

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O - 96/64

Oksygeneringsmålinger i langtidslufter

av fabrikat Alfsen & Gundersen A/S.

Saksbehandler: Siv.ing. T.Simensen.

Rapporten avsluttet 19.oktober 1966.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E:

Side:

1.	INNLEDNING	4
2.	TEORETISK BAKGRUNN FOR BEREKNING AV OKSYGENERINGSKAPASITET	4
3.	BESKRIVELSE AV RENSEANLEGGET	6
4.	BESKRIVELSE AV FORSØKENE	7
5.	MÅLERESULTATER	8
6.	BESTEMMELSE AV ANLEGGETS OKSYGENERINGSKAPASITET	9
7.	DISKUSJON AV FORSØKSRESULTATENE	9
8.	SAMMENLIGNING MED ANDRE ANLEGG	10
9.	FORHOLDET OKSYGENBEHOV-OKSYGENERINGSKAPASITET	10
10.	LITTERATURHENVISNING	12

T A B E L L F O R T E G N E L S E:

Tabell 1.	Forsøksbetingelser	13
"	2. Målte oksygenkonsentrasjoner	14
"	3. Gjennomsnittsverdier av målte oksygenkonsentrasjoner	15
"	4. Beregnede verdier av $\ln \frac{C_m - C_o}{C_m - C_i}$ og Z i likning [8]	16
"	5. Beregnede verdier av oksygeneringskapasitet og kraftforbruk.	17

FIGURFØRTEGNEELSE:

- Fig. 1. Diffusjonskonstantens variasjon med temperatur
- " 2. Snitt gjennom renseanlegg med angivelse av målepunktenes plassering.
- " 3. O₂-opptak serie 1.
- " 4. " " serie 2.
- " 5. " " serie 3.
- " 6. " " serie 4.
- " 7. " " serie 5.
- " 8. " " serie 6.
- " 9. " " gjennomsnittsverdier for seriene 1 - 6.
- " 10. Grafisk fremstilling av likning [8], seriene 1,2 og 3.
- " 11. " " " " " , seriene 4,5 og 6.
- " 12. Oksygeneringskapasitet som funksjon av luftmengde og kraftforbruk.
- " 13. Sammenlikning med tyske oksygeneringsmålinger etter Bischofsberger, W. og Stalman, V.
- " 14. Driftsnomogram for kloakkrenseanlegg av fabrikat Alfsen & Gunderson A/S, type mammutlufter med luftvolum 11 m³.

1. INNLEDNING

For å bestemme oksygeneringskapasiteten på luftningsenheten i en kloakkrenseseptotyp, basert på prinsippet mammutlufter av fabrikat Alfson & Gunderson A/S, gjennomførte vårt institutt den 16/6 og 17/6 1966 en serie forsøk under varierende driftsbetingelser.

Oksygenkonsentrasjonene ble målt i vannprøver pumpet fra fire målepunkter, tre beliggende i den egentlige luftetank og et i sedimenterings-tanken nær spalteåpningen mellom de to.

Prøvene ble tatt ved forskjellige luftmengder tilført luftningsenheten både med slamsirkulasjonrøret avstengt og i drift.

På bakgrunn av de utførte oksygenmålinger og data for tilførte luftmengder og strømforbruk oppgitt fra Alfson & Gunderson A/S, har vi beregnet den gjennomsnittlige oksygeneringskapasitet og -effektivitet for lufteenheten, angitt henholdsvis som g O₂/t og g O₂/kwh under forskjellige driftsbetingelser.

Disse resultatene er ført inn i et driftsnomogram som gjelder for denne spesielle anleggstypen, og kan tjene som en god rettleiding under drift av slike anlegg.

2. TEORETISK BAKGRUNN FOR BEREGNING AV OKSYGENERINGSKAPASITET

Oksygeneringsevnen for en luftningsenhet i et kloakkrenseseanlegg kan beregnes som en parameter (absorpsjonshastighet for oksygen i g/t i fullstendig deoksygenert vann ved 10°C) for vurdering av enhetens kapasitet med hensyn til oksygentilførsel og driftsomkostninger.

Metoden ble allerede i 1934 anvendt av Kessener og Ribbius og er senere videreutviklet av Pasveer (1), (2).

Ved tilførsel av oksygen til vann, kan oksygeneringshastigheten uttrykkes ved følgende formulering:

$$\frac{dc}{dt} = \frac{A}{V} \cdot f \cdot (C_m - c) \quad [1]$$

Diffusjonen er avhengig av flere faktorer, slik som den effektive overflate (A) og vannvolumet (V), samt en rekke andre fysiske forhold som

inkluderes i koeffisienten (f). Hovedfaktoren er imidlertid differansen mellom metningsverdien for oksygen i vann ved den temperatur forsøket utføres (C_m), og vannets øyeblikkelige oksygenkonsentrasjon C . Denne differansen ($C_m - C$) betegnes som vannets oksygendeficit.

Ved å benytte Pasveers uttrykk for koeffisienten (f) kan oksygeneringshastigheten uttrykkes ved følgende ligning som er en modifisert form av Stefans forenkling av Ficks lov:

$$\frac{dc}{dt} = 2n \cdot \frac{A}{V} \sqrt{\frac{k_t}{\pi}} t' (C_m - C) \quad [2]$$

der

- $\frac{dc}{dt}$ er oksygeneringshastighet $[M L^{-3} T^{-1}]$
 n er fornyelseshastigheten av grenseskiktet $[T^{-1}]$
 A er arealet av grenseskiktet mellom luft og vann $[L^2]$
 V er det luftede vannvolum $[L^3]$
 k_t er en diffusjonskonstant $[L^2 T^{-1}]$
 t' er levetiden for grenseskiktet $[T]$
 C_m er metningskonsentrasjoner for oksygen $[M L^{-3}]$
 C er vannets øyeblikkelige oksygenkonsentrasjon $[M L^{-3}]$

Uttrykket $2N \sqrt{\frac{k_t}{\pi}}$ karakteriserer luftningsenhetens egenskaper med hensyn til grenseskikt og turbulensdannelse og kan betraktes som en konstant for et gitt anlegg. Den blir her benevnt oksygeneringskoeffisienten K slik at utgangsligningen kan skrives

$$\frac{dc}{dt} = \frac{K}{V} (C_m - C) \quad [3]$$

Ved integrasjon og innføring av grensevilkårene

$C = C_0$ når $t = t_0$ og $C = C_1$ når $t = t_1$, får vi

$$K = \frac{V}{t_1 - t_0} \ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_1} \quad [4]$$

Størrelsen av denne koeffisienten kan enkelt bestemmes for en gitt luftningsenhet under bestemte forhold.

Luftningsenhetens oksygeneringskapasitet OC' kan da skrives som

$$OC' = \frac{dc}{dt} = (C_m - C) \frac{1}{t_1 - t_0} \ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_1} \quad [5]$$

For å kunne sammeligne forskjellige forsøk kreves en omregning til standard betingelser som, ifølge Pasveer er satt til 10°C , 760 mm barometertrykk og null oppløst oksygen.

Standard oksygeneringskapasitet, (OC) , må derfor uttrykkes som:

$$OC = \frac{C_m(10)}{t_1 - t_0} \cdot \sqrt{\frac{k_{10}}{k_t}} \ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_1} \quad [6]$$

der

$C_m(10)$ = metningskonsentrasjonen for oksygen ved 10°C

Etter Truesdale (5) er $C_m(10) = 10,92 \text{ mg/l}$

$\frac{k_{10}}{k_t}$ = korreksjonsfaktor for diffusjonskonstanten,
verdier beregnet av Pasveer er gjengitt i fig. 1.

Omregning til andre temperaturer og trykk kan utføres ved at

$$OC_{t_1 p_1} = OC \cdot \frac{C_m t}{C_m(10)} \cdot \frac{p}{760} \cdot \sqrt{\frac{k_t}{k_{10}}} \quad [7]$$

der

$OC_{t_1 p_1}$ er kapasitet for oksygenering ved temperatur $t^\circ\text{C}$ og trykk p i mm Hg

C_{mt} er metningskonsentrasjonen for oksygen ved $t^\circ\text{C}$

Når tiden (t) uttrykkes i timer og $C_m(10)$ i mg/l får vi OC i mg/l. t eller $\text{g/m}^3 \cdot t$. Ofte er det fordelaktig å uttrykke et anleggs yte-evne i g/t som derpå kan multipliseres med det luftede vannvolum.

3. BESKRIVELSE AV RENSEANLEGGET

Renseanlegget, av fabrikat Alfson & Gunderson A/S, er en prefabrikkert sirkulær enhet som består av en ytre luftetank og en indre sedimenteringstank. En mammutpumpe sørger for sirkulasjon av det aktive slam. Luft

kan tilføres luftetanken fra en høytrykksvifte gjennom 12 stigerør plassert med jevne mellomrom ved vannoverflaten. Utformingen og dimensjoner er vist i fig. 2. Ved normal vannstand er luftetankens vannvolum beregnet til ca. 11 m^3 og sedimenteringstanken til 2 m^3 , tilsammen 13 m^3 .

4. BESKRIVELSE AV FORSØKENE

Vannstanden og stigerørenes stilling var som ved normal drift av anlegget. Luftmengden ble variert ved struping i luftekanalen mellom viften og luftningsenheten og målt med anemometer og pitotrør.

Det ble ialt utført seks forsøksserier, nummerert fra 1 til 6.

Ved forsøksseriene 1, 2 og 3 var sirkulasjonsrøret stengt, alle 12 stigerør i drift, og varierende luftmengder ble tilført.

Ved forsøksseriene 4 og 5 var sirkulasjonsrøret åpnet, bare 6 stigerør i drift og forskjellige luftmengder ble igjen tilført.

I den siste serien, nr. 6 var også sirkulasjonsrøret åpent mens 12 stigerør var i drift.

Før forsøksserie 1 ble pH målt og justert til pH 8,5 med Na_2CO_3 og senere kontrollmålt for hver serie.

Nødvendig mengde $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ for deoksygenering ble beregnet på grunnlag av målinger av oksygenkonsentrasjonen i vannet før hver forsøksserie, slik at tilsetningen av kjemikaliet ikke skulle gi overskudd av sulfitt og dermed mulighet for dannelselse av svoveldihydrogen i tanken. Koboltklorid ble tilsatt som katalysator i en mengde (4 mg/l) som fra tidligere forsøk er funnet optimal.

Det ble ikke skiftet vann i tanken mellom forsøkene. På grunn av rust i tanken hadde vannet høy farve.

Prøver ble tatt samtidig fra 4 målepunkter i anlegget, plasseringen fremgår av fig. 2 og følgende tabell:

Punkt nr.	Dybde under vannoverflaten cm	Avst. fra anleggets yttervegg cm
1	35	40
2	150	40
3	270	105
4	260	130

Ved forsøk med stengt sirkulasjonsrør (seriene 1, 2 og 3) er åpningen under sedimenteringstanken den eneste forbindelse mellom indre og ytre beholder. Det vil da foregå bare en ganske liten innblanding av vann fra den indre beholder slik at vi har forutsatt at bare vannvolumet i luftetanken (11 m^3) tok del i reaksjonen. Selv med sirkulasjonsrøret i full drift er det svært liten blanding som oppnås sett i relasjon til det meget større volum i luftetanken.

