S P R E N G E R I N S T I T U U T

(Institute for Research on Storage and
Processing of Morticultural Produce)

Haagsteeg 6, Wageningen

Tel.: 08370 - 19013

REPORT NO : 1818

CONCERNING : The cooling process of heat generating bodies II

SUBMITTED TO : The Director of the Sprenger Instituut

WRITTEN BY : Dipl.Ing. H.F.Th. Meffert

Wageningen, April 17th, 1972.

Proj.No. 715

2147390

PLAAT

APPENDIX IV

The Roots of certain Transcendental Equations

TABLE I

The first six roots,† α_n, of

$$\alpha \tan \alpha = C.$$

C	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
0	0	3·1416	6·2832	9·4248	12·5664	15·7080
0·001	0·0316	3·1419	6·2833	9·4249	12·5665	15·7080
0·002	0·0447	3·1422	6·2835	9·4250	12·5665	15·7081
0·004	0·0632	3·1429	6·2838	9·4252	12·5667	15·7082
0·006	0·0774	3·1435	6·2841	9·4254	12·5668	15·7083
0·008	0·0893	3·1441	6·2845	9·4256	12·5670	15·7085
0·01	0·0998	3·1448	6·2848	9·4253	12·5672	15·7086
0·02	0·1410	3·1479	6·2864	9·4269	12·5680	15·7092
0·04	0·1987	3·1543	6·2895	9·4290	12·5696	15·7105
0·06	0·2425	3·1606	6·2927	9·4311	12·5711	15·7118
0·08	0·2791	3·1668	6·2959	9·4333	12·5727	15·7131
0·1	0·3111	3·1731	6·2991	9·4354	12·5743	15·7143
0·2	0·4328	3·2039	6·3148	9·4459	12·5823	15·7207
0·3	0·5218	3·2341	6·3305	9·4565	12·5902	15·7270
0·4	0·5932	3·2636	6·3461	9·4670	12·5981	15·7334
0·5	0·6533	3·2923	6·3616	9·4775	12·6060	15·7397
0·6	0·7051	3·3204	6·3770	9·4879	12·6139	15·7460
0·7	0·7506	3·3477	6·3923	9·4983	12·6218	15·7524
0·8	0·7910	3·3744	6·4074	9·5087	12·6296	15·7587
0·9	0·8274	3·4003	6·4224	9·5190	12·6375	15·7650
1·0	0·8603	3·4256	6·4373	9·5293	12·6453	15·7713
1·5	0·9882	3·5422	6·5097	9·5801	12·6841	15·8026
2·0	1·0769	3·6436	6·5783	9·6296	12·7223	15·8336
3·0	1·1925	3·8088	6·7040	9·7240	12·7956	15·8945
4·0	1·2646	3·9352	6·8140	9·8119	12·8678	15·9536
5·0	1·3138	4·0336	6·9096	9·8928	12·9352	16·0107
6·0	1·3496	4·1116	6·9924	9·9667	12·9988	16·0654
7·0	1·3766	4·1746	7·0640	10·0339	13·0584	16·1177
8·0	1·3978	4·2264	7·1263	10·0949	13·1141	16·1675
9·0	1·4149	4·2694	7·1806	10·1502	13·1660	16·2147
10·0	1·4289	4·3058	7·2281	10·2003	13·2142	16·2594
15·0	1·4729	4·4255	7·3959	10·3898	13·4078	16·4474
20·0	1·4961	4·4915	7·4954	10·5117	13·5420	16·5864
30·0	1·5202	4·5615	7·6057	10·6543	13·7085	16·7691
40·0	1·5325	4·5979	7·6647	10·7334	13·8048	16·8794
50·0	1·5400	4·6202	7·7012	10·7832	13·8666	16·9519
60·0	1·5451	4·6353	7·7259	10·8172	13·9094	17·0026
80·0	1·5514	4·6543	7·7573	10·8606	13·9644	17·0686
100·0	1·5552	4·6658	7·7764	10·8871	13·9981	17·1093
∞	1·5708	4·7124	7·8540	10·9956	14·1372	17·2788

† The roots of this equation are all real if $C > 0$.

Re: COOLING PROCESS OF HEAT GENERATING BODIES II

H.F.Th. Meffert

Sprenger Instituut, Wageningen, Netherlands

Summary

By a small adaptation of the definitions the cooling process of heat generating bodies can be described in analogue terms to transient cooling without heat generation. This is shown by thetreatment of the problem with constant heat generation.

Experimental results with agricultural produce show that the step from constant heat generation to heat generation as a function of temperature can be made at a small expense of accuracy. Small with regard to the uncertainty of the physical properties of the produce, especially the heat generation.

Further improvements of thetreatment of this problem have to be expected mainly from the experimental side, in the field of determination of physical data. Refinement of the theoritical treatment seems only be justified if the preceding step is taken.

APPENDIX IV

TABLE II

The first six roots,† α_n, of

$$\alpha \cot \alpha + C = 0.$$

C	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
−1·0	0	4·4934	7·7253	10·9041	14·0662	17·2208
−0·995	0·1224	4·4945	7·7259	10·9046	14·0666	17·2210
−0·99	0·1730	4·4956	7·7265	10·9050	14·0669	17·2213
−0·98	0·2445	4·4979	7·7278	10·9060	14·0676	17·2219
−0·97	0·2991	4·5001	7·7291	10·9069	14·0683	17·2225
−0·96	0·3450	4·5023	7·7304	10·9078	14·0690	17·2231
−0·95	0·3854	4·5045	7·7317	10·9037	14·0697	17·2237
−0·94	0·4217	4·5068	7·7330	10·9096	14·0705	17·2242
−0·93	0·4551	4·5090	7·7343	10·9105	14·0712	17·2248
−0·92	0·4860	4·5112	7·7356	10·9115	14·0719	17·2254
−0·91	0·5150	4·5134	7·7369	10·9124	14·0726	17·2260
−0·90	0·5423	4·5157	7·7382	10·9133	14·0733	17·2266
−0·85	0·6609	4·5268	7·7447	10·9179	14·0769	17·2295
−0·8	0·7593	4·5379	7·7511	10·9225	14·0804	17·2324
−0·7	0·9208	4·5601	7·7641	10·9316	14·0875	17·2382
−0·6	1·0528	4·5822	7·7770	10·9408	14·0946	17·2440
−0·5	1·1656	4·6042	7·7899	10·9499	14·1017	17·2498
−0·4	1·2644	4·6261	7·8028	10·9591	14·1088	17·2556
−0·3	1·3525	4·6479	7·8156	10·9682	14·1159	17·2614
−0·2	1·4320	4·6696	7·8284	10·9774	14·1230	17·2672
−0·1	1·5044	4·6911	7·8412	10·9865	14·1301	17·2730
0	1·5708	4·7124	7·8540	10·9956	14·1372	17·2788
0·1	1·6320	4·7335	7·8667	11·0047	14·1443	17·2845
0·2	1·6887	4·7544	7·8794	11·0137	14·1513	17·2903
0·3	1·7414	4·7751	7·8920	11·0228	14·1584	17·2961
0·4	1·7906	4·7956	7·9046	11·0318	14·1654	17·3019
0·5	1·8366	4·8158	7·9171	11·0409	14·1724	17·3076
0·6	1·8798	4·8358	7·9295	11·0498	14·1795	17·3134
0·7	1·9203	4·8556	7·9419	11·0588	14·1865	17·3192
0·8	1·9586	4·8751	7·9542	11·0677	14·1935	17·3249
0·9	1·9947	4·8943	7·9665	11·0767	14·2005	17·3306
1·0	2·0288	4·9132	7·9787	11·0856	14·2075	17·3364
1·5	2·1746	5·0037	8·0385	11·1296	14·2421	17·3649
2·0	2·2889	5·0870	8·0962	11·1727	14·2764	17·3932
3·0	2·4557	5·2329	8·2045	11·2560	14·3434	17·4490
4·0	2·5704	5·3540	8·3029	11·3349	14·4080	17·5034
5·0	2·6537	5·4544	8·3914	11·4086	14·4699	17·5562
6·0	2·7165	5·5378	8·4703	11·4773	14·5288	17·6072
7·0	2·7654	5·6078	8·5406	11·5408	14·5847	17·6562
8·0	2·8044	5·6669	8·6031	11·5994	14·6374	17·7032
9·0	2·8363	5·7172	8·6587	11·6532	14·6870	17·7481
10·0	2·8628	5·7606	8·7083	11·7027	14·7335	17·7908
15·0	2·9476	5·9080	8·8898	11·8959	14·9251	17·9742
20·0	2·9930	5·9921	9·0019	12·0250	15·0625	18·1136
30·0	3·0406	6·0831	9·1294	12·1807	15·2380	18·3018
40·0	3·0651	6·1311	9·1987	12·2688	15·3417	18·4180
50·0	3·0801	6·1606	9·2420	12·3247	15·4090	18·4953
60·0	3·0901	6·1805	9·2715	12·3632	15·4559	18·5497
80·0	3·1028	6·2058	9·3089	12·4124	15·5164	18·6209
100·0	3·1105	6·2211	9·3317	12·4426	15·5537	18·6650
∞	3·1416	6·2832	9·4248	12·5664	15·7080	18·8496

† The roots of this equation are all real if $C > -1$. These negative values of C arise in connexion with the sphere, § 9.4.

THE COOLING PROCESS OF HEAT GENERATING BODIES (PART II)

1. Introduction

This report contains a further processed form of the results of report nr. 1802, at the hand of the conclusions from report nr. 1809.

All date are derived from calculations with constant heat generation.

1.1. According to the theory (derived from a simplification of the transcendent root equation for the transient cooling process) the slope of the cooling curves should be independent from heat generation, and only a function of Bi.

1.2. The intercept value for Fo = 0, which determines the proper position of the experimental part of the cooling curve with respect to time, can be found from a formula depending on Bi and Po, both.

2. Procedure

2.1. Slope of cooling curves

From the computer output the values:

$$\theta' = \frac{\theta - \theta e}{1 - \theta e} \qquad (1)$$

are calculated, with

$$\theta = \frac{Po}{N} \left(1 + \frac{2}{Bi}\right) \qquad (2)$$

and plotted as lg θ' vs Fo in a semi log network.

Table 2 and fig.'s 5 to 8.

2.2. Intercept values j.

These were found graphically from the fig.'s 5 to 8 and corrected, if necessary by calculation:

$$\lg j = \lg \theta^2 = \frac{\lg \theta_1 - \lg \theta_2}{Fo_2 - Fo_1} \cdot Fo_1 + \lg \theta_1 \qquad (3)$$

TABLE III

CYLINDER

The first six roots, α_n, of

$$\alpha J_1(\alpha) - C J_0(\alpha) = 0.$$

C	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
0	0	3·8317	7·0156	10·1735	13·3237	16·4706
0·01	0·1412	3·8343	7·0170	10·1745	13·3244	16·4712
0·02	0·1995	3·8369	7·0184	10·1754	13·3252	16·4718
0·04	0·2814	3·8421	7·0213	10·1774	13·3267	16·4731
0·06	0·3438	3·8473	7·0241	10·1794	13·3282	16·4743
0·08	0·3960	3·8525	7·0270	10·1813	13·3297	16·4755
0·1	0·4417	3·8577	7·0298	10·1833	13·3312	16·4767
0·15	0·5376	3·8706	7·0369	10·1882	13·3349	16·4797
0·2	0·6170	3·8835	7·0440	10·1931	13·3387	16·4828
0·3	0 7465	3·9091	7·0582	10·2029	13·3462	16·4888
0·4	0·8516	3·9344	7·0723	10·2127	13·3537	16·4949
0·5	0·9408	3·9594	7·0864	10·2225	13·3611	16·5010
0·6	1·0184	3·9841	7·1004	10·2322	13·3686	16·5070
0·7	1·0873	4·0085	7·1143	10·2419	13·3761	16·5131
0·8	1·1490	4·0325	7·1282	10·2516	13·3835	16·5191
0·9	1·2048	4·0562	7·1421	10·2613	13·3910	16·5251
1·0	1·2558	4·0795	7·1558	10·2710	13·3984	16·5312
1·5	1·4569	4·1902	7·2233	10·3188	13·4353	16·5612
2·0	1·5994	4·2910	7·2884	10·3658	13·4719	16·5910
3·0	1·7887	4·4634	7·4103	10·4566	13·5434	16·6499
4·0	1·9081	4·6018	7·5201	10·5423	13·6125	16·7073
5·0	1·9898	4·7131	7·6177	10·6223	13·6786	16·7630
6·0	2·0490	4·8033	7·7039	10·6964	13·7414	16·8168
7·0	2·0937	4·8772	7·7797	10·7646	13·8008	16·8684
8·0	2·1286	4·9384	7·8464	10·8271	13·8566	16·9179
9·0	2·1566	4·9897	7·9051	10·8842	13·9090	16·9650
10·0	2·1795	5·0332	7·9569	10·9363	13·9580	17·0099
15·0	2·2509	5·1773	8·1422	11·1367	14·1576	17·2008
20·0	2·2880	5·2568	8·2534	11·2677	14·2983	17·3442
30·0	2·3261	5·3410	8·3771	11·4221	14·4748	17·5348
40·0	2·3455	5·3846	8·4432	11·5081	14·5774	17·6508
50·0	2·3572	5·4112	8·4840	11·5621	14·6433	17·7272
60·0	2·3651	5·4291	8·5116	11·5990	14·6889	17·7807
80·0	2·3750	5·4516	8·5466	11·6461	14·7475	17·8502
100·0	2·3809	5·4652	3·5678	11·6747	14·7834	17·8931
∞	2·4048	5·5201	8·6537	11·7915	14·9309	18·0711

TABLE IV

The first five roots, α_n, of

$$J_0(\alpha) Y_0(k\alpha) - Y_0(\alpha) J_0(k\alpha) = 0.$$

k	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
1·2	15·7014	31·4126	47·1217	62·8302	78·5385
1·5	6·2702	12·5598	18·8451	25·1294	31·4133
2·0	3·1230	6·2734	9·4182	12·5614	15·7040
2·5	2·0732	4·1773	6·2754	8·3717	10·4672
3·0	1·5485	3·1291	4·7038	6·2767	7·8487
3·5	1·2339	2·5002	3·7608	5·0196	6·2776
4·0	1·0244	2·0809	3·1322	4·1816	5·2301

$$j = jc \cdot j_H = \theta^2 \qquad (4)$$

jc the intercept of the center temperature from the literature can be used to determine the factor

$$j_H = \frac{j}{Jc} \qquad (5)$$

Table 4

The exact solution for the intercept was found to be

$$j_H = \frac{1 - \frac{Po}{B_1^2\,(Bi)}}{1 - \frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)} \qquad (6)$$

see report nr. 1809.

2.3.- Maximum temperature. (Fig.'s 1 and 2)

The value $\theta_{max} - 1$ gives the dimensionless center temperature in excess of the uniform starting temperature.

The figures were taken from the computer output and, if necessary, interpolated graphic lly.

Tables .1

2.4. Time lag. (Fig.'s .3 and.4)

The values $Fo/_{\theta=1}$ give the dimensionless time, at which the center temperature passes the stating temperature after having gone through a maximum.

This value is of some interest in relation to the intercept value.

Tables .2

3. Results

3.1. Slope of the cooling curve Fig.'s.5 to .8 show ver clearly the uniform slope of the temperature curves in terms of θ', for constant Bi.

3.2. Intercept

fig's .9 show j_H, which is influenced by the heat production only. These figures correspond to some extent with those calculated from the equations (28)(29)(30) given inreport nr. 1809 as shown by the clotted lines.

The proposed formula:

$$j_H = \frac{1 - \frac{Po}{M}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)}{1 - \frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)}$$

can serve, therefore as a first approach.

The exact solution is eq. 6:

$$j_H = \frac{1 - \frac{Po}{B_1^2}}{1 - \frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)}$$

with β_1 (Bi) from tables for the roots

of the characteristic transcendental equation for slab, cylinder, sphere. Table 4

3.3. Maximum temperature and

3.4. Time lag

The limit for the occurance of the cooling process can be given as:

$$\theta > \theta e$$

i.e.

$$1 > \frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right) \qquad (8)$$

if this criterium is fulfilled, there is a crossing of the line $\Theta = 1$ and a maximum for the course of the center temperature. The Fo - value of this crossing is stated in figs..3 and .4, the maximum temperature elevation in figs. .1 and .2,

No values for Po 2 were available.

An elevation of more than 10% and cooling still to be expected occurs at $\frac{Po}{N}$ in the medium range and Bi in the high range.

With large $\frac{Po}{N}$ and low Bi the cooling process cannot start.

With low $\frac{Po}{N}$ and high Bi the elevation is only small.

4. Conclusion

The cooling process of bodies with constant heat generation can be described by means of the well known concept of slope and intercept value of the cooling curve.

The values for the slope can be taken from the existing literature about the simpler problem without heat generation.

The values for the intercept can be calculated from the existing information and a factor containing Po and Bi and the first root of the characteristic transcendental equation. A simplified first order approach can do without the root equation.
The limit of the application is given by a simple formule:

$$1 > \frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)$$

which gives the criterium for the occurence of a cooling process.

To what extent this approach can be extended to problems with vaiable heat generation Q (T) is not yet clarified. More theoretical and experimental work is needed.

5. Symbols :

θ dimensionless temperature difference $\frac{T - T_{air}}{T_o - T_{air}}$

θ_e equilibrium excess temperature difference, dimensionless $\theta_e = \frac{T_e - T_{air}}{T_o - T_{air}}$

dimensionless temperature difference in terms of

θ' possible temperature drop when cooling heat generating bodies, $\theta' = \frac{T - T_e}{T_o - T_e}$

Po Pomerantsev number: $Po = \frac{QR^2}{(T_o - T_{air})}$

N shape factor
2 - slab
4 - cylinder
6 - sphere

Bi Biot number

j intercept value $= \theta^{2^1}$

j_c intercept value for center temperature correction factor for cooling lag without heat generation.

j_H intercept value for heat generation

β (a first root of the characteristic transcendental equation for slab, cylinder, sphere (tables)

6. Literature

6.1. J. Eelkman Rooda, H.F.Th. Meffert and J.W. Rudolphy.
Heat transfer during the heating or cooling process of heat generating produce Sprenger Institute, report nr. 1802, 1971.

6.2. H.F.Th. Meffert.
The relation between cooling rate and equilibrium excess temperature of unit loads of agricultiral produce.
Sprenger Institute, reports nr. 1809, 1972.

further literature, see under nr. 2.

