

# Revidering av provningsmetod för vattendimsystem

– CEN/TS 14972:2008, Annex A.3

Anders Håkansson  
Daniel Langenbach

---

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

**Brandteknik och Riskhantering  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds universitet**

**Report 5303, Lund 2009**



# Revidering av provningsmetod för vattendimsystem

– CEN/TS 14972:2008, Annex A.3

**Anders Håkansson**

**Daniel Langenbach**

**Lund 2009**

**Titel:**

Revidering av provningsmetod för vattendimsystem - CEN/TS 14972:2008, Annex A.3.

**Title:**

Improvements of test method for water mist systems - CEN/TS 14972:2008, Annex A.3.

**Författare:**

Anders Håkansson & Daniel Langenbach

**Report 5303**

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB-5303-SE

**Number of pages:** 136

**Keywords:**

CEN/TS 14972, test method, water mist, watermist, sprinkler, reference test, office test

**Sökord:**

CEN/TS 14972, testmetod, provningsmetod, vattendimma, vattendimsystem, sprinkler, referenstest, kontorstest

**Abstract:**

This report evaluates an existing method for testing water mist systems – CEN/TS 14972:2008, Annex A.3. The evaluation is to be seen as an analysis of the uncertainties with respect to repeatability and reproducibility of the test. It is concluded that the test method does not meet the standards required to become an EN-standard in its present form. A new concept is presented and verified, both theoretically and experimentally. This report is to be seen as one step out of many to make the test method acceptable for its purpose.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet,

Lund 2009.

Författarna svarar för innehållet i rapporten

Brandteknik och Riskhantering

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering

and Systems Safety

Lund University

P.O. Box 118

SE-221 00 Lund

Sweden

## Sammanfattning

Avsikten med denna rapport är att utvärdera det befintliga testdokumentet CEN/TS 14972:2008, Annex A.3 och därefter förbättra testmetoden främst avseende dess repeterbarhet. Annex A.3 innefattar en försöksuppställning som avser en kontorsplats i ett öppet kontorslandskap vilket motsvarar riskklassen Ordinary Hazard 1, enligt sprinklerstandarden EN 12845:2004.

Testmetoden avser att testa fasta släcksystem med vattendimma avsedda för den landbaserade marknaden. Detta utförs genom att en serie om fyra försök genomförs. De två första försöken utförs med ett traditionellt sprinklersystem, definierat enligt EN 12845:2004, Ordinary Hazard 1. Därefter utförs följande två på samma sätt, men med ett vattendimsystem installerat.

För att ett vattendimsystem ska anses vara godkänt krävs att de skador som uppstått till följd av brandförloppet bedöms vara lika stora eller mindre än de i försöken där det traditionella sprinklersystemet var installerat.

De viktigaste slutsatserna som dragits är:

- De osäkerheter som föreligger gör att testet i sin nuvarande form är oacceptabelt med avseende på möjligheten till repeterbara resultat.
- Arbetet med repeter- och framförallt reproducerbarheten måste komma mycket längre innan testet kan övervägas som EN-standard. Rapportens förslag på testdokument är att ses som ett första steg i förbättringsprocessen av testet.
- Med det reviderade testdokumentet införs en modellsyn på kontorstestet. Detta innebär att endast två brännbara material ingår i försöksuppställningen vilka placeras symmetriskt och är väl definierade.

Åtgärderna medför en avsevärd reduktion av osäkerheterna som är förknippade med det befintliga testdokumentet. Detta har verifierats både teoretiskt och genom praktiska försök. Dock återstår ett relativt omfattande försöksarbete innan det reviderade testdokumentet kan antas.

Slutsatserna har föregåtts av en omfattande analys av det befintliga testdokumentet, ett framtagande av en reviderad version av dokumentet, samt teoretiska och praktiska metoder för att validera den framtagna försöksuppställningen.

Rapporten är ett projektarbete som är den avslutande delen av Brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts på uppdrag av Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut, som ett led i att utreda förutsättningarna för vattendimsystem på den landbaserade marknaden.

## Erkännanden

Vi vill inleda med att tacka vår handledare Patrick van Hees, professor vid LTH, för den arbetsinsats som han lagt ner för att stötta oss i stora och små saker. Vi vill även tacka vår andra handledare Henrik Bygbjerg för möjligheten att utföra projektarbetet inom ett så spännande område.

Ytterligare en nyckelperson som under arbetets gång har stöttat oss mycket, framförallt med de praktiska försöken är Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör vid LTH, som vi vill rikta ett varmt tack till.

Vi har under arbetets gång kommit i kontakt med ett flertal personer som varit mer än hjälpsamma. Inte minst de kontaktpersoner inom de företag där vi fått material till våra försök men också alla som ställt upp med svar och användbart material.

Vi vill även rikta ett stort tack till professor Göran Holmstedt för ovärderliga synpunkter och råd i arbetets slutskede.

Slutligen vill vi tacka Linnéa och Helena som har fått stå ut med en hel del oväsentliga ingenjörsgesamtalningar.

Lund i Maj 2009, *Anders Håkansson och Daniel Langenbach*

## Innehåll

1	Inledning.....	9
1.1	Problemformulering.....	9
1.2	Målsättning/Syfte.....	9
1.3	Metod.....	10
1.4	Fokus och avgränsningar.....	11
1.5	Disposition och läsanvisning.....	11
2	Bakgrund.....	13
2.1	Historik.....	13
2.2	CEN/TS 14972.....	13
3	Teori.....	15
3.1	Brandförlopp.....	15
3.2	Släckteori.....	18
4	Analys av CEN/TS 14972:2008, Annex A.3.....	21
4.1	Arbetsgång.....	21
4.2	Allmänt.....	24
4.3	Mätutrustning.....	24
4.4	Utvärdering av brandscenariot.....	25
4.5	Utvärdering av försöksrummet.....	34
4.6	Lagring av testmaterialet.....	34
4.7	Fastställande av skadekriterier.....	35
4.8	Uppförande av försöksproceduren.....	35
4.9	Utförande av testet.....	35
4.10	Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat.....	35
4.11	Matris befintligt test.....	37
4.12	Slutsatser efter analys av befintligt testdokument.....	42
5	Åtgärder vid utformning av ny uppställning.....	43
6	Förslag till ny försöksuppställning.....	55
7	Analys av reviderat testdokument, CEN/TS 14972:2008, Annex A.3.....	57
7.1	Arbetsgång.....	57
7.2	Allmänt.....	57
7.3	Mätutrustning.....	59
7.4	Utvärdering av brandscenariot.....	60
7.5	Utvärdering av testrummet.....	64

7.6	Lagring av testmaterialet.....	64
7.7	Fastställande av skadekriterier.....	64
7.8	Uppförande av försöksproceduren .....	65
7.9	Utförande av testet .....	65
7.10	Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat .....	65
7.11	Matris reviderat test.....	65
8	Teoretisk jämförelse mellan den befintliga och den reviderade testmetoden .....	71
9	Sammanfattning försök .....	73
9.1	Materialtest .....	73
9.2	Halvstorleksförsök Revinge .....	74
9.3	Sammanfattande diskussion försök .....	75
10	Slutsatser .....	77
11	Diskussion.....	79
12	Förslag på vidare forskning .....	81
13	Referenser .....	83
	Bilaga A. Förslag till förnyad testmetod .....	87
	Bilaga B. Beräkningsmodell för total brandbelastning.....	97
	Bilaga C. Laborationsrapport efter försök med wellpapp i konkalorimeter .....	105
	Bilaga D. Laborationsrapport efter halvstorleksförsök i Revinge.....	117
	Bilaga E. Förslag på kaplista av spånskivor av standardmått .....	133



## 1 Inledning

Traditionell sprinkler har en lång historia med oräkneliga exempel på lyckade insatser. Regelverken för dessa system är allmänt förankrade i branschen och det finns tydliga anvisningar för hur de ska dimensioneras. Det finns dock tillämpningar där man av olika anledningar inte vill använda de relativt stora vattenmängder som dessa avger vid aktivering. Till exempel inom sjöfarten är det mycket angeläget att försöka kombinera effektiva släcksystem med låg vikt. Detta har i många fall kunnat tillgodoses med hjälp av Halonbaserade gasformiga system. När gasen Halon förbjöds i början på 1990-talet ökade intresset för alternativ till detta, och ett av dessa är system med vattendimma. Inom sjöfarten har ett regelverk arbetats fram, IMO A.800, vilket föregåtts av omfattande försöksverksamhet. På den landbaserade marknaden för fast installerade släcksystem avsedda för byggnader, har intresset också ökat för denna teknik. Det finns regelverk för dessa system, NFPA 750 och UL 2167, men dessa baseras fortfarande på att försök utförs för varje ny installation. CEN-kommittén har utformat ett testdokument, CEN/TS 14972, där de olika släcksystemen (sprinkler och vattendimma) för olika fasta installationer i byggnader, ska kunna utvärderas. Avsikten är att kunna jämföra vattendimmsystem med ett befintligt referenssprinklersystem som är dimensionerat enligt sprinklerstandarden EN 12845:2004, för att efter godkänt resultat kunna likställa dess förmåga att släcka eller kontrollera en brand. Ett av scenarierna i CEN/TS 14972 avser kontorsutrymmen i kontorslandskap som motsvarar riskklassen Ordinary Hazard 1 (OH1), enligt EN 12845. Detta scenario behandlas i Annex A.3 i CEN/TS 14972. Annexet förknippas med stora osäkerheter i text och försöksuppställning, vilket gör att resultaten inte är tillräckligt repeterbara för att den ska kunna fungera som bas för de jämförande testerna.

### 1.1 Problemformulering

CEN/TS 14972 är i dags dato en teknisk specifikation som är tänkt att bli en för Europa gemensam provningsstandard för fast installerade släcksystem. Dokumentet är ännu inte antaget som ett EN-dokument bland annat på grund av att delar av testet inte uppfyller de krav på bland annat repeterbarhet och reproducerbarhet som måste kunna ställas. Med repeterbarhet menas att försöken ser likadana ut och betar sig likartat inom en försöksserie. Med reproducerbarhet menas att det ska gå att sätta upp en försöksserie oberoende av institut, och dessa ska generera likartade resultat (ISO 5725-1:1994). De problem som examensarbetet avser att hantera är att:

- Utforma en försöksuppställning baserad på Annex A.3 i CEN/TS 14972:2008 som är repeterbar och som ska kunna ligga till grund för en reproducerbar testmetod.
- Utforma ett dokument som direkt ska kunna ersätta Annex A.3 i CEN/TS 14972:2008.
- Utforma försöksuppställningen på ett sådant sätt att inget av släcksystemen (traditionell sprinkler och vattendimma) premieras.

### 1.2 Målsättning/Syfte

Målsättningen är att skapa en försöksuppställning som inom en överskådlig framtid bidrar till att CEN/TS 14972 kan antas till en Europeisk provningsstandard. Detta skulle innebära ett stort steg framåt och en väg för vattendimmsystemen att nå den landbaserade marknaden.

### 1.3 Metod

För att kunna utvärdera det befintliga testdokumentet på ett bra sätt krävs en översiktlig litteraturstudie av regelverken inom området, samt av tidigare utförda tester. Även en sammanställning av de övergripande egenskaperna och skillnaderna mellan de olika släcksystemen krävs. Efter den teoretiska sammanställningen analyseras materialet tillsammans med det befintliga testdokumentet för att komma fram till de parametrar som har störst påverkan på testets repeterbarhet. När dessa identifierats, görs ett försök att med en halvkvantitativ metod bedöma dessa parametrars osäkerhetsintervall och den påverkan de bedöms ha på testernas slutresultat. Arbetet resulterar i en matris där de största osäkerheterna i det befintliga testdokumentet presenteras. Detta analysmaterial ligger sedan till grund för framtagandet av ett förslag till reviderat testdokument och en ny försöksupställning.

För att säkerställa att problemställningen och målsättningen uppnåtts analyseras det framtagna konceptet på två sätt, dels teoretiskt och dels genom praktiska försök.

Den teoretiska analysen av det reviderade testdokumentet utförs på samma sätt, och med samma metod som det befintliga testdokumentet utvärderades med. Detta skapar ett jämförande verktyg då matriserna för de båda versionerna av testdokumentet blir direkt jämförbara, vilket kan validera utkomsten av projektarbetet.

Den praktiska valideringen av försöksupställningen görs i två nivåer. Först på materialnivå där de ingående materialen testas var för sig, i konkalorimetern och i möbelkalorimetern på Brandteknik, LTH. Dessa försök syftar till att hitta en så noggrann definition på de ingående materialen som möjligt.

Därefter görs försök i så stor skala som möjligt med tillgängliga resurser, där drygt hälften av den reviderade försöksupställningen ingår. Dessa försök syftar till att bevisa en eventuellt förbättrad repeterbarhet som försöksupställningen medför.

Slutligen sammanställs resultaten från teoretiska och praktiska valideringsförsök i formulerade slutsatser varpå en diskuterande del avslutar rapporten. En flödesbild över arbetet presenteras i kapitel 1.5 Disposition och läsanvisning.

## 1.4 Fokus och avgränsningar

Examensarbetets fokus ligger i att så långt det är möjligt minimera ovanstående problematik angående repeter- och reproducerbarheten med utgångspunkt i både testets utformning och specifikation samt utifrån tidigare utförda försök. De avgränsningar som författarna har tvingats göra är:

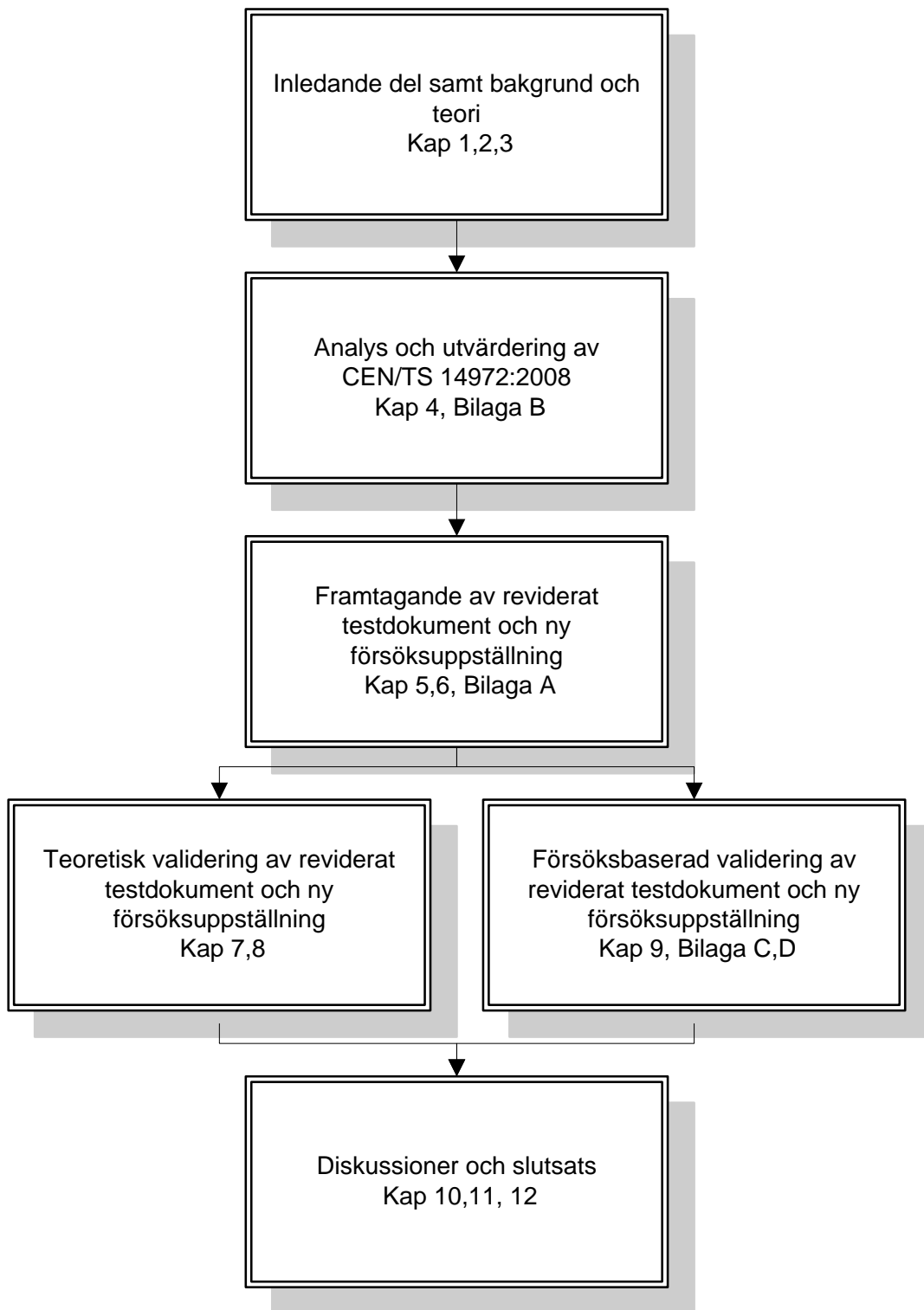
- Den försöksuppställning som konstrueras är endast avsedd för riskklassen Ordinary hazard group 1 enligt sprinklerstandarden EN 12845:2004.
- Rapporten omfattar endast försöksproceduren enligt Annex A.3 i CEN/TS 14972 vilket innebär ett kontorstest i öppen miljö.
- Rapporten hanterar endast själva brandförloppet i testet. Släcksystemens utformning och inverkan behandlas ej ingående.
- Rapporten omfattar inga fullskaliga tester på grund av svårigheter i att finna en lämplig laboratoriehall.
- Endast ett förslag på försöksuppställning arbetas fram.

## 1.5 Disposition och läsanvisning

Arbetet kan delas upp i tre sammanlänkade delar. Den **inledande delen** omfattar kapitel 1, 2, och 3 och beskriver projektarbetets berättigande samt mål och syften med detta, övergripande bakgrund och teori till det arbete som utförs samt en redogörelse för de begrepp och parametrar som används i rapporten. Här ges den bas för vilken den analyserande delen vilar på. Tanken med denna del är att läsaren ska bli så pass insatt både i de problem som kräver lösning, och i den testmetod som revideras för att kunna ta till sig och kritiskt granska den analys som följer.

Den **analyserande delen** hanterar det befintliga testdokumentet utifrån den problemformulering och den metod som fastställts. Denna del innehåller även förslag till åtgärder, ett reviderat testdokument skrivet på engelska samt en analys av detta. Denna del utgörs av kapitel 4, 5, 6 och 7 samt bilaga B, C och D och innefattar sammanställningen av de teoretiska och praktiska momenten. Här presenteras det arbete som lagts ner för att kunna utvärdera och jämföra de båda versionerna av testet.

Slutligen följer en **utvärderande del** som omfattar kapitel 8, 9, 10, 11 och 12, där resultaten granskas och möjliga slutsatser presenteras se figur 1.1.



*Figur 1. 1: Flödesbilden beskriver rapportens disposition. Den inledande delen motsvarar det första blocket i figuren, den analyserande delen motsvarar de följande fyra blocken och den utvärderande delen motsvarar främst det sista blocket.*

## 2 Bakgrund

### 2.1 Historik

Den första sprinkleranläggningen togs i drift redan på tidigt 1800-tal. Sedan dess har utvecklingen gått framåt i samma takt som industrin har expanderat. Ett avstamp i sprinklersystemens historia skedde runt 1875, då Parmelee och Grinnell uppfann och utvecklade den typ av sprinklerhuvud som i princip fortfarande används (API fire group 2009). 1896 grundades National Fire Protection Association (NFPA) vilket så småningom ledde till sprinklerstandarden NFPA 13 som, efter ett antal uppdateringar, fortfarande används (NFPA 2009). Den Europeiska motsvarigheten till NFPA 13 är EN 12845:2004, där det även finns en svensk version, SS-EN 12845:2004, som är mycket snarlik. Ett antal nationella tillägg till EN-standarden har gjorts och denna tillsammans med tilläggen utgör SBF 120:6.

Framtagandet av nya Europeiska standarder utförs av CEN-kommittén som grundades 1961 (CEN 2009). Det finns ett antal undernivåer för de dokument där målsättningen är att de ska bli just Europeiska standarder. Informativa rapporter har förstavelsen TR, utkast har prEN, förstandarder har TS, och antagna standarder har EN. Ett TS-dokument är jämställt med eventuella nationella standarder vilket gör att båda kan användas parallellt. Dessa dokument har en livslängd på tre år och därefter sker en revision där det avhandlas om dokumentet ska antas som en EN-standard, eller om vidare utveckling krävs. Då ett TS-dokument upptas som en EN-standard ersätter denna samtliga nationella standarder. Därför är det mycket viktigt att den avsedda metoden är nogt utprovad och att både dess repeter- och reproducerbarhet är väl dokumenterad (CEN 2009).

System med vattendimma har en betydligt kortare historia. Denna tog fart på allvar runt 1990 då Halonbaserade släcksystem förbjöds. De regelverk som finns i dagsläget är de amerikanska standarderna NFPA 750 och UL 2167. Det finns även en förstandard från CEN-kommittén, CEN/TS 14972, vars funktion i nuläget är att ge en signal om vilken nivå som fast installerade vattendimsystem ska hålla (CEN/TS 14972:2008). Syftet kan även sägas vara att hitta en länk mellan de traditionella sprinklersystemen och systemen för vattendimma där dess prestanda kan jämföras. Dokumentet är inte upptaget som en EN-standard av ett antal anledningar. CEN/TS 14972:2008 ska revideras år 2011 vilket ytterligare sätter projektarbetet i sitt sammanhang.

### 2.2 CEN/TS 14972

#### Översikt

Testdokumentet består till stor del av en allmän del som är avsedd att ge en vägledning för installation och utformning av de system som ska installeras. Till exempel ställs dimensionerande krav på ingående komponenter, systemaktivering, utformning och installation, vattenförsörjning, acceptanskriterier och krav på dokumentation som de fasta vattendimsystemen måste uppnå för att passera med godkänt resultat.

Därefter följer tre stycken annex som behandlar provningsmetoder för tre olika riskklasser. Annex A.1 behandlar bränder i vätskor, Annex A.2 behandlar kabelbränder och Annex A.3 behandlar brand i öppen kontorsmiljö, vilket motsvarar riskklassen Ordinary hazard group 1 enligt sprinklerstandarden EN 12845:2004.

