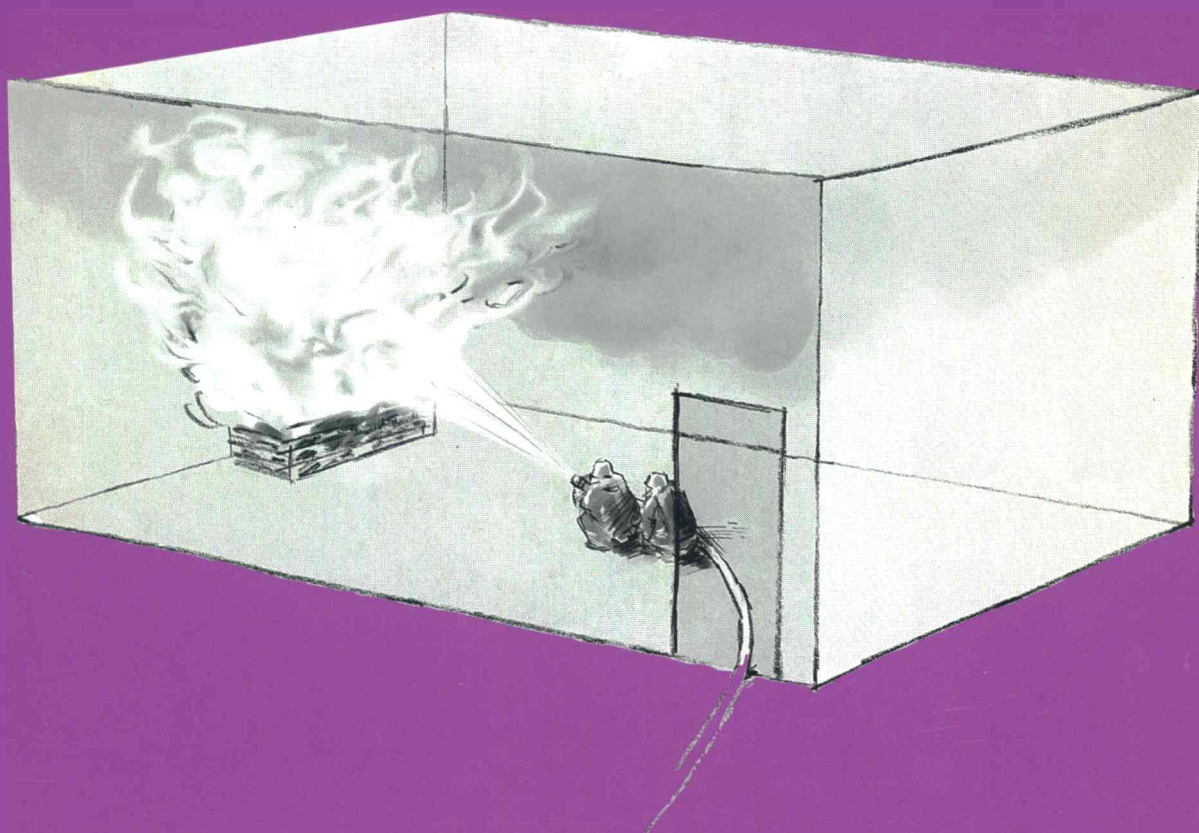


Släckförsök vid brand i stor lokal



**RÄDDNINGSG
VERKET**

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter. I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda. Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning. Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

Släckförsök vid brand i stor lokal

Sören Lundström, Räddningsverket,
Stefan Svensson, Räddningsverkets skola Revinge,
Stefan Särqvist, Lunds tekniska högskola

Innehållsförteckning

Summary	5
Sammanfattning	7
Inledning	9
Försöksuppställning	10
Brandrum.....	10
Bränsle.....	11
Viktminskning.....	13
Temperatur	13
Strålning	14
Tryck	15
Släckutrustning.....	15
Rökdykarna	19
Rökdykarnas personliga skyddsutrustning.....	20
Kroppsmätningar	20
Släckprocedur.....	22
Säkerhet.....	23
Dokumentation.....	23
Mätresultat.....	24
Yttre förhållanden	24
Brandtillväxt.....	25
Släckning.....	28
Rökdykarnas kommentarer	28
Brandrester	30
Redovisning av mätdata	31
Diskussion	36
Försöksuppställning	36
Mätnoggrannhet	37
Brandutveckling	37
Referenser	40
Bilaga 1, försök 1 lågtryck 230 l/min.....	41
Bilaga 2, försök 2 högtryck 230 l/min	53
Bilaga 3, försök 3 lågtryck 230 l/min.....	65
Bilaga 4, försök 4 lågtryck 115 l/min.....	77
Bilaga 5, försök 5 högtryck 115 l/min	89
Bilaga 6, försök 6 lågtryck 345 l/min.....	101

Summary

The aim of the tests was to compare the extinguishing capacity of high-pressure and low-pressure extinguishing systems and to measure the extinguishing capacity of the rescue service when fighting fires with water in large premises. The tests were financed by the Swedish Rescue Services Agency and Brandforsk and were jointly carried out in June '99 by the Swedish Rescue Services Agency and the Department of Fire Safety Engineering, Lund University, at Stockholm fire brigade's training facility in Ågesta. The fire room measured $14.0 \cdot 7.7 \text{ m}^2$ and the room was 6.3 m high. Ventilation was provided by a door, 1.5 m wide and 3.0 m high. The fire was similar in all six tests. The fuel consisted of standard wood pallets arranged in 6 stacks with 13 pallets in each stack. The pallet arrangement was placed on a weighing platform and weight loss was continuously measured during the tests. The temperature was measured at 60 points in the room and the radiated heat at 2 points. The pressure in the room was measured at one point. Measurements of body temperature, weight, and fluid level before and after the operation, as well as the pulse during the operation were measured on both BA equipped fire fighters. Skin temperature was measured during the operation on one of the BA operatives. The BA operatives were dressed in standard Swedish turnout gear. Six operations were performed in total. Two different nozzles were used at three different water flow rates, a Protek low-pressure nozzle and an Akron high-pressure nozzle, at the flow rates 115, 230 and 345 l/min. The fire itself and the way of attacking the fire were not changed.

Keywords: large premises extinguishing tests, fire fighting, water, high-pressure, BA operatives.

Sammanfattning

Syftet med försöksserien var att jämföra släckförmågan hos släcksystem med högtryck respektive lågtryck samt att mäta räddningstjänstens släckkapacitet vid släckinsatser med vatten mot bränder i större lokaler. Försöken finansierades av Räddningsverket och Brandforsk och de genomfördes i juni -99 i samarbete mellan Räddningsverket och Brandteknik, LTH, vid Stockholms brandförsvars övningsanläggning i Ågesta. Brandrummet mäter $14.0 \cdot 7.7 \text{ m}^2$ med 6.3 m i takhöjd. Ventilationsöppningen bestod av en dörr med bredden 1.5 m och höjden 3.0 m. Bränslet bestod av lastpallar fördelade på 6 staplar med 13 lastpallar i varje, lika vid alla sex försök. Lastpallarna var placerade på en vågplattform och viktninskning mättes kontinuerligt under försöken. Temperaturen mättes i 60 punkter i brandrummet och strålningen från branden i två punkter. Det statiska trycket i brandrummet mättes i en punkt. Mätningar av kroppstemperatur, vikt och vätskenivå innan och efter insats samt puls kontinuerligt under insatsen gjordes på båda rökdykarna. På strålföraren mättes även hudtemperaturen kontinuerligt under insatsen. Rökdykarna var klädda i Räddningsbeklädnad 90. Totalt genomfördes sex släckförsök. Två parametrar varierades, dels användes två olika strålrör och dels varierades flödet. Ett lågtryckssystem med ett strålrör av märket Protek och ett högtryckssystem med strålrör av märket Akron användes. Flödesnivåerna var 115, 230 samt 345 l/min. Branden och släcksatset hölls lika vid samtliga försök.

Nyckelord: storskaliga släckförsök, brandsläckning, vatten, högtryck, rökdykning.

Figurerna i rapporten är sammanställda av:

Figur 1 av Claes Nicklasson

Figur 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 14 och 15 av Stefan Särdaqvist

Figur 5, 8, 9, 10, 12 och 13 av Sören Lundström

Inledning

Syftet med försöksserien var att jämföra kapaciteten hos släcksystem med högtryck respektive lågtryck samt att mäta räddningstjänstens släckkapacitet vid släckinsatser med vatten mot bränder i större lokaler. Med stor skala avses här bränder i storleksordningen 20 MW. Det gäller alltså bränder större än en normal lägenhetsbrand och i lokaler större än normala lägenheter. Den viktigaste frågan att belysa, var vilka bränder som kan hanteras av en rökdykargrupp med räddningstjänstens normala utrustning, i fråga om släckkapacitet. Vidare studerades rökdykarnas arbetsmiljö och hur rökdykarna påverkades fysiskt under släckinsatsen.

Denna rapport är tänkt som en ren resultatrapport. Det innebär att den innehåller en beskrivning av försöksuppställning och mätresultat, men att tolkning och värdering av resultaten har utelämnats. Arbetet ingår i ett större sammanhang, där liknande försök har gjorts tidigare, men i mindre skala [1], [2]. Det finns även studier som jämför olika försöksserier [3].

Försöken genomfördes i juni -99 i samarbete mellan Räddningsverket (SRV) och Brandteknik, LTH, vid Stockholms brandförsvars övningsanläggning i Ågesta. Projektet leddes av Sören Lundström (SRV/Kd), Stefan Svensson (SRV/Re) och Stefan Särqvist (LTH), vilka också svarar för försöksrapporteringen. Släckinsatserna utfördes av Jan Tapani (SRV/Re) och Lennart Danielsson (SRV/Kd). Sven-Ingvar Granemark (LTH) och Mikael Tkautz (SRV/Re) skötte mätutrustningen.

Försöken har till större delen finansierats av Räddningsverket och till en del av Brandforsk, i projektet *En modell för räddningstaktik*, med nummer 508-991.

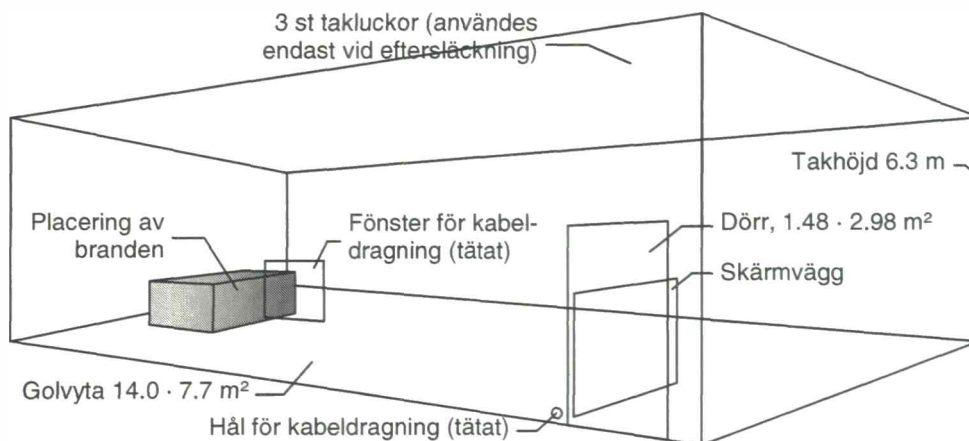


Figur 1. Medverkande under försöksveckan: Kenneth Johansson, Sören Lundström, Mikael Tkautz, Stefan Svensson, Stefan Särqvist, Lennart Danielsson, Jan Tapani och Sven-Ingvar Granemark.

Försöksuppställning

Brandrum

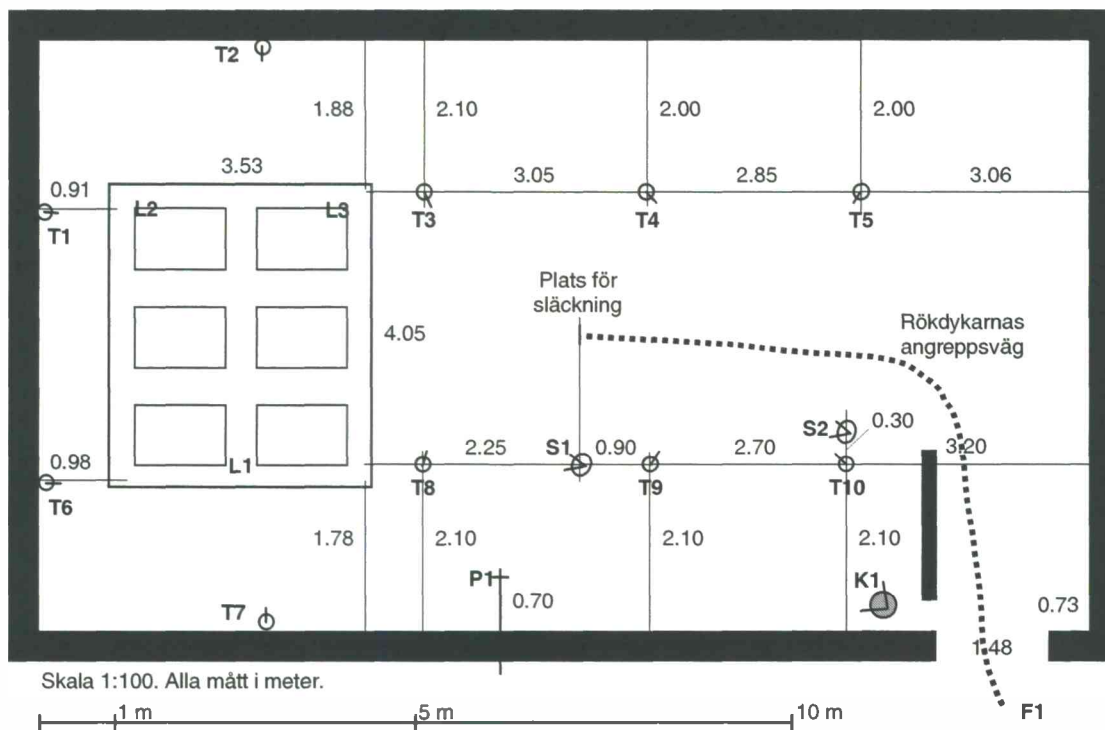
Det brandrum som användes vid försöken är beläget på Stockholms brandförsvars övningsanläggning i Ågesta. Läget är ganska fritt, uppe på ett skogsklätt berg. Brandrummet mäter $14.0 \cdot 7.7 \text{ m}^2$ med 6.3 m i takhöjd. Väggarna är konstruerade av 0.4 m värmetålig betong.



Figur 2. Skiss över brandrummets förutsättningar.

Den enda öppningen till brandrummet som användes, var en dörr med bredden 1.48 m och höjden 2.98 m. I brandrummet finns dessutom ett fönster placerat mitt på ena långsidan samt tre takluckor. Fönstret användes endast för kabeldragning och var tätat under hela försöksserien. De tre takluckorna hölls stängda under försöken, men öppnades vid eftersläckning och utvärdering. Innanför dörren till brandrummet, vinkelrätt mot långsidan och i liv med dörrkarmen, placerades en skärmvägg av lecablock. Skärmväggen var 2.00 m bred och 0.20 m tjock. Höjden var 1.95 m, med öppet 0.15 m längst ner. Avståndet mellan skärmväggen och väggen var 0.50 m.

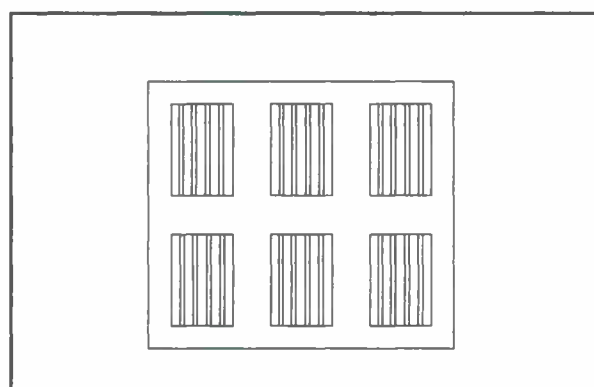
Mätutrustningen i brandrummet bestod i korthet av en vågplattform, termoelement, strålnings- och tryckmätare. Av Figur 3 framgår instrumenteringen och hur instrumenten placerades i brandrummet. En mer detaljerad beskrivning av utrustningen kommer i de följande avsnitten. All mätutrustning inne i brandrummet isolerades med minst 50 mm mineralull.



Figur 3. Uppmätning av instrumentens placering i brandrummet. F1 Flödesmätare, K1 videokamera, L1-L3 Lastceller, P1 Tryckmätare, S1-S2, Strålningsmätare, T1-T10 Staplar med sex termoelement i varje.

Bränsle

Branden var lika vid alla sex försök och bestod av lastpallar fördelade på 6 staplar med 13 lastpallar i varje, enligt Figur 4. Avståndet mellan staplarna varierade mellan 0.3 m och 0.5 m och var i medeltal 0.4 m. Det innebär att staplarna inte kom att påverka varandra direkt. Avståndet från de bakre staplarna till väggen var ca 1.3 m.



Figur 4. Schematisk skiss över bränslekonfigurationen, 6 staplar med 13 lastpallar i varje, placerade på en vågplattform.

Lastpallar av olika modell användes. Merparten hade yttermått $1.2 \cdot 0.8 \text{ m}^2$, resterande $1.2 \cdot 1.0 \text{ m}^2$. Den exponerade bränsleytan mättes till

ungefär 2.2 m² för lastpallar med 0.8 m bredd och 2.7 m² för lastpallar med 1.0 m bredd. Då har hänsyn tagits till den yta som avgår då lastpallarna staplas. Den totalt exponerade bränsleytan framgår av Tabell 1. Lastpallarna vägde i genomsnitt 16.7 kg, vilket bestämdes genom att dela totalvikten för samtliga försök med antalet lastpallar.

Tack vare goda lagrings- och väderförhållanden var fuktinnehållet i de lastpallar som användes lika under försöksserien. Provbiter togs, för vilka fuktinnehållet bestämdes genom vägning innan och efter torkning, varefter fuktkvoten bestämdes till 13 - 14 %.

Tabell 1. Mängden bränsle vid försöken.

Försök	Total last [kg]	Nettolast [kg]	Antal lastpallar*	Exp. bränsleyta [m ²]
1	2022	1269	52+26	185
2	1994	1234	26+52	198
3	2186	1435	63+15	179
4	1924	1159	78+0	172
5	2179	1411	77+1	172
6	2058	1294	78+0	172

* avser antalet lastpallar med 0.8 resp. 1.0 m bredd

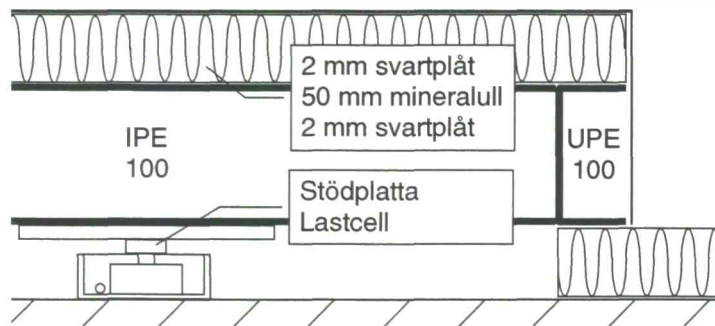


Figur 5. Försöksuppställningen ca en minut efter antändning. På sidorna syns termoelementsstaplar och längst fram syns lastpallen som markerar positionen för släckangreppet.

Som antändningskälla användes porös träfiberskiva (tretex) indränkt i diesel, som lades längst ner i mitten av varje stapel med lastpallar. Skivorna hade tjockleken 0.010 m och var ca 0.035 m² stora. Vid brandstart tändes tretexskivorna med tändsticka. Tändsatsen lades in mellan en och fem minuter innan tändning och antändningen tog drygt en halv minut från första stapeln tändes tills den sista var tänd.

Viktninskning

Bränslets viktninskning mättes kontinuerligt under försöken. Detta skedde genom att bränslet var placerat på en vågplattform, konstruerad enligt Figur 6 med en ram av stålbalkar och en fastsvetsad täckplåt. På denna låg 5 cm markskivor av stenull som täcktes av ytterligare en plåt, denna med nedvikta kanter som dolde resten av konstruktionen. Plattformen hade yttermått 4.05 · 3.53 m² och höjden var cirka 0.25 m, från golvet räknat.



Figur 6. Sektion av vågplattformen.

Tre lastceller placerades under plattformen, en med kapaciteten två ton och två med ett tons kapacitet. Mätområde och mätnoggrannhet framgår av Tabell 2. Varje lastcell stod i en skål med ansluten tryckluft för kylning och för skydd mot brandgaser. Temperaturen på stödplattan över en av lastcellerna mättes men översteg aldrig 45 °C under de delar av testen som används i utvärderingen.

Temperatur

Temperaturen mättes på 60 ställen i brandrummet med termoelement av typ K (Chromel-Alumel) med diametern 0.25 mm. Termoelementen placerades i tio staplar, med sex termoelement i varje. De monterades på stativ av sex-meters fyrkantsjärn. De fristående stativen hade stödben och de övriga förankrades direkt i väggen. Liksom övrig utrustning i brandrummet, isolerades stativen med 50 mm mineralull. Fyra av staplarna var placerade invid väggen och de övriga sex staplarna var placerade fritt i rummet, vilket framgår av Figur 3. Numreringen av staplarna framgår av figuren (T1 - T10) och termoelementen i varje stapel är numrerade uppifrån och ned. Det nedersta

termoelementet i varje stapel (TE1:6 - TE10:6) fästes 1.0 m från golvet, och sedan följde de övriga med 1.0 m avstånd. Det översta termoelementet (TE1:1 - TE10:1) placerades följaktligen 0.3 m från taket. Visaren på T1 - T10 i figuren anger termoelementens riktning i förhållande till stativet. Termoelementen stack ut 0.10 m från ytan på stativets isolering. Termoelementen i staplarna T1, T2, T6 och T7 var placerade 0.25 m från respektive vägg. Mätnoggrannheten framgår av Tabell 2.

Utöver mätning av gastemperaturen mättes också temperaturen på stödplattan till en av lastcellerna.

Tabell 2. Av tillverkaren uppgivet mätområde och noggrannhet för den utrustning som användes under försöken. Med Nr avses beteckningen i Figur 3 på sidan 11.

Nr	Mätning, antal	Utrustning	Mätområde	Noggrannhet
S1-S2	Strålning, 2 st	Gunners radiometer	0 - 100 kW/m ²	± 5%
L1	Massa, 1 st	Lastcell, TML CLP-2000KA	0 - 2000 kg	± 0.5%
L2-L3	Massa, 2 st	Lastcell, TML CLP-1000KA	0 - 1000 kg	± 0.5%
T1-T10	Gastemperatur, 60 st	Termoelement typ K, 0.25 mm	0 - 1300 °C	± 0.4%
	Temperatur på lastcell, 1 st	Termoelement typ K, 0.25 mm	0 - 1300 °C	± 0.4%
P1	Tryck i brandrum, 1 st	Tryckmätare, SI Digima LP	0 - 20 mbar	± 0.5%
F1	Vattenflöde (lågtryck), 1 st	GPI turbinflödesmätare	100 - 1000 l/min	± 1 %
F1	Vattenflöde (högtryck), 1 st	GPI turbinflödesmätare	10 - 190 l/min	± 1 %
	Hudtemperatur, 8 st	Termistorgivare AT31/40	-40 - +120 °C	± 0.4 °C
	Kroppstemperatur	Digital muntermometer, Terumo C402®		± 0.1 °C

Strålning

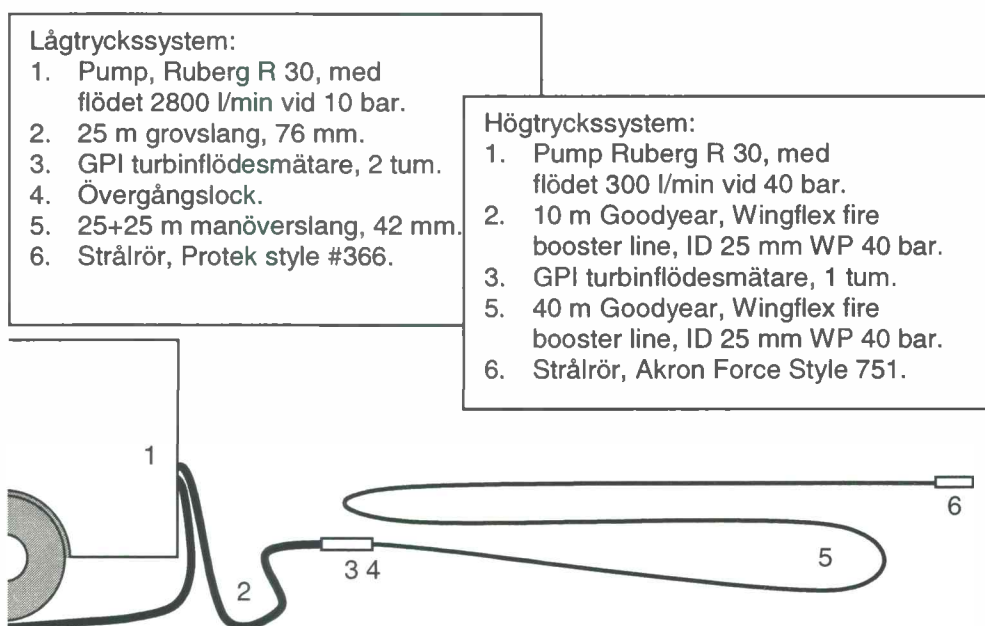
Strålningen från branden mättes med vattenkylda Gunnersmätare på två ställen. Dels 3.0 m från branden (strålningsmätare 1, inre), alltså på samma avstånd som rökdykarna gjorde sin huvudsakliga släckinsats, dels 6.6 m från branden (strålningsmätare 2, yttre), ungefär där rökdykarna får kontakt med branden första gången. Båda strålningsmätarna var placerade på höjden 1.35 m och var riktade mot branden, parallellt med rummets långväggar och 10° uppåt. Av Tabell 2 framgår strålningsmätarnas prestanda.

Tryck

Den statiska tryckskillnaden mellan brandrummet och omgivningen mättes med en tryckmätare kopplad till ett kopparrör. Röret mynnade i brandrummet, 6.0 m från inre kortväggen, 0.70 m från långväggen och på höjden 1.10 m.

Släckutrustning

Vid försöken användes två olika släcksystem, båda uppbyggda enligt Figur 7 med pump, slang, flödesmätare, manöverslang och strålrör. Pumpen hade både högtrycks- och lågtrycksuttag och var fast monterad på en BAS-brandbil, med vattenförsörjning från brandpost.



Figur 7. Släckutrustning som användes vid försöken.

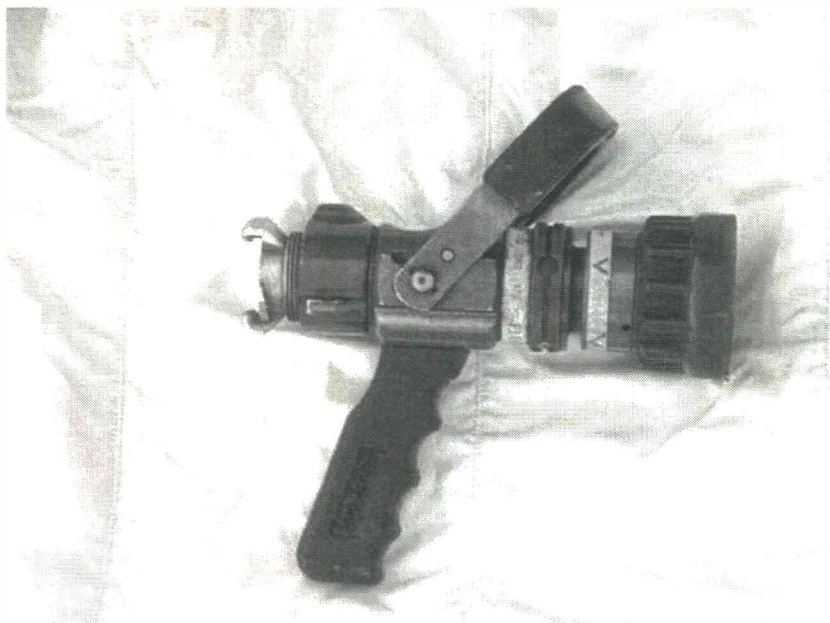
Rökdykarledarens strålrör var kopplat till ett helt separat system. Det behövde inte användas under något av försöken, utan användes endast till eftersläckning och ingår därför inte i denna beskrivning. Även kylvattenslangar till mätutrustningen (strålningsmätare och videokamera) kopplades till ett separat vattennät.

Inställning av systemen gjordes innan insats genom att reglera pumptrycket så att flödesmätaren gav önskat utslag. Båda systemen användes med flödena 115 och 230 l/min, lågtryckssystemet användes dessutom vid flödet 345 l/min.

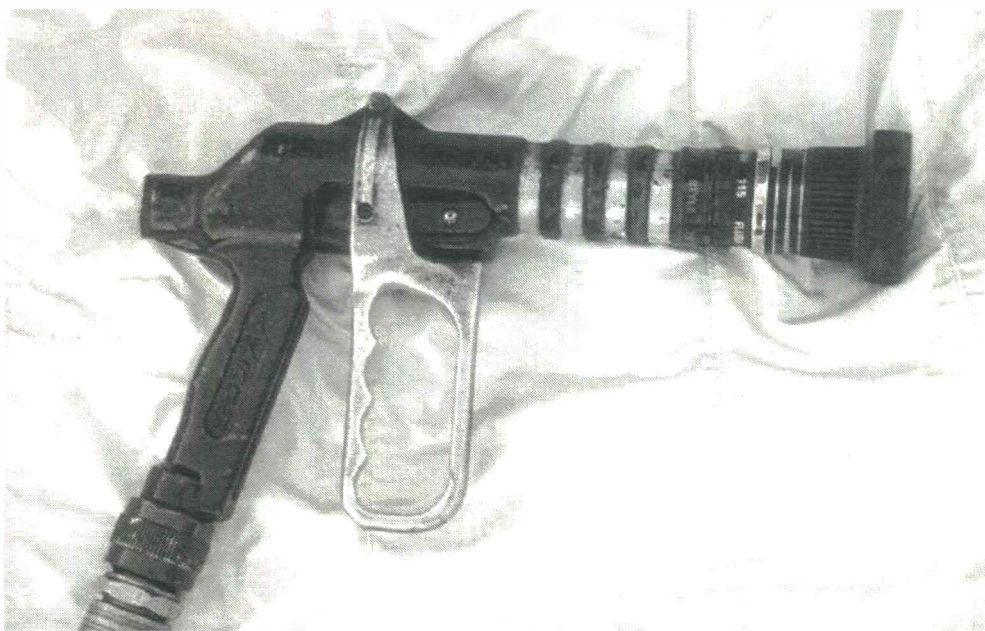
Vid 230 l/min var flödet i högtryckssystemet högre än vad tillverkaren av flödesmätaren rekommenderade. Mätaren kalibrerades dock vid denna nivå och visade sig ge tillfredsställande noggrannhet även där.

Lågtrycksstrålröret var av märket Protek med reglerbart nominellt flöde (fyra fasta lägen), 115, 230, 360 respektive 475 l/min. Vid försöken ställdes flödet in med de tre förstnämnda fasta lägena och justerades därefter med hjälp av pumptrycket till 115, 230 samt 345 l/min.

Droppstorleken för lågtrycksstrålröret är 0.25-0.35 mm med ett medelvärde om 0.30 mm. Uppgifterna kommer från tillverkaren och härrör från test vid 7 bar i munstyckstryck och 230 l/min i flöde.



Figur 8. Lågtrycksstrålrör, Protek



Figur 9. Högtrycksstrålrör, Akron

Högtrycksstrålröret var av märket Akron Force Style 751 med reglerbart nominellt flöde (tre fasta lägen), 80, 180 och 225 l/min. Vid försöken an-

vändes de två högsta lägena, varpå flödet justerades med hjälp av pumptrycket till 115 respektive 230 l/min, för att få samma flöde som vid släckning med lågtryckssystemet.

Högtrycksstrålrörets droppar varierar i storlek från 0.069 mm till 1.995 mm, med ett medelvärde på 0.212 mm enligt tillverkaren. Hälften av dropparna är mellan 0.130 mm och 0.300 mm. Uppgifterna är baserade på mätningar vid flödet 150 l/min vid 7 bars munstyckstryck.

Vid samtliga försök hölls strålrörens konvinkel konstant. Det gjordes genom att tejpa fast vridreglaget som styr strålbilden. Även vridreglagen som reglerar flöde genom strålröret hölls fasttejpade under försöken.

Tabell 3. Sammanställning av använda släckvattenflöden och -tryck.

Försök	Släck-system	Läge på strålrör	Pumptryck [bar]	Flöde [l/min]	Munstycks-tryck* [bar]
1	Lågtryck	"230"	7.0	230	6.0 ± 0.5
2	Högtryck	"225"	39	230	25 ± 5
3	Lågtryck	"230"	7.0	230	6 ± 0.5
4	Lågtryck	"115"	5.2	115	4.5 ± 0.5
5	Högtryck	"180"	35	115	23 ± 5
6	Lågtryck	"360"	8.0	345	7 ± 0.5

* uppskattade munstyckstryck



Lågtryck, 115 l/min (försök 4)



Högtryck, 115 l/min (försök 5)



Lågtryck, 230 l/min (försök 1 och 3)



Högtryck, 230 l/min (försök 2)



Lågtryck, 345 l/min (försök 6)

Figur 10. Strålbilden hos de två strålrören vid de tre flöden som användes. Vita markeringar på marken finns på varje meter, men syns tydligast på avstånden 0, 2, 3, 6 och 7 m från munstycket. Bilderna togs inte i samband med respektive försök utan efter försök 6.

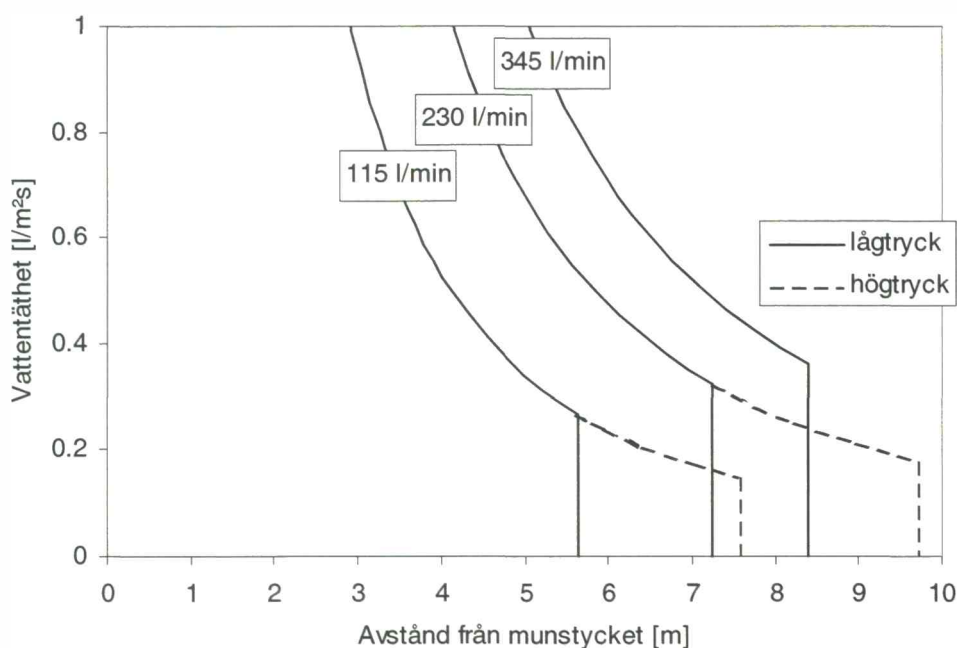
Om strålen idealiseras med en kon och gravitationen försummas, kan vattentätheten [l/m^2s] i strålens tvärsnitt uppskattas med enkel geometri:

$$v_{medel}' = \frac{v}{\pi(L \cdot \tan \alpha / 2)^2}$$

där v [l/s] är vattenflödet ur strålröret, L [m] är avståndet från strålröret och α [°] är konvinkeln. För normala strålrör ges kastlängden L_{max} [m] som funktion av konvinkeln approximativt [4]:

$$L_{max} = \frac{18 \cdot v^{0.36} \cdot P^{0.28}}{\alpha^{0.57}}$$

där P [bar] är munstyckstrycket. Vid insatsen var rökdykarna placerade på ett avstånd av tre meter från lastpallarna.



Figur 11. Grov uppskattning av vattentätheten i strålen på olika avstånd från strålröret.

Rökdykarna

Rökdykare 1 (Jan) var vid försöken 43 år och 177 cm lång. Han hade en träningsfrekvens om 1-2 ggr/vecka med en intensitet motsvarande lätt löpning och tiden >30 min/tillfälle. Rökdykare 2 (Lennart) var vid försöken 47 år och 182 cm lång, med samma träningsfrekvens och -intensitet som rökdykare 1.

Under släckförsöken arbetade rökdykarna inte särskilt mycket fysiskt, utöver förflyttningen fram till punkten tre meter från branden varifrån släckningen gjordes. Värmebelastningen var desto större. Vid släckpunkten befann sig rökdykarna på en öppen yta, utan möjlighet att skydda sig mot brandens strålningsvärme eller mot vattenånga från släckningen.

Arbetet innan försöken bestod i att lasta in de 78 lastpallarna och efter försöken att släcka och dra ut halvbrunna rester av lastpallar samt att skyffla ut det tjocka lager av glöd som återstod på vågplattformen. Arbetet var varmt och ansträngande och utfördes i full skyddsklädsel (branddräkt och andningsapparat). Arbetet gjordes av rökdykarna tillsammans med ytterligare 2-3 personer. Arbetsbelastningen på rökdykarna var ungefär lika under de tre dagarna, med undantag för dag 2 då rökdykare 1 tog det lugnare mellan försöken och då rökdykare 2 arbetade mer. Utöver detta utfördes lite slangdragning och koppling inför första försöket varje dag, samt återställning efter sista.

Måltider och vätskemängd var ungefär lika för de tre dagarna. Rökdykarna åt tre stadiga mål mat om dagen (frukost, lunch, middag/kvällsmat). Utöver detta drack de vardera 4 liter vatten och 4 koppar kaffe under dagen. På kvällen drack de vars två stora öl. På andra dagen var vattenmängden 4.5 liter för Rökdykare 1 och 5 liter för Rökdykare 2 och den kvällen dracks tre öl vardera. Konsumtionen under försöksveckan hos övriga deltagare redovisas ej.

Rökdykarnas personliga skyddsutrustning

Båda rökdykarna var klädda i komplett branddräkt av märket Räddningsbeklädnad 90 (RB 90), certifierad 1995 enl. EN 469. De var klädda i, inifrån räknat,

- Upptill: långärmat underställ, larmrock
- Nertill: kalsonger, underställ med långa ben, larmbyxor
- Huvud: rökdykarhuva, brandhjälm, kapuschong till larmrock.
- Händer: handskar till RB-90
- Fötter: tjocka strumpor och läderstövlar (Rd 1) eller kängor (Rd 2)

Utöver detta bar rökdykarna andningsapparat, Interspiro, med luftflaskor av komposit. Andningsapparatens vikt var 13.5 komplett inklusive ryggplatta, mask och radio. Vid försöken användes radio med talgarnityr integrerat i andningsmasken.

Kroppsmätningar

Mätningar av kroppstemperatur, vikt och vätskenivå innan och efter insats samt puls under insatsen gjordes på båda rökdykarna. På rökdykare 1 (Rd1) som var strålförare mättes även hudtemperaturen under insatsen.

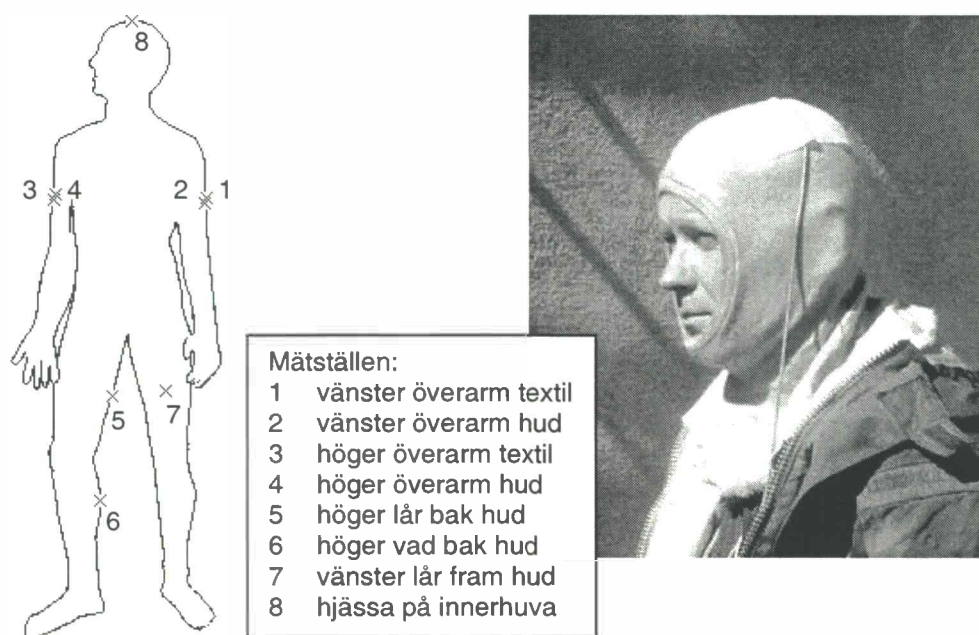
Kroppstemperaturen hos rökdykarna mättes, vid flera tillfällen under försöksdagarna samt omedelbart innan och efter varje släckinsats. För detta ändamål användes muntermetrar, med prestanda enligt Tabell 2.

Innan larmstället togs på samt efter det togs av vägdes rökdykarna på våg av badrumsmodell. Rökdykarna tilläts inte dricka något innan vägningen efter insats.

Före och efter insats mättes också rökdykarnas kroppssammansättning, med hjälp av så kallad near-infrared light body composition analysis. Genom att belysa en muskel (i detta fall biceps) med infrarött ljus med våglängderna 938 nm och 948 nm och mäta emission och reflexion, ges en uppskattning av musklernas fettinnehåll och vatteninnehåll. Instrumentet som användes var en Futrex 5000A.

Båda rökdykarna bar under insatsen en pulsklocka runt handleden, som registrerade pulsen var femte sekund. Två olika pulsklockor användes, Polar Sport Tester® samt Polar Accurex Plus®. Polar Accurex Plus® användes av rökdykare 1 vid försök 3-6 och av rökdykare 2 vid försöken 1-2. Polar Sport Tester® användes av rökdykare 1 vid försöken 1-2 och av rökdykare 2 vid försöken 3-6.

Rökdykare 1 utrustades med åtta temperaturgivare som fästes på hud respektive underställ med Mefix® självhäftande väv. Mätställena visas i Figur 12.



Figur 12. Mätställena för mätning av hud- och textiltemperatur på Rökdykare 1. Till höger rökdykaren nästan färdigklädd för insats. Notera temperaturgivaren som tejpats fast på innerhuvan.

Släckprocedur

Totalt genomfördes sex släckförsök. Två parametrar varierades, dels användes två olika munstycken och dels varierades flödet. Branden, brandrummet och släcksettet hölls lika vid samtliga försök. De strålrör och flöden som användes framgår av Tabell 3 på sidan 17.

Försöken genomfördes med en organisation som skulle kunna motsvara en normal rökdykarinsats med reservgrupp, d v s fyra rökdykare, rökdykarledare, pumpskötare och chef för insatsen.

Samma rökdykare användes vid samtliga försök och med samma arbetsuppgifter. Två personer arbetade inne i brandrummet. Rökdykare 1 var strålförare och skötte släckningsarbetet. Rökdykare 2 var andreman och hjälpte till med slangdragning och skötte radiokommunikationen. En tredje man (rökdykarledare) befann sig vid skärmväggen och hjälpte till med slangdragningen, men deltog i övrigt inte i släckningsarbetet.

Släckinsatsen gjordes från en i förväg bestämd position i brandrummet. 3.0 m från lastpallarnas framkant. Denna punkt markerades med en lastpall för att rökdykarna skulle kunna inta rätt släckposition trots risken för dålig sikt. Där fanns ingen möjlighet för rökdykarna att skydda sig mot brandens strålningsvärme eller mot vattenången vid släckning.

Släckinsatsen påbörjades när temperaturen vid termoelementen på 5 m höjd gått upp till ca 800 °C för att sedan stabilisera sig på ca 700 °C vid staplarna T1 och T6. Då var temperaturen ca 600 °C vid staplarna T2 och T7 och 450-500 °C vid övriga staplar, efter att ha varit uppe på en temperaturnivå ca 100 °C högre. Förbrinntiden från första stapeln antändes till släckning påbörjades varierar mellan 6.0 och 7.5 minuter vid de olika försöken.

Släckinsatsen skedde helt manuellt, men rökdykarna agerade så lika som möjligt vid de sex försöken. Rökdykarnas inträngning skedde via dörren, de kom in i brandrummet och rundade skärmväggen. I höjd med den yttre strålningsmätaren gjordes ett kort svep med strålröret 45° uppåt och framåt för att kyla brandgaserna. Därefter skedde en förflyttning en bit framåt, och brandgaserna kylde ytterligare. Ganska snabbt kunde rökdykarna avancera fram till en lastpall som markerade släckpunkten. Denna punkt var belägen 3 m från bålens framkant och i höjd med den inre strålningsmätaren. Därför gjordes försöket att släcka branden, genom att spruta vatten i svepande rörelser direkt på brandhärden. Detta alternerades med att kyla brandgaserna ovanför brandhärden.

Släckningen bröts av försöksledaren vid försök 2, 3 och 6 när ett stabilt läge uppnått, och av rökdykarna vid försök 4 och 5 på grund av värmegenomslag, framförallt hos rökdykare 1 som var mest utsatt. Försök 1 bröts efter att den inledande släckning gjorts.

Direkt efter att släckinsatsen avslutats, öppnades brandgasventilatorerna i taket och branden släcktes ner och resterna efter lastpallarna lämpades ut.

Säkerhet

Säkerheten under försöken var hög, bland annat beroende på att de planerats noga i förväg vilket innebar att brandförloppet kunde förutsägas. I gruppen fanns även erfarenhet från tidigare försök av samma typ. Av tekniska säkerhetssystem kan nämnas ett separat reservsystem för släckning samt radiosamband mellan samtliga inblandade. Lokalen var lättorienterad och medgav en relativt kort inträngningsväg. Den var även utrustad med brandventilatorer. Organisatoriskt motsvarar bemanningen en normal rökdykarinsats, kompletterad med en reservgrupp. Utöver de två rökdykarna var ytterligare tre personer klädda för rökdykning. Dessutom hade två personer till uppgift att övervaka brandförloppet och försöksuppställningen möjliggjorde kontinuerlig kontroll av temperaturen i brandrummet.

Dokumentation

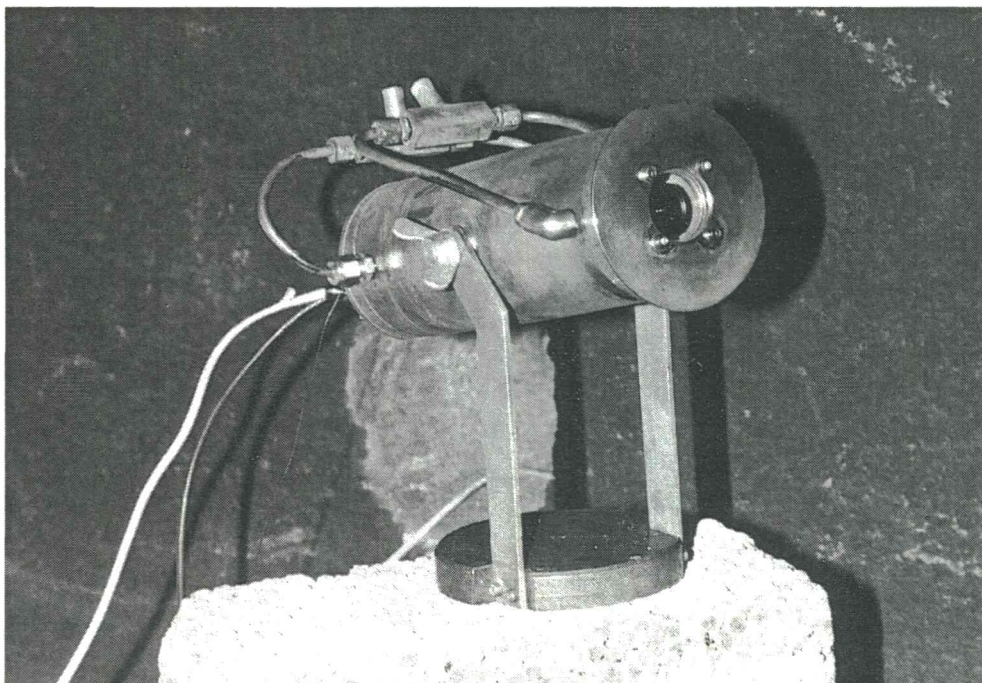
Registrering av de olika mätningarna i brandrummet, framförallt temperaturen, gjordes via fyra st Schlumberger datalog till en mät dator. Totalt registrerades 68 mätkanaler, samt tiden. Mätdata från brandrummet registrerades en gång var tionde sekund.

Hudtemperaturen hos rökdykaren registrerades av en datalogger, Mitec AT40, som bars av strålföraren under branddräkten. Temperaturen loggades varje sekund.

Pulsen registrerades av pulsklockan var femte sekund och informationen tankades ur efter insatsen.

Släckvattenflödet registrerades varje sekund.

För att kunna rekapitulera händelser under försöken och för att kunna övervaka förloppet, videofilmades dessa. Förloppet inne i brandrummet (brandens utveckling och rökdykarnas agerande) filmades med Hubert, en vattenkyld videokamera, från en position 0.5 m från dörrposten, 0.5 m in i lokalen och på höjden 0.5 m. Hubert visas i Figur 13. Utvändigt användes ytterligare en videokamera, som också spelade in ljudet från rökdykarradiation. Ut- och invändig filmning gjordes av samtliga sex försök. Vid försök 4 och 5 användes dessutom en handburen värmekamera för att filma rökdykarna och släckinsatsen.



Figur 13. Den vattenkylda kameran Hubert, innan inklädning i isolering.

Mätresultat

Mätningarna av olika storheter registrerades på olika sätt och med olika tidsintervall. I redovisningen av resultaten har mätningarna synkroniserats, så att tiden $t = 0$ motsvarar tidpunkten då första stapeln med lastpallar antändes.

Yttre förhållanden

Väderförhållanden, vind och temperatur mättes i samband med samtliga försök. Vindhastigheten mättes dels på taket till byggnaden, ca 10 m ovan marknivå i fritt läge och dels i marknivå utanför brandrummets öppning i skydd av intilliggande byggnader. Temperaturen mättes i skuggan.

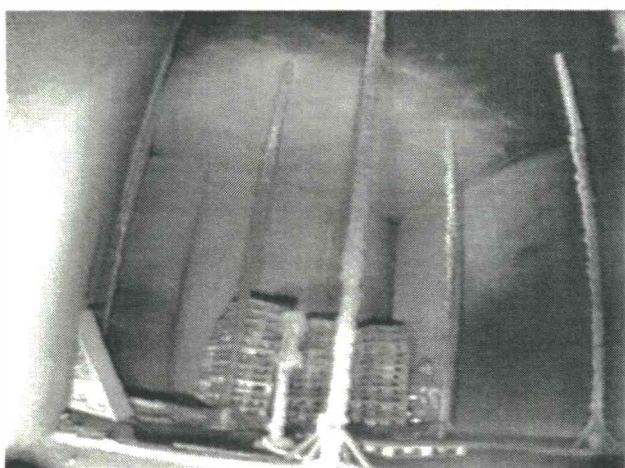
Väderlek, temperatur och vindhastighet i samband med försöken framgår av Tabell 4. Vindriktningen anges här relativt norr (med 360°-kompass). Brandrummet låg så att en vind med riktningen 120° blåser rakt mot öppningen. Vindhastigheten var så låg vid samtliga försök att den inte påverkade försöken i någon nämnvärd omfattning. Vindhastigheten var låg på taket till byggnaden och i stort sett obefintlig vid öppningen till brandrummet.

Tabell 4. Yttre förhållanden under försöken

Försök	Datum	Antändningstid	Väder	Temp. i skuggan [°C]	Vind på tak [m/s]	Riktn. vind på tak [°]	Vind på mark [m/s]
1	990601	11:53.52	soligt	18	ca 4	270	< 1
2	990601	16:49.50	soligt	20	ca 4	270	< 1
3	990602	10:17.10	soligt	19	0 - 3	260	< 1
4	990602	14:34.46	soligt	23	< 2	230	< 1
5	990603	09:45.39	soligt	19	2 - 3	60	< 1
6	990603	13:40.00	lätt molnigt	21	2 - 3	180	< 1

Brandtillväxt

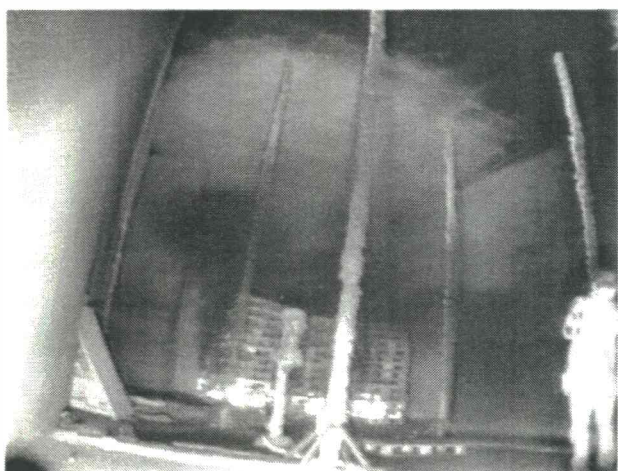
I Figur 14 visas en bildsvit över brandens tillväxt under försök 6. Bilderna är tagna med videokameran Hubert inne i brandrummet. Som referens i bilderna kan nämnas att termoelementsstaplarna är 6 m höga och att lastpallsstaplarna ungefär når höjden 2.1 m från golvet räknat.



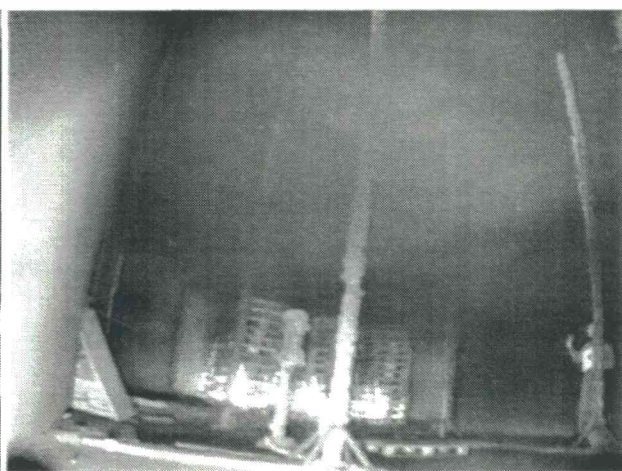
0 s, tändning påbörjas



30 s, tändning avslutas



60 s.



90 s.



120 s.

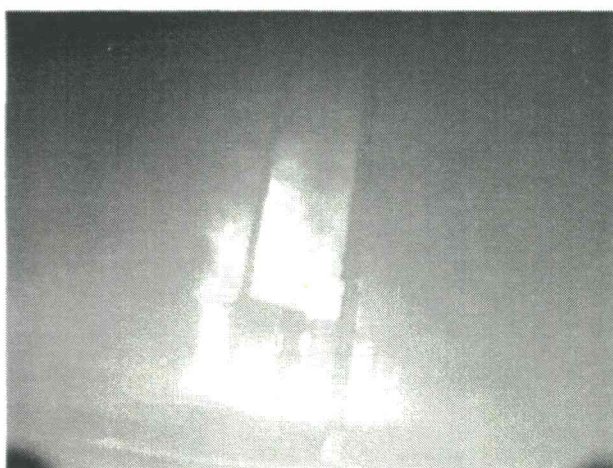


150 s.

Figur 14. Bildsviten visar stillbilder från videoupptagningen under brandförloppets första minuter för försök 6. Mellan varje bild är det 30 s.



180 s.



210 s.



240 s.



270 s.



300 s.



330 s.

Fortsättning från föregående sida. Mellan varje bild är det 30 s. Vid tiden 390 s är rummet helt rökfyllt.

Släckning

Ur mätningarna av släckvattenflödet kan medelflödet beräknas, vilket framgår av Tabell 5. Även antalet släcksvep kan räknas och volymen per svep beräknas. Hur långa svep som gjordes var, med direktivet att göra släckangreppen så lika som möjligt, upp till rökdykarna. Det som i praktiken avgjorde var hur snabbt vattenången slog tillbaka. Av tabellen framgår att medelflödet är avsevärt mindre än det nominella flödet. Det framgår också att svepens volym blev något mindre med högtrycksstrålröret (försök 2 och 5) än med lågtrycksstrålröret (försök 1, 3, 4 och 6). Med använd kapacitet avses, medelflöde delat med nominellt flöde.

Tabell 5. Släckvattenflödet under försöken.

Försök	Nominellt flöde [l/min]	Totalt använd volym [l]	Medelflöde [l/min]	Antal släcksvep [-]	Volym per svep [l]	Använd kapacitet [-]
1	230	83	91.3	8	10.4	0.40
2	230	694	87.5	62	11.2	0.38
3	230	692	75.4	42	16.5	0.33
4	115	298	50.6	26	11.5	0.44
5	115	284	42.5	28	10.2	0.37
6	345	755	89.9	35	21.6	0.26

Rökdykarnas kommentarer

Direkt efter insatsen fick rökdykarna redogöra för sina intryck under försöken:

1. Vid försök 1 (230 l/min, lågtryck) gjordes två släckangrepp. Vid inträngning var brandgaslagrets höjd ca en meter från golvet. När direkt släckning mot lastpallarna påbörjades kändes direkt hur vattenången kom och då försvann sikten helt. Branden tog sig direkt när vattengivningen slutade, då förbättrades sikten också. Den mittersta stapeln av lastpallar rasade utåt mot rökdykarna i ett tidigt skede av insatsen. Reträtten beordrades utifrån via radion, det hade gått att jobba betydligt längre. Ett andra släckförsök gjordes, likartat det första. Börjar att kyla brandgaserna och går snabbt över till direkt släckning. Försöker gå på brandhärden, men den rasade mittstapeln är i vägen. De fyra översta pallarna brann inte. Det gick att slå ner branden, men den kom hela tiden tillbaka. De första gångerna gick bra. Det var dock mycket vattenånga, som gick igenom handskarna efter tredje duschen, varefter insatsen bröts. Sikten var bättre under andra angreppet med ett brandgaslager på ca 1.5 m höjd från golvet.

