

FISKERIDIREKTORATETS KJEMISK-TEKNISKE
FORSKNINGSINSTITUTT

Teoretiske betraktninger omkring fyrgasstørking og bruk
av atmosfæreluft og avgass som sekundærgass til tørken.

(Utarbeidet januar-februar 1950)
(Omarbeidet januar 1964)

ved Einar Sola.

Innhold:

<u>Innledning</u>	s. 1
<u>Teoretiske betraktninger</u>	
A. Forutsetninger med hensyn til brensel, forbrenningsluft, etc.	" 1
B. Fullstendig forbrenning uten luftoverskudd	" 2
C. Forbrenning med 20 % luftoverskudd	" 2
D. Kjølning av fygassene ved blanding med atmosfæreluft (sek.luft)	" 3
E. Tørking med luft og fygass	" 4
F. Stoffets innløpstemperatur er forskjellig fra den adiabatisk metningstemperatur	" 8
G. Bruk av mettet avgass til senking av gasstemperaturen foran tørken	" 11
H. Mettet avgass som sekundærgass til fortørken ved 2 trinns tørking av presskake	" 12
I. Mettet avgass som sekundærgass til fortørken ved 2 trinns tørking av rått og fett råstoff etter N-metoden	" 13
K. Stoffets innløpstemperatur lik mettet avgasstemperatur	" 14
L. Mettet avgasstemperatur ved forskjellige stoffbetingelser ved bruk av returgass	" 15
M. Temperatur og fuktighet i gassen foran tørken ved bruk av avgass som sekundærgass	" 15
N. Varmeøkonomi ved direkte fygasstørking med atmosfæreluft og avgass som sekundærgass til tørken	" 17
<u>Sammendrag</u>	" 18

Innledning.

Ved fyrgasstørking slik som vanlig brukt i sildemel- og fiskemelindustrien savner en ofte en oversikt over forskjellige forhold som kan være av betydning både for drift, varmeøkonomi og melkvalitet, forhold som godt lar seg belyse teoretisk.

Det kan således være av betydning å vite hvilke avgasstemperaturer som bør tilstrebnes ved forskjellige innløpstemperaturer for tørkegassen ved 1-trinns og 2-trinns tørking og ved forskjellige stoffbetingelser.

Det kan også være av betydning å se nærmere på hva som eventuelt kan oppnås ved å bruke avgass fra tørken i stedet for atm. luft til regulering av gasstemperaturen foran tørken. Spesielt i forbindelse med Notevarp-metoden for fett råstoff kan denne mulighet få betydning.

I praksis går en vanligvis ut fra at de forskjellige varmetekniske data og kurver for luft også kan brukes for fyrgass og luft-fyrgass-blandinger. Vanligvis kan dette gjøres uten større feil, spesielt ved luft-fyrgassblandinger ved lavere temperaturer, men en skal være oppmerksom på at fyrgasssammensetningen er ganske meget forskjellig fra luftens og dermed også både spes.vekt og spes.varme. Det kan være av betydning å få en oversikt også over disse forhold.

Teoretiske betraktninger.

A. Forutsetninger med hensyn til brensel, forbrenningsluft, etc.

Ved fyrgasstørking brukes nå bare flytende brensel og da vanligvis tunge fyroljer med følgende omtrentlige egenskaper:

Kullstoff: C = 86,2 %
Vannstoff: H = 11,8 "
Svovel: S = 2,0 "

Eff. brennverdi: ca. 10.000 kcal/kg.

Luftens kjemiske sammensetning kan settes = $O_2 + 3,76 N_2$ og

Spes.vekt for luft:	1,293	kg/m ³ n
CO ₂ :	1,977	"
N ₂ :	1,250	"
O ₂ :	1,430	"
SO ₂ :	2,926	"
vannndamp:	0,806	"

Da spes.varme både for luft og de forskjellige forbrenningsgassene varierer endel med temperaturen, brukes gjennomsnittlig spes.varme mellom 0° og angjeldende temperatur eller opphetningsvarmen fra 0° til angjeldende temperatur, og en går da ut fra de verdier som er oppgitt i "Ingenjörshandboken", tab. 22, s. 659.

Forbrenningsluften vil som regel være omkring 70 % mettet, mens temperaturen kan være fra under 0° til over 20° C. Mest alminnelig vil vel lufttemperaturen ligge nærmere 0° C, og for ikke å komplisere alt for meget, regnes med 0° og 70 % metning, hvilket tilsvarer luftfuktighet 0,0026 kg/kg tørrluft = 0,0034 kg/m³n t.l.

B. Fullstendig forbrenning uten luftoverskudd

gir da følgende:

Tabell 1.

		Pr. kg fyrolje:	
		kg	m ³ n
<u>Forbrenningsgasser:</u>			
Kullsyre:	CO ₂	3,160	1,597
Vann:	H ₂ O	1,062	1,320
Svoveldioksyd:	SO ₂	0,040	0,014
<u>Tilsammen:</u>		4,262	2,931
Nødvendig surstoff:	O ₂	3,262	2,280
Medfølgende kvelstoff:	N ₂	10,730	8,580
Tørr forbrenningsluft ialt:		13,992	10,860
Fuktighet i luft:		0,036	0,045
<u>Atm. luft ialt:</u>		14,028	10,905
Tørr fygass ialt:		13,930	10,191
Fuktighet i fygass ialt:		1,098	1,365
<u>Fuktighet fygass ialt:</u>		15,028	11,556

Ut fra disse tall og foran nevnte forutsetninger, finner en da:

Teoretisk forbrenningstemperatur:	=	<u>2150°C</u>
Spes.vekt for tørr fygass:	=	1,365 kg/m ³ n
Spes.vekt for fuktig fygass:	=	1,300 "
Fuktighet i fygass: 0,0788 kg/kg t.g.	=	0,1077 kg/m ³ n t.g.

På grunn av termisk dissosiasjon ved så høy temperatur vil nok temperaturen i virkeligheten være noe lavere, antakelig omkring 1950°C.

For i praksis å få skikkelig forbrenning og ren fygass uten forurensinger og sot eller olje, må en regne med å bruke en del luftoverskudd ved forbrenningen, antakelig ikke under 20 %.

C. Forbrenning med 20 % luftoverskudd

gir da:

Tabell 2.

		Pr. kg fyrolje:	
		kg	m ³ n
<u>Luft:</u>	Nødvendig til forbr. (tørr)	13,992	10,860
	+ 20 % overskudd	2,798	2,172
Tørr luft ialt: L _t		16,790	13,032
Fuktighet i luft:		0,044	0,054
<u>Fuktighet i luft ialt: L</u>		16,834	13,086
<u>Fygass:</u>	CO ₂	3,160	1,597
	N ₂	12,874	10,300
	O ₂	0,654	0,457
	Total H ₂ O	1,106	1,373
	SO ₂	0,040	0,014
Tørr fygass ialt: R _t		16,728	12,368
Fuktighet fygass ialt: R		17,834	13,741

Ut fra disse tall og foran nevnte forutsetninger, finner en da:

Teoretisk forbrenningstemperatur: $t_f = 1870^\circ\text{C}$
 Spes.vekt for tørr fyrgass: $= 1,362 \text{ kg/m}^3_n$
 spes.vekt for fuktig fyrgass: $= 1,298 \text{ "}$
 Fuktighet i fyrgass: $0,066 \text{ kg/kg t.g.} = 0,0895 \text{ kg/m}^3_n \text{ t.g.}$

D. Kjøling av fyrgassene ved blanding med atmosfæreluft (sek.luft).

For å få brukbare gasstemperaturer ved innløpet til tørken, kan fyrgassene kjøles ved blanding med atmosfæreluft. Ser en bort fra varmetapene fra ovnen til omgivelsene som i alle fall er forsvinnende små i forhold til varmemengdene i ovnen, lar seg da lett beregne hvilke sekundærluftmengder som må brukes for å oppnå bestemte gasstemperaturer foran tørken. I etterfølgende tabell 3 er angitt resultatene av endel slike beregninger. I samme tabell er også angitt opphetningsvarmen for tørr og fuktig luft og fyrgass uten luftoverskudd.

Tabell 3.

Temp. °C	Opphetn.varme (kcal/m ³ n)				Luftoverskudd		Gass til tørken ialt		
	Luft		Fyrgass uten l.o.		m ³ n/kg olje		m ³ n/kg olje		m ³ /kg olje ved innl. temp.
	Tørr	Fukt.	Tørr	Fukt.	Tørr	Fukt.	Tørr	Fukt.	
2150	778	781,-	846	866	0	0	10,20	11,56	102
2000	721	723,9	781	799	1,05	1,05	11,23	12,60	105
1800	642	644,5	696	710	2,77	2,77	12,97	14,32	109
1600	565	567,2	611	623	4,92	4,92	15,12	16,48	113
1400	489	490,9	528	537	7,71	7,72	17,91	19,28	118
1200	414	415,6	446	453	11,64	11,68	21,84	23,24	126
1000	339	340,3	364	370	17,05	17,1	27,25	28,7	134
800	266	267,-	285	289	25,1	25,2	35,32	36,8	145
600	196,6	197,3	209	211	38,5	38,6	48,7	50,2	161
500	161,2	161,8	171,8	174	49,5	49,6	59,7	61,2	173
400	127,8	128,3	135,5	137,2	65,5	65,7	75,7	77,3	190
300	95,-	95,3	100,-	101,3	92,7	93,-	102,9	104,6	220
200	62,8	63,-	66,-	66,9	146,5	147,-	156,7	158,6	275
100	31,2	31,3	32,4	32,8	306,-	307,-	316,2	318,6	436

Det fremgår av tabell 3 at det spiller svært liten rolle for atmosfæreluftens kjøleevne om fuktigheten tas i betraktning eller ikke. For varmeinnholdet i fyrgassen har det derimot ganske stor betydning at fuktigheten fra forbrenningen tas i betraktning.

For beregning av sekundærluftmengde har det derfor forsvinnende liten betydning om luftens fuktighet tas i betraktning eller ikke, i hvert fall når det er tale om så kald atmosfæreluft som her.

For beregning av gassvolum og gasshastighet ved tørkeinnløpet har det derimot en viss betydning at fuktigheten i fyrgassene tas i betraktning.