I Annex B finns en mall för att konstruera en testmetod för scenarier som inte kan appliceras i Annex A.

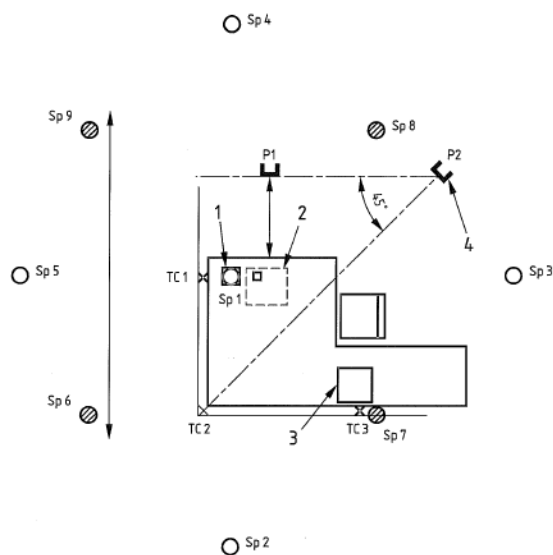
### **Annex A.3**

Upplägget i Annex A.3 som projektarbetet fokuserar på, är att totalt fyra försök utförs i en testserie. De första två är så kallade referenstest där ett traditionellt sprinklersystem installeras. Tändkällan placeras i det första försöket under ett sprinklerhuvud, och i det andra mellan fyra sprinklerhuvuden. I nästföljande två försök installeras det vattendimsystem som försöksserien avser att utvärdera, och placeringen av tändkällan följer samma procedur som de två tidigare försöken, se tabell 2.1.

*Tabell 2. 1: Försök som skall genomföras i en testserie i Annex A.3.*

Test	Ignition location	Supression system
REF-1	Under 1	Reference sprinkler system
REF-2	Between 4	Reference sprinkler system
WM-1	Under 1	Tested watermist system
WM-2	Between 4	Tested watermist system

Försöksupställningen representerar en kontorsplats med ett hörnskrivbord där en stor mängd brännbart material är utplacerat. I anslutning till skrivbordet monteras två väggar med 10 cm luftspalt mellan skrivbord och vägg, se figur 2.2. Mätutrustning för bedömning av skadekriterier placeras enligt figur 2.1 nedan, där symbolerna TC 1 - TC 3 representerar termoelementens placering. SP 1 - SP 9 representerar placeringen av släcksystemens munstycken.



*Figur 2. 1: Schematisk bild över sprinkler och termoelementens placering.*

*Figur 2. 2: Foto över hela försöksupställningen.*

Efter att försöken utförts utvärderas de skador som uppstått i respektive försök. Det övergripande kriteriet för ett godkännande är att de försöksupställningar där system med vattendimma installerats inte ska ha skadats mer än de med referenssprinklersystemet installerat.

De skadekriterier som används är andel förkolnad yta samt ett temperaturkriterium. Detta ställer höga krav på att brandförloppen i respektive försök ger en lika stor utmaning för släcksystemen varje gång.

### 3 Teori

Fokus i projektarbetet ligger som tidigare nämnts i att reducera och eliminera de osäkerheter som föreligger kring brandförloppet i försöksuppställningen. Målet är alltså att skapa ett så repeterbart brandscenario som möjligt. Detta kapitel syftar till att översiktligt redogöra för de ingående parametrar som har inverkan på brandförloppet och vid framtagandet av en ny försöksuppställning. Förutsättningarna i försöksuppställningen ska inte heller gynna något av de släcksystem som testet är utvecklat för. Därför ges även en översiktlig redogörelse över skillnaderna mellan traditionell sprinkler och vattendimma.

#### 3.1 Brandförlopp

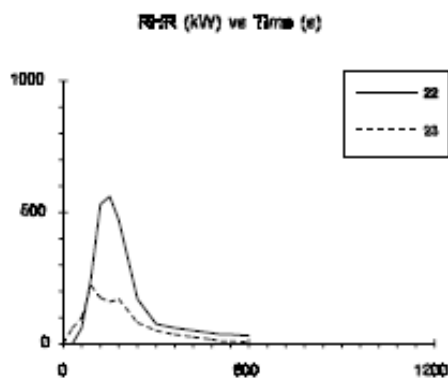
Brandförloppet i ett scenario som projektarbetet avser kan delas in i tre olika delar; antändningsfas, brandspridningsfas och tid till sprinkleraktivering. Delarna kan sedan brytas ner i ett antal nyckelparametrar som kan kategoriseras efter Allmänna-, Material- och Omgivningsparametrar.

##### 3.1.1 Allmänna parametrar

**Effektutveckling** - Detta är ett centralt begrepp vid dimensionering och beskrivning av brandförlopp. Denna huvudparameter påverkar alla tre delarna i brandförloppet och kan på ett exakt sätt beräknas med en kon- eller möbelkalorimeter genom att mäta syrehalten i brandgaserna (Huggett, Clayton 1980). Vid förbränning av ett visst ämne förbrukas en relativt exakt mängd syre. För organiska material utvecklas  $12,72 \pm 3\%$  kJ per gram förbränt syre (Drysdale 2004).

Ett annat sätt att bestämma effektutvecklingen är att använda formeln  $\dot{Q} = \chi \times \dot{m} \times \Delta H_c$  [kW] där en förbränningseffektivitet ( $\chi$ ) antas och massavbrinningen ( $\dot{m}$ ) mäts vid det aktuella försöket. (Drysdale 2004).

Med erhållna data på effektutvecklingen över tid kan sedan brandförloppet plottas vilket ger ett mycket bra jämförande instrument av repeterbarheten mellan olika försök .



Figur 3. 1: Exempel på olika effektutvecklingskurvor som anger effekten som funktion av tiden.

**Konduktion** - Värmeledning i de olika materialen har stor betydelse för hur brandspridningen ser ut i ett försök. Denna parameter är nära besläktad med materialparametern termisk tröghet nedan. Beräkningsmässigt skiljer man på termiskt tunna och termiskt tjocka material där skillnaden är temperaturprofilen inuti materialet vid värmepåverkan (Drysdale 2004). Exempel på ett material med typiskt termiskt tunna egenskaper är wellpapp (Khan & de Ris 2002).

**Strålning** - I detta fall avses främst strålning från redan antända föremål samt från ett eventuellt brandgaslager. Storleken på denna parameter styrs främst av flamtemperaturen, materialens emissionstal och synfaktorn, vilken kan sägas är den exponering som ett material utsätts för. Effektutveckling, avstånd mellan föremål och inbördes placering av dessa, är faktorer som har stor inverkan på denna parameters betydelse i brandförloppet (Drysdale 2004).

**Konvektion** - Vid förbränning bildas heta brandgaser vars termiska stigningskraft gör att de får en uppåtriktad rörelse. Brandgaserna värmer upp det brännbara material som de strömmar emot vilket reducerar antändningstiden för materialen.

**Flamspridning** - Parametern kan till exempel beräknas med formeln (NFPA 2002):

$$V = \frac{(\dot{q}''_s)^2 \Delta}{k\rho c(T_{ig} - T_s)^2} \quad \text{ekvation 3.1}$$

För till exempel pappersmaterial handlar det om några millimeter per sekund (Drysdale 2004). Formeln visar att de materialberoende parametrarna  $k\rho c$  och antändningstemperatur är avgörande för denna storhet. För att få repeterbarhet mellan försök måste materialen ha homogena och väl definierade egenskaper varför till exempel massivt trä inte är att föredra eftersom det har olika egenskaper i olika riktningar (Madrzykowski & Stroup 2008). Denna parameter ökar till exempel med ökande omgivningstemperatur och minskande  $k\rho c$ - värde. Andra påverkande faktorer är till exempel försöksuppställningens geometri, starttemperatur och den omgivande luftens hastighet (Drysdale 2004).

### 3.1.2 Materialparametrar

För varje material som används adderas en osäkerhet som består av det intervall inom vilket materialparametrarna tillåts variera.

**Antändningstemperatur** - Denna parameter påverkar effektutvecklingen både över tid och totalt. Ju högre antändningstemperatur ett material har desto långsammare blir brandförloppet i ett inledande skede.

**Termisk tröghet (thermal inertia)** - Denna parameter har en mycket stor betydelse för effektutvecklingen och brandspridningsförloppet. Parametern beskriver ett materials förmåga att leda och lagra värme och definieras som en kombination av materialets värmeledningstal, densitet och specifika värmekapacitet (NFPA 2002):

$$I \equiv \sqrt{k\rho c} \quad \text{ekvation 3.2}$$

Där  $k$ = värmeledningstalet,  $\rho$ = densiteten och  $c$ = specifika värmekapaciteten.

I material med lågt värde på  $k\rho c$  stiger temperaturen mycket snabbt på ytan eftersom värmen inte leds in i materialet. Detta påverkar tiden till antändning och därmed samtliga faser i brandförloppet (Madrzykowski & Stroup 2008). Den inledande påverkan kan visas genom formeln för beräkning av tid till antändning vid en viss värmepåverkan (NFPA 2002):

$$t_{ig} = \frac{\pi k\rho c(T_{ig} - T_{ini})}{4\dot{q}''_s} \quad \text{ekvation 3.3}$$

Där  $k$ = värmeledningstalet,  $\rho$ = densiteten,  $c$ = specifika värmekapaciteten,  $\dot{q}''_s$ = tillförd värme,  $T_{ig}$ = antändningstemperaturen och  $T_{ini}$ = omgivningstemperaturen.



Även brandspridningsfasen påverkas av denna parameter då hastigheten på brandspridningen kan beräknas med hjälp av flamspridningsformeln ovan.

Indirekt påverkar den även tiden till sprinkleraktivering eftersom parametern påverkar den effektutveckling som försöksuppställningen utvecklar. Med till exempel nedanstående formel (Drysdale 2004):

$$Q_{min} = \left(\frac{T_L - T_{\infty}}{16,9}\right)^{3/2} H^{5/2} \quad \text{ekvation 3.4}$$

Där  $T_L$ =aktiveringstemperaturen,  $T_{\infty}$ =omgivningstemperaturen och  $H$ =takhöjden.

kan man beräkna den lägsta effekten som krävs för att en sprinkler ska aktiveras. Denna formel är endast giltig under vissa förutsättningar, men motiverar ändå en noggrann definiering av ingående material.

**Energiinnehåll** - Alla material har olika förbränningsenergi,  $\Delta H_c$ . Det är avgörande att definiera ingående material så att denna parameter ligger inom ett rimligt stort intervall.

**Fukthalt** - Materialens fukthalt har stor inverkan på brandförloppet. Ju högre fukthalt i materialet desto längre tid till antändning eftersom en stor del av den tillförda energin åtgår till att värma upp och förångna vattnet (Drysdale 2004). I materialet wellpapp ger en ökning av fukthalten från 4 till 12,5% en ökning av antändningstiden med 35 % (Khan & de Ris 2002).

**Materialens beteende vid brandpåverkan** - För att kunna få repeterbara resultat mellan försök krävs att materialens egenskaper vid brand kan kontrolleras. Till exempel får försöksuppställningen inte rasa samman eller något material smälta och rinna iväg på ett okontrollerat sätt. Sådana beteenden som att material slår sig eller deformeras påverkar också repeterbarheten på ett negativt sätt varför samtliga ovanstående egenskaper måste undvikas.

### 3.1.3 Omgivningsparametrar

**Ventilation** - Ventilationen i rummet spelar stor roll i brandförloppet avseende brandspridningen, eftersom rörelser i luftmassan kan ta med sig de varma brandgaser som bildats vid förbränning (se strömning). Skillnader i lufthastighet och turbulens är faktorer som inverkar på denna parameter (Drysdale 2004, NFPA 2002). Denna parameter påverkar även släcksystemens förmåga. Generellt är system med vattendimma mer känsliga för luftströmningar än traditionella sprinklersystem.

Vid försök utomhus, då denna parameter kallas vind, är det extremt viktigt att vindshastigheten är så låg som möjligt för att få ett någorlunda repeterbart resultat. Redan vid en vindhastighet på 2 m/s kan flammorna böjas med 45° (Drysdale 2004).

**Luftfuktighet** - Denna parameter har endast en begränsad påverkan i inledningsfasen av brandförloppet (Axelsson et al. 2001). Dock kan den påverka fukthalten i de brännbara materialen då dessa innehåller en specifik fukthalt genom konditionering.

**Temperatur** - Omgivningstemperaturen har även denna en begränsad inverkan i inledningsfasen av brandförloppet. Materialtemperaturen har också inverkan eftersom ju varmare det brännbara materialet är desto snabbare sker brandspridningen på grund av kortare förvärmningstid (Drysdale 2004).

## 3.2 Släckteori

Nedan redogörs för vattnets allmänna släckegenskaper samt hur detta kan utnyttjas i olika typer av system.

### 3.2.1 Vatten allmänt

Vatten kan bidra till att släcka eller dämpa en brand på olika sätt. Beroende på vilket syfte ett släcksystem har kan vattenpåföringen se ut på många olika sätt. Generellt är att ju mer finfördelat vattnet är desto mer effektivt är det. Detta beror bland annat på att den totala ytan där värmeöverföring och eventuell förångning kan ske ökar med minskande droppstorlek givet en viss vattenmängd. Dock är en minskad droppstorlek förknippad med andra effekter såsom minskad kastlängd och ökad känslighet för luftströmningar. Vatten kan sägas ha fyra verkansområden i ett brandförlopp vilka presenteras nedan.

**Flamverkan** - Innebär att dropparna når in i flammorna som kyles till den temperatur där de slocknar. De kan antingen delta genom en kemisk endoterm reaktion eller som en termisk barlast.

**Ytkylning** - Vattnet når de brännbara materialen som kyles ned till den temperatur där en för liten mängd pyrolysgaser produceras för att flammorna ska kunna existera.

**Reducerad återstrålning** - Vattnet kan även absorbera en del av den strålningsvärme som ett eventuellt brandgaslager genererar, vilket minskar påverkan på icke antända föremål. (Hertzberg et al. 2004)

**Inerterande funktion** - I specifika fall kan vatten även ha ett fjärde verkansområde. I slutna utrymmen kan vattendimsystem verka som ett gasformigt släcksystem och ha en inerterande funktion (Wighus et al. 2002).

### 3.2.2 Egenskaper sprinkler

Traditionella sprinklersystem verkar med relativt höga vattenflöden och stora droppstorlekar jämfört med vattendimsystem. Detta genererar en god kastlängd och en mycket god ytkylande förmåga. Systemen är relativt okänsliga för luftströmningar orsakade av till exempel stigande brandgaser eller ventilation. Detta gör att vattendropparna når brandhärden och de brännbara materialen dels för att de inte hinner förångas på vägen och dels för att de inte förs iväg av luftrörelserna.

Nackdelen med dessa system är till viss del detsamma som dess fördel, systemen använder mycket vatten vilket leder till ofta omfattande vattenskador vid utlöst system.

### 3.2.3 Egenskaper vattendimma

System med vattendimma karakteriseras av att de arbetar under relativt höga tryck och höga vattenhastigheter. Detta tillsammans med för ändamålet designade munstycken ger mycket små och finfördelade vattendroppar, en vattendimma, som ger en betydligt högre effektivitet av det tillförda vattnet (Paulsen Husted 2007). Vattendimma avsedd för brandsläckning är indelad i tre olika klasser, klass 1, 2 och 3, där klass 1 står för de allra minsta droppstorlekarna. Dessa droppar kan genereras med olika typer av munstycken, och genom att variera droppstorlek, rörelsemängd och vattenmängd kan olika parametrar i brandförloppet påverkas (Hertzberg et al. 2004).

Vattendimsystemens främsta släckande egenskap är dess flamverkan (Paulsen Husted 2007). Droppstorleken genererar en stor exponerad vätskeyta vilket gör att en stor del av det deltagande

vattnet förångas i flammorna, innan det når brandhärden. En annan dämpande effekt är vattendimmans förmåga att absorbera strålning från flammor och brandgaser (Paulsen Husted 2007). Detta kan bidra till ett långsammare brandförlopp. Under vissa förutsättningar kan även en inerterande effekt uppnås genom att vattenånga bildas och tränger undan syrerik luft (Wighus et al. 2002).

System med vattendimma medför också en del svårlösta problem. Den höga vattenhastigheten bidrar till en ökad turbulens vilket gör att systemen för med sig en större andel frisk luft till branden jämfört med traditionella sprinklersystem (Arvidson & Larsson 2001). Samtidigt är systemen mer känsliga för luftströmningar orsakade av själva branden, ventilation eller vind vilket gör att vattendimman eventuellt inte hamnar där det är tänkt (Wighus et al. 2002).



## 4 Analys av CEN/TS 14972:2008, Annex A.3

### 4.1 Arbetsgång

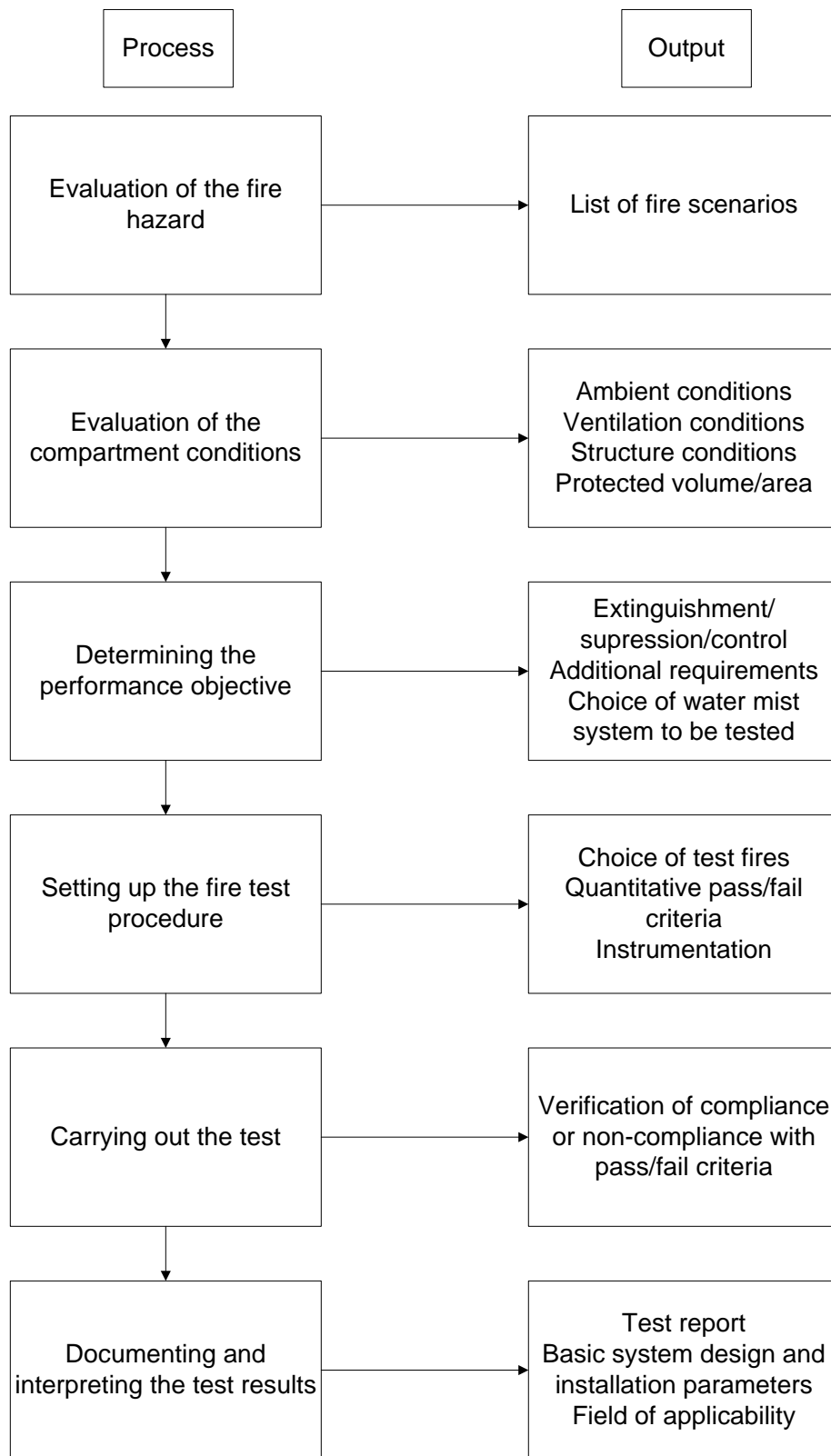
För att kunna använda arbetet som underlag vid liknande analyser, används som utgångspunkt en verifierad arbetsmall som finns beskriven i Annex B "*Guidelines for developing representative fire test procedures for watermist systems*" i CEN/TS 14972:2008, se figur 4.1. Denna och liknande modeller finns beskrivna samt används i ett flertal testdokument (FIA 2008, Wighus 2008). Mallen är i huvudsak skapad som en riktlinje för utveckling av nya testmetoder, men i detta fall används den som mall vid en analys av ett befintligt test utifrån ett osäkerhetsperspektiv. För att få en homogen struktur i rapporten är mallen översatt till svenska, och för att få en mer detaljerad bild av osäkerheterna har ett antal tillägg till mallen införts, se figur 4.1 och 4.2.

En osäkerhetsanalys av testdokumentet utförs för att få en uppfattning om vilka parametrar som har betydelse för försökens slutresultat. Målet är att skilja ut de parametrar som har störst påverkan på försökens repeter- och reproducerbarhet samt de som bedöms besitta en stor tolerans genom testdokumentets formulering och utformning. Då parametrarna identifierats, rangordnas de i form av en osäkerhetsmatris, se kapitel 4.11.

