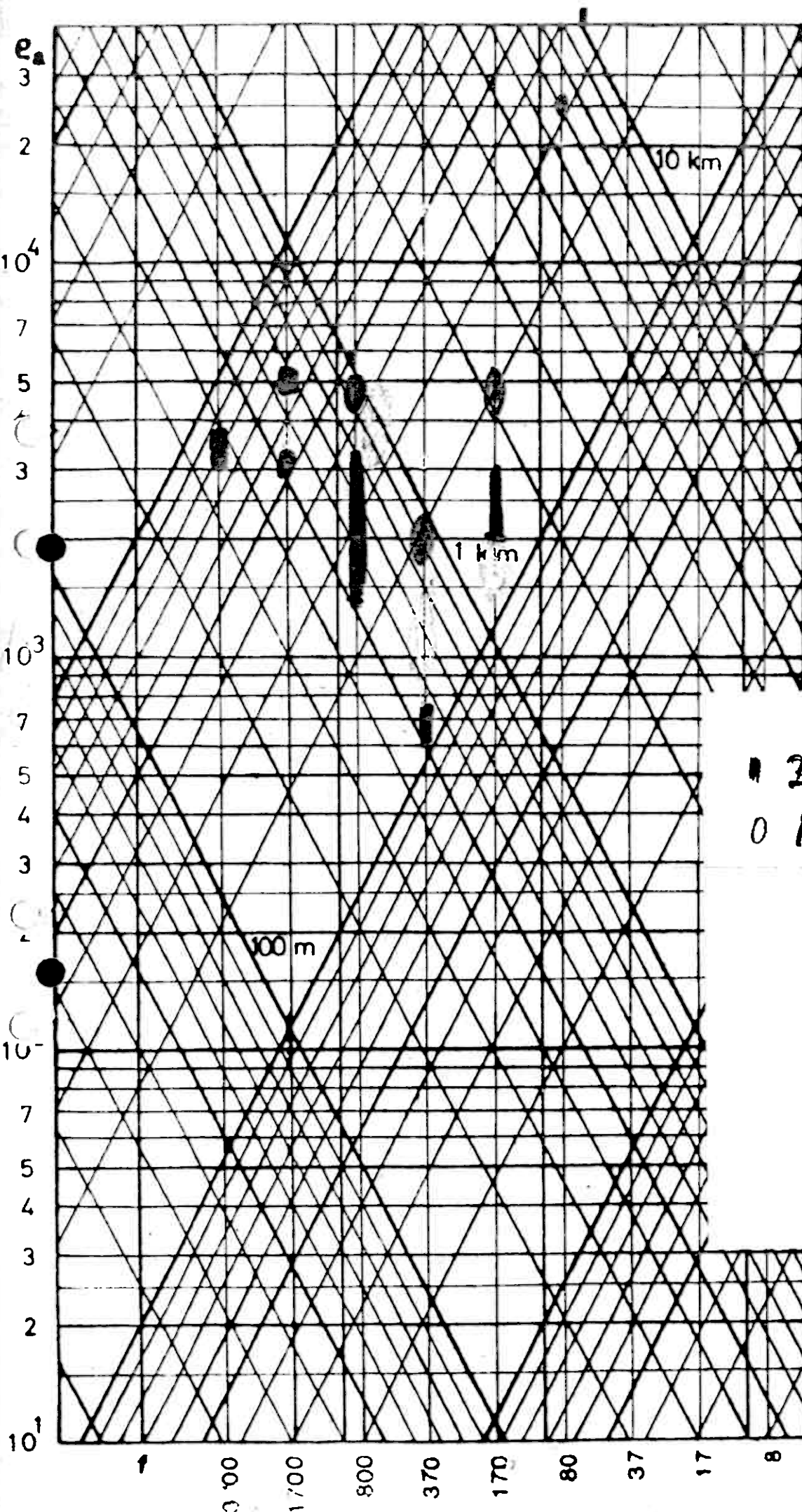


L 15.8m	R
(e ₁₁)	e _L

27 Resultat 1979
 0 5 - 11 - 1980

fig 4

3700							
------	--	--	--	--	--	--	--

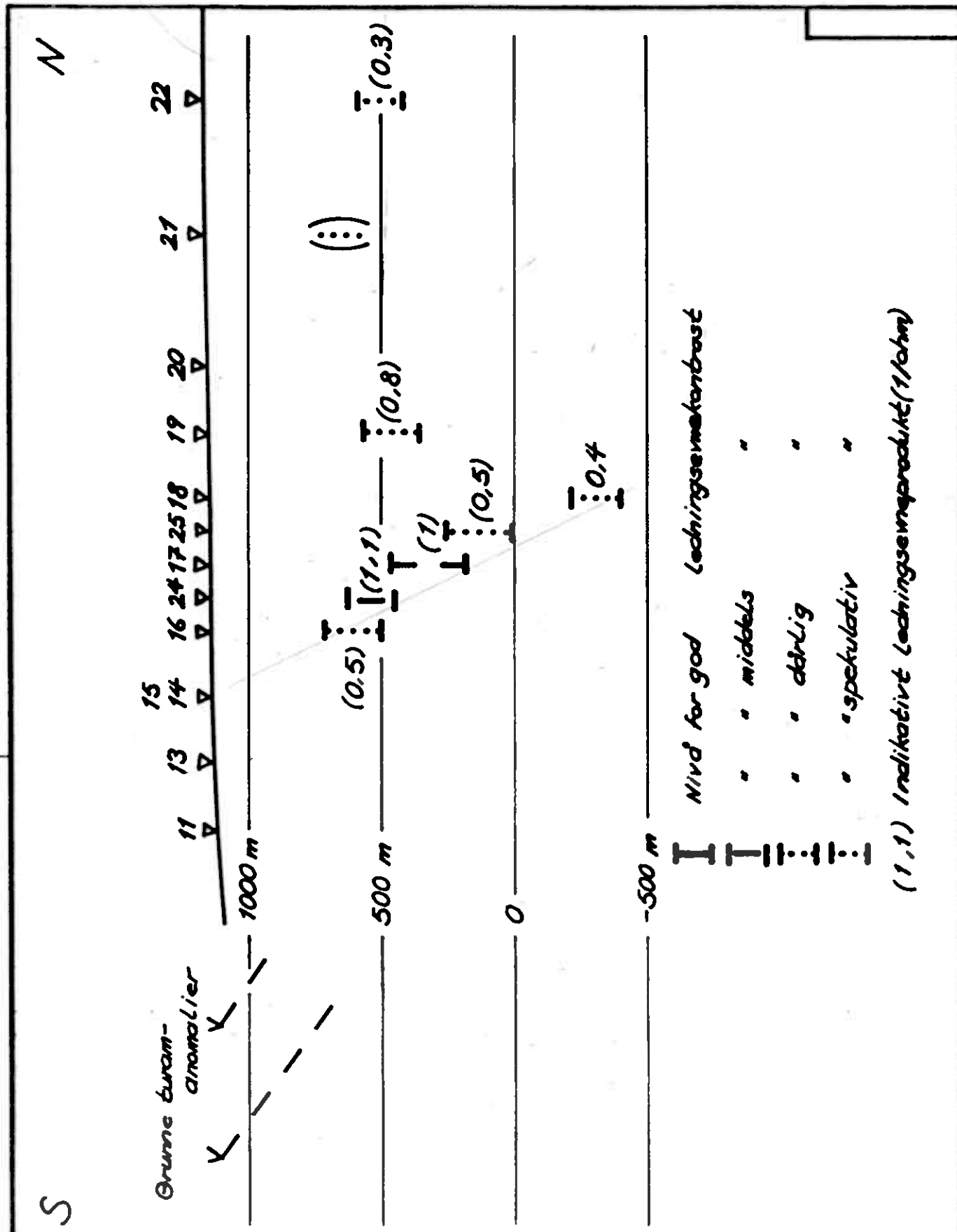


■ 28 Resultat 1979
 0 10 - 11 - 1980

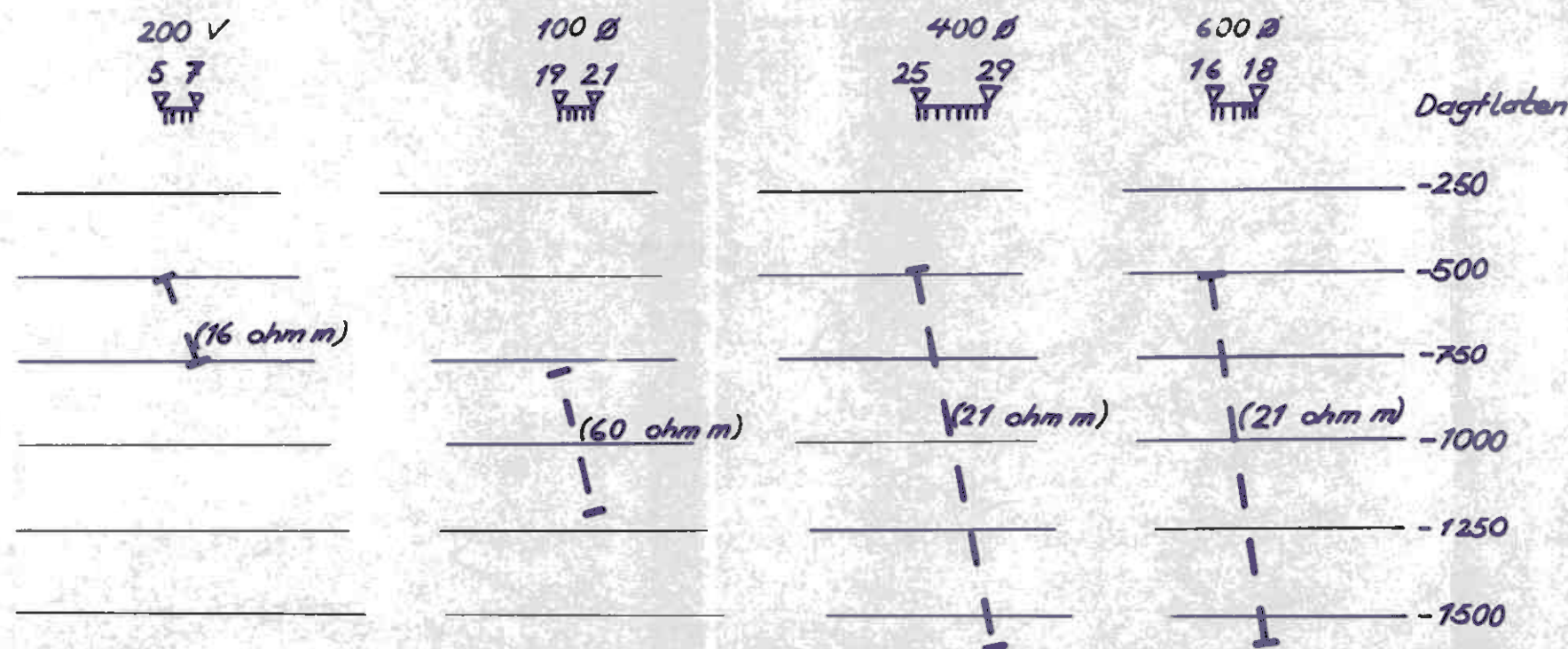
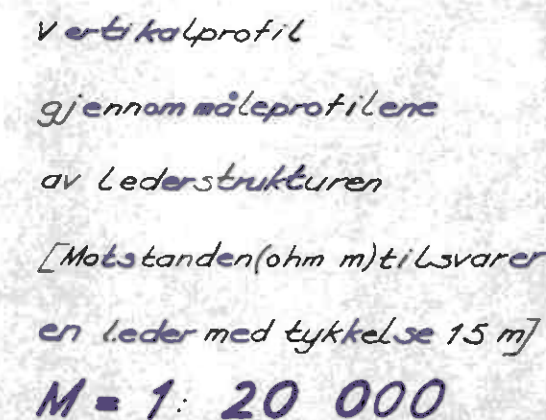
3700

firs

Bilag 3

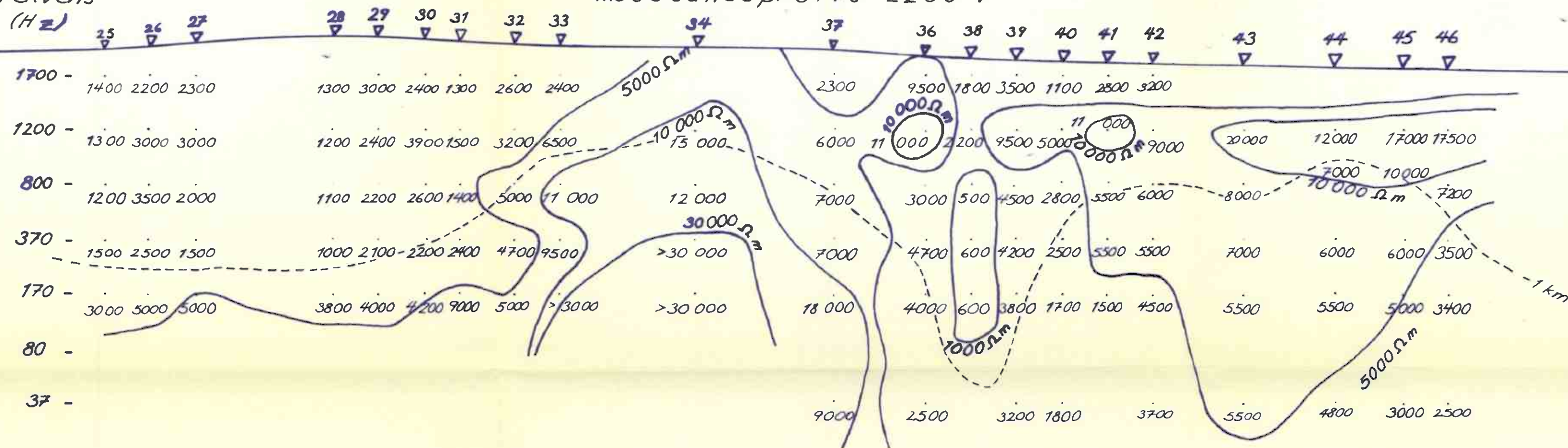


This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse		File: /	
AMT Tolkningsprofil 600 Ø Fig. 7		Scale	Drawn C.W.C. - 80
			Traced G.A.J. - 80
Sheet Next Sheet		Checked	
		Approved	
 Elkem as Engineering Division Oslo Norway		Revision	

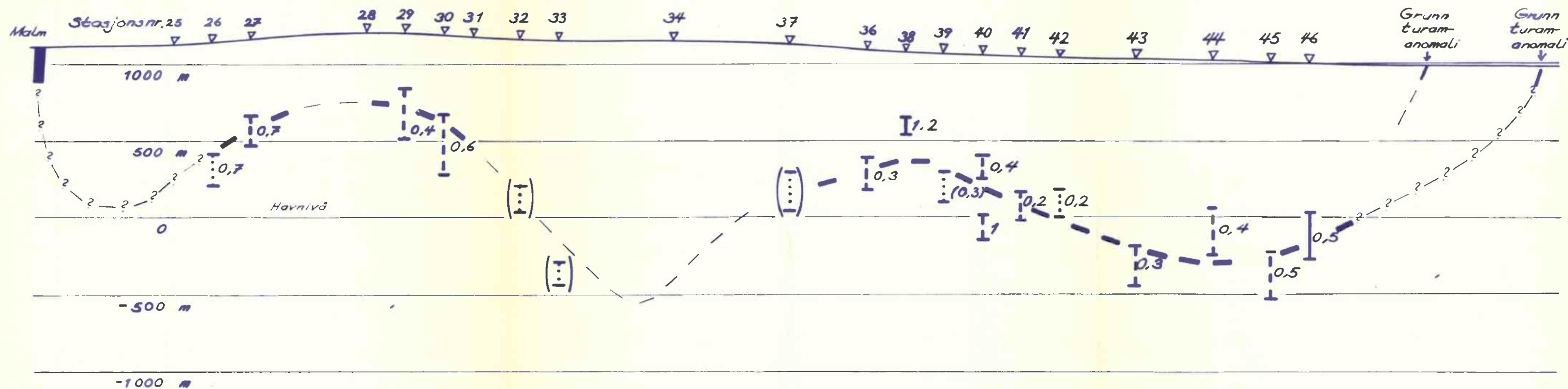


Frekvens
(Hz)

Motstandsprofil 2200 V



Tolkningsprofil 2200 V



Nivåangivelse av Lederstruktur.

Tydelig Ledningsvektkontrast
Middels
Utydelig
Spøkulativ

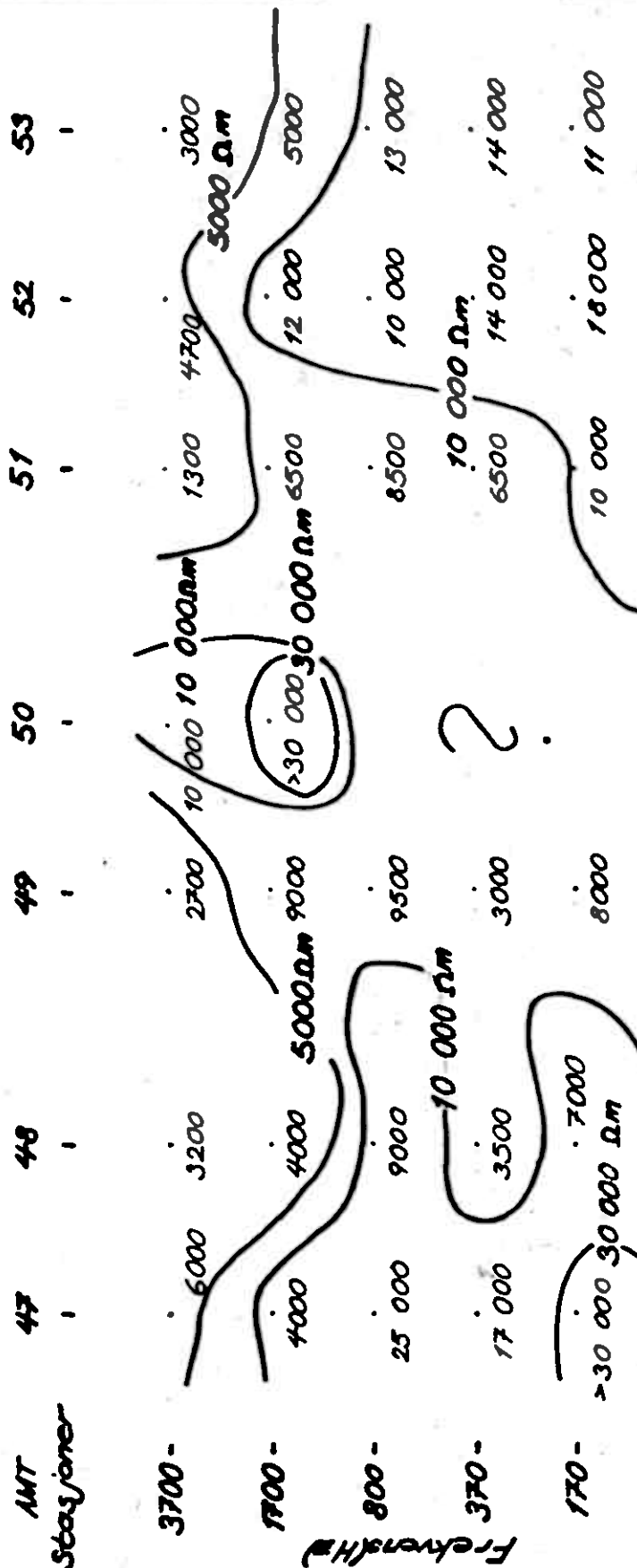
0,7 Indikativt Ledningsvektprodukt

for ledere

--- AMT struktur

No req'd	Description	Item	Drawing or Standard	Material	Unit	Total
					Approx wt	kg
Tolerances:		except as stated		Weld according to:		Projection:
						
This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse.				File: /		
Motstandsprofil / Tolkningsprofil 2200 V			Scale 1:1000 1:2000	Drawn	C.W.C. -81	
Fig. 9				Traced	G.A.J. -81	
			Sheet	Checked		
			of	Approved		
 Elkem-Spigerverket a/s Engineering Division Oslo, Norway						
			Revision			

Motstandsprofil 3600 V (Pseudosection)



This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse

File: /

Scale

Drawn

C.W.C. - 81

Traced

G.A.J. - 81

Sheet

Checked

Next Sheet

Approved



Elkem as
Engineering Division
Oslo, Norway

Motstandsprofil 2200 V
Fig. 10

Revision



Elkem-Spigerverket a/s

Engineering Division

Middelthuns gt. 27
Postboks 5430
Oslo 3

Telefon: (02) 46 68 70

Geofysiker Killi
Folldal Verk
Hjerkinn

Oversendelse

Vedlagte med hilsen fra C.W.Carstens.

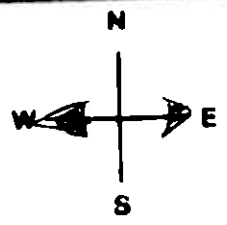
- ☐ I følge avtale
- ☐ Til orientering
- ☐ Til behandling
- ☐ Til godkjenning
- ☐ For kommentar
- ☐ Kan beholdes
- ☐ Ønskes i retur
- ☐ Takk for lånet
- ☐ Kontakt avsender
- ☐ Til arkivering

14.7.80

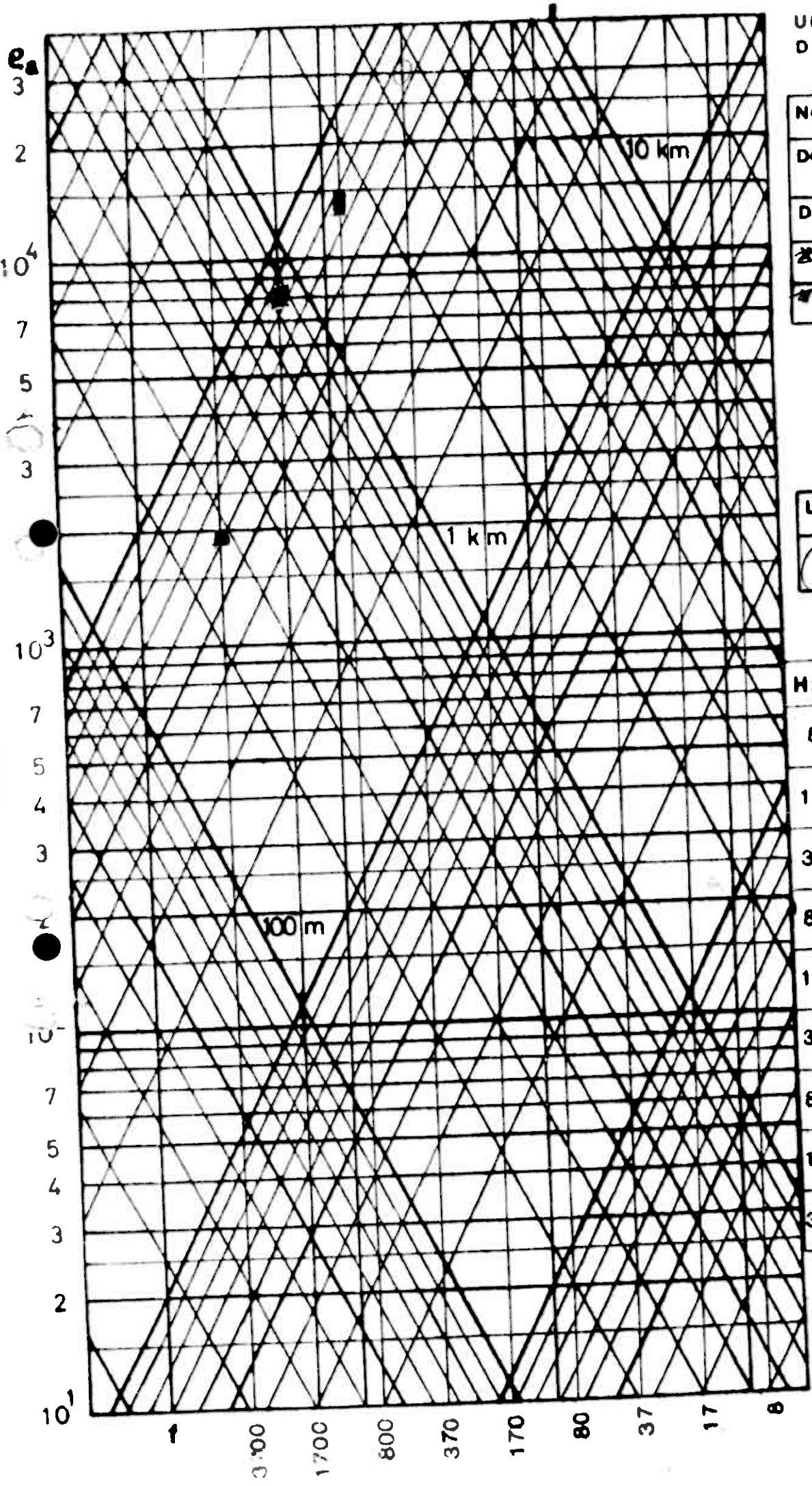
Dato

Underskrift

NO	1
DOMAIN	
DATE	10.6.80
$\times$	400 ϕ
$\star$	500 N



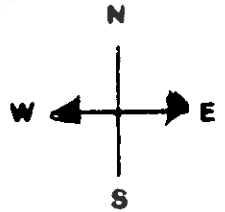
L	R
ρ_{11}	~~ρ_{12}~~



Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		F-H
370		F-H (30 000)
800		1500 1800
1700		7500 8000
3700		2400 2500

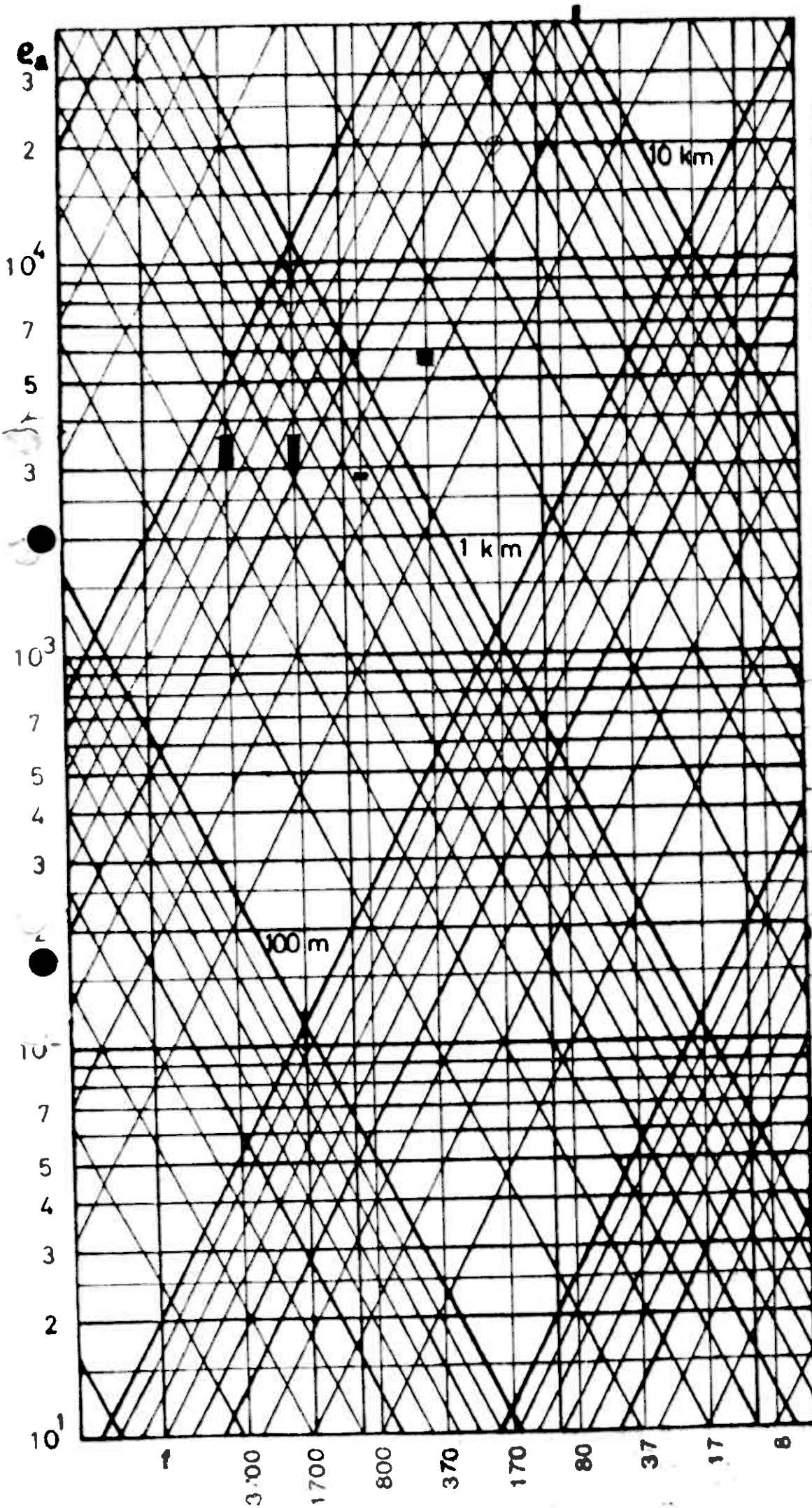
C 16
370 Hz 30 000 F-H

NO	2
DOMAIN	
DATE	10.6.80
X	400 S
Y	600 N

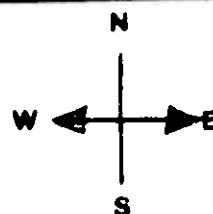


L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		F.H (2000)
370		5500 6000
800		2800 2900
1700		2900 3200 3000
3700		3700 3000 3700
		3200



