



FOA Rapport
C 20871-2.4
Juni 1992
ISSN 0347-3694

Brandrökspridning från liten till stor lokal - experiment

Bengt Onnermark, Rolf Jansson, Sven-Gunnar Hansson

FÖRSVARETS FORSKNINGSANSTALT

Huvudavdelningen för Vapensystem, verkan och skydd
172 90 Sundbyberg

Tel: 08-663 15 00

Registrering

FOA-rapport registreras enligt nedanstående exempel:

FOA rapport

A 10328-3.1

Januari 1991

ISSN 0000-0000

d ä r

A är rapportkategorin

Följande kategorier förekommer:

FOA Rapport = A - rapport avpassad till aktuell och definerad kund. (Förekommer även som hemlig rapport AH.)

FOA Reprint = B - särtryck av rapport eller artikel som publicerats i vetenskaplig tidskrift eller motsvarande.

FOA Forskningsrapport = C - redovisning av arbete till kollegor/kunder inom visst forskningsområde. (Förekommer även som hemlig rapport CH.)

1 är utgivande huvudavdelning (1-5, 6=centralkansliet).
0328 är löpnummer inom respektive kategori och huvudavdelning.
3.1 är det (de) forskningsområde(n) och de delområde(n) dit rapporten kan hänföras.
Januari 1991 Månad, år för publicering.
ISSN International Standard Serial Number.

Försvarets Forskningsanstalt
Huvudavdelningen för
Vapensystem, verkan och skydd
172 90 Sundbyberg

FOA rapport
C 20871-2.4
Juni 1992
ISSN 0347-3694

Brandrökspridning från liten till stor lokal - experiment

Bengt Onnermark, Rolf Jansson och Sven-Gunnar Hansson

Antal sidor: 34

Sändlista: FortF, SkyddS, SRV (2 ex), LTH, SP, Brandforsk, FOA 5
FOA 2: 211, 240, 242, 243, 244 (15 ex), 25, 272

DOKUMENTDATA			
Utgivare Försvarets Forskningsanstalt Huvudavdelningen för Vapensystem, verkan och skydd 172 90 Sundbyberg		Beteckning FOA rapport C 20871-2.4	
		Datum Juni 1992	Uppdragsnummer 5126090
		Projektnamn (ev förkortat)	
Upphovsman (män) Bengt Onnermark Rolf Jansson Sven-Gunnar Hansson		Uppdragsgivare	
Titel Brandrökspridning från liten till stor lokal - experiment			
Huvudinnehåll Genom experiment studerades spridningen av brandrök från ett litet rum till en större, intilliggande lokal (190 m³) samt rökfyllnaden av denna. I experimentserien varierades bränslet (fotogen, trä) i brandrummet, dettas läge samt ventilationen i den stora lokalen. Vid experimenten mättes främst temperaturen T på 12 höjder och röktätheten OD på fem höjder i den stora lokalen. Undersökningens huvudsyfte var att ta fram experimentella data för att evaluera ett antal beräkningsmodeller. Denna jämförelse har redovisats separat. Till båda undersökningarna har bidrag givits från Styrelsen för svensk brandforskning.			
Nyckelord Brand, byggnad, brandrök			
Övriga bibliografiska uppgifter			Språk svenska
ISSN 0347-3694	ISBN	Onfång 34 sidor	Pris kronor

DOCUMENT DATA			
Issuing organization National Defence Research Establishment Department of Weapon Systems, Effects and Protection S-172 90 Sundbyberg Sweden		Doc. ref. No. FOA report C 20871-2.4	
		Date June 1992	Item designation 5126090
		Project name (abbreviated if necessary)	
Author(s) B Onnermark R Jansson S-G Hansson		Initiator or sponsoring organization	
Title Smoke spread from a small to a large room - experiments			
Abstract By experiments was studied spread of fire smoke from a small fire room to an adjacent large room (190 m³) - and the smoke-filling of the latter. In the series of experiments were varied the fuel (kerosene and wood), the level of the fire room and the ventilation of the large room. In the large room the temperature T was measured at 12 heights and the optical smoke density OD at 5 heights. The main aim of this investigation was to get experimental data - for evaluating various calculation fire models. This comparison is given in a separate report.			
Key words Fire, building, smoke			
Further bibliographic description			Language Swedish
ISSN 0347-3694	ISBN	Pages 34	Price

Notes

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
2. Experimentbetingelser	6
3. Experimentserierna	7
4. Mätningar och apparatur	8
5. Mätresultat	10
6. Resultat	14
7. Sammanfattning	18
Referenser	19
Tabell 1-3	21-23
Figur 3	24-30
Figur 4	31-34

1. Inledning

I denna rapport redovisas de experimentella resultaten från en undersökning av "Brandröksspredning från ett litet brandrum till en stor lokal samt rökfyllnad av denna". I en parallell rapport [1] jämförs dessa resultat med resultat som har beräknats med olika beräkningsmodeller DSLN [2], FAST [3] och BRI2 [4] och Argos [5]. Syftet med [1] var främst att jämföra och värdera de olika modellernas användbarhet för den studerade rumsgeometrin och olika fall av brandventilation.

Rapporten innefattar de experimentella delarna av två projekt från BRANDFORSK till FOA 2 avseende "Brandspredning i byggnad" (BRANDFORSK 1/88 § 7.1) och "Brandgasspredning till stor lokal" (Brandforsk 3/90 § 7.1).

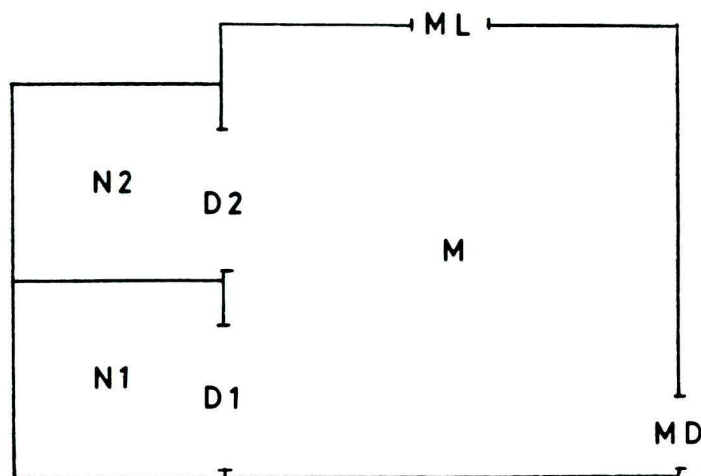
Den experimentella undersökningen utfördes som tre serier experiment med variationer av bränslet, brandrummets läge i förhållande till den stora lokalen samt brandventilationen av denna. En närmare beskrivning av experimentbetingelserna och de tre delserierna ges i kapitel 2 och 3.

Vid experimenten mättes främst brandgasernas temperatur (T) och optiska täthet (OD) på olika platser och höjder i den stora lokalen. T mättes även i brandrummet. Vid experimenten mättes också koncentrationen av kolmonoxid (CO) på några platser i den stora lokalen. Det fullständiga mätprogrammet redovisas i kapitel 4.

Kompleta mätresultat för T och OD samt exempel på övriga mätresultat ges i kapitel 5. I kapitel 6 ges sammanställningar av och kommentarer till de erhållna resultaten. I det avslutande kapitel 7 ges en sammanfattning av undersökningens syfte, utförande och resultat.

2. Experimentbetingelser

I nedanstående figur ges en schematisk bild av experimentlokalerna. N1 betecknar det lägre brandrummet som användes i experimentserierna A och B. Genom dörröppningen D1 utströmmade brandrök till den stora lokalen M, som efter en tid t_h rökfylldes helt eller till höjden h över golvet. Värdena h och t_h beror bl a på storleken hos öppningarna ML och MD. I experimentserie C var rum N2 brandrum. I serie A och B var D1 öppen och D2 stängd. I serie C var D2 öppen och D1 stängd.



Figur 1. Schematisk bild av experimentlokalerna.

I de flesta experimenten var bränslet fotogen - i kvadratiska kärl med sidorna 25, 50 eller 75 cm. Bränslet var placerat mitt på golvet i brandrummen (N1 eller N2). I serie A varierades även bränslets art: 3 experiment med bål av träribbor (25, 50 eller 75 kg) samt 4 experiment med fotogen.

De viktigaste måtten för experimentlokalerna var följande. Rum M hade golvytan 5.6 x 5.6 m och höjden 6.1 m. Rum N1 och

N2 var lika, med golvytan 3.9 x 2.8 m. Rummens höjd var 2.6 m. I serie A var bålet placerat på en brandvåg så att dess höjd över golvet var 0.2 m. Ventilationsöppningen MD vid golvet i rum M var i serie A: 0.25 x 0.8 m och i serie B och C alternativt 1.0 x 1.0 m eller 1.0 x 2.0 m. Takventilationsluckan ML var i serie A stängd och i serie B och C alternativt 1.0, 2.0 eller 4 m². Dörröppningarna D1 och D2 var båda 1.0 x 2.0 m. Vägg- och takmaterialet var i rum M betong (20 cm) och i rum N1 och N2 ca 70% betong och 30% lättbetong (25 cm).

3. Experimentserierna

I de tre experimentserierna varierades brandrummets läge (rum N1 eller N2), tak- och golvventilationen i rum M samt bränslets art och mängd. De studerade kombinationerna och experimentens numrering ges i tabell 1.

I tabellen betecknas bränslets art med FOT = fotogen och TRÄ = träribbor. För bränslemängden anges för fotogen bålet storlek, t ex FOT 25 = 25 x 25 cm, osv. För trä anges bålet vikt, t ex TRÄ 50 = 50 kg trä osv. För ventilationsöppningen ML betecknar ML1 arean 1 x 1 m, ML2 arean 1 x 2 m och ML 4 arean 2 x 2 m. För öppningen MD vid golvet betecknar MD 0.2 arean 0.25 x 0.8 m, MD 1 arean 1 x 1 m och MD 2 arean 1 x 2 m.

De tre delserierna omfattade sammanlagt 19 experiment. Serie A (7 exp) karakteriserades av brandrum N1 och stängd takventilation, serie B (7 exp) av brandrum N1 och varierad ventilation samt serie C (5 exp) av brandrum N2 och varierad ventilation.

