



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Røyking som brannårsak



Bacheloroppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Sikkerhet, Brannteknikk

Av: Anders Langeland Sætrevik
Anders Honningsvåg

Kand.nr. 27
Kand.nr. 22

Haugesund

Våren 2007



BACHELOROPPGAVE

Studenten(e)s navn: Anders Honningsvåg
Anders L. Sætrevik

Linje & studieretning Ingeniør, brann.

Oppgavens tittel:
Røyking som brannårsak

Oppgavetekst:

Mange brannårsaker kan skyldes røyking. Et spørsmål er ofte "vil sigaretter liggende i "sofakrok" kunne antenne omkringliggende materialer?". I så fall vil ny type sigaretter med selvslukkende system kunne påvirke denne antennelsesprosessen?

Oppgave skal også ta for seg karakteristika til en brann startet ved en sigarett. Har arnestedet for typiske "sigarett" branner forandret seg de siste 30 årene? Kan nytt regelverk og teststandarder for sigaretter og møbler som er innført ha påvirket dette?

Det skal gjennomføres eksperimenter, der det studeres om sigaretter av ulik type, tetthet, fuktinnhold og orientering vil kunne antenne omkringliggende materialer i en typisk sofakrok. Målinger vil omfatte temperaturer i og rundt sigarett, samt vekttapsmåling. Målingene og teori om glødebrann vil benyttes til å diskutere ovennevnte spørsmål.

Endelig oppgave gitt: (senest 08.03)

Innleveringsfrist: Fredag 4.mai 2007 kl. 12.00

Intern veileder Alf Reidar Nilsen

Ekstern veileder Reidar Skrunes, If skadeforsikring.

Godkjent av studieansvarlig:

Dato:

Bjane Chr. Hagen
2/5/07



Forord

Denne oppgaven er skrevet som et avsluttende arbeid på en 3.årig branningeniørutdanning ved Høgskolen Stord/Haugesund. Oppgaven er på 15 studiepoeng og lagt opp til å være et gruppearbeid.

If skadeforsikring ved Reidar Skrunes ble kontaktet for en mulig problemstilling. Han var interessert i å belyse røyking som brannårsak. Dette syntes vi virket interessant ettersom det gav oss god mulighet til å kombinere tidligere lærdom med praktiske forsøk.

I oppgaven valgte vi spesielt å se på forskjellige sigaretter sine egenskaper i en antennelsesfase og hva som kan påvirke disse. Det er skrevet lite rundt sigaretter som brannårsak og ulming. Dette gjorde arbeidet spennende og utfordrende.

Vi ønsker å takke følgende:

Reidar Skrunes for hans arbeid som ekstern veileder og oppdragsgiver

Alf Reidar Nilsen jr. for hans arbeid som intern veileder

Arjen Kraaijeveld for hjelp med tilrettelegging av forsøk

Martin O. Risvold for hjelp med teknisk utstyr og lignende.

ResQ for bruk av område til forsøk

Haugesund, 5.mai 2007

Anders L. Sætrevik

Anders Honningsvåg



Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----|
| Forord..... | i |
| Innholdsfortegnelse..... | iii |
| Sammendrag..... | v |
| | |
| 1. Innledning..... | 1 |
| 2. Teori..... | 3 |
| 2.1 Sannsynlighet..... | 3 |
| 2.2 Sigarett..... | 3 |
| 2.3 Antennelse..... | 3 |
| 2.4 Ulmebrann..... | 4 |
| 3. Metoder og forsøksoppsett..... | 6 |
| 3.1 Innledende forsøk..... | 6 |
| 3.2 Måling av ulmehastighet..... | 6 |
| 3.3 Temperatur..... | 7 |
| 3.4 Antennelse..... | 7 |
| 4. Forsøks resultater..... | 10 |
| 4.1 Innledende forsøk..... | 10 |
| 4.2 Måling av ulmehastighet..... | 10 |
| 4.3 Temperatur målinger..... | 11 |
| 4.4 Antennelse..... | 13 |
| 5. Oppsummering og beregninger..... | 16 |
| 5.1 Antennelse..... | 16 |
| 5.2 Effekt..... | 17 |
| 5.3 Brannforløp..... | 20 |
| 6. Diskusjon..... | 21 |
| 6.1 Generelle feilkilder..... | 21 |
| 6.2 Feilkilder i forsøk/resultater..... | 21 |
| 6.2.1 Feilkilder i innledende forsøk..... | 21 |
| 6.2.1 Feilkilder i måling av ulmehastighet..... | 21 |
| 6.2.2 Feilkilder i måling av temperaturer..... | 22 |
| 6.2.3 Feilkilder i forsøk på antennelse..... | 22 |
| 6.2.4 Feilkilder i utregninger og beregninger..... | 22 |
| 6.3 Videre arbeid..... | 23 |



| | |
|-------------------------------|----|
| 7. Konklusjon | 24 |
| 8. Referanseliste | 25 |
| Vedleggsliste | I |
| Vedlegg A: Sigarettvekt | I |
| Vedlegg B: Sigarettdata | II |

Sammendrag.

I 2005 var 3,11 % av alle husbranner forårsaket av sigaretter(DSB). I tidsrommet mellom 2001 og 2005 var 14 % av alle dødsbranner startet av sigaretter (Norsk brannvernforening). Det har skjedd en utvikling i dødsbranner fra perioden 1970-1979 fram til perioden 1984-1992. Statistikk viser at andel dødsbranner med soverom som arnested har gått ned. Mens andel dødsbranner med stue eller kjøkken som arnested har økt.(Hansen, 1994) Nedgangen i soverom som arnested henger sannsynligvis sammen med nedgang i røyking på sengen. Nye og mer brannsikre sengetøy, dyner og madrasser er nok også en viktig faktor.

I samarbeid med IF skadeforsikring er det i denne oppgaven prøvd å belyse hvilke forutsetninger som må være tilstede for at en sigarett skal kunne antenne et annet materiale. Dette med det formål å lettere kunne bekrefte eller avkrefte sigaretter som brannårsak i en brannetterforskning.

IF skadeforsikring ønsket å se på betydningen av type tobakk/sigarett. Det ble derfor benyttet et representativt utvalg av tobakksvarer i de forskjellige forsøk og tester som ble utført. Testene ble gjennomført for å finne effekt, temperatur og ulme hastighet. Det ble også gjennomført tester på forskjellige materialer for å vurdere sigarettene/tobakkens evne til å antenne. Det ble gjennomført et fullskala forsøk for å se brannutviklingen og brannforløpet i et rom. Forsøkene fant sted på brannlaboratoriet ved Høgskolen i Haugesund og ved ResQ.

Forsøkene viser at det er en klar forskjell mellom de forskjellige sigarettene. Forskjellene er spesielt stor mellom ferdigrullede sigaretter og sigaretter laget med rulletobakk og Winner Tip maskin når det kommer til temperatur, effekt og ulme hastighet. For sigaretter med rulletobakk og rullepapir er det ikke oppnådd noen testresultater. Men på bakgrunn av begrenset antall forsøk er det ikke mulig å avkrefte de som en antennelseskilde. Antennelse ved hjelp av en sigarett er en ømfintlig prosess. For å oppnå en antennelse eller ulming må materialet utsettes for en tilstrekkelig høy varmekraft over lang nok tid. Materialenes egenskap har vist seg å være avgjørende i en antennelsesprosess. På grunn av mangel på antennelse og lengre ulmeprosesser er det vanskelig å si noe konkret angående brannforløpet.

1. Innledning

Hvert år rykker brannvesenet ut til over 1500 husbranner(DSB). De forskjellige forsikringsselskapene betaler ut over 3 milliarder i årlige skadeutbetalinger til bedrifter og enkeltpersoner som har vært utsatt for brann. (Norsk brannvernforening) Med slike verdier inne i bildet er det naturlig at forsikringsselskapene vil undersøke og klarlegge brannårsak. I 2005 var 3,11 % av alle husbranner forårsaket av røyking (DSB). I flere standarder både i Norge og USA finnes det forsøksoppsett på hvordan materialer skal testes for antennesmotstand når de blir utsatt for en ulmende sigarett. Eksempler på dette er NS-EN ISO 12952-1: Tekstiler, Brennbarheten til sengetøy DEL 1: Generelle prøvingsmetoder for antenneligheten ved en ulmende sigarett og NFPA 261 Standard Method of Test for Determining Resistance of Mock-Up Upholstered Furniture Material Assemblies to Ignition by Smoldering Cigarettes. I standardene blir sigarettene lagt på testmaterialets overflate for så å observere sigarettens effekt på materialet. Forskjellene mellom standardene er at i NFPA 261 blir også sigarettens effekt på materialet når sigarettene blir lagt i hjørner testet. Det finnes også en standard på hvordan forskjellige sigaretters antennesstyrke kan måles. I E 2187 – 04 Standard Test Method for Measuring the Ignition Strength of Cigarettes blir tente sigaretter lagt på en spesiell type filterpapir som trekker varme fra sigarettene. Antennesstyrken til den aktuelle sigaretten blir bestemt ut i fra hvor mange lag av filterpapir som må til før sigaretten slukker.

Bakgrunn

I samarbeid med IF skadeforsikring prøver denne oppgaven å belyse tema røyking som brannårsak. Brannutredning foregår ofte ved hjelp av en eliminasjons metoden. Røyking kan ofte være svært vanskelig å utelukke. I fullstendig utbrente bygninger baseres ofte antagelsen om røyking som brannårsak, på utsagn fra personer som har vært tilstede eller i området i det aktuelle tidsrommet. I noen tilfeller kan disse personene være interesserte i å ikke belyse den egentlige brannårsaken. På denne måten kan røyking som antenneskilde bli brukt for å dekke hva som egentlig har skjedd, ettersom røyking som antenneskilde sjelden medfører trekk i erstatningsutbetaling. For lettere å anslå sannsynligheten for at røyking er antenneskilden, er det viktig å kjenne til de forutsetninger som må være tilstede for å kunne oppnå en antennelse.

