

Självantändning av arkoffsettryckfärger i kombination med bärare

*Ida Arlehamn
Anders Persson*

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5087, Lund 2001

**Självantändning av arkoffsettryckfärger
i kombination med bärare**

**Ida Arlehamn
Anders Persson**

Lund 2001

Självantändning av arkoffsettryckfärger i kombination med bärare

Ida Arlehamn
Anders Persson

Report 5087
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5087--SE

Number of pages: 108
Illustrations: Ida Arlehamn, Anders Persson

Keywords

Linseed oil, tung oil, cupeling furnace, driers, DSC, self-ignition, spontaneous combustion, autooxidation

Sökord

Linolja, kinesisk träolja, muffelugn, sickativ, DSC, självantändning, autooxidation

Abstract

The purpose of this report is to evaluate spontaneous combustion of two vegetable binders, linseed oil and tung oil. Binders with driers are common in sheet-fed offset inks. The methods used are literature research and experimental studies. The experimental study is divided in two parts, experiments in a preheated cupeling furnace, and experiments with differential scanning calorimetry-apparatus. At experiments with the cupeling furnace time until self-ignition is measured and at experiments with the DSC-apparatus the autooxidation-temperature is measured.

Författarna svarar för innehållet i rapporten.
© Copyright: Ida Arlehamn och Anders Persson.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60

Summary

Spontaneous combustion is defined as every to combustion leading process caused by generated heat in the material without help from any extern heat sources¹.

It is known that rags with linseed oil at certain circumstances has the ability to self-ignite. As linseed oil and other reactive binders are components in some printing inks, there is an interest from the printing ink industry to receive a comparative relation of the tendency to self-ignite of different binders. The way various concentrations of binders together with different additives effects the heat release is in great interest.

The purpose of this report is by experiment and literature research, evaluate and relate the tendency of spontaneous ignition of two vegetable binders.

Experiments are conducted and two different methods are used. The first method is experiments with a preheated oven, a cupelling furnace, where the ability of the different products to release heat is measured as a function of time. The second method is experiment with differential scanning calorimetry-apparatus, where the autooxidation-temperature is measured.

In experiments with the preheated cupelling furnace, two different vegetable binders are used, linseed oil and tung oil. Three different preheating temperatures are used 70 °C , 80 °C and 90 °C. Experiments with mixtures consisting driers (two metallic salts) and binders are performed at two different preheating temperatures, 70 °C and 90 °C. With the purpose to imitate commercial inks and lacquers, experiments with mixtures consisting binders, driers and mineral oil are performed at two different preheating temperatures, 70°C and 90 °C.

In experiments with the differential scanning calorimetry-apparatus linseed oil and tung oil are used. Two commercial inks, one mineral oil based and one vegetable oil based, and one commercial lacquer based on tung oil are also used at the experiments with the differential scanning calorimetry-apparatus.

According to the results received from experiments with the preheated cupelling furnace, tung oil needs less time than linseed oil to self-ignite, independent of the preheating temperature. With a preheating temperature of 70 °C linseed oil with driers shows a remarkable reduction of time until self-ignition. With a preheating temperature of 70 °C tung oil with driers also shows a remarkable reduction of time until self-ignition, but not in the same extent as linseed oil with driers. According to the results, time until self-ignition for both binders is remarkable less with driers. A mixture containing 25 weight-% linseed oil, 3 weight-% driers and 72 weight-% mineral oil shows less time until self-ignition than 100 % linseed oil at the preheating temperatures 70 °C and 90 °C. A

¹ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 9

mixture containing 25 weight-% tung oil, 3 weight-% driers and 72 weight-% mineral oil shows longer time until self-ignition at the preheating temperatures 70 °C and 90 °C.

According to the results received from experiments with the differential scanning calorimetry-apparatus, tung oil has a lower autooxidation-temperature than linseed oil. This indicates that tung oil has greater tendency to self-ignite than linseed oil. Consequently results received from experiments with the preheated cupelling furnace and results from experiments with the differential scanning calorimetry-apparatus correlates. The reaction scenarios of the two commercial inks are similar, while the reaction scenario of the commercial lacquer reminds of the pure binders.

Sammanfattning

Självantändning definieras som varje till förbränning ledande process, orsakad av värmealstring i materialet, utan medverkan av främmande värmekällor².

Det är känt att linolja i kombination med bärare (trasor), under vissa förutsättningar kan självantända. Då linolja och även andra reaktiva bindemedel ingår i vissa tryckfärger, föreligger det intresse från tryckfärgsbranschen att erhålla en relativ jämförelse av olika bindemedels tendens till värmeutveckling. Hur bindemedlens olika koncentration tillsammans med olika tillsatser påverkar värmeutvecklingen är även av intresse.

Syftet med projektarbetet är att genom praktiska försök och med litteraturstudier som grund relatera olika bindemedels tendens till värmeutveckling gentemot varandra.

I den empiriska studien tillämpas två olika metoder. Den ena metoden är försök i förvärmad muffelugn där värmeutvecklingsförmågan hos de provade produkterna mäts som funktion av tiden. Den andra metoden är försök i DSC-apparatur, där de provade produkternas autooxidationstemperatur mäts.

Vid försök i muffelugn används två olika bindemedel, linolja och kinesisk träolja, vid tre olika förvärmningstemperaturer, 70 °C, 80 °C och 90 °C. Försök med blandningar av torkmedel, i form av två olika metallsalter, och bindemedel genomförs vid två olika förvärmningstemperaturer, 70 °C och 90 °C. För att efterlikna kommersiella färger och lacker genomförs dessutom försök med blandningar av bindemedel, torkmedel och mineralolja vid två olika förvärmningstemperaturer, 70 °C och 90 °C .

Vid försök i DSC-apparatur används linolja och kinesisk träolja. Dessutom provas två kommersiella färger, en färg som är mineraloljebaserad och en som är vegetabiliskt baserad. Även en kommersiell lack som är träoljebaserad provas vid försök i DSC-apparatur.

Enligt resultaten från genomförda försök i muffelugn påvisar kinesisk träolja kortare tid till självantändning relativt linolja vid samtliga förvärmningstemperaturer. För linolja med tillsatt sickativ, vid förvärmningstemperaturen 70 °C, sker en markant sänkning av tiden till självantändning relativt utspädd linolja. Sänkningen av tiden till självantändning för kinesisk träolja med tillsatt sickativ relativt utspädd kinesisk träolja vid förvärmnings-temperaturen 70 °C är också markant, dock ej i samma utsträckning som för linolja. Resultaten från försöken påvisar att tid till självantändning för de olika bindemedlen blir avsevärt mindre då sickativ tillsätts. En blandning av 25 vikt % linolja, 3 vikt % sickativ och 72 vikt % mineralolja påvisar kortare tid till självantändning än utspädd linolja vid förvärmningstemperaturerna 70 °C och 90 °C. Resultaten av försöken med en blandning av 25 vikt % kinesisk träolja, 3 vikt % sickativ och 72 vikt

² Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 9

% mineralolja påvisar betydligt längre tid till självantändning än outspädd kinesisk träolja vid förvärmnings-temperaturerna 70 °C och 90 °C.

Resultaten från försöken i DSC-apparatur visar entydigt att kinesisk träolja har lägre autooxidationstemperatur än linolja. Detta ger en indikation att kinesisk träolja har större tendens än linolja att självantända. De resultat som erhållits från försök i muffelugn korrelerar således med resultat från försök i DSC-apparatur. De kommersiella färgerna påvisar liknande reaktionsförlopp relativt varandra medan den kommersiella lacken påvisar ett reaktionsförlopp som påminner om de outspädda bindemedlen.

Förord

Hösten 2001 då vi genomfört vårt projektarbete rörande självantändning av arkoﬀsettryckfärger, har varit en händelserik, spännande och arbetsam tid.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Jan Sörensson, Bo Arnfors och Carina Jönsson på Akzo Nobel Inks AB i Trelleborg för ert engagemang, tillhandahållande av muffelugn och råvaror samt för mycket hjälp under arbetets gång.

Stort tack till Eva Wallström och övriga anställda på EnPro Aps i Danmark som möjliggjort våra försök i DSC-apparatur och som visat stort engagemang.

Tack till Janni Leveau på Alba för tillhandahållandet av trasor till våra försök i muffelugn.

Vi vill även tacka våra handledare från Lunds Tekniska Högskola, Berit Andersson och Ulf Göransson på avdelningen för Brandteknik. Ni har löpande under arbetet visat engagemang samt kommit med goda råd och stöttat oss i vårt arbete. Tack till Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör på avdelningen för Brandteknik, som under våra praktiska försök i muffelugn hjälpt till med tekniskt kunnande, råd och tid, vilket underlättat för oss i vårt arbete.

Slutligen vill vi tacka varandra för en utvecklande och spännande period,

Lund, december 2001



Ida Arlehamn



Anders Persson

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE	2
1.3 METOD	2
1.4 AVGRÄNSNINGAR	3
1.5 OSÄKERHETER	3
2 FENOMENET SJÄLVANTÄNDNING	5
2.1 SJÄLVANTÄNDNINGSTEORI	5
2.1.1 Autooxidation av oljor	5
2.1.2 Syreberoendet	6
2.1.3 Volymens inverkan	6
2.1.4 Den specifika ytans inverkan	6
2.1.5 Fukthaltens inverkan	7
2.1.6 Temperaturens inverkan	7
2.1.7 Självantändningstemperatur för vätskor	7
2.2 MODELLER FÖR SJÄLVANTÄNDNING	8
3 TESTMETODER INOM TERMISK ANALYS	13
3.1 SVEPKALORIMETRI: DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY, DSC	13
3.2 MACKAY TEST	17
3.3 PROVNING I UGN MED KONSTANT ELLER ÖKANDE TEMPERATUR	18
4 FÖRSÖKENS GENOMFÖRANDE	19
4.1 FÖRFÖRSÖK	19
4.2 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING I MUFFELUGN	19
4.2.1 Avgränsningar vid försök i muffelugn	21
4.2.2 Initieringstemperatur	21
4.2.3 Termoelement	22
4.2.4 Bäraren och provvätskans fördelning	22
4.3 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING I DSC-APPARATUR	23
5 PROVADE PRODUKTER VID FÖRSÖK I MUFFELUGN OCH DSC-APPARATUR	25
5.1 LINOLJA	25
5.2 KINESISK TRÄOLJA	26
5.3 SICKATIV	26
5.4 MINERALOLJA	27
5.5 FÄRGER OCH LACKER	27
6 FÖRSÖK I MUFFELUGN	29
7 FÖRSÖK I DSC-APPARATUR	31
8 RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I MUFFELUGN OCH DSC-APPARATUR	33

8.1 RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I MUFFELUGN	33
8.2 RELATIV JÄMFÖRELSE AV RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I MUFFELUGN	35
8.2.1 <i>Kinesisk träolja relativt linolja</i>	35
8.2.2 <i>Linolja och kinesisk träolja med tillsatt sickativ</i>	37
8.2.3 <i>Linoljeblandning relativt linolja</i>	39
8.2.4 <i>Träoljablandning relativt kinesisk träolja</i>	41
8.3 RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I DSC-APPARATUR	42
8.4 RELATIV JÄMFÖRELSE AV DSC-RESULTAT	44
8.5 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I MUFFELUGN OCH FÖRSÖK I DSC-APPARATUR	44
9 DISKUSSION OCH SLUTSATS	47
10 FÖRSLAG TILL FORTSATT STUDIE	49
REFERENSLISTA	51
BÖCKER OCH RAPPORTER	51
TIDNINGARTIKLAR	52
INTERNET	52
ÖVRIGT	52
INNEHÅLLSFÖRTECKNING TILL BILAGOR	53

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Självantändning definieras som varje till förbränning ledande process, orsakad av värmealstring i materialet, utan medverkan av främmande tändkällor³.

Värmeutvecklingen i det reagerande materialet är således större än värmeförlusterna till omgivningen, vilket leder till att temperaturen i materialet stiger och den exoterma reaktionen accelereras.

Den 2/10 2000 uppstod brand i en trasbehållare på civiltryckeriet Triprint AB i Stockholm⁴. Trasbehållaren innehöll vegetabiliska färgrester och tygrasor indränkta med färg. Branden spred sig från trasbehållaren längs elledningar och PVC-rör under bildandet av saltsyra. Saltsyran orsakade omfattande korrosionsskador med sanering av tryckeriet som följd.

Vegetabiliska oljor av olika ursprung ingår i tryckfärger i olika proportioner⁵. Då linolja är en vegetabilisk olja förekommer den som bindemedel i oxidationstorkande färger. Då linoljan torkar alstras värme, reaktionen är en exoterm oxidationsreaktion.

Om linolja sprids över en stor yta, som utgörs av till exempel fibrer i trasor eller torkdukar av cellulosa, får linoljan god tillgång till syre och torkar snabbt, med betydande värmeutveckling som följd. Med största sannolikhet orsakades branden i behållaren på civiltryckeriet Triprint av trasor, som använts för att torka upp färgspill. Då värmeavledningen från oljan som torkar inuti en trashög är låg, kan temperaturen i trashögen stiga kraftigt. Antändning inträffar då temperaturen överskrider tändtemperaturen för det reagerande materialet eller något intilliggande material.

Incidenten på civiltryckeriet Triprint och tillbud på andra tryckerier⁶ medför ett intresse från färgindustrin att bland annat få veta;

- Vad innebär olika halter av bindemedel och torkmedel för värmeutvecklingsförloppet?
- Är bindemedels värmeutveckling genom oxidation i kombination med bärarens (trasans) egenskaper tillräcklig för att resultera i självantändning?
- Finns det någon skillnad beträffande värmeutveckling mellan de olika bindemedlena som används inom tryckindustrin?
- Vid vilken koncentration bindemedel är värmeutvecklingen tillräcklig för att självantändning skall inträffa?

³ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 9

⁴ Grafiskt Forum, 3 01, s 14

⁵ http://www.palab.se/pdf/Lin_farg.pdf, 7/10 2001

⁶ Jan Sörensson, 25/6 2001

- Hur påverkar tillsatser av sickativ (torkmedel) den värmeutvecklande reaktionen för olika bindemedel?

Akzo Nobel Inks AB, Trelleborg, tillverkar tryckfärger till den grafiska industrin. Tryckfärgerna som tillverkas används vid tryckning av dagstidningar, böcker, broschyrer, reklammaterial, förpackningar, självhäftande etiketter med mera. Jan Sörensson, R&D Manager, med ansvar för utveckling av färg för tryckning inom arkoffset, på Akzo Nobel Inks AB, Trelleborg, kontaktade avdelningen för Brandteknik i förhoppning att frågeställningarna kunde behandlas som projektuppgift för studenter under sitt fjärde år på Brandingenjörsprogrammet.

1.2 Syfte

Projektarbetet syftar till att genom praktiska försök och med litteraturstudier som grund värdera bindemedels tendens till värmeutveckling vid oxidation. Bindemedlen som värderas är linolja och kinesisk träolja. Syftet är att jämföra de olika bindemedlens värmeutveckling relativt och att jämföra sickativets inverkan för värmeutvecklingsförloppet. Slutligen skall två olika typer av kommersiella färger och en kommersiell lack jämföras relativt värmeutvecklingen för de utspädda bindemedlen.

1.3 Metod

Efter litteraturstudier genomförs praktiska försök på Lunds Tekniska Högskola i avdelningen för Brandtekniks laborationshall och på företaget EnPro Aps i Danmark. För att studera självantändning kan olika metoder och modeller användas. I detta arbete används två olika metoder. De valda metoderna är isoterma försök i förvärmad muffelugn och Differential Scanning Calorimetry, DSC-analys.

Initiellt genomförs försök i muffelugn med utspädd linolja respektive kinesisk träolja vid olika förvärmningstemperaturer. Vid försöken studeras de olika bindemedlens värmeutveckling relativt varandra. För att studera sickativets inverkan för värmeutvecklingsförloppet genomförs försök med blandningar som består av linolja respektive kinesisk träolja med tillsatt sickativ. Slutligen genomförs försök med blandningar av bindemedel, sickativ och mineralolja vid två olika förvärmningstemperaturer. Bindemedelskoncentrationen är 25 vikt %, koncentrationen sickativ är 3 vikt % och koncentrationen mineralolja är 72 vikt %. Vid försöken appliceras provvätskan på trasor. Trasorna benämns i denna rapport som bärare.

Vid DSC-analys, svepkalorimetri, mäts energiförändringar i ett prov. Vid DSC-analys erhålls en kurva över hastigheten då provets entalpi förändras som en funktion av temperaturen (eller tiden vid isoterma analyser). I detta arbetet DSC-analys använts för att fastställa olika produkters autooxidationstemperatur. Dessa temperaturer har sedan relativt jämförts. I DSC-apparaturen genomförs försök med kinesisk träolja och linolja. Även två kommersiella färger och en kommersiell lack testas i DSC-apparaturen. Den

ena färgen är mineraloljebaserad och i den ingår linolja och linoljealkyd.⁷ Den andra färgen är vegetabilisk och i den ingår sojaolja. Lacken består av bland annat kinesisk träolja.

1.4 Avgränsningar

Vid de praktiska försöken används två metoder, dessa är försök i förvärmning i muffelugn och försök i DSC-apparatur.

Vid försöken beaktas två olika bindemedel. Bindemedlen är linolja och kinesisk träolja. Endast en relativ jämförelse av de olika ämnens värmeutvecklingstendenser och autooxidationstemperatur genomförs.

Vid försök i muffelugn behålls bärarna intakta. Någon undersökning beträffande finfördelning eller variation av bärare och bärarmaterial görs ej.

Vid försök i muffelugn, med syftet att efterlikna kommersiella färg- och lacksammansättningar, används blandningar av bindemedel och sickativ som späds med mineralolja. Färgpigment eller andra tillsatser används ej vid försök i muffelugn.

Undersökning av provvolymens inverkan och variation för teoretisk omskalning av mätvärden genomförs ej. De praktiska försöken genomförs bara på en provkroppstorlek.

Vid försök i DSC-apparatur används endast en uppvärmningshastighet.

1.5 Osäkerheter

Bärarnas vikt varierar och därmed mängden påförd provvätska, dock hålls proportionen bärare och provvätska konstant. Då bäraren vikts och rullas manuellt för att sedan placeras i en nätkorg med given volym kan det råda olika packningsgrad vid försöken.

Värmetransporten genom bäraren kan variera då fördelningen av provvätska i bäraren inte blir exakt lika vid de olika försöken.

Viss osäkerhet finns beträffande bäraren då dess inverkan ej är klarlagd. Eftersom det används begagnade bärare, dock rentvättade, kan variationen av storlek, vikt och slitgrad vara större än för ny tillverkade och oanvända bärare.

Att vid försök i muffelugn bibehålla isoterma förhållanden är svårt. Då provkroppen utvecklar värme, genom oxidationsreaktion, värms omgivningsluften i muffelugnen upp och temperaturen stiger över den bestämda förvärmningstemperaturen.

Det finns ett visst läckage vid ugnsluckan som bidrar till en temperaturgradient i ugnen. Hur detta läckage påverkar lufttillförseln är ej känt.

⁷ Jan Sörensson, 1/10 2001

Eftersom provmängden vid DSC-försök är liten, storleksordningen milligram, mäts ej temperaturen i provvätskan, utan denna antas ha samma temperatur som omgivningen. Provmängden påverkar DSC-resultatet i viss mån då mätsignalerna kan bli för svaga vid för liten provmängd. För att få en tillförlitlig mätsignal bör hela provkapselns botten vara täckt av provvätska.

2 Fenomenet självantändning

2.1 Självantändningsteori

Enligt Lampe och Saarnak är definitionen av självantändning ”*varje till förbränning ledande process, orsakad av värmealstring i materialet, utan medverkan av främmande värmekällor.*”⁸

Självuppvärmning i ett material uppträder när värme alstras i materialet med en hastighet som är större än den hastighet med vilken värme leds bort till omgivningen. Det leder till att temperaturen stiger och den exoterma reaktionen accelereras, vilket i sin tur leder till ytterligare temperaturstegring och så vidare. Slutligen kan antändning inträffa då tändtemperaturen för det reagerande materialet eller något intilliggande material överskrids.

Material som är kända för att självantända under vissa betingelser är bönor, kol, bomull, säd och hö⁹. Även porösa material som är kontaminerade med värmeutvecklande substanser kan självantända.¹⁰ Enligt Lampe och Saarnak kan nedanstående processer leda till självantändning;

- Sorptionsvärme, värmeutveckling vid upptagning av vatten.
- Adsorption av syre på ytan av reaktiva ämnen med en därpå följande oxidation. Detta sker långsamt för exempelvis träkol och mycket snabbt för vissa metallpulver.
- Biologiska processer förorsakade av svampar och bakterier.
- Autooxidation av organiska ämnen. Det klassiska fallet är torkande oljor.
- Andra värmeutvecklande reaktioner, polymeriseringsreaktioner, släckning av kalk med mera.

I detta projekt kommer endast autooxidation av oljor att beaktas.

2.1.1 Autooxidation av oljor

Orsaken till att vissa oljor (ofta kombinerat med bärare) kan självantända, är att dessa torkar genom oxidation, vilket ger värmeutveckling. Alla oljor som har vegetabilisk eller animalisk bas oxideras och polymerisas vid luftens inverkan. Den värmeutvecklande reaktionen är således i huvudsak en exoterm oxidationsreaktion.

Oxideringen och polymeriseringen beror av oljans innehåll av omättade fettsyror, det vill säga antalet konjugerade dubbelbindningar. Innehållet av omättade fettsyror

⁸ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 9

⁹ Holmstedt, G, 1988, s 1

¹⁰ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 9

karaktäriserar således en oljas oxideringstendens. Analytiskt bestäms denna tendens med jodtalet. Jodtalet definieras som det antal gram jod 100 gram olja kan upptaga vid mätning. Jodtalet indikerar således ett ämnes tendens till självantändning.¹¹ Ju högre jodtal desto större tendens till självantändning. Det finns dock exempel på oljor med lägre jodtal som har större tendens till självantändning än oljor med högre jodtal. I huvudsak benämns oljor som torkande då jodtalet är 120-200, de icke torkande och halvtorkande oljorna har ett jodtal upp till 95.

2.1.2 Syreberoendet

Nästan samtliga kemiska och organiska självuppvärmningsprocesser kräver syre.¹² Syre till exoterma oxidationsreaktioner tas från luften och tillgången på luft kan därför vara begränsande för värmeutvecklingen. Vid otillräcklig tillgång på syre kan värmeutvecklingen begränsas så att tändtemperatur hos materialet eller intilliggande material aldrig uppnås. Ju mindre syre som finns tillgängligt, desto långsammare går reaktionerna och desto högre blir självantändningstemperaturen.

2.1.3 Volymens inverkan

Normalt är värmealstringen proportionell till mängden reagerande ämne. För små volymer beror bortledningen av värme på begränsningsytan mot omgivningen.¹³ För en sfäriskt geometri innebär detta att den bildande värmemängden är proportionell mot r^3 medan värmeavgivningen är proportionell mot r^2 . Detta leder enligt Lampe och Saarnak till en kritisk volym, det vill säga när värmealstringen blir större än värmeavgivningen.

Vid angivelse av ett materials självantändningstemperatur bör materialets geometri anges.¹⁴ Anledningen är att uppvärmningen av materialet beror av värmetransporten till omgivningen som i sin tur beror av materialets geometri.

2.1.4 Den specifika ytans inverkan

Ett poröst material även av obrännbar typ såsom stenull eller glasull som blivit indränkt med en reaktiv vätska, till exempel olja, kan självantända.¹⁵ Det porösa materialet tillåter att en mycket stor specifik yta av vätskan kommer i kontakt med luftens syre och den kan därigenom generera mer värme. Det porösa materialet har även god värmeisoleringsförmåga till följd av lufts låga värmekonduktivitet.

Faktorer som påverkar självantändningstemperaturen

- Isoleringsmaterialets fysikaliska och kemiska egenskaper
- Vätskans egenskaper (lättflyktiga vätskor har ofta svårt att självantända)

¹¹ Virtala, V et al, 1949, s 12

¹² Holmstedt, G, 1988, s 6

¹³ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 10

¹⁴ Holmstedt, G, 1988, s 1

¹⁵ Ibid s 2 ff

Risken för självantändning i porösa material kan bedömas med hjälp av småskalaförsök och av ekvation 2.4 (se kapitel 2.2).

Närvaron av isolerande material ökar risken för självantändning, både i vätskor och i fasta material, eftersom värmeförlusterna till omgivningen minskar. Fasta material omlindade med isolerande, används även experimentellt för att simulera större volym vid studier av självantändning. Syftet med isoleringen är att minska värmeförlusterna från provet.

2.1.5 Fukthaltens inverkan

Vattnets inverkan på materials självuppvärmning är mycket komplex. Många organiska material är hygroskopiska vilket innebär att materialen drar till sig fuktighet. För vissa material kan oxidationshastigheten öka med fukttinnehållet. Värme kan frigöras från dessa material med högt vatteninnehåll då de torkar genom att vatten återabsorberas från atmosfären. Vattnet medför att värmeledningsförmågan ökar och därmed minskar risken för självantändning. Vid högt vatteninnehåll kan tillväxten av levande organismer såsom svampar och bakterier öka. Dessa organismer växer snabbast och producerar mest värme då fukttinnehållet är högt, vilket medför biologisk självuppvärmning. Den biologiska aktiviteten kan initiera självantändning. Mikroorganismerna kan dock inte överleva vid en temperatur högre än 70-75° C, vid denna temperatur kan den kemiska oxidationen ta över processen.

2.1.6 Temperaturens inverkan

Omgivningens temperatur och därmed materialets temperatur har stor betydelse för om självantändning inträffar.¹⁶ Kemiska reaktioner går i allmänhet snabbare ju högre temperaturen är. Med en ökande omgivningstemperatur minskar värmeförlusterna eftersom temperaturskillnaden mellan material och omgivning blir lägre. Omgivningstemperaturens inverkan för självantändning illustreras i figur 2.1, kapitel 2.2.

Material som är uppvärmda då de lagras, eller som uppvärms i samband med lagringen, till exempel genom mekanisk sönderdelning eller kompaktering, kommer eventuellt inte att kylas till omgivningens temperatur.¹⁷ Detta beror på att värmeutvecklingen inom det uppvärmda materialet kan vara större än värmeförlusterna till omgivningen, således kan materialet komma att självantända. I samband med sönderdelning och kompaktering av material sker en uppvärmning samtidigt som nya brottytor exponeras för luftens syre.

2.1.7 Självantändningstemperatur för vätskor

Det förekommer flera småskaliga tester som mäter vätskors självantändningstemperatur. En testmetod som nyttjats i detta arbete är DSC-metoden (se kapitel 3.1). Denna metod används för att mäta autooxidationstemperaturen. Temperaturer som erhålls vid olika testmetoder är dock apparatberoende. Klart lägre självantändningstemperatur är att vänta

¹⁶ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 10

¹⁷ Holmstedt, G, 1988, s 2

då vätskan sugits upp i ett material med stor specifik yta till exempel glasull eller stenu¹⁸.

2.2 Modeller för självantändning

Hastigheten för värmeutvecklingen hos en liten provvolym kan anges med ekvation 2.1¹⁹

$$\dot{Q}_c = \Delta H_c \cdot V \cdot C_i^n \cdot A \cdot e^{\left(\frac{-E_A}{RT}\right)} \quad [\text{ekv 2.1}]$$

där

ΔH_c är förbränningsvärmets (J/mol)

V är provkroppens volym (m^3)

C_i är koncentrationen av ämnet (mol/m^3)

n är reaktionens ordning, där 2 är den enklaste ordningen

A är den preexponentiella faktorn, vars enhet beror på reaktionen

E_A är aktiveringsenergin (J/mol)

R är den universella gaskonstanten, 8,314 (J/Kmol)

T är temperaturen (K)

Då värmeutvecklingen beror av oxidationen, ger detta att låg oxidationshastighet medför låg värmeutvecklingshastighet. Oxidationshastigheten sjunker med minskande omgivningstemperatur men upphör aldrig helt. Det finns inte någon omgivningstemperatur då värmeutvecklingen är lika med noll, $\dot{Q}_c = 0$, ty oxidation sker även vid ordinära omgivningstemperaturer.

Då den genererade värmen \dot{Q}_c är mindre än förlusterna till omgivningen \dot{L}_1 sker ingen signifikant ökning av provkroppens temperatur. Sambandet mellan värmeproduktionen \dot{Q}_c och värmeförlusterna \dot{L}_1 , tecknade mot temperaturen illustreras i figur 2.1.

Värmeförlusterna är direkt proportionella mot temperaturdifferensen mellan reaktionsvolymens temperatur och omgivningstemperaturen. Detta illustreras av ekvation 2.2.

$$\dot{L}_1 = h \cdot S \cdot \Delta T \quad [\text{ekv 2.2}]$$

där

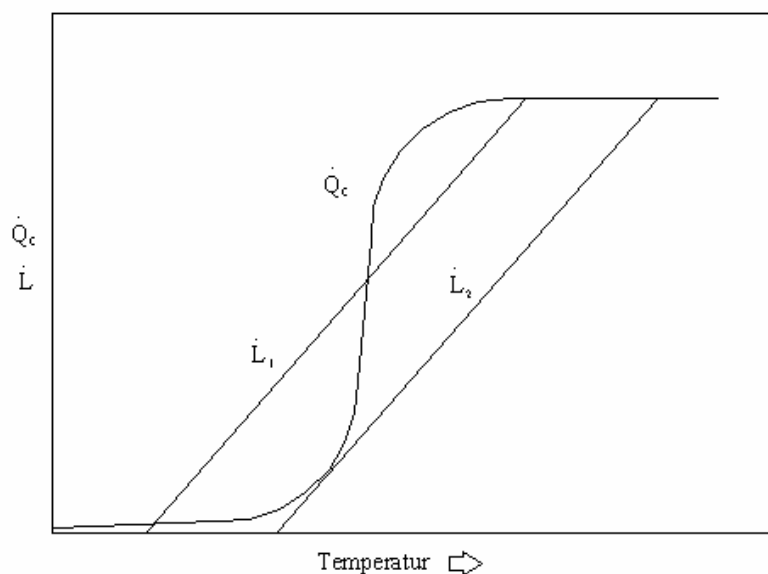
h är värmeövergångskoefficienten ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

S är ytans area av reaktionsvolymen genom vilken värme förloras (m^2)

ΔT är temperaturdifferensen mellan reaktionsvolymen och omgivningen (K)

¹⁸ Holmstedt, G, 1988, s 6

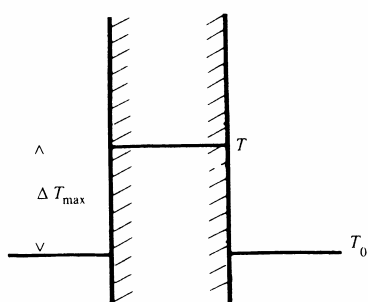
¹⁹ Drysdale, D, 1998, s 193 ff



Figur 2.1 Värmeutvecklingen och värmeförlusterna som funktion av temperaturen

Linje L_1 och L_2 representerar förlusterna vid olika omgivningstemperaturer. För en ökande omgivningstemperatur förskjuts L_1 mot L_2 . Vid tillräckligt hög omgivningstemperatur, blir förlusterna till omgivningen mindre än värmeutvecklingen. Detta medför att systemet snabbt ökar i temperatur och självantändning inträffar.

Insikten om kritisk antändningstemperatur för brännbara blandningar ledde till Semenovs teori beträffande termisk explosion. Den termiska antändningsteorin baseras på ekvation 2.1 och ekvation 2.2. Semenov antog att temperaturen inom den reagerande gasblandningen var jämt fördelad, detta illustreras som en top hat profil²⁰, se figur 2.2.