I vedlagte plansje 1 er vist hvordan sekundærluft og total gassmengde til tørken varierer med temperaturen. Normalvolumet (m³n) er volumet av luft og gass ved 0°C, og kurven for normal-

volumet for sekundærluften (luftoverskuddet) angir dermed også den faktiske sekundærluftmengde. Normalvolumet for totalgassen blir derimot atskillig mindre enn det faktiske på grunn av totalgassens høye faktiske temperatur.

Som en ser øker sekundærluftmengden og dermed også normalvolumet med synkende temperatur, og dessto mer jo lavere temperatur en vil ha.

Den relative økning i det faktiske totalgassvolum ved innløpet til tørken blir derimot som en ser atskillig mindre med synkende temperatur. Årsaken til dette er den store variasjon i varmeutvidelse av gassen en får ved de store temperaturvariasjoner det her er tale om. Ved f.eks. kjøling med luft fra 1500 til 500°C vil som en ser normalvolumet av gassen til tørken øke fra ca. 17,5 til ca. 61 m³n/kg olje, altså 3,5 ganger, mens det faktiske volum vil øke fra 115 til 173, altså bare 1,5 ganger.

Av tabell 3 fremgår det at opphetningsvarmen til samme temperatur er nokså forskjellig for luft og fygass selv om en ser bort fra fuktigheten. I plansje 2 er vist hvordan den gjennomsnittlige opphetningsvarmen pr. °C for luft og for fygass uten luftoverskudd varierer med temperaturen. I samme plansje er også inntegnet kurven for den gjennomsnittlige opphetningsvarmen for de til de forskjellige innløpstemperaturer svarende tørre blandinger av luft og fygass. Dessuten er inntegnet kurver som viser hvordan opphetningsvarmen for forskjellige av disse gassblandinger vil forandre seg ved avkjølingen i tørken. Disse kurver vil få betydning ved bestemmelsen av de adiab. metningslinjer for fygassblandinger.

I plansje 3 er dessuten vist hvordan gjennomsnittlig opphetningsvarme fra 0° til angjeldende temperatur varierer med temperaturen for luft og de forskjellige forbrenningsgassene. Spesielt har kurven for vanndamp interesse i denne forbindelse.

E. Tørking med luft og fygass.

Luft og fygass vil kunne oppta vanndamp inntil en viss grense bestemt av temperatur og trykk. Denne grense er kjent som metningsfuktigheten. Fuktigheten i luft og fygass bestemmes av vanndampens partialtrykk, og ved metning er dette trykket (metningstrykket) lik vannets damptrykk ved samme temperatur.

Ved samme totaltrykk vil da metningstrykket og dermed metningsfuktigheten pr. volumenhet (tørr eller fuktig) gass, være den samme uansett om det gjelder luft eller fygass. Da spes.vekt for luft og fygass er forskjellige, vil imidlertid ikke fuktigheten pr. vektenhet være den samme. For luft brukes mye å angi fuktigheten i g eller kg/kg tørr luft, men for beregninger i forbindelse med fygasstørking hvor det blir tale om alle slags blandinger av luft og fygass med varierende spes.vekt, vil det være enklest å angi fuktigheten pr. normalvolumenhet (m³n) tørr gass.

Hvordan metningsfuktigheten varierer med temperaturen fremgår av plansje 4a og 4b. Som en ser spiller temperaturen en meget stor rolle for hvor meget fuktighet luften kan oppta. Ved f.eks. 60°C vil den kunne oppta ca. 0,2 kg/m³n, mens den ved f.eks. 90°C vil kunne oppta ca. 1,84 kg/m³n, altså 9 ganger så meget.

Hvis mettet luft oppvarmes, vil den derfor kunne oppta mer fuktighet. Hvis den avkjøles, vil den ikke kunne holde på all den fuktighet den har. Hvis f.eks. mettet luft ved 90°C avkjøles til 60°C må dens fuktighetsinnhold reduseres fra 1,84 til 0,20 kg/m^3 , og dette skjer da ved at 1,62 kg/m^3 kondenseres i form av tåke eller vann i annen form.

Hvis varm umettet luft eller fyrgass kommer i kontakt med vann eller fuktig stoff, vil den oppta fuktighet samtidig som den avkjøles. Hvis systemet er varmeisolert slik at ingen varme avgis til eller opptas fra omgivelsene, er prosessen adiabatisk. Hvis den temperatur som luften antar når den er mettet er den samme som vannets eller det fuktige stoffs temperatur, er dette den adiabatiske metningstemperaturen for gassen.

I en varmeisolert fyrgasstørke hvor tørkegassen går i medstrøm med godset og hvor varmetapene til omgivelsene er minimale, kan en regne med temmelig nær adiabatisk forhold. Hvis stoffets temperatur er temmelig den samme ved innløp og utløp i tørken, og avgassen er mettet ved avløpet fra tørken, vil den temperatur den da har være lik den adiabatisk metningstemperatur for innløpsgassen til tørken.

Ved 1-trinns tørking av presskake eller liknende stoff til ferdigtørket mel vil imidlertid i praksis ikke kunne oppnås full metning av avgassene på grunn av kapillarkrefter og diffusjonsmotstand i stoffet. Denne motstand gjør seg sterkest gjeldende mot slutten av tørkingen, særlig hvis stoffet inneholder eller er tilsett limvann eller limvannskonsentrat. Ren presskake inneholder lite limvann og er derfor relativt lett å tørke. Ved rått eller kokt upresset stoff eller ved limvanns- eller konsentrattilsats i presskaken, vil de enkelte partikler være mer eller mindre fylt og omhyllt av oppløste "limstoffer" som allerede på et tidlig tidspunkt under tørkingen vil danne en diffusjonshindrende hinne som mer eller mindre dekker partikkeloverflaten og bremser fuktighetsvandringen til partikkeloverflaten fra det indre av partikkelen. Etter hvert som partikkelen tørker vil hinnen vokse i tykkelse og diffusjonsmotstanden øke. Denne økning av diffusjonsmotstanden kan da mer eller mindre kompenseres ved å øke drivkraften eller med andre ord temperaturen i stoffet. Dette medfører igjen at gass-temperaturen mot slutten av tørkingen må heves til ofte langt over den adiabatisk metningstemperaturen.

Ved 2-trinns tørking med fortørke og ettertørke vil stoffet fra fortørken vanligvis være så fuktig at diffusjonsmotstanden ikke gjør seg så sterkt gjeldende. Ved fortørken skulle derfor kunne oppnås bortimot full metning av avgassen hvis tørken har god stoffylling og jevnt og tett stoffdryss over tverrsnittet. Hvis stoffet ved innløpet til tørken har noenlunde samme temperatur som den adiabatisk metningstemperatur for gassen til tørken, vil avgasstemperaturen også være temmelig lik samme adiabatisk metningstemperatur.

I ettertørken vil en imidlertid få samme stoffvanskeligheter som mot slutten ved 1-trinns tørking. For ettertørken kan en derfor ikke regne med å oppnå metning av avgassen.

Det er klart at jo mer mettet avgassen er, dessto mindre fyrgass vil kreves for å bære bort en bestemt mengde vann og dessto mindre fyrolje vil medgå.

Ved tørking av presskake med eller uten limvann vil temperaturen i stoffet til tørken som regel ikke være så langt fra den adiabatisk metningstemperatur for gassen til tørken, og denne skulle da gi en god rettesnor for hvilken avgasstemperatur en bør tilstrebe. Det har derfor en viss betydning å kjenne den adiabatisk metningstemperatur for de gassblandinger og temperaturer som kan komme på tale til tørken.

På grunn av foran nevnte forskjell mellom opphetningsvarme for luft og fygass, vil ikke den adiabatisk metningstemperatur for fygass være ganske den samme som for luft, eller for de forskjellige blandinger av luft og fygass. Enhver metningstemperatur vil være den adiabatisk metningstemperatur for en bestemt utgangstemperatur for en tørr gass. Denne adiabatisk utgangstemperaturen lar seg lett beregne både for luft og for de forskjellige luft-fygassblandinger ut fra de forskjellige data som kan tas ut fra foran nevnte tabeller og plansjer.

For beregning av utgangstemperaturen har en:

$$E_u = E_m - f_m \cdot E_{vm}$$

- hvor E_u = Varmeinnhold (entalpi) for tørkegass ved utgangstemperatur (kcal/m³n t.g.)
 E_m = Varmeinnhold for mettet gass ved adiabatisk metningstemperatur (kcal/m³n t.g.)
 f_m = metningsfuktighet (kg/m³n tørrgass)
 E_{vm}^m = entalpi for vann ved adiabatisk metningstemperatur (kcal/kg)

En får gda:

Tabell 4.

Adiab. metn. temp. (°C)	Metn. fukt. (kg/m ³ n t.g.)	°C						
		E_m		$f_m \cdot E_{vm}$	E_u		Utgangstemp.	
		Luft	Tørke- gass		Luft	Tørke- gass	Luft	Tørke- gass
90	1,830	1190	1191	165	1025	1026	2780	2570
88	1,450	948	949	128	820	821	2260	2100
86	1,190	782	783	102	680	681	1890	1790
84	0,985	649,2	650	83	566,2	567	1600	1537
82	0,830	594,4	550	68	481,4	482	1380	1330
80	0,712	474	474,4	57	417,-	417,4	1210	1170
78	0,615	412,3	412,7	48	364,3	364,7	1065	1044
76	0,534	360,7	361,-	40,5	320,2	320,5	947	927
74	0,465	316,1	316,4	34,4	282,1	282,4	844	830
72	0,410	280,5	280,8	29,5	251,-	251,3	757	747
70	0,360	247,9	248,1	25,2	222,7	222,9	678	667
68	0,320	219,8	220,-	21,6	198,2	198,4	606	597
66	0,283	196,3	196,4	18,5	177,8	177,9	548	541
64	0,250	176,5	176,6	16,-	160,5	160,6	497	491
62	0,223	158,4	158,4	13,8	144,6	144,6	449	446
60	0,198	142,5	142,5	11,9	130,6	130,6	408	405
55	0,1486	109,6	109,6	8,2	101,4	101,4	320	318
50	0,1120	84,8	84,8	5,6	79,2	79,2	251	249,5
45	0,0843	66,-	66,-	3,8	62,2	62,2	198,-	197,-
40	0,0634	51,5	51,5	2,5	49,-	49,-	156,5	155,8
35	0,0474	40,-	40,-	1,7	38,3	38,3	122,8	122,3
30	0,0353	31,-	31,-	1,1	29,9	29,9	95,8	95,5

Som en ser av tabell 4 ligger utgangstemperaturen for en bestemt adiabatisk metningstemperatur lavere for fygassluftblandinger enn for ren luft. Forskjellen blir imidlertid mindre jo lavere metningstemperaturen og dermed også utgangstemperaturen blir. Dette kommer av at luften blir en mer og mer dominerende del av gassblandingen etter hvert som utgangstemperaturen senkes.