5. MÅLERESULTATER

Tabell 1 angir forsøksbetingelsene med hensyn til luftmengder, trykk og tilført effekt etter data innhentet fra Alfsen & Gunderson A/S, samt de målte temperaturer og pH-verdier. Den angitte effekt er beregnet som teoretisk kraftbehov ut i fra den målte luftmengde og totaltrykket over viften.

De målte oksygenkonsentrasjoner finnes i tabell 2 og gjennomsnittsverdiene for målepunktene 1, 2 og 3 i tabell 3.

Ved visse forsøksserier ga målepunkt 4 forholdsvis høye oksygenkonsentrasjoner etter en tids luftning. På grunnlag av de hydrauliske forhold synes det likevel rimelig å anta at det vannvolum som dette målepunktet representerer er så lite at disse verdiene kan neglisjeres. De målte oksygenkonsentrasjoner i målepunktet 4 gir heller ikke grunnlag for en volumetrisk korreksjon for den indre beholder.

En grafisk fremstilling av forandringen i oksygenkonsentrasjonen som funksjon av lufttetiden er gitt i figurene 3 til 9.

6. BESTEMMELSE AV ANLEGGETS OKSYGENERINGSKAPASITET

I henhold til den tidligere angitte formel for oksygeneringskapasitet kan man skrive

$$OC = \frac{10,92}{t_1 - t_0} \sqrt{\frac{K_{10}}{K_t}} \ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_1}$$

eller i en liniær form

$$Z = OC (t_1 - t_0) = 10,92 \sqrt{\frac{K_{10}}{K_t}} \ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_t} \quad [8]$$

Ved grafisk å fremstille Z mot $(t_1 - t_0)$ kan OC måles direkte som linjens stigningsforhold.

Tabell 4 angir de utregnede verdier basert på gjennomsnittsverdiene i tabell 3, og i figurene 10 og 11 er forholdet fremstilt grafisk og den rette linjen trukket. Herav finnes OC verdiene som er angitt i tabell 5 og vist grafisk som funksjon av lufttilførsel og kraftforbruk i fig. 12.

7. DISKUSJON AV FORSØKSRESULTATER

Når en tar i betraktning den nøyaktighet som kan oppnås ved slike målinger viser forsøksseriene 1, 2 og 3, fig. 10, god overensstemmelse med det teoretiske rettlinjede forholdet. Dette styrker antagelsen om at vannvolumet i den indre beholder, sedimenteringstanken, ikke tar del i reaksjonen i nevneverdig grad. En tendens i retning av et mer kurvet forløp synes å gjøre seg gjeldende for seriene 4, 5 og 6, fig. 11, noe som kan skyldes utvekslingen av vann gjennom sirkulasjonsrøret. På grunn av denne sirkulasjon må de beregnede verdiene for seriene 4, 5 og 6 ansees som vesentlig mindre nøyaktige enn verdiene fra seriene 1, 2 og 3.

Figur 12 viser at resultatene fra forsøkene med 6 stigerør i drift gir resultater som ligger nær opp til de med 12 rør i drift. Selv om resultatene ikke gir grunnlag for en definitiv konklusjon, synes de å tyde på at det er liten forskjell i oksygeneringseffektiviteten ved de to alternativer, spesielt ved midlere luftmengder ($300 - 400 \text{ m}^3/\text{t}$).

8. SAMMENLIGNING MED ANDRE ANLEGG

Et anleggs oksygeneringskapasitet avhenger av en rekke faktorer som geometrisk utforming av luftetank, luftevolum og konstruktiv utforming av lufteanordningen. En sammenligning av slike anleggs oksygeneringskapasitet kan derfor ikke tjene som en fullstendig bedømmelse av deres effektivitet. Vi har likevel tett med resultater som er rapportert av Bischofsberger, W. og Stalman, V., (6). Endel av deres resultater er sammenstilt i fig. 13 hvor også resultatene av våre målinger er lagt inn på diagrammet for sammenligning.

For å føre inn våre verdier i diagrammet er disse omregnet for $C_{m10} = 11,25 \text{ mg/l}$, og for å få brutto effekt er effekttallene dividert med 0,75 (antatt effektivitet for vifteanlegget).

Følgende tabell viser de omregnede verdiene:

Serie	Luftmengde m^3/t	OC	
		$\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{t}$	g/kwt
1	500	75,4	629
2	330	53,9	696
3	170	31,7	795

9. FORHOLDET OKSYGENBEHOV - OKSYGENERINGSKAPASITET

Spørsmålet om hvorvidt luftningsanordningens ytelse tilfredsstillende anleggets oksygenbehov kan best vurderes ved en generell beregning av behovet som funksjon av varierende driftsbetingelser.

Ved fjerning av organisk stoff i et aktivslamanlegg er oksygenforbruket først og fremst avhengig av belastningen og mengde biologisk slam i anlegget. Dette forholdet kan uttrykkes ved følgende likning:

$$O = a \cdot \eta \cdot L + b \cdot W$$

[9]

hvor

$$O = \text{kg O}_2/\text{døgn}$$

$$L = \text{kg BOF}_5 \text{ tilført/døgn}$$

$$W = \text{kg suspendert organisk stoff i luftetank}$$

$$\eta = \text{anleggets virkningsgrad med hensyn på fjerning av BOF}_5$$

$$a \text{ og } b = \text{konstanter}$$

Ved å føre inn anleggets belastningsfaktor $f = L/W$ i likningen får vi

$$\text{kg O}_2/\text{time} = \frac{W}{24} (a \cdot f + b) \quad [10]$$

I tillegg til dette minste nødvendige forbruket er oksygenbehovet også avhengig av hvilken oksygenkonsentrasjon man ønsker å opprettholde i luftetanken. I faglitteraturen angis den minste oksygenkonsentrasjonen i luftetanken, for å sikre effektive driftsforhold, å ligge i området 0,5 - 1,5 mg O₂/l. I henhold til tyske observasjoner vil det være riktig å sette en praktisk nedre grense ved 2 mg O₂/l. Dette medfører at O₂-tilførselen må økes noe utover det forbruket som er beregnet ovenfor. Observasjonene viser at en økning på 30 % vil være tilstrekkelig for de aktuelle belastningsforhold.

Med hensyn til verdien av konstantene a og b i likningen ovenfor, viser amerikanske og tyske målinger at man for husholdningskloakkvann kan regne med $a = 0,5$ og $b = 0,1$.

For å kunne uttrykke avhengigheten mellom virkningsgrad og belastningsfaktoren har vi benyttet observasjoner som er innhentet fra en lang rekke observasjoner ved forskningsinstitusjonen EAWAG i Sveits (7).

Føres disse tallene inn i likningen får vi som nødvendig oksygentilførsel:

$$\frac{\text{g O}_2}{\text{time}} = 54,2 W (0,5 \cdot f + 0,1) \quad [11]$$

Ved å fremstille denne likningen grafisk har vi forsøkt å belyse anleggets driftsmuligheter under varierende belastningsforhold, ved at lufttilførselen kan reguleres i henhold til forurensningsbelastningen. Dette forholdet er vist i fig. 14.

Begrensningslinjen i nomogrammet's øvre venstre del er bestemt for en antatt maksimal lufttilførsel på 600 m³/time.

10. LITTERATURHENVISNING

1. Pasveer, A., "A Contribution to the Development in Activated Sludge Treatment", Jour. Inst. Sew, Purific. Part 4, pp 436 -465, 1959.
2. Pasveer, A., "Über die Theorie des Sauerstoffeintrages und des Sauerstoffverbrauches beim Belebtschlammverfahren". Münchener Beitr. zur Abwasser - Fisherei - und Flussbiologie, Band 5, Tropfkörper und Belebungsbecken, München, 1958.
3. Muskat, J., "Über die Verwendung des Begriffes OC".
Samme ref.
4. Publikasjonsserie B Nr. 62:1 "Undersøkning av syreindrivnings- och strömbildningsapparat for ringkanaler". Chalmers Tekniska Högskola.
5. Truesdale m.fl. : "Solubility of Oxygen in Water. Journ.appl.Chem., 5. February 1955.
6. Bischofsberger, W., "Theorie und Praxis des Sauerstoffeintrages beim Belebungsverfahren". Biologische Verfahren der Abwasserreinigung, Haus der Technik E.V. ESSEN.
Vortragsveroeffentlichungen Heft 28, 15 Oktober 1964.
Vulkan Verlag Dr. W. Classen, Essen.
7. Hörler, A., "Die Konsequenzen aus den Ergebnissen der Belebt schlammversuche der EAWAG für die Abwassertechnik".
Schw. Zeitschr. für Hydrol. Vol. XXVI, 1964, Fase. 2.

Tabell 1.

Forsøksbetingelser.

Forsøks- serie	Luft mengde m ³ /t	Trykk i ringkammer mmvs	Viftetrykk totalt mmvs	Netto effekt kw	Temperatur °C	pH	Sirkula- sjonsrør	Antall stigerør i drift
1	500	620	700	0,96	18,0	8,4	Stengt	12
2	330	610	690	0,62	18,9	8,4	"	12
3	170	600	680	0,32	19,1	8,4	"	12
4	375	655	735	0,75	20,0	8,4	Åpent	6
5	300	640	720	0,56	20,0	8,4	"	6
6	320	620	700	0,61	21,0	8,4	"	12

Barometertrykket er anslått til 764 mm Hg.

Tabell 2.

Målte oksygenkonsentrasjoner angitt i mg O₂/l.

Forsøks- serie	Måle- punkt	Luftetid min.									
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	30
1	1	0	0,5	3,6	5,0	6,9	7,9	8,1			
	2	0	0	1,5	4,2	7,0	7,0	8,7			
	3	0	0,5	3,0	5,2	6,9	7,6	8,2			
	4	0	0	0	2,0	4,2	5,9	6,6			
2	1	1,8	3,9	5,2	6,1	7,0	7,5	7,7	8,1		
	2	1,5	2,4	4,7	5,5	6,6	6,1	7,4	5,4		
	3	1,9	3,3	4,8	6,4	7,0	7,4	7,7	7,7		
	4	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	1	3,2		4,2		5,5		6,6		7,2	7,5
	2	1,5		3,6		5,4		6,5		7,0	7,5
	3	1,7		4,2		5,7		6,5		7,2	7,5
	4	0		0		1,1		1,3		2,1	1,5
4	1	0,8	2,8	4,9	6,1	6,9	7,4	7,6			
	2	0	1,7	3,7	5,0	6,1	6,7	7,4			
	3	0,5	2,8	4,8	5,6	6,9	7,1	7,4			
	4	0	0	0	1,3	3,6	3,9	5,4			
5	1	0,6	2,9	4,6	5,5	6,4	7,1				
	2	0	1,8	3,7	5,3	5,9	6,7	7,4			
	3	0	2,5	4,5	5,5	6,4	7,1	7,1			
	4	0	0	2,6	,35	4,9		6,6			
6	1		3,9	4,6	6,1	6,9	7,1				
	2		2,5	4,2	5,4	6,4	7,1	7,4			
	3		3,1	4,6	5,6	6,7	7,1	7,2			
	4		0	2,5	3,5	4,0	5,5	5,4			

Tabell 3.

Gjennomsnittsverdier av målte oksygenkonsentrasjoner
for målepunktene 1, 2 og 3.