4. Mätningar och apparatur

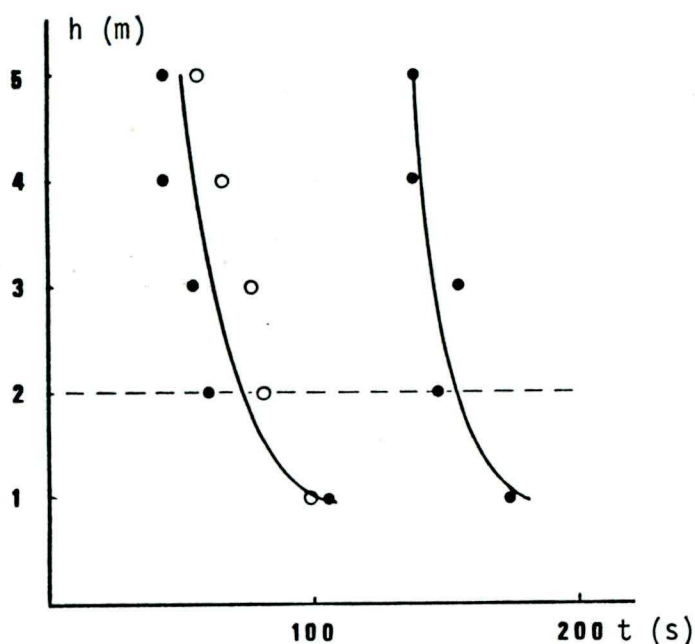
I varje experiment mättes gastemperaturen T på ett 60-tal platser i rum M, röktätheten OD på fem platser (höjder) i rum M samt gastemperaturen T i brandrummet (N1 eller N2). T mättes även i rumsöppningarna D1 (D2), ML och MD. Rökskiktets höjd h över golvet bestäms med hjälp av mätresultaten för OD (Jfr fig 2 nedan) samt de visuella och fotografiska observationerna. I samtliga experiment mättes koncentrationen av CO i rum M och i serie A förbränningshastigheten F i brandrummet. I fortsättningen av kapitlet beskrivs de utförda mätningarna samt bestämningen av h .

Brandgas-/lufttemperaturen T mättes på alla mätplatser med strålningskyddade termoelement av Cr/Al. I rum M var mätpunkterna fördelade längs fyra vertikaler med 0.5 m avstånd i höjddled. I brandrummen fanns en vertikal med fem mätpunkter samt fyra mätpunkter 10 cm från taket. Mätsignalerna avlästes var sjätte sekund och registrerades av en mät dator för senare utskrift i tabell och/eller diagramform.

Den optiska röktätheten (och därmed sikten) mättes med fem ljustransmissionsmätare [6] - vanligen på höjderna 1, 2, 3, 4 och 5 m över golvet. Mätningen avsåg transmissionen över en 1 m lång horisontell mätsträcka, ca 1.5 m från en av rummets väggar. Registrering och utskrift skedde som för T ovan. I experimenten mättes koncentrationen av CO på några olika höjder över golvet (1, 3, 5 m) med mätare av IR-absorptionstyp (Binos/Leybold och Scott). I serie A mättes koncentrationen av O_2 i brandrummet för att konstatera eventuell syrebegränsad förbränning. Dessa mätningar redovisas ej.

Som ingångsdata för Jämförande beräkningar av T och OD krävs kunskap eller antaganden om förbränningshastigheten F (g/s) för de olika bränslena. I serie A som omfattade olika art och mängd av bränslen bestämdes F genom att bränslet vägdes fortlöpande på en brandvåg. I serie B och C som endast omfattade bränslet fotogen gjordes ingen vägning - utan antogs att värdena från serie A skulle gälla även i dessa fall.

Bestämningen av röskiktets höjd över golvet (h) görs dels med hjälp av de ovan beskrivna OD -resultaten, dels med kompletterande visuella observationer. De senare avsåg bestämning av tiderna t_h för röskiktets passage av olika höjder samt den eventuella stagnationsnivån h_s för röskiktet. Utifrån mätresultaten för OD kan för varje experiment ritas ett diagram $h(t)$, där t betecknar tiden från experimentets början. Gränsvärdet för OD vid röskiktets underkant väljs för att svara mot en viss sikt i rum M. Väljs sikten 6 - 7 m - dvs tvärs över rum M - blir gränsvärdet $OD = 0.15 \text{ (m}^{-1}\text{)}$. Ett exempel på denna typ av diagram ges i nedanstående figur 2, för exp 2. I figuren har även inritats de visuella observationerna (o). Av diagrammen kan t ex utläsas den tid t_2 då röskiktet når till nära huvudhöjd (streckad linje). Den vänstra kurvan svarar mot $OD = 0.15 \text{ m}^{-1}$ och den högra mot $OD = 1.0$, dvs ca 1 m sikt.



Figur 2. Röskiktets höjd (h) över golvet som funktion av tiden i exp 2. Värdet för OD vid röskiktets underkant är $0.15 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ för den vänstra kurvan och 1.0 för den högra.

5. Mätresultat

I detta kapitel ges i diagramform mätresultaten för T och OD från samtliga experiment - dvs de experimentdata som skall jämföras med beräknade data enligt [1]. Från experimentserie A ges exempel på förbränningshastigheten F . Med några enstaka diagram ges typexempel på mätresultaten för CO i rum M och för T i brandrummet. I tabell 1 ges extremvärden för temperaturen T_B i rum M och B. I tabell 2 ges observationerna av röskiktets höjd över golvet i rum M - genom tiderna t_h för röskiktets passage av höjderna 5, 4, 3, ... m. I tabell 3 ges värden på den maximala koncentrationen av CO i rum M.

Temperatur i M

I figur 3 (36 delfigurer) ges de registrerade temperaturförloppen $T(t)$ i rum M. För varje experiment ges två diagram med vardera sex kurvor. Det vänstra diagrammet i varje par ger $T(t)$ på höjderna 1, 2, 3, 4, 5 och 6 m över golvet. I det högra diagrammet svarar kurvorna mot höjderna 0,5, 1.5.....5.5 m över golvet. Varje kurva ger beräknade medelvärden från fyra mätpunkter på respektive höjd. I tabell 1 ges de avlästa maximalvärdena $\bar{T}_{Mmax}$ i rum M - vilket genomgående var på höjden 6 m över golvet.

Röktäthet OD

I figur 4 (18 delfigurer) ges registreringarna av den optiska röktätheten OD på höjderna 1, 3, 4 och 5 m över golvet i serie A och på höjderna 1, 2, 3, 4 och 5 m i serierna B och C. Sambandet mellan OD och sikten $S(m)$ är ungefär $S = 1:OD(m)$.

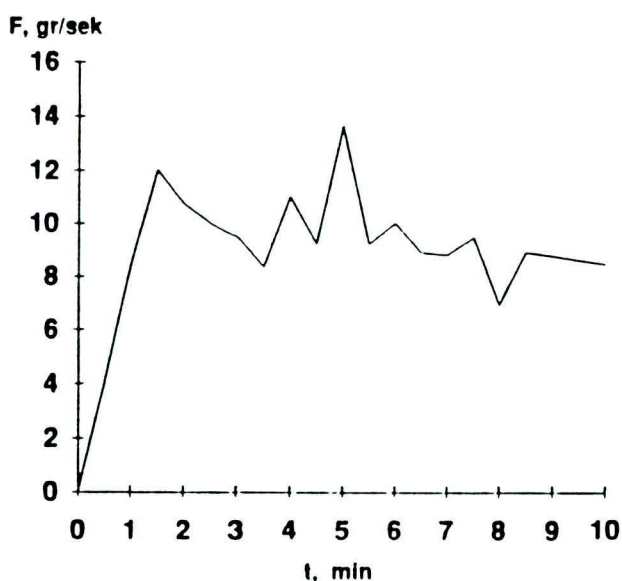
Röskiktets höjd h

Underlag för att rita $h(t)$ för önskat värde på OD vid röskiktets undre gräns - erhålls ur figur 4. För $OD = 0.15 (m^{-1})$ kan diagrammen kompletteras med de visuellt observerade värdena på t för röskiktets passage av höjderna 5, 4, 3...m samt den eventuella stagnationshöjden h_s . De visuellt observerade värdena ges i tabell 2.

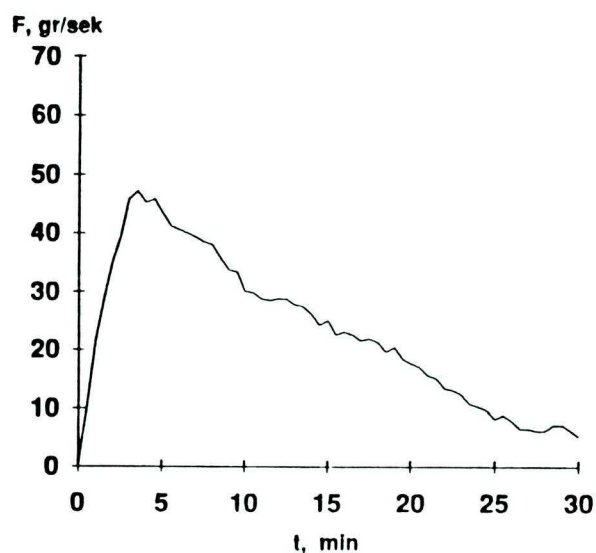
Förbränningshastigheten F

För de jämförande beräkningarna krävs kunskap eller antaganden om den frigjorda effekten $P(t)$ kW i brandrummet. För be-

räkningarna gäller $P = F \times H$, där F betecknar förbränningshastigheten (g/s) och H (kJ/g) förbränningsvärdet för det aktuella bränslet vid de aktuella brandbetingelserna. I nedanstående figurer 5a och 5b ges exempel på $F(t)$ från en fotogen- och en träbrand. Ur figur 5a (fotogen) kan avläsas ett nära konstant, maximalt $F_{\max} = \text{ca } 10 \text{ g/s}$. Figur 5 b (trä) visar ett annat förbränningsförlopp med $F_{\max} = \text{ca } 45 \text{ g/s}$. Mätningarna i övrigt gav svårförklarliga resultat och redovisas inte här.