Under adiabatisk forhold vil fuktighetsopptakelsen og avkjølingen avhenge lovmessig av hverandre etter formelen:

$$f_t = \frac{E_m - E_{lt} - f_m \cdot E_{vm}}{E_{dt} - E_{vm}}$$

hvor f_t = fuktighet i gass ved temp. $t^{\circ}\text{C}$ (kg/m^3 n t.g.)
 E_{lt} = entalpi for tørr gass ved temp. $t^{\circ}\text{C}$ (kcal/m^3 n t.g.)
 E_{dt} = entalpi for vanndamp ved temp. $t^{\circ}\text{C}$ (kcal/kg)

Ut fra denne formel kan fuktigheten beregnes for en hvilken som helst temperatur mellom utgangstemperaturen og den adiabatisk metningstemperaturen. I et fuktighetstemperatur-diagram vil da f_t følge en bestemt linje, den såkalte adiabatisk metningslinje fra utgangstemperaturen til den adiabatisk metningstemperaturen.

I plansje 5 er vist de adiabatisk metningslinjer for forskjellige t_{m} -temperaturer for fygass-luftblandinger, og i plansje 6 er vist det samme for ren luft.

Som det fremgår av beregningene foran er ikke gassblandingen til tørken i noe tilfelle tørr, men inneholder mer eller mindre fuktighet, alt etter sekundærluftmengden. Ved beregning av forbrenningstemperaturer og forhold mellom sekundærluft og fygass for å oppnå bestemte gasstemperaturer foran tørken, må der nødvendigvis tas hensyn til denne fuktigheten.

Temperaturen foran tørken gjelder altså gass med et visst fuktighetsinnhold. Også denne gassen vil ved den adiabatisk fuktighetsopptakelsen i tørken følge en adiabatisk metningslinje i plansje 5, men denne adiabatan vil ikke ha sitt utgangspunkt i 0-linjen slik som tørrgass, men vil starte i et punkt i en avstand over 0-linjen, bestemt av fuktigheten i gassen. Ved f.eks. 1000°C vil fuktigheten i gassen foran tørken være $0,0424 \text{ kg}/\text{m}^3$ n og utgangspunktet blir da et punkt beliggende ved 1000° og $0,0424 \text{ kg}/\text{m}^3$ n i plansje 5. I tørken vil denne gassen følge en adiabat beliggende omtrent midt mellom de adiabatisk metningslinjer for tørrgass med utgangstemperaturer henholdsvis 1044 og 1175°C og med metningstemperaturer henholdsvis 78 og 80°C , omtrent som vist med stiplet strek i plansje 5. Den adiabatisk metningstemperatur for den fuktige gassen blir da som en ser 79°C mot $77,1^{\circ}\text{C}$ hvis den hadde vært tørr. Etterfølgende tabell 5 viser hvilken fuktighet gassen foran tørken vil inneholde ved forskjellige temperaturer. Samme tabell viser også de tilsvarende adiabatisk metningstemperaturer og -fuktigheter.

Tabell 5.

Temp. foran tørke (°C)	Luft-over-skudd m ³ n/kg olje	Forhold luft/fyrgass m ³ n/m ³ n	Fukt.i gass foran tørken kg/m ³ n t.g.	Adiab. metn. temp. (°C)	Adiab. metn. fukt. kg/m ³ n t.g.	Tørrgass ialt til tørken m ³ n/kg olje	Entalpi for avgass kcal/m ³ n t.g.
2150	0	0	0,1077	90,1	1,855	10,2	1207
2000	1,05	0,101	0,0981	89,2	1,677	11,23	1081
1800	2,77	0,272	0,0855	88,-	1,457	12,97	953
1600	4,92	0,482	0,0738	86,4	1,235	15,12	811
1400	7,71	0,755	0,0628	84,4	1,035	17,91	682
1200	11,64	1,143	0,0521	82,1	0,845	21,84	560
1000	17,05	1,67	0,0424	79,2	0,670	27,25	448
800	25,12	2,46	0,0336	75,1	0,505	35,32	342
600	38,5	3,77	0,0251	69,8	0,350	48,7	241
500	49,5	4,86	0,0212	66,1	0,284	59,7	198
400	65,5	6,42	0,0174	61,5	0,217	75,7	154
300	92,7	9,08	0,0137	55,6	0,155	102,9	113,5
200	146,5	14,37	0,0102	47,6	0,100	156,7	76,6
100	306,-	30,-	0,0068	32,8	0,043	316,2	36,5

Plansje 7 viser hvordan utgangsfuktighet (fuktigheten i gassen foran tørken), adiabatisk metningsfuktighet og adiabatisk metningstemperatur for gassen til tørken vil variere med gasstemperaturen foran tørken.

Ved fyrgasstørking vil mettet avgasstemperatur være lik den adiabatisk metningstemperatur for tørkegassen bare hvis stoffets innløpstemperatur er lik den adiabatisk metningstemperatur. Er stoffets innløpstemperatur forskjellig fra den adiabatisk metningstemperatur vil også mettet avgasstemperatur bli forskjellig, om enn ubetydelig.

F. Stoffets innløpstemperatur er forskjellig fra den adiabatisk metningstemperatur.

Setter en

- M = stoffmengde til tørken (kg/kg fyrolje)
- G = tørr gassmengde til tørken (kg/kg fyrolje)
- H = metningsfuktighet for avgass (kg/m³n t.g.)
- H^m_b = fuktighet i gass til tørken (kg/m³n t.g.)
- V^a_b = gj.sn. opphetn.varme for vanddamp fra 0 til t^o_a (kcal/kg °C)
- V^a_a = " " " " " " 0 " t^o_a (kcal/kg °C)
- Q^a_b = " " " "tørr tørkeg." 0 " t^o_b (kcal/m³n °C)
- Q^a_a = " " " " " " 0 " t^o_a (kcal/m³n °C)
- q^b = vannets fordampningsvarme ved 0 °C (kcal/kg)
- t = avgasstemperatur (°C)
- t^a = gasstemperatur foran tørken (°C)
- t^b = stofftemperatur foran tørken (°C)
- Cⁱ = spes.varme for stoff ved innløp (kcal/kg °C)
- C^a_i = " " " " " utløp " " "

så får en varmebalansen:

$$C_a \cdot t_a (M - (H_m - H_b)G) + q \cdot H_m \cdot G + V_a \cdot t_a \cdot H_m \cdot G + Q_a \cdot t_a \cdot G$$

$$= C_i \cdot t_i \cdot M + q \cdot H_b \cdot G + V_b \cdot H_b \cdot G \cdot t_b + Q_b \cdot t_b \cdot G$$

som videre kan skrives

$$H_b (q + V_b \cdot t_b) + Q_b \cdot t_b - H_m (q + V_a \cdot t_a) - Q_a \cdot t_a + C_a \cdot t_a (H_m - H_b)$$

$$= \frac{M}{G} (C_a \cdot t_a - C_i \cdot t_i)$$

Ut fra denne likning kan t_a bestemmes for forskjellige innløpstemperaturer for stoffet ved forskjellige gasstemperaturer foran tørken og forskjellig fuktighet i stoffet til og fra tørken.

Går en ut fra spes. varme for tørrstoffet = 0,4 kcal/kg°C, så får en:

$$C = 1 - 0,6 T_a$$

$$C_i = 1 - 0,6 T_i^a$$

hvor T_i og T_a er tørrstoffinnholdet i henholdsvis stoff til og stoff fra tørken.

Videre har en at den vannmengde som er fjernet fra stoffet under tørkingen må være lik den vannmengden som er opptatt av tørkegassen, og dette gir da:

$$\frac{M}{G} = \frac{T_a}{T_a - T_i} (H_m - H_b)$$

For rått og fett stoff er nokså vanlig vanninnhold 75 %, og for presskake med konsentratttilsats 55 %.

Legges disse tall til grunn får en da for nedtørking av rått, fett råstoff til henholdsvis 10 % og 50 % fuktighet og presskake til henholdsvis 10 % og 30 % fuktighet:

Tabell 6.