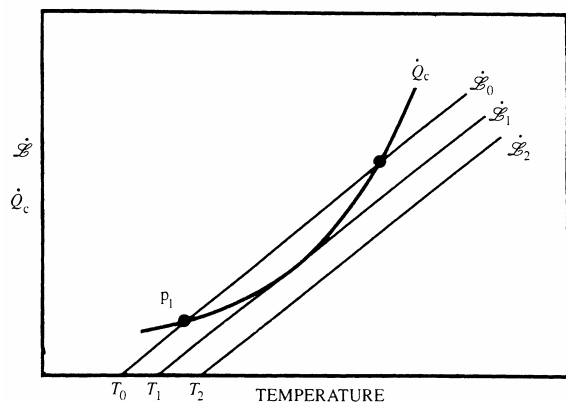


Figur 2.2 Temperaturprofil enligt Semenovs självantändningsteori, top hat profil

Semenov antog således att värmeförlusterna kunde beskrivas med ekvation 2.2 där ΔT är temperaturdifferensen mellan den reagerande gasen och kärlets väggar. Det antogs även att reaktantnedbrytningen var försumbar och att värmeutvecklingshastigheten följde ett Arrhenius temperaturberoende enligt ekvation 2.1. Figur 2.3 visar värmeproduktionen och värmeförlusterna mot temperaturen för tre olika omgivningstemperaturer. Den

²⁰ Drysdale, D, 1998, s 197 ff

kritiska omgivningstemperaturen identifieras som den temperatur då värmeförlustlinjen tangerar värmeutvecklingskurvan. Matematiskt uttrycks detta som $\dot{Q}_c = \dot{L}_1$



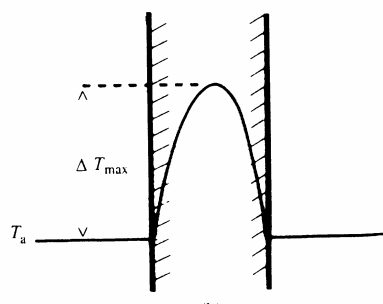
Figur 2.3 Illustration av Semenovs modell för självantändning

Semenovs antändningsteori gäller för låga Biots tal. Biots talet är ett uttryck för förhållandet mellan värmemotståndet i det fasta materialet och värmemotståndet för ytan.²¹ Biots talet beräknas med hjälp av ekvation 2.3. Vid Biots tal högre än 10 tar Frank-Kamenetskii antändningsteori hänsyn till en temperaturfördelning inom det reagerande materialet. Figur 2.4 åskådliggör temperaturprofilen enligt Frank-Kamenetskii's antändningsteori.

$$Bi = \left(\frac{h \cdot d}{k} \right) \quad [\text{ekv 2.3}]$$

där

- h är värmeövergångskoefficienten (W/m²K)
- d är tjockleken för det reagerande materialet (m)
- k är termisk konduktivitet (W/mK)



Figur 2.4 Temperaturprofil enligt Frank-Kamenetskii's självantändningsteori

²¹ Drysdale, D, 1998, s 38

Frank-Kamenetskii härledde fram ekvation 2.4,

$$\ln\left(\frac{\delta_{cr} \cdot T_{a,cr}^2}{r_0^2}\right) = \ln\left(\frac{E_A \cdot \Delta H_c \cdot A \cdot C_i^n}{k \cdot R}\right) - \left(\frac{E_A}{R \cdot T_{a,cr}}\right) \quad [\text{ekv 2.4}]$$

där

$$\ln\left(\frac{E_A \cdot \Delta H_c \cdot A \cdot C_i^n}{k \cdot R}\right) \text{ definieras som materialkonstanten } M$$

och

$$\left(\frac{E_A}{R}\right) \text{ definieras som materialkonstanten } N$$

vilket resulterar i ekvation 2.5

$$\ln\left[\frac{\delta_c \cdot T_c^2}{r^2}\right] = M - \left[\frac{N}{T_c}\right] \quad [\text{ekv 2.5}]$$

där

T_c är omgivningens temperatur (K)

r är en karakteristisk dimension för lagret (radie i en cylinder, halva sidan av en kub)

δ_c är en parameter som beror av geometrin

$\delta_c = 3,32$ för en sfär med radien r

$\delta_c = 0,87 \left(1 + \left(\frac{r}{s}\right)^2 + \left(\frac{r}{t}\right)^2\right)$ för rektangulärt block med sidor $2r$, $2s$, $2t$; $s, t > r$

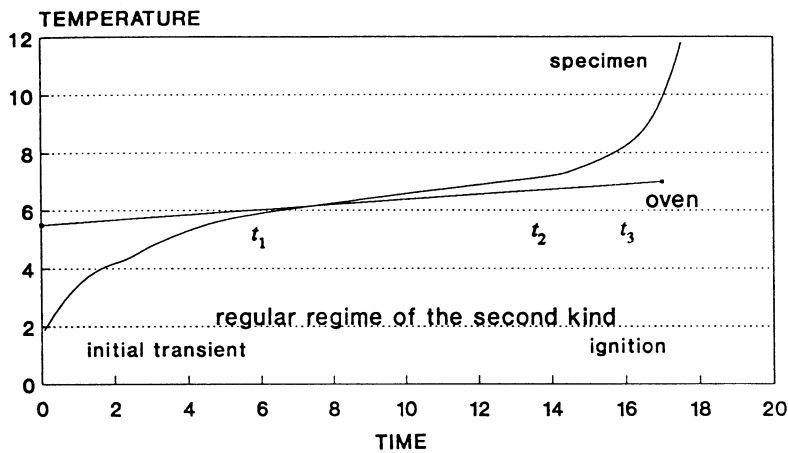
$\delta_c = 2 + 0,84 \cdot \left(\frac{r}{d}\right)^2$ för en cylinder med diametern $2r$ och höjden $2d$

Materialkonstanterna M och N kan bestämmas genom småskaleförsök. Genom försök då provvolymen varieras vid olika omgivningstemperaturer kan den kritiska temperaturen alternativt den kritiska volymen för provet beräknas. Enligt Björkman och Keski-Rahkonen finns det en säker lagringsvolym för en viss omgivningstemperatur och det finns en säker omgivningstemperatur med avseende på lagringsvolymen²². Det är dock svårt att från småskaliga experiment dra slutsatser om hur lång tid det tar till självantändning vid fullskala²³.

²² Björkman, J & Keski-Rahkonen, O, 1996, s 9

²³ Holmstedt, G, 1988, s 4

För att belysa huruvida ett prov uppvisar självuppvärmning i en förvärmad omgivning kommer modellen som åskådliggörs i figur 2.5²⁴ att nyttjas vid utvärdering.



Figur 2.5 En provkroppens temperatur över tiden vid ökande omgivningstemperatur enligt Björkman och Keski-Rahkonen

Enligt Björkman och Keski-Rahkonen tar det inledningsvis en viss tid för provet att uppnå omgivningstemperatur.²⁵ Denna tid benämns t_1 . Därefter följer en period då temperaturen ändras lika inom hela systemet, denna period benämns t_2 . Då värmeutvecklingen, \dot{Q}_c , inom provet blir dominerande över värmeförlusterna, \dot{L}_1 , nås självantändningszonen, t_3 .

²⁴ Björkman, J & Keski-Rahkonen, O, 1992, s 11

²⁵ Ibid, s 10

3 Testmetoder inom termisk analys

Termisk analys inom färg- och lackkemi innefattar ett flertal mätmetoder. Gemensamt är att en fysikalisk egenskap hos ett material mäts som funktion av temperaturen alternativt tiden vid isoterma mätningar.²⁶ Materialet värms upp eller kyls av på ett ”väldefinerat sätt”, oftast innebär detta att provet värms eller kyls med en konstant hastighet. Termiska analysmetoder omfattar även isoterma tekniker, det vill säga att den undersökta fysikaliska egenskapen registreras som en funktion av tiden, medan temperaturen hålls vid ett känt konstant värde. De vanligaste analysteknikerna åskådliggörs i tabell 3.1.

Teknik	Förkortning	Uppmätt egenskap
Termogravimetrisk analys	TGA	Massa
Differential termisk analys	DTA	T _s - T _r
Svepkalorimetri	DSC	dH/dT
Dynamisk mekanisk analys	DMA	Elasticitetsmodul och dämpning (under oscillerande förhållanden)
Detektering eller analys av avgiven gas	EGD, EGA	-
Termooptometri		Ljusemission eller transmission
Termoelektrometri		Ström eller motstånd
Termosonometri		Ljud, ljudhastighet

Tabell 3.1 De vanligaste termiska analysteknikerna

Enligt Lampe och Saarnak finns det ej någon standardiserad metod²⁷ för bedömning av ett ämnes självantändningstendenser. De metoder som används i detta arbete är DSC-analys och isoterm provning i muffelugn.

3.1 Svepkalorimetri: Differential scanning calorimetry, DSC

Vid svepkalorimetri mäts energiförändringar i ett prov. Tekniken involverar både ett prov och ett referensprov, vilka båda värms upp med samma temperaturprofil. DSC används vid mätningar för temperaturer hos ett prov under termiska variationer och DSC ger indikationer på om provets egenskaper är endoterma eller exoterma.²⁸ Vid en DSC-analys erhålls en kurva över hastigheten då provets entalpi förändras som en funktion av temperaturen (eller tiden vid isoterma analyser). Eftersom man med DSC kan studera ett reaktionsförlopp, genom att registrera värmeflödet från eller till provet som en funktion av temperaturen, torde metoden vara användbar till studier av självantändning²⁹. I detta arbetet har DSC använts för att fastställa olika produkters autooxidationstemperatur. Dessa temperaturer har sedan relativt jämförts.

För att kunna förstå DSC introduceras några fysikaliska och kemiska begrepp.

²⁶ Huldén, M, 1983, s 8

²⁷ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 25

²⁸ Nielsen, C et al 1997, s 11

²⁹ Huldén, M, 1984, s 31

Termodynamikens första lag är grundläggande för att förstå relationen mellan olika energier och dess samverkan.³⁰ Termodynamikens första lag åskådliggörs av ekvation 3.1. Baserat på experimentella observationer fastslås att energi inte kan skapas eller förstöras, endast omvandlas. Förändringen i systemets totala energi är skillnaden mellan den tillförda energin och den avgivna energin.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Tillförd} \\ \text{energi} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Avgiven} \\ \text{energi} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Förändring i systemets} \\ \text{totala energi} \end{array} \right] \quad [\text{ekv 3.1}]$$

Detta samband anges som energibalans och är applicerbart på system som genomgår någon form av process. Energi kan existera i flera former, till exempel inre energi, kinetisk energi, potentiell energi, elektrisk energi och magnetisk energi. Summan av dessa är den totala energin för systemet.

Den termiska effekten eller värmeflödet är lika med den mängd värme som tillförs per tidsenhet genom ledning, konvektion och strålning. Tillförsel av värme till ett system ökar molekylernas energi och därmed den inre energin hos systemet. Detta beskrivs av nedanstående ekvation,

$$P = \frac{dQ}{dt} = \dot{Q} \quad [\text{ekv 3.2}]$$

Där P = effekten (W)
 Q = värmemängd (J)
 \dot{Q} = värmemängd per tidsenhet (J/s)

Ekvation 3.1 kan skrivas som ekvation 3.3,

$$[E_{in}] - [E_{ut}] = [\Delta E_{system}] \quad [\text{ekv 3.3}]$$

där skillnaden mellan tillförd energi och avgiven energi är förändringen i inre, kinetisk och potentiell energi. Med hänsyn till inre, kinetisk och potentiell energi kan ekvation 3.3 skrivas

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \quad [\text{ekv 3.4}]$$

Där ΔU = förändring i inre energi (J)
 ΔKE = förändring i kinetisk energi (J)
 ΔPE = förändring i potentiell energi (J)
 W = avgiven energi genom utträttat arbete (J)

³⁰ Boles, M & Çengel, Y, 1998, s 129 ff

Enligt Boles och Çengel³¹ antas den kinetiska och potentiella energiförändringen vara noll då systemet är stationärt, detta medför att

$$Q - W = \Delta U \quad [\text{ekv 3.5}]$$

Då konstant tryck föreligger kan arbetet skrivas som omgivningstrycket multiplicerat med förändringen i volym

$$W = P_0(V_2 - V_1) \quad [\text{ekv 3.6}]$$

Substituering av ekvation i 3.6 i ekvation 3.5 ger ekvation 3.7

$$Q - W = (U_2 + P_2V_2) - (U_1 + P_1V_1) \quad [\text{ekv 3.7}]$$

Härmed introduceras begreppet entalpi, H. Entalpin är lika med den inre energin plus volymarbetet mot det yttre trycket.

$$H = U + PV \quad [\text{ekv 3.8}]$$

där

P = tryck (Pa)

V = volym (m³)

Enheten för entalpi är J, för specifik entalpi är enheten J/g och för molär entalpi J/mol.³² Vanligtvis är det endast förändringen i entalpi mellan två tillstånd som är av intresse, detta betecknas som

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

Vid konstant tryck är förändringen i entalpi lika med förändringen i ämnets inre energi eller med andra ord förändringen i ämnets värmeinnehåll.

Värmekapaciteten, C_p, anger hur mycket energi som krävs för att värma ämnet 1K (index p anger isobara förhållande), detta skrivs som ekvation 3.9. Eftersom det upptagna ämnet lagras som entalpi, är värmekapaciteten också ett mått på hur mycket ämnets entalpi ökar då det värms upp 1K

$$C_p = \frac{dH}{dT} \quad [\text{ekv 3.9}]$$

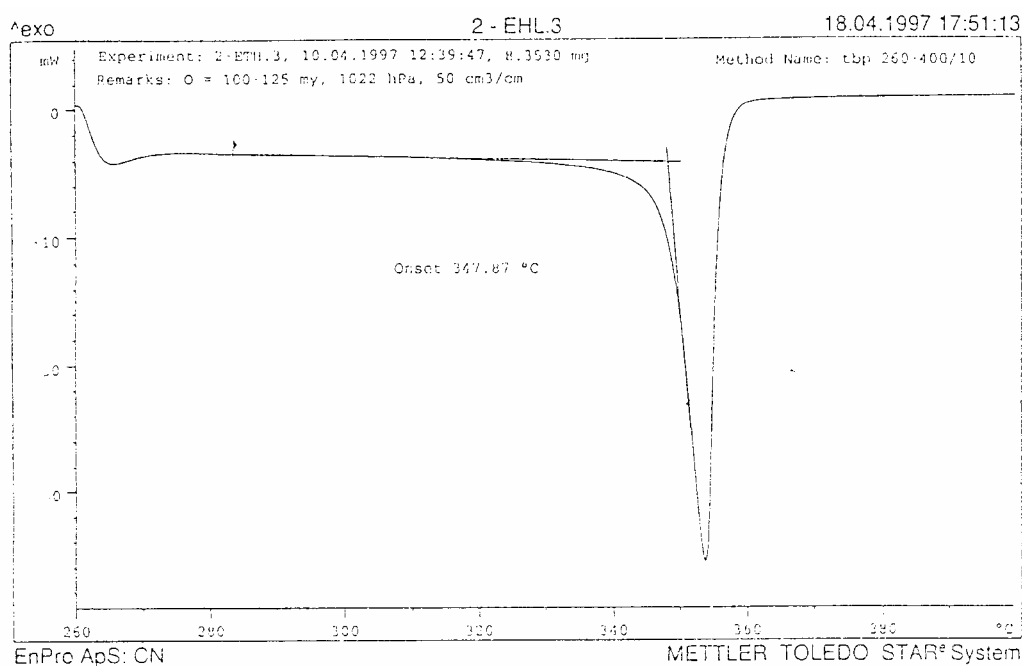
Det specifika värmecapacitet c_p för ett ämne anger hur mycket energi det krävs för att värma 1 gram av ämnet 1K

³¹Boles, M & Çengel, Y, 1998, s 137ff.

³²Huldén M, 1984, s 12

$$c_p = \left(\frac{dH}{dT} \right) \quad [\text{ekv 3.10}]$$

I en DSC-kurva avbildas värmeffödet mot temperaturen³³. För mätningar av kokpunkter är DSC användbart då kokpunkten är ett endotermt fenomen.³⁴ Då provet smälter eller då kokpunkten nås erhålls en endoterm topp på DSC-kurvan, detta åskådliggörs i figur 3.1. Värmeffödet är identiskt med hastigheten varmed entalpin förändras. Härav följer att arean under toppen ger smältvärmets för provet, på motsvarande sätt kan man erhålla reaktionsentalpier för exoterma processer. I detta arbete har DSC-analys använts för att undersöka olika bindemedels autooxidationstemperatur.



Figur 3.1 Endoterm topp på DSC-kurva³⁵

Vid DSC-mätningar är provets storlek av avgörande betydelse. Ju större provet är, ju större är möjligheten att icke-reproducerbara termiska gradienter ackumuleras mellan värmekällan och temperaturmätarna. Vidare har provets storlek betydelse för signalen till detektorn. Är provet för litet kan signalen bli för svag. Är provet för stort kan signalen bli för stark och denna starka signal kan hamna utanför mätningsskalan på DSC-kurvan. Under DSC-försöken i detta arbete hålls provmängden inom intervallet 14 till 21 milligram efter samråd med Birthe Høgh, Eva Wallström och Charlotte Nielsen, EnPro ApS Danmark.

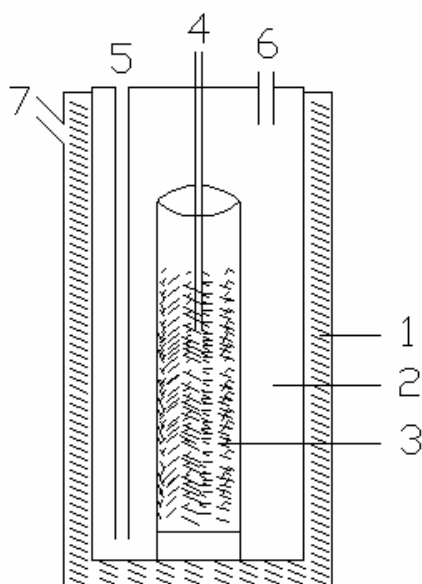
³³ Huldén M, 1984, s 14

³⁴ Nielsen, C et al 1997, s 11

³⁵ Ibid, s 14

3.2 Mackey test

En metod att bedöma självantändningstendenserna är Mackey-testern.³⁶ Denna är Lampe och Saarnaks grundenhet i provningsuppställningen och åskådliggörs i figur 3.2. Provningen genomförs i 97°C. Provvätskan påförs en bit cellstoff och placeras i utrustningen. Mackey testern är av mässing och utformad som en dubbelväggig behållare med handtag och lock. Totalvolymen är cirka fem liter. En inre behållare har en volym på två liter. Mellanrummet mellan väggarna utgörs av ett vattenbad. Provbehållaren är utformad som en i båda ändar öppen, perforerad cylinder. Den maximala provvolymen är 230 ml. I behållarens lock finns luftintag och luftuttag samt uttag för termometer. På vattenbadet är det monterat en kylare för att förhindra avdunstning av vattnet. Under provningen tillförs kontinuerligt atmosfärisk luft från tryckflaska, där luftströmmen regleras med en flödesmätare. Provets temperatur registreras kontinuerligt under försöket.



Figur 3.2 Schematisk bild av Mackey tester

- 1 = vattenbad (100 °C)
- 2 = luftbad (97 °C)
- 3 = provbehållare
- 4 = termometer
- 5 = luft – in
- 6 = luft – ut
- 7 = till kylare

³⁶ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 25

3.3 Provning i ugn med konstant eller ökande temperatur

En metod att undersöka ett ämnes självantändningstendens är att placera ett prov i en ugn och värma provet under en längre tid med konstant förvärmningstemperatur varvid temperaturstegringen i provet studeras. Om självantändning sker vid förvärmningstemperaturen ändras denna och försöket upprepas. För att erhålla självantändningstemperaturen för den givna volymen av materialet förutsätts att iterationen fortgår tills självantändningstemperaturen erhållits med endast någon grads osäkerhet. Det har visat sig att denna metod är tidsödande. En snabbare metod enligt Björkman och Keski-Rahkonen är att stegra temperaturen i provet långsamt och hitta självantändningstemperaturen i ett enda försök³⁷. Denna metod kräver datorkontrollerade ugnar, där uppvärmningshastigheten kan kontrolleras och varieras. Anledningen att någon datorkontrollerad uppvärmning inte nyttjas vid våra försök i muffelugn är att utrustning saknas. För att inom utsatt tidsram för projektarbetet och med befintlig utrustning nå resultat itereras ej självantändningstemperaturen fram. Endast en relativ jämförelse av de olika ämnens värmeutvecklingstendenser genomförs.

³⁷ Björkman, J & Keski-Rahkonen, O, 1992, s 7

4 Försökens genomförande

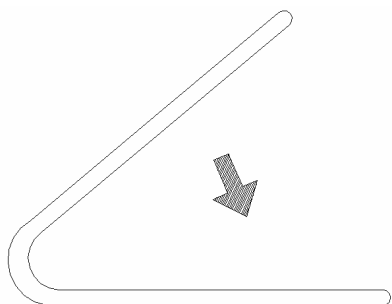
4.1 Förförsök

Inledningsvis genomförs försök med avsikten att erhålla en lämplig testmetod. Under förförsöken varieras initieringstemperaturen, fördelningen provvätska i bäraren och antalet termoelement. Försöksuppställning under förförsöken redovisas ej, men det förförsöken resulterar i redovisas som försöksuppställning i muffelugn (kap 4.2).

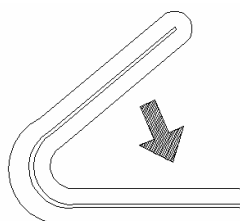
4.2 Försöksuppställning i muffelugn

Efter iklädning av skyddsoverall, framplockning av råvaror samt start av datorprogram och muffelugn inleds försöket. Bäraren vägs och därefter indränkes den helt med provvätskan. Bäraren som i detta fallet är en bomullstrasa, kramas ur till dess att den slutliga vikten är 3,5 gånger ursprungsvikten. Bäraren är då fullständigt indränkt utan att provvätska droppar av.

Bäraren är under våra försök placerad på en aluminiumfolieinklädd spånskiva vid vägningen. Aluminiumfoliens syfte är att förhindra spånskivan att absorbera provvätska. Bäraren viks först på mitten och därefter viks bäraren ytterligare en gång på mitten, se figur 4.1 och figur 4.2.

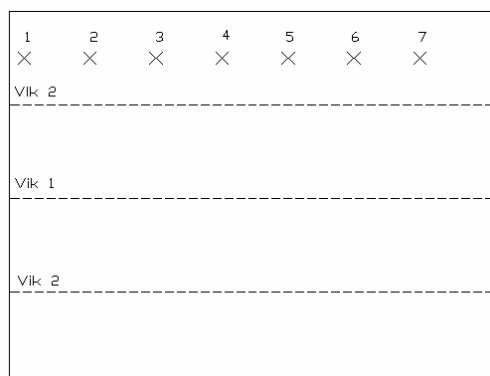


Figur 4.1 *Bäraren viks en gång på mitten*



Figur 4.2 *Bäraren viks ytterligare en gång på mitten*

Efter vikningen placeras sju termoelement i bäraren. Avståndet mellan termoelementen är cirka fem centimeter, placeringen av termoelementen åskådliggörs i figur 4.3.



Figur 4.3 *Termoelementens placering i bäraren*

Efter placeringen av termoelementen rullas bäraren ihop till en cylinder och placeras i en cylindrisk nätkorg av stål. Den cylinderformade nätkorgen har höjden 6 cm och diametern 7,5 cm. Efter rullningen av bäraren hamnar termoelement 1 i centrum av cylindern och samtliga termoelementen befinner sig på halva cylinderns höjd. Nätkorgens syfte är att bibehålla bärarens cylindriska form utan att förhindra lufttillförsel till bäraren från omgivningen³⁸.

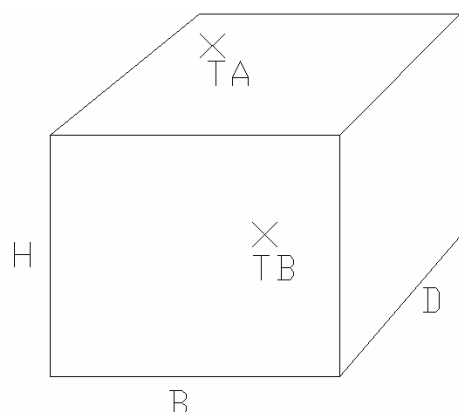
Att använda en nätkorg av ståltråd förordas av Björkman och Keski-Rahkonen.³⁹ För att efter försök kunna genomföra beräkningar, skall nätkorgen enligt Björkman och Keski-Rahkonen vara en mindre version av realprovet i sammanhanget. Vid försöken skall nätkorgen vara fylld med testmaterial till full volym.

Då bäraren placerats i nätkorgen är nätkorgen fylld till full volym. Nätkorgen placeras sedan i en cylindrisk aluminiumbehållare med höjden 6 cm och diametern 10 cm. Aluminiumbehållarens syfte är uppsamla eventuellt spill från provet. Därefter placeras provet i muffelugnen. Ugnen har innermått (höjd, bredd, djup) 12·10·19,5 cm³. Då ugnsluckan stängs påbörjas temperaturmätningen. Ugnsluckan är stängd under hela försöket för att bidra till en jämnare temperaturfördelning inuti ugnen.

Termoelementen är kopplade till en dator där datorprogrammet Implog 2000 används. Termoelementen mäter temperaturen i bäraren och i ugnen var femtonde sekund. Termoelement T_A finns vid samtliga försök placerat i ugnens vänstra övre hörn, 2,5 cm från ugnens tak, 2 cm från vänstra väggen och 5 cm från bakre väggen. Termoelement T_B finns vid samtliga försök placerat vid ugnens högra sida, 6,5 cm från ugnens golv, 1 cm från högra väggen och 4,5 cm från luckan. Termoelement T_A och T_B 's placering i muffelugnen åskådliggörs i figur 4.4.

³⁸ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 25

³⁹ Björkman, J & Keski-Rahkonen, O, 1992, appendix 2/3



Figur 4.4 Termoelement T_A och T_B 's placering i muffelugnen

Försöket betraktas som avslutat då temperaturen i provet stagnerat för att sedan minska alternativt då provtiden överskridit en arbetsdag. Under försöket är ugnen placerad under ett större utsug, detta för att provet alstrar rök och lukt⁴⁰ som läcker ut från ugnen.

4.2.1 Avgränsningar vid försök i muffelugn

Initieringstemperaturerna begränsas till maximalt tre olika vid försöken. För varje initieringstemperatur och provvätska begränsas antalet försök till två.

Självantändningstemperaturen itereras ej fram.

Bindemedlet appliceras endast på en typ av bärare. Dessa bärare är använda vid olika tryckerier men har sedan genomgått samma tvättning. Renhetsgraden är enligt Janni Niveau, Alba⁴¹, densamma för samtliga bärare.

Proportionen provvätska fördelat i bärare hålls vid försöken konstant. Proportionen är 1:2,5.

Ett försök betraktas som avslutat då temperaturen i provet stagnerat för att sedan minska alternativt då provtiden överskridit en arbetsdag.

4.2.2 Initieringstemperatur

Vid våra förförsök används initieringstemperaturerna 100 °C och 50 °C. Vid initieringstemperaturen 100 °C visar det sig att perioderna t_1 , t_2 och t_3 , se figur 2.5, är svåra att urskilja på grund av provets snabba värmeutveckling. 50 °C innebär att maximal provtid överskrids utan att någon värmeutveckling hos provet kan påvisas. För att kunna värdera resultaten varieras vid efterföljande försök initieringstemperaturen mellan 70 °C och 90 °C .

⁴⁰ Hirsch, F, 1994, s 4

⁴¹ Alba är ett danskt industritvätteri som grundades 1936 av Theodor Kristensen.

4.2.3 Termoelement

Vid tidigare genomförda experiment av Björkman och Keski-Rahkonen har tre termoelement använts⁴². Vid dessa försök har ett termoelement placerats i provets centrum, ett termoelement på ett avstånd av halva radien och ett termoelement har placerats vid provets yta⁴³.

Vid våra förförsök används två termoelement. Ett placerat i bärarens mittpunkt och ett i ugnen. För att få en bättre uppfattning om temperaturfördelningen i ugnen placeras vid efterföljande försök ytterligare ett termoelement i ugnen. Termoelementens placering beskrivs i kapitel 4.1 och åskådliggörs i figur 4.4. Vid efterföljande försök placeras dessutom sju termoelement i stället för endast ett i bäraren. Detta dels för att undersöka temperaturfördelningen i bäraren under försöket och dels för att få fler mätvärden för temperaturen i bäraren. Termoelementens placering beskrivs i kapitel 4.2 och åskådliggörs i figur 4.3.

4.2.4 Bäraren och provvätskans fördelning

Provets specifika yta mot luft är en mycket viktig parameter vid oxidationsreaktionen och också för värmeutvecklingen⁴⁴. Det medför att bärarmaterialet är av vikt för provvätskans fördelning och för att absorptionsförmågan skall vara repeterbar. Vid detta arbete föll valet av bärare på bomullstraror som används inom tryckindustrin. Bärarna används för att torka upp spill av färg och råvaror. Bärarna har stor absorptionsförmåga – upp till sex gånger sin egen vikt⁴⁵. Bärarna som används vid de praktiska försöken väger mellan 39,0-51,4 g. Måtten på bärarna är cirka 30-39 cm², de är tillverkade av 100 % bomull och kommer från Alba.

För att uppnå repeterbarhet hålls följande försöksbetingelser under kontroll:

- mängd prov per viktsenhet bärare
- påföring av provvätska i bärare
- provbehållarens volym
- provets packning i provbehållaren

Lampe och Saarnak har genomfört försök då olika proportioner cellstoff och icke sickativerad linolja undersökts med avseende på värmeutvecklingen.⁴⁶ 20 g cellstoff har använts och relationen 1:2,5, 1:1,67, 1:1 och 1:0,75 har jämförts. Resultatets spridning är för dessa försök ganska stor. Von Feilitzen har genomfört försök där olika proportioner

⁴² Björkman, J & Keski-Rahkonen, O, 1992, s 24

⁴³ Ibid, s 21

⁴⁴ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 27

⁴⁵ www.alba.dk, 2001-11-03

⁴⁶ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 29

trassel och kokt linolja undersökts.⁴⁷ I dessa försök är den ursprungliga trasselmängden 50 gram och de proportioner kokt linolja fördelat i trasslet som relativt jämförts är 1:0,5, 1:1, 1:1,5, 1:2, och 1:2,5. Proportionen 1:2,5 innebär att trasslet är fullständigt indränkt utan att droppa av. Resultatet av dessa försök indikerar att, av olika proportioner trassel och kokt linolja, är 1:2,5 den proportion som ger kraftigast temperaturutveckling. Efter sex timmar i en omgivningstemperatur av 17 °C, har 272 °C uppnåtts i det prov där fördelningen är 1:2,5. Den uppnådda temperaturen för de prov där proportionen trassel:kokt linolja understiger 1:2,5 har efter sex timmar uppnått cirka 20 °C.

En förutsättning för repeterbarheten vid våra försök är att fördelningen provvätska i bäraren är densamma vid samtliga försök. Detta uppnås i försöken genom indränkning och sedan urkramning, på så sätt säkerställs att hela bäraren absorberat provvätska.

Genom att använda en nätkorg med given form och volym blir provet då det placeras i nätkorgen cylinderformat. Vid alla försök har samma nätkorg använts och på så sätt har samtliga prov erhållit liknande form och volym.

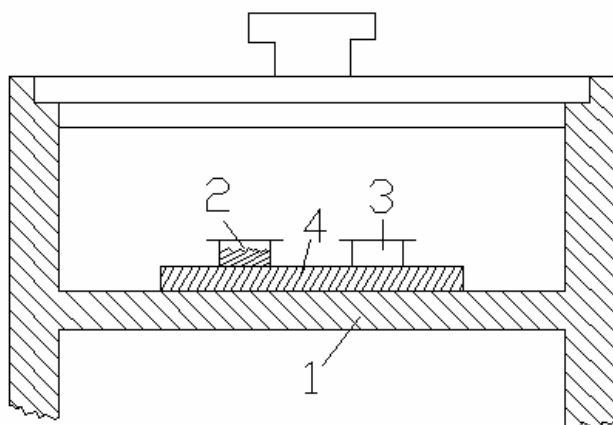
Cellstoff som ”skrynklas” och ”rullas”, vid självantändningsförsök har undersökts.⁴⁸ Slutsats av tidigare genomförda försök är att vid skrynkling är provet mindre kompakt än vid rullning. På grund av termoelementens placering och nätkorgens utseende väljs vid detta arbete sättet att packa provet i den cylinderformade nätkorgen till vikning följt av rullning.

4.3 Försöksuppställning i DSC-apparatur

En Mettler DSC 30 cell har kopplats med en Mettler Toledo TC15 TA Controller. En dator av modellen Dell Optiplex GXM 5100 har använts för att mäta autooxidationstemperaturen. DSC 30 är en värmeflödes-DSC som kan genomföra mätningar i temperaturintervallet 170-600°C. DSC-cellen består av en ugn, en koaxialrulle, en DSC-sensorsond och en Pt100 temperatursensor som genererar temperatursignalen. DSC-sensorn har fem termiska slingor av aluminium och nickel. Slingorna är placerade på en safirdisk och disken står i direktkontakt med värmeplattan hos ugnen. Värmen transporteras från värmeplattan via disken och DSC-sensorn till provet och referensprovet. Referensprovbehållaren är en tom aluminiumsmältdegel. Provbehållarnas material och storlek är identiska. DSC-signalen mäts och konverteras digitalt till TC15 TA, som kontrollerar temperaturen och signalerna. Signalerna samlas och utvärderas av programvaran Mettler Toledo Star[®] System. DSC-apparaten kalibreras med hjälp av tre metaller, zink, indium och bly. En schematisk skiss för mätprincipen för värmeflödes-DSC återges i figur 4.5.

⁴⁷ Von Feilitzen, G, 1925, s 253

⁴⁸ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 31



Figur 4.5 Mätprincip för värmeflödes-DSC

- 1 = ugn
- 2 = provbehållare
- 3 = identisk (tom) referensbehållare
- 4 = DSC-sensor för registrering av $\Delta\dot{Q}$

5 Provade produkter vid försök i muffelugn och DSC-apparatur

De bindemedel som används vid försöken i muffelugn är linolja och kinesisk träolja med och utan tillsatser. Tillsatserna är mineralolja och sickativ. Sickativ som även benämns torkmedel, består av metallsalter av kobolt och mangan. Blandningar innehållande bindemedel, mineralolja och sickativ består 25 vikt % bindemedel, 72 vikt % mineralolja och 3 vikt % sickativ.

Vid försök i DSC-apparatur används linolja och kinesisk träolja. Även två kommersiella färger och en kommersiell lack används vid försök i DSC-apparatur.

Innehållet av omättade fettsyror karakteriserar en oljas oxideringstendens.⁴⁹ Analytiskt bestäms denna tendens med jodtalet. Jodtalet indikerar således ett ämnes tendens till självantändning.

Oljornas reaktivitet rangordnas enligt följande⁵⁰;

1. träolja
2. linolja
3. perillaolja
4. sojaolja

Principer för tryckfärgers torkning återfinns i bilaga A.

5.1 Linolja

Vegetabiliska oljor av olika ursprung ingår i offsetfärger i olika proportioner⁵¹. Linolja är en vegetabilisk olja förekommande som bindemedel i oxidationstorkande färger, antingen som alkaliraffinerad linolja, standolja eller/och i form av linoljealkyd. Det finns två typer av lin, oljelin och spånadslin. Oljelinet ger en större fröskörd än spånadslinet, men båda typerna kan användas för att framställa linolja. Linolja består till största delen av fleromättat fett⁵². Vid framställning av linolja fås vid första pressningen, kallpressningen, jungfruoljan och vid andra pressningen, varmpressningen, behandlas återstoden av fröna med vattenånga och pressas under högt tryck. Denna olja används för att göra kokt linolja⁵³. Utstruken kallpressad linolja har en torktid på två till fyra dygn⁵⁴, medan den kokta linoljan oxiderar mycket snabbare.

⁴⁹ Virtala, V et al, 1949, s 12

⁵⁰ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 17

⁵¹ http://www.palab.se/pdf/Lin_farg.pdf, 7/10 2001

⁵² <http://www.hush.se/Forsok/lin.html>, 2001-05-15

⁵³ <http://www.shenet.se/ravaror/linolja.html>, 2001-05-16

Kokt linolja är mörkare och tjockare än rå linolja och oxiderar snabbare vilket gör att den lätt självantänder i till exempel finfördelade trasor⁵⁵.

Rå linoljas densitet, flampunkt, tändtemperatur och jodtal presenteras i tabell 5.1.

Densitet	926- 933 kg/m ³
Flampunkt	>100 °C
Tändtemperatur	>150 °C
Jod tal	178,7

Tabell 5.1 Rå linoljas densitet, flampunkt, tändtemperatur⁵⁶ och jodtal⁵⁷

5.2 Kinesisk träolja

Kinesisk träolja ingår i de lacker som används inom tryckindustrin. Oljan utvinns ur frön från frukterna på träd av släktet Aleurites, särskilt från Aleurites fordii, vilka har sitt ursprung i Kina⁵⁸. Tidigare kom uteslutande all träolja från Kina, varav den fått sitt namn.⁵⁹ I århundrade har träoljan använts till färg och är enligt en del möbelsnickare den bästa naturliga ytbehandlingen för trä. Det finns månghundraåriga kinesiska tempel vars trädetaljer behandlats med träolja. Rå kinesisk träolja torkar snabbare än andra naturliga oljor som till exempel rå linolja. Den råa träoljan ger en elastisk film med rynkig yta då den torkar i ett tunt skikt och för att förhindra rynkbildningen måste träoljan behandlas.