Oksygenkonsentrasjoner i mg O₂/l.

Forsøks- serie	Luftetid i min.									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30
1	0	0,33	2,77	4,80	6,93	7,50	8,33	-	-	-
2	1,73	3,20	4,90	6,00	4,87	7,00	7,60	7,07	-	-
3	2,13	-	4,00	-	5,53	-	6,53	-	7,13	7,5
4	0,43	2,43	4,45	5,57	6,63	7,07	7,47	-	-	-
5	0,20	2,40	4,27	5,43	6,23	6,97	7,25	-	-	-
6	-	3,17	4,47	5,70	6,67	7,10	7,30	-	-	-

Tabell 4.

Beregnete verdier av formelen

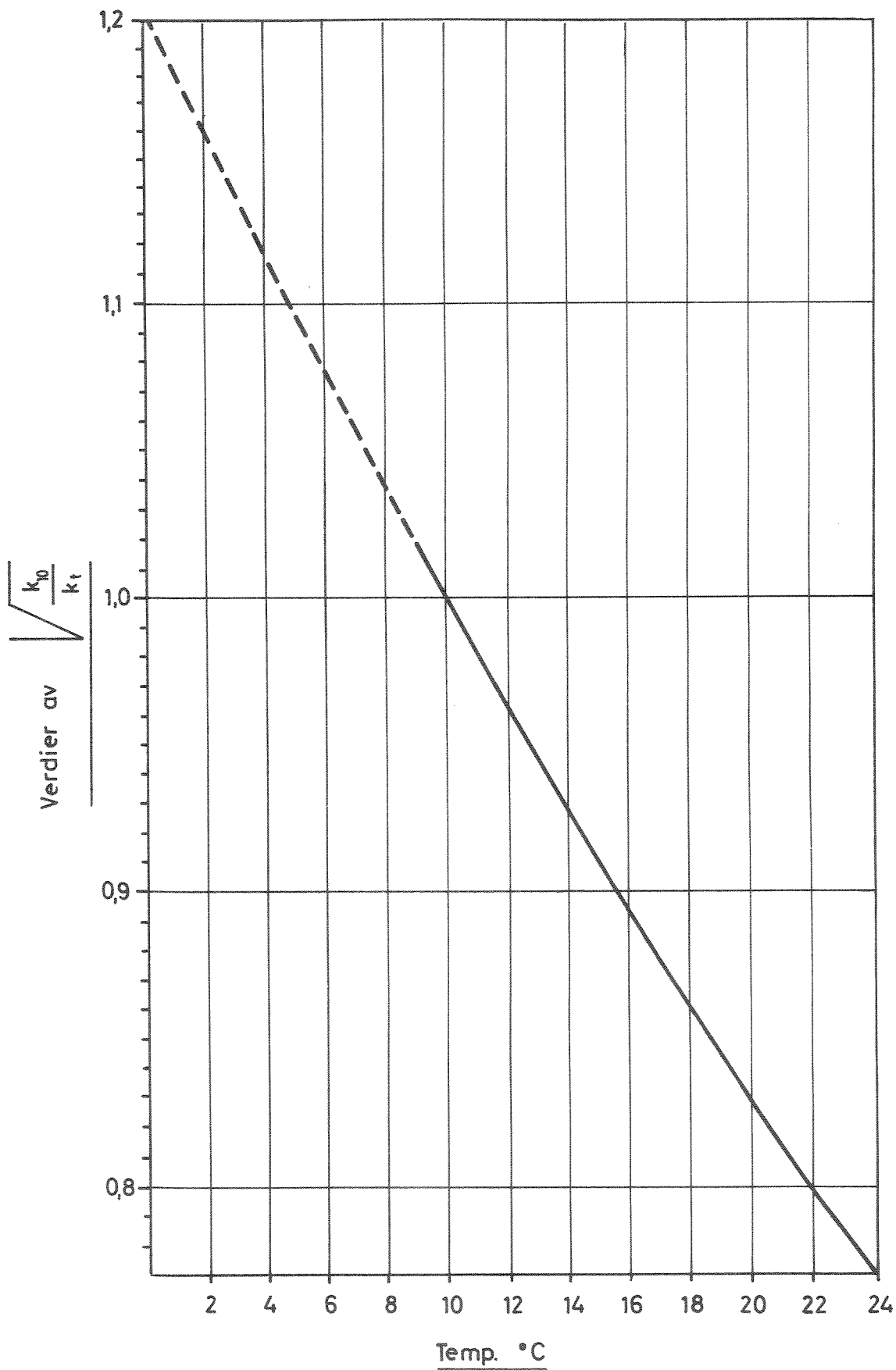
$$Z = 0C (t_1 - t_0) = 10,92 \sqrt{\frac{K_{10}}{K_t}} \ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_1}$$

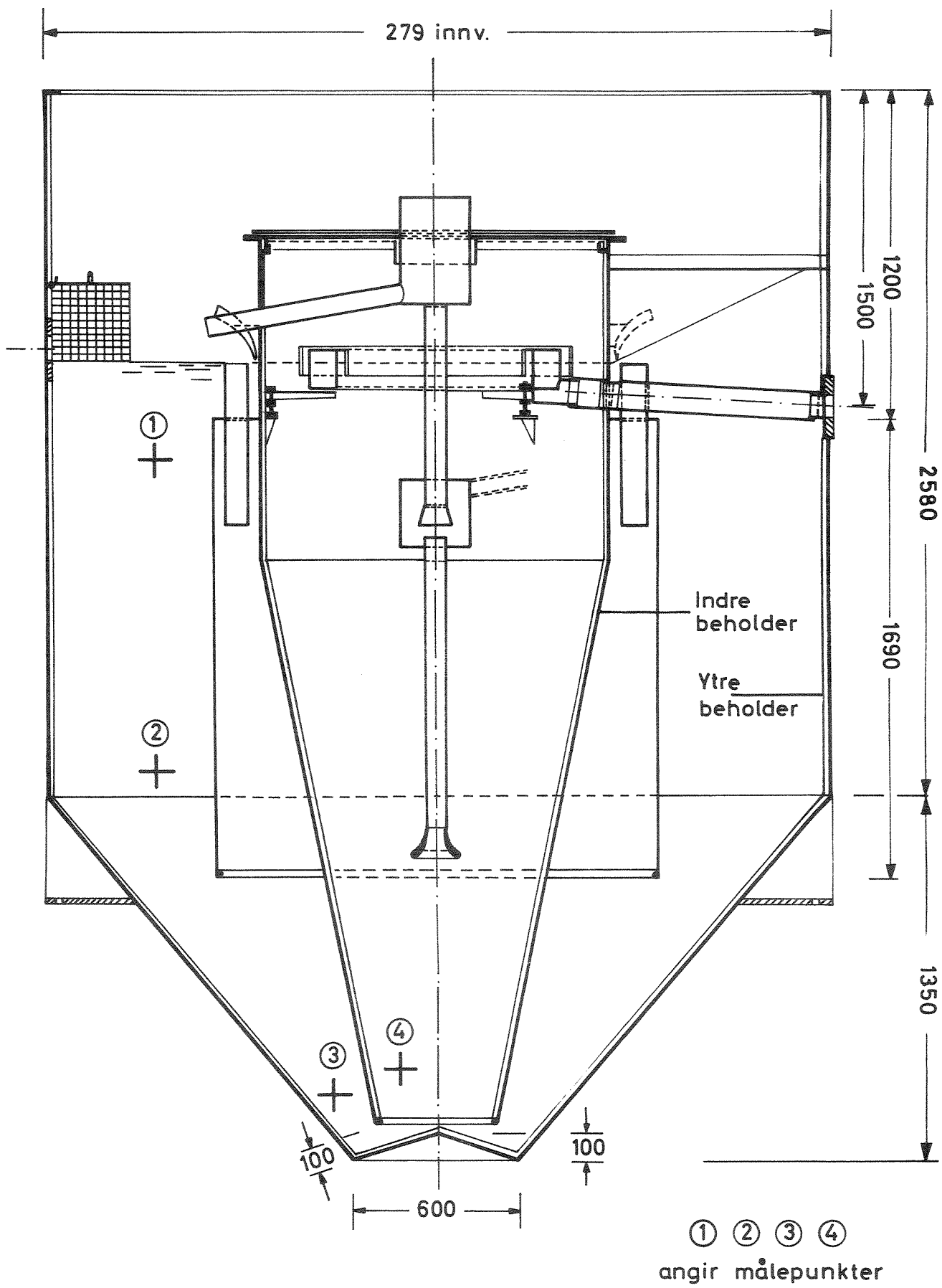
Forsøks- serie	Luft- tid $t_1 - t_0$ min.	Temp. °C	$\sqrt{\frac{k_0}{k_t}}$	C_m mg/l	C_0 mg/l	C_1 mg/l	$\ln \frac{C_m - C_0}{C_m - C_1}$	Z mg/l
1	3	18,0	0,859	9,18	0,33	2,77	0,322	3,03
	6					4,80	0,704	6,59
	9					6,93	1,370	12,85
	12					7,50	1,663	15,58
	15					8,33	2,342	21,97
2	3	18,9	0,844	9,03	1,73	3,20	0,225	2,07
	6					4,90	0,534	4,92
	9					6,00	0,879	8,10
	12					6,87	1,219	11,23
	15					7,00	1,279	11,79
	18					7,60	1,630	15,02
21	7,07	1,316	12,13					
3	6	19,1	0,841	8,99	2,13	4,00	0,318	2,92
	12					5,53	0,685	6,29
	18					6,53	1,025	9,41
	24					7,13	1,305	11,98
	30					7,50	1,529	14,04
4	3	20,0	0,826	8,84	0,43	2,43	0,272	2,45
	6					4,45	0,650	5,86
	9					5,57	0,947	8,54
	12					6,63	1,336	12,05
	15					7,07	1,560	14,08
	18					7,47	1,815	16,37
5	3	20,0	0,826	8,84	0,20	2,40	0,294	2,65
	6					4,27	0,637	5,75
	9					5,43	0,930	8,39
	12					6,23	1,198	10,80
	15					6,97	1,532	13,82
	18					7,25	1,693	15,27
6	3	21,0	0,811	8,68	3,17	4,47	0,269	2,55
	6					5,70	0,615	5,83
	9					6,67	1,009	9,56
	12					7,10	1,250	11,86
	15					7,30	1,385	13,13

Tabell 5.

Beregnete verdier av oksygeneringskapasitet og kraftforbruk.