NO	3
DOMAIN	
DATE	10.6.80
Σ	400 ϕ
Σ	700 N



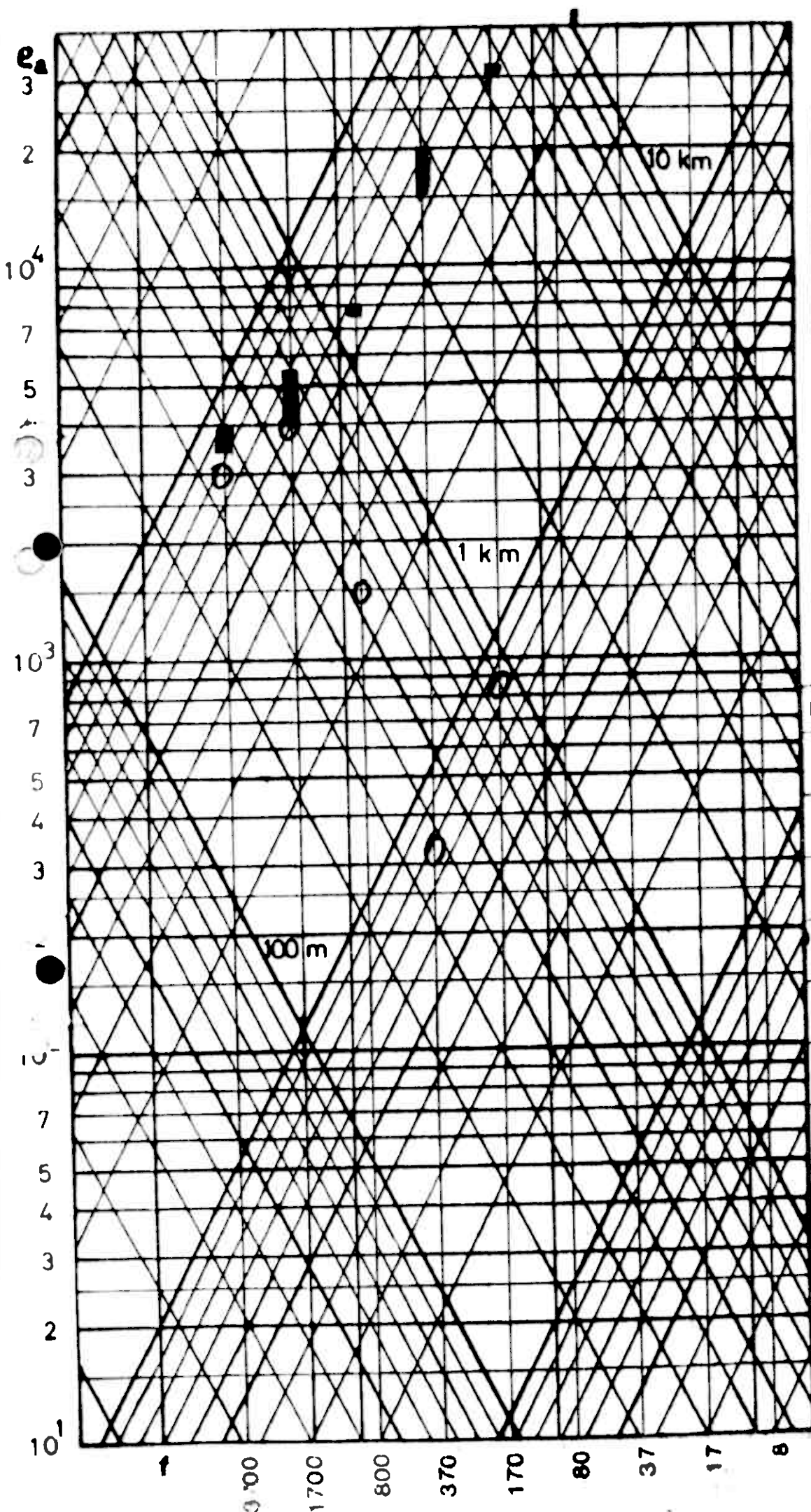
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		2000 3200
370		(F.H.) 1500 2000
800		8000 7500
1700		4000 5000 5500
3700		4000 5500

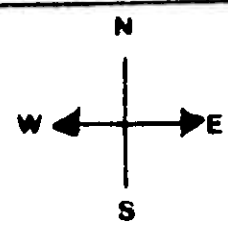
CM 16

370 Hz 2000

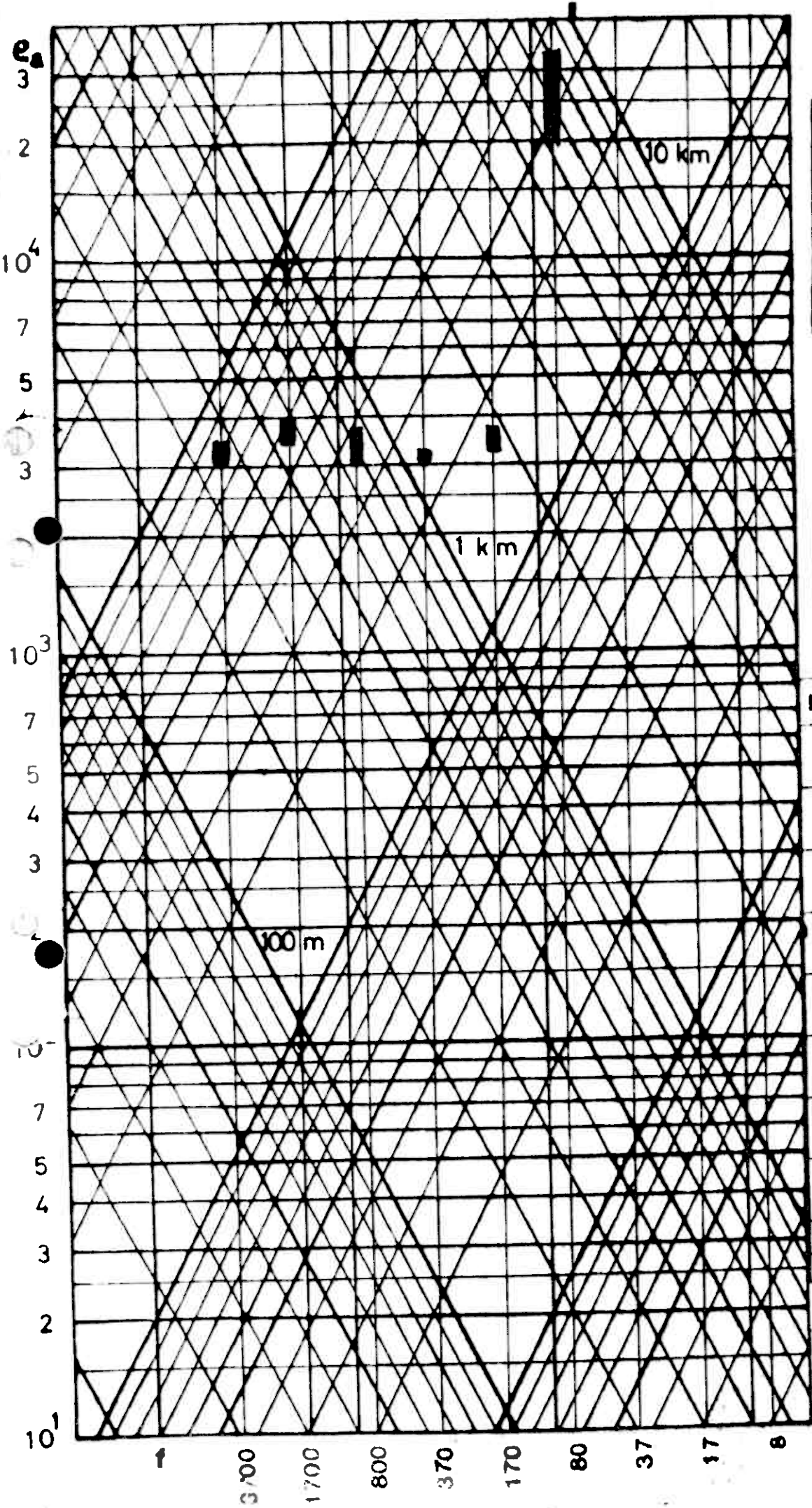
170 Hz 3000



NO	4
DOMAIN	
DATE	10.6.80
*	400 ϕ
*	800 N



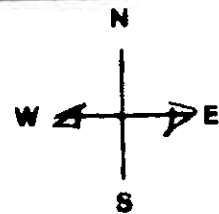
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



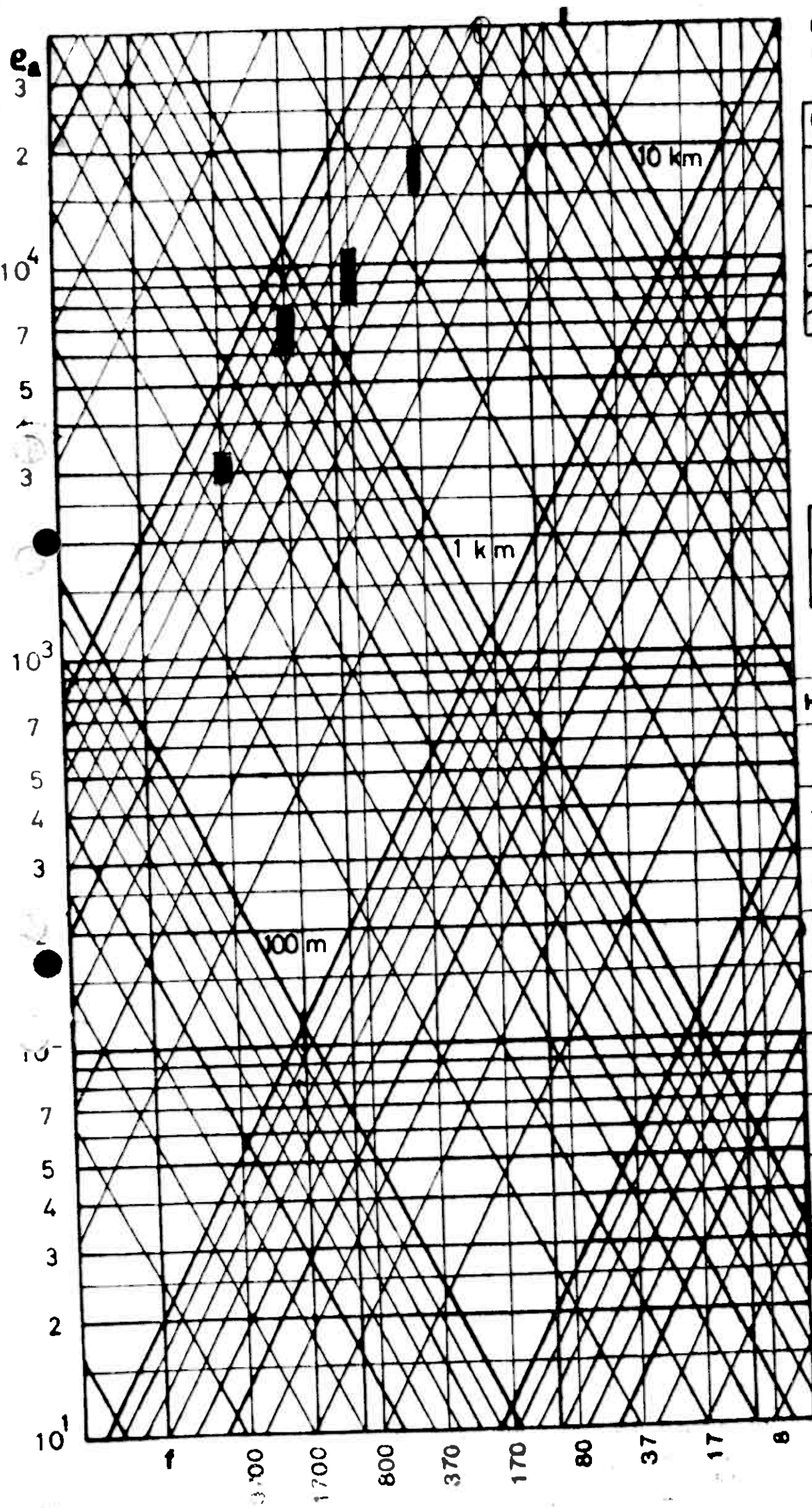
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		20 m 3400
170		3800 3200
370		3400
800		3000 3000
1700		3200
3700		3000 3800
		3500 3200
		4000 3500
		3400 4000
		3000 5500
		3000

CM 16
 370 Hz 3000 - 4000
 3500 - 3400
 170 Hz 2900 - 3000
 3100 - 3500
 80 Hz

NO	5
DOMAIN	
DATE	10.6.80
#	4000
#	750 N

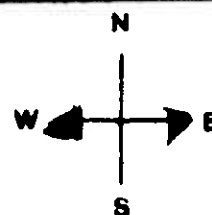


L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$
8		
17		
37		
80		
170	3500	
370	20000/5000	
800	10000 8000 11000	
1700	6500 8000 6000	
	7500 (8500)	
3700	2900 3200 3400	
	(2400)	

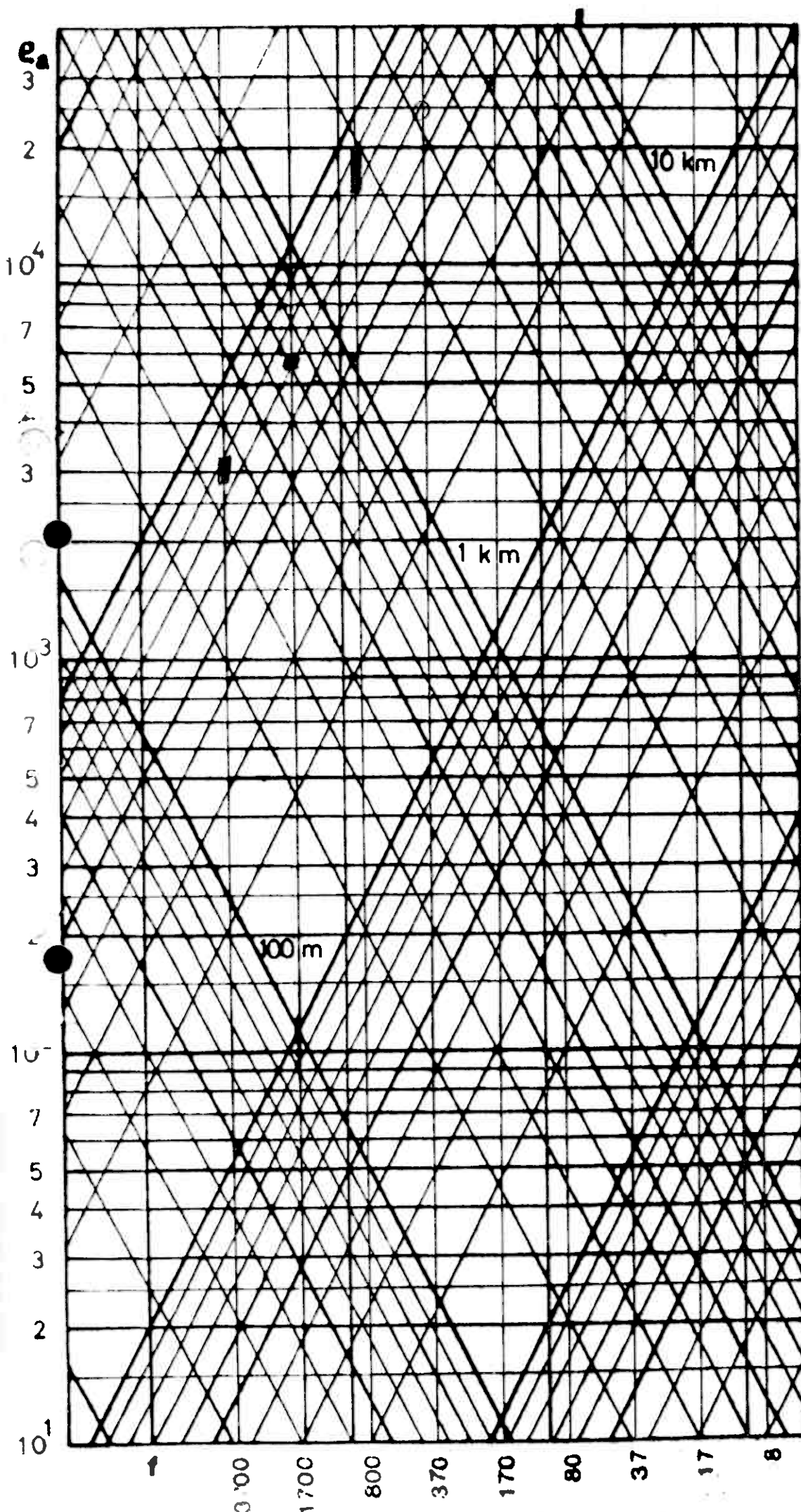
NO	9
DOMAIN	
DATE	11.6.80
*	400 ϕ
*	700 N



L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$

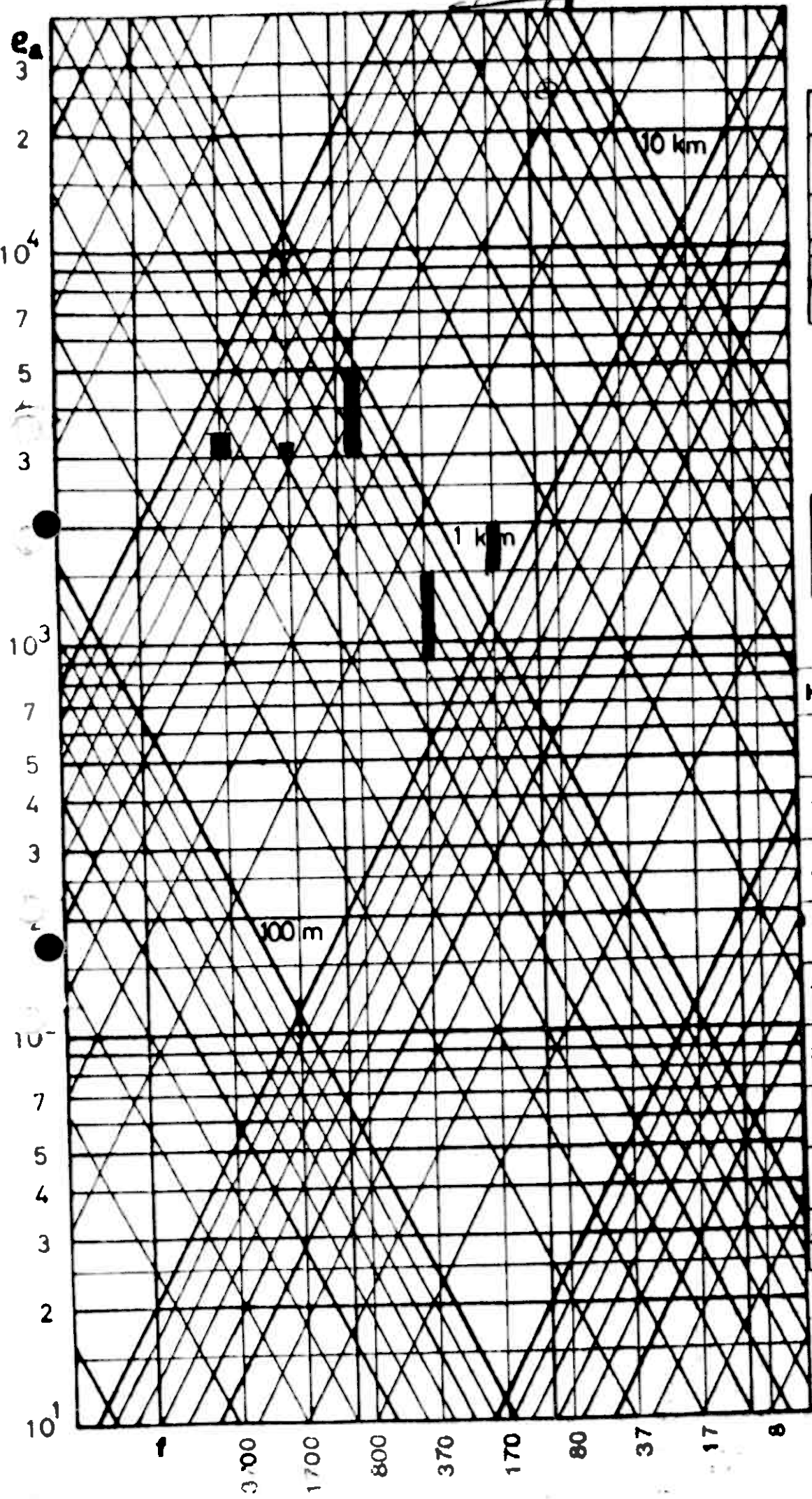
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80	15000	
170		60000
370	f.h. 25000	
800	20000 / 15000	
1700	5500	6000
3700	2800	3200

CM 16
370 Hz 25000 (f.h.)
170 Hz 50000 (f.h.)

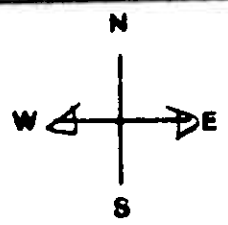


Schlegel

UNIV. OF QULU
DEPT. OF GEOPHYSICS



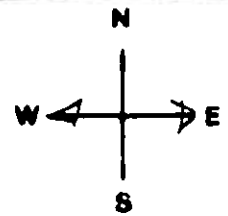
NO	9
DOMAIN	
DATE	10.6.80
	400 S
	800 N



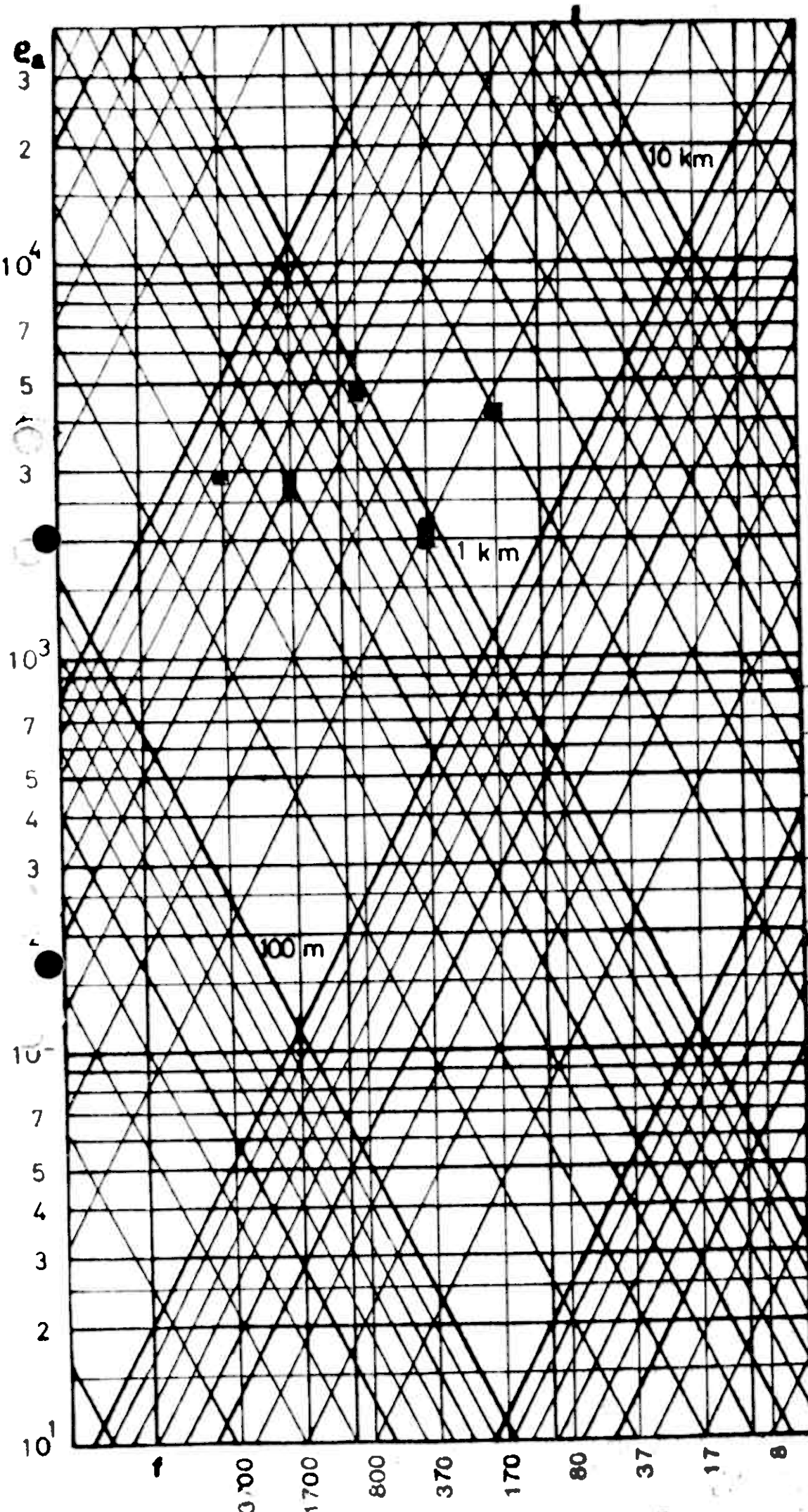
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170		1500 2000		
370		1010	900	1200
800		900	800	
1700		4000	3000	5000
3700		5000		
		3200	3000	
		3000	3500	

NO	10
DOMAIN	
DATE	11.6.80
$\star$	4000
$\star$	800 N



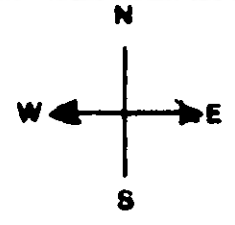
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



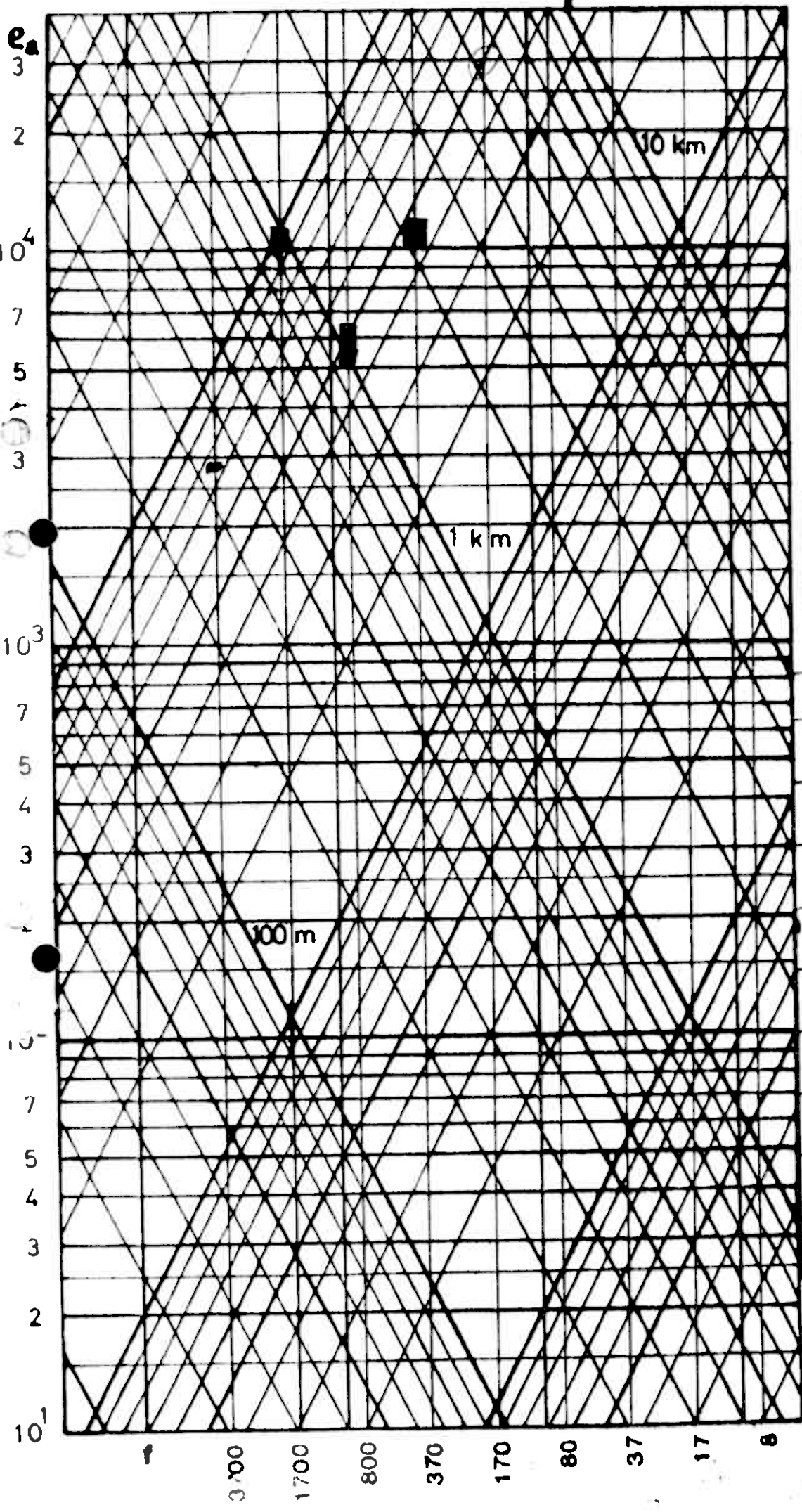
Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80		3500		
170		4000	4300	
370		2200	2000	1900
800		5000	4500	5000
1700		2200	3000	3000
3700		3000	2800	

CM 16
570 Hz 2300 2000
170 Hz 5500

NO	6
DOMAIN	
DATE	10.6.80
E	400 S
S	850 N



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

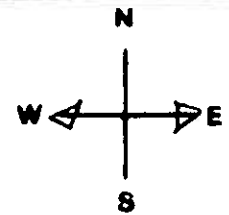


Hz	$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$
8		
17		
37		
80	15000	
170	30000	
370	12000 / 6000	
800	5000 / 6500 / 6000	
1700	10000 / 11000	
3700	2800 / 2900	

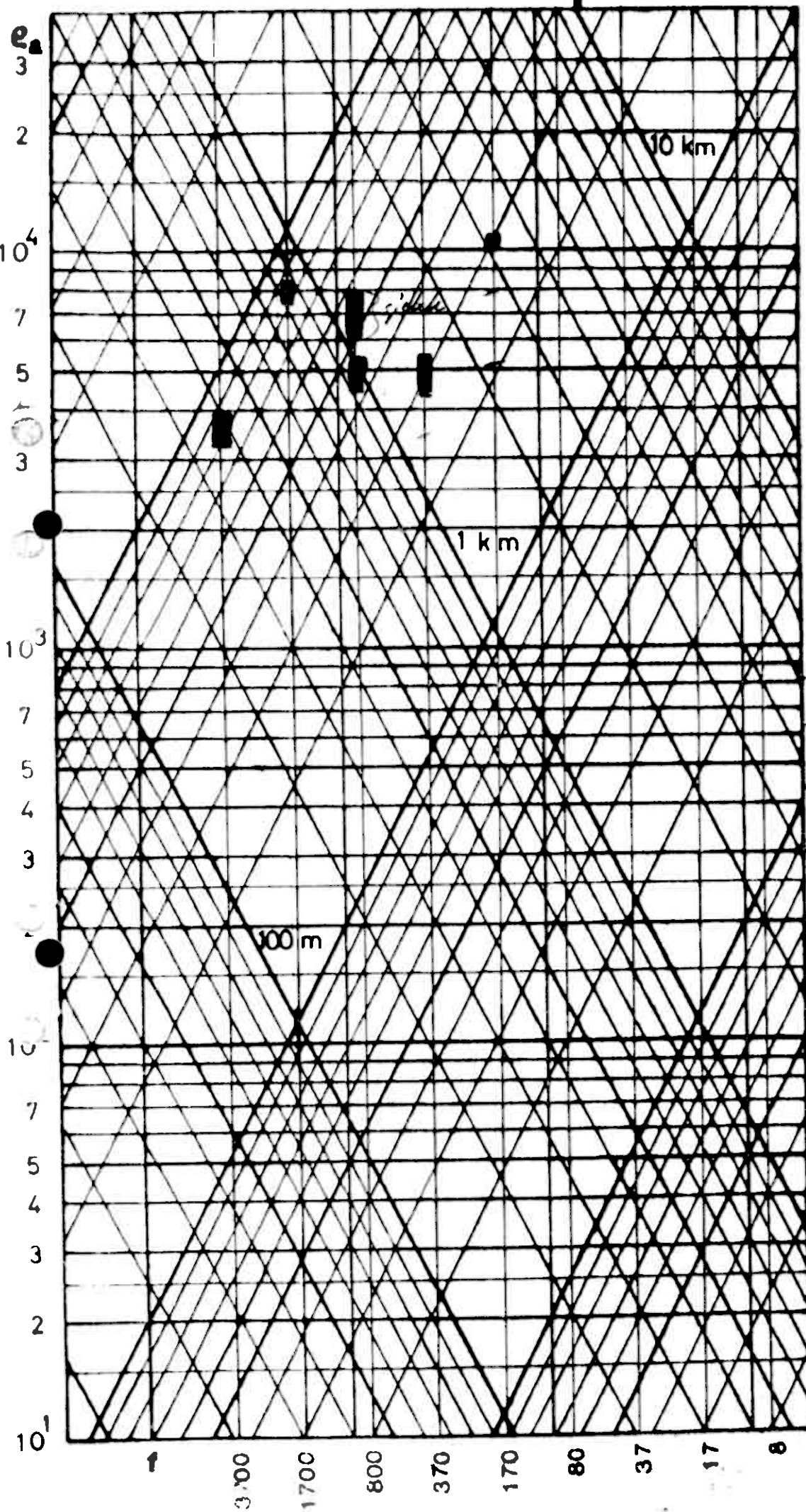
CM 16
370 Hz 10000 11000
170 Hz 20000

UNIV. OF QULU
DEPT. OF GEOPHYSICS

NO	7
DOMAIN	
DATE	10.6.80
Σ	4000
Σ	900 N



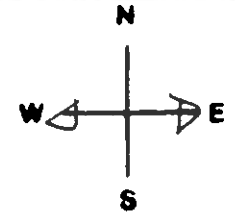
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