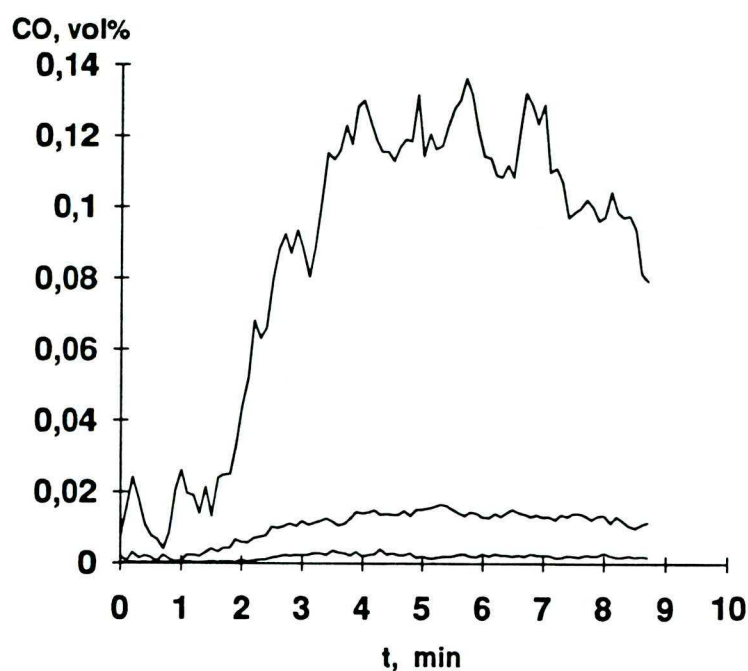
Figur 5a. Förbränningshastigheten F för ett fotogenbål, exp 1.



Figur 5b. Förbränningshastigheten F för ett träbål, exp 7

Kolmonoxid CO

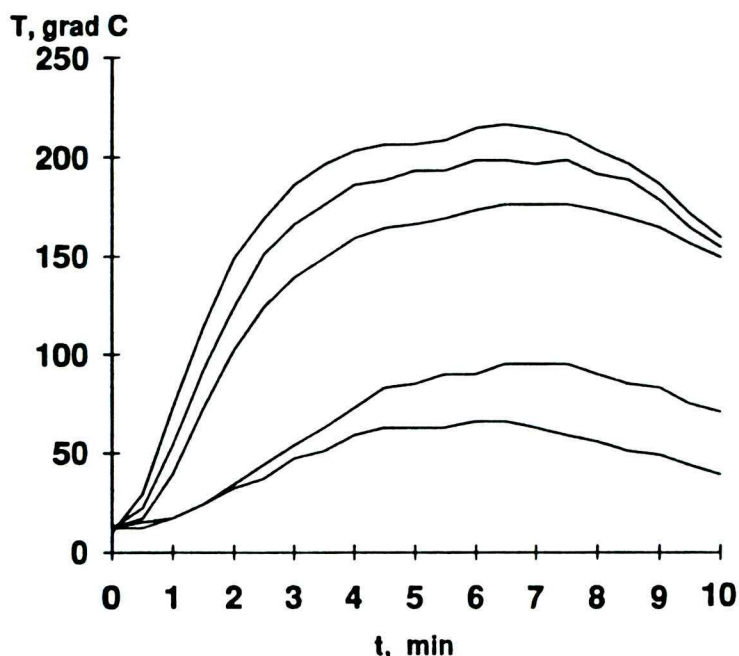
Utöver de primära mätningarna - mättes också koncentrationen av CO på en, två eller tre höjder i rum M. Ett exempel på registreringarna ges i nedanstående figur 6, med mätresultat från höjderna 1, 3 och 5 över golvet i experiment 9. Ur registreringarna kan avläsas de maximala värdena $CO_{\max}$ på respektive höjder. I tabell 3 ges de avlästa värdena på $CO_{\max}$ från samtliga experiment.



Figur 6. Koncentrationen av kolmonoxid CO på höjderna 5 m (överst), 3 m och 1 m över golvet i exp 9.

Övriga mätresultat

Vid experimenten gjordes också ett flertal andra mätningar - som bara delvis redovisas här. I nedanstående figur 7 ges exempel på temperaturförloppen på fem höjder längs en vertikal i brandrummet - vid en fotogenbrand (exp 2 - FOT 50). Kurvorna svarar uppifrån räknat mot höjderna 2.5, 2, 1.5, 1 och 0.5 m över golv. De maximala temperaturerna i brandrummet betecknas T_{Bmax} och ges för samtliga experiment i tabell 1. Av övriga temperaturvärden ges i tabell 1 också omgivnings- (start-) temperaturen T_0 .



Figur 7. Temperaturen i brandrummet på höjderna 2.5 m (överst) 2, 1.5, 1 och 0.5 m i exp 2.

6. Resultat

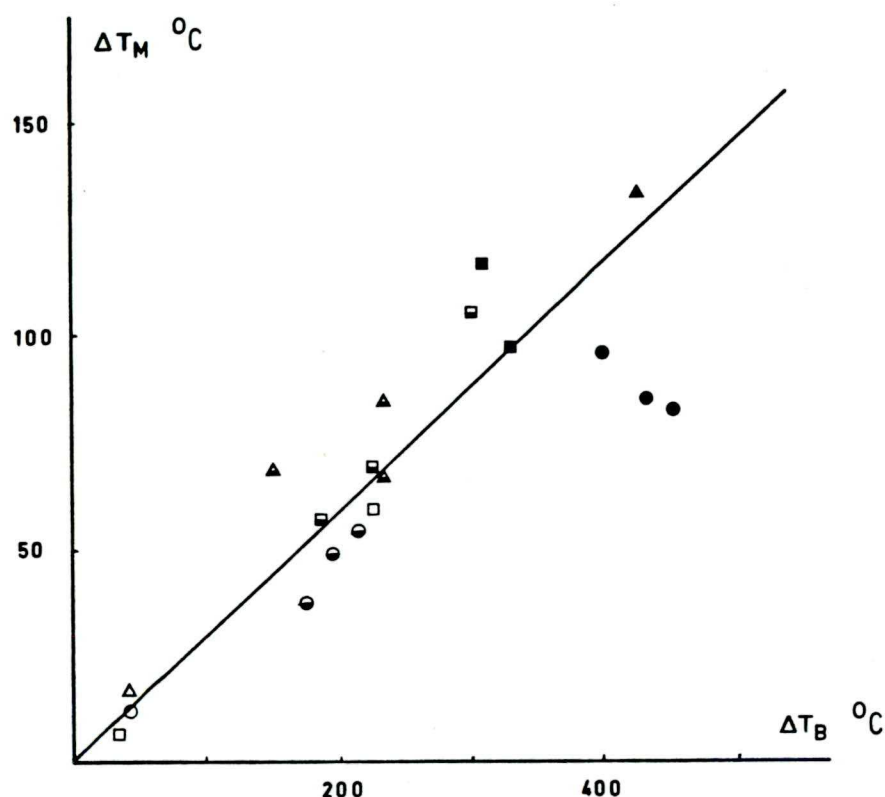
Undersökningens huvudresultat utgörs av mätresultaten för T och OD i figurerna 3 och 4 - dvs de resultat som skall jämföras med beräknade resultat [1].

Genom observationer vid experimenten samt sammanställningar av mätresultat erhöles därutöver delresultat som redovisas nedan. Bl a kommenteras resultaten avseende koncentrationen av CO i rum M.

Temperatur

Med utgångspunkt från tabell 1 kan studeras sambandet mellan den maximala temperaturen i brandrummet ($\bar{T}_{Bmax}$) och den resulterande maximala temperaturen i mottagarrummet ($\bar{T}_{Mmax}$) - vid olika kombinationer av ventilation i mottagarrummet (M).

En sammanställning av sammanhörande temperaturhöjningar ($\Delta T_B, \Delta T_M$) ges i figur 8 - där ΔT_B betecknar $\bar{T}_{Bmax} - T_0$ och $\Delta T_M = \bar{T}_{Bmax} - T_0$.



Figur 8. Sambandet mellan den maximala temperaturhöjningen ΔT_B i brandrummet och ΔT_M i mottagarrummet i de 19 experimenten.

Av figur 8 kan utläsas ett nära linjärt samband mellan ΔT_B och ΔT_M med $\Delta T_B / \Delta T_M = 3$ å 4. Däremot bedöms resultaten inte direkt ge möjlighet till slutsatser om sambanden mellan värdet av $\Delta T_B / \Delta T_M$ och de olika ventilationsparametrarna (bränsle, ventilation,...). Figur 8 bedöms främst vara till vägledning för val av experiment för jämförelsen av experimentella och beräknade resultat.

I figur 3 ges ett omfattande material för studier av temperaturens variation med höjden i rum M. Tänkbara studier kan t ex avse temperaturens tillväxt och variation i huvudhöjd eller sambandet mellan rökskiktets höjd och temperaturen på olika höjder. Sådana undersökningar har ej utförts i denna undersökning.

Röktäthet - sikt

Mätresultaten för den optiska röktätheten (OD) och sikten (S) beror i hög grad på mätmetoden, bränslet och brandbetingelserna. I följande avsnitt kommenteras därför aktuellt underlag och vissa observationer.

Vid experimenten mättes OD(S) i rum M med två metoder: dels OD med transmissionsmätare på 5 höjder, dels S genom visuell observation av en mätskala tvärs över rummet (avstånd 6 - 7 m). I det senare fallet noterades tiderna då mätskalans meterhöjder blev osynliga (= passerades av rökskiktet). En bedömning av det värde på OD som svarade mot sikten 6 - 7 m var $OD = 0.15 \text{ m}^{-1}$.

I de olika experimenten observerades olika strömning av den sikthindrande röken i rum M. Normalt skedde rökfyllnaden av rum M genom att brandgaserna/röken strömmade ut genom dörröppningen D1(D2) och uppåt nära angränsande vägg. Efter att ha nått taket spred sig röken i ett horisontellt skikt. Härvid bildades ett övre rökfyllt brandgasskikt, som tillväxte i tjocklek ned mot golvet. Nedanför detta övre, rökfyllda skikt fanns normalt ingen rök av mätbar röktäthet (sikt < 100 m).

På grund av turbulens hos den utströmmande röken från brandrummet eller tillfälliga strömningar i det övre

röskiktet - observerades vid flera experiment rök i den nedre delen av rum M, innan röskiktet nått ned till denna nivå. Genomgående bedömdes dessa tillfälliga variationer (i tid och rum) inte avsevärt inverka på de avlästa tiderna för rökens ankomst till olika höjder. Beträffande angivna tider för sikt < 6 m genom visuella observationer gäller samma bedömning.