Forsøks- serie	Tilsatt luft- mengde m^3/t	m^3 (luft) $\text{m}^3 \cdot \text{t}$ (tank)	Netto effekt (beregn.) KW	Kapasitet for oksygenering			
				$\text{mg O}_2/\text{l} \cdot \text{t}$	$\text{g O}_2/\text{t}$	$\text{g O}_2/\text{m}^3$ luft	$\text{g O}_2/\text{Kw t}$
1	500	45,5	0,96	73,3	805	1,61	839
2	330	30,0	0,62	52,4	575	1,74	928
3	170	15,5	0,32	30,8	339	2,00	1060
4	375	34,1	0,75	57,3	630	1,68	840
5	300	27,3	0,56	55,5	610	2,03	1090
6	320	29,1	0,61	58,0	637	1,99	1045





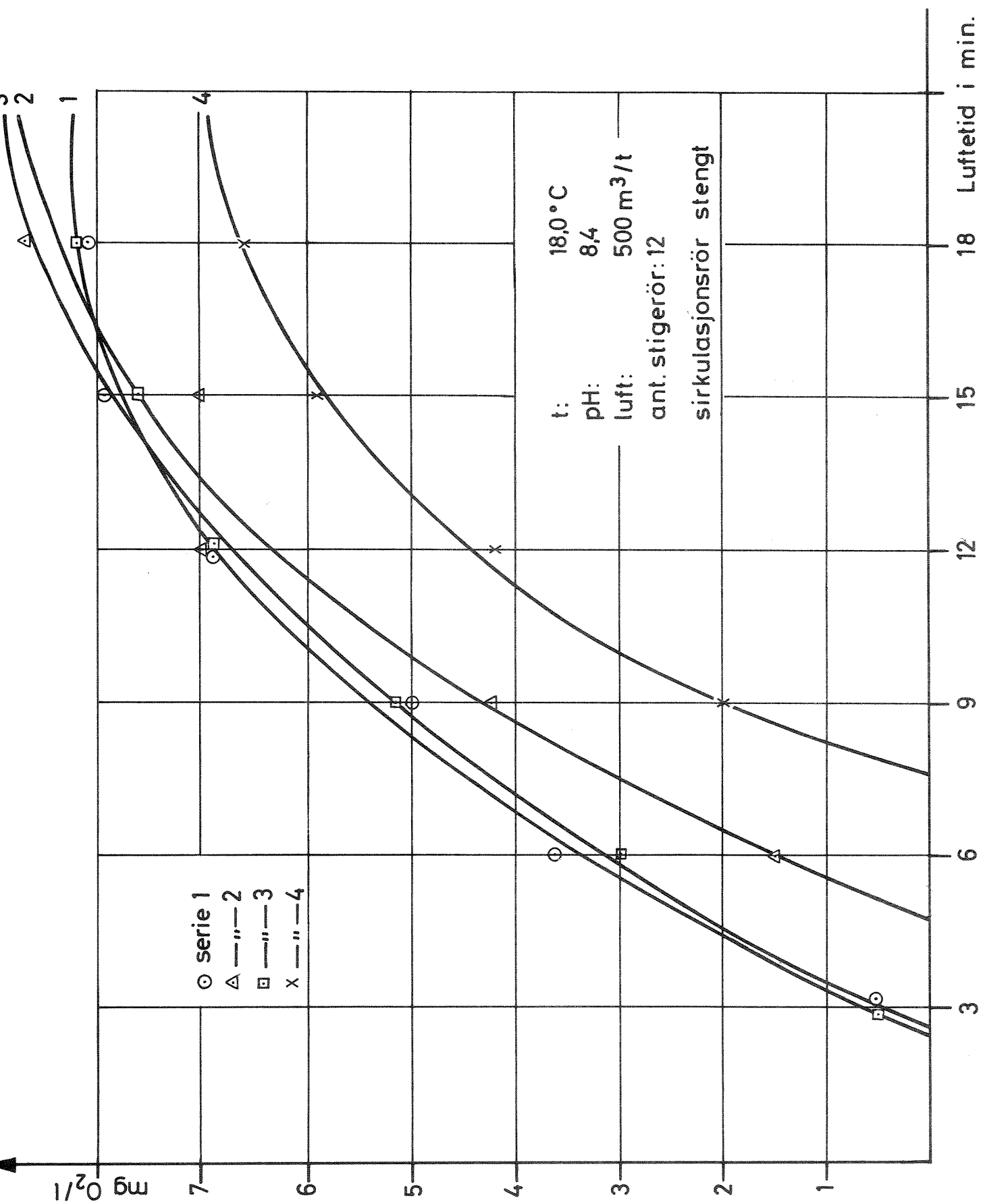
TS/uw

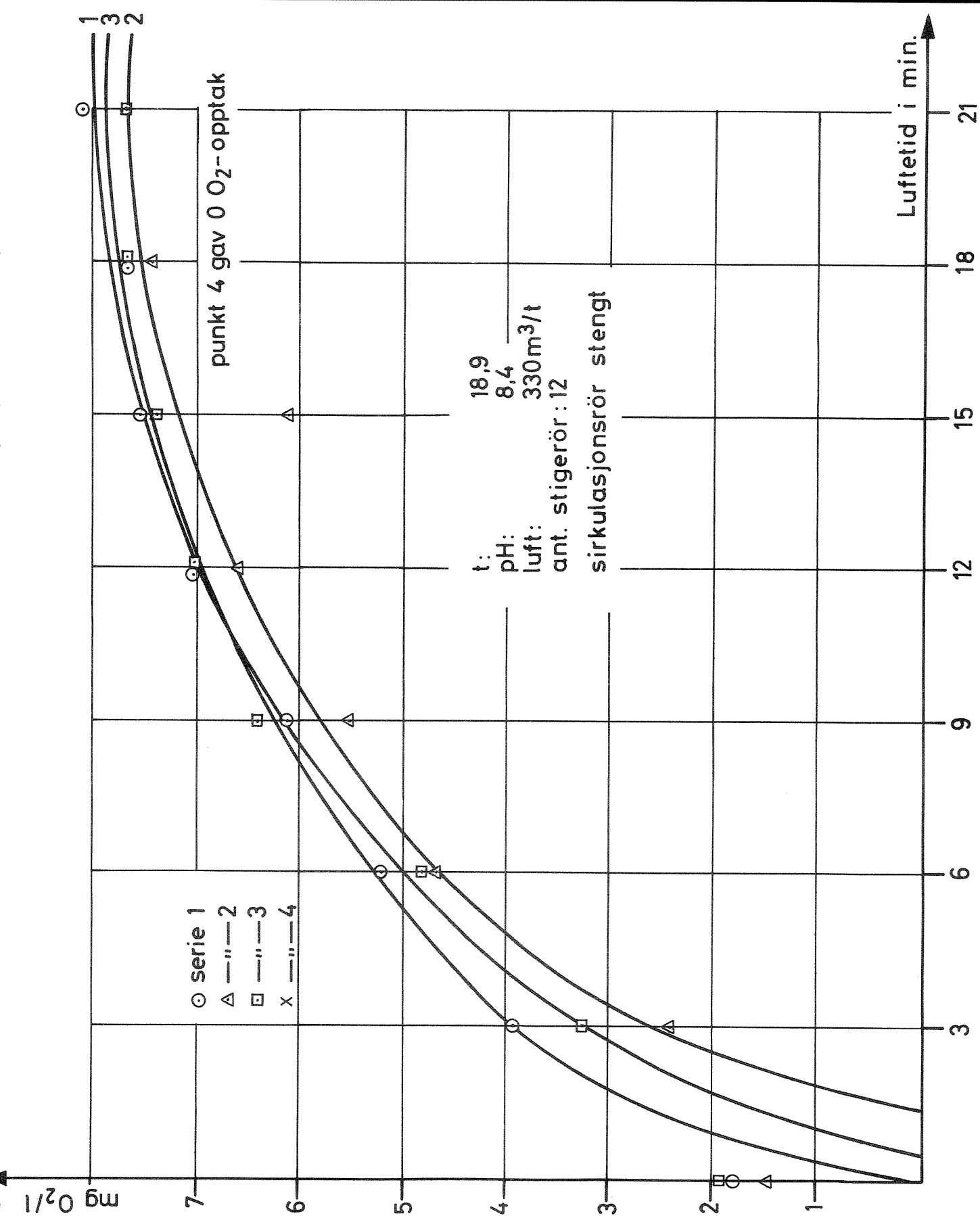
NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

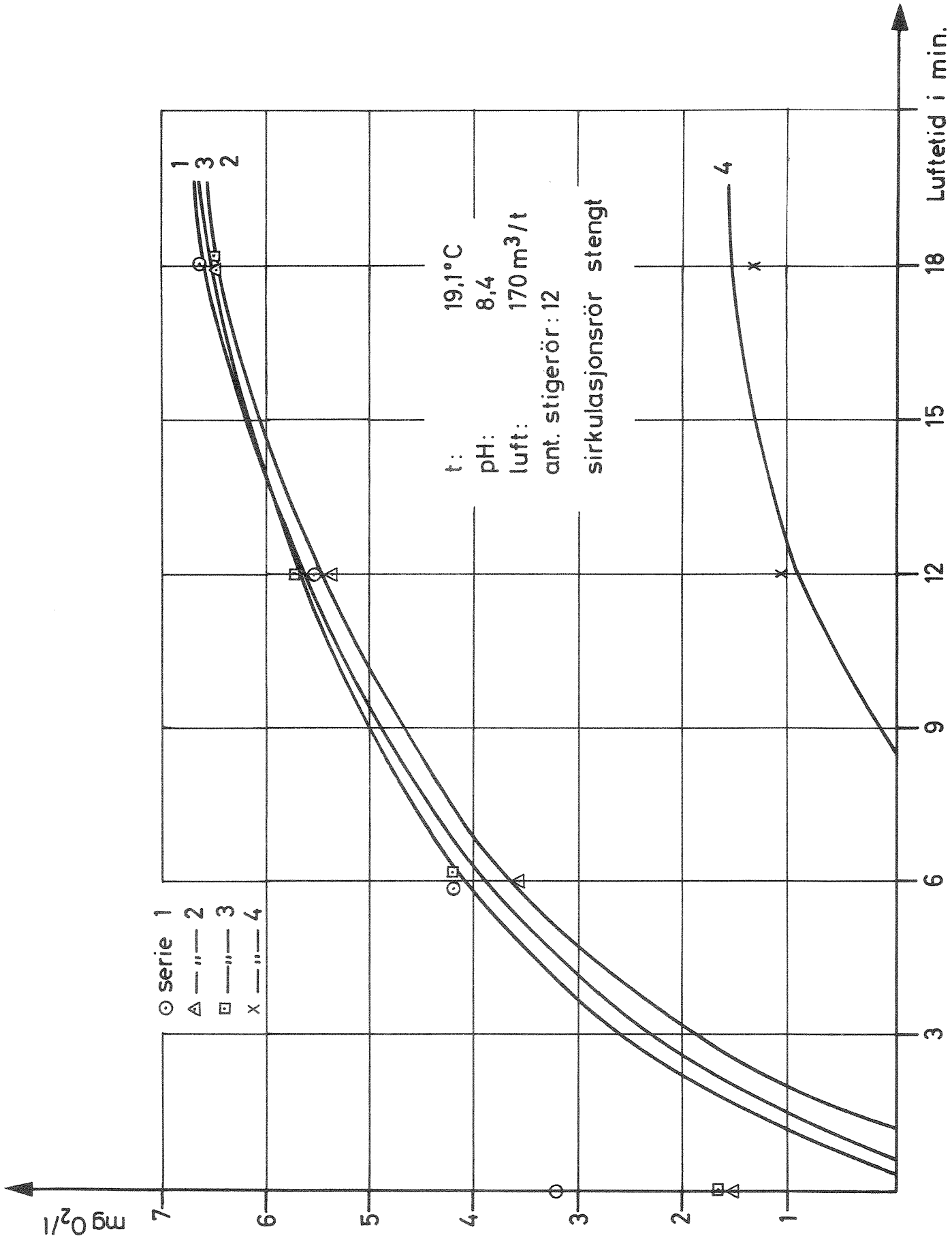
Snitt gjennom renseanlegg
med angivelse av måle-
punktene plassering