Tidligere arbeid:

Det er gjort noe forskning på sigaretter som antenneskilde. I de fleste tilfellene er det gjort for lite arbeid til å kunne konkludere på et generelt grunnlag. Arbeidet som er gjort er ofte med tanke på spesielle saker eller materialer. Det er også mangel på litteratur som omhandler ulming og da spesielt overgang fra ulming til antennelse. I de fleste forsøkene som er gjort med sigarett som antenneskilde har det vist seg vanskelig å få antennelse og å gjenskape forsøkene. Et godt eksempel på dette er Cigarette Fires in Paper Trash, Fire Findings 6:1, 1-3 (Winter 1998) (siteret i Babrauskas, 2003, s.10) der det ble utført 132 forsøk med å starte en brann i en søppelbøtte ved hjelp av en sigarett. Ikke før på forsøk nummer 132 ble det antennelse. Etter 300 forsøk var det oppnådd antennelse ved 5 tilfeller. Hadde det bare blitt utført 100 forsøk kunne konklusjonen blitt at sigaretter ikke kunne føre til antennelse.



Gjennomføring:

Forsøkene ble valgt for å få data på temperatur og ulmehastighet for de forskjellige typene av sigaretter. Det var også ønskelig å se på hvordan vinkelen til en sigarett påvirker temperatur og ulmehastighet. Basert på resultatene av testene var det ønskelig å se om det fantes noen sammenheng mellom resultatene og de forskjellige sigarettenes evne til å antenne et materiale. Testene for antennelse ble utført i en sofa. Dette ble blant annet gjort på grunn av relevans til en spesifikk forsikrings sak og også fordi det muliggjorde mange forsøk. Sofaen kunne også brukes til forsøk på å konstruere et fullskala brannforløp i et rom.

2. Teori.

2.1 Sannsynlighet.

Sannsynlighet for at det skal oppstå en brann, kan uttrykkes matematisk ved $P = P_f * P_0 * P_s$. Der P_f er lik sannsynligheten for at det er et brennbart materiale tilstede. P_0 er sannsynligheten om det er tilstrekkelige oksidanter til stede. P_s er sannsynligheten til om det er en tennkilde tilstede. P_0 vil i de fleste tilfeller være tilnærmet lik 1. Mens de to andre faktorene kan variere mye (Babrauskas, 2003). I denne oppgaven taes det for gitt at det er tilstrekkelig med oksidanter tilstede, siden røyking foregår i atmosfærisk omgivelser. Det er derfor materialer og antenneskilder som det blir lagt vekt på.

2.2 Sigarett

En sigarett er laget av tobakksblader som er kuttet opp og blandet med diverse tilsetningsstoffer, papir som holder tobakken på plass og eventuelt et filter. Sigaretter kan kjøpes ferdigrullet eller som løs tobakk som brukes sammen med rullepapir eller tomme hylser med filter. Det er forskjell i hvordan tobakken er kuttet, blandet og fuktinnholdet i den. I The Relative Fire Hazard of Plain and Tipped Cigarettes (sitert i Babrauskas, 2003, s. 718) hevdes det at med like forhold vil sjansen for en filtersigarett skal antenne et materiale være mindre enn en sigarett uten filter. Dette kommer av den pulsen av varme gasser som kommer når ulmefronten når enden av sigaretten. Denne pulsen vil bli stoppet av filteret på en filtersigarett.

2.3 Antennelse

Antennelse av et faste materialer kan skje på en rekke forskjellige måter. I følge Drysdale (An Introduction to Fire Dynamics, 1998, s. 211, 227, 228) er antennelse av faste materialer delt opp i tre forskjellige måter den kan oppstå:

Pilot antennelse:

Teorien bak pilot antennelse er bygget på at det aktuelle faste materialet blir forvarmet, enten ved en kontinuerlig, eller diskontinuerlig varmekraft. Pyrolysegassene som blir produsert blir så utsatt for en gnist eller en bar flamme. Det er mengden pyrolysegasser og dens blanding med oksygen som bestemmer om antennelse vil oppstå. Mengden pyrolysegasser vil være avhengig av materialets massefluks som er målbar. Dersom varmekraften er kontinuerlig kan antennespunktet til et fast materiale bli karakterisert som en minimums overflatetemperatur der mengden pyrolysegasser er tilstrekkelig til å antennes og opprettholde en flamme. Tid til denne temperaturen er oppnådd kan beskrives ved en av de tre metodene for varmeoverføring; varmeledning, konveksjon eller stråling. Det finnes også formler som beskriver pilotantennelse med diskontinuerlig varmekraft.

Spontan antennelse:

Spontan antennelse tar utgangspunkt i det samme som pilot antennelse. Forskjellen ligger i at det ikke er noen form for gnist eller bar flamme som antenner pyrolysegassene. Dersom et brennbart materiale blir eksponert for en tilstrekkelig høy varmekraft kan pyrolysegassene

antenne spontant dersom det blandes med oksygen innenfor plumen ved tilstrekkelig høy temperatur. Det kreves en høyere varmekraft for å oppnå spontan antennelse enn pilot antennelse ettersom det kreves en høyere overflatetemperatur.

Antennelse som følge av eksponering for bar flamme:

I motsetning til pilot og spontan antennelse er det ingen ekstern varmekilde som påfører varmekraft. Materialet blir direkte utsatt for bar flamme. Flammens størrelse og karakteristikk er avgjørende for antennen. Antennelse kan skje ved mye lavere varmekraft enn for pilot og spontanantennelse.

2.4 Ulmebrann

I følge Drysdale (An Introduction to Fire Dynamics, 1998, s. 286) kan følgende situasjoner føre til at et material vil begynne å ulme:

- Kontakt med et annet ulmende material
- Varmgang i selve materialet
- Utsatt for en varmekraft på en side
- Utvikling av varme inn i materialet ved for eksempel feil ved elektrisk utstyr

Babrauskas (Ignition Handbook, 2003, s. 315-316) definerer ulming som en overflate oksidasjon av kull. Varmeproduksjonen i materiale medfører termisk dekomponering av tilstøtende lag av brensel som i neste omgang ulmer. Ulmebrann kan defineres som en forplantende, selvopprettholdende eksoterm reaksjon som kan avlede hovedvarmen fra reaksjoner som skjer på overflaten på et materiale.

Ulmebranner kan i følge Drysdale (An Introduction to Fire Dynamics, 1998, s. 275) deles opp i 3 soner:

Sone 1. Pyrolyse sone med bratt temperatur gradient og avdrift av synlige luftbårne produkter.

Sone 2. Forkullet sone der temperaturen når et maksimum på 600 °C til 700 °C. Her vil utviklingen av røyk stoppe opp og glødingen vil ta til. Varme utvikles i sone 2 og ledes fram mot uforbrente materialer i sone 1 slik at disse blir forvarmet.

Sone 3. Sone med porøs, resterende aske som ikke gløder lenger. Temperaturen faller grunnet varmetap.

I Drysdale (An Introduction to Fire Dynamics, 1998, s. 276) er det oppgitt formler som beskriver sammenhengen mellom effekt, ulmehastighet, materialets tetthet, materialets varmekapasitet og materialets temperaturøkning.

$$V = \frac{\dot{q}''}{\rho \cdot \Delta h} \text{ (Ligning 2.1)}$$

V er ulmehastighet [m/s], \dot{q}'' er effekt per kvadratmeter [W/m^2], ρ er materialets tetthet [kg/m^3] og Δh er forandringen i termisk entalpi for en masse når temperaturen forandres fra start temperatur til maksimumstemperatur. Δh kan finnes ved hjelp av:

$$\Delta h = c(T_{\text{max}} - T_0) \text{ (Ligning 2.2)}$$

I ligning 2.2 er c brenselets varmekapasitet, T_{max} er maksimumstemperatur i materialet og T_0 er start temperatur.

Videre beskriver Babrauskas (Ignition Handbook, 2003, s. 316) og Drysdale (An Introduction to Fire Dynamics, 1998, s. 278) hvordan ulming kan deles i to kategorier, ulming som skjer framover og motsatt ulming. Når luftbevegelsen er i samme retning som ulmefronten, er det



en så kallet framover ulming. Hvis luftstrømmen går i motsatt retning av ulmefronten vil det være en motsatt ulming. For eksempel når en sigarett starter en ulmebrann, liggende på toppen av et material vil luft strømmen stige på grunn av oppdrift av varme gasser, mens ulmefronten vil bre seg nedover og inn i materialet. Dette er da en motsatt ulming.

En vesentlig forskjell oppstår i sone 1 i kanten på ulmefronten. For motsatt ulming vil det være rikelig med tilgang på kald, oksygen rik luft. Dette vil medføre at ulmingen vil få en jevn hastighet. Mens i ulming med luftstrøm i samme retning som ulmebrannen vil oksygen som strømmer til forbrenningen være med på å forvarme materialet noe som medfører at reaksjonen vil akselerere. En del av oksygenet vil være brukt opp i det brente området. Det er to viktige faktorer som må være tilstede før en ulmebrann kan skje. Materialet må være porøst nok til å sleppe inn tilstrekkelig oksygen. Og det må holde samme form og struktur ved varme påvirkningen.

Bare porøse materialer som blir til kull eller aske ved varme, kan gjennomgå en selvstendig ulme proses. Vanlige materialer som kan ulme er blant annet papir, tre, skinn, bomull, karbon, skogbunn og støvlag av forskjellige materialer. Materialer som smelter eller krymper vekk fra varmen kan ikke ulme.