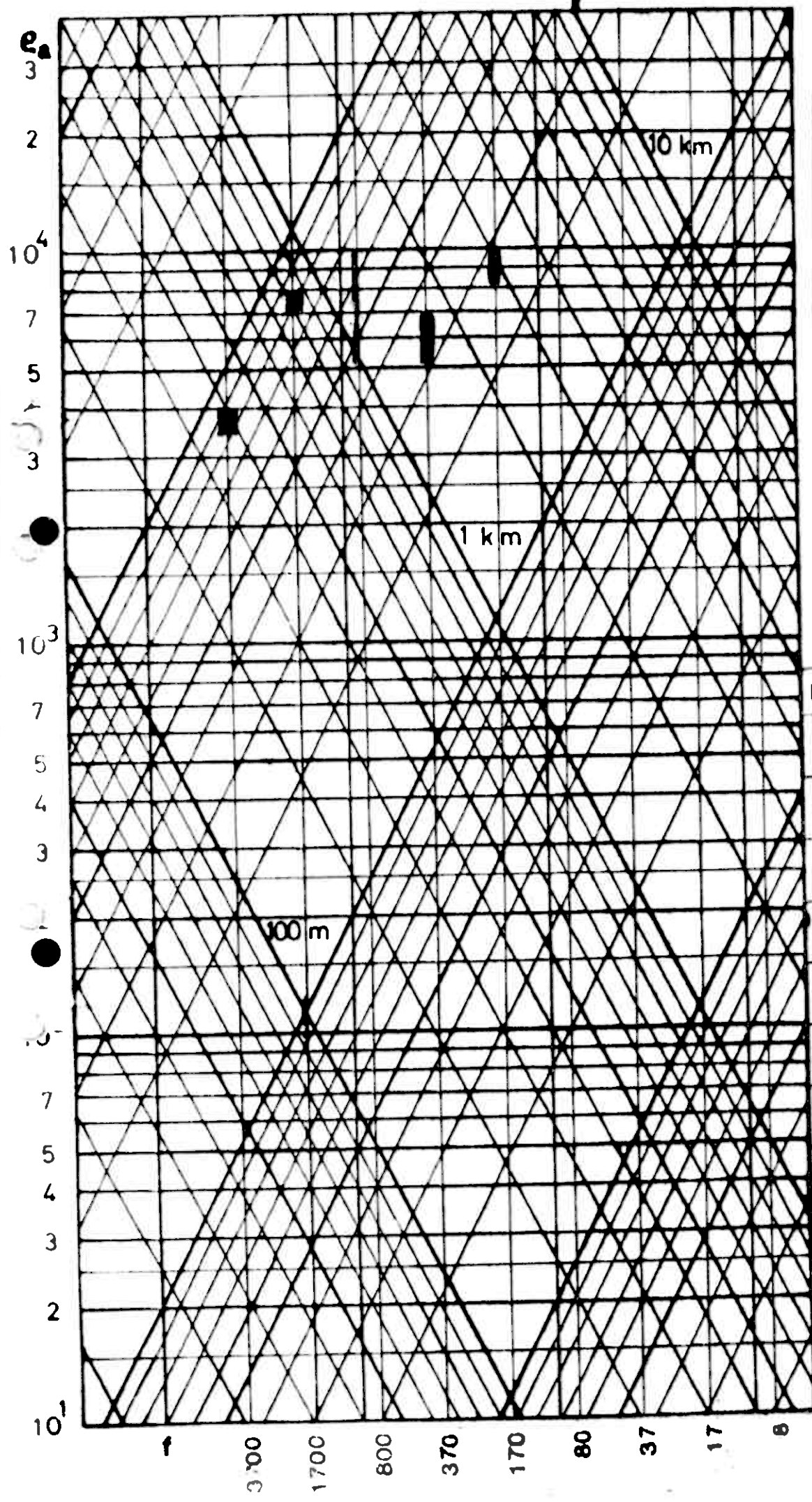
Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170		10000 11000		
370		5000	5500	5500
800		4300	5400	4800
1700		7000	8000	5500
3700		7000	4800	6500
		8500	7500	
		8000		
		3400	3200	
		4000	3500	

Sickh
 1700 Hz 8500 8000 8500
 800 Hz 6000 7200 8000
 7500
 370 Hz 4000 4500 6000
 7500 3500
 170 Hz 5000 - 8000

NO	8
DOMAIN	
DATE	10.6.80
X	400 Ø
Y	950 N



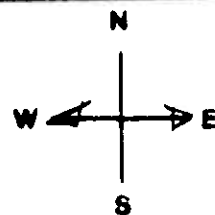
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



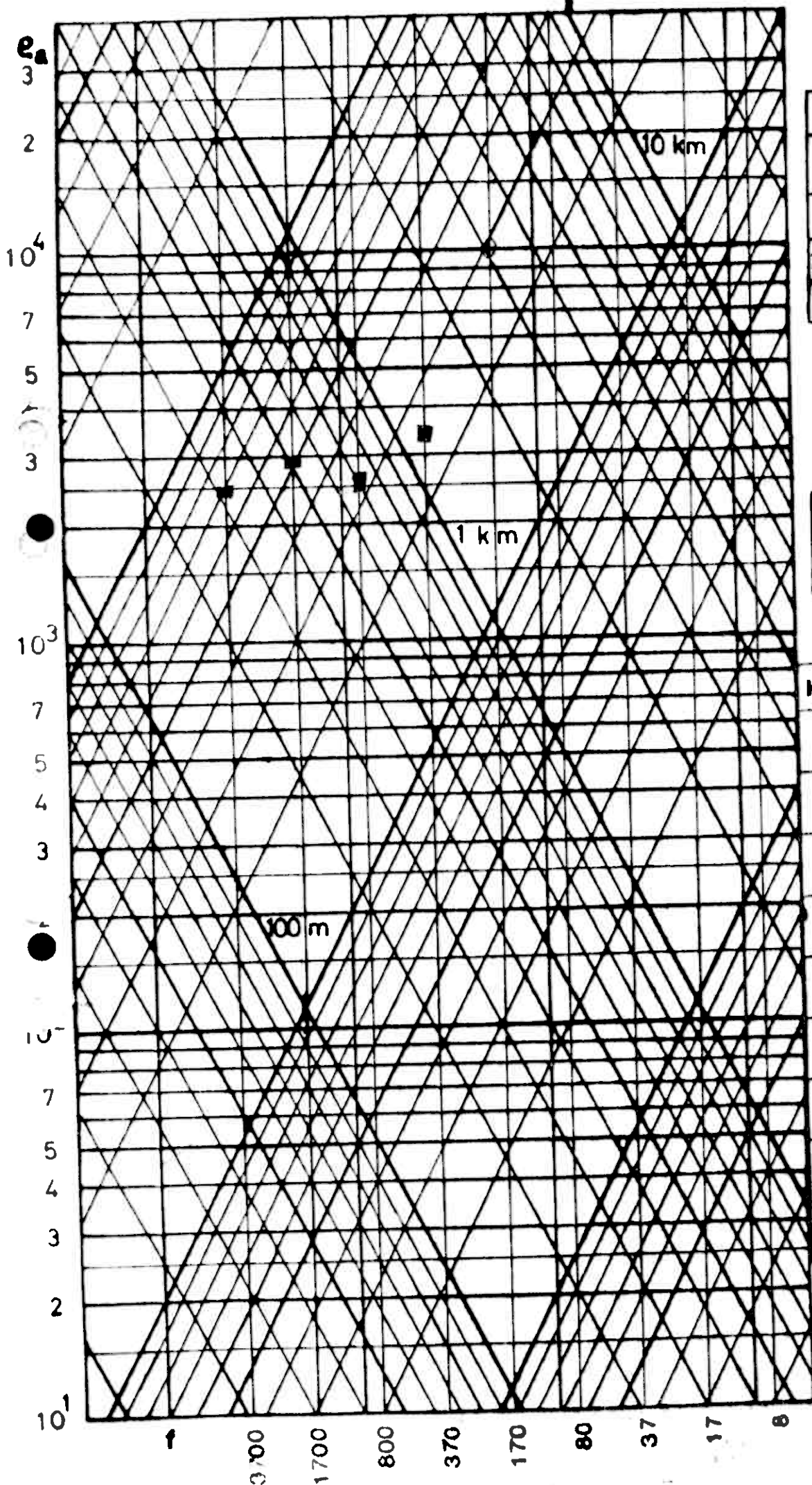
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		8000 - 10000
370		5000 - 7000
800		5000 - 10000
1700		7000 - 8000
3700		3500 - 4000

600 2

NO	11
DOMAIN	
DATE	11/6.80
ρ	600 Ω
ρ	500 N

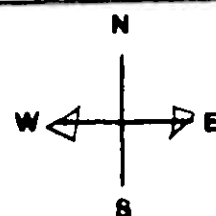


L	R
ρ_{11}	ρ_L

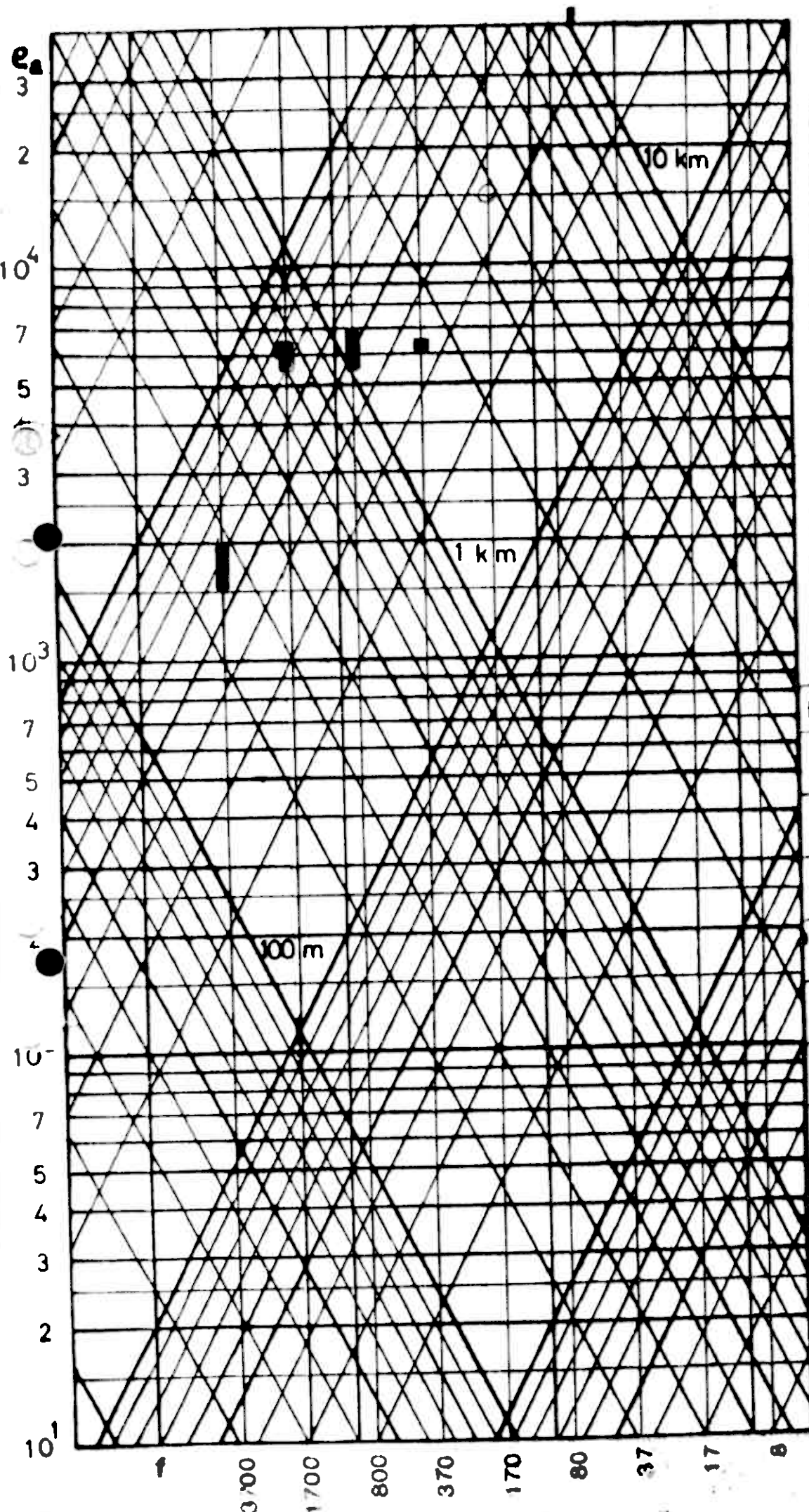


Hz	dB	Ωm	
8			
17			
37			
80			
170		f.h. 1000 1000	
370		3500	3200
		3300	
800		3400	2500
		2700	
1700		2800	3000
		2900	
3700		2500	2400

NO	12
DOMAIN	
DATE	11.6
X	600 W
Y	550 N



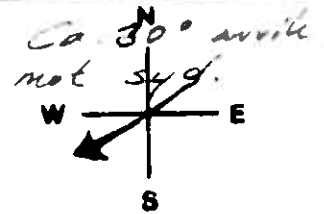
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		40-1000
170		1500
370		6500 6000
800		7000 6000
1700		5500 6500 5500 6000
3700		1500 2000

CM 16
370 Hz 6000
170 Hz 10 000

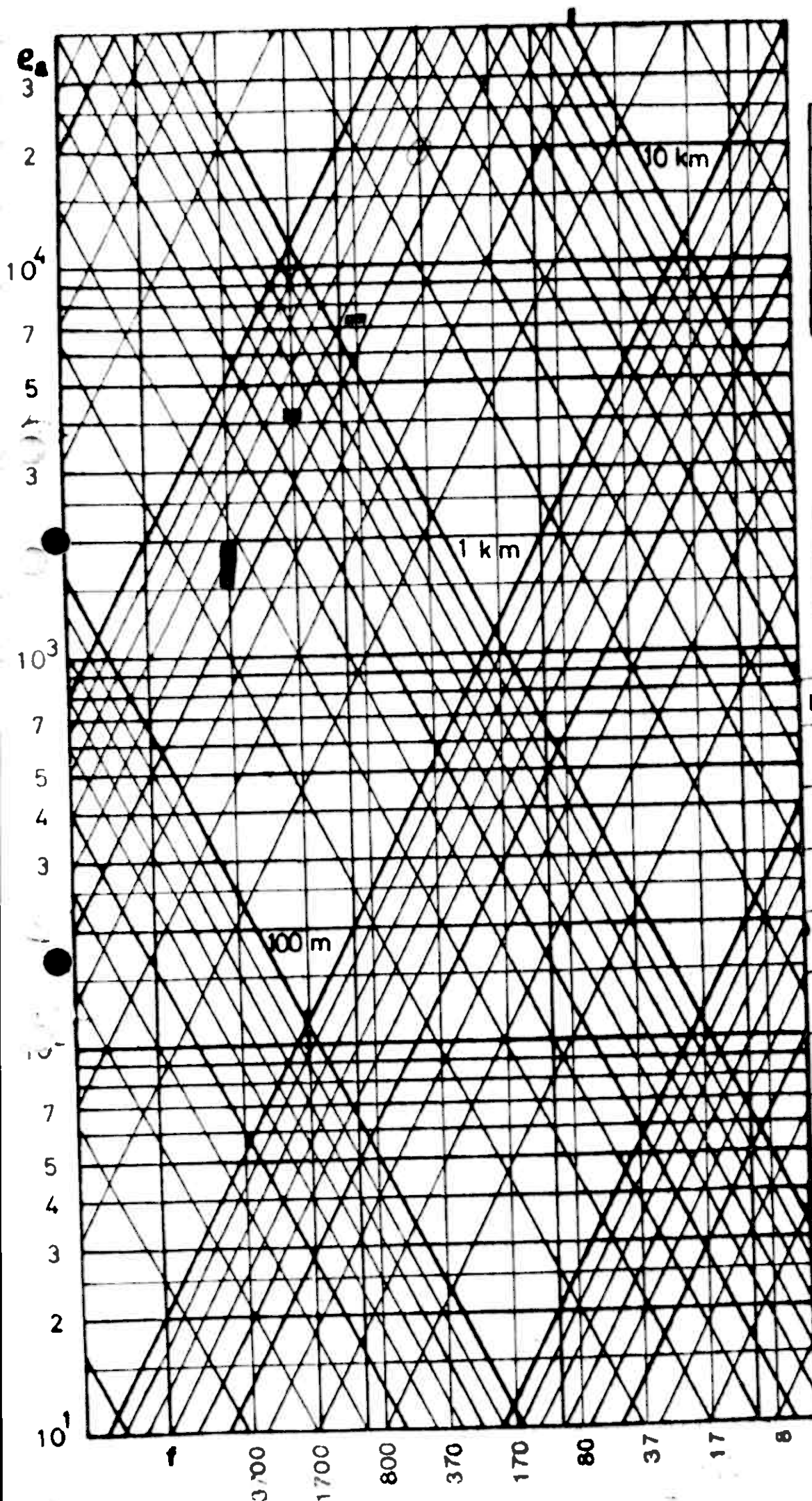
NO	13
DOMAIN	
DATE	11.6.80
X	6000
Y	550 N



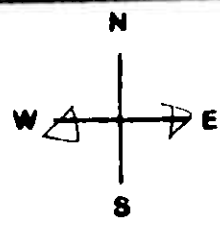
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		30 m
170		5000 f.h.
370		20 m (f.h.)
800		7500 7000
1700		4000 4300
3700		3000 1500

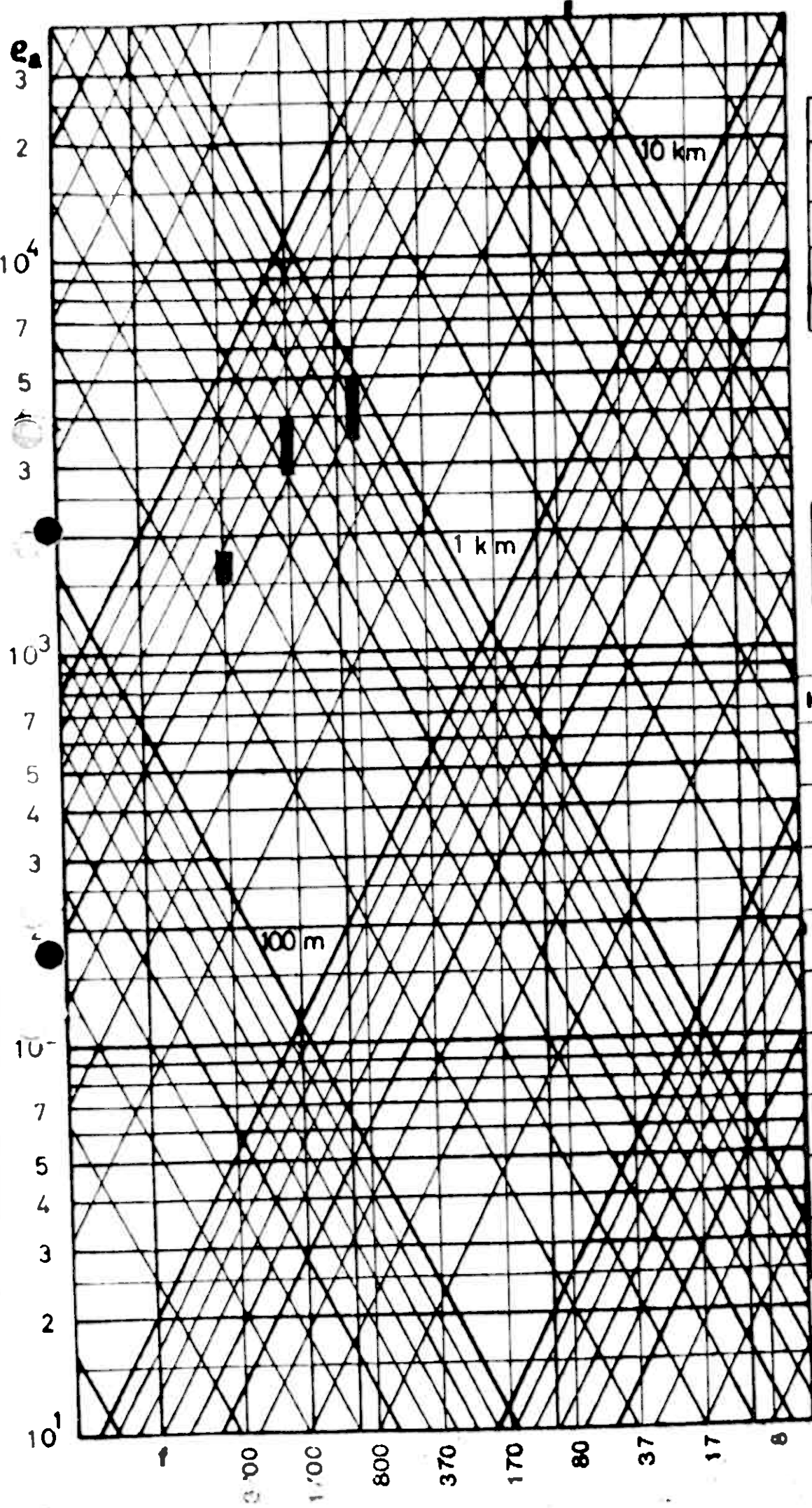
CM 16
370 Hz 1500 f.h.
170 Hz 40-5000



NO	14
DOMAIN	
DATE	11.6.80
X	5000
V	500 N

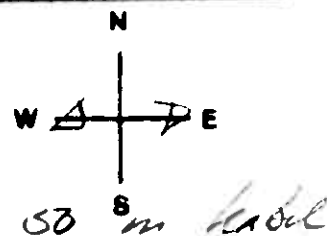


L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170				
370		6000 f.h.		
800		4200	5000	3500
1700		3200	4000	2800
3700		1500	1800	1700

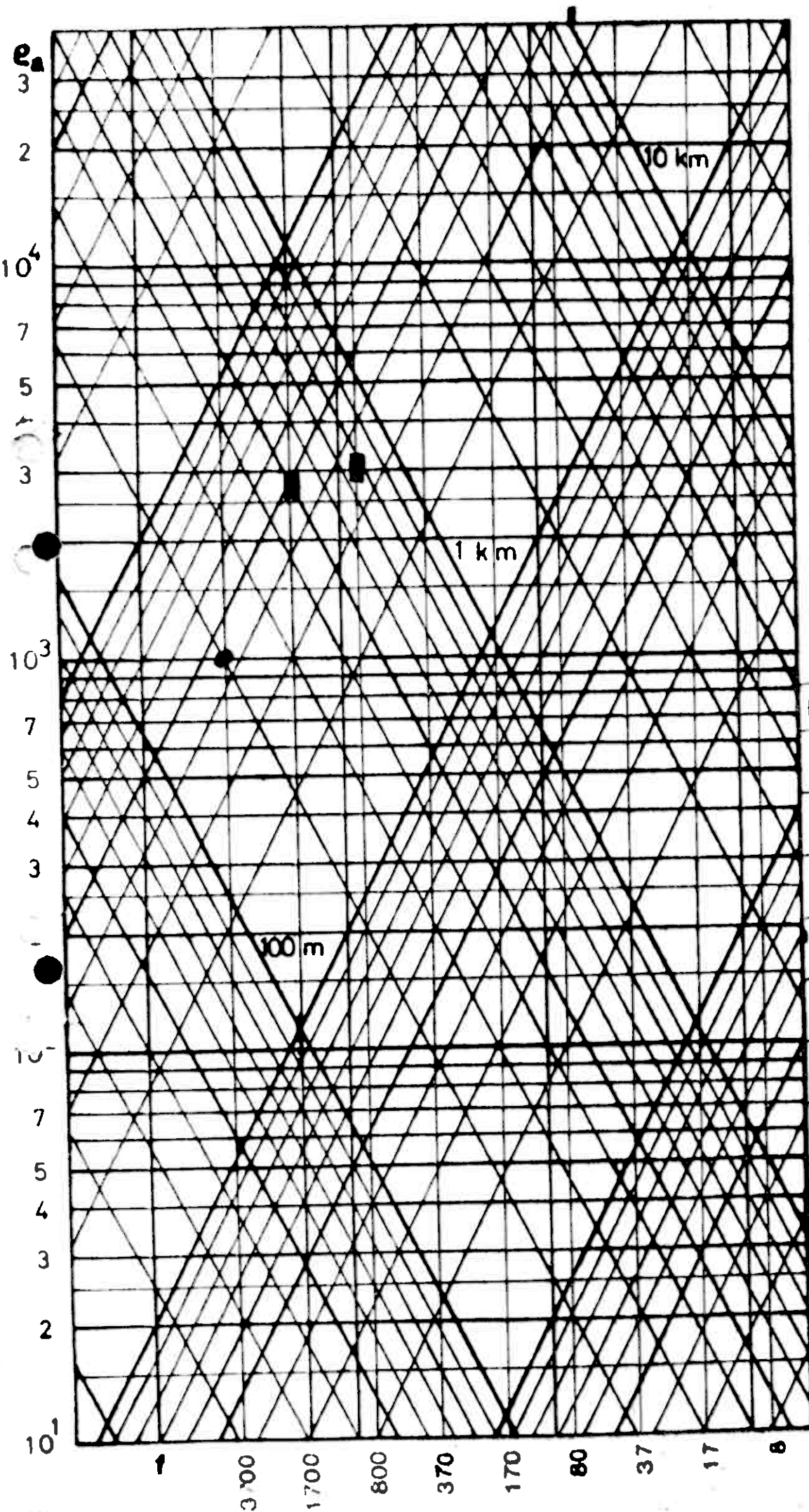
NO	15
DOMAIN	
DATE	M. 6.
X	6000
Y	600N



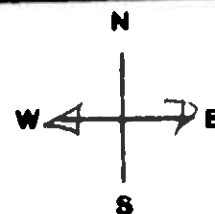
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		
370	6m f.h.	
800	2800 3300	
1700	3000 2500	
3700	1000 1000	

CM 16
370 Hz 5m - 6m



NO	16
DOMAIN	
DATE	11.6.
X	6000
Y	650N



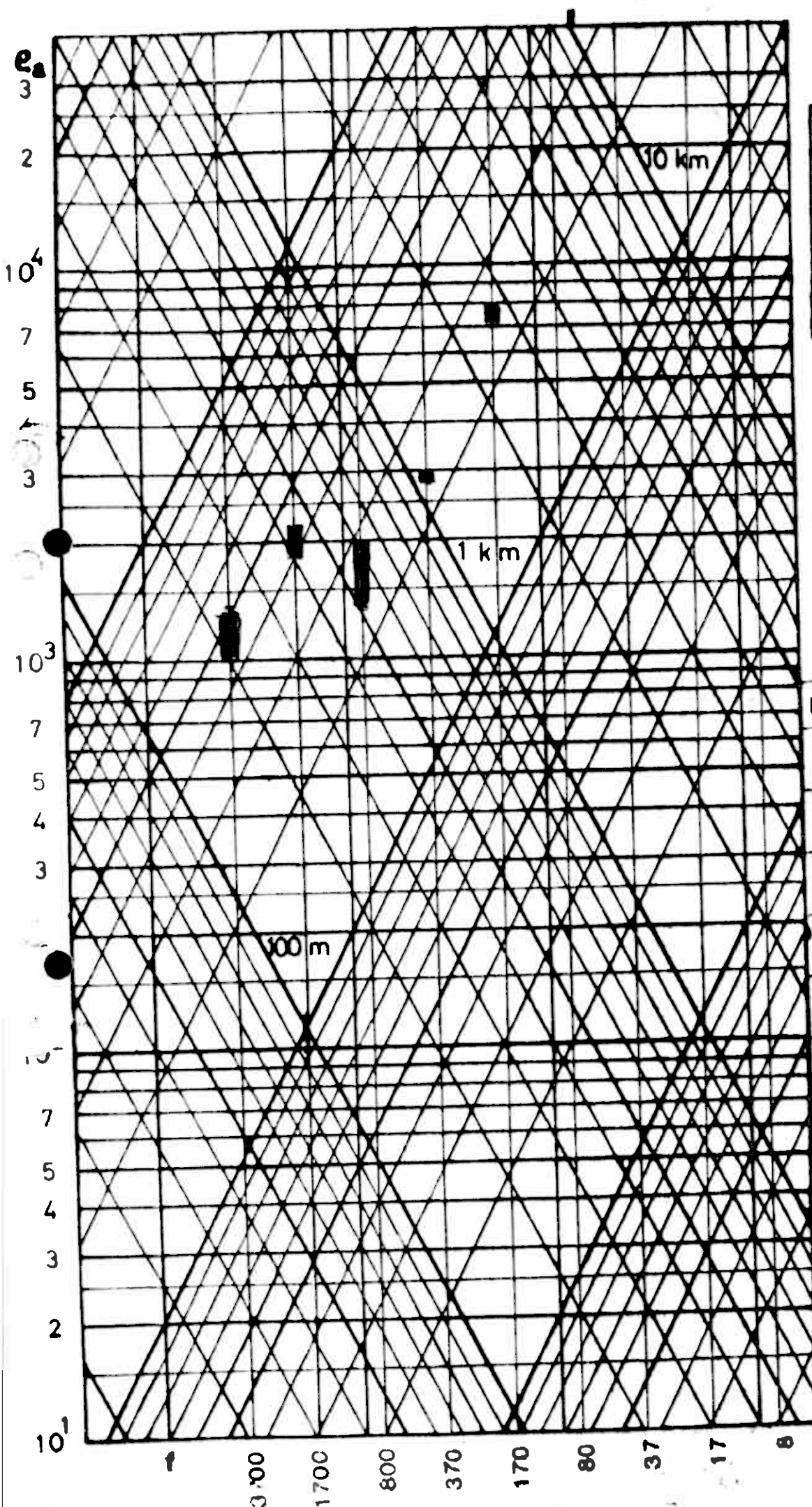
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170		7100	7500	8000
370		3000	2800	
800		1500	1500	
1700		2200	1800	
3700		1000	1300	