Kinesisk träoljas densitet, flampunkt, tändtemperatur och jodtal presenteras i tabell 5.2.

Densitet	940 kg/m ³
Flampunkt	289 °C
Tändtemperatur	457 °C
Jodtal	168,2

Tabell 5.2 Kinesisk träoljas densitet, flampunkt, tändtemperatur⁶⁰ och jodtal⁶¹

5.3 Sickativ

Vid tillverkning av arkoffsettryckfärger tillsätts sickativ (torkmedel) för att påskynda färgens torkning på tryckbäraren efter tryckning. Tillsatsen av sickativ medför att oxidationsprocessen sker upp till fyra gånger så snabbt⁶². Utan tillsats av sickativ tar torkningen från två till tio dygn - allt beroende på filmens tjocklek och de omgivande

⁵⁴ http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmaterial/oljor/ra_linolja.htm, 2001-11-01

⁵⁵ <http://www.shenet.se/ravaror/linolja.html>, 2001-05-16

⁵⁶ Varuinformation, MB-Sveda, 1992-04-30

⁵⁷ Handbook of Chemistry and Physics, 1978, D216

⁵⁸ <http://waynesword.palomar.edu/tungoil1.htm>, 2001-11-01

⁵⁹ <http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmaterial/oljor/traolja.htm>, 2001-11-01

⁶⁰ Varuinformation, MB-Sveda, 1989-01-03

⁶¹ Handbook of Chemistry and Physics, 1978, D216

⁶² Jan Sörensson, 28/8 2001

betingelserna.⁶³ Sickativet fungerar som katalysator, det vill säga ett ämne som påskyndar den kemiska reaktionen⁶⁴. Oxidationen sker snabbare i solljus, vid förhöjd temperatur och vid god ventilation (syretillförsel). Oxidationen sker långsamt vid hög relativ luftfuktighet och vid dålig ventilation, till exempel när tryckbärarna är för tätt placerade i torkställ eller torkrum.

De sickativ som använts vid våra försök i muffelugn är metallsalter av kobolt och mangan. Det koboltbaserade sickativet innehåller 12 vikt % kobolt och det manganbaserade sickativet innehåller 10 vikt % mangan. Blandningar innehållande sickativ består av 1 vikt % koboltbaserat sickativ och av 2 vikt % manganbaserat sickativ.

5.4 Mineralolja

Mineraloljor utvinns ur bergolja.⁶⁵ Andra produkter som kan fås av bergolja är till exempel asfalt, bensin och fotogen. Från mineralolja utvinns vidare till exempel vaselin och paraffinolja. Mineraloljan verkar ej torkande och vid försök i muffelugn används mineraloljan som spädning.

5.5 Färger och lacker

Produkter som används vid försök i DSC-apparatur är två kommersiella färger och en kommersiell lack. Färgernas sammansättning kan enligt Hirsch förenklas till pigment som ger färgen dess kulör, bindemedel som binder pigmenten och hjälpmedel som påverkar några av färgens egenskaper i önskad riktning. Den ena färgen är mineraloljebaserad, i den ingår linolja och linoljealkyd som bindemedel. Den andra färgen är baserad på vegetabiliskt ester och i färgen ingår sojaolja, linolja och linoljealkyd som bindemedel. I lacken ingår kinesisk träolja som bindemedel.

⁶³ <http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmatrial/oljor/torkar.htm>, 2001-11-01

⁶⁴ Virtala V et al, 1949, s 32

⁶⁵ <http://www.ajkon.se/terapi/urklipp/oljor.html>, 2001-11-08

6 Försök i muffelugn

Totalt genomförs 24 försök i muffelugn. Med linolja genomförs 13 försök och med kinesisk träolja genomförs 11 försök. Försöksantal, förvärmningstemperatur och bärarens vikt vid försök med linolja åskådliggörs i tabell 6.1, motsvarande för försök med kinesisk träolja åskådliggörs i tabell 6.2. Den totala vikten är bärarens ursprungsvikt inklusive tillförd provvätska, felmarginalen för denna vikt är cirka 1 %.

Försök nummer	Provvätska	Förvärmningstemperatur (°C)	Bärarens vikt (gram)	Total vikt (gram)
1	100 % linolja	90	45,5	159,3
2	100 % linolja	90	46,3	162,1
3	100 % linolja	80	49,5	173,3
4	100 % linolja	80	42,1	147,4
5	100 % linolja	70	49,4	172,9
6	100 % linolja	70	42,3	148,1
7	Linolja med sickativ	90	49,1	171,9
8	Linolja med sickativ	90	51,4	179,9
9	Linolja med sickativ	70	42,7	149,5
10	Linolja med sickativ	70	40,1	140,4
11	Blandning av linolja, mineralolja och sickativ	90	39,0	136,5
12	Blandning av linolja, mineralolja och sickativ	70	40,5	141,8
13	Blandning av linolja, mineralolja och sickativ	70	41,3	144,6

Tabell 6.1 Variation av förvärmningstemperatur och viktsfördelning vid genomförda försök med linolja

Försök nummer	Provvätska	Förvärmnings-temperatur (°C)	Bärarens vikt (gram)	Total vikt (gram)
14	100 % kinesisk träolja	90	39,0	136,5
15	100 % kinesisk träolja	90	50,2	175,7
16	100 % kinesisk träolja	80	40,4	141,4
17	100 % kinesisk träolja	80	41,0	143,5
18	100 % kinesisk träolja	70	41,5	145,3
19	100 % kinesisk träolja	70	42,9	150,2
20	Kinesisk träolja med sickativ	70	46,2	161,7
21	Kinesisk träolja med sickativ	70	45,7	160,0
22	Blandning av kinesisk träolja, mineralolja och sickativ	90	40,4	141,4
23	Blandning av kinesisk träolja, mineralolja och sickativ	70	42,7	149,5
24	Blandning av kinesisk träolja, mineralolja och sickativ	70	44,6	156,1

Tabell 6.2 Variation av förvärmningstemperatur och viktsfördelning vid genomförda försök med kinesisk träolja

7 Försök i DSC-apparatur

Försök i DSC-apparatur genomförs för att fastställa olika produkters autooxidationstemperatur. I DSC-apparaturen genomförs försök med linolja och kinesisk träolja. Även med en mineraloljebaserad färg, en vegetabiliskt baserad färg och en träoljebaserad lack genomförs försök. I den mineraloljebaserade färgen ingår linolja och linoljealkyd. I den vegetabiliska färgen ingår sojaolja, linolja och linoljealkyd som bindemedel. I lacken ingår kinesisk träolja som bindemedel. Totalt genomförs 17 försök, fördelat enligt nedan,

- fyra försök med linolja
- tre försök med kinesisk träolja
- fyra försök med mineraloljebaserad färg
- tre försök med vegetabiliskt baserad färg
- tre försök med träoljebaserad lack

Resultaten av försök i DSC-apparatur återges i tabell 8.3.

8 Resultat från försök i muffelugn och DSC-apparatur

8.1 Resultat från försök i muffelugn

Tabell 8.1 åskådliggör resultat från försök som genomförts i muffelugn, då tid till självantändningszonen för varje försök anges. Den angivna tiden till självantändningszonen för varje försök som anges i tabell 8.1 innefattar samtliga termoelements uppmätta värden.

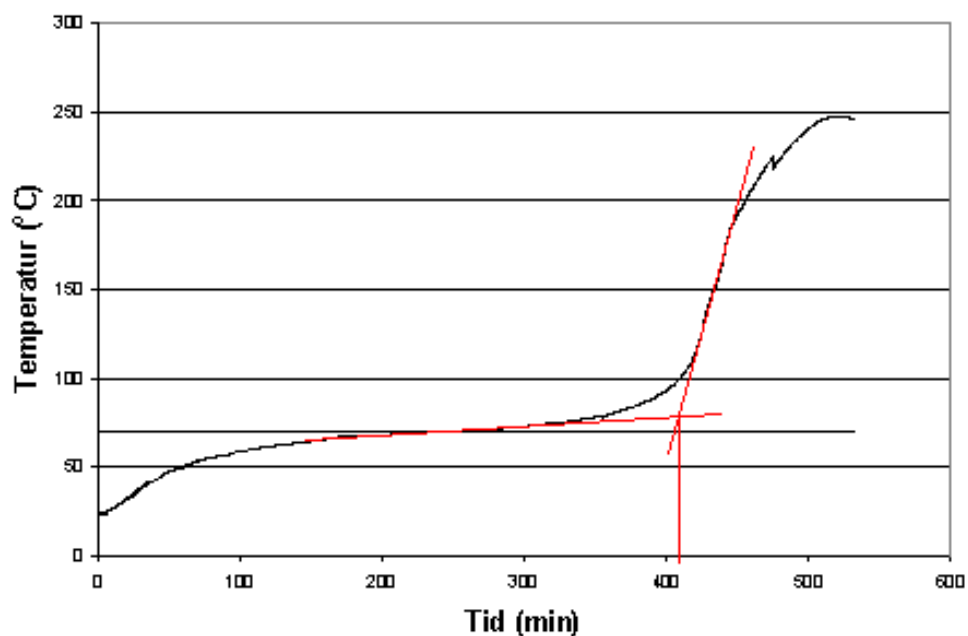
Försök nummer	Provvätska	Förvärmnings-temperatur (°C)	Cirka tid till självantändningszonen (minuter)
1	100 % linolja	90	175
2	100 % linolja	90	225
3	100 % linolja	80	325
4	100 % linolja	80	300
5	100 % linolja	70	450
6	100 % linolja	70	380
7	Linolja med sickativ	90	Ej påvisbara temperaturperioder *
8	Linolja med sickativ	90	Ej påvisbara temperaturperioder *
9	Linolja med sickativ	70	125
10	Linolja med sickativ	70	75
11	Blandning av Linolja, mineralolja och sickativ	90	115
12	Blandning av Linolja, mineralolja och sickativ	70	275
13	Blandning av Linolja, mineralolja och sickativ	70	225
14	100 % kinesisk träolja	90	110
15	100 % kinesisk träolja	90	120
16	100 % kinesisk träolja	80	125
17	100 % kinesisk träolja	80	175
18	100 % kinesisk träolja	70	275
19	100 % kinesisk träolja	70	225

20	Kinesisk träolja med sickativ	70	100
21	Kinesisk träolja med sickativ	70	110
22	Blandning av kinesisk träolja, mineralolja och sickativ	90	160
23	Blandning av kinesisk träolja, mineralolja och sickativ	70	400
24	Blandning av kinesisk träolja, mineralolja och sickativ	70	425

Tabell 8.1 Tid till självantändningszonen för försök med provvätska i kombination med bärare. Försöken är genomförda i muffelugn

* Temperaturzonerna t_1 , t_2 och t_3 som beskrivs i kapitel 2.2 kan ej urskiljas.

Tid till självantändningszonen fås vid skärningen av två tangenter till kurvan enligt figur 8.1.



Figur 8.1 Genom skärningen av två tangenter till kurvan erhålls tid till självantändningszonen

Diagram som åskådliggör värmeutvecklingsförloppet relativt tiden återfinns i bilaga C för samtliga försök utförda i muffelugn.

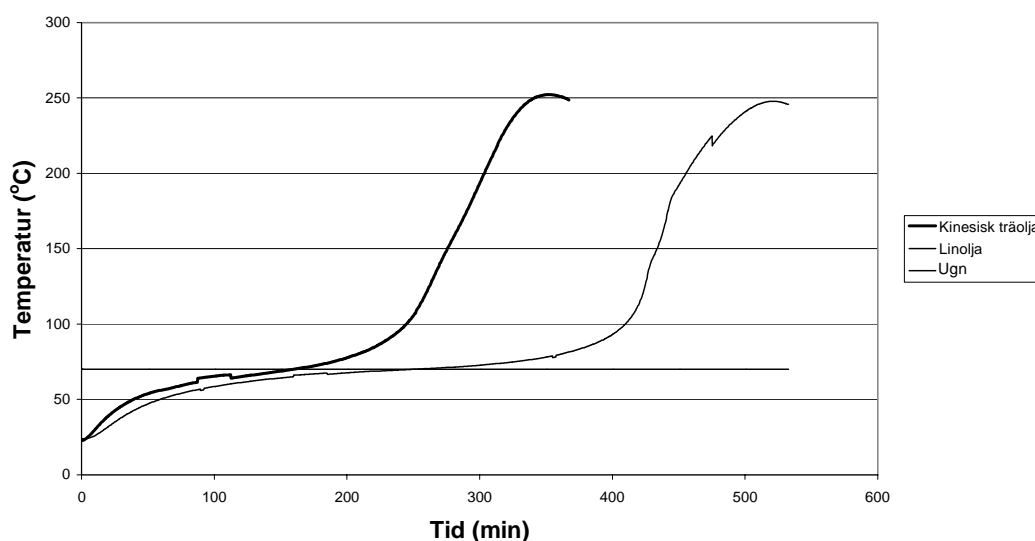
8.2 Relativ jämförelse av resultat från försök i muffelugn

För att vid den relativa jämförelsen lättare kunna åskådliggöra resultaten sammanställs samtliga uppmätta värden, för varje försök med samma provvätska och förvärmningstemperatur, till endast en sammanvägd kurva. Kurvor beskrivande värmeutvecklingen för samtliga försök i muffelugn återfinns i bilaga C.

8.2.1 Kinesisk träolja relativt linolja

Enligt resultaten av genomförda försök påvisar kinesisk träolja ett tidigare värmeutvecklingsförlopp relativt linolja vid samtliga förvärmningstemperaturer. Detta åskådliggörs i figur 8.2 - 8.4. Resultaten av försöken indikerar att kinesiska träoljan är mer reaktiv, vilket stämmer överens med Lampe och Saarnaks indelning⁶⁶ (kapitel 5) av bindemedel med avseende på reaktivitet. Detta skulle innebära att kinesisk träolja tenderar att självantända vid lägre temperatur än linolja.

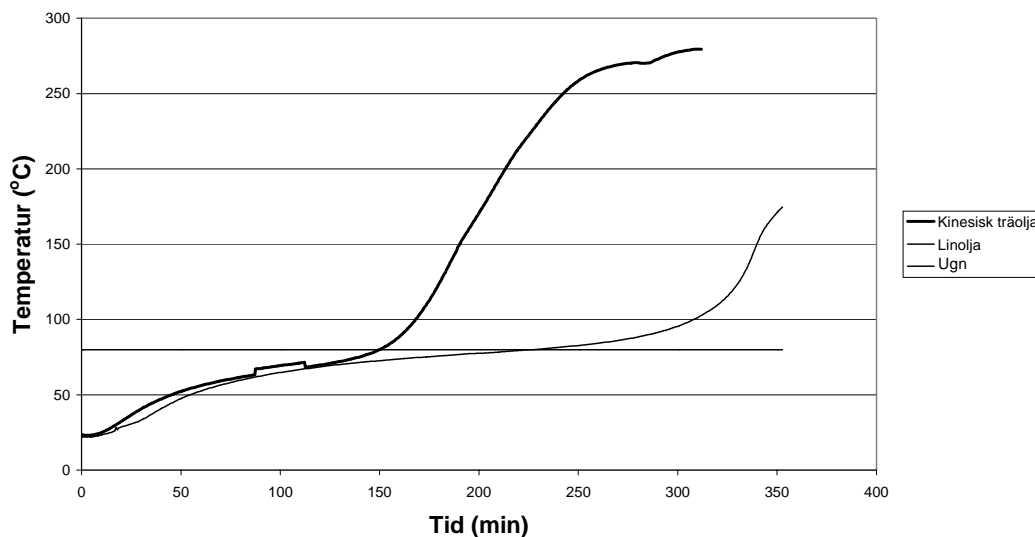
Kinesisk träolja, linolja 70 °C



Figur 8.2 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linolja och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C. Tid till självantändningszonen är 410 minuter för linolja, motsvarande tid för kinesisk träolja är 240 minuter

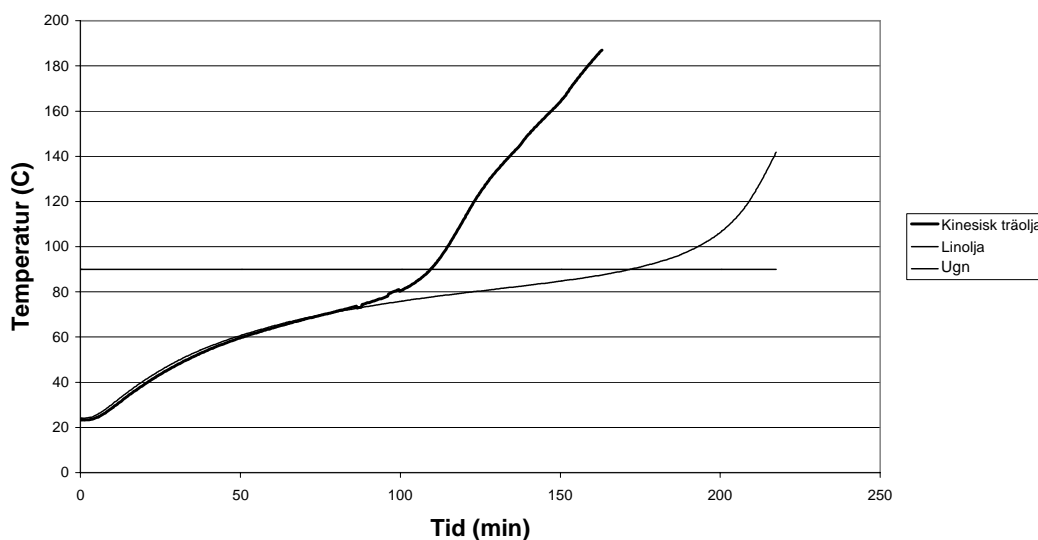
⁶⁶ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 17

Kinesisk träolja, linolja 80 °C



Figur 8.3 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linolja och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 80 °C. Tid till självantändningszonen är 320 minuter för linolja, motsvarande tid för kinesisk träolja är 165 minuter

Kinesisk träolja, linolja 90 °C



Figur 8.4 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linolja och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 90 °C. Tid till självantändningszonen är 200 minuter för linolja, motsvarande tid för kinesisk träolja är 110 minuter

8.2.2 Linolja och kinesisk träolja med tillsatt sickativ

För linolja med tillsatt sickativ, vid förvärmningstemperaturen 70 °C, sker en markant sänkning av tiden till självantändningszonen relativt utspädd linolja. Detta åskådliggörs i figur 8.5. För linolja med tillsatt sickativ, vid förvärmningstemperaturen 90 °C, är det svårt att urskilja temperaturperioderna t_1 , t_2 och t_3 som beskrivs i kapitel 2.2⁶⁷. Hur sickativet påverkar linoljan vid förvärmningstemperaturen 90 °C presenteras i figur 8.6.

Sänkningen av tiden till självantändningszonen för kinesisk träolja med tillsatt sickativ relativt utspädd kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C är markant, dock ej i samma utsträckning som för linolja. En relativ jämförelse mellan kinesisk träolja med tillsatt sickativ och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C åskådliggörs i figur 8.7.

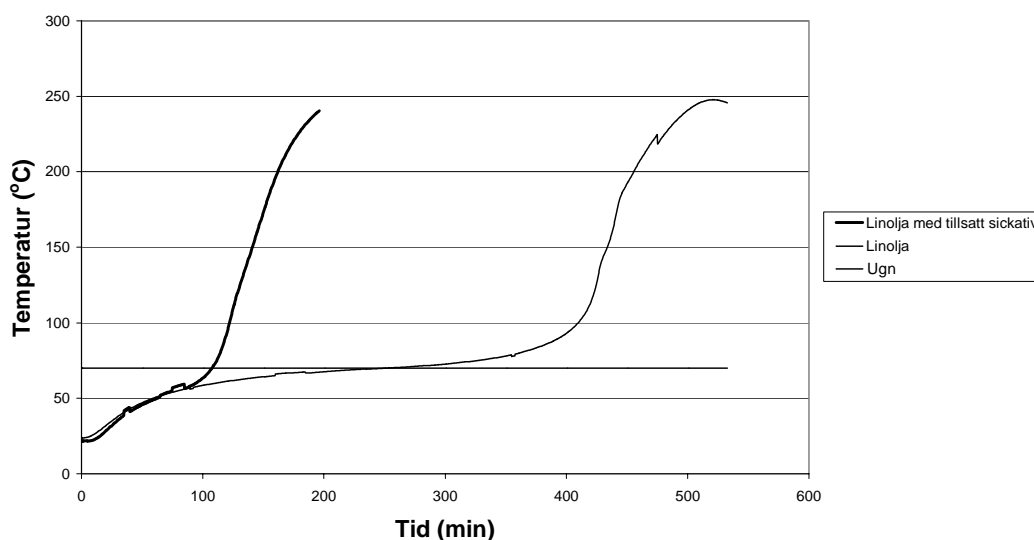
Resultaten av försöken påvisar att tid till självantändningszonen mellan de olika bindemedlen blir avsevärt mindre då sickativ tillsätts.

Resultaten av våra försök korrelerar med de resultat som erhållits av Lampe och Saarnak i avseendet att linolja med tillsatt sickativ reagerar betydligt snabbare än utspädd linolja.⁶⁸ Enligt Lampe och Saarnak blir de uppnådda temperaturerna för linolja med tillsatt sickativ inte så höga som de temperaturer som erhålls vid försök med utspädd linolja. I detta projektarbete kan ej någon lägre temperatur påvisas för linolja med tillsatt sickativ än för utspädd linolja. Detta kan bero på skillnader i provuppställning och provstorlek mellan våra försök och Lampe och Saarnaks försök.

⁶⁷ Björkman, J & Keski-Rahkonen, O, 1992, s 10

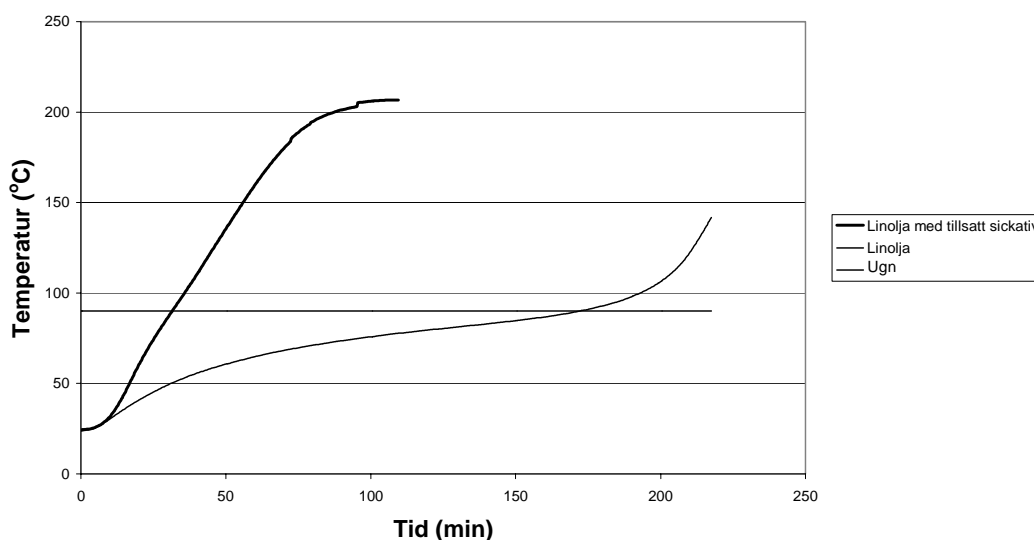
⁶⁸ Lampe, K & Saarnak, A, 1982, s 30

Linolja med tillsatt sickativ, linolja 70 °C



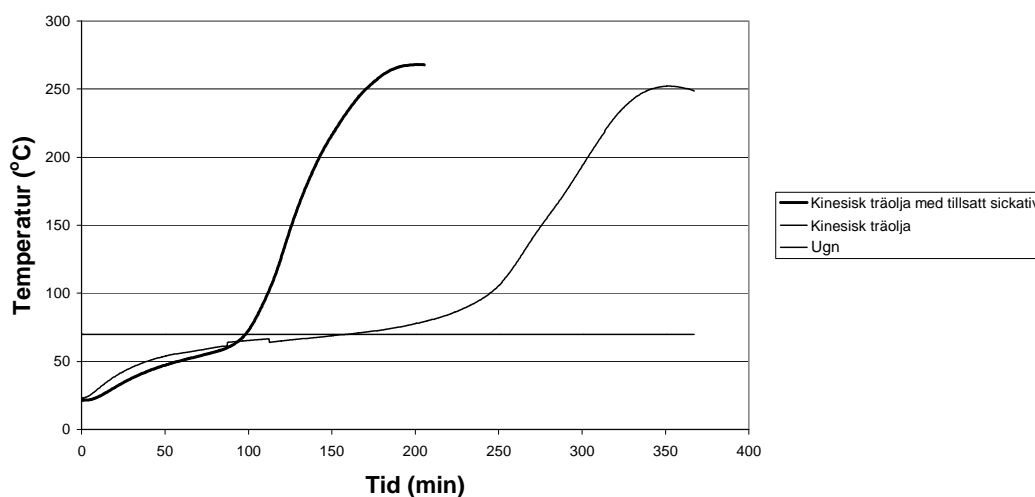
Figur 8.5 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linolja med tillsatt sickativ och utspädd linolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C. Tid till självantändningszonen är 110 minuter för linolja med tillsatt sickativ, motsvarande tid för linolja är 410 minuter

Linolja med tillsatt sickativ, linolja 90 °C



Figur 8.6 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linolja med tillsatt sickativ och utspädd linolja vid förvärmningstemperaturen 90 °C. Tid till självantändningszonen för linolja med tillsatt sickativ är vid denna förvärmningstemperatur svår att urskilja då t_1 , t_2 och t_3 ej framgår

Kinesisk träolja med tillsatt sickativ, kinesisk träolja 70 °C

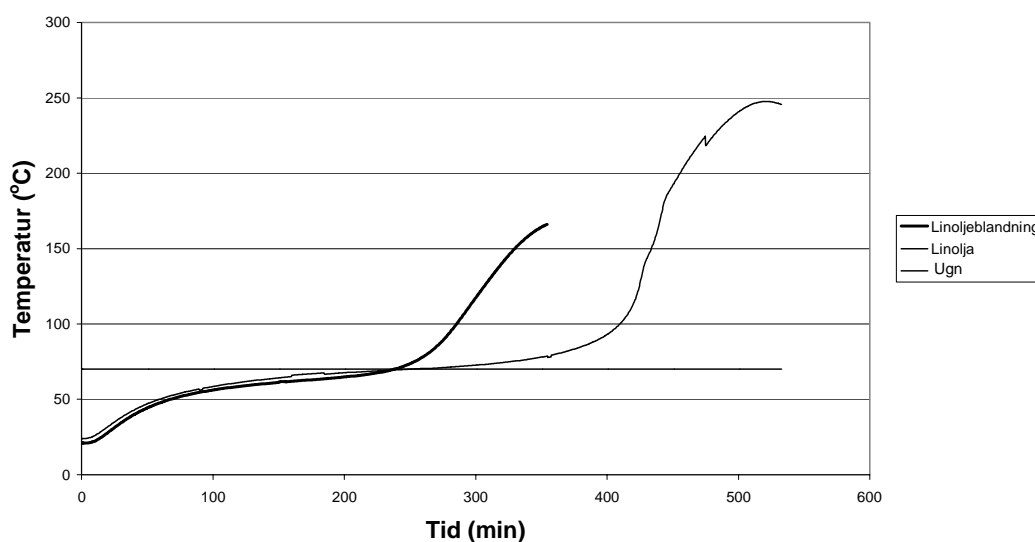


Figur 8.7 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan kinesisk träolja med tillsatt sickativ och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C. Tid till självantändningszonen är 100 minuter för kinesisk träolja med tillsatt sickativ, motsvarande tid för kinesisk träolja är 240 minuter

8.2.3 Linoljeblandning relativt linolja

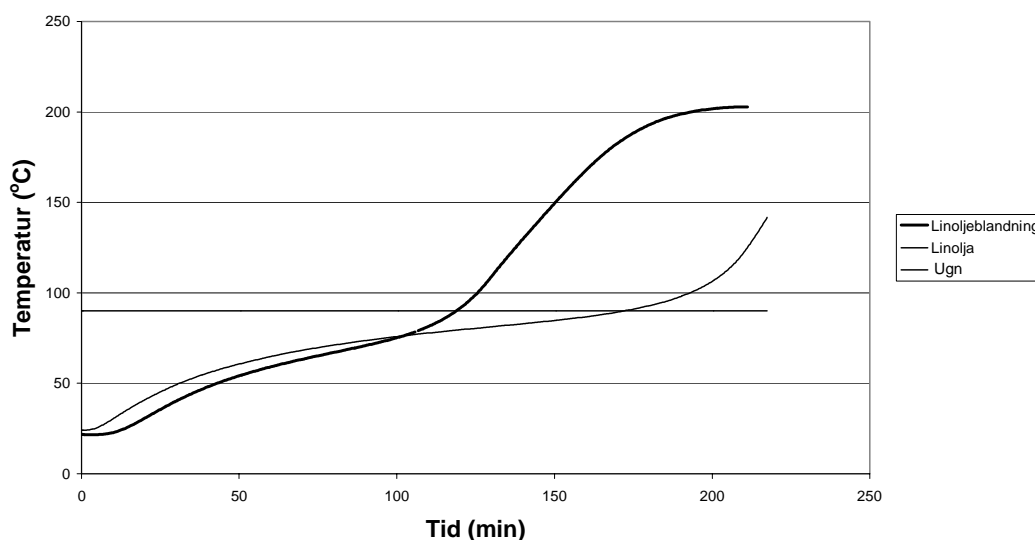
En blandning av 25 vikt % linolja, 3 vikt % sickativ och 72 vikt % mineralolja påvisar kortare tid till självantändningszonen än utspädd linolja vid förvärmningstemperaturerna 70 °C och 90 °C . Figur 8.8 och 8.9 åskådliggör jämförelser mellan linoljeblandningen och linolja vid de olika förvärmningstemperaturerna. Resultaten för de genomförda försöken indikerar att maximalt erhållen temperatur för linoljeblandningen blir lägre relativt utspädd linolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C.

Linoljeblandning, linolja 70 °C



Figur 8.8 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linoljeblandning och linolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C. Tid till självantändningszonen är 260 minuter för linoljeblandningen, motsvarande tid för linolja är 410 minuter. Notera att maximalt uppnådd temperatur för linoljeblandningen är betydligt lägre än för outspädd linolja

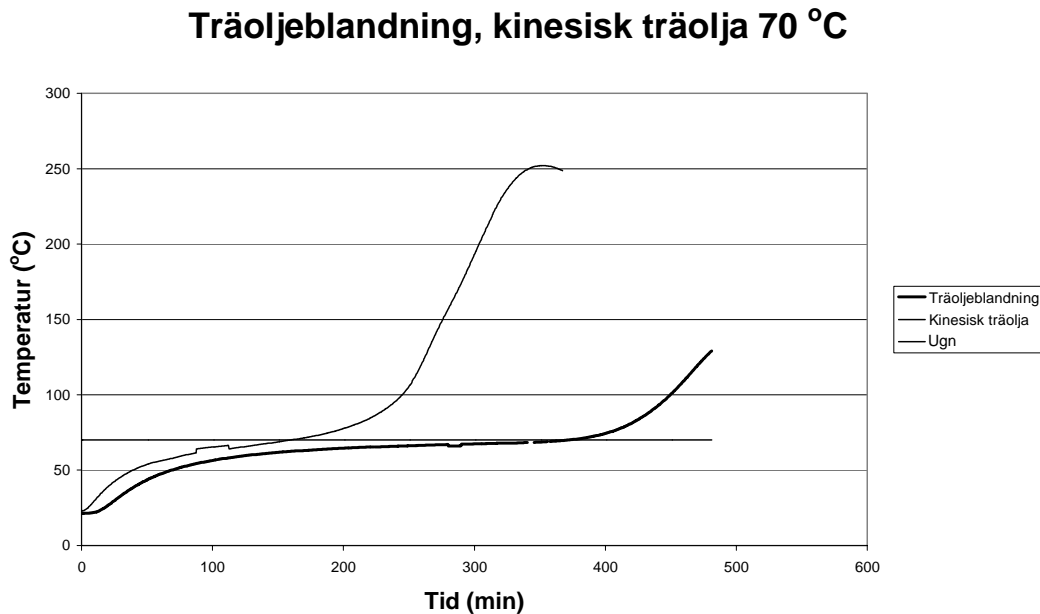
Linoljeblandning, linolja 90 °C



Figur 8.9 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan linoljeblandning och linolja vid förvärmningstemperaturen 90 °C. Tid till självantändningszonen är 115 minuter för linoljeblandningen, motsvarande tid för linolja är 200 minuter

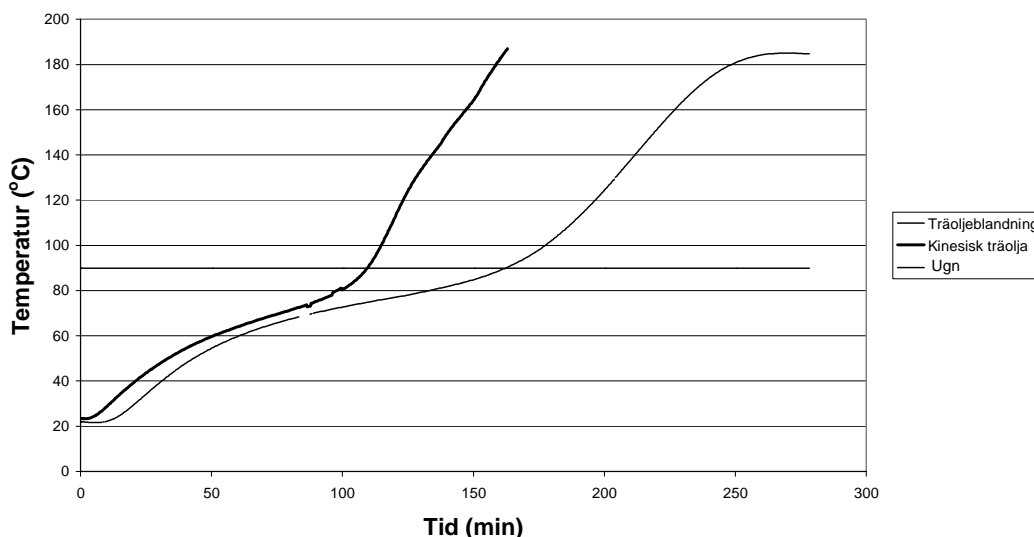
8.2.4 Träoljablandning relativt kinesisk träolja

Resultaten av försöken med en blandning av 25 vikt % kinesisk träolja, 3 vikt % sickativ och 72 vikt % mineralolja påvisar betydligt längre tid till självantändningszonen än kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturerna 70 °C och 90 °C. I figur 8.10 och figur 8.11 presenteras träoljablandningen relativt kinesisk träolja vid de olika förvärmningstemperaturerna.