Wageningen, 24 april 1972.
HM/IvO

SLAB

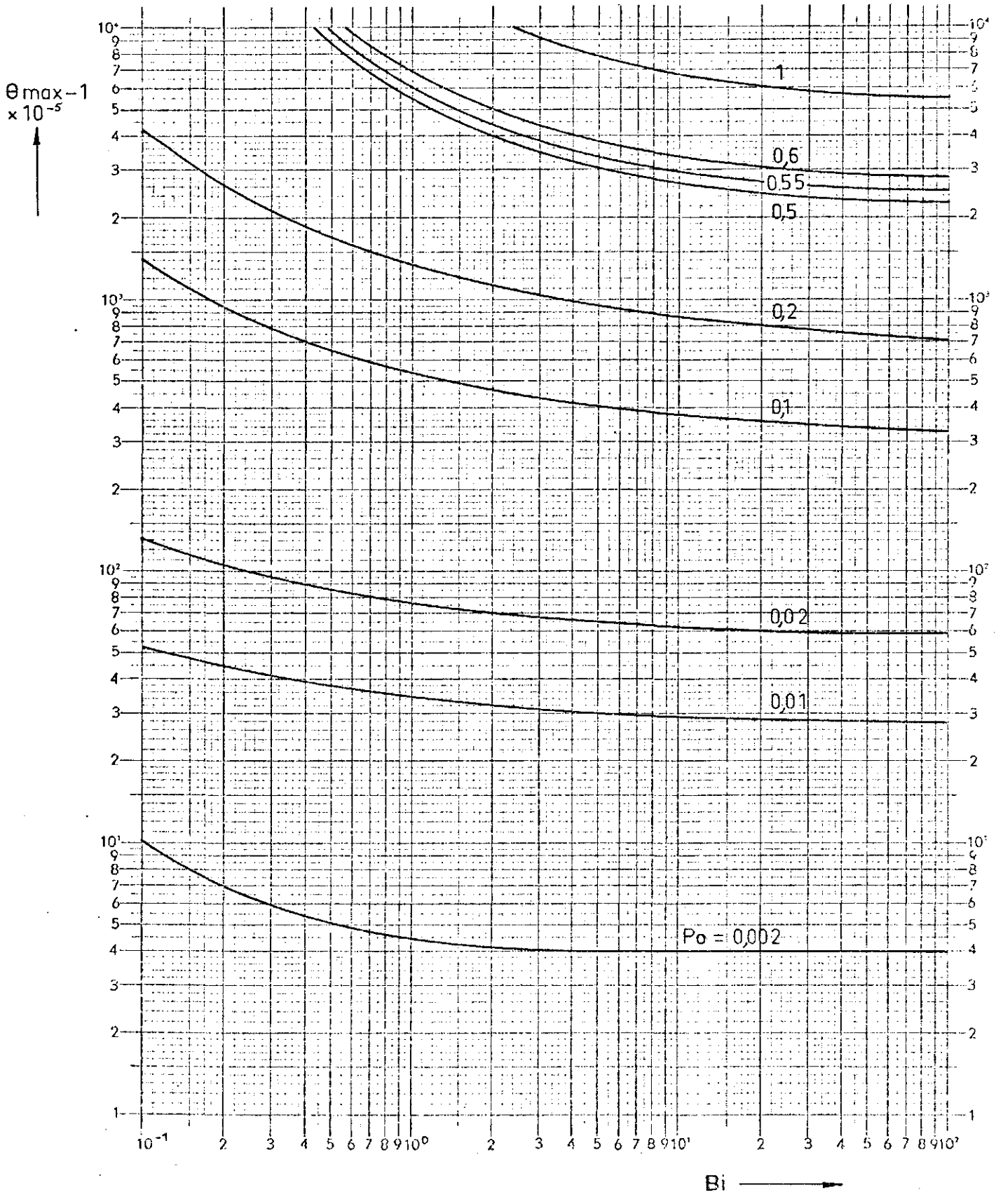


Fig. 1.1 : $\theta_{max} - 1$ vs. Bi, parameter: Po.