		Rått stoff		Presskake	
Vann i stoff til tørke	kg/kg	0,75		0,55	
Tørrstoff i stoff til tørke	"	$T_i=0,25$		0,45	
Spes.varme for stoff til tørke	kcal/ kg ^o C	$C_i=0,85$		0,73	
Tørrstoff i stoff fra tørke	kg/kg	$T_a=0,90$	0,50	0,90	0,70
Spes.varme for stoff fra tørke	kcal/ kg ^o C	$C_a=0,44$	0,70	0,44	0,58
<u>Gasstemperatur</u> foran tørke:	<u>Mettet</u> <u>avgasstemperatur:</u>	t_a	t_a	t_a	t_a
I. $t_b=1200^{\circ}\text{C}$	ved $t_i = 0^{\circ}\text{C}$	80,20	79,43	79,80	79,-
$H_b = 0,0521$	= 40 "	81,11	80,66	80,91	80,41
$V_b = 0,574$	= 80 "	82,-	81,97	82,-	81,96
$Q_b = 0,357$	= t_a	82,06	82,06	82,06	82,06
$V_b = 0,445$	= 95 "	82,37	82,48	82,45	82,56
$Q_a = 0,318$					
II. $t_b = 800^{\circ}\text{C}$	<u>Mettet</u> <u>avgasstemperatur:</u>				
$H_b = 0,0336$	ved $t_i = 0^{\circ}\text{C}$	73,10	72,26	72,68	71,80
$V_b = 0,493$	= 40 "	74,15	73,26	74,-	73,49
$Q_b = 0,340$	= t_a	75,10	75,10	75,10	75,10
$V_b = 0,445$	= 80 "	75,24	75,27	75,28	75,30
$Q_a = 0,316$	= 95 "	75,86	76,21	75,83	76,08
III. $t_b = 400^{\circ}\text{C}$	<u>Mettet</u> <u>avgasstemperatur:</u>				
$H_b = 0,0174$	ved $t_i = 0^{\circ}\text{C}$	59,81	59,07	59,42	58,56
$V_b = 0,462$	= 40 "	60,86	60,60	60,75	60,45
$Q_b = 0,322$	= t_a	61,60	61,66	61,60	61,60
$V_b = 0,445$	= 80 "	62,16	62,42	62,32	62,57
$Q_a = 0,313$	= 95 "	62,67	63,17	62,97	63,47

Det fremgår av tabell 6 at ikke bare stoffets innløpstemperatur, men også stoffets innløps- og utløpsfuktighet vil influere på mettet avgasstemperatur, selv om innflytelsen er ubetydelig. Stoffets innløpstemperatur (t_i) vil som en ser kunne influere endel på avgasstemperaturen, særlig hvis innløpstemperaturen ligger langt fra adiabatisk metningstemperatur (t_a).

Ved tørking av presskake med konsentrat kan en regne med temmelig konstant stofftemperatur ved innløpet, og vanligvis vil denne ligge omkring 60°C . Ved tørking av rått stoff vil stofftemperaturen ved innløpet ligge omkring 0°C . Går en ut fra dette og at presskaken tørkes ned fra 55 % til 10 % fuktighet i ett trinn, samt at rått stoff tørkes i to trinn, og da fra 75 % til 50 % fuktighet i 1. trinn, får en:

$$\begin{array}{l} \text{Presskake: } t_i = 60^{\circ}\text{C} \quad T_i = 0,45 \quad C_i = 0,73 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad T_a = 0,90 \quad C_a = 0,44 \\ \\ \text{Rått stoff: } t_i = 0^{\circ}\text{C} \quad T_i = 0,25 \quad C_i = 0,85 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad T_a = 0,50 \quad C_a = 0,70 \end{array}$$

Ut fra dette får en da:

Tabell 7.

Gass til tørken				Mettet avgass			
Temp °C	Menge m ³ n/kg Olje	Fuktighet kg/m ³ n t.g.	Adiab. metn. temp. °C	Presskake		Rått stoff	
				Temp. °C	Fuktighet kg/m ³ n t.g.	Temp. °C	Fuktighet kg/m ³ n t.g.
1800	12,97	0,0855	88,-	87,3	1,350	85,6	1,142
1600	15,12	0,0738	86,4	85,7	1,148	84,-	0,983
1400	17,9	0,0628	84,4	83,8	0,965	82,-	0,830
1200	21,8	0,0521	82,1	81,5	0,798	79,4	0,679
1000	27,2	0,0424	79,1	78,5	0,636	76,3	0,545
800	35,3	0,0336	75,1	74,6	0,485	72,3	0,416
600	48,7	0,0251	69,8	69,4	0,345	67,1	0,298
500	59,7	0,0212	66,1	65,9	0,280	63,4	0,240
400	75,7	0,0174	61,6	61,6	0,217	59,1	0,188
300	102,9	0,0137	55,6	55,7	0,156	53,4	0,1363
200	156,7	0,0102	47,6	47,8	0,099	45,5	0,0864

Som en ser vil vanlige presskake- og rått-stoff-temperaturer kunne senke mettet avgasstemperatur endel hvis gasstemperaturen foran tørken er svært høye. Ved vanlig 400-800°C foran tørken vil ikke vanlig presskaketemperatur influere nevneverdig på mettet avgasstemperatur. Vanlig rått stoff temperatur vil imidlertid kunne senke den noe (ca. 1.7°C)

G. Bruk av mettet avgass til senking av gasstemperaturen foran tørken.

Som nevnt innledningsvis kan det tenkes at mettet avgass vil kunne brukes til å regulere gasstemperaturen foran tørken, og at en da ved N-metoden kanskje vil kunne oppnå tilstrekkelig høy stofftemperatur til pressing av stoffet fra fortørken. Bruk av avgass i stedet for sekundærluft kan også tenkes å by på fordeler også når det gjelder tørking av presskake.

Ved bruk av avgass som sekundærgass til ovnen vil luftbehovet bli bare det som er nødvendig for å få en fullstendig forbrenning. Går en ut fra at der vil kreves 20 % luftoverskudd for å få fullstendig forbrenning, vil fyrgassammensetningen bli som beregnet under punkt C. Holdes dette luftoverskudd konstant vil da sammensetningen av den tørre gass foran tørken være den samme som for den tørre forbrenningsgass uansett hvor mye avgass som returneres til ovnen.

Ser en bort fra varmetap til omgivelsene, må da den varmemengde som forlater tørken i stoff og gass være lik den varmemengde som tilføres tørken i stoff og gass.

Ved 2 trinns tørking av presskake med eller uten konsentrat fra 60 til 30 % vann kan en omtrentlig regne med for fortørken

$$\begin{aligned} C_i &= 0,76 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ C_i^a &= 0,58 \text{ " } \\ t_a &= 88^\circ\text{C} \\ t_i^a &= 67^\circ\text{C} \end{aligned}$$

I det tilfelle blir $C_a \cdot t_a - C_i - t_i = 0$ og en får

For fortørken:

$$\underline{t_a(0,136H_m - 0,372) - 598H_m + 857,6 = 0}$$

Denne likning tilfredsstilles av

$$\begin{aligned} \text{Metningstemperatur } t_a &= 87,7^\circ\text{C} \\ \text{Metningsfuktighet } H_m^a &= 1,410 \text{ kg/m}^3 \text{ n t.g.} \end{aligned}$$

Ved 20 % luftoverskudd til forbrenningen vil altså ved tørking av presskake fra 60 til 30 % vann avgasstemperaturen ved full metning innstille seg på ca. 87,7°C, uansett hvor mye avgass som returneres til ovnen.

I. Mettet avgass som sekundærgass til fortørken ved 2 trinns tørking av rått og fett råstoff etter N-metoden.

Den fuktighet som fjernes fra godset må nødvendigvis være lik den fuktighet fyrgassen tar opp gjennom tørkene. Returgassen (avgass) kan ikke oppta noe. Settes

$$\begin{aligned} T_i &= \text{Tørrstoff i gods ved innløp (kg/kg)} \\ T_i^a &= \text{" " " " utløp " } \\ T_a &= \text{" " " " " " } \end{aligned}$$

så får en da:

$$G \left(1 - \frac{T_i}{T_a}\right) = (H_m - H_f) F$$

$$\underline{\underline{\frac{G}{F} = \frac{H_m - H_f}{1 - \frac{T_i}{T_a}}}}$$

Ved 2 trinns tørking av rått og fett råstoff vil en som regel kunne regne med:

$$\begin{aligned} T_i &= 30 \% \text{ (vann = 70 \%)} \\ T_i^a &= 60 \% \text{ (" = 40 \%)} \\ t_a &= 5^\circ\text{C} \\ C_i^a &= 0,82 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ C_a &= 0,64 \text{ " } \end{aligned}$$

Dette gir:

$$\frac{G}{F} = 2 (H_m - H_f)$$

Dette innsatt i likning (2) foran gir:

$$857 - 590 H_m - t_a (1,084 H_m + 0,2686) = 0$$

Denne likning tilfredsstilles av

$$t_a = 86,25^{\circ}\text{C}$$

$$H_m = 1,217 \text{ kg/m}^3 \text{ n t.g.}$$

Ved 2 trinns tørking etter N-metoden av rått og fett stoff, vil altså ved bruk av avgass som sekundærgass til ovnen kunne oppnås ca. 86°C i stoffet fra fortørken (ved 20 % luftoverskudd til forbrenningen).

K. Stoffets innløpstemperatur lik mettet avgasstemperatur.

I dette tilfelle blir $t_i = t_a$. Tar en dessuten i betraktning at spes.varme for tørrstoff i fisk vil ligge omkring $0,4 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, mens vannet ligger på $1,0$, kan en dessuten sette

$$\begin{aligned} C_i &= 1 - 0,6 T_i \\ C_a &= 1 - 0,6 T_a \end{aligned}$$

Dette sammen med

$$\frac{G}{F} = \frac{(H_m - H_f) T_a}{T_a - T_i}$$

innsatt i likning (1) foran gir da:

$$(3) H_f(q+V_f t_f) + Q_f \cdot t_f - Q_a \cdot t_a - H_m(q+V_a t_a) + t_a(H_m - H_f) = 0$$

Dette er imidlertid varmebalanse-likningen for adiabatisk avmetting av selve fyrgassen, og t_a og H_m blir da henholdsvis adiabatisk metningstemperatur og metningsfuktighet for selve fyrgassen. I dette tilfelle spiller ikke stoffets innløps- og utløpsfuktighet noen rolle, og som før nevnt heller ikke retur-gassmengden.

Hvis stoffets innløpstemperatur er lik avgasstemperaturen, vil altså avgassens temperatur og fuktighet ved metning være lik fyrgassens adiabatiske metningstemperatur og metningsfuktighet, uansett retur-gassmengde eller stofffuktighet ved innløp og utløp.

Ved 20 % luftoverskudd ved forbrenningen blir da

$$t_a = 88,3^{\circ}\text{C}$$

$$H_m = 1,50 \text{ kg/m}^3 \text{ n t.g.}$$

L. Mettet avgasstemperatur ved forskjellige stoffbetingelser ved bruk av retur-gass.

I etterfølgende tabell 8 er vist hvordan mettet avgasstemperatur vil variere med stoffets innløpstemperatur for rått stoff og presskake (eventuelt med konsentrat) ved forskjellig fuktighet i stoffet fra tørken.

Tabell 8.