För sambandet mellan sikt (S) och röktäthet (OD) råder en osäkerhet - som främst sammanhänger med brandrökens sammansättning (sotinnhåll, vattenånga...). Angivna värden på ankomsttid för rök av viss röktäthet (t ex OD = 0.15 m^{-1}) till en viss höjd i rum M - berodde därför direkt på det bränsle som användes. De i tabell 2 givna värdena avser huvudsakligen sotrik rök från fotogenbränder - för vilka gäller $S \times OD = k$, där k är mellan 1 och 2. För exp 6, 7 och 8 (träbränder) är värdet på k mer osäkert.

Kolmonoxid

Separat studerades i denna undersökning koncentrationen av kolmonoxid CO i rum M. Målsättningen för denna delundersökning var mycket begränsad - framför allt på grund av det lilla antalet mätare (oftast 2). Främst söktes kunskap om storleksordningen av den maximala CO-koncentrationen på några höjder i rum M, främst nära golv och nära tak.

Ett exempel på mätresultaten ges från exp 9, där mätningar gjordes på höjderna 1, 3 och 5 m över golvet. I tabell 3 ges de avlästa maximalvärdena från samtliga experiment. Mycket lågt maximalvärde har i tabellen betecknats med < 0.1 o/oo. Ur tabellen utlästes följande:

- För fotogenbränderna (exp 1 - 5 och 9 - 20) erhöles på höjden 5 m max.värden mellan < 0.1 och 5 o/oo.

- För träbränder (exp 6 - 8) erhöjls på höjden 5 m max.värden mellan 0.6 och 10 o/oo.
- För fotogenbränder erhöjls på höjden 1 m ö g maximalt 0.4 o/oo - och i flertalet experiment < 0.1 o/oo.
- För träbränderna erhöjls på höjden 1 m ö g maximalt 6.5 o/oo.
- Maximalvärden > 0.1 o/oo på höjden 1 m erhöjls, endast i experiment utan takventilation i rum M.
- Underlaget bedömdes som otillräckligt för slutsatser angående tider till avsevärda höjningar av CO-koncentrationen nära golvet (1 - 2 m).
- Ett noggrannt studium av CO-fördelningen i rum M vid olika tider - bedömdes kräva en avsevärt större mätinsats än vad som kunde göras här.

7. Sammanfattning

I detta avslutande kapitel ges en kort sammanfattning av undersökningens syfte, utförande och resultat. För mer detaljerad beskrivning hänvisas till kapitel 1 - 6.

I undersökningen studerades experimentellt spridningen av brandrök från ett litet brandrum (rum B) till en närliggande större lokal (rum M) samt rökfyllnaden av denna. I undersökningen varierades ventilationen av rum M, läget av rum B samt bränslet (fotogen eller trä). Undersökningens huvudsyfte var att ta fram experimentella resultat - att jämföras med resultat som beräknats med olika beräknings-

5. Baden N Argos theory manual, Danish Institute
 of Fire Technology Birkerød, 1991.

6. Jansson R Brandgasventilation av trapphus genom
 Onnermark B taklucka, FOA rapport C20575-D6, 1985.
 Altvall L-E

Tabell 1. Experimentförteckning och mätresultat för temperatur.

Exp	Bränsle	ML m ²	MD m ²	T ₀ °C	$\bar{T}_{Bmax}$ °C	$\bar{T}_{Mmax}$ °C
1	FOT 50	-	0,2	15	240	85
2	FOT 50	-	0,2	20	205	78
4	FOT 25	-	0,2	21	54	28
5	FOT 75	-	0,2	20	350	118
6	TRA 25	-	0,2	15	240	85
7	TRA 50	-	0,2	16	315	122
8	TRA 75	-	0,2	11	320	128
9	FOT 50	1	1	15	230	70
10	FOT 50	2	1	15	210	64
11	FOT 75	2	1	20	420	116
12	FOT 75	2	2	18	450	104
13	FOT 75	4	2	15	470	98
14	FOT 50	2	2	20	195	58
15	FOT 25	1	1	18	60	30
16	FOT 50	-	0,2	25	175	94
17	FOT 50	1	1	15	250	100
18	FOT 50	2	2	12	245	80
19	FOT 25	1	1	12	60	30
20	FOT 75	1	1	15	450	148

Brandrum N1: exp 1 - 15

Brandrum N2: exp 16 - 20

Tabell 2. Tid t_h sek för röken att nå höjderna 5.4...0 m över golvet

Exp	5	4	3	2	1	0 m
1	67	78	85	93	100	107
2	56	65	76	81	98	-
4	191	221	249	283	315	360
5	42	48	53	58	68	77
6	185	194	217	235	266	-
7	110	120	133	150	162	178
8	125	133	145	162	172	187
9	65	74	83	93	d	-
10	53	60	88	100	e	-
11	42	45	49	52	-	-
12	42	45	50	77	-	-
13	51	57	88	-	-	-
14	73	91	b	-	-	-
15	202	235	270	-	-	-
16	70	100	167	c	-	-
17	118	a	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-
19	360	630	-	-	-	-
20	57	90	-	-	-	-

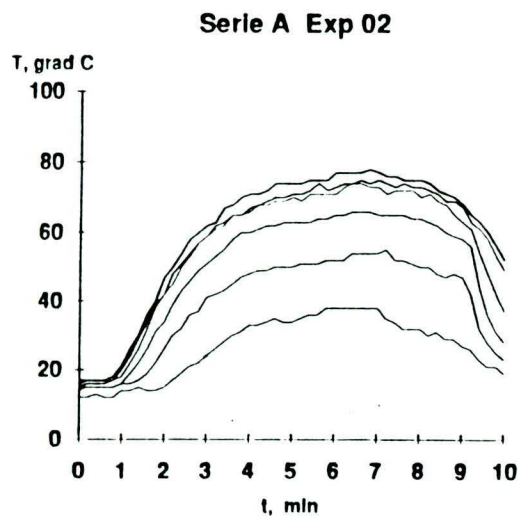
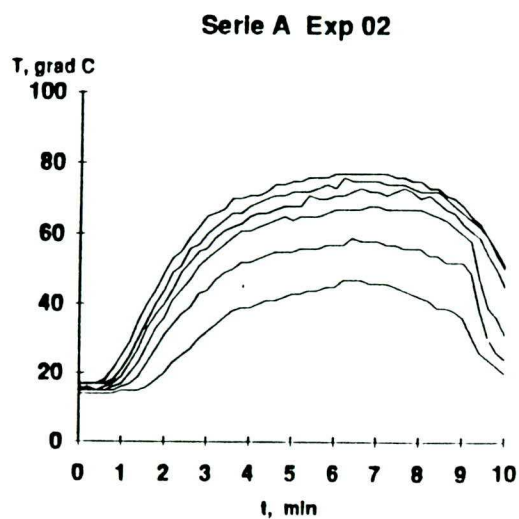
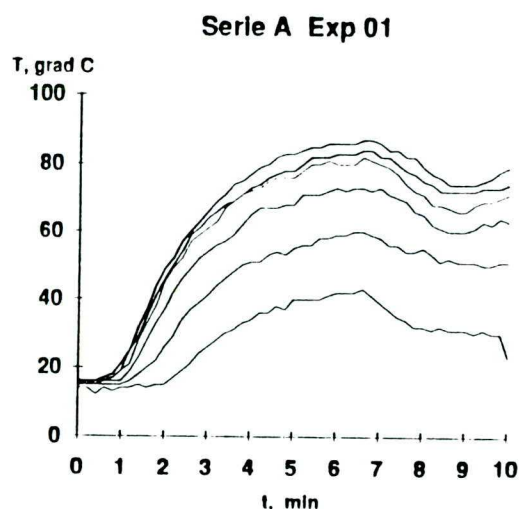
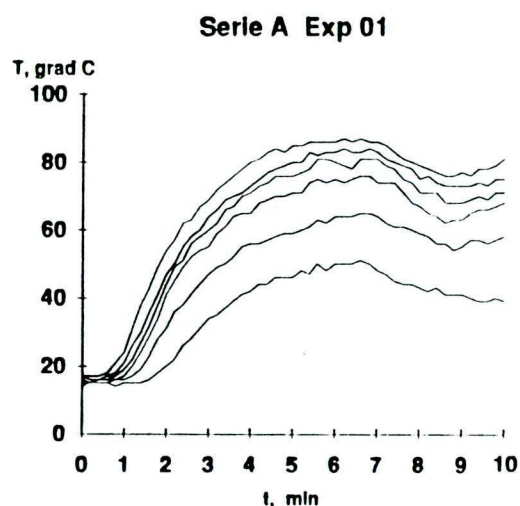
Stagnationshöjd h_s : a = 4.5 m efter 180 sek, b = 3.5 m efter 120 sek, c = 3.5 m efter 210 sek, d = 1.5 m efter 140 sek, e = 1.5 m efter 150 sek och (-) = ingen notering

Tabell 3. CO o/oo på höjderna 1, 3 och 5 m över golvet i rum M

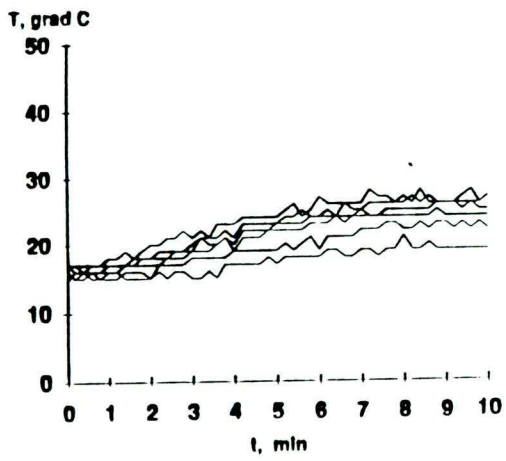
exp	1 m	3 m	5 m
1	-	-	0.3
2	0.15	-	0.3
4	< 0.1	-	< 0.1
5	0.4	-	0.8
6	0.35	-	0.6
7	3.0	-	5.0
8	6.5	-	10.0
9	< 0.1	0.15	0.15
10	-	0.22	0.15
11	< 0.1	-	< 0.1
12	< 0.1	-	1.2
13	< 0.1	-	0.5
14	< 0.1	-	1.0
15	< 0.1	< 0.1	0.7
16	< 0.1	0.35	0.4
17	< 0.1	< 0.1	1.0
18	< 0.1	< 0.1	< 0.1
19	< 0.1	< 0.1	< 0.1
20	< 0.1	< 0.1	0.65