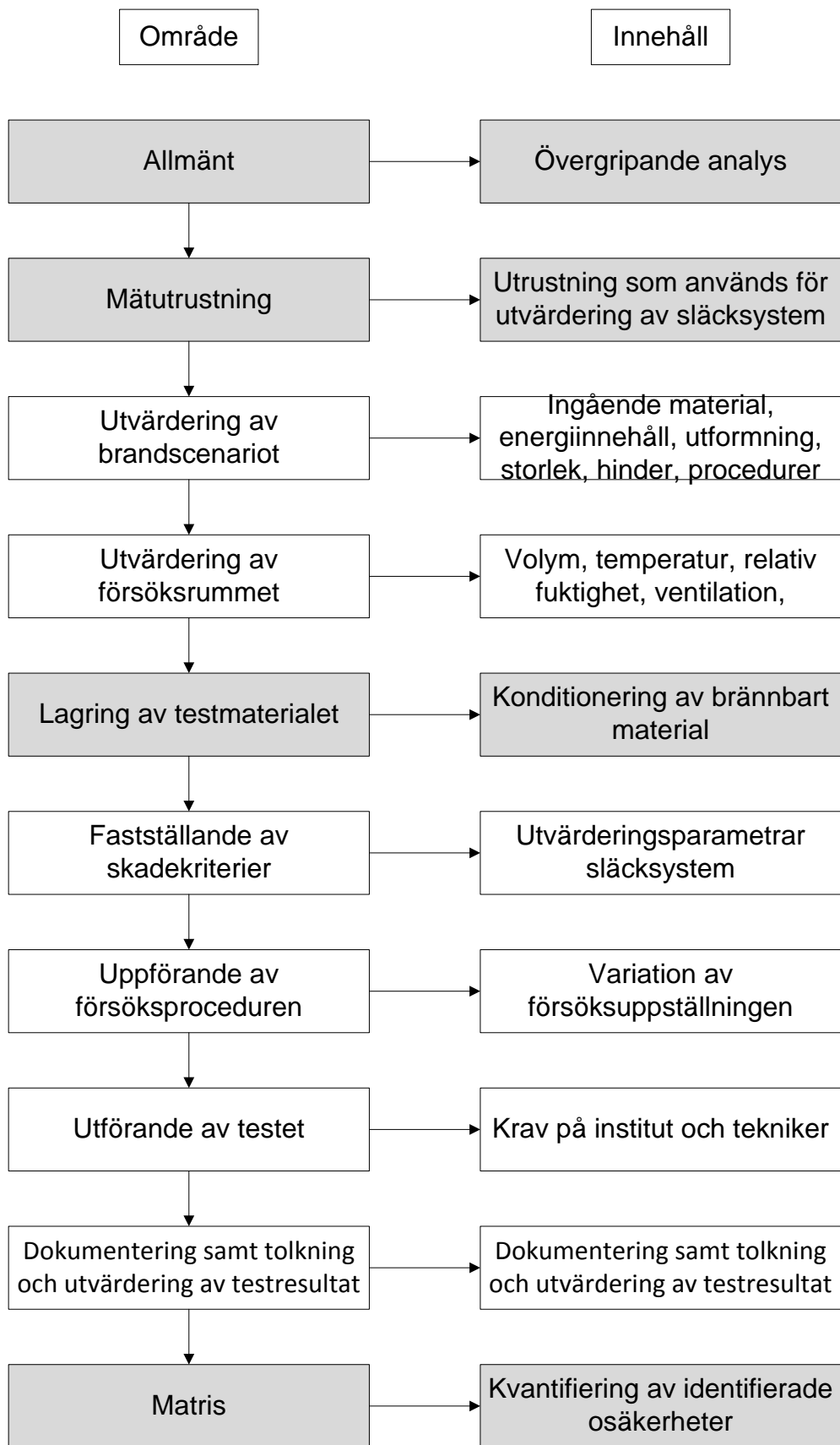
Med osäkerhetsmatrisen som utgångspunkt arbetas sedan ett antal åtgärder fram, vilket innebär förändringar både innehållsmässigt i textdokumentet och i själva försöksuppställningen. Dessa bedöms reducera osäkerheterna i slutresultatet till både storlek och antal. Detta resulterar i ett reviderat testdokument skrivet på engelska vilket helt ska kunna ersätta det gamla dokumentet. Tanken är att dessa förändringar inte ska påverka de grundläggande förutsättningar som skapats i det ursprungliga testet.

För att verifiera det nya dokumentet analyseras detta på samma sätt som det gamla, vilket resulterar i en ny osäkerhetsmatris, se kapitel 7.11. Detta genererar ett teoretiskt verktyg för att kunna jämföra de båda versionerna av testet.

För att ytterligare verifiera det nya konceptet utförs praktiska försök både på materialnivå och på en nivå där drygt hälften av brandbelastningen deltar, se bilaga C och D. Utifrån dessa försök dras sedan slutsatser om brandförloppets repeterbarhet.



Figur 4. 1: "Guidelines for developing representative fire test procedures for watermist systems" i CEN/TS 14972:2008



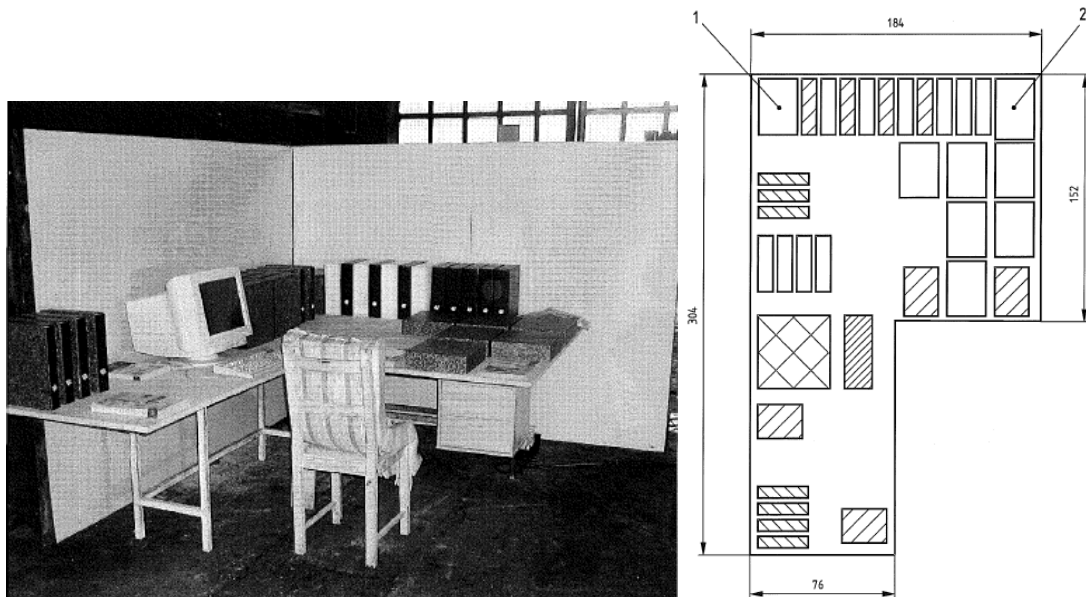
Figur 4. 2: Översatt matris i enlighet med Annex B i CEN/TS 14972. Tillägg som genomförts är gråmarkerade.

## 4.2 Allmänt

Den på sina ställen ofullständiga texten lämnar ett stort antal frihetsgrader till respektive institut att hantera avseende dels själva uppställningen, men även antalet ingående material och deras ofullständiga specificering.

Efter analys av dokumentet, samtal med nyckelpersoner vid institut som utfört testet, samt via studier av videoupptagningar har ett antal övergripande punkter identifierats som kräver lösning:

- Testmetoden är för komplex i sin helhet för att få ett repeter- och reproducerbart resultat.
- Försöksuppställningen ger en ojämn och underdimensionerad utmaning för släcksystemen på grund av skillnader i, och total effektutveckling.
- Material, och hantering av material är delvis ospecificerade.
- Försöksuppställningen är delvis ospecificerad.
- Bilder och text är ofullständigt kopplade till varandra och förklaringar saknas.
- Värdesiffror och toleranser är ojämnt angivna (måttställning etcetera).
- Inga tids- eller funktionskrav finns på försöksuppställningen.



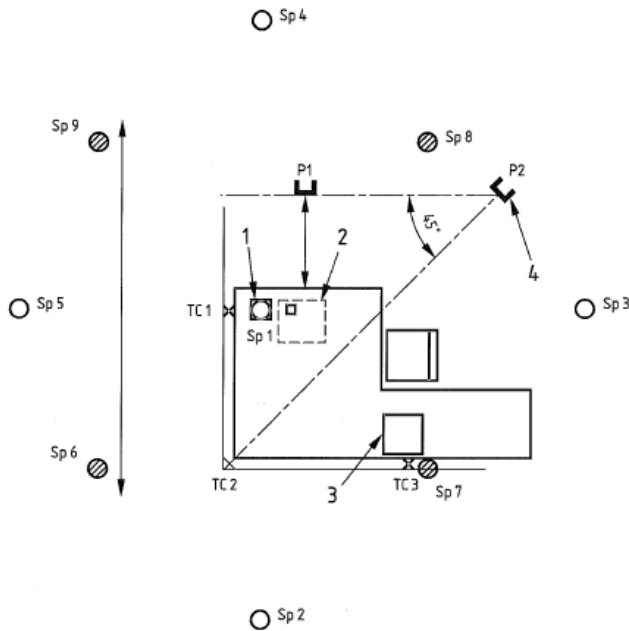
Figur 4. 3: Översiktliga bilder över försöksuppställningen, hämtade ur CEN/TS 14972: 2008. (Figur A.2 respektive A.4 i testdokumentet.)

## 4.3 Mätutrustning

Då det föreligger ett relativt temperaturkriterium för att det testade släcksystemet ska kunna godkännas, finns en källa till osäkerhet dels i utrustningen för temperaturmätning och dels i placeringen av denna. Beroende på termoelementens ålder och noggrannhet kan osäkerheter i dess mätdata erhållas (Axelsson et al. 2001). Denna osäkerhet bedöms dock som liten. Däremot kan små förändringar i termoelementets placering leda till avsevärda skillnader i mätresultaten. Därför krävs en tydlig och genomtänkt positionering av termoelementen där det bland annat måste tillses att termoelementen inte kommer i direktkontakt med flammorna. Detta anses påverka både försökens repeter- och reproducerbarhet.



I det befintliga dokumentet specificeras avståndet till tak som 75 mm. Placeringen i övrigt specificeras schematiskt genom figur 4.4, samt i förhållande till datorskärmen, antändningskällan och där väggarna möts. Positionen på dessa är dock delvis otillräckligt definierade eftersom bilden varken är skalenlig eller måttsett vilket tillåter variationer i placering av termoelementen. Symbolerna TC 1 - TC 3 på bilden markerar läget för termoelementen.



Figur 4. 4: Schematisk figur som visar sprinkler och termoelementens placering. (Figur A.6 i testdokumentet.)

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

1. Termoelement

## 4.4 Utvärdering av brandscenariot

### 4.4.1 Brännbara material

I testdokumentet anges en rad olika typer av material som ska ingå i försöksupställningen. Materialen bedöms med få undantag vara undermåligt definierade vilket leder till att stora osäkerheter genereras. I huvudsak anges materialens namn, mått och vikt samt till viss del deras inbördes position. Ingen ytterligare specificering anges vilket skapar betydande frihetsgrader i materialvalen. Detta kan generera stora skillnader mellan försöksserier eftersom brandförloppen beror, utöver de angivna parametrarna, bland annat av materialens fukthalt, densitet, förbränningsenergi ( $\Delta H_c$ ), utformning och sammansättning (Drysdale 2004, Karlsson & Quintiere 2000). Även otydligheter i texten avseende placering av de brännbara materialen ger ett tillskott till den totala osäkerheten.

Den totala mängden brännbara material i testet anges i tabell 4.1.

Tabell 4. 1: Översikt över det befintliga testets brandbelastning.

Combustible material	Item	Typical mass [kg]
Wood	Table plates	56
	Wall panel	30
	Drawer	15
	Chair (frame)	6
Paper	Filed paper	90
	Books	5
	Newspaper	1
Polyether foam	Chair (padding)	1
	Simulated files	1
Electronics	Monitor and keyboard	16

Toleransen är angiven till 5 % i alla dimensioner. Detta bedöms som onödigt stort intervall i vissa fall (ISO 6182-1:2004).

### Massivt trä

Det faktum att massivt trä används, antingen gran eller furu, ger ett tillskott till osäkerheten då hastigheten på brandspridningen är beroende av bland annat träets fiberriktning (Harada 2001). Även skillnader i densitet och förbränningsenergi mellan de olika träslagen kan ge inverkan på resultaten (Drysdale 2004).

Detta tas inte hänsyn till i nuvarande test eftersom stolen och skrivbordens benställning tillåts vara utförda i massivt trä samt att hurts och väggar är av fanerad plywood.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

2. Massivt trä - benställningar, väggar, hurts, stol

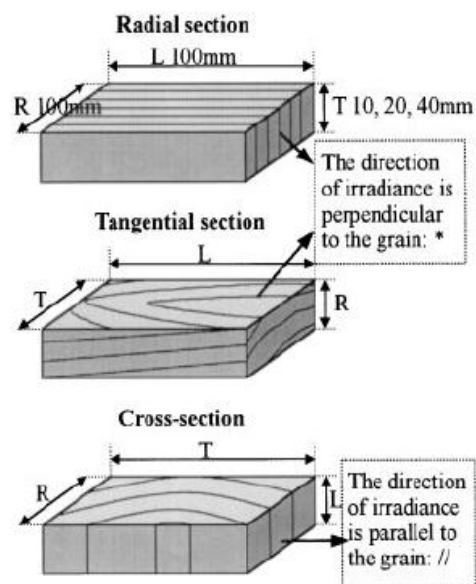
### Spånskivor

Komponenter av spånskiva anses generellt vara bra avseende repeter- och reproducerbarheten med tanke på ovanstående resonemang kring massivt trä. Dock kan en ofullständig definiering av materialet generera osäkerheter. Skillnader i sammansättning avseende bland annat lim och densitet föreligger mellan olika fabrikat, men viss skillnad finns även mellan olika produktionsserier.

I testet definieras skivorna som spånskiva utan ytbehandling samt med samtliga relevanta mått angivna. En total typisk massa för bordsskivorna anges, dock specificeras inte vilken typ eller vilken sammansättning skivorna ska ha, vilket bedöms ha inverkan på testet.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

3. Spånskivor - skrivbord



Figur 4. 5: Skillnad i brandspridning föreligger beroende på träets fiberriktning.

#### Datorkomponenter

Ytterligare en källa till osäkerhet är den föreskrivna datorskärmen och tangentbordet. Skillnader i tillverkningsmaterial och utformning kan göra att brandförloppen mellan de olika försöken utvecklas olika beroende på eventuella skärmningseffekter och komponenternas brännbarhet.

Efter studier av videoupptagningar har det framkommit att dessa föremål sällan eller aldrig deltar i brandförloppet. Det faktum att de finns med utgör dock en osäkerhet samt att det genererar en onödigt komplicerad försöksupställning.

Testdokumentet specificerar endast komponenternas sammanlagda vikt och placering. Det tas inte hänsyn till några andra parametrar såsom ingående material, eventuellt flamskydd, storlek eller utformning.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 4. Datorkomponenter

#### Pappersmaterial

Föremålen, av någon form av papperskvalité, som placeras på skrivbordet är böcker, kontorspapper, en tidning samt ett antal tidskriftssamlare i kartong. Själva antalet ingående material tillsammans med en ofullständig definiering av respektive komponent genererar osäkerheter i brandspridningsförloppet och därmed i resultatet i stort.

Föremålen är endast definierade med en typisk massa.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 5. Pappersmaterial

#### Madrassmaterial

På skrivbordet och på stolen placeras ett madrassliknande material av polyeterskum (direkt översättning), se figur 4.3. Syftet antas vara att symbolisera de plastartiklar som normalt finns på ett skrivbord samt stoppningen i kontorsstolen. Detta material används flitigt i andra typer av tester, inte minst inom sjöfarten i enlighet med IMO's regelverk. Användandet av detta material bidrar i detta fall till dels definitionsrelaterade och dels egenskapsrelaterade osäkerheter.

Materialet är definierat enligt metoden ISO 5660-1. Tabell 4.2 motsvarande tabell A.3 i testdokumentet visar att det betyder materialförsök med en relativt hög strålningsnivå. Denna strålning skulle kunna antända ett stort antal material, inom det angivna tidsintervallet, med annars stora skillnader i materialegenskaper. Vidare har effektutvecklingen en toleransnivå på nästan  $\pm 25\%$  ( $12/50=0,24$ ) vilket kan överensstämma med ett stort antal material.

Tabell 4. 2: Konkallorimetertest för polyeterskum i enlighet med ISO 5660-1. (Tabell A.3 i testdokumentet.)

Test conditions	Irradiance: Horizontal Position Sample thickness: No frame retainer should be used	35 kW/m <sup>2</sup>  50 mm
Test results	Time to ignition: 3 min average Heat release rate HRR, q <sub>180</sub> : Effective heat of combustion: Total heat release:	2 s to 6 s (2700 ± 50) kW/m <sup>2</sup> (28 ± 3) MJ/kg (50 ± 12) MJ/m <sup>2</sup>

Polyeterskum har den, i detta fall negativa egenskapen, att vid brandpåverkan smälta och bete sig som en brinnande trögflytande vätska. Detta genererar motsvarande en pölbrand där polyetern kan, på ett okontrollerat sätt, rinna iväg om det inte placeras i någon form av inneslutning. Detta genererar en osäkerhet i brandförloppet avseende bland annat brandspridningen (Drysdale 2004). Dessa egenskaper fångas inte upp av den metod för definition av materialet som använts.

Någon form av behållare eller annan lösning av problematiken anges inte i dokumentet.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 6. Madrassmaterial

#### 4.4.2 Total brandbelastning

Alla de brännbara materialen i testet som beskrivs i föregående kapitel medverkar i olika stor grad till den totala effektutvecklingen. I det befintliga testdokumentet beskrivs enbart de ingående materialens vikt samt i vissa fall med mått, se tabell 4.3 nedan.

Tabell 4. 3: Angiven massa för respektive material. Toleransen är 5 % i enlighet med testdokumentet. (Tabell A.2 i testdokumentet.)

Combustible material	Item	Angiven massa
Wood	Table plates	56
	Wall panel	30
	Drawer	15
	Chair (frame)	6
Paper	Filed paper	90
	Books	5
	Newspaper	1
Polyether foam	Chair (padding)	1
	Simulated files	1
Electronics	Monitor and keyboard	16

Exakt specificering av materialen saknas med undantag för madrassmaterialet. Detta sammantaget får till följd att stor spridning kan förekomma rörande brandbelastningen i testet, då denna förutom materialets massa dessutom beror av förbränningsenergin,  $\Delta H_c$ . Denna faktor är ämnesspecifik och som i nuvarande beskrivning av materialen är omöjlig att fastställa med säkerhet. Ekvationen för brandbelastningen är:

$$Q = m [kg] \times \Delta H_c [MJ/kg]$$

ekvation 4.1

Där  $Q$  motsvarar brandbelastningen, eller det totala energiinnehållet, i  $MJ$ ,  $m$  motsvarar massan av ämnet i  $kg$ , och  $\Delta H_c$  är förbränningsenergin hos ämnet i  $MJ/kg$  (Karlsson & Quintiere 2000).

Då flertalet ämnen ingår skulle denna ekvation kunna skrivas:

$$Q_{tot} = \sum(m_i \times \Delta H_{c_i})$$

ekvation 4.2

Metoden för kvantifiering av denna parameter presenteras i bilaga B. Den totala brandbelastningen i det befintliga testdokumentet skulle teoretiskt kunna variera mellan 2 400 MJ och 4 900 MJ, även om detta anses högst osannolikt. Medelvärdet av brandbelastningen blir 3 500 MJ. Detta ger en teoretisk spridning av brandbelastningen på över 100%.

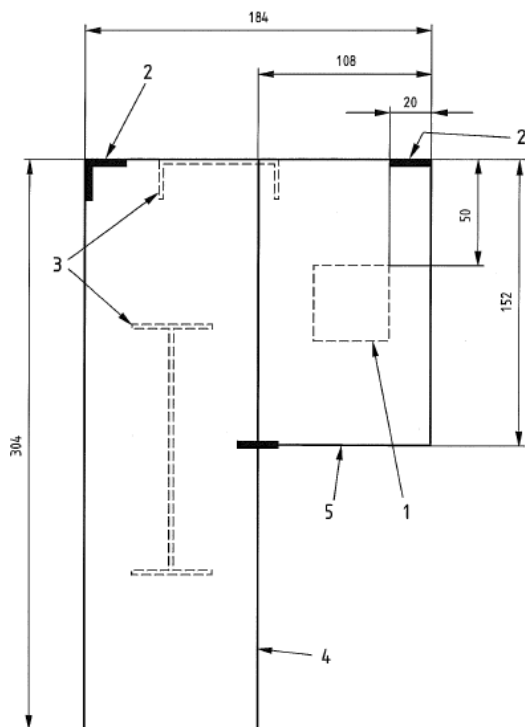
Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

7. Total brandbelastning [MJ]- möjlig variation

#### 4.4.3 Utformning försöksuppställning

##### Benställning trä – skrivbord, stol

Enligt specifikationen ska skrivbordets benställning vara tillverkad av trä vilket genererar en osäkerhetsfaktor som kan ha stor påverkan på testet. I vissa av de tidigare utförda försöken har benställningen brunnit av och skrivbordet rasat samman (Personlig kontakt Henrik Bygbjerg DBI, 2008). Detta ger mycket stora skillnader i utfallet av testresultaten beroende på hur, och i vilken riktning brandbelastningen faller (Drysdale 2004). Även stolsbenen ska enligt det befintliga testet vara av trä, dock bedöms detta inte medföra något större tillägg till osäkerheterna eftersom de i tidigare tester inte brunnit av så att stolen faller.



Figur 4. 6: Schematisk beskrivning av bordets och benställningarnas konstruktion. (Figur A.3 i testdokumentet.)

I testdokumentet säkerställs inte att försöksuppställningen inte rasar samman under testperioden, vilket medför mycket stora osäkerheter i slutresultatet.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 8. Benställning trä – skrivbord, stol

##### Väggarnas montering och utformning

Osäkerheter bedöms föreligga på grund av väggarnas tunnhet, endast 4 mm, samtidigt som de bakomliggande skivornas egenskaper tillåts variera på grund av otillräcklig definiering. Beroende på dessa skivors värmeledningsförmåga bedöms brandförloppets hastighet kunna variera. Trä brinner dessutom av med hastigheten 0,6 mm/min (Karlsson & Quintiere 2000) vilket ger en ungefärlig brinntid på 7 min innan trämaterialen har konsumerats. Då återstår endast de obrännbara skivorna vilket inte kan vara tanken. För sedan branden fäste på båda sidor om plywooden på grund av till exempel undermålig montering reduceras denna tid ytterligare.