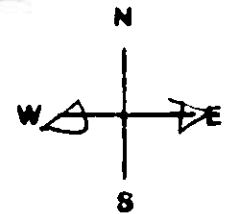
CM 16

370 Hz 3000

170 Hz 7500



NO	24
DOMAIN	
DATE	11.6.80
ρ	600 Ω
ρ	675 N



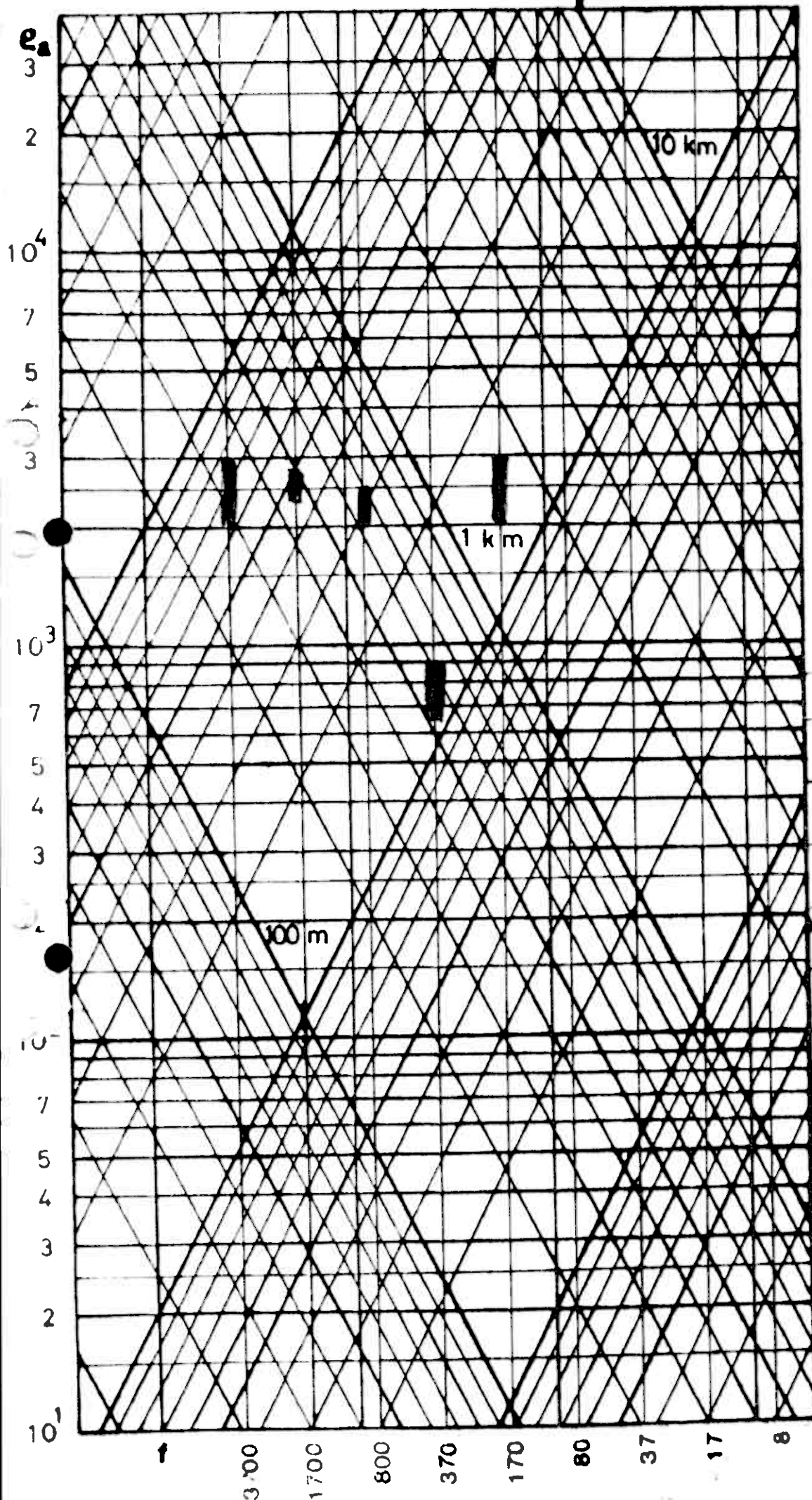
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37		3000-5000		
80		20000 f.		
170		20000 3000		
370		1500	700	800
		700	650	
800		3000	2500	2000
1700		2400	2500	
		2800		
3700		3000	3000	

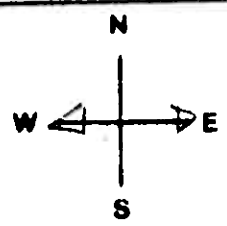
CM 16

570 Hz 700

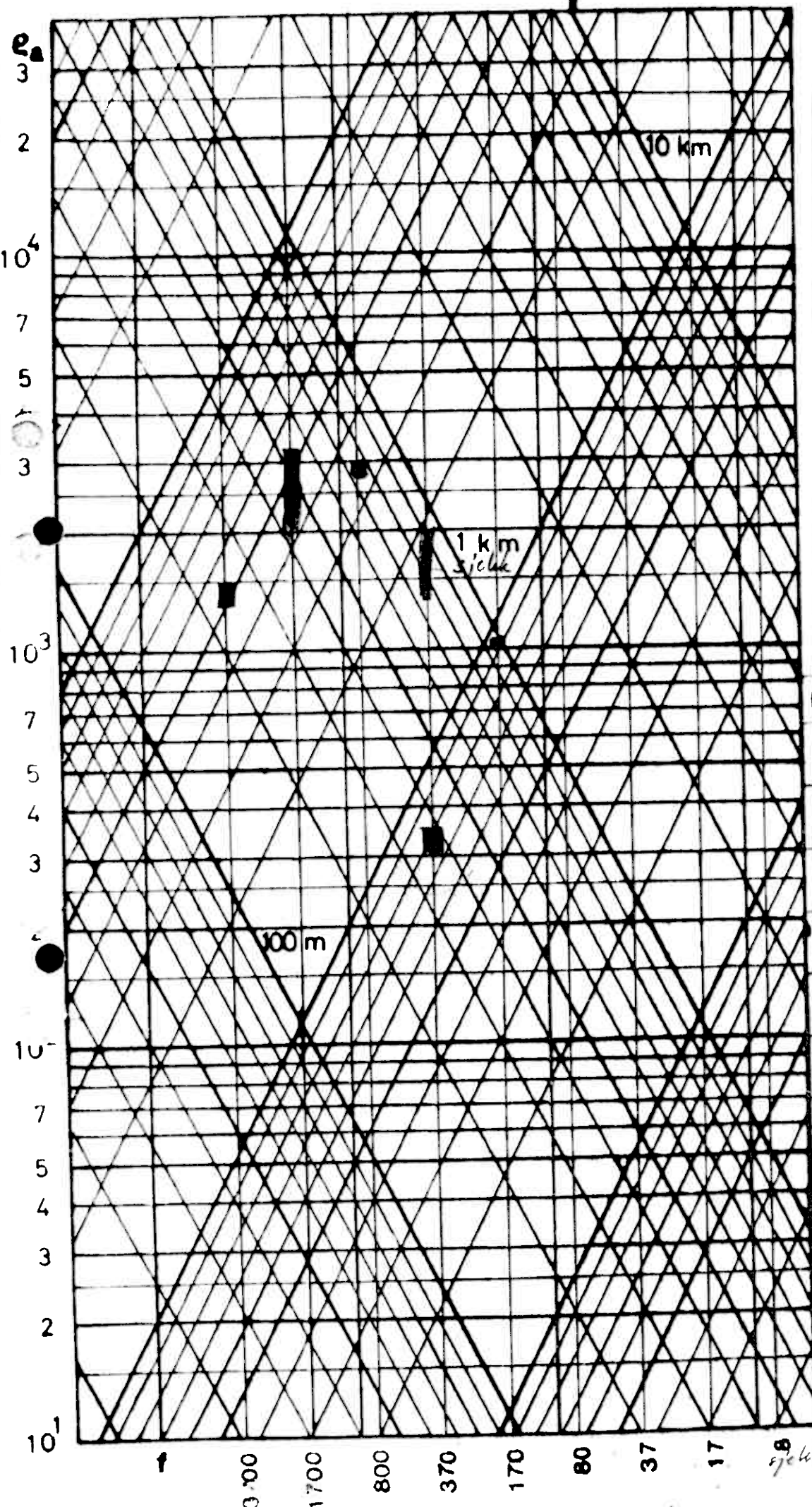
170 Hz 3000



NO	17
DOMAIN	
DATE	11.6.
	6000
	700 N



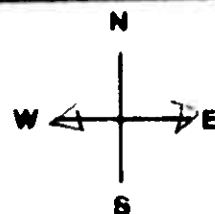
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170		6000		
370		350	300	340
800		3000	2700	3000
1700		3200	2200	2000
3700		1300	1500	

CM 16
370 Hz 800 - 500
170 Hz 1100 - 1000 - 1000
CM 21
370 Hz 1000

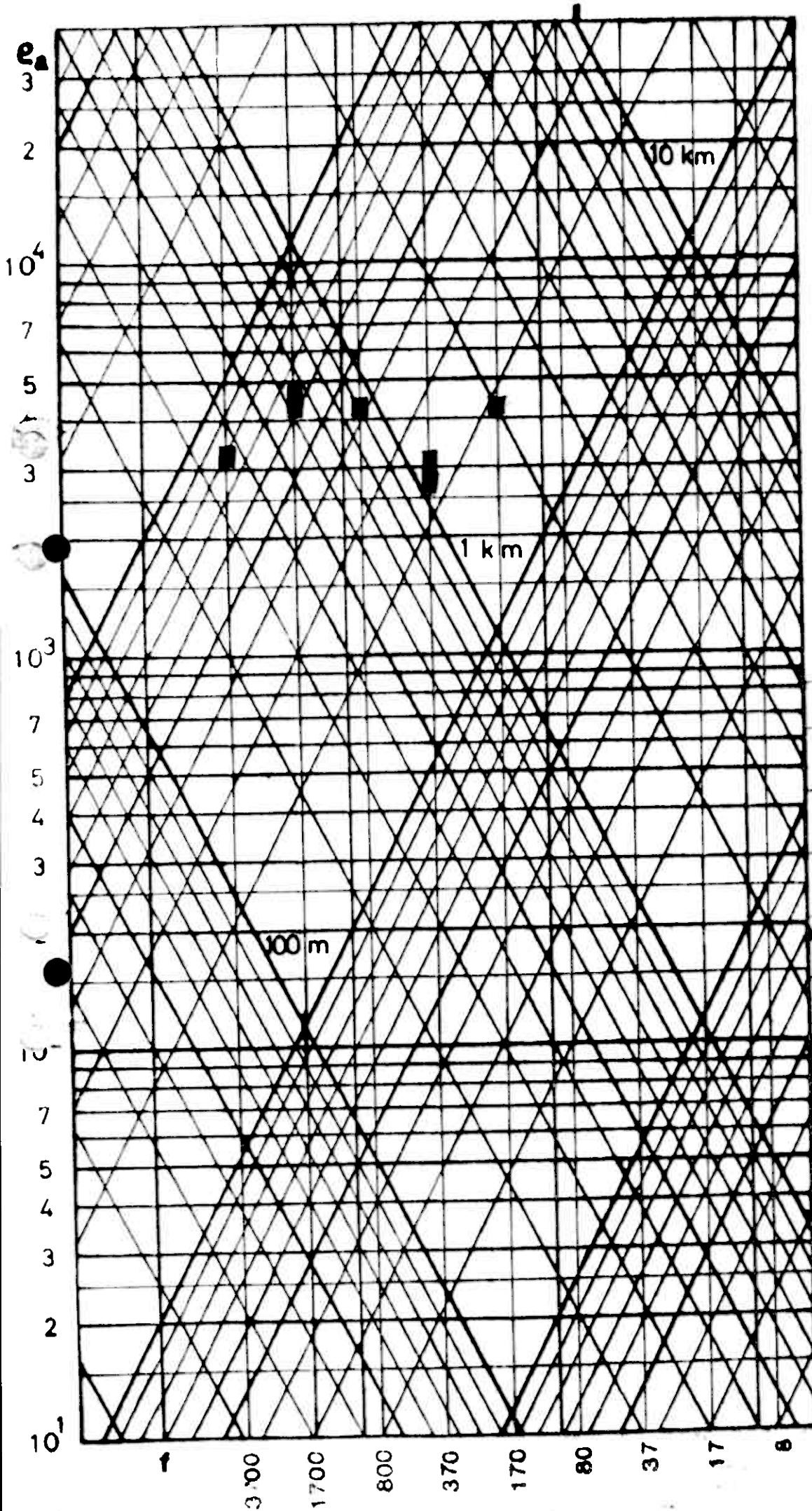
NO	23
DOMAIN	
DATE	11.6.
Σ	600 ϕ
γ	725 N



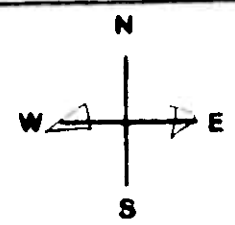
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170	45m	4000
	4500	
370	3000	5200 2500
	3m	
800	4000	4500 4000
	4000 - 4500 - 5000	
1700		
3700	3000	5500

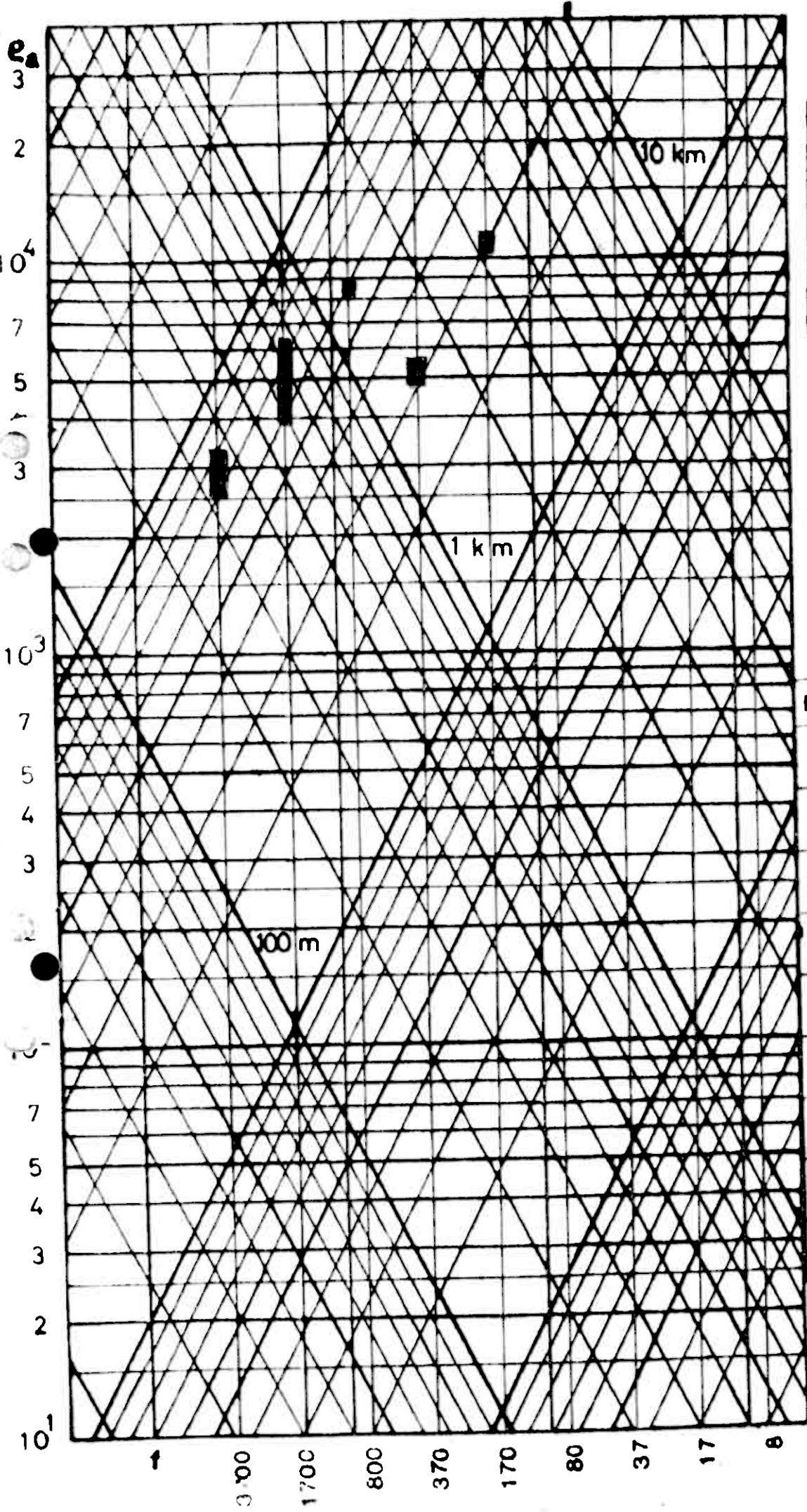
CM 16
570 Hz 2500 - 2800
170 Hz 4500



NO	18
DOMAIN	
DATE	11.6.80
	600 O
	750 N



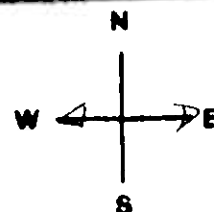
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$



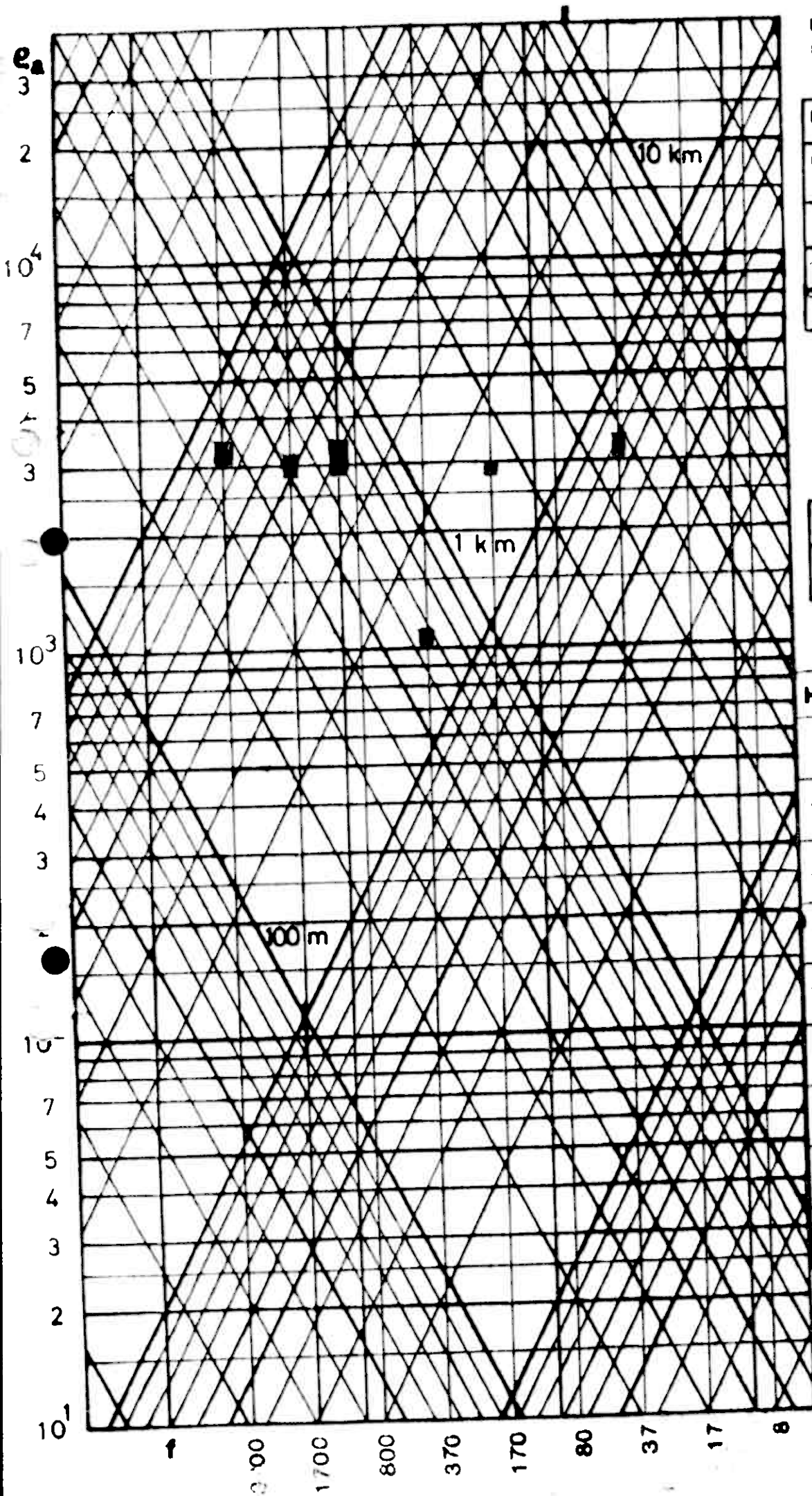
Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80		4000 f.h		
170		12000 10000		
370		5000	5500	5600
		4800		
800		2000	9000	
1700		4900	6500	5000
3700		2500	3400	3000

CM 16
370 Hz 4000-3500
5200
170 Hz 12000

NO	19
DOMAIN	
DATE	11.6.
θ	600 ϕ
ψ	800 N



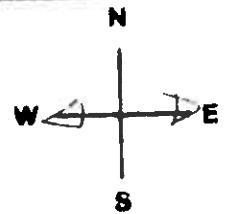
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37		3500	3000	
80		3000		
170		3000	2800	2900
370		1000	1200	1100
800		2800	3500	3400
1700		3000	2800	3200
3700		3000	3500	

CM 16
370 Hz 150 - 1400
170 Hz 2800

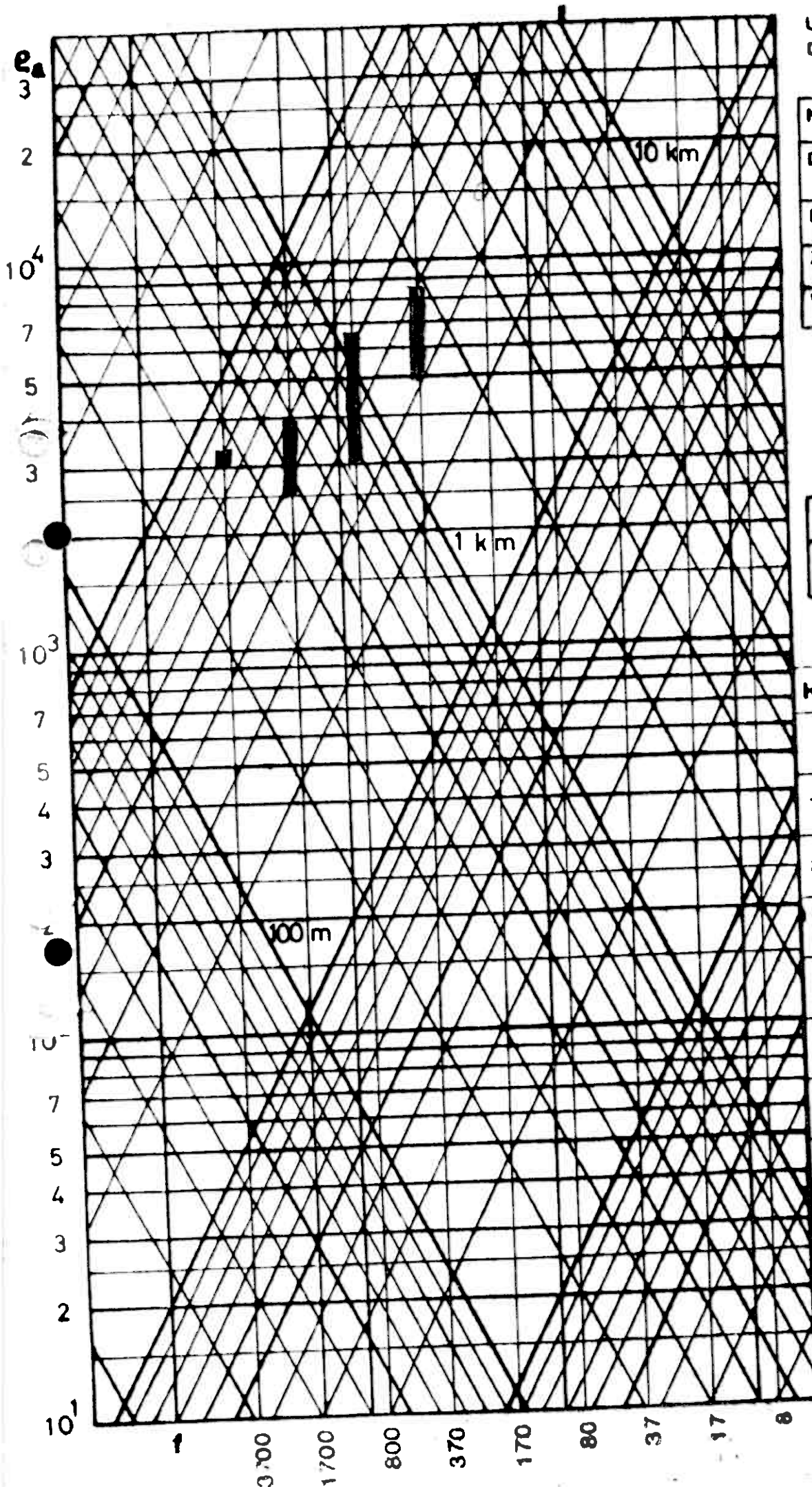
NO	20
DOMAIN	
DATE	11.6.
X	600 16
Y	850 N



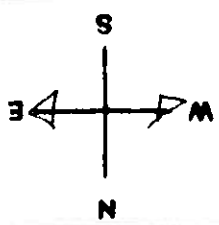
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170		1500		
370		6500	8500	5000
800		6500	4000	3000
		4200		
1700		3500	2500	4000
3700		3300	3000	

CM 16
370 Hz



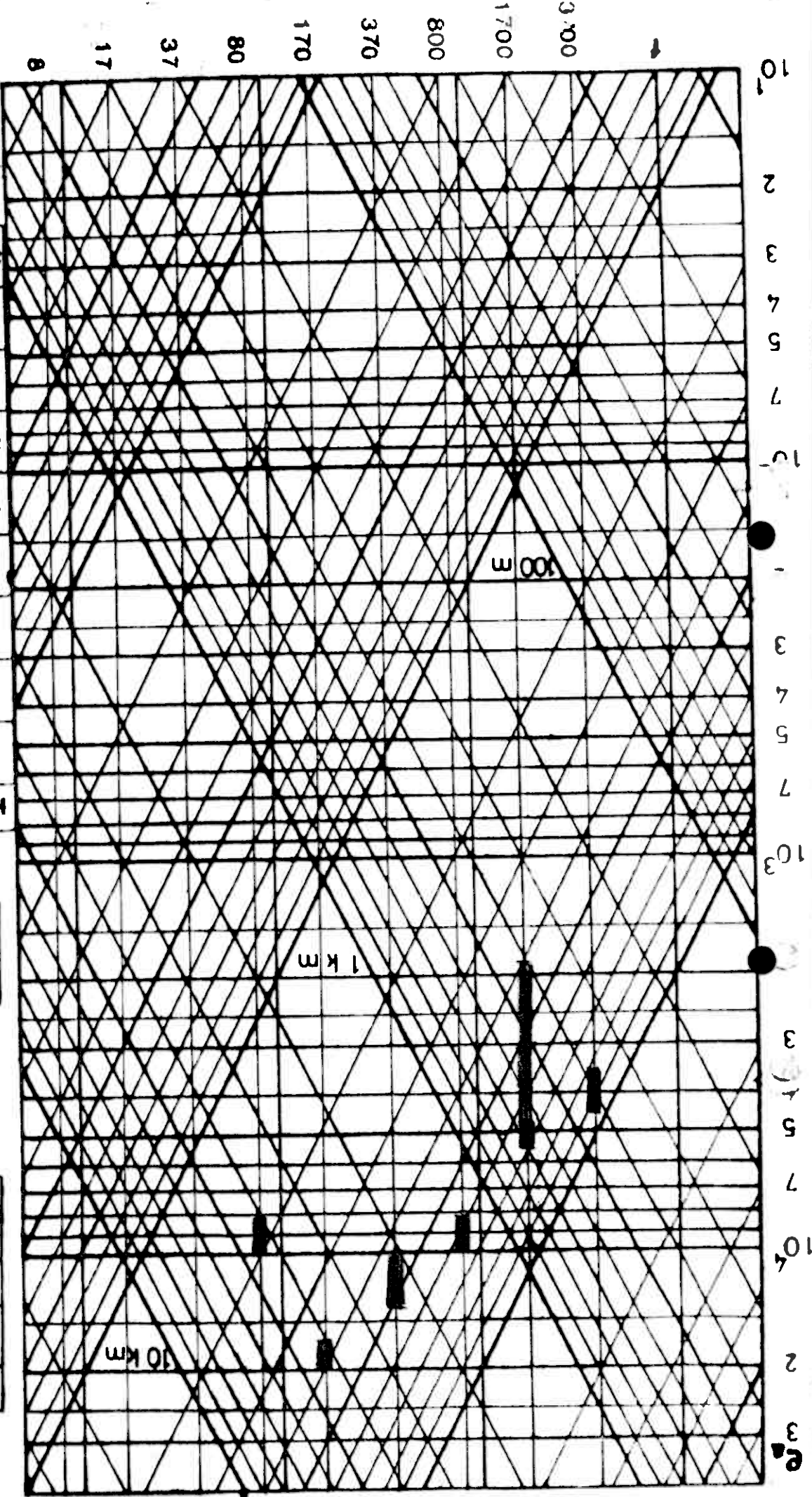
NO 21	DOMAIN	DATE 11.5.	% 6000	% 92 N
-------	--------	------------	--------	--------



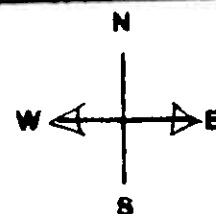
L	R	PL
---	---	----

Hz	dB	Hz	dB
3700	3500	3700	3500
1700	3000	1700	3000
800	2500	800	2500
370	2000	370	2000
170	1500	170	1500
80	1000	80	1000
37	750	37	750
17	500	17	500
8	250	8	250

CM 16
370 Hz 8000
170 Hz 15000
g/kHz 1700 Hz
3500 - 4500
5000



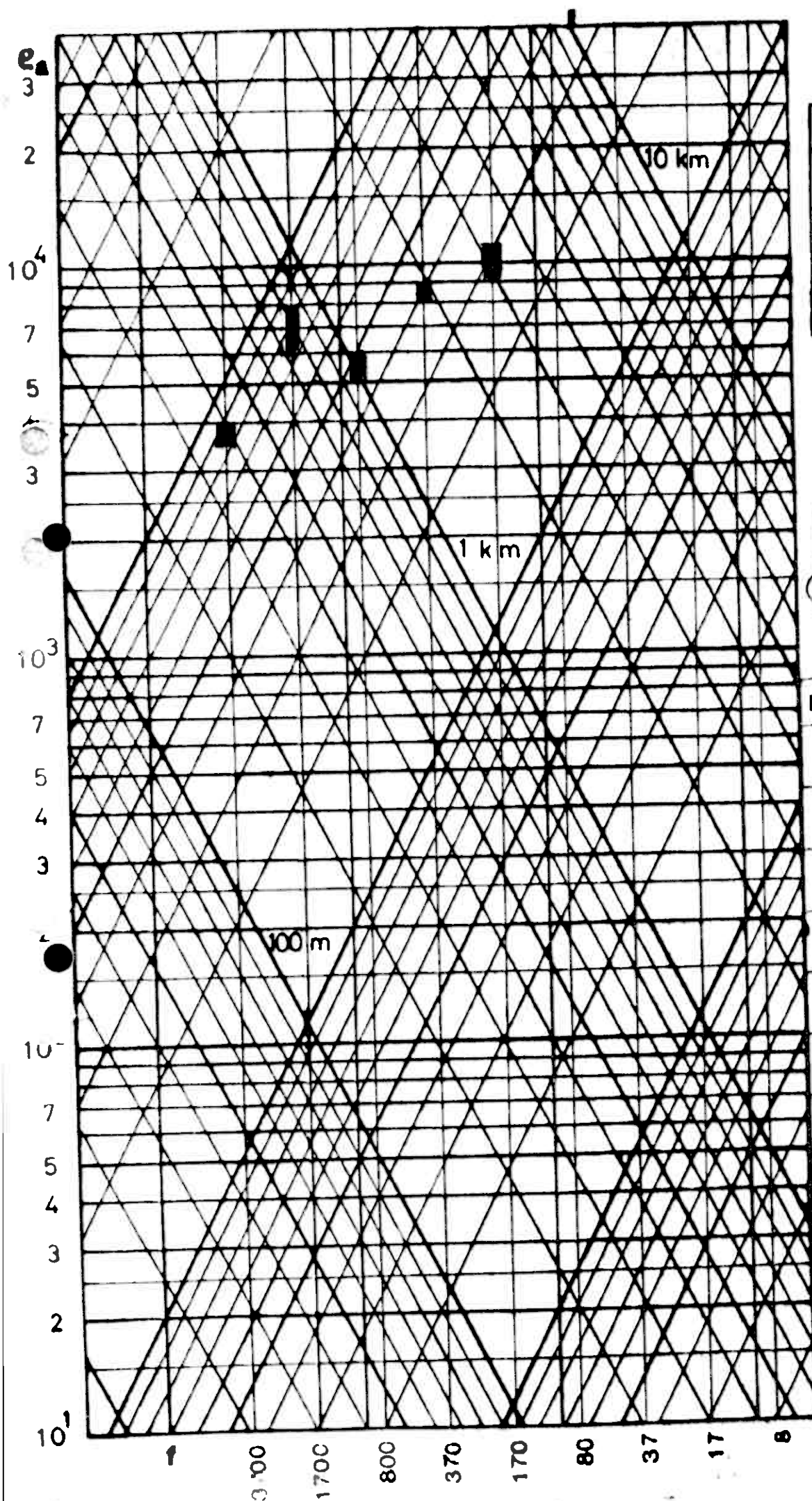
NO	22
DOMAIN	
DATE	11.6.
X	6000
Y	1050 N