Figur 3

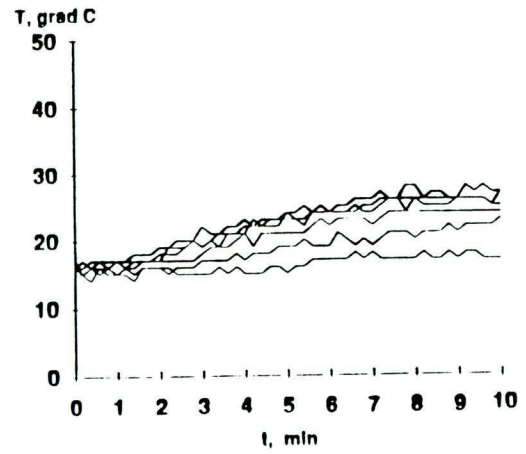
Figur 3 ger resultaten för mätningen av temperaturen T °C i rum M. Exp 3 finns ej och resultat saknas för exp 10. För de övriga experimenten ges $T(t)$ på 12 höjder över golvet. I den vänstra bilden i varje par - motsvarar kurvorna uppifrån räknat höjderna 6, 5, 4, 3, 2 och 1 m. I den högra bilden motsvarar kurvorna uppifrån höjderna 5.5, 4.5, 3.5, 2.5, 1.5 och 0.5 m.