	Rått stoff		Presskake	
Vann i stoff til tørken	0,75 kg/kg		0,55 kg/kg	
Tørrstoff i stoff til tørken	0,25 "		0,45 "	
Spes.varme for stoff til tørken	0,85 kcal/kg ^o C		0,73 kcal/kg ^o C	
Fuktighet i stoff fra tørken	10 %	50 %	10 %	30 %
Spes.varme for stoff fra tørken	0,44	0,70	0,44	0,58
<u>Forbrenning med 20 % luftoversk.</u>	$t_a =$	$t_a =$	$t_a =$	$t_a =$
Mettet avgasstemperatur ved temp. i innløpsstoff: $t_i = 0^{\circ}\text{C}$	86,70 ^o C	86,06 ^o C	86,36 ^o C	85,68 ^o C
" $= 20$ "	87,06 "	86,53 "	86,81 "	86,22 "
" $= 40$ "	87,40 "	87,04 "	87,27 "	86,80 "
" $= 60$ "	87,76 "	87,54 "	87,74 "	87,39 "
" $= 80$ "	88,13 "	88,07 "	88,12 "	88,03 "
" $= t_a$ "	88,28 "	88,28 "	88,28 "	88,28 "
" $= 95$ "	88,40 "	88,46 "	88,44 "	88,48 "

Som det fremgår av tabellen influeres avgasstemperaturen relativt lite av selv ganske store variasjoner i stofftemperatur og stofffuktighet. Innløpstemperaturen for presskake vil sjelden være under 60^oC. Antakelig vil den i de fleste tilfeller ligge omkring 80^oC.

Ved tørking av presskake kan en derfor regne med at mettet avgasstemperatur ved bruk av retur-gass vil ligge temmelig nær den adiabatisk metningstemperatur før fyrgassen, uansett hvilken fuktighet der er i stoffet fra tørken.

M. Temperatur og fuktighet i gassen foran tørken ved bruk av avgass som sekundærgass.

Går en ut fra forbrenning med 20 % luftoverskudd, og fyrgassforhold som under p. C foran, og ellers opphetningsvarme for tørr fyrgass (som er den samme for tørr retur-gass) ut fra plansje 2, og for vanddamp ut fra plansje 3, får en

Tabell 9.

Gass-temp. foran tørken °C	Opphetningsvarme		Tørr retur-gass m ³ n/kg olje	Tørr gass-bland. til tørken m ³ n/kg olje	Fukt. i gass foran tørke kg/m ³ n t.g.	Volum av mettet ret.gass m ³ /kg olje (88,3°C)	Normal volum av mettet retur-gass m ³ n/kg olje
	Tørr fyrgass kcal/m ³ n°C	Vann-damp kcal/kg°C					
1870	0,382	0,570	0	12,37	0,0895	0	0
1600	0,377	0,558	0,85	13,22	0,187	3,12	2,36
1400	0,372	0,539	1,73	14,10	0,262	6,35	4,71
1200	0,366	0,524	3,-	15,37	0,364	11,-	8,33
1000	0,359	0,509	4,82	17,2	0,485	17,7	13,4
800	0,352	0,493	7,75	20,1	0,633	28,4	20,8
600	0,344	0,477	13,-	25,4	0,812	47,7	36,2
500	0,339	0,469	17,6	30,-	0,917	64,6	48,-
400	0,335	0,462	25,1	37,5	1,035	92,2	69,9
300	0,331	0,456	39,6	52,-	1,162	145,-	110,-
200	0,326	0,450	80,5	92,9	1,313	296,-	224,-
100	0,322	0,446	808,-	820,4	1,480	2965	2245

Sammenlikner en tabell 9 foran med den tilsvarende tabell 3 hvor der brukes atmosfæreluft som sekundærluft til tørken, ser en at der er liten forskjell i det normalvolumet av henholdsvis luft og mettet avgass som trenges for å oppnå samme temperatur foran tørken, i hvert fall når denne temperatur ligger over 300°C. Ved temperatur under 300°C må en derimot bruke mer mettet avgass enn atmosfæreluft for å få samme temperatur, men dette kommer av avgassens temperatur ligger på 88°C mens luftens temperatur bare er 0°C.

Sammenholder en tabell 9 med tabell 5 foran, ser en at fuktigheten i gassen foran tørken er meget lav og synker med synkende temperatur ved bruk av atmosfæreluft som sekundærluft til ovnen, mens den ved bruk av avgass stiger ganske meget med synkende temperatur. Ved f.eks. 200°C foran tørken er fuktigheten hele 1,313 kg/m³n t.g. = ca. 88 % av fuktigheten i mettet avgass ved bruk av avgass som sekundærgass, mens den ved atmosfæreluft som sekundærgass er bare 0,0102 kg/m³n t.g. = ca. 10 % av den adiabatisk metningsfukt.(0,100 kg/m³n t.g.). Den fuktighet som gassen foran tørken kan oppta er i første tilfelle 1,530 - 1,313 = 0,287 kg/m³n t.g. mot i andre tilfelle 0,100 - 0,0102 = 0,0898 kg/m³n t.g.

Fuktighetsfallet fra gods til gass vil således være flere ganger større i første enn i annet tilfelle, og dette må antas å medføre at tørkehastigheten i hvert fall ikke vil bli mindre og dermed heller ikke tørketiden lenger i første enn i andre tilfelle. Antakelig vil bruk av avgass som sekundærgass gi hurtigere tørking enn luft som sekundærgass.

N. Varmeøkonomi ved direkte fygassstørking med atmosfæreluft og avgass som sekundærgass til tørken.

Hvordan brenselsbehovet for borttørking av en bestemt vannmengde og dermed varmeøkonomien vil bli ved de forskjellige tørkebetingelser, lar seg lett beregne ut fra tørkegassens fuktighetsopptakelse og gassmengden pr. kg fyrolje.

Med atmosfæreluft som sekundærgass til tørken vil fuktigheten i gassen til tørken og i mettet avgass variere med innløps-temperaturen som vist i tabell 7, under vanlige stoffbetingelser for tørking av presskake og rått stoff. Ut fra verdiene i tabell 7 finner en da:

Stofftemp. ved innløp Tørrstoffinnh. ved innløp " utløp	Presskake		Rått stoff	
	$t_i = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$		$= 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	
	$T_i = 0,45 \text{ kg/kg}$		$= 0,25 \text{ kg/kg}$	
	$T_a = 0,90 \text{ "}$		$= 0,50 \text{ "}$	
Gasstemperatur foran tørken $^\circ\text{C}$	Fordampet vann kg/kg olje	Varmeforbruk kcal/kg vann	Fordampet vann kg/kg olje	Varmeforbruk kcal/kg vann
1800	16,40	610	13,76	727
1600	16,37	611	13,74	728
1400	16,32	612	13,72	729
1200	16,25	615	13,68	731
1000	16,13	620	13,62	734
800	15,93	627	13,50	740
600	15,62	640	13,30	752
500	15,42	649	13,12	762
400	15,10	662	12,90	775
300	14,65	682	12,60	793
200	13,90	720	11,93	838

Som en ser er variasjonen i varmeforbruket relativt liten ved temperaturer over ca. 800°C på gassen til tørken. Ved temperaturer under ca. 800°C stiger varmeforbruket forholdsvis mye med synkende temperatur, og dessto mer jo lavere temperaturen er.

For varmeøkonomien er det derfor en fordel med høyst mulig temperaturer på gassen til tørken når der brukes atmosfæreluft som sekundærgass til tørken.

Ved bruk av mettet avgass som sekundærgass til tørken vil som før nevnt temperatur og fuktighet i avgassen være konstant og bestemt av fyringsbetingelsene, eller med andre ord av luftoverskuddet ved forbrenningen. Temperatur og fuktighet i avgassen vil i dette tilfelle bli som ved tørking med bare fygass uten sekundærgass. Varmeforbruket og dermed varmeøkonomien vil bli som ved tørking med fygass uten sekundærgass. Som konklusjon med hensyn til varmeøkonomien kan derfor sies:

Ved bruk av avgass som sekundærgass til tørken vil varmeforbruket og dermed varmeøkonomien bli som ved tørking med fygass uten sekundærgass, altså uavhengig av sekundærgassmengden og atskillig bedre enn ved bruk av atmosfæreluft som sekundærgass til tørken, spesielt ved lavere gasstemperaturer foran tørken.

Ved f.eks. 600°C foran tørken vil besparelsen ved returgass i stedet for atm. som sekundærgass bli omtrent:

Presskake:	640-610	= 30 kcal/kg v	= ca. 5	%
Rått stoff:	752-727	= 25	= "	3,3 "

Sammendrag.

Ved direkte tørking med fygass brukes vanligvis atmosfæreluft til nedkjøling av fygassen til passende temperatur før innløpet til tørken. Vanligvis regnes da med at tørkegassens fysiske tilstandsforandringer under tørkingen vil følge de samme kurver som vanlig luft. Fygassene har imidlertid en sammensetning nokså forskjellig fra luft, og vil derfor heller ikke følge de samme tilstandskurver, spesielt ikke ved høyere utgangstemperaturer. Av plansje 2 fremgår det således at den gjennomsnittlige opphetningsvarmen (spes.varme) for forskjellige luft-fygassblandinger vil bli nokså forskjellig fra luft, spesielt ved høyere temperaturer.

Ved samme temperatur og totaltrykk vil metningstrykket og dermed metningsfuktigheten pr. volumenhet være den samme uansett om det gjelder luft eller fygass, og hvordan denne fuktighet varierer med temperaturen fremgår av plansje 4a og 4 b.

I en varmeisolert gasstørke hvor tørkegassen går i medstrøm med tørkegodset vil forholdene være temmelig nær adiabatiske, og hvis stoffets temperatur ved innløp og utløp er nær den adiabatiske metningstemperatur for gassen, vil tilstandsforandringen under tørkingen følge noenlunde kurvene i plansje 5 for fygass-luftblandinger, og kurvene i plansje 6 for ren luft. Ved sammenlikning av de to plansjene fremgår at ved samme gasstemperatur foran tørken vil den adiabatiske metningstemperatur bli noe høyere for fygass-luftblandinger enn for ren luft, spesielt ved høyere temperatur foran tørken.