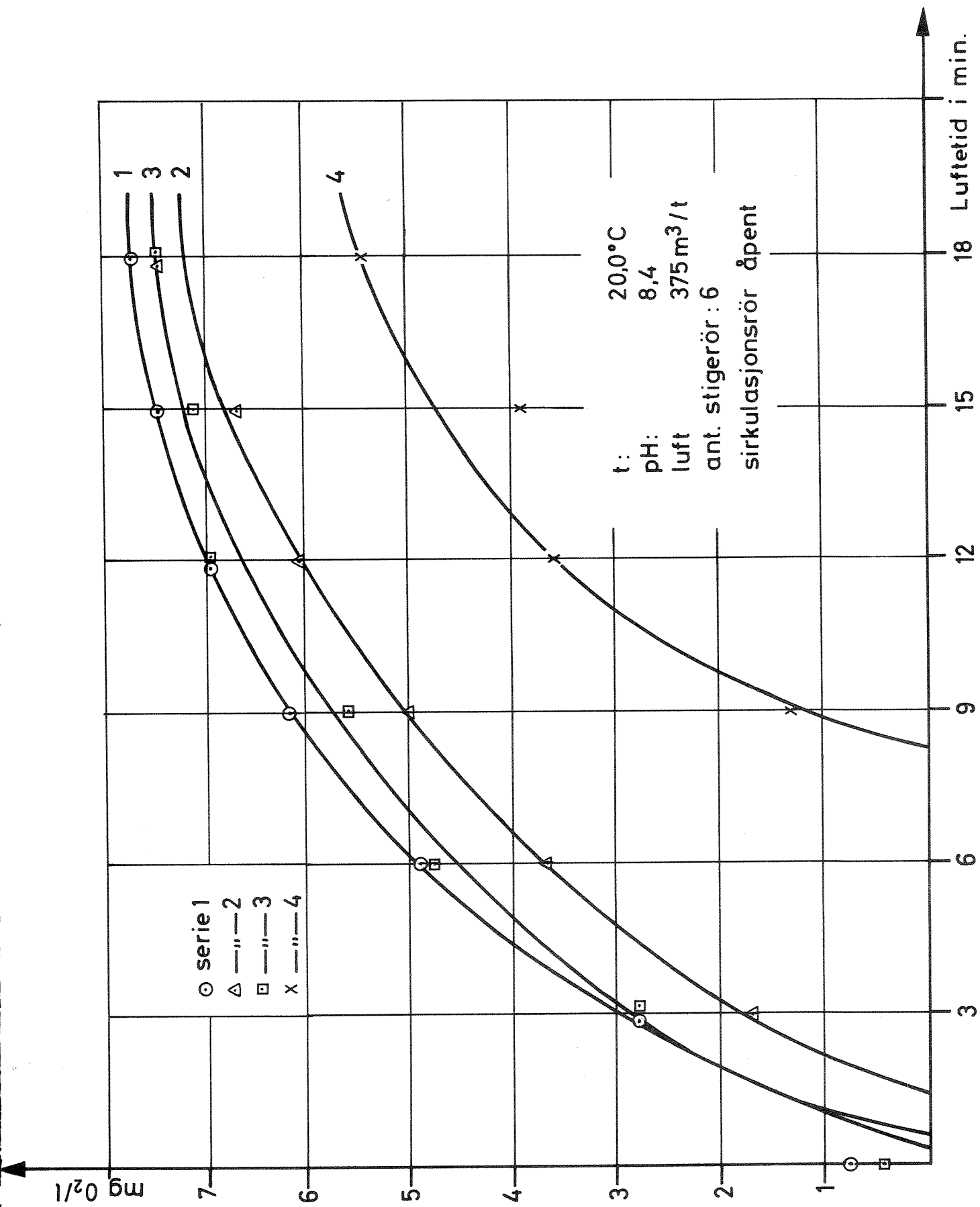
Fig. 2

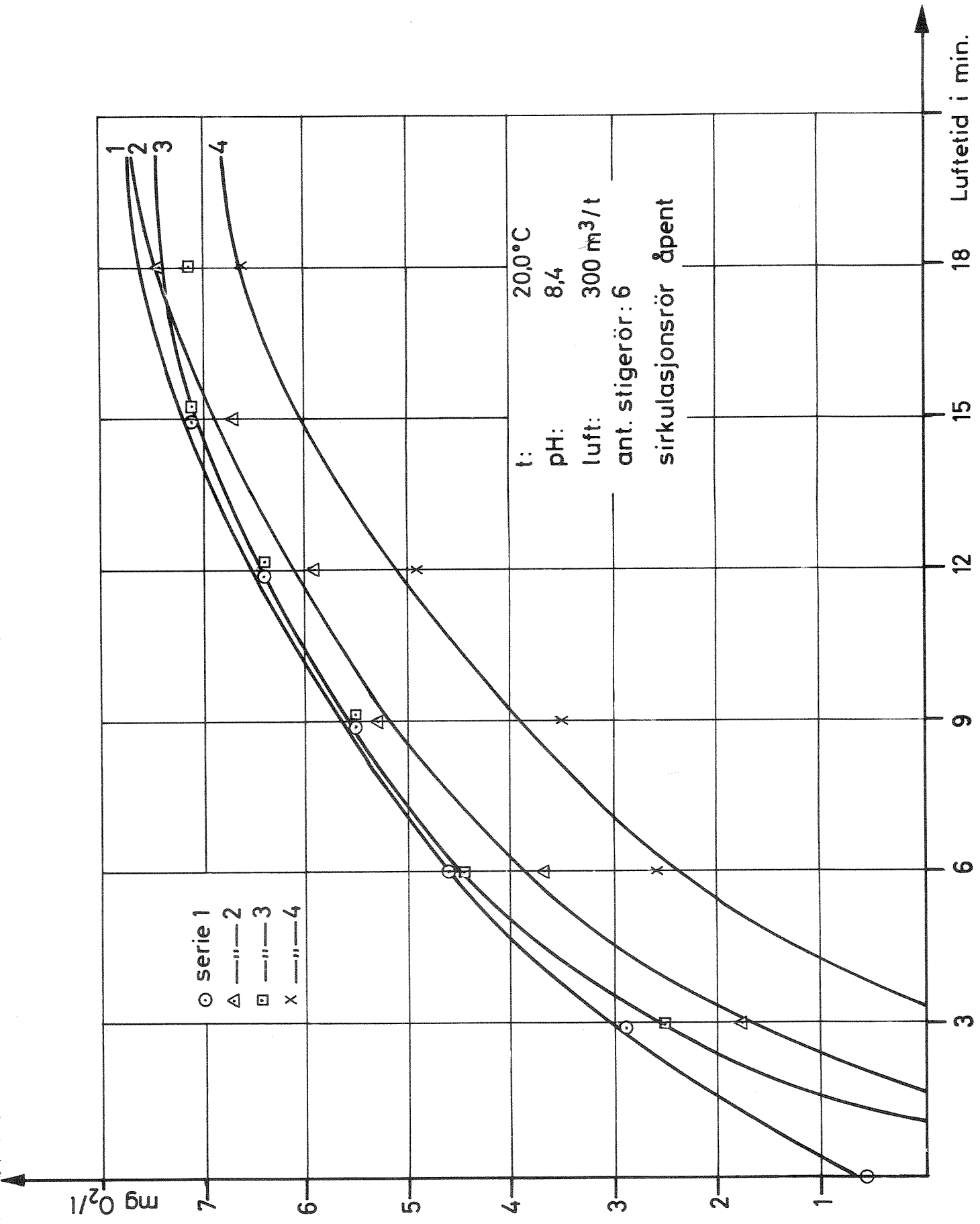
0-96/64 4819

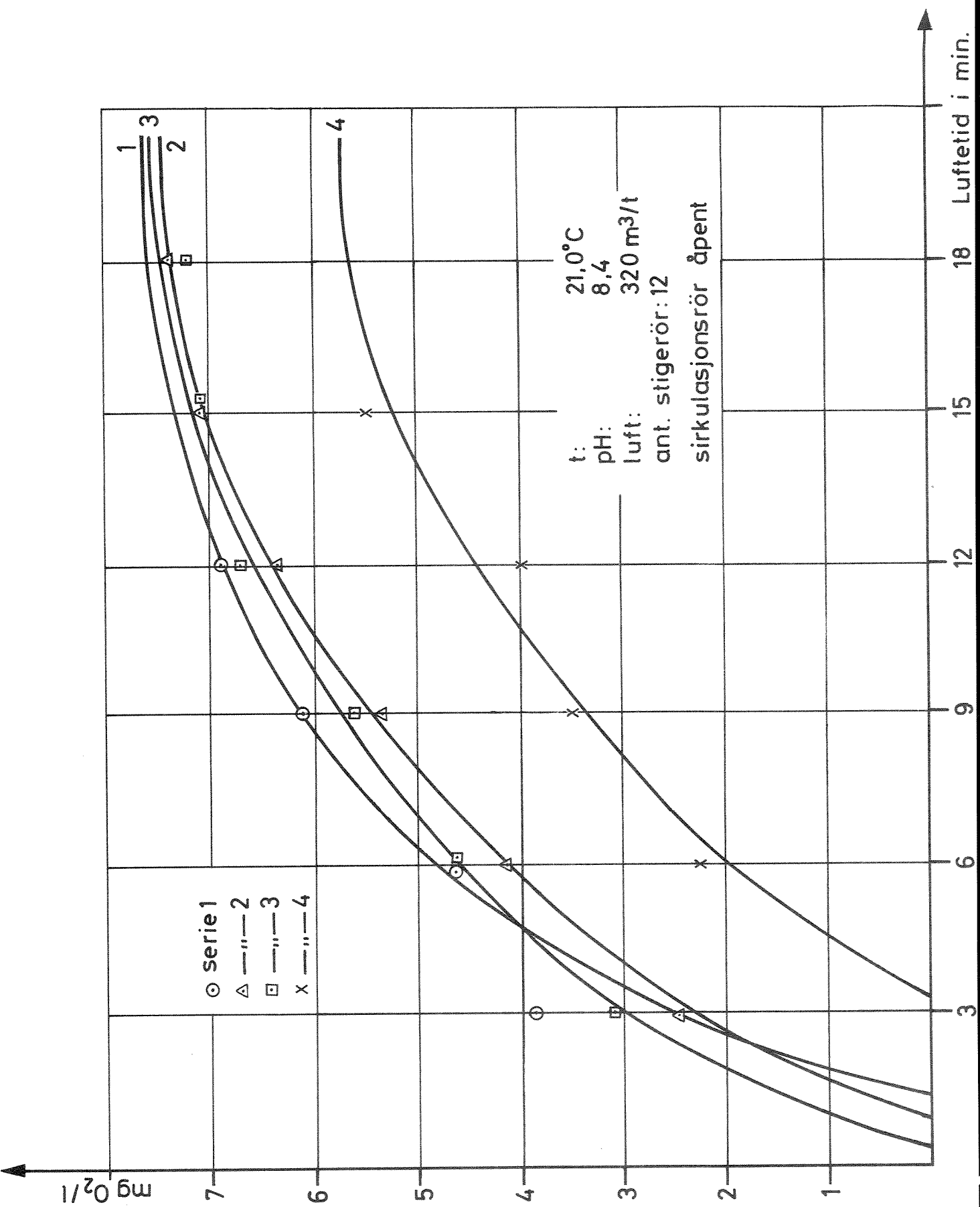