SLAB

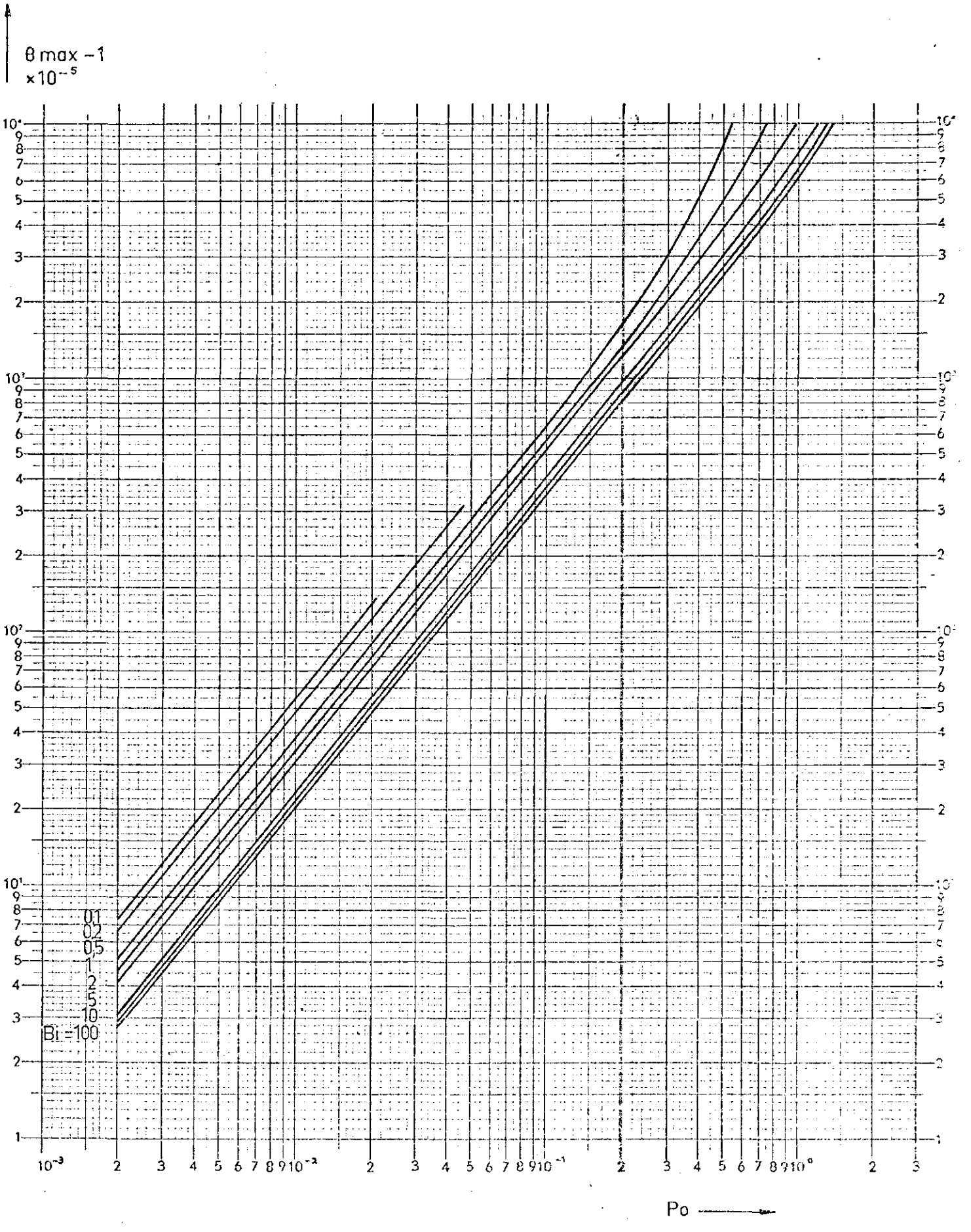


Fig. 1,2 : $\theta_{max} - 1$ vs. Po, parameter: Bi

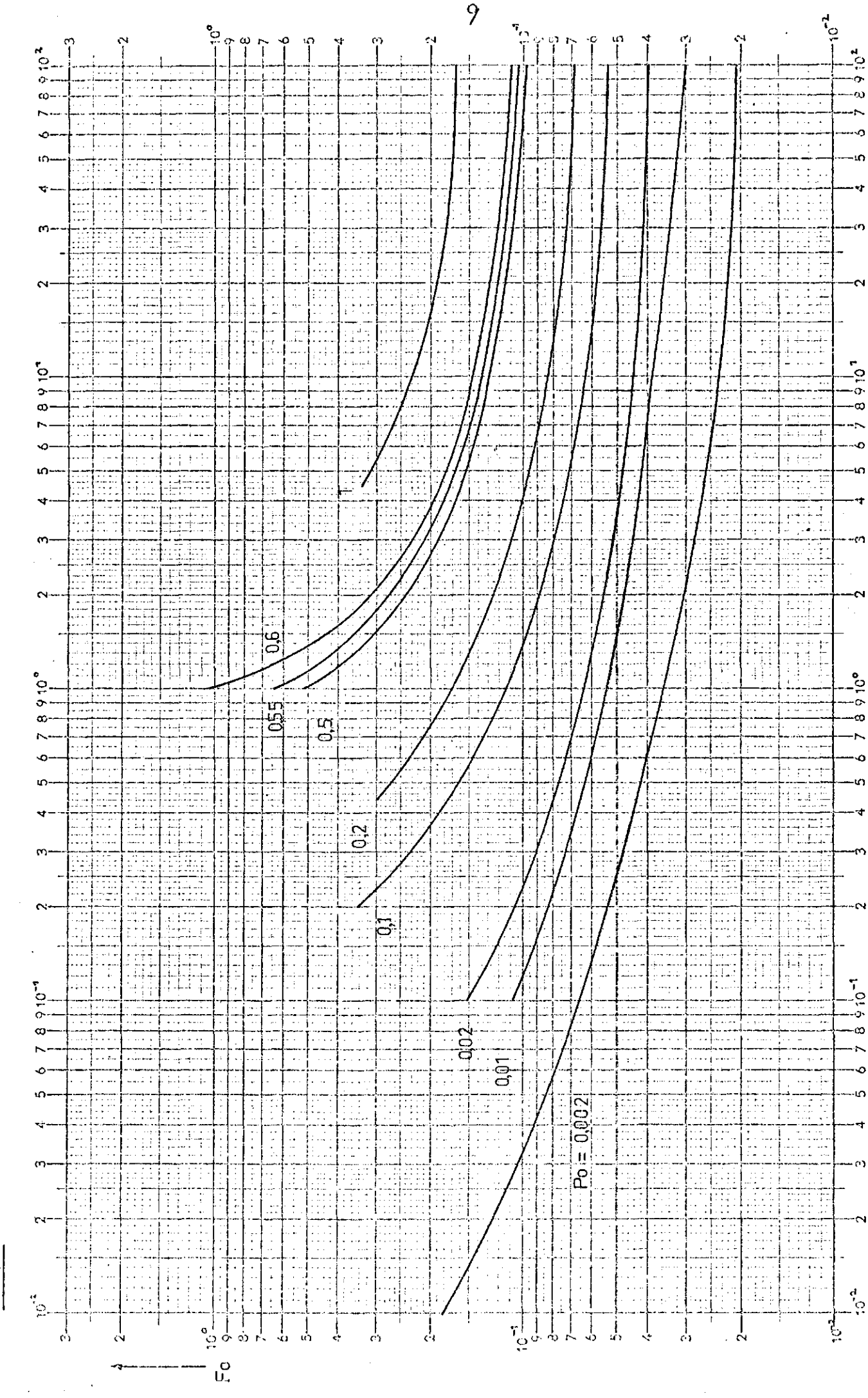


Fig. 1.3 : Fo for θ = 1 vs. Bi, parameter: Po

SLAB

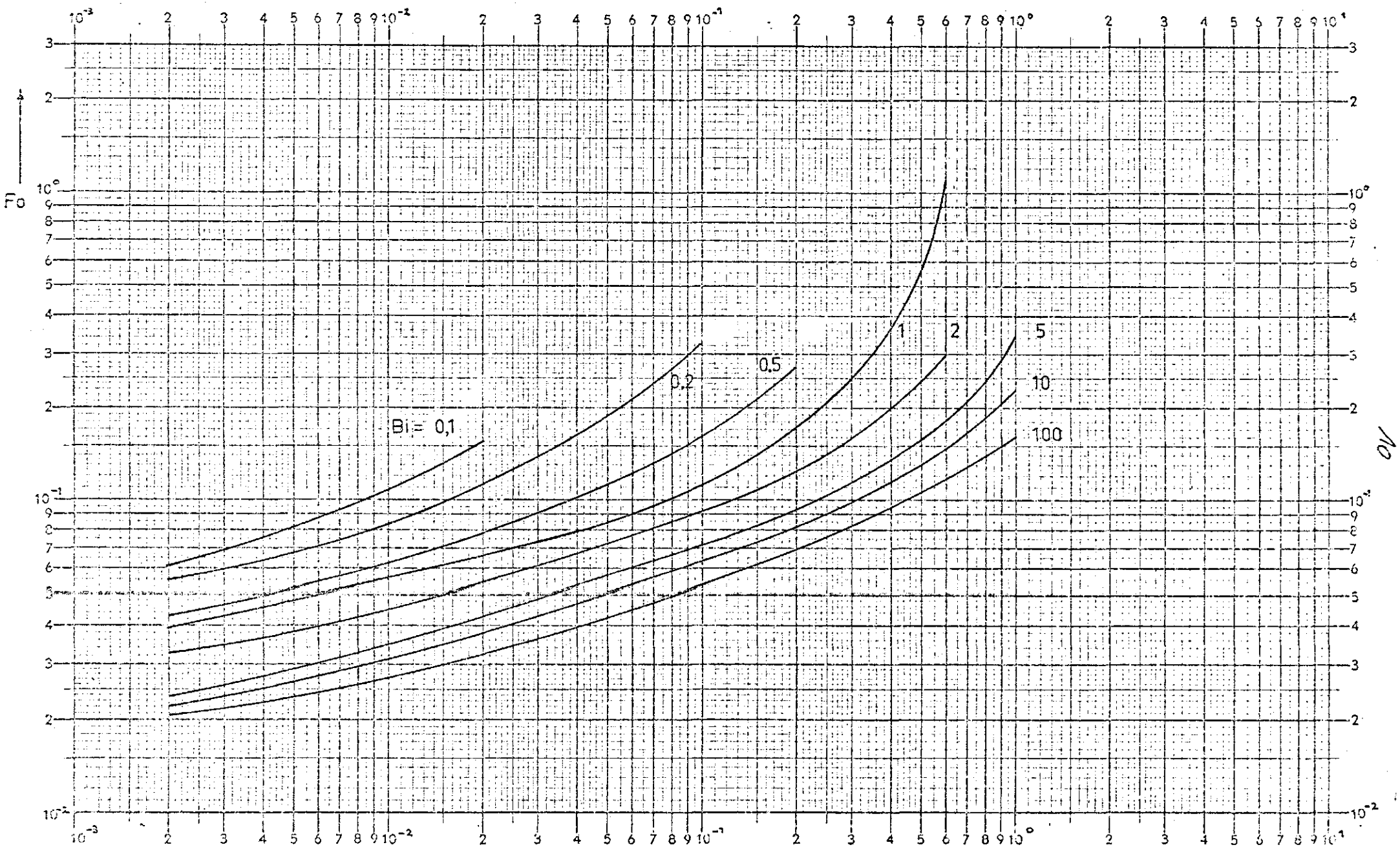


Fig. 4.4 : Fo for θ = 1 vs, Po, parameter: Bi

SLAB

Bi = 2

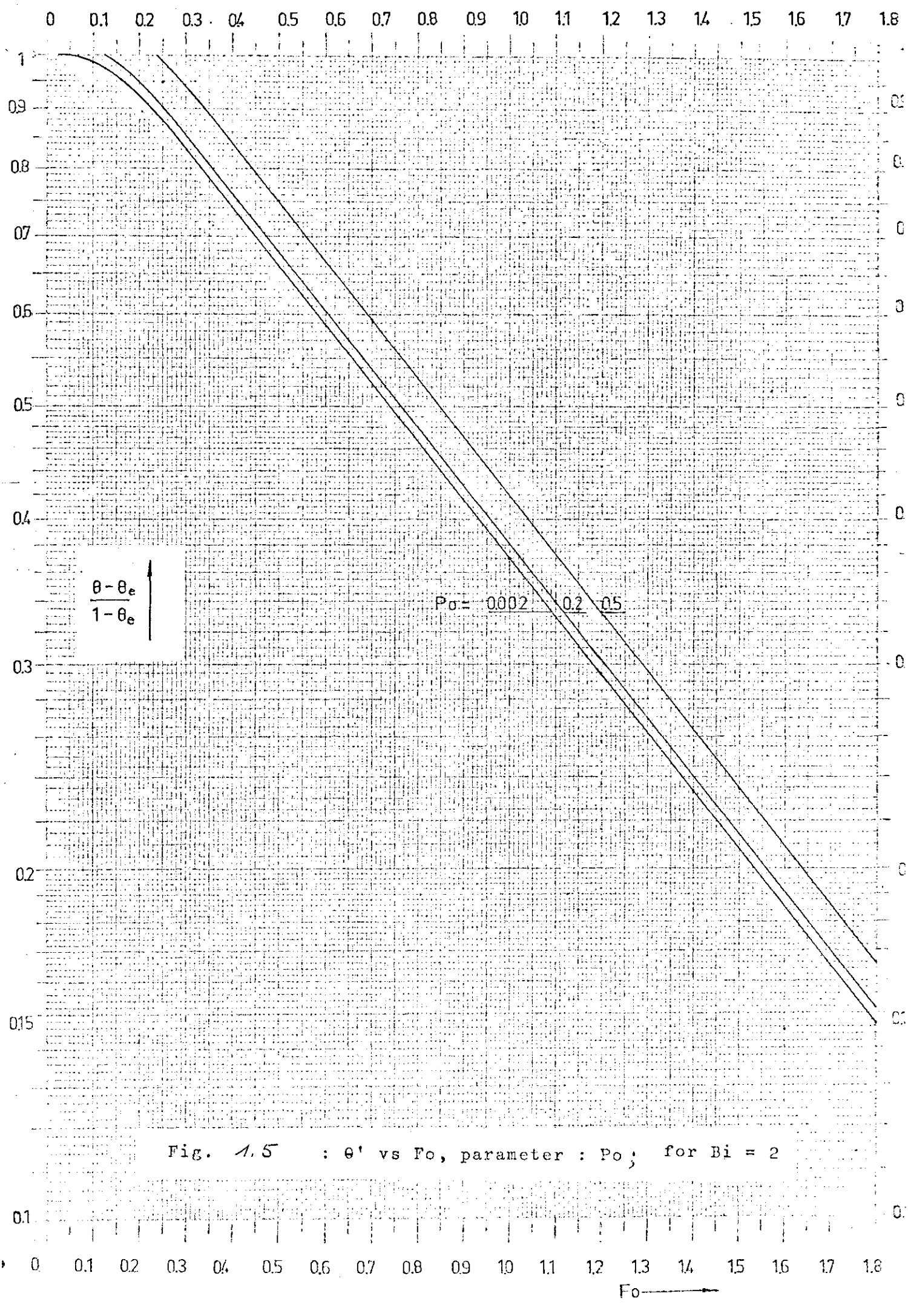


Fig. 1.5 : θ' vs Fo, parameter : Po ; for Bi = 2

SLAB

Bi = 5

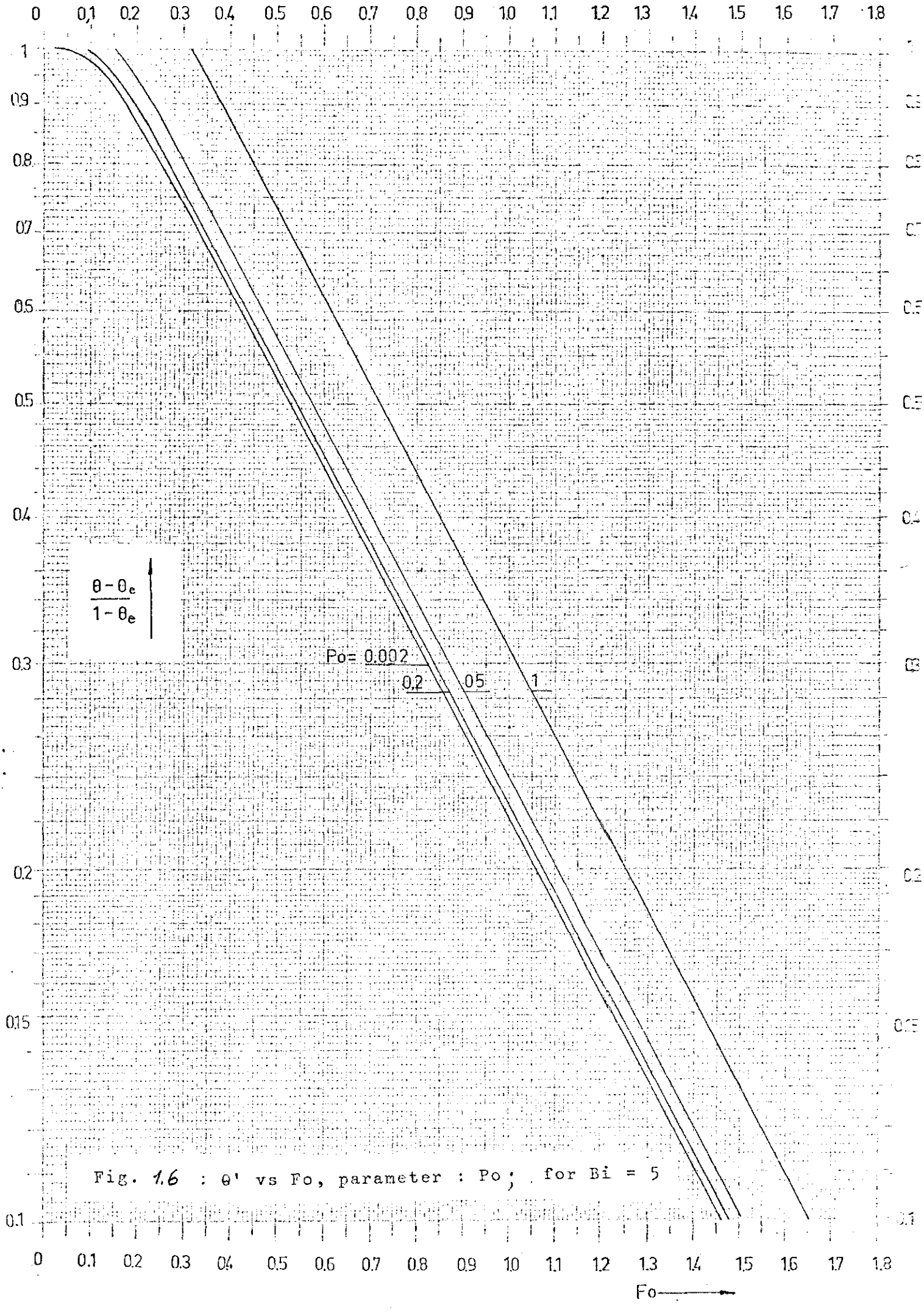


Fig. 1.6 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 5

SLAB

Bi = 10

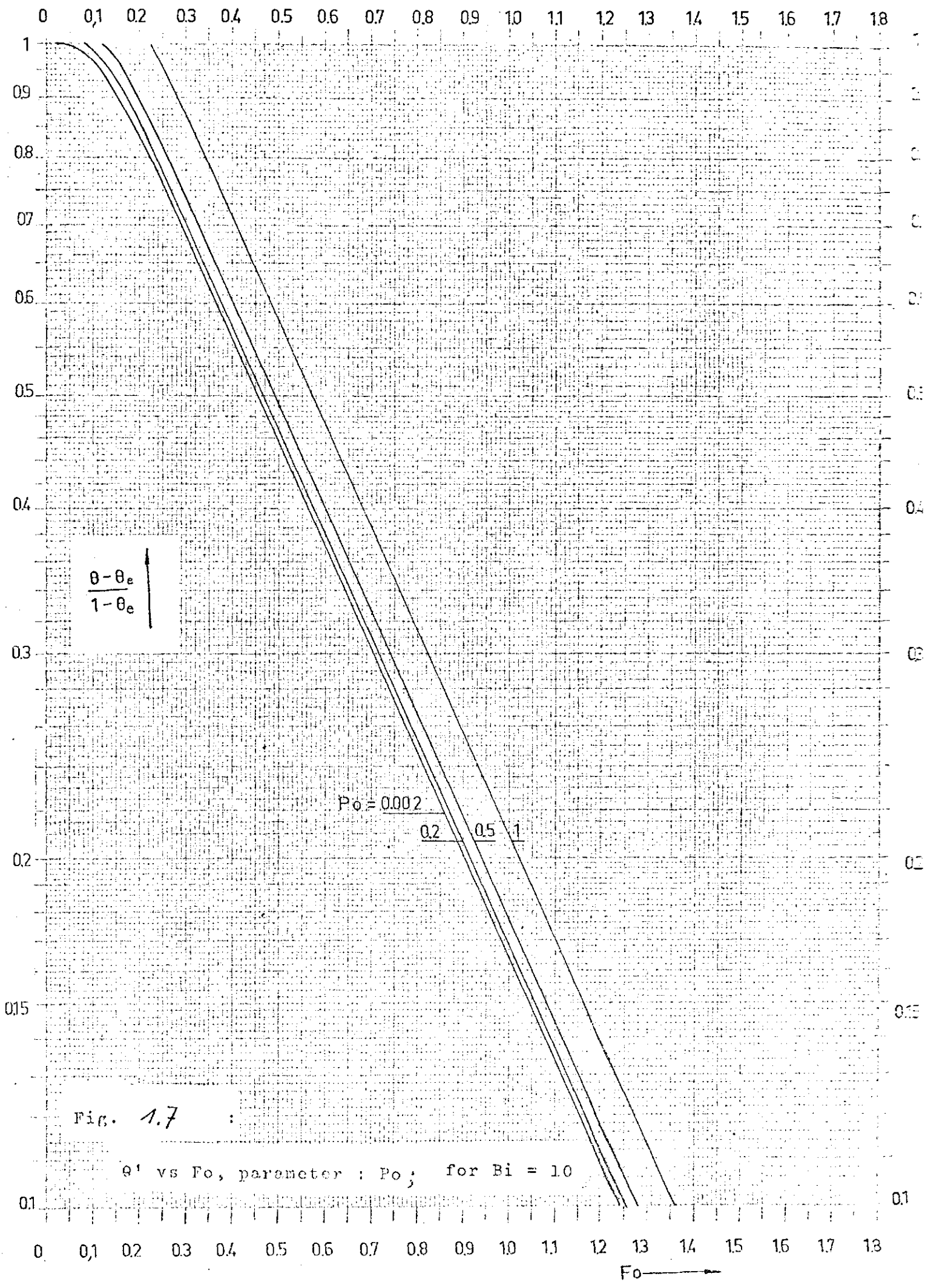
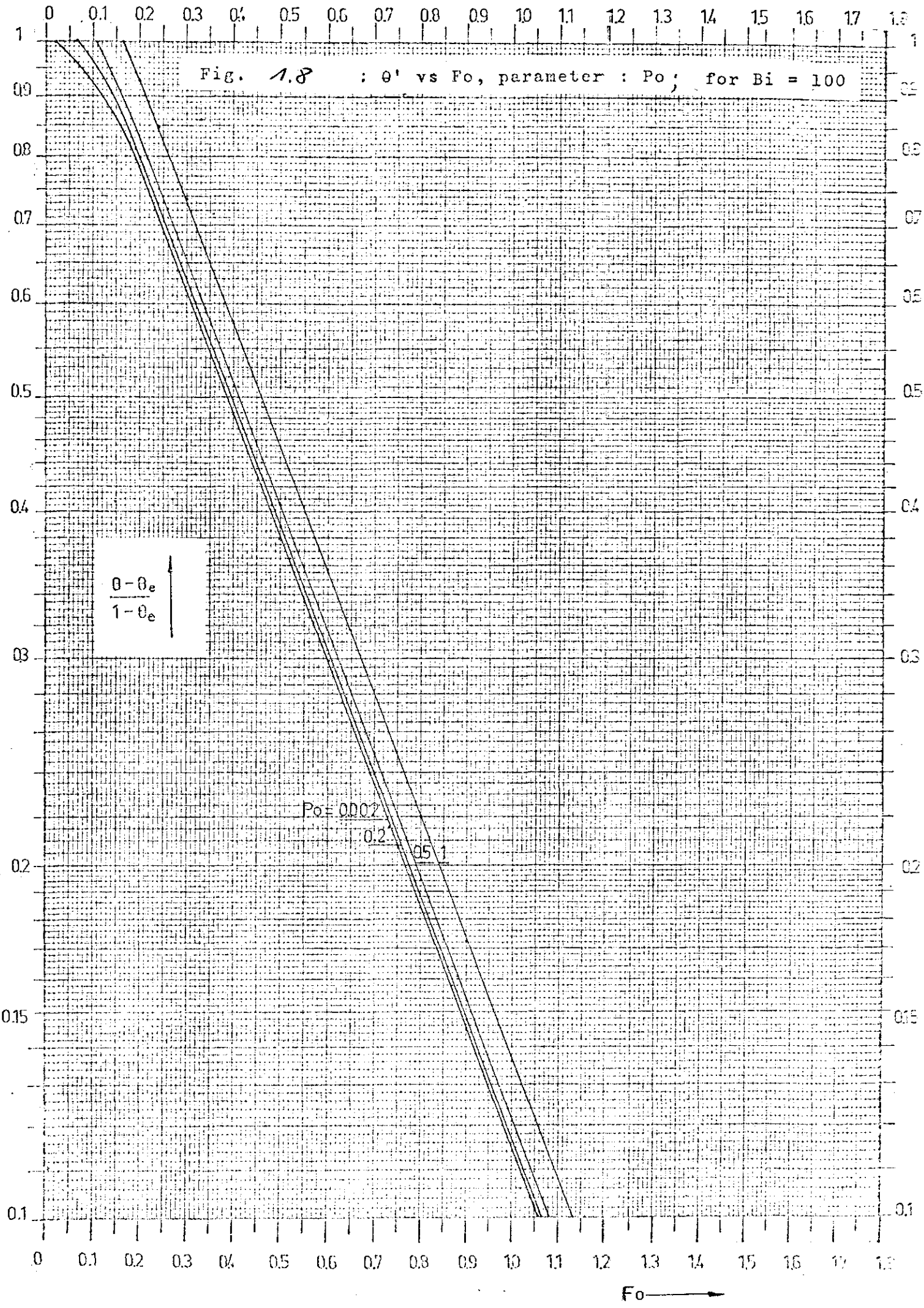


Fig. 1.7 : θ' vs Fo, parameter : Po ; for Bi = 1.0


Fig. 1.8 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 100
(θ − θe) / (1 − θe)
Po = 0.002
0.2
0.5
1
Fo