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

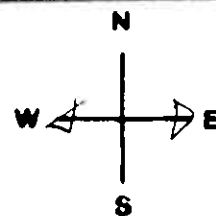
Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80				
170		9000	6000	
		1200		
370		9000	8000	
800		5300	6000	5000
1700		6000	8000	
3700		4000	3500	

CM 16
370 Hz 8500
170 Hz

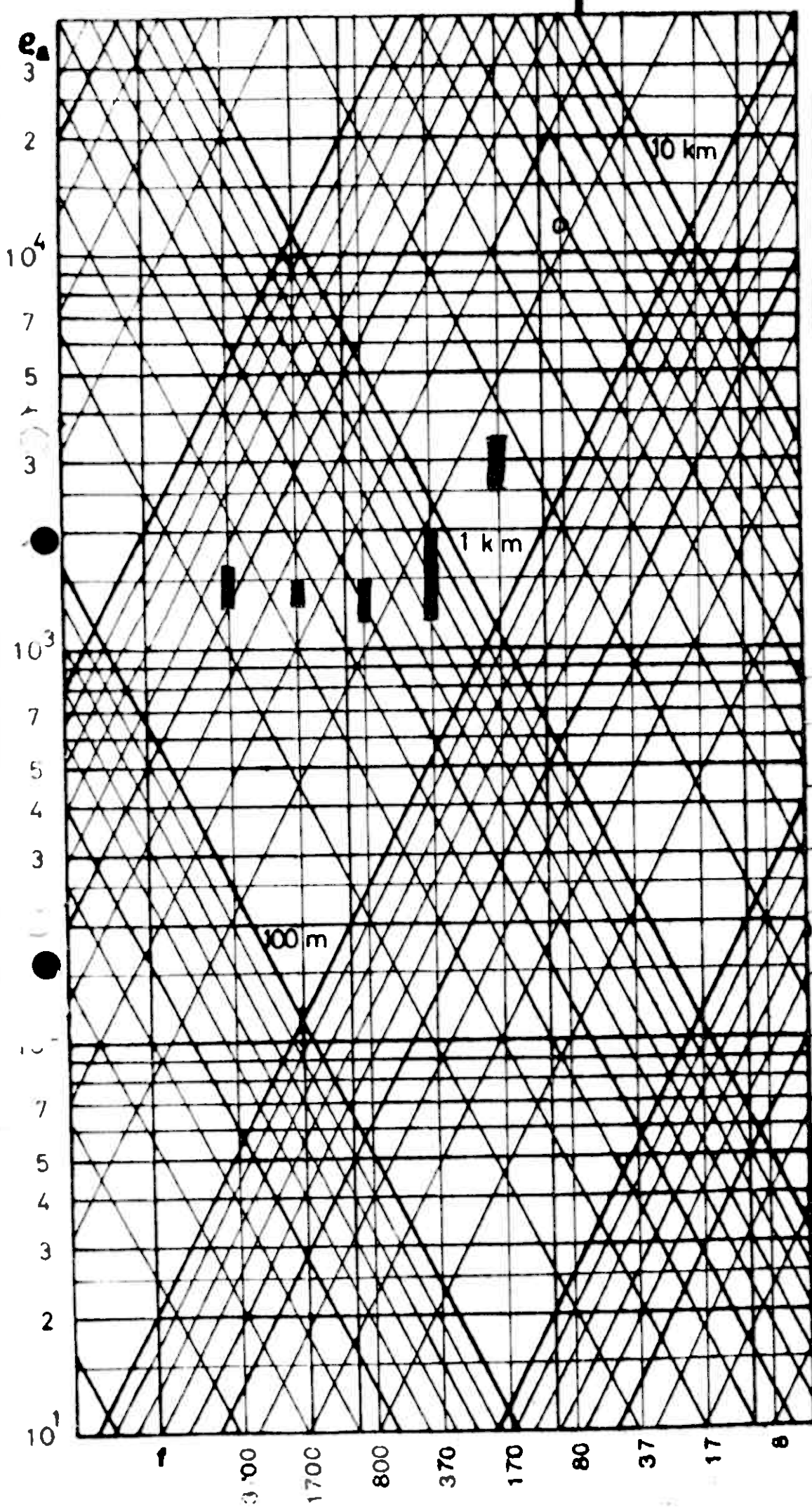


23001

NO	26
DOMAIN	
DATE	11.6.
X	2200V
Y	1000 N



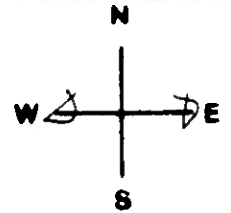
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



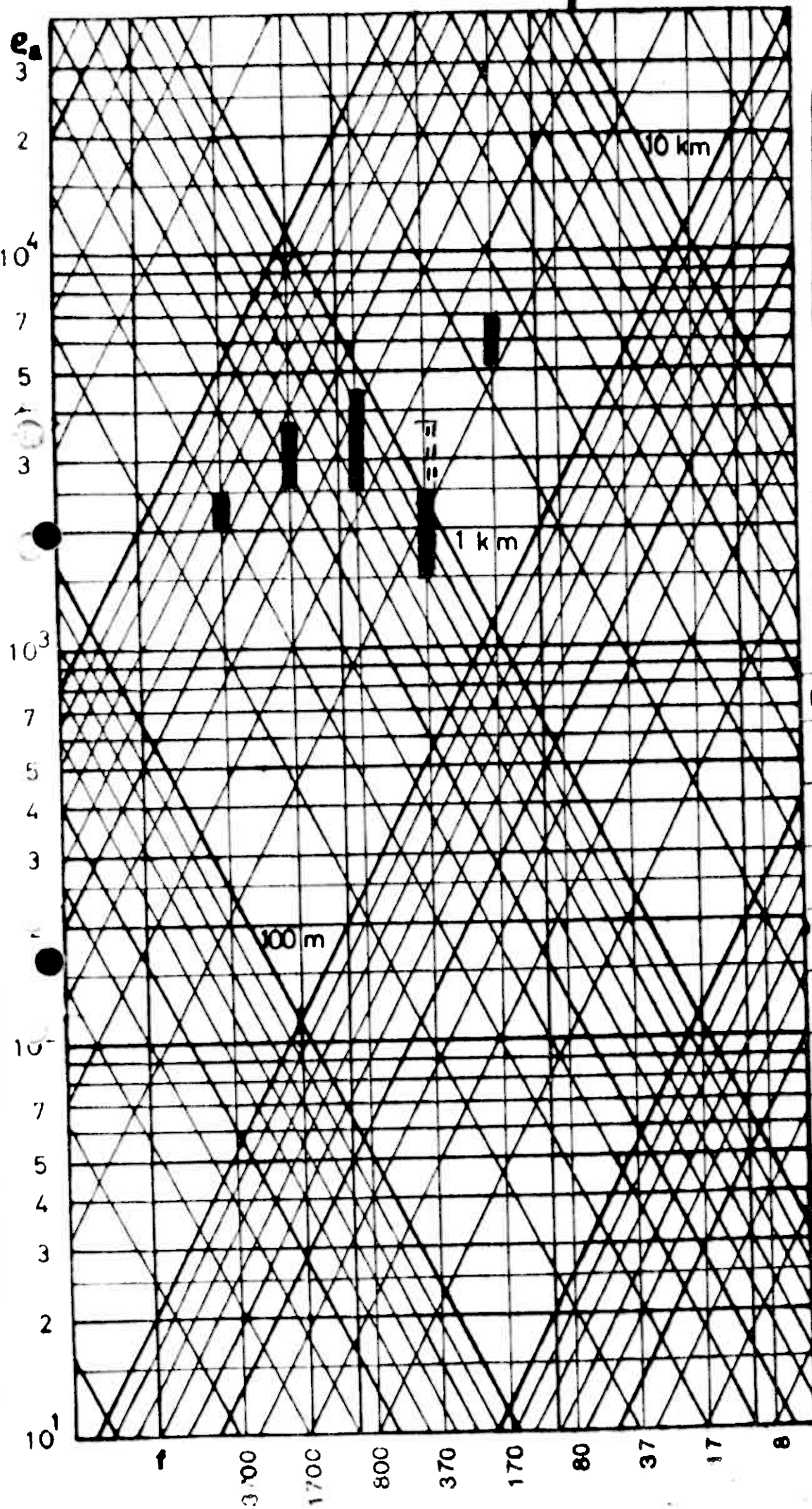
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80	f	1200
170	f	3000 3500
370	f	2000 1100 1000
800	f	1400 1200 1500
1700	f	1800 1100
3700	f	1300 1700

CM 16
370 Hz 1200 - 1500
170 Hz 2500 - 3500

NO	26
DOMAIN	
DATE	11.6.80
X	2200V
Y	1500V



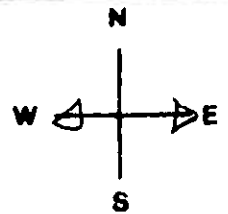
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm		
8				
17				
37				
80		~ 1000 f-h.		
170		1000	5000	7000
370		2100	3000	1500
		2800	2200	2300
800		4500	3000	2500
		3400		
1700		3800	2800	2500
3700		2000	2500	

CM 16
370 Hz 2000 2500
3200 3500
170 Hz 5000

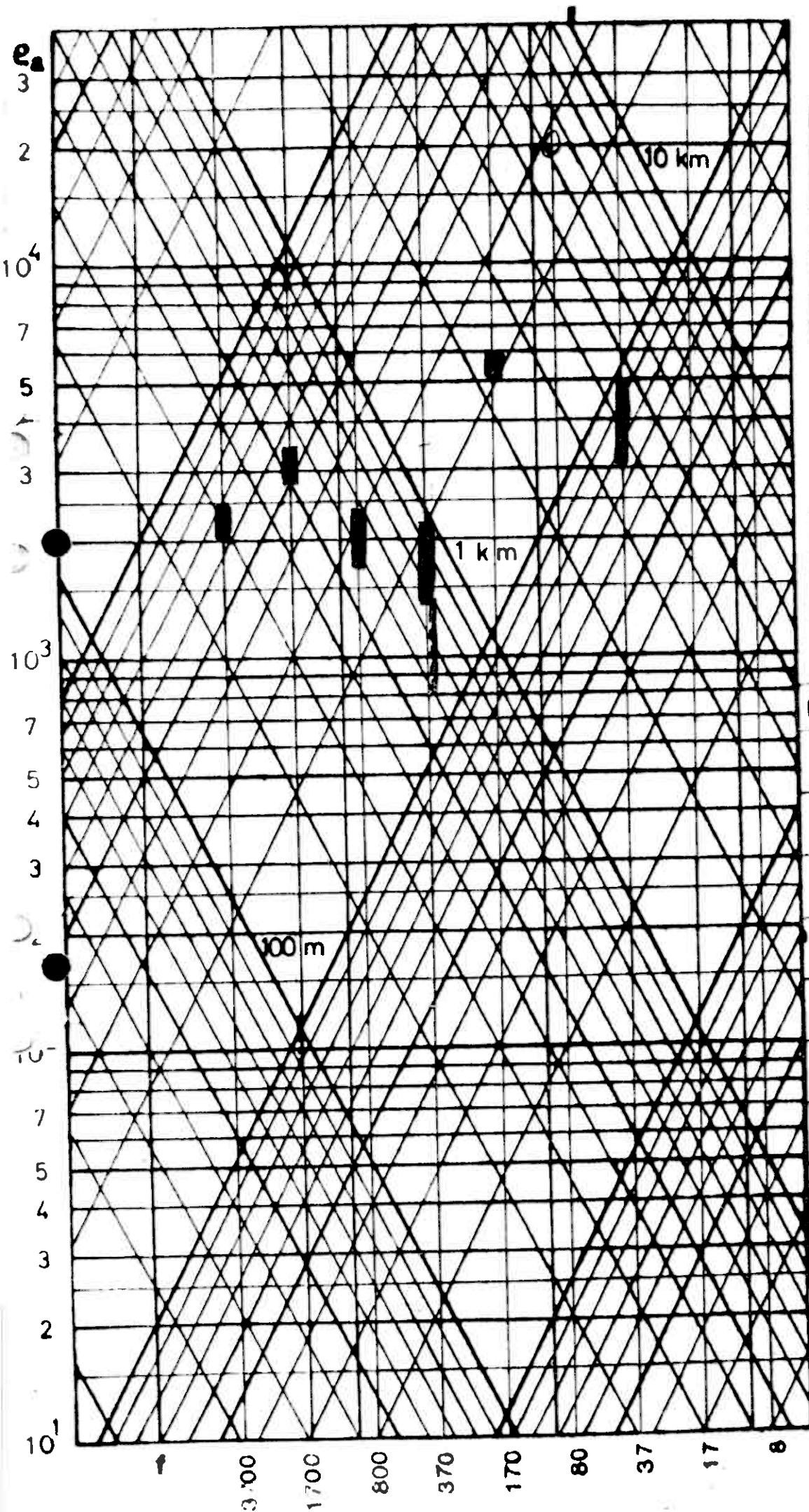
NO	27
DOMAIN	
DATE	11.6.80
Σ	2200V
Σ	1600N



L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$

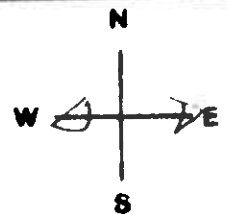
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		4000 3000-5000
80		no data
170		5000 6000
370		1400 2200
800		1700 2400
1700		2800 3500
3700		2100 2500

CM 16
370 Hz 1000 900
800 - 1400
170 Hz 6500

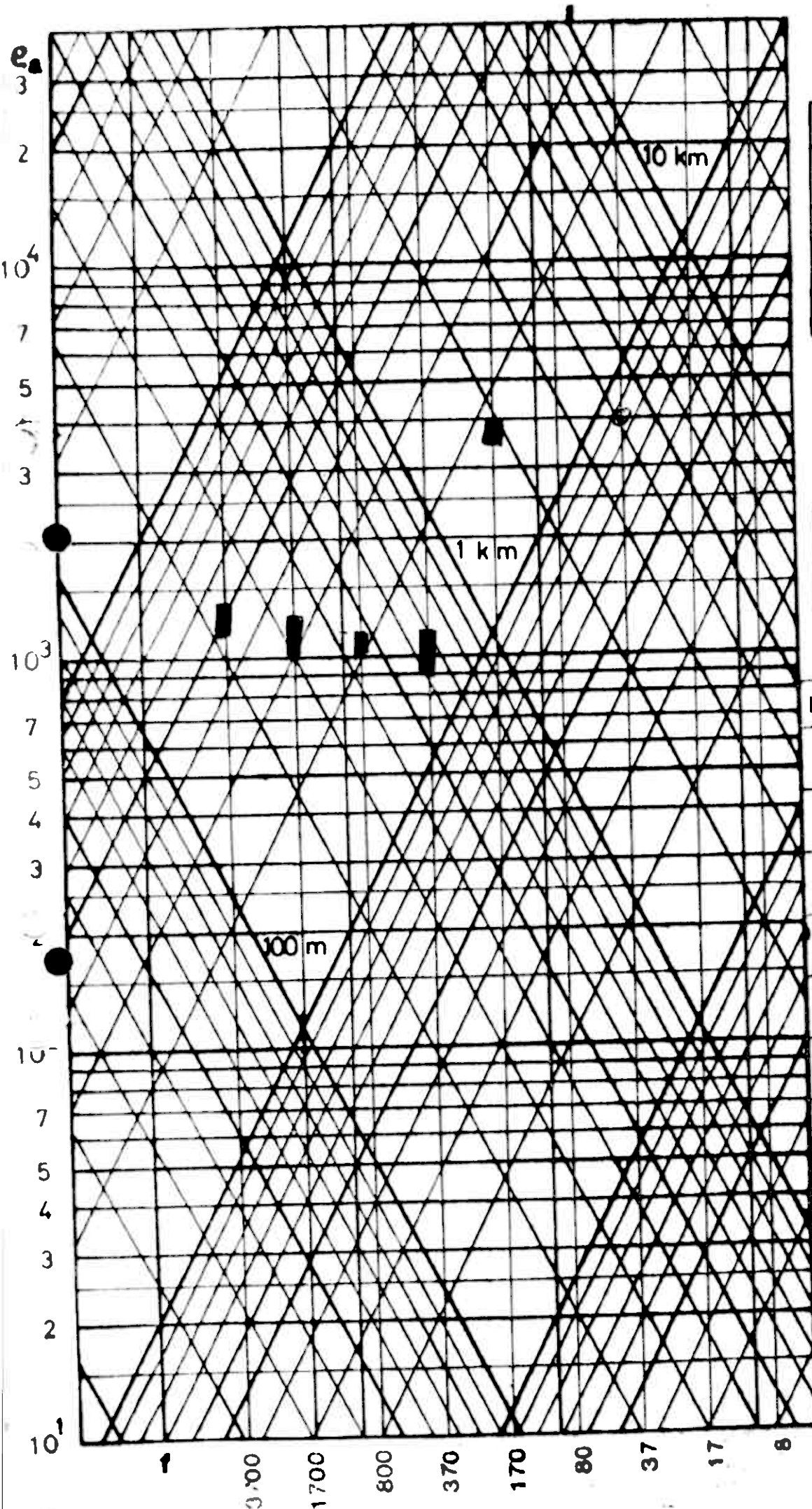


UNIV. OF QULU
DEPT. OF GEOPHYSICS

NO	28
DOMAIN	
DATE	11.6.80
X	2200 V
Y	1750 N



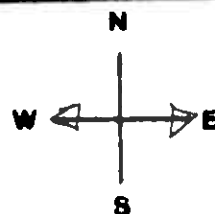
L	R
ρ_{II}	ρ_L



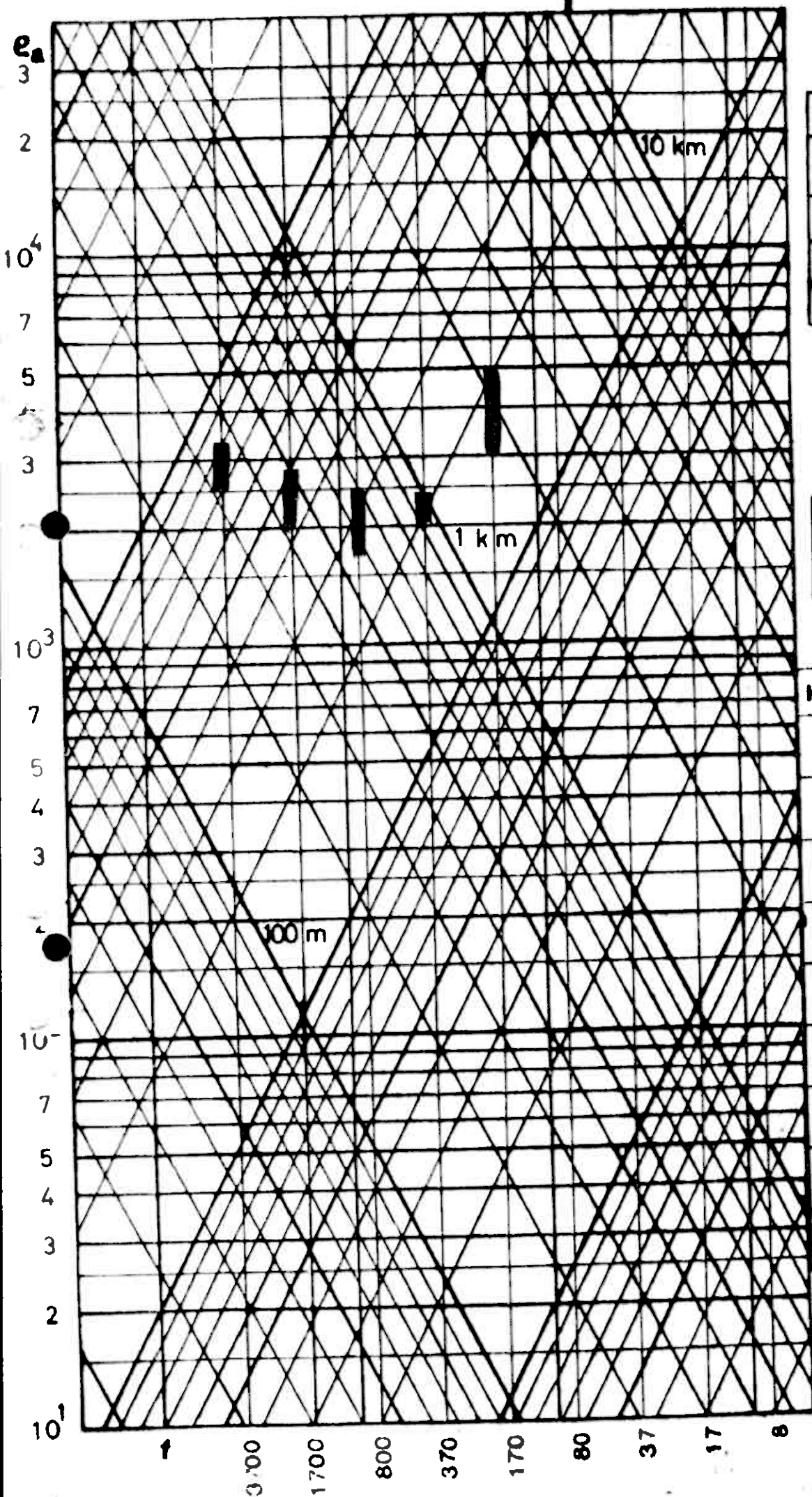
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		4000 4000
80		2000
170		3000 4000
370		700 1200
800		1000 1200
1700		1000 1300
3700		1200 1400

CM 16
370 Hz 900
170 Hz 3000

NO	27
DOMAIN	
DATE	11.6.
X	2200 V
V	1800 N

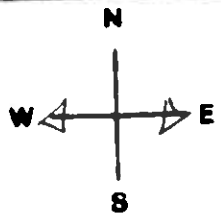


L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		5000 - 6000
370		2000 2500 2800
800		2200 2500 1700
1700		2000 - 2800
3700		2500 - 3300

NO	30
DOMAIN	
DATE	11.6.80
E_g	2200 V
I_g	1850 N

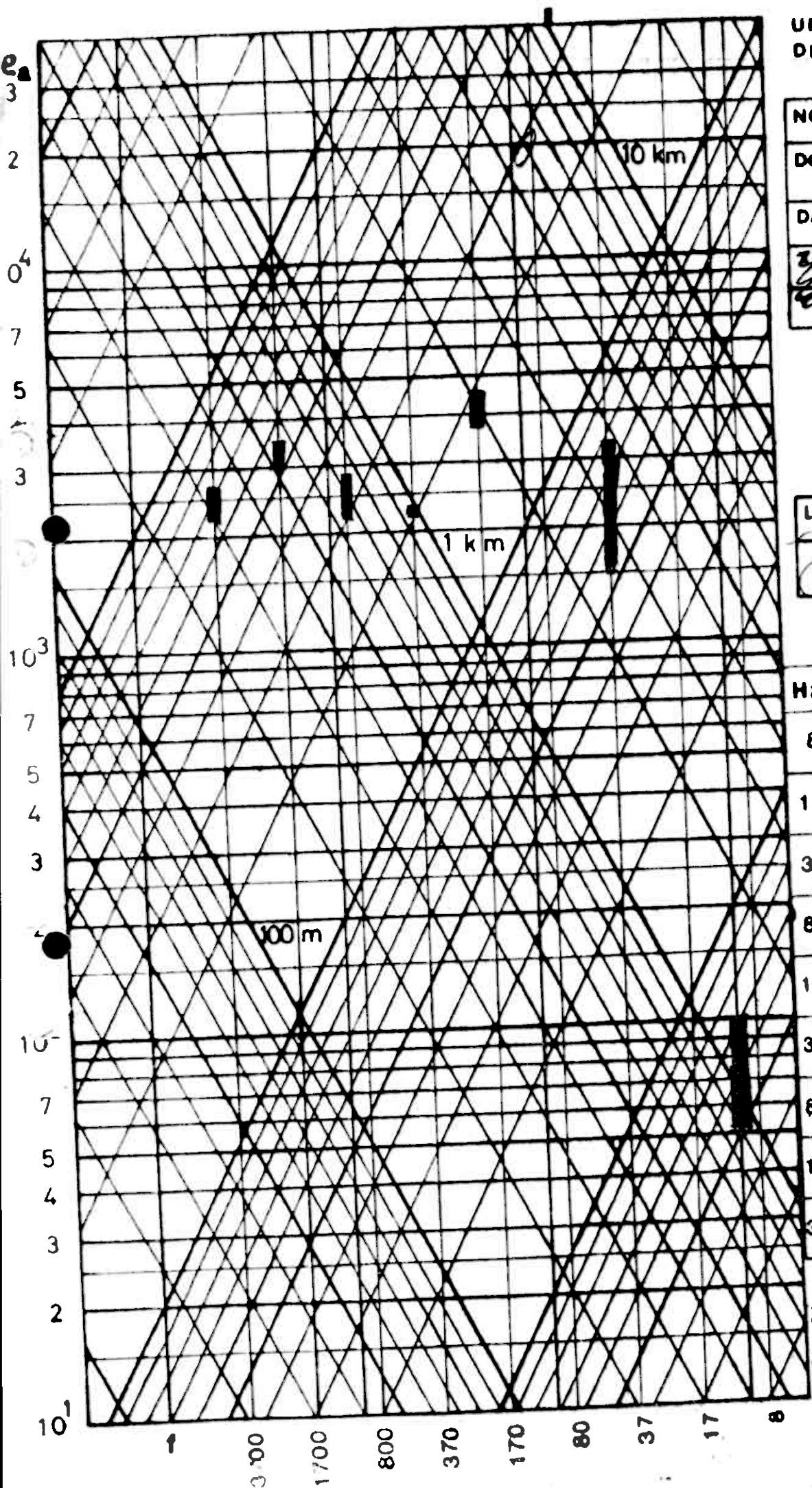


L	R
ρ_{11}	ρ_L

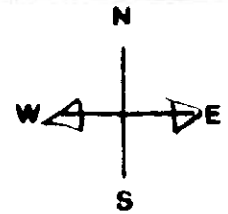
Hz	dB	Ωm		
8		53 - 100		
17				
37		1500	5000	3200
80		10000		
170		3800	4600	
370		2200	2300	
800		2200 - 2900		
1700		3000	5100	
3700		2200	2600	