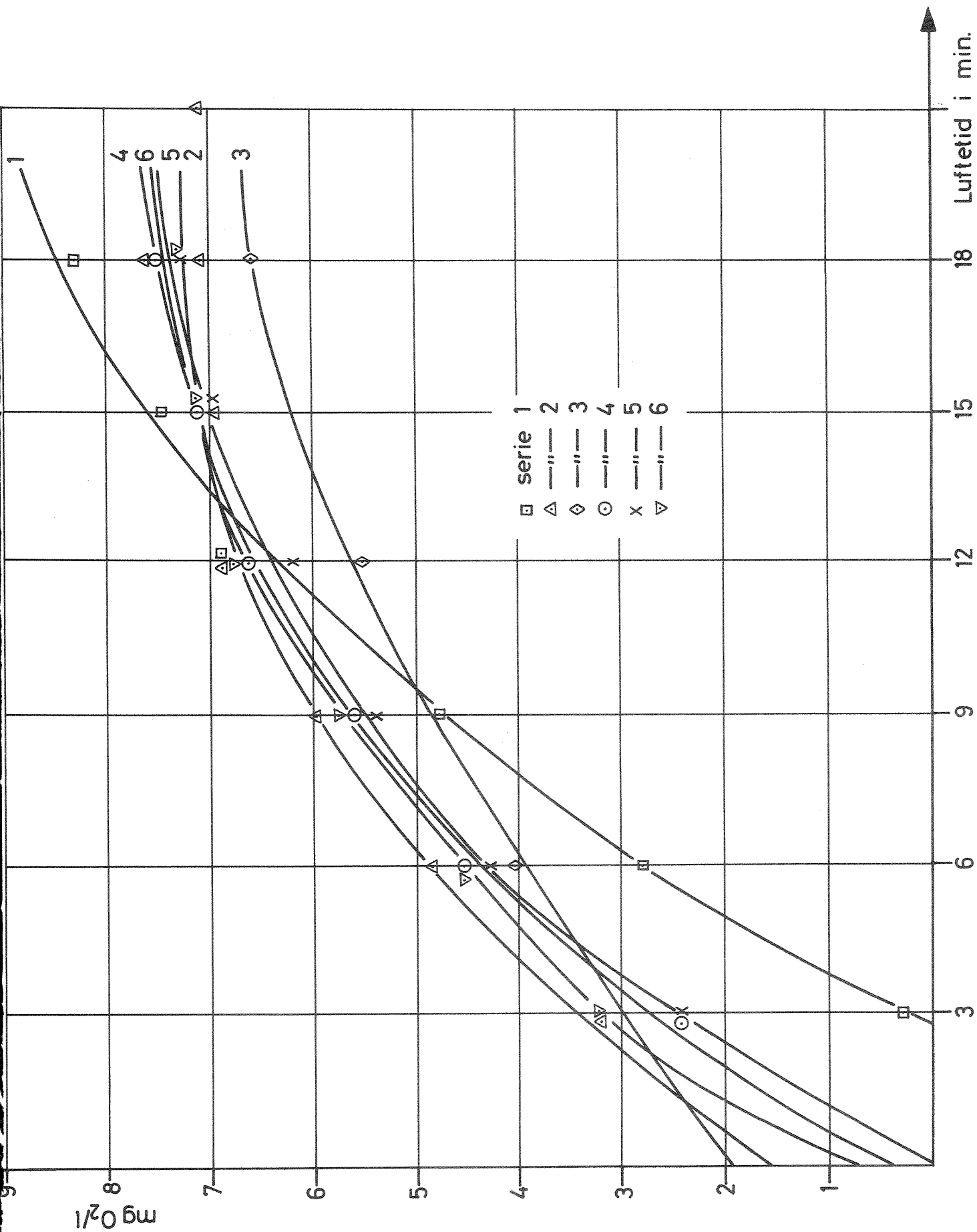


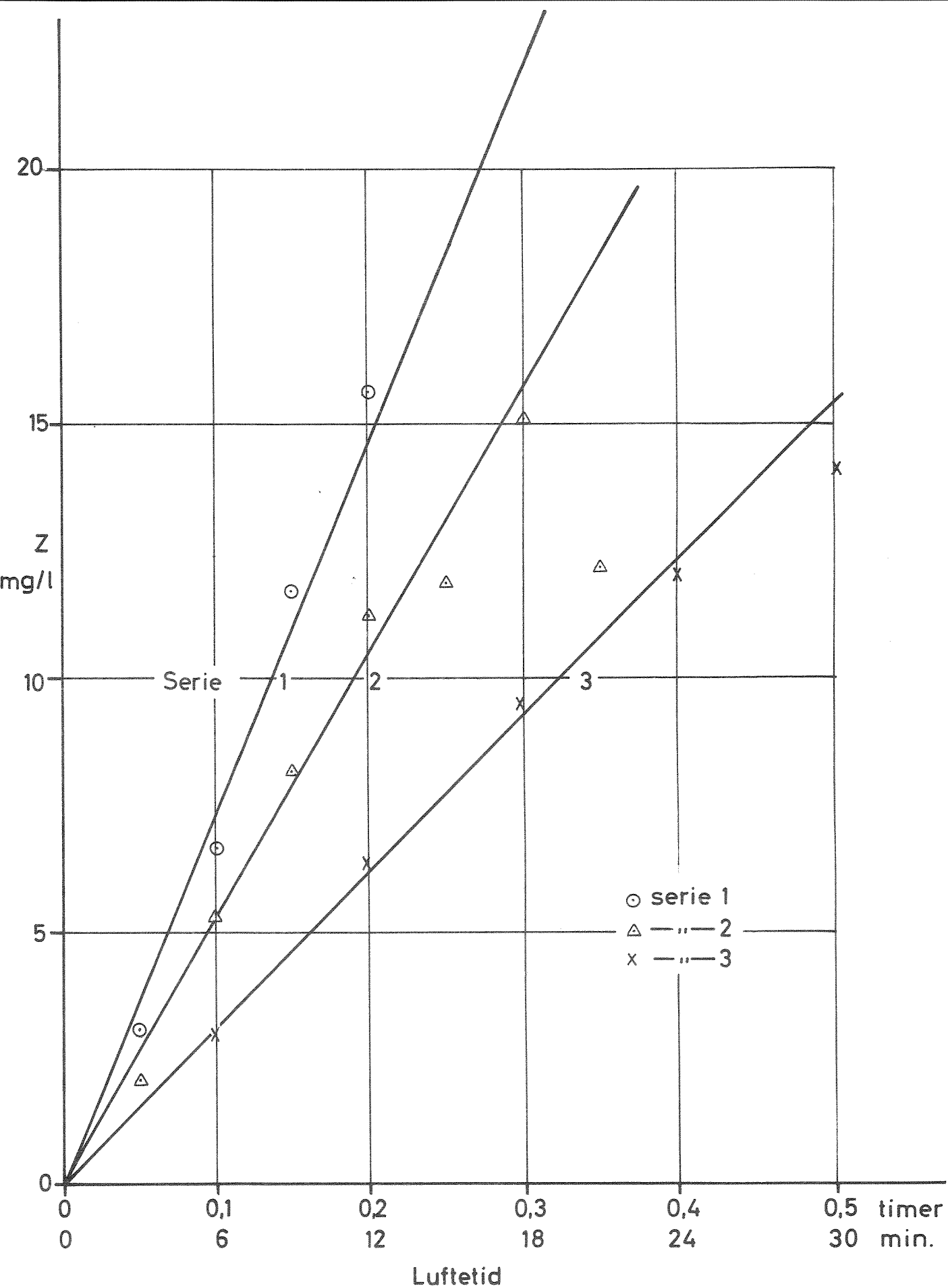


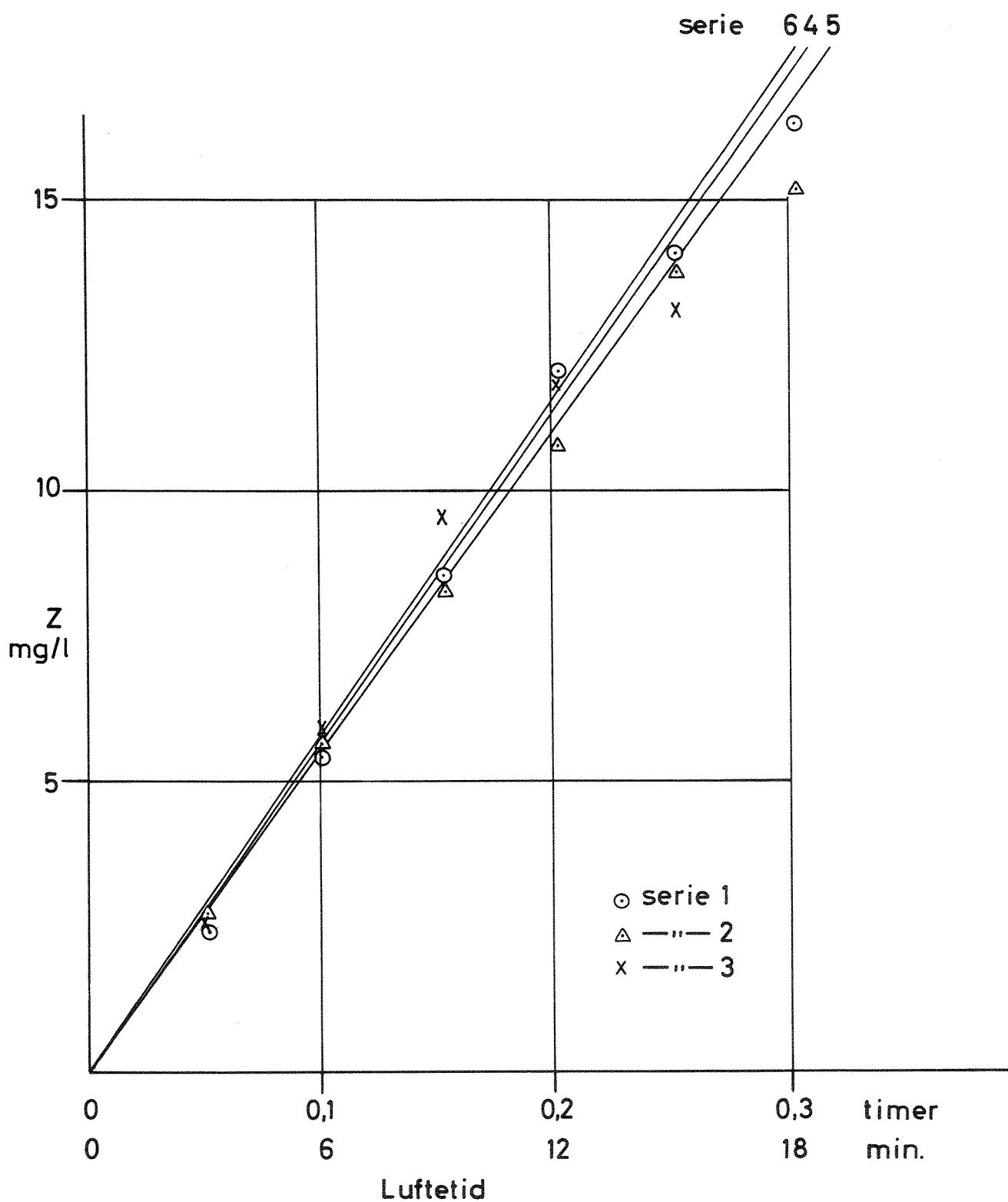