3. Metoder og forsøksoppsett.

3.1 Innledende forsøk

Innledende forsøk ble gjennomført for å sette seg inn i diverse problemstillinger som vi kunne møte underveis. Dette var med på å klarlegge hvordan de videre forsøkene skulle gjennomføres. Det ble kjøpt inn forskjellige typer materialer som er vanlig i de fleste norske hjem. To stykker fleece tepper, ei pute med dun og trekk i bomull. Det ble også kjøpt inn to forskjellige typer rullings med ulik kutting og tre forskjellige rullepapir. Lucky Strike ferdig sigaretter med filter og Pall Mall ferdig sigaretter uten filter. Det ble også anskaffet Winner Tip maskin og hylser samt en maskin for å lage sigaretter av rulletobakk og sigarettpapir. På brannlabben prøvde vi og konstruerer en ulmebrann i de forskjellige tekstilene som var kjøpt inn. Forsøkene var ikke standardisert og vart gjort ut i fra "worst case" prinsippet for å øke sannsynligheten for å få brann. Blant annet ble sigarettene pakket godt inn i materialet.

3.2 Måling av ulmehastighet

Dette forsøket ble gjort for å måle effekten i de ulike typer sigaretter. Forsøket ble utført ved å måle tid sigaretten brukte på å forbrenne en lengde på 50mm for de ferdigrullede sigarettene og 40mm for Winner Tip ved forskjellige vinkler. Stående, liggende og opp ned. Tiden ble startet når de ferdigrullede sigarettene hadde ulmet 5mm og Winner Tip sigarettene hadde ulmet 10mm. Sigarettene ble festet i stativer etter at de var tent. Antennelsen av sigarettene ble gjort ved hjelp av fyrstikker og en person som røykte sigarettene. Deretter ble den tilsvarende lengden av sigarettene veid. Veiing ble utført på Høgskolen sine vekter som måler med 4 desimaler [g]. Alle sigarettene ble målt på to vekter A og B. Begge vektene ble sjekket med et 50 grams lodd før testene startet. Etter målingene ble snittvekten for hver sigarett regnet ut. Det er snittvekten som er blitt brukt til videre utregninger. Sigaretter med rulletobakk og sigarettpapir ble også testet men på grunn av at de slukket er det ingen testresultater.



Figur 3.1: Sigaretten slik de ble testet. Her i posisjonene stående(t.v) og liggende(t.h).

3.3 Temperatur

Temperaturen i sigarettgloen ble målt ved hjelp av termoelement koblet til logger og PC. Termoelementet ble ført inn i senter av sigarettene forfra, ca 40mm inn. Sigarettene ble festet i et stativ i tre forskjellige vinkler, stående, liggende og opp ned. Se figur 3.2. Sigarettene ble tent ved hjelp av fyrstikker og en person som røykte sigarettene. Det ble tatt ett trekk av hver sigarett for å få i gang ulming i sigarettene. Forsøkene ble startet like før antennelse og avsluttet når sigarettene var oppbrent eller termoelementet ikke lenger var dekket av sigarettene og/eller dens aske. Temperaturen ble målt med 1 sekunds intervaller. Sigaretter med rulletobakk og sigarettpapir ble også testet, men på grunn av at de slukket er det ingen testresultater.



Figur 3.2: Oppsett for temperaturmåling

3.4 Antennelse

Forsøkene for å vurdere sigarettenes antennelighet ble gjort i to omganger. Den første delen ble utført ved brannlabben ved HSH og den andre i ISO rom ved ResQ.

HSH:

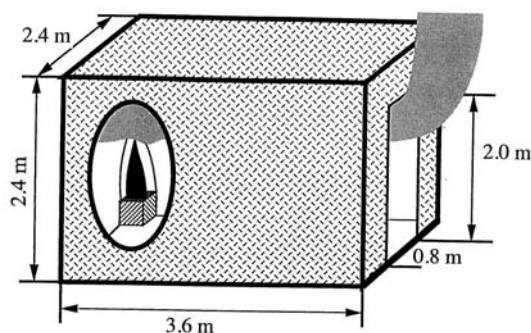
Testene ble utført i samme sofa som ble brukt i forsøkene ved ResQ. Hver av de aktuelle sigarettene ble lagt på samme sted i sofaen og observert. For å få testene så like som mulig ble en sprekke mellom to av sitteputene valgt som test område. Dette medførte at det var mulig å snu putene etter hvert som det ble dannet svimerker. Et termoelement ble plassert mellom de samme putene, et lite stykke under sigarettene, for å kunne observere eventuell temperaturøkning i putene. Det ble også utført forsøk andre steder i sofaen med de sigarettene som ut i fra tidligere forsøk ble antatt til å ha størst sannsynlighet for å antenne. Deler av forsøkene ble også filmet.



Figur 3.3: Oppsett for testing av sigarettens antennesstyrke

ResQ:

Testene ble utført ved ResQ tirsdag 3. april 07. Testene ble utført i et ISO rom med dimensjoner som fremkommer av prinsippskissen.



Figur 3.4: Prinsippskisse av ISO rom

I tillegg til dette ble det skrudd på en kryssfiner plate foran åpningen slik at høyden på åpningen ble 1,3 m og ikke 2 m. Dette ble gjort for å lette oppbygningen av røyklaget i rommet samt for å minske åpningsfaktoren. Formålet med forsøket var å etterligne et brannforløp i et rom. En tre seters sofa var delt opp i tre stykker, det var de to endestykkene som utgjorde brannbelastningen i ISO rommet. Den resterende tredjedelen ble tatt vare på. Sofaen var trekket i et tøy stoff over skumgummi. Det var også en del treverk i sofaen. Sofaen var kjøpt brukt ved søppelfyllingen i Haugesund. Alderen på sofaen er ukjent men det antas at den var fra siste halvdel av 90 tallet. I ISO rommet var det plassert ut 3 termoelement som igjen var koblet til logger og PC. To av termoelementene var plassert sentralt i rommet, 17 cm og 1 m fra taket. Det siste termoelementet var plassert i sofaen ca. 45 cm fra gulvet. Det var også klargjort to kamera for å filme forsøket, det ene kameraet var plassert på stativ utenfor ISO rommet og det andre var håndholdt. Det ble også benyttet stoppeklokker for å kunne notere tidspunkt for observasjoner. Det ble gjennomført to forsøk ved ResQ. I det første forsøket ble en sigarett av merket Pall Mall lagt i et putetrekk av bomull på sofaen. I forsøk 2 ble det samme putetrekket med pute antent ved hjelp av bar flamme.



Figur 3.5: ISO rom med sofa og plate foran åpning

4. Forsøks resultater

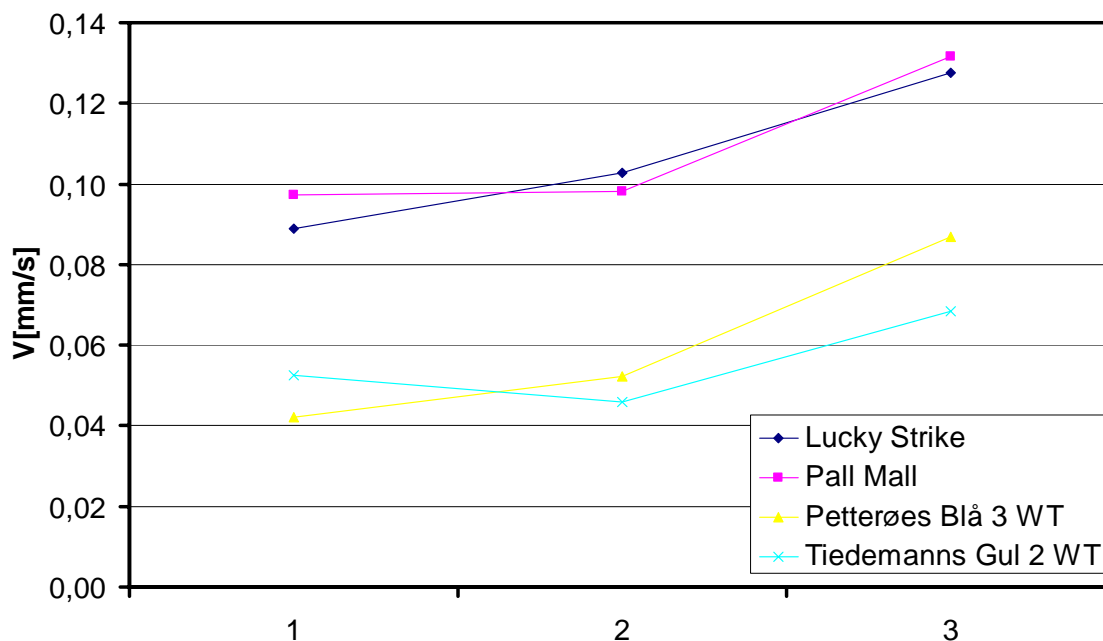
4.1 Innledende forsøk

Resultatet etter innledningsforsøket var at det ikke oppstod ulmebrann i noen av tilfellene med fleece teppene. Når fleece teppet kom i kontakt med varme krympet det vekk fra varmekilden slik at det aldri ble direkte kontakt med sigarettgloen.

I bomullstrekket ble det observert en ulmebrann. Ulmebrannen ble sløkket etter det var konstatert at den fortsatte etter sigaretten var slukket. Dette var gjort uten at puten var inne i trekket. Når puten var inne i trekket oppstod det ingen ulming. Ytetrekket på puten virket som om det var i et brannhemmende material, slik at ikke sigarettgloen kom i kontakt med dunet inne i puta. Ingen av sigarettene laget av rulletobakk og vanlig sigarettpapir brant fullstendig opp. Samtlige av de ferdigrullede sigarettene og sigarettene laget med rulletobakk og Winner Tip maskin brant opp.