CM 16

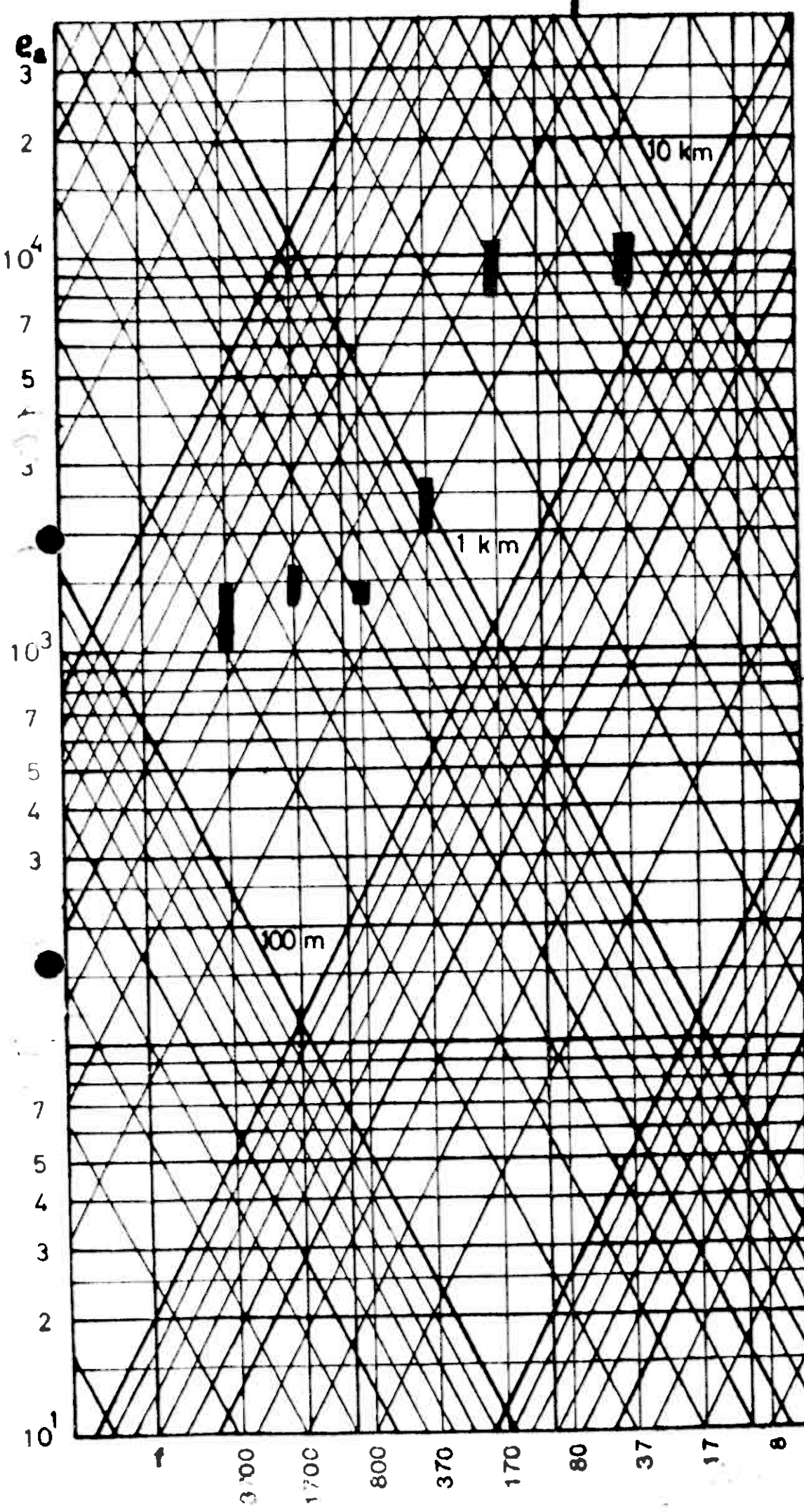
370 Hz 2200 - 2000
170 Hz 3800 - 4500



NO	31
DOMAIN	
DATE	12.6.80
X	2200 V
Y	1890 N



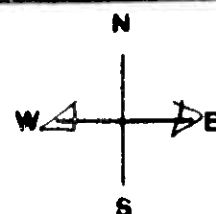
L	R
ρ_{II}	ρ_L



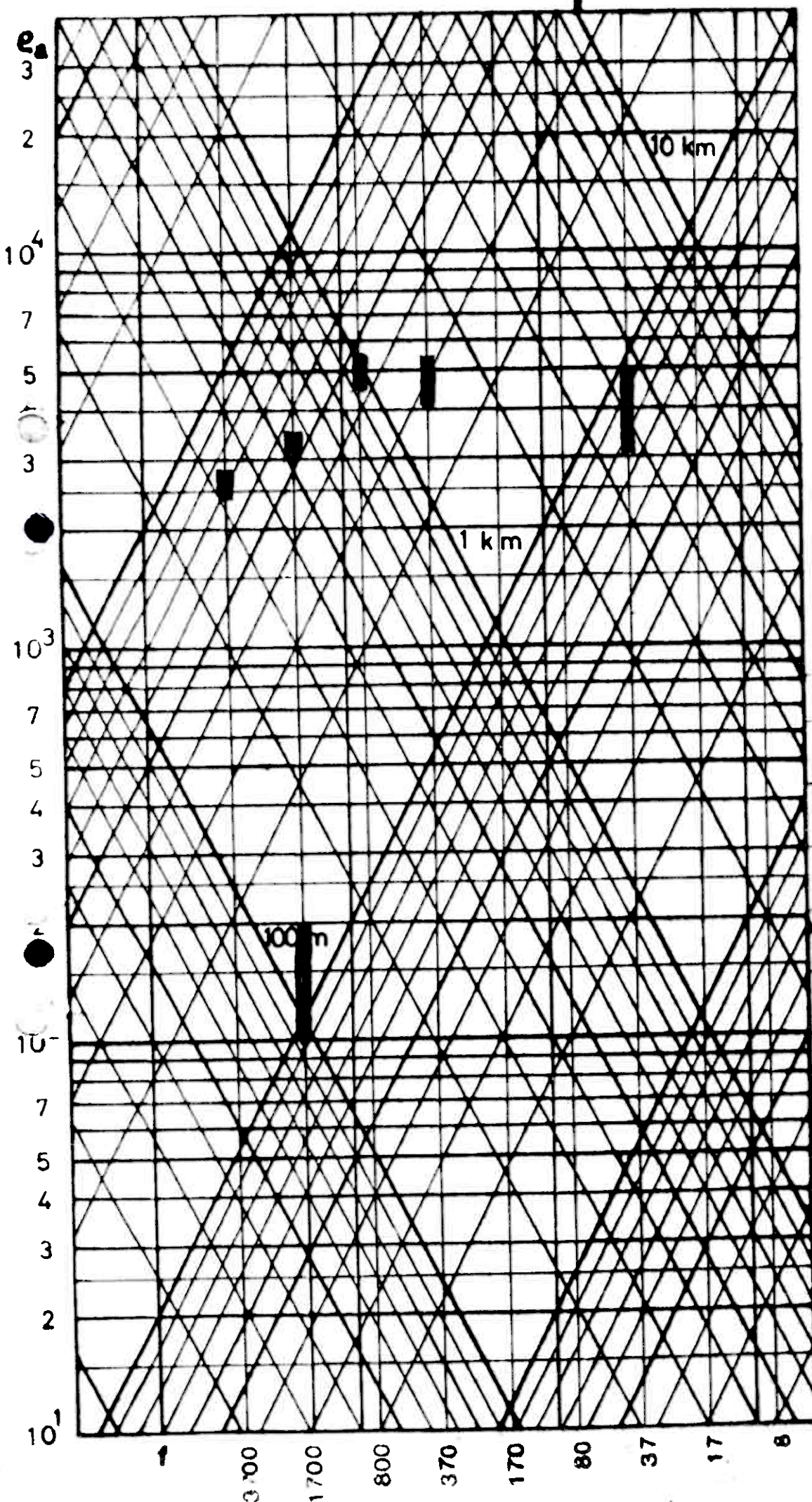
Hz	dB	Ωm
8		3000
17		
37		8500-12000
80		
170		8000-11000
370		2000-2700
800		300-1500
1700		1300-1700
3700		1000-1500

CH 16
370 Hz 1700 - 2200
170 Hz 8000 - 10000

NO	32
DOMAIN	
DATE	12.6.80
$\star$	2200 V
$\star$	1950 N



L	R
ρ_{II}	ρ_L

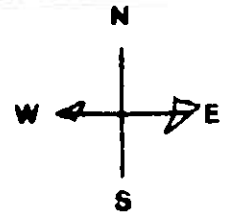


Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		3000 - 5000
80		
170		9000 / 2000
370		4000 5000
800		4500 5500
1700		200 100 ??
3700		2400 2800

CM 16
370 Hz 3000 - 3500
170 Hz 6000 - 7500 F

CM 21
3700 Hz 1500 - 2500 F
1700 Hz 1800 - 2500 F

NO	33
DOMAIN	
DATE	12.5.
X	2210 V
V	2000 N



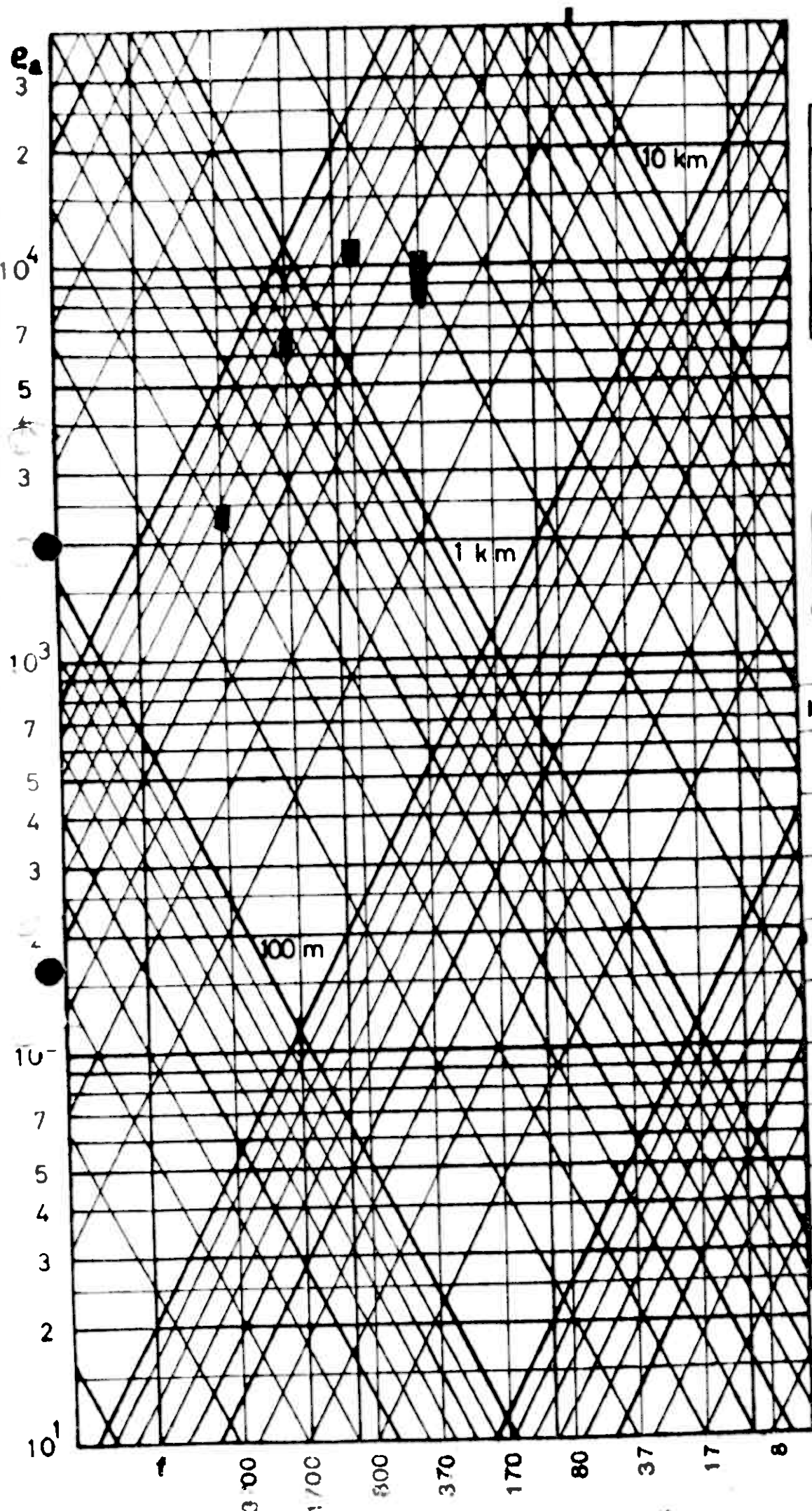
L	R
P_{11}	$P_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		12000
80		
170		12000
370		2000-11000
800		10000-12000
1700		5000-7000
3700		3200-3500

CM 16

370 Hz 8000 - 15000

1700 Hz 2000 - 3000



NO	34
DOMAIN	
DATE	12.6.80
X	2200V
V	2150 N

$\rho_a = 2050 \text{ kg/m}^3$ for ρ_{air}
 $T = 15^\circ \text{C}$



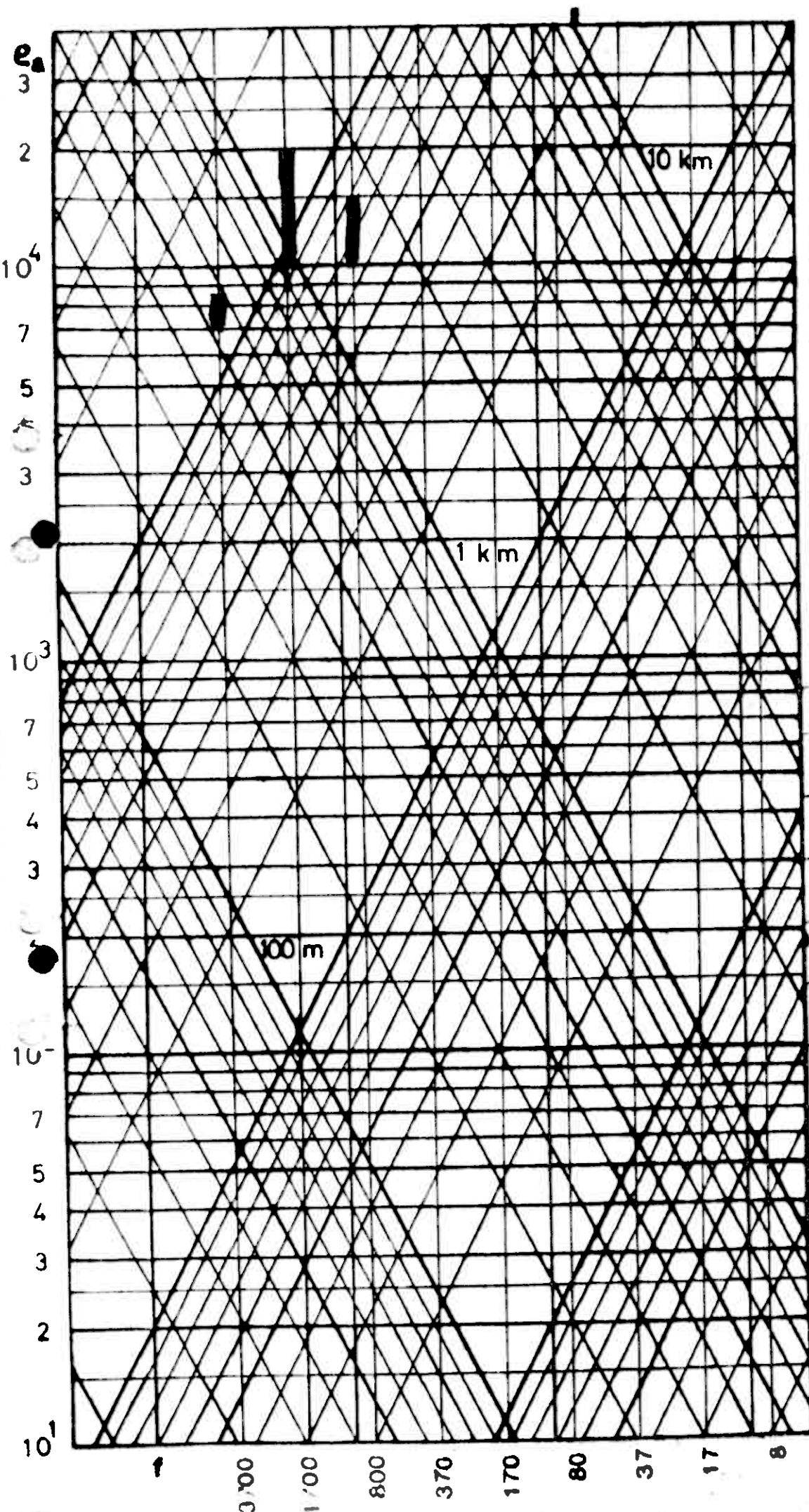
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		10000 / 5000
17		10000 / 5000
37		10000 / 5000
80		10000 / 5000
170		30000
370		30000
800		10000 / 5000
1700		20000 / 10000
3700		70000 / 35000

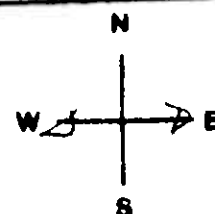
CM 16

370 Hz 10000 - 50000

170 Hz 10000 - 35000



NO	35
DOMAIN	
DATE	12.6.80
X	2200 V
Y	2800 N



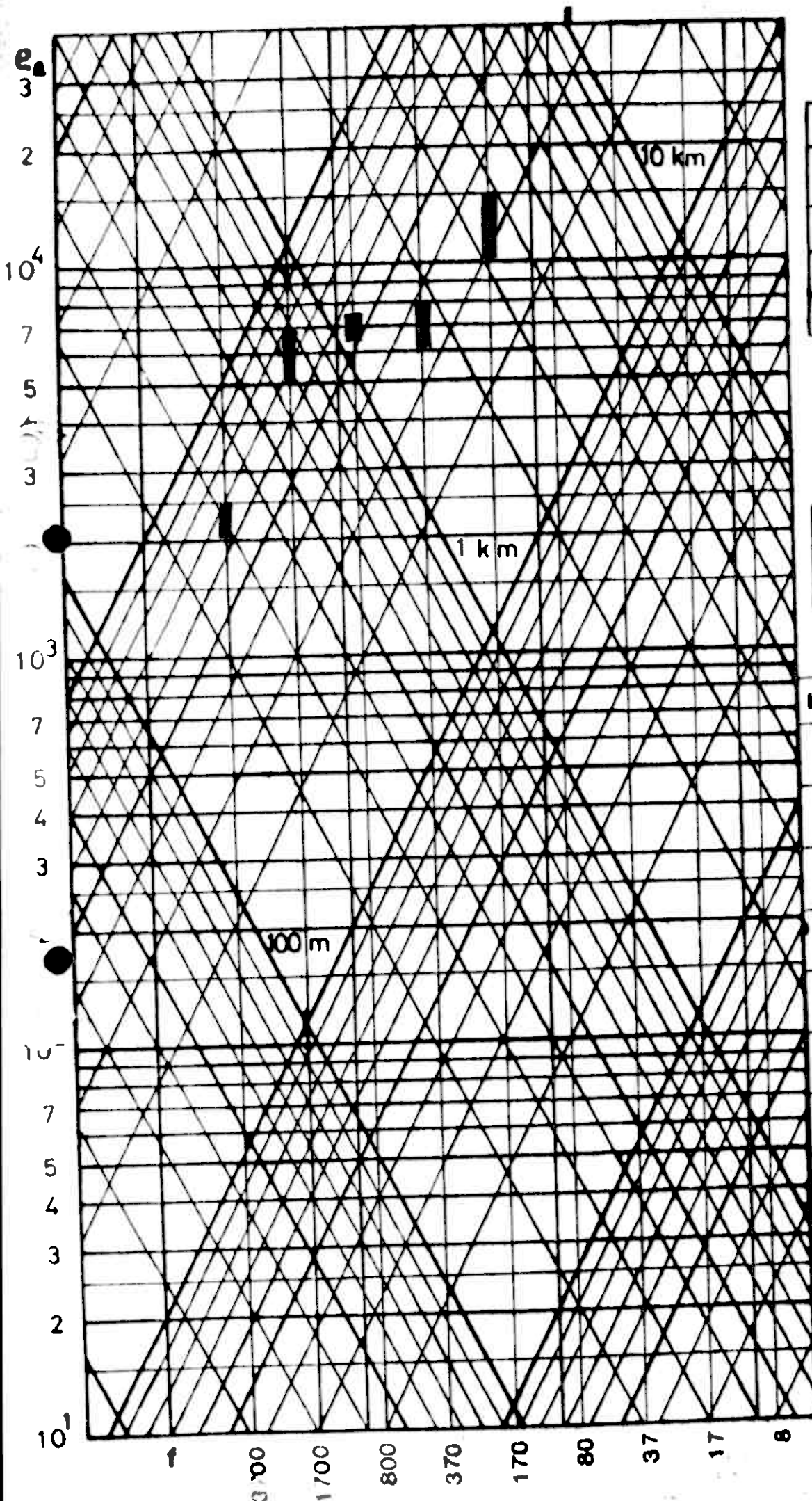
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		20-4000
17		
37		2000-10000
80		
170		1000-15000
370		6000-8000
800		6500-7500
1700		5000-7000
3700		2000-2500

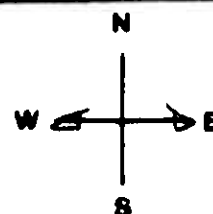
CM 16

370 Hz 5000-7000

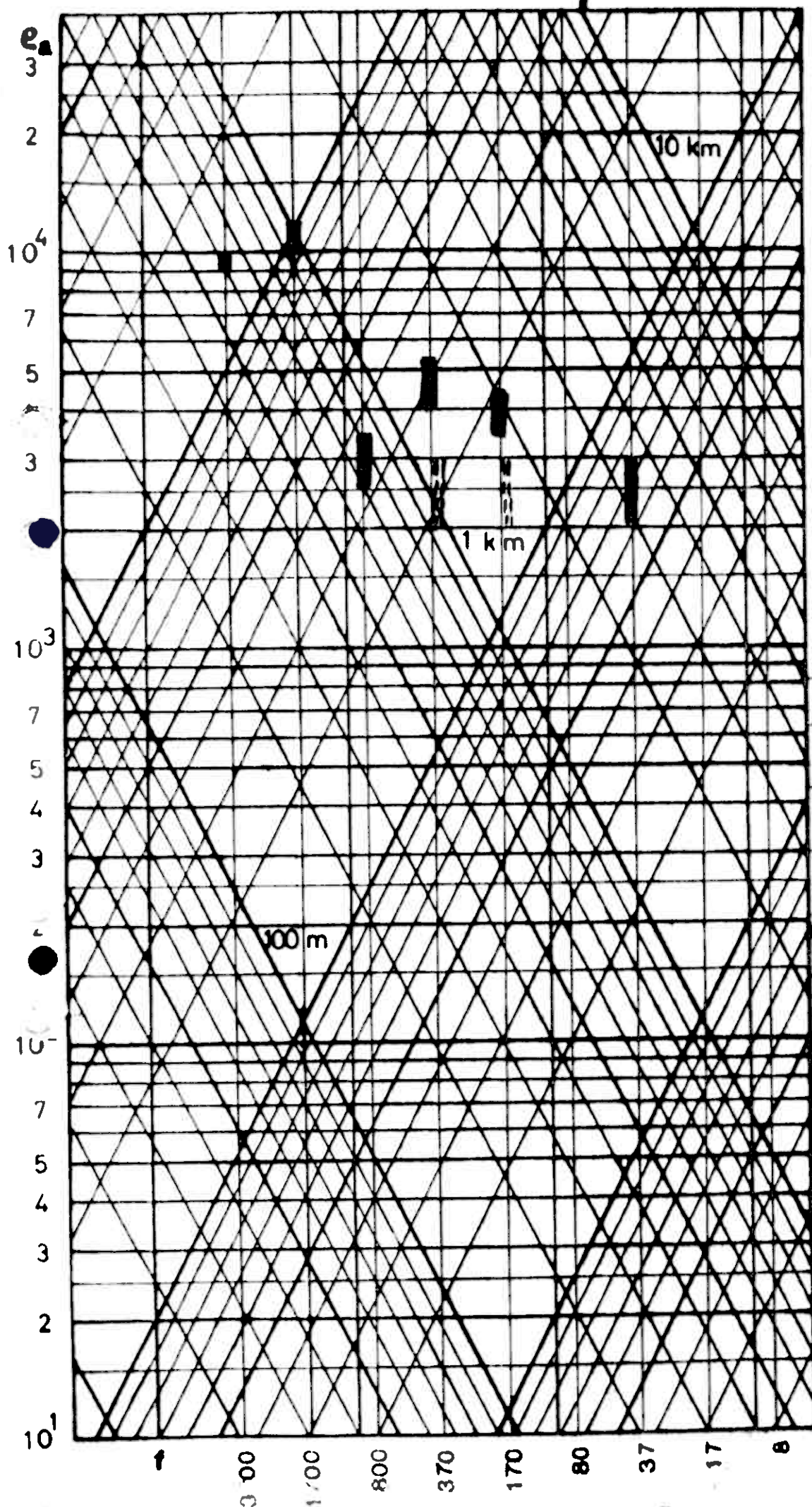
170 Hz 7000-9000



NO	36
DOMAIN	
DATE	12.6.80
	2200 V
	2400 N



L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



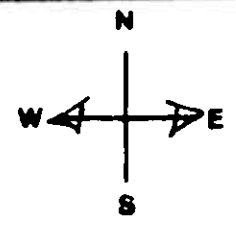
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		2000 5000
80		
170		3000 4000
370		4000 5000
800		2500 3500
1700		10000 12000
3700		9000 10000

CM 16
370 Hz 20m - 3000
170 Hz 2000 - 3000

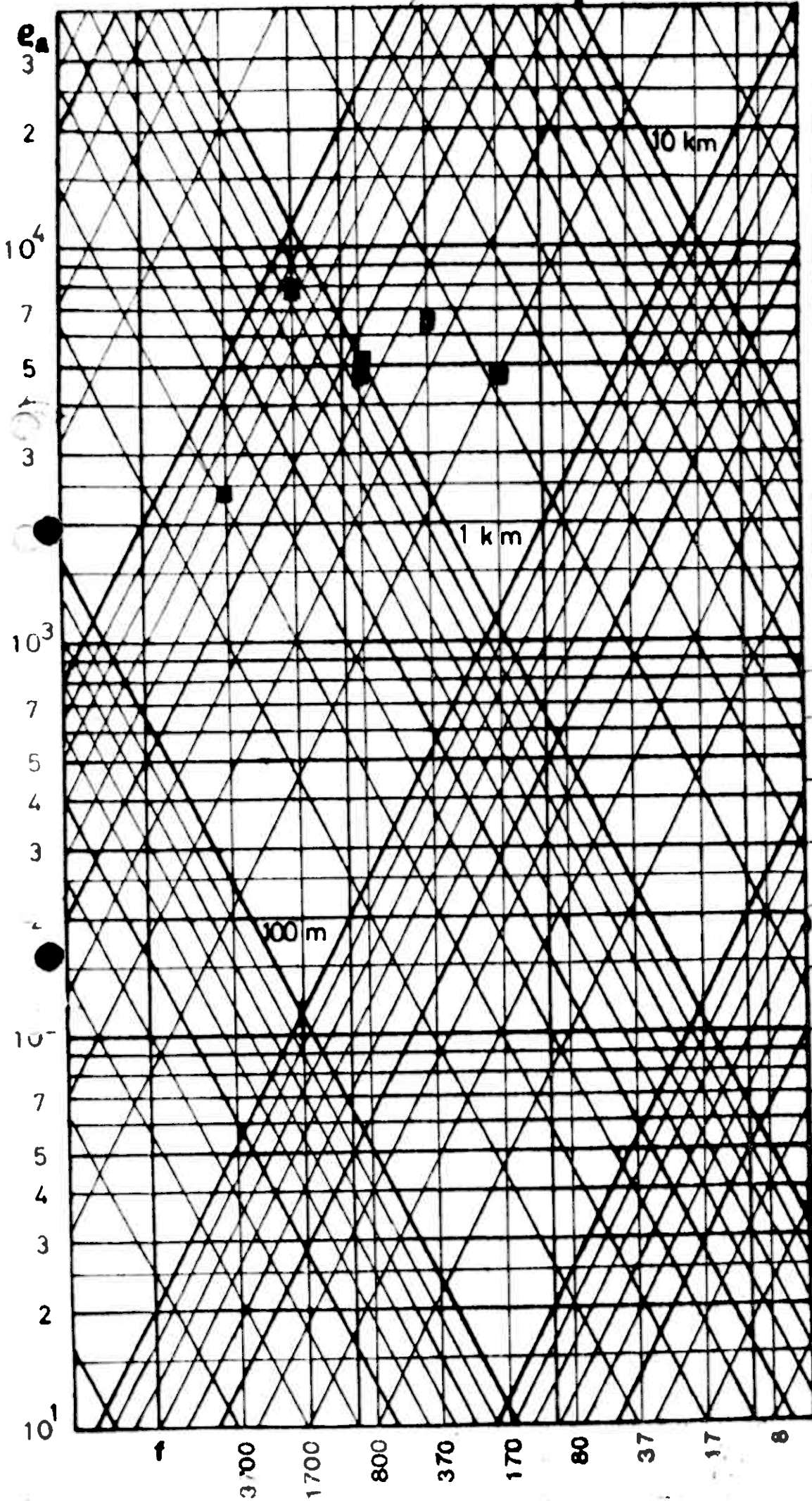
Schlepph.

UNIV. OF OULU
DEPT. OF GEOPHYSICS

NO	37
DOMAIN	
DATE	12.6.80
ϵ	2200 V
γ	2300 N

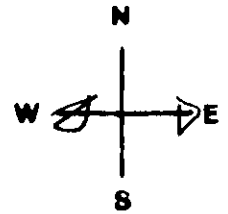


L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

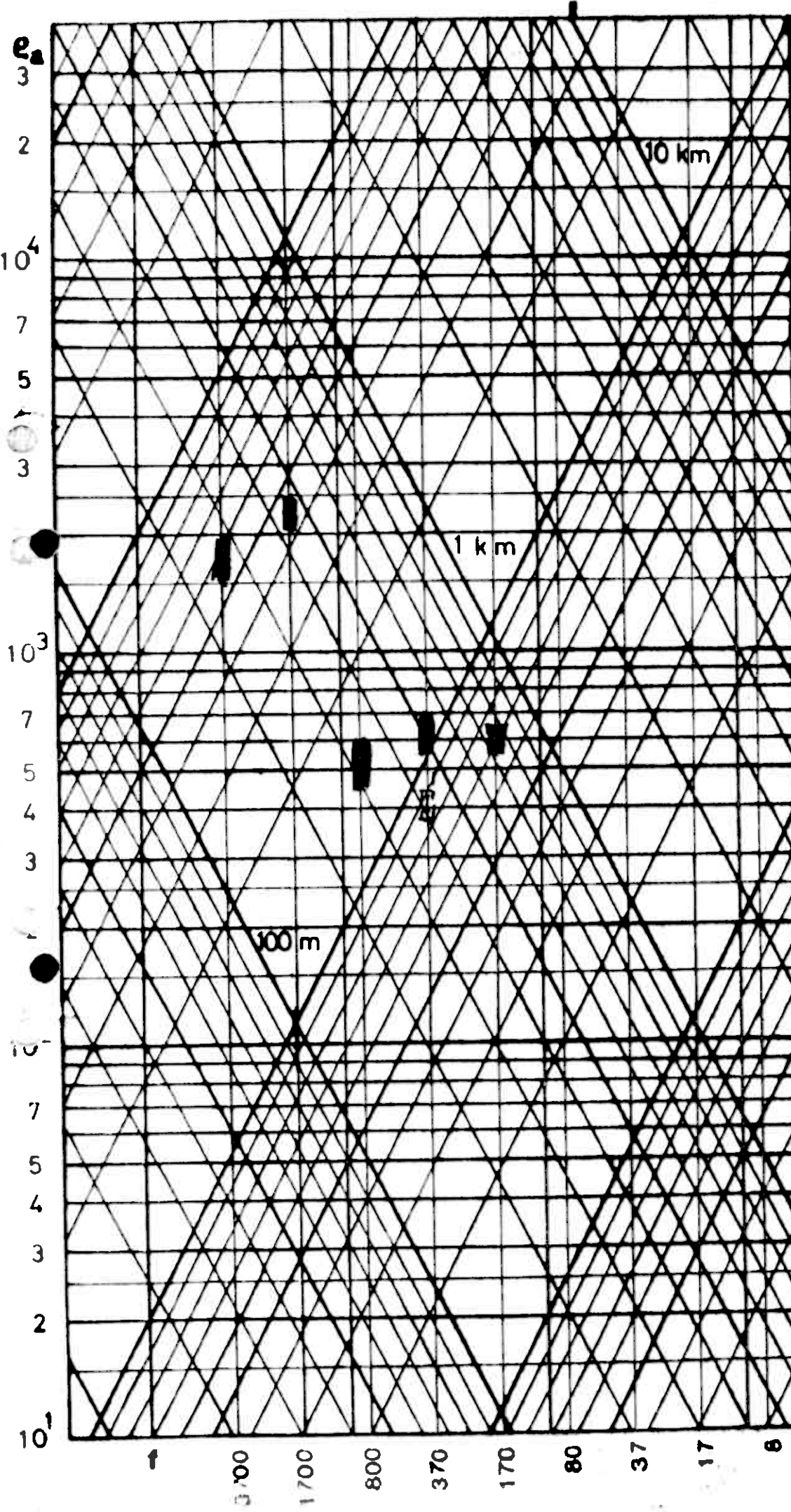


Hz	dB	Ωm	
8			
17			
37			
80			
170		4500	5000
370		6000	7000
800		4500	5500
1700		7500	8500
3700		2500	2500

NO	38
DOMAIN	
DATE	12.6.80
$\star$	2200 V
$\#$	2450 N



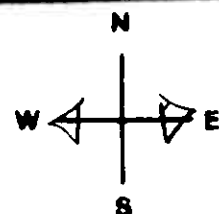
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$