Figur 8.10 *Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan träoljablandning och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C. Tid till självantändningszonen är 420 minuter för träoljablandningen, motsvarande tid för kinesisk träolja är 240 minuter*

Träoljablandning, kinesisk träolja 90 °C



Figur 8.11 Relativ jämförelse beträffande värmeutvecklingsförmåga mellan träoljablandning och kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 90 °C. Tid till självantändningszonen är 160 minuter för träoljablandningen, motsvarande tid för kinesisk träolja är 100 minuter

8.3 Resultat från försök i DSC-apparatur

DSC-försök genomförs för att fastställa olika produkters autooxidationstemperatur. Resultat från DSC-försök återges i tabell 8.3 och indikerar att linoljas autooxidationstemperatur befinner sig i närheten av 155 °C (bilaga D). Motsvarande autooxidationstemperatur för kinesisk träolja befinner sig i närheten av 125 °C (bilaga D). För de kommersiella färgerna och den kommersiella lacken föreligger stora svårigheter att utläsa en autooxidationstemperatur (bilaga D). Det är tydligt att de båda kommersiella färgerna påvisar ett liknande och entydigt reaktionsförlopp, medan den kommersiella lackens reaktionsförlopp påminner om de utspädda bindemedlen.

Försök nummer	Aktiv produkt	Temperatur intervall (°C), uppvärmningshastighet 10 °C/minut	Massa (milligram)	Autooxidations-temperatur(°C)
1	Linolja	50-250	7,845	147,3
2	Linolja	80-250	14,402	155,7
3	Linolja	80-250	16,005	155,1
4	Linolja	80-250	15,034	155,7
5	Kinesisk träolja	50-250	18,773	125,0
6	Kinesisk träolja	80-250	18,337	126,2
7	Kinesisk träolja	80-250	17,019	125,4
8	FT15a	50-250	16,970	Ej utläsbar temperatur
9	FT15b	50-250	17,204	Ej utläsbar temperatur
10	FT15c	50-250	17,565	Ej utläsbar temperatur
11	SP15a	50-250	15,020	Ej utläsbar temperatur
12	SP15b	50-250	15,009	Ej utläsbar temperatur
13	SP15c	50-250	15,940	Ej utläsbar temperatur
14	SP15d	50-250	16,881	Ej utläsbar temperatur
15	OPAA	50-250	20,732	Ej utläsbar temperatur
16	OPAb	50-250	20,688	Ej utläsbar temperatur
17	OPAc	50-250	20,892	Ej utläsbar temperatur

Tabell 8.3 SP15 är en mineraloljebaserad färg och i den ingår linolja och linoljealkyd. FT15 är en vegetabilisk färg och i den ingår sojaolja, linolja och linoljealkyd. OPA är en lack och i den ingår kinesisk träolja

För att få en tillförlitlig signal vid försök i DSC-apparat bör hela provkapselns botten vara täckt av provvätska. Vid det första försöket med linolja kan den låga mängden ha påverkat resultatet då provkapselns botten ej helt var täckt med provvätska.

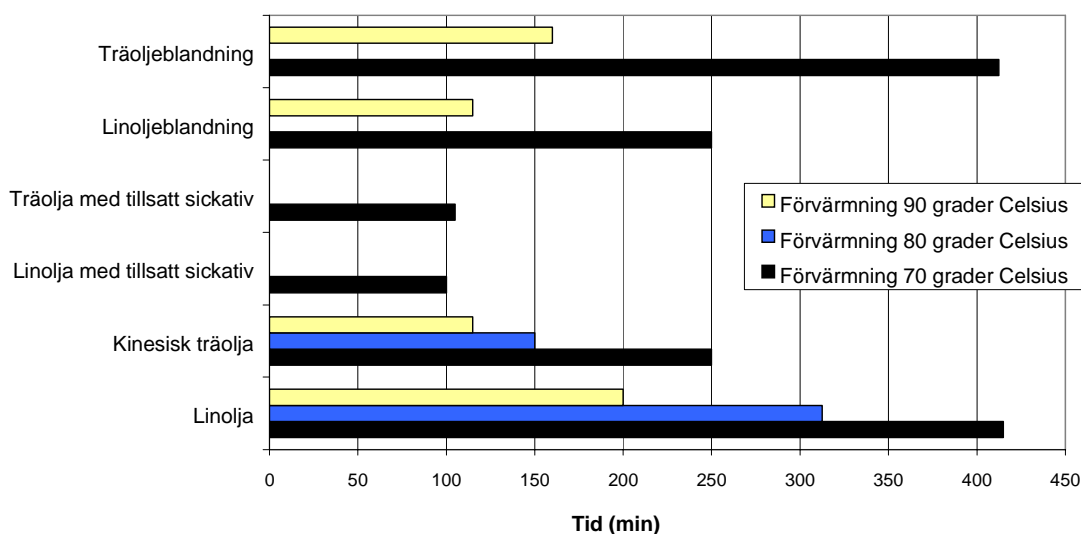
8.4 Relativ jämförelse av DSC-resultat

Resultat från försök i DSC-apparatur visar entydigt att kinesisk träolja har lägre autooxidationstemperatur än linolja. Detta skulle innebära att kinesisk träolja har större tendens än linolja att självantända. De resultat som presenteras i kapitel 8.2.1 korrelerar således med resultat från försök i DSC-apparatur. De kommersiella färgerna påvisar liknande reaktionsförlopp relativt varandra medan den kommersiella lacken påvisar ett reaktionsförlopp som påminner om de utspädda bindemedlen. Resultaten av försök i DSC-apparatur åskådliggörs i bilaga D.

8.5 Sammanställning av resultat från försök i muffelugn och försök i DSC-apparatur

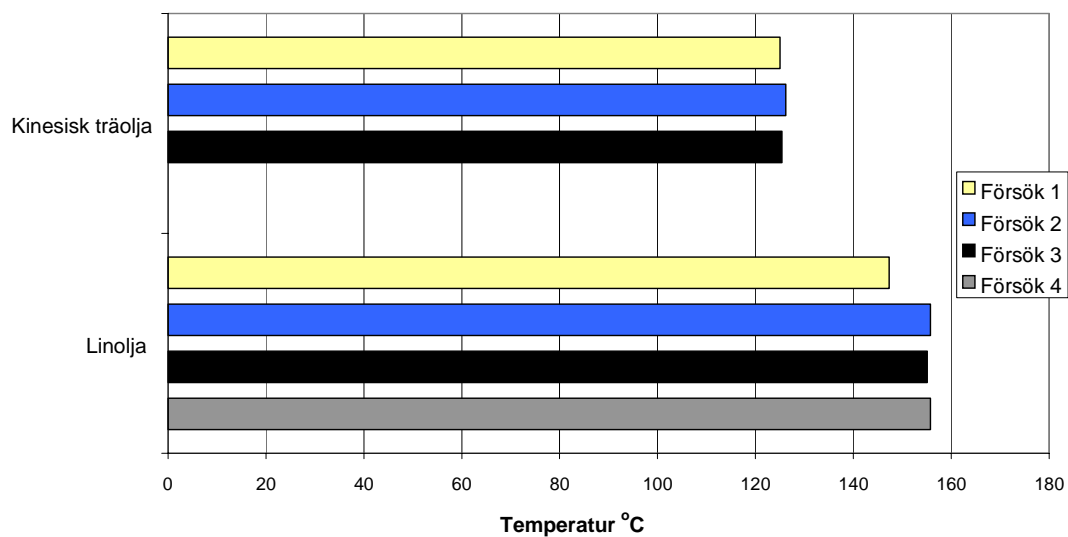
För att åskådliggöra skillnader mellan resultaten från de olika försöken görs en sammanställning enligt figur 8.12 och 8.13. Figur 8.12 åskådliggör resultatskillnader från försök i muffelugn och figur 8.13 åskådliggör resultatskillnader från försök i DSC-apparatur.

Relativ jämförelse av resultat från försök i muffelugn



Figur 8.12 Sammanställning av resultat från försök i muffelugn

Relativ jämförelse av resultat från försök i DSC-apparatur



Figur 8.13 Sammanställning av resultat från försök i DSC-apparatur

9 Diskussion och slutsats

Från tryckfärgsbranschen finns ett intresse att få veta om kommersiella färger och lacker kan självantända. För att undersöka detta genomförs försök i muffelugn och i DSC-apparatur. Vid försök i muffelugn uppvisar samtliga undersökta prov en temperaturökning vid en förvärmningstemperatur över 70 °C. Vid försök i DSC-apparatur erhålls autooxidationstemperatur för de utspädda bindemedlen, linolja och kinesisk träolja. En tydlig autooxidationstemperatur för de kommersiella färgerna och lacken kan ej utläsas. Däremot påvisar de kommersiella färgerna ett liknande reaktionsförlopp relativt varandra. Sammansättningen för de kommersiella produkterna är inte redovisad och med stor sannolikhet påverkar någon tillsats reaktionsförloppet.

I detta arbete definieras självantändning som varje till förbränning ledande process, utan medverkan av främmande värmekällor. Således inträffar självantändning då den värmeutvecklande reaktionen tar sin början och inte då öppen låga eller glödbland uppträder.

Värmeutvecklingen vid den autooxidativa reaktionen är förutom totalmängden provmaterial även beroende på begränsningsytan mot luften. De kommersiella färger och lacker som används vid försöken har hög viskositet⁶⁹ och i detta projektarbete är det inte fastställt huruvida de kan fördelas i bäraren. Beroende på provvätskans fördelning i bäraren uppstår en viss kontaktyta med syret. Vid otillräckligt kontaktyta kan syretillgången bli otillräcklig och därmed begränsa värmeutvecklingen.

Att genomföra försök i en betydligt större ugn relativt provet skulle förbättra förutsättningarna att bibehålla isoterma förhållanden, eftersom provets då utvecklade värme ej påverkar omgivningstemperaturen nämnvärt. Med en större ugn kan även otillräcklig syretillgång lättare undvikas. Ett annat sätt att undvika otillräcklig syretillgång är att under försöket ha ett konstant syreflöde genom ugnen.

Vid försök i muffelugn är ugnsvolymen liten relativt provet, något syreflöde genom ugnen används ej. Detta till trots påvisas självantändning vid samtliga försök. Det är därför mycket troligt att självantändning även inträffar vid gynnsammare förhållanden.

Vid försök i muffelugn anser vi att fullgod repeterbarhet erhållits. Däremot är reproducerbarheten inte känd.

Enligt resultat från genomförda försök påvisar kinesisk träolja kortare tid än linolja till självantändning vid samtliga förvärmningstemperaturer. Detta innebär att kinesisk träolja är mer reaktivt, beroende på skillnader i kemisk sammansättning.

För linolja med tillsatt sickativ, vid förvärmningstemperaturen 70 °C, sker en markant sänkning av tiden till självantändning relativt utspädd linolja. Sänkningen av tiden till

⁶⁹ viskositet är ett mått på den inre friktionen för material som deformerar

självantändning för kinesisk träolja med tillsatt sickativ relativt utspädd kinesisk träolja vid förvärmningstemperaturen 70 °C är markant, dock ej i samma utsträckning som för linolja. Den kinesiska träoljan och linoljan med tillsatt sickativ uppvisar liknande tider till självantändning. Således blir skillnaden i tid till självantändning mellan de olika bindemedlen avsevärt mindre då sickativ tillsätts.

En blandning av 25 vikt % linolja, 3 vikt % sickativ och 72 vikt % mineralolja påvisar kortare tid till självantändning än utspädd linolja vid förvärmningstemperaturerna 70 °C och 90 °C. Resultaten påvisar även att en blandning innehållande 25 vikt % kinesisk träolja, 3 vikt % sickativ och 72 vikt % mineralolja självantänder. För träoljeblandningen tar det däremot längre tid att nå självantändning än för utspädd kinesisk träolja, vid förvärmningstemperaturerna 70 °C och 90 °C.

Det bör noteras att vid denna koncentration på 25 vikt % av de båda bindemedlen kan självantändning ske. Tiden till självantändning för linoljeblandningen är dessutom kortare än för 100% linolja. Det kan vara så att det är sickativet som i stor utsträckning påskyndar reaktionen även vid denna lägre koncentration. Resultatet pekar på att en färg innehållande 25 vikt % linolja eller en lack innehållande 25 vikt % kinesisk träolja kan självantända. Däremot ingår övriga tillsatser i kommersiella färger och lacker, huruvida tillsatserna påverkar reaktionsförloppet är inte fastställt i detta arbete. På grund av den påvisade reaktiviteten bör färger innehållande 25 vikt % linolja och lacker innehållande 25 vikt % kinesisk träolja hanteras med försiktighet. Naturligtvis påverkar flera faktorer reaktionsförloppet såsom omgivningstemperatur, syretillgång och fördelning i bärare med mera. Säkerhetsrutiner vid hantering av färger innehållande linolja och lacker innehållande kinesisk träolja är dock väl motiverade. Oaktsamhet, okunskap och olämplig hantering kan leda till stor skada.

Om syftet är att finna något mindre reaktivt komplement till linolja är ytterligare studie av bindemedel motiverat. En sådan studie skulle underlätta val av bindemedel för att erhålla en mindre reaktiv färg ur självantändningssynpunkt.

10 Förslag till fortsatt studie

En lämplig fortsättning av den studie som påbörjats kan vara att genomföra försök med fler bindemedel, till exempelvis sojaolja, standolja eller linoljealkyd, för att erhålla en jämförelse av reaktiviteten. Även en undersökning av olika koncentrationer för respektive bindemedel kan vara lämplig.

Då det i denna studie ej undersöks huruvida tillsatserna tillsammans med bindemedlen påverkar värmeutvecklingsförloppet kan en teoretisk och praktisk undersökning beträffande de kemiska reaktionerna genomföras. Därmed kan tillsatsernas inverkan för värmeutvecklingsförloppet kartläggas.

Det är fastställt att bärarens inverkan för värmeutvecklingsförloppet är av betydelse. Genom att variera bärare och dess specifika yta tillsammans med olika bindemedel kan en utvärdering av bäraren genomföras.

För att kunna genomföra teoretiska beräkningar gällande självantändning, kan försök med varierad provvolym utföras.

Referenslista

Böcker och rapporter

Arvidsson, T & Östman, B & Back, E (1977); *Självantändning i träspån*, Svenska Träforskningsinstitutet, Stockholm, Sverige

Björkman, J & Keski-Rahkonen, O (1992); *Test method for self-ignition of materials*, VTT, Espoo, Finland

Boles, M & Çengel, Y (1998); *Thermodynamics An Engineering Approach*, McGraw-Hill, Inc., New Jersey, USA

CRC Press (1978); *Handbook of Chemistry and Physics 58 th Edition*

DiNenno et al (1990); *SFPF Handbook of Fire Protection Engineering, First Edition*, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA

Drysdale, D (1998); *An Introduction to Fire Dynamics, Second Edition*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England

Hallberg, A-C; *Hantering av farligt avfall för undvikande av bränder i avfallsbehållare*, Sysav Kemi AB, Sverige

Hirsch, F (1994); *Växelverkan mellan tryckfärg och tryckbärare*, Akzo Nobel Inks AB, Trelleborg, Sverige

Holmstedt, G (1988); *Självantändning, Brandkemi – Explosioner för Brandingenjörslinjen*, Institutionen för Brandteknik, Lund, Sverige

Huldén, M (1983); *Termisk analys*, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark

Huldén, M (1984); *Termisk analys inom färg och lackkemi*, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark

Lampe, K & Saarnak, A (1982); *Självantändning i färger och i omättade polyestrar*, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark

Lampe, K & Saarnak, A (1984); *Självantändning i färgavfall – provningsmetoder*, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark

Nielsen, C & Høgh, B & Wallström, E (1997); *Experimental Results and Modelling of Physico-Chemical Properties*, EnPro ApS, Köpenhamn, Danmark

Smyth, K & Bryner, N (1990); *Short-Duration Autoignition Temperature Measurements for Hydrocarbon Fuels*, U.S Department of Commerce, Center for Fire Research, Gaithersburg, MD, USA

Virtala, V & Oksanen, S & Frilund, F (1949); *Om självantändlighet, dess bestämning och förekomst*, Statens tekniska forskningsanstalt, Helsingfors, Finland

Von Feilitzen, G (1925); *Bensin och andra eldfarliga oljor*, Stockholm

Tidningsartiklar

Grafiskt Forum (2001) nummer 3 ”självantändning i avfallsbehållare – miljonbrand på tryckeri”

Grafiskt Forum (2001) nummer 6 ”tester avslöjar – plast säkert brandskydd”

Internet

<http://www.hush.se/Forsok/lin.html> 2001-05-15

<http://www.shenet.se/ravaror/linolja.html> 2001-05-16

http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmatrial/oljor/ra_linolja.htm 2001-11-01

<http://waynesword.palomar.edu/tungoil1.htm> 2001-11-01

<http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmatrial/oljor/traolja.htm> 2001-11-01

<http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmatrial/oljor/torkar.htm> 2001-11-01

<http://www.niwl.se/tra/ytbehandling/ytbehandlingmatrial/oljor/sjalvantanda.htm> 2001-11-01

<http://alba.dk> 2001-11-03

<http://www.ajkon.se/terapi/urklipp/oljor.html> 2001-11-08

Övrigt

Varuinformationsblad, MB-Sveda

Innehållsförteckning till bilagor

BILAGA A TRYCKFÄRGER OCH BINDEMEDEL	55
PRINCIPER FÖR TRYCKFÄRGENS TORKNING	55
BILAGA B INSTRUKTION TILL FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING	57
BLANDNING TILL KOMMERSIELL LINOLJEBASERAD FÄRG OCH TILL KOMMERSIELL TRÄOLJEBASERAD LACK	58
BILAGA C RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I MUFFELUGN	61
BILAGA D RESULTAT FRÅN FÖRSÖK I DSC-APPARATUR.....	75

Bilaga A Tryckfärger och bindemedel

Det finns flera typer av tryckfärger och de indelas efter tryckprocessen. Det finns till exempel flexo- och djuptrycksfärger, rotationsfärger för offset och boktryck, arkooffsetfärger, screenfärger. Tryckprocessen är dock bara ett sätt att överföra färgen till tryckbäraren oftast papper.

Tryckfärgers sammansättning kan enligt Hirsch förenklas i pigment som ger färgen dess kulör, bindemedel som binder pigmenten och hjälpmedel som påverkar några av färgens egenskaper i önskad riktning.

Det är bindemedlet som bestämmer inom vilket användningsområde färgen är lämpad för. Bindemedlet kan torka fysikaliskt och genom kemiska reaktioner.⁷⁰ Bindemedel som torkar fysikaliskt består av fasta ämnen i en vätska och när vätskan torkar lämnas det fasta ämnet kvar på tryckbäraren. Färgfilmen är torr när all vätska är borta. Kemiskt torkande bindemedel är flytande ämnen som långsamt genom en kemisk reaktion övergår till ett fast ämne⁷¹. Man kan i stort sett använda samma pigment för alla tryckprocesser medan bindemedlet kan skraddarsys för varje enskild typ av färg för att få optimerade egenskaper⁷². En tryckbärare kan vara mer eller mindre absorberande och färgtorkningstiden måste anpassas därefter. Torktiden kan varieras beroende på valet av bindemedel⁷³. För boktrycks- och offsetfärgerna består bindemedlet av fernissor som snabbt sätter sig på tryckbäraren, torkar fort och ger ett hårt och glansigt tryckresultat⁷⁴.

Principer för tryckfärgens torkning

Oxidation

Det torkningsförlopp som kallas oxidationstorkning är en kemisk reaktion mellan luftens syre och färgens bindemedel⁷⁵. Bindemedlet består av vegetabiliska oljor såsom linolja, derivat av vegetabiliska oljor till exempel alkyd. Genom att låta bindemedlet polymeriseras genom syret i luften övergår det från flytande till en fast sammanhängande och kontinuerlig film.⁷⁶ Reaktionen går mycket långsamt men genom tillsättning av ett torkmedel kan torktiden förkortas till några timmar. Som torkmedel kan metallsalter till exempel mangan och kobolt användas. För icke absorberande tryckbärare till exempel plastfilm torkar färgen oxidativt.

Strålningstorkande bindemedel

Reaktivt bindemedel vanligtvis acrylatmonomer, polymeriseras genom strålning till en fast kontinuerlig film.

⁷⁰ Hirsch, F, 1994, s 1

⁷¹ Ibid, s 2

⁷² Grafiska yrkesnämnden, "tryckfärg", s 5

⁷³ Hirsch, F, 1994, s 1

⁷⁴ Grafiska yrkesnämnden "tryckfärg" s 5.

⁷⁵ Grafiska yrkesnämnden, "tryckfärg" s 14

⁷⁶ Hirsch, F, 1994, s 4 ff

Absorption

Då en färg huvudsakligen torkar genom att den sugts upp i ett absorberande, poröst papper benämns torkningen, absorptionstorkning.⁷⁷ Absorptionsfärgernas bindemedel utgörs oftast av tunna mineraloljor som inte har torkande egenskaper. Vid absorption suges färgen upp av kapillärkraften mellan papprets fiber. Denna torkning dominerar inom dagstidningstrycket.

Polymerisation

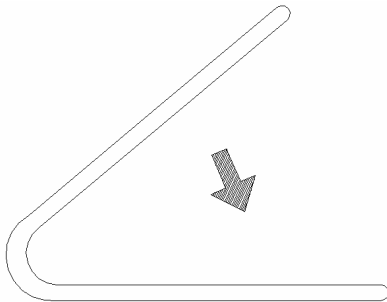
Polymerisation är en kemisk process där mindre molekyler, monomerer kopplas samman till större och mer komplexa molekyler, polymerer. Om monomeren är i vätskeform resulterar polymerisationen i att vätskan övergår i fast form. Genom att tillsätta en katalysator polymeriseras det kemiskt reaktiva bindemedlet således till en fast kontinuerlig film. Metalldekorfärger torkar på detta sätt. Normalt torkar boktryck- och offsetfärger som är baserade på fernissor innehållande bland annat oxidationstorkande oljor och alkyder genom en kombination av oxidation/polymerisation och sättnig (absorption av mineralolja/vegetabilisk olja/ester).

Vid tryckfärgsutvecklingen finns det en mängd gamla och nya krav att uppfylla med avseende på tryckbarhet och funktion. Genom olika sammansättningar kan man nå en kompromiss vad gäller de olika egenskaperna hos färgen. För specialfärger där man vill framhäva en viss egenskap görs detta i regel på bekostnad av de övriga. Idealet hade varit en tryckfärg för alla olika sorters tryckbärare.

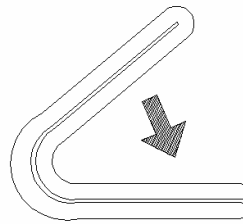
⁷⁷ Grafiska yrkesnämnden, "tryckfärg" s 14

Bilaga B Instruktion till försöksuppställning

- Starta datorn och programmet Implog 2000.
- Värm ugnen till förvärmningstemperaturen.
- Häll upp provvätskan i en mindre spann.
- Väg bäraren.
- Dränk in bäraren till 3,5 gånger torra vikten.
- Placera bäraren på en aluminiumklädd spånskiva.
- Vik bäraren på mitten enligt figur B1.1, vik därefter bäraren ytterligare en gång på mitten enligt figur B1.2.

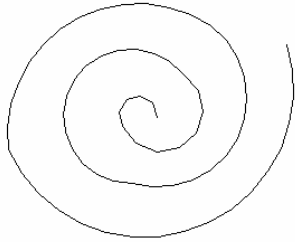


Figur B1.1 Bäraren viks först en gång på mitten



Figur B1.2 Bäraren viks ytterligare en gång på mitten

- Placera termoelementen på fem centimeterns avstånd i bäraren. Termoelementen placeras på den dubbelvikta bärarens halva höjd.
- Rulla bäraren enligt figur B 1.3 så att den "lätt och ledigt" går ned i nätkorgen.



Figur B 1.3 Bäraren rullas

- Placera bäraren och nätkorgen i aluminiumbehållaren och placera provet i ugnen.
- Stäng luckan.
- Starta mätningen av temperaturen.
- Kontrollera under försöket att temperaturen i ugnen hålls konstant.

Blandning till kommersiell linoljebaserad färg och till kommersiell träoljebaserad lack

Enligt överenskommelse med Jan Sörensson, Akzo Nobel Inks, skall följande vikt %-fördelning användas vid blandningen med syftet att efterlikna kommersiella färger och lacker. Vikt % omvandlas till volym % med hjälp av ekvation B 2.1, för enklare uppmätning av vätskorna.

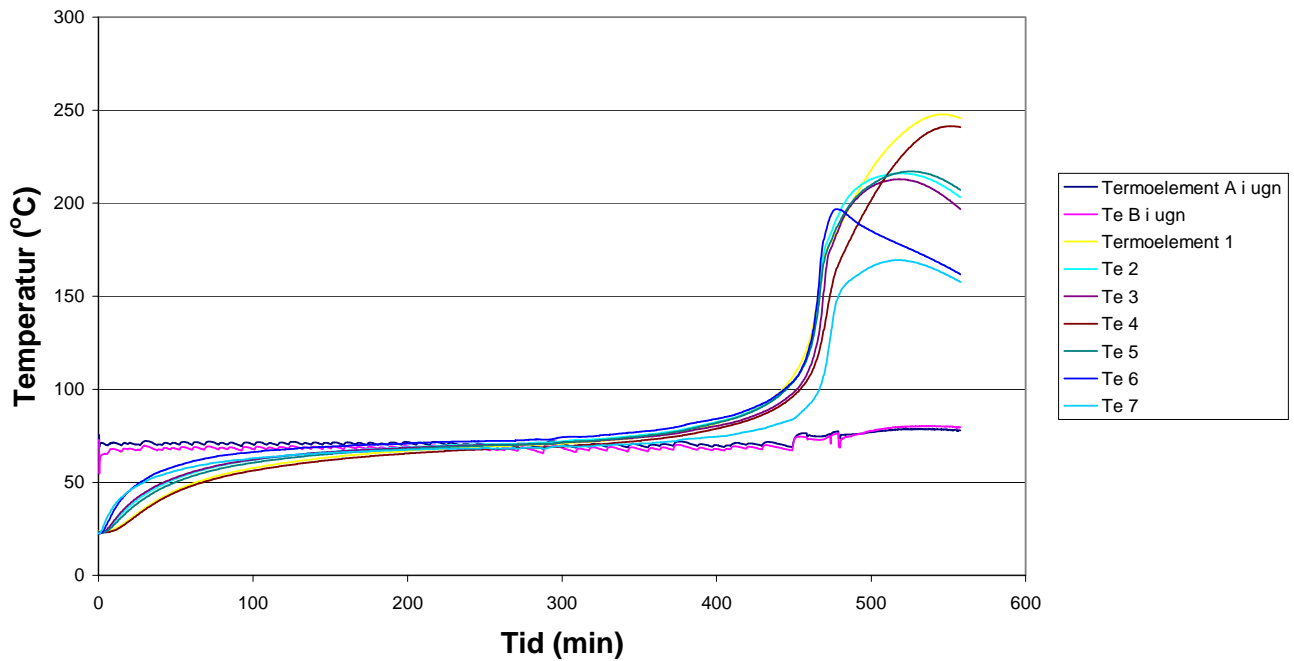
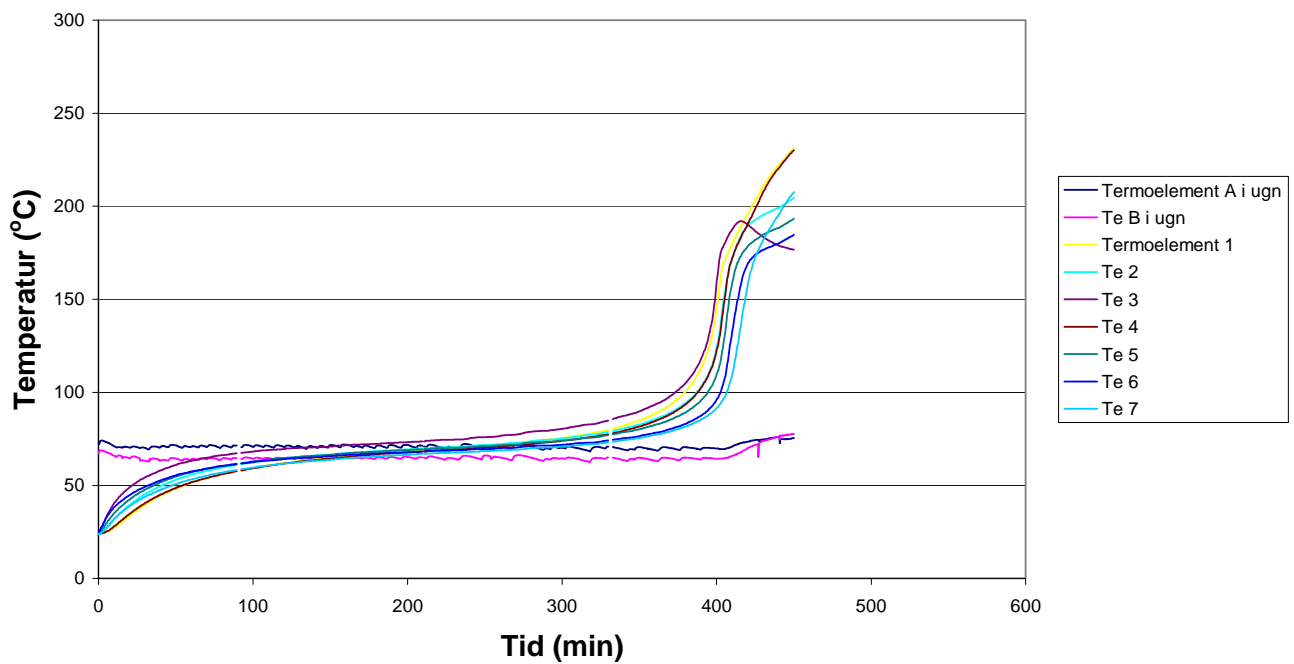
$$Vol\% = \frac{Vikt\% \cdot \rho}{\sum_n Vikt\%_n \cdot \rho_n} \cdot 100 \quad [\text{ekvB 2.1}]$$

Vikt %	Vätska	Densitet ρ g/cm ³	Vol %
25,00	Linolja	0,93	23,18
2,00	Mangan baserat sickativ	1,04	1,66
1,00	Kobolt baserat sickativ	1,07	0,81
72,00	Mineralolja	0,835	74,35
$\Sigma 100,00$			$\Sigma 100,00$

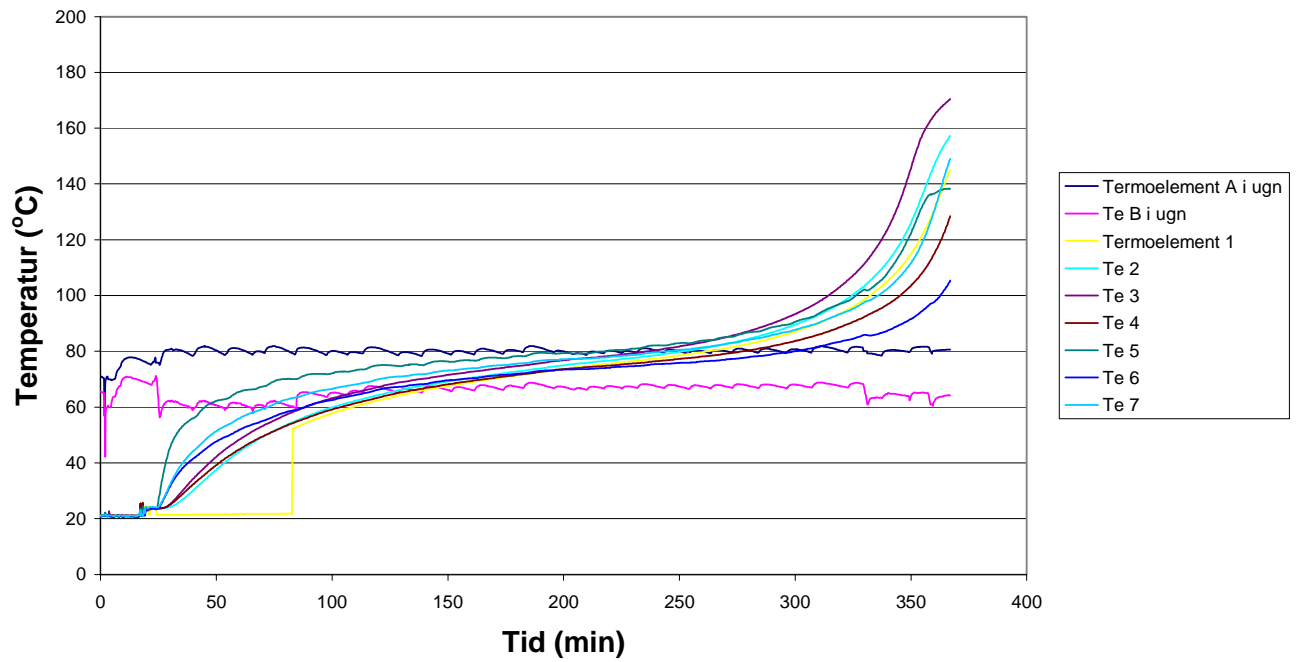
Tabell B 2.1 Vikt % linolja omvandlas till volym % linolja

Vikt%	Vätska	Densitet ρ g/cm³	Vol %
25,00	Kinesisk träolja	0,94	22,99
2,00	Mangan baserat sickativ	1,04	1,66
1,00	Kobolt baserat sickativ	1,07	0,81
72,00	Mineralolja	0,835	74,54
Σ 100,00			Σ 100,00