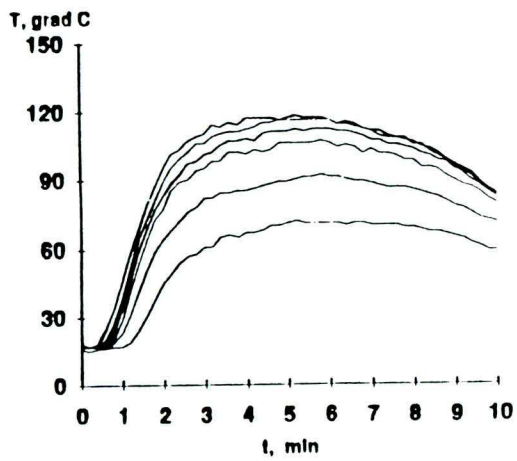
Serie A Exp 04



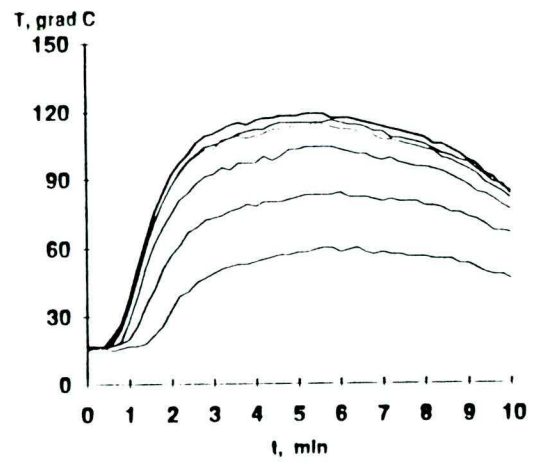
Serie A Exp 04



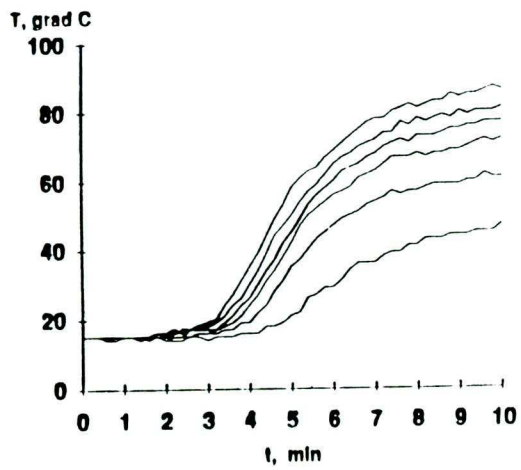
Serie A Exp 05



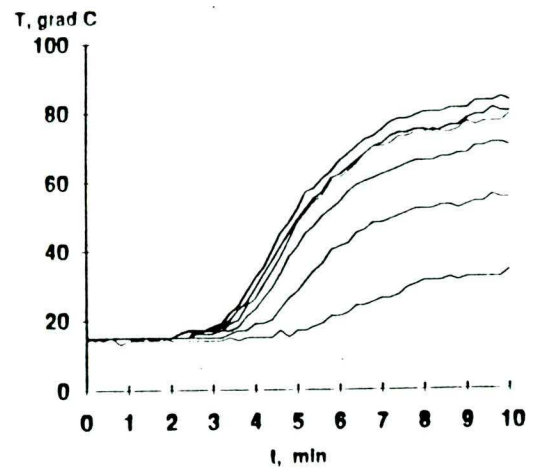
Serie A Exp 05



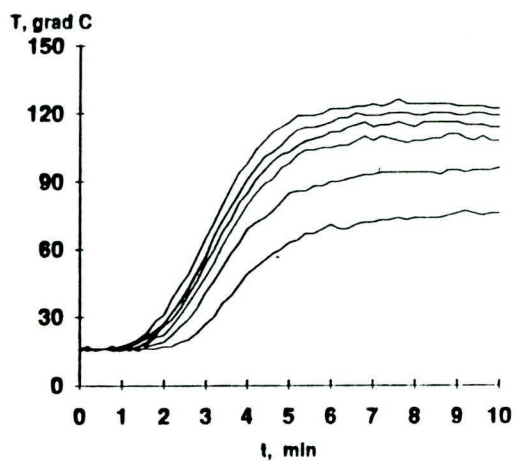
Serie A Exp 06



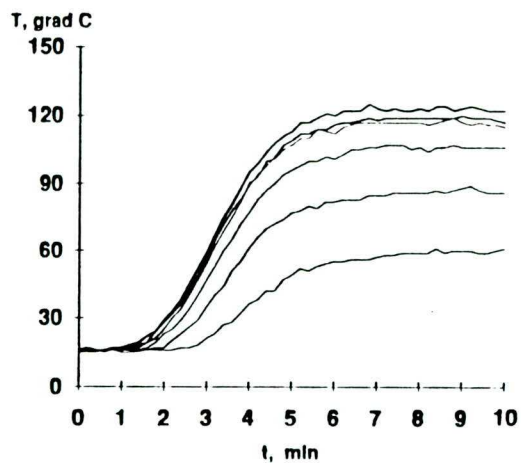
Serie A Exp 06



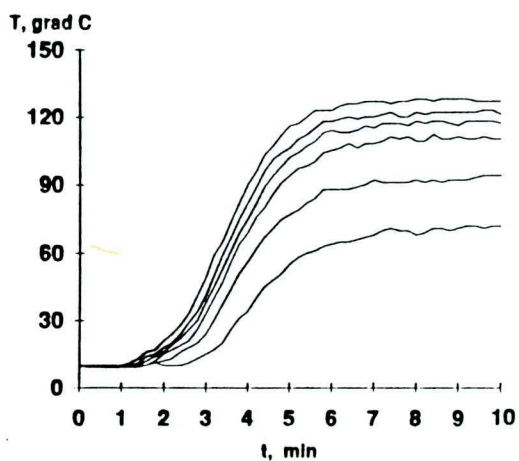
Serie A Exp 07



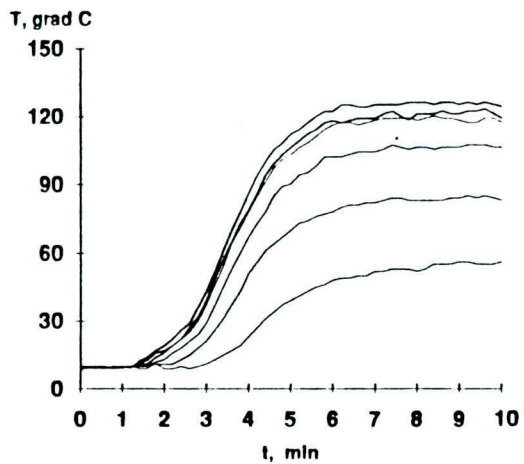
Serie A Exp 07



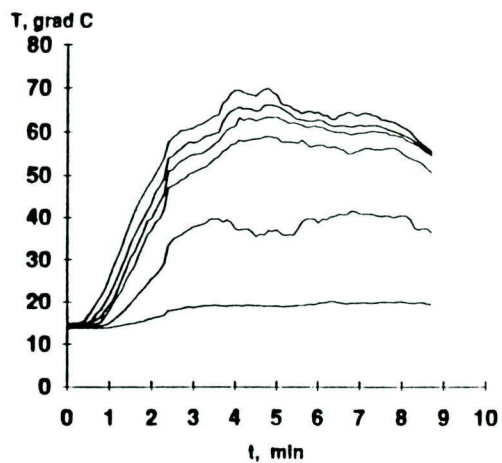
Serie A Exp 08



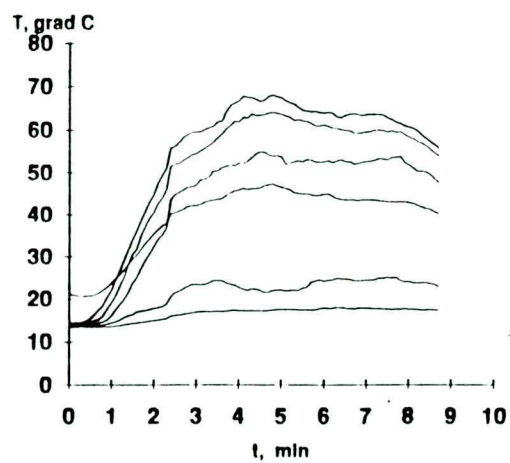
Serie A Exp 08



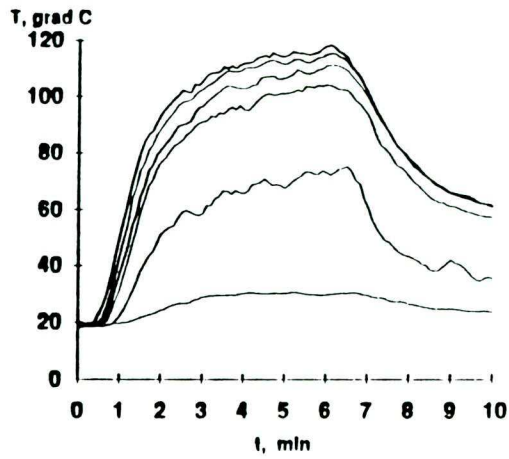
Serie B Exp 09



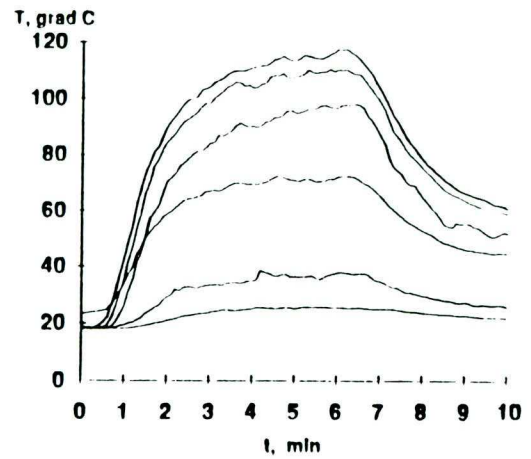
Serie B Exp 09



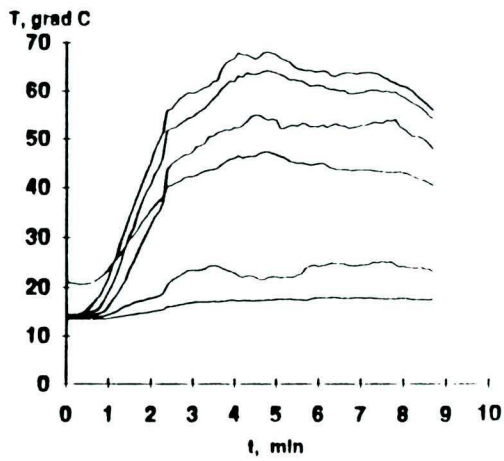
Serie B Exp 11



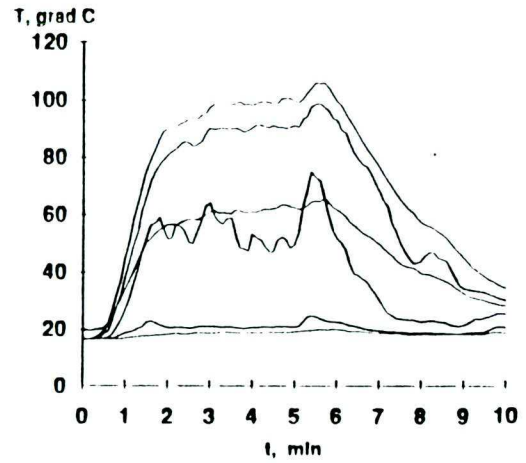
Serie B Exp 11



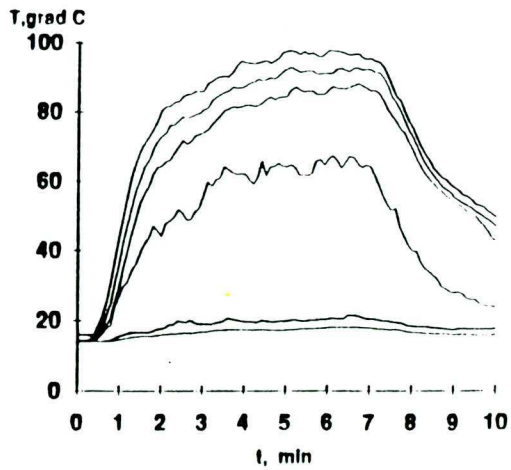
Serie B Exp 12



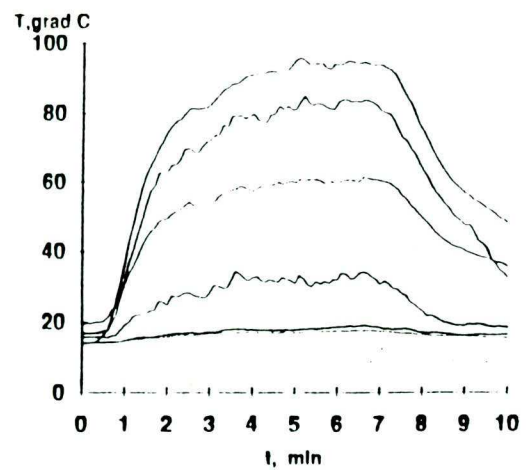
Serie B Exp 12



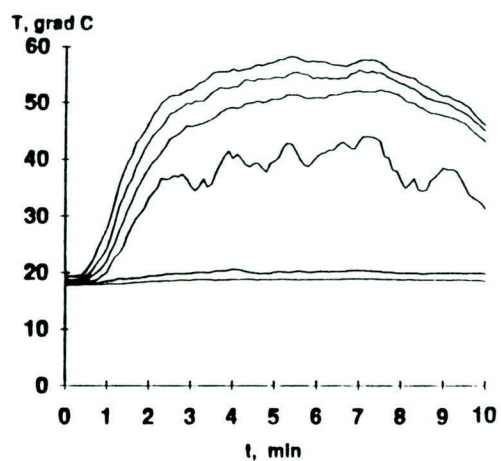
Serie B Exp 13



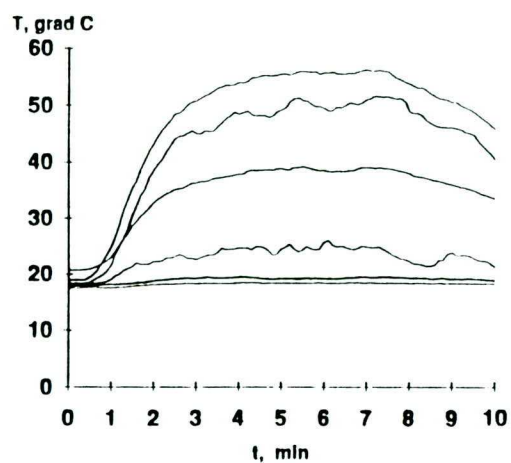
Serie B Exp 13



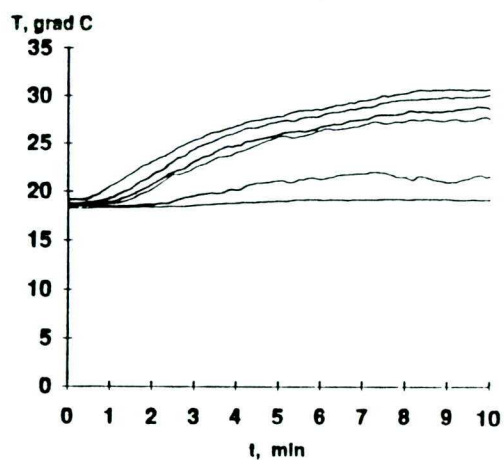
Serie B Exp 14