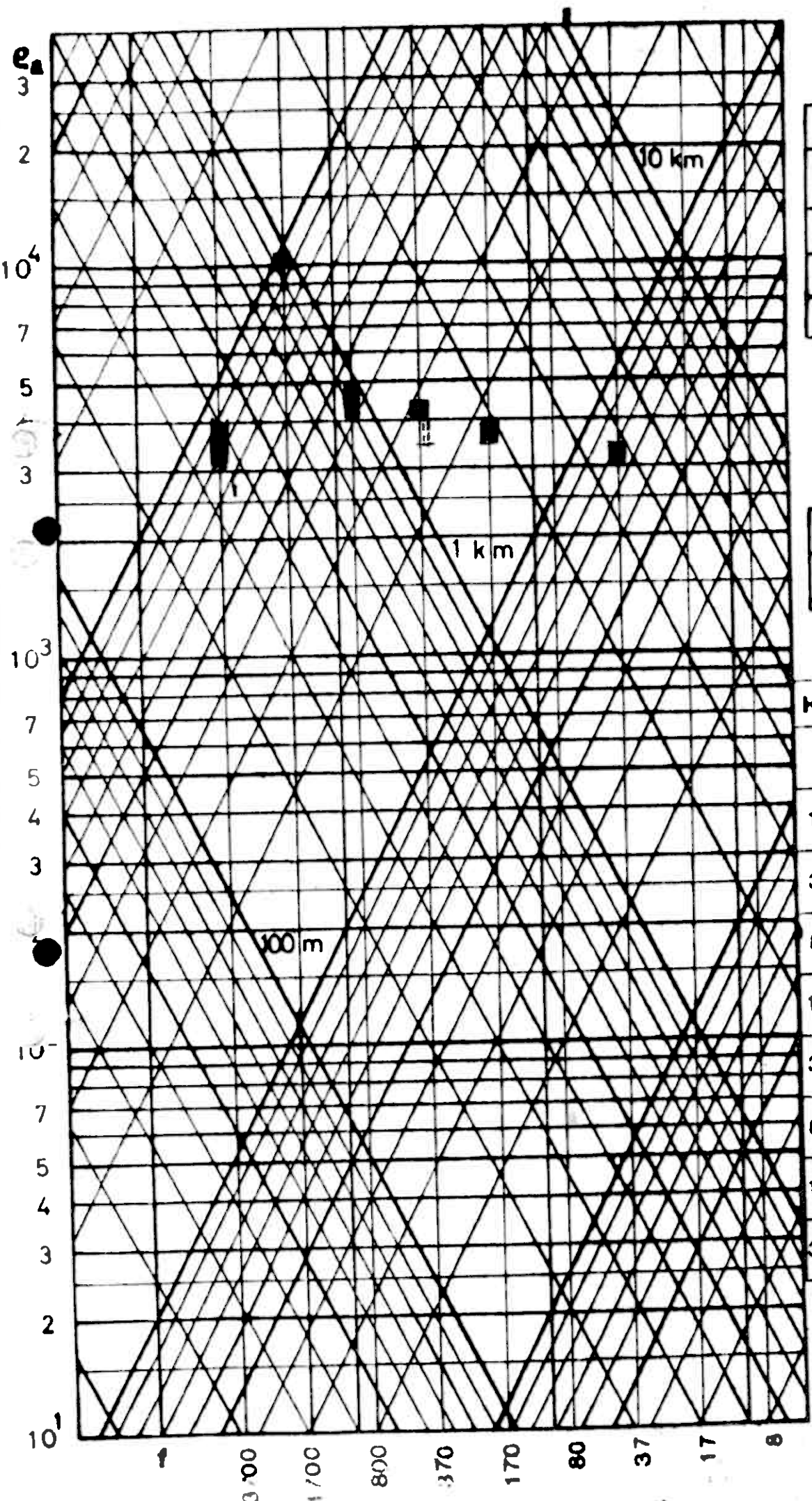
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170	510	650
370	500	700
800	450	600
1700	2000	2500
3700	1500	2000

CN 16
370 Hz 380-450
170 Hz 700

NO	39
DOMAIN	
DATE	12.6.80
X	2200 ✓
Y	2500 ✓

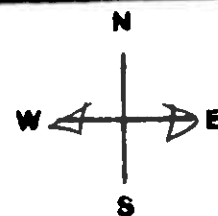


L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		3000 3400
80		
170		3500 4000
370		4000 4500
800		4000 5000
1700		4000 10500
3700		3000 4000
CA 16		
370 Hz		3500 - 4000
170 Hz		3500 - 4000

NO	40
DOMAIN	
DATE	12.6.80
X	2200 V
Y	2550 N



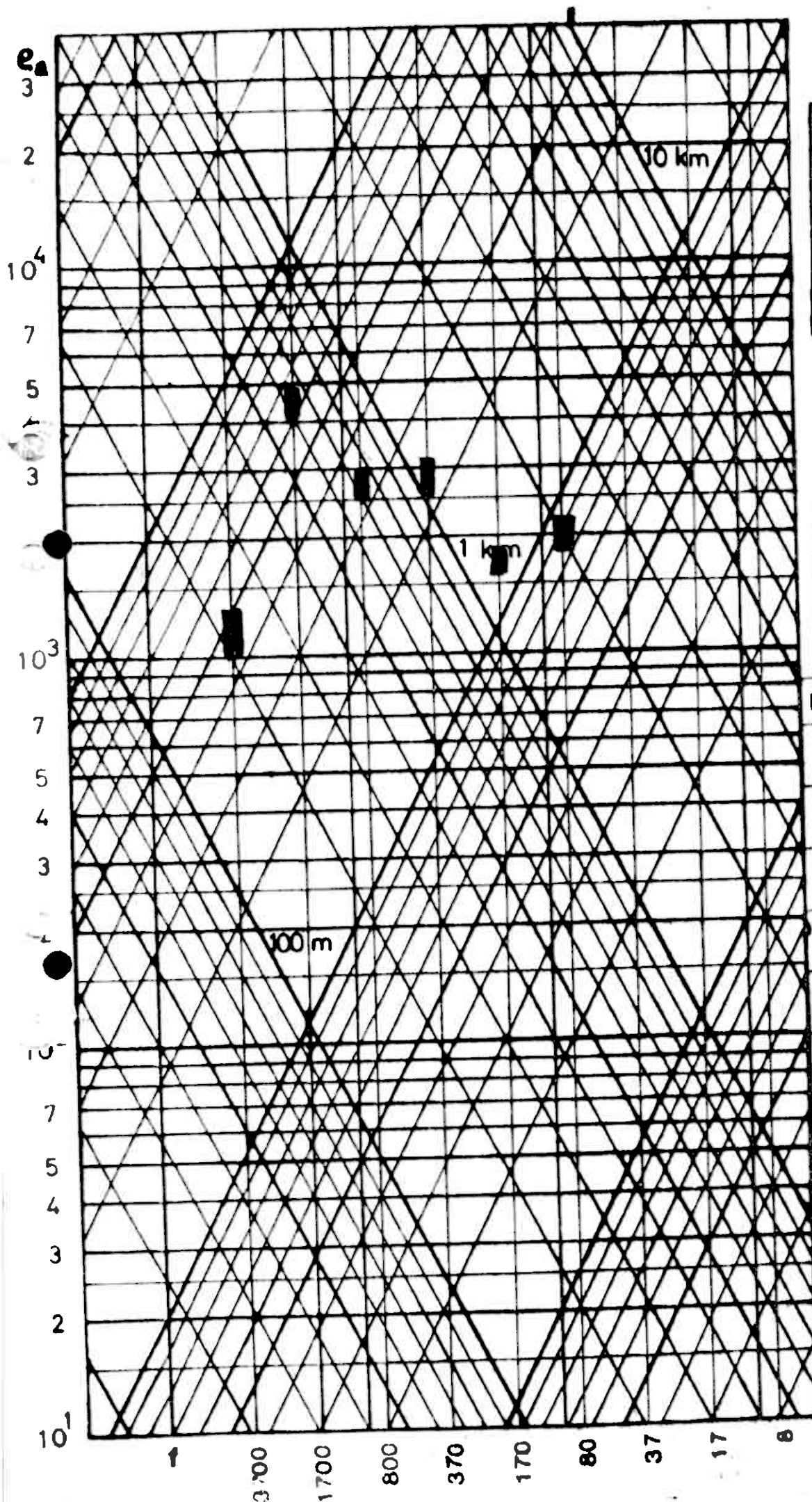
L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		1800 2200
80		/
170		1600 1800
370		2500 3100
800		2000 2500 2100 3000
1700		4000 5000
3700		1000 1300

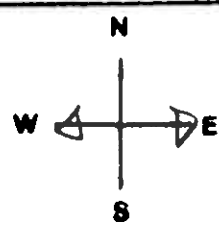
CM 16

370 Hz 2100 - 3000

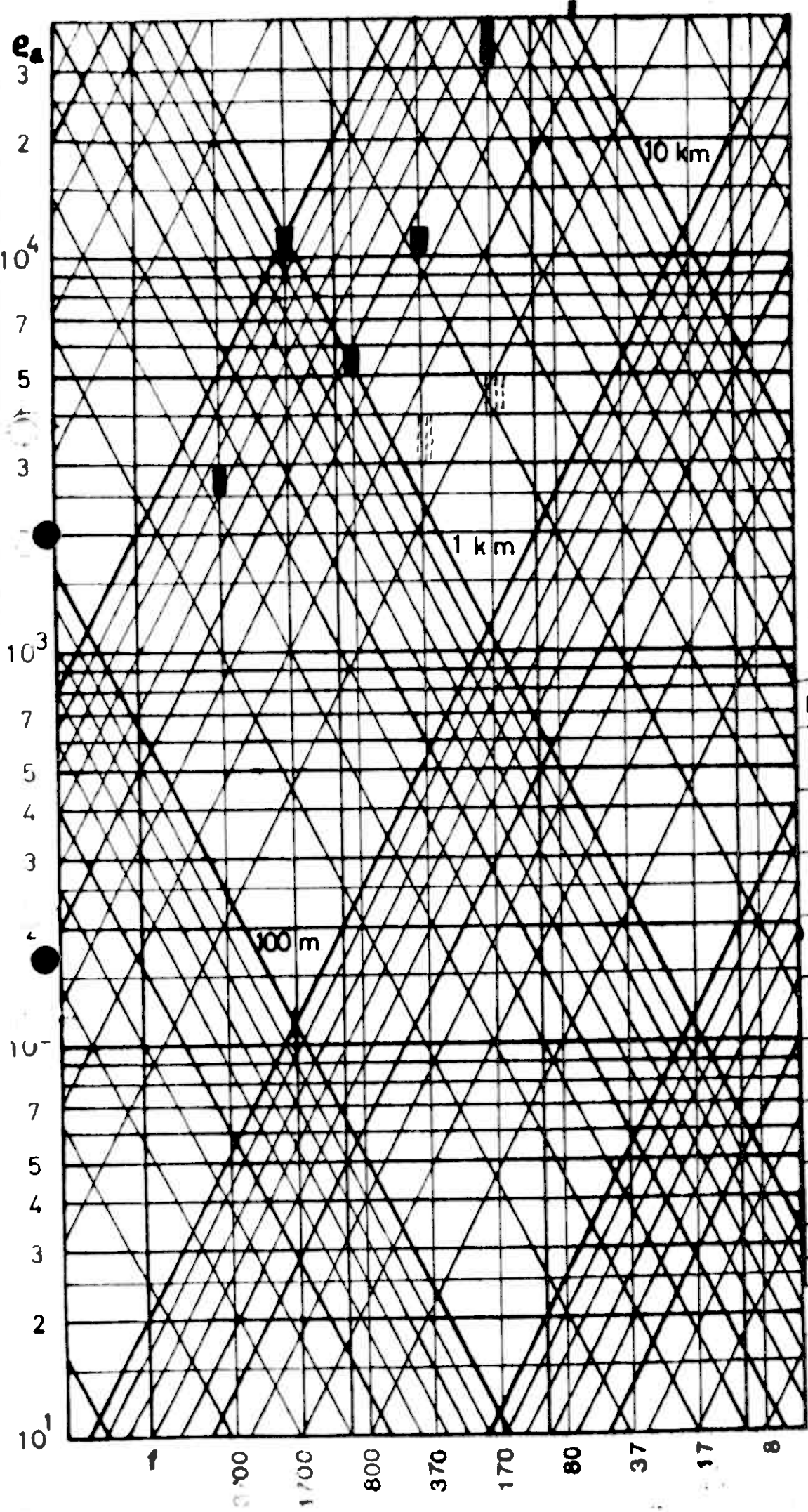
170 Hz 2100 - 3000



NO	44
DOMAIN	
DATE	12.6.80
X	2200 V
Y	2600 N



L	R
ρ_{LL}	$\rho_{\perp}$



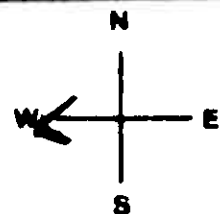
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37		
80		
170		30000 40000
370		30000 40000
800		5000 6000
1700		10000 12000
3700		2500 3000

CM 16

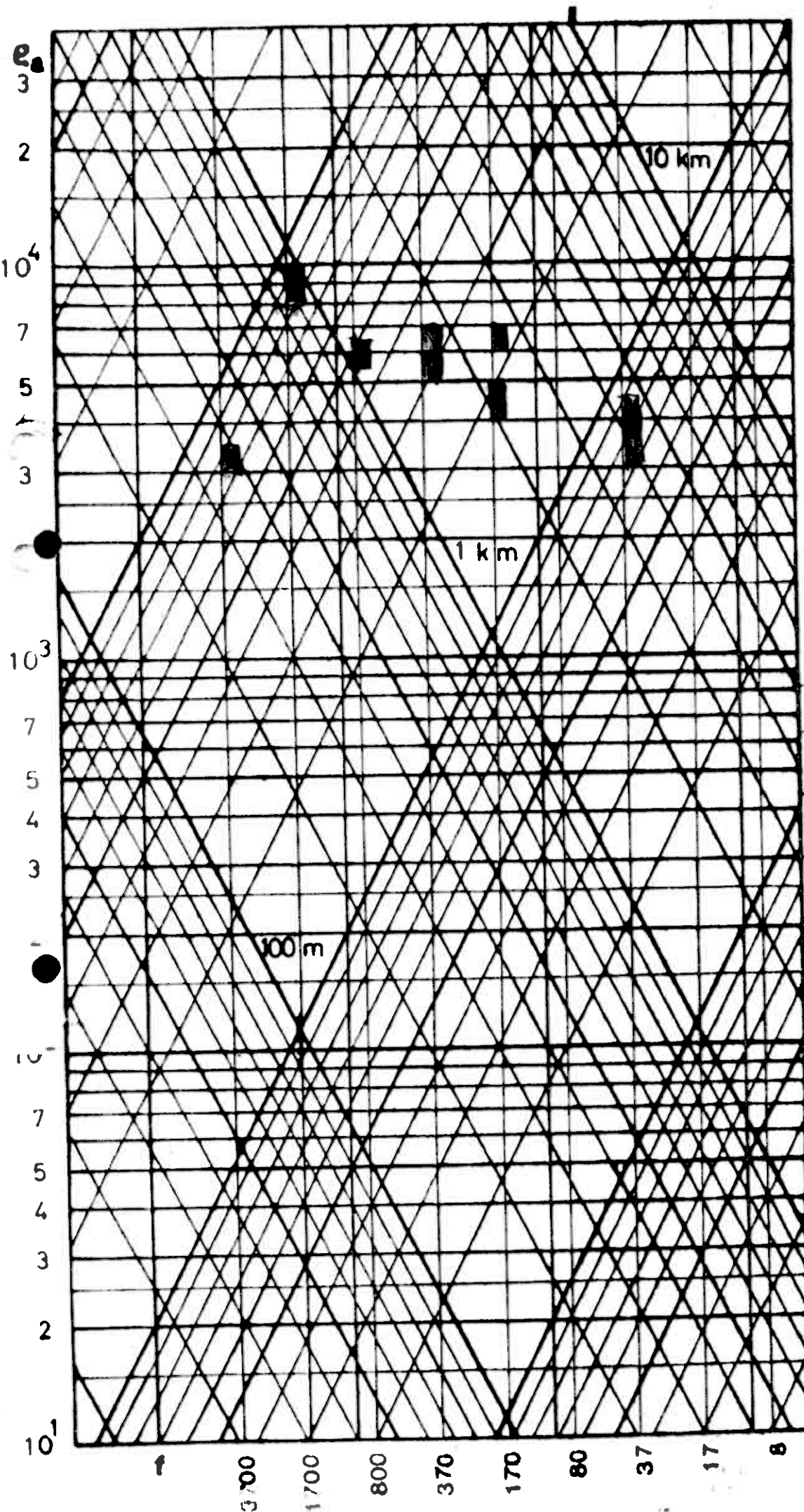
370 Hz 3000 - 4000

170 Hz 4000 - 5000

NO	42
DOMAIN	
DATE	12-6-60
X	2200V
Y	2650V



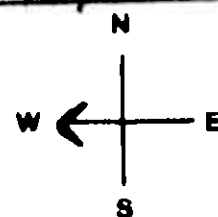
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	3000-4500	
80		
170	4000-5000	
370	5000-6000	
800	5500-6500	
1700	8000-10000	
3700	3000-3500	

C16:
370 Hz 6000-7000
~~170 Hz 6000-7000~~

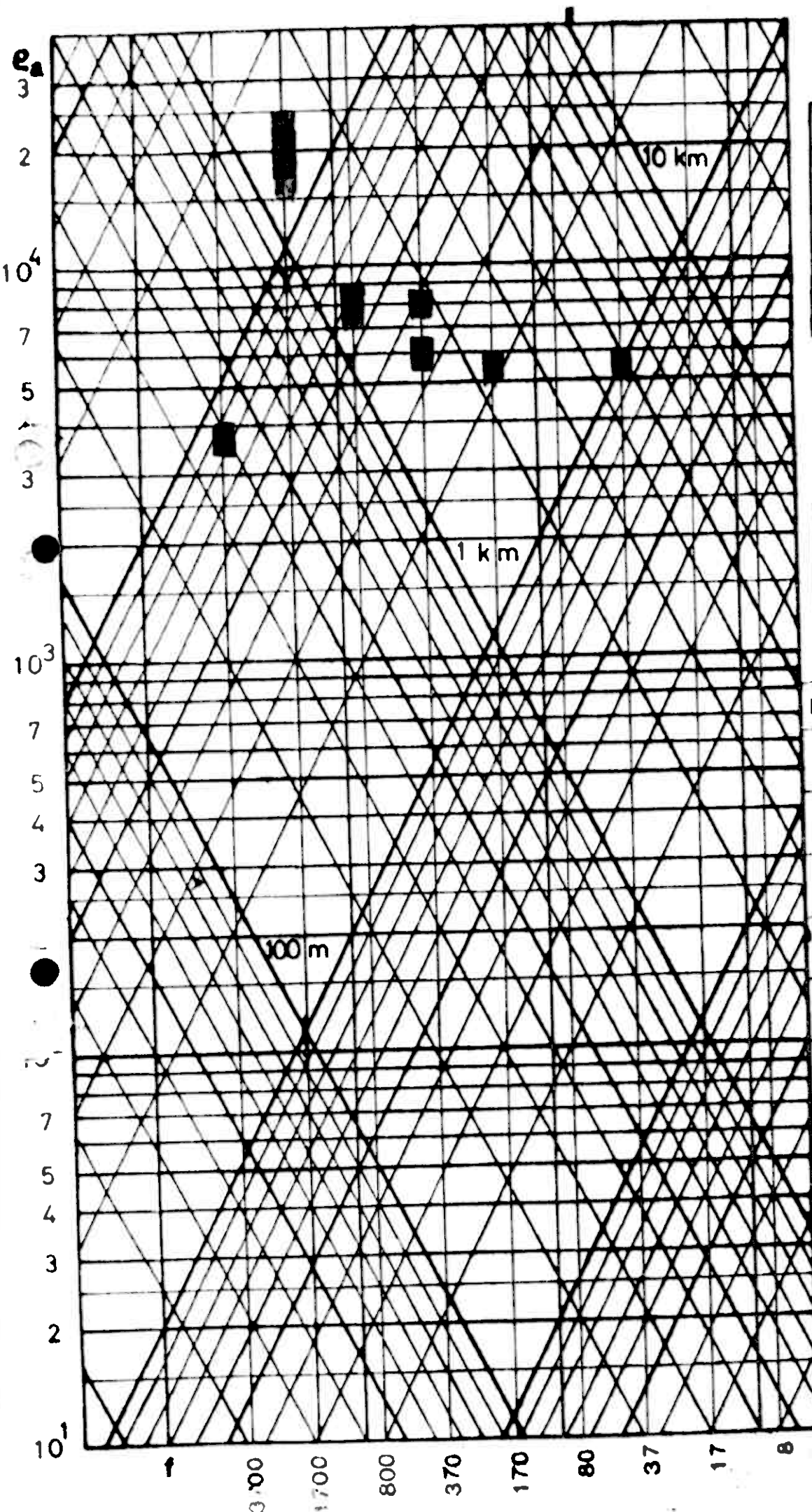
NO	43
DOMAIN	
DATE	12-6-80
X	2200 V
Y	2450 N



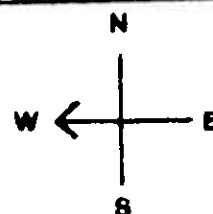
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	5000-6000	
80		
170	5000-6000	
370	7500-8500	
800	7000-9000	
1700	15000-25000	
3700	35000-40000	

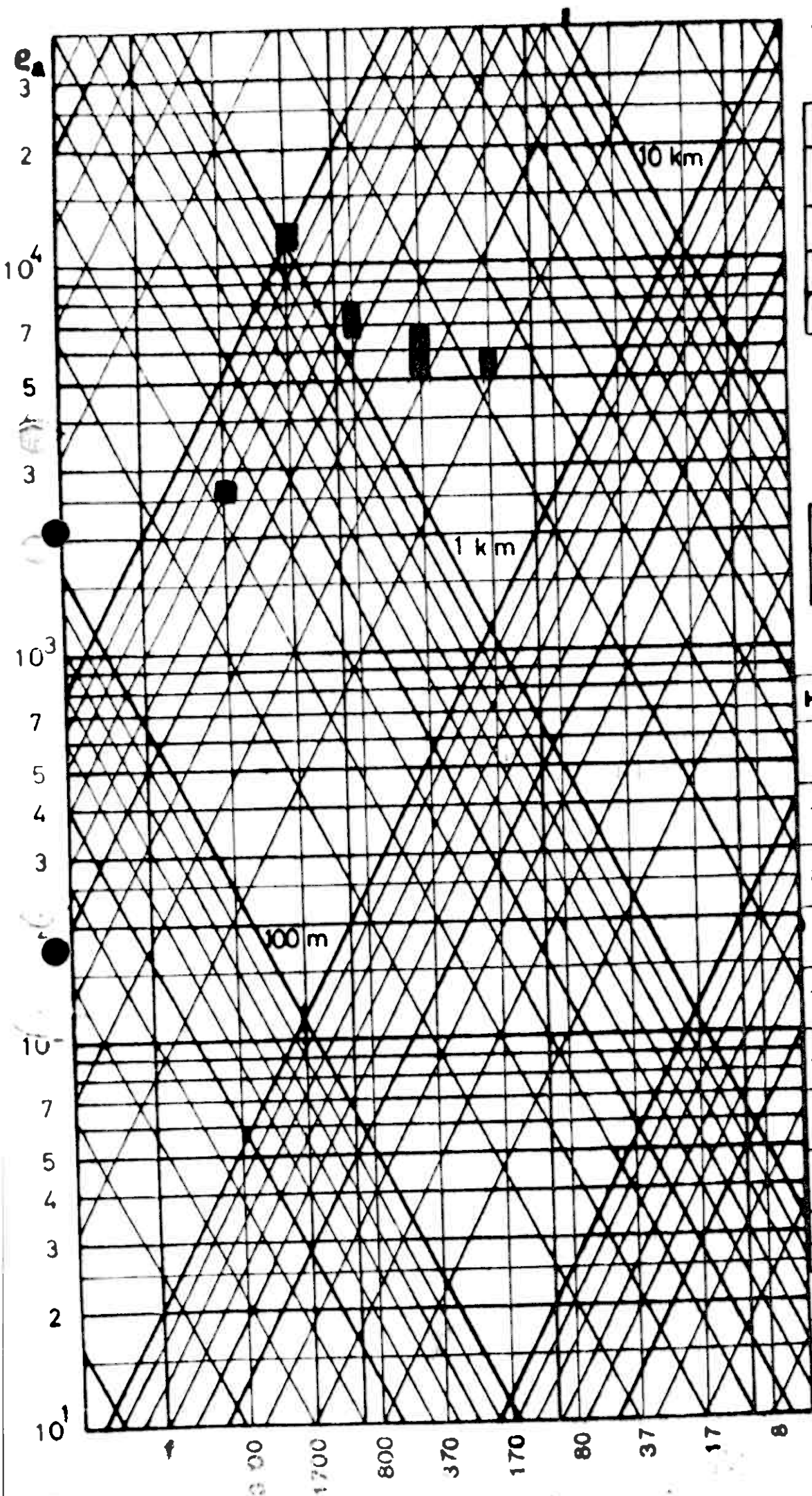
CM 16
370 Hz 5500-6500
170 Hz 5000-6000



NO	44
DOMAIN	
DATE	12-6-80
X	2200 V
Y	2850 N



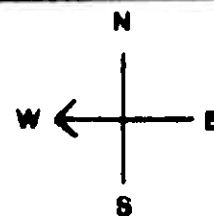
L	R
ρ_{11}	$\rho_{\perp}$



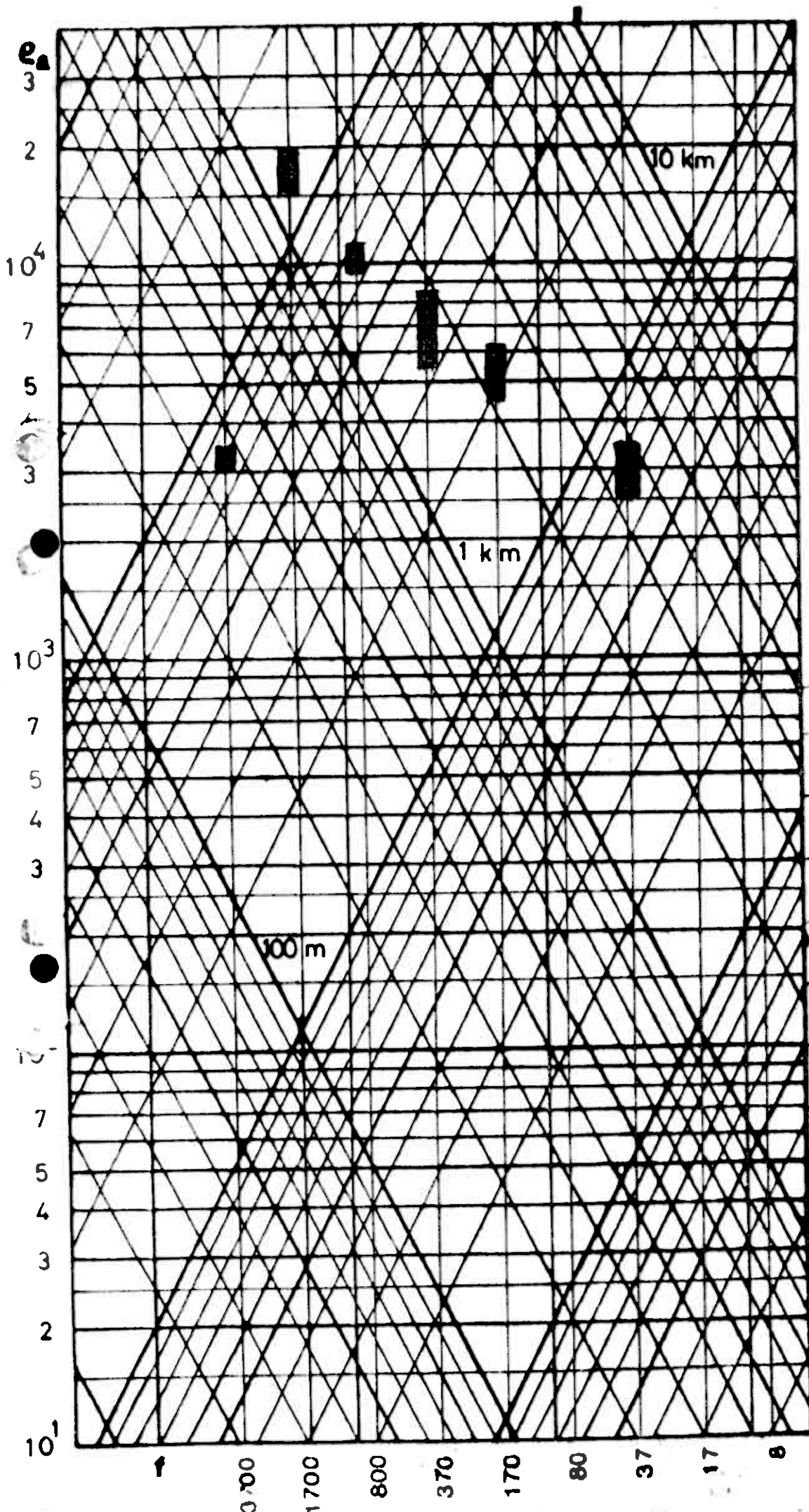
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	4500-5000	
80		
170	5000-6000	
370	5000-7000	
800	6500-8000	
1700	1000-1200	
3700	2000-2500	

CN16
370 HZ 5000-6000
170 HZ 5000-5500

NO	45
DOMAIN	
DATE	12-6-80
X	2200 V
Y	2925 N



L	R
ρ_{II}	$\rho_{\perp}$

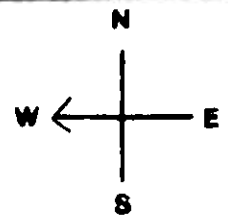


Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	2000-3500	
80		
170	4500-5500	
370	6500-8500	
800	9500-11000	
1700	15000-20000	
3700	30000-35000	

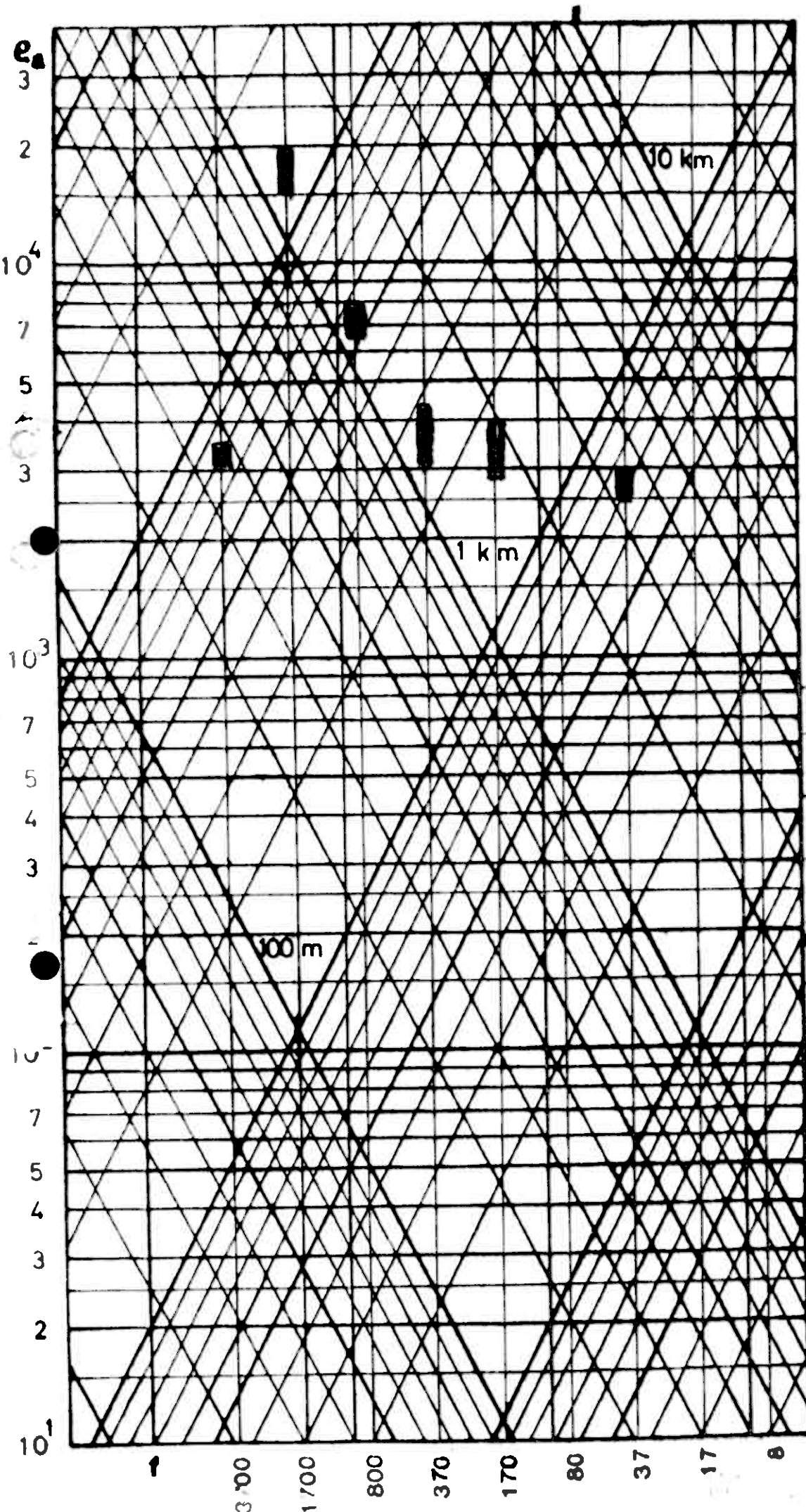
CM 16

370 Hz 5500-6500
170 Hz 5500-6300

NO	46
DOMAIN	
DATE	12-6-80
X	2200 V
Y	2945 N



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



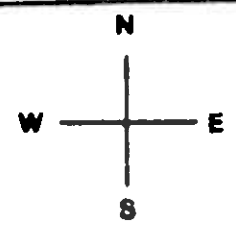
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	2000-3000	
80		
170	2700-3500	
370	3500-4500	
800	6500-8000	
1700	15000-20000	
3700	30000-35000	