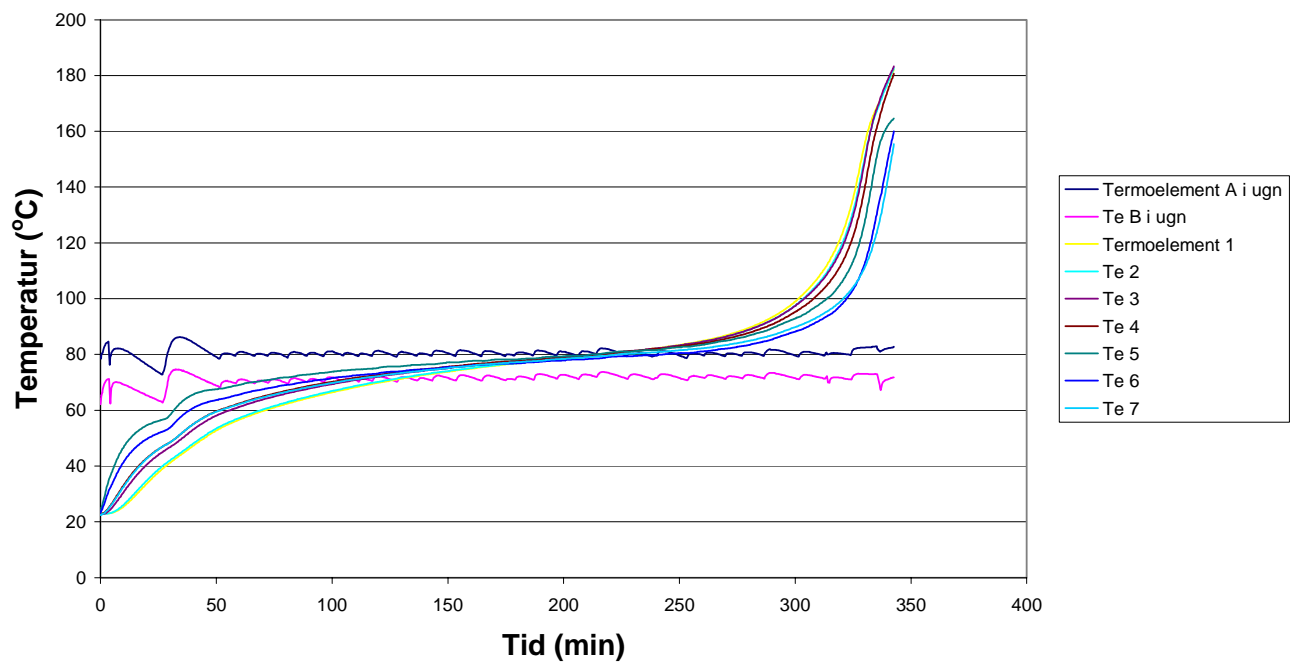
Tabell B2.2 Vikt % kinesisk träolja omvandlas till volym % kinesisk träolja

Bilaga C Resultat från försök i muffelugn**Linolja 70 °C, försök 1****Linolja 70 °C, försök 2**

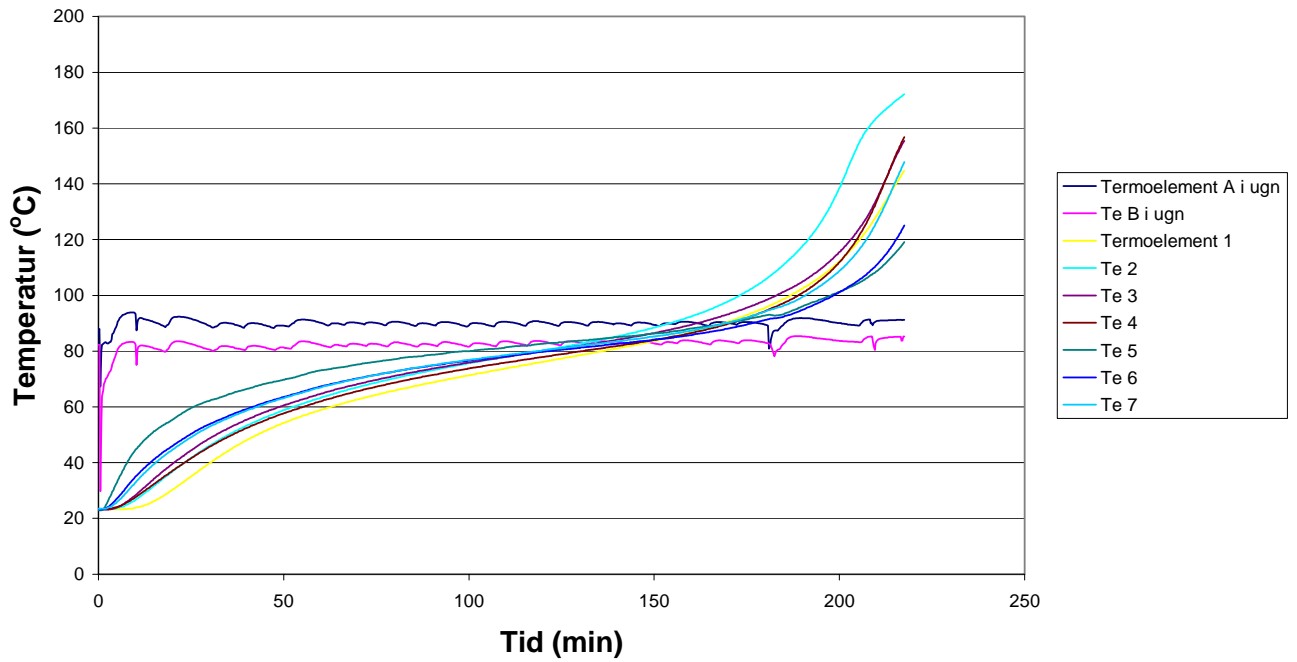
Linolja 80 °C, försök 1



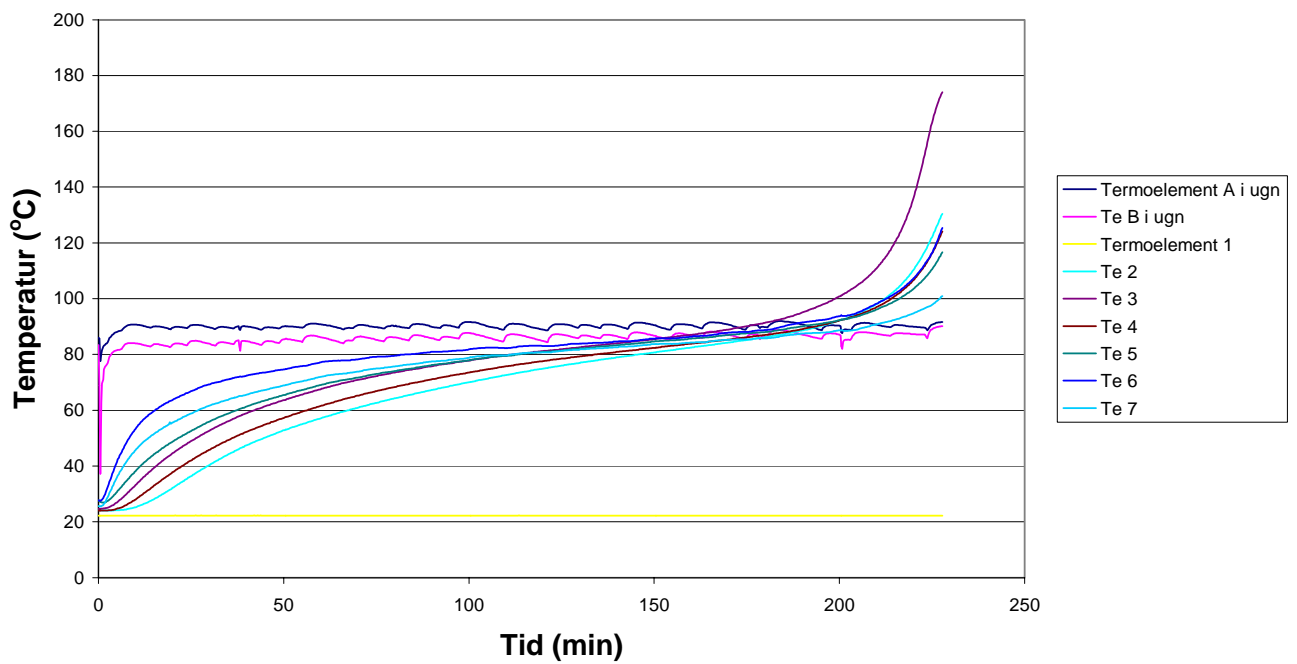
Linolja 80 °C, försök 2



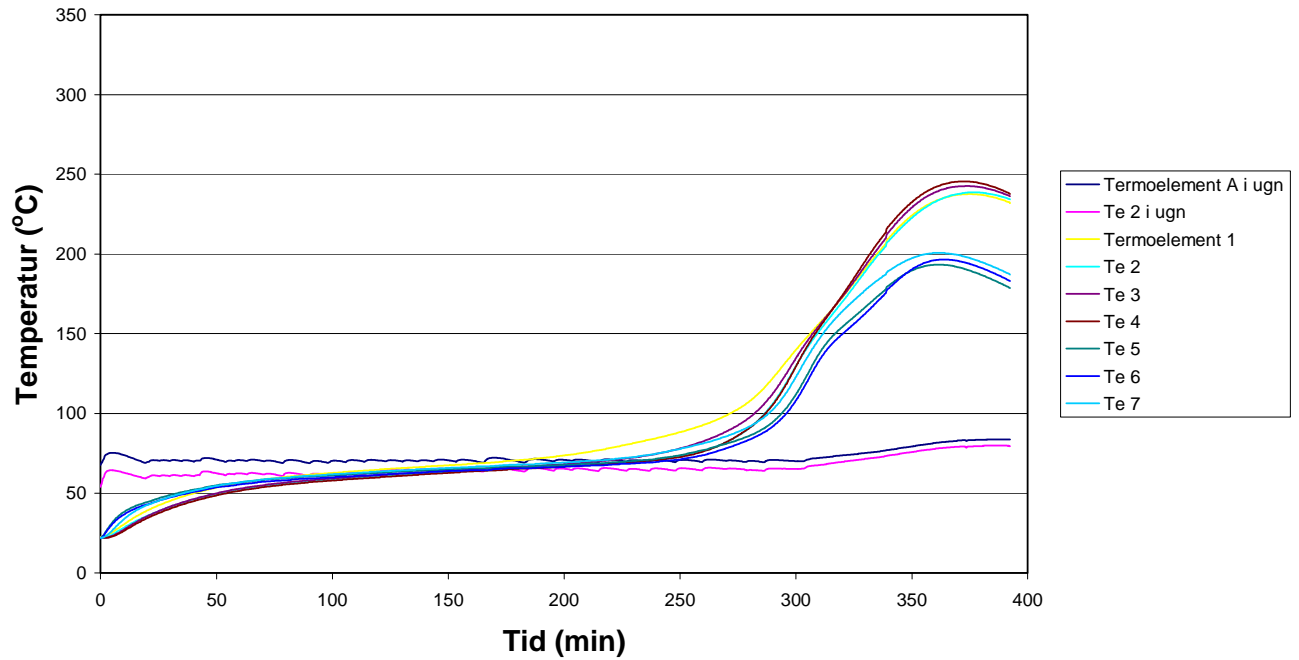
Linolja 90 °C, försök 1



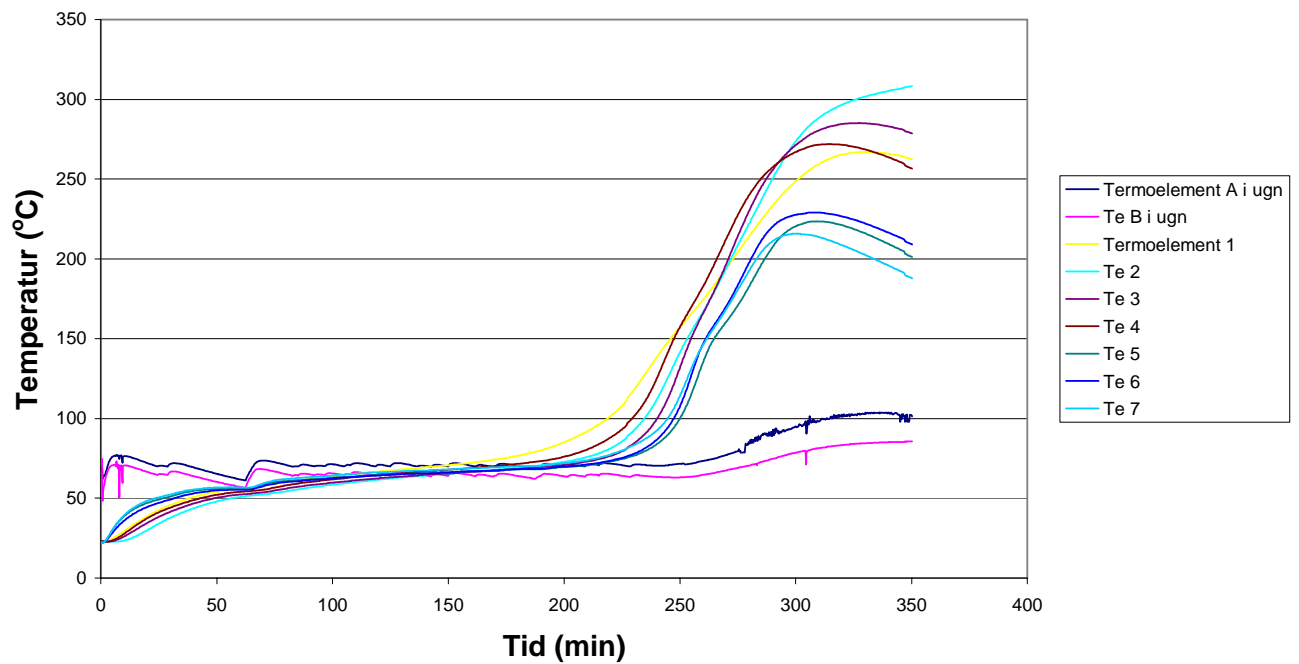
Linolja 90 °C, försök 2



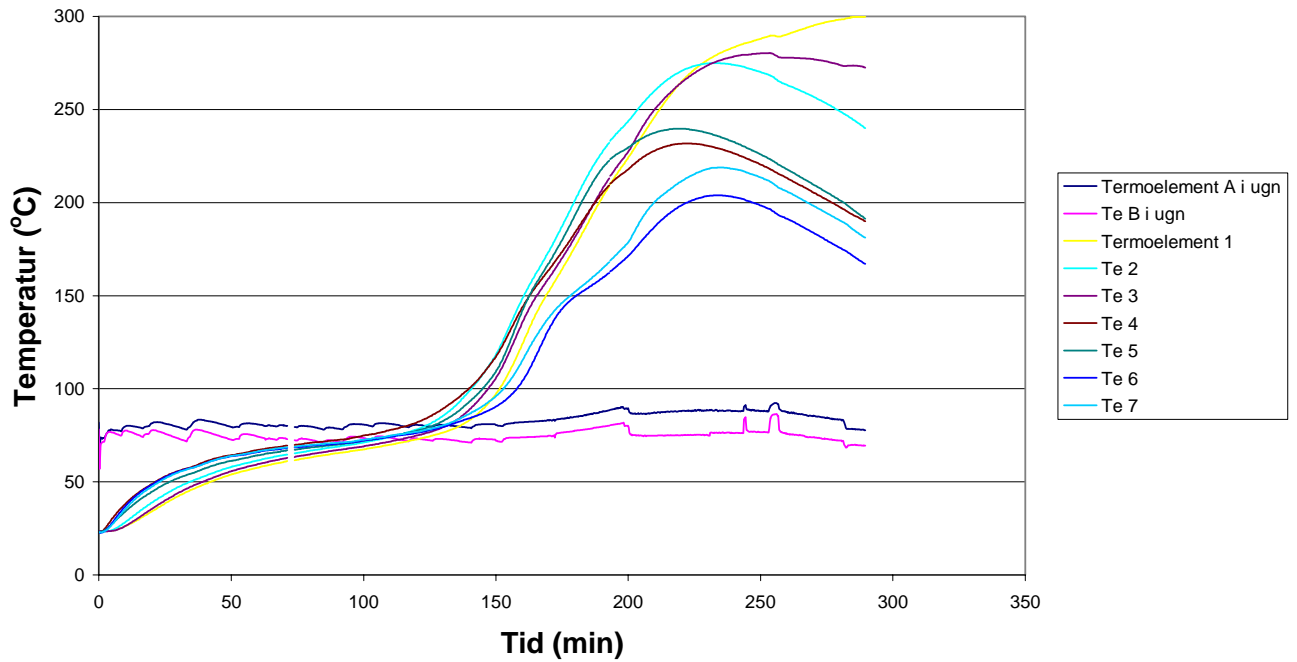
Kinesisk träolja 70 °C, försök 1



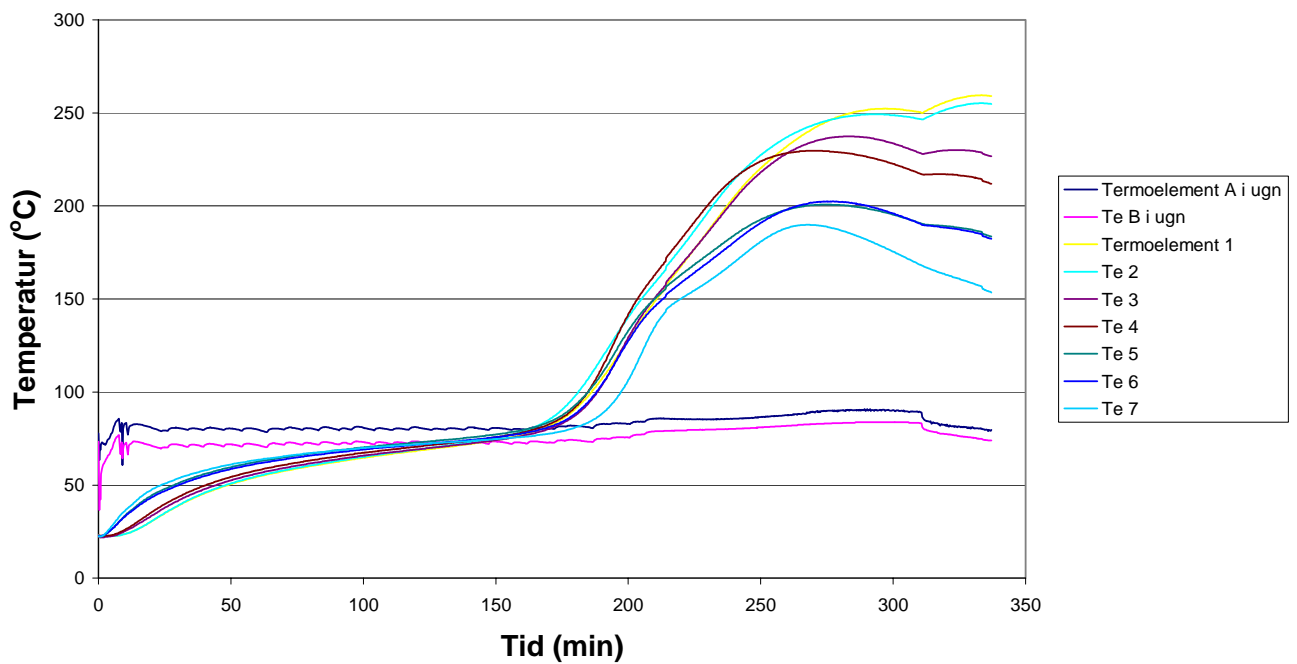
Kinesisk träolja 70 °C, försök 2



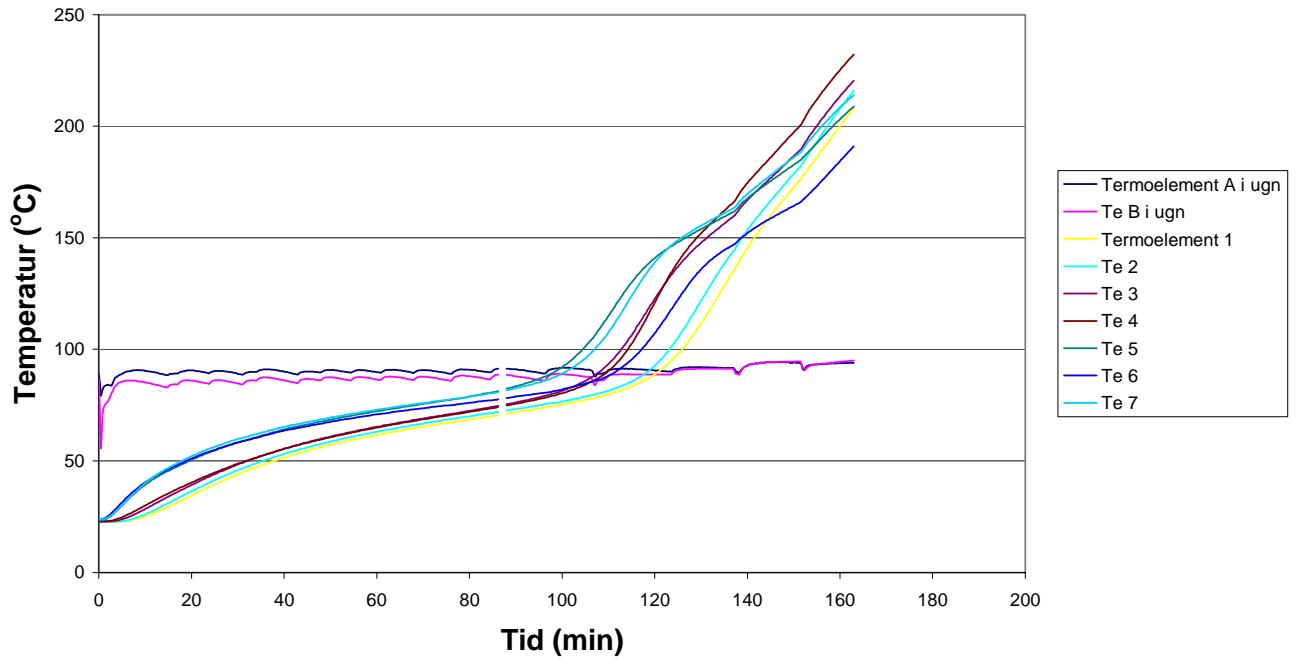
Kinesisk träolja 80 °C, försök 1



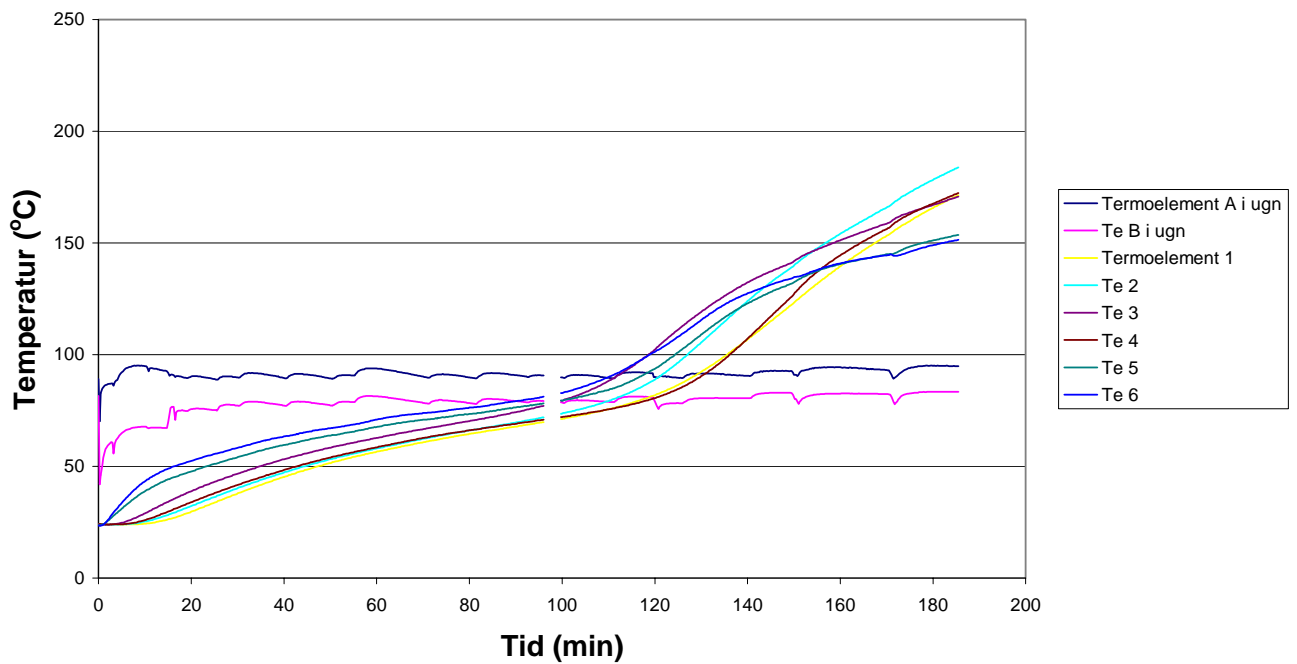
Kinesisk träolja 80 °C, försök 2



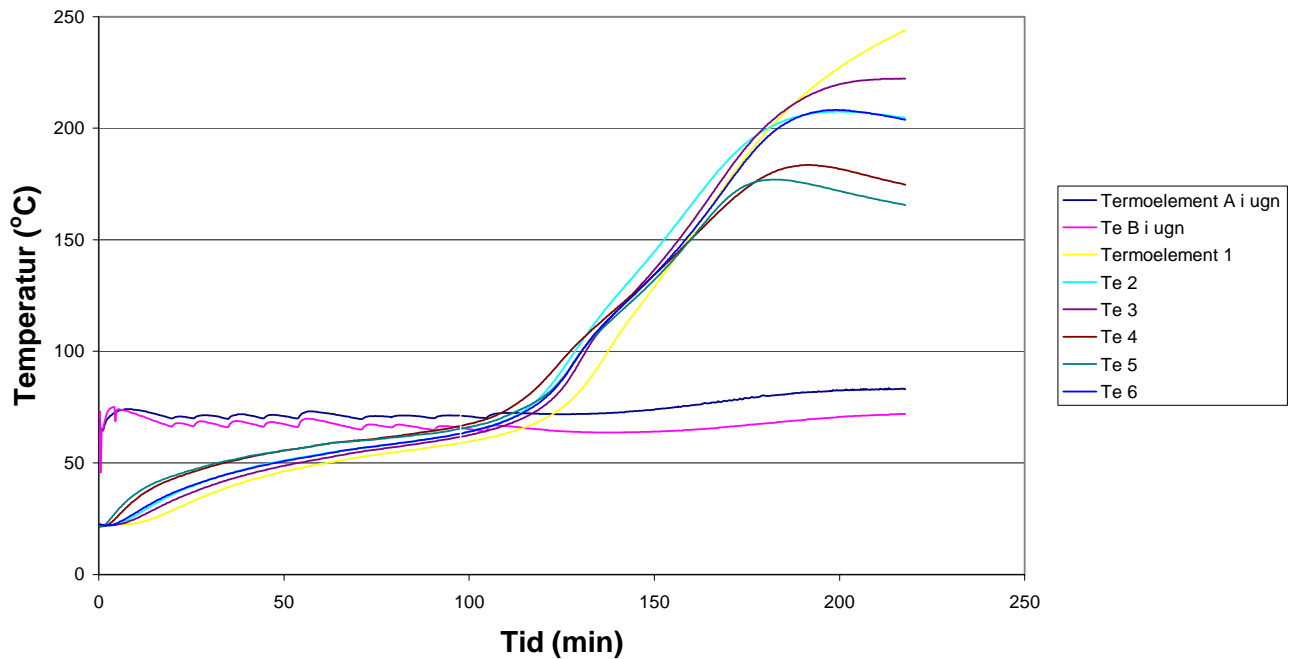
Kinesisk träolja 90 °C, försök 1



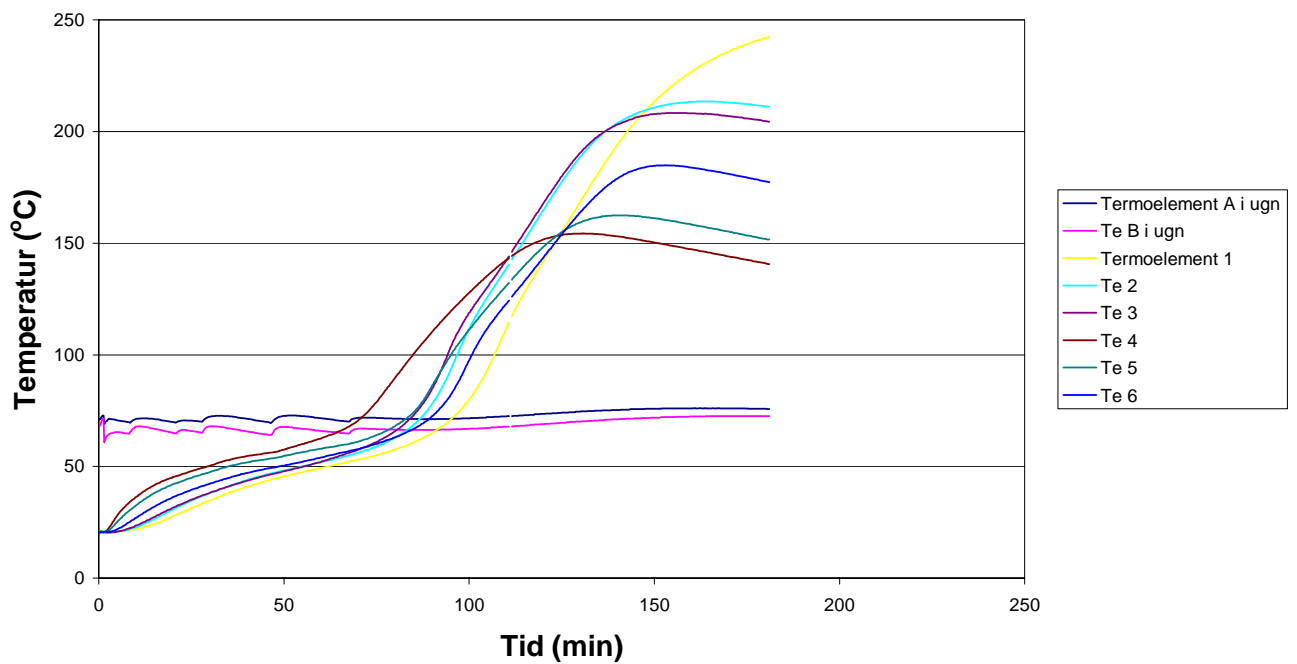
Kinesisk träolja 90 °C, försök 2



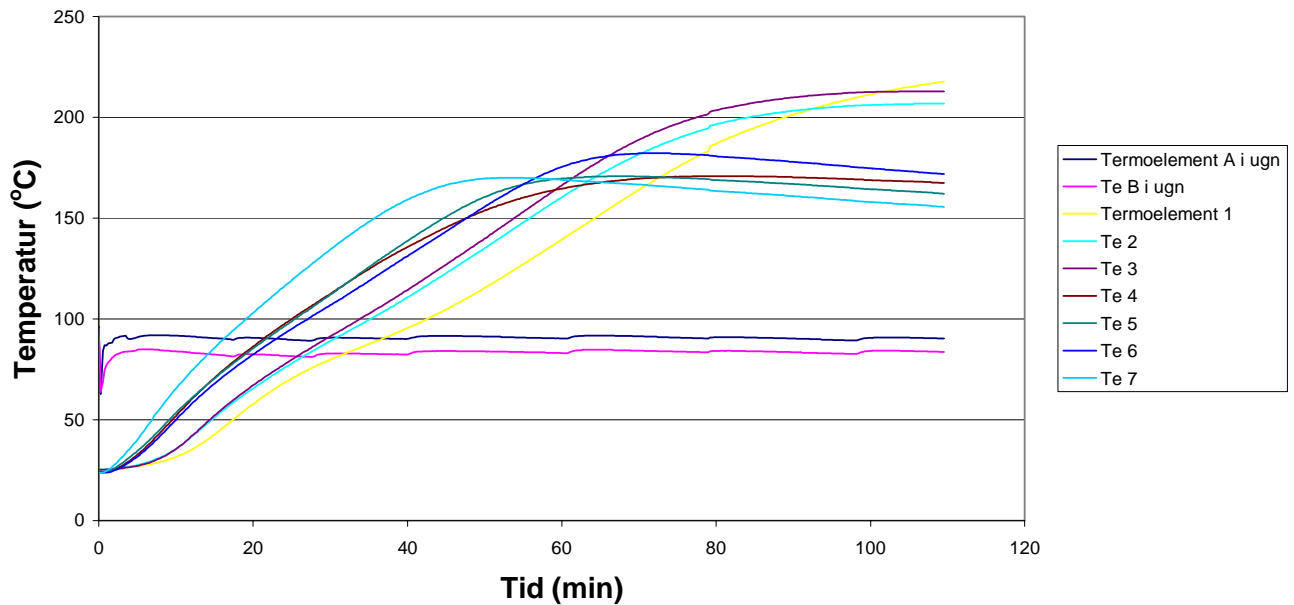
Linolja med tillsatt sickativ 70 °C, försök 1



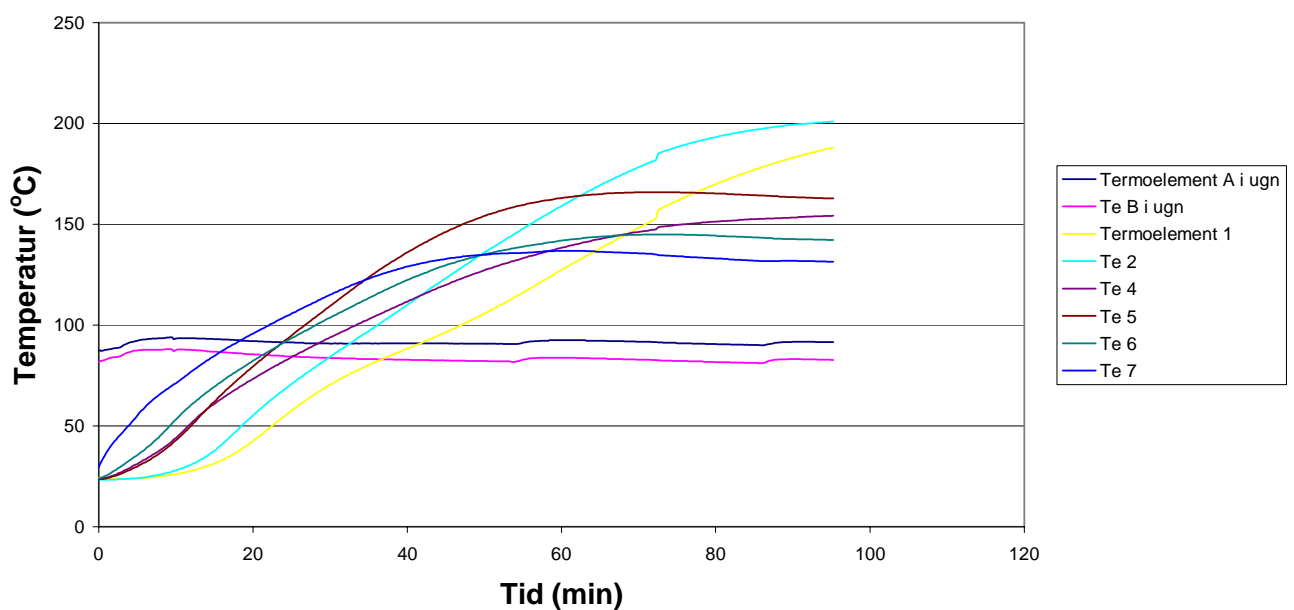
Linolja med tillsatt sickativ 70 °C, försök 2