Stoffets innløps- og utløpsfuktighet vil kunne influere noe om enn ubetydelig, på mettet avgasstemperatur. Det samme gjelder stoffets innløpstemperatur, og dessto mer jo mer forskjellig den er fra den adiabatiske metningstemperaturen.

I stedet for luft kan tenkes brukt mettet avgass fra tørken til regulering av gasstemperaturen foran tørken. I det tilfelle vil avgasstemperaturen bli uavhengig av blandingsforholdet avgass/fygass og dermed også av gasstemperaturen foran tørken. Mettet avgasstemperatur vil da bare influeres av stofftemperaturen foran tørken og luftoverskuddet ved forbrenningen av fyroljen. Vanninnholdet i stoffet før og etter tørken vil også kunne influere ubetydelig.

Ved fortørking av vanlig varm presskake fra ca. 60 til ca. 30 % fuktighet ved ca. 20 % luftoverskudd ved forbrenningen av fyroljen, vil mettet avgasstemperatur bli konstant = ca. 88°C , uansett hvor mye avgass som returneres til tørken.

Ved Notevarp-metoden med vanlig kaldt råstoff (ca. 5°C) og 20 % luftoverskudd ved forbrenningen vil mettet avgasstemperatur fra fortørken bli konstant = ca. 86°C .

Hvis stoffets innløpstemperatur er lik avgasstemperaturen vil avgassens temperatur og fuktighet ved metning være lik fyrgassens adiabatisk metningstemperatur og -fuktighet, uansett retur-gassmengde eller stofffuktighet ved innløp og utløp. Ved 20 % luftoverskudd vil da avgasstemperaturen være konstant = ca. 88°C.

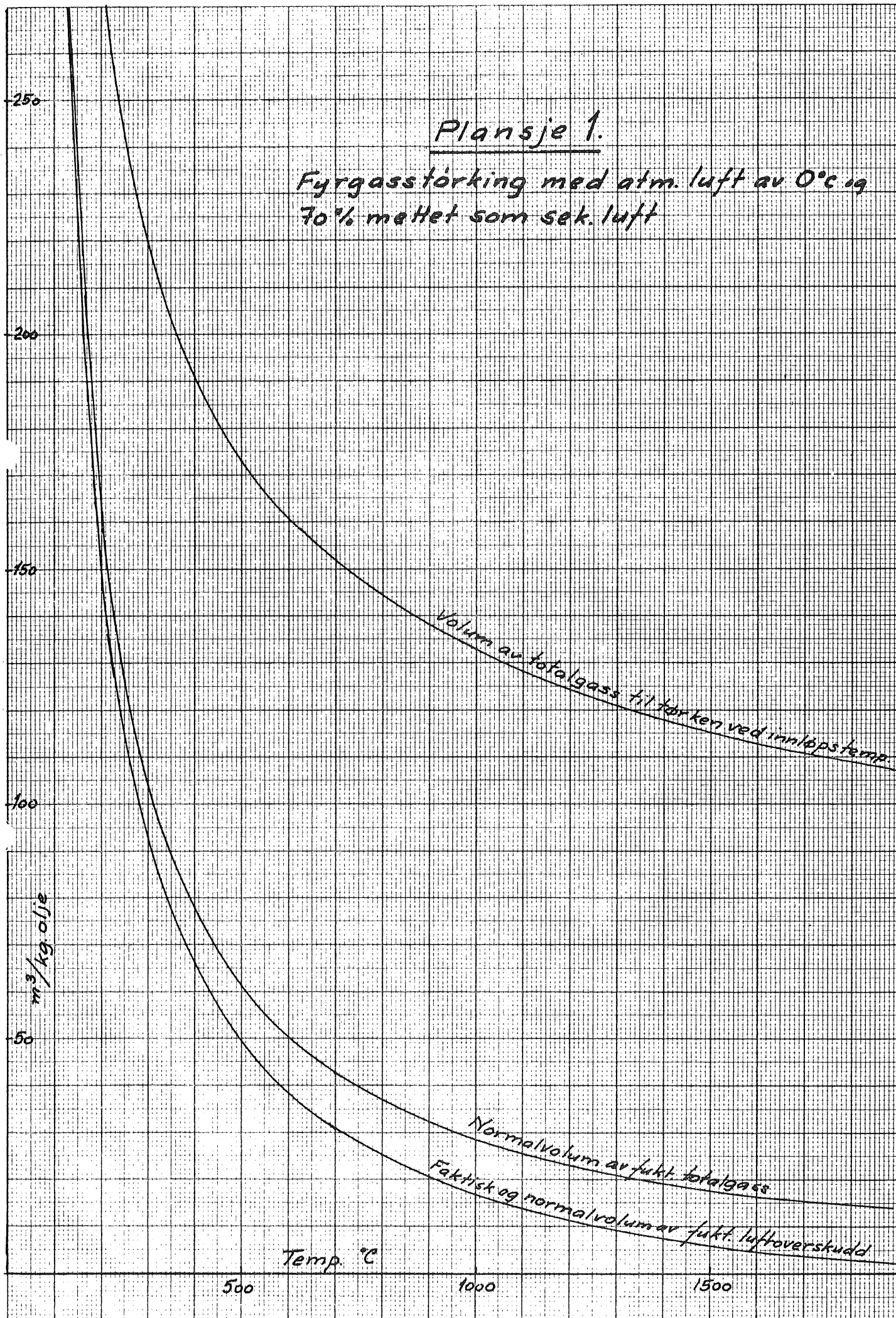
Ved bruk av mettet avgass til regulering av gasstemperaturen foran tørken vil fuktigheten i gassen både ved innløp og utløp bli atskillig større enn ved bruk av luft. Den fuktighet som gassen kan oppta pr. m³n og dermed også fuktighetsfallet godsgass, vil imidlertid bli flere ganger større i første enn i annet tilfelle.

Dette må antas å gi hurtigere tørking ved bruk av avgass enn ved bruk av luft til regulering av gasstemperaturen foran tørken.

Bruk av avgass til regulering av gasstemperaturen vil også gi noe bedre varmeøkonomi enn bruk av luft.

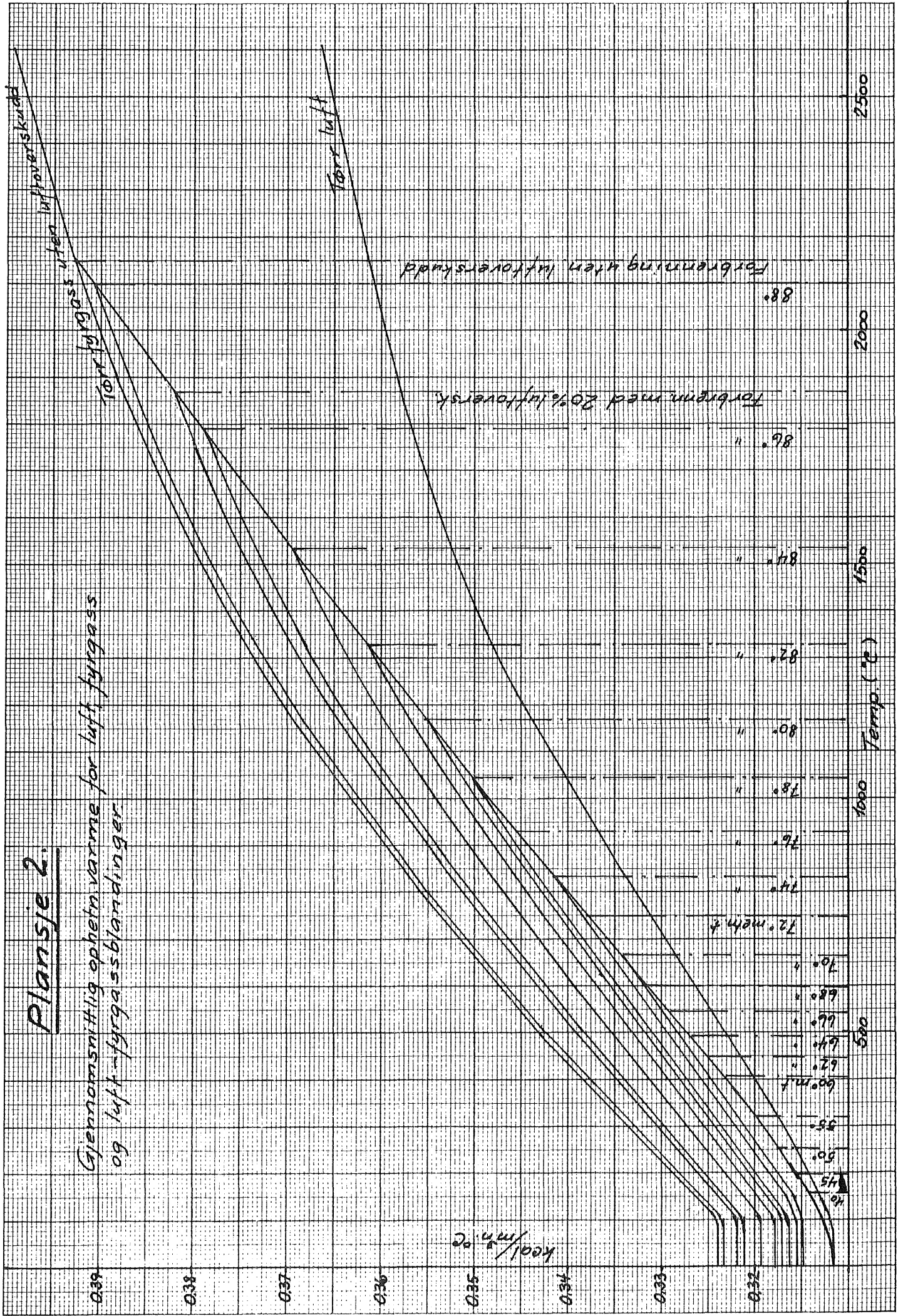
Plansje 1.