Enligt testdokumentet ska väggarna av plywood fästas mot obrännbara skivor. Ytterligare monteringsanvisning saknas. Montering är inte kopplad till något tidskrav för hur länge väggarna ska stå upprätt eller hållas intakta, något som annars är vanligt i andra testmetoder, till exempel i SBI-metoden (Single burning item).

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 9. Montering, utformning - väggar

##### Skrivbordets position, utformning och montering

Skrivbordet består av två spånskivor med måtten 304x76 samt 152x108 cm, båda 22 mm tjocka. Skrivbordets höjd ska vara 76 cm över golvet, se figur 4.3 och 4.6.

Måttställningen bedöms som, ur ett hanteringsperspektiv, omotiverad eftersom det genererar onödigt mycket spill med tanke på de standardmått för spånskiva som finns i handeln. En målsättning bör därför kunna vara att göra utformningen av skrivbordet mer praktisk och ekonomisk men med bibehållen funktion. Osäkerheter skulle kunna uppstå vid montering om bordsskivorna inte sluter tätt mot varandra, eller om hörnskrivbordet inte monteras vinkelrätt så att skillnader i luftspalten uppstår.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 10. Positionering, utformning och montering - skrivbord

##### Stolens position, utformning och montering

Anvisningarna i testdokumentet är att fronten på stolens sits ska vara placerad i jämnhöjd med kanten på skrivbord nummer ett. Vidare ska det finnas en spalt på 20 cm mellan stolens ryggstöd och skrivbord nummer två. För ytterligare information om vilket bord som är vilket måste man studera fotot på uppställningen under rubriken *General*, se figur 4.3. Vidare ska stolen kläs med en tygklädd madrassbit med måtten 40x100 cm. Detta ska monteras med skruv och brickor. Stolens deltagande i brandförloppet utgör en osäkerhetsfaktor då det har framkommit att den inte deltar i brandförloppet på ett repeterbart sätt (Personlig kontakt Henrik Bygbjerg DBI, 2008).

I testdokumentet definieras inte stolens dimensioner. Inte heller tjockleken på madrassbiten är angiven.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 11. Positionering, utformning och montering – stol

##### Hurtsens position, utformning och montering

Hurtsen ska vara av 20 mm tjock fanerad spånskiva med de ungefärliga måtten 40x42x58 cm. Det går inte att utläsa vilken sida av hurtsen som är vilken. Vidare anges en ungefärlig vikt till 14.6 kg. För att bordsskivan ska kunna vila på hurtsen ska metallstöd med erforderlig höjd monteras under hurtsen.

Hurtsens placering är inte entydigt specificerad. Olika tolkningar kan uppstå beroende på om man studerar figur 4.3, 4.6 eller 4.8, motsvarande figurerna A.2, A.3 och A.5 i testdokumentet, eller läser den tillhörande texten. De osäkerheter som bedöms föreligga är främst placerings- och materialrelaterade.

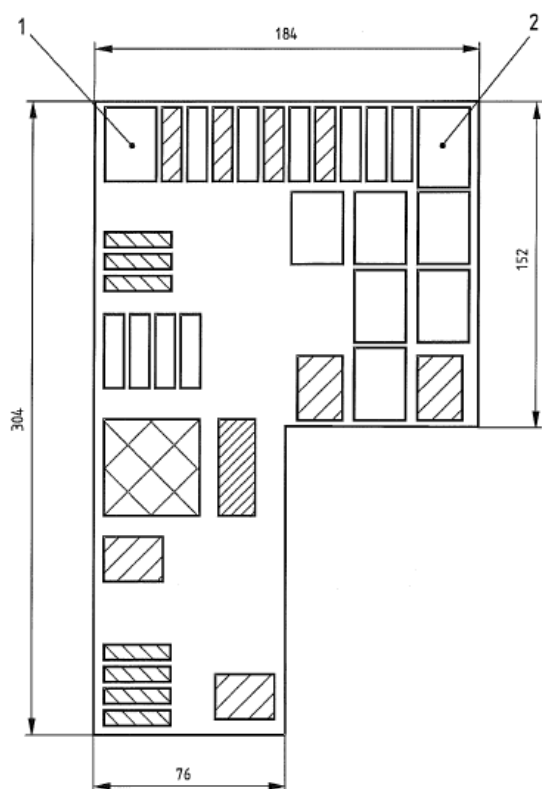
Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 12. Positionering, utformning och montering – hurts

##### Positionering och utformning av material på skrivbordet

Denna parameter bedöms ha stor inverkan på brandspridningen i försöksuppställningen. Beroende på vilken position samt hur tätt föremålen är placerade, kommer de utsättas för olika hög värmestrålning från de redan antända föremålen. Detta i sin tur påverkar antändningstiden för de icke antända föremålen (Drysdale 2004).

En stor osäkerhetsfaktor bedöms föreligga i den otydligt specificerade texten gällande placeringen av brandbelastningen på skrivbordet. Det framgår varken storlek eller hur de olika föremålen ska placeras eftersom en förklarande bildtext saknas till figur 4.7 nedan. Detta skapar frihetsgrader för de olika instituten att variera den ursprungliga uppställningen. Beroende på hur och var de olika föremålen placeras bedöms stora skillnader i brandspridning föreligga. Endast ett fåtal mått på föremålen är angivna, och vilken materialstapel som är vilken framgår inte. Måtten mellan de olika föremålen framgår inte heller av figuren.



Figur 4. 7: Föremålens placering på skrivbordet. Förklaringar saknas i testdokumentet. (Figur A.4 i testdokumentet.)

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

13. Positionering och utformning - material på skrivbordet

#### 4.4.4 Storlek på uppställningen

Nedan tabelleras de måttangivelser som berör de brännbara materialen. För angivna mått accepteras en tolerans på  $\pm 5\%$ .

Tabell 4. 4: Sammanställning av måtten på de ingående materialen.

	<b>Befintligt försöksuppställning</b>
Bordskiva A	152 x 108 [cm ]x 22[mm]
Bordskiva B	304 x 76[cm] x 22 [mm]
Väggskivor (4 st)	180 [cm] x 125 [cm] x 10 [mm]
Hurts	58 [cm] x 42[cm] x 40 [cm] x 20 [mm]
Stol	Ej definierat
Material på bordet	Varierar, ej definierat
Material på stolen	Madrass 100 [cm] x 40 [cm] x?

#### 4.4.5 Hinder för släcksystemet

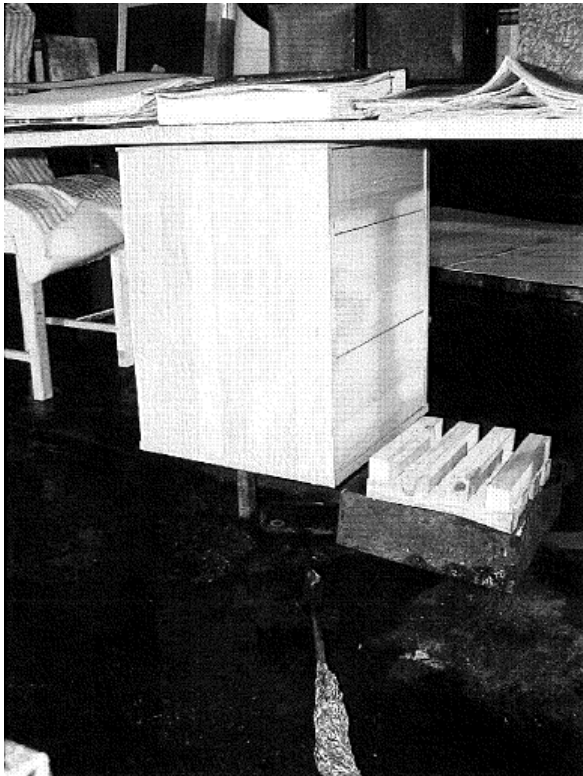
De hinder och utmaningar som finns för respektive släcksystem är skrivbordet och datorskärmen. Skrivbordet skärmar av släcksystemet från att komma åt branden på undersidan av skrivbordet och på till exempel hurtsen. Då det gäller datorskärmen anses det vara ett hinder för släcksystemet att komma åt inuti denna. Det kan alltså uppstå en för släcksystemen svåråtkomlig brand inuti datorskärmen.



#### 4.4.6 Procedur antändning

Tändkällans storlek, utformning och placering har stor betydelse för hur brandförloppet kommer att utvecklas (Drysdale 2004, Harada 2001). Osäkerheter bedöms föreligga i den något komplicerade antändningsproceduren där både heptan, en trästapel (wood crib) och en handmanövrerad gasbrännare används.

Antändningskällan består av en trästapel med 16 stycken stavar av gran eller furu. De angivna måtten är 38 [cm] x 38 [cm] x 250 [mm]. Stapeln ska vara placerad i ett kar med måtten 30x30x10 [cm]. Felet här antas vara måttangivelsen på stavarna som samtliga borde vara i millimeter. Karet ska fyllas med 250 ml heptan och användas med hjälp av en gasbrännare på 30 kW. Då trästapeln har antänts ska brännaren riktas mot hörnet av hurtsen, se figur 4.8. Brännaren ska manövreras i 300 sekunder, oberoende av släcksystemens aktivering, innan den tas bort.



*Figur 4. 8: Positioneringen av antändningskällan i förhållande till hurtsen. (Figur A.5 i testdokumentet.)*

Osäkerheter i detta utförande bedöms finnas i:

- En viss frihetsgrad i materialvalet
- Osäkerheter i tändkällans effektutveckling beroende på bland annat densitets- och konditioneringskillnader i trämaterial
- Placeringen av tändkällan i förhållande till hurtsen och väggen låter flammen fluktuera onödigt fritt vilket bidrar till osäkerheter i flamspridningen
- Proceduren innehåller ett handhavandemoment i form av manövrering av brännaren

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

14. Tändkälla

## 4.5 Utvärdering av försöksrummet

I detta kapitel utvärderas i huvudsak kraven som ställs på lokalen i vilken försöket ska genomföras.

### Volym på försöksrummet

Syftet med försöken är att testa olika släcksystem i ett öppet kontorslandskap. Detta innebär en bränslekontrollerad brand, det vill säga storleken på försöksrummet ska tillsammans med ventilationen inte ha några problem att försörja branden med syre (Karlsson & Quintiere 2000).

Testdokumentet definierar ett minimikrav på 80 m<sup>2</sup> takarea samt att det ska finnas tillräcklig volym eller ventilation.

### Temperatur i försöksrummet

Denna parameter har störst betydelse i ett tidigt stadium i brandförloppet. Generellt gäller att ju högre temperatur de brännbara materialen har desto snabbare sker brandspridningen (Drysdale 2004). Dock bedöms rummets temperatur endast ha begränsad påverkan på slutresultatet.

Testdokumentet ställer inte något krav på starttemperatur vid försöken.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 15. Temperatur försöksrum

### Relativ fuktighet (RF) i försöksrummet

Rummets relativa fuktighet har endast en försumbar påverkan på slutresultatet (Axelsson et al. 2001). Dock är det viktigt att försöken inleds så fort som möjligt då materialet tagits ut ur konditioneringsrummet. Detta då konditioneringen i annat fall går om intet, vilket har en betydligt större påverkan (Khan & de Ris 2002), se kapitel 4.6.

Testdokumentet ställer inte något krav på RF vid försöken.

### Ventilation i försöksrummet

Ventilationen skulle kunna ha stor påverkan på brandspridningen, brandförloppet i stort (Drysdale 2004), samt effekten av släcksystemen. Beroende på antal luftomsättningar, hastighet och riktning på luftmassan kommer vattendimsystemen relativt sprinklersystemen att påverkas i olika grad, se kapitel 3. Denna parameter påverkar både repeter- och reproducerbarheten i resultaten.

Kravet som ställs angående ventilation i försökshallen är det som nämns i stycket *Volym på försöksrummet* ovan, och som troligtvis syftar till att det ska finnas tillräcklig syretillförsel för att branden ska vara bränslekontrollerad.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 16. Ventilation

Med denna faktor menas både naturlig och mekanisk ventilation.

## 4.6 Lagring av testmaterialet

Konditionering av de ingående materialen bedöms ha en mycket stor inverkan på brandförloppet. Beroende på skillnader i framförallt fukthalten genereras stora osäkerheter i slutresultatet avseende

både brandspridnings- och temperaturkriterierna (Axelsson et al. 2001). Detta i sin tur påverkar både repeter- och reproducerbarheten.

I testdokumentet står angivet att materialet ska konditioneras vid  $20 \pm 5$  °C vid normal RF i två veckor.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 17. Konditionering

I denna faktor räknas temperatur, RF och tid i lagerlokalen.

### 4.7 Fastställande av skadekriterier

Den befintliga försöksproceduren bygger på en jämförelse mellan referenssprinklertest och test med vattendimsystem. I varje serie ska två försök av varje typ utföras, och dessa bedöms sedan relativt varandra. Vattendimsystemet får inte prestera sämre på någon punkt under något av försöken än det sämsta av försöken med referenssystemet. Resultaten ska granskas kritiskt.

De punkter som ska bedömas är:

- Area förkolnat material på väggarna [%].
- Antal föremål på skrivbordet som fått brandskador (minst förkolning) [%].
- Högsta uppmätta medeltemperatur [°C].

I testdokumentet står att de skador som har uppstått ska bedömas kvantitativt. Hänsyn ska tas till om andelen väggpaneler har brunnit upp mer eller mindre än 50 %. Detsamma gäller för de brännbara materialen på skrivbordet. Dessa kriterier gäller oavsett om syftet med systemen är släckande eller begränsande.

### 4.8 Uppförande av försöksproceduren

Detta kapitel, enligt CEN/TS 14972 annex B.5, fokuserar på hur man varierar försöksupställningen för att komma åt svagheter i släcksystemet och därmed undviker att släcksystemen optimeras för endast ett scenario. Till exempel bör hänsyn tas till olika brandscenarier samt variation i antändningskällans placering och effekt. Även utrustningen för bedömning av skadekriterier, i det här fallet termoelementen, bör placeras med detta i åtanke. Då fokus på arbetet ligger i att skapa ett repeter- och reproducerbart grundscenario behandlas inte detta kapitel vidare. Däremot definieras brandscenariot så detaljerat som möjligt.

Det som varierar i det befintliga testet är placeringen av sprinklerhuvudena.

### 4.9 Utförande av testet

I Annex B kapitel B.6 i CEN/TS 14972:2008 anges de krav som ställs på de laboratorier som tillåts utföra och godkänna resultaten från denna typ av tester. Ingen vidare utvärdering genomförs.

### 4.10 Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat

Samtliga försök ska dokumenteras i form av videoupptagningar. Skadorna på väggar och föremål ska efter varje försök fotograferas. Fotona ska sedan bifogas i testrapporten.

Tolkning och utvärdering av testresultaten är en avgörande del i försöksproceduren och kräver en tydlig mall för hur den ska utföras. Det är vanligt att denna del av testdokumenten går att tolka på olika vis, till exempel när det står att ett föremål är brandpåverkat, ska då hela föremålet vara brandpåverkat eller räcker det med ett litet hörn. Utvärderingen av resultaten bör ske med de osäkerheter och mätfel i åtanke som kan finnas.

I testet finns två skadekriterier med olika tolkningsmöjlighet. Temperaturmätningarna som ska utföras bedöms innebära relativt små osäkerheter, medan bedömningen av förkolnad yta innebär desto större.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 4.11 och benämns:

#### 18. Tolkning av skadekriterier

#### 4.11 Matris befintligt test

En matris används för att på ett så tydligt sätt som möjligt åskådliggöra osäkerheterna i det befintliga testet och vilken påverkan de har på slutresultatet. De osäkerheter som identifierats bedöms utifrån kategorierna Tolerans och Påverkan. Toleransen anger den relativa storleken på det intervall inom vilket respektive parameter tillåts variera utifrån testdokumentet. Påverkan är ett relativt mått på vilken inverkan, som respektive parameters tolerans har på slutresultatet.

X-axeln anger toleransen, alltså det intervall inom vilket parametern i det befintliga testdokumentet tillåts variera. Exempelvis tillåts den typiska massan som anges i dokumentet variera med 5%. Detta innebär till exempel att bordsskivorna ska ha en total vikt inom intervallet 53,2-58,8 (56) kg. De faktorer som i det befintliga testdokumentet inte specificeras föranleder i denna metod att toleransen sätts till max. Bedömningsskalan är mellan 1-5.

Y-axeln, anger den påverkan som den angivna toleransen för de individuella parametrarna bedöms ha på repeterbarheten av antingen brandförloppet eller resultatet i försöket. Bedömningsskalan är mellan 1-5.

Parametrarna är positionerade i samråd med professor Göran Holmstedt och professor Patrick van Hees, Brandteknik LTH. Motiveringen tillsammans med bedömningsmallen och sammanställningen av osäkerhetsparametrarna presenteras efter matrisen.

Påverkan (Toleransens påverkan på resultatet)

5				6, 18	5, 7, 8, 9, 13, 14, 17
4				1, 3, 10, 12	16
3				2	4, 11, 15
2					
1					
	1	2	3	4	5

Tolerans

Figur 4. 9: Matris för det befintliga testets osäkerhetsparametrar.

**Tolerans (X-axeln)*****Vägledande kriterier***

1. Mycket väl specificerat	Definierad enligt internationell, europeisk eller amerikansk brandprovningsstandard. Definierad med Heat Release Rate eller FIGRA-värde.
2. Väl specificerat	Definierad enligt materialstandarder annan än ur brandsynpunkt. Exempel på detta är kpc-värden. Tydlig instruktion för positionering, utformning, montering och hantering av material och komponenter. Snävt angivet intervall för tolerans/variation.
3. Specificerat med möjlighet till tolkning	Definierad genom antingen densitet eller mått och vikt. Tydlig instruktion för placering eller utförande. Tolerabelt angivet intervall för tolerans/variation.
4. Dåligt specificerat	Definitionen saknar någon eller några betydande parametrar. Specifikationen tillåter olika materialegenskaper eller typer av material. Principskiss saknar relevant information såsom skala eller mått. Oacceptabelt intervall för tolerans/variation.
5. Ej specificerat	Definitionen saknar flera betydande parametrar. Alternativt saknas definiering helt i testdokumentet.

**Påverkan (Y-axeln)**

Toleransens påverkan på slutresultatet

***Vägledande kriterier***

1. Ingen påverkan	Parameter deltar ej i brandförloppet eller har obetydlig påverkan av testresultatet och skadekriterierna.
2. Liten påverkan	Parametern är ingen nyckelparameter. Påverkar till viss del brandförloppet, testresultatet och skadekriterierna.
3. Måttlig påverkan	Parametern har potentiellt betydande påverkan på brandförloppet, testresultaten, skadekriterier eller de uppställda funktionskraven.
4. Stor påverkan	Parametern har stor påverkan på brandförloppet, testresultatet, skadekriterier eller de uppställda funktionskraven.
5. Mycket stor påverkan	Parametern är avgörande för testets repeterbarhet eller avgörande för utvärdering av testresultaten.

#### 4.11.1 Motivering till parametrarnas placering

Nedan följer en kort sammanställning över motiven bakom parametrarnas placering i matrisen.

Parameter	Motivering - Tolerans	Motivering - Påverkan
1.	Placeringen ej tillräckligt definierad. Måttsättning i figur saknas, samt det tillses ej att mätpunkterna inte hamnar i flammorna.	Placeringen har stor betydelse för slutresultatet eftersom detta är ett definierat skadekriterium.
2.	Typ av träslag eller annan definition såsom densitet anges inte. Även fiberriktning lämnar utrymme för egen tolkning.	Kan potentiellt ha betydande påverkan på brandförloppet då bland annat antändningstid, brinntid med mera är materialberoende. Även riktningen på träfibrerna har viss påverkan.
3.	Typ av skiva är ej specificerad. Densitetsskillnader och olika ingående material och limtyper kan förekomma.	Har bedömt stor påverkan på brandförloppet och skadekriteriet andel förkolnad yta, då detta är materialberoende.
4.	Datorkomponenterna är endast definierade med vikt. Faktorer som utformning, ingående material, flamskydd med mera specificeras ej.	Kan potentiellt medföra betydande påverkan på brandförloppet och skadekriterierna. Dock är det ovisst om antändning någonsin sker, till följd av placeringen, vid aktivering av släcksystem.
5.	Typ av pappersmaterial ej specificerat annat än med total vikt. Placeringen av materialet är inte tillräckligt specificerat.	Är av avgörande betydelse för brandförloppet och skadekriterierna till följd av den stora mängden papper som anges.
6.	Skumplastmaterialet specificerat med ISO-standard. Denna standard lämnar dock ett stort tolerabelt intervall rörande materialegenskaperna. Placeringen är inte tillräckligt specificerad och materialet tillåts rinna iväg vid brand på ett icke repeterbart sätt.	Har bedömt stor påverkan på brandförloppet till följd av dess stora bidrag till effektutvecklingen, samt då det tillåts rinna både i sidled och droppa ner på golvet.
7.	Materialen definieras totalt sett undermåligt och flera betydande parametrar saknar specificering. I de flesta fallen anges enbart vikten. Den teoretiska brandbelastningen skulle kunna variera med över 100%, se bilaga B.	Bedöms ha en avgörande betydelse för repeterbarheten i testet både rörande brandförloppet och utvärdering av skadekriterierna.
8.	Trämaterialet till benställningarna definieras varken till typ, materialegenskaper eller dimensioner.	Är av avgörande betydelse för testets repeterbarhet och utvärderingen av skaderesultaten. Detta då funktionskrav saknas och uppställningen kan rasa.