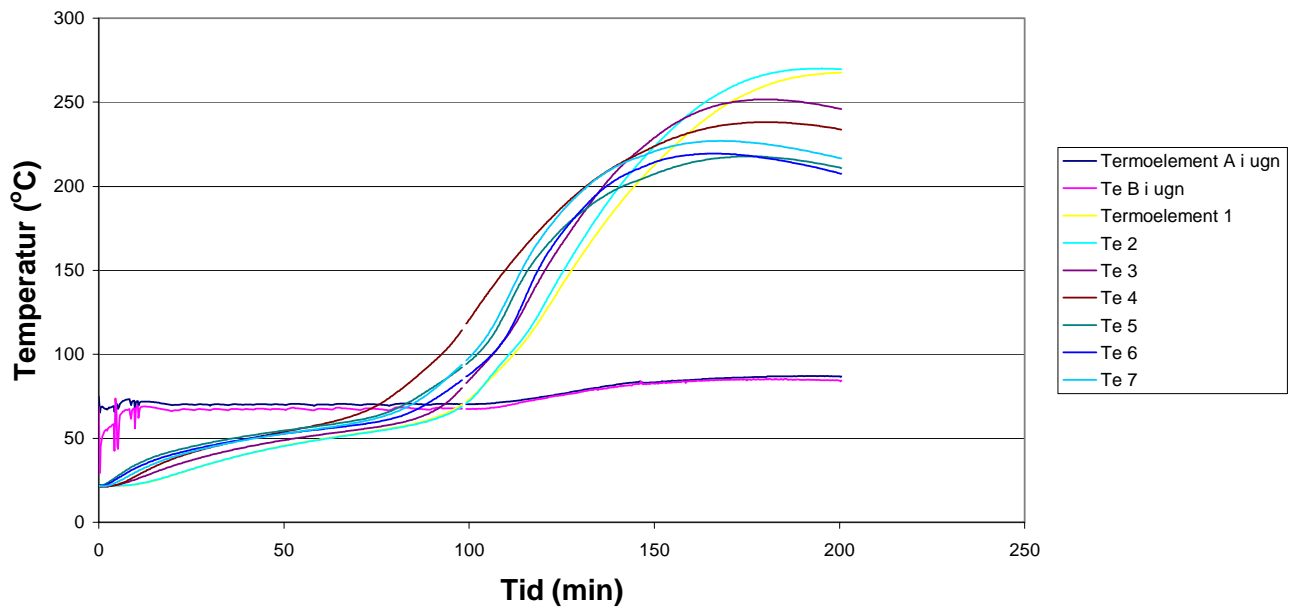
Linolja med tillsatt sickativ 90 °C, försök 1



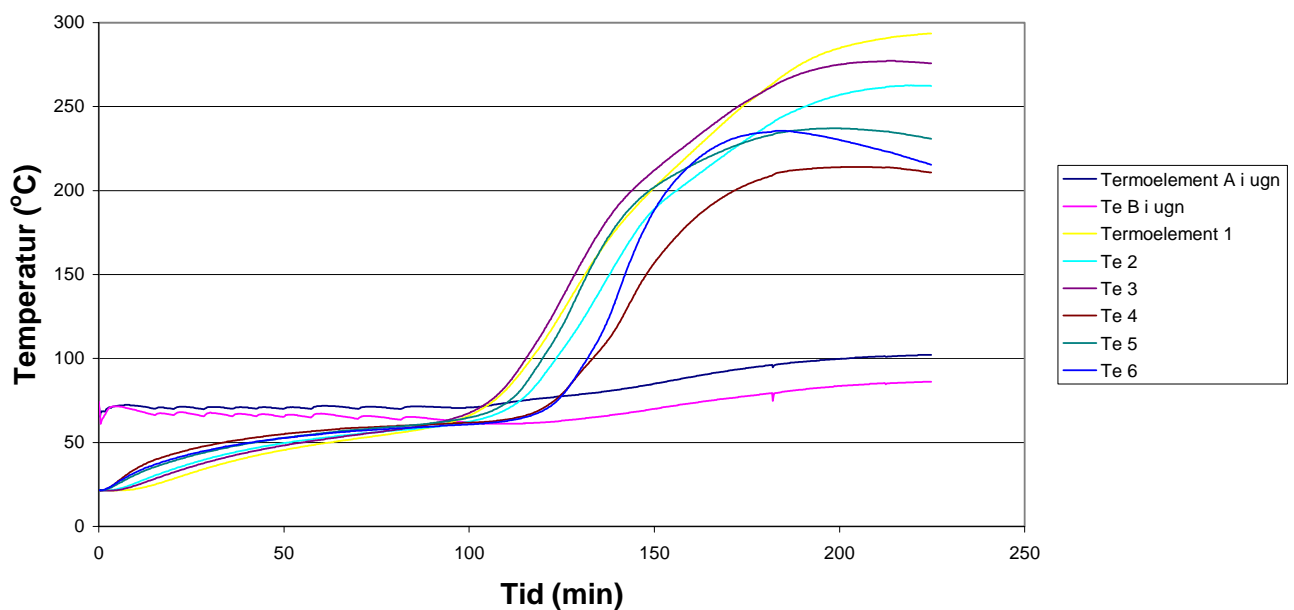
Linolja med tillsatt sickativ 90 °C, försök 2



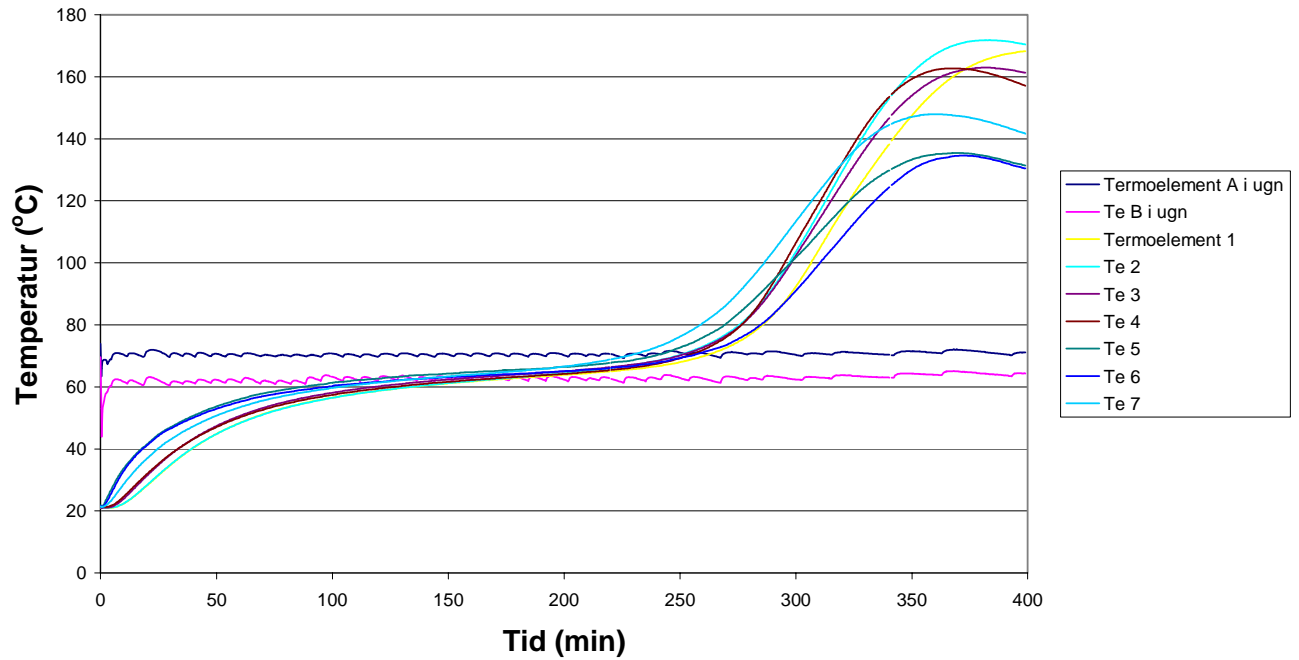
Kinesisk träolja med tillsatt sickativ 70 °C, försök 1



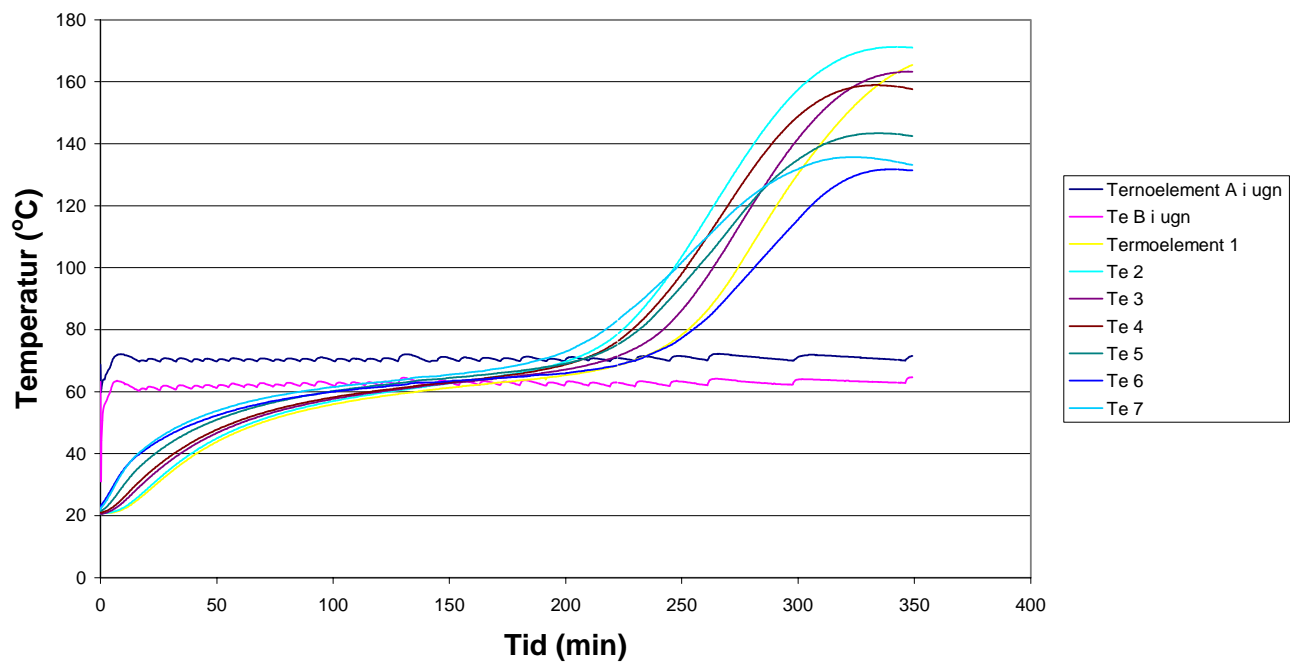
Kinesisk träolja med tillsatt sickativ 70 °C, försök 2