2. Vid försök 2 (230 l/min, högtryck) var det dålig sikt redan från början. Branden syntes inte förrän framme vid platsen för släckning. Långa svep gjordes, strålröret hölls mer öppet än stängt. Effekten var god i början och det var lätt att hålla nere flammorna. Det tog ungefär en minut att slå ner hela bålet. Så fort strålröret stängdes en sekund, kom dock långa sticklågor och så tog det sig igen. Jobbade med strålröret, men kunde inte komma igenom pallarna. Strålningsvärmen var hög ibland, men vattenången var inte besvärande och branden gav inga obehagskänslor. Även vid detta försök gjordes ett andra släckangrepp. Det var bra sikt vid inträngning, branden var lätt att slå ner men det gick inte att komma åt. Det var som om branden stått bakom en skärm.
3. (230 l/min, lågtryck) Dålig sikt i början, såg inte ens branden. Den främre stapeln i mitten släcktes snabbt, där var det knappt glöd kvar. Den bakre högra brann häftigast och rasade först, mot långväggen. På vänstersidan var branden inte lika häftig. Slog ner flammorna och släckte av bålet, vattenången kom och sikten försvann. Bröt för att inte vattenången skulle bli för svår, varpå lågorna kom igen. Släckeffekten var dock bättre än vid försök 2. Hade man tillåtit förflytta sig från släckpunkten, eller ändra konvinkel, hade branden gått att släcka. Branden går inte att släcka utan att ändra strålbild. Mycket vatten studsade mot de främsta pallarna. Rökdykare 2 fick värmegenomslag i stöveln, annars var värmen värst genom handskarna hos rökdykare 1, som höll strålröret och inte kunde skydda händerna.
4. (115 l/min, lågtryck) Den bakre högra stapeln rasade redan innan inträngning, insatsen för övrigt var precis som tidigare. Sikten var obefintlig och lastpallen som markerar släckpunkten syntes inte, utan rökdykarna var framme vid branden och vände. Endast ett par dm längst ner av staplarna syntes. Kylde uppåt och gick på branden. Sikten förbättrades något. I början gick det bra att kyla flammorna, sämre senare. Lågorna kom alltid tillbaka. Ställningskrig de sista fyra minuterna, ingen släckeffekt alls. Ett av de varmaste försöken, strålningsvärmen var hög och man var tvungen att ligga platt på marken och ha handflatorna uppåt för att skydda handryggen. Upp för att släcka och sedan ner på golvet igen. Värmegenomslag på händerna och överarmarna hos Rökdykare 1 orsakade reträtten. En inträngning till gjordes 1.5 minuter senare, men det tog mindre än en halv minut innan släckningen måste avbrytas av ett kraftigt värmegenomslag.
5. (115 l/min, högtryck) Sämre släckeffekt vid detta försök, kunde aldrig slå ner flammorna. Strålen kom endast igenom halva främre raden av staplar. Vattnet förångades mot första raden av pallar. Svepte från höger till vänster, men när strålen var på ena sidan flammade det upp igen på andra sidan och tvärt om. Värmegenomslag på händer, överarmar och lår gjorde att släckningen avbröts. Inte en chans att släcka.

6. (345 l/min, lågtryck) Det märktes att det var mer vatten vid detta försök. Det var inga problem att kyla i taket, men däremot var det svårt att komma igenom pallarna, det mesta av vattnet fastnade i första pallraden. Flammorna var långa i den bakre pallraden. De gick att slå ner, men kom tillbaka omedelbart. Det blev mer vattenånga och därmed mer värme, åtminstone i början av försöket. Det kändes som om det var för mycket vatten. Det var överkapacitet, men man nådde inte igenom. Vid alla försök utom de med 115 l/min skulle det ha gått att släcka successivt och avancera framåt till pallarna, varifrån släckning skulle kunna göras. Som avslutning öppnades luckorna i taket och man var inte bunden till samma punkt för släckningen, då gick rökdykare 1 runt först till vänster, sedan till höger och släckte alltihop på en minut.

Brandrester

Branden släcktes inte vid något av försöken, men det fanns en ganska stor mängd bränsle kvar då försöken bröts. Vid vissa försök stod delar av de främre staplarna kvar efter den första släckinsatsen. En mycket grov uppskattning av mängden lastpallar kan göras, men säger sannolikt mer om kvalitén på lastpallarna än på släckinsatsen. Vid inget av försöken stod den bakre raden av lastpallar kvar efter första släckinsatsen. När släckförsöken avbröts var mängden glöd i storleksordningen en kubikmeter.

Då släckinsatsen avbröts, såg branden ut enligt följande för de sex försöken:

1. Främre vänstra stapeln intakt. Mellersta främre stapeln rasade utåt i ett tidigt skede och deltog inte i branden.
2. Främre vänstra och mellersta staplarna har endast ytskador, övriga staplar har kollapsat.
3. De främre staplarna i stort sett intakta, de på sidorna har dock säckat ihop några pallhöjder.
4. De tre främre staplarna står kvar, men är bortbrända bakom lastpallarnas mittkloss.
5. Främre vänstra har säckat ihop några pallhöjder och lutar mot mitten, främre mittre och högra staplarna står kvar.
6. De främre staplarna i stort sett intakta, den vänstra lutar dock mot mitten.

Redovisning av mätdata

En sammanfattning av händelserna under försöken ges i Tabell 6, där tidpunkten relativt brandstart visas för några olika händelser. I bilaga 1-6 finns mätdata från de kontinuerliga mätningar som gjordes samlade för de sex försöken. I varje bilaga finns 21 diagram, med innehåll enligt Tabell 7.

Tabell 6. Tidpunkt i sekunder relativt brandstart för olika händelser under försöken.

Försök	1	2	3	4	5	6
Rd 1 log igång	-891	-604	-989	-767	-476	-532
Rd 1 pulsklocka igång	-413	-549	-834	-639	-321	-451
Rd 2 pulsklocka igång	-353	-514	-788	-682	-274	-363
Dator, stoppur och kameror igång	-80	-241	-81	-170	-210	-231
Första stapeln tänds	-3	-4	1	-1	2	-3
Tid för brandstart	0	0	0	0	0	0
Alla sex staplar brinner	39	41	31	27	38	30
Ljus rök ur dörröppning	113	92	111	88	144	64
Röken mörknar och ökar i mängd	333	240	300	320	385	320
Rökdykare in	512	387	401	466	423	415
Rökdykare ut	592	911	995	843	798	962
Rökdykare in en andra gång	805				885	1221
Rökdykare ut igen	860				979	1437
Brandgasventilatorer öppnas	975	1471	1341	1182	1076	1115

Tabell 7. Sammanställning av bilagornas diagram.

1. Hudtemperatur hos rökdykare 1.	15. Gastemperatur vid stapel 8.
2. Textiltemperatur hos rökdykare 1.	16. Gastemperatur vid stapel 9.
3. Puls hos rökdykare 1 och 2.	17. Gastemperatur vid stapel 10.
4. Vattenflöde genom strålröret och total vattenåtgång.	18. Medelgastemperatur i övre delen av rummet (medel av de fyra övre termoelementen i staplarna).
5. Massförändringen på vågplattformen och total last.	19. Medelgastemperatur i nedre delen av rummet (medel av de två nedre termoelementen i staplarna).
6. Strålning från branden.	20. Förstoring av del av diagram 18 (vid släckning).
7. Trycket i brandrummet.	21. Förstoring av del av diagram 19 (vid släckning).
8. Gastemperatur vid stapel 1.	22. Samma som 20 men för andra släckangreppet (endast försök 1).
9. Gastemperatur vid stapel 2.	23. Samma som 21 men för andra släckangreppet (endast försök 1).
10. Gastemperatur vid stapel 3.	
11. Gastemperatur vid stapel 4.	
12. Gastemperatur vid stapel 5.	
13. Gastemperatur vid stapel 6.	
14. Gastemperatur vid stapel 7.	

Vid vissa av försöken uppstod bortfall av data från pulsmätningarna. Kontaktfel mellan pulsklockan och huden visar sig som raka horisontella och vertikala linjer i pulsdigrammen (diagram 3). Någon annan form av kontaktfel eller överslag har uppstått vid mätningar på Rd 1 i försök 3 (diagram 3:3), där den uppmätta pulsen om 210 slag/min ligger över personens maxpuls.

Registreringen av flödesmätaren gick inte igång vid försök 5. Lyckligtvis filmades detta scenario med värmekamera där släckpulserna tydligt kan ses och vattenflödeskurvan kunde därmed rekonstrueras. Diagram 5:4 är alltså återskapat med hjälp av information från tidsangivelsen hos den yttre kameran i kombination med information från IR-kameran. Riktigheten i kurvan kan konstateras genom att detta beräkningssätt gav på litern när samma totalmängd som den totala mängd som faktiskt registrerades av flödesmätaren.

Vid försök 4 skedde eftersläckning med ett annat strålrör med början vid tidpunkterna 1033, 1213 respektive 1693 sekunder. Generellt kan diagrammen över total last (diagram 5), strålning (diagram 6) och temperatur tillsammans visa när eftersläckning skedde.

I försök 1 (bilaga 1) genomfördes två släckning (särredovisade i diagram 1:20-21 respektive 1:22-23). Vid övriga försök genomfördes endast en släckning per försök.

I diagram 5:4 är flödet redovisat till tiden cirka 860 s. Rökdykarna gjorde i anslutning till detta släckangrepp ytterligare inträngning. Detta angrepp bedöms som ointressant ur släcksynpunkt, varför endast hud- och textiltemperatur finns redovisat för denna del i diagram 5:1-2. Samma förhållande gäller för försök 6 där också ett ytterligare angrepp gjordes.

Vid flera av försöken sker mindre eller större ras av lastpallar. Dessa kan identifieras i masskurvan i respektive diagram 5. Det går dessutom att utläsa om raset sker på vågplattformen eller om bränsle landar utanför genom att jämföra kurvan för massförändring och kurvan över total last. Ett tydligt exempel ges i diagram 4:5, där det sker en omfördelning av lasten på plattformen vid cirka 650 s. Vid cirka 430 s och 520 s sker ras där en del bränsle landar utanför plattformen. I diagram 1:5 vid tidpunkten 540 s ses ett liknande ras. Precis vid antändning (under första minuten) är massförändringskurvan instabil vid de flesta försöken. Det beror på att personerna som tände kommit emot vågplattformen.

Temperaturgivarna i brandrummet fungerade tillfredsställande, med undantag för termoelement 7:5, som förmodligen blivit skadat på något sätt och ibland ger rimliga data och ibland inte ger någon relevant signal.

I Tabell 8 visas en sammanställning av rökdykarnas uppmätta kroppstemperaturer. I Tabell 9 och Tabell 10 visar rökdykarnas vikt och vätskebalans under försöken.

Förändringarna i fett- och vattenhalt hos rökdykarna under försöken kan troligtvis förklaras med att vatten frigörs från muskulaturen vid arbete. Det leder till att vattenhalten efter försöken är högre än tidigare trots att ingen vätska tagits upp mellan mätningarna. Då muskulaturen innehåller mindre vatten efter försöken, ändras ljusreflektionen från den fettfria massan och den fettfria viktens andel av totalvikten blir högre. Därmed minskar den uppskattade fetthalten, i en omfattning som förmodligen inte överensstämmer med de verkliga förändringarna i fetthalten.

Tabell 8. Kroppstemperatur hos rökdykarna.

Dag	Tid	Kroppstemp, Rd1 [°C]	Kroppstemp, Rd2 [°C]	Anmärkning
990601	08:00	36.1		
- " -	09:00	36.4		
- " -	10:00	36.2		
- " -	11:00	36.6		
- " -	11:30	36.4	37.1	Innan försök 1
- " -	12:10	36.6	36.9	Efter försök 1
- " -	15:00	36.6		
- " -	15:50	36.8		
- " -	16:20		36.9	Innan försök 2
- " -	17:15	38.1	37.7	Efter försök 2
990602	09:00	36.2		
- " -	09:40	36.8	36.7	Innan försök 3
- " -	10:40	37.9	37.3	Efter försök 3
- " -	12:00	36.5		
- " -	13:35	36.7		
- " -	14:10	36.8	36.6	Innan försök 4
- " -	14:55	37	37	Efter försök 4
- " -	16:00	37.2	36.8	
990603	08:40	36.4		
- " -	09:25	36.5	36.7	Innan försök 5
- " -	10:20	37.6	36.7	Efter försök 5
- " -	11:15	35.6	36.7	
- " -	13:20	36.8	36.9	Innan försök 6
- " -	14:05	37.8	37.4	Efter försök 6

Tabell 9. Kroppsmätningar för rökdykare 1.

Dag	Tid	Vikt [kg]	Fetthalt [%]	Vattenhalt [%]	Anmärkning
990601	08:25	80.0	22.1	58.6	
- " -	11:30	80.6	20.5	59.7	Innan försök 1
- " -	12:20	80.0	20.4	59.7	Efter försök 1
- " -	15:50	80.7	22.8	58.2	Innan försök 2
- " -	17:25	80.1	20.1	59.9	Efter försök 2
990602	09:25	80.2	23.4	57.8	Innan försök 3
- " -	10:45	79.8	21.8	58.8	Efter försök 3
- " -	14:10	80.9	23.8	57.5	Innan försök 4
- " -	14:55	80.6	20.1	59.9	Efter försök 4
- " -	16:00	80.1	21.4	59.1	
990603	08:40	80.4	23.4	57.8	Innan försök 5
- " -	10:20	80.1	20.5	59.7	Efter försök 5
- " -	11:15	80.1	20.8	59.5	
- " -	13:20	81.0	22.6	58.3	Innan försök 6
- " -	14:25	80.3	20.3	59.8	Efter försök 6

Tabell 10. Kroppsmätningar för rökdykare 2.

Dag	Tid	Vikt [kg]	Fetthalt [%]	Vattenhalt [%]	Anmärkning
990601	08:50	98.0	25.2	56.6	
- " -	11:30	97.0	24.0	57.4	Innan försök 1
- " -	12:20	96.4	24.4	57.1	Efter försök 1
- " -	16:20	97.0	25.0	56.8	Innan försök 2
- " -	17:25	96.2	21.9	58.8	Efter försök 2
990602	09:40	96.8	24.8	56.9	Innan försök 3
- " -	10:45	96.6	22.2	58.6	Efter försök 3
- " -	14:10	97.0	23.9	57.5	Innan försök 4
- " -	14:55	96.8	22.3	58.5	Efter försök 4
- " -	16:00	96.2	23.8	57.5	
990603	09:20	95.8	24.1	57.3	Innan försök 5
- " -	10:10	95.6	23.2	57.9	Efter försök 5
- " -	11:15	95.8	23.3	57.9	
- " -	13:15	96.8	24.6	57.0	Innan försök 6
- " -	14:10	96.2	22.0	58.7	Efter försök 6

Diskussion

Försöksuppställning

Vid den här typen av försök uppstår en rad problem och potentiella felkällor. Genom att tidigt ta hänsyn till sådana tänkbara problem och problemkällor och även en rad mindre troliga, kan ett visst utrymme skapas för att hantera dessa. De problem som kan uppstå är främst förknippade med lokalen som sådan, bränslets beskaffenhet, mänsklig inverkan, mätutrustningens prestanda samt tillgången till resurser, både materiellt men främst i fråga om tid till förfogande under försökens genomförande. Vid försökens planering och genomförande var vi medvetna om dessa problem, och hänsyn togs till dessa i största möjliga mån.

Ett av de mer grundläggande problemen berör lokalens storlek och geometri. Detta påverkar såväl försöksuppställning som släckinsatsens genomförande. Eftersom syftet var att studera brand och brandsläckning i stor lokal, fanns i realiteten endast en lokal att tillgå i Sverige, den som valdes för försöken. Valet av lokal styrs också av hur behoven av service, mat och boende kan lösas praktiskt.

På grund av lokalens storlek, är det svårt eller rent av omöjligt att placera den inomhus, varför väder och vind är påverkande faktorer. Under hela försöksveckan var väderförhållandena mycket gynnsamma, med i stort sett vindstilla, klar himmel/lätt molnighet och runt 20°C varje dag.

De stora mängder bränsle som krävdes vid försöken, medförde att träpallar valdes. Dessa har fördelen att de är standardiserade i storlek, billiga, lättillgängliga och lätta att hantera. Trä är dessutom ett material som är allmänt förekommande inom till exempel industrin och det betar sig relativt förutsägbart vid brand. Brandförloppet påverkas i stor utsträckning av bland annat träets fukthalt. Allt bränsle lagrades dock på samma plats under relativt lång period, vilket gjorde att fukthalten i träet var lika och relativt låg i allt bränsle.

Eftersom det ingick i förutsättningarna för försöken att situationen skulle efterlikna en verklig släckinsats, valde vi att använda operatörsberoende släckning. En rökdykare hanterade strålrören och genomförde släckningen utifrån sin egen bedömning och sitt kunnande. Detta förfarande kan givetvis medföra problem med att jämföra de olika försöken i serien, att jämföra serien med andra försöksserier samt också med repeterbarheten. Problemen minimerades med restriktioner för rökdykaren vad gäller val av position för angreppet, släckvattenflöde och konvinkel. Samma rökdykare användes också vid alla försök och instruktionen var att genomföra samtliga försök så lika som möjligt.

Samtidigt innebär rökdykarens restriktioner att hans förmåga och utrustningens prestanda inte utnyttjas fullt ut, vilket de skulle gjort vid en verklig släckinsats. I rökdykarnas kommentarer efter insatsen bedömer de följaktligen att de skulle kunnat släcka branden vid 230 l/min i flöde eller mer, om de bara fått ändra konvinkel eller inta annan släckposition. Mot detta kan anföras att det inte alltid är möjligt att nå ända in på branden vid verkliga

bränder heller och att lagringssätt eller annat kan göra det omöjligt att nå runt den. Dessutom ålades även branden vissa begränsningar. Bränslet utgjordes av 78 lastpallar, varken mer eller mindre och den gavs ingen möjlighet att sprida sig eller att utveckla sig till den fullt utvecklade rumsbrand som det i många verkliga fall skulle ha blivit.

Fältmässiga mätningar ställer alltid speciella krav på mätuppställning och val av mätutrustning. Mätuppställningen måste många gånger anpassas till lokalens geometri. Till exempel så kan öppningar för genomföringar vara svåra att skapa och man är hänvisad till de öppningar som finns. Vidare måste mätutrustningen vara dimensionerad för att användas i fält. Viss robusthet bör eftersträvas, även om utrustningen skyddas så mycket som möjligt. Dessutom tillkommer problemet att försöken som sådana påverkar utrustningens miljö negativt, med exempelvis hög temperatur och kraftig strålning. Den utrustning där dessa problem tycks ha orsakat förlust av mätdata är endast vad gäller de kroppsnära mätningarna på rökdykarna.

Tiden till förfogande för försöken var begränsad, medan det fanns ett visst minsta antal försök som vi ville genomföra för att erhålla erforderlig mätdata. Brandens storlek och lokalens beskaffenhet gav en hög temperaturbelastning på såväl mätutrustning som på personal. Viss tid krävdes mellan försöken för återhämtning, rensning av brandrester och laddning av nytt bränsle samt kalibrering och kontroll av mätutrustningen.

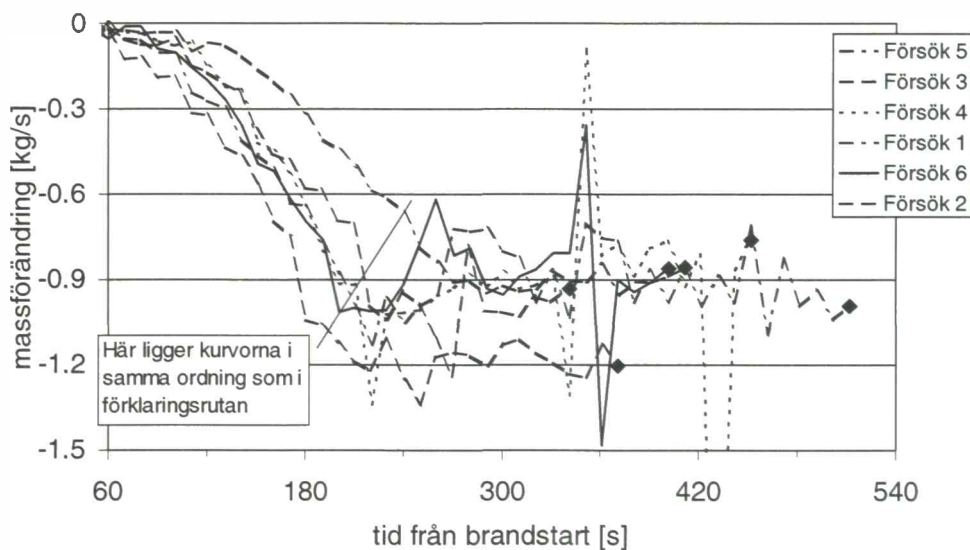
Mätnoggrannhet

Mätnoggrannheten för de i mätutrustningen ingående komponenterna finns redovisad i Tabell 2 på sidan 14. Vid brandförsök av den här storleken går det dock att ifrågasätta mätnoggrannheten. Redan vid försök i liten skala innehåller fenomenet brand så stora naturliga fluktuationer att det många gånger kan vara svårt att skilja dessa från mätutrustningens noggrannhet. När skalan ökas, blir fluktuationerna än mer tydliga. Med ledning av sammanställningen över mätutrustningens noggrannhet och vid jämförelser mellan resultaten från de sex försöken, sluter vi oss dock till att mätnoggrannheten var så god som den går att få.

Brandutveckling

Försöken uppvisar god repeterbarhet vilket framgår av massavbrinningen, som visas i Figur 15. Observera att tidsskalan inte är justerad i sidled utan att alla kurvor börjar vid brandstarten för respektive försök. Antändning med tretexskiva indränkt i diesel gav med andra ord en reproducerbar antändningskälla, som dessutom visade sig vara lätthanterlig och säker.

Bränderna har en tillväxtfas som inte uppvisar några större skillnader, vilket är anmärkningsvärt med tanke på skalan i försöksuppställningen. Det får tillskrivas standardiseringen av bränslet, om massavbrinningen normeras mot bränsleytan, blir skillnaderna mellan försöken mindre. Massavbrinningen när branden nått full effekt varierar mellan 0.8 och 1.2 kg/s. Då släckning påbörjas ligger massförlusten i medeltal på 0.9 kg/s.



Figur 15. Massförändringen fram till släckinsatsen påbörjas för de sex försöken. Punkterna anger start för släckningen.

En uppskattning av effektutvecklingen vid de olika experimenten framgår av Tabell 11. I tabellen finns två värden för varje experiment. Det första anger värdet vid kulmen, då exempelvis rumstemperaturen nått sitt högsta värde innan den minskar och stabiliserar sig på en lägre nivå. Det andra värdet anger värdet då släckinsatsen påbörjas. Brandens effektutveckling $\dot{q}$ [MW] kan uppskattas då massförlusten mättes, genom uttrycket

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot \Delta h_{c,eff} ,$$

där $\dot{m}$ [kg/s] är massförlusten och $\Delta h_{c,eff}$ [MJ/kg] är förbränningsvärmets för trä, som här har satts till 17 MJ/kg, vilket ger en konservativ uppskattning av brandeffekten.

Bränslets avbrinningshastighet, alltså massförlusten delat med den exponerade bränsleytan, redovisas också i tabellen. Vid kulmen var avbrinningen i medeltal 5.8 g/m²s och då släckinsatsen startade var avbrinningshastigheten 5.2 g/m²s. Massavbrinningen per ytenhet är liten, vilket förklaras av att beräkningen förutsätter att hela bränsleytan deltar i branden. I realiteten deltog inte de nedersta pallarna fullständigt i branden, vilket innebär att den verkliga massavbrinningshastigheten bör vara högre.

Tabell 11. Effektutvecklingens och avbrinningshastighetens värde vid brandens kulmen och värdet när släckinsatsen påbörjas.

Försök	Bränsleyta [m ²]	Tid från brandstart [s]	Massförändring [kg/s]	Uppskattad brandeffekt [MW]	Avbrinningshast. [g/m ² s]
1 (kulmen)	185	230	-1.01	17.2	5.5
2 (kulmen)	198	241	-1.25	21.3	6.3
3 (kulmen)	179	260	-1.10	18.7	6.1
4 (kulmen)	172	251	-1.01	17.2	5.9
5 (kulmen)	172	291	-0.93	15.8	5.4
6 (kulmen)	172	210	-1.00	17.0	5.8
medel (kulmen)	180	247	-1.05	17.9	5.8
1 (släckstart)	185	512	-0.99	16.9	5.4
2 (släckstart)	198	371	-1.20	20.5	6.1
3 (släckstart)	179	341	-0.93	15.9	5.2
4 (släckstart)	172	452	-0.76	12.9	4.4
5 (släckstart)	172	412	-0.86	14.6	5.0
6 (släckstart)	172	402	-0.86	14.6	5.0
medel (släckstart)	180	415	-0.93	15.9	5.2

För att undersöka giltigheten hos alternativa metoder för bedömning av effektutveckling görs ytterligare en uppskattning. Effektutvecklingen från staplade lastpallar kan uppskattas med hjälp av följande uttryck som är ett empiriskt framtaget ur data från fribrinnande staplar med lastpallar [5]:

$$\dot{q} = A \cdot 0.97(1 + 2.14 \cdot h_c)(1 - 0.027M)$$

där A [m²] är stapelns golvyta och h_c [m] dess höjd samt M [%] är fuktnnehållet. Med insatta värden för de sex staplar med lastpallar som användes vid försöken kan brandeffekten uppskattas till:

$$\dot{q} = 6 \cdot (1.2 \cdot 0.8) \cdot 0.97(1 + 2.14 \cdot 1.85)(1 - 0.027 \cdot 14) \text{ MW} = 17 \text{ MW}$$

Överslagsformeln ger alltså ett i stort sett samstämmigt resultat med beräkningarna i Tabell 11, som är baserade på massförlusten.

Referenser

1. Lundström, Sören, Svensson, Stefan, *Försök med högtrycks-brandsläckning*, Räddningsverket, P21-196/97, 1997.
2. Svensson, Stefan, Lundström, Sören, "Live fire tests on suppression of post-flashover fires using manually applied high and low pressure water sprays" *Conference Proceedings of the Eighth International Interflam Conference*. Interscience communications, London, 1999, sid.47 - 57.
3. Särdaqvist, Stefan, *Manuell brandsläckning med vatten*, Brandteknik, LTH, Report 3106, 1999
4. HMSO, *Fire Research 1955, Report of the Fire Research Board with the report of the director of fire research for the year 1955*, Department of Scientific and Industrial Research and Fire Offices' Committee, Her Majesty's Stationary Office, London, 1955, sid 38-39.
5. Babrauskas, Vytenis "Burning Rates", *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2nd ed.*, ed. P.J. diNenno, NFPA, 1995, ch 3-1

Bilaga 1; försök 1, lågtryck, 230 l/min

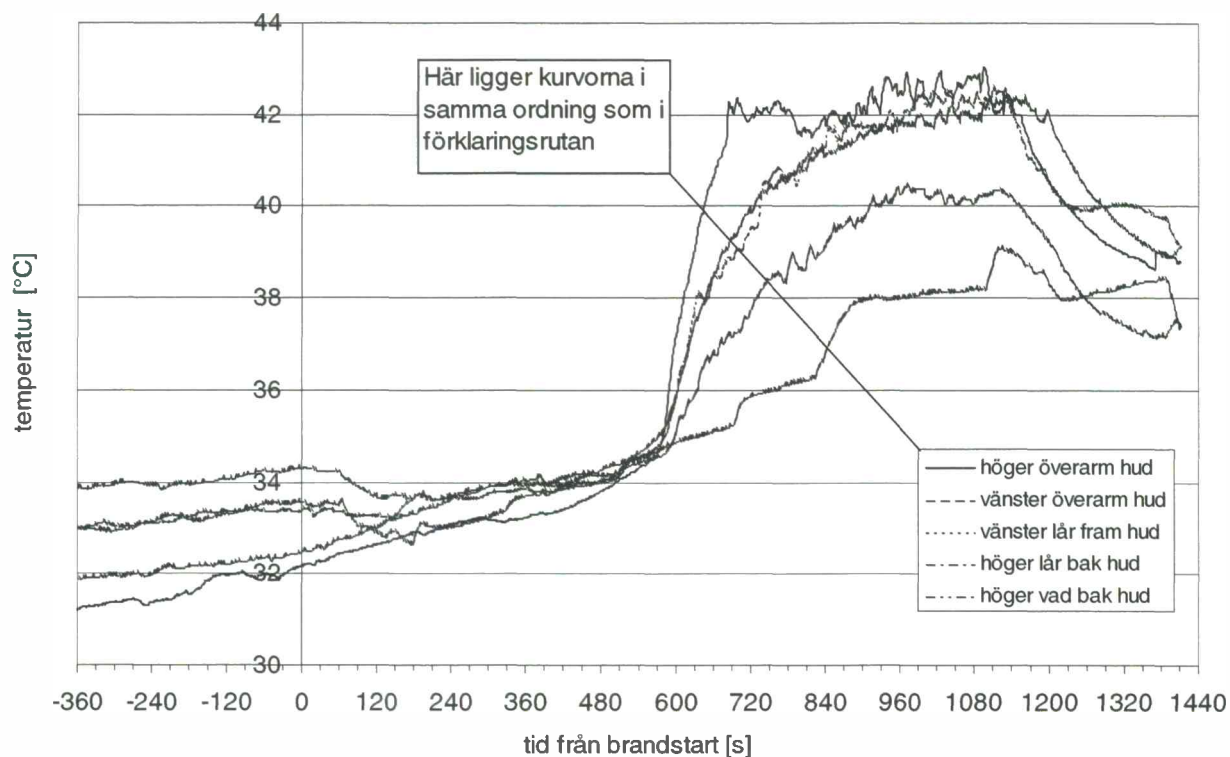


diagram 1:1; hudtemperatur hos rökdykare 1

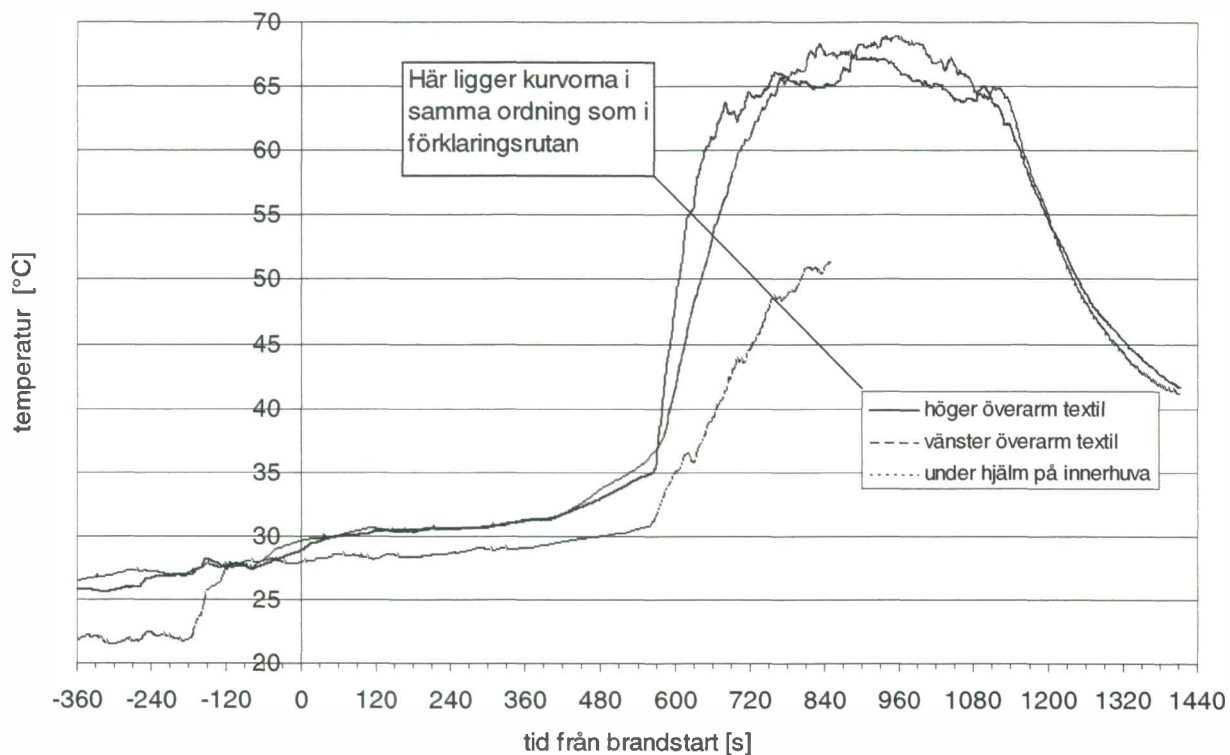


diagram 1:2; textiltemperatur hos rökdykare 1

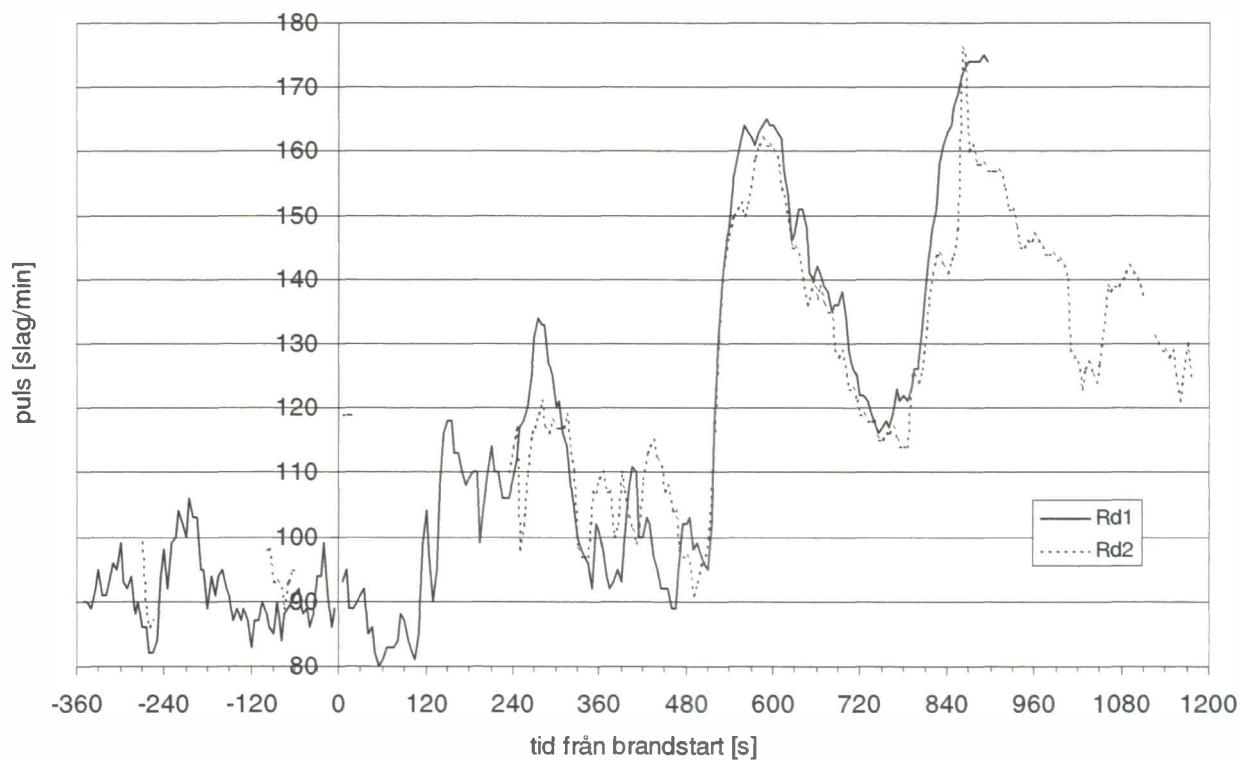


diagram 1:3; puls hos rökdykare 1 (Rd1) och rökdykare 2 (Rd2)