9.	Plywoodskivorna specificeras med vikt och angivna mått. Dock saknas funktionskrav samt instruktioner på montering för säkerställandet av att de inte deformeras eller rasar. Vidare innebär tjockleken att materialet tillåts brinna igenom under försökstiden.	Är av avgörande betydelse för brandförloppet repeterbarhet. Detta till följd av att funktionskrav saknas samt dimensionen på tjockleken är för liten vilket kan leda till att väggarna slår sig eller rasar samman.
10.	Bordskivorna specificeras med vikt och angivna mått. Dock saknas funktionskrav samt en fullständig instruktion på montering för säkerställandet av att skivorna inte kraftigt deformeras. Toleransen i alla dimensioner är 5 % vilket medför att höjd över golv för bordskivan kan variera med drygt 70 mm vilket i sammanhanget är ett oacceptabelt intervall.	Har en bedömt stor påverkan på brandförloppet. Detta då angiven tolerans rörande både luftspalten mellan vägg och bord samt höjden över golvet (eller antändningskällan) får stor möjlig variation av brandens effektutveckling initialt i brandförloppet.
11.	Flera betydande parametrar rörande stolen saknas. Materialen är inte tydligt specificerade samt dynans ytbeklädnad och utformning saknar helt specificering. Placeringen i försöksupställningen är inte angiven på ett tydligt sätt och höjden på stolen saknas.	Kan potentiellt ha betydande påverkan på brandförloppet och skadekriterierna till följd av komponentens höga brandbelastning. Dock kommer stolen bedömt inte delta i brandförloppet förrän efter lång tid.
12.	Ett flertal betydande parametrar rörande hurtsen saknas. Placeringen och måttsättningen är otydligt specificerad i både bilder, figurer och text vilket lämnar stor frihet till egen tolkning.	Har en stor påverkan på brandförloppet och testresultatet då antändning initialt kommer ske i hurtsen. Initialskedet är avgörande både för brandens effektutvecklingskurva samt tiden till aktivering av släcksystem.
13.	Ett stort antal betydande parametrar saknas rörande materialen på skrivbordet. Materialen är inte fullständigt definierade. Vidare är positioneringen otydligt specificerad i bild samt med en ej måttsatt figur. Tolkningmöjligheter finns dessutom rörande vad som är vad i bilden och figuren.	Har en direkt avgörande betydelse för testets repeterbarhet samt för skadekriterierna. Detta då brandspridningen förutom materialegenskaper till stor del beror av avstånden mellan materialen, och deras inbördes placering.



14.	Tändkällan består av en gasbrännare, trästapel och heptan. En effekt för brännaren anges . Typ av trä och storlek på trästapeln beskrivs samt heptanet anges med volym. Flera ingående material samt ett handhavandemoment leder till bedömningen att tändkällan är för komplex i sin helhet med stora tolkningsmöjligheter som följd.	Har en avgörande betydelse för testets repeterbarhet då brandförloppet i sin helhet beror av hur antändningen sker.
15.	Temperaturen i försöksrummet saknar helt specificering.	Kan ha en potentiellt betydande påverkan på repeterbarheten i testet. Detta då brandförloppet initialt bland annat beror på omgivningstemperaturen. Till följd av att denna parameter inte specificeras kan mycket stora temperaturskillnader förekomma.
16.	Ventilationen i försöksrummet specificeras endast som att "tillräcklig" ventilation ska föreligga. Flera betydande faktorer saknas som exempelvis lufthastighet, riktning och antal omväxlingar.	Har en bedömt stor påverkan på testets repeterbarhet. Detta då olika hastighet och riktning på luften påverkar både brandspridningen och släcksystemen i olika grad.
17.	Konditioneringen av materialet skall ske vid $20 \pm 5$ °C och vid normal luftfuktighet i minst två veckor. Denna specificering anses inte leda till likvärdigt konditionerat material och fukthalten i materialen kan komma att variera avsevärt. Detta då den relativa fuktigheten inte anges samt intervallet är oacceptabelt stort rörande temperaturen.	Har en avgörande betydelse för testets repeterbarhet. Fukthalten i materialen påverkar brandförloppet och materialens egenskaper. Exempelvis åtgår stor mängd energi att förångna vattnet vilket förlänger antändningstiden.
18.	Definitionen rörande skadekriterierna lämnar ett stort utrymme för tolkningsmöjligheter. Texten i sig är något ospecificerad i beskrivningen av vad som ska räknas som skadat och inte.	Tolkningen av skadekriterierna har en avgörande betydelse för repeter- och reproducerbarheten av testet då detta ligger till grund för slutbedömningen av resultaten.

Siffrorna i matrisen, se figur 4.9 korresponderar till de i kapitel 4 nämnda källorna till osäkerheter. För tydlighetens skull sammanfattas de nedan.

#### **Mätutrustning**

1. Termoelement

#### **Brännbara material**

2. Massivt trä – benställningar, väggar, hurts, stol
3. Spånskivor - skrivbord
4. Datorkomponenter
5. Pappersmaterial
6. Madrassmaterial
7. Total brandbelastning [MJ]- möjlig variation

#### **Utformning försöksuppställning**

8. Benställning trä - bord, stol
9. Montering, utformning – väggar
10. Positionering, utformning och montering – skrivbord
11. Positionering, utformning och montering – stol
12. Positionering, utformning och montering – hurts
13. Positionering och utformning – material på skrivbordet

#### **Procedur användning**

14. Tändkälla

#### **Utvärdering av testrummet**

15. Temperatur försöksrum
16. Ventilation

#### **Lagring av testmaterial**

17. Konditionering

#### **Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat**

18. Tolkning av skadekriterier

### **4.12 Slutsatser efter analys av befintligt testdokument**

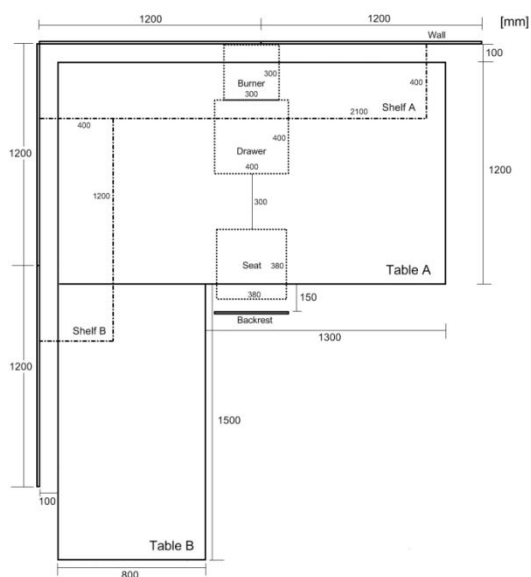
Efter en analys av det befintliga testdokumentet kan ett antal slutsatser dras angående möjligheterna att ur testdokumentet bygga upp en försöksuppställning som genererar repeterbara resultat.

- De osäkerheter som föreligger gör att testet i sin nuvarande form är oacceptabelt med avseende på möjligheten till repeterbara resultat.
- Stora övergripande åtgärder krävs.

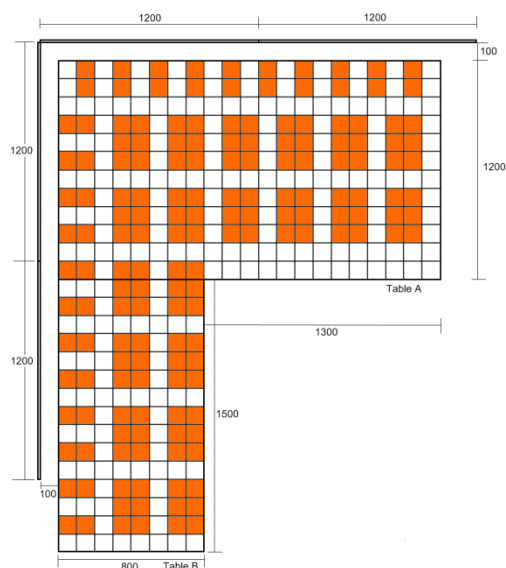
## 5 Åtgärder vid utformning av ny uppställning

I detta kapitel kommer åtgärder kopplade till resonemangen i kapitel 4 att presenteras och samma rubrikstruktur kommer att följas. Samtliga åtgärder beskrivs således under motsvarande kapitel nedan. Dessa åtgärder motiveras dels av att osäkerheten bedöms som för stor och dels av rent praktiska skäl såsom materialoptimering. Även de praktiska försöken som genomförts och som presenteras i sin helhet i bilaga C och D har föranlett åtgärder rörande vissa parametrar.

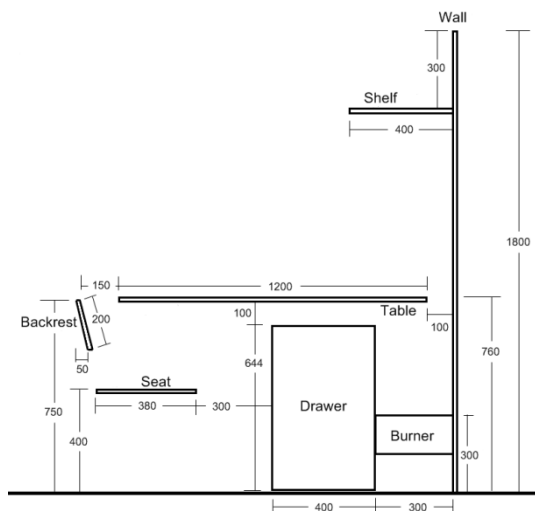
Åtgärderna resulterar slutligen i den uppställning som sedan föreslås och som beskrivs i kapitel 6 och i bilaga A. För tydlighetens skull presenteras bilder på uppställningen även nedan, se figurerna 5.1–5.3.



Figur 5. 1: Reviderad försöksuppställning sedd från ovan.



Figur 5. 2: Den reviderade utformningen av bordskivorna med symmetriskt placerade kassetter av wellpapp.



Figur 5. 3: Reviderad försöksuppställning från sidan.

## Kapitel 4.2 Allmänt

En analys av de förbättringspunkter som nämns i kapitlet har gett upphov till ett antal övergripande idéer i syfte att reducera antalet frihetsgrader och därmed den totala osäkerheten:

- Införande av en modellsyn i testmetoden utan att syftet med ursprungsuppställningen går förlorad.
- Införande av en symmetrisk försöksuppställning för att få en jämnare och mer symmetrisk brandspridning.
- Skapa förutsättningar för en något större utmaning för släcksystemet genom en ökad deltagande brandbelastning, skärmande material samt större möjligheter för både vertikal och horisontell brandspridning.
- Införande av ett fåtal, väl definierade referensmaterial.
- Noggrant specificera försöksuppställningen och samtliga ingående material.
- Införande av ett antal funktionskrav på försöksuppställningen, exempelvis får inte benställningen rasa samt hyllor och väggar skall hållas på plats under 10 min vid fritt brinnande försök.
- Via en ingenjörsmässig analys, kvalitativt bedöma storleken på osäkerheterna och där det är möjligt kvantifiera dem.

Generellt gäller att toleransen i det reviderade testdokumentet kommer att anges i enlighet med ISO Standard 6182-1:2004. Följande toleranser gäller vid måttangivelser:

- Längd                      Tolerans  $\pm 2\%$  av angivet värde
- Temperatur                Tolerans  $\pm 5\%$  av angivet värde

## Kapitel 4.3 Mätutrustning

För att minska de osäkerheter som nämns i kapitlet rörande termoelementen och deras placering kommer ett antal förtydliganden i testdokumentet att utföras. Den osäkerhetsparameter som åtgärderna avser benämns enligt tidigare:

### 1. Termoelement

Åtgärd:

- Placeringen kommer tydligt att specificeras, både genom en figur och i text.

Frihetsgraderna i och med denna åtgärd minskas och osäkerheten reduceras.

#### **4.4.1-2 Brännbara material**

I kapitel 4.4.1 och 4.4.2 beskrivs osäkerhetsparametrar rörande de brännbara materialen, i dessa kapitel benämnda 2-7, som är förknippade med relativt stora osäkerheter. Ett antal övergripande åtgärder för att minska osäkerheterna införs:

- Samtliga ingående brännbara material i testet ersätts med två väldefinierade material. Dessa material är spånskivor och wellpapp. Båda materialen är kommersiellt välkända och går att specificera utifrån europeiska materialstandarder.
- Övriga material i testet består av obrännbara material.
- Placeringen kommer tydligt att specificeras, både schematiskt och i text.

Spånskivorna definieras i enlighet med standard EN 312:2003 som Typ P1 samt att densiteten skall vara i intervallet 620-650 kg/m<sup>3</sup>. Denna åtgärd säkerställer att materialet finns tillgängligt i flertalet länder samt att reproducerbarheten är hög oavsett fabrikant. (Personlig kontakt; Bo Nilsson, Swedwood 2009)

Enligt slutsatserna i bilaga C kommer föreslagen wellpapp att vara definierad som enwell 150 C:

165 Eurokraft (planskikt) – 127 Halvkemisk fluting (vågskikt) – 165 Eurokraft (planskikt),

där siffrorna anger ytvikten på papperet i g/m<sup>2</sup>. För vidare förklaring till definitionen hänvisas läsaren till bilaga C. I och med denna specificering av wellpappen säkerställs hög reproducerbarhet av materialet oavsett fabrikant vilket bidrar till avsevärt minskade osäkerheter.

Vidare föreslås ett antal åtgärder som direkt hanterar osäkerhetsparametrarna 2-7.

#### **2. Massivt trä - benställning, väggar, hurts och stol**

Åtgärd:

- Massivt trä ersätts med spånskivor, definierade enligt tidigare.

Spånskivor är ett homogent material, vilket innebär i teorin att brandspridningen sker likartat i alla riktningar. Detta till skillnad från massivt trä där bland annat fiberriktningen och skillnader i densitet har inverkan.

#### **3. Spånskivor – skrivbord**

Åtgärd:

- Spånskivorna definieras i enlighet med vad som nämnts tidigare.

I och med denna åtgärd bedöms osäkerheterna med denna parameter minska eftersom typ av spånskiva definieras.

#### 4. Datorkomponenter

Åtgärd:

- Datorkomponenterna tas bort från testet.

Denna åtgärd är en av flera som genomförs i syfte att införa en modell av ett kontor snarare än ett faktiskt kontor, dock med bibehållen grundstruktur. Komponenterna ersätts med referensmaterialen.

#### 5. Pappersmaterial

Åtgärd:

- Allt pappersmaterial som finns i det befintliga testet ersätts med wellpapp definierad enligt tidigare.

Med denna åtgärd elimineras en av de största källorna till osäkerhet avseende brandspridningen i testet. Vidare bidrar åtgärden till att likvärdigt material kan införskaffas både inom och mellan institut.

Småskaliga försök i både konkalorimeter och möbelkalorimeter, se bilaga C, visar att detta material väl kan utgöra ett referensmaterial emedan det uppför sig som ett mellanting mellan böcker och vanligt papper.

#### 6. Madrassmaterial

Åtgärd:

- Madrassmaterialet samt övrigt material av plast tas bort från testet.

Denna åtgärd medför att de osäkerheter som dessa material medför försvinner.

#### 7. Total brandbelastning – möjlig variation

Åtgärd:

- Två referensmaterial, definierade enligt tidigare, ersätter samtliga brännbara material.

Denna åtgärd medför en avsevärd reduktion av den totala variansen på brandbelastningen genom att ett färre antal material ingår i testet, samt att dessa tydligt specificeras i motsats till det nuvarande testet.

Åtgärder under rubriken *Utformning och storlek av försöksuppställningen*, se nedan, kommer även genomföras i syfte att en större andel av denna brandbelastning medverkar i brandförloppet om släcksystemets kapacitet inte är tillräcklig.

#### **Kapitel 4.4.3-4 Utformning och storlek på försöksuppställning**

Nedan presenteras alla de förändringar och åtgärder som föreslås för att minska osäkerheterna i det befintliga testdokumentet rörande storleken på samt utformningen, monteringen och positioneringen av de ingående elementen. De flesta åtgärderna bygger på att reducera de osäkerheter genererade av parametrarna som benämns med siffrorna 8-13. Vissa av åtgärderna och

de förslag på förändringar som föreslås syftar dock enbart till att förenkla försöksupställningen utifrån de standarder på material som förekommer. För fullständig samt förtydligande text till den resulterande utformningen och positioneringen av försöksupställningen till följd av nedan angivna åtgärder, hänvisas läsaren till bilaga A.

#### 8. Benställning trä - skrivbord, stol

Åtgärd:

- De befintliga benställningarna i trä ersätts med benställningar av metall.

Denna åtgärd säkerställer att själva brandbelastningen hålls på plats och därmed elimineras hela denna faktor till osäkerhet vilken bedöms vara en av de största i testet. Vidare ska dessa benställningar vara konstruerade så att de inte utgör något större hinder för brandspridningen. Därför ställs krav på att diametern på ramverket till skrivbordets benställning, på vilken bordsskivan vilar, inte är grövre än 40 mm. Denna tjocklek är godtyckligt framtagen med syftet att testets reproducerbarhet ska öka avseende brandspridningen längs undersidan av bordsskivan.

#### 9. Montering, utformning - väggar

Åtgärder:

- De befintliga väggarna av 4 mm plywood ersätts med 10 mm spånskivor som monteras på formstyva obrännbara skivor.
- De obrännbara skivorna ska vara klassade som Euroclass A1 enligt EN ISO 1182.
- Ett tidskrav på 10 minuter efter antändning införs vilket innebär att väggarna inte får slå sig under denna period.

Denna åtgärd reducerar risken för att skivorna deformeras i brandförloppet vilket medför en viss osäkerhet. Åtgärden rörande tidskravet syftar till att monteringen blir genomförd på ett tillfredsställande sätt. Genom att specificering av bakomliggande material sker kommer förluster via den termiska konduktiviteten att kunna bestämmas och begränsas vilket medför en reduktion av denna källa till osäkerhet.

#### 10. Positionering, utformning och montering - skrivbord

Åtgärder:

- Måtten på skrivbordsskivorna ändras till 2100x1200 respektive 1500x800 mm, se figur 5.1. Tjockleken bibehålls enligt tidigare till 22 mm och skivorna placeras som tidigare nämnts på benställning av metall.
- Ett rutnät ska markeras på ovansidan av bordsskivan där vardera ruta har måtten 100x100 mm.
- Placeringen samt relevanta mått kommer tydligt att specificeras, både schematiskt och i text.
- Ett tidskrav på 10 minuter införs vilket innebär att bordsskivorna inte får rasa eller på annat sätt väsentligt deformeras under denna period.

Dessa åtgärder gör att materialet utnyttjas på ett bättre sätt, se bilaga E, samt att osäkerheterna relaterade till monteringen reduceras i och med införandet av tidskravet. Syftet med rutnätet på

bordsskivan är att positioneringen av materialet på skrivbordet ska förenklas samt misstolkningar undvikas.

#### 11. Positionering, utformning och montering - stol

Åtgärder:

- Stolen utförs i 10 mm spånskivor. Ryggstödet med måtten 400x200 mm och sitsen 380x380 mm, se figur 5.1 och 5.3.
- Skivorna monteras i en stolsram av metall.
- Dynan av madrassmaterialet ersätts med wellpapp som placeras på stolssitsen.
- Stolens placering i försöksuppställningen ändras för att möjliggöra tidigare antändning, se figur 5.1 och 5.3.
- Placeringen samt relevanta mått kommer tydligt att specificeras, både schematiskt och i text.

Dessa åtgärder syftar till att främst specificera tillverkningen samt uppförandet av stolen. I det befintliga testdokumentet lämnas ett stort antal frihetsgrader kring detta. Genom att tydligare ange utformningen och placeringen av stolen bedöms osäkerheterna med denna parameter kunna reduceras.

Då det dessutom framkommit vid intervju med Henrik Bygbjerg, DBI, att stolen sällan eller aldrig medverkar i brandförloppet anpassas även placeringen till att bättre representera ett troligt värsta scenario. Detta genom att stolen placeras närmare antändningskällan. Tanken är att antändning av stolen skall ske tidigare i brandförloppet.

#### 12. Positionering, utformning och montering - hurts

Åtgärder:

- Hurtsmaterialet av 20 mm fanerad spånskiva ersätts med 22 mm spånskivor.
- Måtten på hurtsen ändras till 400x400x644 mm för förenklad tillverkning utifrån beställningsstandarder och i bilaga E presenterat förslag på kaplista för materialoptimering.
- Hurtsens placering ändras samt dess stödjande funktion till bordsskivan tas bort och istället införs en 100 mm luftspalt mellan bord och hurts.
- Placeringen samt relevanta mått kommer tydligt att specificeras, både schematiskt och i text.

Föreslagna åtgärder syftar till att minska tolkningsmöjligheterna som finns i det befintliga testdokumentet rörande hurtsen. Vidare möjliggörs ett snabbare brandförlopp i och med att horisontell brandspridning tillåts mellan hurts och undersidan av bordsskivan. Detta bedöms vara mer representativt för ett troligt värsta scenario rörande en kontorsbrand med dold och skyddad antändning. Se figur 5.1 och 5.3 för mått respektive placering av hurtsen.

#### 13. Positionering och utformning - material på skrivbordet

Åtgärder:

- Allt material på skrivbordet ersätts med wellpapp organiserad att bilda kassetter med måtten 300x200x100 mm.



- Placeringen av kassetterna är symmetrisk över bordskivan samt tydligt specificerad schematiskt, se figur 5.2.

Wellpappsarken har en tjocklek på cirka 4 mm och måtten 300x200 mm. Dessa ark organiseras till att bilda kassetter med vardera 25 ark. Måtten på dessa wellpappskassetter blir således 300x200x100 mm. Dessa kassetter placeras på skrivbordet både i stående och i liggande staplar. Dessa positioneras symmetriskt över ytan enligt figur 5.2. Arken ska skäras till så att vågprofilen blir vinkelrät mot långsidan av arken, se bild 5.1 nedan. Detta för att säkerställa att brandförloppet blir lika mellan försöken i enlighet med resonemanget i bilaga C. Kassetterna ska även surras ihop med ståltråd, se bild nedan, för att eliminera osäkerheter som kan uppstå om staplarna vecklar ut sig.



*Bild 5. 1: Stående kassetter av wellpapp. Dessa surras med ståltråd för att hållas ihop samt vågprofilen ska vara horisontell med bordsskivan.*

Dessa åtgärder, som i korthet går ut på att antalet material reduceras till endast ett väldefinierat material samt att placeringen tydligt anges, anses kraftigt kunna reducera osäkerheten som denna parameter bidrar till i det befintliga testet.

#### Övriga åtgärder som föranleder förändring av testets utformning

- Två hyllor införs till försöksupställningen.
- Ett tidskrav på 10 minuter införs vilket innebär att hyllorna inte får rasa eller på annat sätt väsentligt deformeras under denna period.

En av de större förändringar som genomförs beträffande utformningen av testet är införandet av hyllor till försöksupställningen. Denna åtgärd syftar till att i enlighet med den övergripande målsättningen göra testet mer utmanande för släcksystemet.

Hyllorna är av 22 mm spånskivor med måtten 2100x400 respektive 1200x400 mm, se figur 5.1.

Hyllorna utformas för att ge en skärmande effekt vilket ska ge en rimlig utmaning för släcksystemet att nå den del av brandbelastningen som finns under dessa. Vidare möjliggörs en potentiellt stor vertikal och horisontell brandspridning även efter aktivering av släcksystemet. Detta medför att en

stor del av försöksuppställningen skulle kunna bidra till brandförloppet. Som tidigare nämnts syftar även hyllorna till att skapa ett troligt brandscenario i kontorsmiljö.