4.2 Måling av ulmehastighet

Ulmehastigheten til de forskjellige sigarettene varierte med vinkelen. Den høyeste ulmehastigheten hadde sigarettene når sigaretten var opp ned. Det var en forskjell mellom ferdigrullede sigarettene og sigarettene laget med rulletobakk og Winner Tip maskin. Det ferdigerullede sigarettene hadde en raskere ulmehastighet enn sigarettene laget med Winner Tip. Tiden på forsøkene varierte fra 380 sekund for Pall Mall posisjonert opp ned, til 948 sekund for Petterøes 3 Winner Tip i stående posisjon. For fullstendig resultat av ulmehastigheter se vedlegg B for de respektive sigarettene.



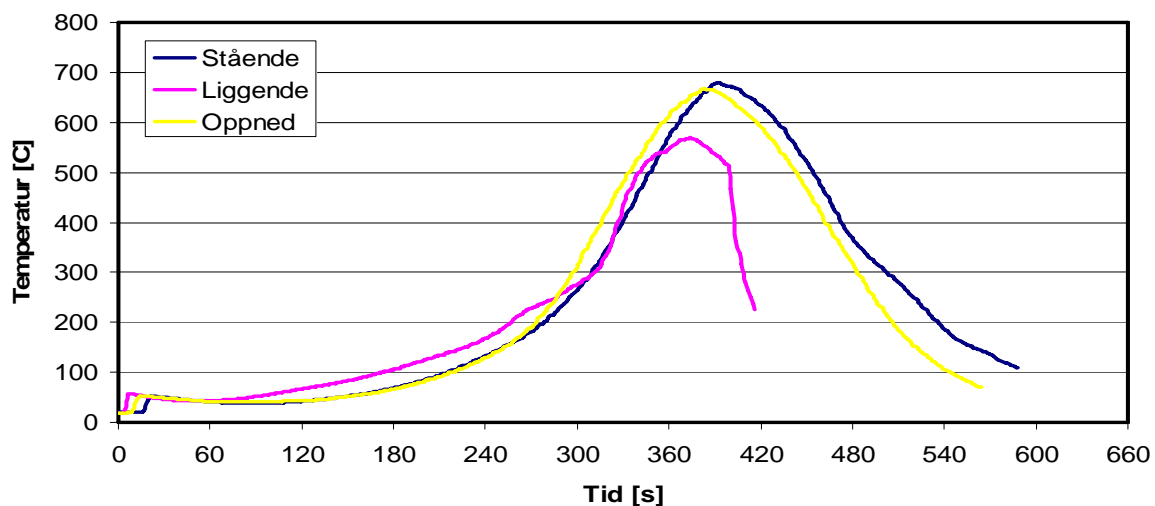
Figur 4.1: 1 viser ulmehastighet når sigarettene står, 2 viser liggende og 3 opp ned.

Resultatene av veiingen av sigarettene viste at sigarettene laget med rulletobakk og Winner Tip maskin hadde en betraktelig høyere tetthet enn de ferdigrullede sigarettene. For fullstendige resultat for veiing av de ulike sigarettene se vedlegg A. For fullstendig oversikt over sigarettenes tetthet se vedlegg B

4.3 Temperatur målinger

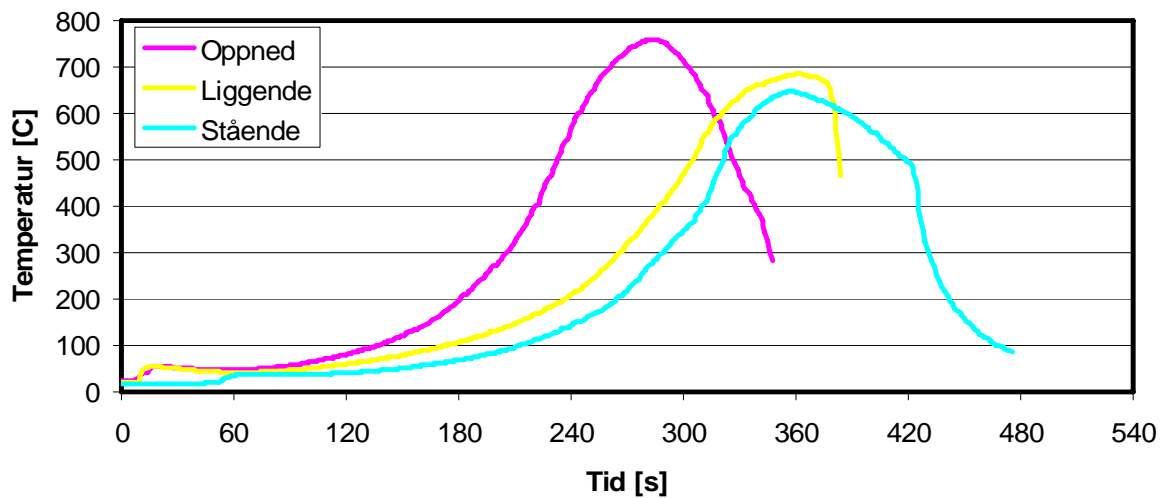
Resultatene av målingene er presentert i grafer for hver enkelt sigarett type. Den raske økningen i temperatur i start av grafene viser hvordan temperaturen øker når sigaretten blir røykt. Tiden i grafene kan ikke sammenlignes oppimot hverandre på grunn av at den er avhengig av hvor langt inn i sigarettene termoelementet var ført inn. Dette har variert fra sigarett til sigarett.

Maksimumstemperaturen for Lucky Strike varierte fra 568,8 °C til 678,9 °C. Det raske fallet i temperatur for liggende posisjon kommer av at termoelementet falt ut ved ca. 400s. I motsetning til temperaturene i de andre sigarettene er maksimumstemperatur for liggende posisjon den laveste.



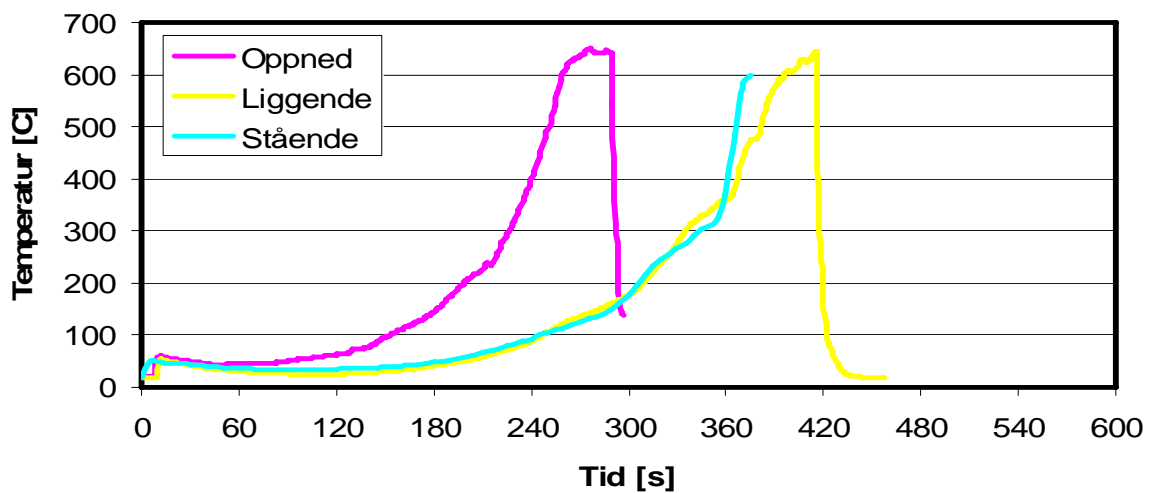
Figur 4.2: Temperaturprofiler for Lucky Strike ved tre forskjellige vinkler

For Pall Mall varierte maksimumstemperaturen mellom 759,1 °C og 646,8 °C for de forskjellige posisjonene. 759,1 °C er den høyeste temperaturen målt i samtlige av sigarettene.



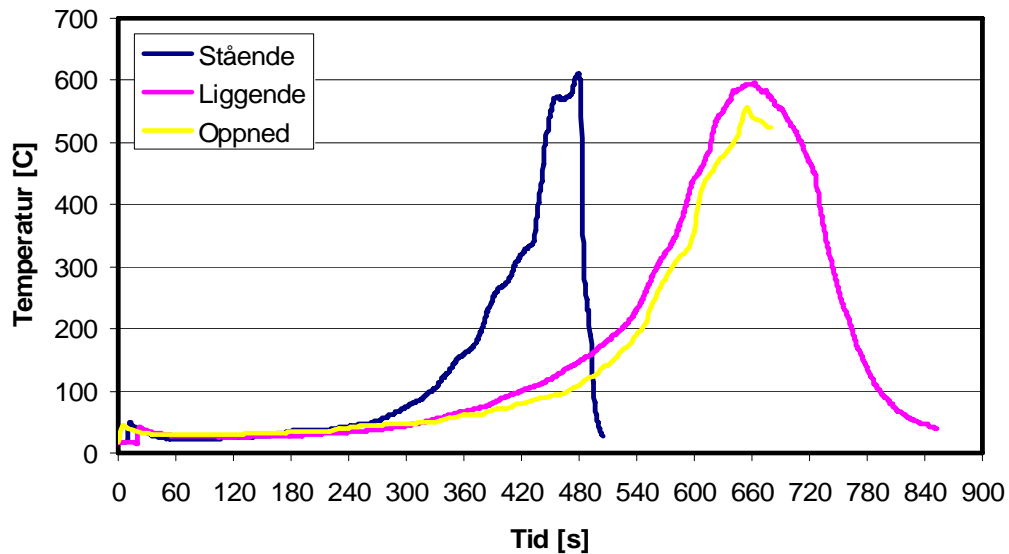
Figur 4.3: Temperaturprofiler for Pall Mall ved tre forskjellige vinkler

Maksimumstemperaturene for Petterøes blå 3 Winner Tip varierer mellom 650 °C og 600 °C . Det raske fallet i grafene viser hvor termoelementet falt ut.