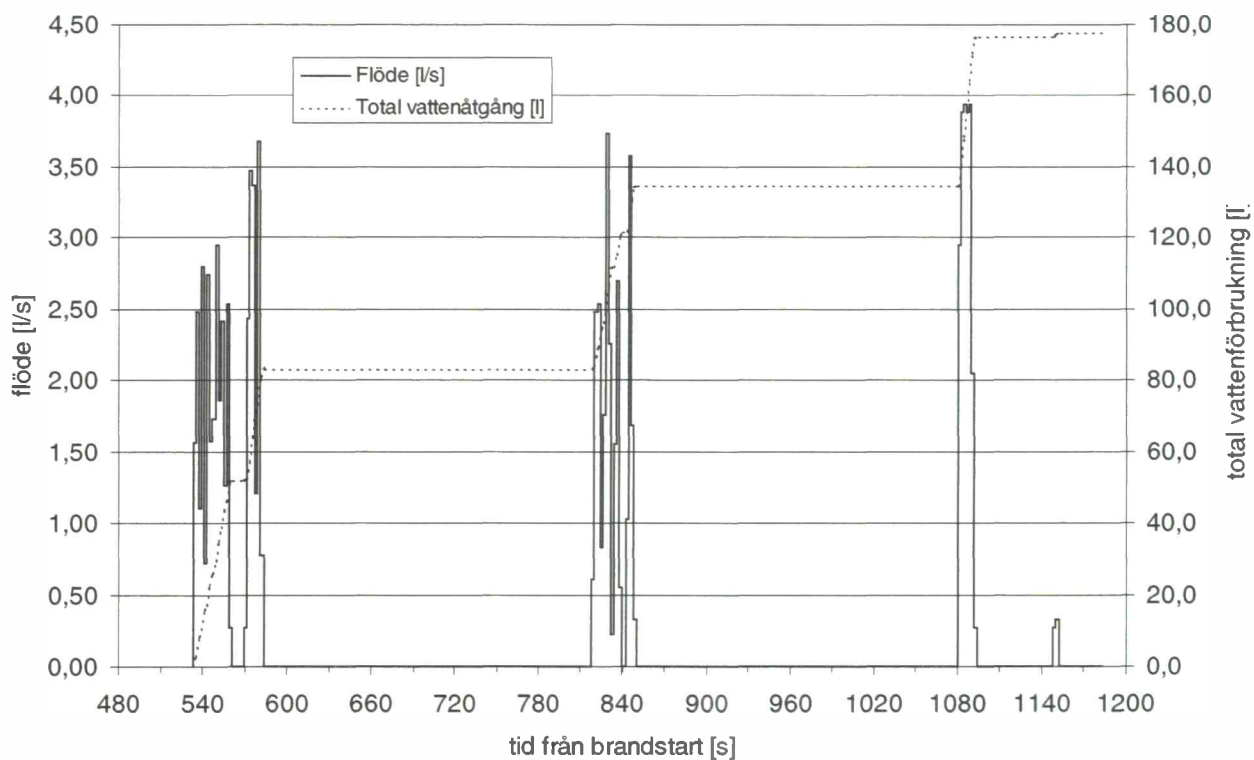


diagram 1:4; flöde samt ackumulerad vattenförbrukning

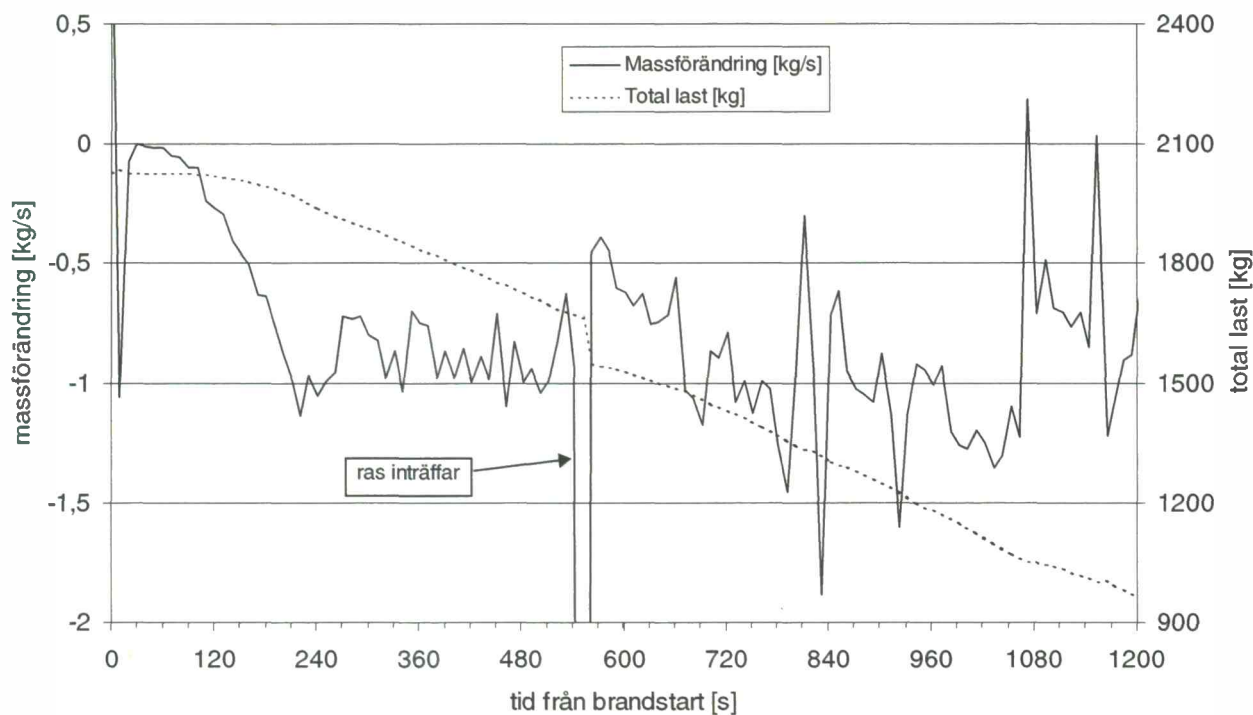


diagram 1:5; massförändring hos bålet samt total last

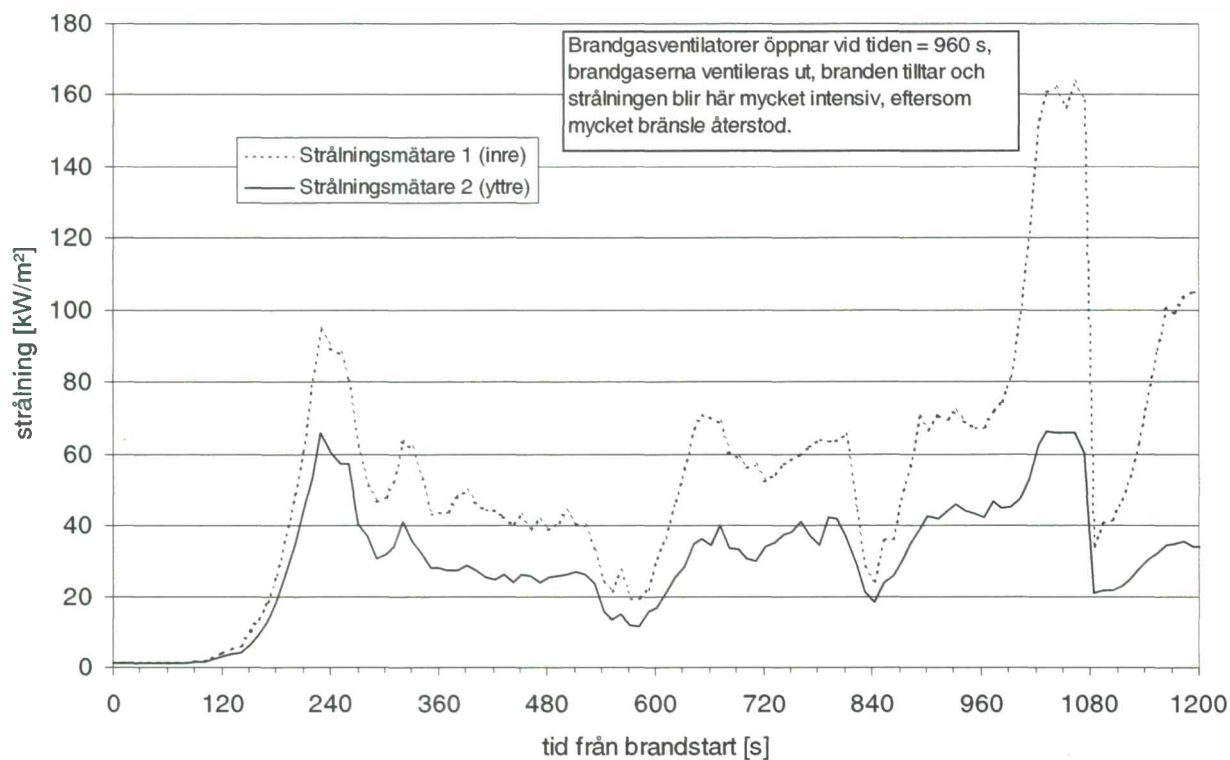


diagram 1:6; strålning

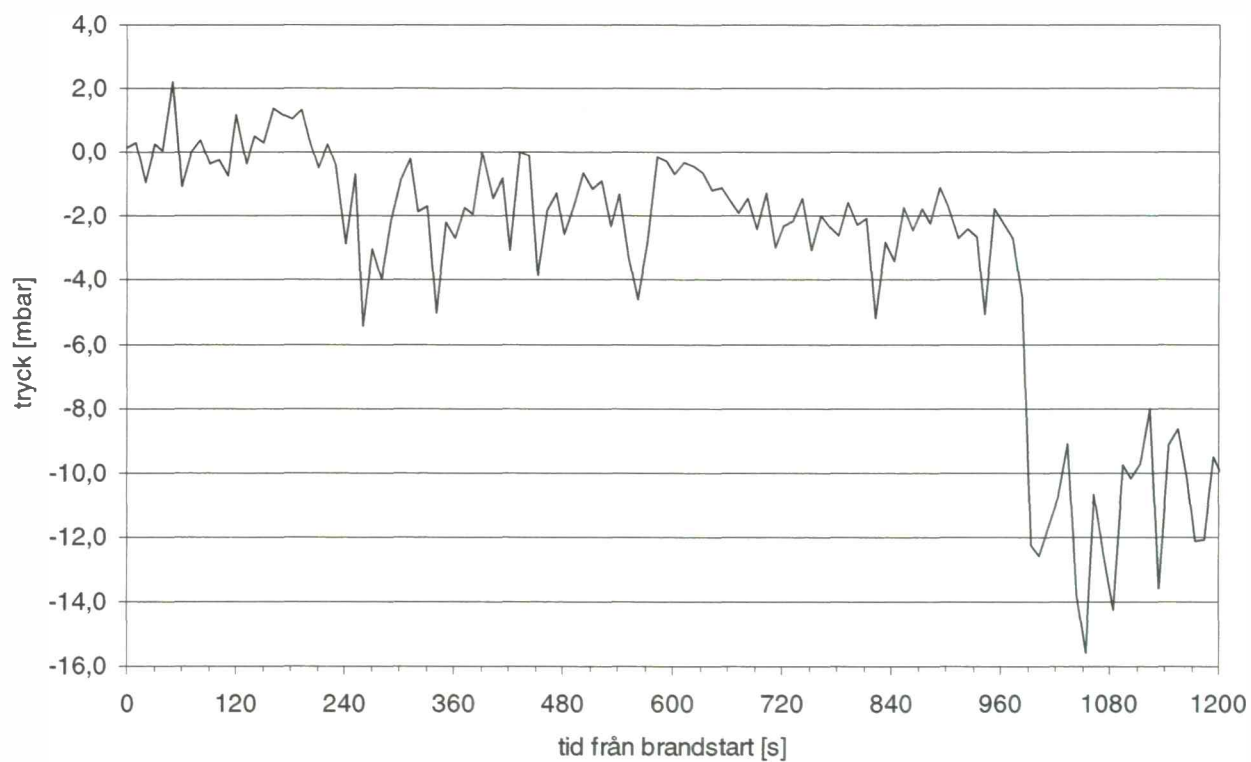


diagram 1:7; tryck i brandrummet

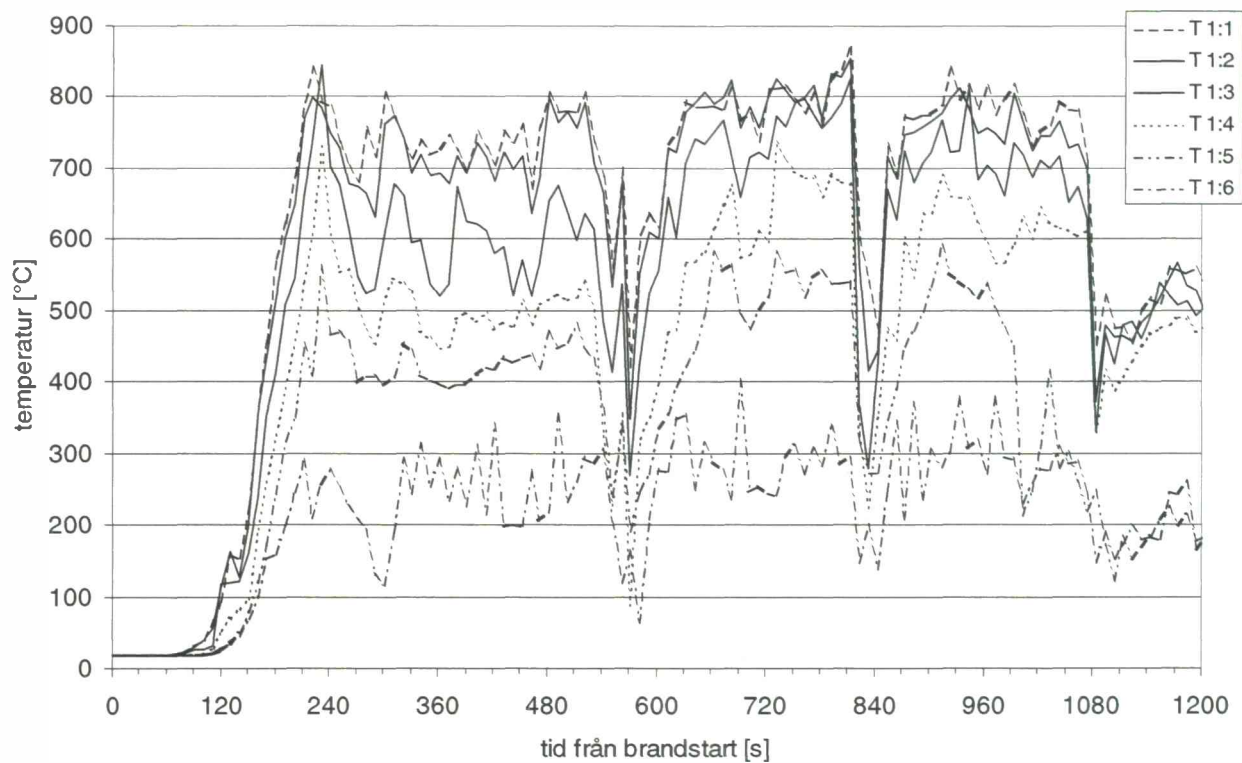


diagram 1:8; temperatur, stapel nr T1

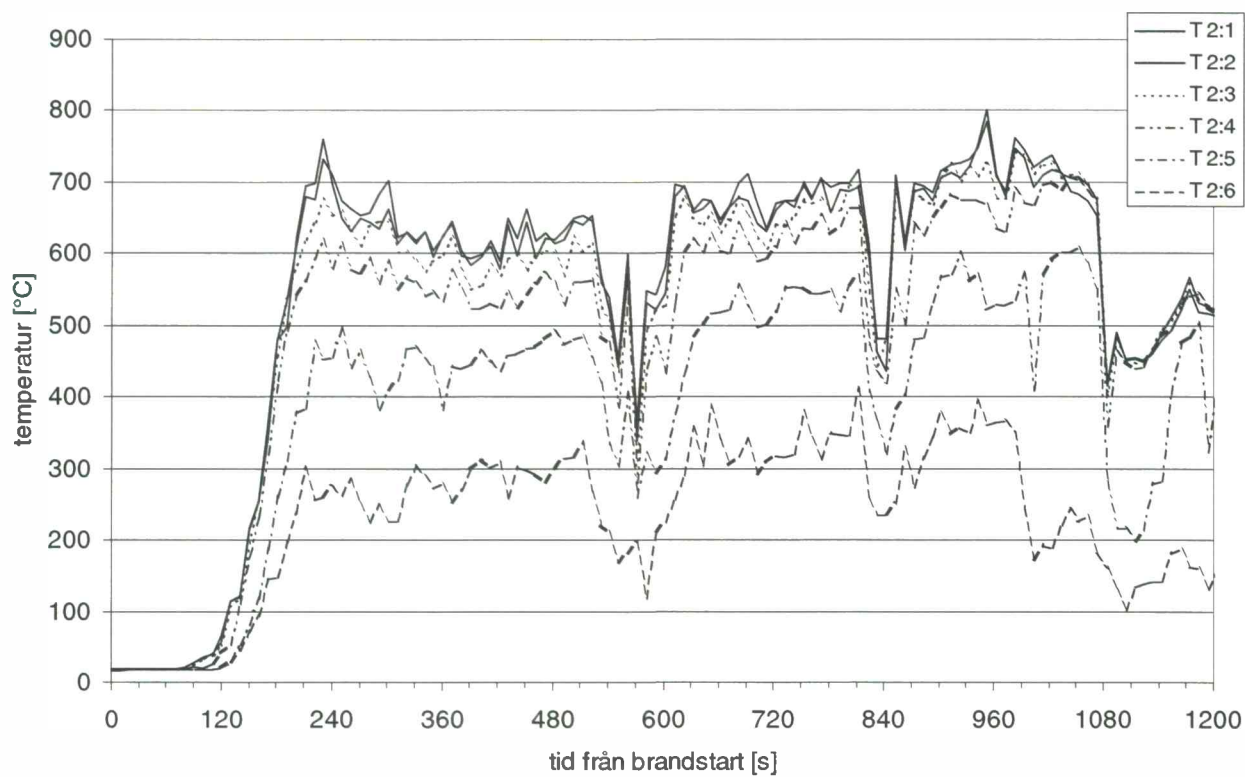


diagram 1:9; temperatur, stapel nr T2

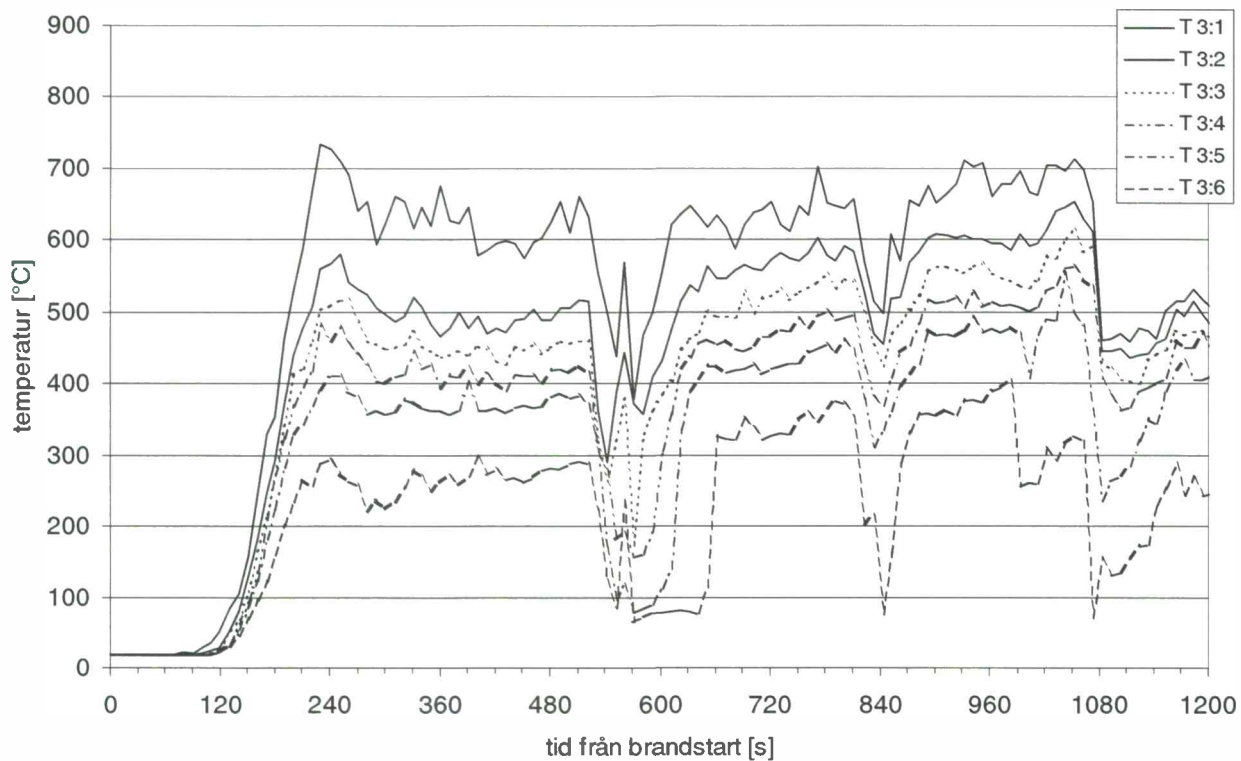


diagram 1:10; temperatur, stapel nr T3

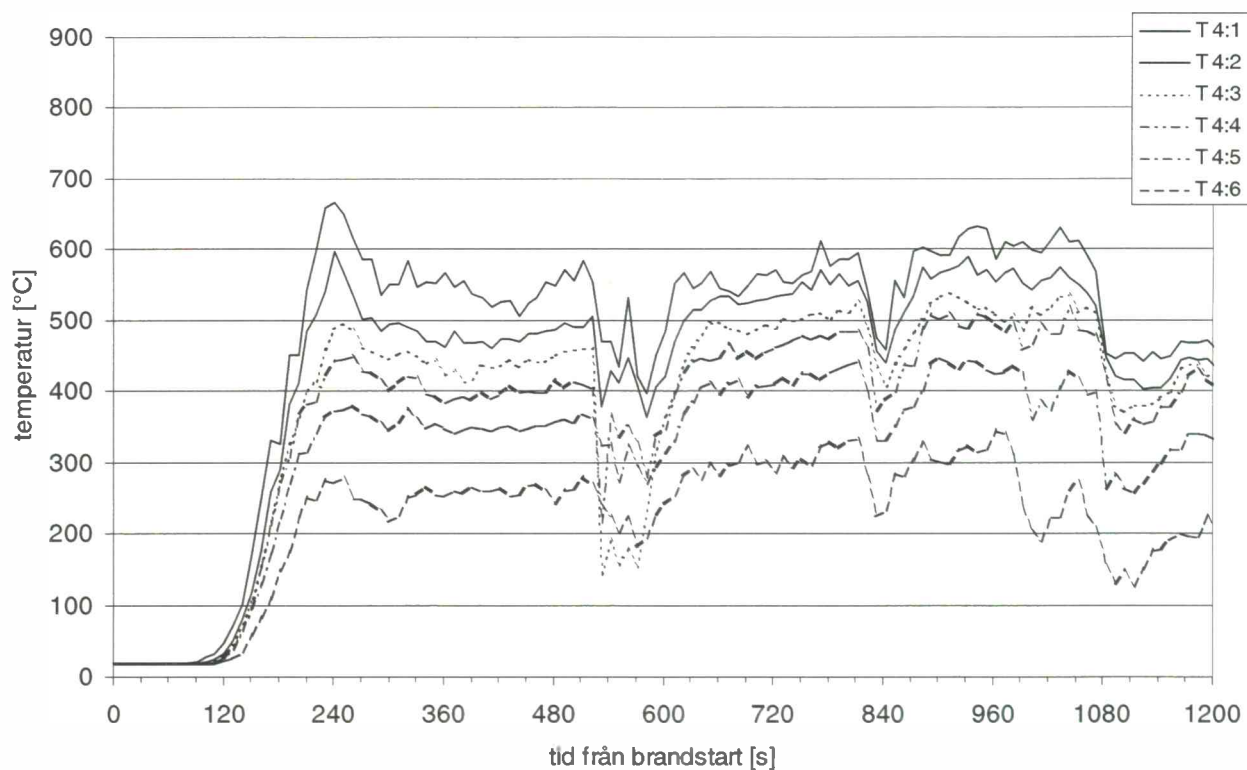


diagram 1:11; temperatur, stapel nr T4

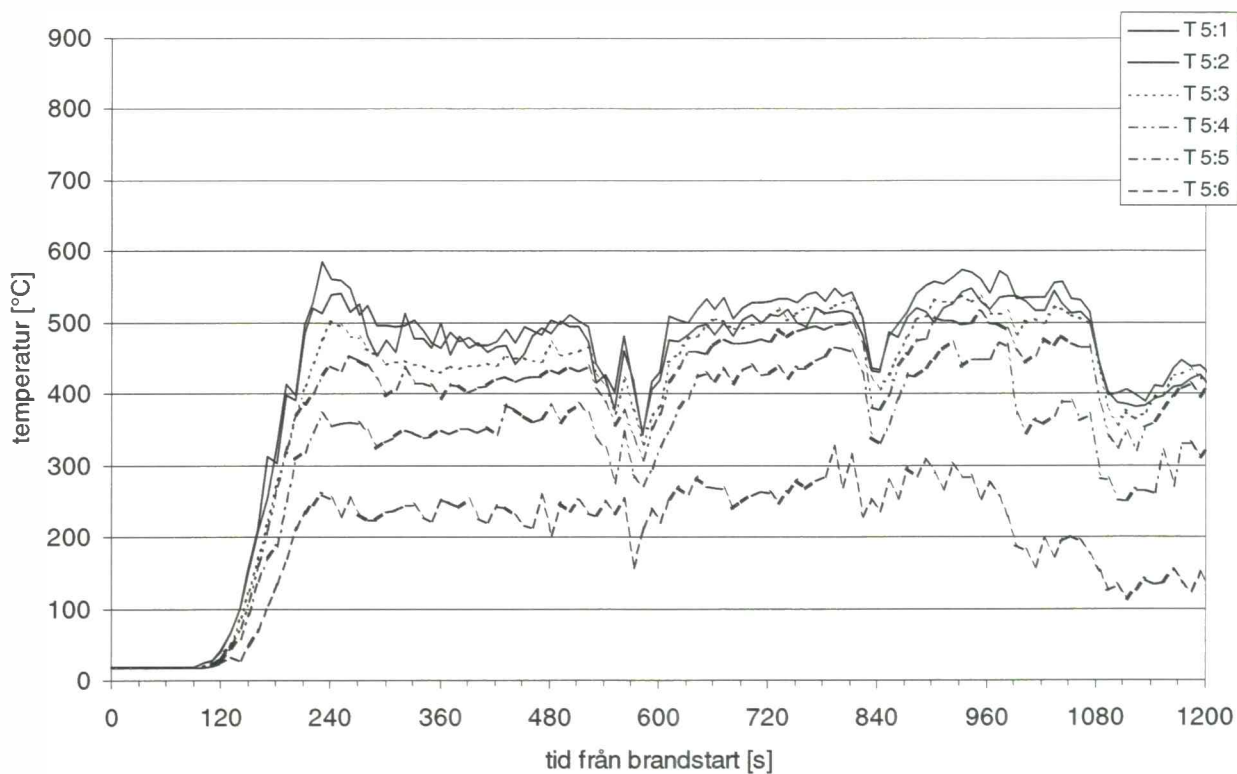


diagram 1:12; temperatur, stapel nr T5

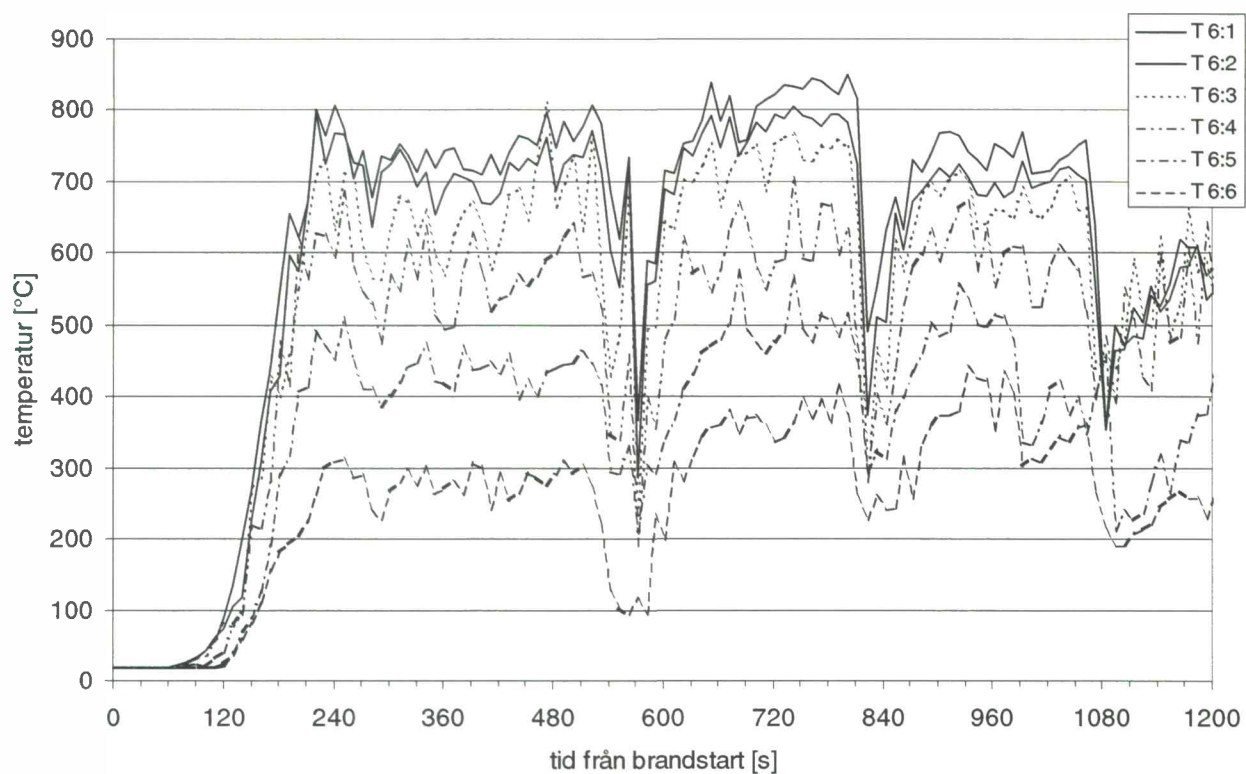


diagram 1:13; temperatur, stapel nr T6

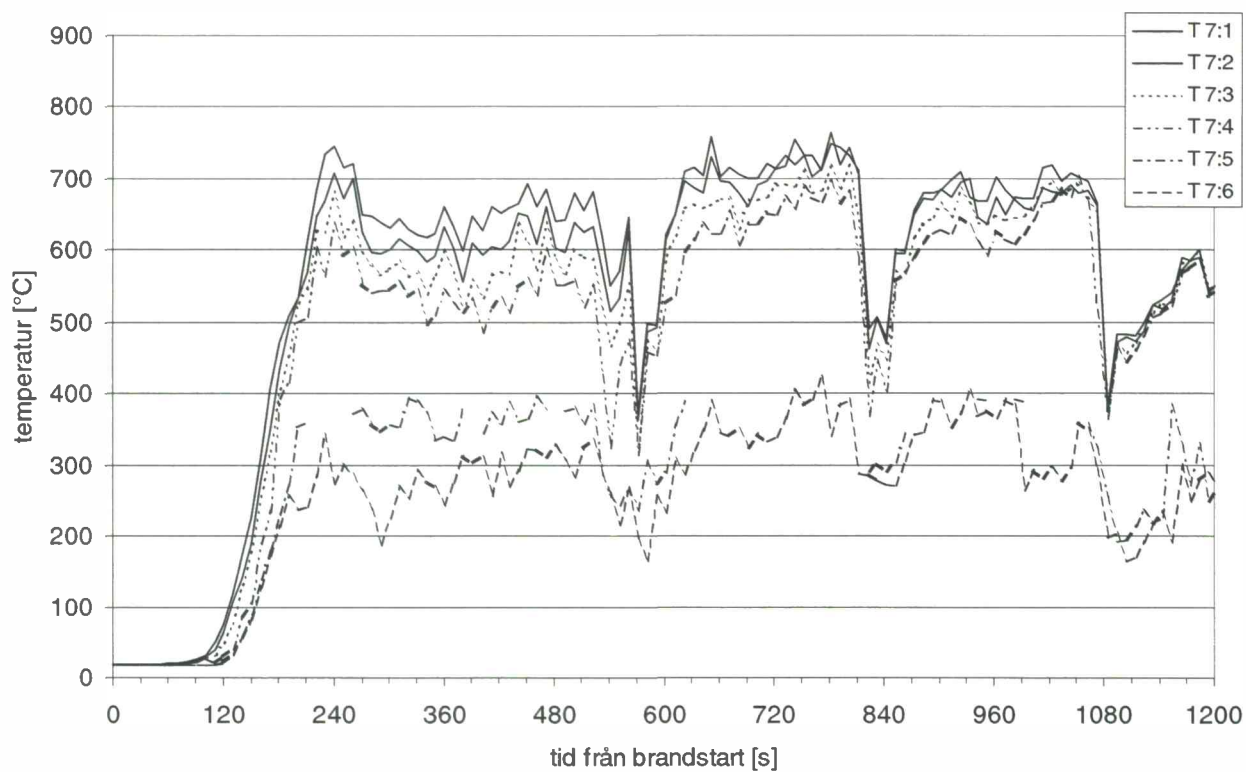


diagram 1:14; temperatur, stapel nr T7

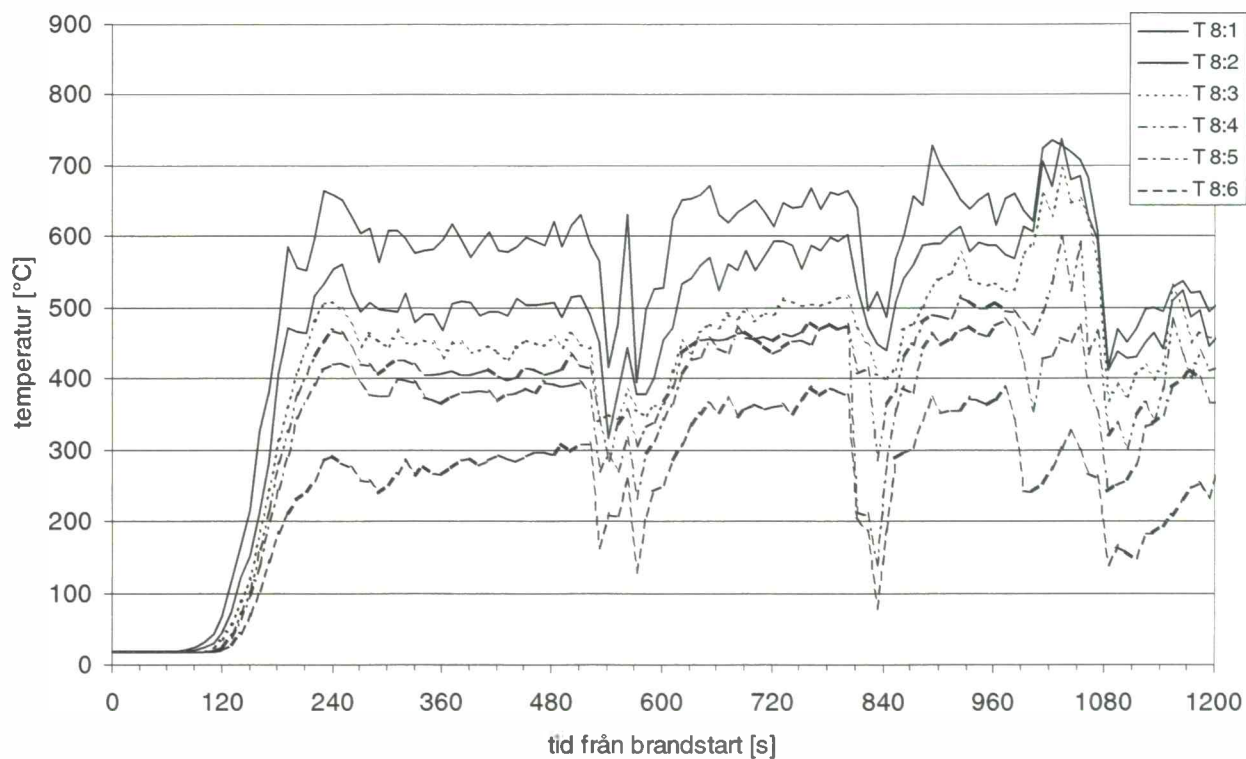


diagram 1:15; temperatur, stapel nr T8

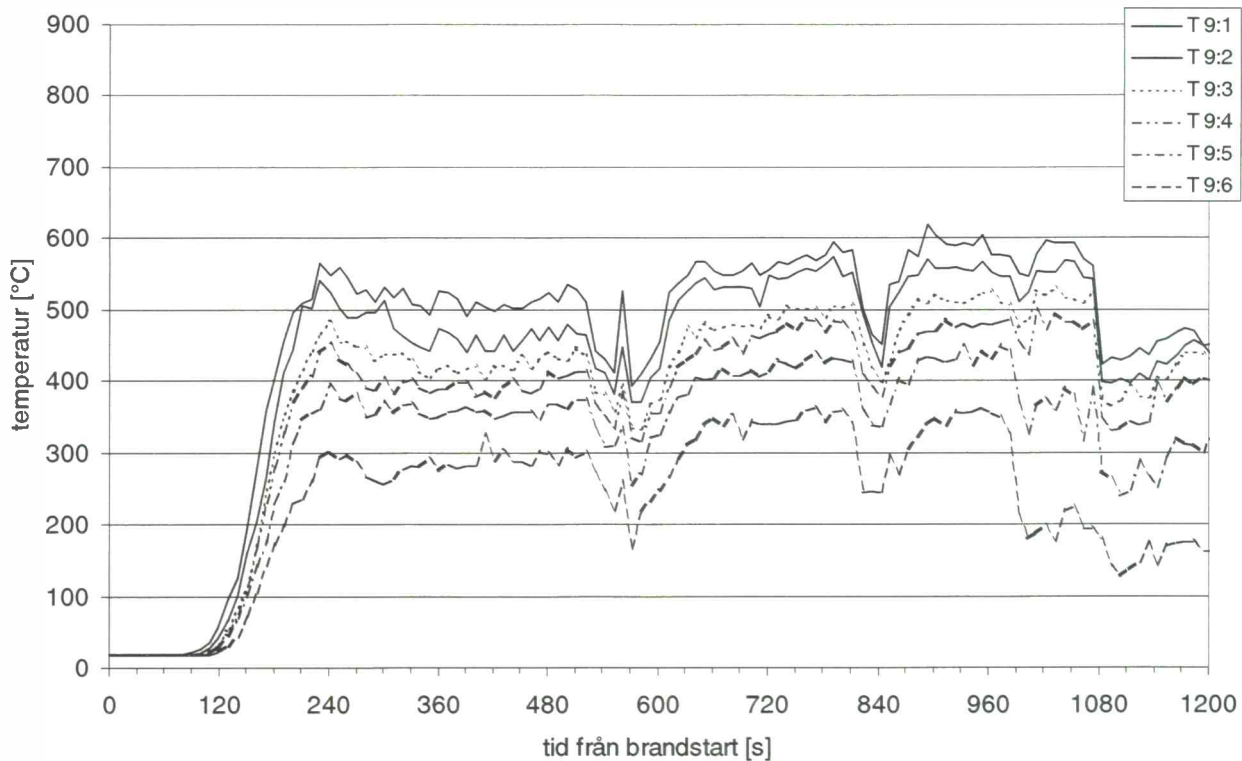


diagram 1:16; temperatur, stapel nr T9

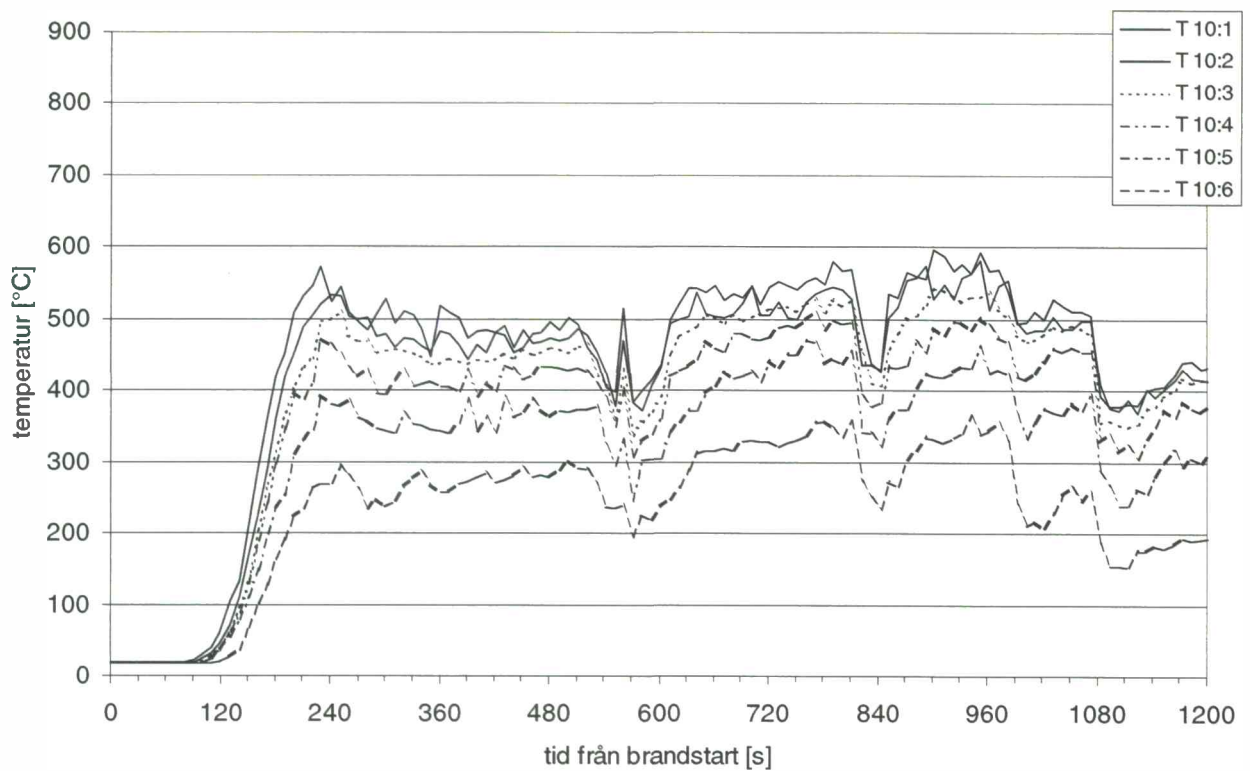


diagram 1:17; temperatur, stapel nr T10

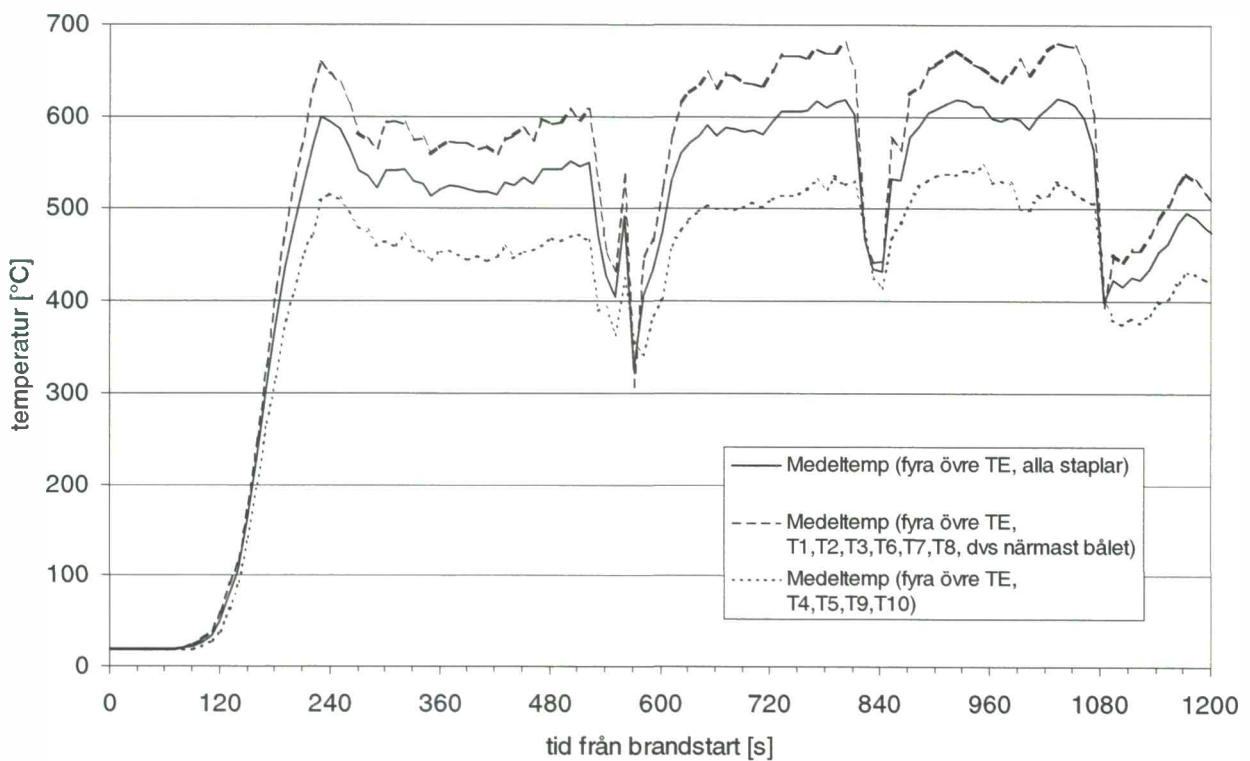


diagram 1:18; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter

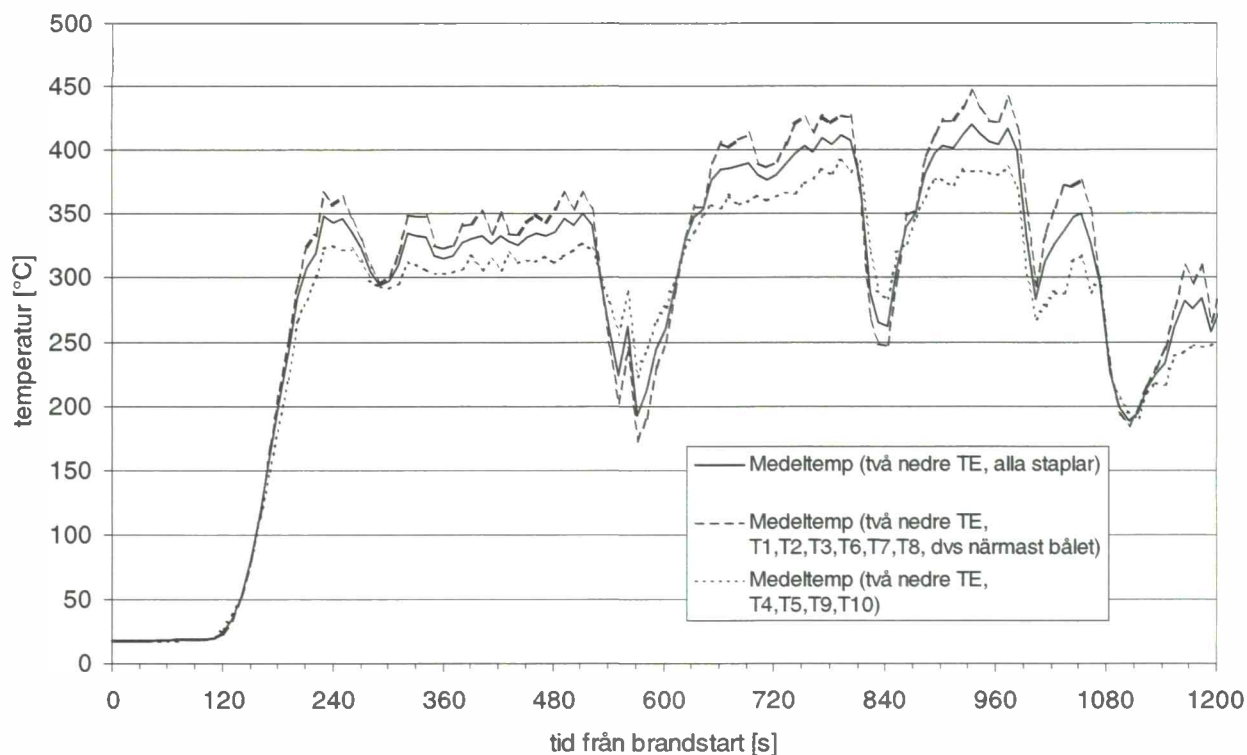


diagram 1:19; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter

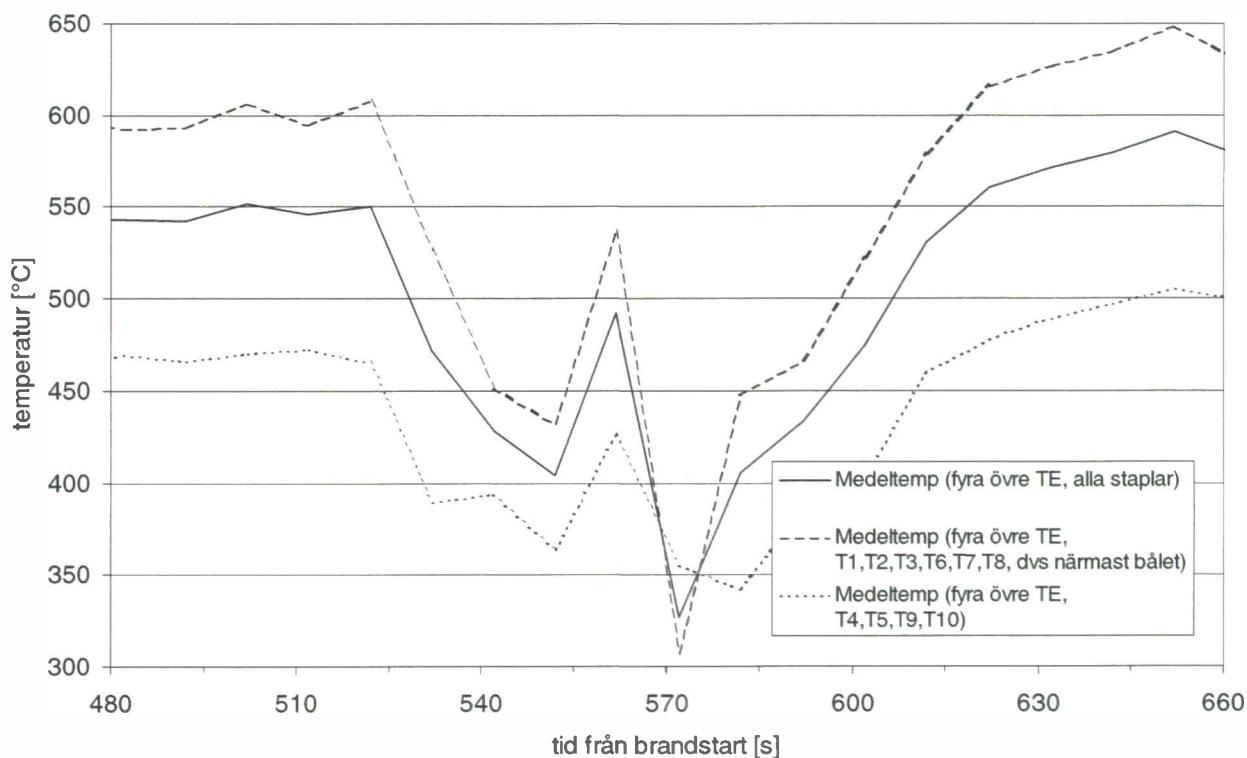


diagram 1:20; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcktilfälle 1

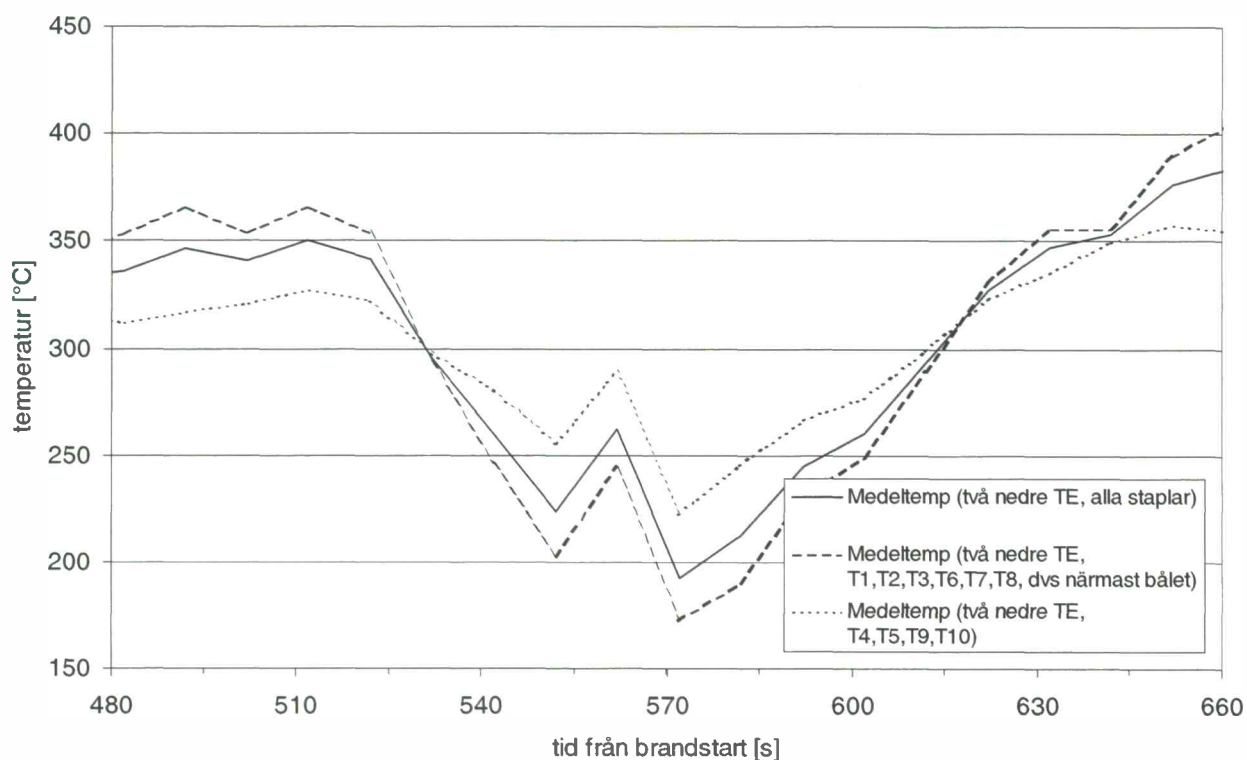


diagram 1:21; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktilfälle 1

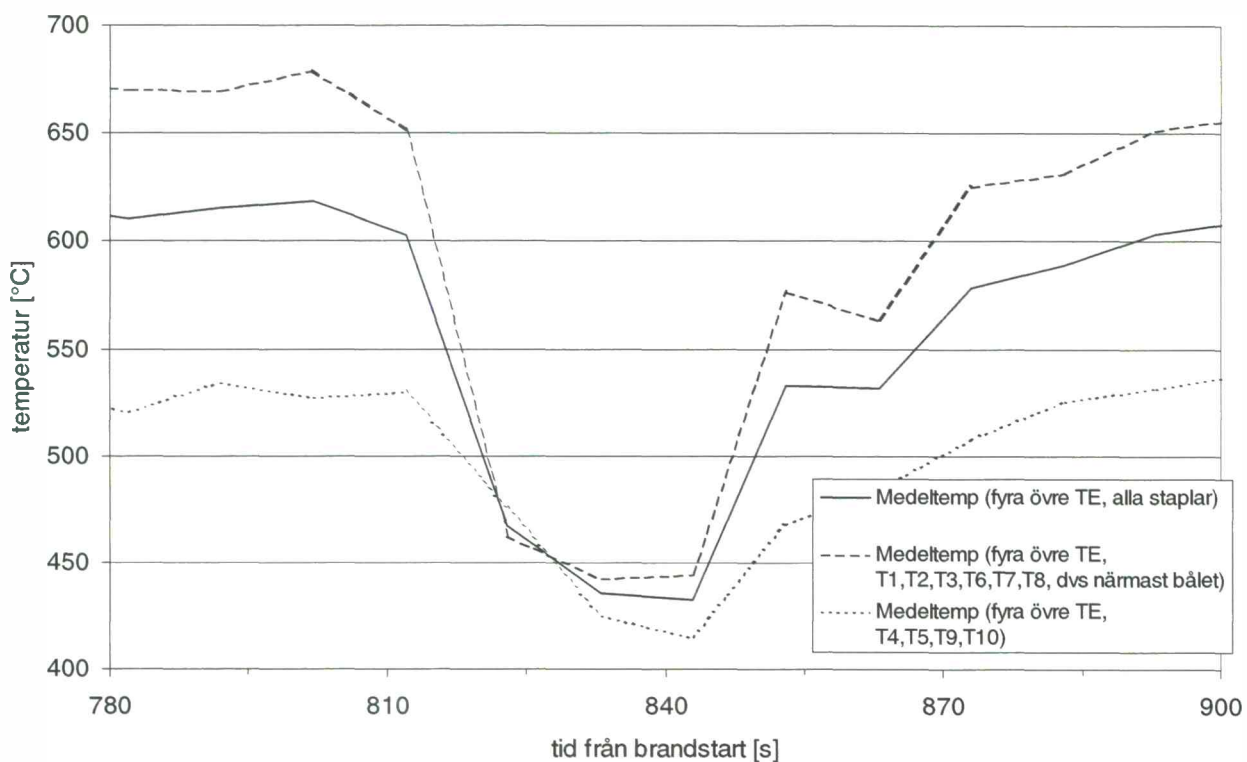


diagram 1:22; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcktilfälle 2

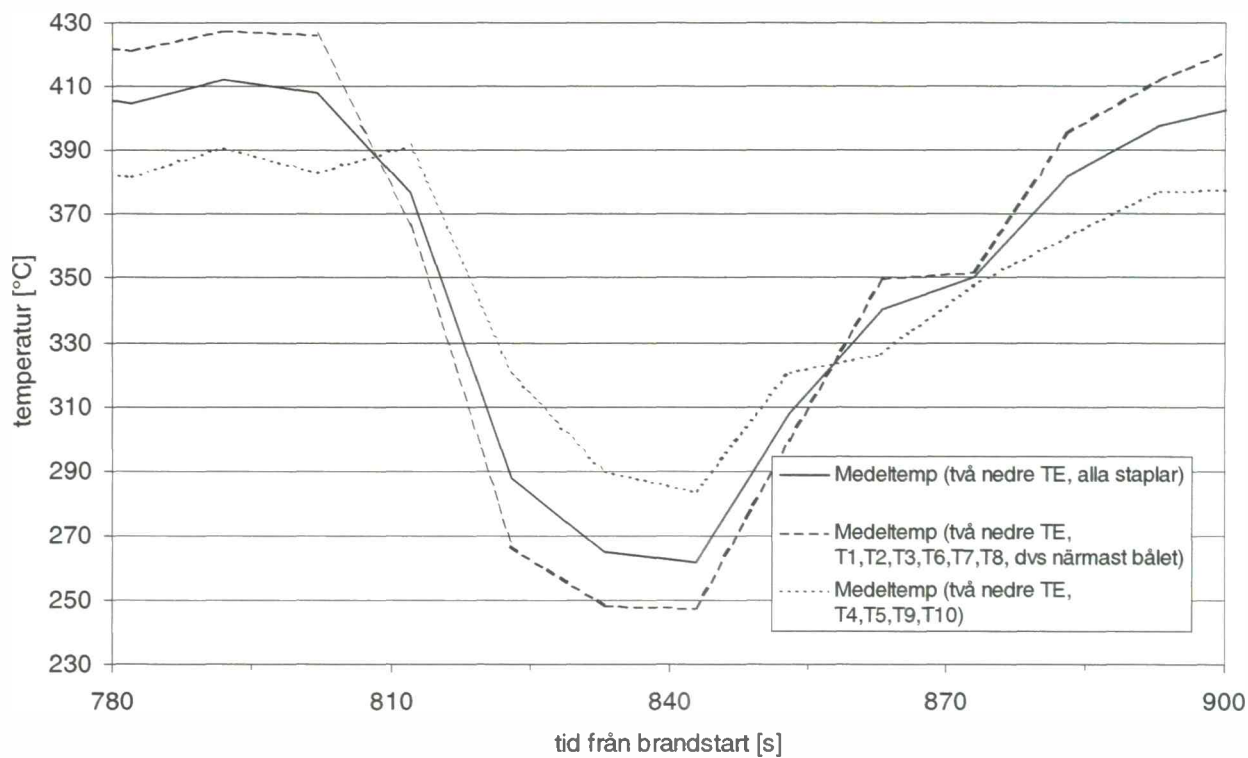


diagram 1:23; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktilfälle 2

Bilaga 2; försök 2, högtryck, 230 l/min

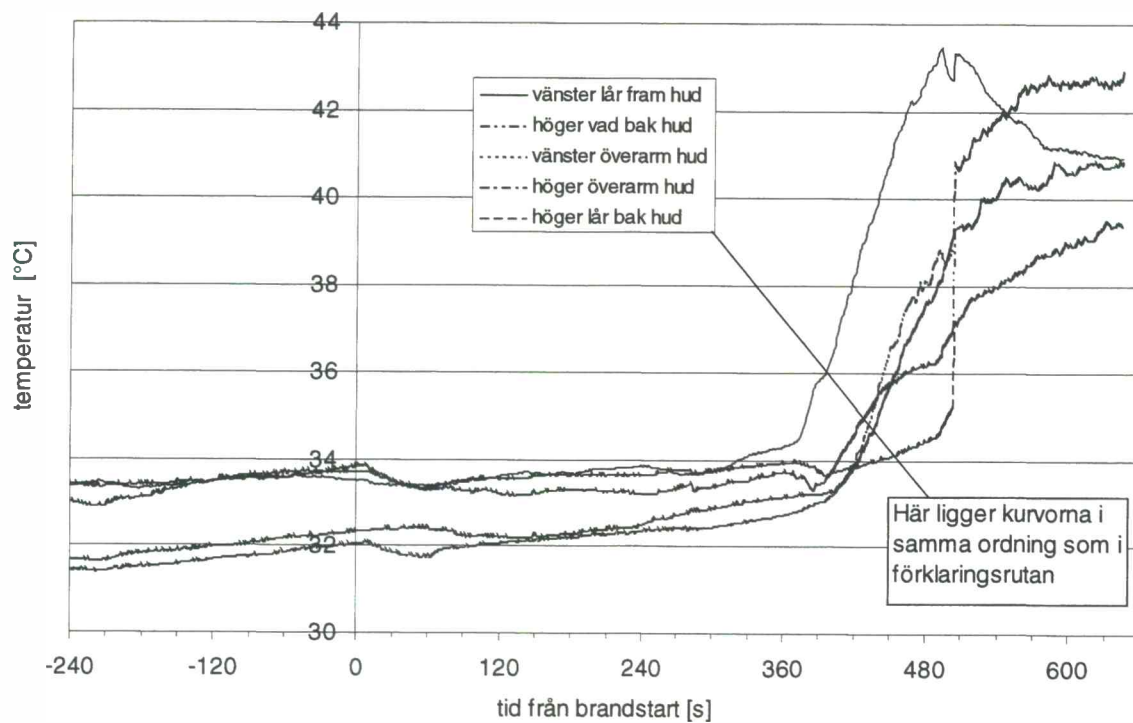


diagram 2:1; hudtemperatur hos rökdykare 1

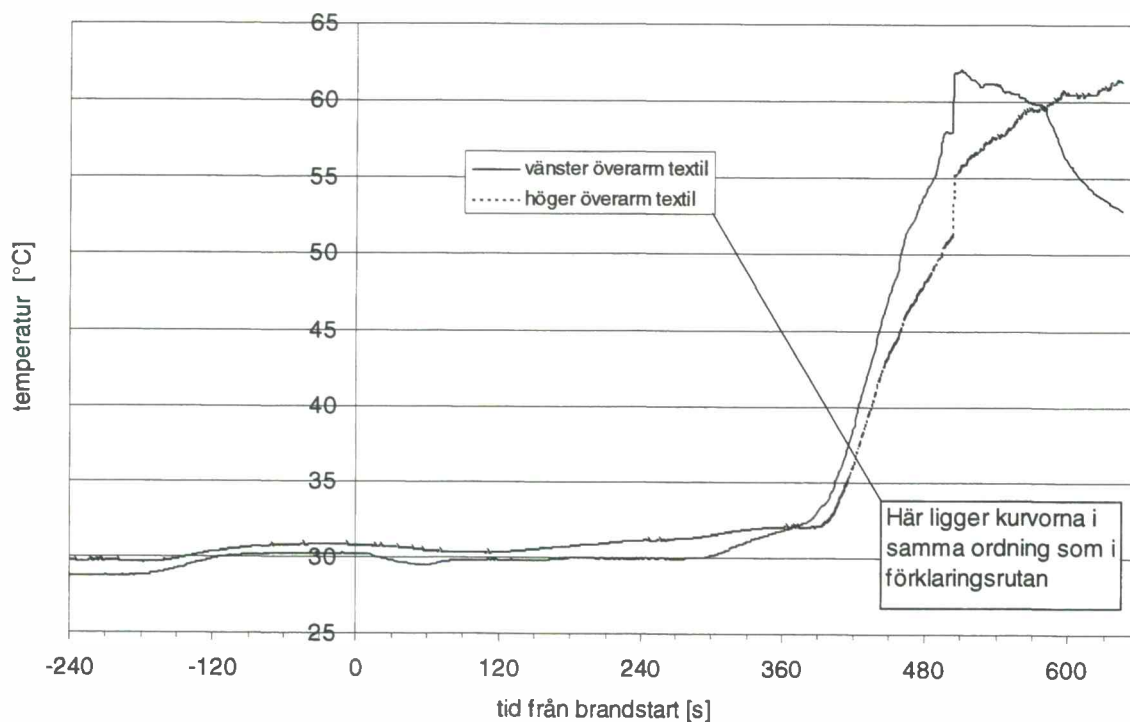


diagram 2:2; textiltemperatur hos rökdykare 1

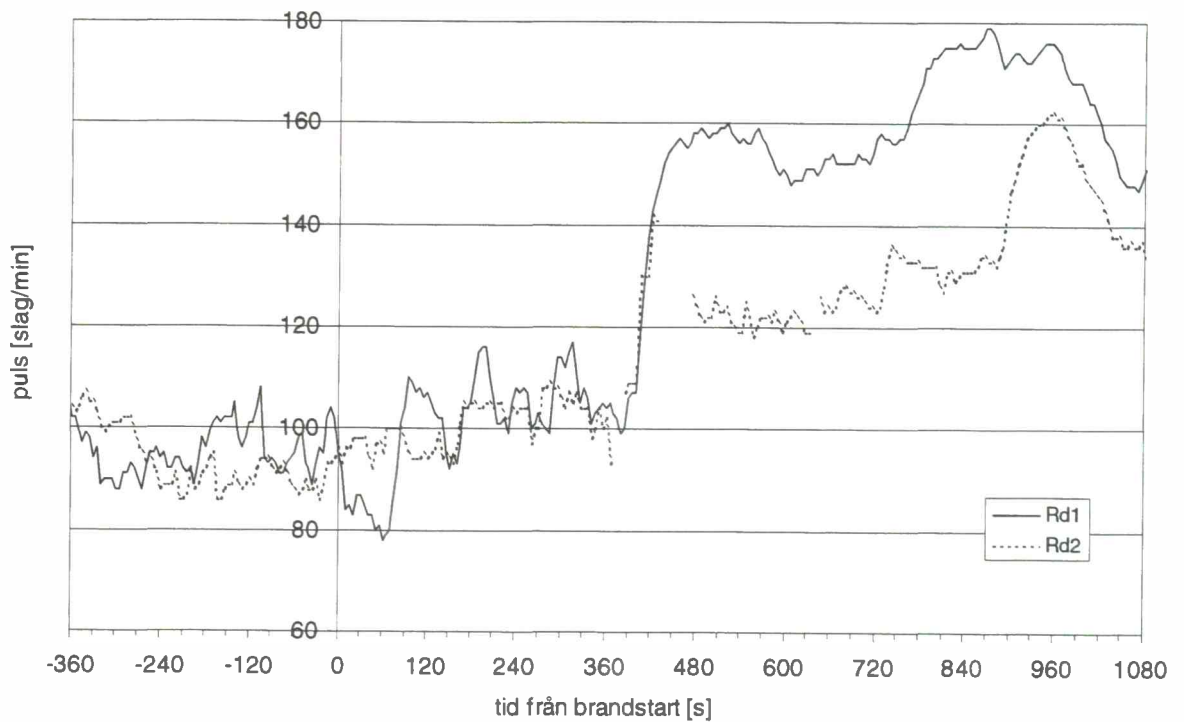


diagram 2:3; puls hos rökdykare 1 (Rd1) och rökdykare 2 (Rd2)