Tidskravet säkerställer en tillfredsställande montering.

#### **Kapitel 4.4.4 Storlek på uppställningen**

En förändring av storleken på de ingående elementen i testet föreslås nästan undantagslöst. Främsta orsaken är att materialbeställningen ska optimeras och göras smidigare utifrån befintliga standardmått på spånskivor. En kaplista på hur denna optimering skulle kunna se ut presenteras i bilaga E.

Förändringarna i mått utförs så att det antingen inte bedöms påverka det ursprungliga testets brandförlopp nämnvärt, eller i vissa fall så att det bedöms verka för en ökad brandspridning. Detta enligt den övergripande idén om en något större utmaning för släcksystemet i den reviderade försöksuppställningen.

Vidare ersätts specificeringen rörande materialens massa med krav på typ av och densitet hos de ingående materialen. Denna åtgärd minskar risken för större skillnader i brandbelastningen och brandspridningen mellan institut till följd av att massangivelsen inte tar hänsyn till exempelvis fukthalten i materialet.

*Tabell 5. 1: Sammanfattning av samtliga förändringar som föreslås rörande storleken på elementen.*

	<b><u>Befintligt försöksuppställning</u></b> Mått längd x bredd x höjd/tjocklek [mm]	<b><u>Reviderad försöksuppställning</u></b> Mått längd x bredd x höjd/tjocklek [mm]
Bordskiva A	1520 x 1080 x 22	2100 x 1200 x 22
Bordskiva B	3040 x 760 x 22	1500 x 800 x 22
Väggskivor (4 st)	1800 x 1250 x 10	1800 x 1200 x 10
Hurts	580 x 420 x 400 / 20	644 x 400 x 400 / 22
Hylla A	-	2100 x 400 x 22
Hylla B	-	1200 x 400 x 22
Stol - sits	Ej definierat	380 x 380 x 10
Stol - ryggstöd	Ej definierat	400 x 200 x 10
Material på bordet	Varierar, ej definierat	33 st kassetter 300 x 200 x 100
Material på stolen	Madrass 1000 x 400 x ej angivet	2 st kassetter 300 x 200 x 100

#### **Kapitel 4.4.5 Hinder för släcksystemet**

I den befintliga försöksuppställningen finns hinder för släcksystemen i form av skrivbordet och i eventuellt datorskärmen. Till följd av att den grundläggande idén består av att öka utmaningen för släcksystemen samt att datorskärmen tas bort, införs ett antal nya hinder i den reviderade försöksuppställningen.

Dessa hinder är:

- Hyllorna
- Skrivbordet
- Wellpappen

Hyllorna medför att effekten hos både sprinkler- och vattendimsystemen blir begränsad rakt under dessa. Detta möjliggör ökad horisontell brandspridning på bordet.

Skrivbordets skärmande effekt behålls i enlighet med det befintliga testet men förstärks något till följd av att brandspridning kommer ske mellan bordsskivans undersida och hurtsen.

Wellpappen medför i sig själv viss skärmande effekt då brandspridning kan ske i kanalerna mellan planskikten i arken.

#### **Kapitel 4.4.6 Procedur antändning**

För att minska osäkerheterna rörande tändkällans utformning samt antändningsproceduren i sin helhet föreslås en helt ny typ av antändningsprocedur. Den osäkerhetsparameter som åtgärderna avser benämns enligt tidigare:

##### 14. Tändkälla

Åtgärder:

- En porös gasbrännare med måtten 300x300 mm och en kalibrerad effekt av  $50 \pm 5$  kW ersätter den i CEN/TS 14972:2008 angivna tändkällan. Den gas som används ska vara propan minst 95 %.
- Tändkällan placeras i ett centrerat läge samt mellan hurtsen och väggen, se figur 5.1 och 5.3.
- Antändningskällan ska vara påslagen i 180 sekunder oavsett aktivering av släcksystem för att därefter stängas av.

Dessa åtgärder medför en förenkling av testet samt en mer precis definition av tändkällan. Den relativt stora arean på brännaren gör att den fortfarande är representativ för till exempel en brand i en mindre papperskorg. Tiden som antändningskällan är påslagen är angiven utifrån resultaten från halvstorleksförsöken presenterade i bilaga D, och är således eventuellt inte aktuella vid fullskaleförsök och kan kräva reglering både gällande tid och effekt.

Placeringen av tändkällan ändras till en mer central placering för att en större del av brandbelastningen ska delta i brandförloppet. Dessutom främjas en homogen brandspridning både vertikalt längs med väggen samt horisontellt över och under bordskivan.

Placeringen av tändkällan mellan väggen och hurtsen medför en mindre turbulent flamma, samt att flamhöjden blir högre till följd av att bränslet måste transporteras längre för att fullständigt förbrännas till följd av att syreinträngningen minskas (Karlsson & Quintiere 2000).

Samtliga faktorer medverkar till en ökad kontroll av, samt en förbättrad repeterbarhet i inledningsskedet av brandförloppet.

#### **4.5 Utvärdering av försöksrummet**

Försöksrummet analyserades avseende dess volym, temperatur, relativ fuktighet och ventilation. Dessa faktorer påverkar testresultatet och specificeringen i det befintliga testdokumentet är undermålig. Åtgärder kopplade till osäkerhetsparametrarna, enligt tidigare benämnda 15-16, genomförs då dessa bedöms innebära störst påverkan på resultatens repeter- och reproducerbarhet. Övriga faktorer såsom rummets volym samt den relativa fuktigheten bedöms ha en mindre påverkan på resultaten och specificeras inte ytterligare.

### 15. Temperatur försöksrum

Åtgärd:

- Temperaturen i försöksrummet ska initialt hålla  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Detta krav medför att förutsättningarna vid antändning blir desamma mellan försök och försöksserier vilket föranleder högre repeter- och reproducerbarhet. Vidare innebär denna temperatur att konditioneringen av materialen bibehålls i så stor utsträckning som möjligt, se åtgärder rörande konditionering nedan.

### 16. Ventilation

Åtgärd:

- En maxgräns på lufthastigheten anges till 0,5 m/s.

Denna parameter bedöms medföra en av de största osäkerheterna i det befintliga testet till följd av att stor variation kan förekomma då specificering saknas totalt. Det krav som det reviderade förslaget ställer innebär således att förutsättningarna för både brandspridningen samt de olika släcksystemen kommer vara likadana mellan försök samt mellan institut. Detta möjliggör en högre grad av repeterbara och reproducerbara resultat.

### **Kapitel 4.6 Lagring av testmaterialet**

Lagringen av materialen har mycket stor påverkan för testet och då främst vilken fukthalt som materialen har. Fukthalten påverkar brandförloppet både initialt och senare till följd av att bland annat antändningstiden av materialen förlängs. Dessutom medför hög fukthalt en lägre temperatur till följd av att en stor mängd energi från flammorna åtgår till att värma och förångna vattnet i materialet (Särdqvist 2006).

Materialens fukthalt bestäms av bland annat vid vilken relativ fuktighet och vid vilken temperatur som materialen har lagrats. Dessutom krävs att materialen har lagrats under tillräckligt lång tid för att en utjämning eller stabilisering av fukthalten ska ha uppnåtts (Arvidson et al.2008). I det befintliga testet anges lagring i två veckor vid  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  samt vid normal fuktighet. Denna specificering medför inte att fukthalten i materialen kommer att vara repeterbar. Den tillåtna variationen är för stor då en angivelse som normal luftfuktighet är relativ och kan variera. Detta medför att mycket stora skillnader av fukthalten i materialen kommer kunna föreligga mellan institut, vilket föranleder att ett antal åtgärder genomförs rörande denna osäkerhetsparameter.

### 17. Konditionering

Åtgärder:

- Konditioneringstemperaturen ska vara  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- Den relativa fuktigheten i konditioneringsrummet ska vara  $50 \pm 5\%$ .
- Konditioneringstiden ska vara minst två veckor.
- Ett tidskrav på 30 minuter från det att de brännbara materialen tas ut ur konditioneringsrummet till dess att försöket startas införs.

De angivna intervallen i punkt ett och två är i enlighet med ISO 6182-1:2004. Denna specificering av konditioneringen föranleder att fukthalten i materialen kommer att vara repeter- och reproducerbar vilket kraftigt minskar osäkerheterna rörande denna parameter. Dock är det av mycket stor vikt att försöket inleds så snart som möjligt efter att materialet har lämnat konditioneringsrummet. Detta är anledningen till det sista kravet i listan och innebär i princip att de brännbara materialen konditioneras färdigmonterade. Detta för att säkerställa att inte konditioneringen går om intet.

#### **Kapitel 4.7 Fastställande av skadekriterier**

De fastställda skadekriterier som det befintliga testet beskriver och som sammanfattats i kapitel 4.7 är komplicerade och relativt svårtolkade. I syfte att förtydliga och förenkla fastställandet av dessa skadekriterier kommer texten i det reviderade testdokumentet att omarbetas något rörande struktur och formuleringar. Se även åtgärder under parameter 18. *Tolkning av skadekriterier*, nedan.

#### **Kapitel 4.8 Uppförande av försöksproceduren**

I det befintliga testdokumentet står beskrivet att brandscenariot endast varierar genom två olika placeringar av munstyckena till släcksystemen. Vidare analys av detta genomförs ej och inga förändringar gentemot det befintliga testet föreslås då detta ligger utanför avgränsningen i denna rapport.

#### **Kapitel 4.9 Utförande av testet**

I Annex B kapitel B.6 i CEN/TS 14972:2008 anges de krav som ställs på de laboratorier som tillåts utföra och godkänna resultaten från denna typ av tester. Inga ytterligare krav föreslås mot de redan nämnda i kapitel 4.9.

#### **Kapitel 4.10 Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat**

Tolkningen av vad som räknas som skadat och inte utifrån de tidigare beskrivna skadekriterierna är förknippat med viss osäkerhet. Då texten i det befintliga testdokumentet saknar tydlighet, författarnas anmärkning, lämnas en stor möjlighet för respektive institut till egen tolkning. För att minska osäkerheterna förknippade med tolkningen av skadekriterierna föreslås ett antal åtgärder. Den osäkerhetsparameter som åtgärderna avser benämns enligt tidigare:

#### **18. Tolkning av skadekriterier**

Åtgärder:

- Tydligare formulerat vilka skadekriterier som skall bedömas.
- Tydligare specificerat vad som räknas som skadat.
- Införande av ett skadekriterium som gör gällande att om en kassett har antänts räknas hela kassetten som skadat.

Dessa åtgärder bedöms kunna bidra till en reduktion av osäkerheten i tolkningen av skadekriterierna. I korthet består dessa i att det tydligare definieras vad som klassas som skadat och förbränt.



## **6 Förslag till ny försöksuppställning**

Utifrån kapitel 5, samt av de försök som utförts vilka sammanfattas i kapitel 9, har en reviderad version av Annex A.3 författats. Denna är skriven på engelska och innehåller de förtydliganden och ändringar som till största delen presenterats i föregående kapitel.

Tanken med det reviderade testdokumentet är att det ska ha samma form och struktur som övriga delar av CEN/TS 14972:2008. Av denna anledning är texten strukturerad på ett annat sätt än i övriga rapporten. Detta gör att det på ett enkelt sätt går att ersätta det befintliga annexet med den reviderade versionen för att lättare implementera ändringarna som arbetats fram.

Den reviderade versionen av Annex A.3 presenteras i bilaga A.





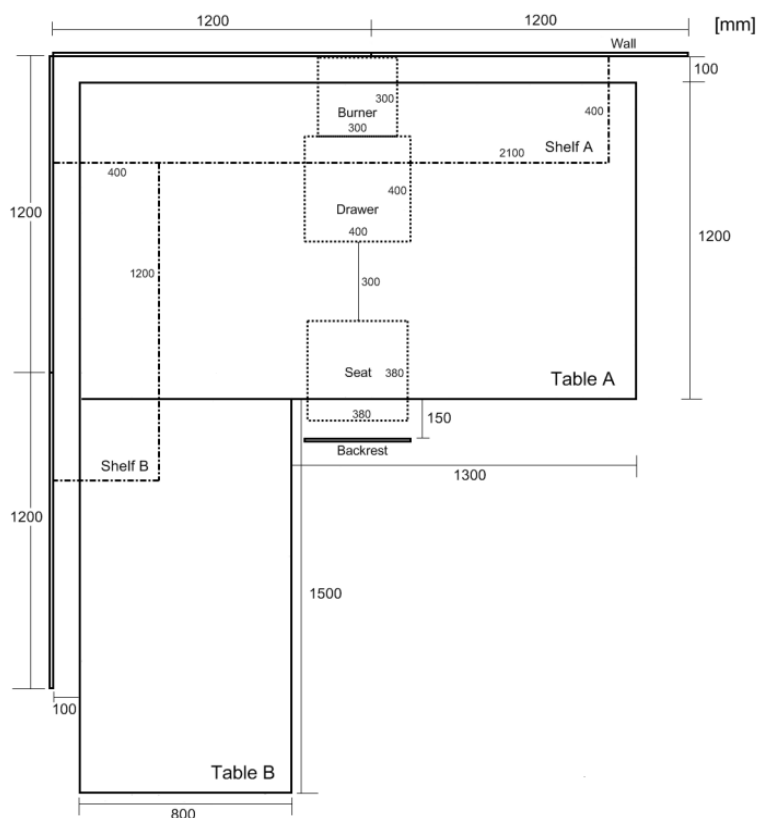
## 7 Analys av reviderat testdokument, CEN/TS 14972:2008, Annex A.3

### 7.1 Arbetsgång

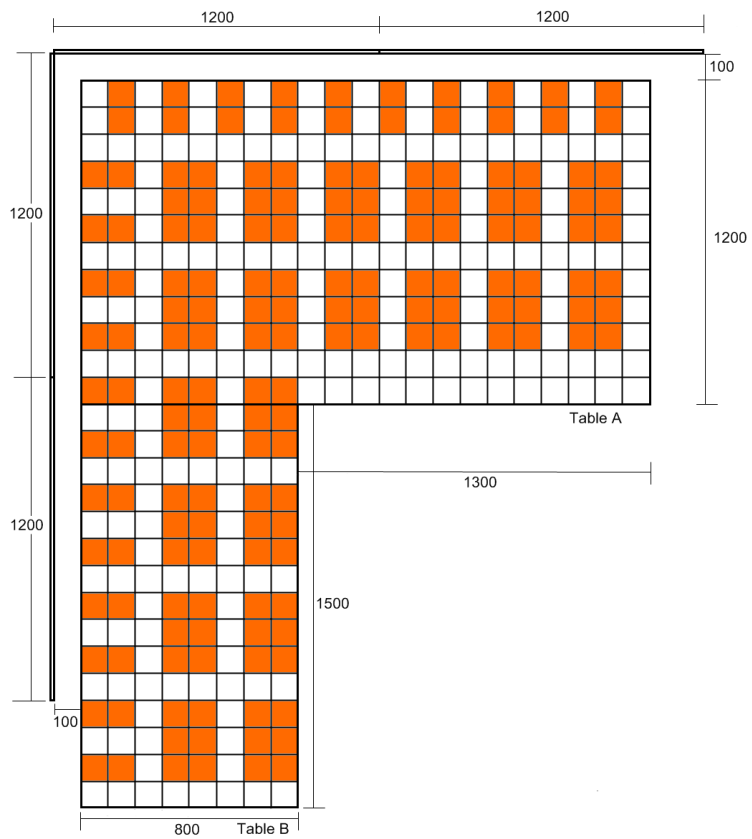
Varje del av det reviderade testdokumentet, det vill säga bilaga A, analyseras med samma metod och med samma struktur som i kapitel 4. Detta utförs för att få en uppfattning om hur osäkerheterna förändrats och vilken påverkan detta bedöms ha för försökens slutresultat. Målet är att teoretiskt utvärdera det reviderade testdokumentet, vilket görs genom att skapa en ny osäkerhetsmatris utifrån testdokumentet i bilaga A i denna rapport. Matriserna jämförs sedan i kapitel 8 och slutsatser om huruvida osäkerheterna i det reviderade dokumentet har minskat kan dras.

### 7.2 Allmänt

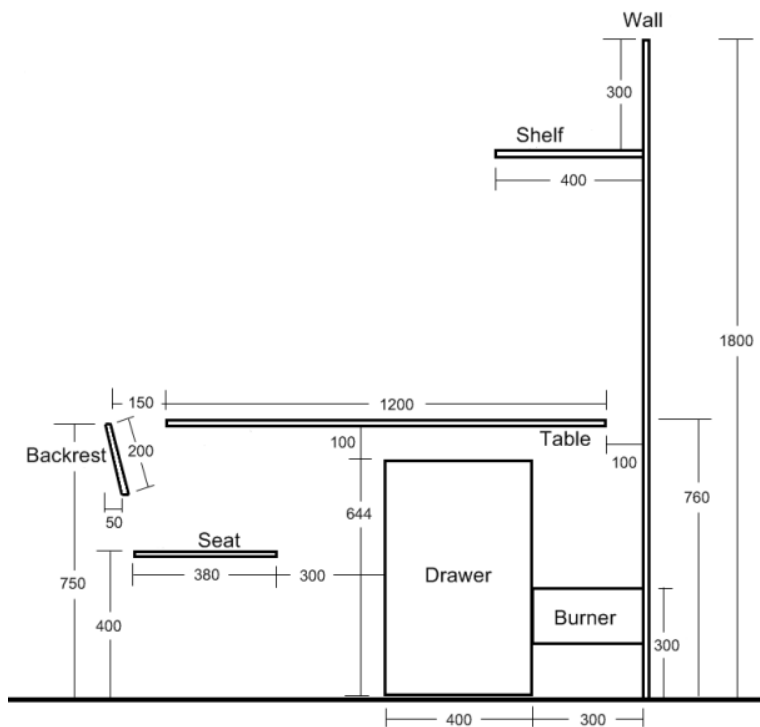
Efter analys av det reviderade testdokumentet går det att urskilja ett nytt synsätt på försöksuppställningen. Framförallt har en modellsyn implementerats samtidigt som ett antal funktionskrav införts. Detta innebär en förenkling av försöksuppställningen samtidigt som kraven på ingående material samt dess montering och handhavande har skärpts.



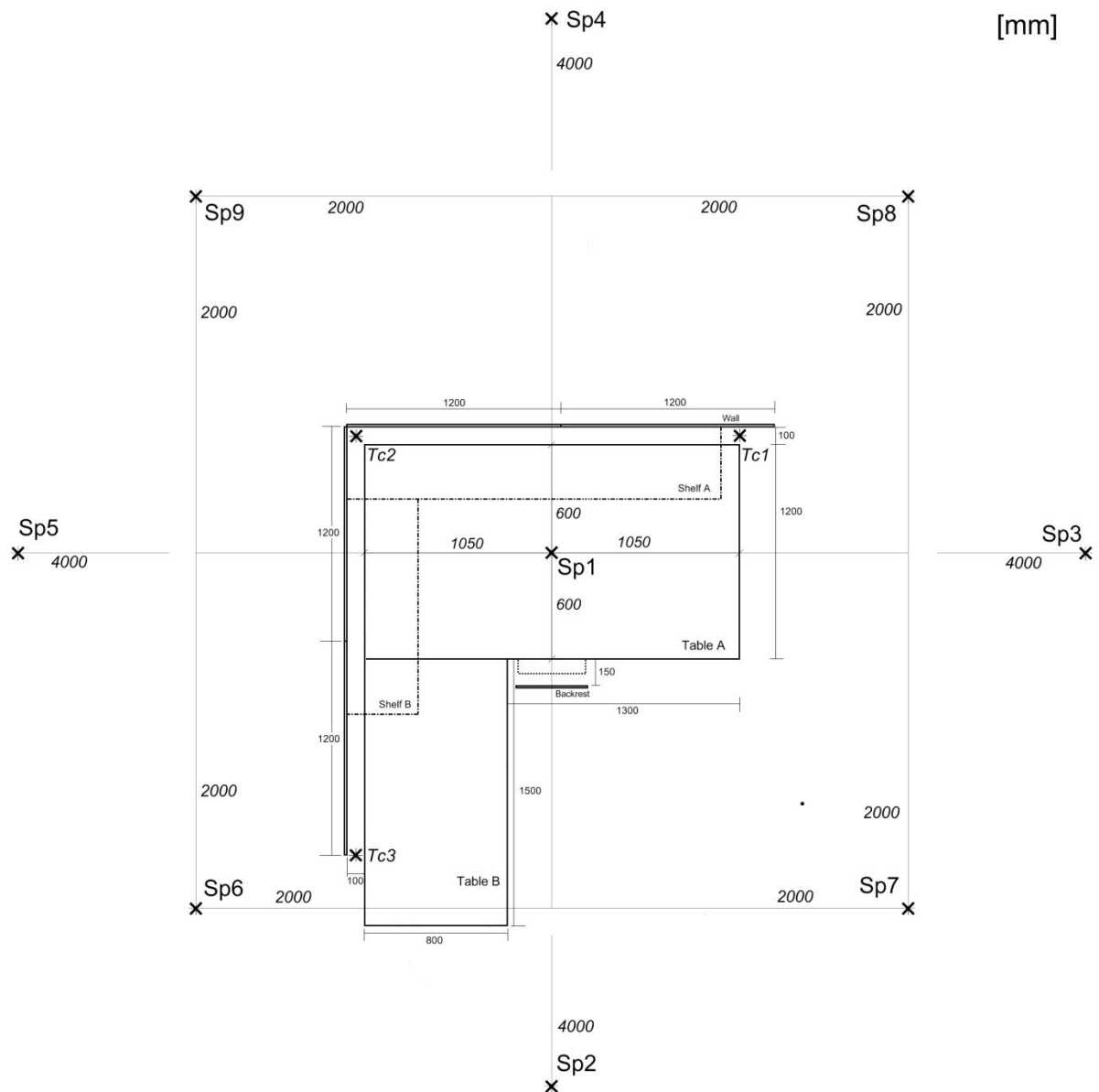
Figur 7. 1: Reviderad försöksuppställning sedd från ovan.



Figur 7. 2: Den reviderade utformningen av bordskivorna med symmetriskt placerade kassetter av wellpapp.



Figur 7. 3: Reviderad försöksupställning från sidan.