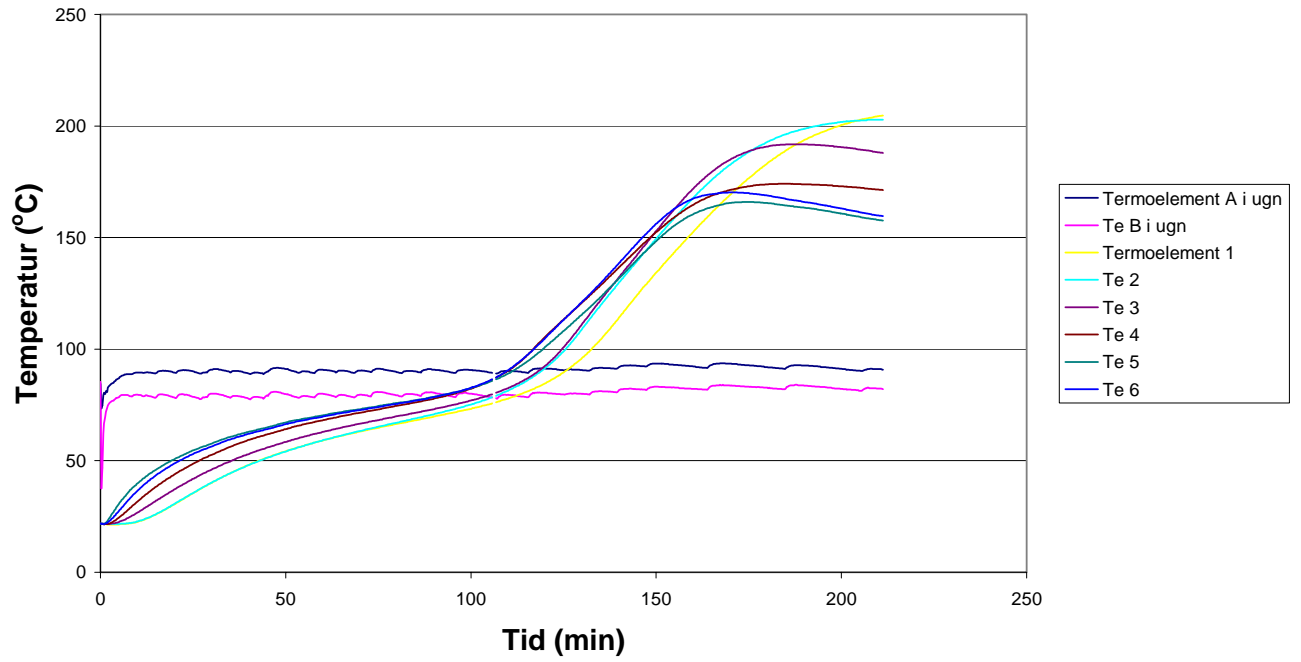
Linoljeblandning 70 °C, försök 1



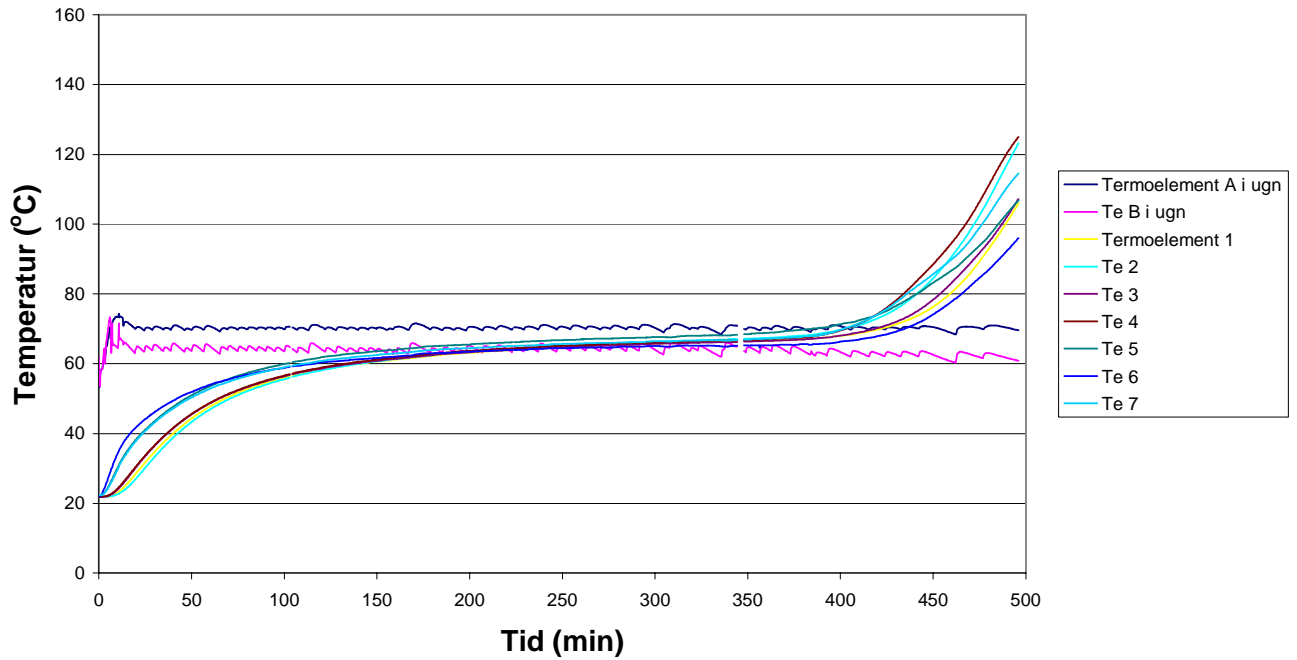
Linoljeblandning 70 °C, försök 2



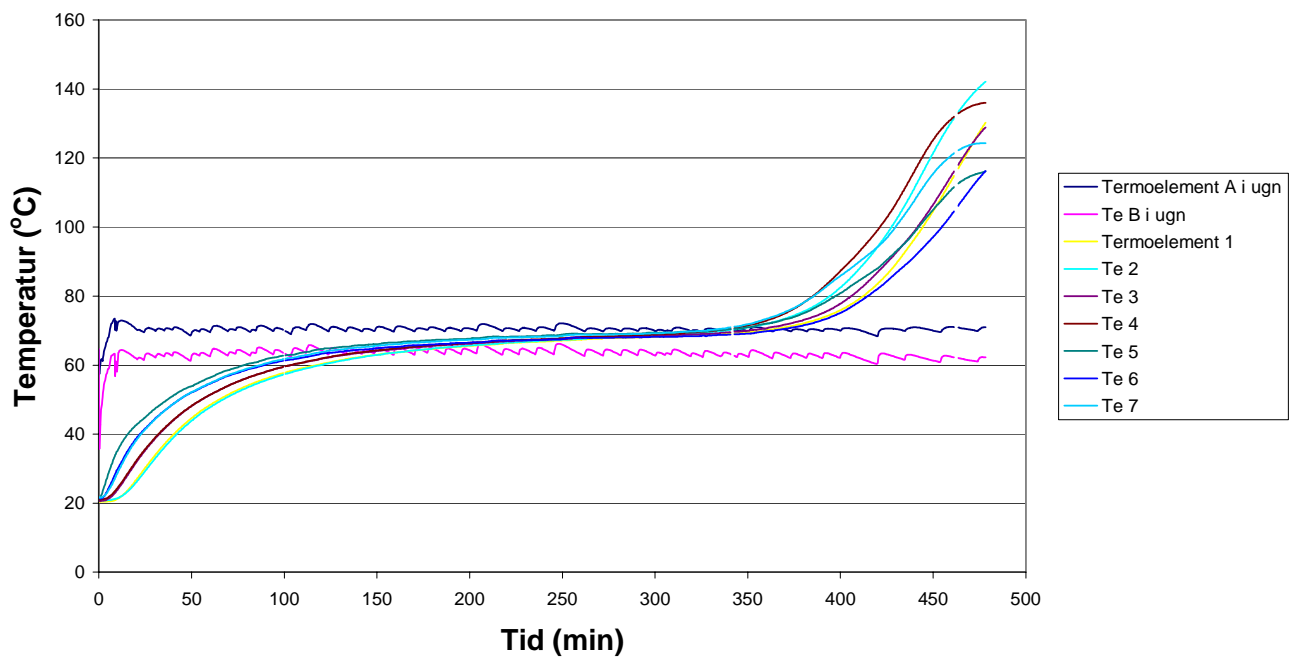
Linoljeblandning 90 °C, försök 1



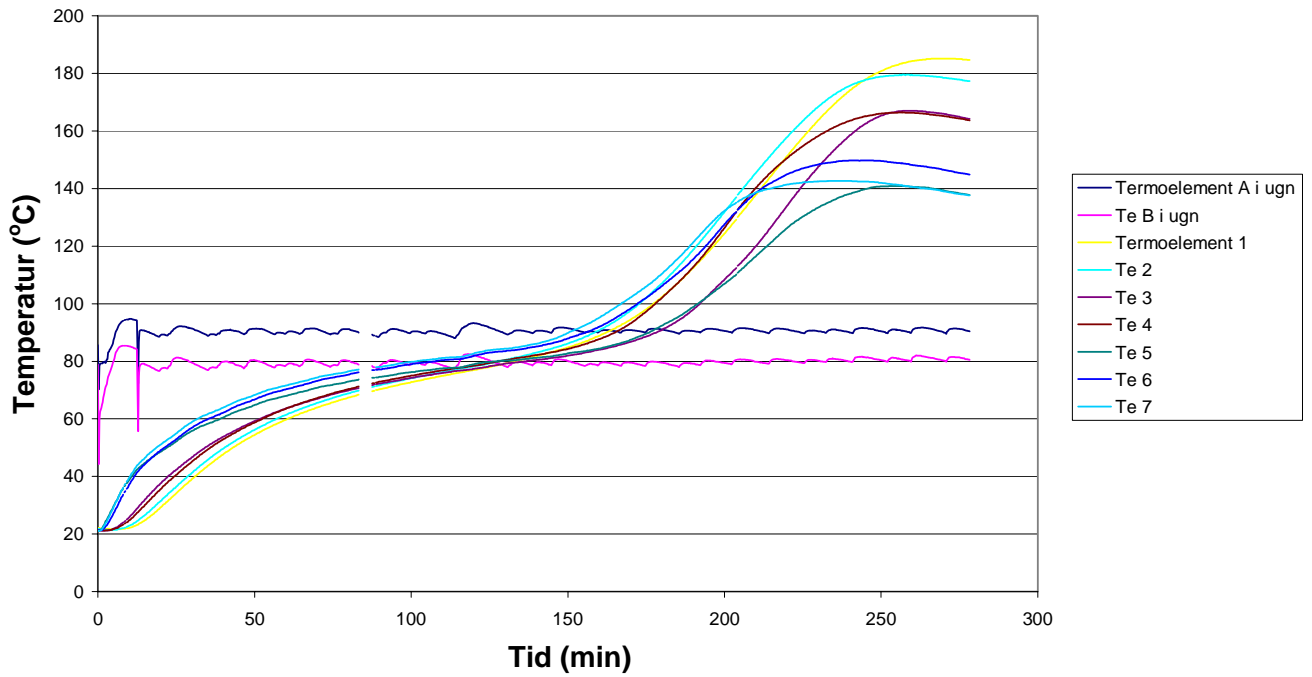
Träolja blandning 70 °C, försök 1



Träolja blandning 70 °C, försök 2

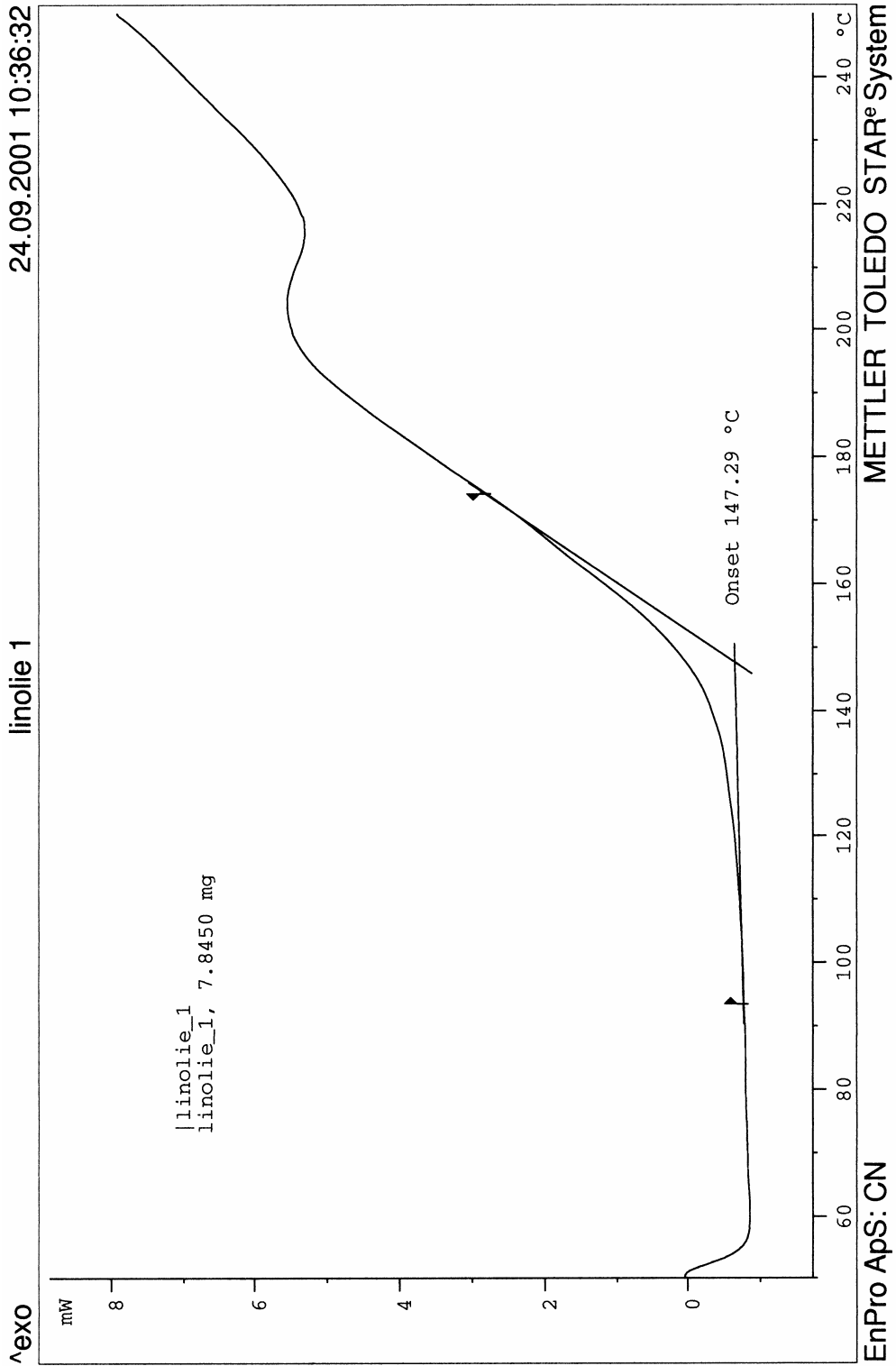


Träolja blandning 90 °C, försök 1

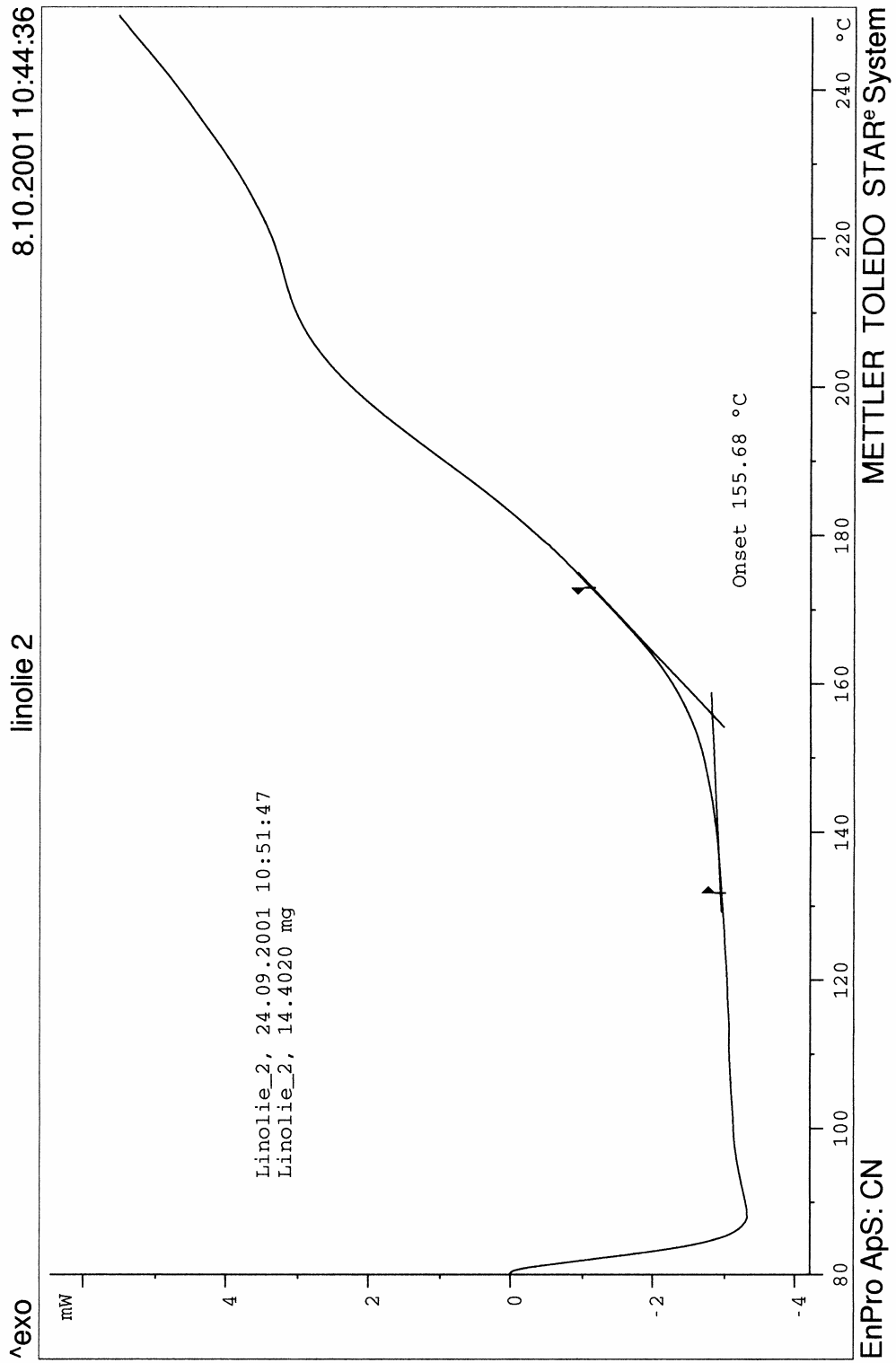


Bilaga D Resultat från försök i DSC-apparatur

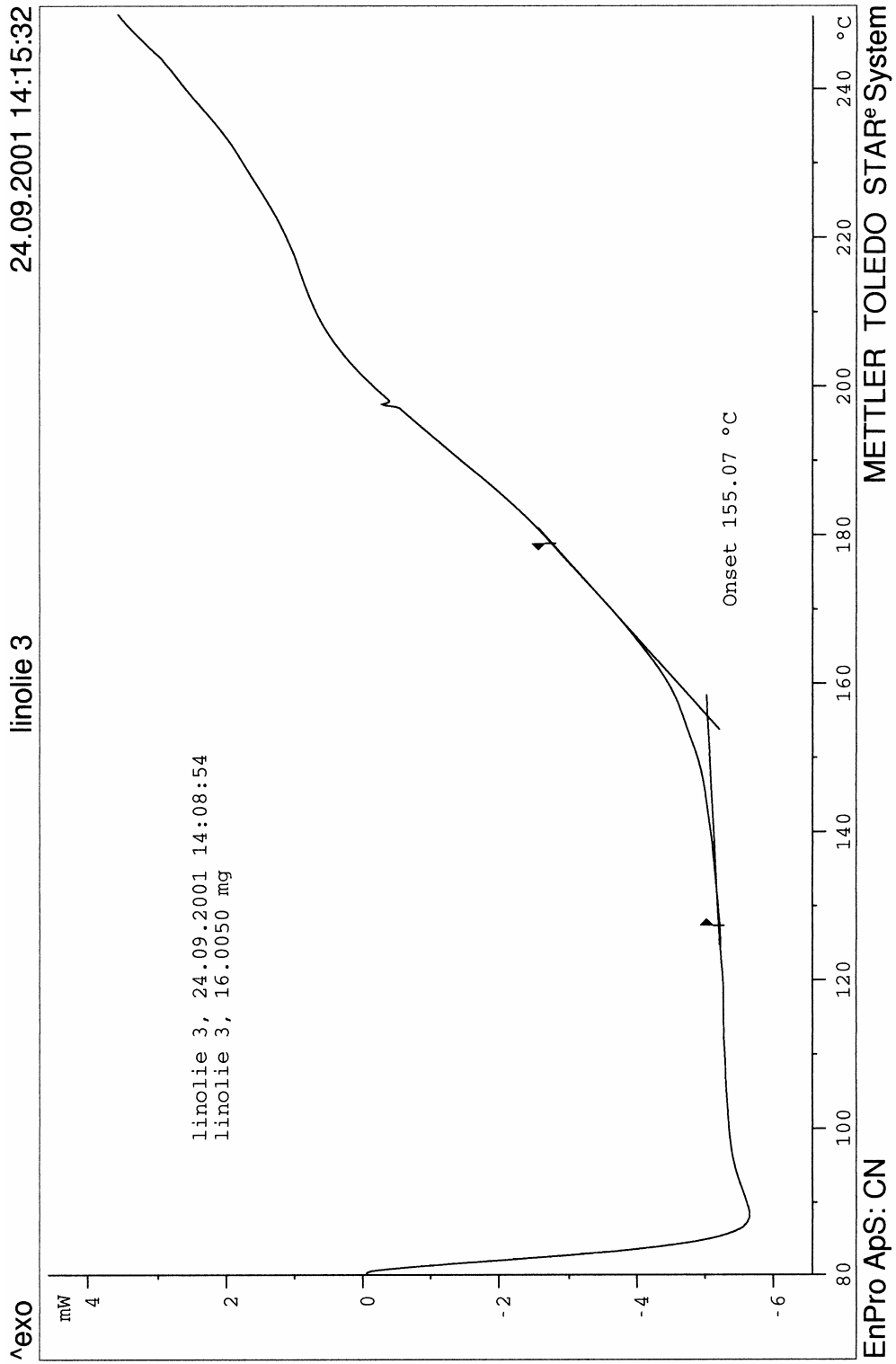
Linolja försök 1



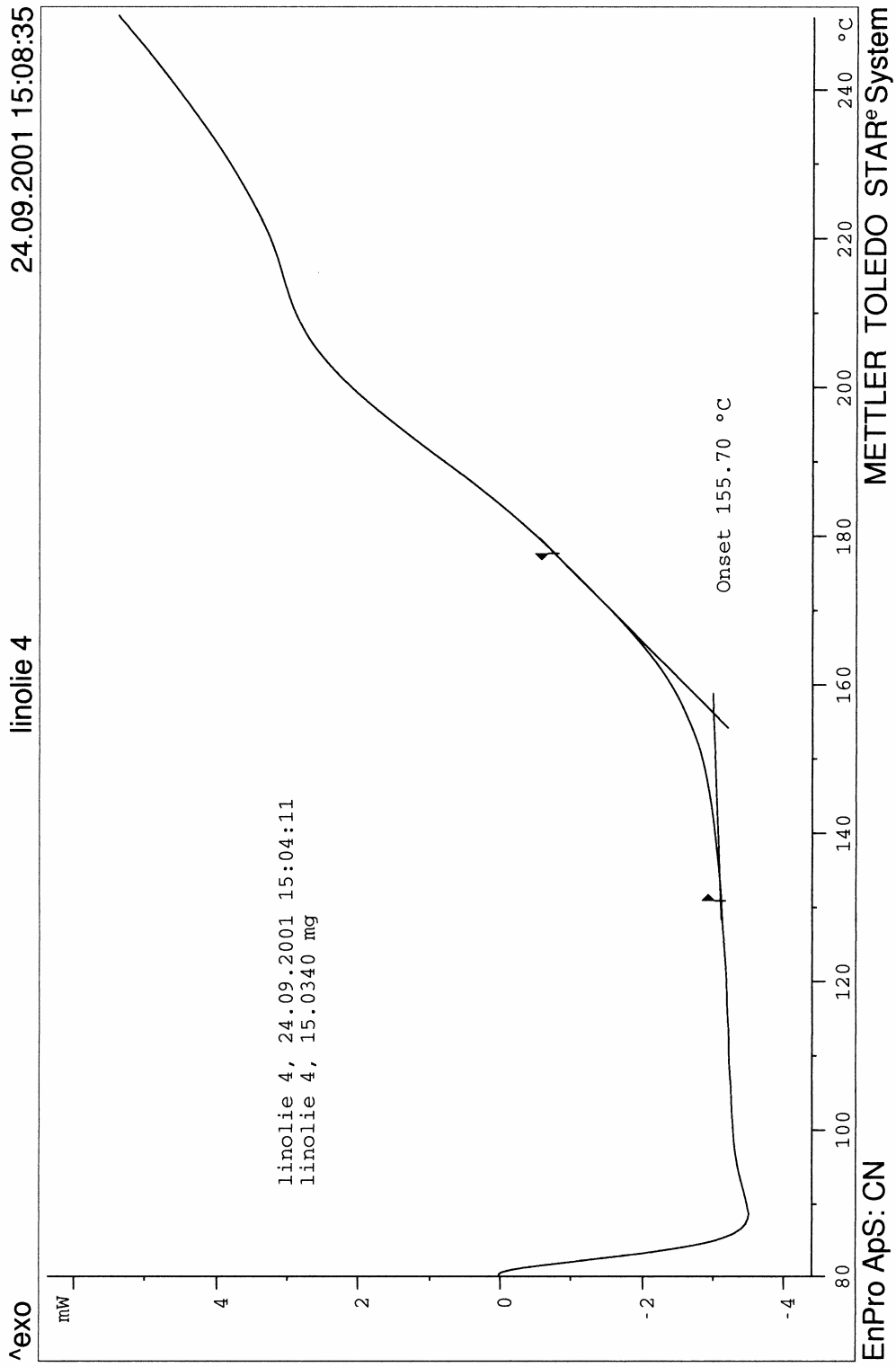
Linolja försök 2



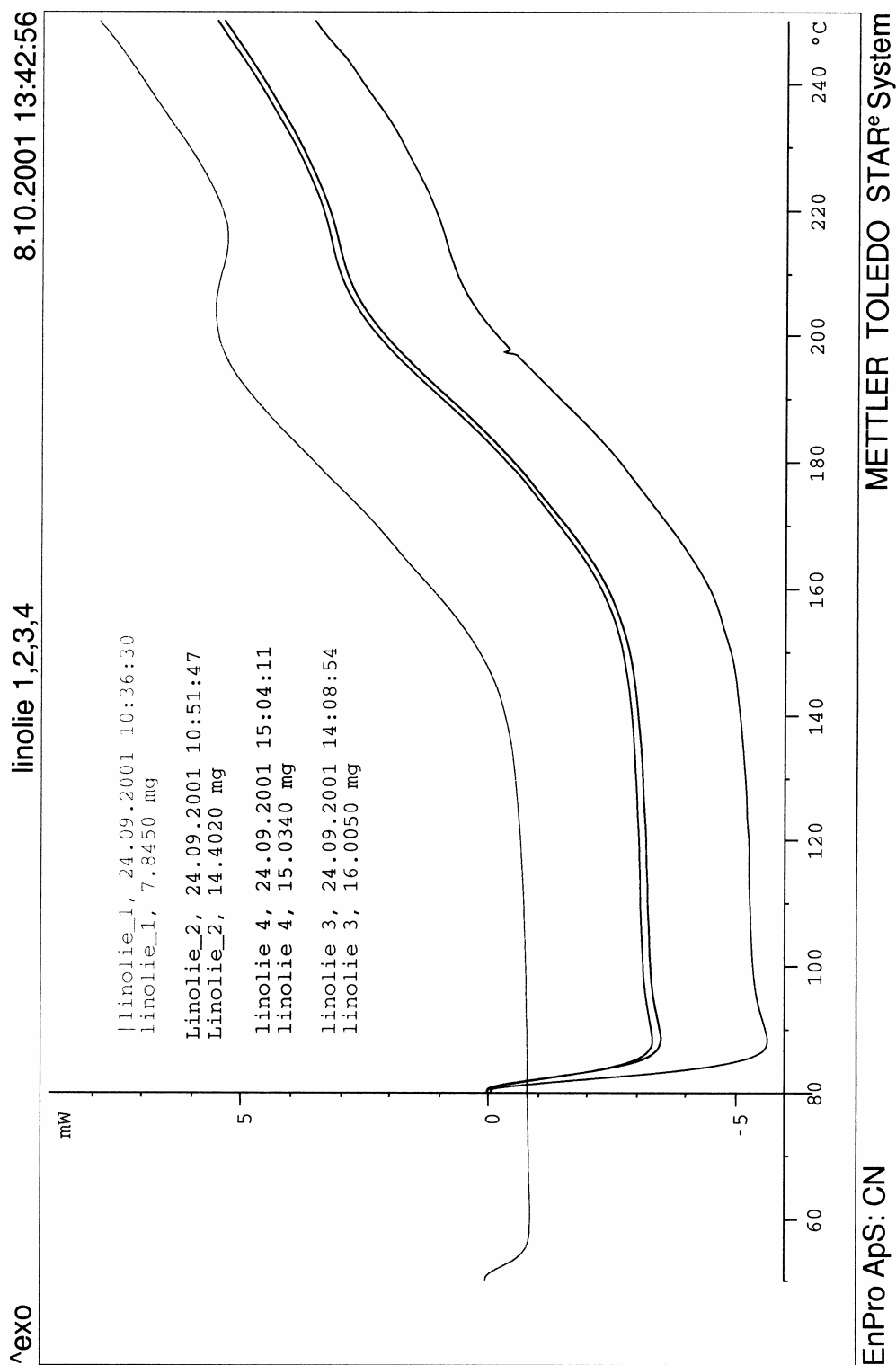
Linolja försök 3



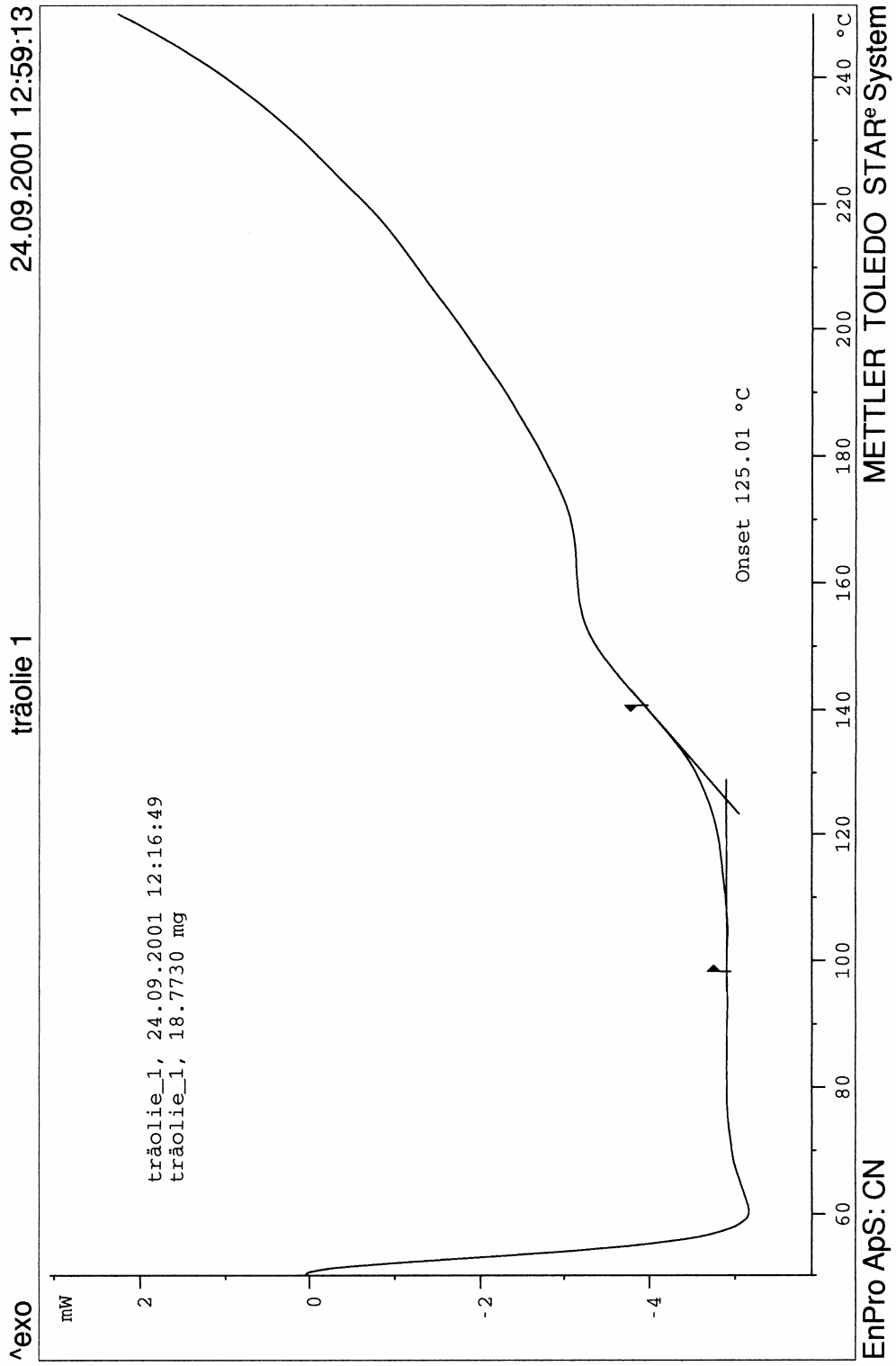
Linolja försök 4



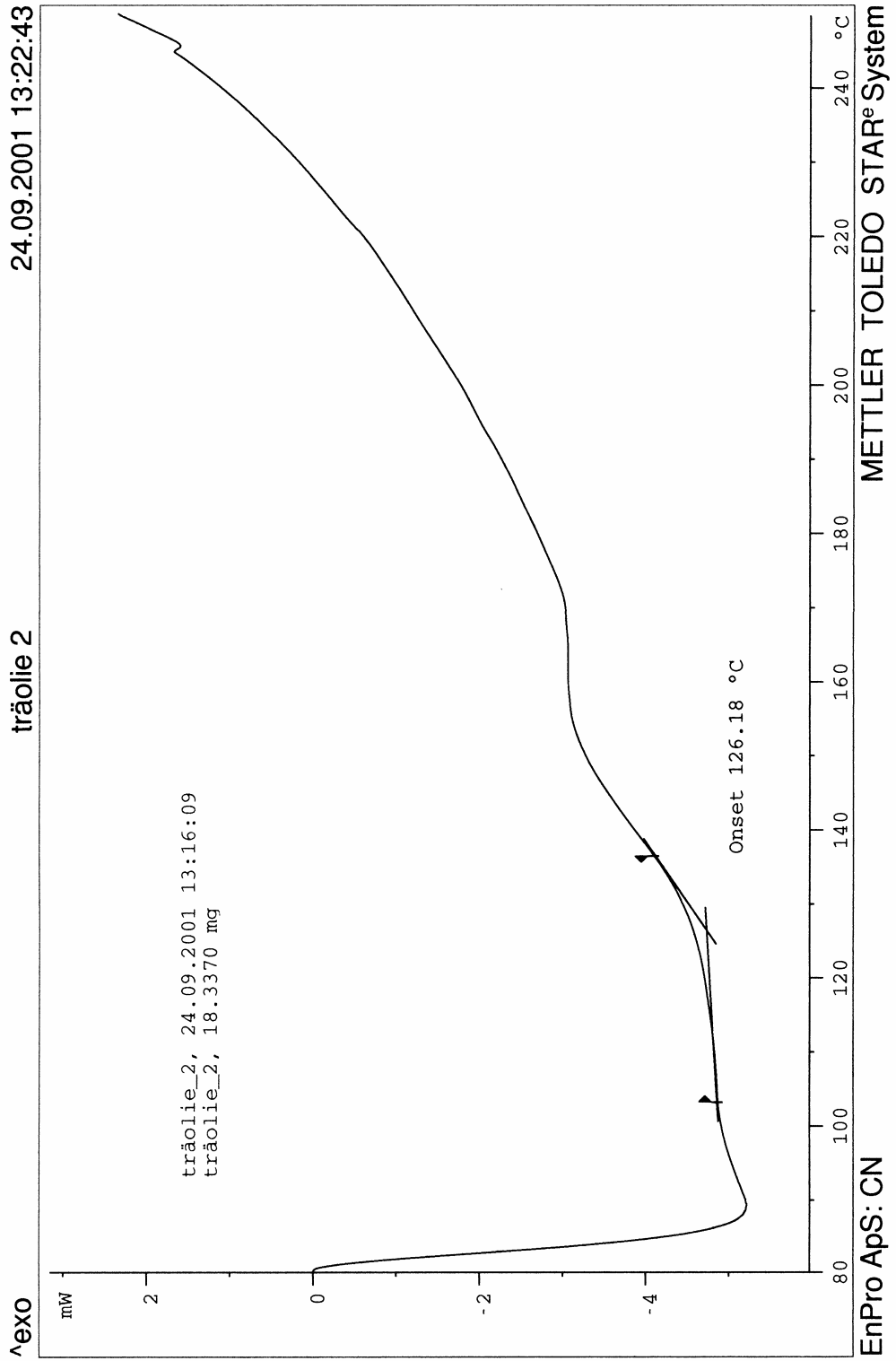
Linolja försök 1,2,3 och 4



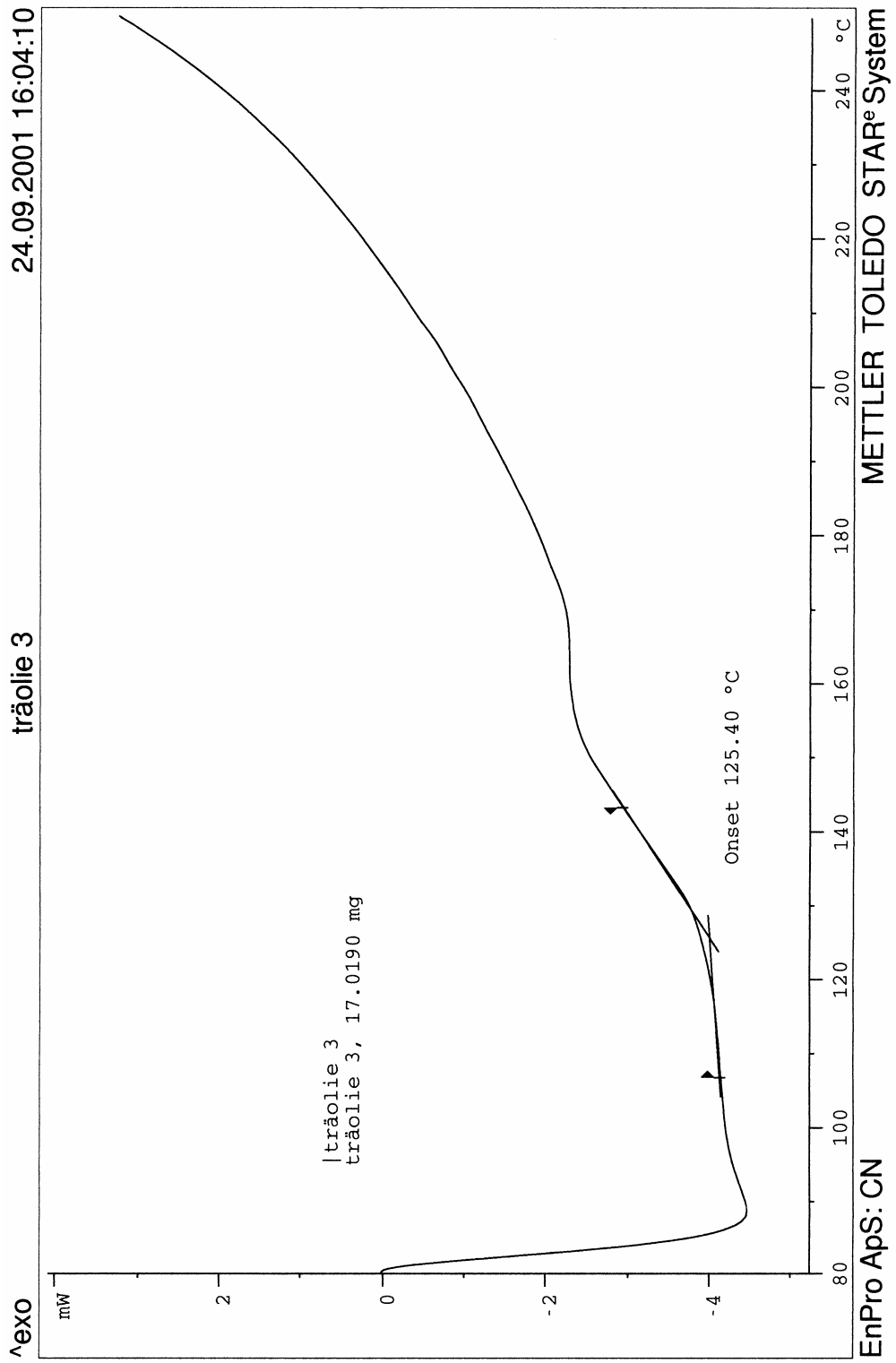
Kinesisk träolja försök 1



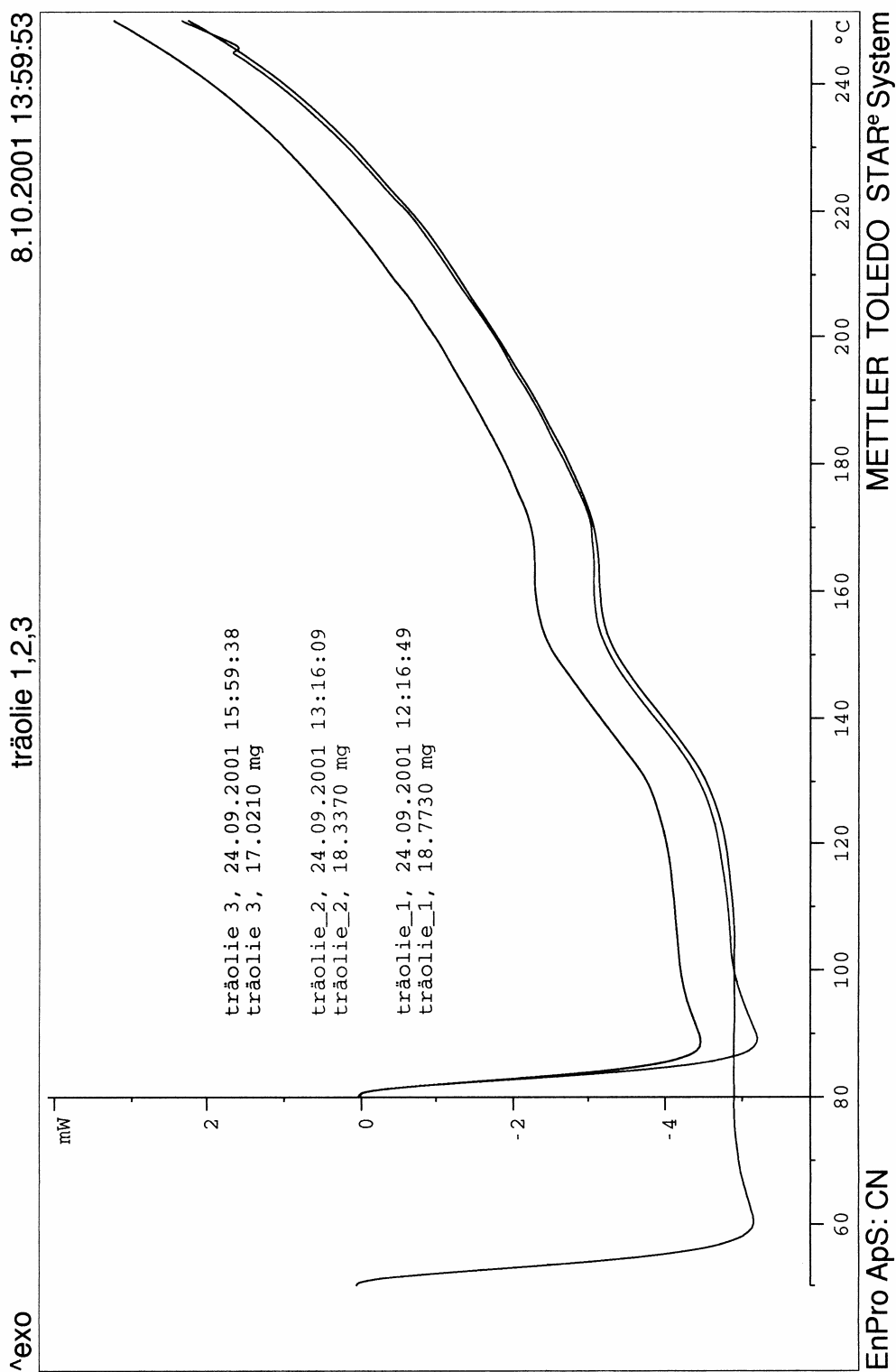
Kinesisk träolja försök 2



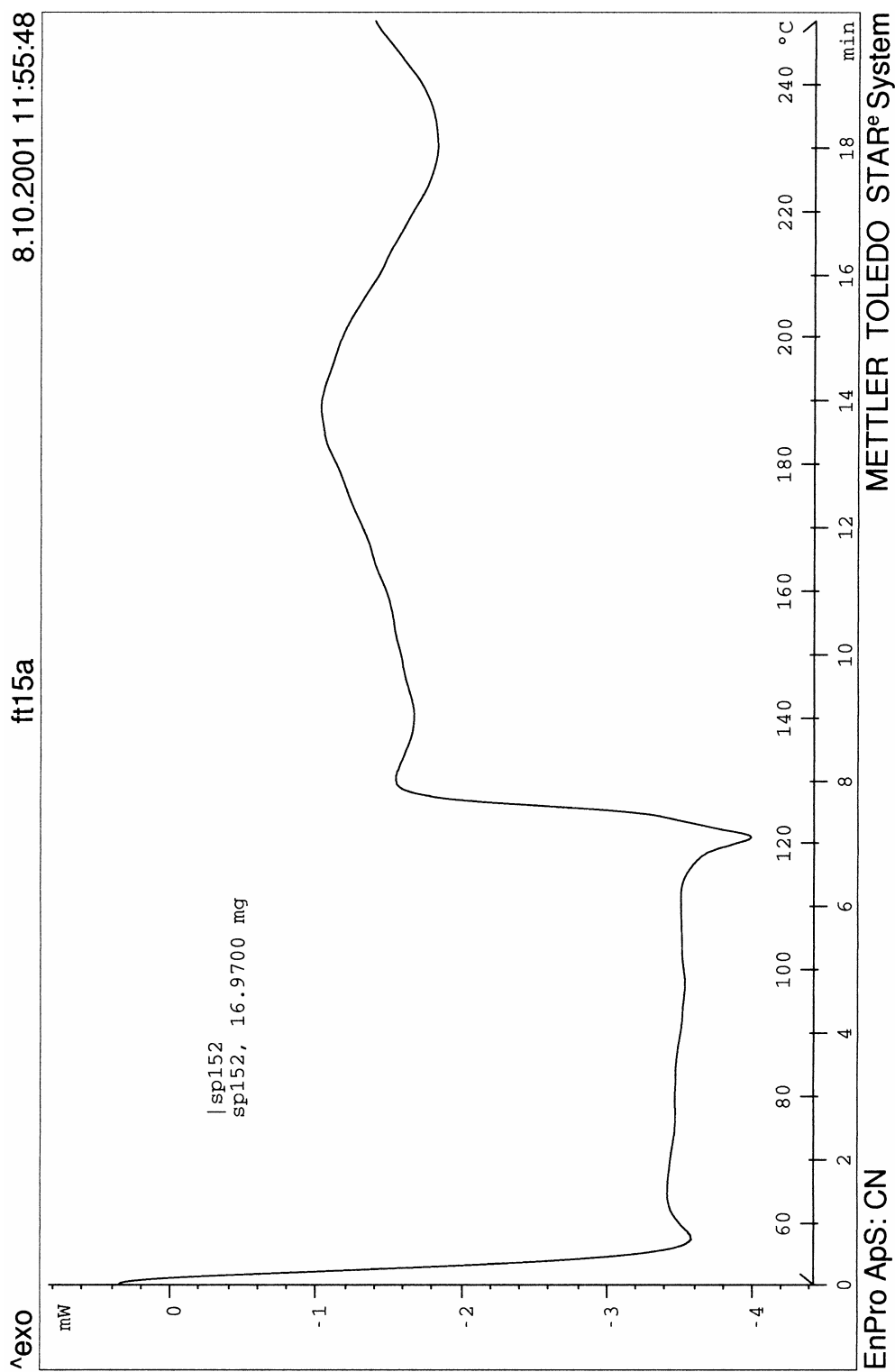