Fyrgass tørking med atm. luft av 0°C i g
70% mettet som sek. luft



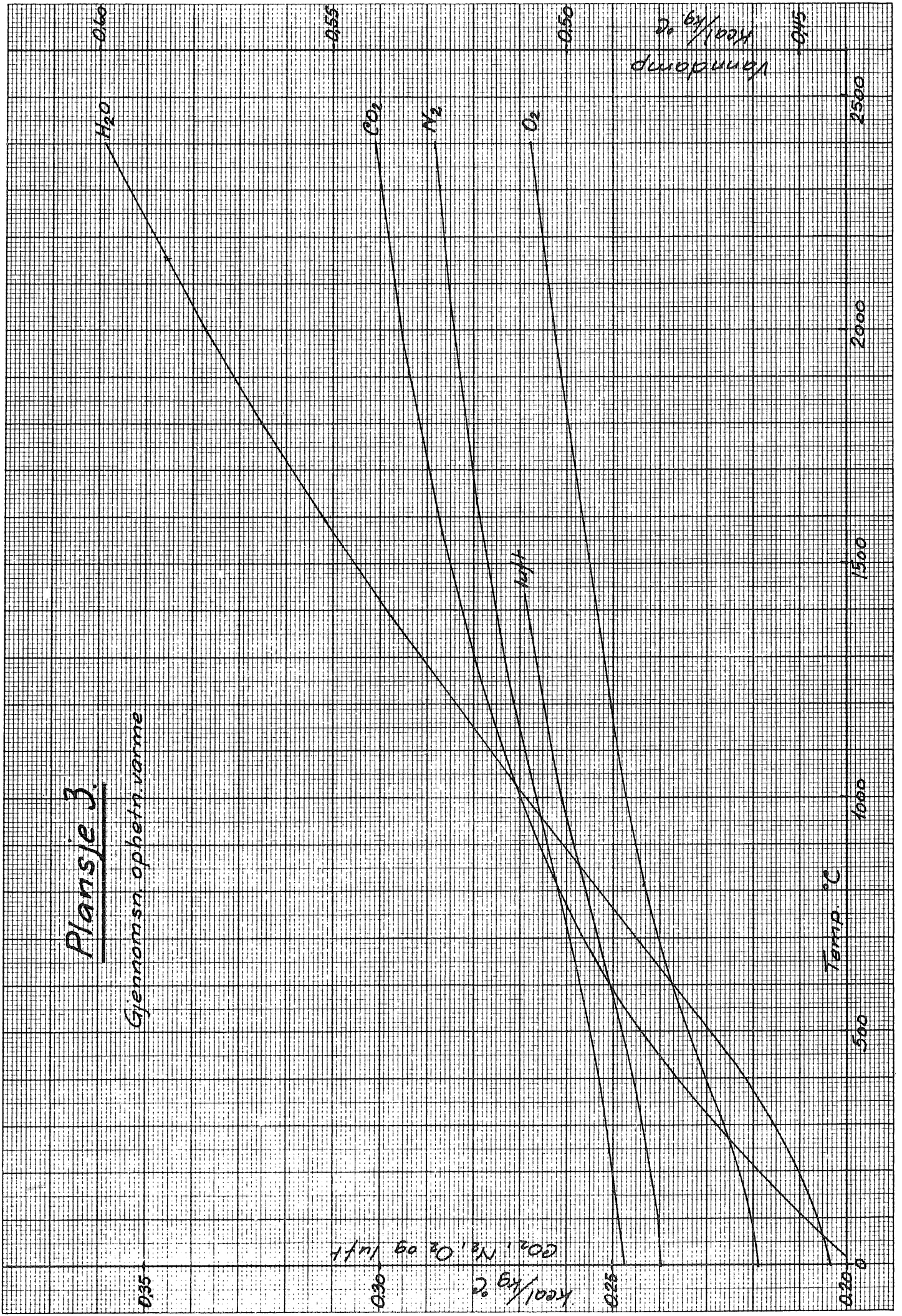
Plansje 2.

Gjennomsnittlig opbeholdt varme for luft, fygass og luft-fygassblandinger



Plansje 3

Gjennomsn. opbeta. varme



Plansje 4a.

Fuktighetsdiagram
for
luft og fygass

0.25

0.20

0.15

0.10

0.05

Fukt. i kg/m^3 tørr gass

Temp

40

50

60 °C

100% mettet

80%

60%

40%

20%

Plansje 4b.

Fuktighetsdiagram
for
luft og fyrqass.