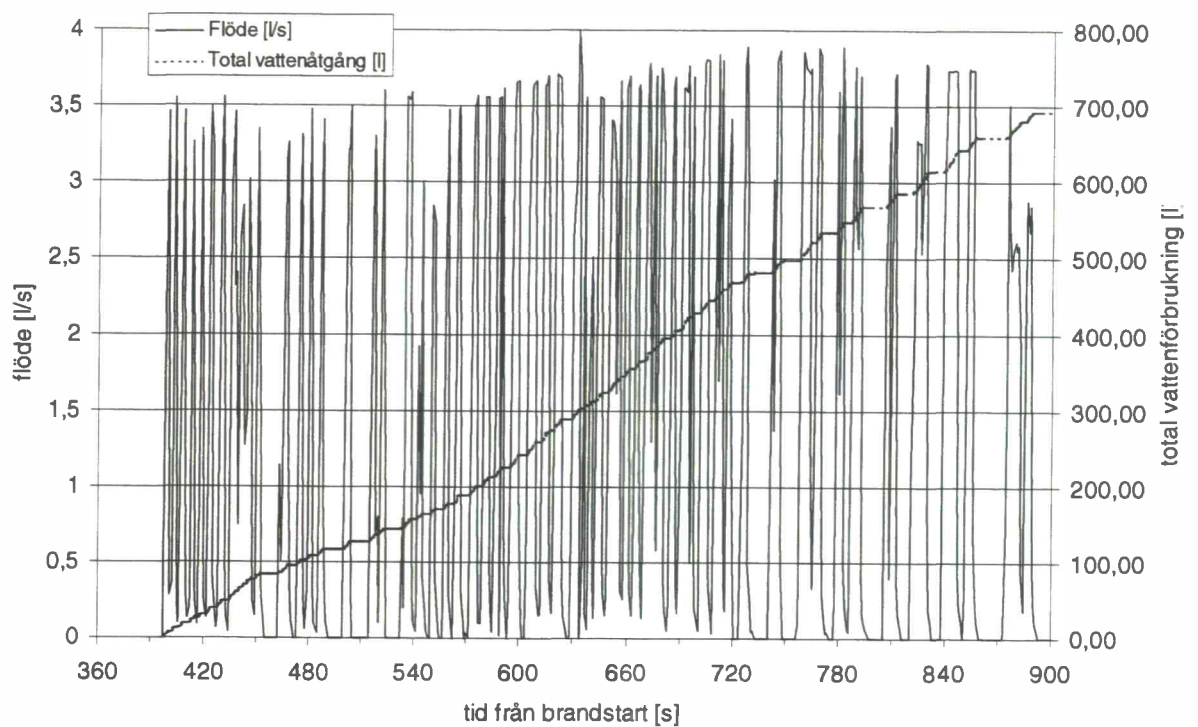


diagram 2:4; flöde samt ackumulerad vattenförbrukning

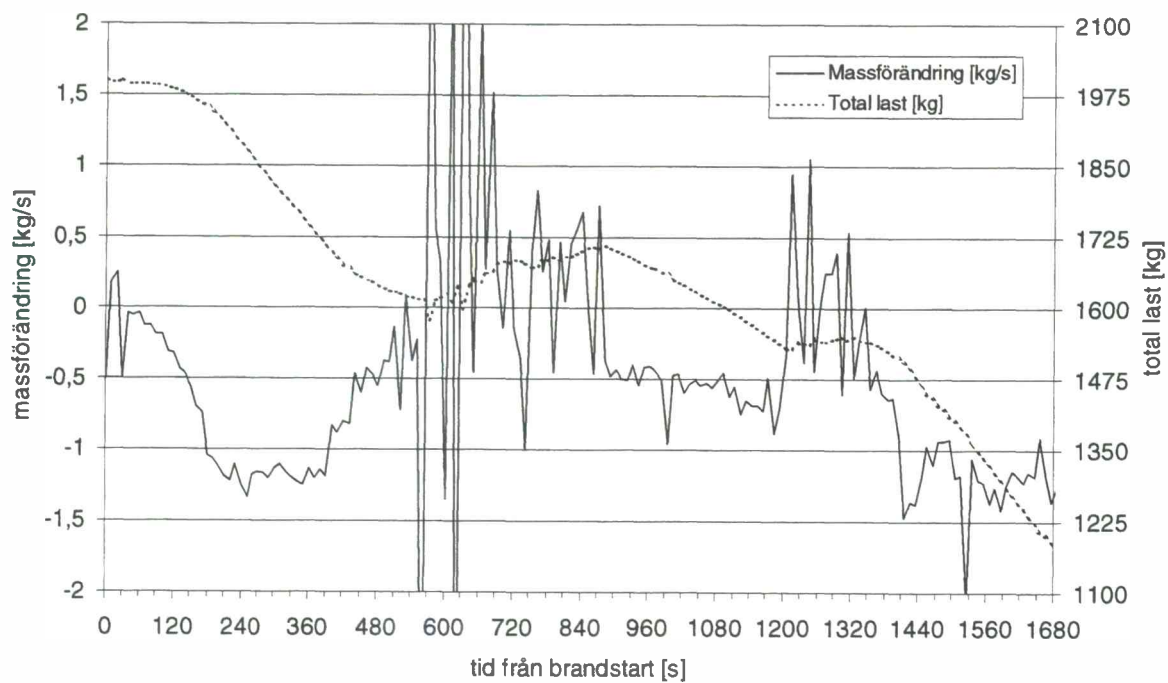


diagram 2:5; massförändring hos bålet samt total last

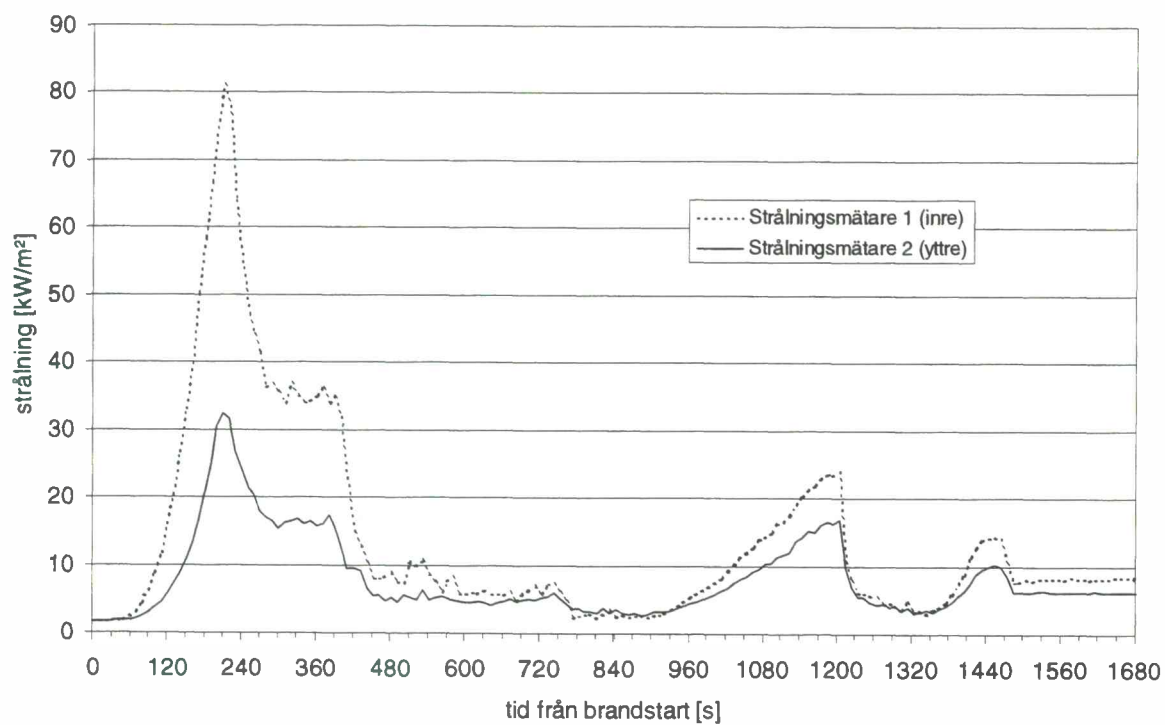


diagram 2:6; strålning

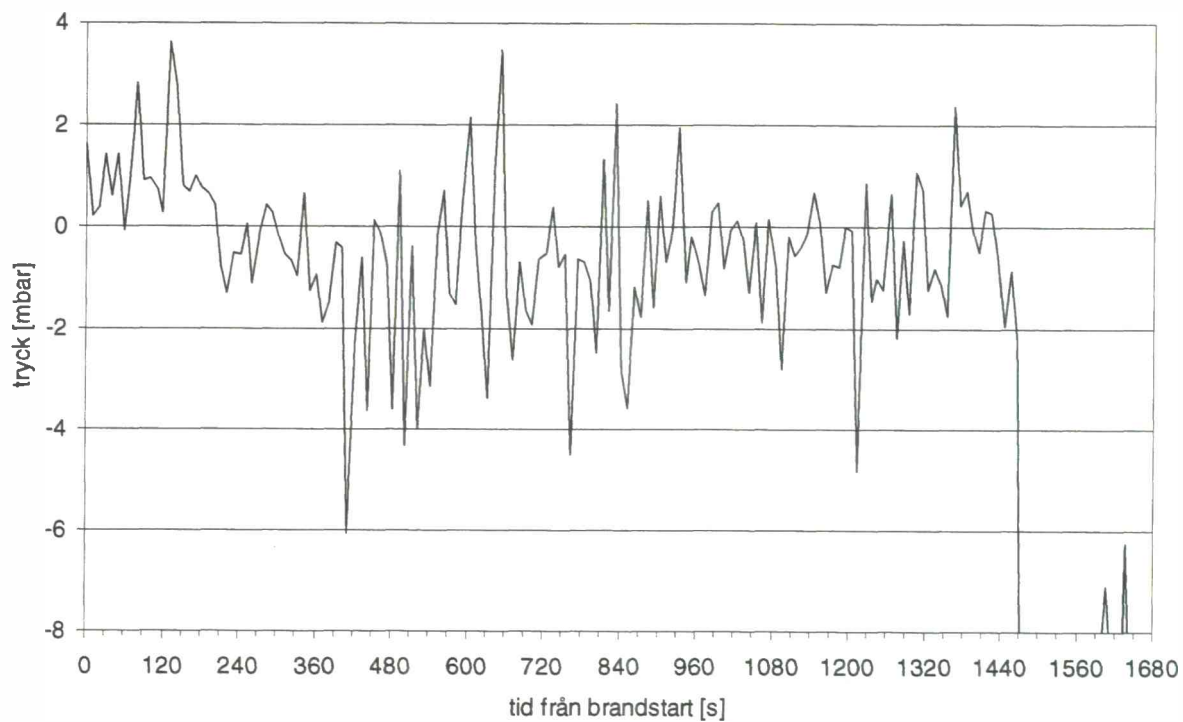


diagram 2:7; tryck i brandrummet

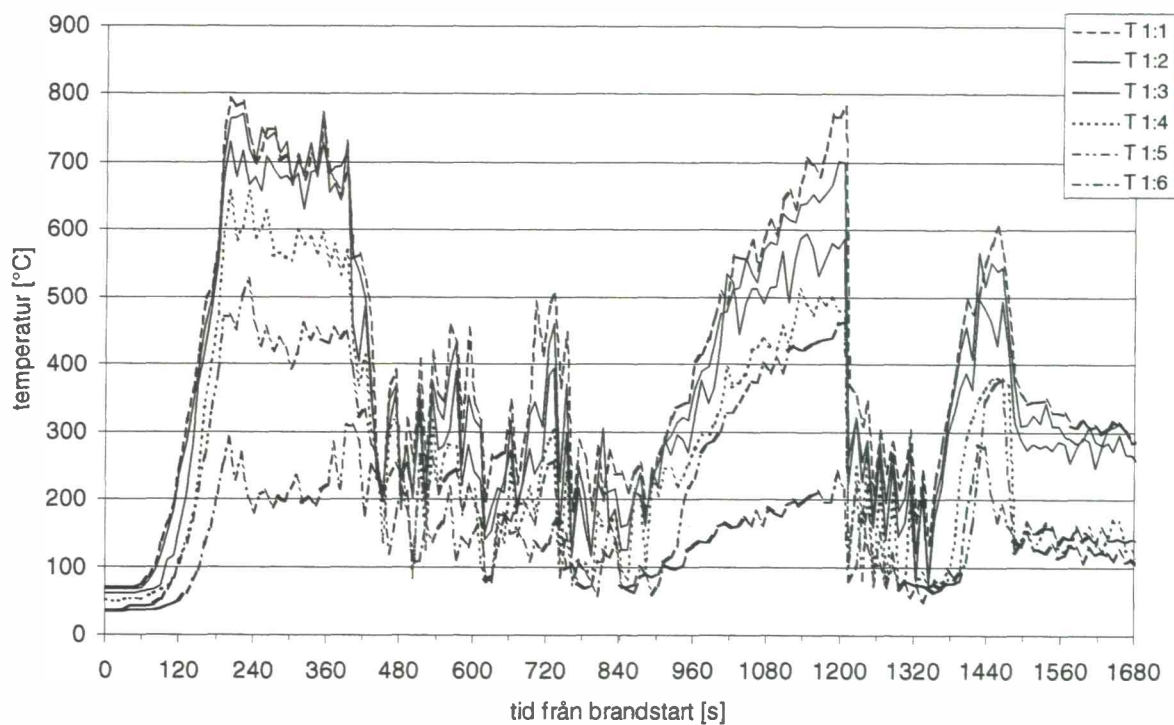


diagram 2:8; temperatur, stapel nr T1

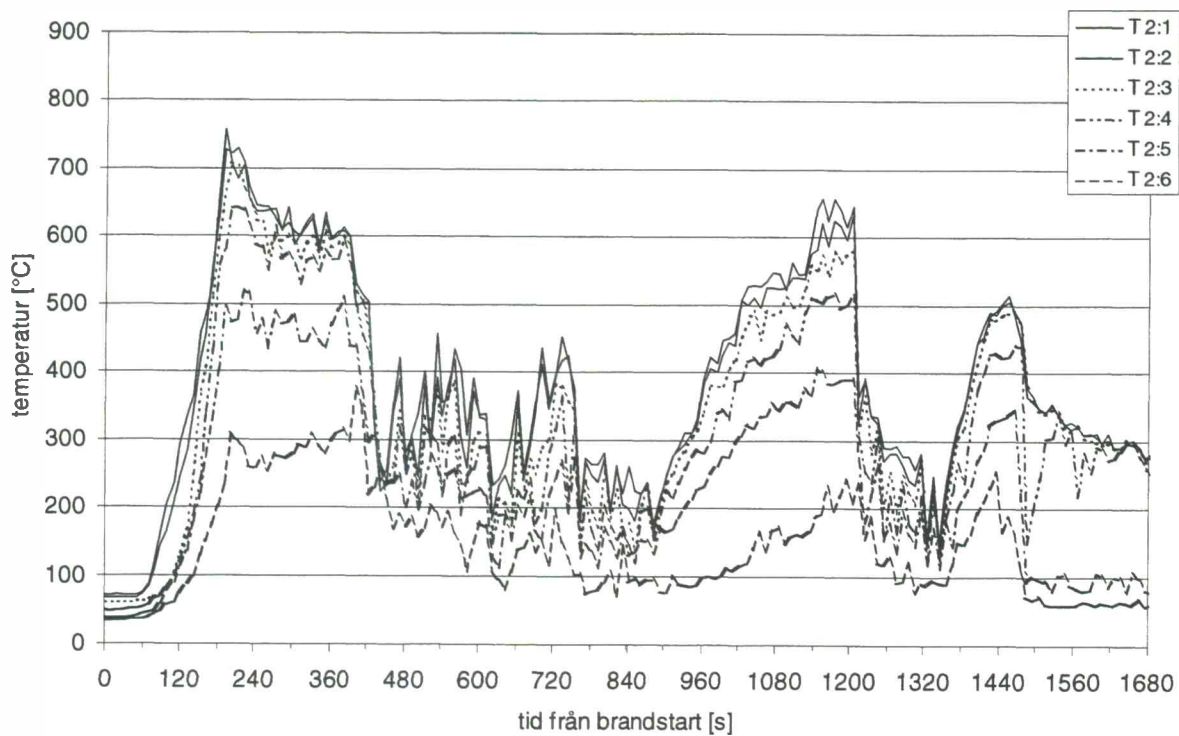


diagram 2:9; temperatur, stapel nr T2

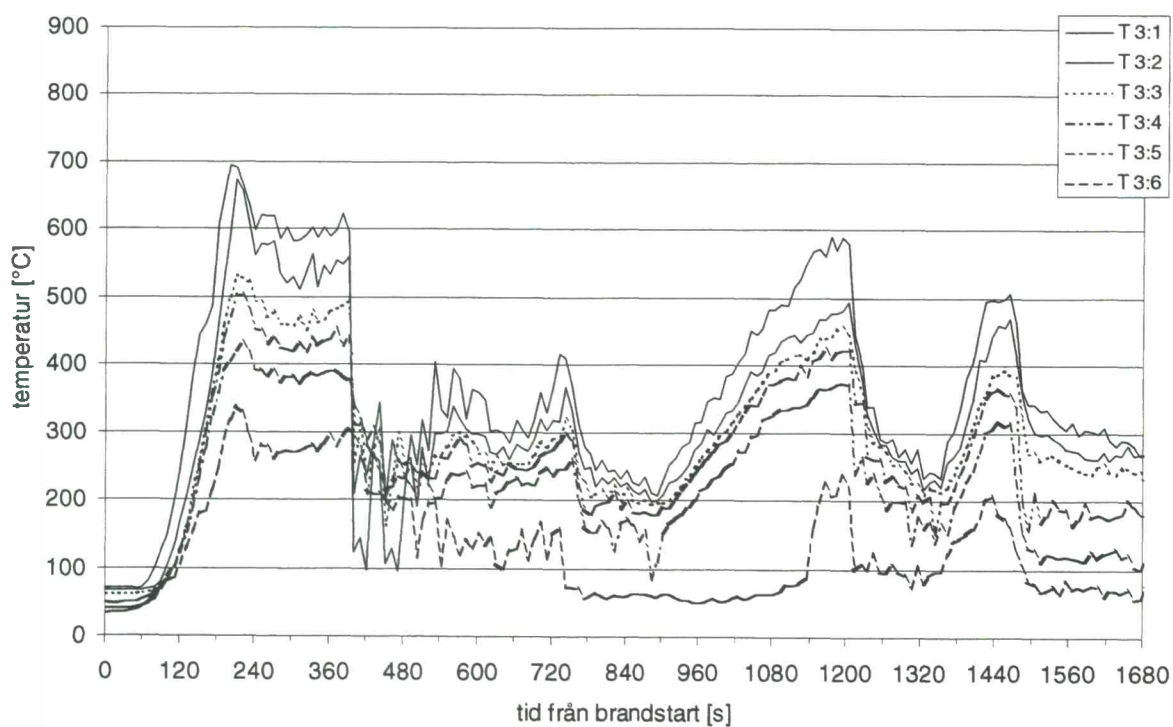


diagram 2:10; temperatur, stapel nr T3

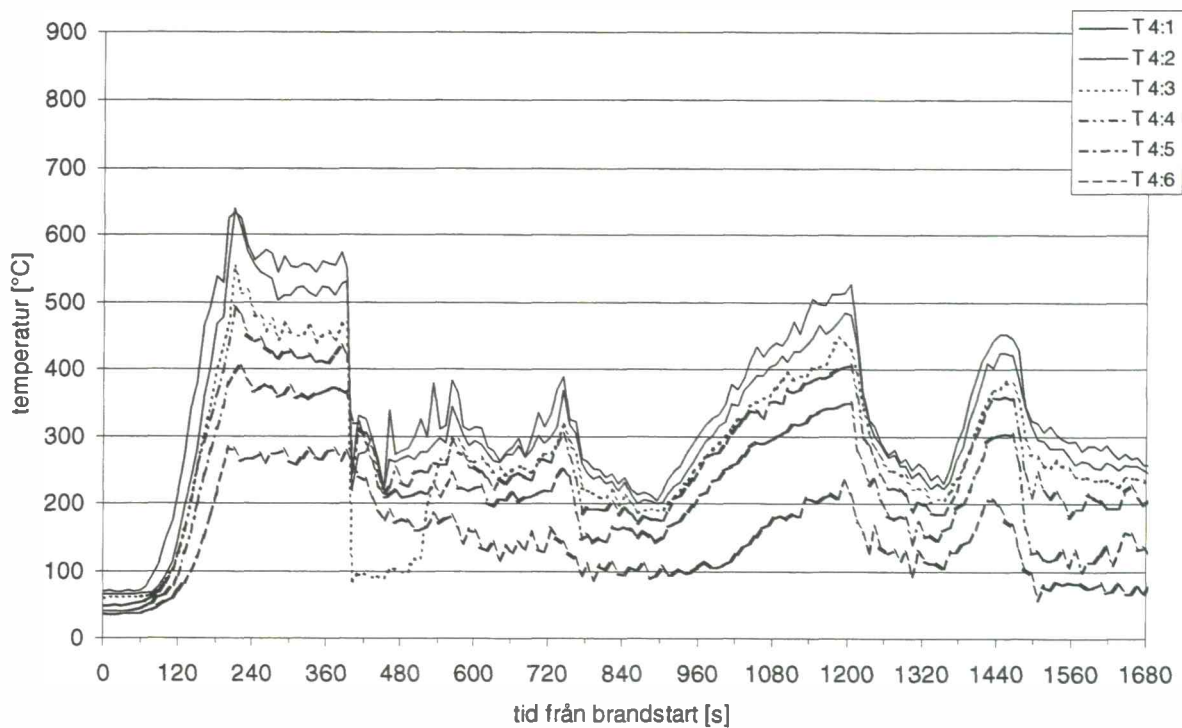


diagram 2:11; temperatur, stapel nr T4

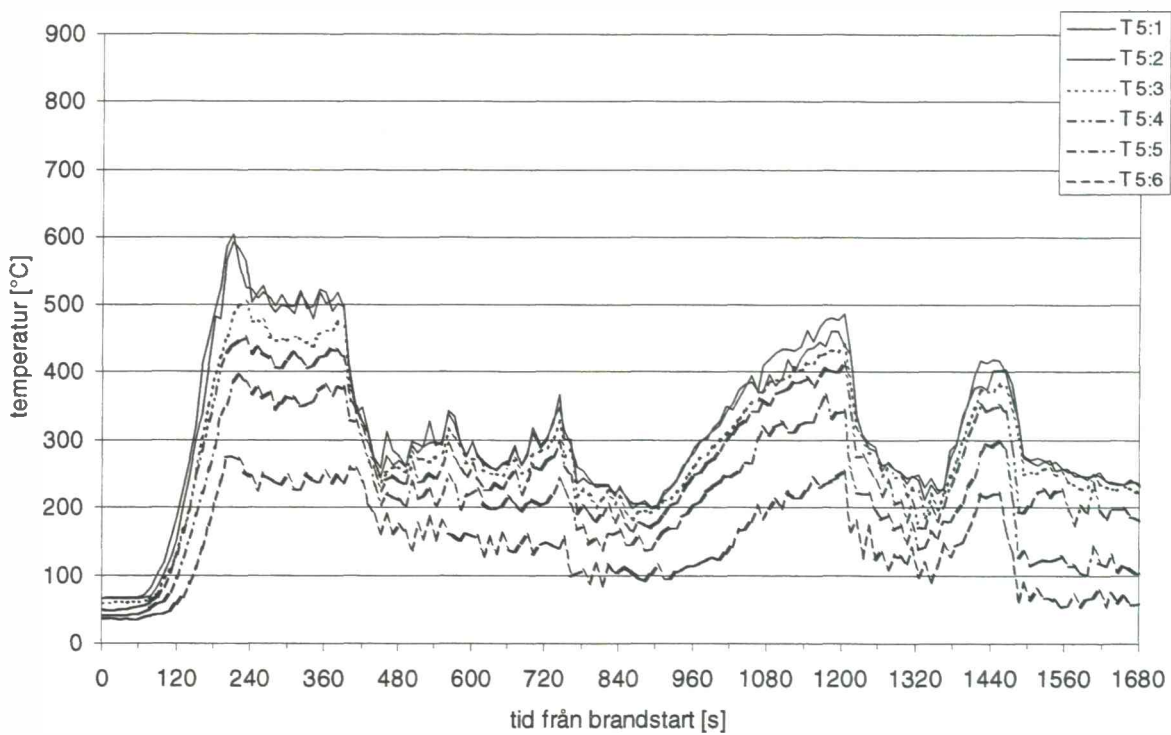


diagram 2:12; temperatur, stapel nr T5

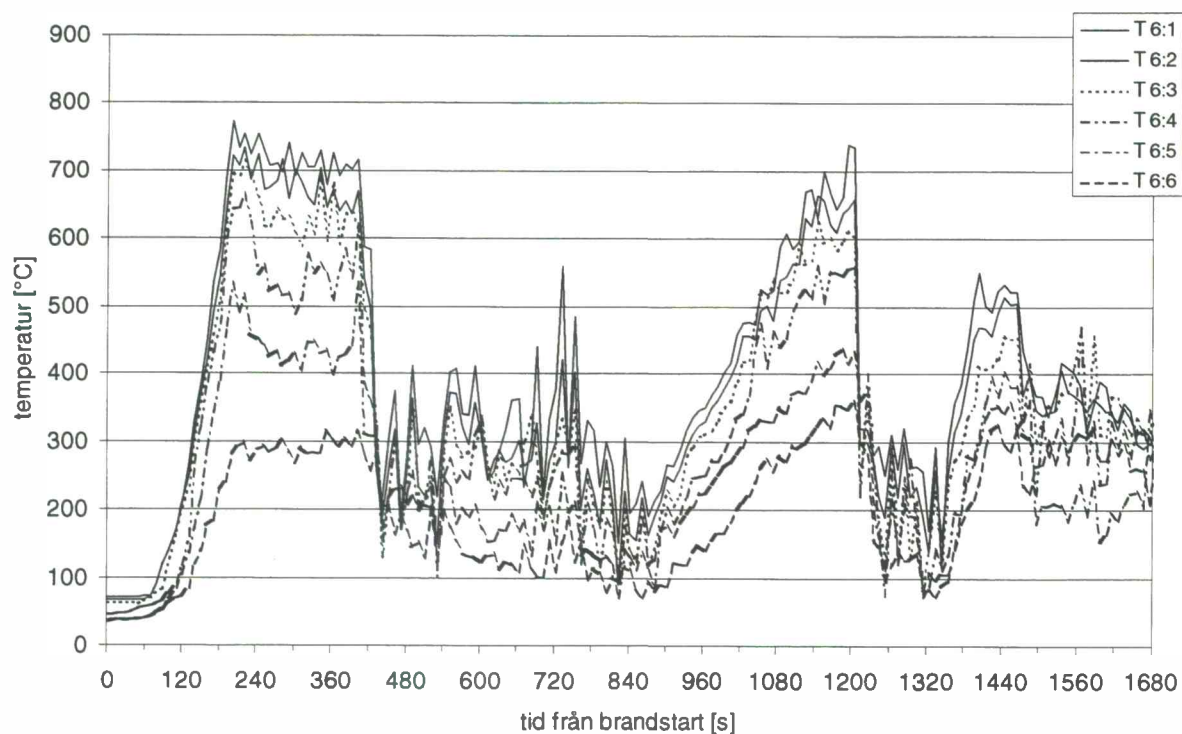


diagram 2:13; temperatur, stapel nr T6

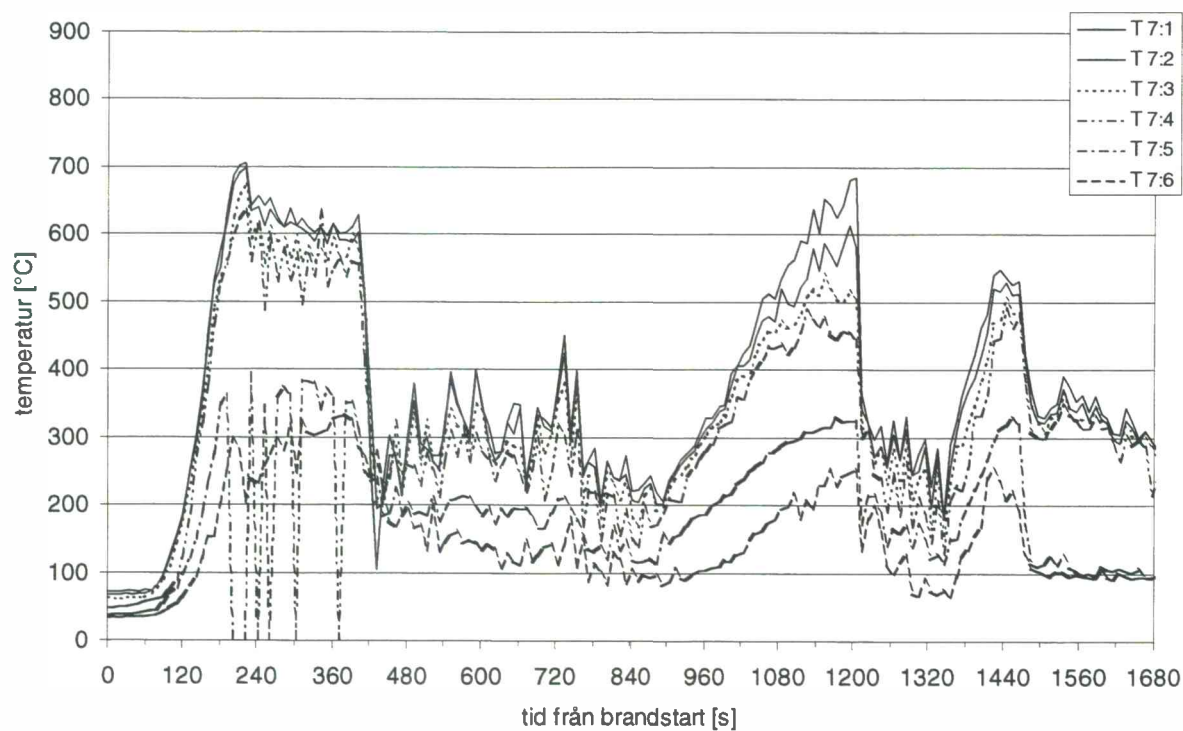


diagram 2:14; temperatur, stapel nr T7

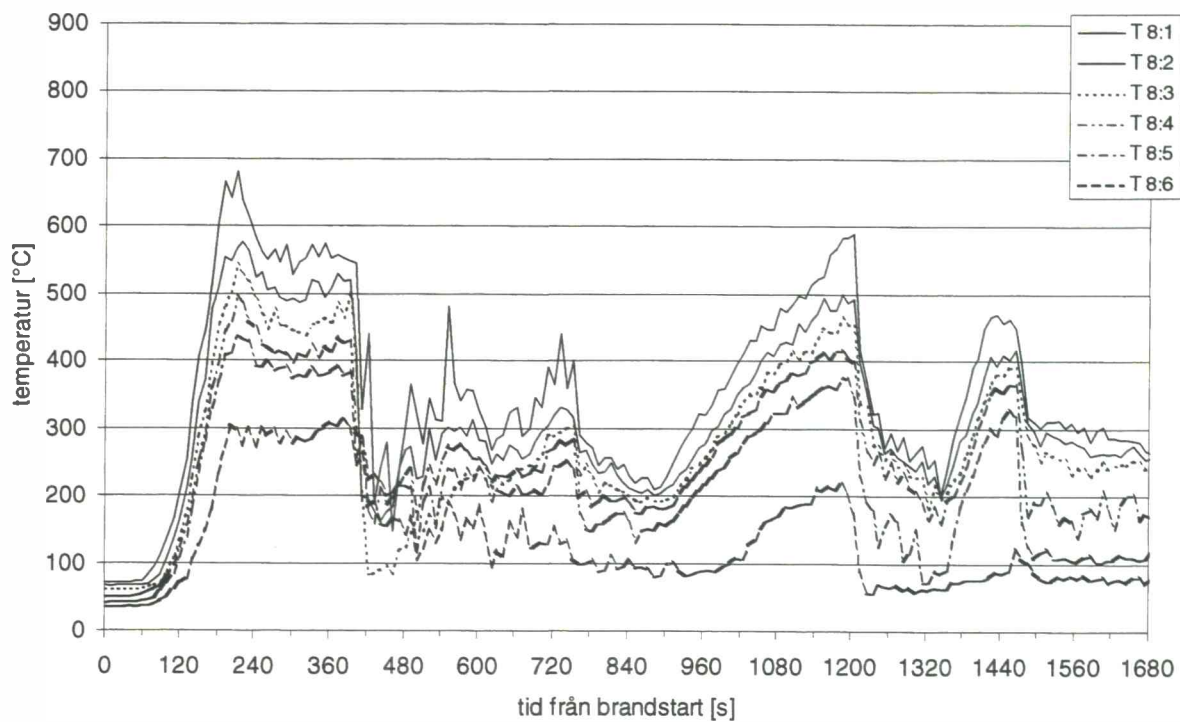


diagram 2:15; temperatur, stapel nr T8

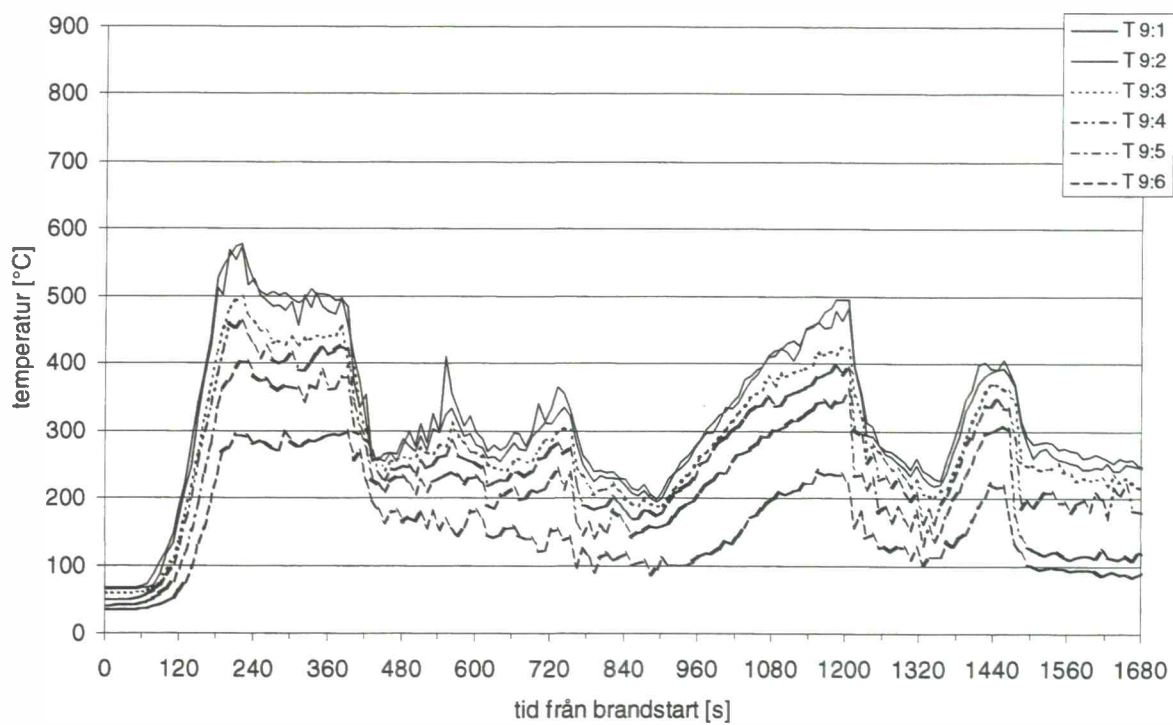


diagram 2:16; temperatur, stapel nr T9

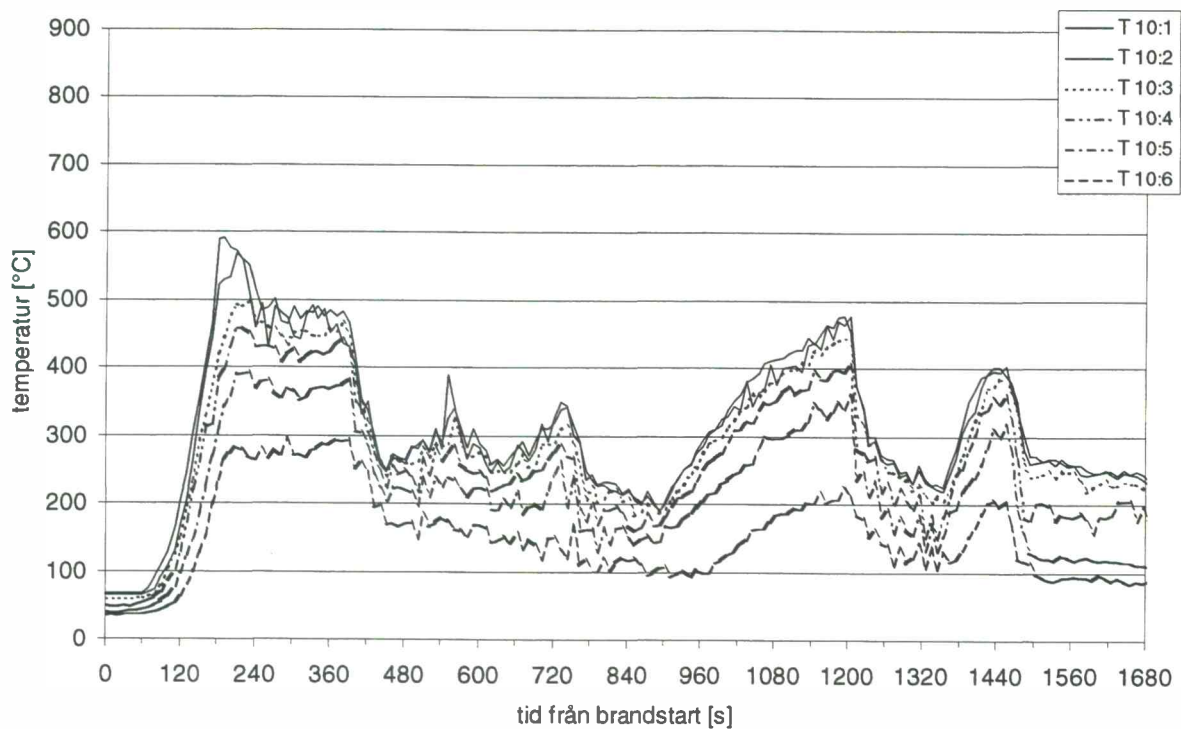


diagram 2:17; temperatur, stapel nr T10

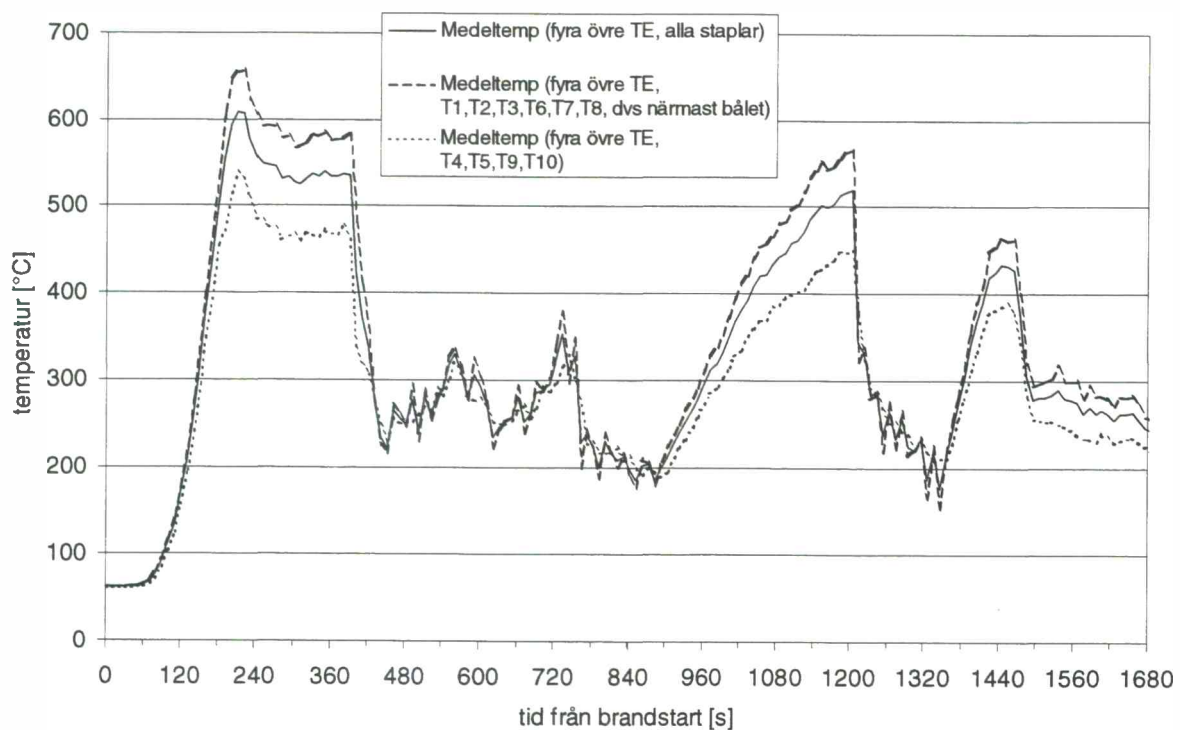


diagram 2:18; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter

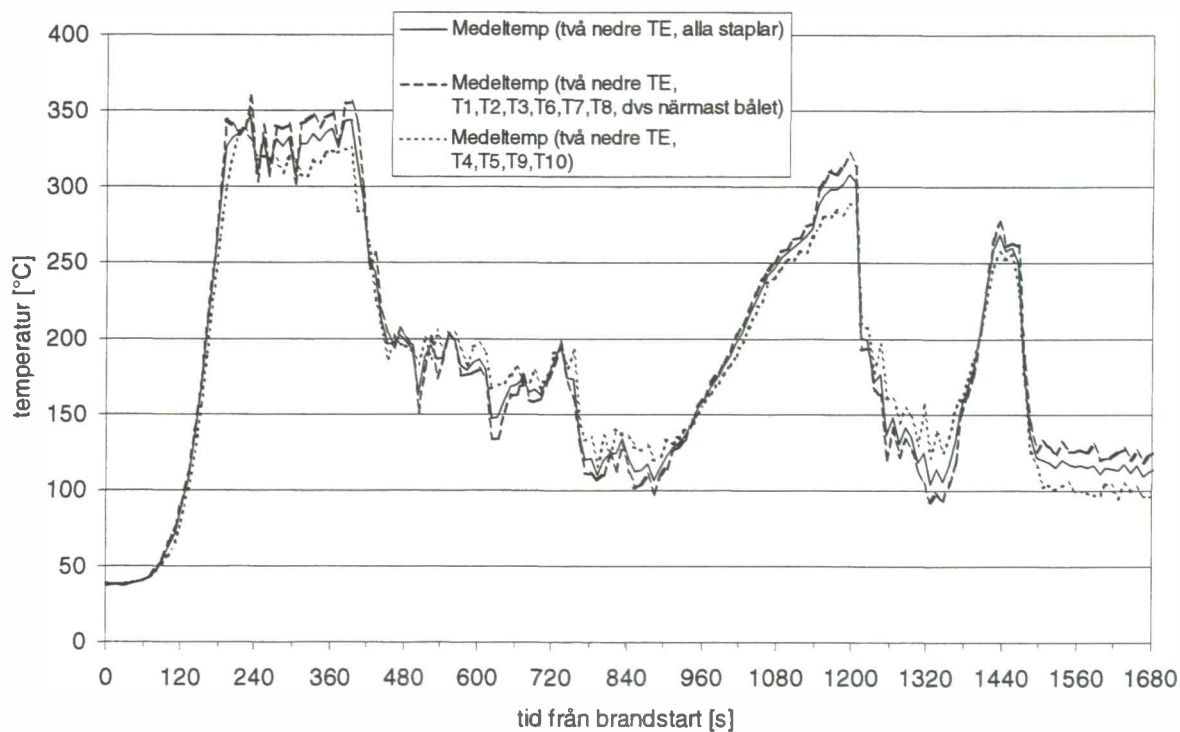


diagram 2:19; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter

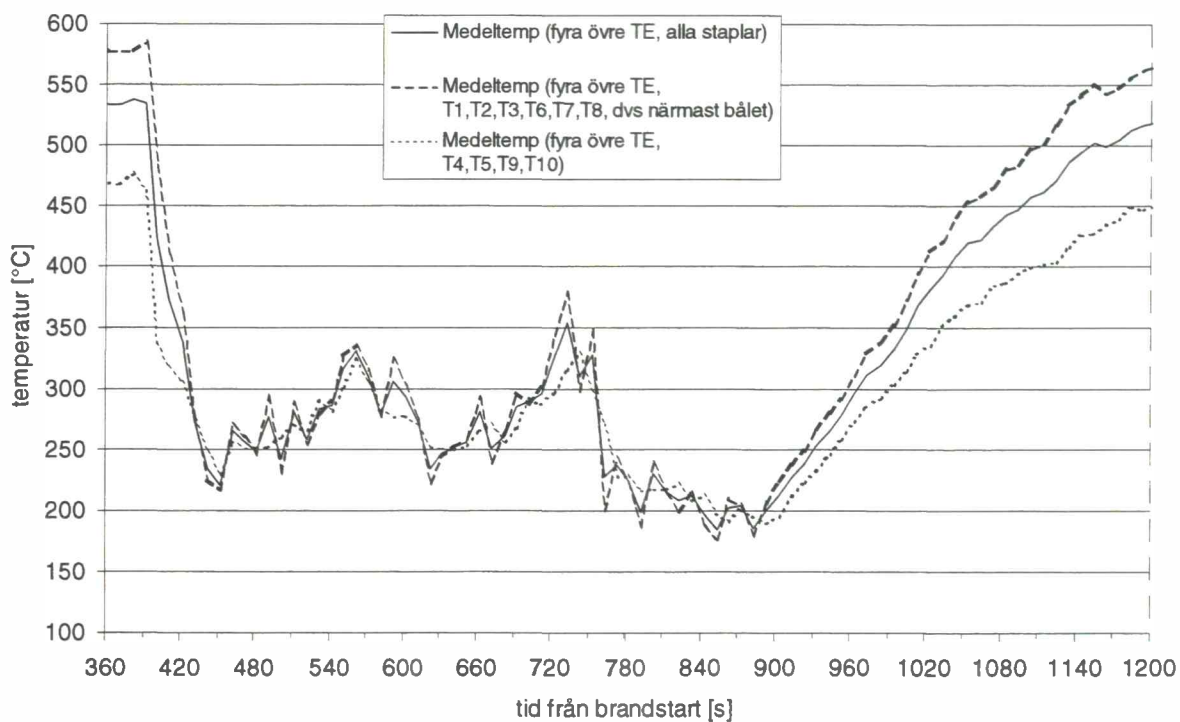


diagram 2:20; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcktilfället

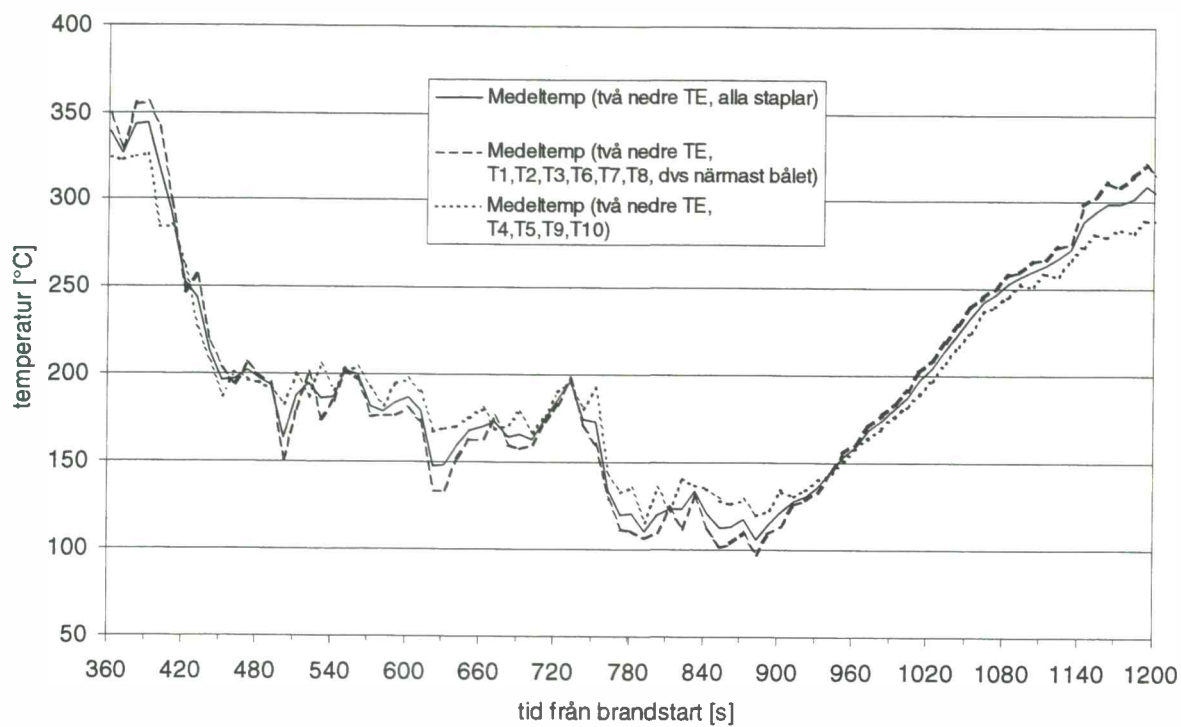


diagram 2:21; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktillfället

Bilaga 3; försök 3, lågtryck, 230 l/min (upprepning av försök 1)

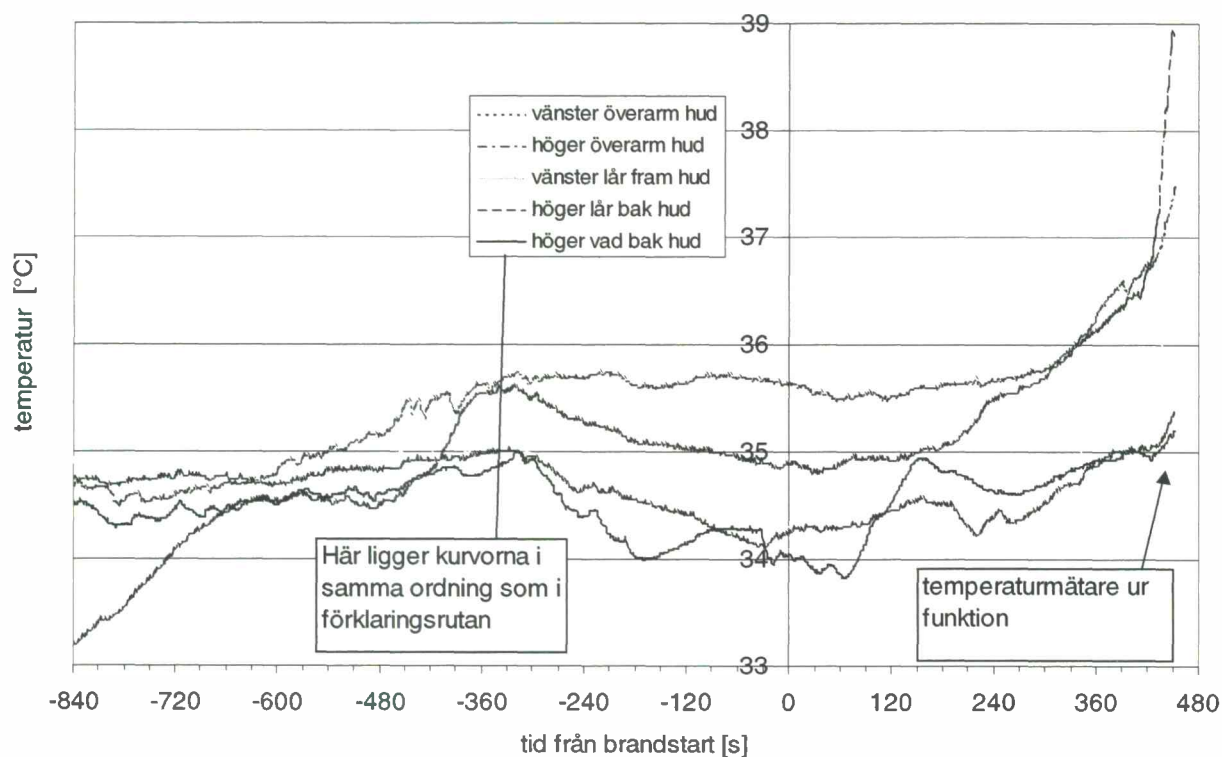


diagram 3:1; hudtemperatur hos rökdykare 1

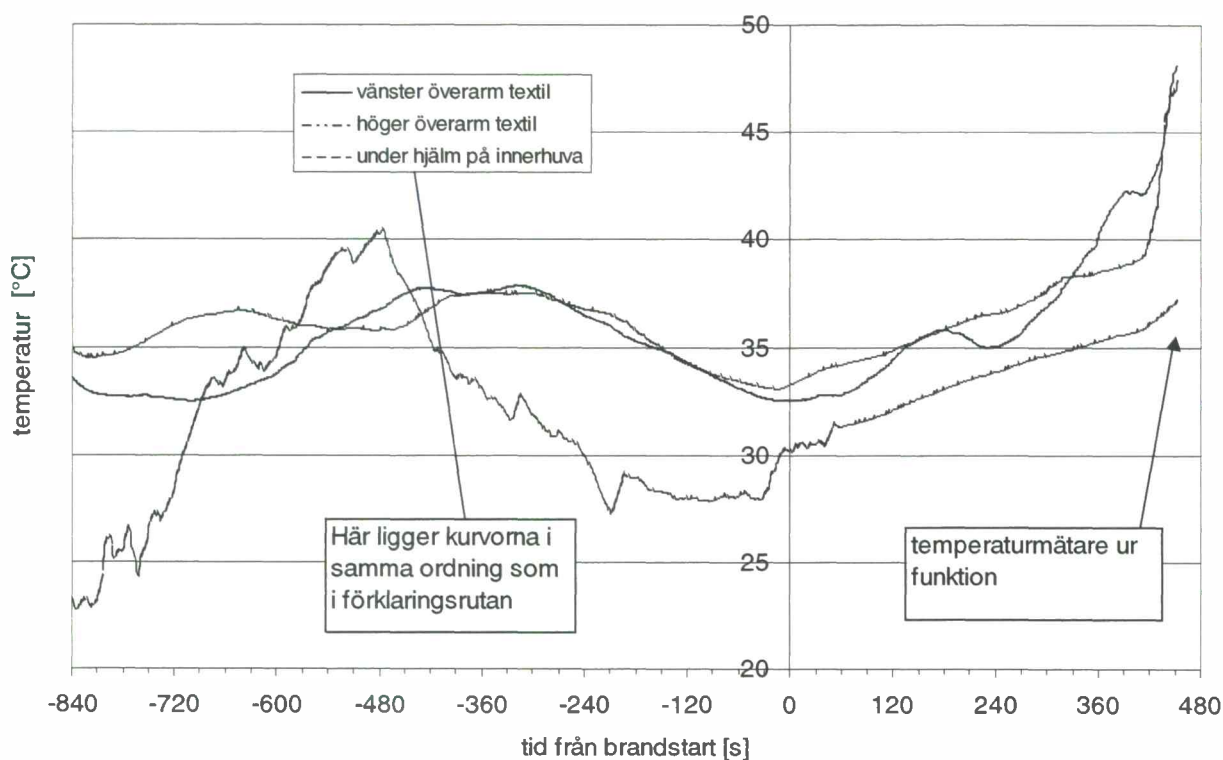


diagram 3:2; textiltemperatur hos rökdykare 1

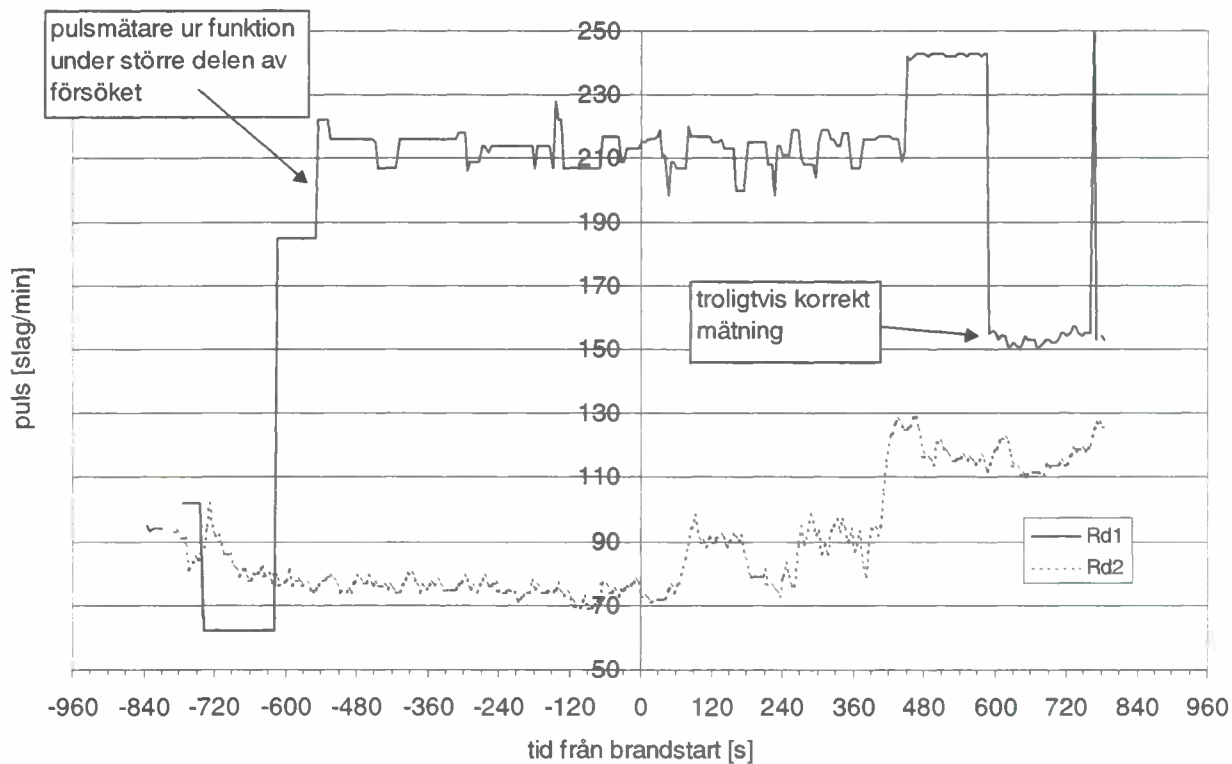


diagram 3:3; puls hos rökdykare 1 (Rd1) och rökdykare 2 (Rd2)