Figur 4.4: Temperaturprofiler for Petterøes blå 3 Winner Tip ved tre forskjellige vinkler

Maksimumstemperaturene for Tiedemanns gul 2 Winner Tip varierer mellom 610 °C og 555,4 °C . Det raske fallet i grafene viser hvor termoelementet falt ut.



Figur 4.5: Temperaturprofiler for Tiedemanns gul 2 Winner Tip ved tre forskjellige vinkler

4.4 Antennelse

Forsøk 1:

Det første forsøket ble utført ved å legge en sigarett av typen Pall Mall uten filter på et putetrekk uten pute i. Etter at sigaretten ble lagt på puten ble det observert en del røyk fra området hvor sigaretten ble lagt. På bakgrunn av lukten til røyken kan det antas at deler av røyken kom fra putetrekket. Dette fortsetter under hele perioden sigaretten ulmet. Mot slutten av forsøket var det begynt å bli ubehagelig å oppholde seg i rommet pga mengden røyk. Sikten i rommet var god i rommet under hele forsøket. Det ble observert sporadiske glør i putetrekket under forsøket, mest i siste del. Etter sigaretten er oppbrennt blir det observert røyk fra putetrekket men det stoppet innen kort tid etter sigaretten er brent opp og forsøket avsluttes. Etter forsøket ble putetrekk og sofa undersøkt, resultatene er vist i figur 4.6 og 4.7.



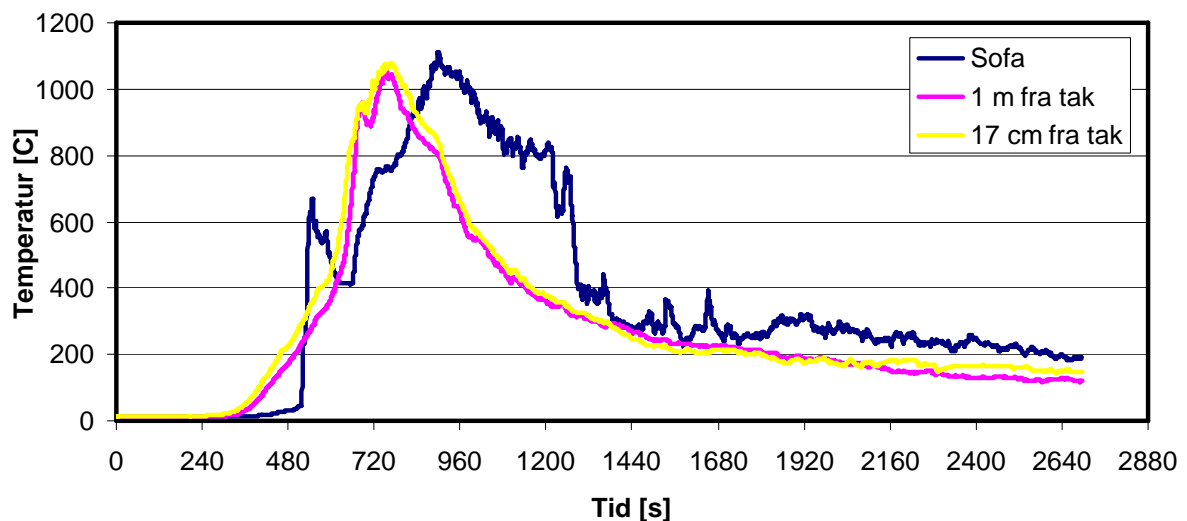
Figur 4.6: Resultat av forsøk 1. Sigaretten har forårsaket en ulming i putetrekket.



Figur4.7: Resultat av forsøk 1: Område hvor sigarett har forårsaket ulming i sofa

Forsøk 2:

Forskjellen mellom forsøk 1 og forsøk 2 var at putetrekket inneholdt pute og at det ble brukt bar flamme for å starte forsøket.



Figur 4.8: Temperaturer ved tre forskjellige posisjoner i ISO-rom

Kommentarer til figur 4.8:

- Start: Svært små, men synlige flammer og sakte flammespredning i putetrekket. Ingen synlig temperaturøkning



- 2 min: Flammene er betraktelig større og flammespredningen akselerer. Fortsatt ingen synlig temperaturøkning.
- 2min 45sek: Flammene har brent igjennom sofatrekket og ned til skummgummien.
- 3min: Skummgummien tar fyr.
- 3min 45 sek: Bakre pute smelter.
- 4min: Bakre pute antenner. Brannspredningen er nå rask.
- 5min: Flammene har brent seg gjennom trekket og inn til skumgummi i bakre pute. Det begynner å dannes et røyklag i rommet. Temperaturen begynner å øke i øvre del av rom.
- 6min 20sek: Bakre pute nummer 2 antenner. Temperatur i sofa øker.
- 6min 30sek: Dunpute hvor brannen ble startet antenner, før dette er det bare putetrekket som har brent
- 7min 45 sek: Venstre armlene antenner samtidig som brannen også ha spredd seg til pute nummer 2.
- 10min: Temperaturen i sofa øker raskt for så å synke. Dette tyder på at termoelementet har falt ned.
- 11min: Flammer blir observert i røyken utenfor, rommet er overtent. Temperatur øvre del av rom nærmer seg 600 °C .
- Etter dette avtar røykproduksjonen og brannen går etter hvert igjen tilbake til å være brenselkontrollert.

5. Oppsummering og beregninger.

5.1 Antennelse

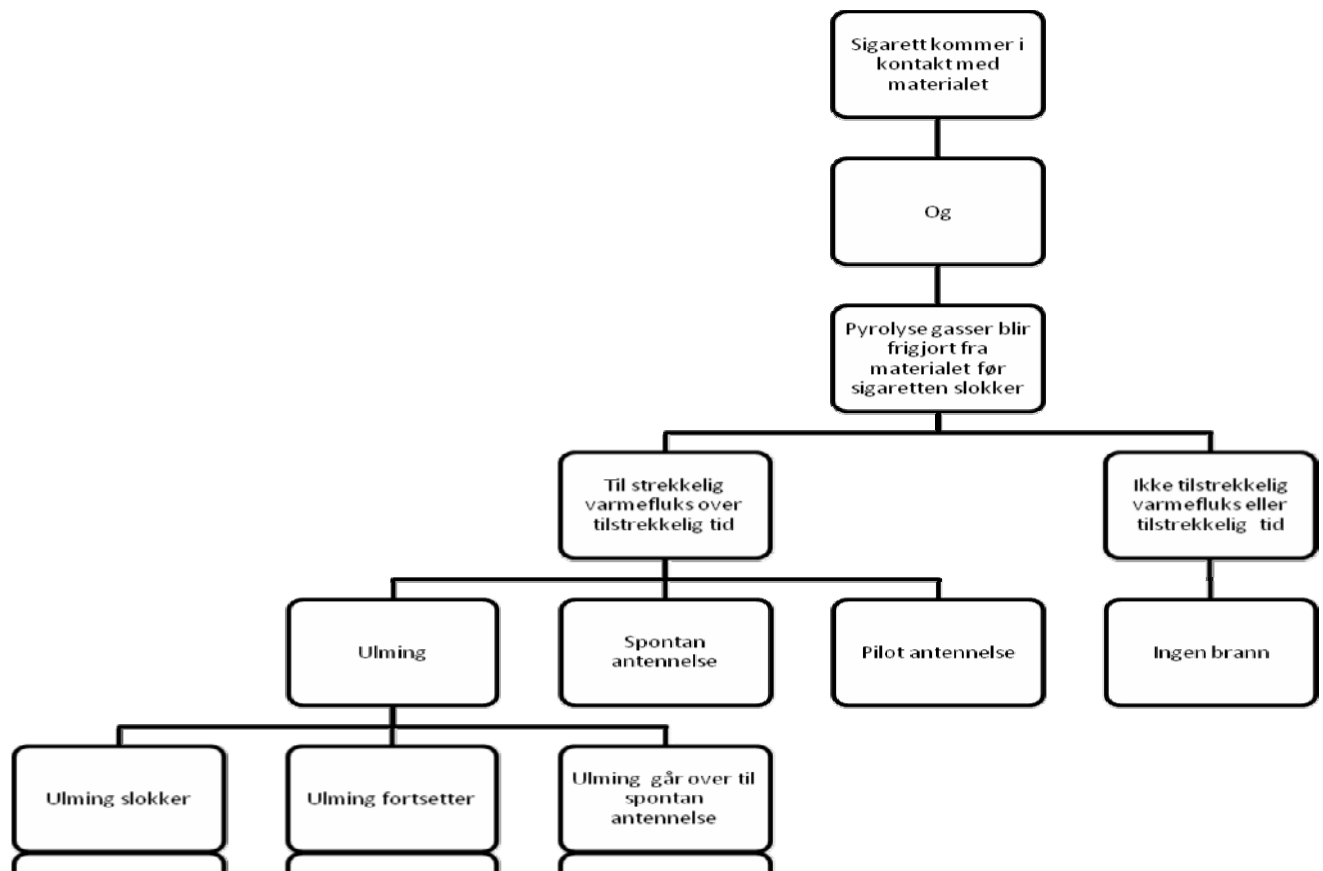
Dersom en sigarett antenner et annet materiale er det fordi sigaretten på en eller annen måte er kommet i direkte kontakt med materialet. Det er rimelig å anta at i de fleste tilfeller hvor sigaretter er brannårsak er det ingen andre kilder som kan virke som en pilot på pyrolysegassene. Det er usikkert om sigarettgloen er varm nok til å fungere som en pilot. Spontanantennelse er også en mulighet, materialet vil da bli utsatt for en varmekraft fra sigaretten, dersom denne er stor nok og overflatetemperaturen blir høy nok kan materialet antenne. Ettersom en sigarett vil være i direkte kontakt med materialet er det varmeledning som er den dominerende formen for varmeoverføring. Det vil også være varmeoverføring fra sigarett til material ved konveksjon. Stråling vil være svært begrenset ettersom det vil ligge et lag med aske rundt gloen, som er den varmeste delen av sigaretten.