CYLINDER

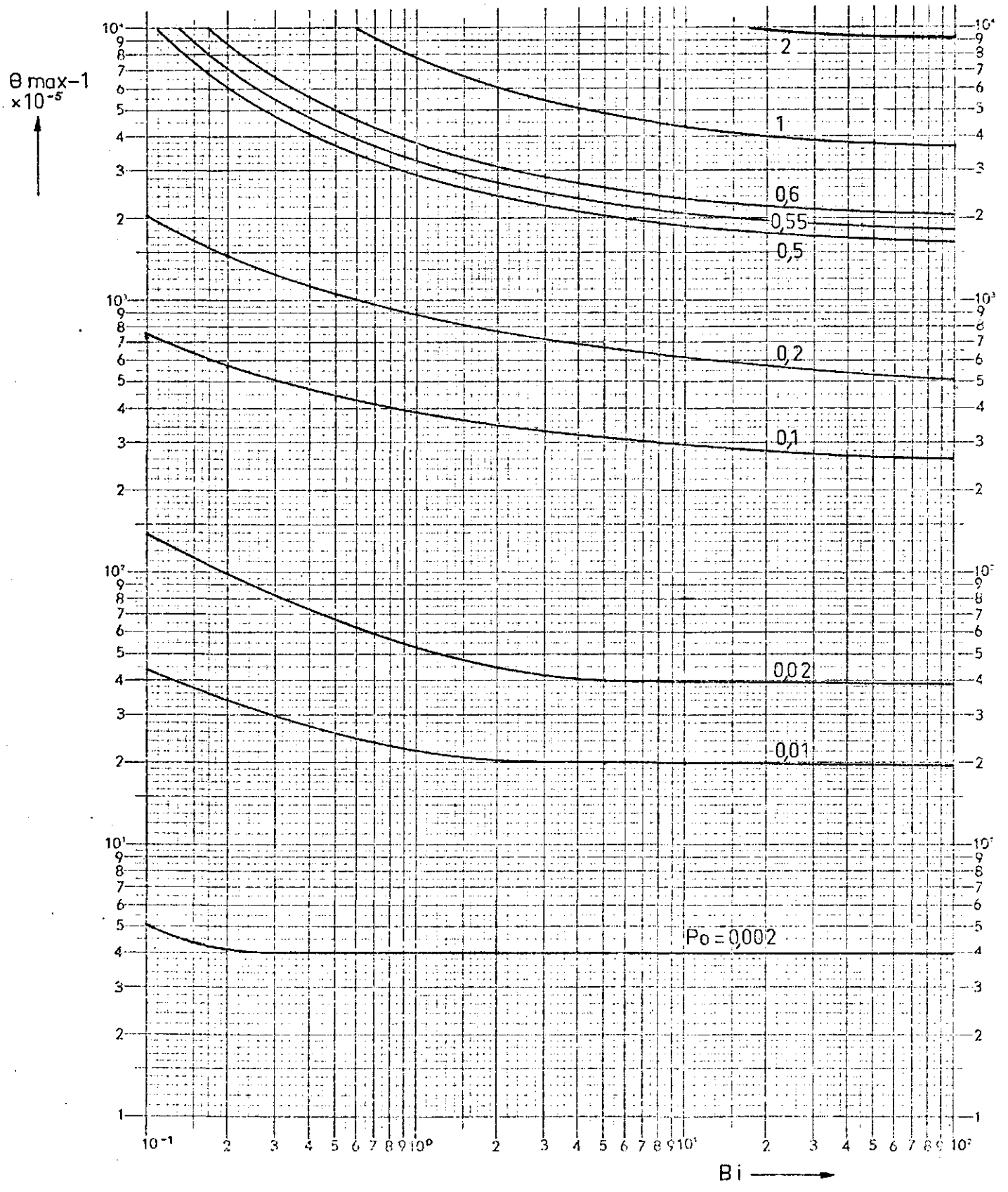


Fig. 2.1 : $\theta_{max} - 1$ vs. Bi, parameter: Po

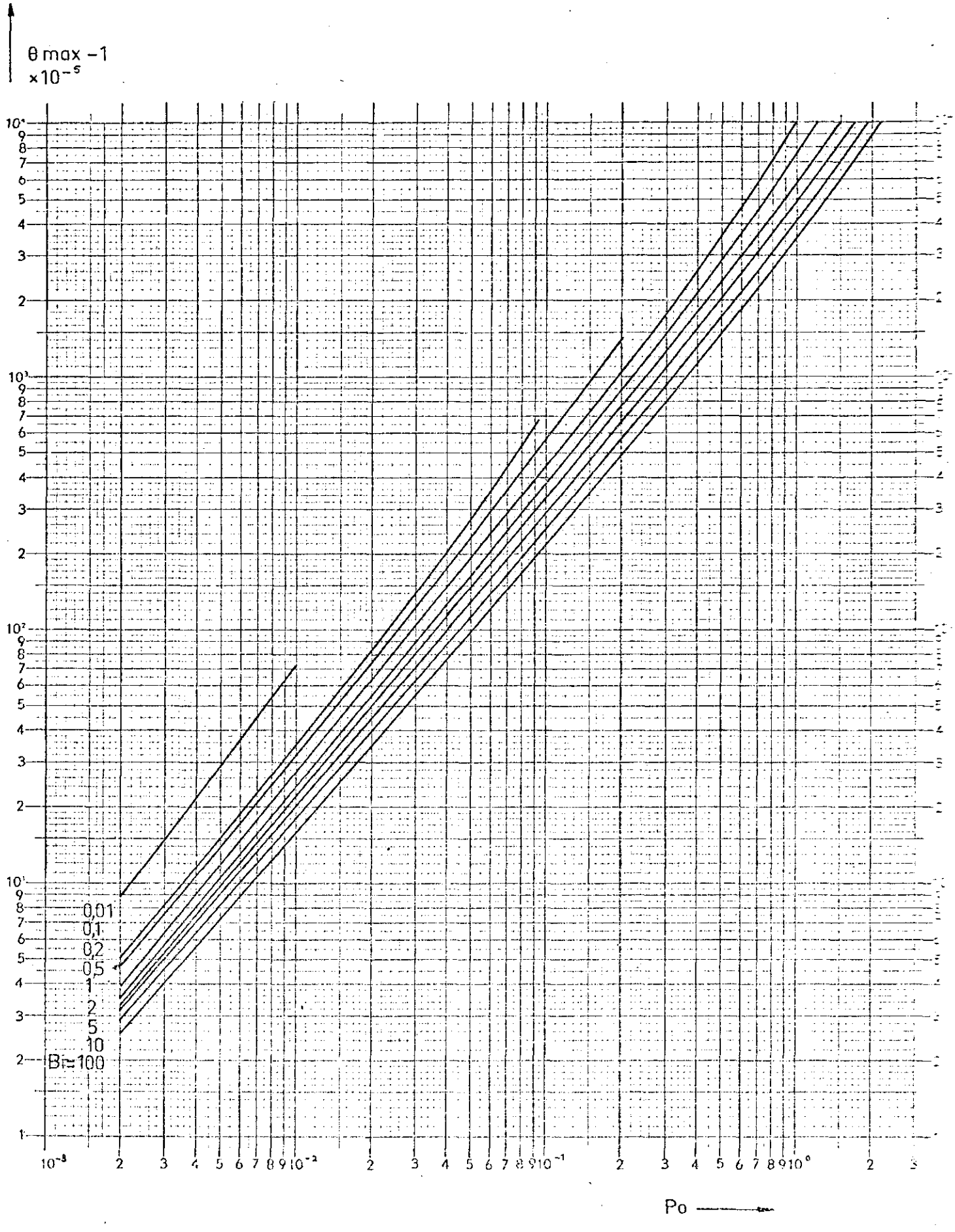


Fig. 2.2 : $\theta_{max} - 1$ vs. Po, parameter: Bi

CYLINDER

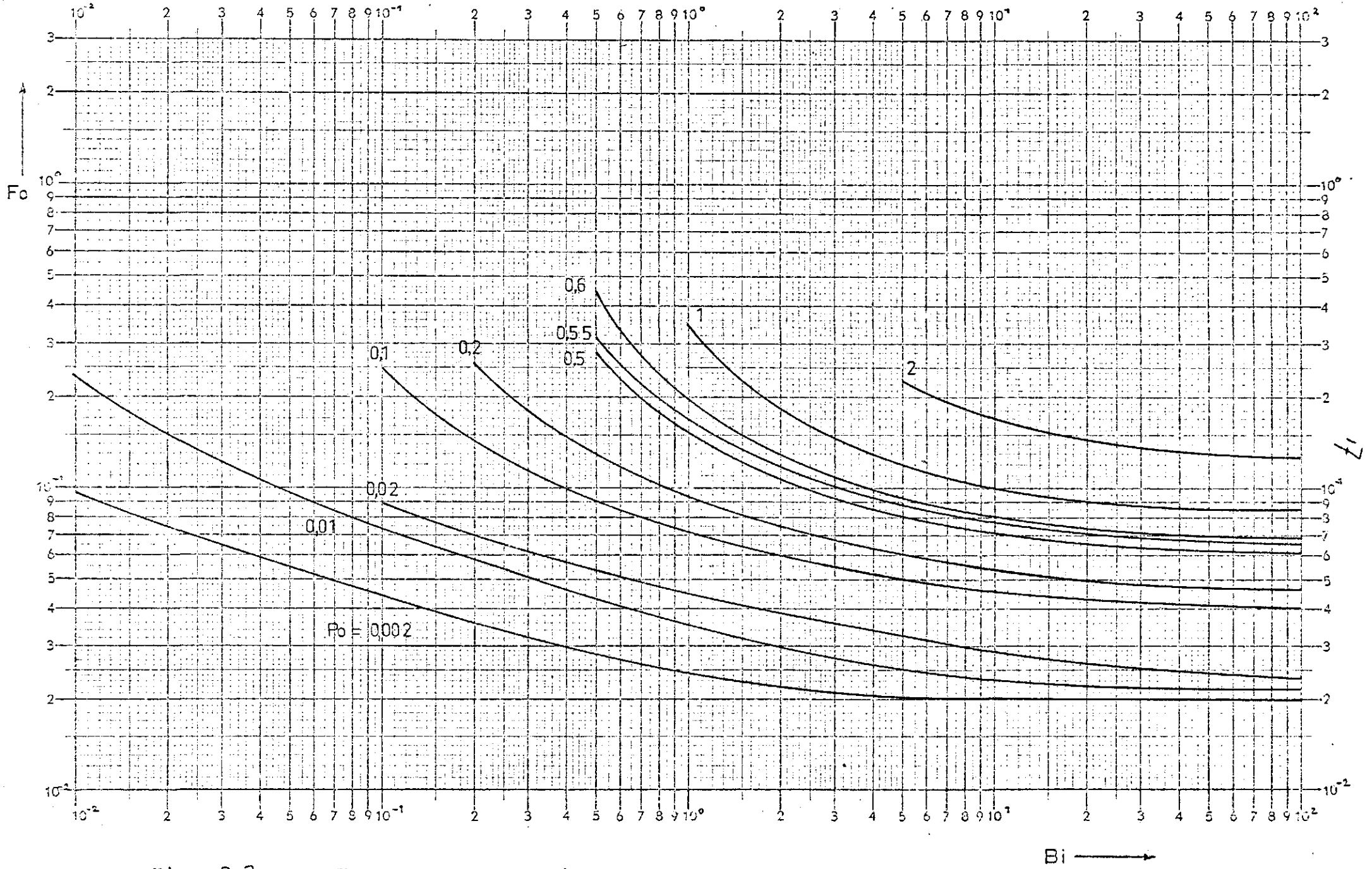


Fig. 2.3 : Fo for θ = 1 vs. Bi, parameter: Po

CYLINDER

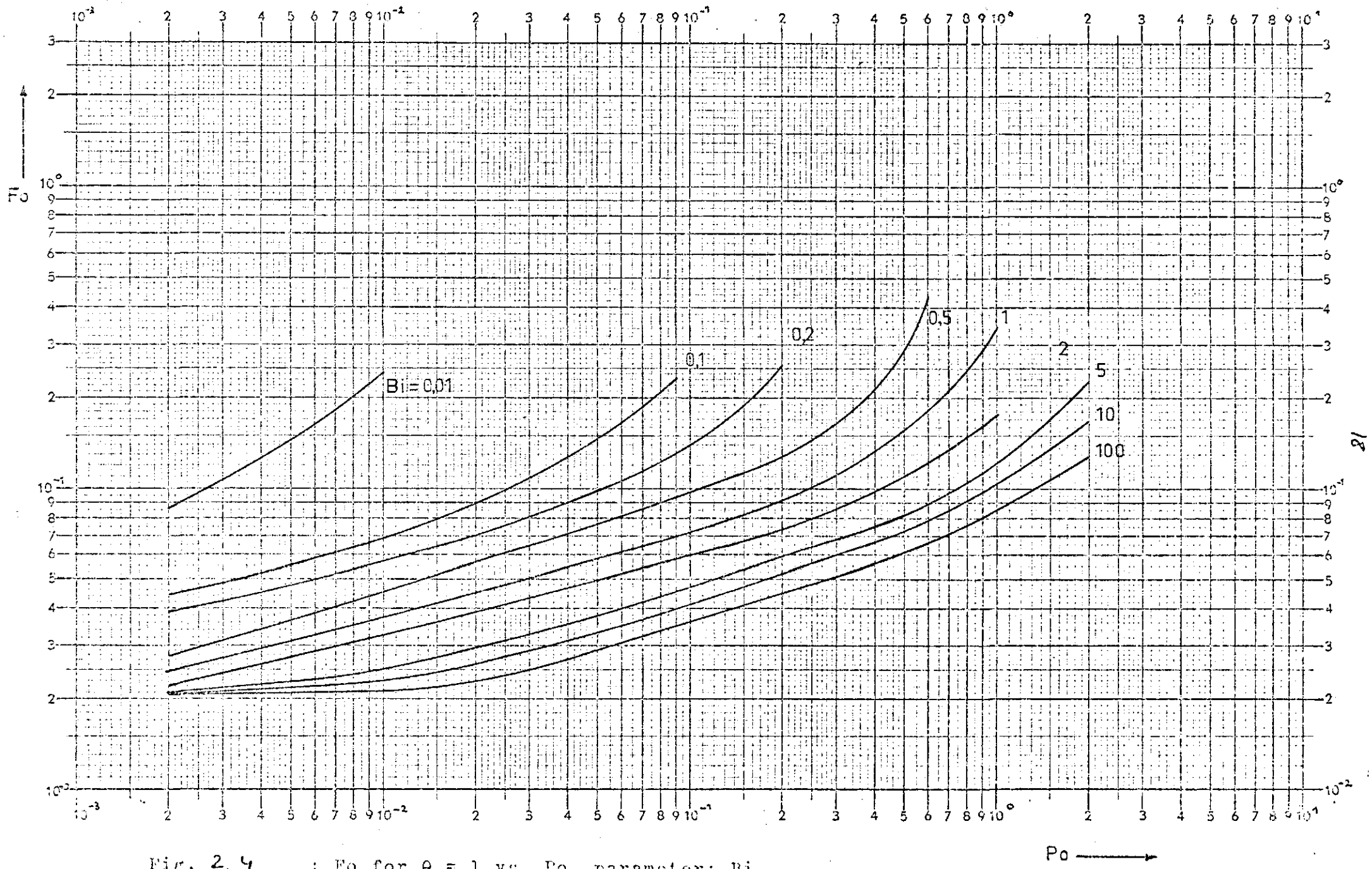


Fig. 2.4 : Fo for $\theta = 1$ vs, Po, parameter: Bi

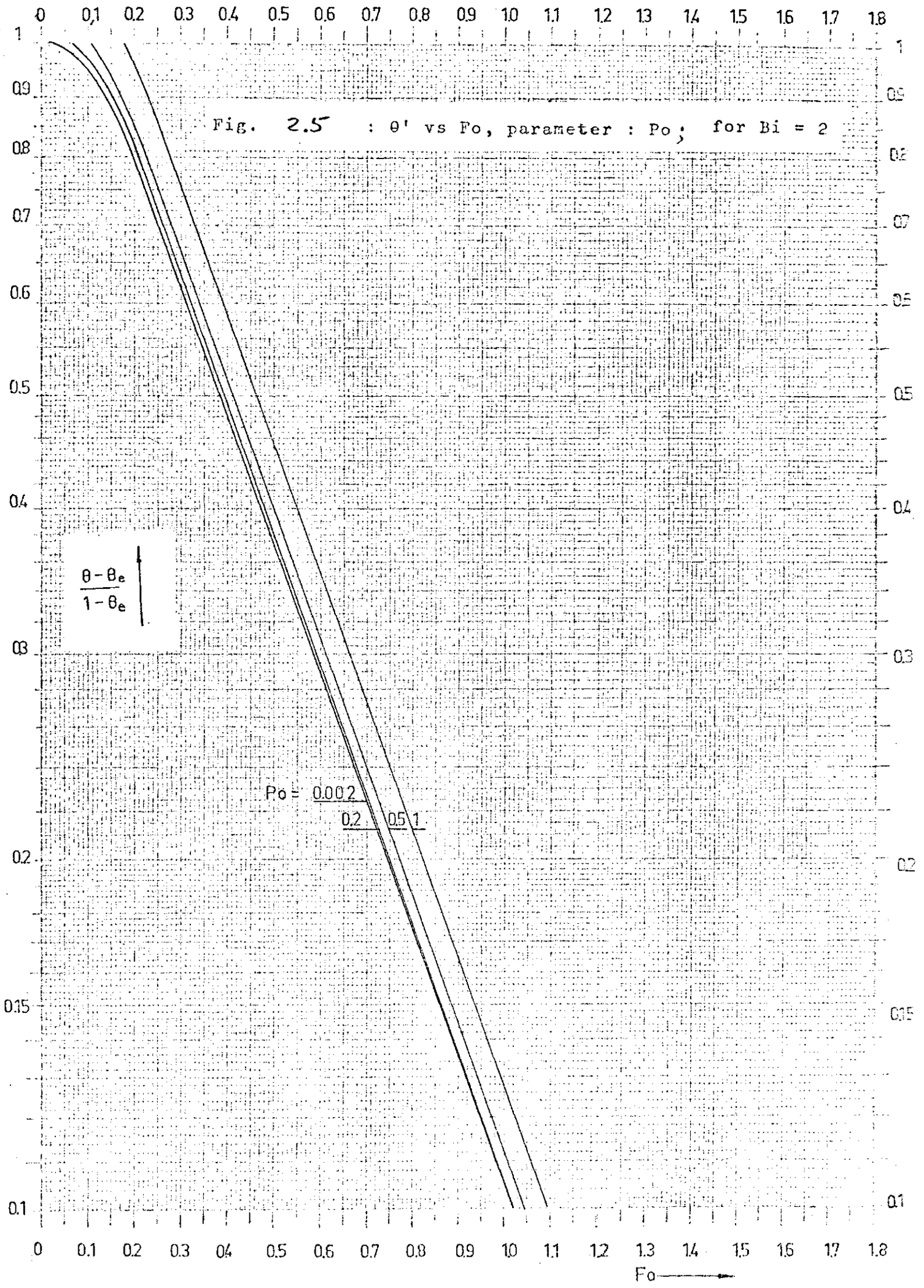


Fig. 2.5 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 2

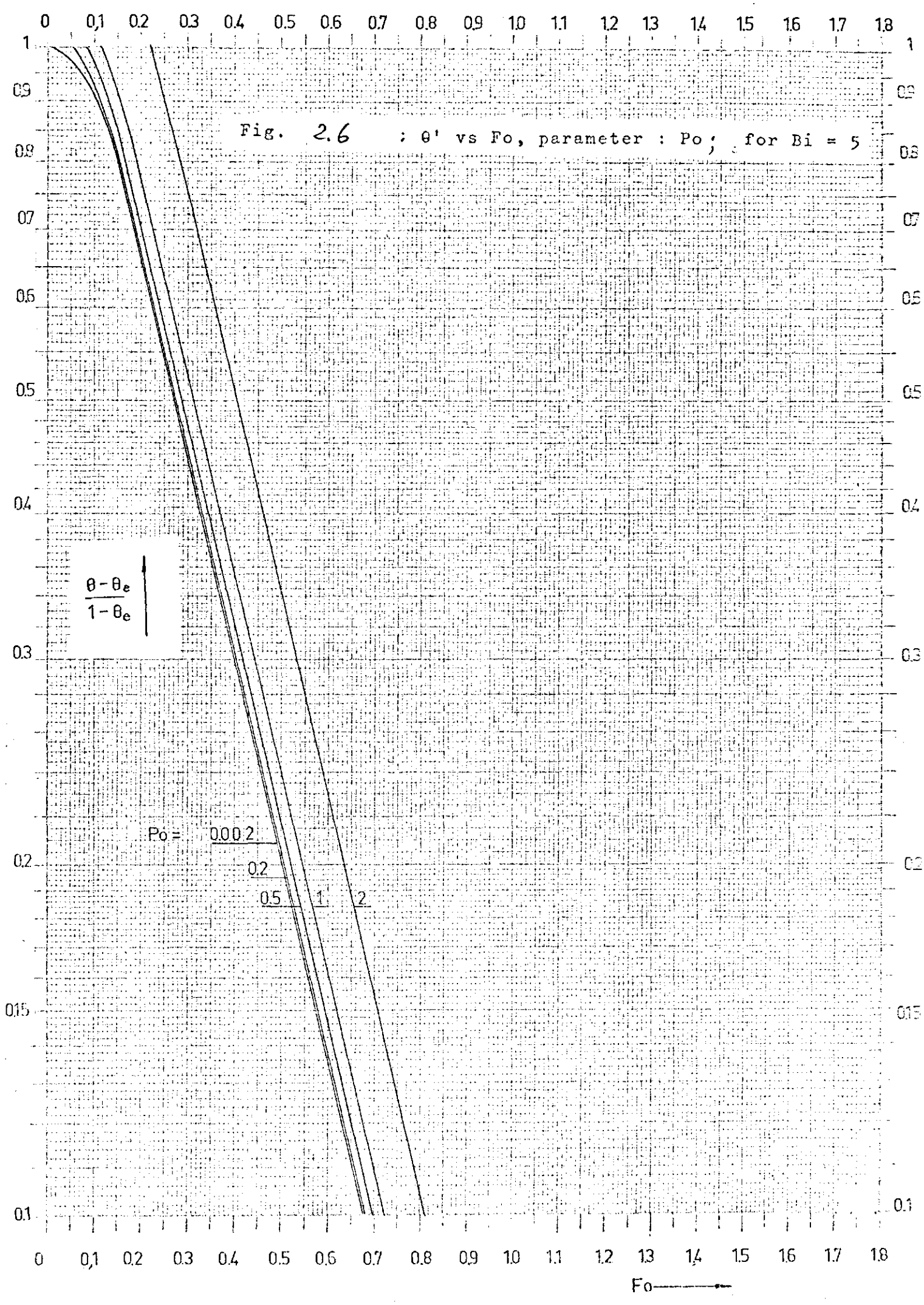


Fig. 2.6 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 5

CYLINDER

Bi = 10

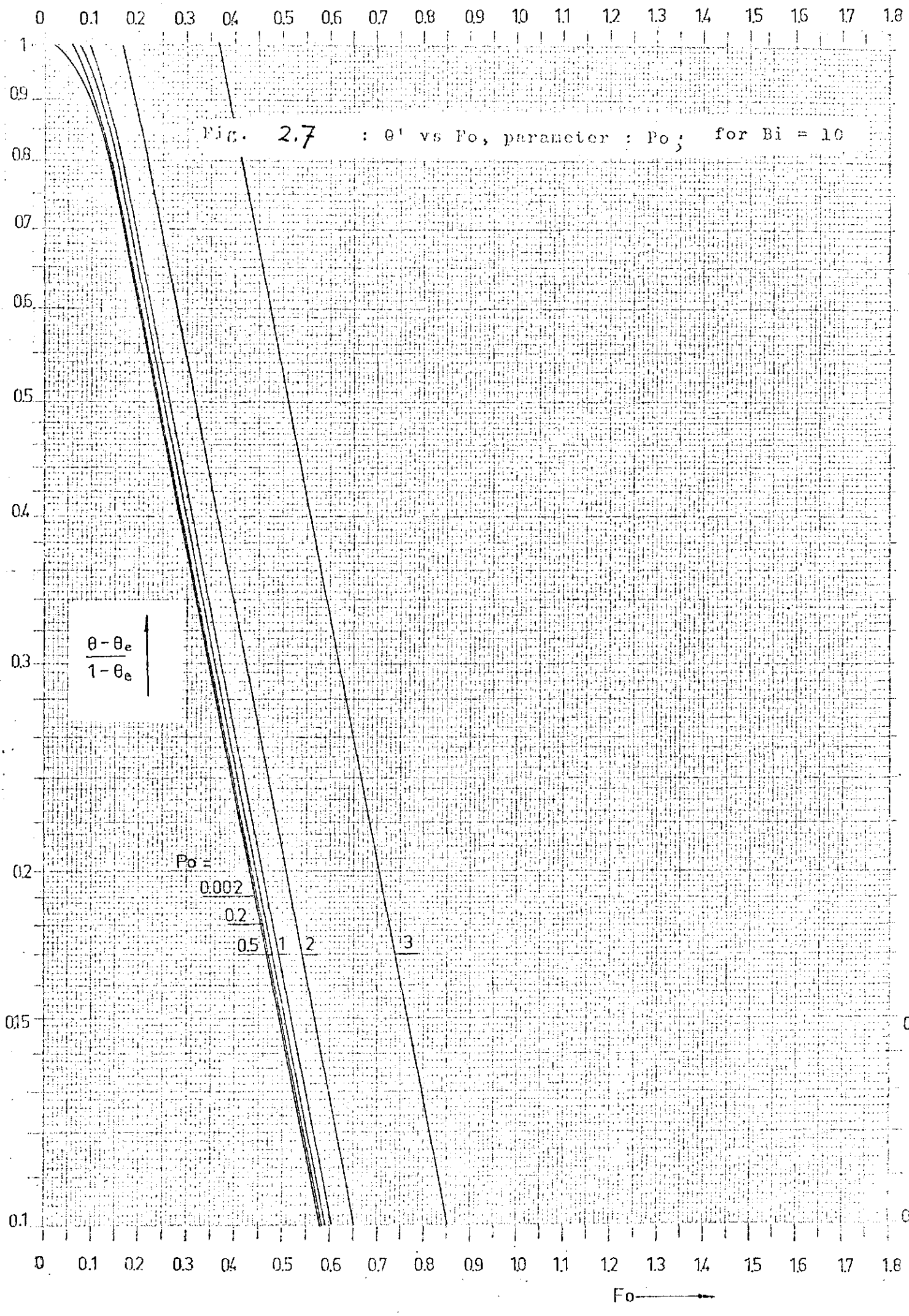


Fig. 2.7 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 10

CYLINDER

Bi = 100

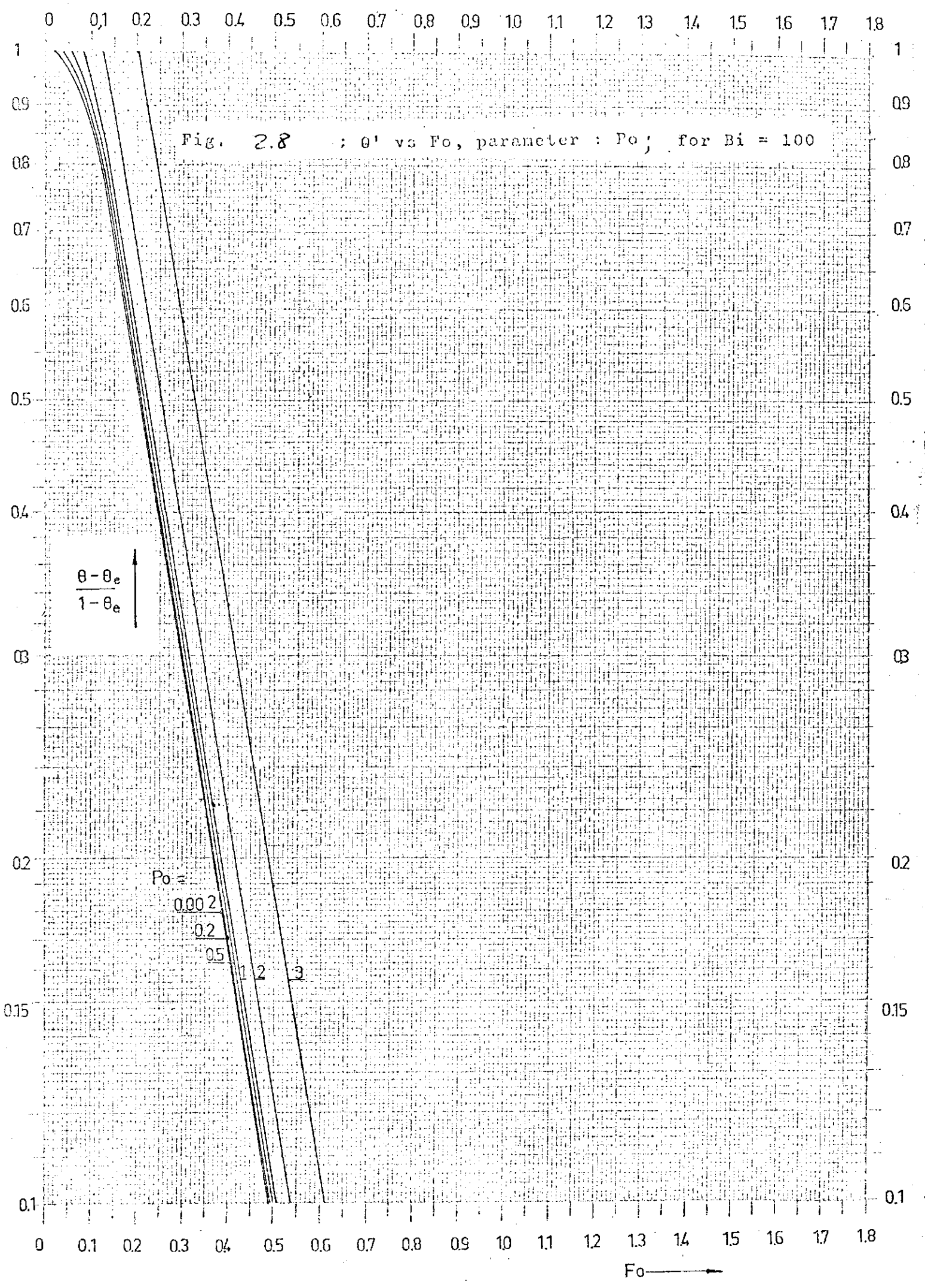


Fig. 2.8 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 100

SPHERE

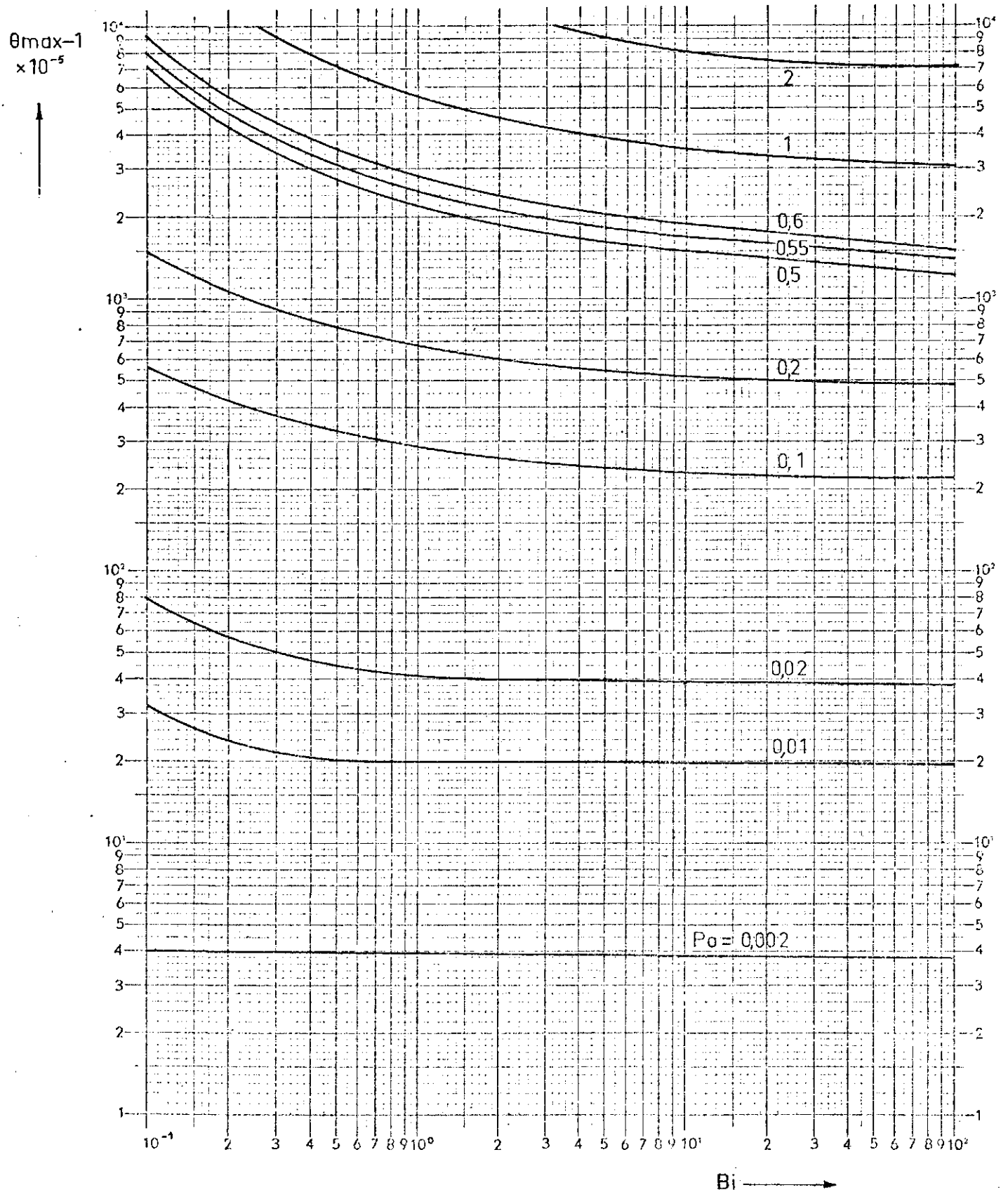


Fig. 3.1 : $\theta_{max} - 1$ vs. Bi, parameter: Po

SPHERE

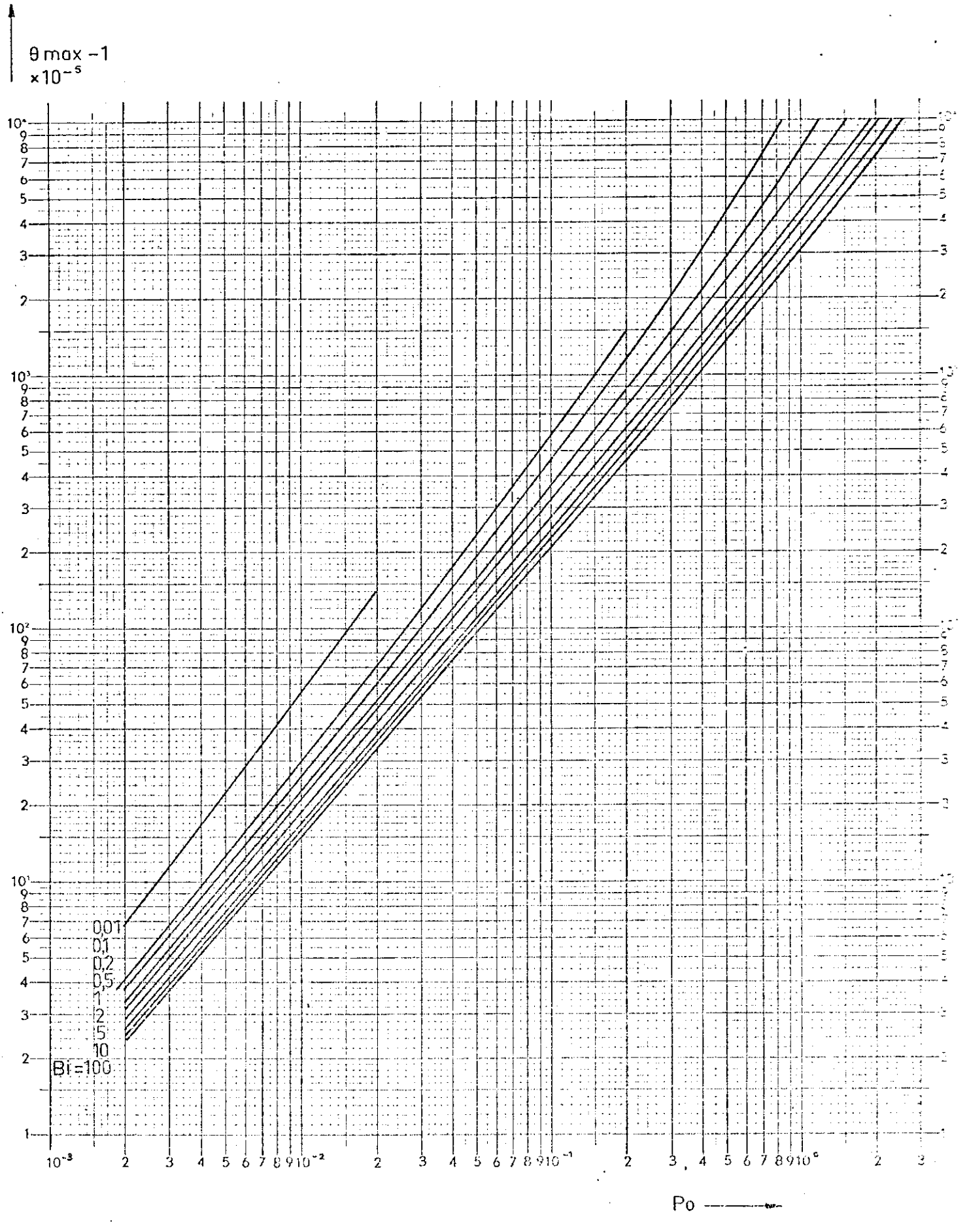


Fig. 3.2 : $\theta_{max} - 1$ vs. Po, parameter: Bi

SPHERE

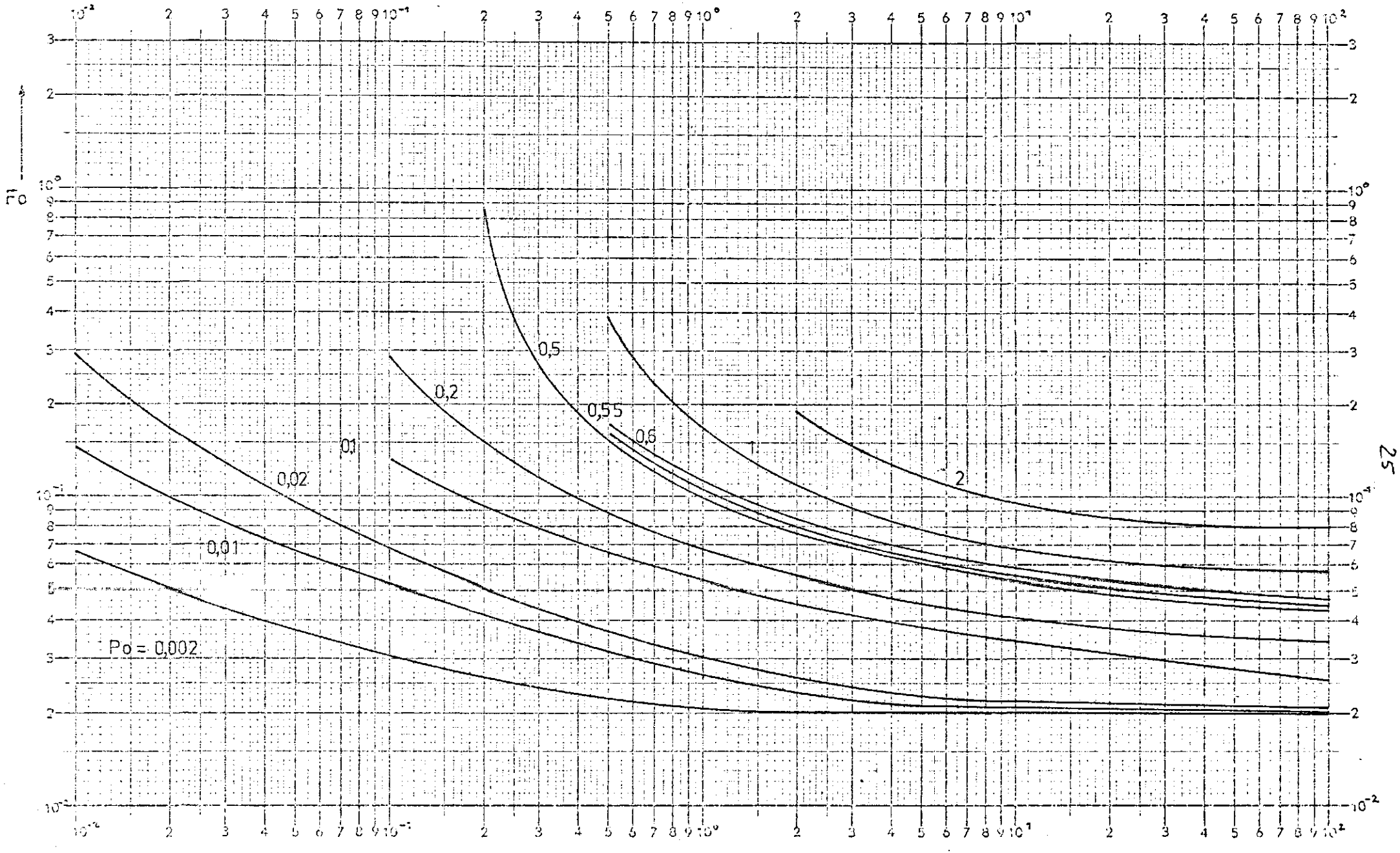


Fig. 3.3 : Fo for θ = 1 vs. Bi, parameter: Po

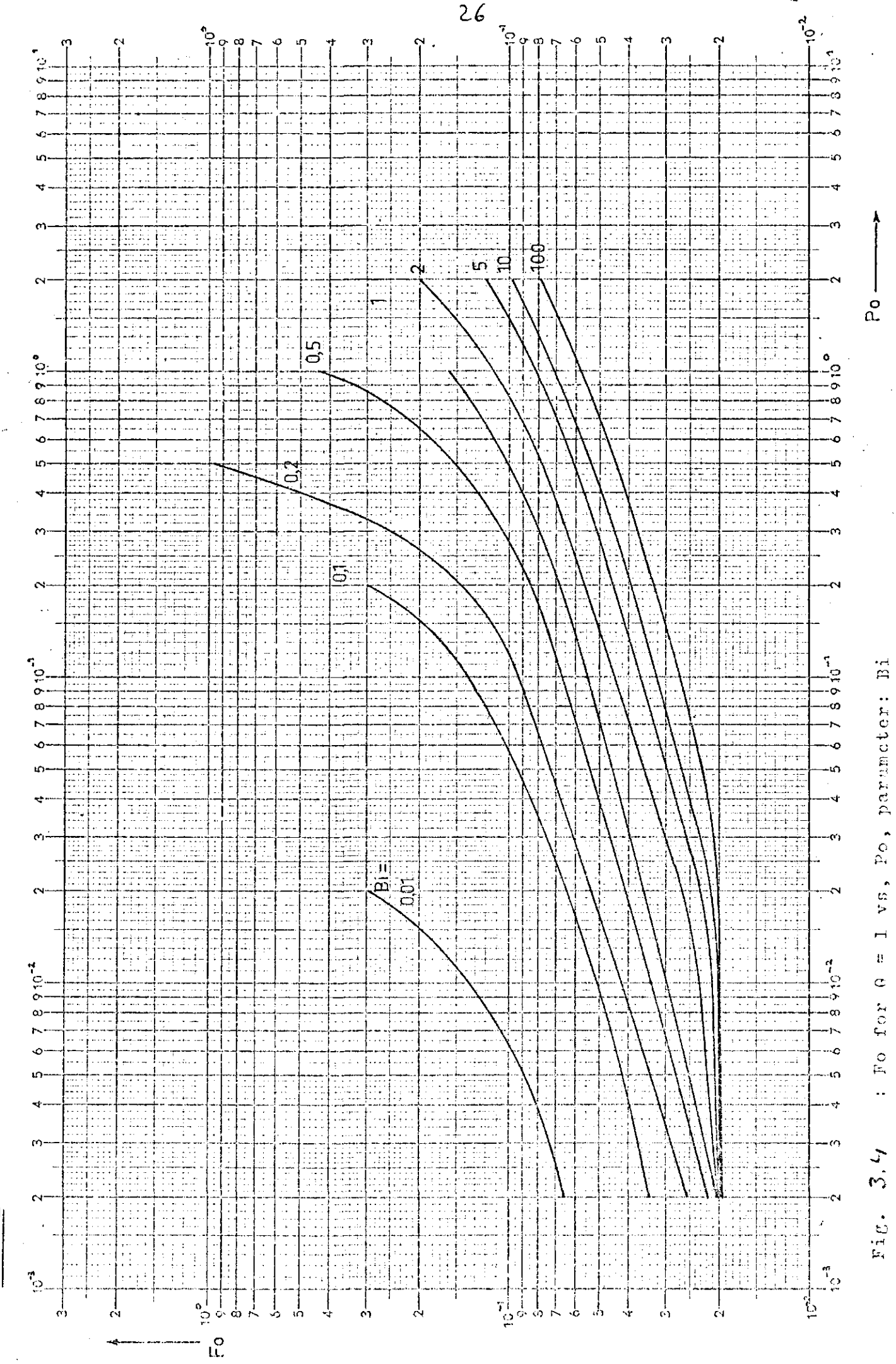


Fig. 3.4 : Fo for θ = 1 vs, Po, parameter: Bi

SPHERE

Bi = 2

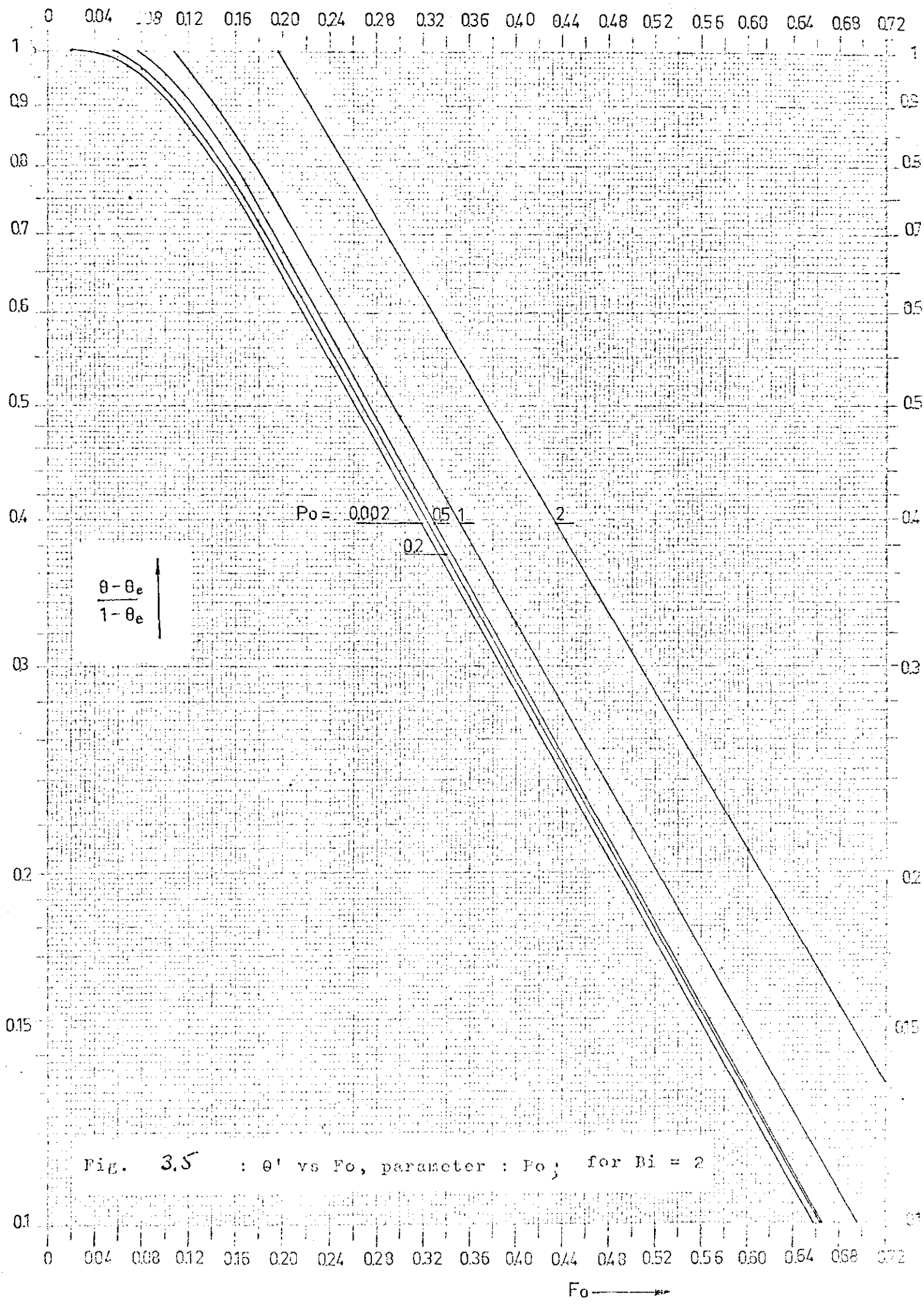
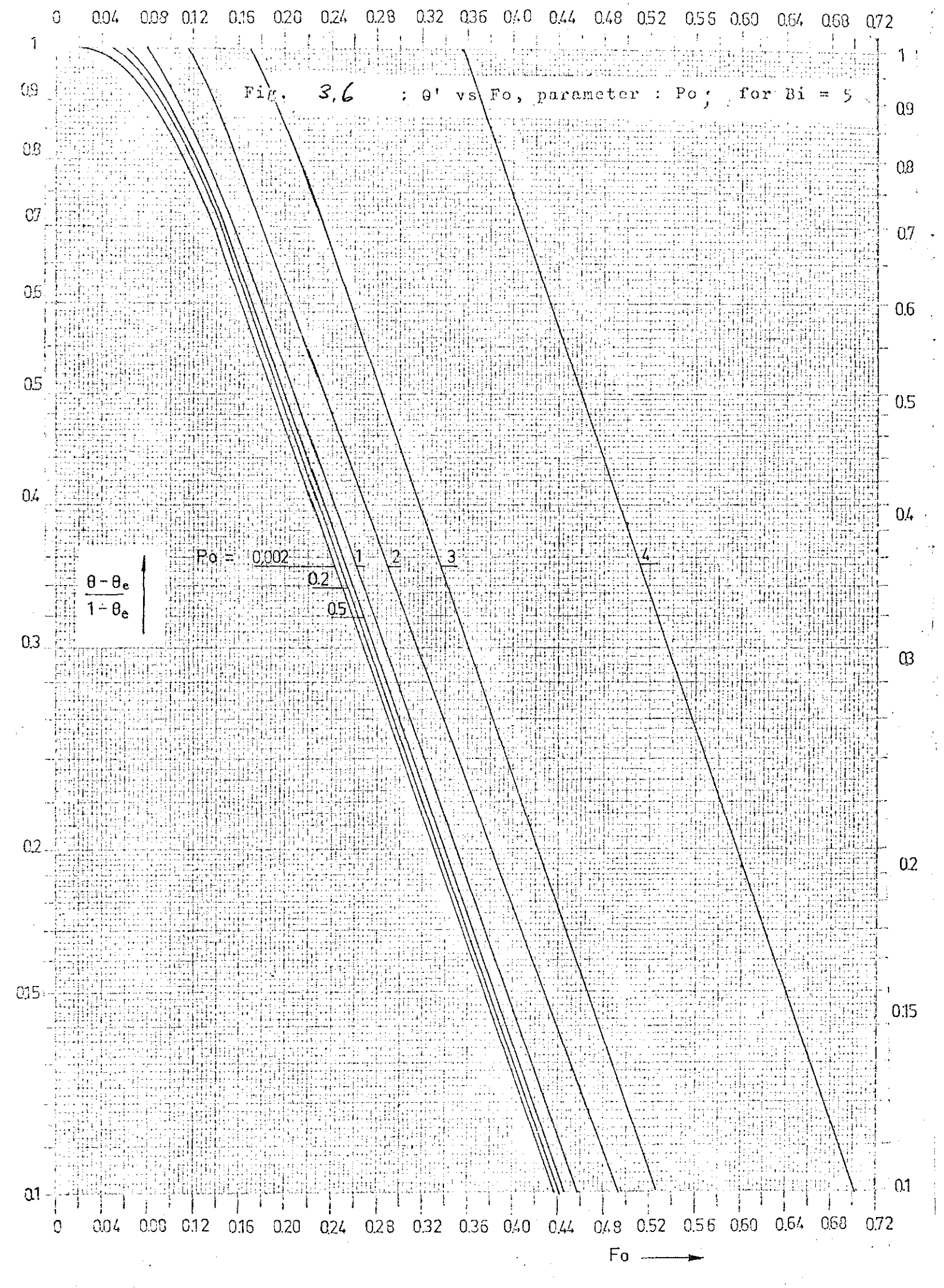


Fig. 3.5 : θ' vs Fo, parameter : Po; for Bi = 2


0 0.04 0.08 0.12 0.16 0.20 0.24 0.28 0.32 0.36 0.40 0.44 0.48 0.52 0.56 0.60 0.64 0.68 0.72
1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.15 0.1
Fig. 3,6 : θ' vs Fo, parameter : Po ; for Bi = 5
θ - θe / 1 - θe
Po = 0.002 0.2 0.5 1 2 3 4
Fo

SPHERE

Bi = 10

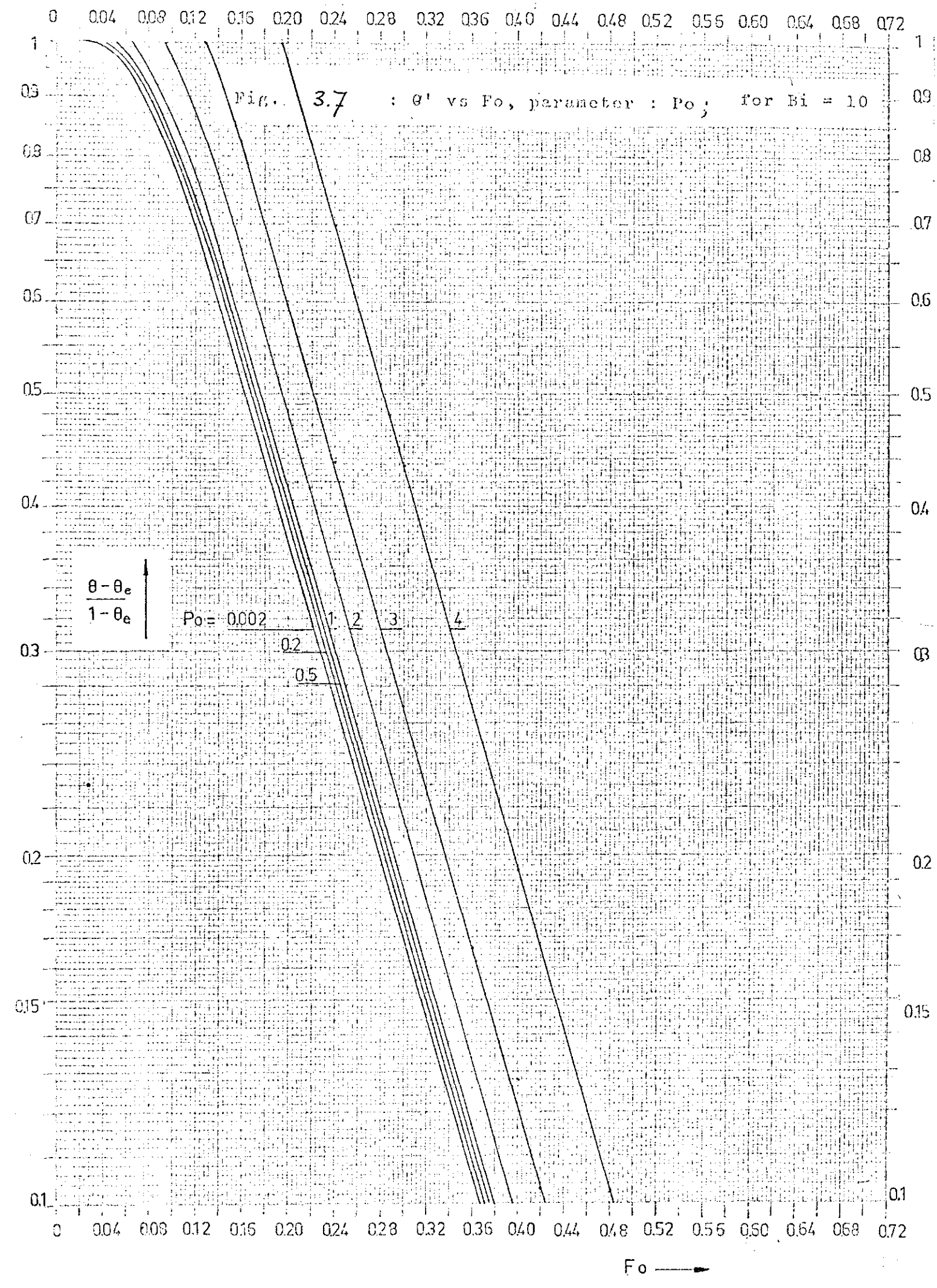


Fig. 3.7 : θ' vs Fo, parameter : Po ; for Bi = 10

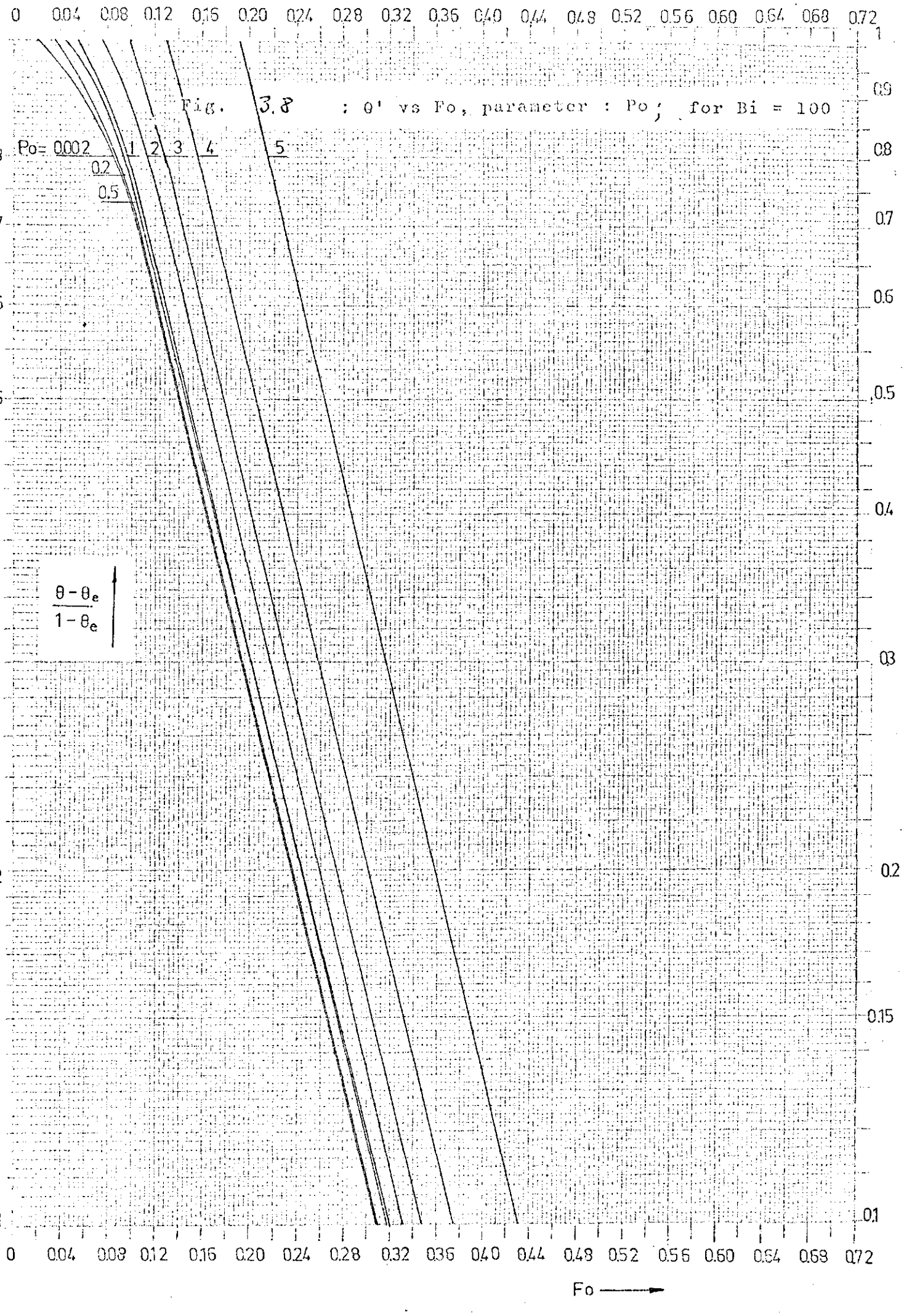