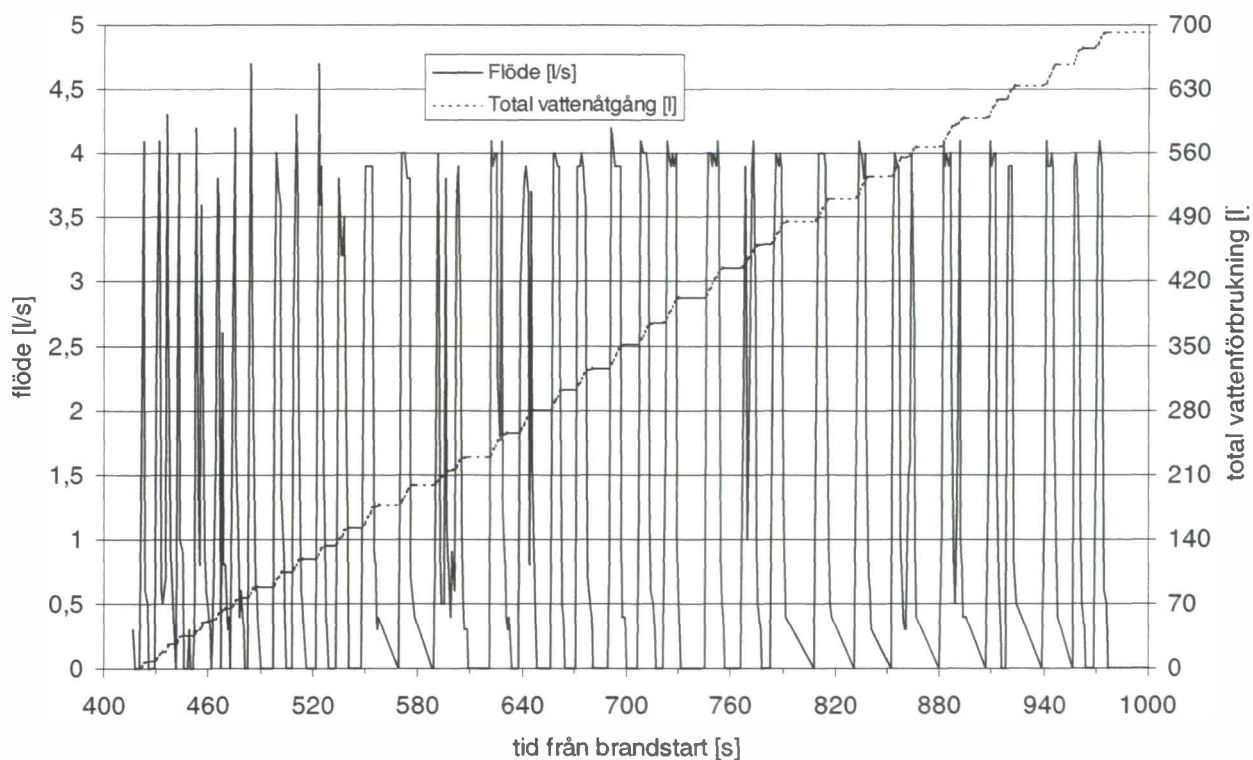


diagram 3:4; flöde samt ackumulerad vattenförbrukning

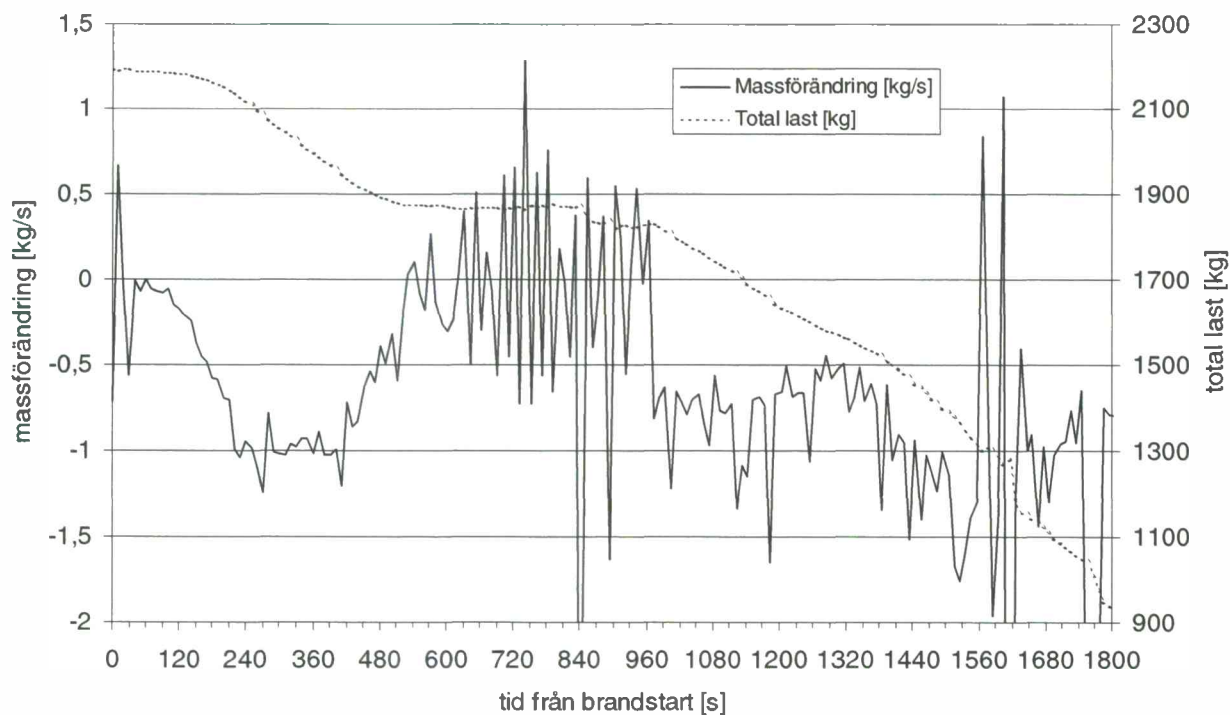


diagram 3:5; massförändring hos bålet samt total last

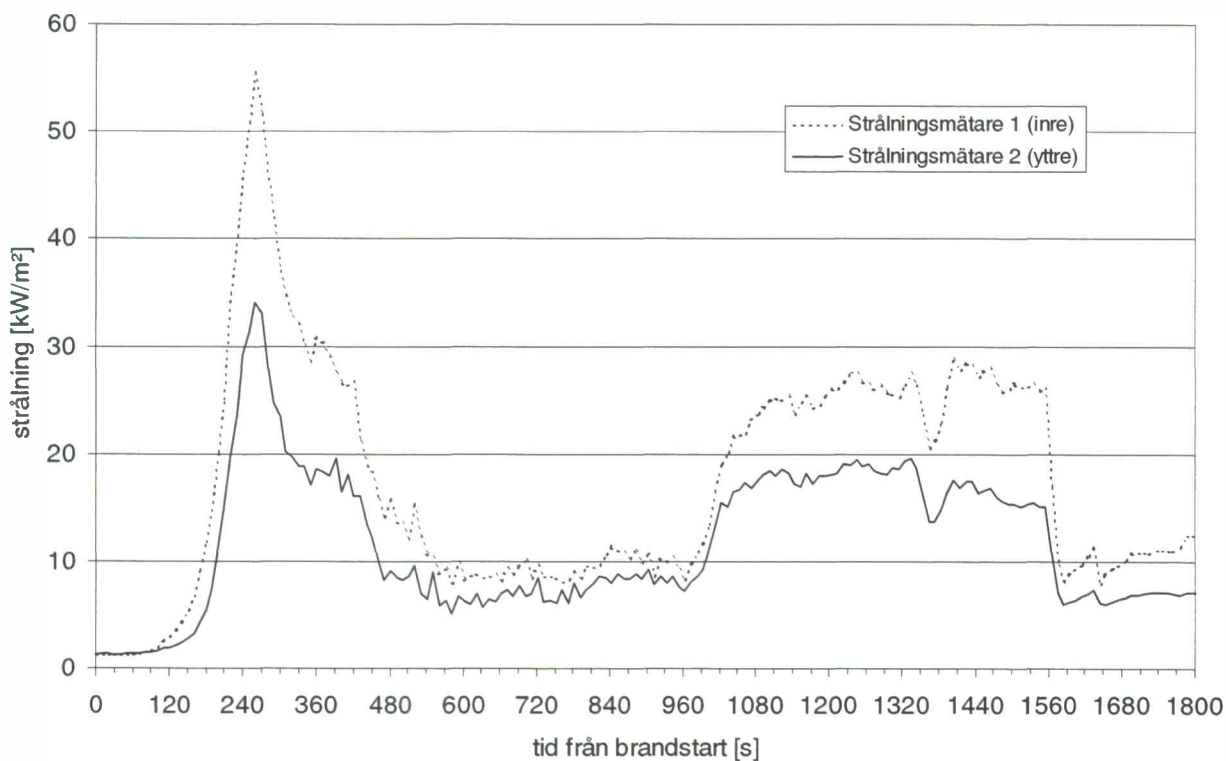


diagram 3:6; strålning

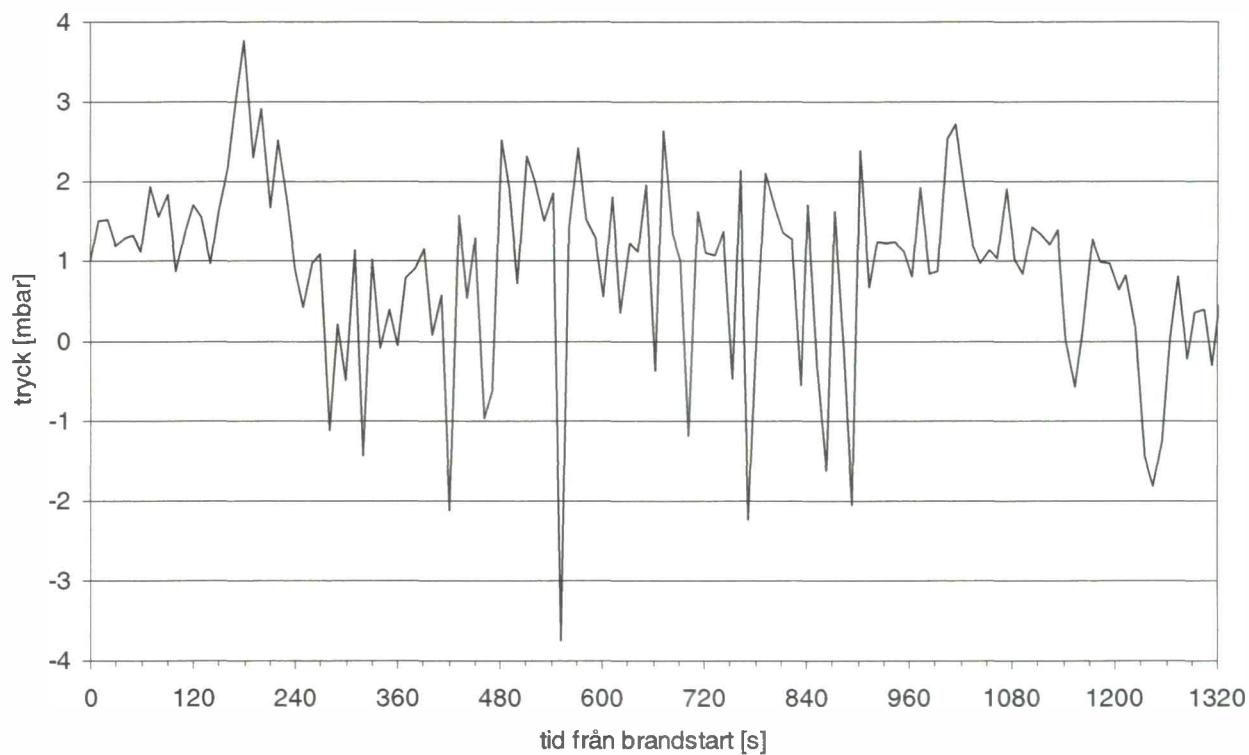


diagram 3:7; tryck i brandrummet

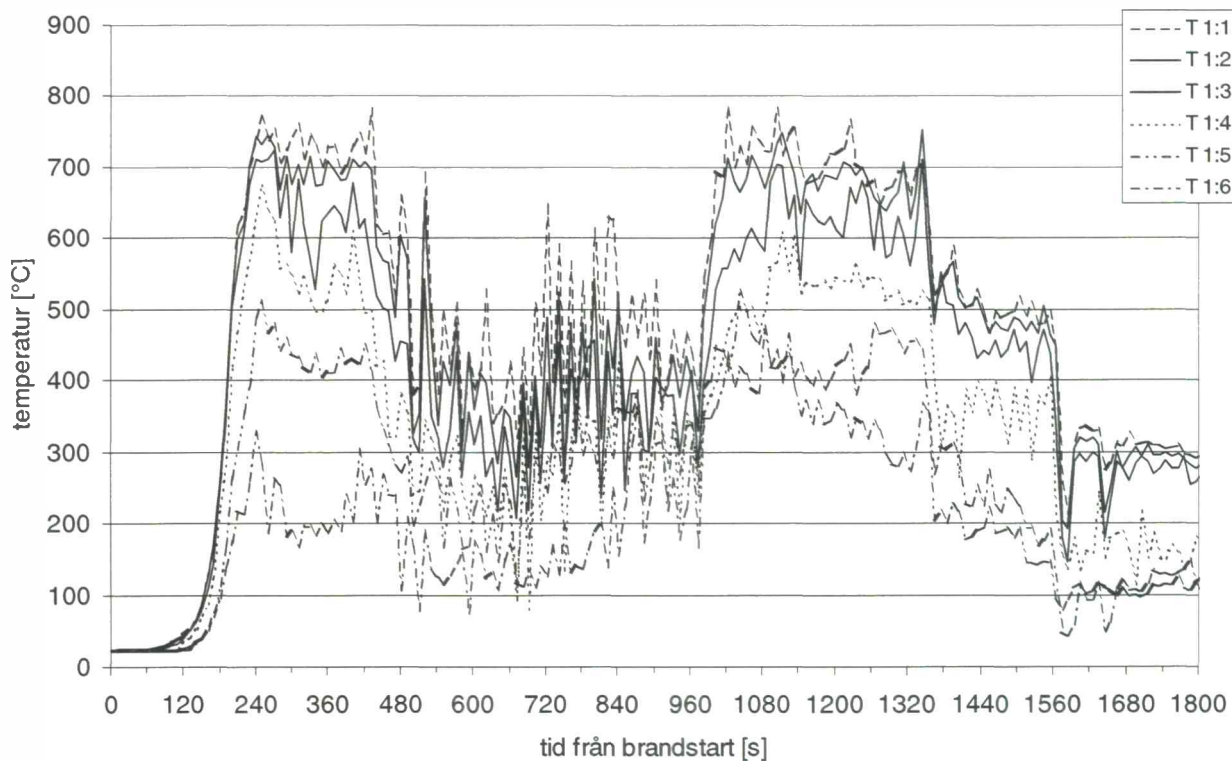


diagram 3:8; temperatur, stapel nr T1

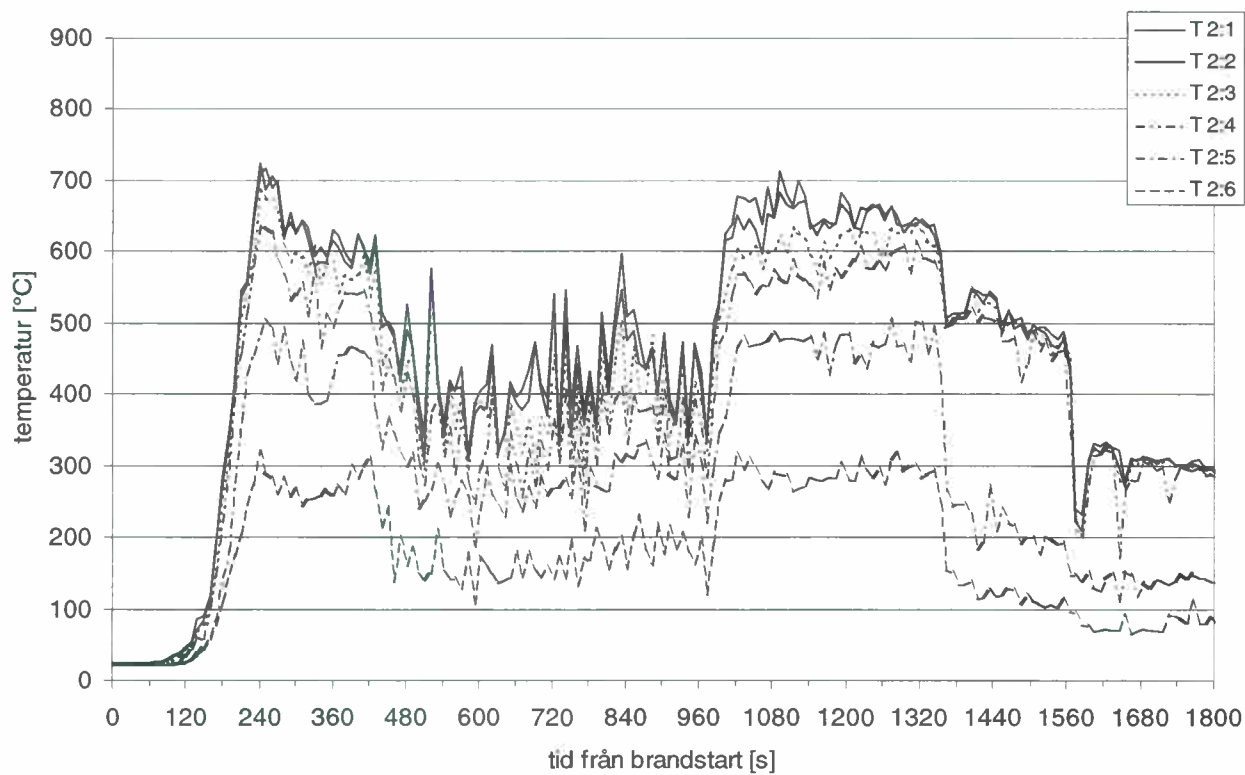


diagram 3:9; temperatur, stapel nr T2

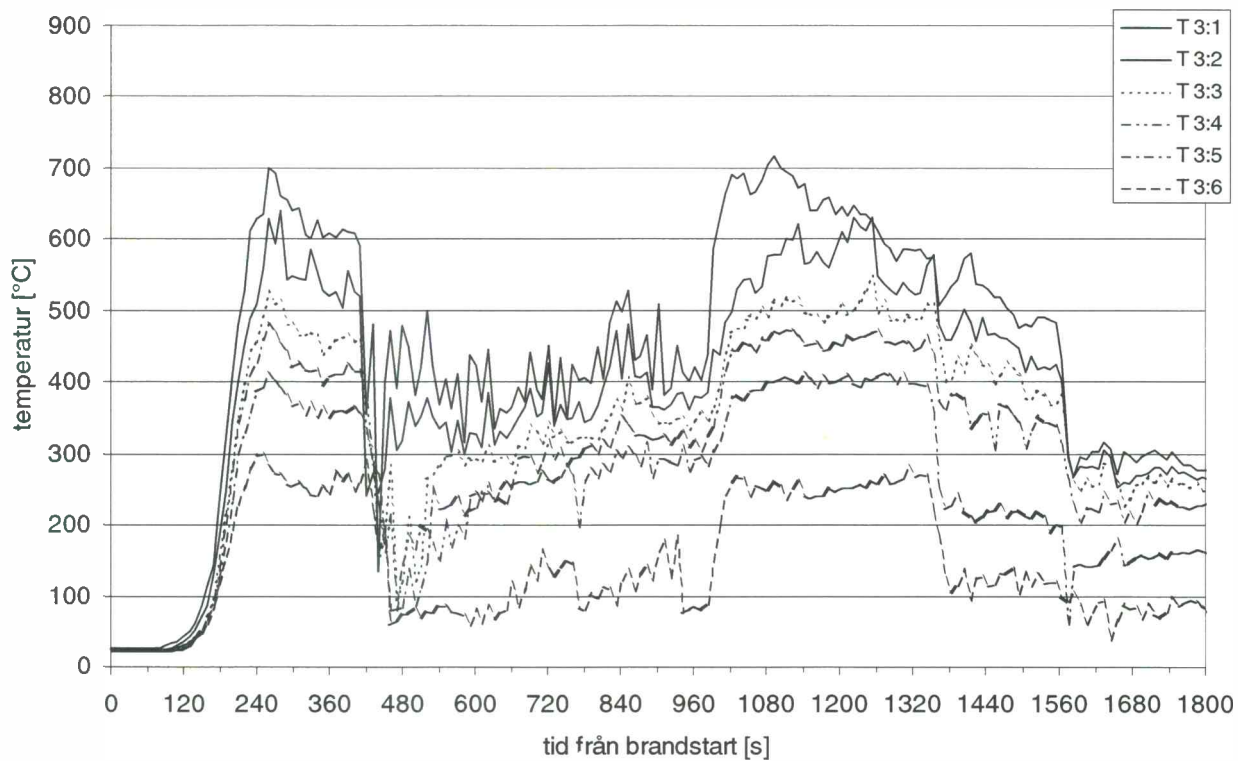


diagram 3:10; temperatur, stapel nr T3

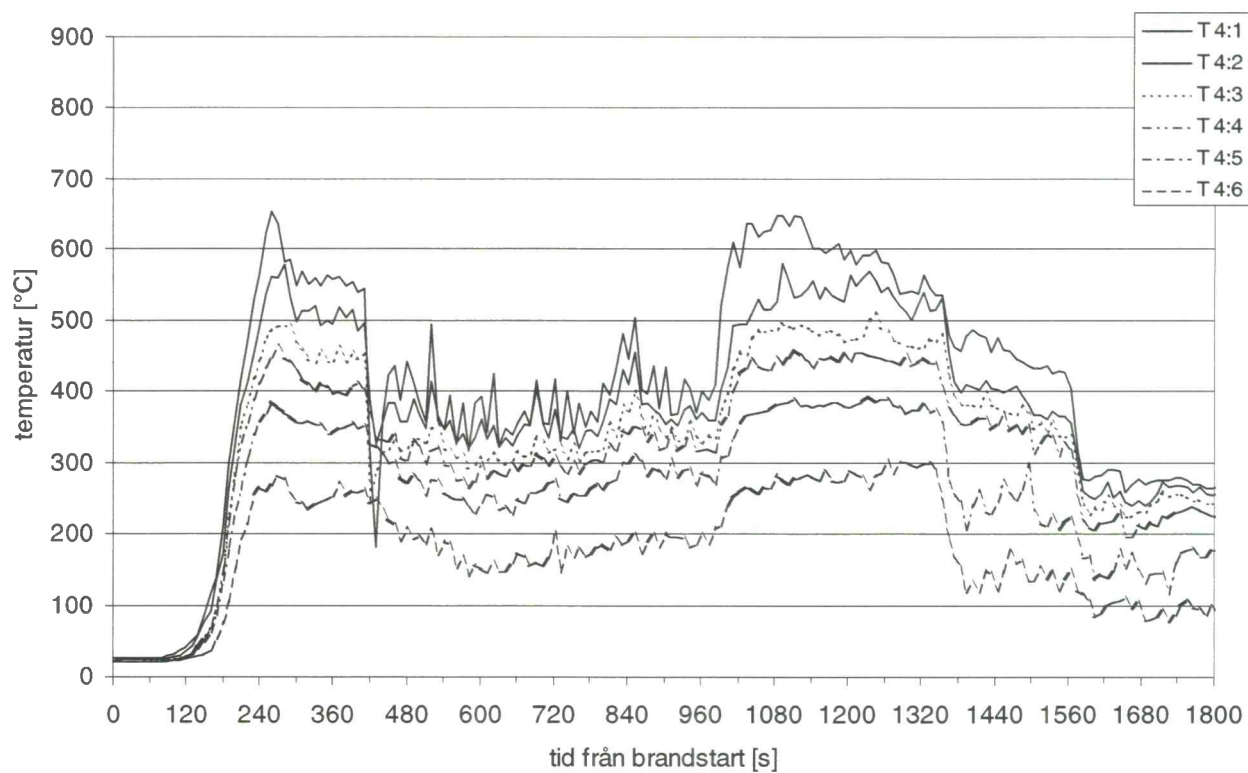


diagram 3:11; temperatur, stapel nr T4

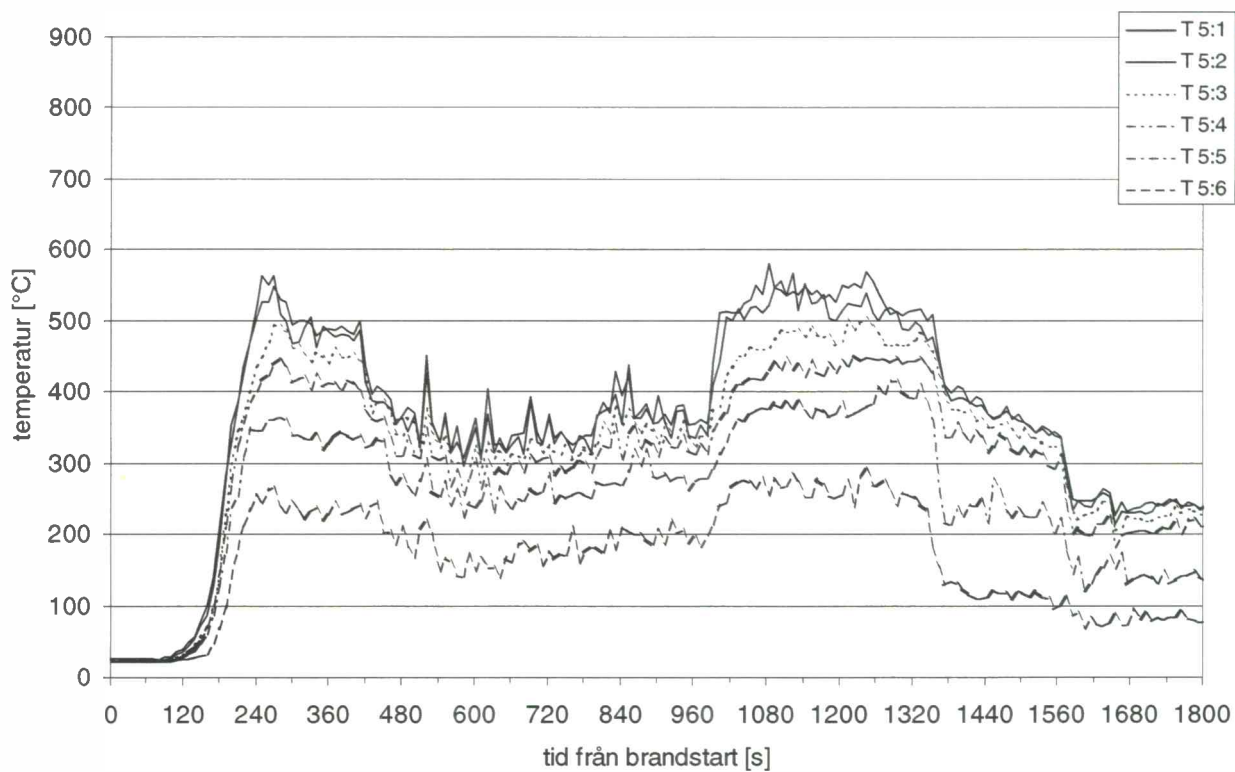


diagram 3:12; temperatur, stapel nr T5

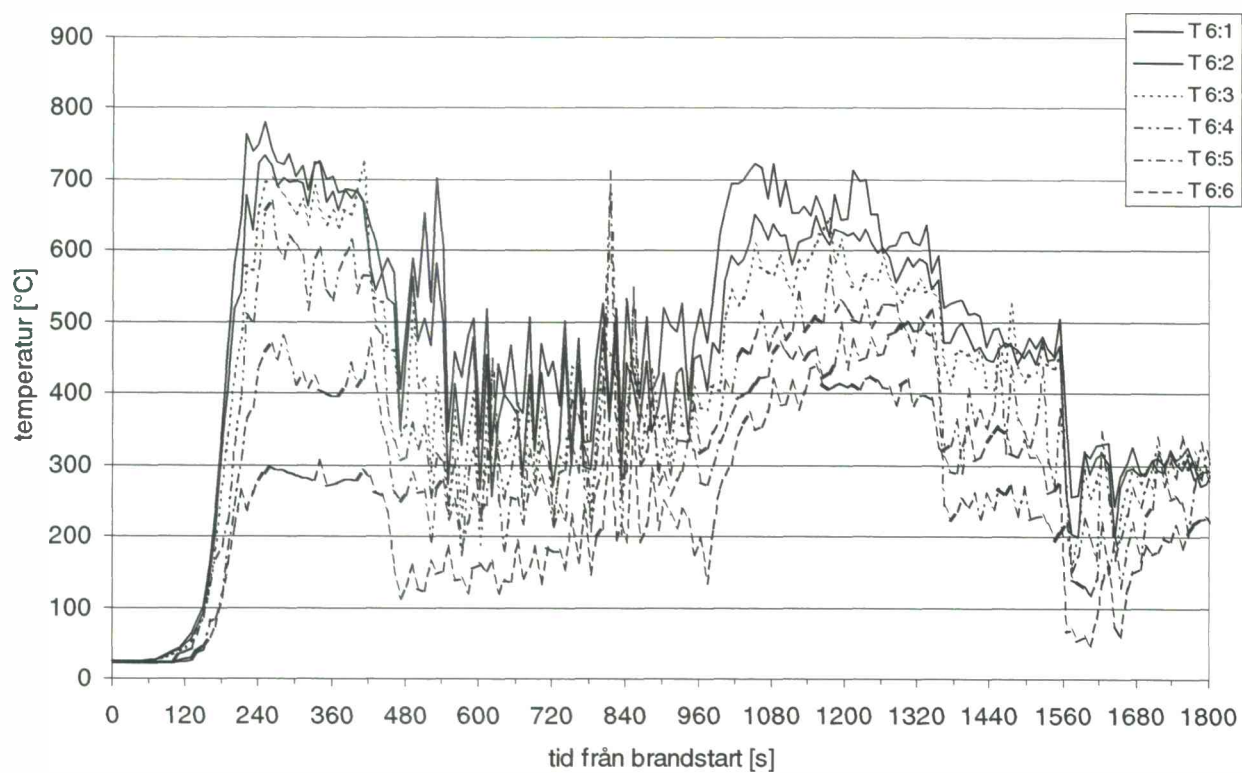


diagram 3:13; temperatur, stapel nr T6

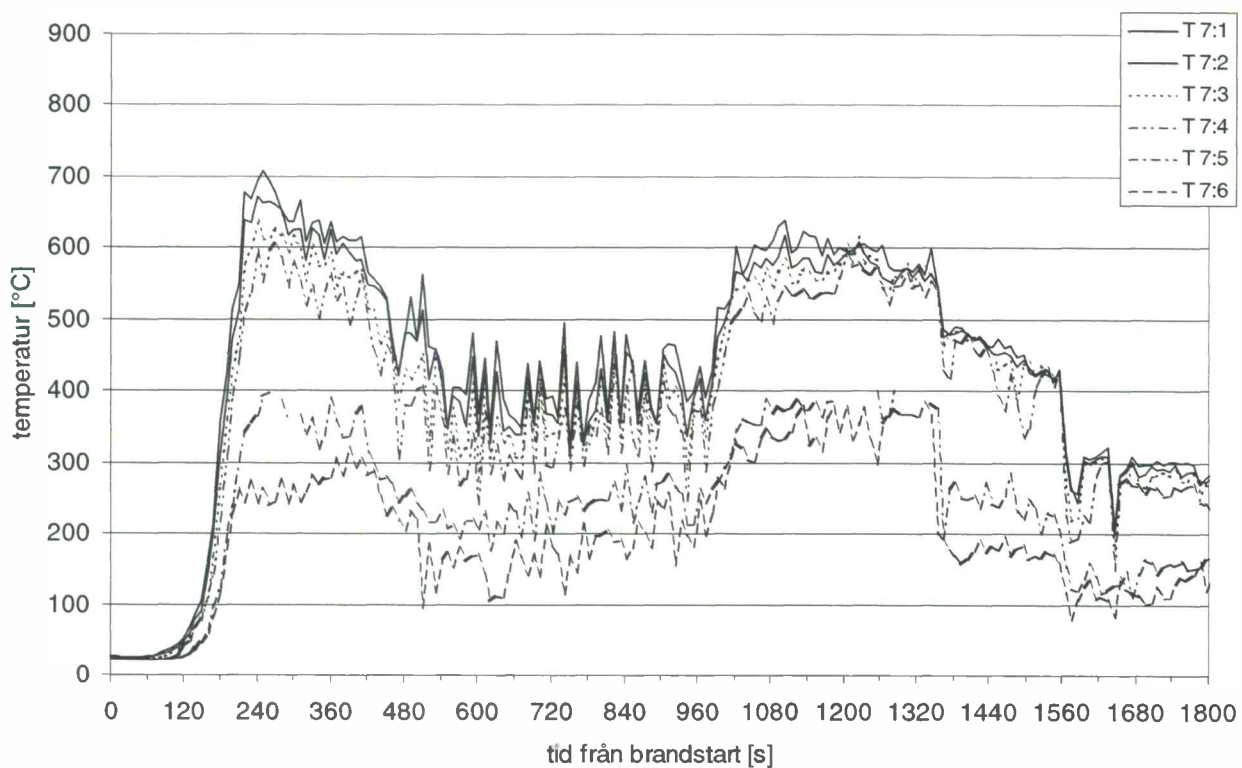


diagram 3:14; temperatur, stapel nr T7

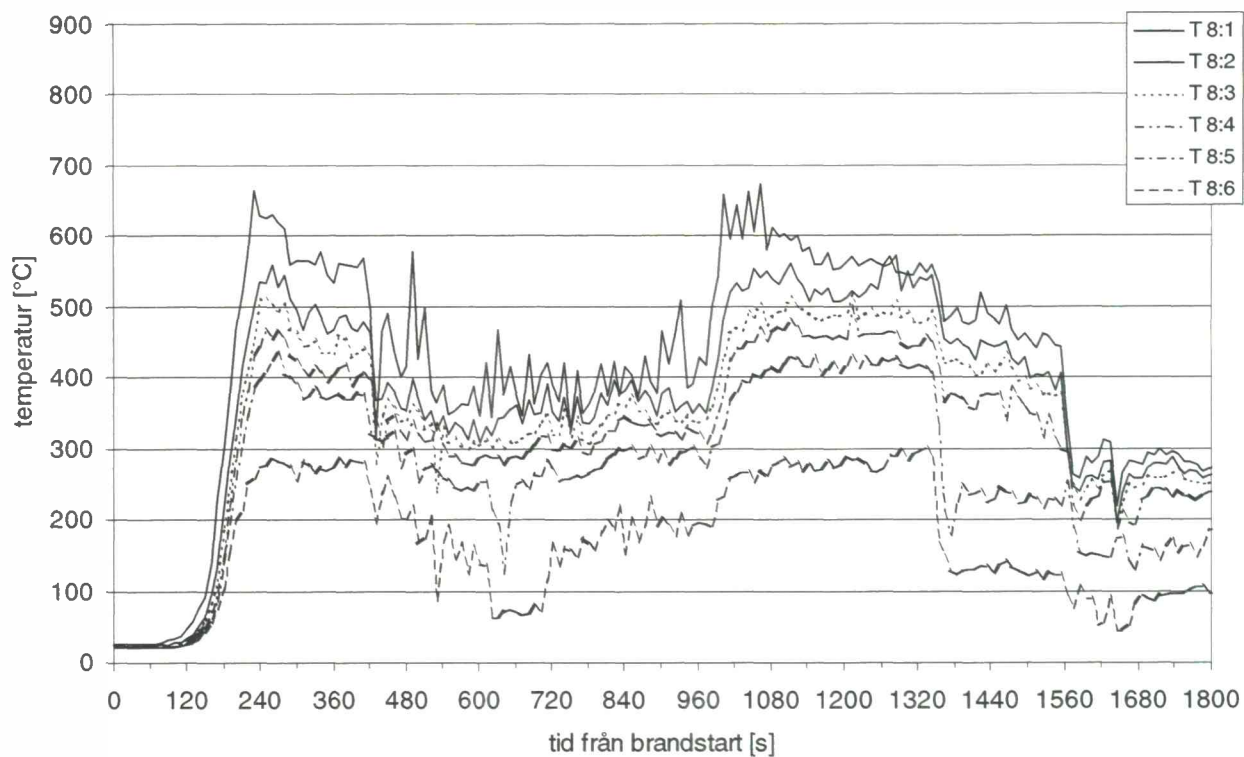


diagram 3:15; temperatur, stapel nr T8

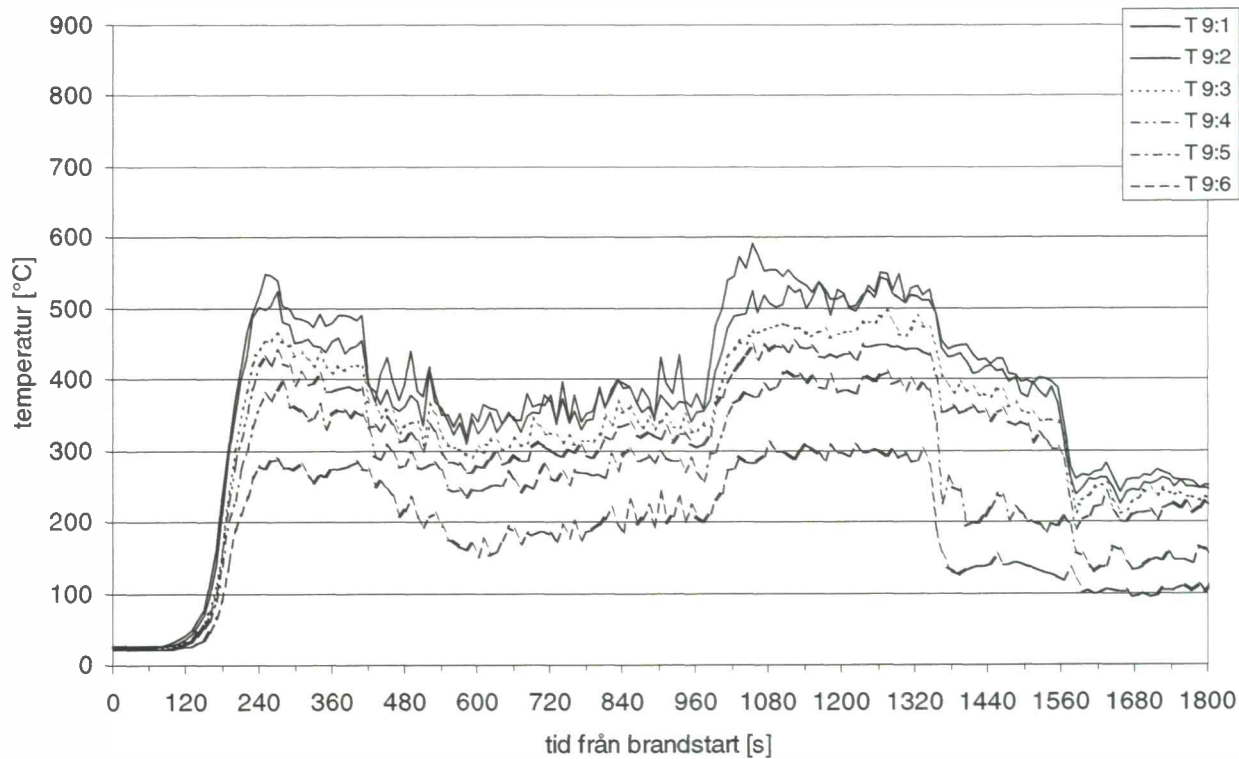


diagram 3:16; temperatur, stapel nr T9

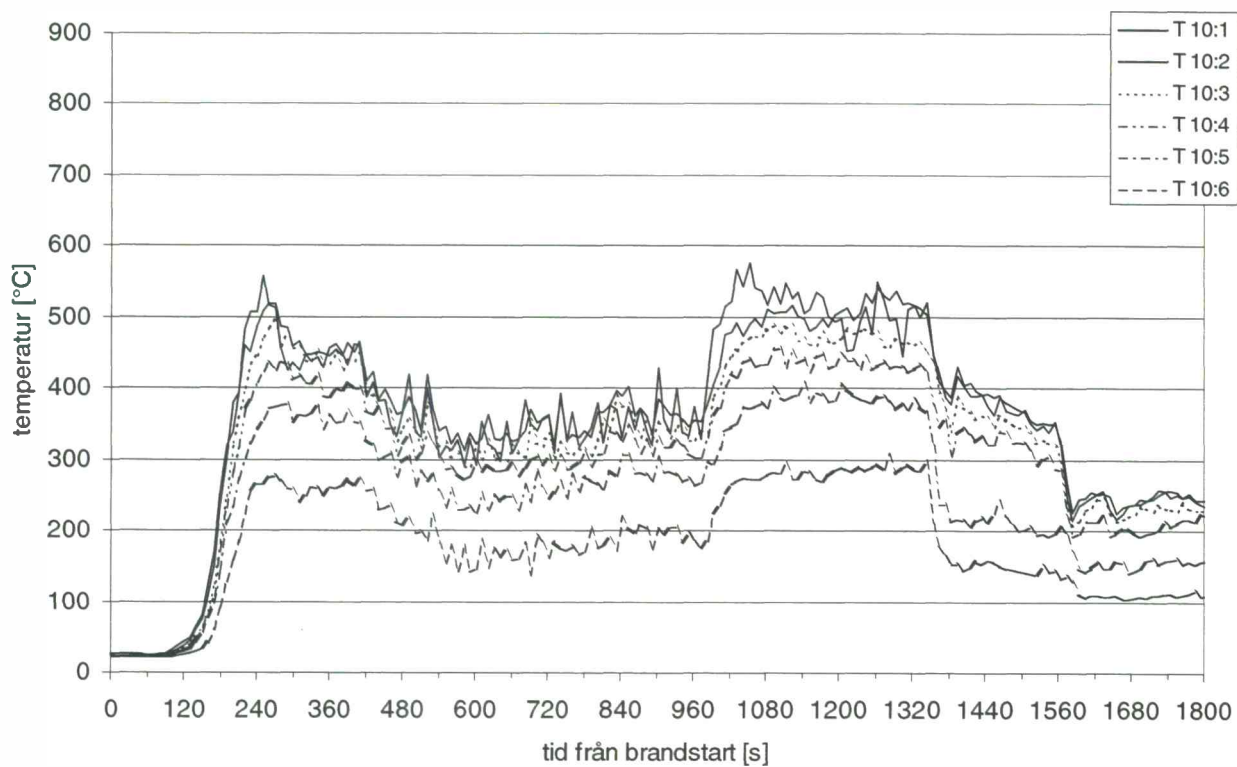


diagram 3:17; temperatur, stapel nr T10

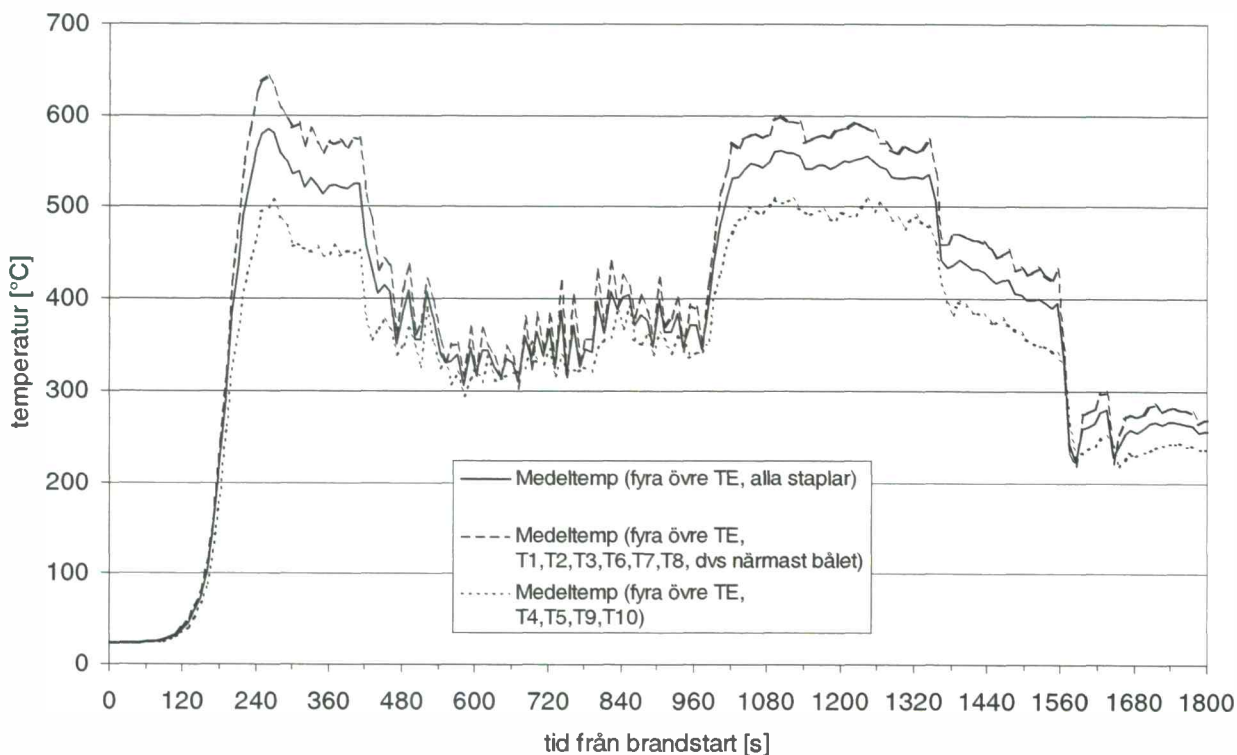


diagram 3:18; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter

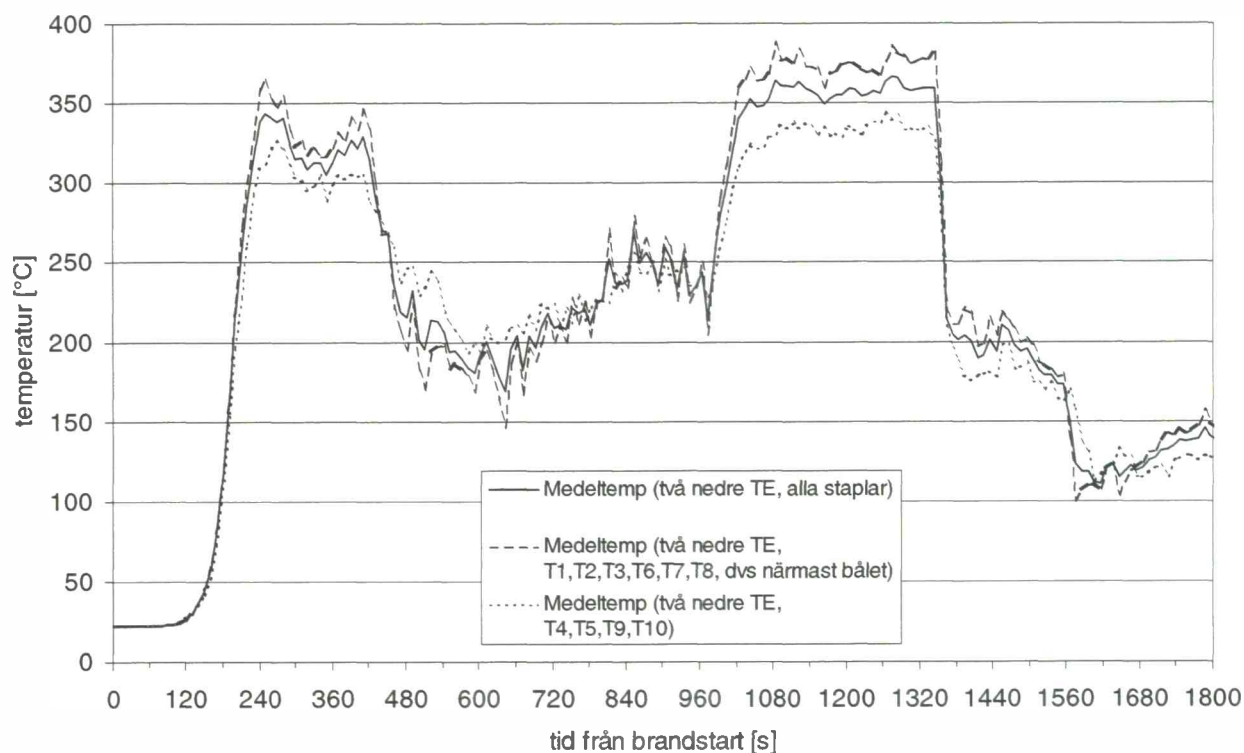


diagram 3:19; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter

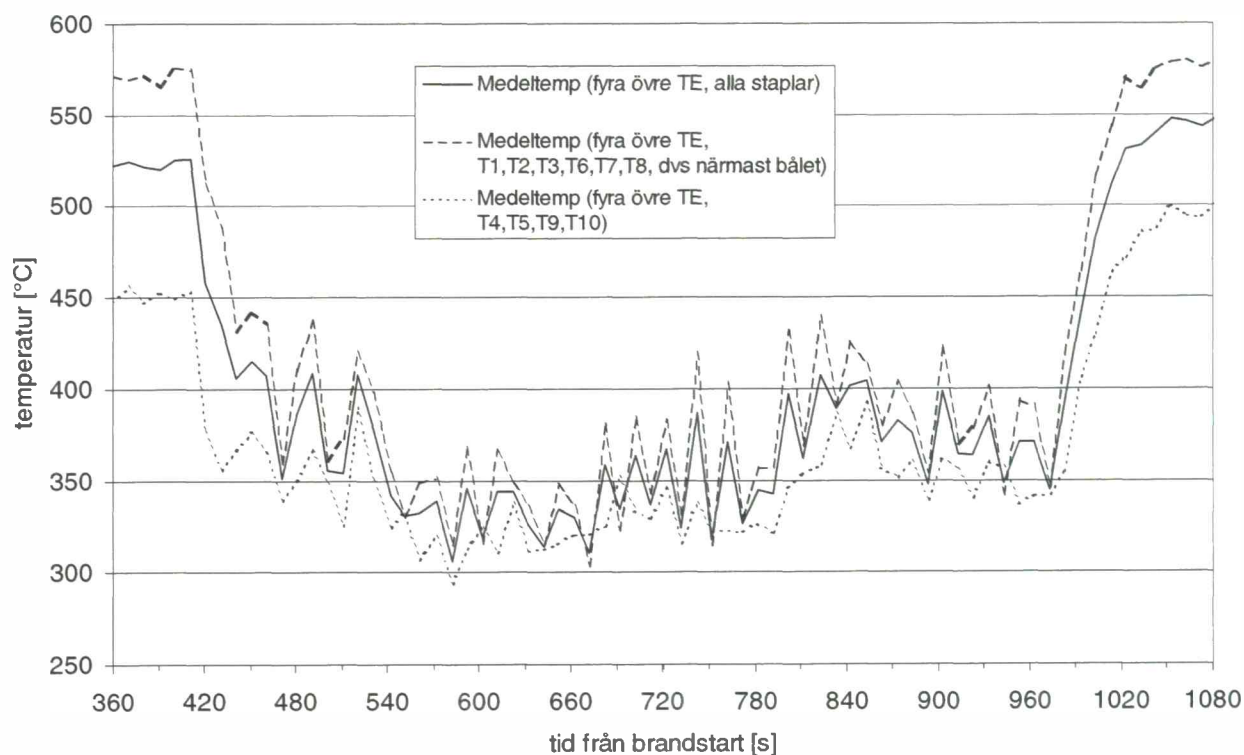


diagram 3:20; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcktilfället

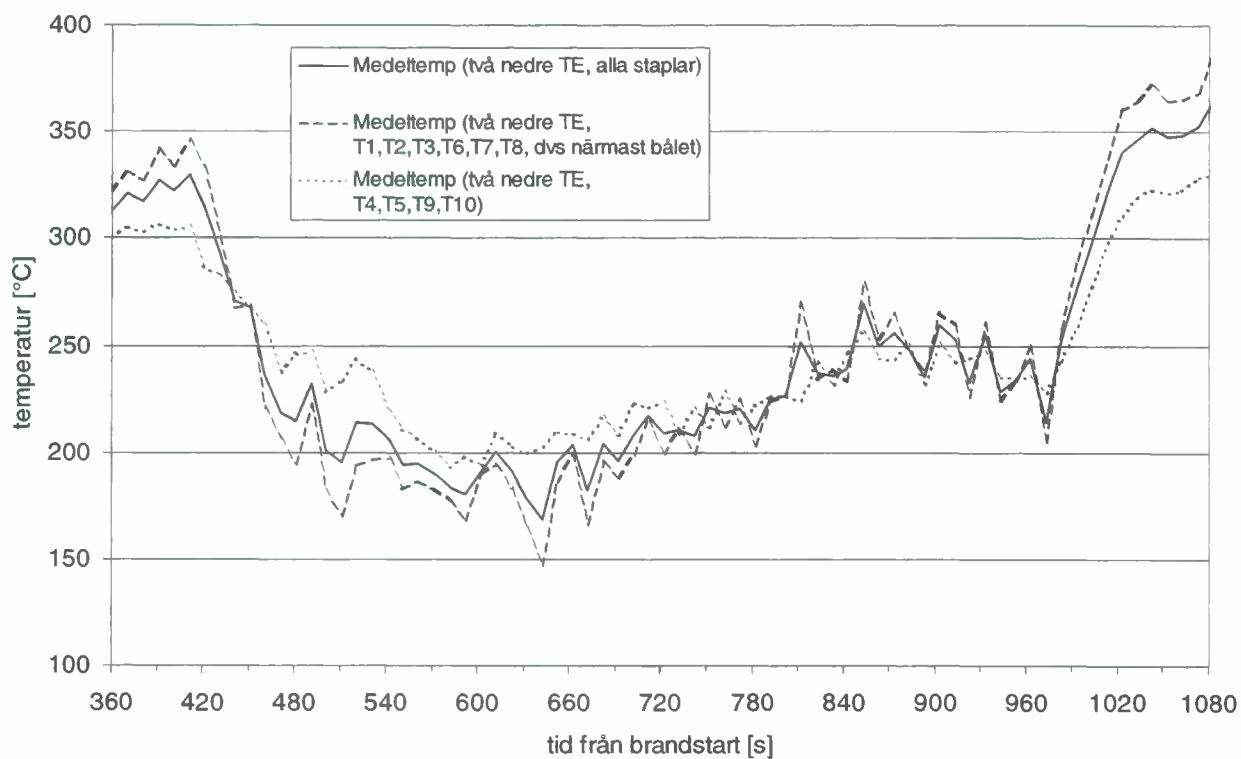


diagram 3:21; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktilfället

Bilaga 4; försök 4, lågtryck, 115 l/min

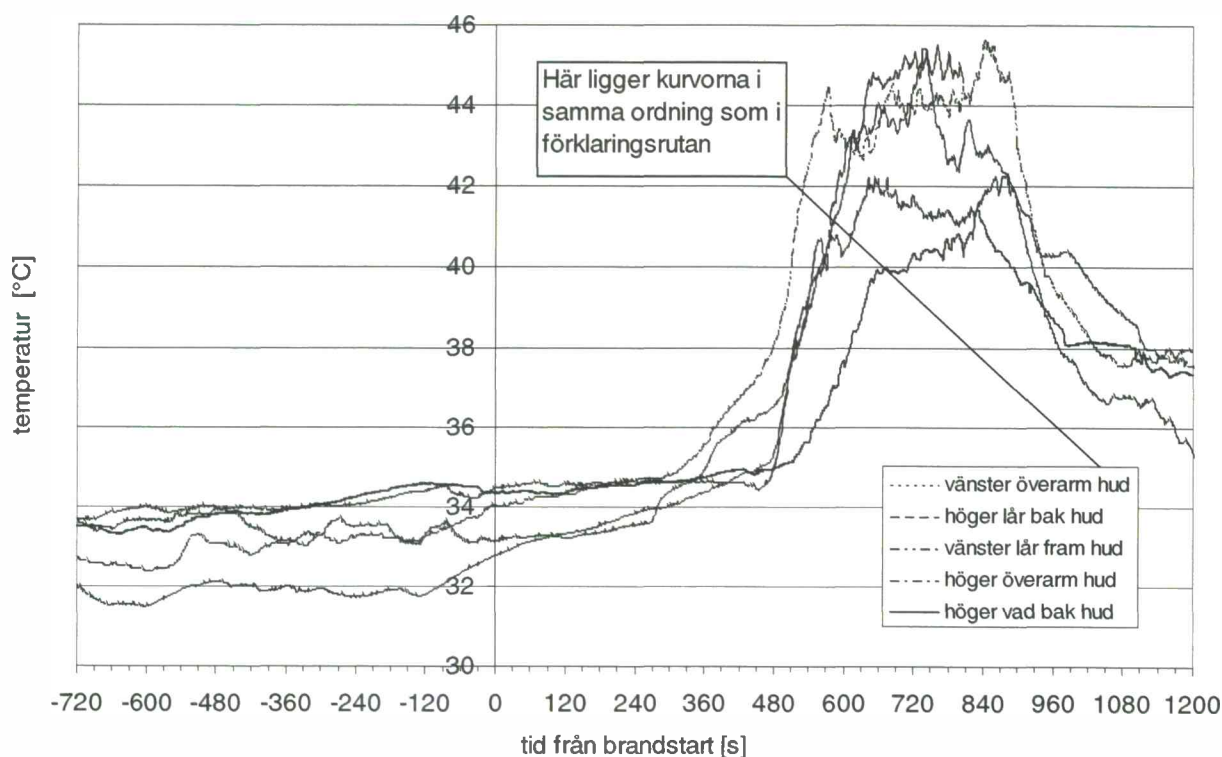


diagram 4:1; hudtemperatur hos rökdykare 1

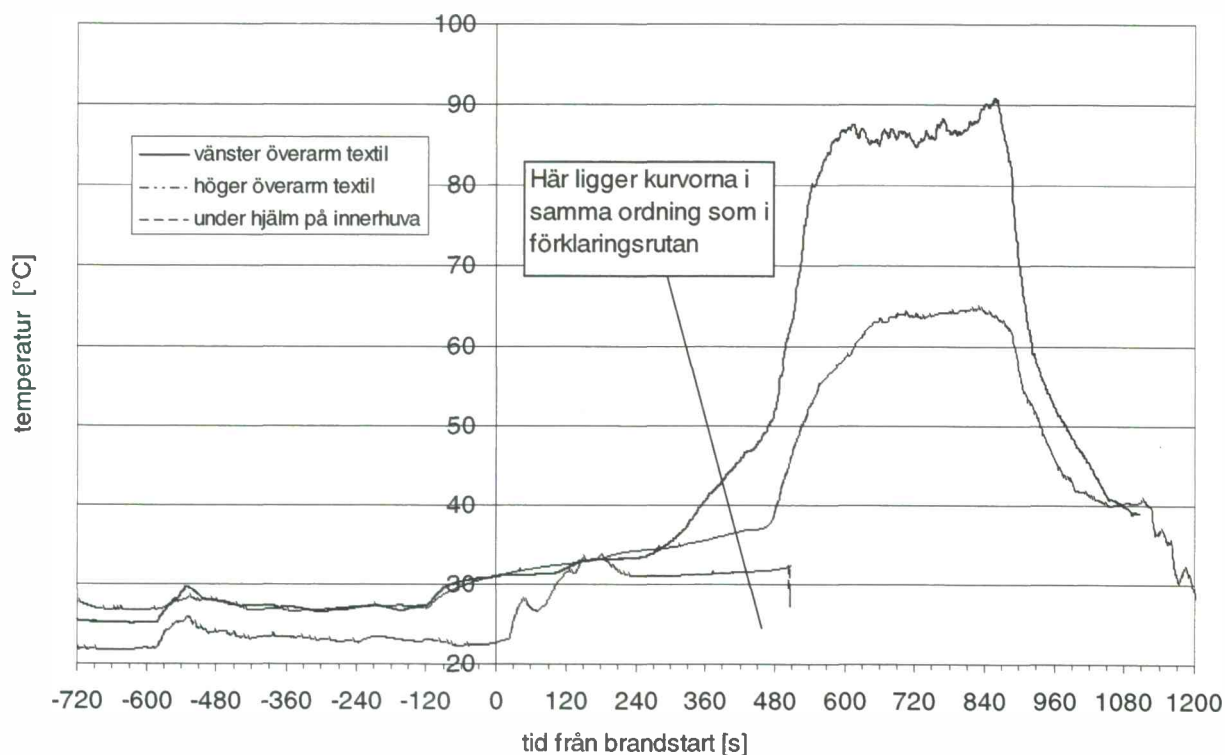


diagram 4:2; textiltemperatur hos rökdykare 1

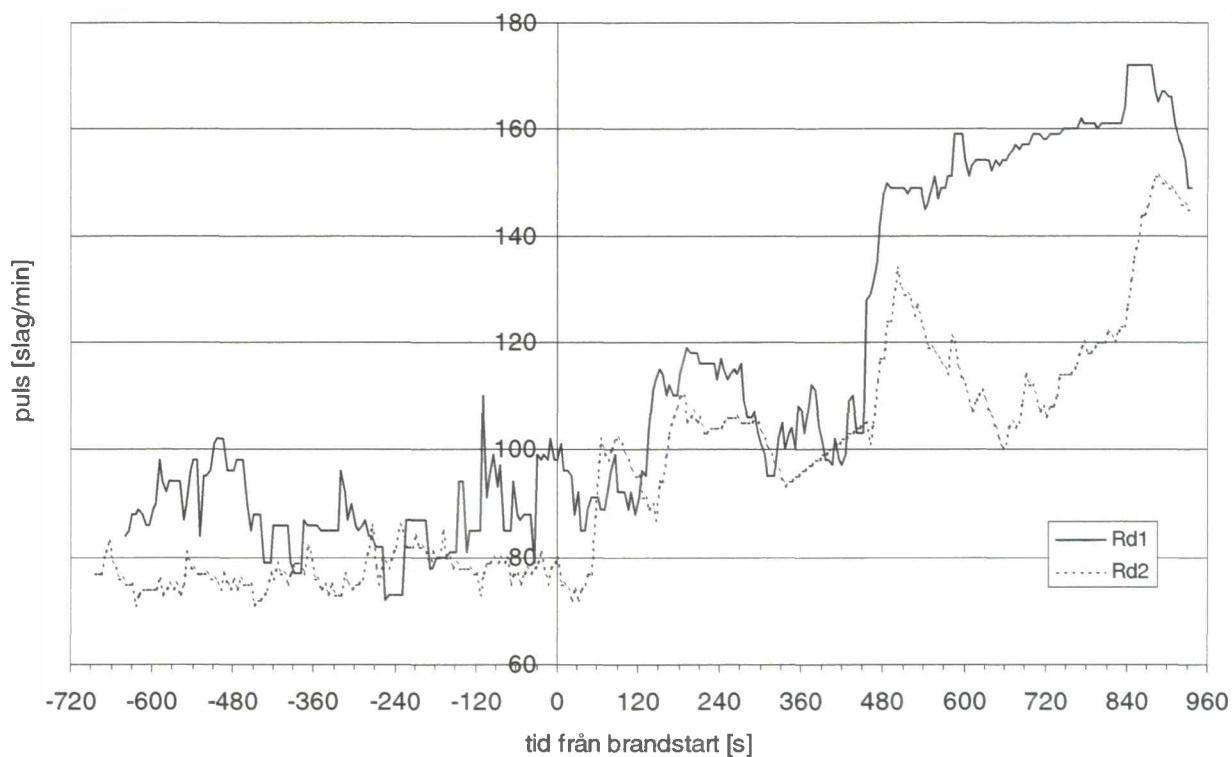


diagram 4:3; puls hos rökdykare 1 (Rd1) och rökdykare 2 (Rd2)