I de innledende forsøkene ble det ved en anledning observert en selv opprettholdene ulmeprosess i et putetrekk av bomull. Det er også blitt observert spor etter ulming i skumgummi fra sofa, se figur 5.1.



Figur 5.1: Forkulling av skumgummi.

Under forsøkene har det ikke blitt observert noen form for antennelse av materialene. På bakgrunn av dette er det trolig at et material som har egenskaper til å ulme og blir utsatt for en sigarett vil det igangsette en ulming fremfor en antennelse. Dersom ulmeprosessen så øker i fart og intensitet og det dannes varmere pyrolysegasser øker mulighetene for en spontanantennelse. Dersom denne antagelsen stemmer, vil det medføre at materialer som ikke har egenskaper som muliggjør ulming har lavere risiko for å kunne antenne. Det er ikke funnet noen data eller modeller på når en ulming vil oppstå. Dersom antennelse oppstår før sigaretten er fullstendig brent opp er det naturlig å tro at gloen kan ha virket som en pilot. Figur 5.2 viser hvilke hendelser som kan oppstå når en sigarett kommer i kontakt med et materiale.



Figur 5.2: Mulige hendelser når en sigarett kommer i kontakt med et material

Lett antennerlige materialer kjennetegnes av ved lav τ_{pc} for tynne materialer og lav k_{pc} for tykke materialer (Drysdale, 1998). Dersom et material i tillegg har egenskaper som muliggjør ulming øker sannsynligheten for at en brann kan oppstå. Det er også andre element som påvirker et materials antennerlighet. Fuktighet i et material vil medføre at det trengs mer energi for å oppnå en antennelse eller en ulmeprosess ettersom det er energikrevende å fordampe fukten. Andre materialer, materialets utforming og sigarettens plassering vil også ha en betydning. Dersom sigaretten på noen måte er tildekt eller plassert i et hjørne vil det medføre at det blir mindre varmetap til omgivelsene.

5.2 Effekt

Etter forsøkene var ferdige var det bare varme kapasiteten, c , for tobakk som manglet for å finne effekten til sigarettene. Denne var ikke funnet gjennom forsøkene og den var heller ikke oppgitt i noe litteratur. Det materialet som var mest naturlig å sammenlikne med var cellulose. c for cellulose var oppgitt til å være $1,3 \text{ kJ/kg.K}$. (Drysdale, 1998). Men etter at varme konstanten for cellulose var satt inn i likningen for effekt (likning 2.1) ble det vurdert at denne måtte være for lav.



Ved å bruke oppgitte verdier for blant annet effekt, ulmetid, og maksimum temperaturer fra (Babrauskas, 2003) var det ved hjelp av likningene 2.1 og 2.2 mulig å rekne ut omtrentlige verdier for c og Δh for tobakk.

Tettheten, ρ , til en standard sigarett ble vurdert til 240 kg/m^3 . Forbrenningsarealet for på en sigarett ble reknet ut ved å bruke radius på $8,2 \text{ mm}$:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{8,2 \text{ mm}}{2} \cdot 10^{-3} \right)^2 = 5,281 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Ulmehastigheten til en standard sigarett ble antatt ved å bruke middelverdiene av branntiden til sigaretter samt sigarettlengden hentet fra Babrauskas (2003). Brann tiden lå rundt 11 min til 18 min.

$$t = 11 \text{ min} + \left(\frac{18 \text{ min} - 11 \text{ min}}{2} \right) = 14,5 \text{ min}$$

Sigaretterne som ble brukt i disse testene hadde en lengde mellom 100 mm og 60 mm .

$$L = 60 + \left(\frac{100 - 60}{2} \right) = 80 \text{ mm}$$

$$V = \frac{L}{t} = \frac{80 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{14,5 \text{ min} \cdot 60} = 9,1954 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Babrauskas (2003) oppgir effekten til en sigarett til å ligge mellom 4 W til 6 W . Ved å bruke middelverdi ble \dot{q} satt til 5 W . $\dot{q} \text{ [W/m}^2]$ ble reknet ut ved å benytte verdien fra \dot{q} og A .

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{5 \text{ W}}{5,381 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = 94679 \text{ W/m}^2$$

Tilslutt ble alle verdier satt inn i ligning 2.1:

$$\Delta h = \frac{\dot{q}}{\rho \cdot V} = \frac{94679 \text{ J/s.m}^2}{240 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,1954 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}} = 4290142 \text{ J/kg} = 4290,142 \text{ kJ/kg}$$

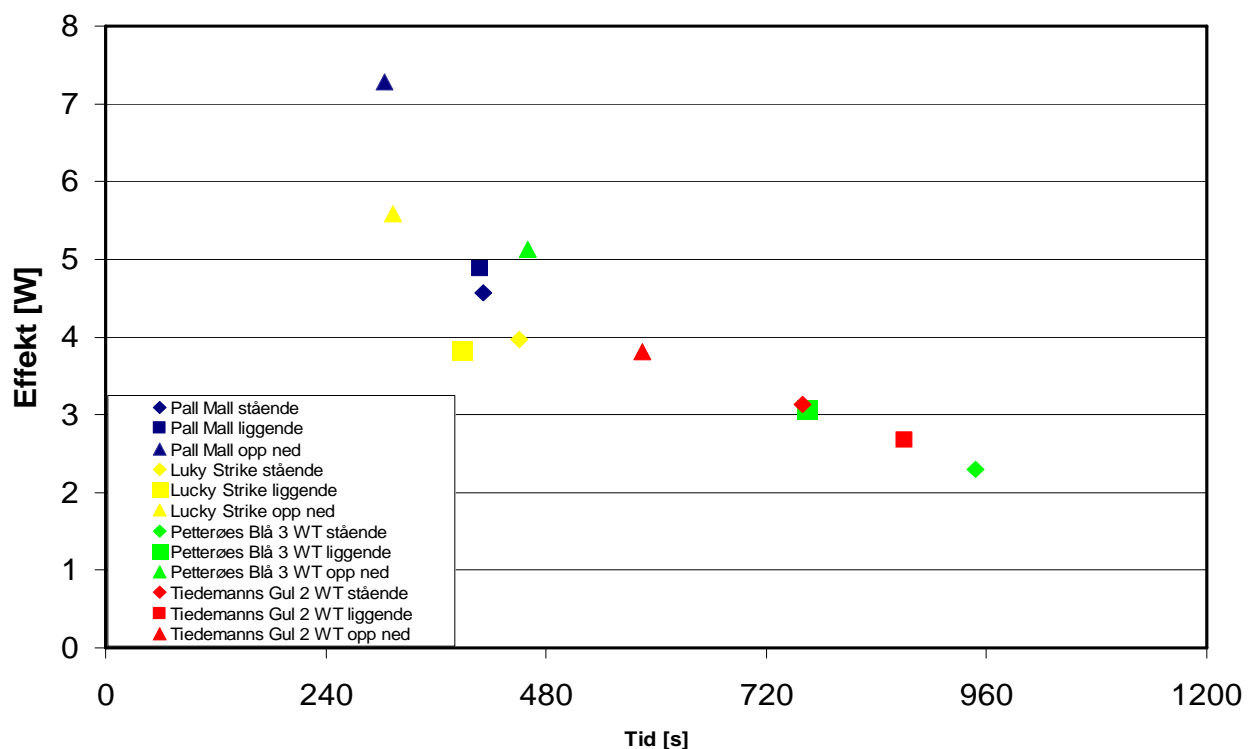
Temperaturene inne i gloen ble satt til $T_{\text{max}} = 750^\circ \text{C}$ på grunnlag av utførte forsøk og litteratur. Start temperaturen ble antatt til $T_0 = 20^\circ \text{C}$. Ved å benytte ligning 2.2 var det mulig å rekne ut c .

$$c = \frac{\Delta h}{(T_{\text{max}} - T_0)} = \frac{4290,142 \text{ kJ/kg}}{(750 - 20) \text{ K}} = 5,8769 \text{ kJ/kg.K} \approx 5,88 \text{ kJ/kg.K}$$
$$\Delta h = 4290,142 \text{ kJ/kg}$$
$$c \approx 5,88 \text{ kJ/kg.K}$$

Denne varmekapasiteten er svært høy. Dette kan være fordi formelen som er brukt er for enkel til fullstendig å beskrive en ulmeprosess (Drysdale, 1998). På bakgrunn av de målte og utregnede verdiene er det regnet ut effekt for hver enkelt sigarett i de forskjellige posisjonene. For fullstendig oversikt over resultatene se vedlegg B for hver enkelt sigarett.

I de forsøkene som har blitt gjort, har det vist seg at sigarettene med høy effekt også har en høy ulmehastighet og sigarettene med lav effekt har en lav ulmehastighet. En sigarett med høy ulmehastighet og høy effekt vil eksponere et materiale for en høy varmefluks over kort tid,

mens en sigarett med lav ulmehastighet og lav effekt vil kunne eksponere et materiale for en lavere varmeflukt over en lengre periode. Både tid og effekt vil være avgjørende for om en antennelse eller ulming vil finne sted. Siden ingen av forsøkene i sofa førte til antennelse eller ulming og bare et innledende forsøk førte til ulming er det vanskelig å konkludere med hvilken type sigarett som har høyest sannsynlighet for å antenne et materiale eller starte en ulmeprosess. I figur 5.3 vises effekten til de forskjellige sigarettene og hvor lang tid de brukte på å ulme 40mm. Siden ingen av disse sigarettene antente eller startet en selvopprettholdene ulmeprosess i sofaen viser dette at en sigarett som skal antenne eller starte en ulmeprosess i samme material og med samme betingelser må ligge over resultatene for sigarettene som ble testet.