Fig. 3.8 : θ' vs Fo, parameter : Po ; for Bi = 100

SLAB

Po	Bi	0.01	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	100
0.0002	$\theta_{max}-1$	0,00013	0,00010	0,00007	0,000051	0,000045	0,000042	0,00004	0,00004	0,00004
	Fo	0,171	0,064	0,054	0,0433	0,041	0,033	0,0231	0,0227	0,021
	θ_e	0,2	0,021	0,011	0,005	0,003	0,002	0,0014	0,0012	0,0011
	$\theta^i_{gr.}$						1,18	1,25	1,27	1,28
	$\theta^i_{calc.}$						1,15	1,20	1,26	1,20
0.01			0,00053	0,00045	0,00038	0,00035	0,00032	0,00030	0,00029	0,00026
			0,110	0,085	0,065	0,055	0,048	0,0416	0,040	0,023
			0,105	0,055	0,025	0,015	0,010	0,007	0,006	0,005
0.02			0,00128	0,00105	0,00085	0,00076	0,00070	0,00065	0,00062	0,00052
			0,153	0,110	0,080	0,065	0,057	0,045	0,042	0,023
			0,21	0,11	0,05	0,03	0,02	0,014	0,012	0,011
0.1				0,00935	0,00645	0,00545	0,00468	0,004	0,00388	0,00328
				0,340	0,160	0,116	0,09	0,073	0,065	0,055
				0,55	0,25	0,15	0,10	0,07	0,06	0,05
0.2					0,1709	0,01313	0,01032	0,00934	0,00886	0,00725
					0,282	0,169	0,126	0,095	0,0825	0,068
					0,50	0,30	0,20	0,14	0,12	0,11
							1,23	1,28	1,30	1,37
							1,20	1,23	1,29	1,35
0.5						0,05043	0,03786	0,03000	0,026	0,01254
						0,520	0,333	0,151	0,126	0,101
						0,75	0,50	0,35	0,30	0,275
							1,34	1,35	1,34	1,43
							1,32	1,35	1,35	1,45
0.55						0,05923	0,04335	0,03399	0,02960	0,02504
						0,670	0,285	0,162	0,133	0,105
						0,825	0,55	0,305	0,33	0,30
0.6						0,06923	0,04966	0,03798	0,03350	0,02882
						1,105	0,293	0,173	0,142	0,114
						0,90	0,60	0,43	0,36	0,315
1								0,01876	0,06477	0,05646
								0,317	0,226	0,185
								0,7	0,6	0,51
								1,75	1,62	1,53
								1,74	1,62	1,51
2										

Table 1.1 : Numerical values for $\theta_{max.} - 1$, Fo ($\theta = 1$), θ_e, θ^i (graphical and calculated)

CYLINDER Table 2./ : Numerical values for $\theta_{max.} - 1$, Fo ($\theta = 1$), θ_e, θ^i (graphical and calculated)