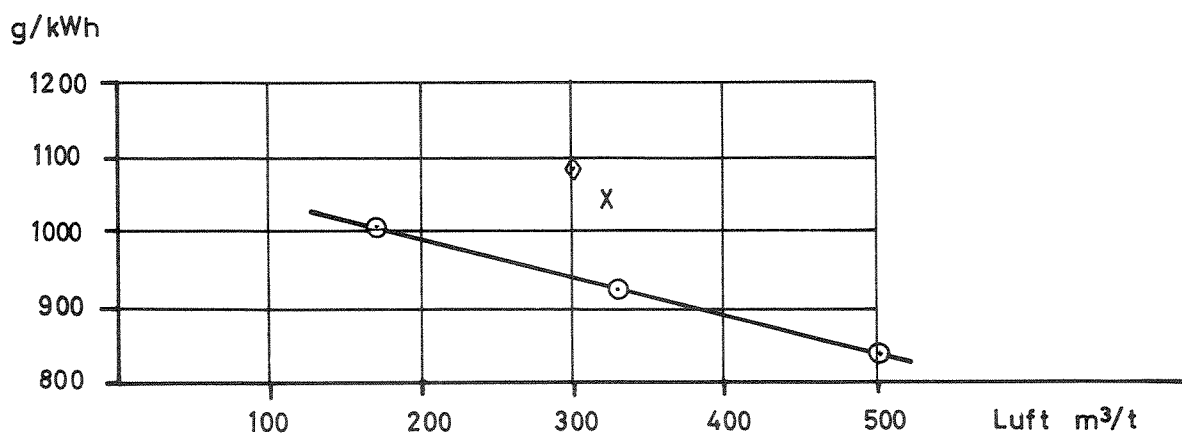
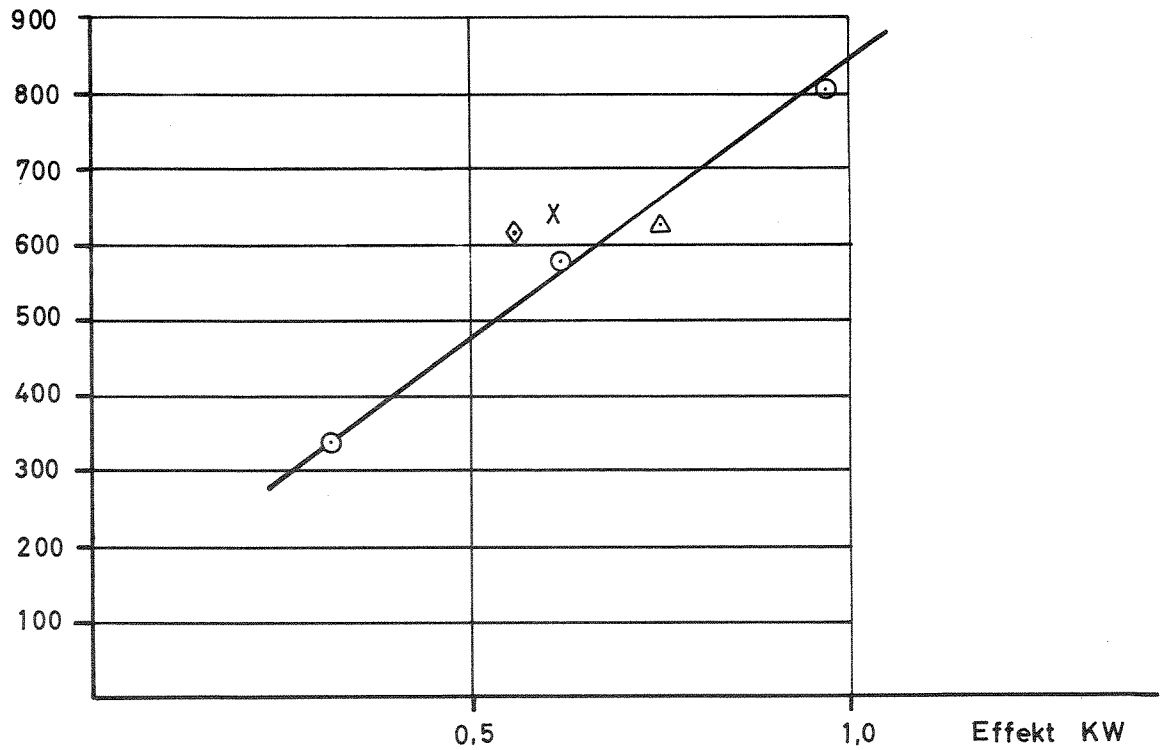
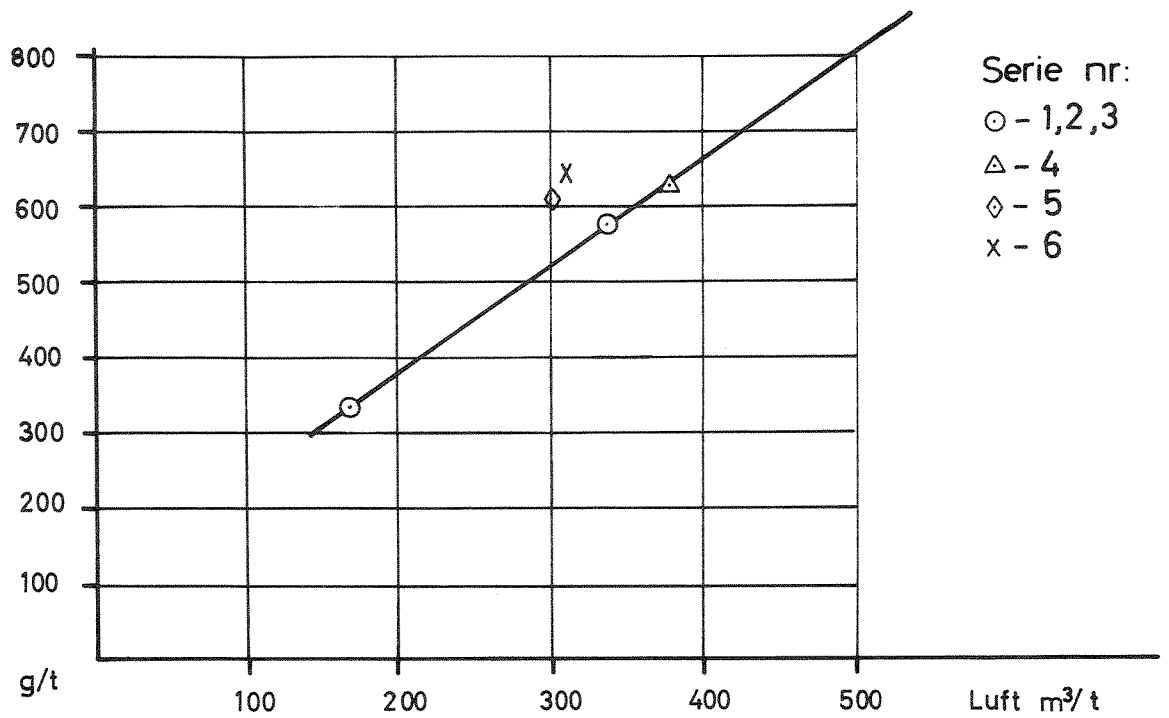