Figur 5.3: Tid og effekt for sigarettene ved forskjellige posisjoner

Sigarettene med lav hastighet skiller seg også ut fra de andre sigarettene ved å ha en høyere tetthet. Det kan også sees ut i fra ligning 2.1 at tettheten i et material vil ha en effekt på ulmehastigheten. Tettheten i sigarettene vil påvirke luftgjennomstrømningen i sigaretten. En sigarett med lav tetthet vil ha en høyere luftgjennomstrømning enn en sigarett med høy tetthet. Luftgjennomstrømningen er viktig for å få en forvarming av materialet videre innover i sigaretten. Et godt eksempel på dette er en sigarett som blir røykt og en sigarett som ikke blir røykt. Når en sigarett ikke blir røykt er det observert at temperaturen faller opptil 100 °C i følge Temperature Distribution Inside A Burning Cigarette (sitert i Babrauskas ,2003, s. 716).

Tettheten til sigarettene blir rekna ut ved hjelp av formelen for volum i en sylinder og egne vektmaalinger.

Volum av sylinder der r [m] er radius av sigaretten og h [m] er lengden av sigaretten:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Tettheten der m er massen [kg] og V er volum [m^3] finnes ved:

$$\rho = m / V$$

Eksempel på utregning av tetthet til Lucky Strike:

Radiusen på sigaretten er 4,1 mm, den har en lengde på 50 mm og er målt til 0,57285 g.

$$\rho = \frac{(0,57285 \cdot 10^{-3}) \text{kg}}{(\pi \cdot (4,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (50 \cdot 10^{-3})) \text{m}^3} = 216,95 \text{kg} / \text{m}^3$$

Tetthet for de resterende sigarettene finnes i vedlegg B

Rulletobakken hadde en høyere fuktighet enn tobakken i de ferdigrullede sigarettene. Denne forskjellen ble ikke målt. Økt fuktighet vil føre til en lavere ulmehastighet grunnet den ekstra energien som må til for å fordampe denne fuktigheten. Dette medfører også en lavere temperatur i sigarettene.

5.3 Brannforløp

I forsøkene som ble gjort for å undersøke et brannforløp med sigarett som antennelseskilde ble det ikke oppnådd verken antennelse eller en selvopprettholdende ulmeprosess. Dette medfører at det ut i fra forsøkene ikke er mulig å si noe om et eventuelt brannforløp. Det er spesielt tid fra sigarett kommer i kontakt med materiale til det skjer en eventuell antennelse det er stor usikkerhet rundt. Tidligere arbeid på dette området er presentert i tabell 5.1, men siden den kun er basert på mellom 12 og 15 forsøk, (Wilk, E., Private Communication (sitert i Babrauskas, 2003 s. 718) kan den bare gi en viss innsikt i tid til antennelse.

Tabell 5.1 Eksperimentell tid til flamme antennelse av et prøvematerial etter en sigarett er lagt oppå et material. Ignition Source: Glowing Tobacco, Unabhängige Brandschutzzeitschrift No. 07 (1991) (sitert i Babrauskas, 2003, s. 718).

| Prøve material | Tid til antennelse (min) | | |
|-------------------|--------------------------|--------------|----------|
| | Minimum | Gjennomsnitt | Maksimum |
| Riflet papp | 12 | 20 | 50 |
| Bomull | 9 | 16 | 19 |
| Høy, strå | 8 | 15 | 30 |
| Blad, skogsavfall | 12 | 46 | 68 |
| Papir | 8 | 17 | 40 |

Etter en eventuell antennelse av materialet er det mulig å bruke resultatene fullskala forsøk for å beskrive brannforløpet. Resultatene fra forsøkene gjelder da bare for situasjoner hvor utgangspunktet er identisk med forsøksoppsettet. Etter en antennelse i materialet er det større mulighet å forutse et videre brannforløp siden det finnes mer arbeid utført på dette området.

6. Diskusjon.

6.1 Generelle feilkilder

I forsøkene ble det brukt et utvalg av sigarettmerker og typer. Disse merkene og typene bestod av en type ferdigsigaretter med filter, Lucky Strike, og en uten, Pall Mall. Samt to forskjellige typer rulletobakk der Tiedemanns gul 2 hadde en grovere kutting enn Petterøes blå 3. De to typene rulletobakk ble testet både som vanlig rullsigaretter og som Winner Tip sigaretter. På markedet i dag finnes de mange forskjellige typer sigaretter og rulletobakk som ikke har blitt testet i denne oppgaven. Forskjellene mellom disse typene kan være fuktighet i tobakken, type papir, kutting av tobakk, filter og tettheten.

For rulletobakken var det viktig å få standardisert testsigarettenes, dette gjaldt både for Winner Tip sigarettene og de vanlige rullsigarettene. For Winner Tip sigarettene ble sigarettene forholdsvis like hverandre for de forskjellige tobakkstypene. For rulletobakken ble det benyttet en maskin som rullet sigarettene forholdsvis likt. Hvor mye tobakk som brukes og hvor hardt denne pakkes i sigaretten varierer mye fra person til person. Det er derfor ikke sikkert at sigarettene som ble brukt i forsøkene er representative for en gjennomsnittlig Winner Tip sigarett eller rullsigarett.

I testene ble sigarettene startet på vanlig måte for så å ulme selvstendig til de slukket eller var oppbrent. Reelt sett vil sigarettene bli aktivt røykt på før de eventuelt kommer i kontakt med antennerlige materialer. Dette vil si at det er mindre igjen av sigaretten som eventuelt kan antenne et material. En sigarett som blir aktivt røykt vil også ha en temperatur som er ca 100 °C høyere i gloen enn i sigaretter som ulmer selvstendig. i følge Temperature Distribution Inside a Burning Cigarette (siteret i Babrauskas, 2003, s. 716).

Testene ble utført i brannlaboratoriet ved HSH, romtemperaturen ved testene var rundt 16 °C og det var lite trekk tilstede. Innetemperatur i en bolig anslåes til å ligge høyere. Trekk kan variere mye i en bolig og det er vanskelig å sette en typisk størrelse på den.

Hvordan en sigarett kan komme i kontakt med et materiale er vanskelig å forutse og det er utallige scenarier. Det er derfor svært vanskelig å utføre tester som best mulig dekker alle mulighetene.

På markedet finnes det mange materialer som kan ulme, det finns også mange bruksområder for disse materialene. På grunn av tid og ressurser er utvalget av testmaterialer begrenset.

6.2 Feilkilder i forsøk/resultater

6.2.1 Feilkilder i innledende forsøk

I de innledende forsøkene var det ikke noen standard for hvordan sigaretter og material skulle testes. Forsøkene ble gjort for å få en bedre forståelse for emnet. Forsøkene er derfor vanskelig å gjenskape og feilkilder er derfor ikke aktuelt for disse forsøkene.

6.2.1 Feilkilder i måling av ulmehastighet

I forsøkene ble ikke hele sigarettene brukt for å måle ulmehastigheten. Det aktuelle området som ble målt var avmerket av med penn. Oppmålingen av disse stykkene ble utført ved hjelp av linjal. Der er dermed muligheter for mindre variasjoner.

Sigarettenes ble testet i tre forskjellige vinkler. Disse vinklens ble tatt på øyemål og det er derfor mulig at ikke alle forsøkene ble like.



Sigarettene ble testet ved forskjellige tidsrom, dette kan ha medført at det har vært en endring i fuktinnholdet i sigarettene som igjen kan ha påvirket resultatene.

Det ble i så stor grad som mulig prøvd å gjøre hver sigarett som ble laget i enten Winner Tip maskin eller i rullemaskin så like som mulig. Men det er sannsynlig at det var variasjon mellom de forskjellige sigarettene når det kommer til mengde tobakk og hvor hardt den var pakket. Det er også mulig at tobakken ikke var jevnt fordelt i hele sigarettene. Dette kan medføre at det enkelte plasser kan oppstå sjikt der tobakken er hardt pakket og luftgjennomstrømningen reduseres.

Hver sigarett ble testet en gang for hver vinkel, dette er med på gjøre usikkerheten rundt tallmaterialet større.

Rullesigaretter ble også forsøkt testet men ettersom samtlige av testsigarettene slukket etter kort tid er det ikke registrert noe data for disse sigarettene.

6.2.2 Feilkilder i måling av temperaturer

Det er flere feilkilder å ta hensyn til ved målingene av temperaturen i sigarettene. Ettersom det vil være høyest temperatur i midten av sigarettgloen der varmetapet til omgivelsene er minst, vil termoelementets plassering i forhold til sentrum være av relevans. Termoelementets plassering i sigarettene kan ha variert fra sigarett til sigarett ettersom elementet ble ført inn for hånd og det var vanskelig å kontrollere plasseringen i etterkant.

Sigarettene ble ikke satt opp med noen form for måleinstrument så der er mulighet for at vinkelen på sigarettene varierte noe. Forsøkene har vist betydningen av sigarettens vinkel men det er uvisst om små variasjoner har noen nevneverdig betydning.

Det kan også ha vært for hardt pakket tobakk i sigarettene som ble testet ettersom det i tillegg til tobakken også var et termoelement. Det vil også være et varmetap fra sigaretten til termoelementet.

Det ble benyttet to forskjellige typer termoelement for forsøkene. Det første, som ble brukt på de ferigrullede sigarettene var av en tykkere og stivere sort. Det måtte benyttes et annet termoelement for å måle temperaturen i sigarettene laget i Winner Tip maskinen ettersom samtlige sigaretter slukket ved bruk av det første termoelementet. Det andre termoelementet var betraktlig tynnere. Ved bruk av dette var det ingen problemer med at sigarettene slukket men det medførte problemer med at termoelementet falt ut. Hvor langt inn i sigaretten termoelementet var plassert var bare ett cirka mål med 40 mm.