Po	Bi	0.01	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	100
0.002	$\theta_{max}-1$	0,00009	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004
	Fo	0,087	0,044	0,041	0,028	0,024	0,012	0,021	0,020	0,020
	θ_e	0,1005	0,0105	0,0055	0,0025	0,0015	0,0011	0,0007	0,0006	0,00051
	$\theta^i_{gr.}$						1,32	1,47	1,54	1,58
	$\theta^i_{calc.}$						1,32	1,45	1,51	1,58
0.01		0,00073	0,00044	0,00034	0,00026	0,00022	0,00020	0,00020	0,00020	0,00019
		0,240	0,069	0,053	0,045	0,041	0,031	0,025	0,023	0,022
		0,5025	0,0525	0,0275	0,0125	0,0075	0,0035	0,0035	0,003	0,00255
0.02			0,0014	0,0010	0,00067	0,00054	0,00045	0,00040	0,00040	0,00036
			0,088	0,069	0,053	0,047	0,041	0,033	0,028	0,023
			0,105	0,055	0,025	0,015	0,010	0,007	0,006	0,00051
0.1			0,0075	0,005	0,0045	0,0039	0,0035	0,0037	0,0036	0,0026
			0,247	0,139	0,110	0,071	0,061	0,047	0,045	0,0406
			0,525	0,275	0,125	0,075	0,050	0,035	0,030	0,0255
0.2				0,0145	0,0105	0,0082	0,0077	0,0067	0,0062	0,0051
				0,256	0,126	0,093	0,073	0,061	0,053	0,0447
				0,55	0,25	0,15	0,10	0,07	0,06	0,051
							1,36	1,49	1,56	1,59
							1,35	1,46	1,51	1,62
0.5					0,037	0,029	0,024	0,0200	0,0185	0,0163
					0,284	0,154	0,104	0,083	0,0715	0,061
					0,625	0,375	0,25	0,175	0,15	0,1275
							1,42	1,56	1,64	1,66
							1,45	1,51	1,62	1,66
0.55					0,043	0,033	0,027	0,023	0,0205	0,0176
					0,336	0,166	0,115	0,086	0,075	0,0633
					0,6875	0,4125	0,275	0,1925	0,165	0,14025
0.6					0,05000	0,0380	0,0312	0,02527	0,0245	0,0210
					0,433	0,178	0,134	0,099	0,0849	0,0660
					0,758	0,450	0,30	0,21	0,18	0,153
1						0,07876	0,0600	0,0435	0,04023	0,03502
						0,359	0,177	0,117	0,093	0,0855
						0,75	0,50	0,350	0,300	0,255
							1,62	1,71	1,73	1,71
							1,66	1,66	1,74	1,74
2								0,12357	0,10356	0,09322
								0,225	0,165	0,123
								0,700	0,600	0,510
								2,48	2,39	2,32
								2,46	2,44	2,34