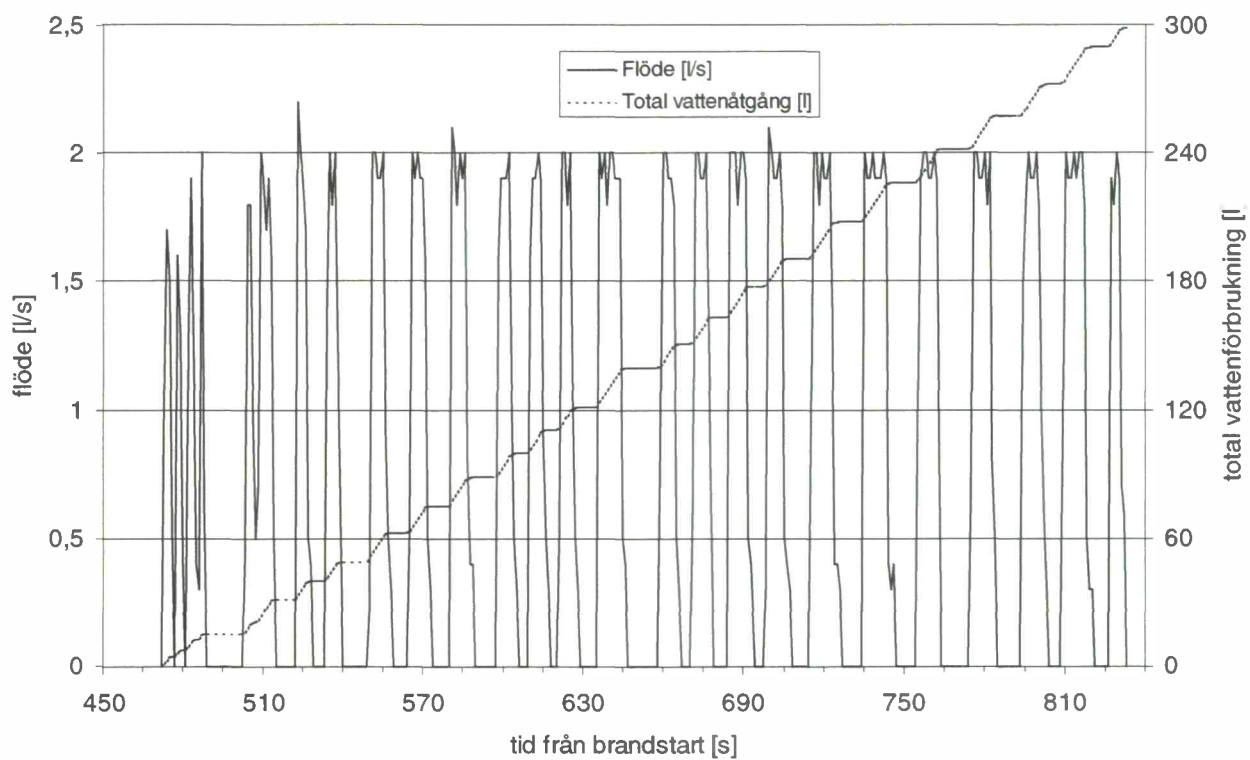


diagram 4:4; flöde samt ackumulerad vattenförbrukning

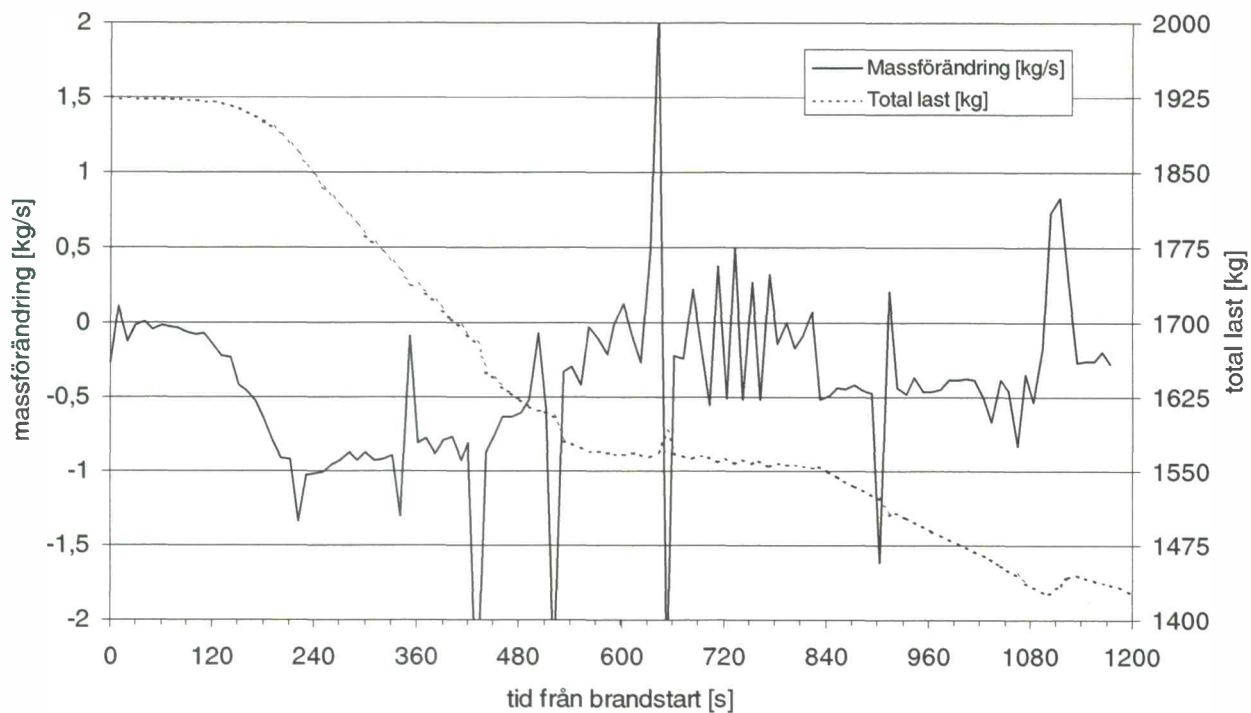


diagram 4:5; massförändring hos bålet samt total last

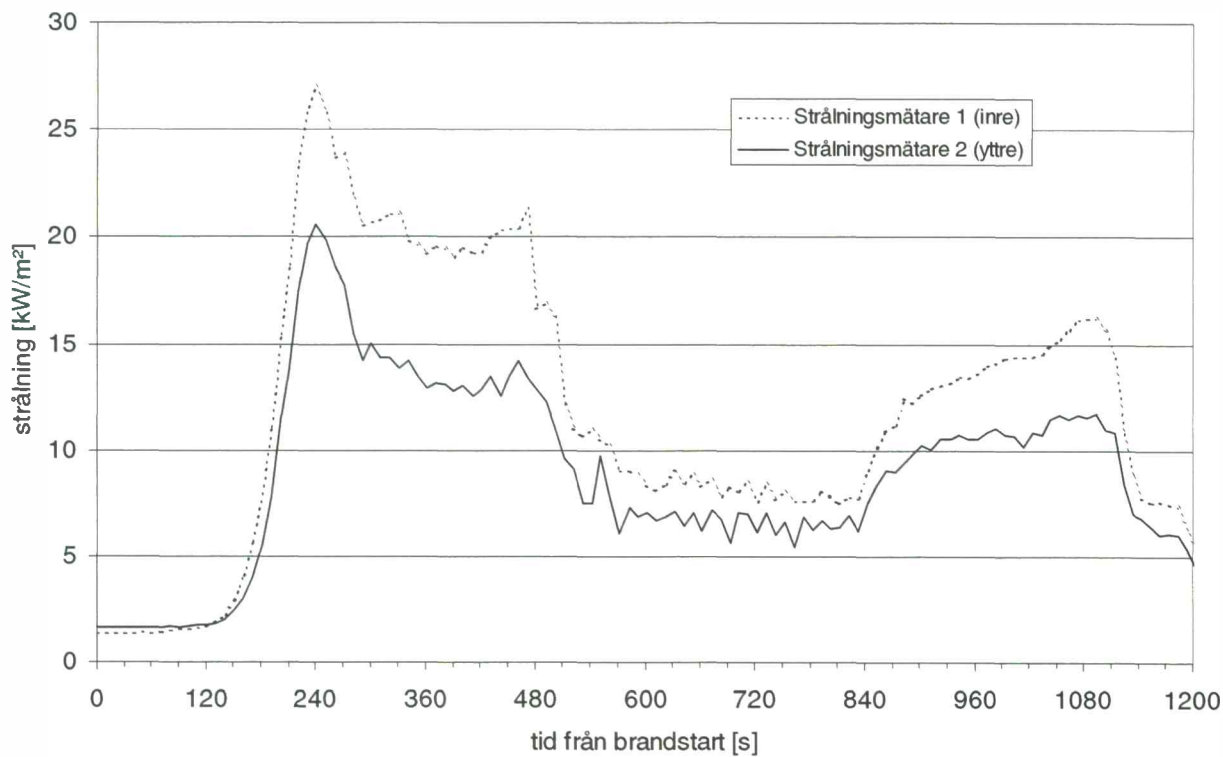


diagram 4:6; strålning

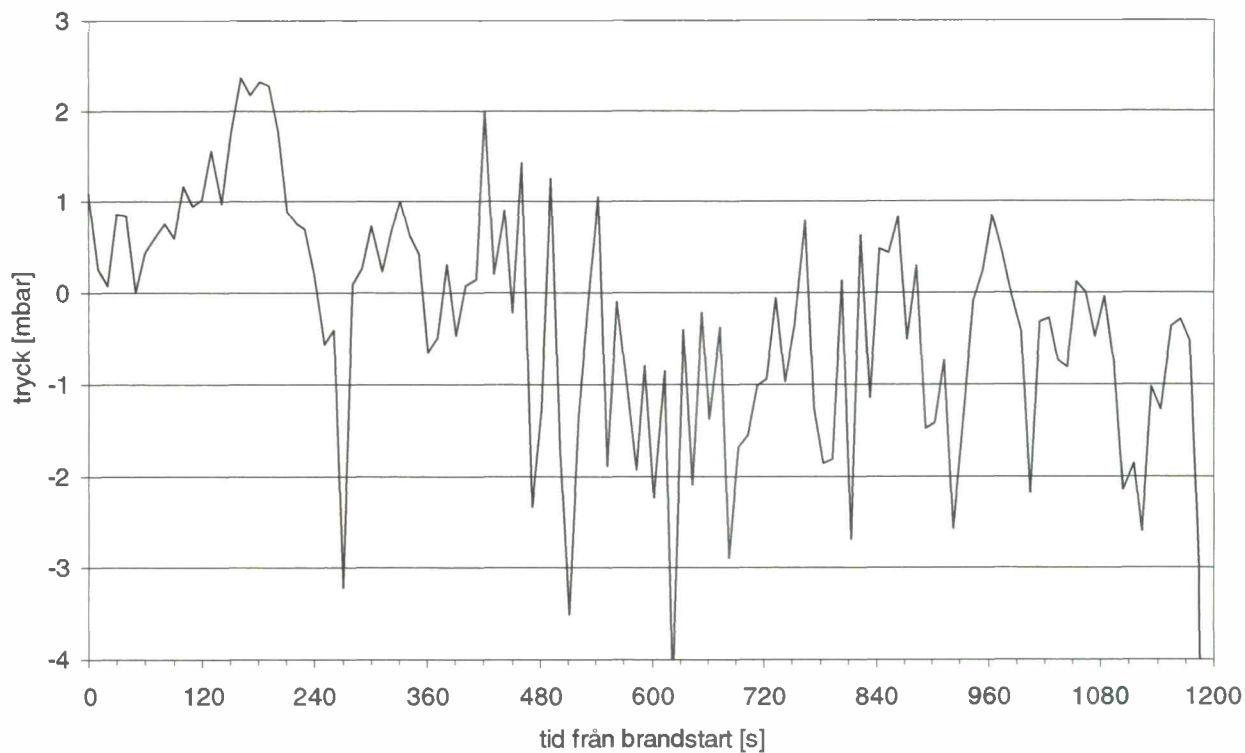


diagram 4:7; tryck i brandrummet

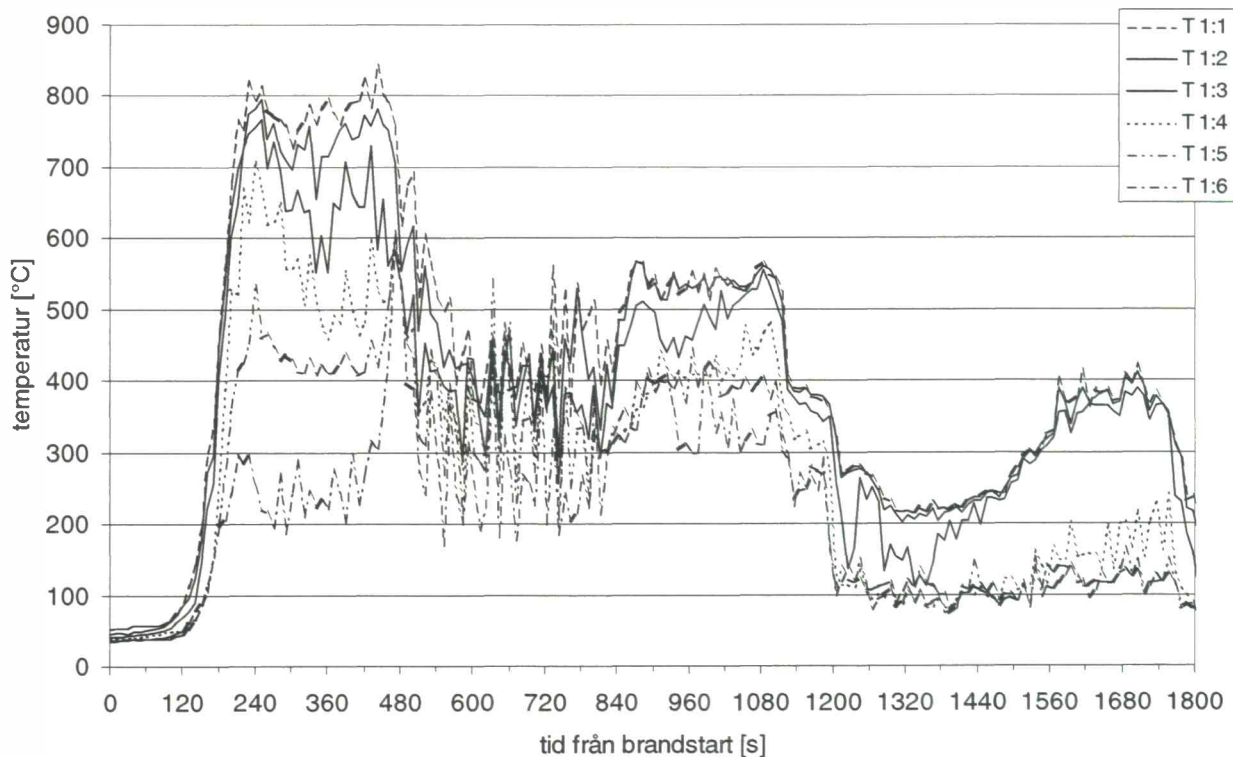


diagram 4:8; temperatur, stapel nr T1

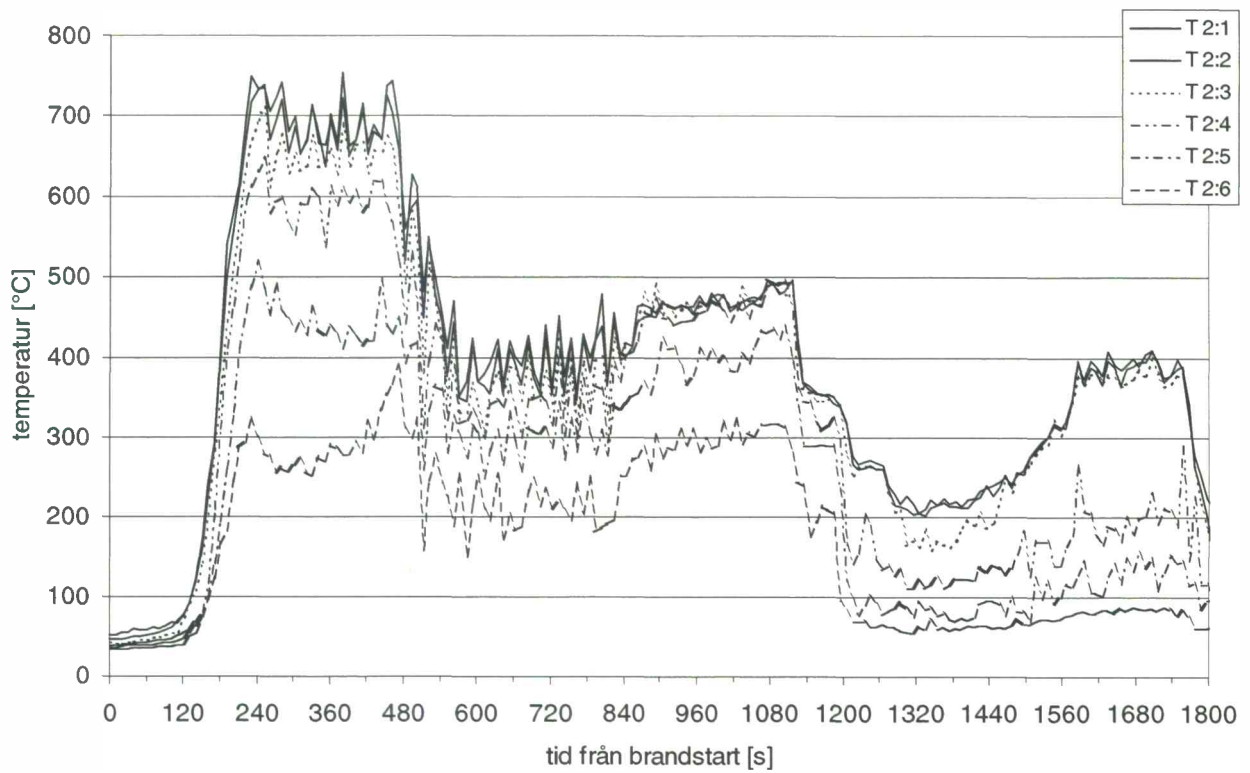


diagram 4:9; temperatur, stapel nr T2

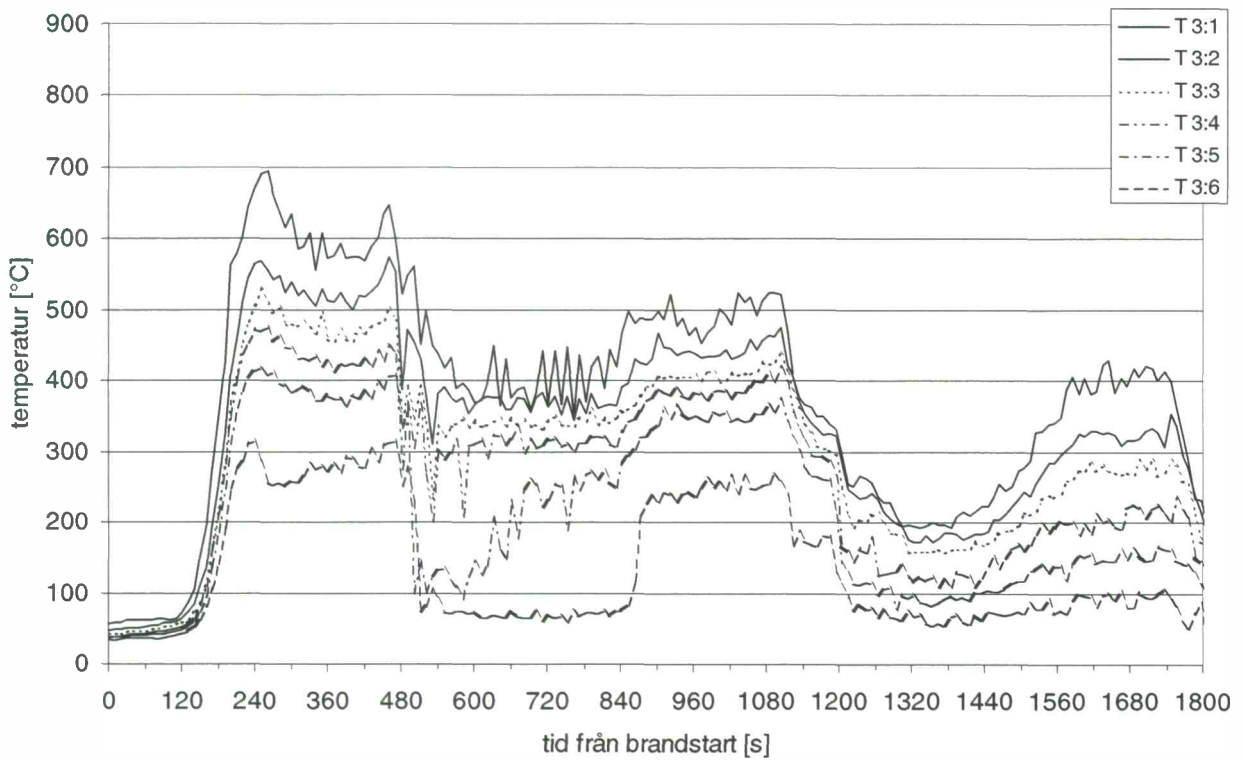


diagram 4:10; temperatur, stapel nr T3

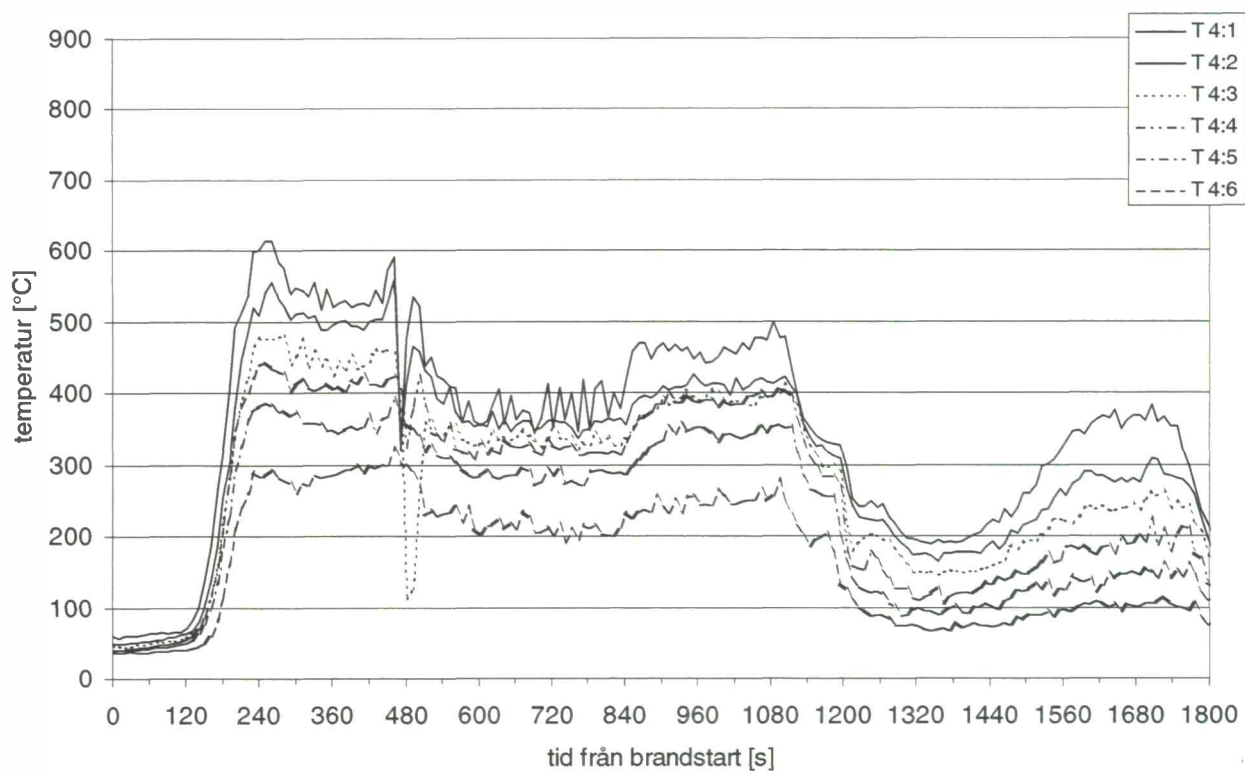


diagram 4:11; temperatur, stapel nr T4

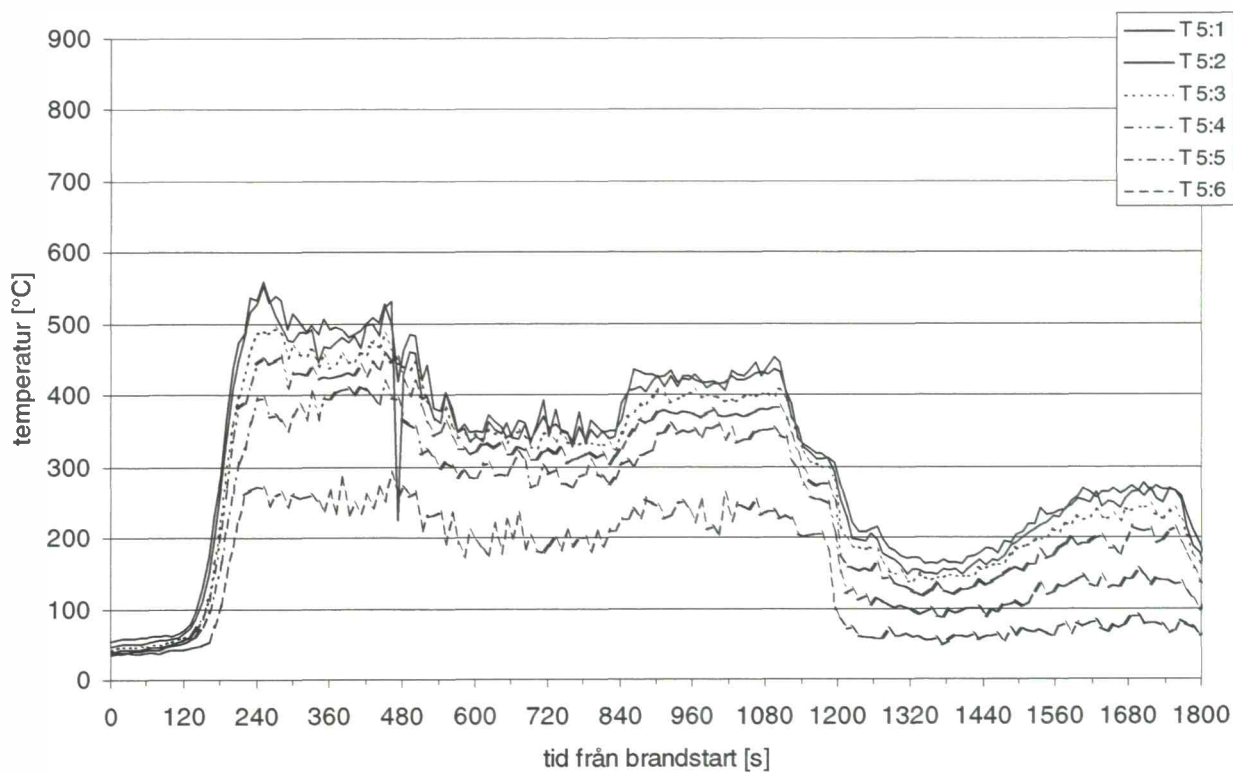


diagram 4:12; temperatur, stapel nr T5

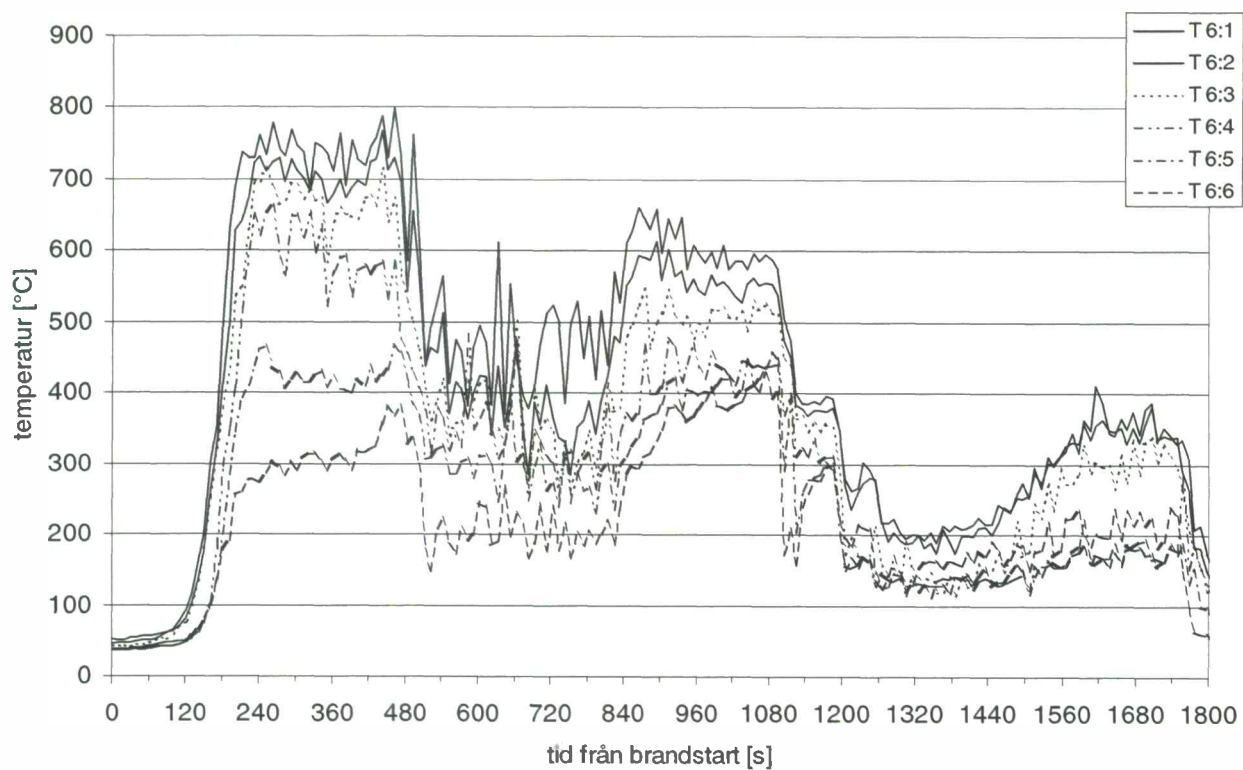


diagram 4:13; temperatur, stapel nr T6

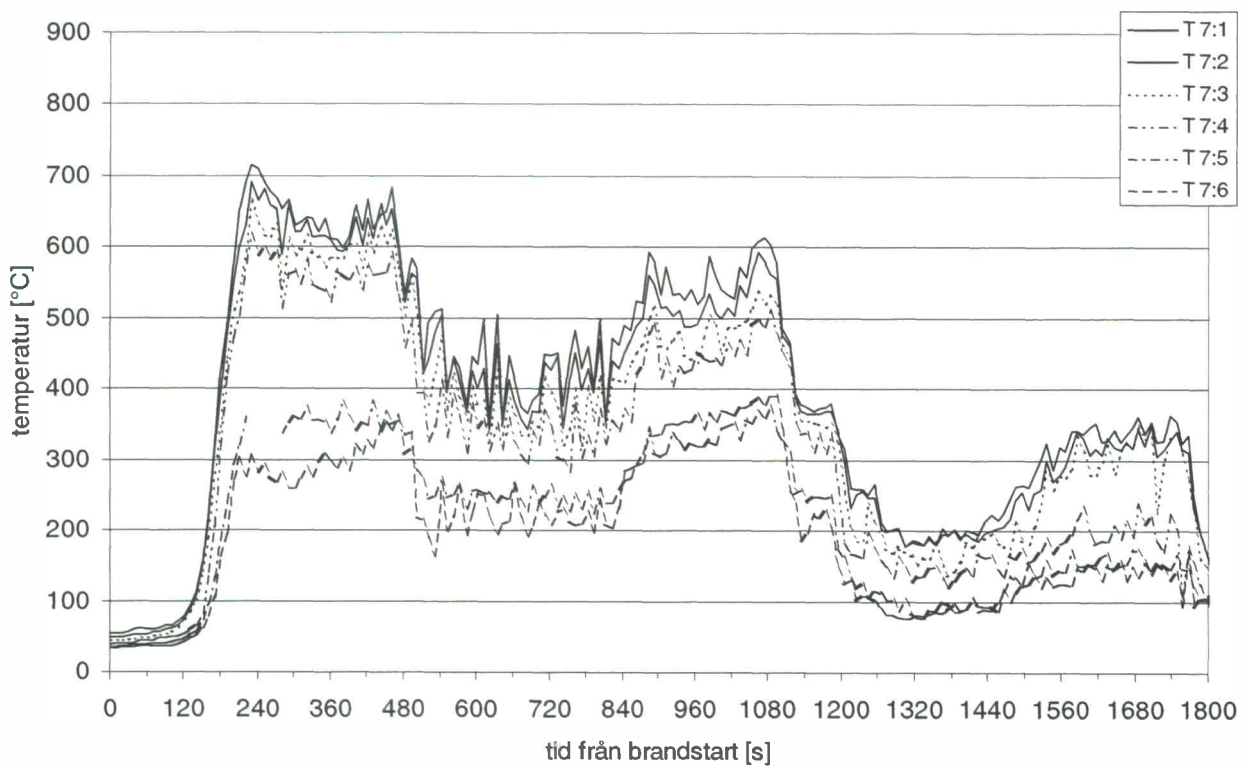


diagram 4:14; temperatur, stapel nr T7

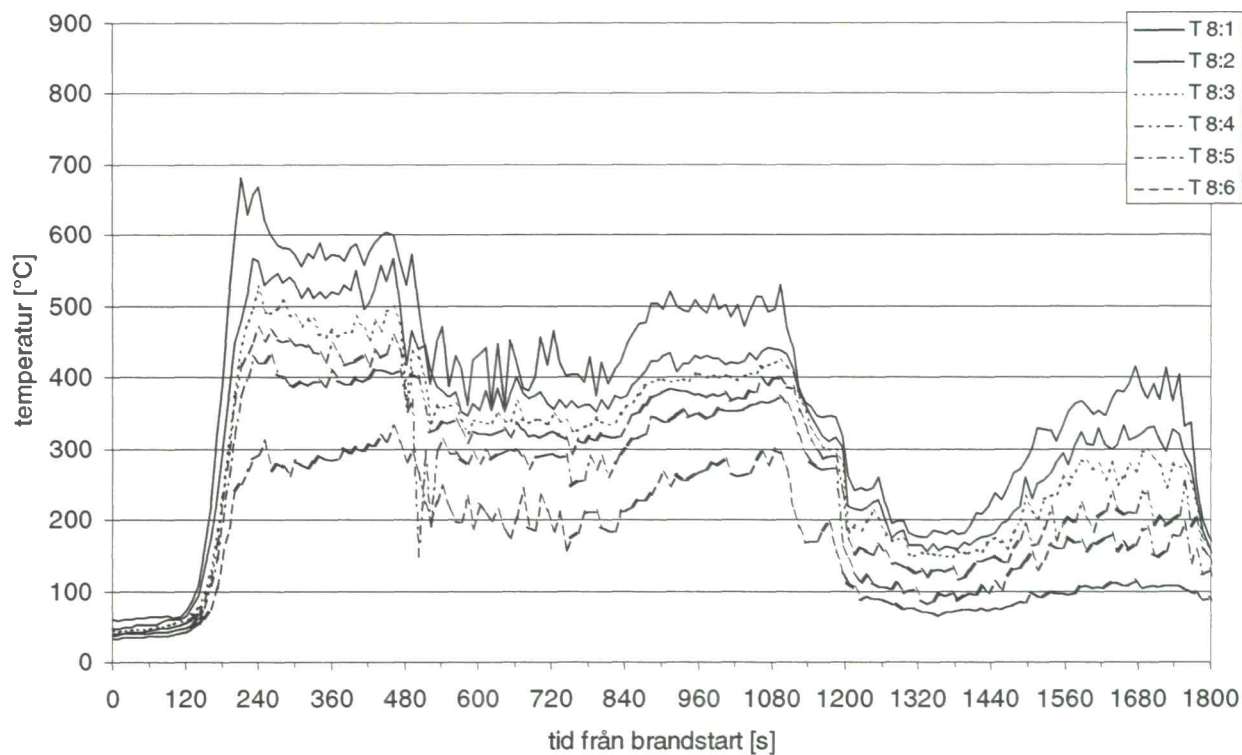


diagram 4:15; temperatur, stapel nr T8

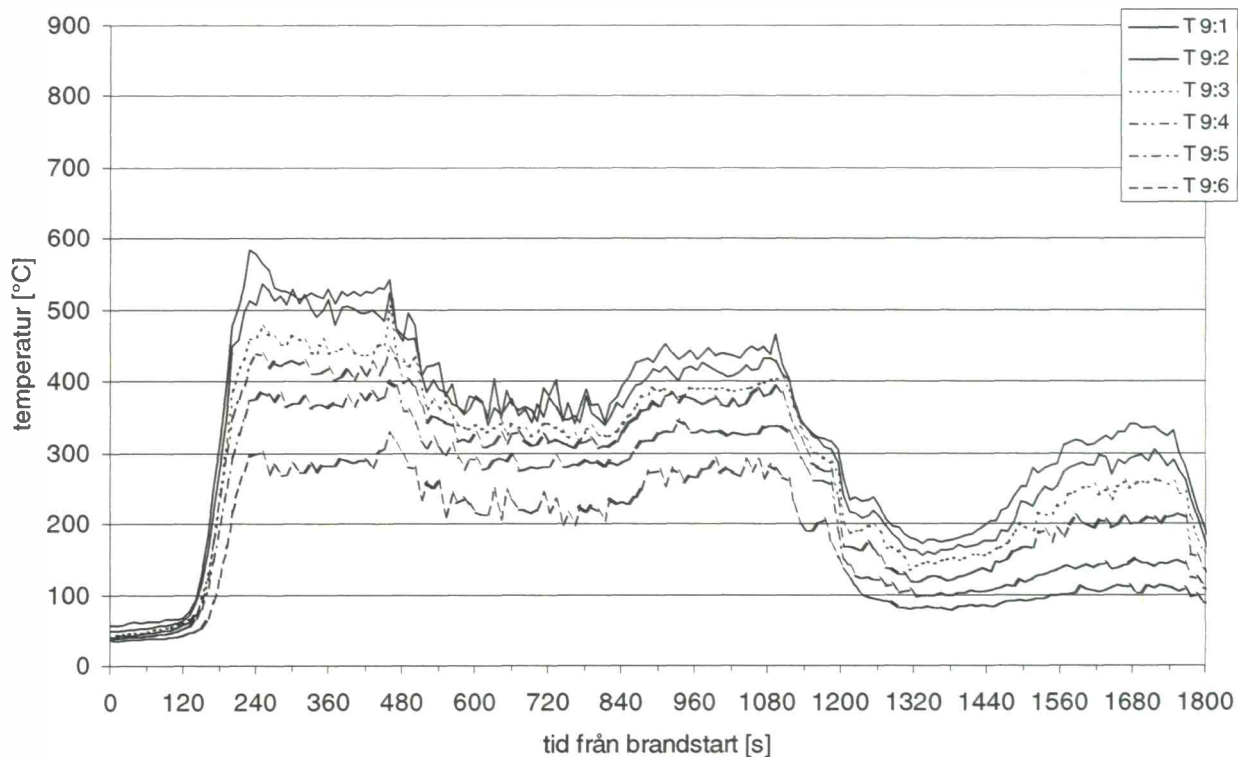


diagram 4:16; temperatur, stapel nr T9

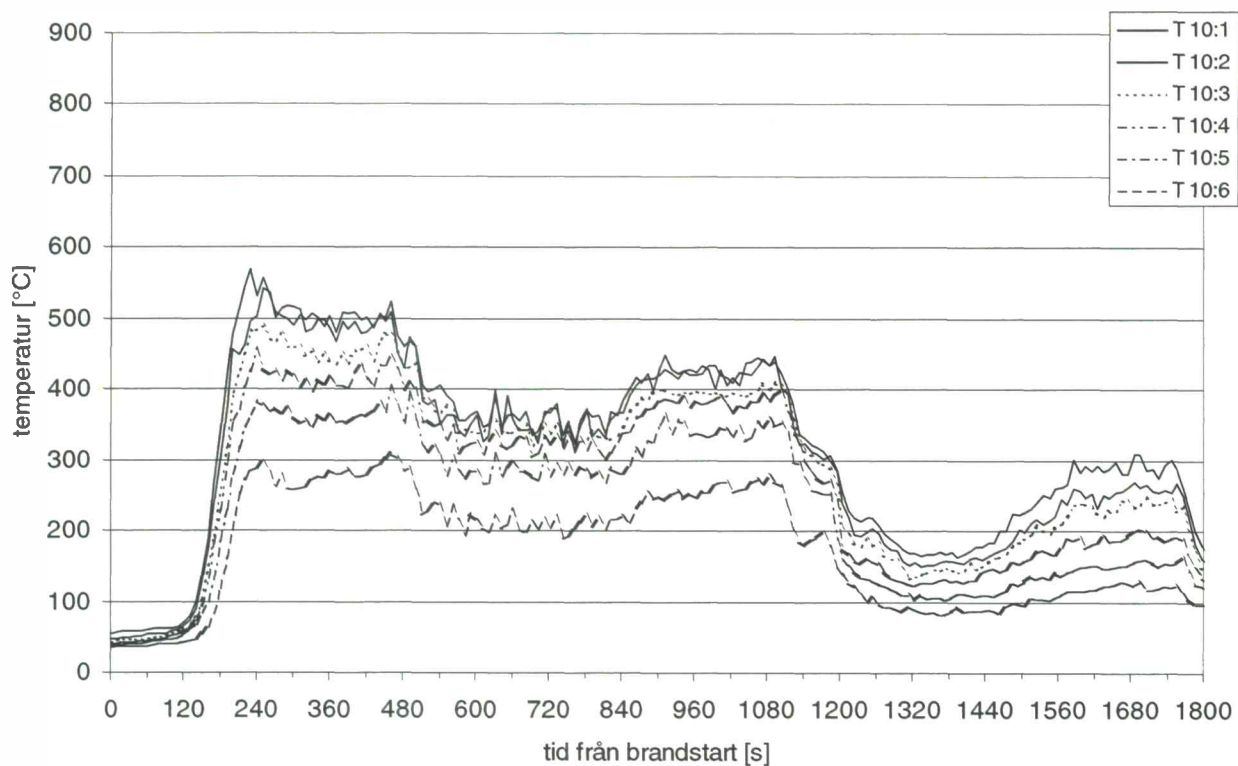


diagram 4:17; temperatur, stapel nr T10

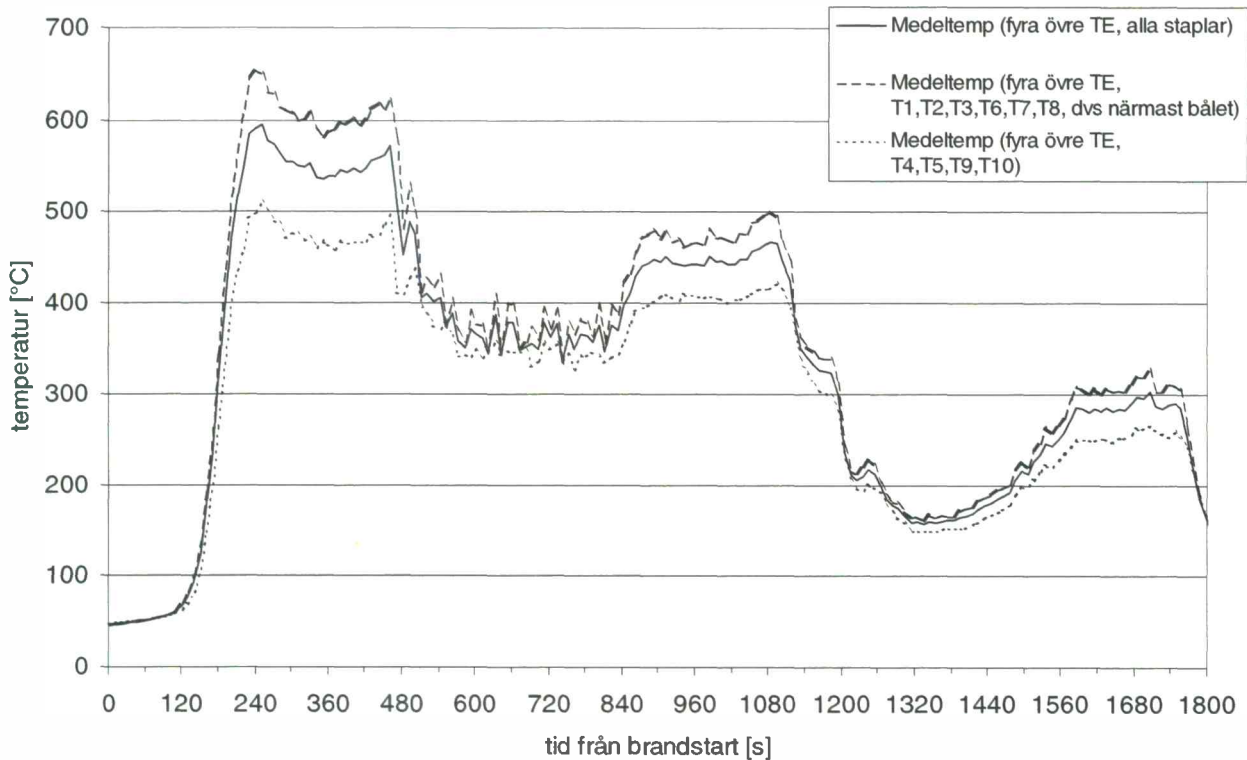


diagram 4:18; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter

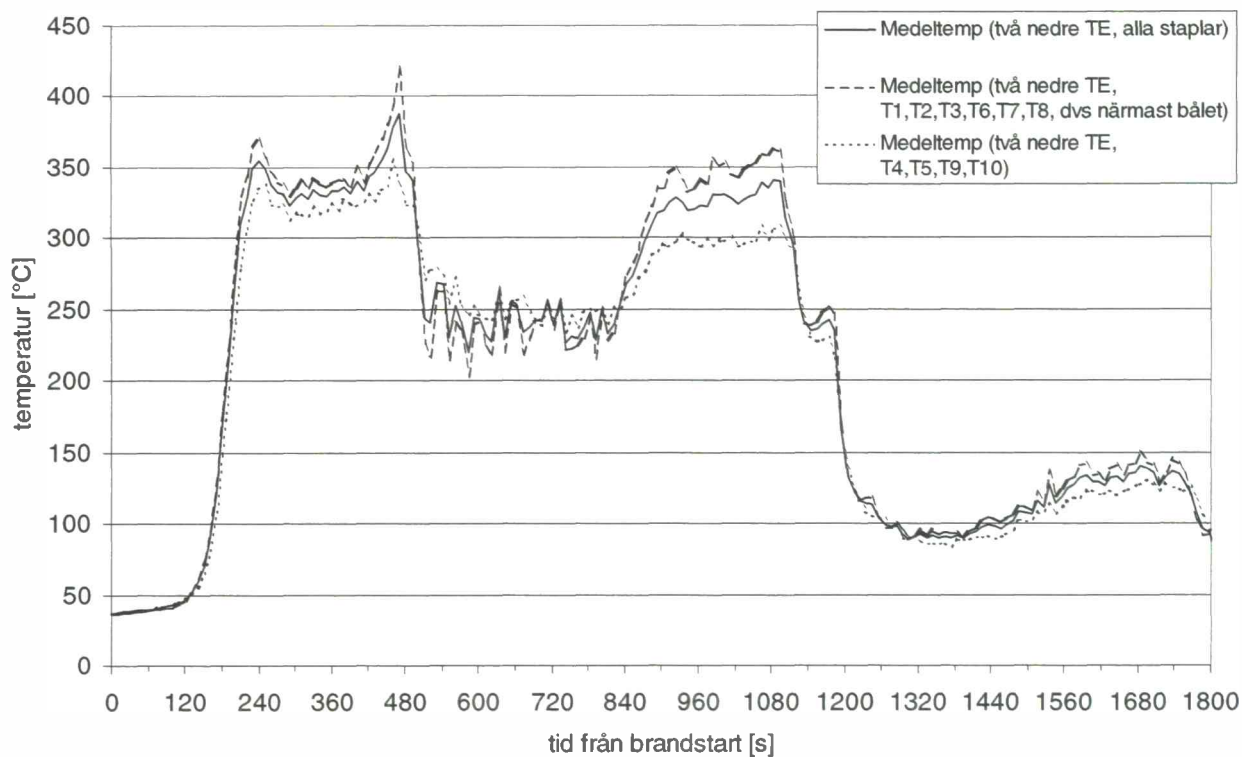


diagram 4:19; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter

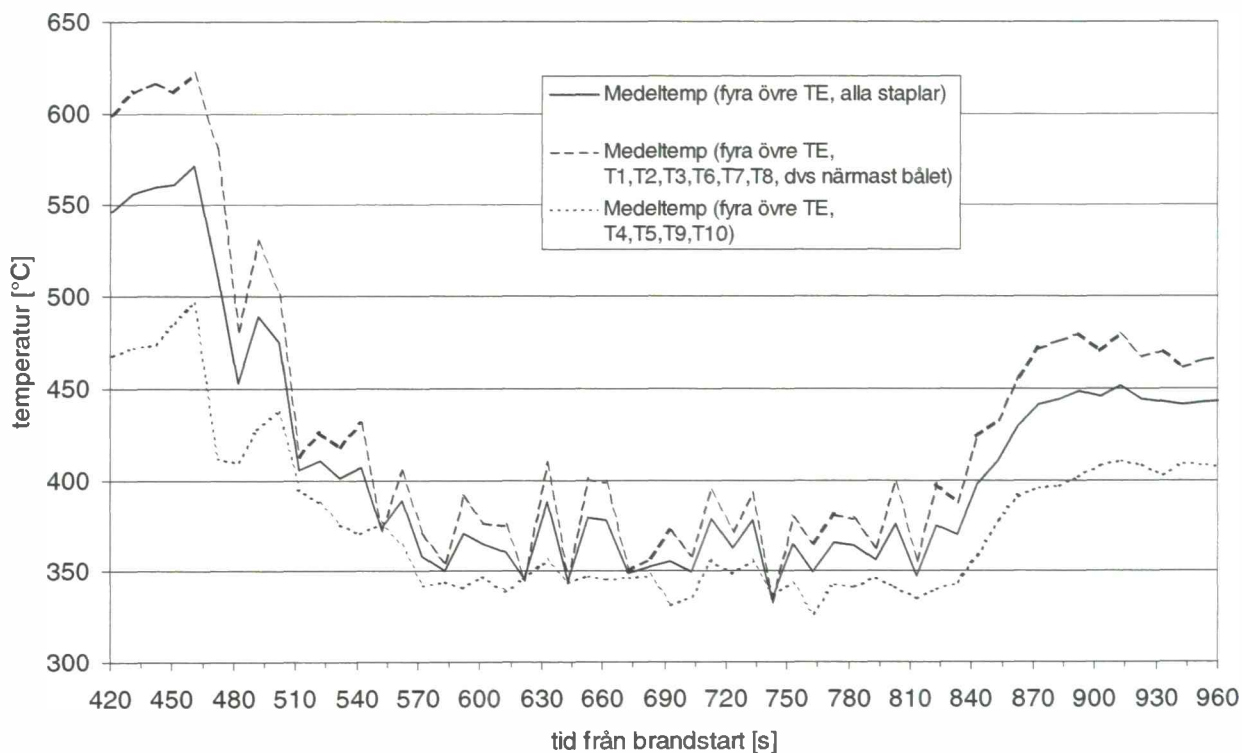


diagram 4:20; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcknillfället

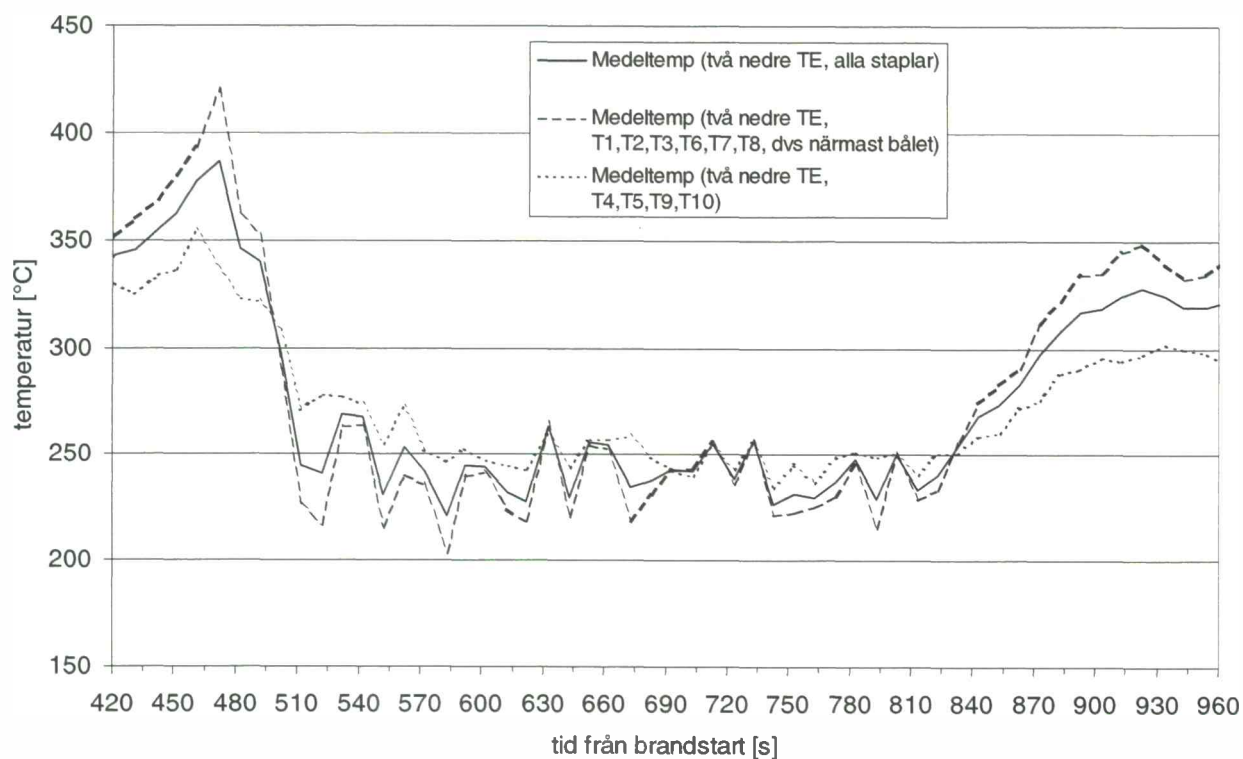


diagram 4:21; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktilfället

Bilaga 5; försök 5, högtryck, 115 l/min

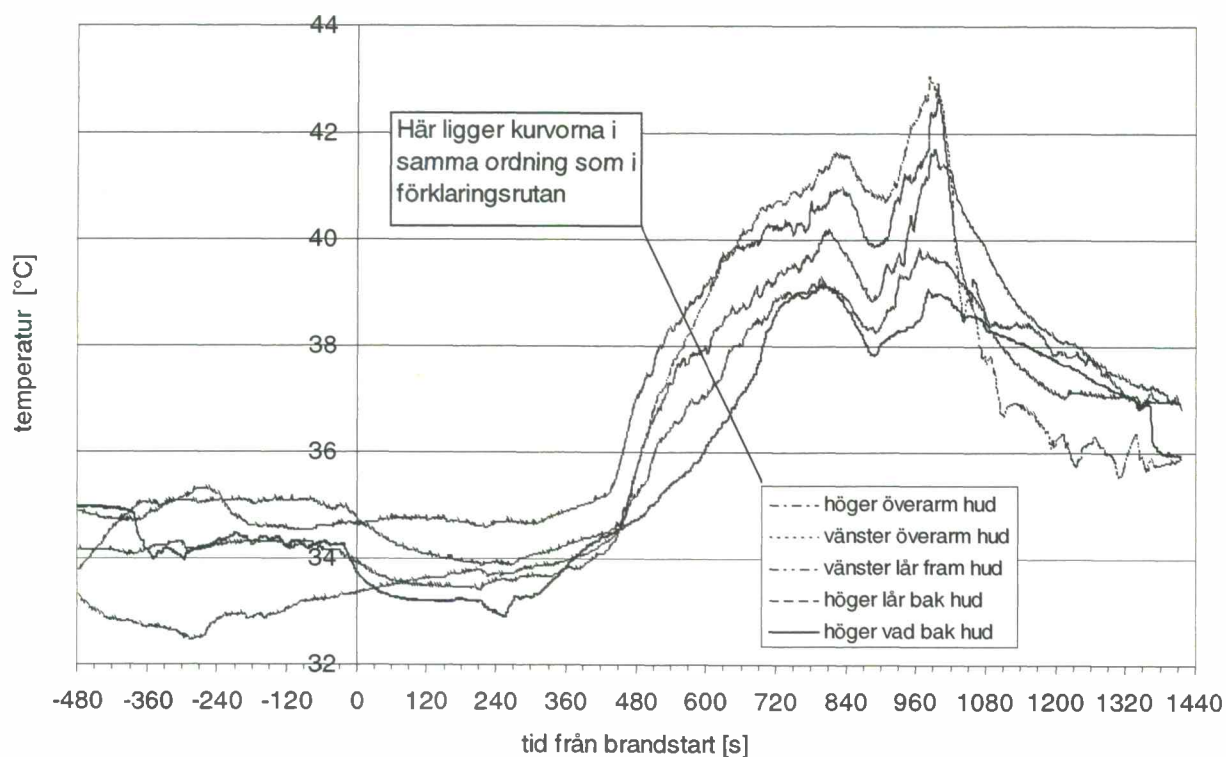


diagram 5:1; hudtemperatur hos rökdykare 1

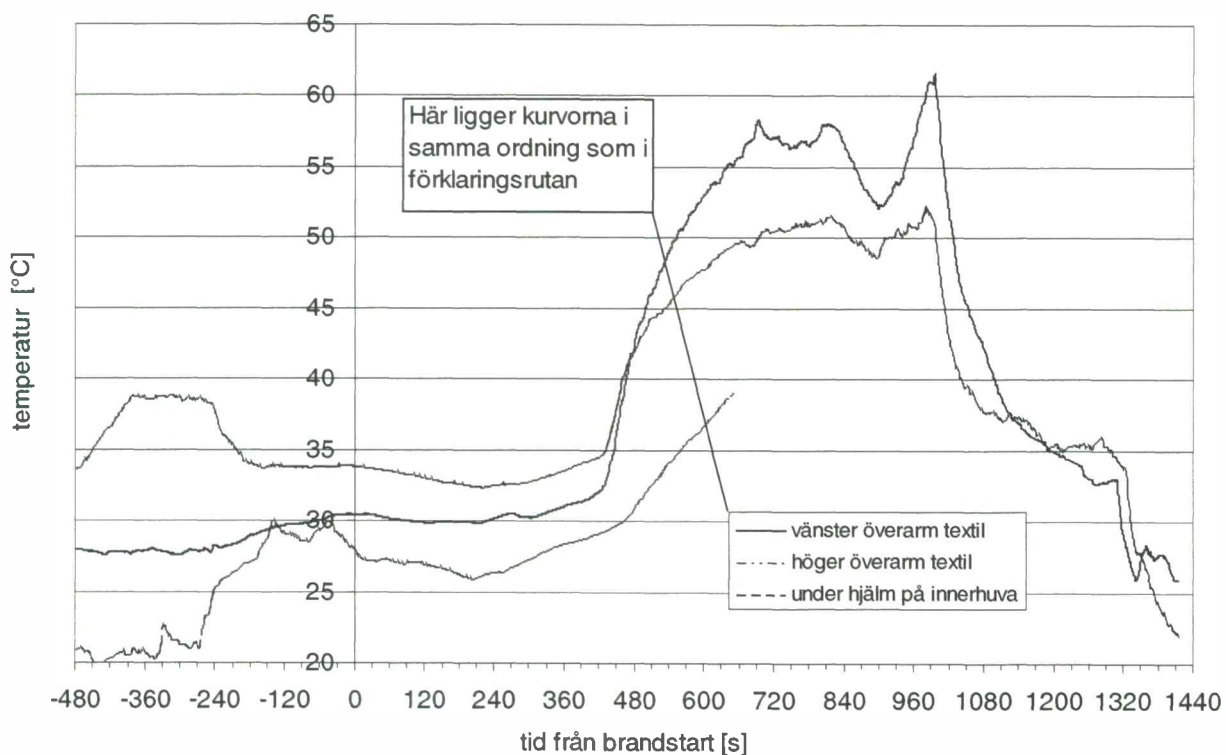


diagram 5:2; textiltemperatur hos rökdykare 1

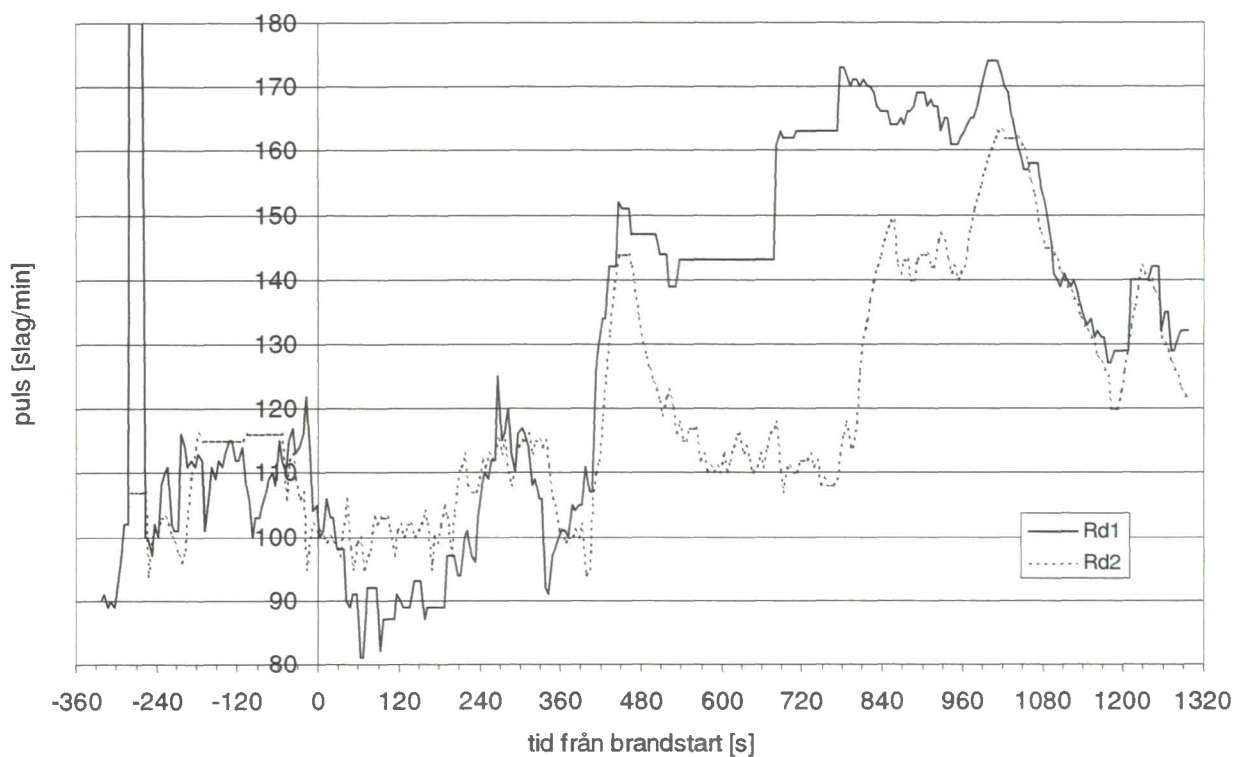


diagram 5:3; puls hos rökdykare 1 (Rd1) och rökdykare 2 (Rd2)