Det var heller ingen standard på hvordan sigarettene ble tent, enkelte sigaretter kan ha fått kraftigere ulming enn andre.

6.2.3 Feilkilder i forsøk på antennelse

Forsøkene i sofa ble forsøkt standardisert ved å snu puter etter hvert forsøk. Dette ble gjort for å ikke legge sigaretter på steder det allerede hadde ulmet hull i øverste lag. Det likevel trolig at det var forskjell mellom forsøkene grunnet ulik slitasje av sofaputene og sigarettens plassering på disse.

6.2.4 Feilkilder i utregninger og beregninger.

For å kunne rekne ut effekten på de forskjellige sigarettene måtte det være fastsatt en varme kapasitet, c . Denne ble satt ved hjelp av antagelser noe som gjør at verdien brukt i denne oppgaven kan variere fra den reelle varme kapasiteten. Dette medfører følge feil i utregningen av effekt for sigaretter. Feilkilder i måling av temperaturer og ulmehastighet vil også ha innvirkning på utregninger og beregninger videre i oppgaven.



6.3 Videre arbeid

Det gjenstår fortsatt arbeid når det gjelder å kartlegge sigaretter som antenneskilde. Spesielt gjelder dette arbeidet med å koble forskjellige sigaretters egenskaper opp mot antennelse. Dette kan gjøres ved å velge materialer det er større sannsynlighet for å oppnå en antennelse eller ulming. Dette kan være med på å gjøre det lettere å vurdere et brannforløp. Videre arbeid kan også være med på å forsterke eksisterende data.

7. Konklusjon

Det har vist seg i de forsøkene som er gjennomført at det er forskjell mellom de ulike sigarettene som ble testet. Sigarettene som var ferdigrullet hadde over 3 ganger høyere effekt en sigaretter som var laget med rulletobakk og Winner Tip maskin. Sigaretter laget med rulletobakk og Winner Tip maskin viste en lavere ulmehastighet. For ulmehastighet var forskjellen maksimalt på 0,09mm/s. Maksimaltemperaturen for ferdigrullede sigaretter ble målt til 759,1 °C mens minimaltemperatur for sigaretter laget med rulletobakk og Winner Tip maskin var 555,4 °C. Resultatene varierte med vinkelen sigaretten var plassert i.

For at et material skal kunne antenne eller ulme på grunn av eksponering av en sigarett må materialet utsettes for en høy nok varmefluks over et tilstrekkelig tidsintervall. Det er vanskelig å konkludere med hvilken sigaretttype som er farligst på grunn av de tette sammenhengen mellom effekt og ulmehastighet.

Forsøkene for antennelse i sofa viser at det vil starte en varmeoverføring fra sigaretten til materialet når de kommer i kontakt. Dette har resultert i dekomponering av materialet til pyrolysegasser og en ulmeprosess har funnet sted. I forsøkene har dette sluttet samtidig med at sigaretten slukker. Dette viser at varmefluksen eller tiden materialet er eksponert ikke er tilstrekkelig for å oppnå en selvstendig ulmeprosess eller antennelse.

8. Referanseliste

1. Babrauskas, V. (2003) Ignition Handbook. 1.utg. Issaquah, Fire Science Publishers
2. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (2007) Årsaksfordeling branner i boliger [internett] Tilgjengelig fra:
http://www.dsb.no/Statestikk_Public_Out/brann_bolig_arsak.html
[lest 03.02.07]
3. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (2007) Brannvesenets utrykninger til boligbranner [internett] Tilgjengelig fra:
http://www.dsb.no/Statestikk_Public_Out/brannutrykningbolig.html [lest 03.02.07]
4. Drysdale, D. (1998) An Introduction to Fire Dynamics. Chichester, John Wiley & sons
5. Hansen, Steen A. (1994) Dødsfall som følge av brann i bygninger *Sintef rapport STF25 A94008*
6. Norsk brannvernforening (u.å) Brannårsaker ved dødsbranner [internett] Tilgjengelig fra: http://www.brannvernforeningen.no/ontime.asp?doc_id=371 [lest 03.02.07]
7. Norsk brannvernforening (u.å) Kostnader ved brann [internett] Tilgjengelig fra: http://www.brannvernforeningen.no/ontime.asp?doc_id=46 [lest 03.02.07]

Vedleggsliste.

Vedlegg A: Sigarettvekt

| Pall Mall 50mm | | |
|----------------|--------|--------|
| | Vekt A | Vekt B |
| Måling 1 [g] | 0,6505 | 0,65 |
| Måling 2 [g] | 0,6163 | 0,6156 |
| Snitt [g] | 0,6331 | |

| Lucky strike 50mm | | |
|-------------------|---------|--------|
| | Vekt A | Vekt B |
| Måling 1 [g] | 0,5594 | 0,5575 |
| Måling 2 [g] | 0,588 | 0,5865 |
| Snitt [g] | 0,57285 | |

| Tiedemanns gul 2 Winner Tip 40mm | | |
|----------------------------------|-------------|--------|
| | Vekt A | Vekt B |
| Måling 1 [g] | 0,6986 | 0,6973 |
| Måling 2 [g] | 0,6786 | 0,6777 |
| Måling 3 [g] | 0,6744 | 0,6736 |
| Snitt [g] | 0,683366667 | |

| Winnertip Petterøes 3 40mm | | |
|----------------------------|--------|--------|
| | Vekt A | Vekt B |
| Måling 1 [g] | 0,6508 | 0,6499 |
| Måling 2 [g] | 0,6827 | 0,6823 |
| Måling 3 [g] | 0,575 | 0,5747 |
| Snitt [g] | 0,6359 | |

**Vedlegg B: Sigarettdata**

| | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| Sigarettmerke: | Pall Mall | | |
| Sigaretttype: | Ferdigrullet sigarett uten filter | | |
| | Stående | Liggende | Oppned |
| Romtemperatur ved start [C] | 16,5 | 16,8 | 16,4 |
| Lengde [mm] | 50 | 50 | 50 |
| Radius [mm] | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| Vekt forbrennt [g] | 0,6331 | 0,6331 | 0,6331 |
| Tid [s] | 514 | 510 | 380 |
| Temperatur (maks) [C] | 646,8 | 685,1 | 759,1 |
| Ulmehastighet [mm/s] | 0,097276265 | 0,098039216 | 0,131578947 |
| Tetthet [kg / m³] | 239,7644128 | 239,7644128 | 239,7644128 |
| c(tobakk) [kJ/kg.K] | 5,88 | 5,88 | 5,88 |
| Δ h [kJ/kg] | 3706,164 | 3929,604 | 4367,076 |
| Effekt [W] | 4,564926904 | 4,878102534 | 7,275778462 |

| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------|
| Sigarettmerke: | Lucky Strike | | |
| Sigaretttype: | Ferdigrullet sigarett med filter | | |
| | Stående | Liggende | Oppned |
| Romtemperatur ved start [C] | 16,4 | 16,3 | 16,2 |
| Lengde [mm] | 50 | 50 | 50 |
| Radius [mm] | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| Vekt forbrennt [g] | 0,57285 | 0,57285 | 0,57285 |
| Tid [s] | 563 | 486 | 392 |
| Temperatur (maks) [C] | 678,9 | 568,8 | 666,8 |
| Ulmehastighet [mm/s] | 0,088809947 | 0,102880658 | 0,12755102 |
| Tetthet [kg / m³] | 216,9468391 | 216,9468391 | 216,9468391 |
| c(tobakk) [kJ/kg.K] | 5,88 | 5,88 | 5,88 |
| Δ h [kJ/kg] | 3895,5 | 3248,7 | 3825,528 |
| Effekt [W] | 3,963653952 | 3,829254722 | 5,59044315 |



| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| Sigarettermerke: | Petterøes Blå 3 | | |
| Sigarettype: | Rulletobakk med Winner Tip | | |
| | Stående | Liggende | Oppned |
| Romtemperatur ved start [C] | 19 | 19 | 19 |
| Lengde [mm] | 40 | 40 | 40 |
| Radius [mm] | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| Vekt forbrennt [g] | 0,6359 | 0,6359 | 0,6359 |
| Tid [s] | 948 | 764 | 460 |
| Temperatur (maks) [C] | 600 | 645 | 650 |
| Ulmehastighet [mm/s] | 0,042194093 | 0,052356021 | 0,086956522 |
| Tetthet [kg / m³] | 301,0310182 | 301,0310182 | 301,0310182 |
| c(tobakk) [kJ/kg.K] | 5,88 | 5,88 | 5,88 |
| Δ h [kJ/kg] | 3416,28 | 3680,88 | 3710,28 |
| Effekt [W] | 2,291574316 | 3,063706272 | 5,129058809 |

| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| Sigarettermerke: | Tiedemanns gul 2 | | |
| Sigarettype: | Rulletobakk med Winner Tip | | |
| | Stående | Liggende | Oppned |
| Romtemperatur ved start [C] | 17 | 17 | |
| Lengde [mm] | 40 | 40 | 40 |
| Radius [mm] | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| Vekt forbrennt [g] | 0,6834 | 0,6834 | 0,6834 |
| Tid [s] | 760 | 870 | 585 |
| Temperatur (maks) [C] | 610 | 595 | 555,4 |
| Ulmehastighet [mm/s] | 0,052631579 | 0,045977011 | 0,068376068 |
| Tetthet [kg / m³] | 323,5172163 | 323,5172163 | 323,5172163 |
| c(tobakk) [kJ/kg.K] | 5,88 | 5,88 | 5,88 |
| Δ h [kJ/kg] | 3486,84 | 3398,64 | 3265,752 |
| Effekt [W] | 3,135403232 | 2,669690317 | 3,815068234 |