Figur 7. 4: Schematisk bild över placering av termoelementen och rekommenderad placering av sprinkler. Tc1-3 är termoelementen och Sp1-9 är placering av referenssprinkler.

### 7.3 Mätutrustning

I det nya dokumentet specificeras placeringen av mätutrustningen dels i texten och dels schematiskt genom figur 7.4. Symbolerna TC 1-TC 3 markerar läget för termoelementen.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

1. Termoelement

## 7.4 Utvärdering av brandscenariot

### 7.4.1 Brännbara material

I det reviderade testdokumentet används endast två olika sorters brännbara material, wellpapp och spånskiva, vilka är definierade enligt kapitel 5. Toleransen för samtliga mått är nu definierad enligt ISO standard 6182-1:2004, och alla längdmått är angivna i millimeter, istället för i både centimeter och millimeter. De definieras även som längd x bredd x höjd/tjocklek.

Den totala mängden brännbara material i testet anges genom följande tabell:

Tabell 7. 1: Brandbelastningen i det reviderade testdokumentet.

Combustible material	Item	Mass/density [kg/m <sup>3</sup> ]	Dimensions per item [mm]
Chipboard	Table plates (2)	620-650	Table A 2100x1200x22 Table B 1500x800x22
	Wall panels (4)	620-650	1800x1200x10
	Drawer unit (1)	620-650	644x400x400
	Bookshelves (2)	620-650	Shelf A 2100x400x22 Shelf B 1200x400x22
	Chair-seat (1)	620-650	380x380x10
	Chair- backrest (1)	620-650	400x200x10
Corrugated cardboard	Items on desk (33 cassettes)	See definition	Approx. A4 shape (300x 200x 100)
	Items on chair-seat (2 cassettes)	See definition	Approx. A4 shape (300x 200x 100)

#### Massivt trä

Allt material av massivt trä är ersatt med spånskiva vilket gör att denna osäkerhet elimineras.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

2. Massivt trä - benställningar, väggar, hurts, stol

#### Spånskivor

En stor del av försöksupställningen består av spånskivor. Detta medför att de osäkerheter som är behäftade med detta material kommer att öka i betydelse för slutresultatet. Materialet som ska användas definieras enligt EN 312:2003 som Part one (P1) och med densiteten 620-650 kg/m<sup>3</sup>. Detta definierar dock inte exempelvis typ av lim eller fiberinnehåll i övrigt, vilket bidrar till osäkerheten i denna parameter.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

3. Spånskivor - skrivbord

#### Datorkomponenter

Både datorskärmen och tangentbordet har tagits bort och brandbelastningen är ersatt med kassetter av wellpapp. Härmed anses denna parameter vara eliminerad. De osäkerheter som kassetterna genererar knyts till osäkerhetsparameter 5.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

4. Datorkomponenter

#### Pappersmaterial

Samtliga föremål på skivborden är ersatta med kassetter av wellpapp med måtten 300x200x100 mm. Dessa ska monteras med ståltråd och placeras symmetriskt enligt figur 7.2. Welltypen definieras som enwell 150C: 165 Eurokraft - 127 Halvkemisk fluting - 165 Eurokraft.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

5. Pappersmaterial

#### Madrassmaterial

Allt madrassmaterial har ersatts med kassetter av wellpapp varför denna osäkerhetsparameter har eliminerats.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

6. Madrassmaterial

### **7.4.2 Total brandbelastning**

I det reviderade testdokumentet anges totalt två olika typer av brännbara material. På motsvarande sätt som i kapitel 4.4.2 beräknas det högsta och det lägsta, samt medelvärdet av det totala energiinnehållet i försöksuppställningen. Eftersom samtliga mått samt densitet för respektive material angivits tidigare räknas först den totala massan för de två materialen fram samt den tillhörande toleransen. Metoden för kvantifiering av denna parameter presenteras i Bilaga B.

Den totala brandbelastningen i det reviderade testdokumentet skulle teoretiskt kunna variera mellan 2 500 MJ och 3 300 MJ, även om detta anses högst osannolikt. Medelvärdet är 2 900 MJ. Detta ger en teoretisk spridning av brandbelastningen på drygt 30 %.

Osäkerhetsparametern bedöms kvantitativt i kapitel 7.11 och benämns:

7. Total brandbelastning [MJ]- möjlig variation

### **7.4.3 Utformning försöksuppställning**

#### Benställning trä - skrivbord, stol

Samtliga benställningar av trä är ersatta med sådana av stål. Detta eliminerar risken för att skrivborden faller ihop. Denna osäkerhet anses därför vara eliminerad. Dock finns en viss osäkerhet kvar till följd av att olika utformning av benställningar tillåts.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

8. Benställning trä - skrivbord, stol

### Montering väggar

Montering av väggarna ska ske på samma sätt som tidigare men med ett tillagt funktionskrav. Väggarna ska monteras på så sätt att de inte slår sig inom 10 minuter från antändning av brännaren. Detta bedöms reducera osäkerhet i brandspridning. Tjockleken har ökat från 4 mm till 10 mm för att minska risken för att det ska brinna igenom väggarna under försökstiden. Denna åtgärd minskar även till viss del betydelsen av de termiska egenskaperna hos de obrännbara skivorna som spånskivorna är monterade mot. Dessa har definierats enligt EN ISO 1182 som Euroclass A1. Osäkerheterna här bedöms främst ligga i de intervall inom vilka de är angivna.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

#### 9. Montering - väggar

### Skrivbordens position, utformning och montering

Osäkerheter skulle kunna uppstå vid montering om bordsskivorna inte sluter tätt mot varandra, eller om hörnskrivbordet inte monteras vinkelrätt så att skillnader i luftspalten uppstår. Skrivbordet består av två spånskivor med måtten 2100x1200x22 mm samt 1500x800x22 mm. Skrivbordets ovansida ska vara 760 mm över golvet, Se figur 7.1 och 7.3.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

#### 10. Positionering, utformning och montering - skrivbord

### Stolens position, utformning och montering

Stolen placeras i linje med antändningskällan och hurtsen, se figur 7.1. Vidare tillåts brandspridning mellan bordskiva och hurts genom en 100 mm spalt. Stolens ramverk ska vara i metall samt ryggstöd och sits ska bestå av spånskiva. En dyna representeras av två liggande kassetter med wellpapp.

Osäkerheter kan fortfarande förekomma till följd av att åtgärderna inte säkerställer en tidig antändning av stolen.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

#### 11. Positionering, utformning och montering - stol

### Hurtsens position, utformning och montering

Hurtsens mått och position är specificerad både genom en figur samt med en förklarande text. Den utförs i 22 mm spånskiva. Osäkerheter i montering skulle kunna förekomma.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

#### 12. Positionering, utformning och montering – hurts

### Positionering och utformning av material på skrivbordet

Endast den enligt tidigare definierade wellpappen används till föremålen på skrivbordet. Wellpappen skärs till och monteras till kassetter, med angiven riktning på kanalerna, som sedan placeras i ett symmetriskt mönster över bordet. Detta anses reducera osäkerheter i brandspridningen och vidare underlätta skadebedömningen.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

13. Positionering och utformning av material på skrivbordet

#### 7.4.4 Storlek på uppställningen

Ett antal mått i försöksuppställningen har ändrats:

Tabell 7. 2: Sammanställning av måtten på de ingående materialen.

	<b>Reviderad försöksuppställning</b>
	Mått längd x bredd x höjd/tjocklek [mm]
Bordskiva A	2100 x 1200 x 22
Bordskiva B	1800 x 800 x 22
Väggskivor (4 st)	1800 x 1200 x 10
Hurts	644 x 400 x 400 / 22
Hylla A	2100 x 400 x 22
Hylla B	1200 x 400 x 22
Stol - sits	380 x 380 x 10
Stol - ryggstöd	400 x 200 x 10
Material på bordet	33 st kassetter 300 x 200 x 100
Material på stolen	2 st kassetter 300 x 200 x 100

Förändringarna utförs så det antingen inte påverkar brandförloppet nämnvärt, eller i vissa fall så det verkar för en ökad brandspridning enligt den övergripande idén om en något tuffare utmaning för släcksystemet i den reviderade försöksuppställningen.

#### 7.4.5 Hinder för släcksystemen

Införandet av hyllor medför samtidigt införandet av en ny osäkerhetsparameter. Osäkerheten i denna parameter bedöms främst föreligga kring montering samt vilken påverkan dessa har på respektive släcksystem.

Övriga föremål som kan utgöra ett hinder för släcksystemen är skrivborden och wellpappen i sig. Den senare kan bidra till en dold glödbrand inuti materialet.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

19. Hinder för släcksystem

*Observera att denna parameter får numreringen 19 som blir den sista i listan av osäkerheter. Anledningen till detta är att direkt kunna jämföra positioneringen av respektive parameters siffra i de båda matriserna som presenteras i kapitel 8.*

#### 7.4.6 Procedur antändning

Antändningen sker med en 300x300 mm porös gasbrännare, utförd enligt ISO 9705, som får brinna i 180 sekunder innan den stängs av. Gasen ska vara propan. Osäkerheter bedöms föreligga i främst kalibreringsmomentet.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

14. Tändkälla

## 7.5 Utvärdering av testrummet

I detta kapitel utvärderas i huvudsak kraven som ställs på lokalen i vilken försöket ska genomföras.

### Volym på försöksrummet

Inga ytterligare krav rörande försöksrummets volym är införda varför osäkerheten bedöms vara samma som i det befintliga testet.

### Temperatur i försöksrummet

Temperaturen i försöksrummet definieras nu med ett intervall och ska ligga inom  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , vilket reducerar denna osäkerhet avsevärt.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

15. Temperatur försöksrum

### Relativ fuktighet(RF) i försöksrummet

Inga ytterligare krav rörande den relativa fuktigheten i försöksrummet är införda varför osäkerheten bedöms vara samma som i det befintliga testet.

### Ventilation i försöksrummet

En maxbegränsning är införd avseende lufthastigheten i försöksrummet. Hastigheten får maximalt uppgå till 0,5 m/s. Detta bedöms reducera osäkerheten avsevärt.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

16. Ventilation

Med denna faktor menas både naturlig och mekanisk ventilation.

## 7.6 Lagring av testmaterialet

Här ställs krav på ett konditioneringsrum med en temperatur som ska ligga inom intervallet  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Den relativa fuktigheten ska hålla  $50\pm 5\%$ . Samtliga brännbara material ska konditioneras i två veckor. Ett tidskrav är även infört som reglerar tiden från då materialen tas ut ur konditioneringsrummet till dess att försöken inleds.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

17. Konditionering

I denna faktor räknas temperatur, relativ fuktighet och tid i lagerlokalen.

## 7.7 Fastställande av skadekriterier

Istället för att räkna samman arean av den förkolnade ytan av skrivborden, väggarna och föremålen på skrivbordet, delas detta upp i två kriterier. På väggar och bordsskivor räknas den förkolnade arean samman där referenstestet ska uppvisa ett resultat på cirka 50 %. Skadekriteriet för föremålen på



skrivborden är antal antända kassetter, där referenstestet även här ska uppvisa ett resultat på cirka 50 % av kassetterna. Detta bedöms förenkla tolkningen och utvärderingen av testresultaten.

## 7.8 Uppförande av försöksproceduren

I enlighet med resonemanget i kapitel 4.8 utvärderas inte en eventuell variation av den framtagna försöksupställningen.

## 7.9 Utförande av testet

Inga ytterligare krav har införts varför osäkerheten bedöms vara samma som i det befintliga testet.

## 7.10 Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat

På grund av förändringarna som nämnts i kapitel 7.7 bedöms denna osäkerhet ha reducerats.

Osäkerhetsparametern bedöms kvalitativt i kapitel 7.11 och benämns:

18. Tolkning av skadekriterier

## 7.11 Matris reviderat test

Nedan har en osäkerhetsmatris arbetats fram på samma sätt och med samma kriterier som i kapitel 4.11. Denna kommer sedan i kapitel 8 att utvärderas och jämföras tillsammans med den som tagits fram i kapitel 4. Detta gör att slutsatser kan dras om huruvida det framtagna dokumentet bidrar till en försöksupställning med mer repeter- och reproducerbara resultat.

Parametrarna är positionerade i samråd med Göran Holmstedt och Patrick van Hees, Brandteknik LTH. Motiveringen tillsammans med bedömningsmallen och sammanställningen av osäkerhetsparametrarna presenteras efter matrisen.

Påverkan (Toleransens påverkan på resultatet)

5					
4		19	18		
3	14	3, 5, 7, 10, 13, 16	9, 12		
2	15, 17	1, 11			
1	2, 4, 6, 8				
	1	2	3	4	5 Tolerans

Figur 7. 5: Matris för det reviderade testets osäkerhetsparametrar.

<b><u>Tolerans (X-axeln)</u></b>	<b><i>Vägledande kriterier</i></b>
1. Mycket väl specificerat	Definierad enligt internationell, europeisk eller amerikansk brandprovsningsstandard. Definierad med Heat Release Rate eller FIGRA-värde.
2. Väl specificerat	Definierad enligt materialstandarder annan än ur brandsynpunkt. Exempel på detta är kpc-värden. Tydlig instruktion för positionering, utformning, montering och hantering av material och komponenter. Snävt angivet intervall för tolerans/variation.
3. Specificerat med möjlighet till tolkning	Definierad genom antingen densitet eller mått och vikt. Tydlig instruktion för placering eller utförande. Tolerabelt angivet intervall för tolerans/variation.
4. Dåligt specificerat	Definitionen saknar någon eller några betydande parametrar. Specifikationen tillåter olika materialegenskaper eller typer av material. Principskiss saknar relevant information såsom skala eller mått. Oacceptabelt intervall för tolerans/variation.
5. Ej specificerat	Definitionen saknar flera betydande parametrar. Alternativt saknas definiering helt i testdokumentet.
<b><u>Påverkan (Y-axeln)</u></b>	
Toleransens påverkan på slutresultatet	<b><i>Vägledande kriterier</i></b>
1. Ingen påverkan	Parameter deltar ej i brandförloppet eller obetydlig påverkan av testresultatet och skadekriterierna.
2. Liten påverkan	Parametern är ingen nyckelparameter. Påverkar till viss del brandförloppet, testresultatet och skadekriterierna.
3. Måttlig påverkan	Parametern har potentiellt betydande påverkan på brandförloppet, testresultaten, skadekriterier eller de uppställda funktionskraven.
4. Stor påverkan	Parametern har stor påverkan på brandförloppet, testresultatet, skadekriterier eller de uppställda funktionskraven.
5. Mycket stor påverkan	Parametern är avgörande för testets repeterbarhet eller avgörande för utvärdering av testresultaten.

### 7.11.1 Motivering till parametrarnas placering

Nedan följer en kort sammanställning över motiven bakom parametrarnas placering i matrisen.

Parameter	Motivering - Tolerans	Motivering - Påverkan
1.	Tydlig instruktion för placeringen genom text och måttsatt figur.	Toleransen, som främst bedöms föreligga i handhavandemoment, skulle fortfarande kunna ha viss påverkan på testresultatet.
2.	Parametern avlägsnad från testet.	Parametern avlägsnad från testet.
3.	Materialet är specificerat enligt materialstandard med ett ytterligare krav på tillåten variation i densitet.	Utgör en stor andel av brandbelastningen i testet. Små variationer kan därför potentiellt ha betydande påverkan på testresultatet.
4.	Parametern avlägsnad från testet.	Parametern avlägsnad från testet.
5.	Materialet är specificerat enligt materialstandard med ett ytterligare krav på tillåten densitet.	Utgör en stor andel av brandbelastningen i testet. Små variationer kan därför potentiellt ha betydande påverkan på testresultatet.
6.	Parametern avlägsnad från testet.	Parametern avlägsnad från testet.
7.	Samtliga ingående brännbara material är definierade enligt materialstandarder med ytterligare krav på densitet, varför brandbelastningen bedöms ligga inom ett relativt snävt intervall.	Bedöms ha en potentiellt betydande påverkan för repeterbarheten i testet avseende brandförloppet.
8.	Parametern avlägsnad från testet.	Parametern avlägsnad från testet.
9.	Väggarna monteras med ett funktionskrav, vilket lämnar möjlighet till viss tolkning avseende monteringen.	Bedöms ha en potentiellt betydande påverkan för repeterbarheten i testet avseende brandförloppet.
10.	Tydlig instruktion för positionering och utformning både i text och med figur. Även ett funktionskrav avseende monteringen finns.	Bedöms ha en potentiellt betydande påverkan avseende brandspridningen i testet. Detta då exempelvis små variationer i storleken på luftspalten mellan bordet och väggen kan påverka brandförloppet väsentligt.
11.	Stolen är väl definierad med få ingående material. Positioneringen är tydligt specificerad i figur. Ramen är av metall, denna specificeras dock inte närmare.	Toleransen rörande stolen som komponent bedöms endast ha viss påverkan på brandförloppet eftersom endast väldefinierade referensmaterial används. Stolen bedöms inte vara en nyckelparameter då denna inte deltar aktivt i brandförloppet initialt.

12.	En tydlig anvisning för utformning samt tydliga instruktioner för positionering finns. Dock skulle en tydligare monteringsanvisning reducera toleransen ytterligare.	Den tolerans som finns avser främst handhavande och montering, vilket kan ha en potentiellt stor påverkan på brandförloppet. Detta på grund av hurtsens placering i direkt anslutning till antändningskällan.
13.	Endast ett väl definierat material finns på skrivbordet. Tydliga instruktioner för positionering, handhavande och utformning finns.	Utgör en stor andel av brandbelastningen i testet. Små variationer i framförallt positionering kan potentiellt ha betydande påverkan på testresultatet.
14.	Tändkällan är definierad enligt ISO-standard för gasbrännare.	Små variationer i effekt kan ha betydande påverkan på brandförloppet och därmed även testets repeterbarhet.
15.	Temperaturen i försöksrummet anges till $23 \pm 2$ °C enligt ISO-standard. Denna temperatur ska även hållas i konditioneringsrummet.	Temperaturen är angiven med ett snävt intervall, vilket gör att parametern endast har en viss påverkan på brandförloppet.
16.	Ventilationen i försöksrummet är specificerat till ett snävt men rimligt intervall, vilket leder till en liten möjlig tolerans.	Toleransen har en potentiellt betydande påverkan då parametern påverkar både brandspridningen och släcksystemen i olika grad.
17.	Konditionering av materialen är definierad enligt ISO-standard vilket innebär att möjligheter till likvärdigt konditionerat material finns oavsett institut.	Toleransen kan ha en viss påverkan på brandförloppet. Detta bedöms dock främst bero på handhavandemomentet där tiden från det att materialet lämnat konditioneringsrummet till dess att försöken startar, kan skilja.
18.	Definitionen rörande skadekriterierna är tydligare men lämnar fortfarande utrymme för tolkningsmöjligheter.	Tolkningsutrymme som finns avseende skadekriterierna är fortfarande stora och kan påverka testets repeter- och reproducerbarhet.
19.	Tydlig instruktion för positionering och utformning både i text och med figur. Även ett funktionskrav avseende monteringen finns.	Parameterns påverkan på brandförloppet är oklart. Den tolerans som kan föreligga avseende hinder för släcksystemen, och då främst rörande monteringen av dessa, bedöms kunna ha en stor betydelse för testets repeter- och reproducerbarhet.

Siffrorna i matris och tabell korresponderar till de tidigare nämnda källorna till osäkerheter. Numreringen av parametrarna överensstämmer med den presenterad i kapitel 4. En osäkerhetsparameter har dock tillkommit under rubriken *Utformning försöksupställning* med nummer 19.

### **Mätutrustning**

1. Termoelement

### **Brännbara material**

2. Massivt trä – benställningar, väggar, hurts, stol
3. Spånskivor - skrivbord
4. Datorkomponenter
5. Pappersmaterial
6. Madrassmaterial
7. Total brandbelastning [MJ]- möjlig variation

### **Utformning försöksupställning**

8. Benställning trä - bord, stol
9. Montering, utformning - väggar
10. Positionering, utformning och montering - skrivbord
11. Positionering, utformning och montering - stol
12. Positionering, utformning och montering - hurts
13. Positionering och utformning - material på skrivbordet
19. *Hinder för släcksystem*

### **Procedur antändning**

14. Tändkälla

### **Utvärdering av testrummet**

15. Temperatur försöksrum
16. Ventilation

### **Lagring av testmaterial**

17. Konditionering

### **Dokumentering samt tolkning och utvärdering av testresultat**

18. Tolkning av skadekriterier



## 8 Teoretisk jämförelse mellan den befintliga och den reviderade testmetoden

Den teoretiska analysen av osäkerhetsparametrarna i det befintliga testet resulterade i en matris i kapitel 4.11. Samma metod användes vid analys av det reviderade testdokumentet och resulterade i en motsvarande matris i kapitel 7.11. Dessa matriser presenteras nedan för att tydliggöra den skillnad rörande de fastställda osäkerheter som föreligger mellan det befintliga och det reviderade testdokumentet. En skillnad från matriserna i tidigare nämnda kapitel är att figurerna markeras med en färgskala från mörkgrönt till mörkrött. Färgerna kan symbolisera ett trafikljus. Grönt symboliserar mycket goda förutsättningar för repeter- och reproducerbara resultat. Rött symboliserar således mycket dåliga eller obefintliga förutsättningar och gult kan symbolisera att förutsättningarna är tolerabla men åtgärder för förbättringar bör genomföras.

Påverkan (Toleransens påverkan på resultatet)

5				6, 18	5, 7, 8, 9, 13, 14, 17
4				1, 3, 10, 12	16
3				2	4, 11, 15
2					
1					
	1	2	3	4	5

Tolerans

Figur 1: Matris för det befintliga testets osäkerhetsparametrar.

Påverkan (Toleransens påverkan på resultatet)

5					
4		19	18		
3	14	3, 5, 7, 10, 13, 16	9, 12		
2	15, 17	1, 11			
1	2, 4, 6, 8				
	1	2	3	4	5

Tolerans

Figur 2: Matris för det reviderade testets osäkerhetsparametrar

En jämförelse mellan de båda matriserna visar tydligt att osäkerheterna för de identifierade parametrarna kraftigt reducerats i det reviderade testdokumentet i jämförelse med det befintliga. Matriserna visar tydligt att det befintliga testets förutsättningar för repeter- och reproducerbara resultat är nära obefintliga, och att förutsättningarna för detta kraftigt ökats i det reviderade förslaget. Dock har flertalet parametrar i det reviderade förslaget hamnat i gult fält vilket innebär att vissa osäkerheter fortfarande föreligger och kan komma att ytterligare behöva studeras.