Table 3.1 : Numerical values for $\theta_{max.} - 1$, Fo ($\theta = 1$), θ_e, θ^i (graphical and calculated)

SPHERE

Po	Bi	0.01	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	100
0.002	$\theta_{max}-1$	0,00007	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004
	Fo	0,064	0,036	0,026	0,012	0,021	0,020	0,020	0,020	0,020
	θ_e	0,067	0,007	0,0037	0,0017	0,001	0,00066	0,00046	0,00040	0,00034
	$\theta^i_{gr.}$						1,47	1,70	1,80	1,89
	$\theta^i_{calc.}$						1,48	1,74	1,86	1,82
0.01		0,00052	0,00032	0,00024	0,00010	0,00010	0,00020	0,00020	0,00010	0,000199
		0,135	0,051	0,043	0,038	0,017	0,023	0,021	0,021	0,020
		0,33	0,035	0,018	0,008	0,005	0,0053	0,0023	0,0020	0,0017
0.02		0,00140	0,00066	0,00057	0,00045	0,00042	0,00070	0,00040	0,00039	0,00053
		0,301	0,064	0,051	0,042	0,040	0,027	0,023	0,023	0,021
		0,67	0,07	0,037	0,017	0,01	0,0066	0,0046	0,0040	0,0034
0.1			0,00550	0,00425	0,00330	0,00190	0,00260	0,00240	0,00230	0,00220
			0,137	0,093	0,065	0,053	0,045	0,041	0,034	0,025
			0,350	0,180	0,080	0,050	0,033	0,023	0,020	0,017
0.2			0,01500	0,01080	0,00790	0,00660	0,00660	0,00550	0,00530	0,00430
			0,317	0,139	0,085	0,066	0,055	0,045	0,042	0,029
			0,70	0,37	0,17	0,100	0,066	0,046	0,040	0,024
							1,51	1,78	1,89	1,93
							1,51	1,78	1,90	1,86
0.5				0,04300	0,02700	0,02300	0,01850	0,01600	0,01500	0,01100
				0,907	0,146	0,095	0,076	0,061	0,053	0,034
				0,915	0,115	0,350	0,170	0,115	0,100	0,050
							1,57	1,83	1,92	1,96
							1,55	1,81	1,88	1,95
0.55					0,03100	0,02500	0,02100	0,01800	0,01700	0,01400
					0,158	0,103	0,080	0,064	0,054	0,035
					0,460	0,275	0,185	0,130	0,110	0,058
0.6					0,03600	0,02800	0,02400	0,02080	0,01900	0,01500
					0,173	0,108	0,082	0,064	0,056	0,036
					0,500	0,300	0,200	0,140	0,120	0,100
1					0,07300	0,07000	0,04600	0,03900	0,03550	0,02700
					0,461	0,159	0,106	0,073	0,067	0,046
					0,63	0,50	0,33	0,23	0,20	0,13
							1,00	1,89	2,02	1,99
							1,62	1,86	2,04	2,04
2							0,11463	0,09000	0,08000	0,05000
							0,190	0,116	0,095	0,046
							0,64	0,46	0,40	0,34
							2,10	3,13	3,30	3,32
							2,09	3,09	3,34	3,30

Bi = 2			Bi = 5			Bi = 10			Bi = 100		
Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$
θ_e= 0,002 Po= 0.002			θ_e= 0,0014 Po= 0.002			θ_e= 0,0012 Po= 0.002			θ_e= 0,0011 Po= 0.002		
0,033	1	1	0,0231	1	1	0,0277	1	1	0,021	1	1
0,30	0,828 30	0,826	0,20	0,890 69	0,891	0,20	0,829 63	0,829	0,10	0,97 [illegible]	0,97 [illegible]
0,50	0,660 43	0,660	0,30	0,736 87	0,737	0,30	0,682 69	0,683	0,30	0,816 [illegible]	0,81 [illegible]
0,70	0,524 40	0,524	0,50	0,523 90	0,524	0,40	0,558 65	0,558	0,40	0,482 30	0,4 [illegible]
0,90	0,416 28	0,416	0,70	0,371 12	0,371	0,60	0,371 54	0,372	0,50	0,305 56	0,30 [illegible]
1,10	0,330 52	0,331	0,90	0,263 40	0,263	0,80	0,247 39	0,247	0,60	0,19 [illegible]	0,19 [illegible]
1,30	0,262 52	0,263	1,10	0,186 91	0,187	1,00	0,164 86	0,165	0,70	0,233 [illegible]	0,23 [illegible]
1,50	0,208 39	0,209	1,44	0,104 55	0,105	1,24	0,101 46	0,101	1,03	0,102 [illegible]	0,10 [illegible]
θ_e= 0,10 Po= 0.2			θ_e= 0,14 Po= 0.2			θ_e= 0,12 Po= 0.2			θ_e= 0,102 Po= 0.2		
0,124	1	1	0,095	1	1	0,0825	1	1	0,068	1	1
0,30	0,956 97	0,956	0,14	0,966 49	0,967	0,14	0,964 44	0,964	0,14	0,914 47	0,914
0,30	0,880 32	0,885	0,20	0,903 30	0,903	0,20	0,862 [illegible]	0,863	0,20	0,816 52	0,796
0,50	0,748 81	0,681	0,30	0,790 74	0,756	0,30	0,733 [illegible]	0,699	0,38	0,567 65	0,510
0,70	0,633 03	0,541	0,50	0,602 49	0,421	0,40	0,623 [illegible]	0,571	0,50	0,450 46	0,383
1,10	0,473 34	0,340	0,90	0,371 91	0,269	0,60	0,450 [illegible]	0,329	0,70	0,316 04	0,230
1,60	0,352 57	0,191	1,30	0,256 27	0,135	1,00	0,253 72	0,167	0,90	0,234 42	0,114
1,80	0,330 94	0,151	1,46	0,228 21	0,103	1,24	0,211 [illegible]	0,104	1,10	0,183 63	0,05 [illegible]
θ_e= 0,5 Po= 0.5			θ_e= 0,35 Po= 0.5			θ_e= 0,30 Po= 0.5			θ_e= 0,255 Po= 0,5		
0,234	1	1	0,151	1	1	0,126	1	1	0,101	1	1
0,30	0,960 44	0,938	0,20	0,960 92	0,939	0,30	0,952 07	0,891	0,14	0,955 21	0,942
0,50	0,875 09	0,750	0,30	0,873 37	0,803	0,30	0,915 00	0,735	0,26	0,791 20	0,72 [illegible]
0,70	0,799 67	0,594	0,50	0,732 56	0,571	0,40	0,720 [illegible]	0,601	0,34	0,6 [illegible]	0,595
0,90	0,736 06	0,472	0,70	0,613 15	0,404	0,50	0,643 24	0,490	0,50	0,5 [illegible]	0,405
1,10	0,687 10	0,394	0,90	0,536 33	0,286	0,70	0,520 23	0,326	0,70	0,44 [illegible]	0,222
1,50	0,617 42	0,234	1,30	0,443 47	0,143	1,10	0,402 [illegible]	0,144	0,88	0,375 [illegible]	0,101
1,80	0,588 13	0,166	1,48	0,418 47	0,105	1,24	0,375 78	0,102	1,00	0,3 [illegible]	0,123
θ_e= Po= 1			θ_e= 0,7 Po= 1			θ_e= 0,60 Po= 1			θ_e= 0,5 [illegible] Po= 1		
			0,237	1	1	0,226	1	1	0,165	1	1
			0,40	0,960 [illegible]	0,890	0,30	0,947 [illegible]	0,868	0,20	0,965 [illegible]	0,932
			0,50	0,920 01	0,753	0,40	0,894 [illegible]	0,730	0,24	0,935 [illegible]	0,843
			0,70	0,855 84	0,579	0,50	0,831 [illegible]	0,579	0,30	0,87 [illegible]	0,716
			0,90	0,801 35	0,367	0,70	0,754 [illegible]	0,385	0,40	0,798 [illegible]	0,520
			1,30	0,715 32	0,184	0,90	0,701 [illegible]	0,257	0,60	0,684 [illegible]	0,352
			1,50	0,721 97	0,130	1,10	0,66 [illegible]	0,170	0,80	0,617 [illegible]	0,250
			1,64	0,730 76	0,103	1,30	0,645 [illegible]	0,113	0,90	0,594 [illegible]	0,192
									1,10	0,56 [illegible]	0,106
θ_e= Po= 2			θ_e= Po= 2			θ_e= Po= 2			θ_e= Po= 2		

Table 1.2 : Numerical values for $\theta' = \frac{\theta - \theta_e}{1 - \theta_e}$

Bi = 2			Bi = 5			Bi = 10			Bi = 100		
Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$
θ_e= 0,001 Po = 0.002			θ_e= 0,0007 Po = 0.002			θ_e= 0,0006 Po = 0.002			θ_e= 0,00051 Po = 0.002		
0,023	1	1	0,021	1	1	0,020	1	1	0,020	1	1
0,10	0,95958	0,959	0,12	0,87973	0,880	0,10	0,900	0,900	0,08	0,92267	0,922
0,20	0,79036	0,790	0,20	0,67170	0,672	0,20	0,600	0,600	0,12	0,78206	0,782
0,30	0,61981	0,619	0,30	0,45784	0,458	0,30	0,376	0,375	0,20	0,57304	0,573
0,50	0,37311	0,373	0,40	0,30883	0,309	0,40	0,23492	0,234	0,30	0,19264	0,193
0,70	0,22411	0,224	0,50	0,20815	0,208	0,50	0,14634	0,146	0,40	0,16632	0,166
0,90	0,13478	0,134	0,60	0,14033	0,140	0,56	0,11020	0,110	0,48	0,10587	0,106
			0,68	0,10242	0,102						
θ_e= 0,1 Po = 0.2			θ_e= 0,07 Po = 0.2			θ_e= 0,06 Po = 0.2			θ_e= 0,051 Po = 0.2		
0,073	1	1	0,061	1	1	0,053	1	1	0,0447	1	1
0,14	0,92551	0,917	0,14	0,85464	0,844	0,10	0,91963	0,914	0,10	0,87471	0,868
0,20	0,81739	0,808	0,20	0,70711	0,685	0,14	0,80403	0,793	0,20	0,54554	0,537
0,30	0,67074	0,654	0,30	0,50405	0,466	0,20	0,63473	0,611	0,30	0,33294	0,307
0,40	0,54311	0,492	0,40	0,36271	0,335	0,30	0,42067	0,383	0,40	0,21102	0,168
0,60	0,36582	0,295	0,50	0,26707	0,213	0,40	0,28453	0,238	0,48	0,15265	0,107
0,80	0,25937	0,177	0,60	0,20264	0,153	0,50	0,19968	0,148	0,50	0,14175	0,095
1,00	0,19554	0,106	0,66	0,17962	0,132	0,58	0,15553	0,107			
θ_e= 0,25 Po = 0.5			θ_e= 0,175 Po = 0.5			θ_e= 0,15 Po = 0.5			θ_e= 0,1275 Po = 0.5		
0,109	1	1	0,083	1	1	0,0715	1	1	0,061	1	1
0,14	0,96641	0,965	0,14	0,89436	0,874	0,10	0,95693	0,939	0,10	0,90371	0,889
0,20	0,88350	0,844	0,20	0,76066	0,709	0,14	0,84436	0,816	0,20	0,59930	0,535
0,40	0,63671	0,518	0,30	0,57135	0,484	0,20	0,66654	0,631	0,30	0,39394	0,305
0,60	0,48201	0,309	0,40	0,44434	0,336	0,30	0,45683	0,396	0,40	0,27874	0,173
0,80	0,38966	0,205	0,60	0,29701	0,197	0,40	0,35973	0,246	0,48	0,23360	0,130
1,00	0,33339	0,141	0,70	0,25715	0,099	0,50	0,28645	0,153	0,50	0,21750	0,098
						0,56	0,25933	0,104			
θ_e= 0,50 Po = 1			θ_e= 0,35 Po = 1			θ_e= 0,3 Po = 1			θ_e= 0,255 Po = 1		
0,177	1	1	0,117	1	1	0,099	1	1	0,0825	1	1
0,24	0,93558	0,871	0,16	0,93402	0,883	0,14	0,90003	0,8715	0,14	0,83579	0,779
0,30	0,87660	0,753	0,20	0,84096	0,769	0,20	0,77283	0,675	0,20	0,69620	0,566
0,40	0,79376	0,585	0,30	0,69257	0,545	0,30	0,59370	0,424	0,30	0,49560	0,323
0,50	0,72681	0,453	0,40	0,58040	0,364	0,40	0,49552	0,264	0,40	0,39161	0,182
0,60	0,67563	0,351	0,60	0,45543	0,160	0,50	0,41513	0,164	0,50	0,33250	0,104
0,70	0,63600	0,273	0,70	0,43033	0,108	0,60	0,37335	0,102			
0,80	0,60530	0,210									
0,90	0,58154	0,163									
θ_e= Po = 2			θ_e= 0,7 Po = 2			θ_e= 0,6 Po = 2			θ_e= 0,510 Po = 2		
			0,225	1	1	0,168	1	1	0,123	1	1
			0,30	0,95883	0,753	0,20	0,94544	0,864	0,14	0,96335	0,935
			0,40	0,85252	0,568	0,24	0,90245	0,720	0,18	0,87310	0,732
			0,50	0,76471	0,342	0,30	0,82355	0,548	0,24	0,77113	0,541
			0,60	0,70923	0,230	0,40	0,69529	0,334	0,30	0,69441	0,387
			0,70	0,67653	0,155	0,50	0,61350	0,211	0,40	0,61381	0,239
			0,80	0,65133	0,109	0,64	0,59350	0,160	0,50	0,56023	0,176

Table 2.2 : Numerical values for θ'

CYLINDER

Bi = 2			Bi = 5			Bi = 10			Bi = 100		
Fo	θ	$\frac{\theta\ \theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1\ \theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$
θ_e=		Po= 3	θ_e=		Po= 3	θ_e= 0,900		Po= 3	θ_e= 0,765		Po= 3
						0,370	1	1	0,204	1	1
						0,50	0,95372	0,537	0,24	0,95768	0,810
						0,60	0,93341	0,334	0,30	0,90253	0,585
						0,70	0,92078	0,208	0,40	0,84308	0,332
						0,80	0,91292	0,119	0,50	0,80931	0,189
									0,60	0,79013	0,107
θ_e=		Po= 4	θ_e=		Po= 4	θ_e=		Po= 4	θ_e=		Po= 4
θ_e=		Po= 5	θ_e=		Po= 5	θ_e=		Po= 5	θ_e=		Po= 5
θ_e=		Po=	θ_e=		Po=	θ_e=		Po=	θ_e=		Po=
θ_e=		Po=	θ_e=		Po=	θ_e=		Po=	θ_e=		Po=

Bi = 2			Bi = 5			Bi = 10			Bi = 100		
Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_c}{1-\theta_c}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_c}{1-\theta_c}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_c}{1-\theta_c}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_c}{1-\theta_c}$
θ_c= 0,000666 Po = 0.002			θ_c= 0,0004 Po = 0.002			θ_c= 0,0004 Po = 0.002			θ_c= 0,000534 Po = 0.002		
0,020	1	1	0,020	1	1	0,020	1	1	0,020	1	1
0,10	0,9359	0,936	0,08	0,91983	0,919	0,10	0,79593	0,795	0,06	0,93365	0,934
0,20	0,64369	0,644	0,14	0,63410	0,634	0,14	0,66654	0,667	0,10	0,71062	0,710
0,30	0,43025	0,430	0,20	0,47257	0,473	0,20	0,38197	0,383	0,14	0,50741	0,507
0,40	0,28562	0,286	0,30	0,24634	0,246	0,30	0,17356	0,173	0,20	0,28022	0,283
0,50	0,18951	0,189	0,40	0,12757	0,128	0,36	0,10669	0,107	0,24	0,19616	0,196
0,60	0,12575	0,126	0,42	0,11184	0,113				0,30	0,11007	0,110
0,64	0,10680	0,107									
θ_c= 0,066 Po = 0.2			θ_c= 0,046 Po = 0.2			θ_c= 0,040 Po = 0.2			θ_c= 0,034 Po = 0.2		
0,055	1	1	0,045	1	1	0,043	1	1	0,034	1	1
0,08	0,97191	0,969	0,08	0,93461	0,930	0,08	0,90355	0,900	0,06	0,94536	0,940
0,14	0,83182	0,830	0,10	0,86514	0,860	0,10	0,81473	0,807	0,10	0,72700	0,730
0,20	0,67849	0,675	0,14	0,70924	0,695	0,14	0,63008	0,615	0,14	0,53055	0,520
0,30	0,42555	0,438	0,20	0,50452	0,481	0,20	0,41310	0,388	0,20	0,31597	0,295
0,40	0,33791	0,291	0,30	0,28511	0,250	0,24	0,31153	0,282	0,30	0,14169	0,110
0,50	0,24646	0,193	0,36	0,16737	0,143	0,30	0,20795	0,175	0,70	0,03624	0,034
0,64	0,16760	0,108	0,42	0,15471	0,114	0,36	0,14362	0,108			
θ_c= 0,17 Po = 0.5			θ_c= 0,115 Po = 0.5			θ_c= 0,1 Po = 0.5			θ_c= 0,08 Po = 0.5		
0,076	1	1	0,061	1	1	0,053	1	1	0,044	1	1
0,10	0,96140	0,953	0,08	0,95821	0,952	0,08	0,92693	0,918	0,08	0,87205	0,865
0,14	0,87154	0,845	0,14	0,74732	0,734	0,10	0,84320	0,825	0,10	0,76476	0,745
0,20	0,73112	0,676	0,20	0,55292	0,495	0,14	0,66773	0,650	0,14	0,56062	0,530
0,30	0,54419	0,450	0,24	0,45357	0,383	0,20	0,45876	0,390	0,20	0,35863	0,300
0,40	0,41722	0,297	0,34	0,31331	0,195	0,24	0,36112	0,290	0,30	0,18965	0,120
0,50	0,33262	0,195	0,40	0,23419	0,134	0,30	0,26150	0,179			
0,66	0,25250	0,100	0,46	0,19573	0,095	0,36	0,19977	0,110			
θ_c= 0,33 Po = 1			θ_c= 0,13 Po = 1			θ_c= 0,2 Po = 1			θ_c= 0,17 Po = 1		
0,106	1	1	0,079	1	1	0,067	1	1	0,056	1	1
0,14	0,93775	0,907	0,10	0,94222	0,935	0,08	0,96605	0,957	0,08	0,91055	0,899
0,20	0,81983	0,730	0,14	0,80080	0,784	0,10	0,89072	0,863	0,10	0,87102	0,755
0,24	0,74035	0,634	0,20	0,63359	0,524	0,14	0,72924	0,662	0,12	0,71275	0,600
0,30	0,65859	0,490	0,24	0,54256	0,406	0,20	0,53488	0,410	0,20	0,43201	0,310
0,40	0,54935	0,337	0,30	0,44205	0,275	0,24	0,44389	0,304	0,24	0,30566	0,210
0,50	0,47636	0,218	0,40	0,34125	0,144	0,34	0,30934	0,136	0,30	0,26841	0,145
0,66	0,40737	0,115	0,46	0,30593	0,098						
θ_c= 0,66 Po = 2			θ_c= 0,46 Po = 2			θ_c= 0,4 Po = 2			θ_c= 0,34 Po = 2		
0,196	1	1	0,116	1	1	0,095	1	1	0,076	1	1
0,24	0,94773	0,946	0,12	0,98987	0,989	0,12	0,96872	0,965	0,10	0,92354	0,922
0,30	0,89739	0,880	0,14	0,93775	0,934	0,14	0,89573	0,893	0,12	0,87354	0,730
0,34	0,85413	0,871	0,20	0,79493	0,830	0,20	0,68708	0,693	0,14	0,74094	0,610
0,40	0,81331	0,850	0,24	0,72055	0,784	0,24	0,62930	0,640	0,18	0,61681	0,430
0,50	0,76376	0,805	0,30	0,63811	0,729	0,30	0,52923	0,515	0,20	0,56033	0,345
0,60	0,72153	0,800	0,40	0,55534	0,737	0,34	0,47682	0,456	0,26	0,45314	0,295
0,72	0,70594	0,785	0,48	0,51893	0,709	0,38	0,46822	0,443	0,30	0,42706	0,330