Kinesisk träolja försök 3



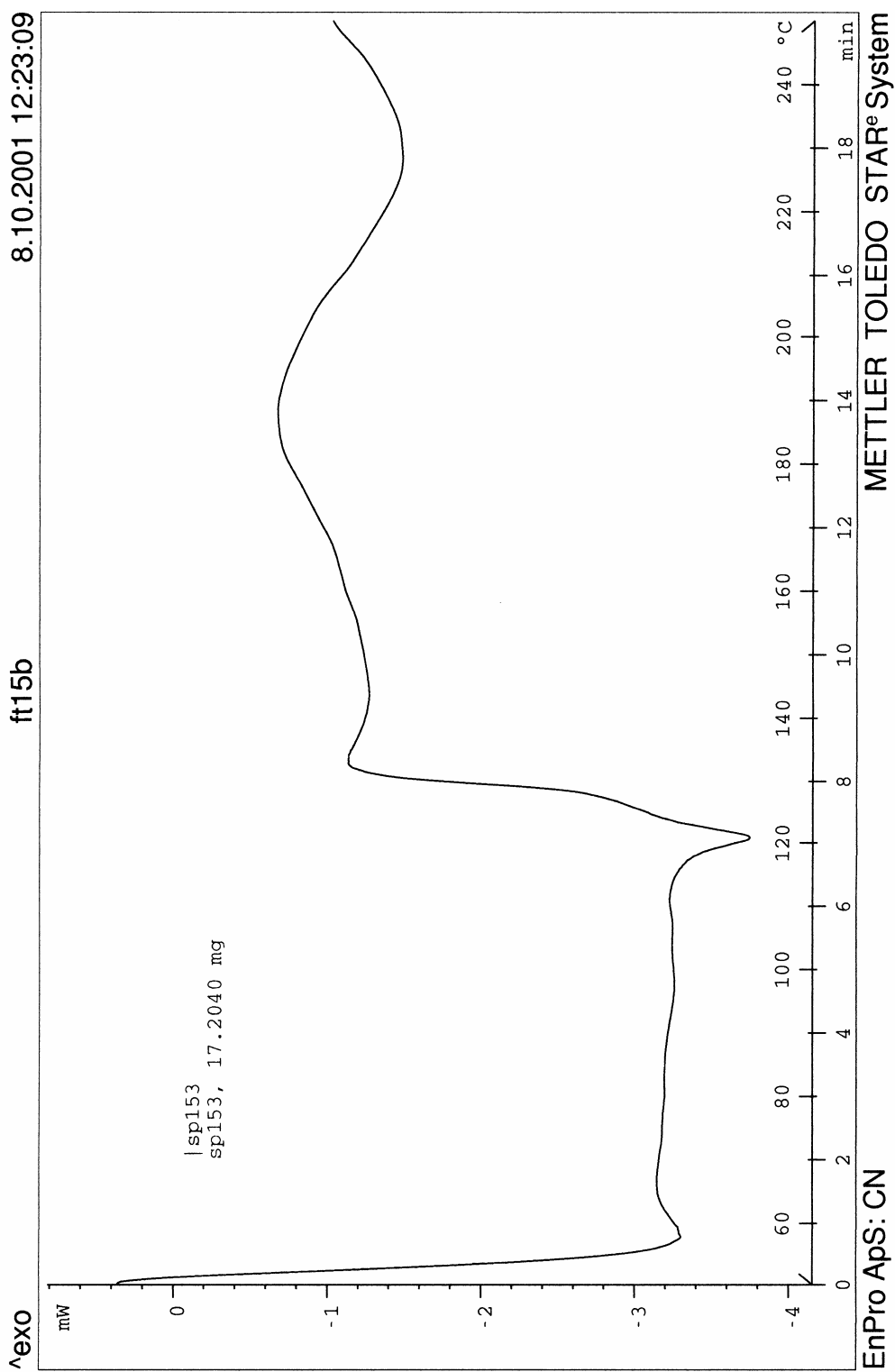
Kinesisk träolja försök 1,2 och 3



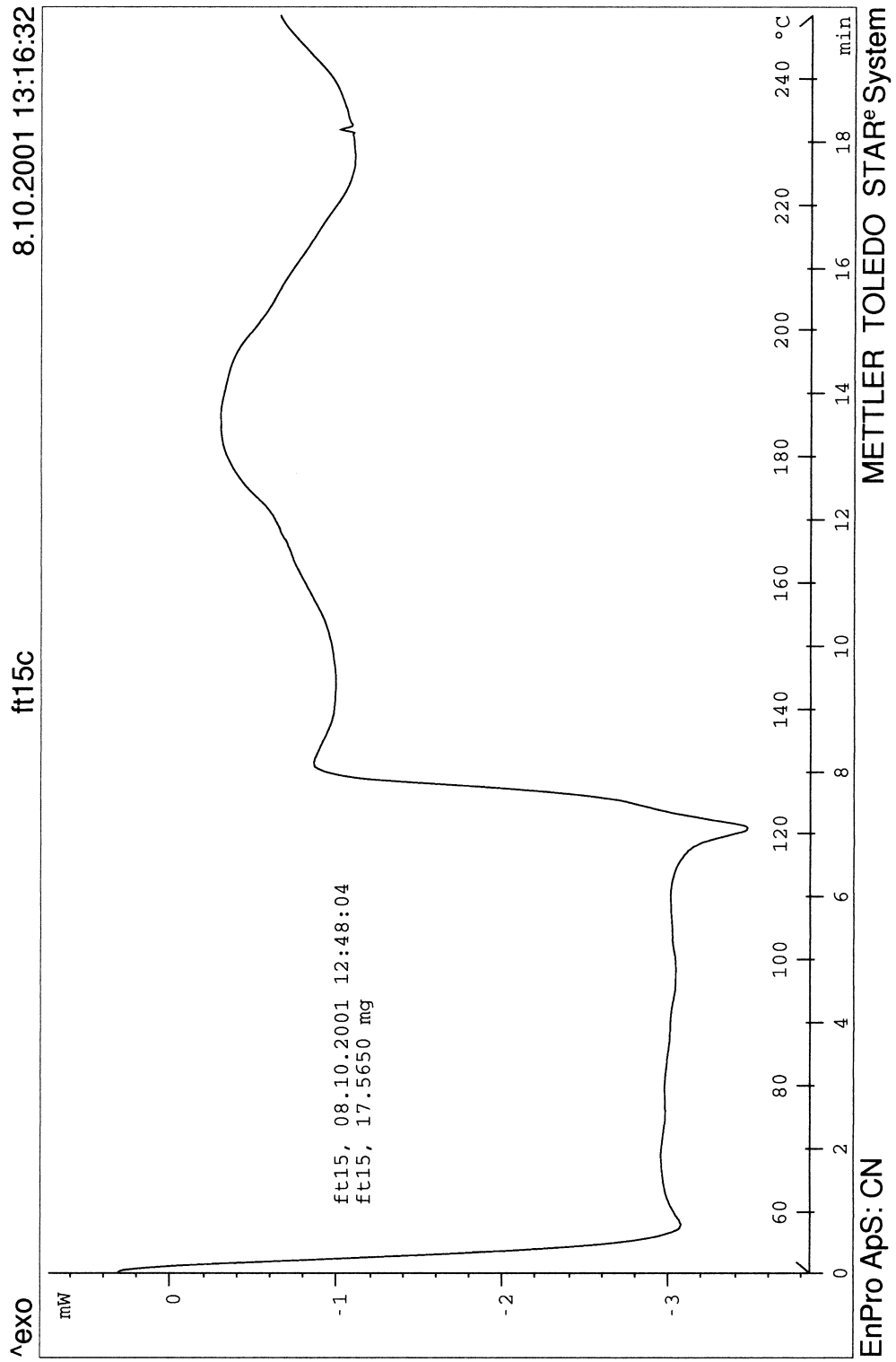
Kommersiell färg, ft15, försök 1



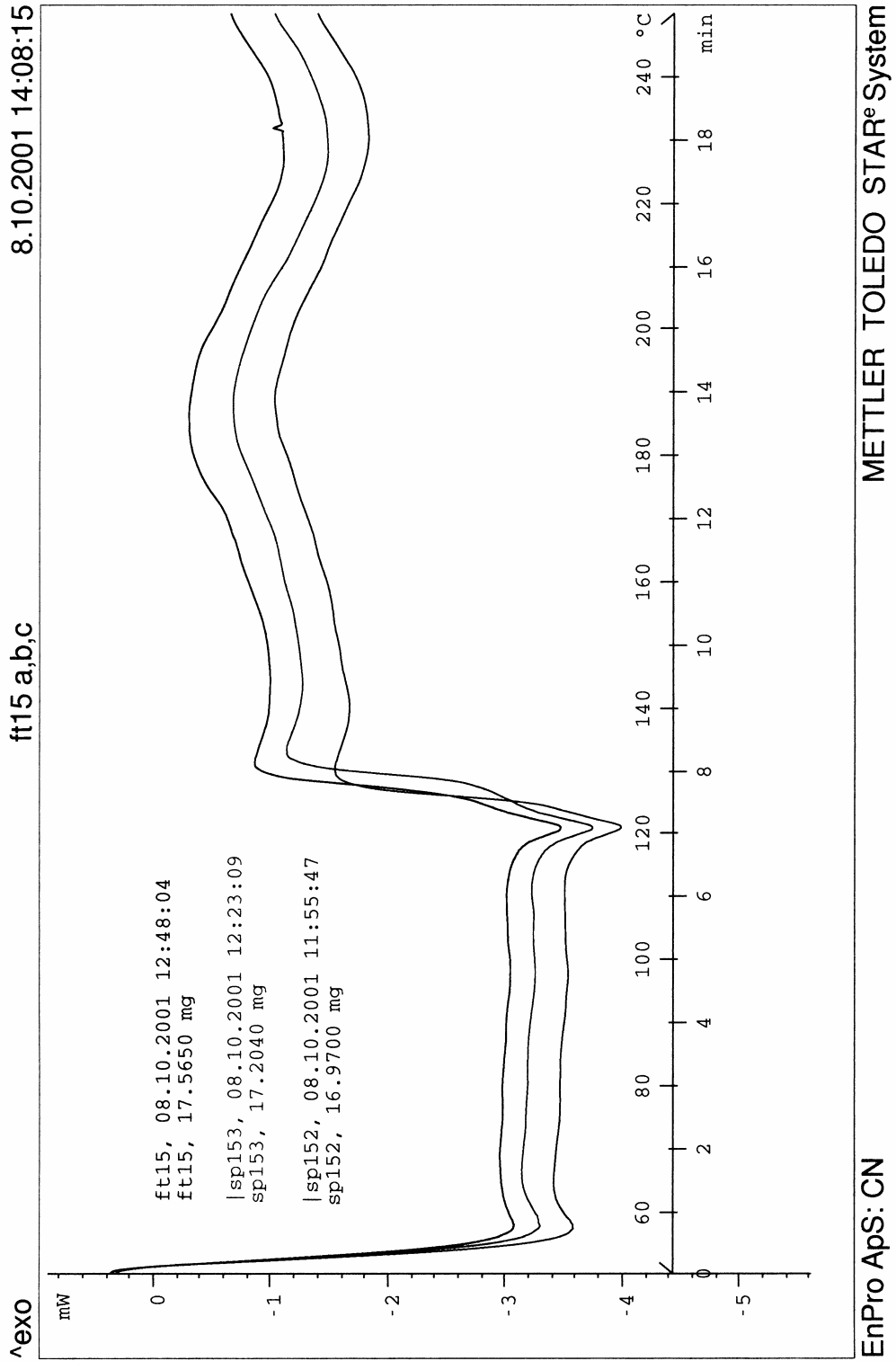
Kommersiell färg, ft15, försök 2



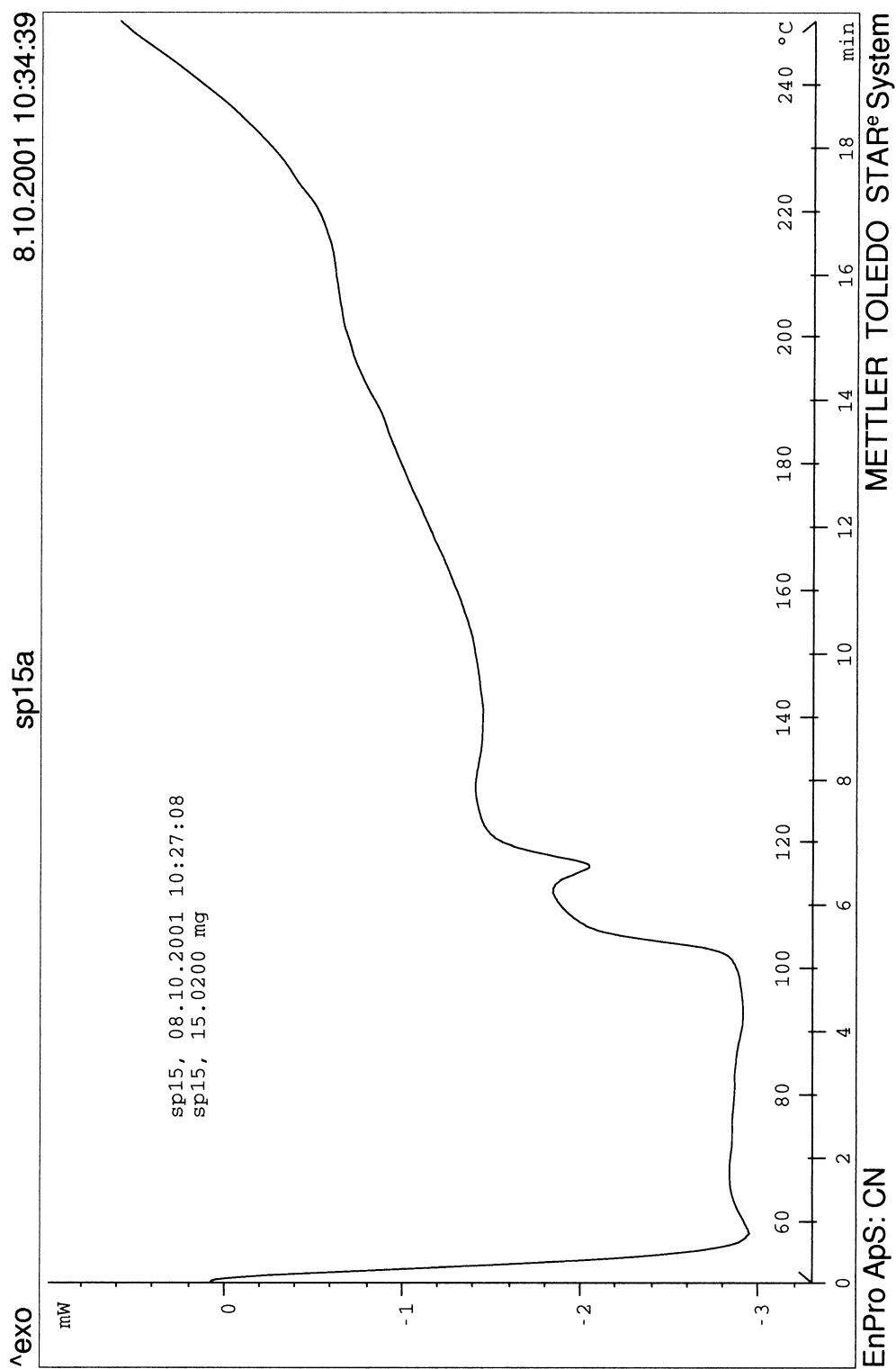
Kommersiell färg, ft15, försök 3



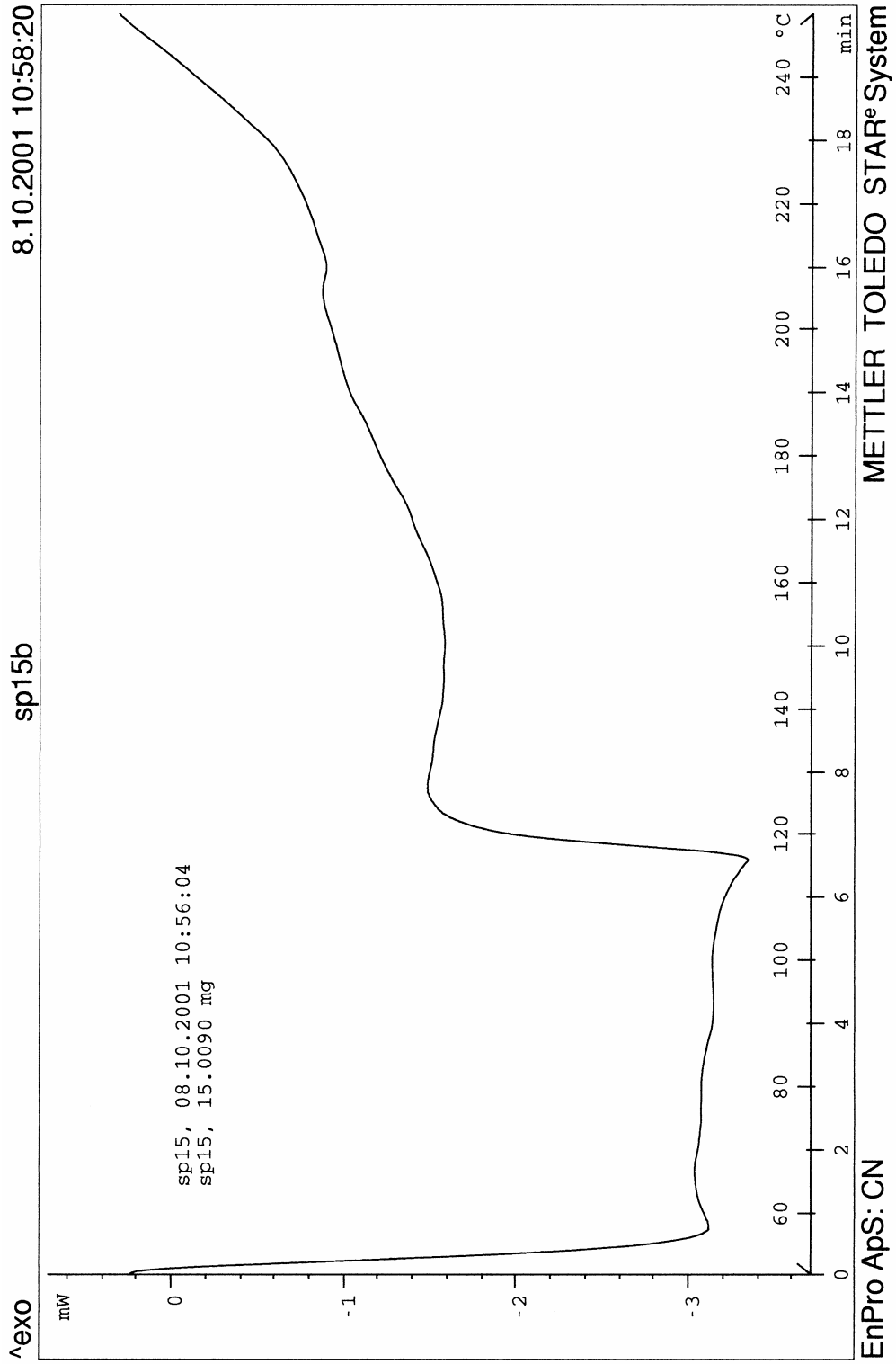
Kommersiell färg, ft15, försök 1,2 och 3



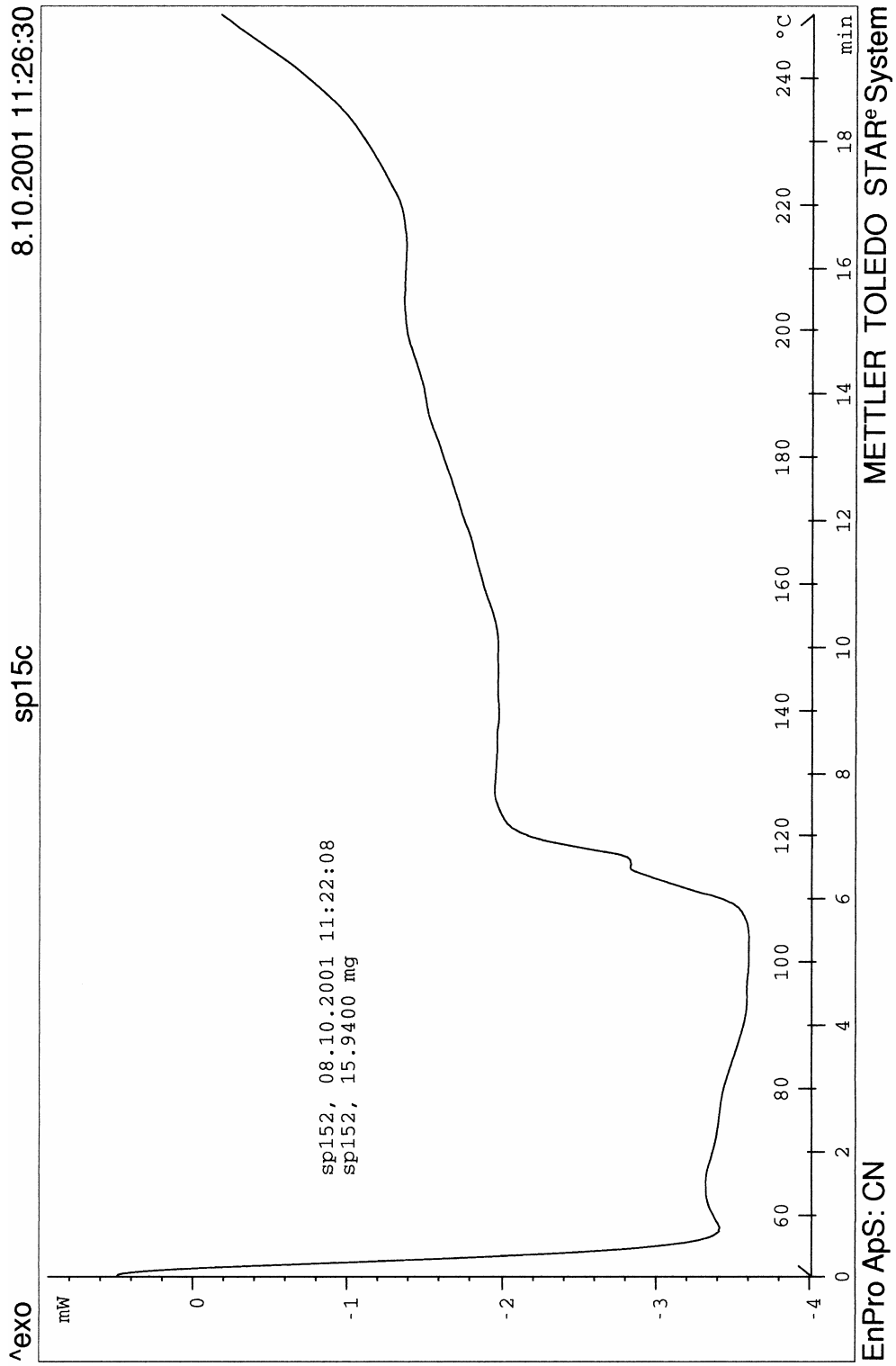
Kommersiell färg, sp15, försök 1



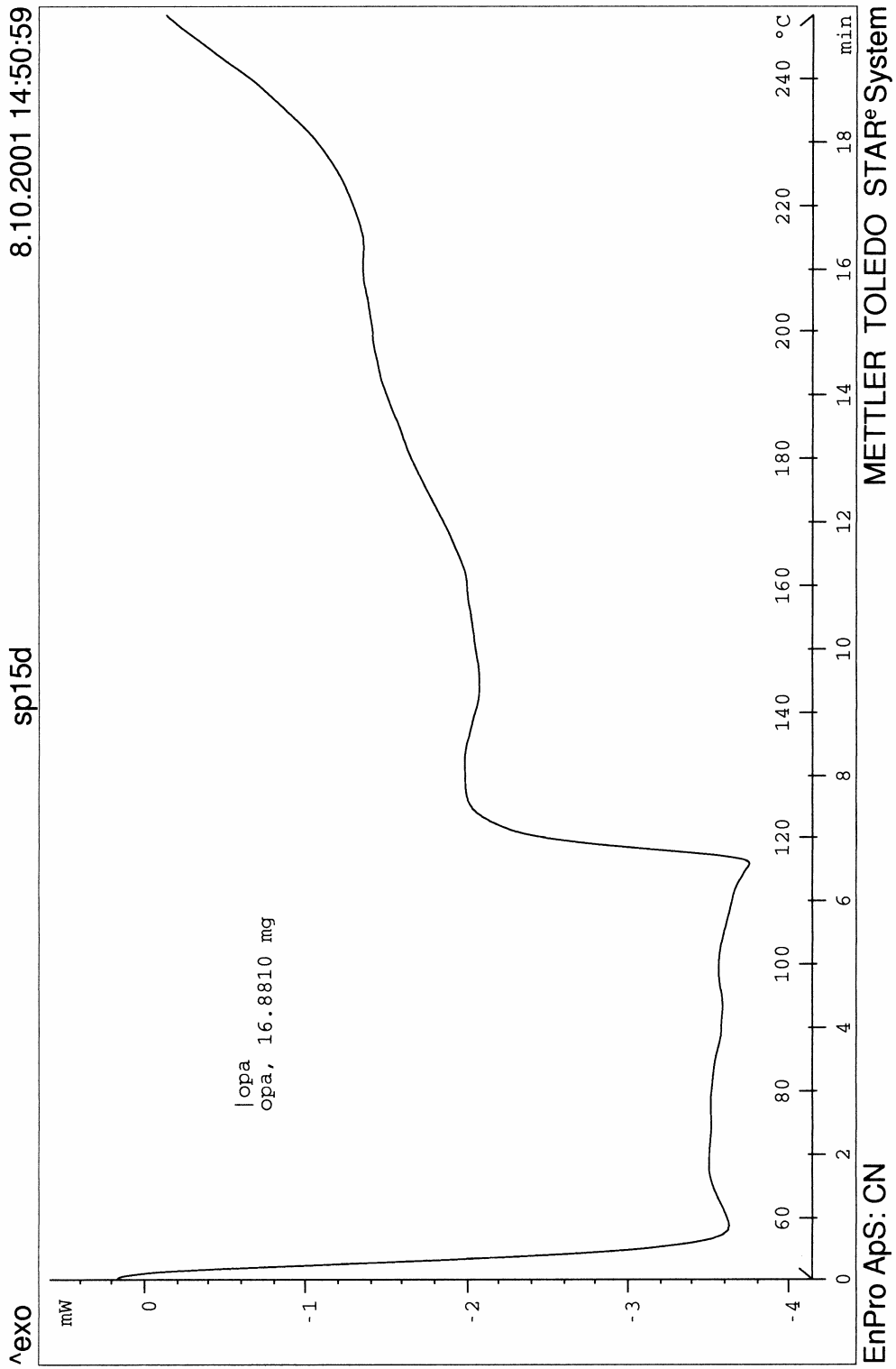
Kommersiell färg, sp15, försök 2



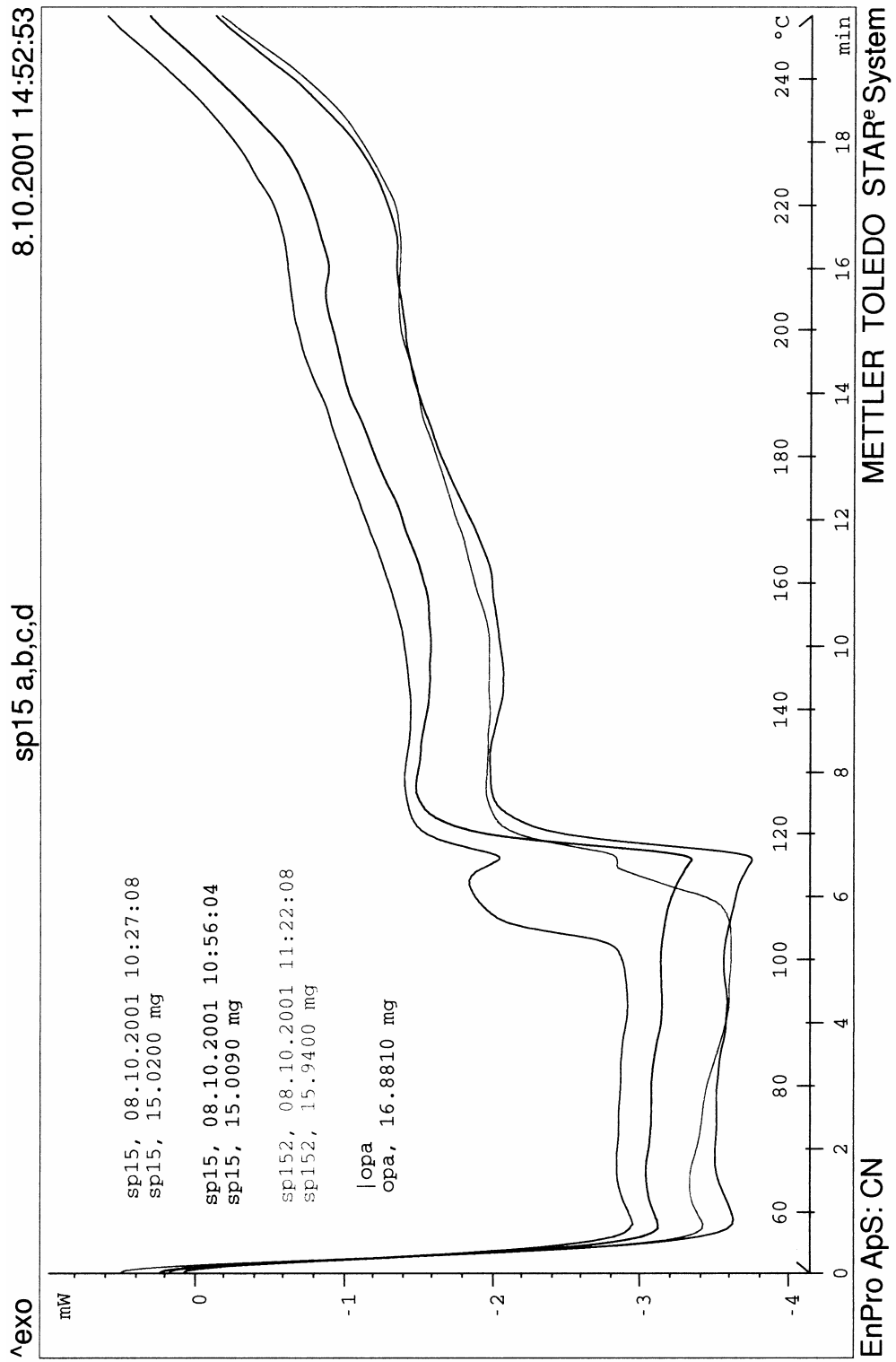
Kommersiell färg, sp15, försök 3



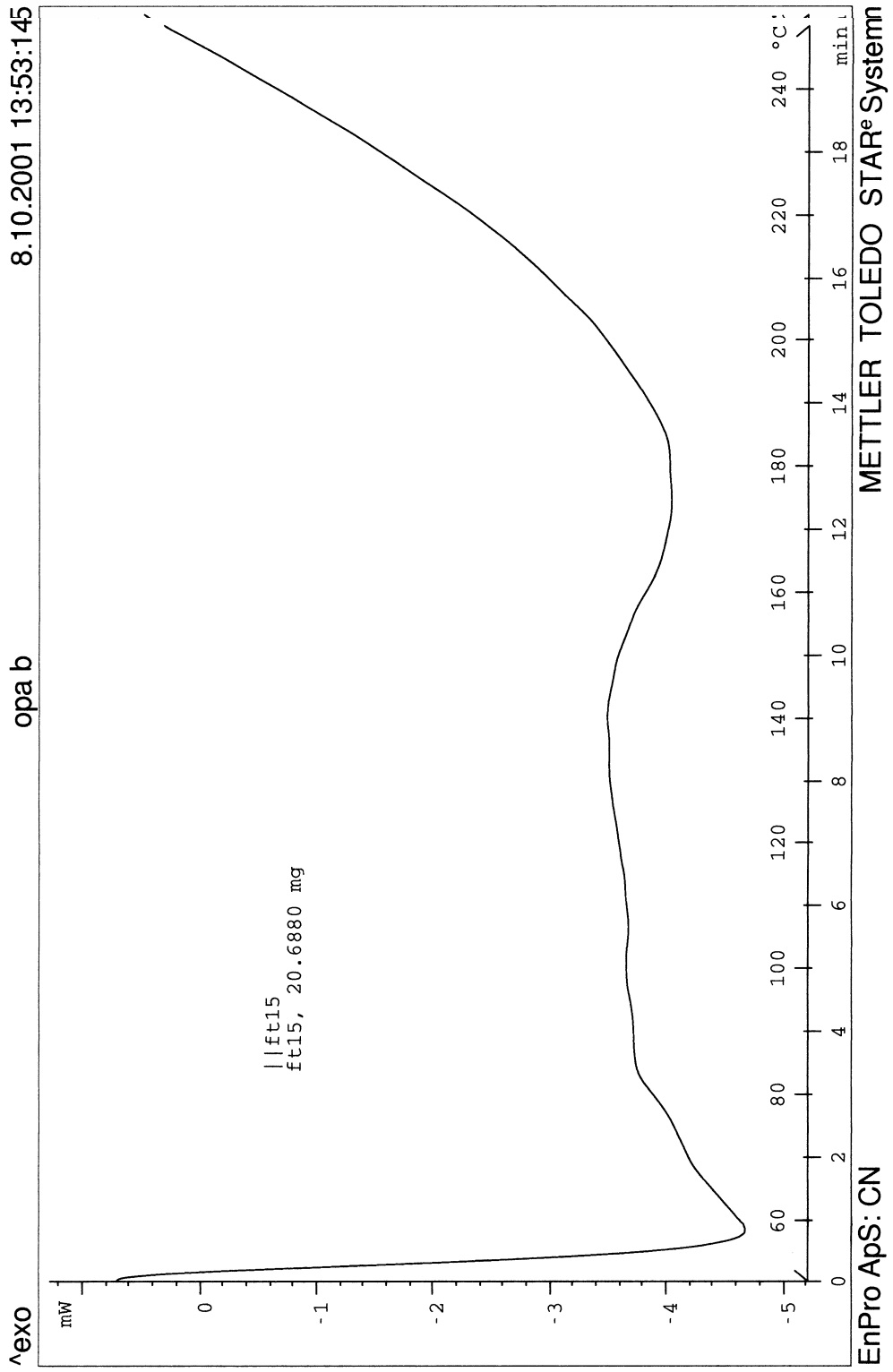
Kommersiell färg, sp15, försök 4



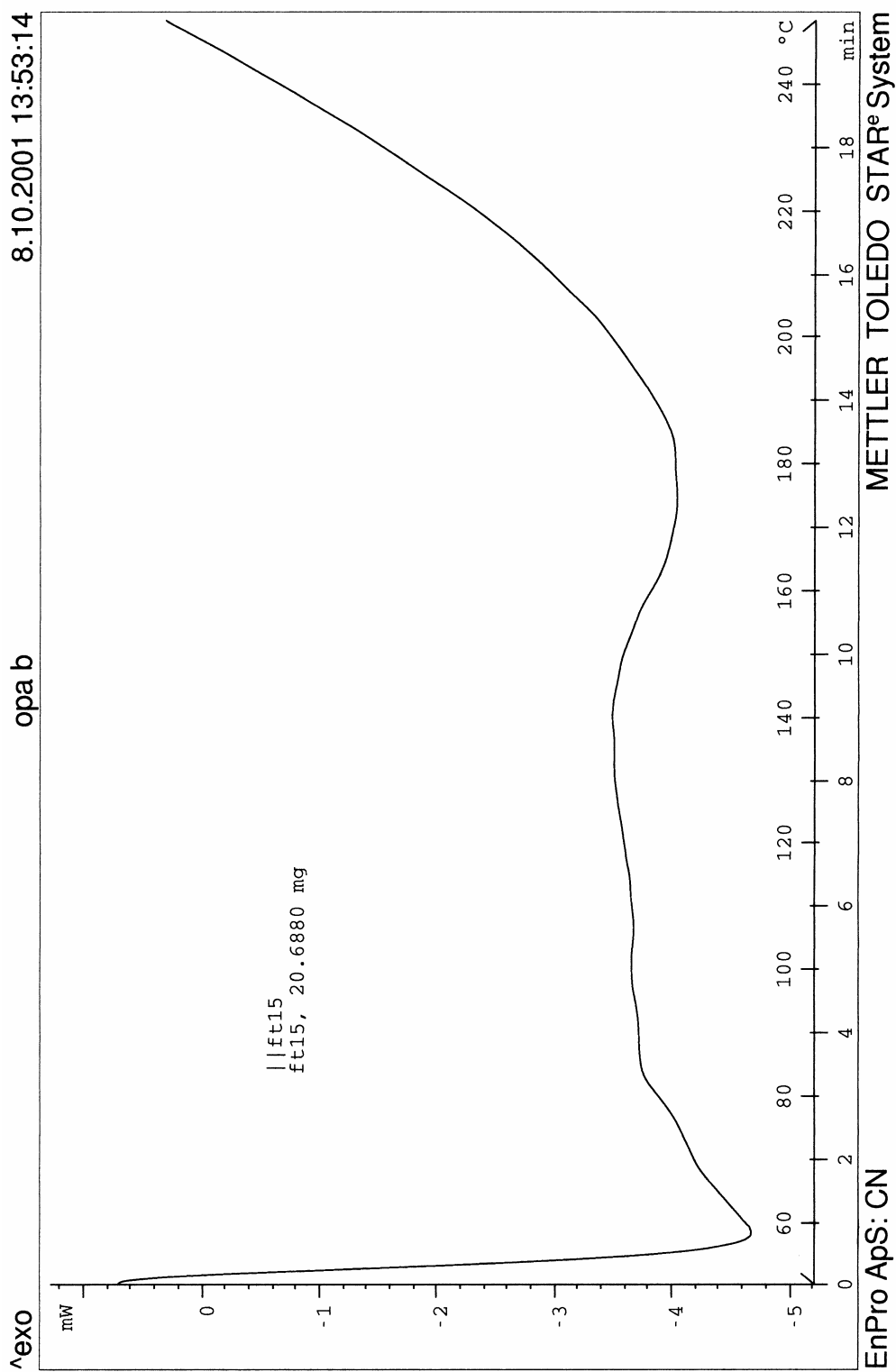
Kommersiell färg, sp15, försök 1,2,3 och 4



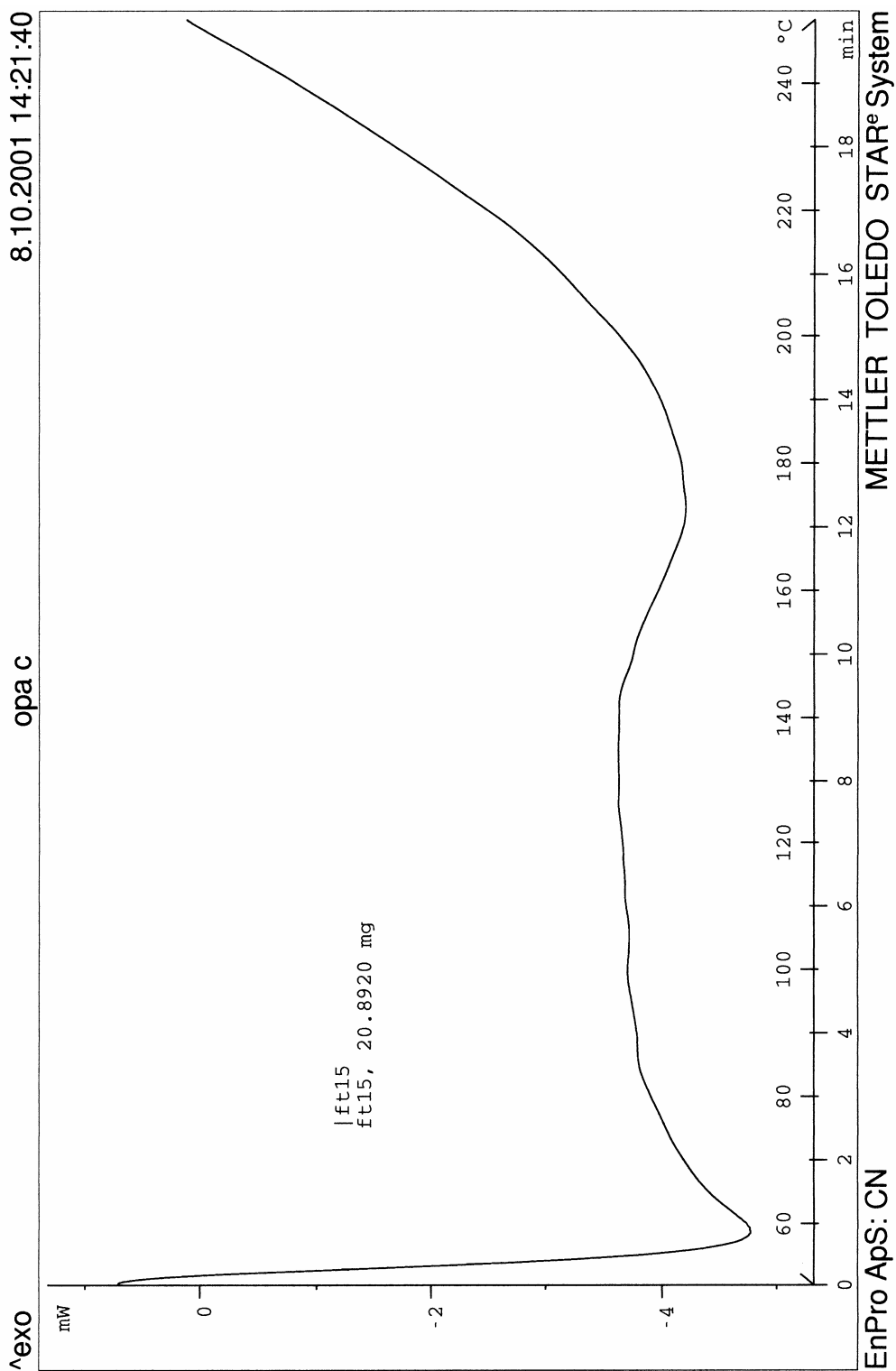
Kommersiell lack, opa, försök 1



Kommersiell lack, opa, försök 2



Kommersiell lack, opa, försök 3



Kommersiell lack, opa, försök 1,2 och 3