2.5

2.0

1.5

1.0

0.5

60

70

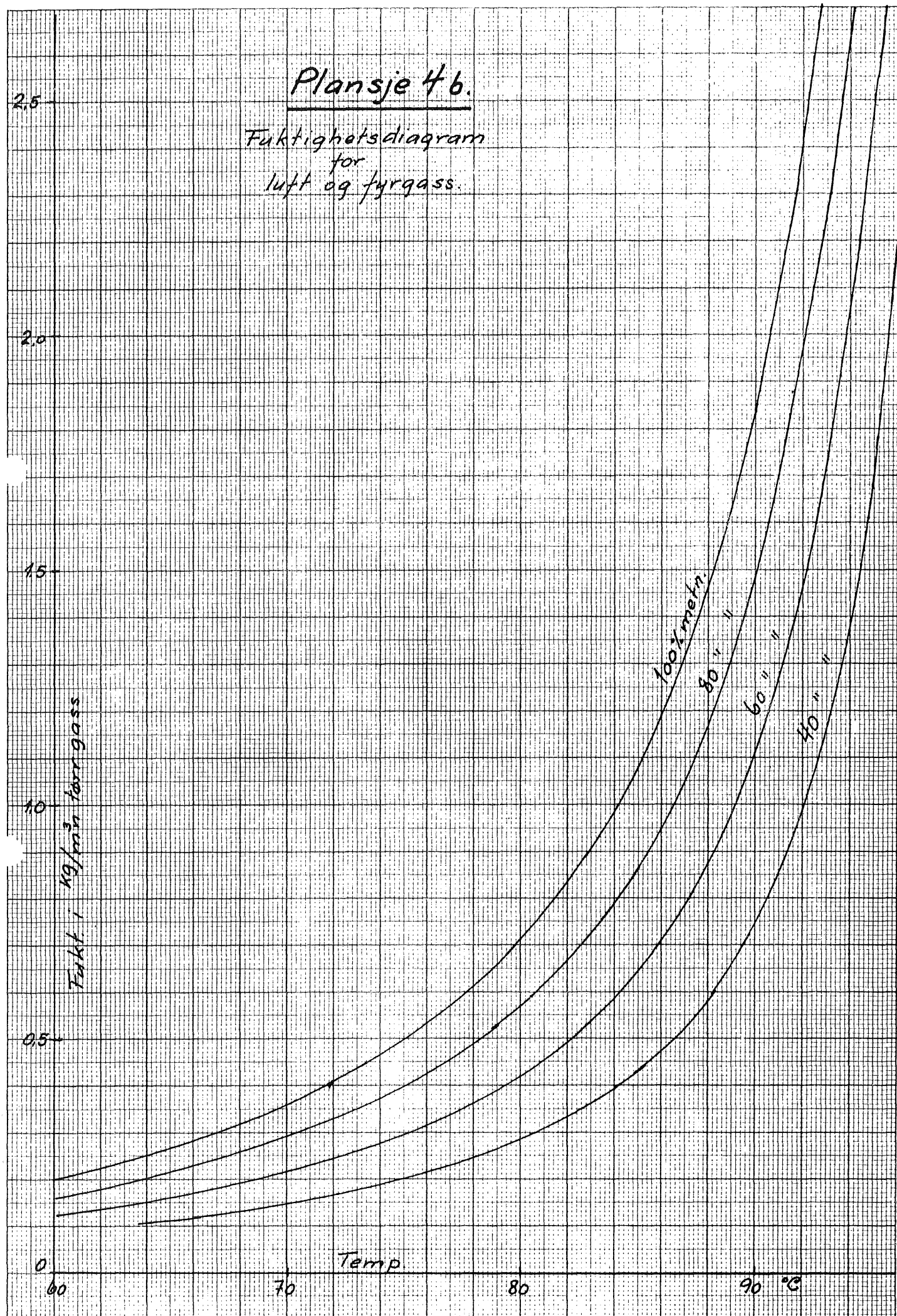
80

90 °C

Fukt i kg/m^3 fyrqass

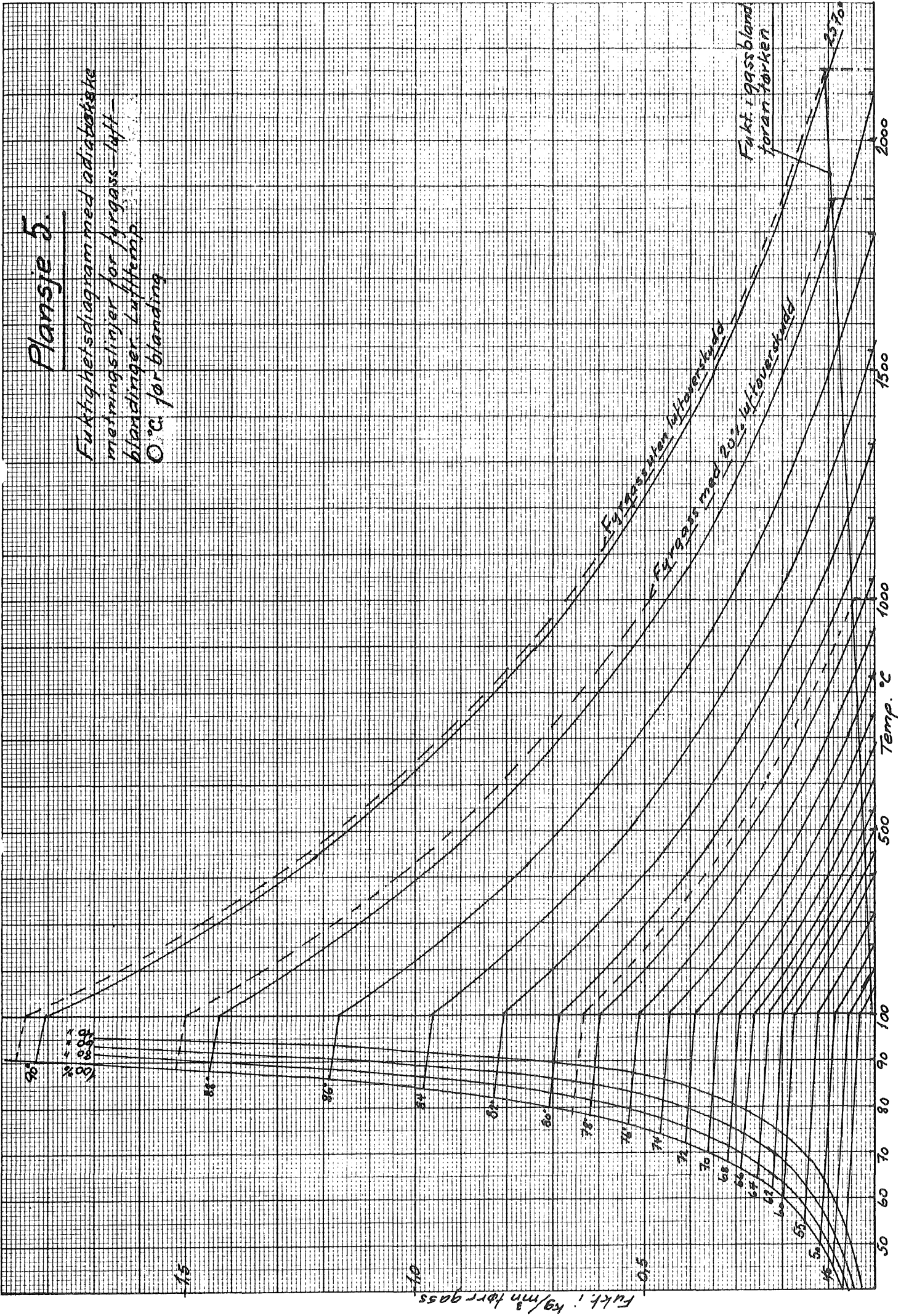
Temp

100% mekn
80 "
60 "
40 "



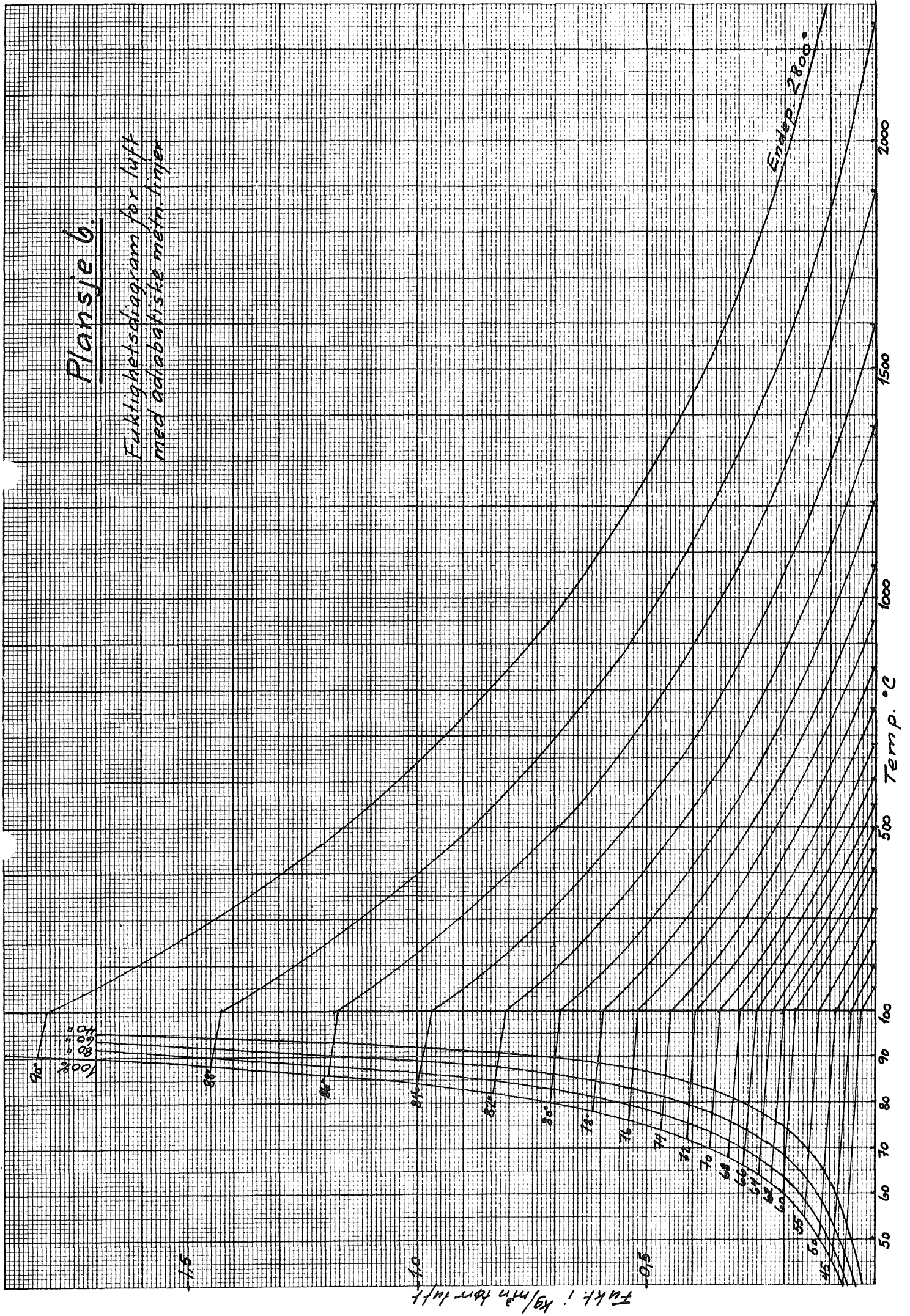
Plansje 5.

Fuktighetsdiagram med adiabatiske
 måtningslinjer for fuggass-luft-
 blandinger. Lufttemp
 0°C for blanding



Plansje b.

Fuktighetsdiagram for luft
med adiabatiske metn. linjer



Plansje 7.

Tyrgass-luft blandinger.
Luft av 0°C og 70% metn.
50m sek. luft

05-015

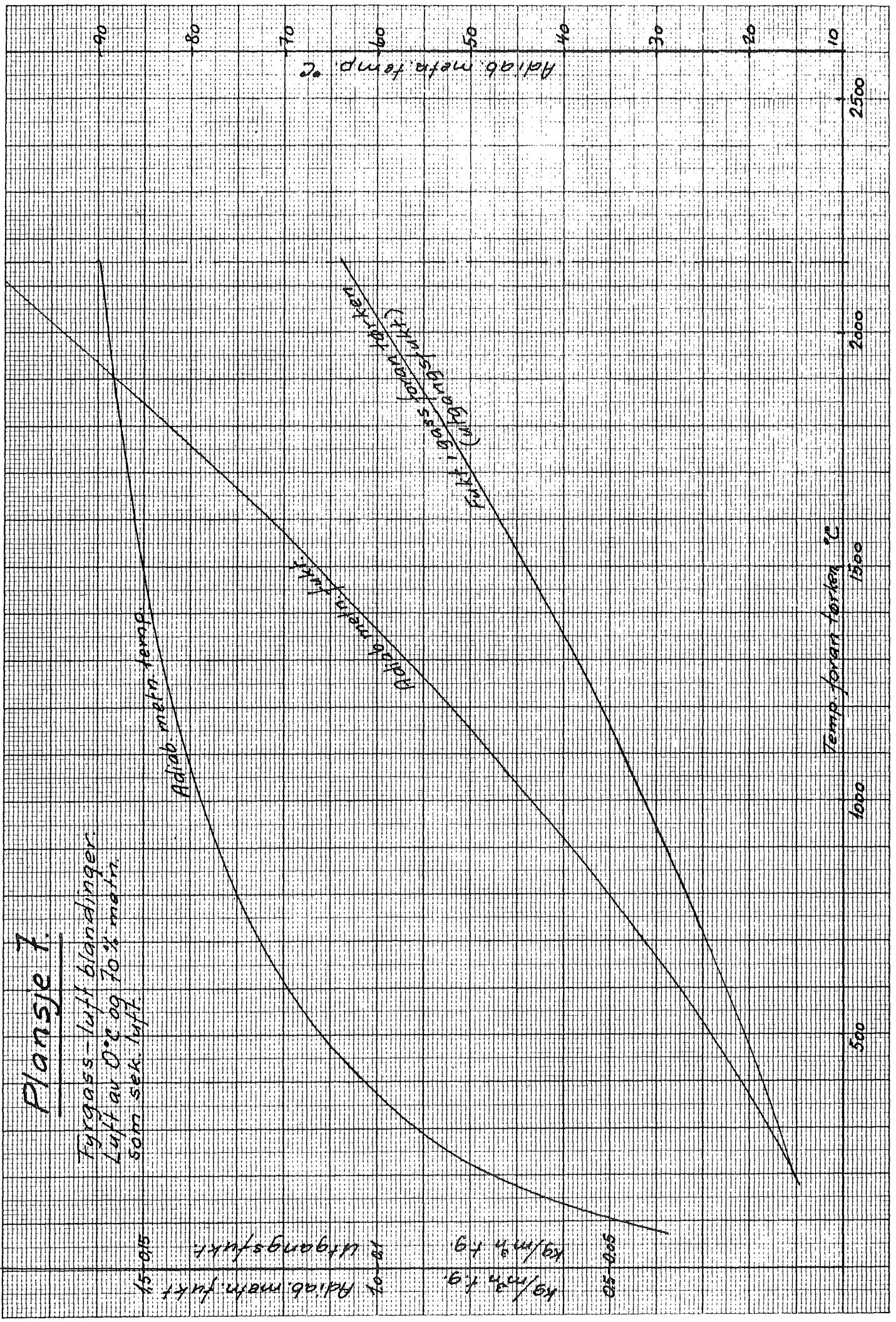
07 Adiab. metn. fukt.

18 Utgangs fukt.

kg/m³ f.g.

kg/m³ f.g.

05-005



Adiab. metn. temp.

Adiab. metn. fukt

Fukt i 50% sek. luft (100% metn. fukt)

Temp. foran tørker °C

500

1500

2000

2500

90

80

70

60

50

40

30

20

10

Adiab. metn. temp. °C