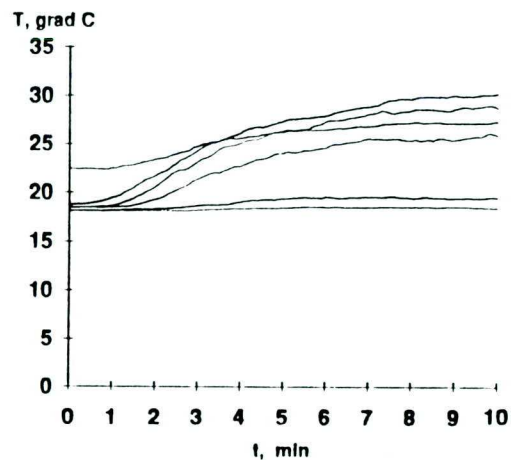
Serie B Exp 14



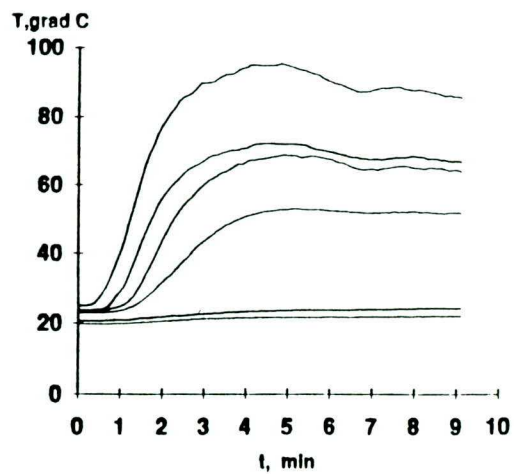
Serie B Exp 15



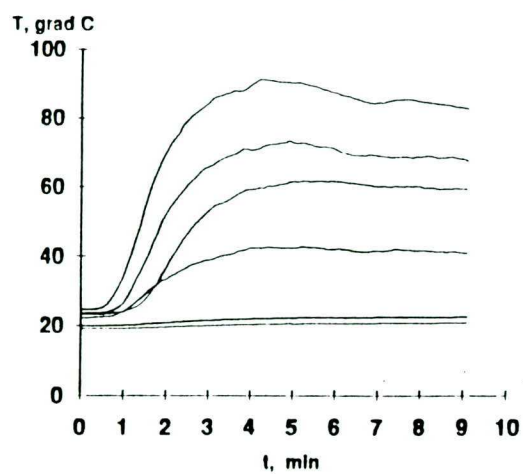
Serie B Exp 15



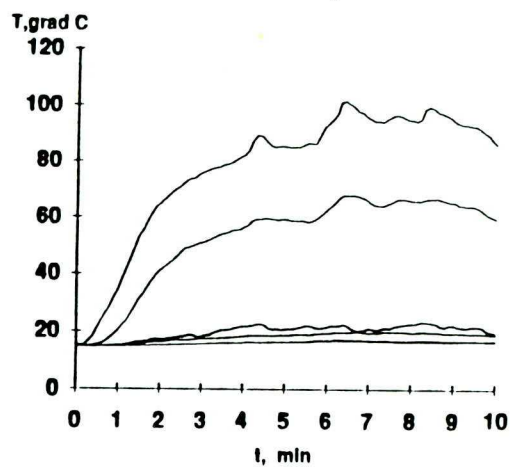
Serie C Exp 16



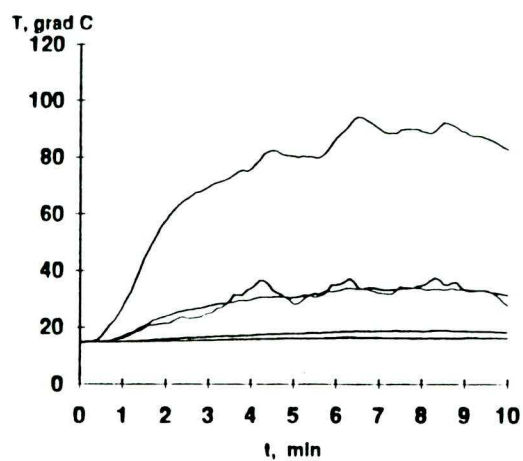
Serie C Exp 16



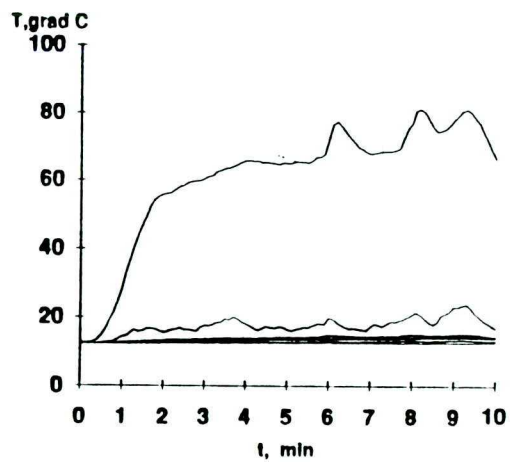
Serie C Exp 17



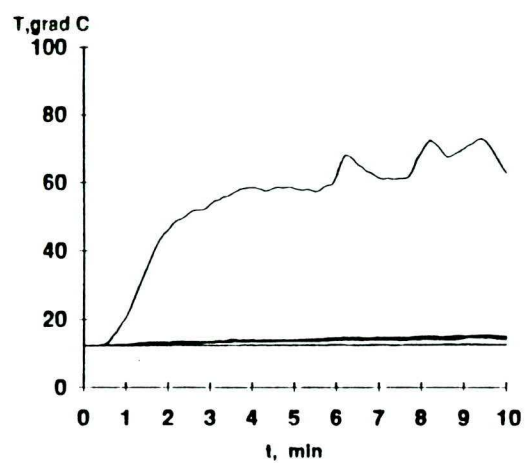
Serie C Exp 17



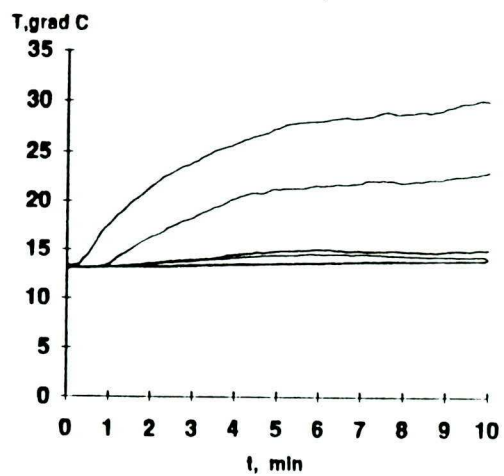
Serie C Exp 18



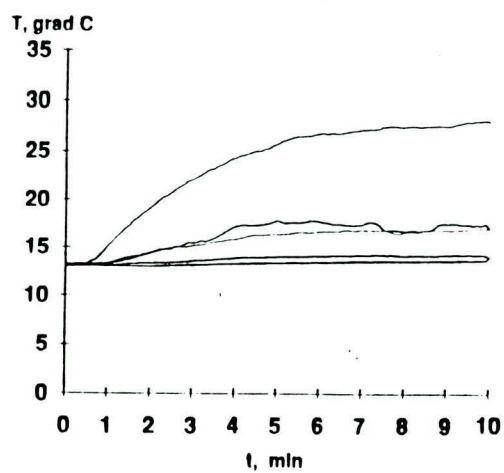
Serie C Exp 18



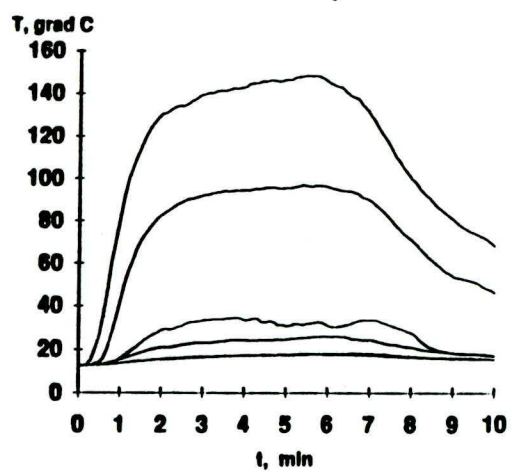
Serie C Exp 19



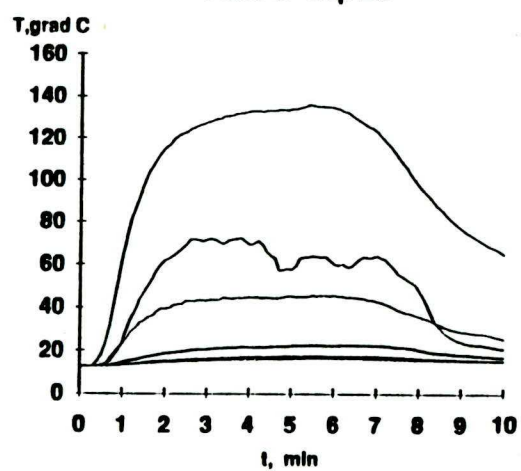
Serie C Exp 19



Serie C Exp 20



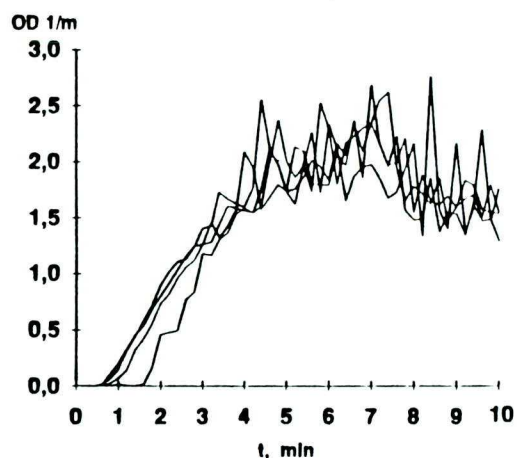
Serie C Exp 20



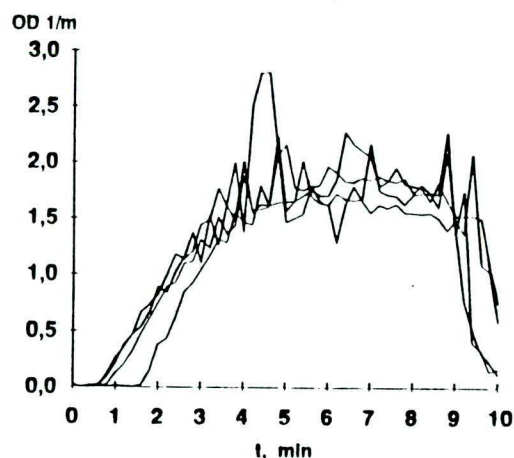
Figur 4

Figur 4 ger resultaten för mätningen av röktätheten $OD(m^{-1})$ i rum M. Exp 3 finns ej och resultat saknas för exp 10. I serie A (exp 1-8) mättes OD på fyra höjder över golvet: 1, 3, 4 och 5 m. I serie B och C (exp 9 - 20) mättes OD på höjderna 1, 2, 3, 4 och 5 m. I tidigt skede då kurvorna ej skär varandra - svarar kurvorna från vänster till höger mot avtagande höjd över golvet.