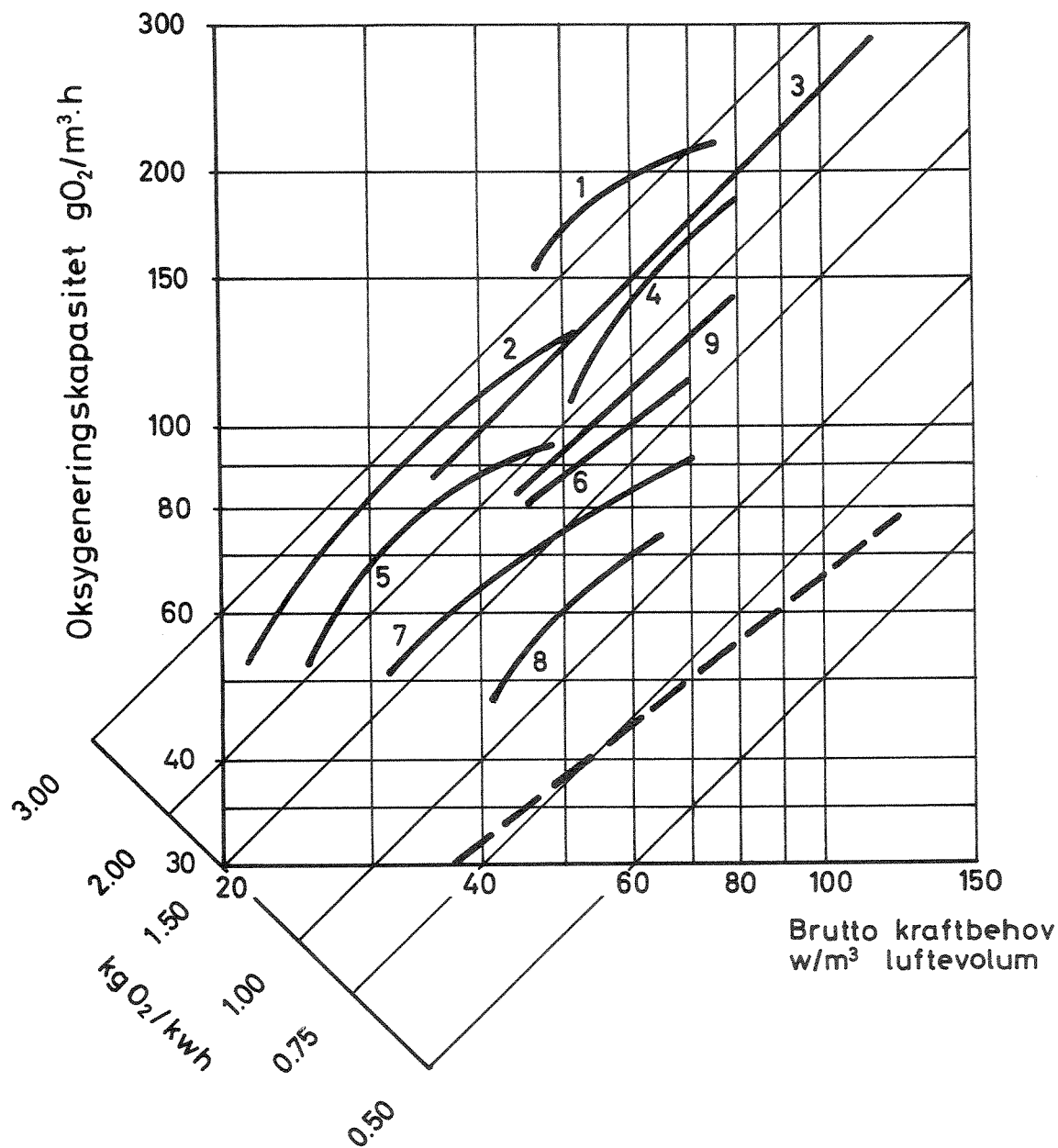




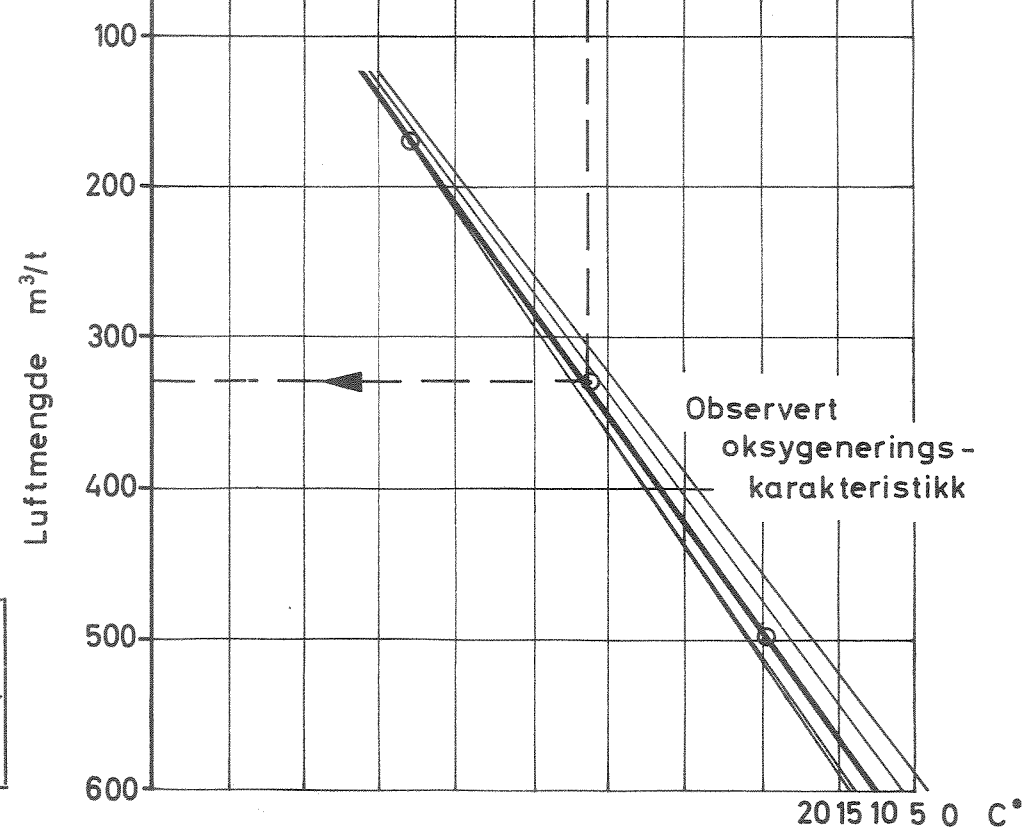
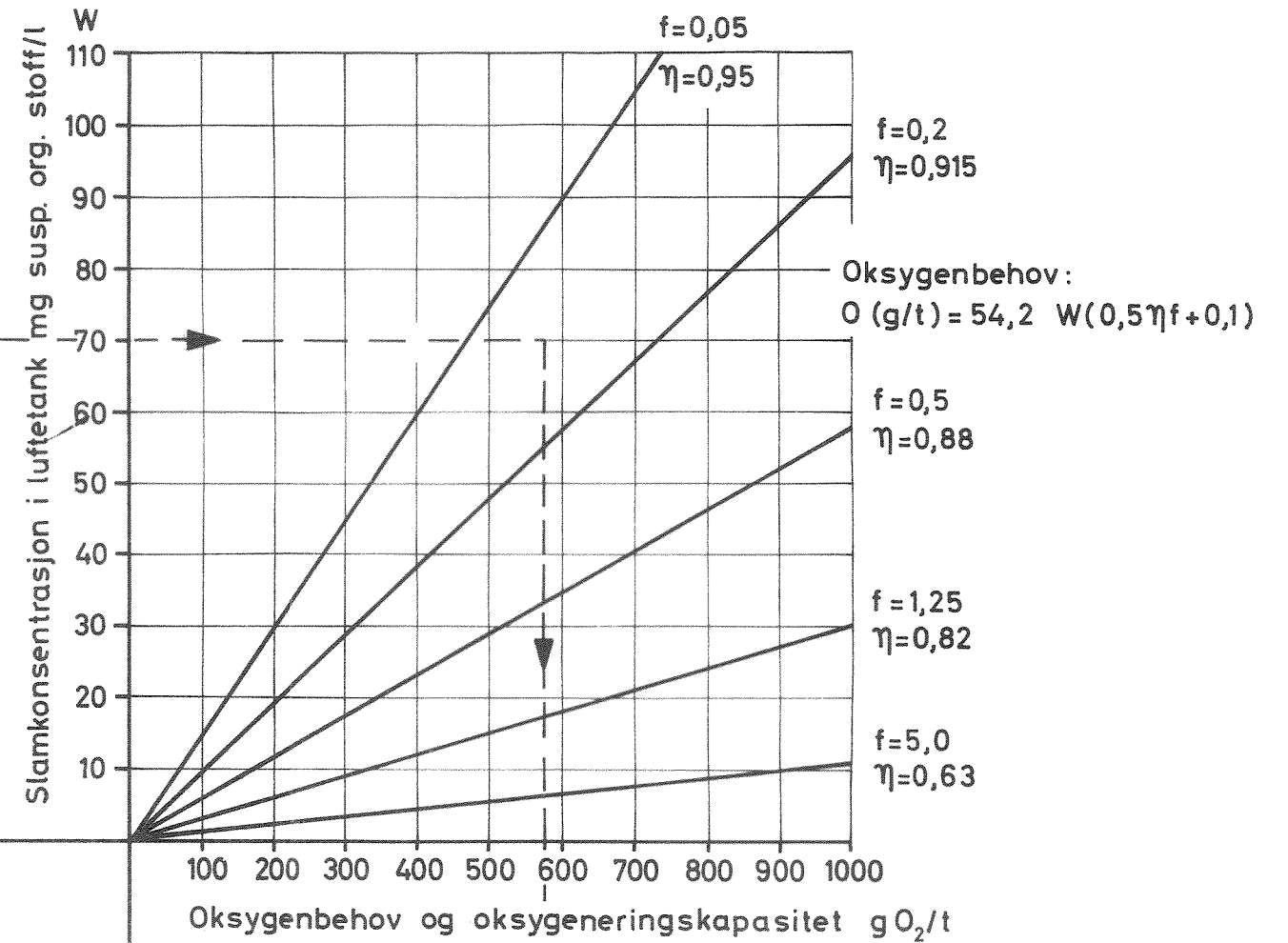
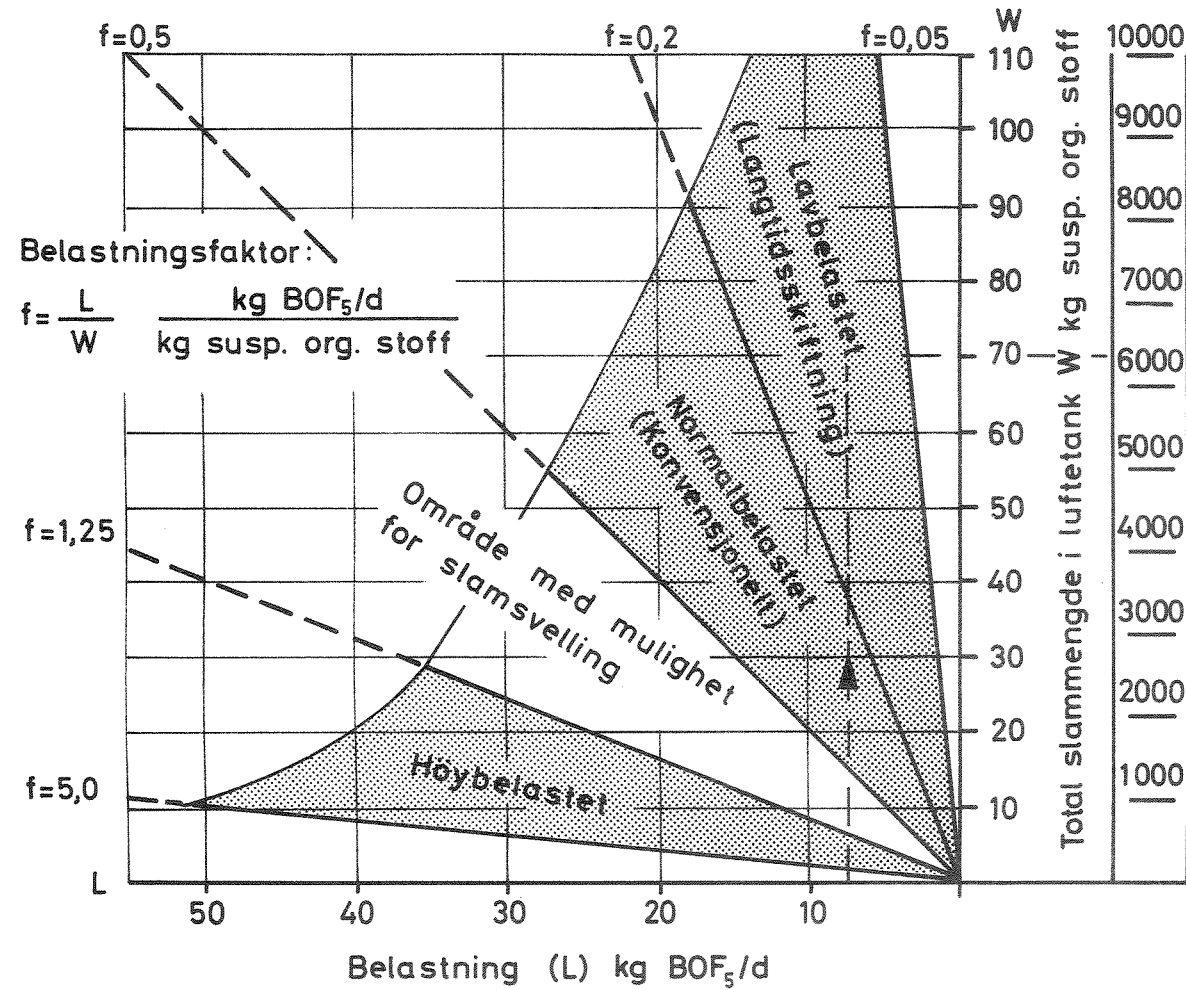








1. Finfordelt trykkluft (randbeluftning)
2. Simplex - rotor
3. Simcar - rotor
4. Finfordelt trykkluft (flatebeluftning)
5. Vortair - rotor
6. Grovfordelt trykkluft
7. Dorr - Oliver - belufter
8. Vogelbusch dispergator
9. Middelsfordelt trykkluft
10. Mamutlufte-Alfsen & Gunderson A/S



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING BLINDERN	Driftsnomogram for kloakkrens- anlegg av fabrikat Alfsen & Gunderson A/S, type mammut- lufter med luftvolum 11m ³	Fig.14	
		O-96/64	3328

20 15 10 5 0 C°