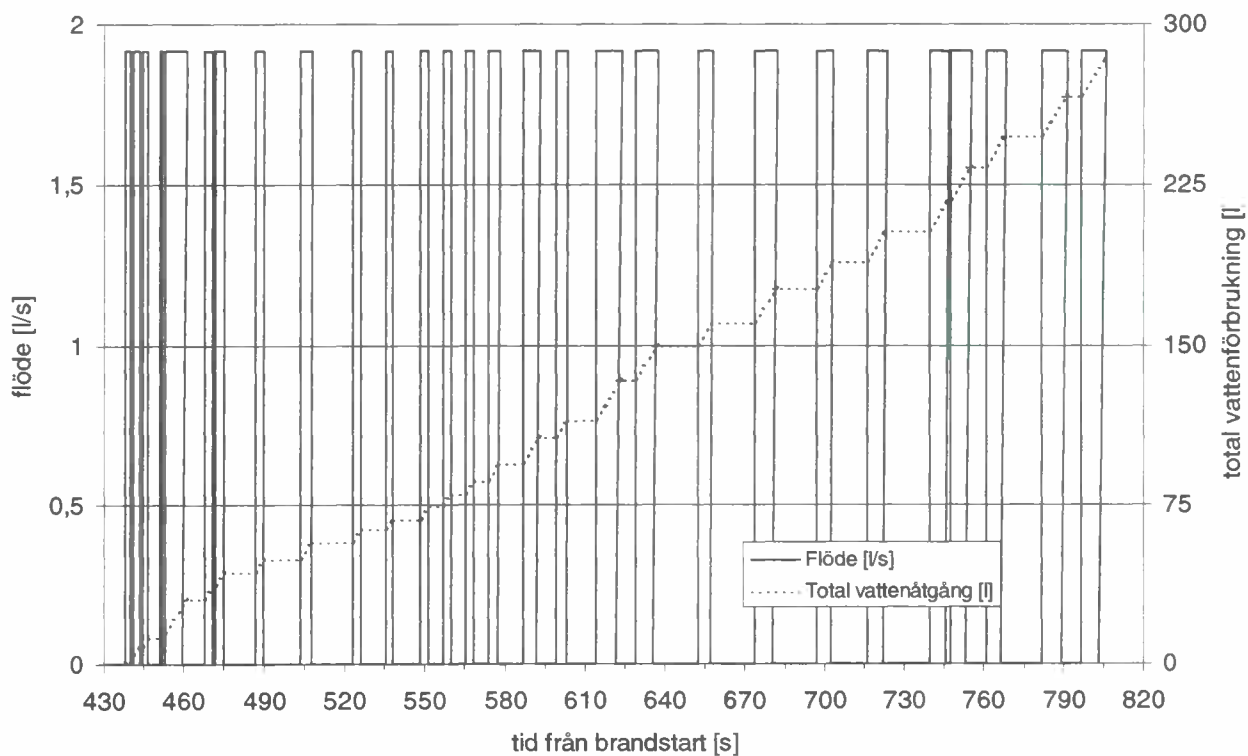


diagram 5:4; flöde samt ackumulerad vattenförbrukning

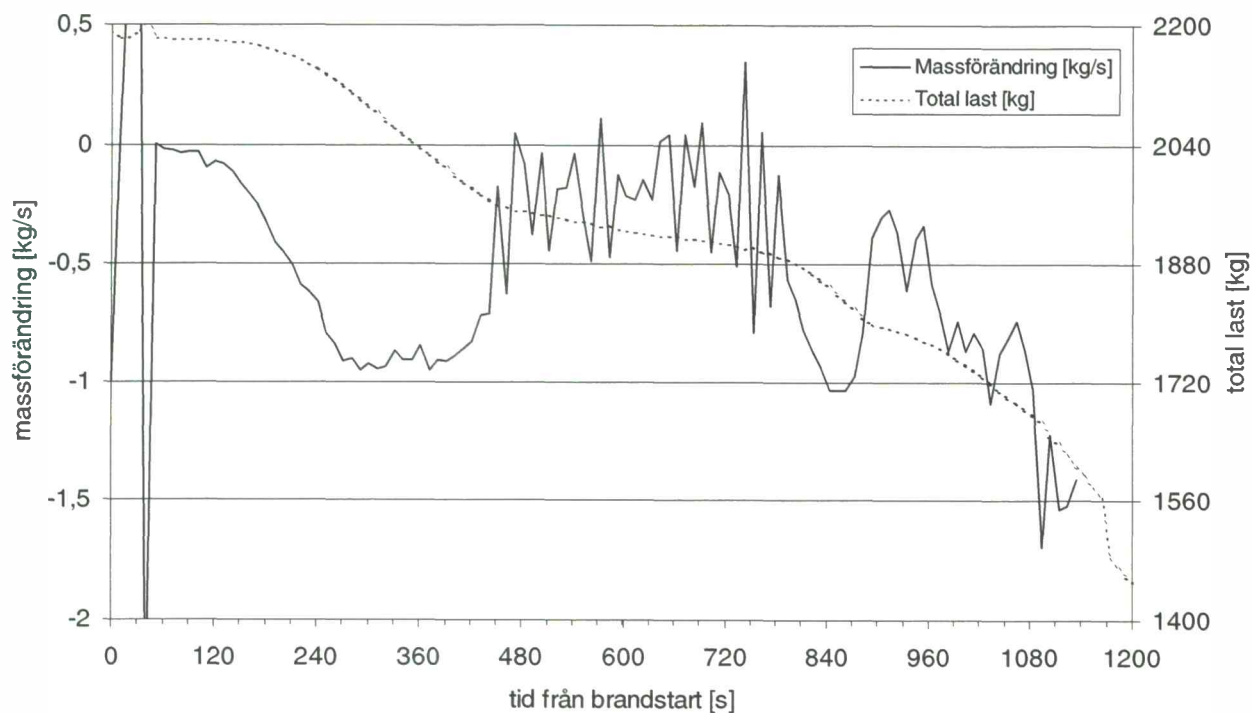


diagram 5:5; massförändring hos bålet samt total last

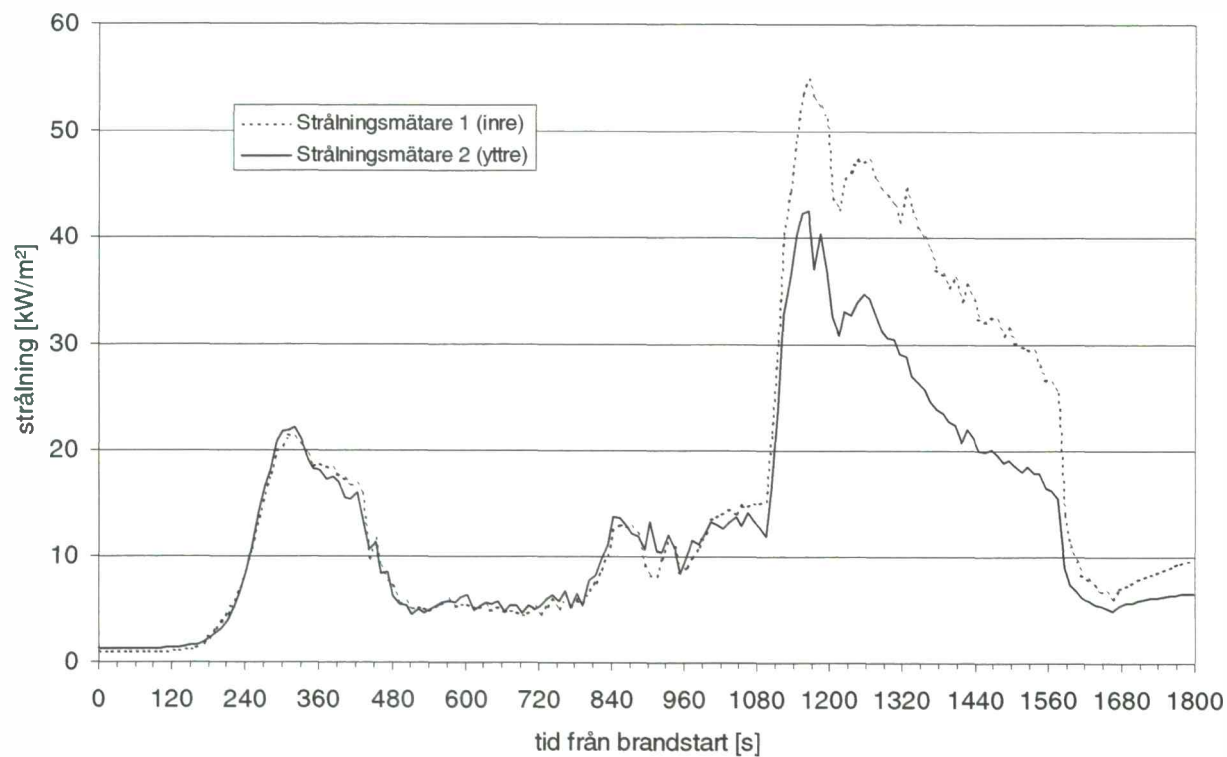


diagram 5:6; strålning

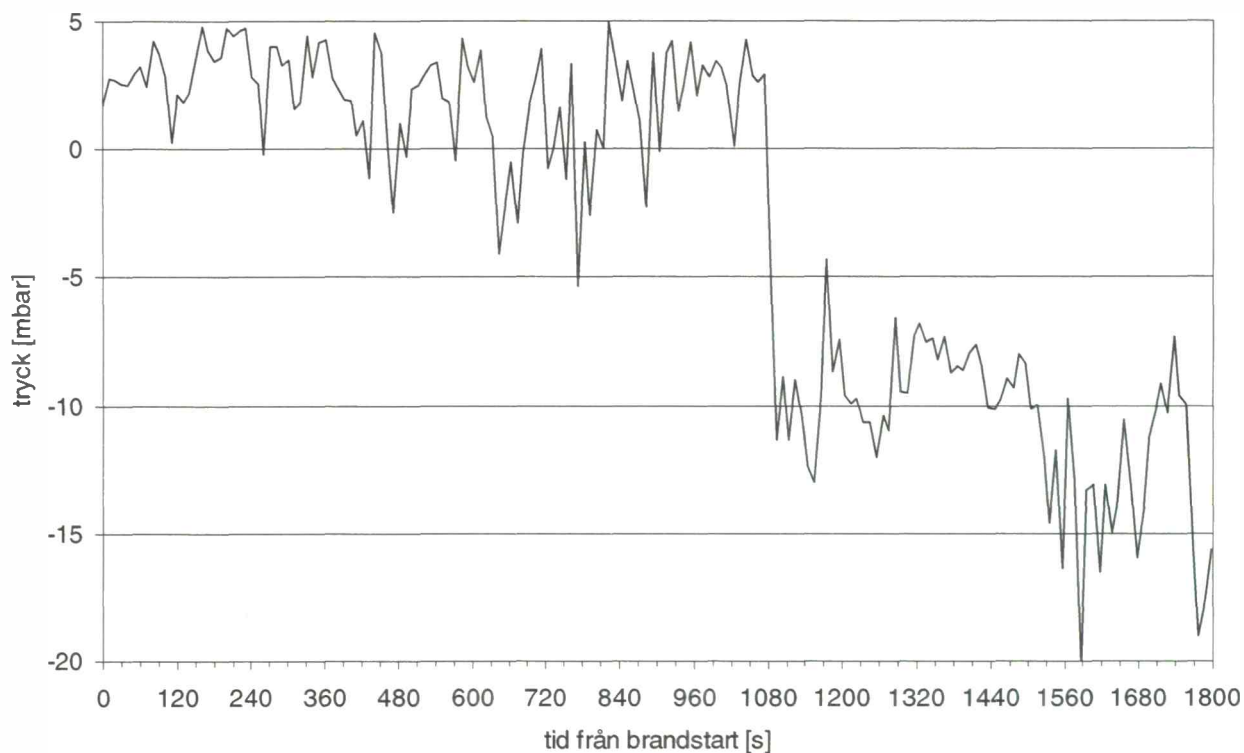


diagram 5:7; tryck i brandrummet

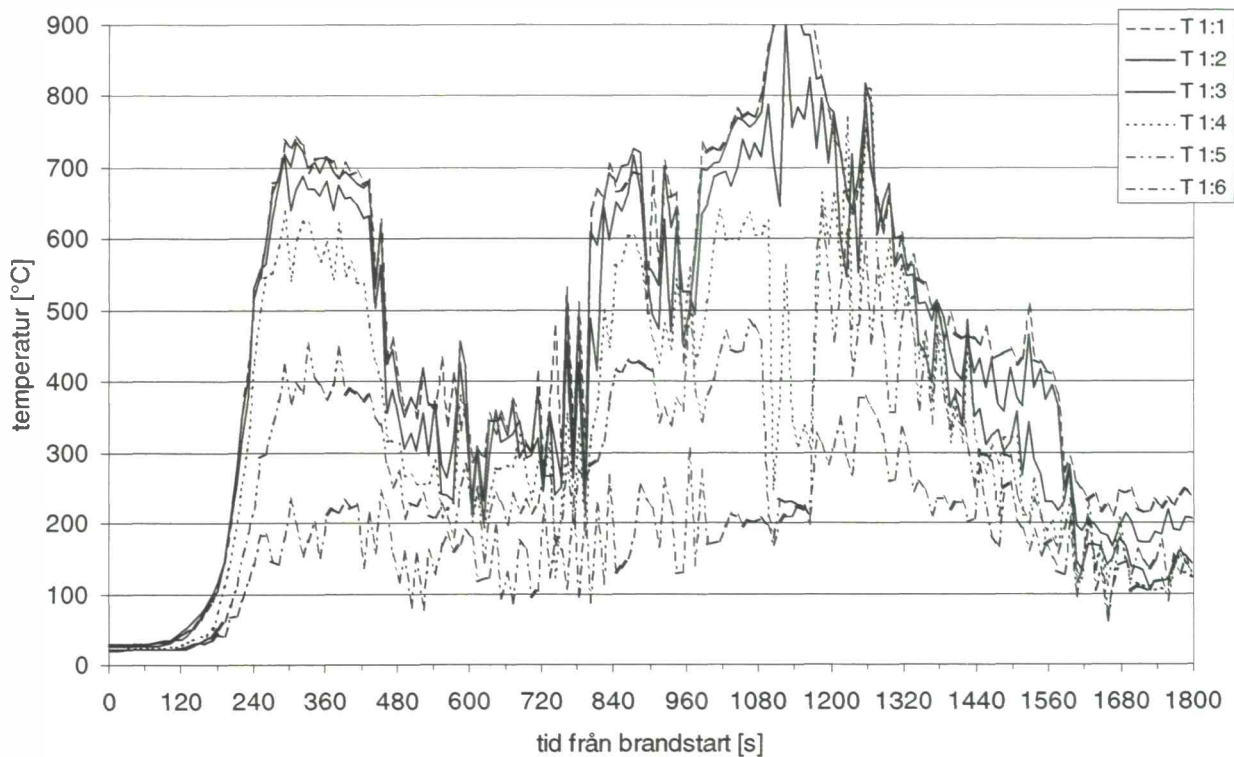


diagram 5:8; temperatur, stapel nr T1

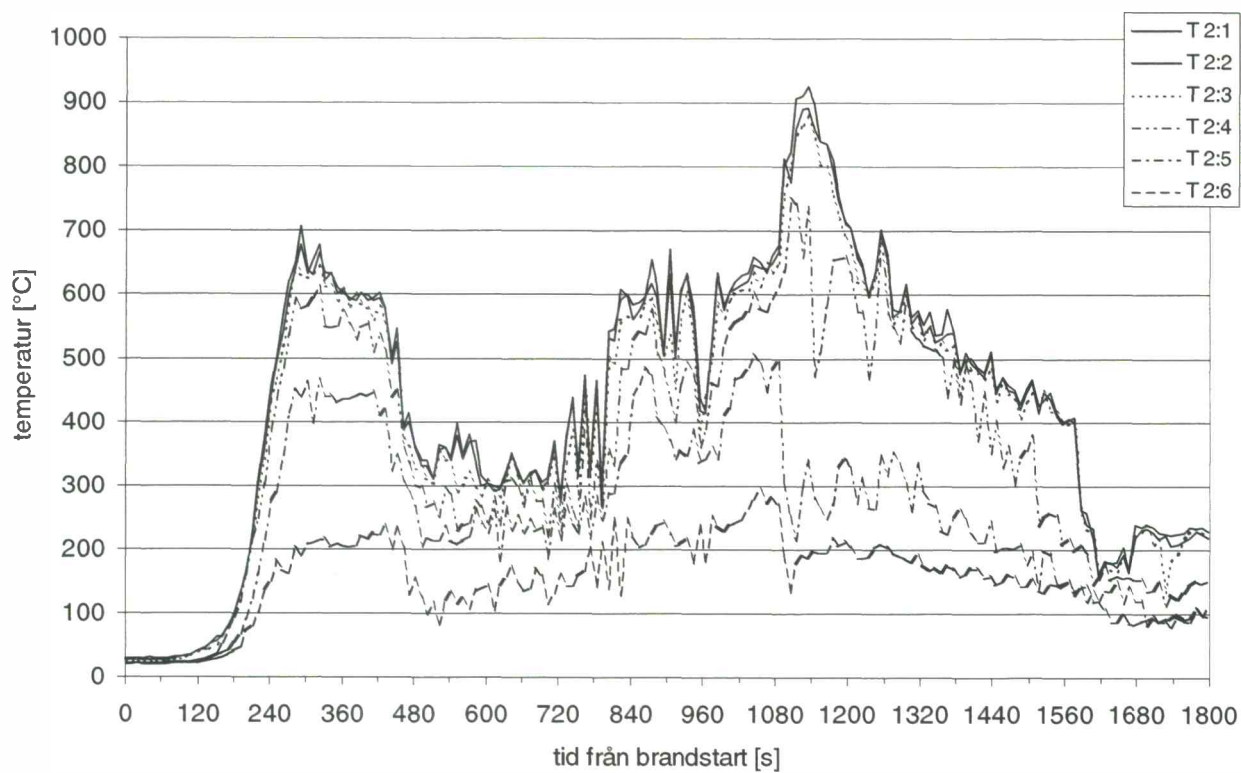


diagram 5:9; temperatur, stapel nr T2

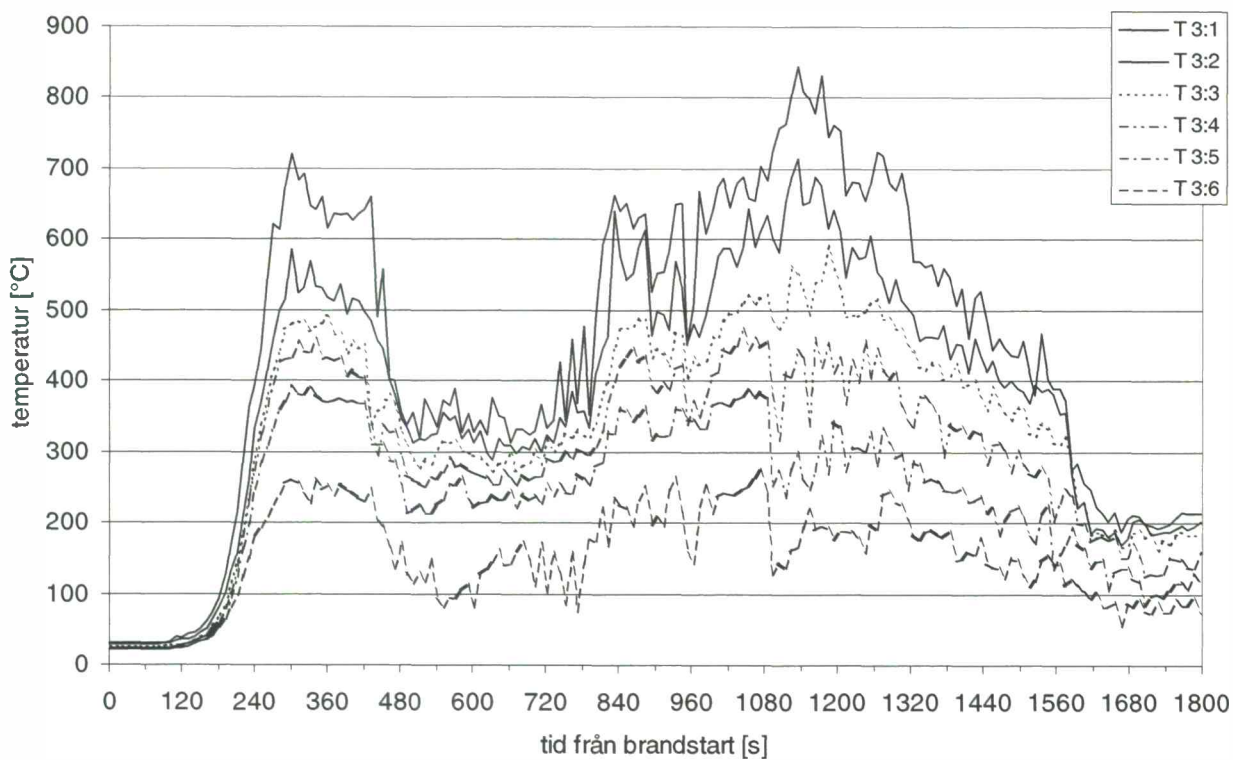


diagram 5:10; temperatur, stapel nr T3

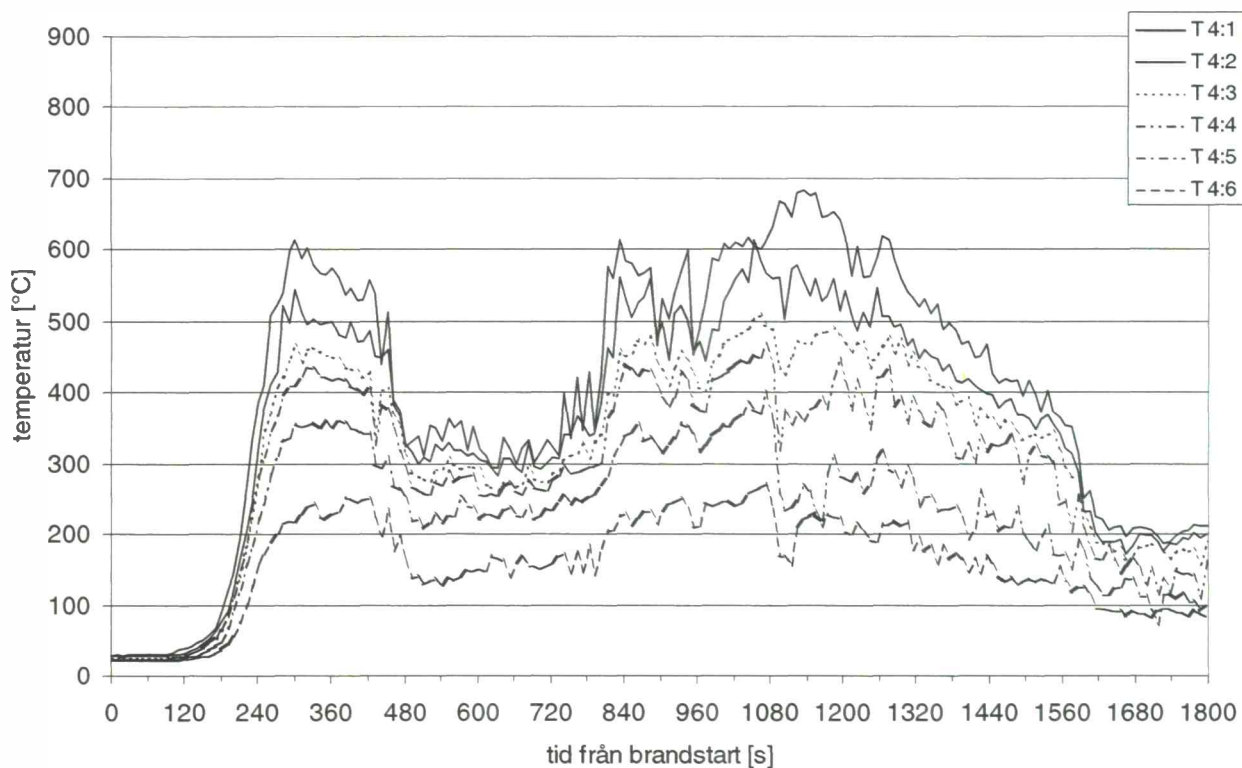


diagram 5:11; temperatur, stapel nr T4

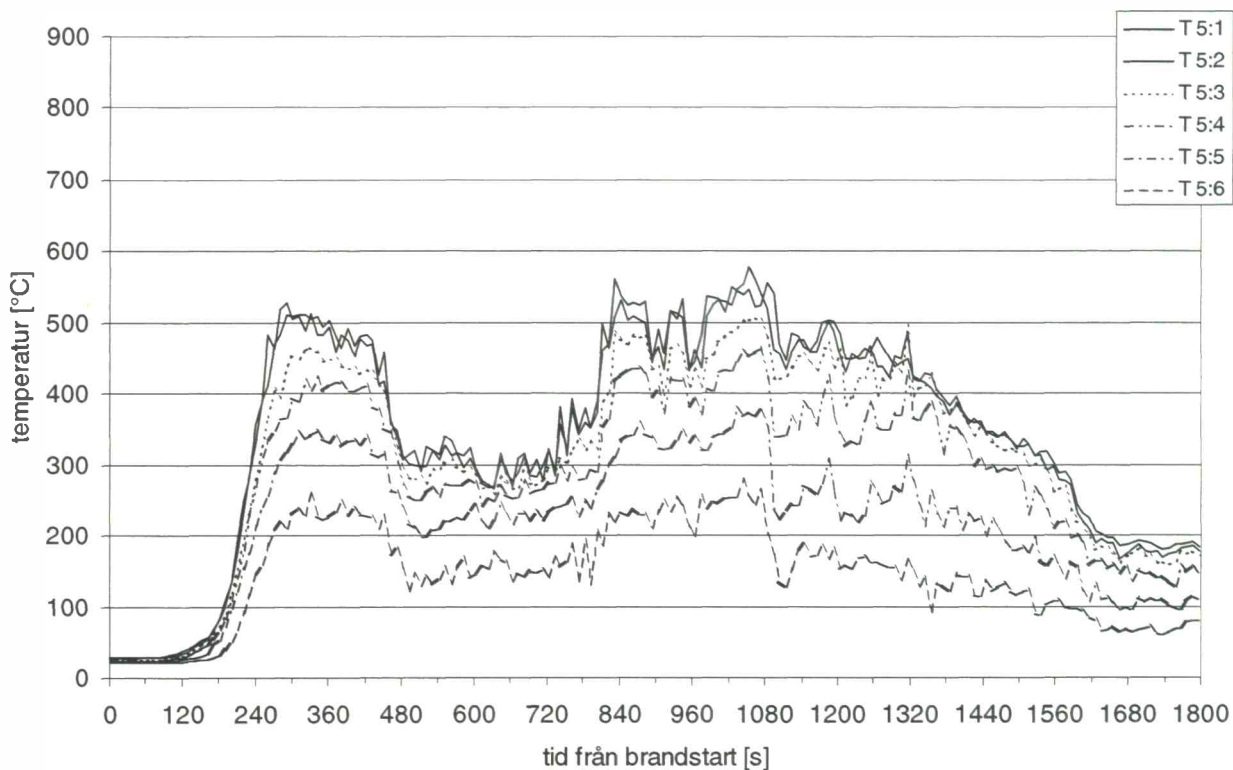


diagram 5:12; temperatur, stapel nr T5

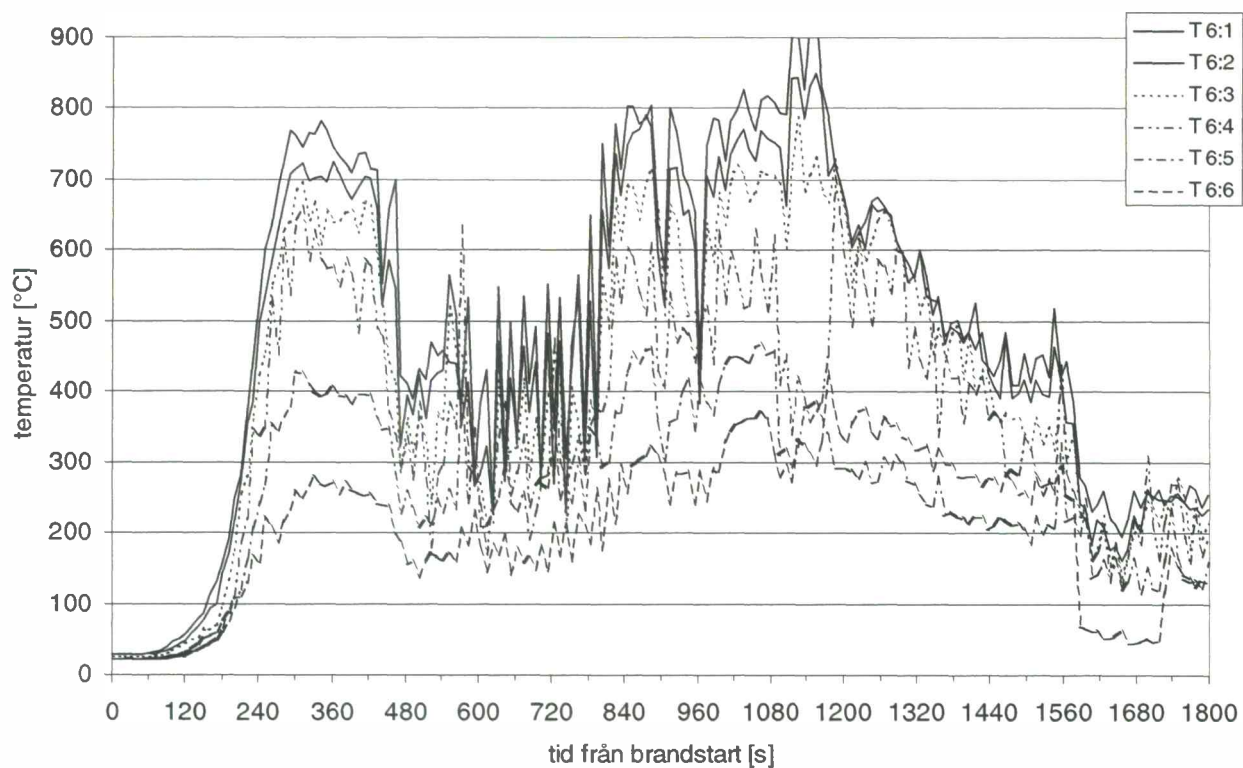


diagram 5:13; temperatur, stapel nr T6

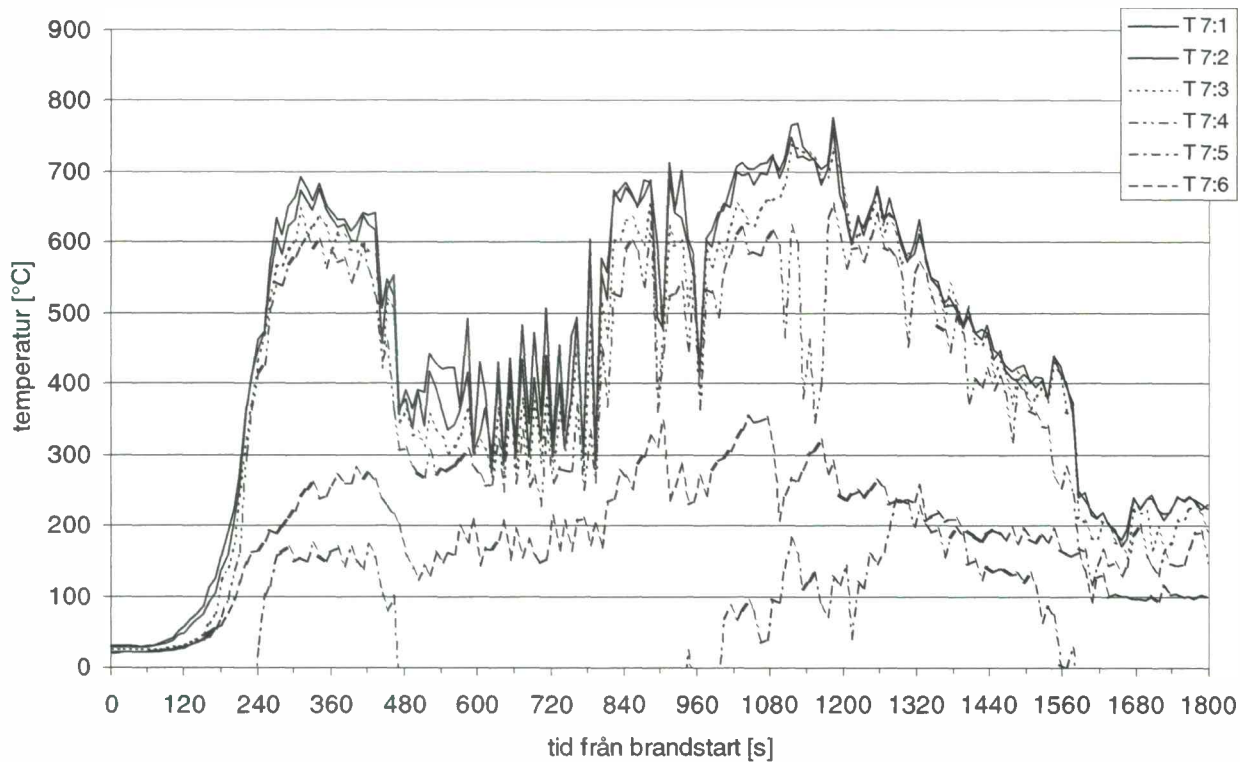


diagram 5:14; temperatur, stapel nr T7

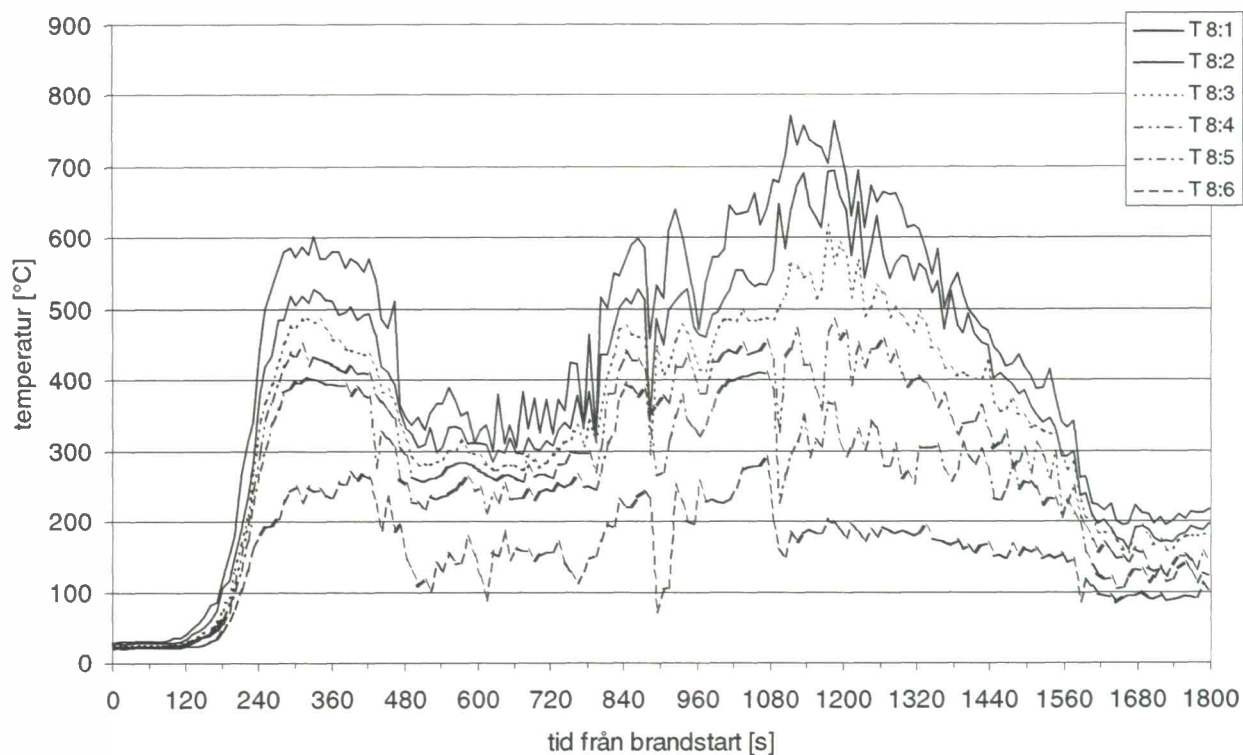


diagram 5:15; temperatur, stapel nr T8

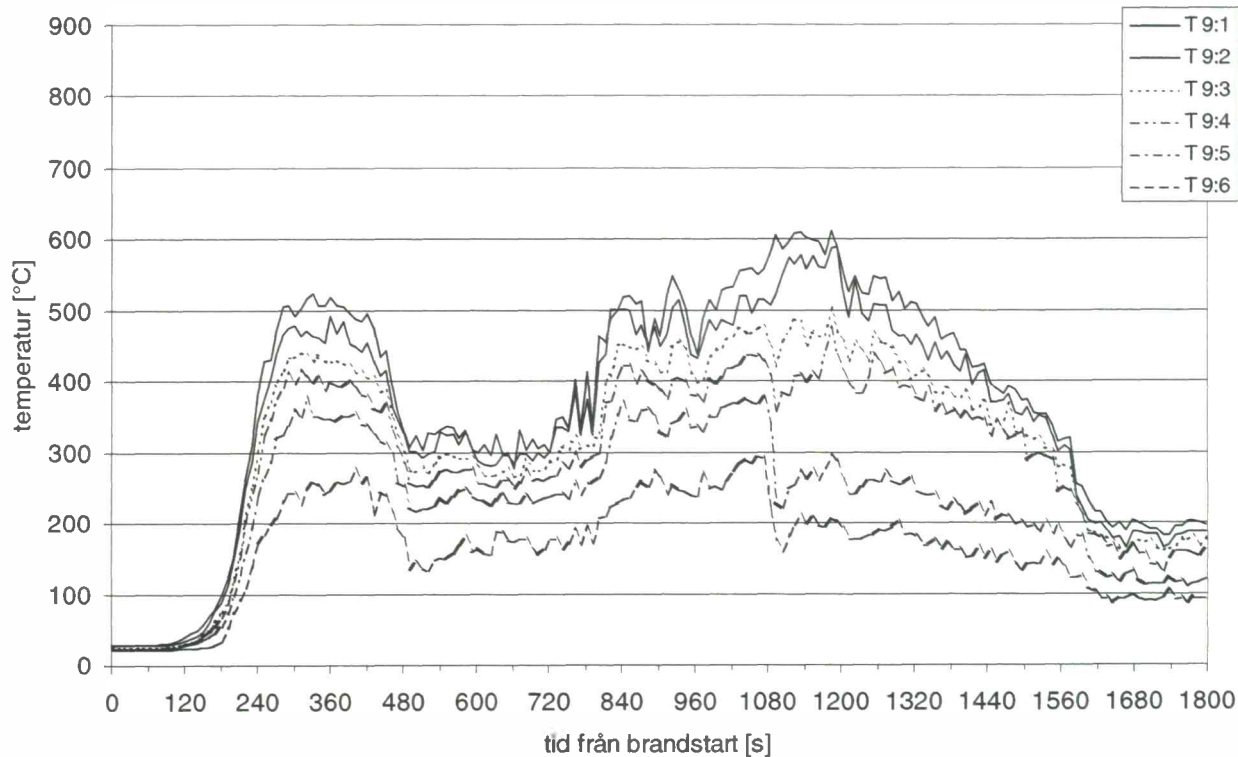


diagram 5:16; temperatur, stapel nr T9

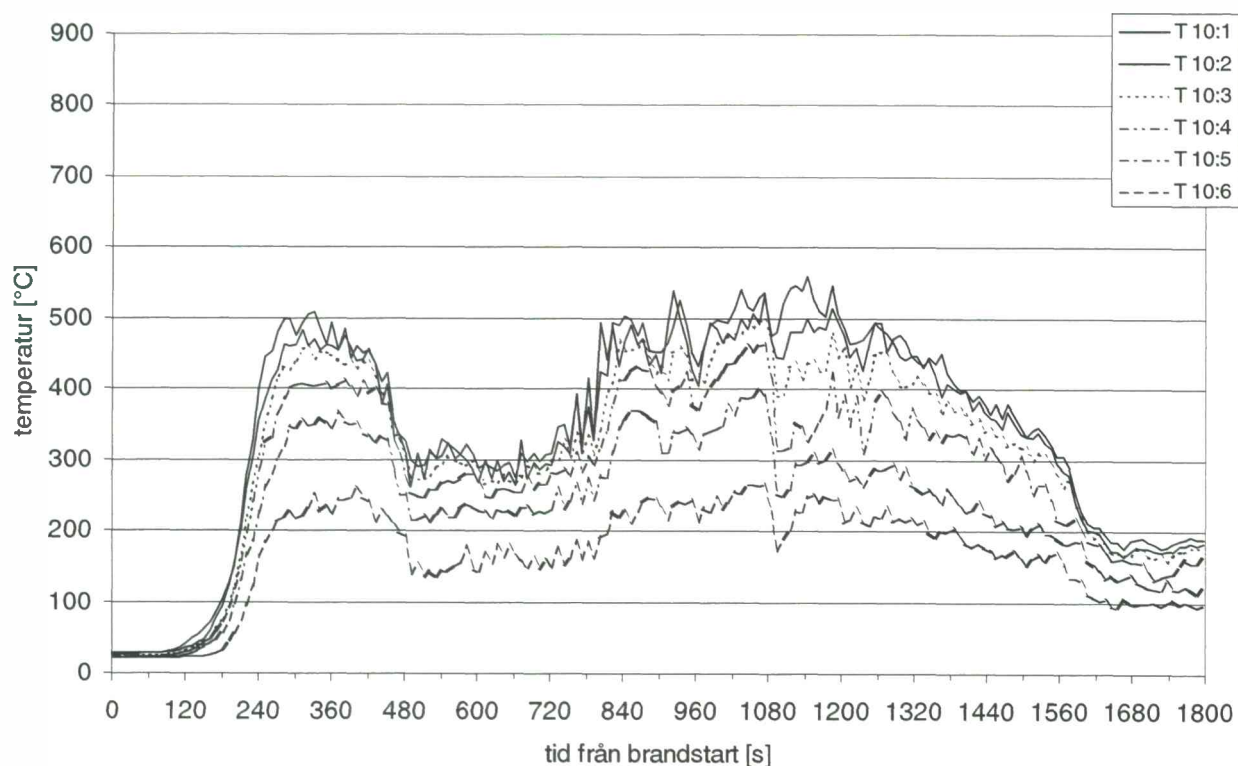


diagram 5:17; temperatur, stapel nr T10

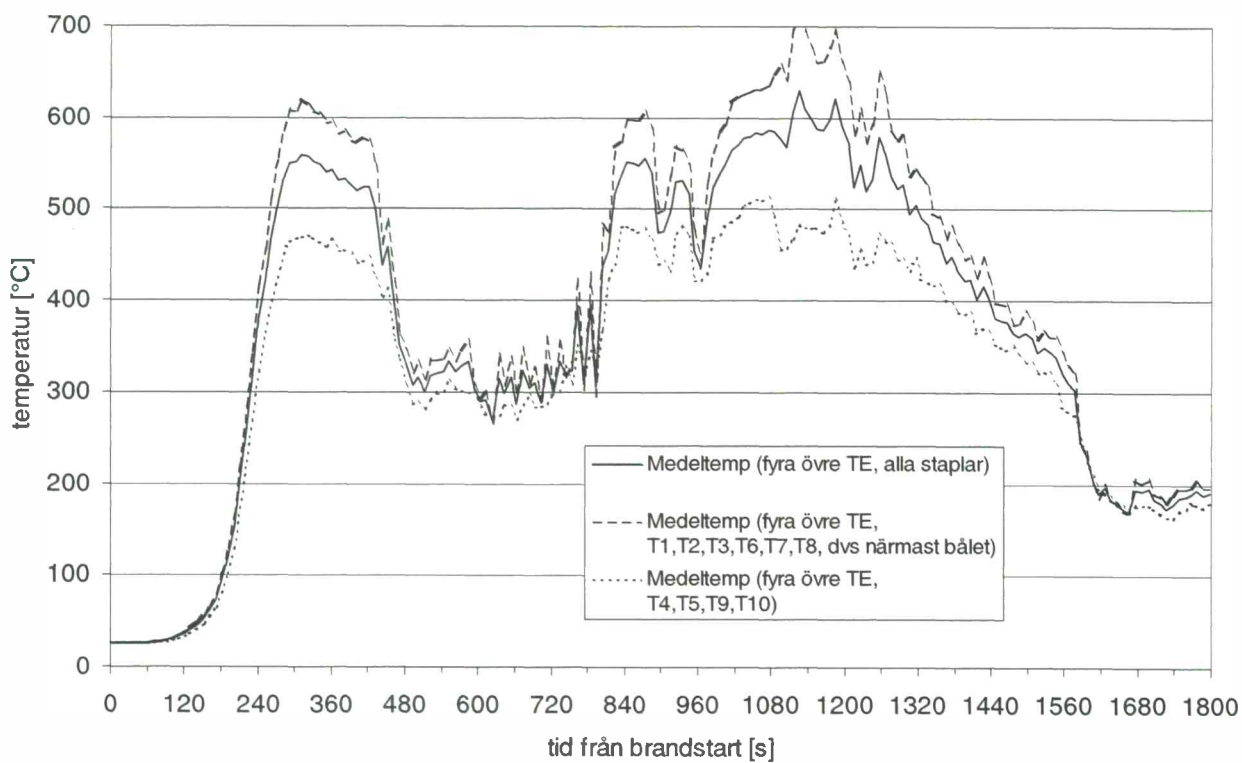


diagram 5:18; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter

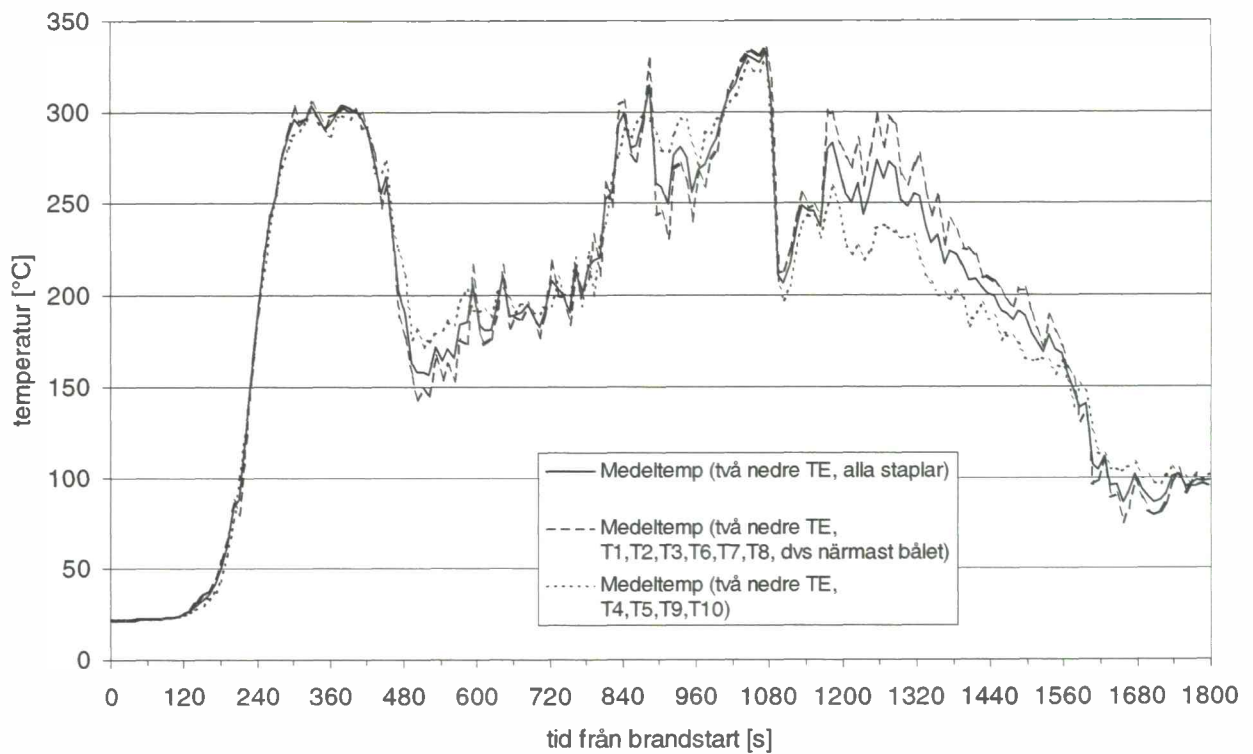


diagram 5:19; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter

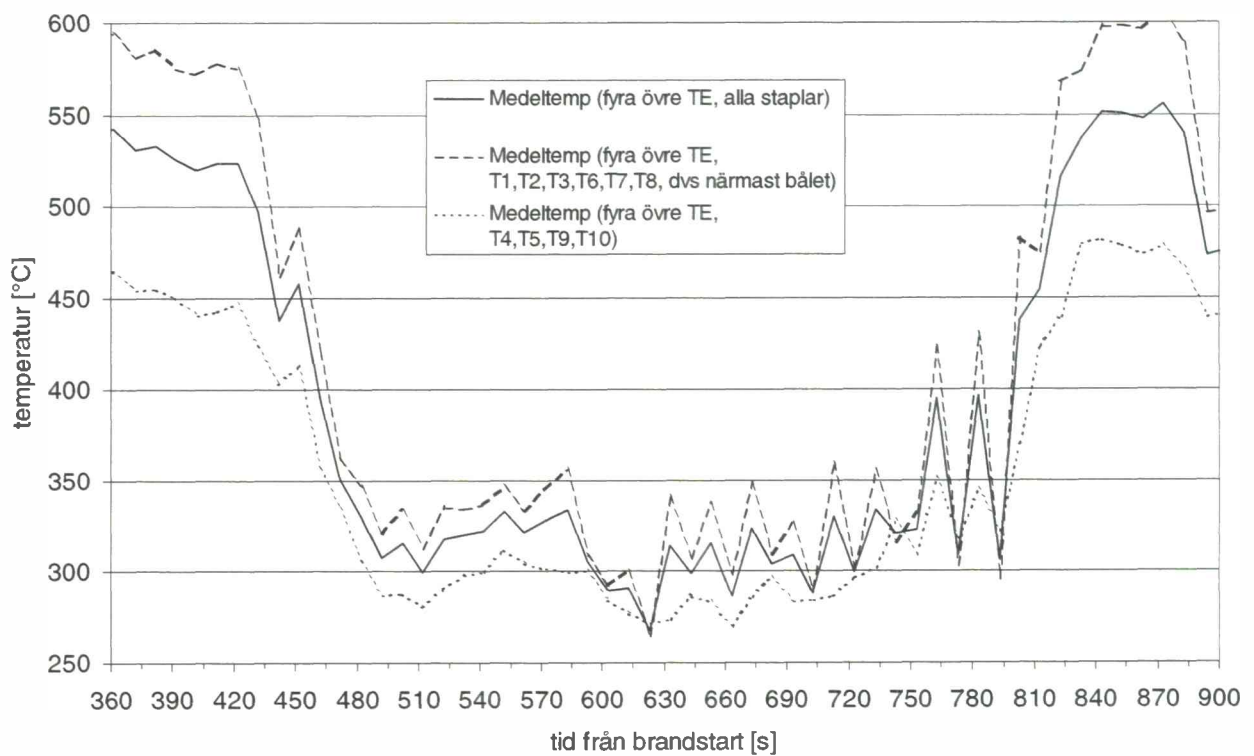


diagram 5:20; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcktilfället

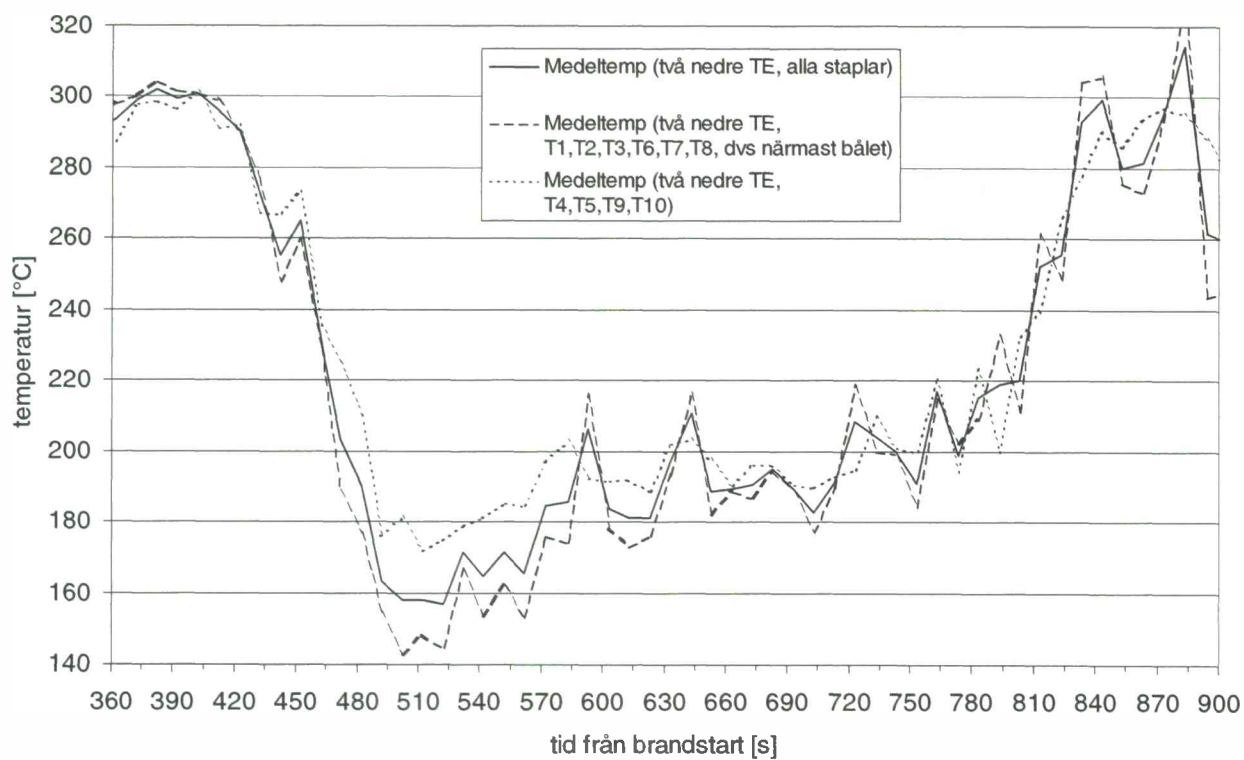


diagram 5:21; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktilfället

Bilaga 6; försök 6, lågtryck, 345 l/min

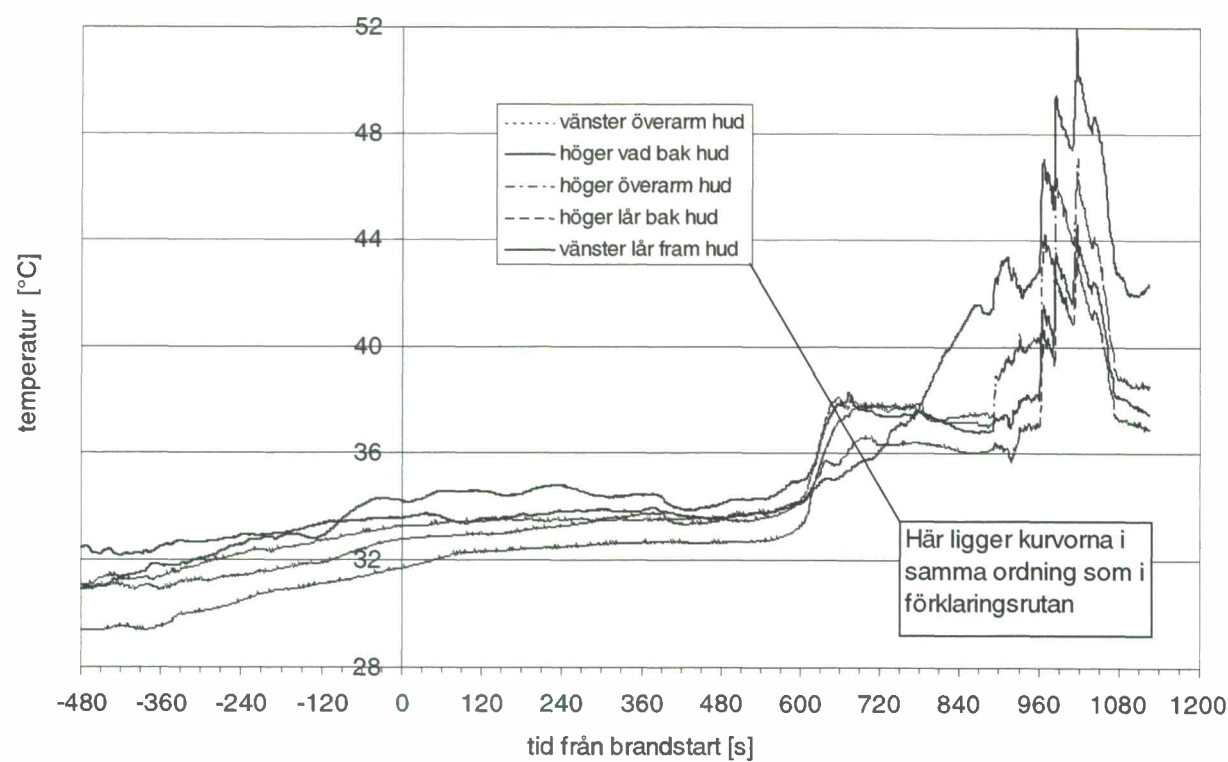


diagram 6:1; hudtemperatur hos rökdykare 1

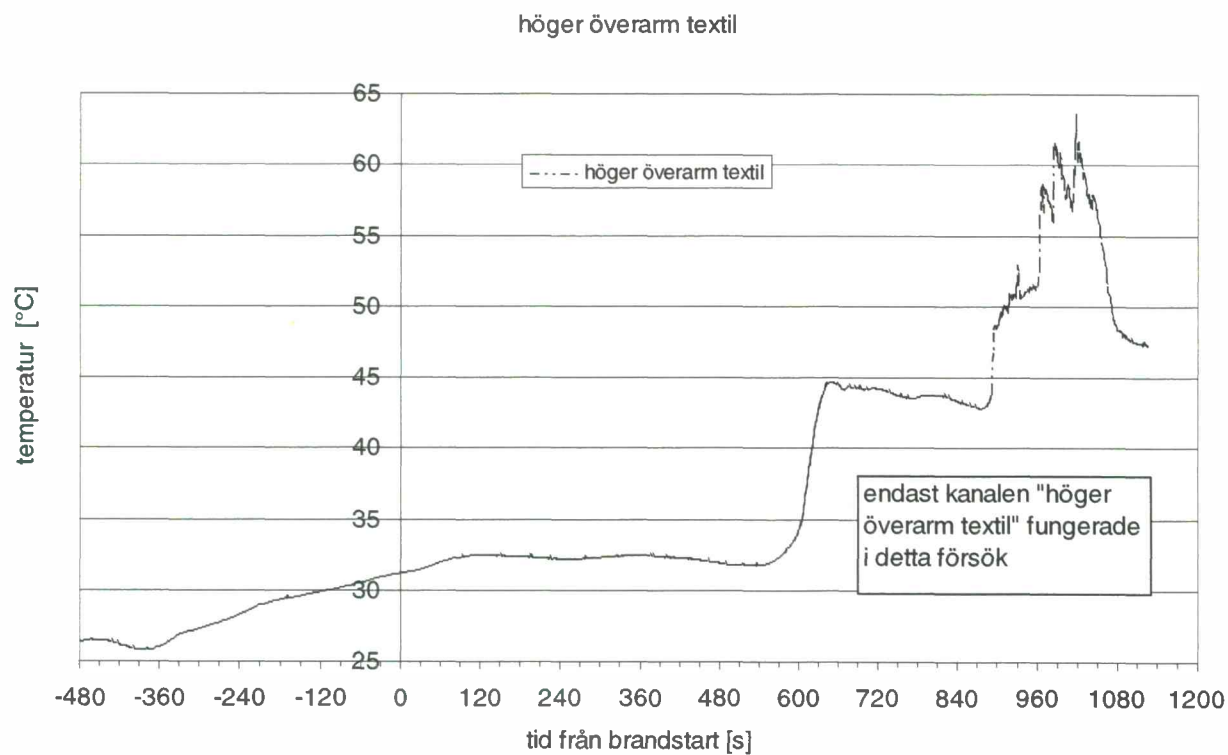


diagram 6:2; textiltemperatur hos rökdykare 1

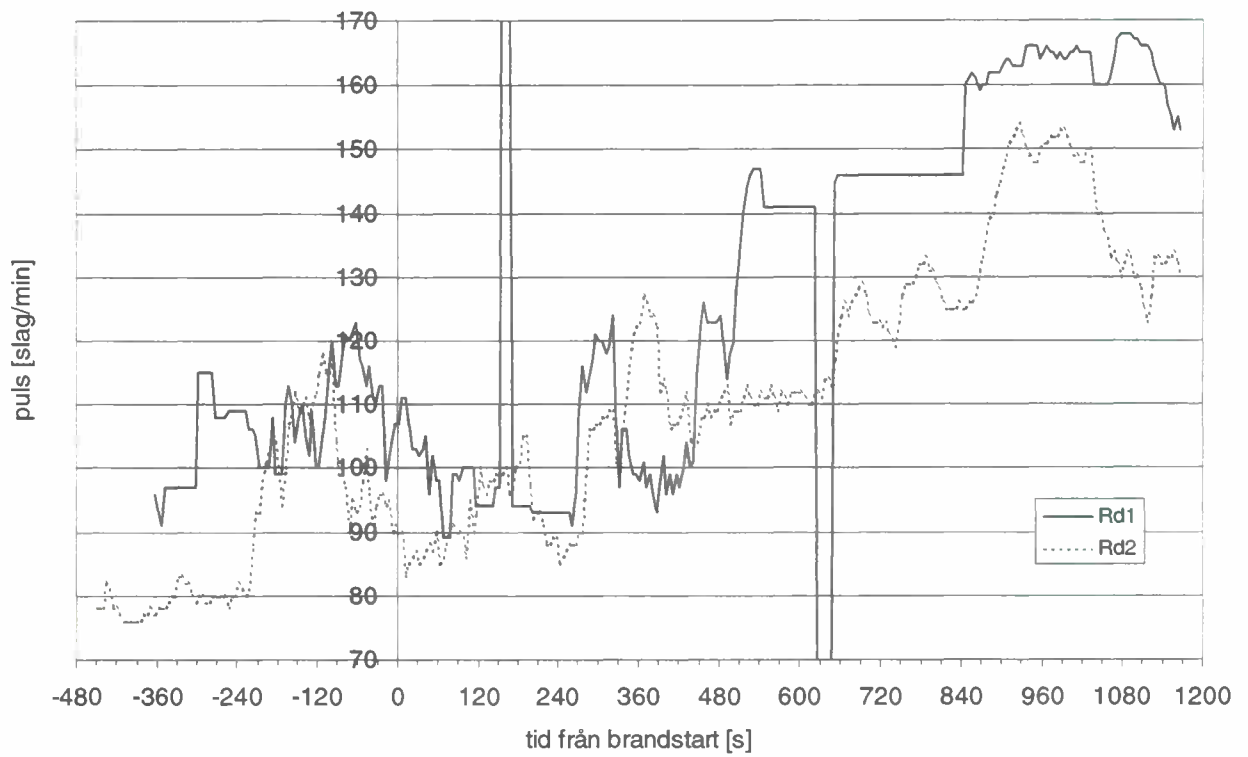


diagram 6:3; puls hos rökdykare 1 (Rd1) och rökdykare 2 (Rd2)