Table 3.2 Numerical values for θ'

SPHERE

7A

Bi = 2			Bi = 5			Bi = 10			Bi = 100		
Fo	θ	$\frac{\theta\ \theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1\ \theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$	Fo	θ	$\frac{\theta-\theta_e}{1-\theta_e}$
θ_e=	Po = 3		θ_e= 0,70	Po = 3		θ_e= 0,60	Po = 3		θ_e= 0,51	Po = 3	
			0,173	1	1	0,131	1	1	0,093	1	1
			0,20	0,956 27	0,854	0,20	0,83925	0,598	0,12	0,92431	0,846
			0,24	0,89854	0,662	0,24	0,77446	0,436	0,20	0,70844	0,404
			0,30	0,83419	0,447	0,30	0,70796	0,269	0,24	0,64514	0,278
			0,36	0,79038	0,301	0,36	0,66667	0,166	0,30	0,58571	0,155
			0,40	0,76941	0,231	0,40	0,64833	0,118			
			0,50	0,73585	0,119	0,42	0,64115	0,103			
θ_e=	Po = 4		θ_e= 0,934	Po = 4		θ_e= 0,8	Po = 4		θ_e= 0,68	Po = 4	
			0,357	1	1	0,194	1	1	0,131	1	1
			0,38	0,99058	0,857	0,24	0,93978	0,699	0,14	0,97471	0,920
			0,40	0,98350	0,748	0,30	0,88654	0,433	0,16	0,93575	0,768
			0,50	0,95925	0,383	0,40	0,83875	0,194	0,20	0,84860	0,527
			0,60	0,94672	0,193	0,48	0,82036	0,102	0,24	0,79487	0,359
			0,70	0,94025	0,09				0,30	0,74437	0,201
									0,36	0,71603	0,112
θ_e=	Po = 5		θ_e=	Po = 5		θ_e=	Po = 5		θ_e= 0,85	Po = 5	
									0,193	1	1
									0,20	0,98877	0,925
									0,22	0,96463	0,764
									0,26	0,93801	0,520
									0,30	0,90303	0,353
									0,40	0,87016	0,134
									0,42	0,86661	0,111
θ_e=	Po =		θ_e=	Po =		θ_e=	Po =		θ_e=	Po =	
θ_e=	Po =		θ_e=	Po =		θ_e=	Po =		θ_e=	Po =	

$$\theta^i = \frac{\theta - \theta_e}{1 - \theta_e} \quad (Fo = 0)$$

	Po		Bi= 2	5	10	100
slab	0,002	g	1,18	1,25	1,27	1,26
		c	1,15	1,20	1,26	1,20
	0,2	g	1,21	1,28	1,30	1,37
		c	1,20	1,23	1,29	1,35
	0,5	g	1,34	1,35	1,37	1,43
		c	1,32	1,35	1,35	1,45
	1	g		1,75	1,62	1,51
		c		1,74	1,62	1,51
	2					
sphere	0,002	g	1,47	1,70	1,80	1,89
		c	1,48	1,74	1,86	1,82
	0,2	g	1,51	1,78	1,89	1,91
		c	1,51	1,78	1,90	1,86
	0,5	g	1,57	1,83	1,92	1,91
		c	1,55	1,82	1,95	1,95
	1	g	1,66	1,89	2,02	1,99
		c	1,62	1,86	2,04	2,14
	2	g	2,16	2,13	2,40	2,37
		c	2,09	2,09	2,35	2,40
cylinder	0,002	g	1,32	1,47	1,54	1,58
		c	1,32	1,45	1,51	1,58
	0,2	g	1,38	1,49	1,56	1,69
		c	1,35	1,48	1,51	1,62
	0,5	g	1,42	1,56	1,64	1,66
		c	1,45	1,51	1,62	1,66
	1	g	1,62	1,71	1,73	1,71
		c	1,59	1,66	1,74	1,74
	2	g		2,48	2,24	2,03
		c		2,46	2,19	2,04

g graphically determined Θ^i
c calculated θ^i

Table 3: θ^i (graphical and calculated)

Table 4 : Comparison of j_H, determined in several ways (see Fig. 9)

		Po	Bi = 1	2	3	5	10	100
slab	Jc	0		1,1764		1,2403	1,2612	1,2731
	a	1				1,405	1,284	1,186
		2						
	b	1		∞	1,7864	1,350	1,233	
		2						
	c	1		∞	1,7809	1,4023	1,2756	1,1970
		2						
cylinder	Jc	0		1,3377		1,5029	1,5671	1,6014
	a	1		1,189		1,104	1,110	1,087
		2				1,634	1,347	1,274
	b	1	1,656	1,218	1,156	1,108	1,091	
		2		∞	2,095	1,511	1,338	
	c	1		1,2002	1,1785	1,1491	1,1378	1,1055
		2		∞	2,2493	1,6405	1,4474	1,3202
sphere	Jc	0		1,4793		1,7870	1,9249	1,999
	a	1		1,095		1,041	1,060	1,071
		2		1,413		1,229	1,227	1,201
	b	1	1,296	1,148		1,053	1,074	
		2	∞	1,593		1,359	1,197	
	c	1		1,2133		1,1191	1,0973	1,0803
		2		1,8547		1,2425	1,2600	1,2020

a. $J_H \neq \frac{J}{J_C}$

b. $$\frac{1-\frac{Po}{m}\cdot\frac{1}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)}{1-\frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)} = j_H$$

c. $$\frac{1-\frac{Po}{\beta_1^2}}{1-\frac{Po}{N}\left(1+\frac{2}{Bi}\right)} = j_H$$

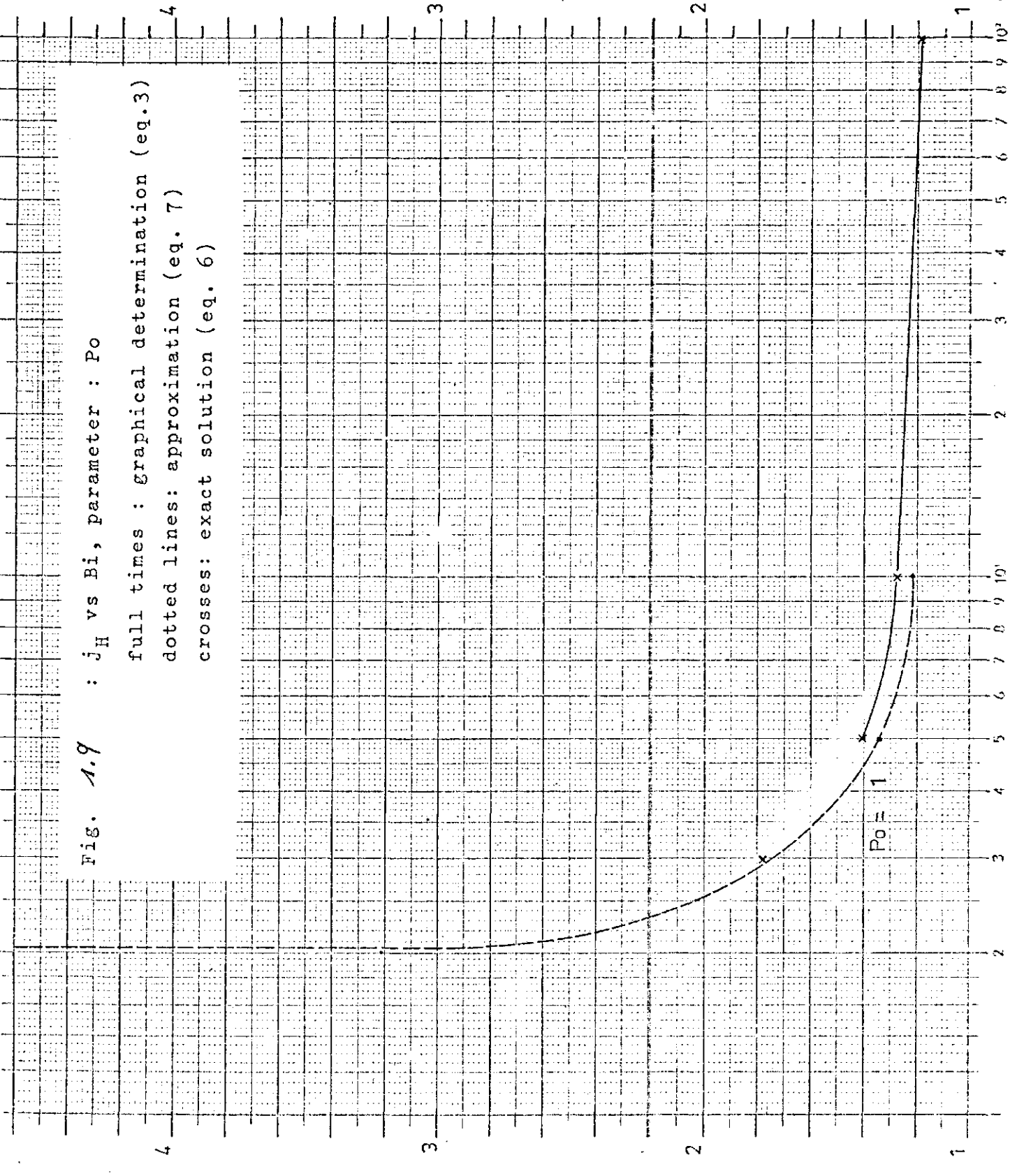


Fig. 1.9 : j_H vs Bi, parameter : Po

full times : graphical determination (eq.3)

dotted lines: approximation (eq. 7)

crosses: exact solution (eq. 6)

CYLINDER

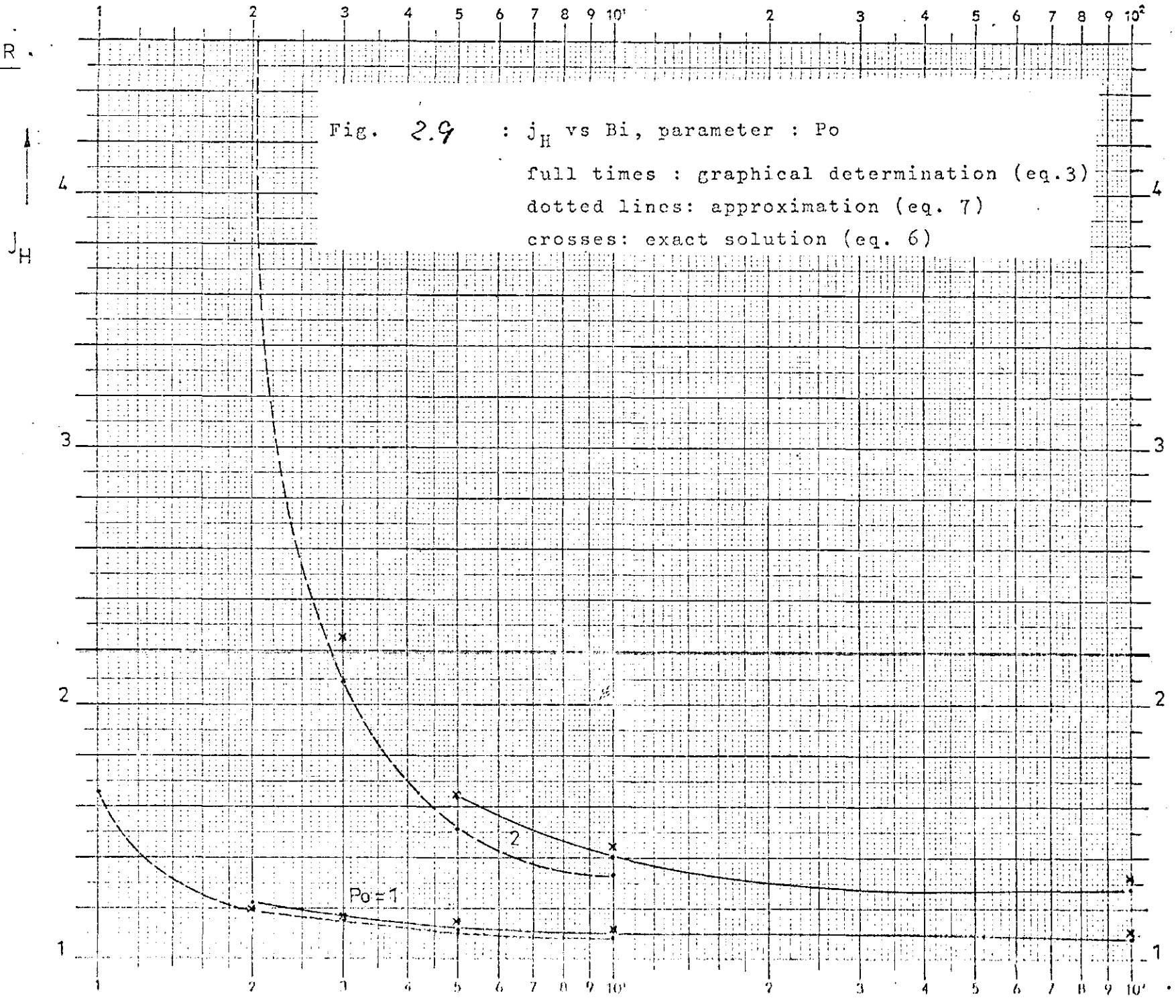


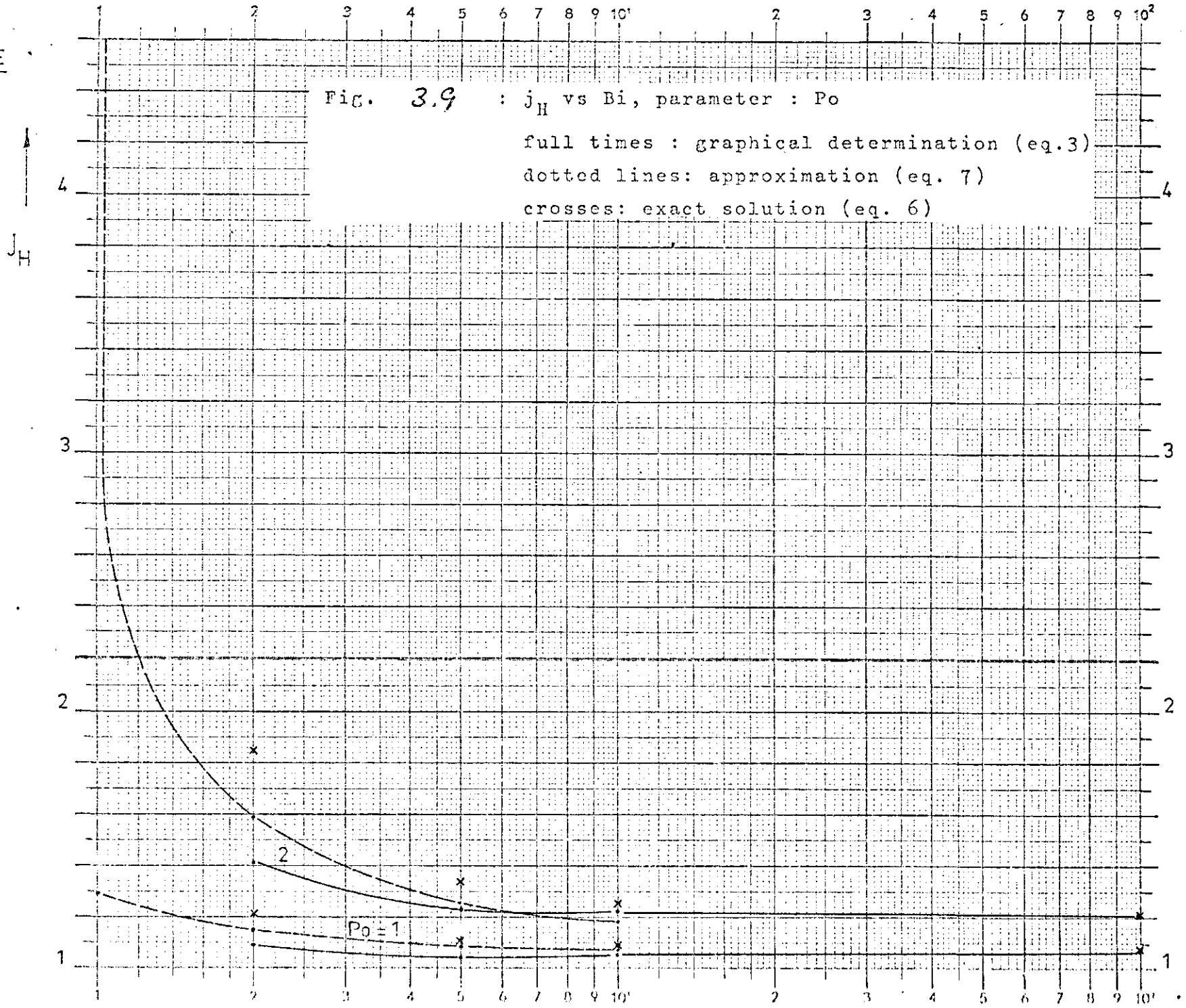
Fig. 2.9 : j_H vs Bi, parameter : Po

full times : graphical determination (eq.3)

dotted lines: approximation (eq. 7)

crosses: exact solution (eq. 6)

SPHERE


Fig. 3.9 : j_H vs Bi, parameter : Po
full times : graphical determination (eq.3)
dotted lines: approximation (eq. 7)
crosses: exact solution (eq. 6)
J_H
Bi
Po = 1
2