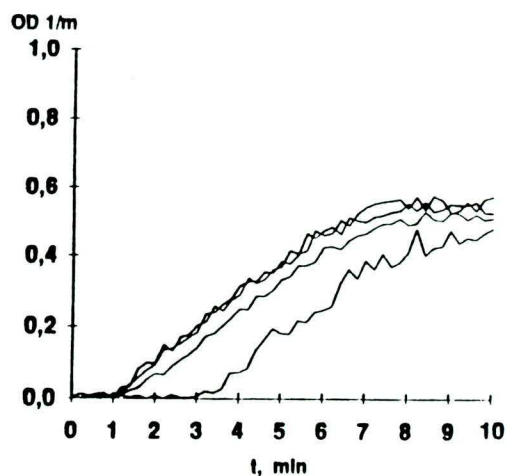
Serie A Exp 01



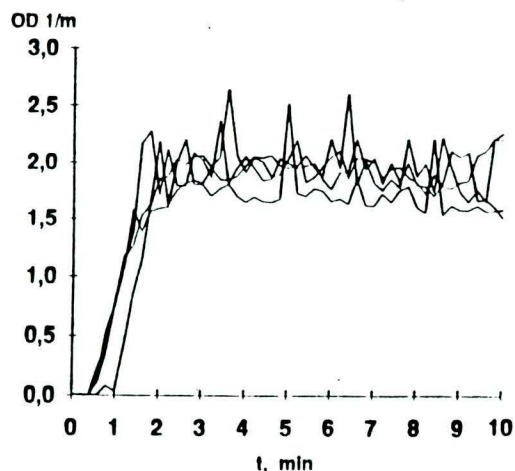
Serie A Exp 02



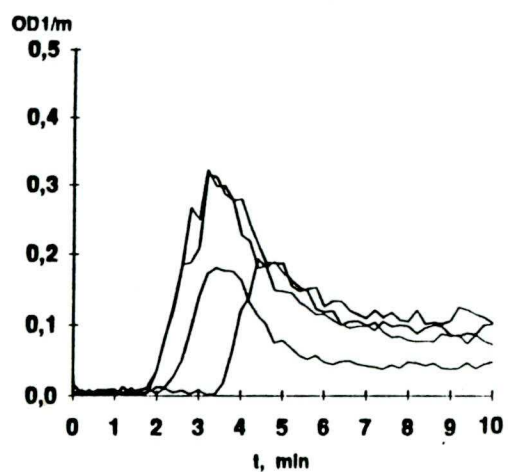
Serie A Exp 04



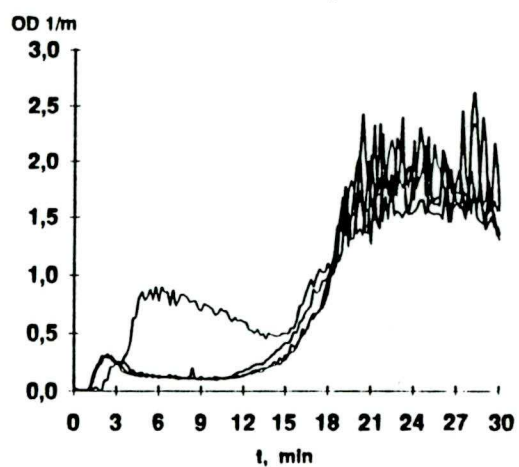
Serie A Exp 05



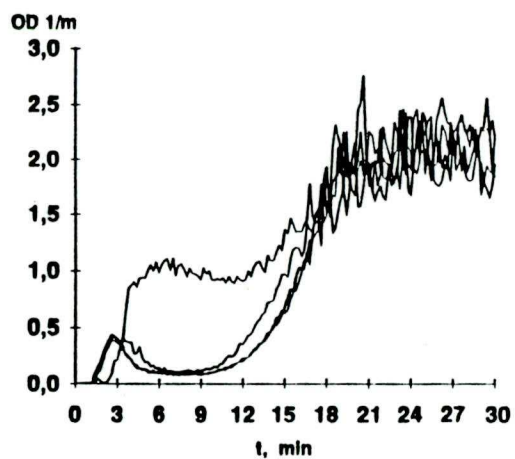
Serie A Exp 06



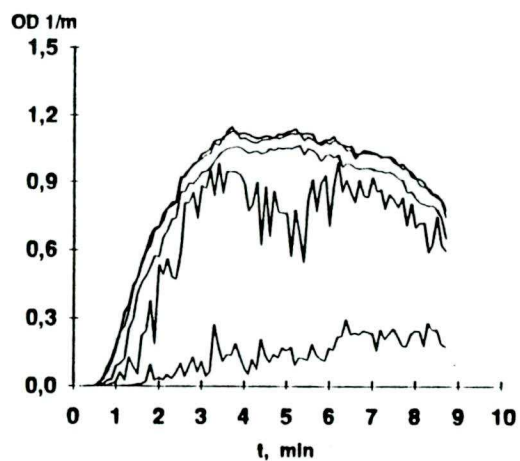
Serie A Exp 07



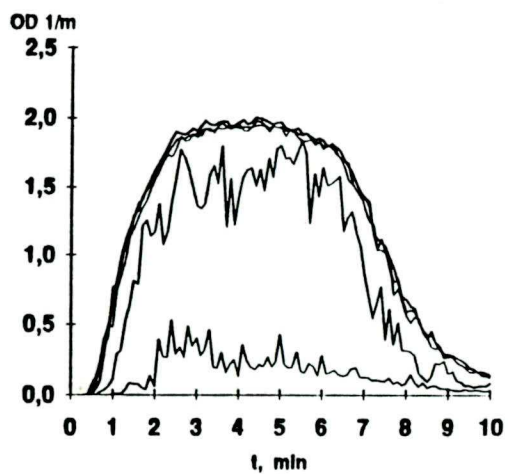
Serie A Exp 08



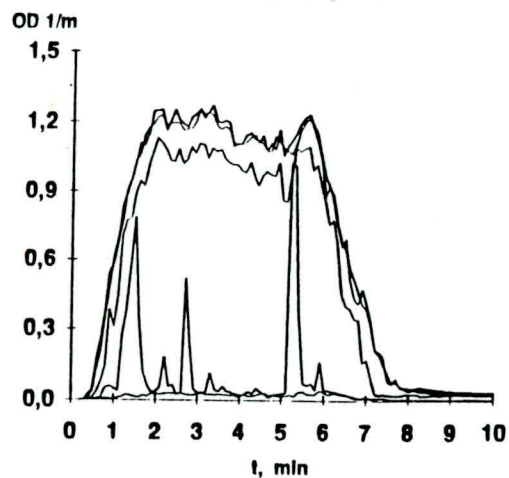
Serie B Exp 09



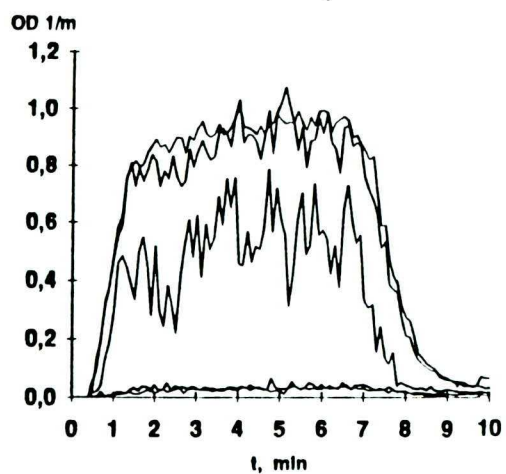
Serie B Exp 11



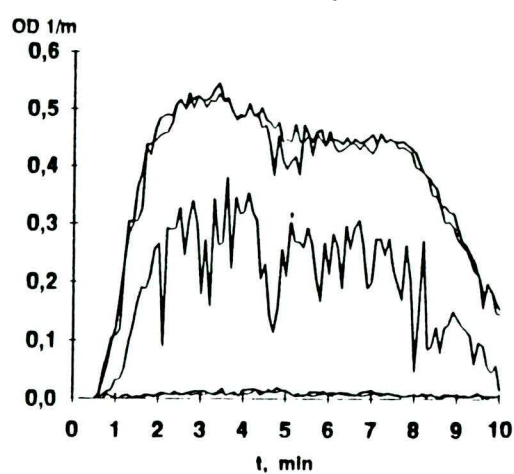
Serie B Exp 12



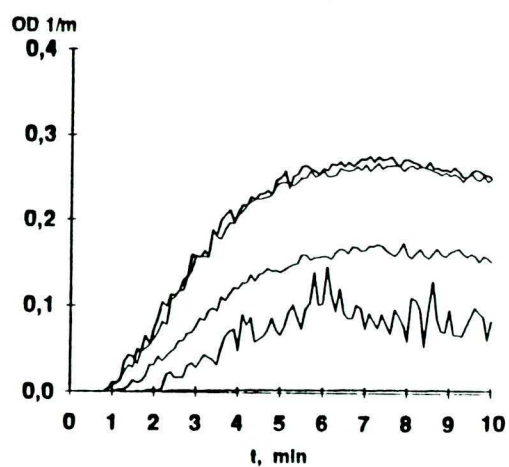
Serie B Exp 13



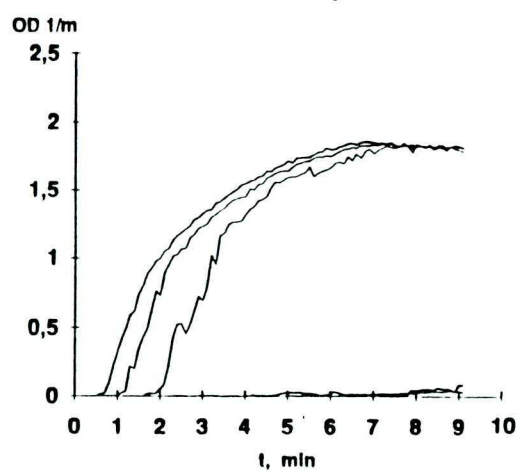
Serie B Exp 14



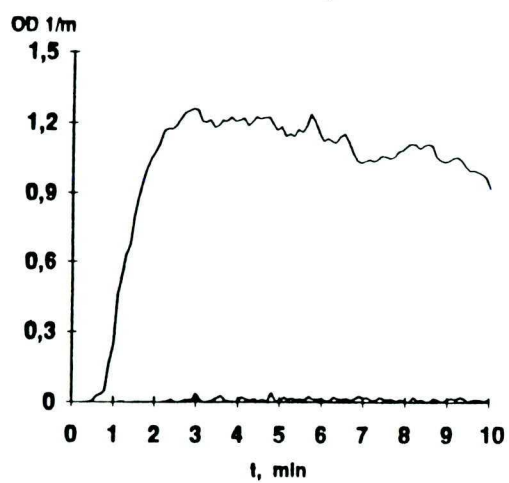
Serie B Exp 15



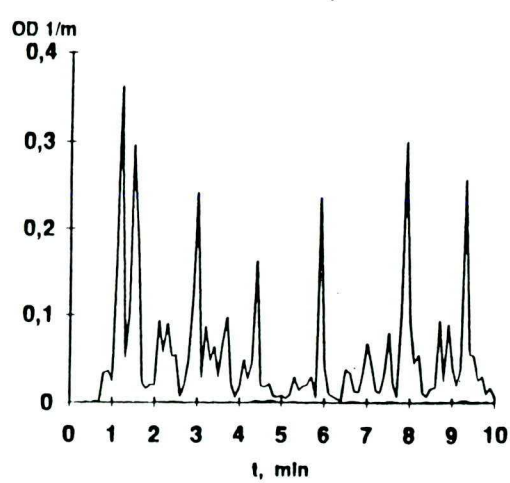
Serie C Exp 16



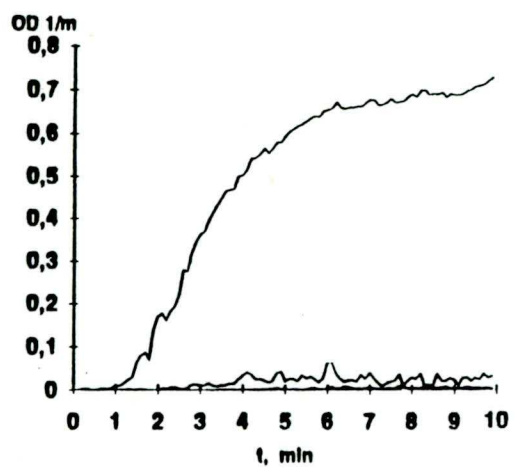
Serie C Exp 17



Serie C Exp 18



Serie C Exp 19



Serie C Exp 20