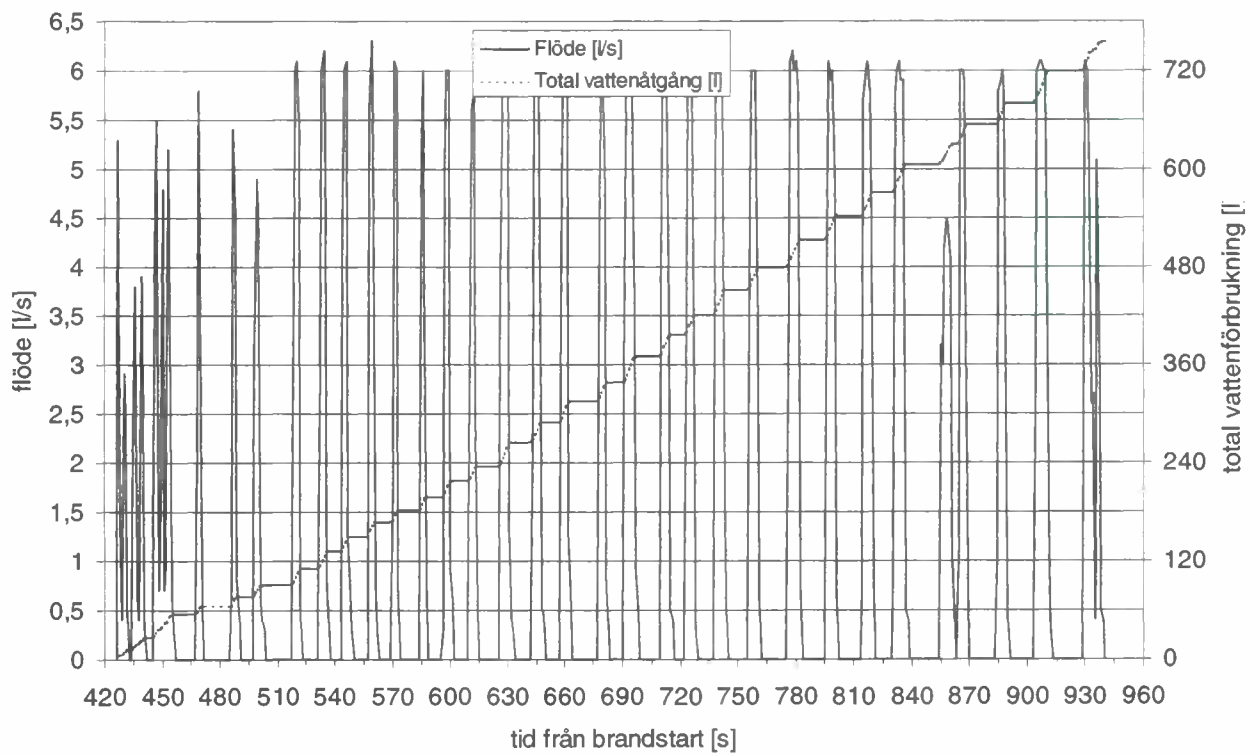


diagram 6:4; flöde samt ackumulerad vattenförbrukning

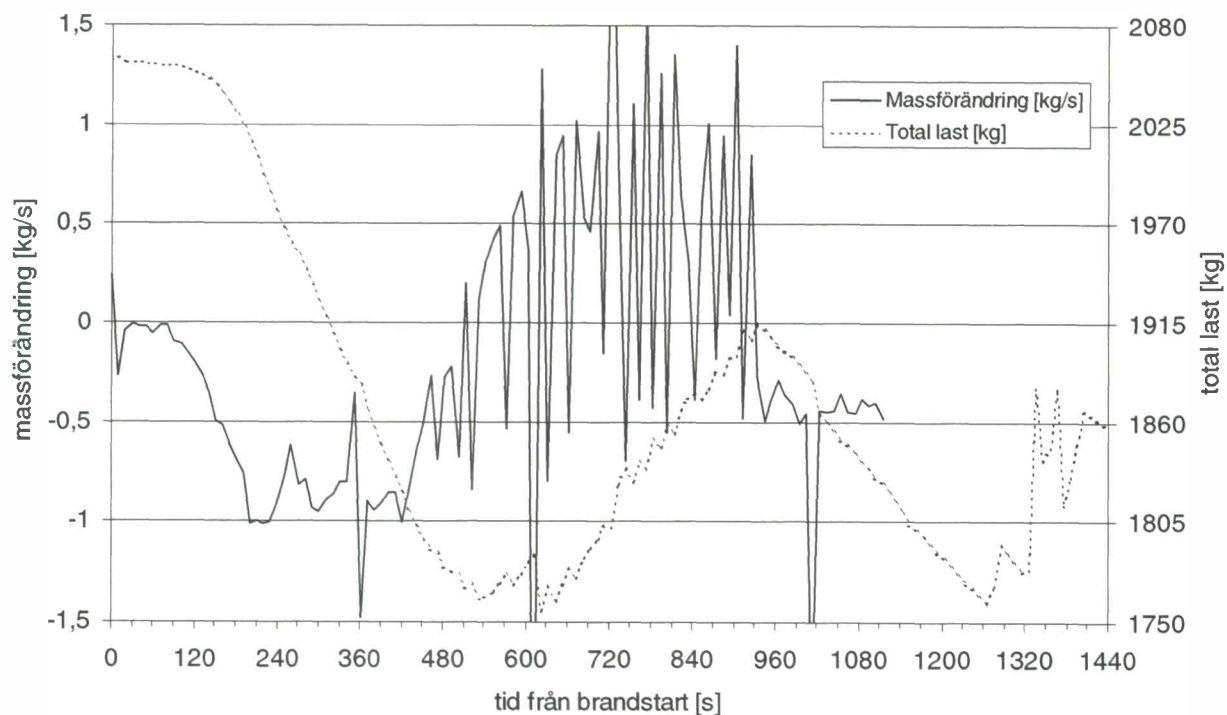


diagram 6:5; massförändring hos bålet samt total last

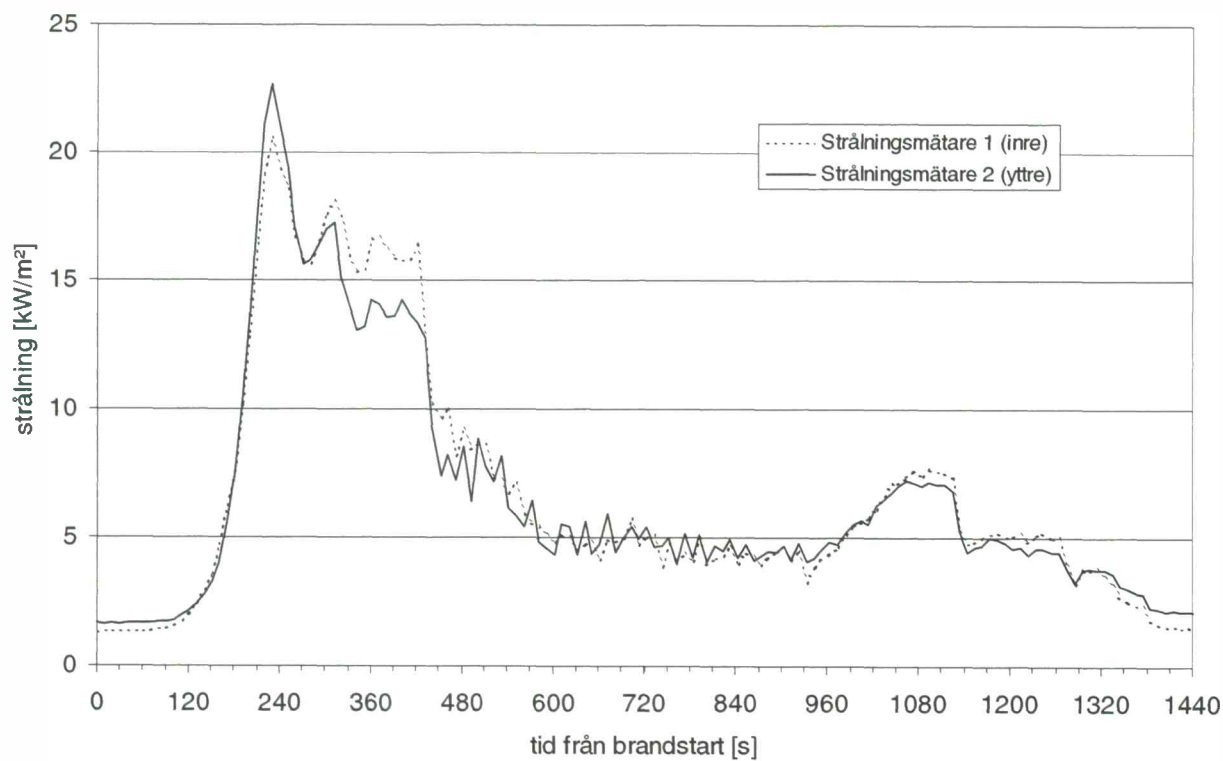


diagram 6:6; strålning

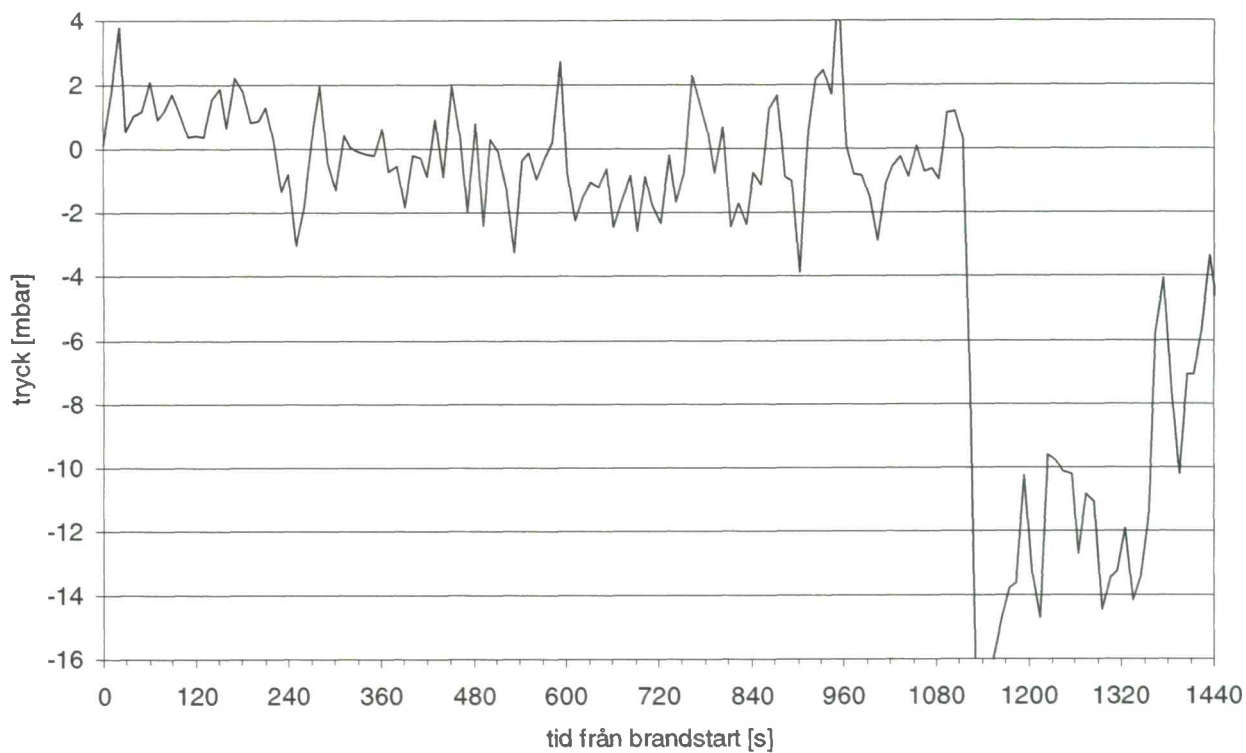


diagram 6:7; tryck i brandrummet

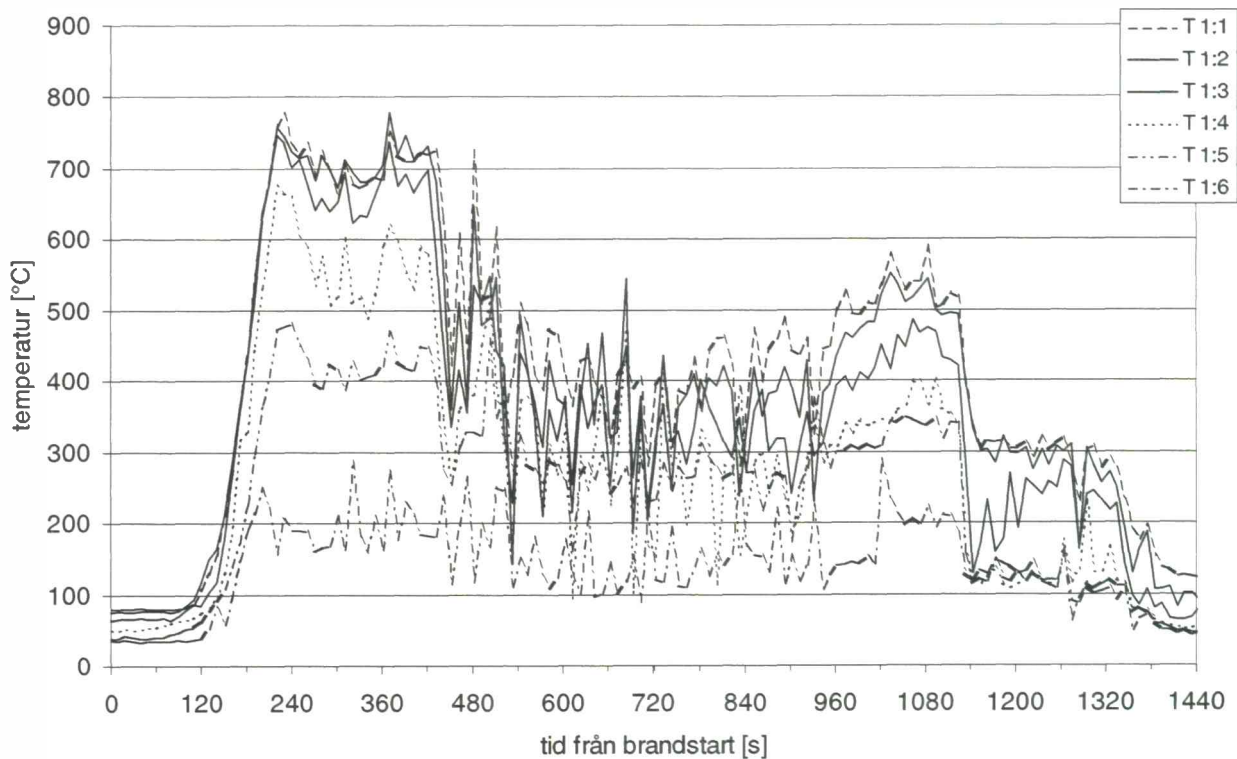


diagram 6:8; temperatur, stapel nr T1

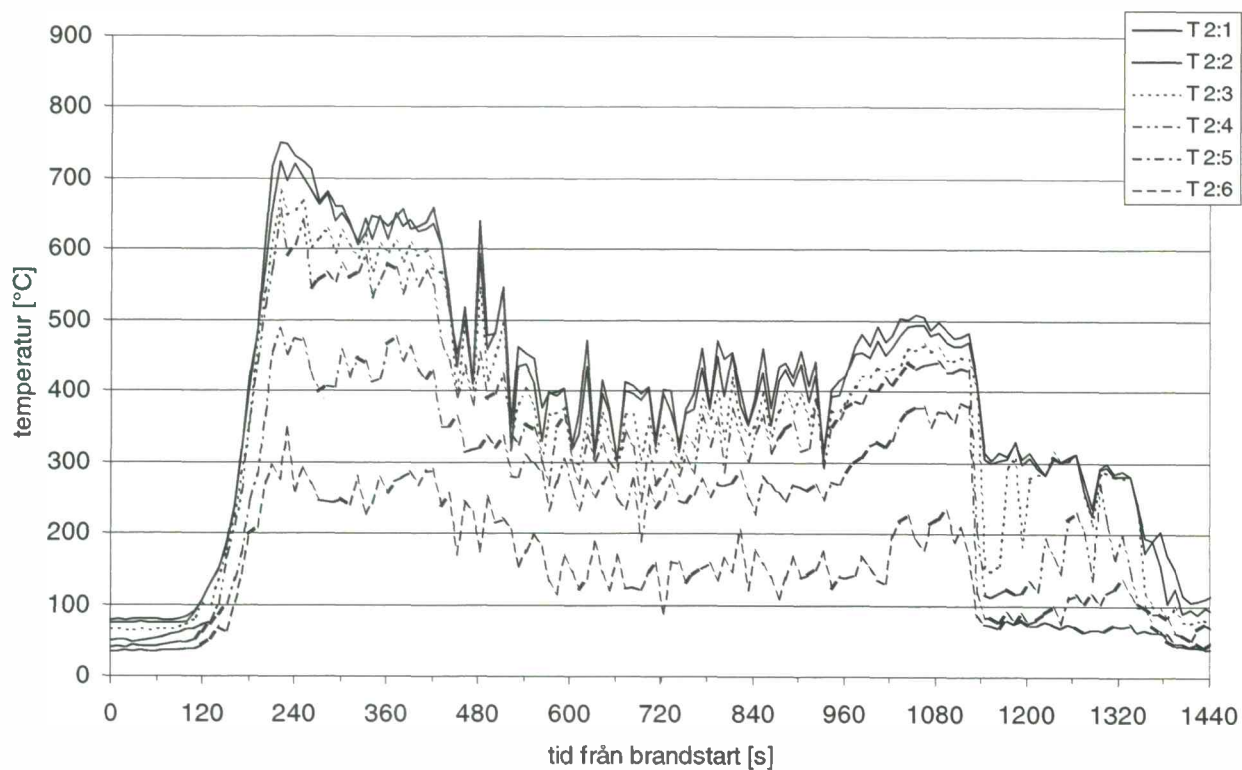


diagram 6:9; temperatur, stapel nr T2

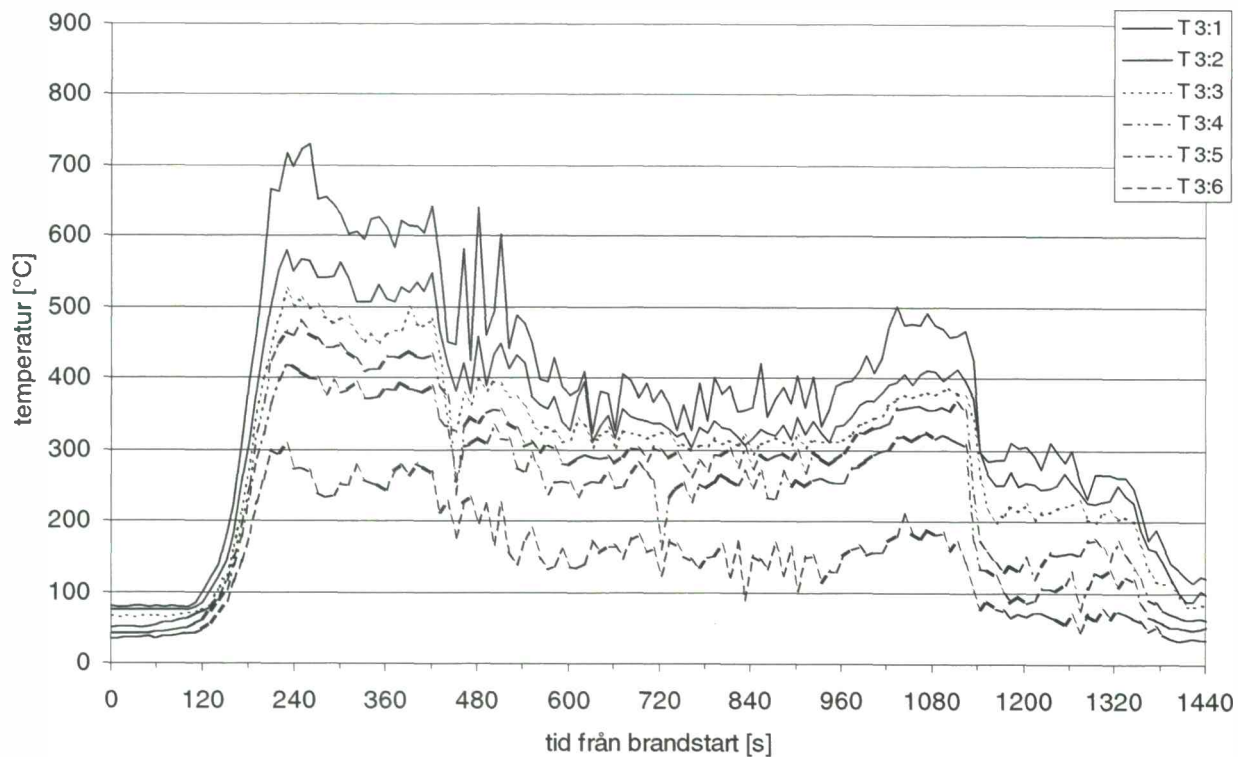


diagram 6:10; temperatur, stapel nr T3

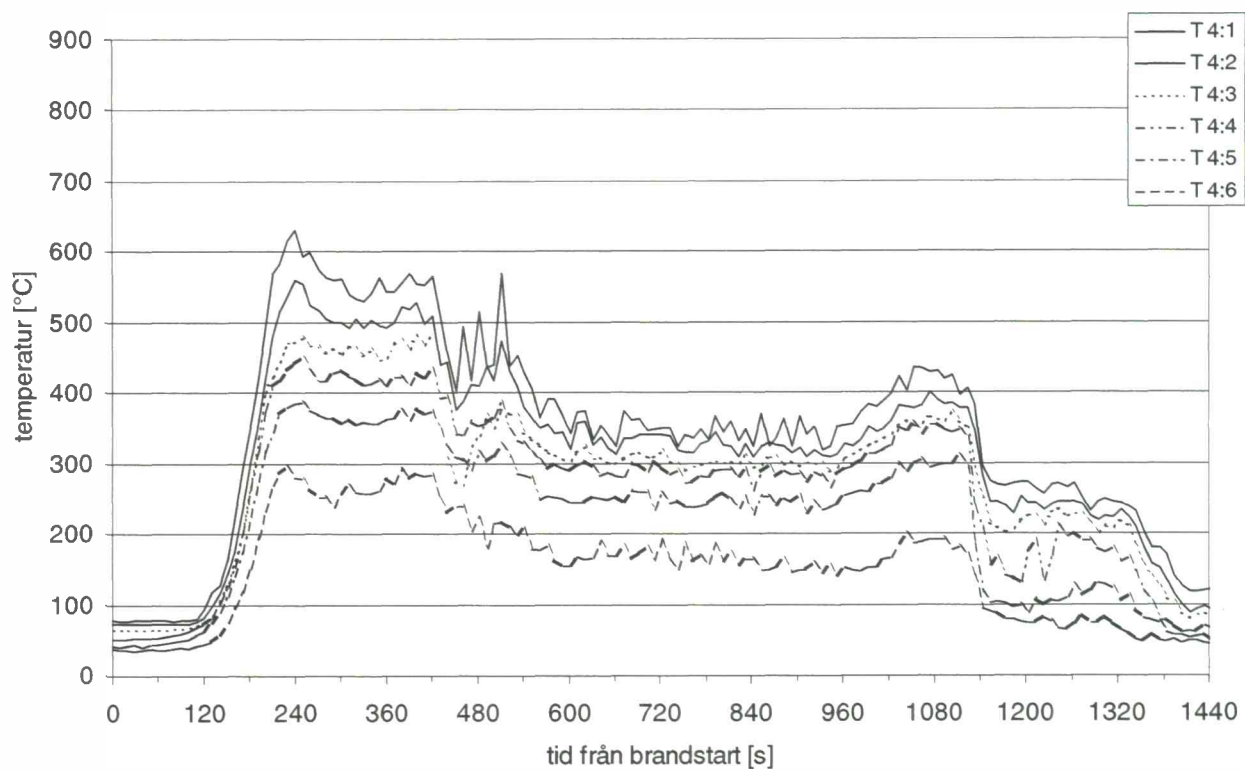


diagram 6:11; temperatur, stapel nr T4

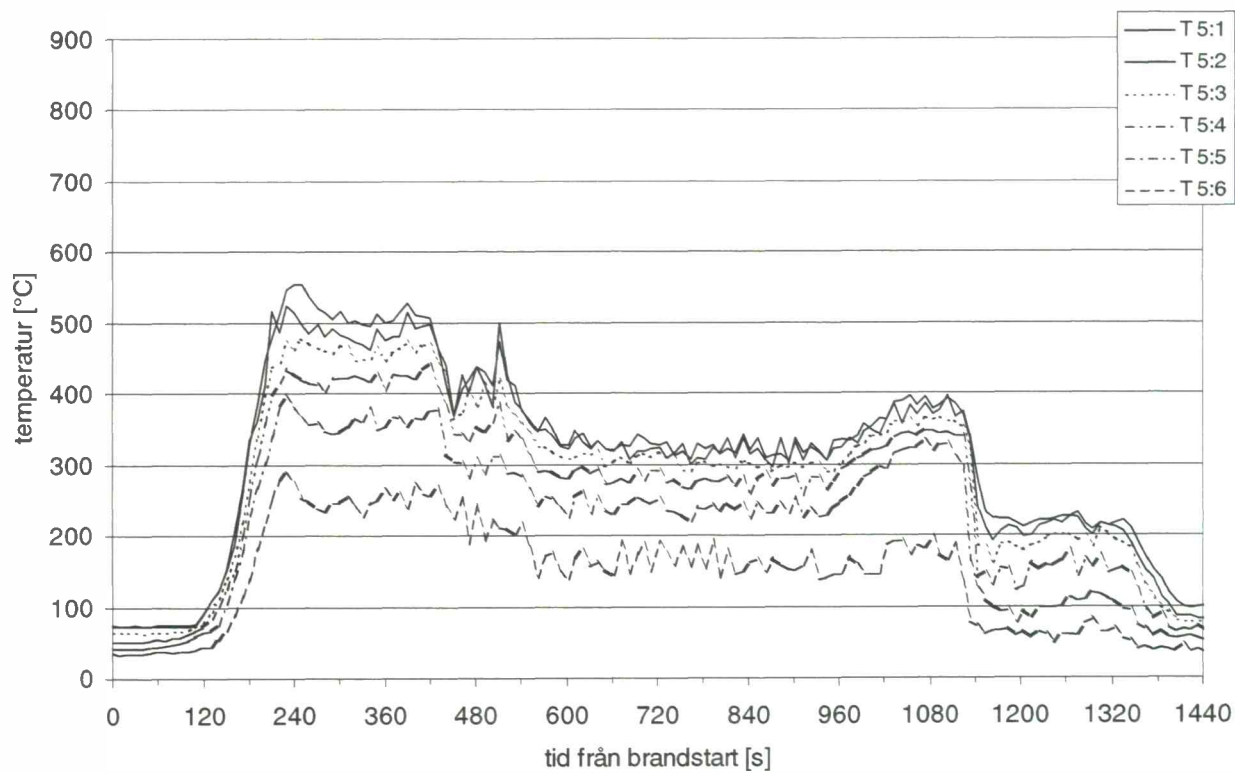


diagram 6:12; temperatur, stapel nr T5

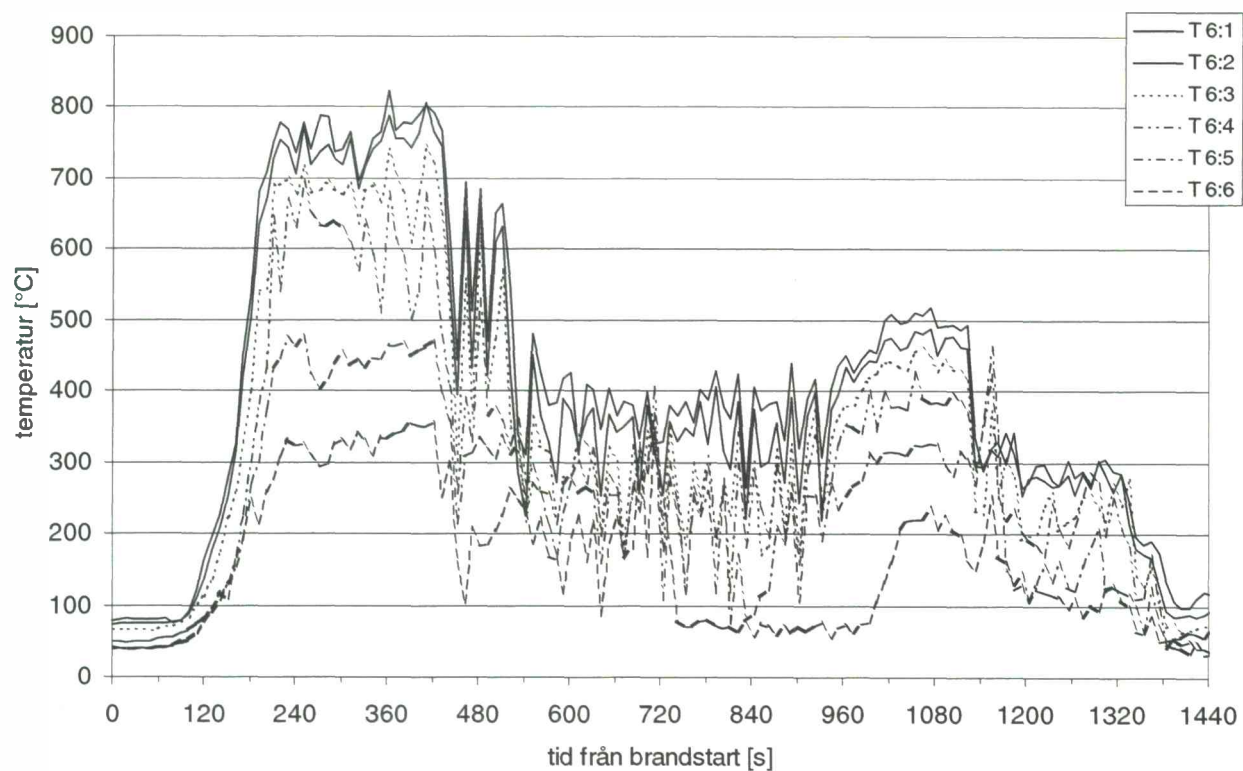


diagram 6:13; temperatur, stapel nr T6

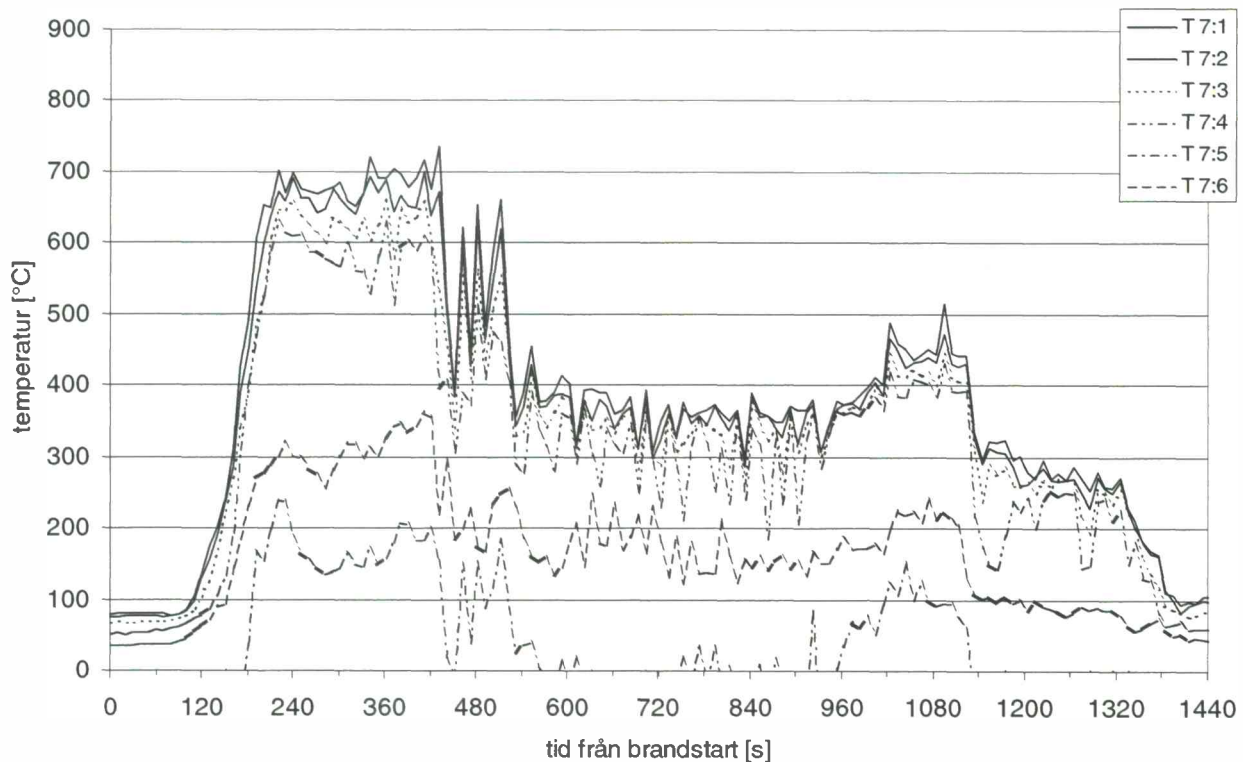


diagram 6:14; temperatur, stapel nr T7

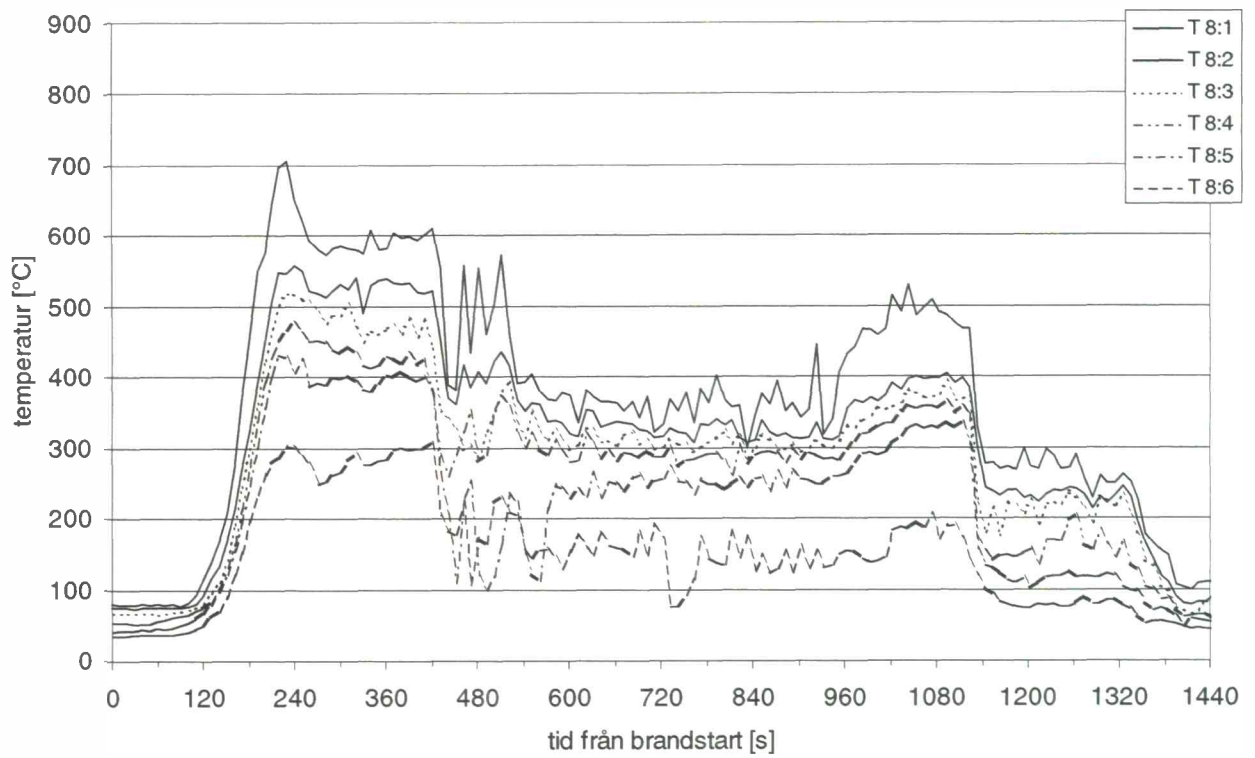


diagram 6:15; temperatur, stapel nr T8

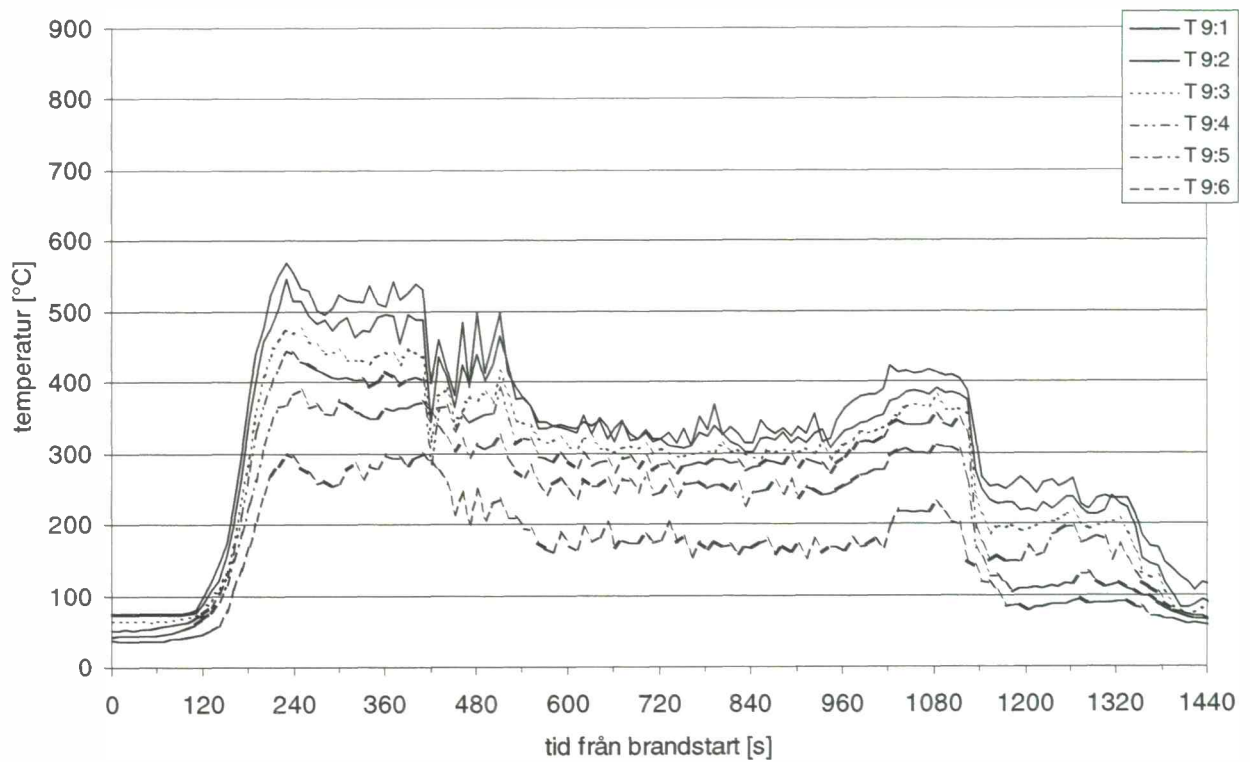


diagram 6:16; temperatur, stapel nr T9

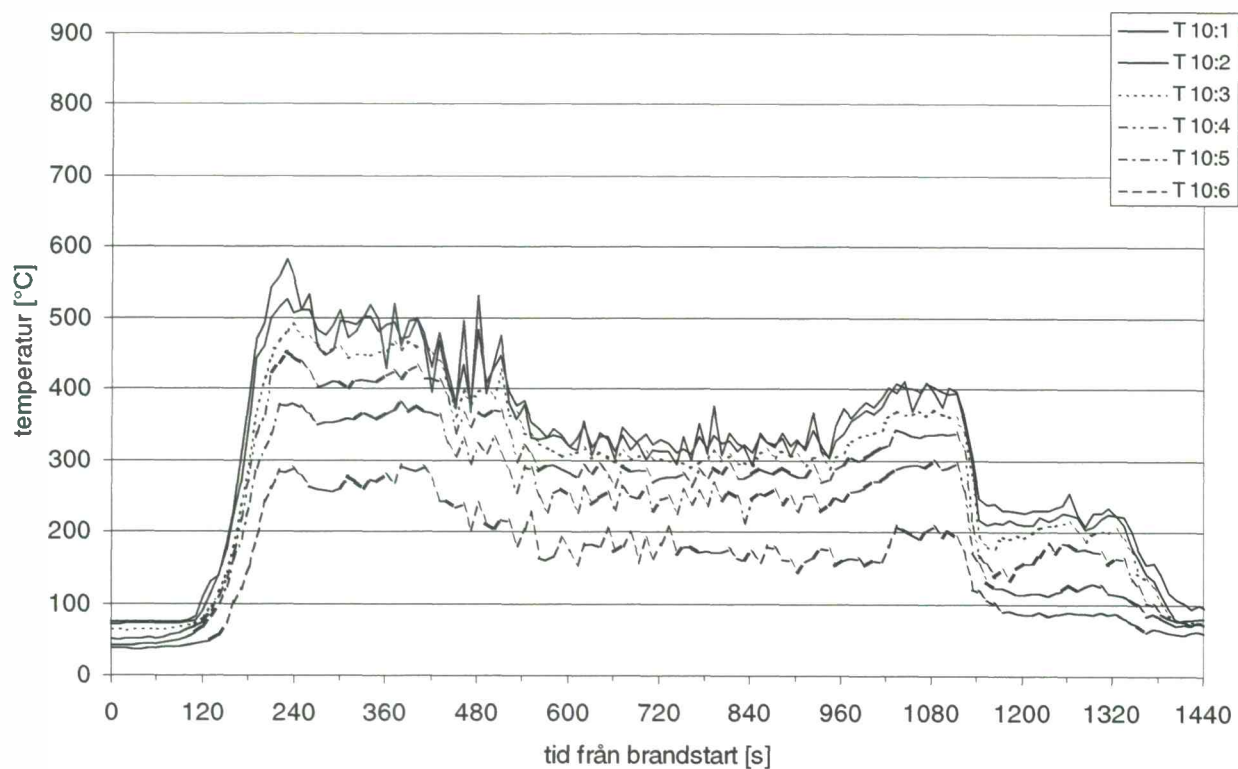


diagram 6:17; temperatur, stapel nr T10

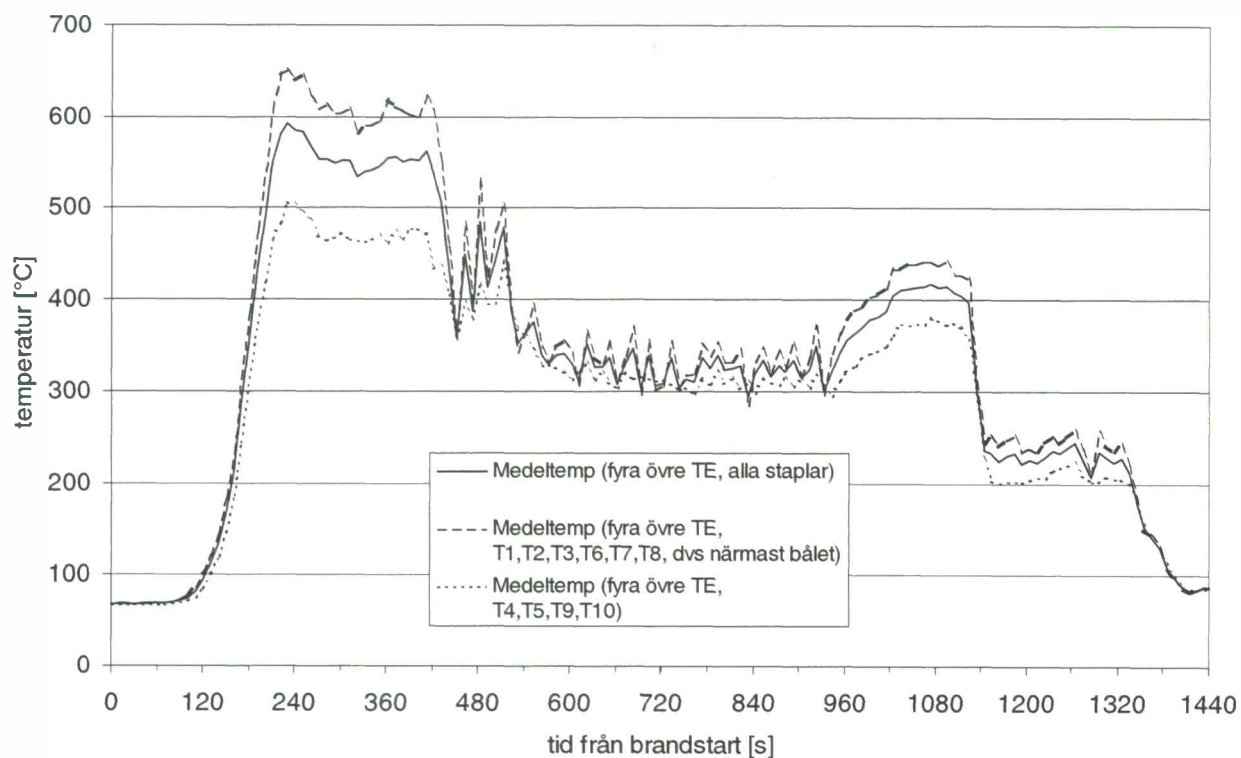


diagram 6:18; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter

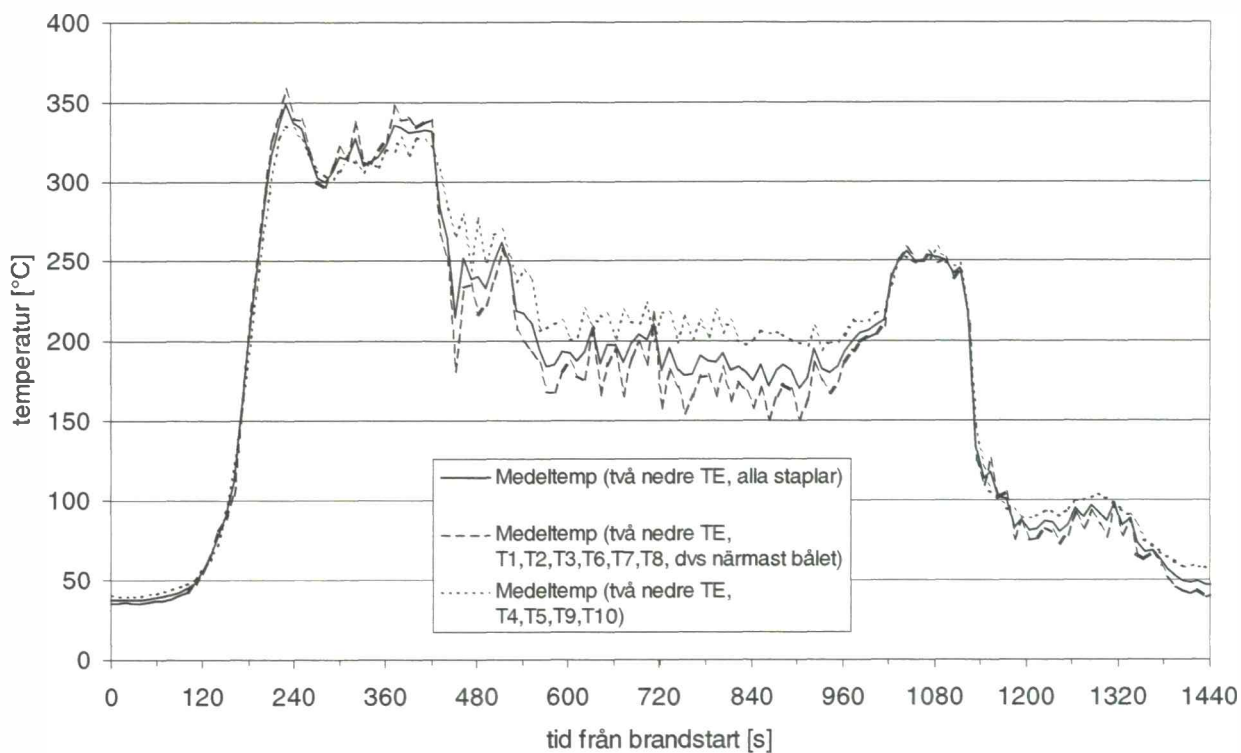


diagram 6:19; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter

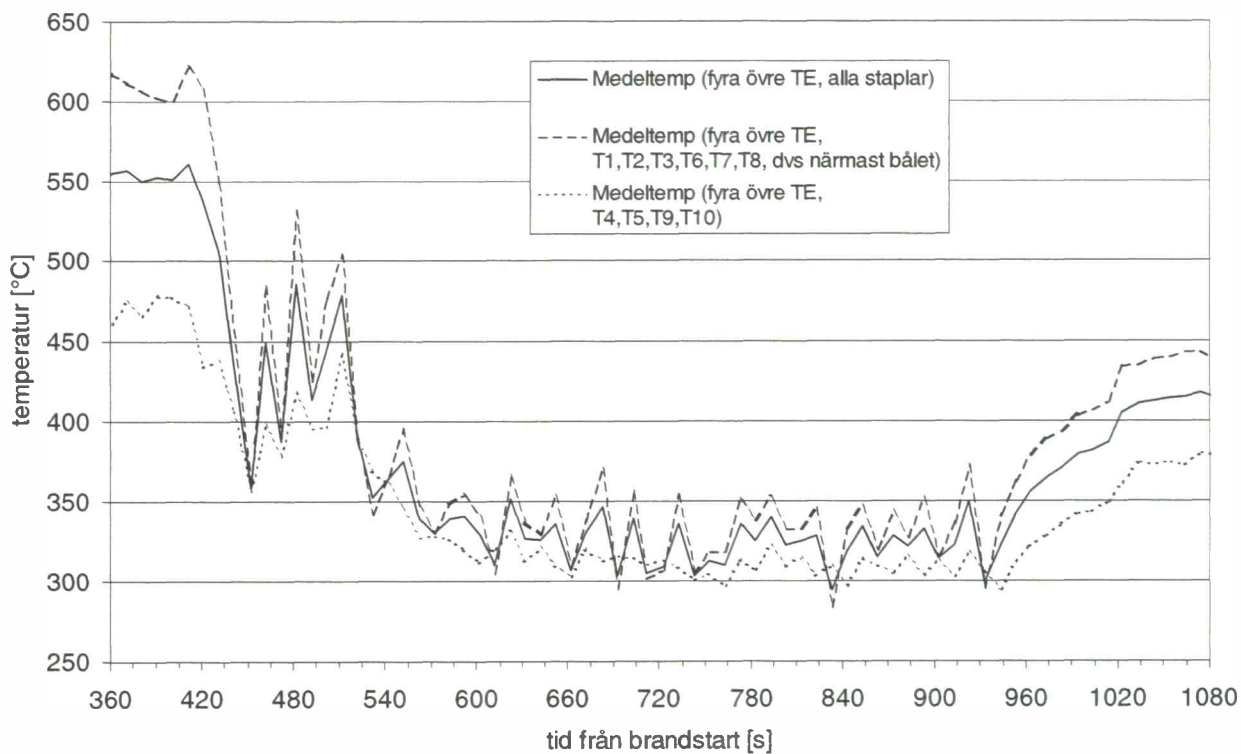


diagram 6:20; medeltemperatur, främre övre, bakre övre samt alla övre mätpunkter vid släcktilfället

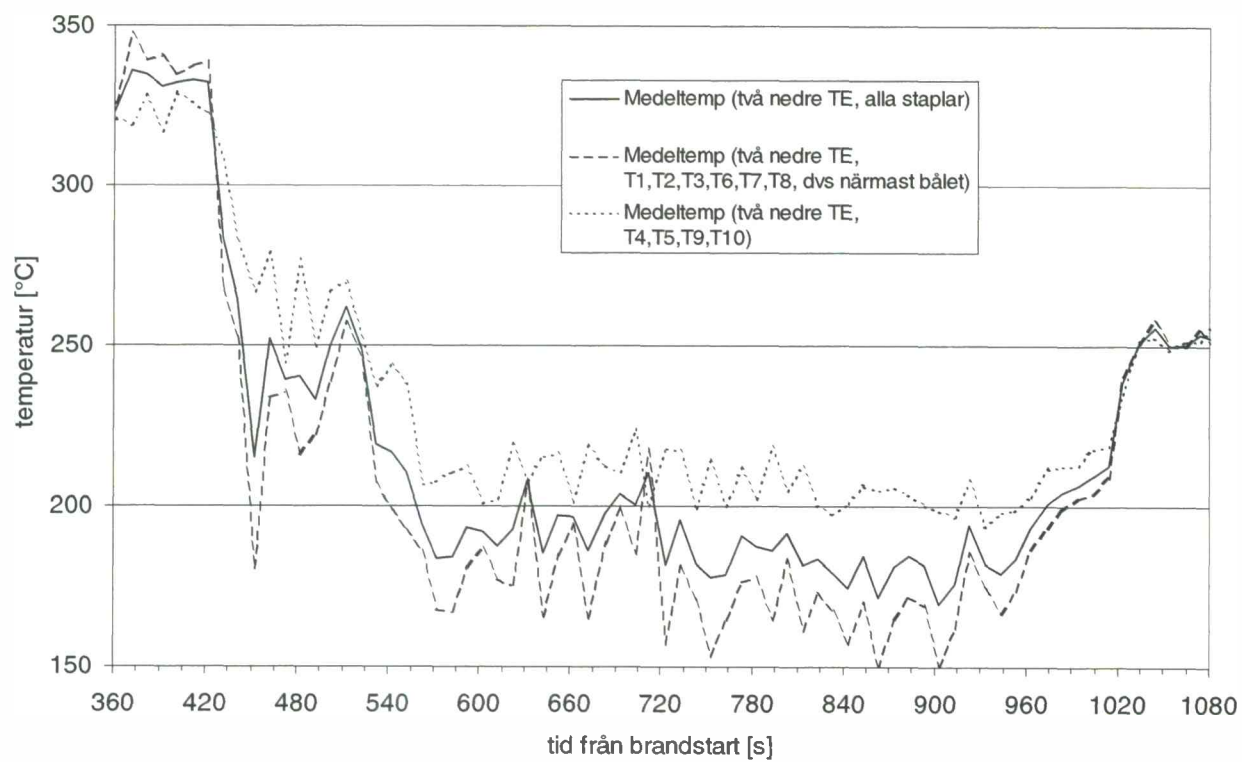


diagram 6:21; medeltemperatur, främre nedre, bakre nedre samt alla nedre mätpunkter vid släcktillfället

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152004079

ngsverket, 651 80 Karlstad
-10 40 00, telefax 054-10 28

Beställningsnummer P21-328/00. Telefon 054-10 42 86, te
ISBN 91-7253-048-0



RÄDDNINGSS
VERKET

RIB 15548

Ps *d

Stackforsök --