CM 16

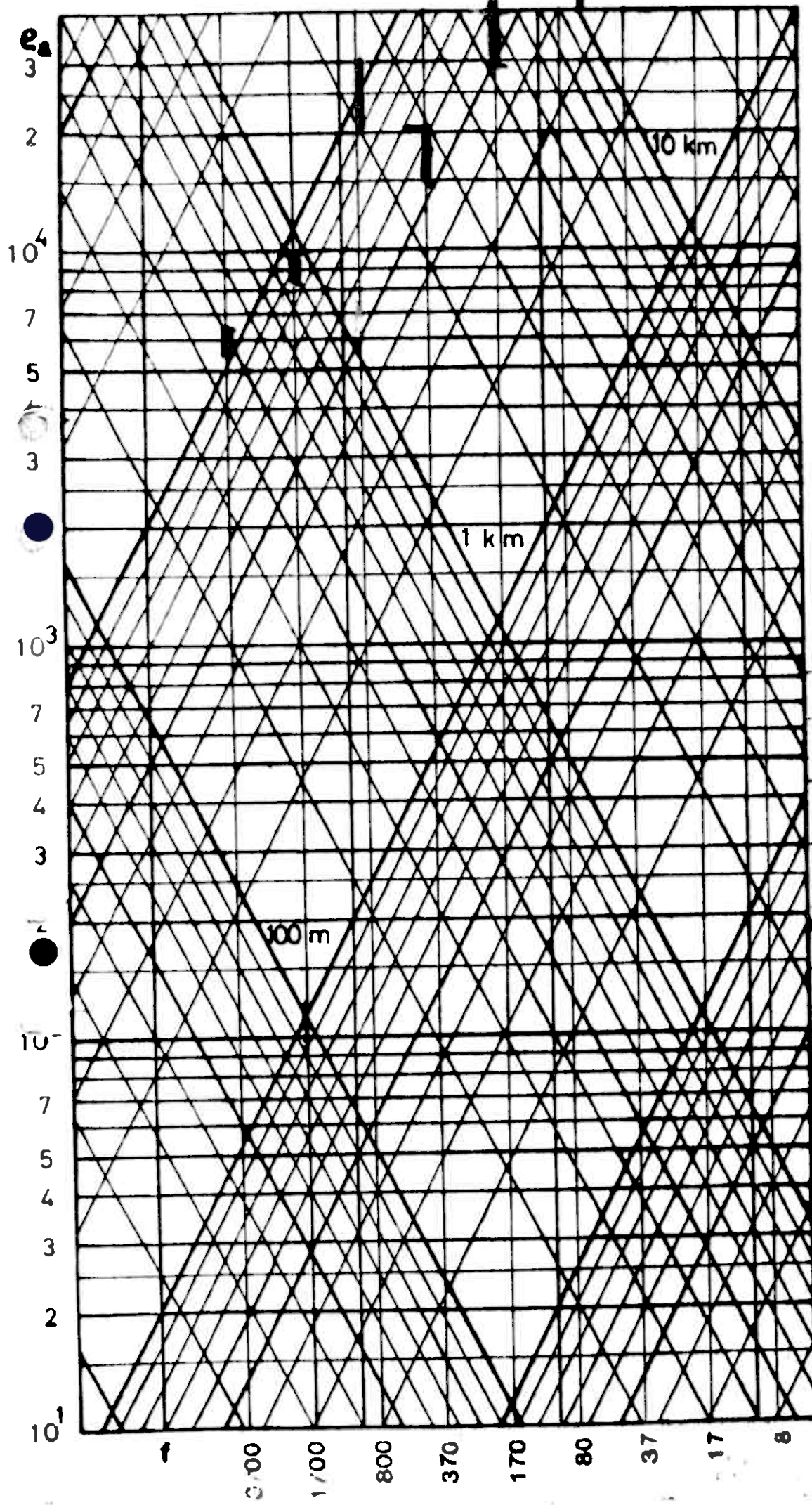
370 Hz 3000-4000
170 Hz 3000-4000

3600v

NO	42
DOMAIN	Tverfjell et.
DATE	13/6-80
X	3600 V
V	1300 N



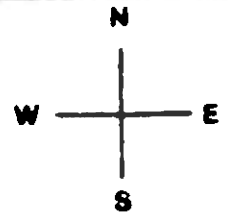
L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



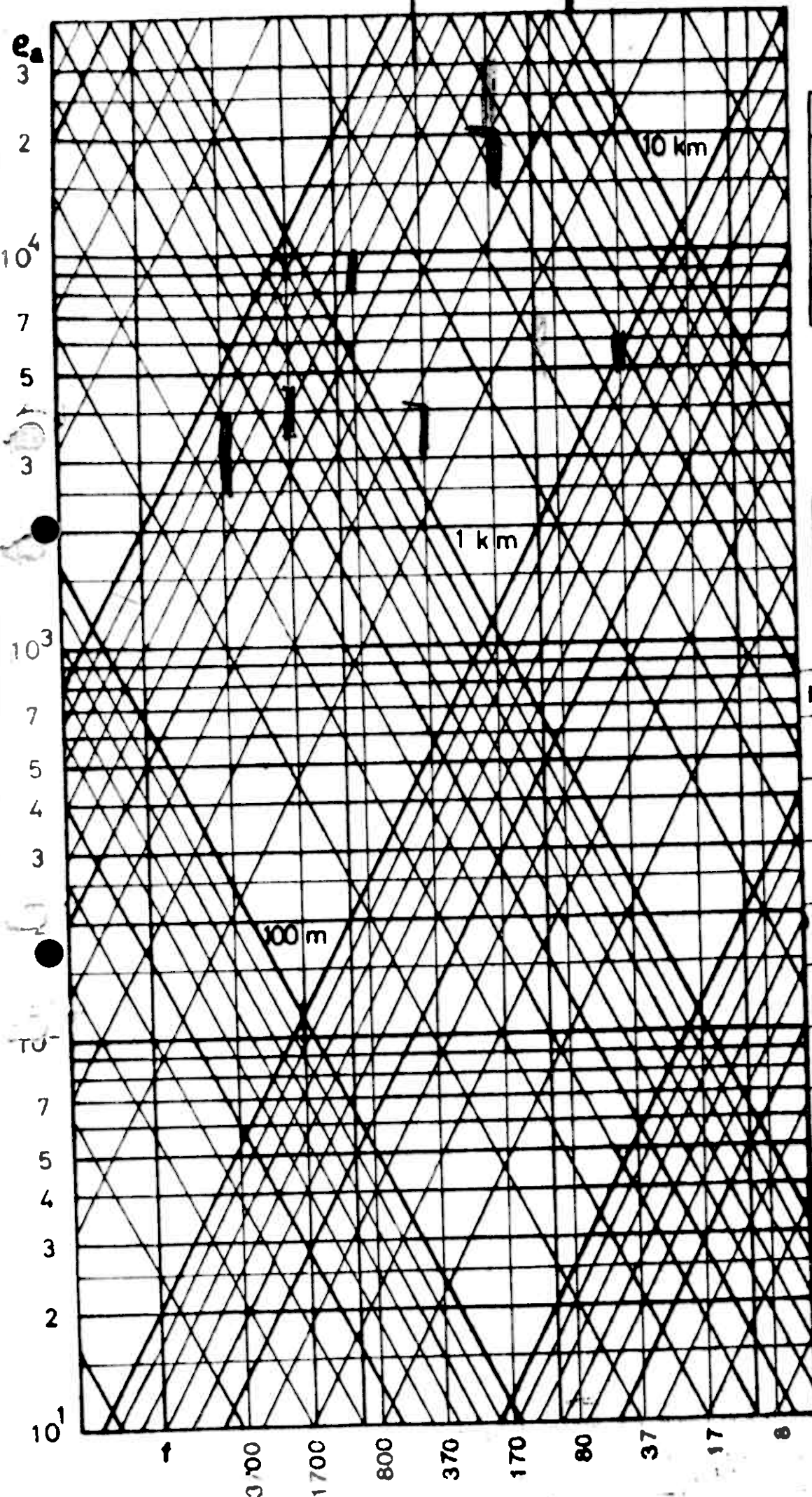
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	10 000 15 000	
80		
130	35-45 000	
370	30-40 000	
800	20 000-30 000	
1700	8500 9500	
3700	5500 6500	

CM-16
320 : 20 000 - 30 000
15000 - 20000
120 : 30 000 - 40 000

NO	46
DOMAIN	
DATE	13/6-80
X	3600V
Y	1400N



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$

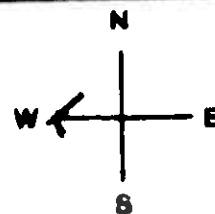


Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	5.5 - 7.0	
80		
170	20.0 - 30.0	
370	30.0 - 40.0	
800	8.0 - 10.0	
1700	35.0 - 45.0	
3700	25.0 - 35.0	

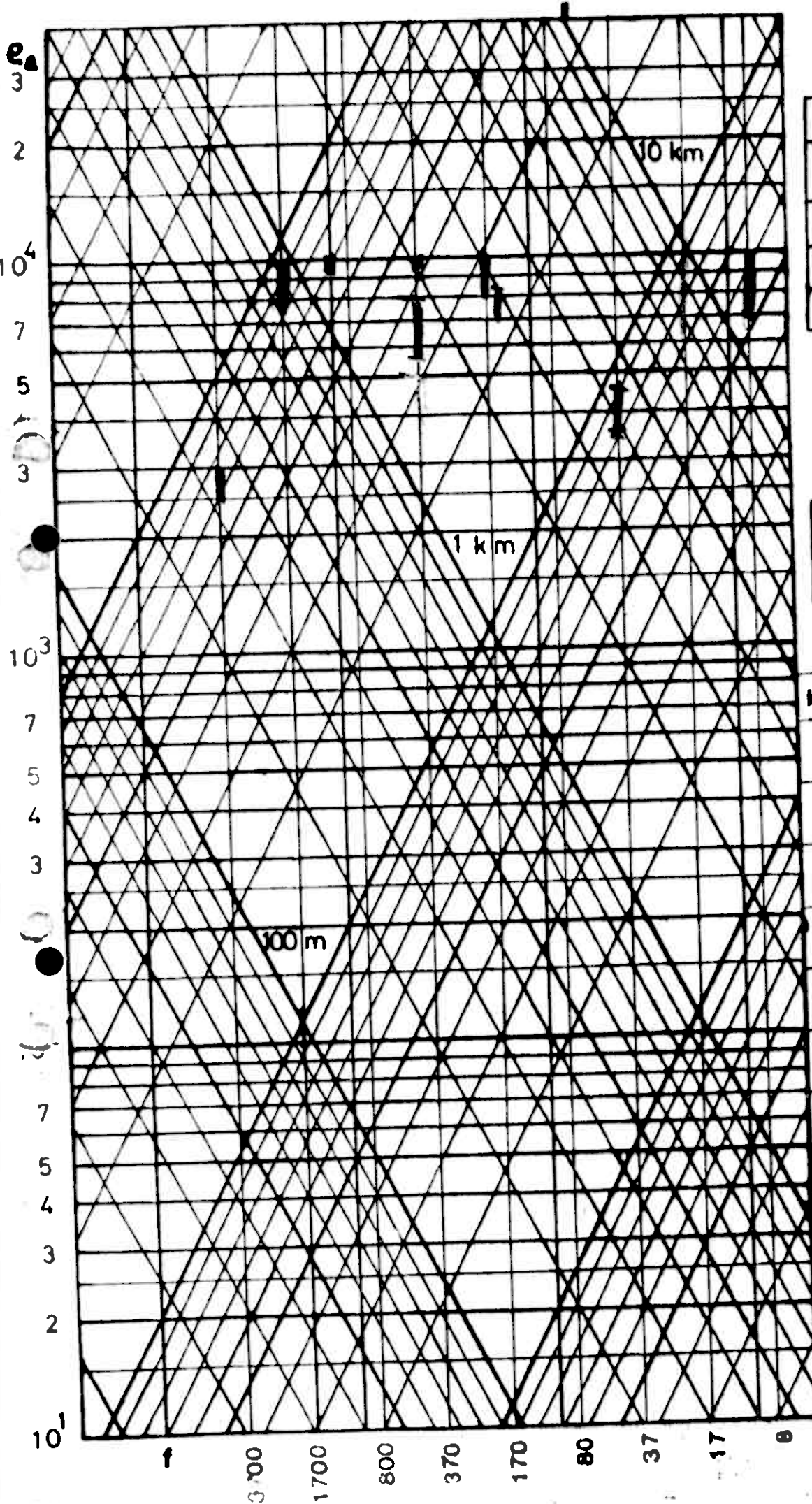
CM-16
370: 3-4000

170: 15-2000

NO	49
DOMAIN	
DATE	13/6-80
X	3600V
V	1550N



L	R
ρ_H	ρ_L



Hz	dB	Ωm
8	7000-10000	
17	7498	
37	3500-4500	
80	71000	
170	8000/10000	
370	9500/10000	
800	9500/10000	
1700	8000/10000	
3700	2500 3000	

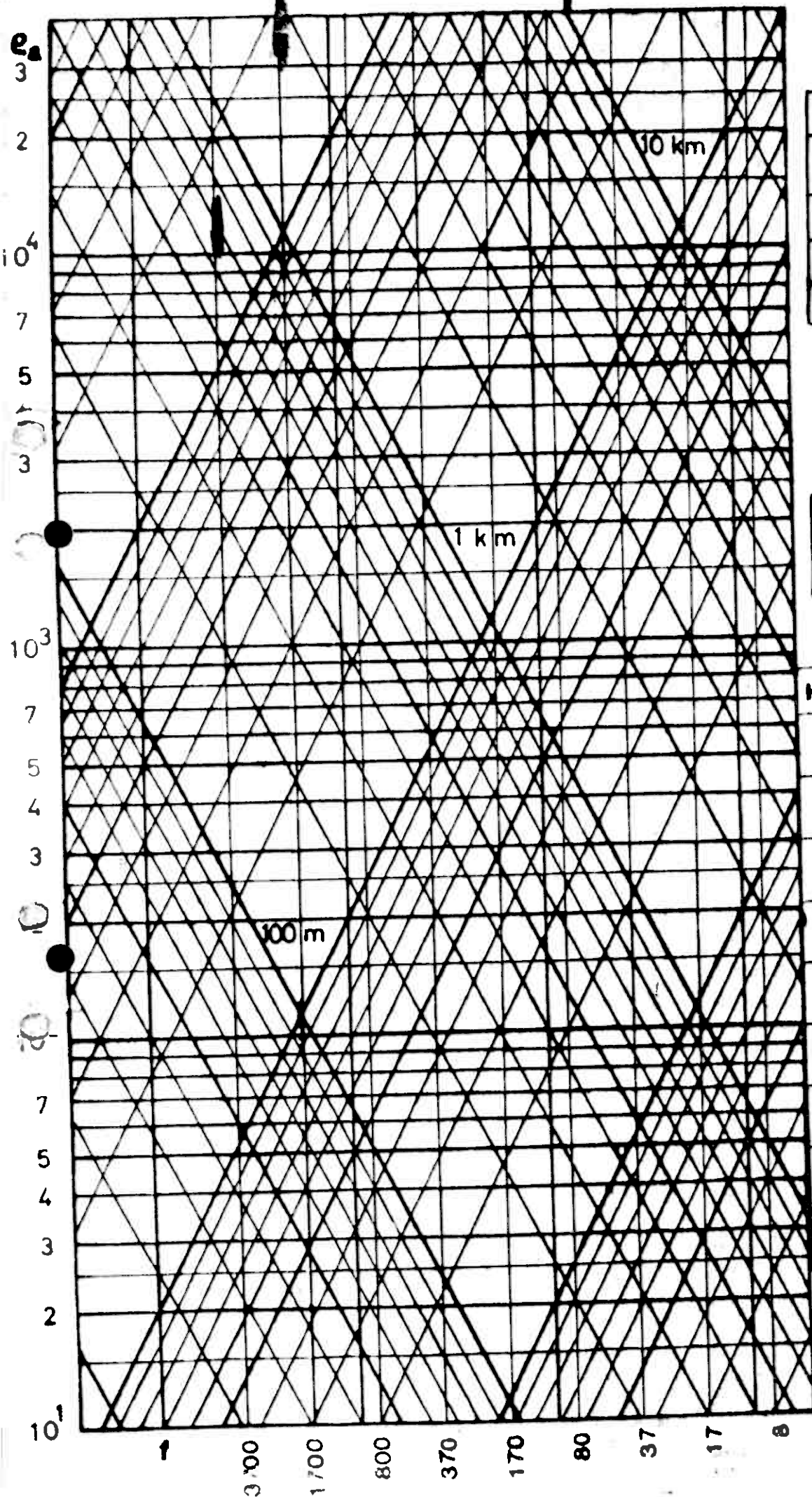
CM-16
370: 8500-8000
170: 6000-8500

NO	50
DOMAIN	
DATE	B/6-80
X	3600V
Y	1650N

Magnetometer



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	70000	
80		
170	7	100000 ?
370	7	100000 ?
800	90000	
1700	30000 40000	
3700	10000 13000	

CM-16

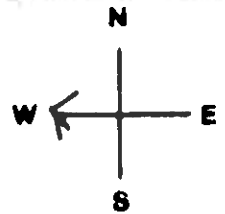
370:120 000

170:100000

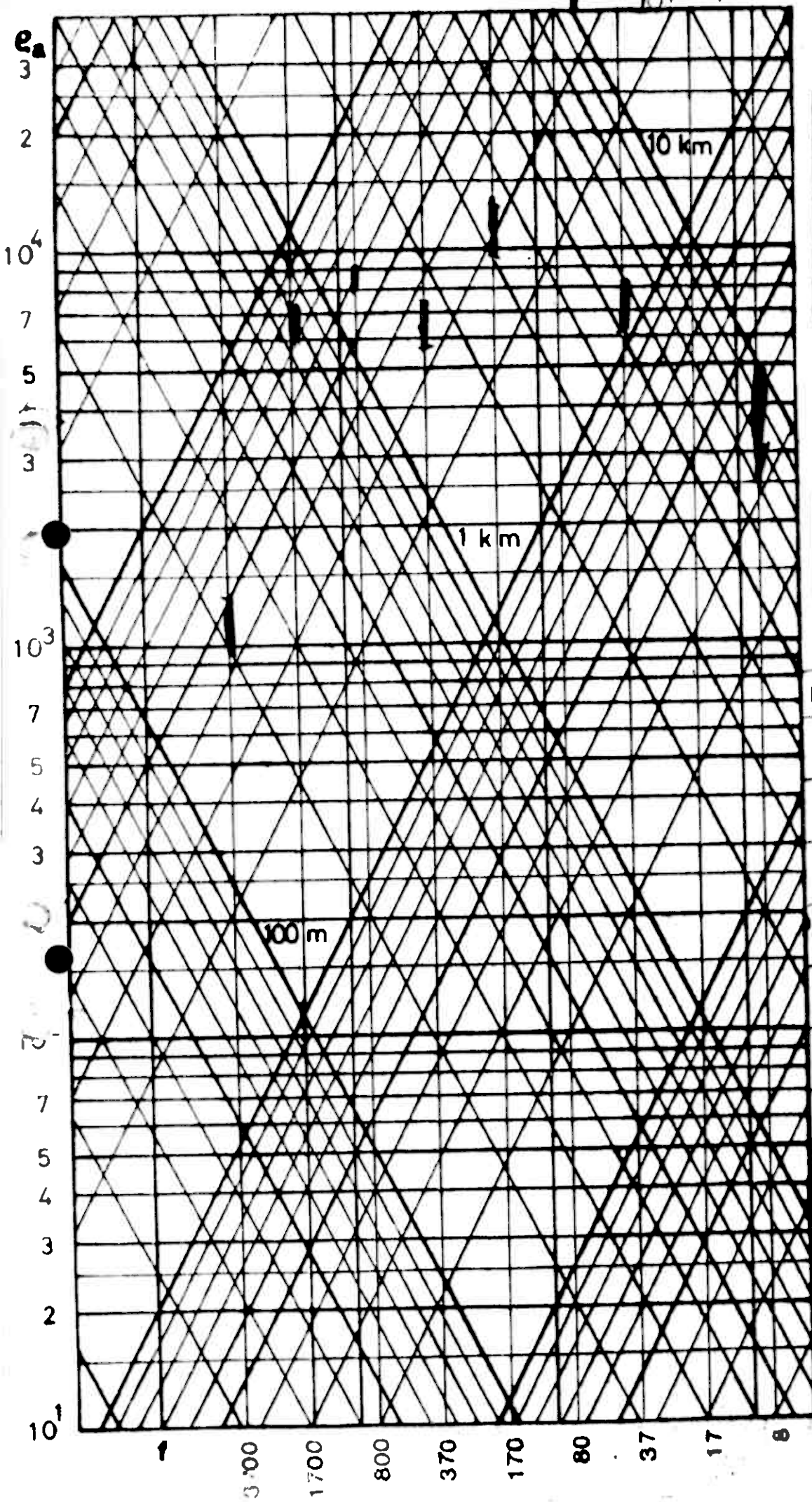
3m from 3700-170

UNIV. OF OULU
DEPT. OF GEOPHYSICS

NO	57
DOMAIN	
DATE	13/6-80
X	3600V
V	1200N



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



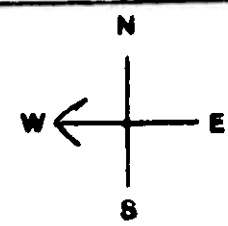
Hz	dB	Ωm
8		2000-5000
17		4000-8000
37		6000-8000
80		8000-10000
170		10500-12000
370		6500-7500
800		9000-9000
1700		6000-7500
3700		900-1300

CM-16

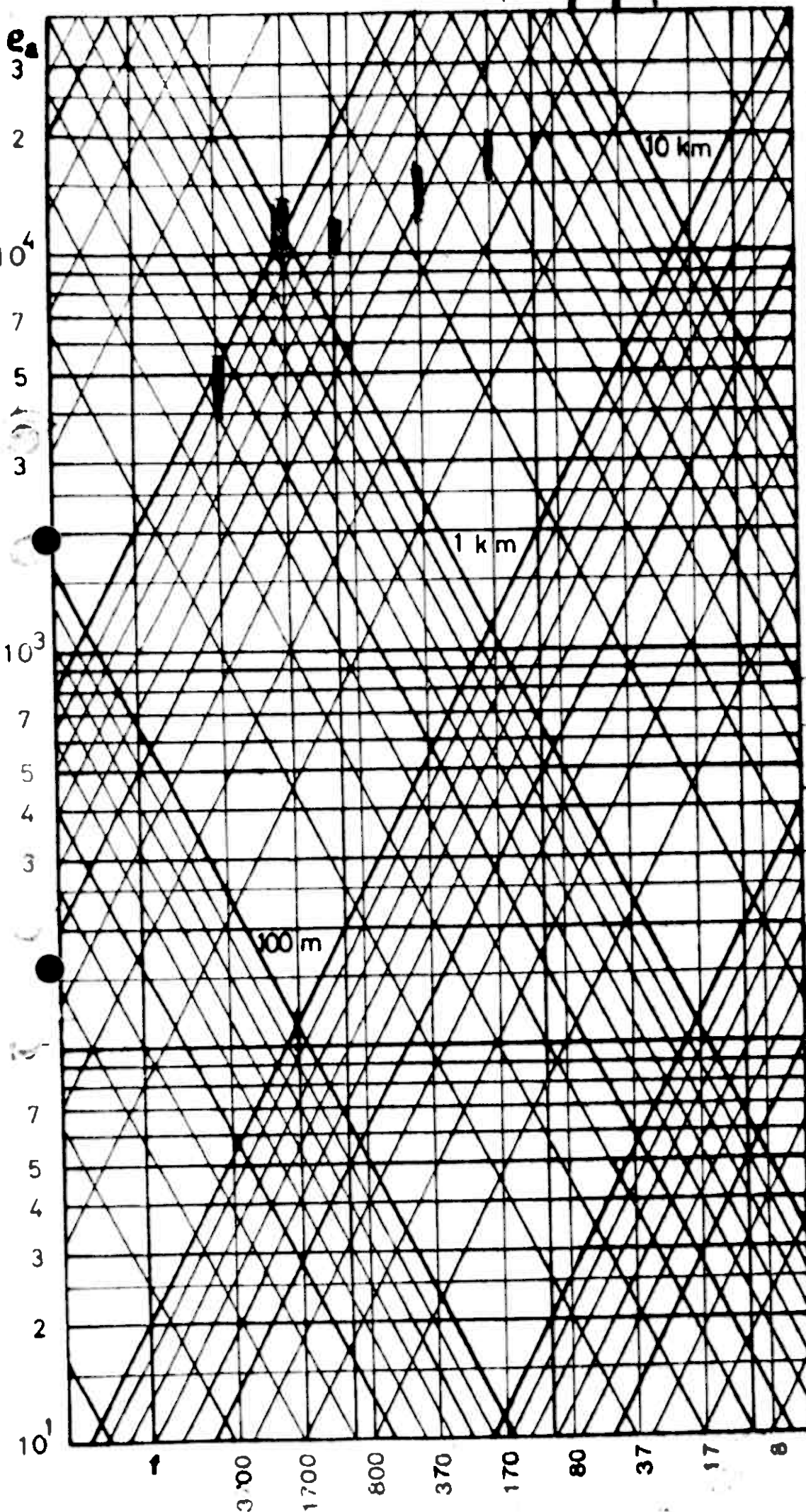
370: 5500-7000

170: 9500-13000

NO	52
DOMAIN	
DATE	13/6-80
X	3600V
Y	1900N



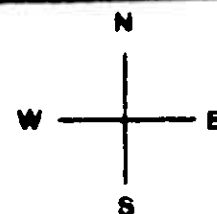
L	15.8m	R	
ρ_{II}		$\rho_{\perp}$	



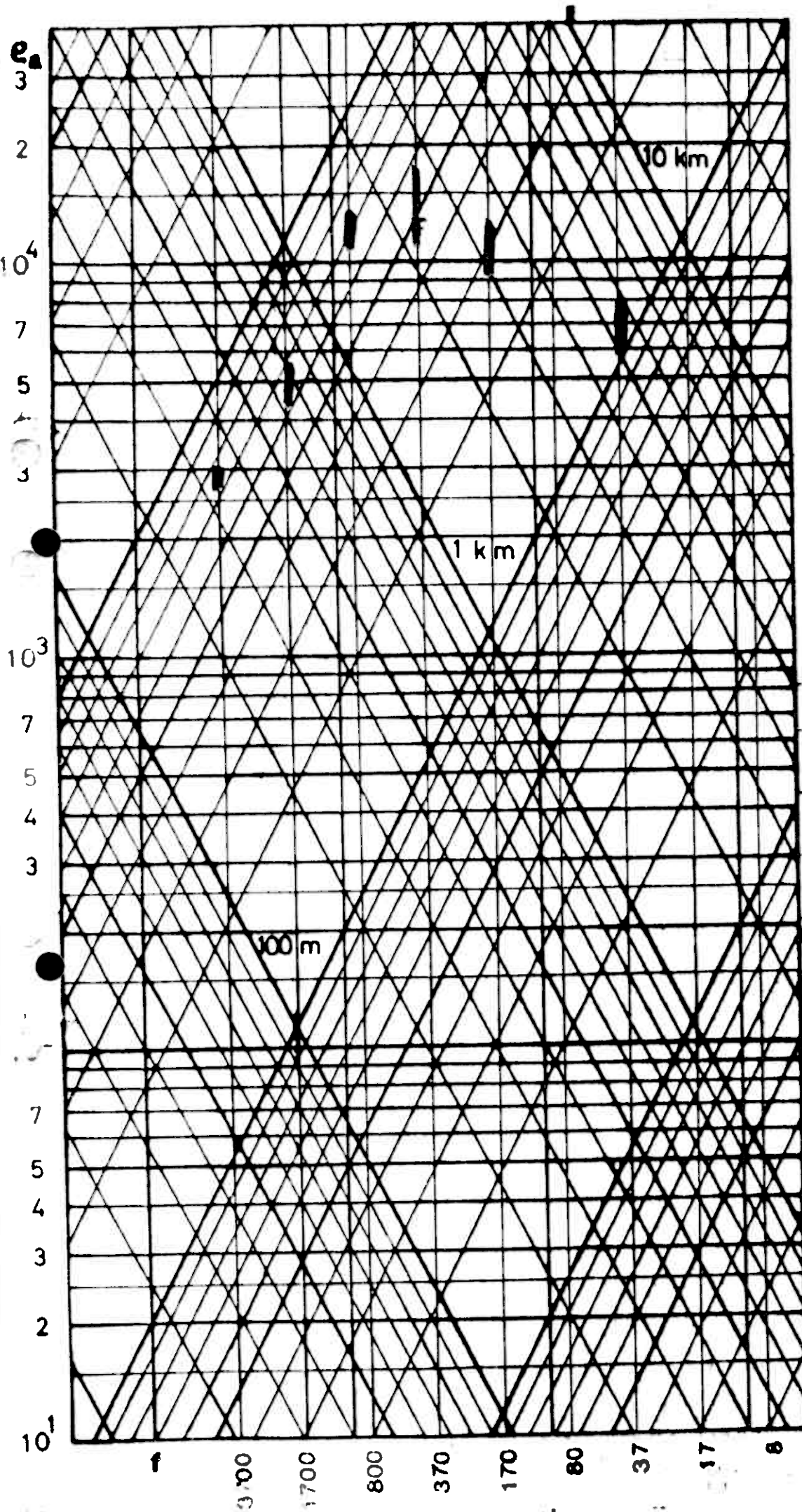
Hz	dB	Ωm
8		
17		
37	40000 FF	
80		
170	15000 20000 F	
370	13000 17000 F	
800	10000 12000 F	
1700	10000 13000 F	
3700	4500 5500 F	

CM/6
370: 10-15000
170: 15-20000

NO	53
DOMAIN	
DATE	13/6-80
X	3600 V
V	2000 N



L	R
$\rho_{ }$	$\rho_{\perp}$



Hz	dB	Ωm
8		
17		T.N.S.R.
37		6000-8000
80		77
170		9000 13000
370		12000 16000
800		10500 12000
1700		4500 5500
3700		2500 3000

CM/6
370: 11000-13000
170: 12000-15000