Se vidare i kapitel 11 och 12 för synpunkter och förslag på vidare forskning som ytterligare kan reducera dessa källor till osäkerhet.





## 9 Sammanfattning försök

Ett antal försök har utförts för att optimera och validera den försöksuppställning som är framtagen i bilaga A. I brandlaboratoriet på Brandteknik LTH, utfördes materialtest som omfattar olika sorters wellpapp, papper och böcker. Dessa testades både i laboratoriets möbelkalorimeter och i dess konkalorimeter. Dessa försök är utförligt beskrivna i bilaga C.

Vidare har försök gjorts på MSB:s skola i Revinge (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, tidigare Räddningsverket), där brandspridningen över drygt hälften av de ingående brännbara materialen analyserats genom temperaturmätningar och videoupptagningar. Dessa försök är utförligt beskrivna i bilaga D.

Ett antal slutsatser kunde dras utifrån de gjorda försöken. Nedan redovisas de övergripande och mest betydande för utkomsten av rapporten. För samtliga slutsatser hänvisas till respektive bilaga.

### 9.1 Materialtest

Materialtesten syftade till att finna ett referensmaterial med sådana egenskaper att det skulle kunna ersätta den mängd material på skrivbordet som beskrivs i det befintliga testet. Vidare eftersöktes ett material som är internationellt tillgängligt och där materialstandarder finns. Baserat på dessa förutsättningar genomfördes en mängd försök med wellpapp av olika kvalitéer samt med böcker och skrivarpapper.

Inledningsvis genomfördes visuella försök där materialen fick brinna fritt under en möbelkalorimeter.

Baserat på de visuella slutsatser som drogs valdes ett antal material ut för att testas i en konkalorimeter. Dessa försök syftade till att kontrollera repeterbarheten hos materialen rörande antändningstid och antändningstemperatur, samt att testa reproducerbarheten inom och mellan olika producenter. Vidare syftade försöken till att skapa ett underlag för att kunna definiera materialet på ett tillfredsställande sätt.

Slutligen genomfördes försök med en väl definierad wellpapp.

#### 9.1.1 Slutsatser materialtest

Efter de visuella studierna kunde följande slutsatser dras:

- Wellpapp verkar generellt bete sig ungefär likvärdigt med framförallt kontorspapper. I jämförelse med böcker, med den antändningsprocedur som användes, så brinner wellpappen betydligt bättre.
- Det finns skillnader avseende brandförloppen mellan de olika welltyperna varför en tydlig specificering av materialet krävs.
- Ensidig wellpapp väljs bort på grund av att det inte är formstabil, vilket lämnar onödiga frihetsgrader i försöksuppställningen.
- En annan viktig upptäckt är att brandförloppet i materialet skiljer sig stort om materialet hålls samlat eller får veckla ut sig som en bukett upptill. Även åt vilket håll vågprofilen riktas

ger en viss skillnad i brandförloppet. Lösningar på denna problematik är att wellpappen hålls samman med företrädevis ståltråd samt att riktningen på vågprofilen anges.

- C-well är den welltyp, efter ensidig well, som bäst representerar ett likvärdigt brandförlopp med framförallt kontorspapper. Därför valdes en wellpapp definierad som C-well EUPS code: Board 60 ut för att testas i konkalorimetern.

Efter försök i konkalorimetern kunde följande slutsatser dras:

- C-well med ovan nämnda definiering från två olika företag ger mycket repeterbara resultat var för sig, däremot skiljer sig framförallt antändningstiden mellan företagen åt. Detta betyder att wellpappen måste definieras ytterligare.
- Resultaten från båda företagens wellpapp jämfört med både kontorspapper och böcker ligger inom samma intervall, varför det bedöms som acceptabelt att använda en väldefinierad wellpapp som referensmaterial.

Ovanstående slutsatser ledde fram till att wellpappen definierades i samråd med sakkunnig vid SCA som enwell 150C:

165 Eurokraft (planskikt) - 127 Halvkemisk fluting (vågskikt) - 165 Eurokraft (planskikt).

Siffrorna i definitionen anger ytvikten på papperet  $g/m^2$ . C-well innebär att våghöjden är cirka 3,6 mm, och inklusive planskikt blir wellpappen omkring 4 mm tjock. Våglängden är cirka 7,7 mm. Eurokraft innebär att ett returfiberbaserat papper används i basen med nyfiber i toppskiktet. Planskiktet är i detta fall i två lager, med returfiber i det ena lagret och nyfiber i det andra. Halvkemisk fluting, HK, är vågskiktet som består av nyfiberbaserat papper.

Att ersätta samtliga material på skrivborden med den definierade welltypen bedöms kunna reducera den totala osäkerheten avsevärt. Om dessutom riktning på kanalerna i wellpappen samt formen på de monterade kassetterna tydligt definieras, bedöms även brandspridningen kunna homogeniseras i den slutgiltiga försöksupställningen.

Ett sätt att ytterligare specificera detta material skulle kunna vara genom att ange en effektutvecklingskurva. Tillgång till lämplig utrustning för detta saknades vid Brandteknik, LTH varför detta lämnas som en viktig punkt för vidare forskning.

## 9.2 Halvstorleksförsök Revinge

Försöken ägde rum i en container utomhus vilken endast rymde drygt hälften av försöksupställningen. Totalt genomfördes fyra försök där de sista tre var med identisk uppställning.

Syftet med dessa var främst att verifiera den reviderade försöksupställningens repeterbarhet avseende brandspridning. Vidare kontrollerades möjligheterna för att försöksupställningen skulle kunna monteras på ett sådant sätt att ett tidskrav på 10 minuter kunde införas.

### 9.2.1 Slutsatser försök Revinge

Efter de utförda försöken kunde följande slutsatser dras:

- Materialen ska vara noggrant konditionerade.
- Omgivningsparametrar såsom temperatur och ventilation har stor påverkan på resultatet varför detta kräver en definiering.
- Det madrassmaterial som föreskrivs i det befintliga testet tas bort på grund av dess egenskap att smälta vid värmepåverkan, vilket genererar stora osäkerheter i brandspridningsförloppet. Endast två ingående material behövs, och ska användas.
- Ett tidskrav kan och måste ställas på monteringen av framförallt hyllorna som säkerställer att de inte faller ner för tidigt.

### 9.3 Sammanfattande diskussion försök

Med tanke på de osäkerheter i konditionering och omgivningsparametrar som förelåg vid försökstillfällena på Revinge skedde brandspridningen över uppställningen relativt symmetriskt. Med ett fåtal undantag bland kontrollpunkterna antände dessa inom ett rimligt intervall inom respektive försök, se bilaga D. Däremot skiljde sig de olika försöken åt vilket antas bero på att försöken utfördes i en container utomhus.

De försök som utförts visar att valda material och vald uppställning skulle kunna bidra till ett mer repeter- och reproducerbart brandförlopp. Dock bör nedanstående åtgärder införas i det nya testdokumentet:

- Fler försök med referensmaterialen bör genomföras. Exempelvis bör reproducerbarheten säkerställas mellan olika företag och länder.
- De definierade referensmaterialen bör ytterligare definieras med effektutvecklingskurva för ökad reproducerbarhet.
- Fritt brinnande fullskaleförsök bör genomföras i laboratoriehall med den reviderade försöksuppställningen för att ytterligare verifiering.



## 10 Slutsatser

- De osäkerheter som föreligger gör att testet i sin nuvarande form är oacceptabelt med avseende på möjligheten till repeterbara resultat.
- Arbetet med repeter- och framförallt reproducerbarheten måste komma mycket längre innan testet kan övervägas som EN-standard. Rapportens förslag på testdokument är att ses som ett första steg i förbättringsprocessen av testet.
- Med det reviderade testdokumentet har en modellsyn införts på kontorstestet. Detta innebär att endast två brännbara material ingår i försöksuppställningen, vilka placeras symmetriskt och är väl definierade.

Åtgärderna medför en avsevärd reduktion av osäkerheterna som är förknippade med det befintliga testdokumentet. Detta har verifierats både teoretiskt och genom praktiska försök. Dock återstår ett relativt omfattande försöksarbete innan det reviderade testdokumentet kan antas.

- Denna metod att utvärdera och förbättra en försöksmetod är relativt generell och skulle kunna appliceras vid utvärdering och förbättring av andra försöksmetoder.



## 11 Diskussion

Den övergripande metod som använts baseras på dels teoretiska resonemang med beräkningar och dels genom praktiska försök. Detta tillsammans är tänkt att skapa en bas för att kunna komma fram till en förbättrad testmetod.

Strukturen i analyskapitlen 4, 5 och 7 har följt den mall som CEN- kommittén använder för framtagande av liknande försöksmetoder. Däremot är den avslutande delen i dessa kapitel, det vill säga matrisavsnittet, författarnas egen modell för att på ett halvkvantitativt sätt försöka uppskatta storleken på de osäkerheter som finns. Denna modell har tagits fram i brist på befintliga, och för ändamålet relevanta alternativ. Eftersom modellen inte är utprovad tidigare kan det finnas brister i strukturen, vilket kan leda till att den inte är heltäckande. Vidare skulle det kännas mer bekvämt för författarna om tid fanns för en större förankring av den skala som matrisen baseras på, genom fler expertutlåtanden.

De praktiska försöken, som innefattade cirka hälften av den totala brandbelastningen, utfördes utomhus i en container avsedd för brandförsök. Följden av detta blev att släcksystemens inverkan hamnade utanför arbetets avgränsning, samt att betydande osäkerheter infördes. De största osäkerheterna som förelåg bedöms vara de väderberoende faktorerna, bristfälligt konditionerade material, återstrålning från väggar och tak samt den fukthalt som containern hade efter släckning av föregående försök. Trots detta visade resultaten av försöken relativt repeterbara resultat vilket förvissar författarna om att de åtgärder som införts är steg i rätt riktning.

Under arbetets gång har ett stort antal diskussionspunkter kommit upp och fler relevanta arbetsuppgifter skulle kunna mångdubbla arbetsinsatsen. En del av dessa har resulterat i direkta åtgärder i det reviderade testdokumentet medan vissa har lämnats som just diskussionspunkter eller förslag till vidare forskning. Nedan följer de resonemang som förts och som skulle kunna bidra till ytterligare förbättringar av testet.

- För att säkert kunna avgöra repeter- och reproducerbarheten i försöksuppställningen krävs dels försök i fullskala inklusive släcksystem, men också en längre serie av försök utan släcksystem. Det krävs även andra resurser i form av en laborationshall med kontrollerbara omgivningsparametrar, såsom ventilation och temperatur. Även konditioneringsrum krävs där allt ingående brännbart material kan lagras under föreskriven tid för att få tillfredsställande noggrannhet i resultaten.
- Försöksuppställningen är utformad så att det enkelt går att korrigera den ingående brandbelastningen. Skulle det visa sig, efter försök som inkluderar släcksystem, att brandförloppet behöver korrigeras är detta alltså möjligt utan att de grundläggande förutsättningarna ändras. Ett annat enkelt sätt att påverka brandförloppet i den riktning som önskas är att reglera effekten på antändningskällan. Försöksuppställningen och sprinklersystemet ska vara så utformat att cirka 50 % av brandbelastningen skadas vid korrekt manövrerad referenssprinkler.
- Vid definiering av ett referenssprinklersystem måste en sådan typ användas, att alla institut ges tillgång till denna. Dessutom kan ett resonemang föras kring aktivering av släcksystemet. Vid automatisk utlösning anser författarna att ett RTI-värde måste definieras. Vidare kan ett

resonemang föras om vilken aktiveringsmetod som är lämpligast. Både det befintliga och det reviderade testdokumentet föreskriver automatisk aktivering, medan det kan finnas fördelar med ett manuellt aktiverat system.

- Den skiss som arbetats fram avseende termoelementens och släcksystemens placering i förhållande till resterande försöksuppställning är att se som ett första utkast. Ett resonemang bör även föras om fler termoelement ska införas. Till exempel skulle utplacerade termoelement på undersidan av skrivbordet kunna bidra till en mycket mer noggrann bedömning av skadekriteriet, med avseende på vad som är förkolnat och vad som endast är sotigt.
- Vid försöken i Revinge samt från videoupptagningarna från tidigare utförda test noterades att stolen är en källa till osäkerhet. Tid till antändning av denna skiljde sig relativt mycket åt mellan försöken. De åtgärder som gjorts i det reviderade testdokumentet är att placera stolen närmre antändningskällan, samt att endast använda metall och referensmaterial i konstruktionen. En diskussion kan föras om denna ska tas bort helt eller ersättas av något annat.
- Skadekriterierna som testdokumenten föreskriver behöver utredas mer. Till exempel skulle hela försöksuppställningen kunna placeras under en möbelkalorimeter. Detta skulle generera ett betydligt bättre underlag för utvärderingen av släcksystemen, då man på ett exakt sätt kan mäta hur mycket material som har förbränts genom mätning av syrgaskoncentrationen i brandgaserna. Andra skadekriterier som skulle kunna utvärderas är de vattensador som släcksystemet genererar. Detta skulle till exempel kunna utformas som en högsta tillåtna vattenmängd. Detta skulle också bidra till en kontroll av att försöksuppställningen är repeterbar och reproducerbar.
- De brännbara materialen och komponenterna skulle kunna specificeras på ett mycket mer noggrant sätt. Till exempel skulle ett krav på en effektutvecklingskurva med ett visst intervall införas för de enskilda komponenterna. Bland annat de enskilda kassetterna, hurtsen och spånskivorna.
- De förändringar som gjorts innebär att försöksuppställningen enbart består av cellulösabaserade material. Dock bedöms brandbelastningen vara tillräckligt stor för att kunna representera ett troligt värsta scenario tillsammans med de åtgärder som införts, i syfte att få en större del av brandbelastningen att delta. Generellt sett innebär fler material en potentiell större osäkerhet, men kan man finna ett repeterbart formstyvt plastmaterial skulle detta kunna övervägas att införa.
- All montering av försöksuppställningen är i det reviderade testdokumentet skärpt med ett funktionskrav. Skulle det visa sig att detta inte är tillräckligt är en möjlighet att detaljstyra denna parameter. Till exempel skulle väggarnas montering anges med ett 250x250 mm raster över ytorna som anger infästningspunkterna där skruvarna ska placeras.



## 12 Förslag på vidare forskning

- Rapporten lämnar en del att önska i form av ytterligare validering av försöksuppställningen. Därför föreslås att en serie fullskaliga tester, både med och utan släcksystem, utförs i en för ändamålet anpassad laborationshall. För att kunna utvärdera och säkerställa metodens reproducerbarhet bör även en samkalibrering mellan ett antal institut utföras. Detta bör ske innan metoden kan antas som en för Europa gemensam standard.
- De skadekriterier som i nuläget används i denna typ av tester lämnar ett, enligt författarna, för stort utrymme för tolkning. Därför föreslås en utredning om vilka alternativa metoder för bedömning av skador som skulle kunna vara tillämpbara.



## 13 Referenser

### Litteratur:

Arvidson, M., Hertzberg, T. (2001). *Släcksystem med vattendimma - en kunskapssammanställning*. Brandforsk projekt 509-991, SP Rapport 2001:26, Borås.

Arvidson, M. (1999). *An intermediate scale comparison between the FMRC and the EUR Standard Plastic commodities*. SP Report 1999:30, Borås.

Arvidson, M., Larsson, I. (2001). *Residential Sprinkler and High- Pressure Water Mist Systems-Tests in a living room scenario*. SP Rapport 2001:16, Borås.

Arvidson, M., Axelsson, J., Hertzberg, T. (2008). *Large-scale fire tests in a passenger cabin*. SP Report 2008:33, Borås.

Axelsson, J., Andersson, P., Lönnermark, A., Van Hees, P., Wetterlund, I. (2001). *Uncertainties in measuring heat and smoke release rates in the room/corner test and the SBI*. SP Report 2001:04. SP Swedish National Testing Research Institute, Borås.

Brandt, D. (2008). *Containerboard World*. SCA print and Supply Chain Solutions, Diegem.

Brehob, E.G., Kim, C.I., Kulkarni, A.K. (2001). *Numerical model of upward flame spread on practical wall materials*. Fire Safety Journal. 36, 225-240, Elsevier.

CEN (2003). *EN 312:2003 Particleboards Specifications*.

CEN (2004). *EN 12845 Fixed firefighting systems. Automatic sprinkler systems. Design, installation and maintenance*.

CEN (2008). *CEN/TS 14972:2008 Fixed firefighting systems - Watermist systems - Design and installation*.

Drysdale, D. (2004). *An introduction to fire dynamics*. (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.

FIA (2008). *FIA Code of Practice for the Design and Installation of Commercial and Industrial Watermist Systems*. Surrey: Fire Industry Association.

Harada, T. (2001). *Time to Ignition, Heat Release Rate and Fire Endurance Time of Wood in Cone Calorimeter Test*, Fire and materials, Fire mater. 25, 161-167. Ibaraki: Forestry and Forest Products Research Institute.

Hertzberg, T. et al. (2004). *Vattendimma: Teori, fysik, simulering*. Brandforsk projekt 514-021, SP Rapport 2004:15, Borås.

Huggett, C. (1980). *Estimation of rate of heat release by means of oxygen consumption measurements*. Fire and Materials.

- Paulsen-Husted, B. (2007). *Experimental measurements of water mist systems and implications for modelling in CFD*. Lund: Lund University.
- IMO. (2008). *Amendments to the revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in solas regulation II-2/12 (RESOLUTION A.800(19))*
- ISO. (1994). *ISO 5725-1:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions*.
- ISO. (2004). *ISO 6182-1:2004 Fire protection – Automatic sprinkler systems - Part 1: Requirements and test methods for sprinklers*.
- ISO. (2002) *ISO 1182:2002 Reaction to fire tests for building products - Non-combustibility test*
- Karlsson, B., Quintiere, J-B. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton: CRC Press.
- Khan, M., de Ris, J-L. (2002). *Ignition behavior of hygroscopic materials in humidity controlled environments in small-scale test apparatus*. Norwood, MA: FM Global.
- Madrzykowski, D., Stroup, D. W. (2008). *Flammability Hazard of materials*. Volume 1; Chapter 3 - Section 2. Quincy, MA: NFPA.
- NFPA. (2002). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd ed.). Quincy, MA: NFPA.
- NFPA. (2006). *NFPA 750 Standard on water mist fire protection systems*.
- Ohlemiller, J.T., Mulholland, G.W, Maranghides, A., Filliben, J.J., Gann, R.G. (2005). *Fire Tests of Single Office Workstations*. NIST NCSTAR 1-5C, National Institute of Standards and Technology.
- SBF. (2004). *SBF 120:6 Regler för automatiskt vattensprinklersystem*. Stockholm: Svenska Brandskyddsföreningen.
- SIS. (2004). *SS-EN 12845: 2004. Brand och räddning – Fasta släcksystem – Automatiska sprinklersystem – Utförande, installation och underhåll*. Stockholm: SIS.
- Särdqvist, S. (2006). *Vatten och andra släckmedel*. (2:a uppl.). Räddningsverket.
- UL. (2004). *UL 2167 Standard for Safety Water Mist Nozzles for Fire Protection Service*.
- Walters, N-R. (2001) *Heats of combustion of high temperature polymers*. New Jersey: Galaxy Scientific Corporation.
- Wighus, R. (2002). *Water Mist versus Sprinklers and Gas Fire Suppression Systems –Differences and Similarities*. Norway: SINTEF NBL.
- Wighus, R. (2006). *Progress in European standardization work on land-based use of water mist*. Norway: SINTEF NBL.
- Wighus, R. (2008). *Ekvivalente systemer for brannbekjempelse i bygninger- en utredning*. Norway: SINTEF NBL.

## **Elektroniska källor**

CEN- A success story, <http://www.cen.eu/cenorm/aboutus/how/censuccessstory2009.pdf>  
[Hämtad 2009-05-07]

End Use Performance Standard (EUPS)  
[http://www.bfsv.de/Eups/Website/eups\\_website/frameie.html](http://www.bfsv.de/Eups/Website/eups_website/frameie.html)  
[Hämtad 2008-10-31]

History of fire sprinkler systems, <http://www.apifiregroup.com/firesprinkler/sprinkler-history.html>  
[Hämtad 2009-05-02]

FEFCO-ESBO (2009). *International fibreboard case code*.

National Fire Protection Association, history,  
<http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=500&itemID=18020&URL=About%20Us/Overview/History> [Hämtad 2009-05-07]

SP (2009). SP Fire Database.

Svenska Wellpappföreningen, <http://www.svenskwellpapp.se/>  
[Hämtad 2008-10-31]



## Bilaga A. Förslag till förnyad testmetod

---

Denna bilaga innehåller en reviderad version av CEN/TS 14972, Annex A.3 där samtliga åtgärder är införda. Strukturen i detta kapitel skiljer sig från övriga kapitel eftersom text, språk och rubriksättning är anpassat så att versionen nedan direkt ska kunna ersätta den nuvarande. Delar av dokumentet faller utanför examensarbetets avgränsningar såsom hur släcksystemen ska dimensioneras och utformas. I kapitel A 3.3.1, A 3.3.2.1-A 3.3.2.3 samt A 3.3.2.5 har inga ändringar gjorts. Vissa förslag till åtgärder diskuteras dock i kapitel 11 *Diskussion*.

### A.3 Fire test protocol for office occupancies of ordinary Hazard Group 1

#### A 3.1 General

This test method is intended for evaluating the fire performance of water mist systems equivalent to the fire performance of a sprinkler system for office and school occupancies belonging to Ordinary Hazard 1, as defined in EN 12845.

The test protocol is applicable to ceiling mounted automatic nozzles to be used in unlimited volumes with a minimum hydraulic demand area of 72 m<sup>2</sup> or 4 nozzles in any case whichever requires the most water and a minimum duration in accordance with EN 12845. The test protocol is applicable for horizontal, solid, flat ceilings with heights of 2 m and above, up to the maximum ceiling height tested.

The purpose of the test protocol is to ensure an equivalent level of firefighting performance for the water mist system in the test as described in this Annex, as compared to sprinkler systems installed in accordance with EN 12845.

The thorough specification and the symmetry of the test setup improve both repeatability and reproducibility of the test procedure. It also facilitates the process of evaluating the test results.

All measurements are in millimeter with the dimensions, length x width x height/thickness.

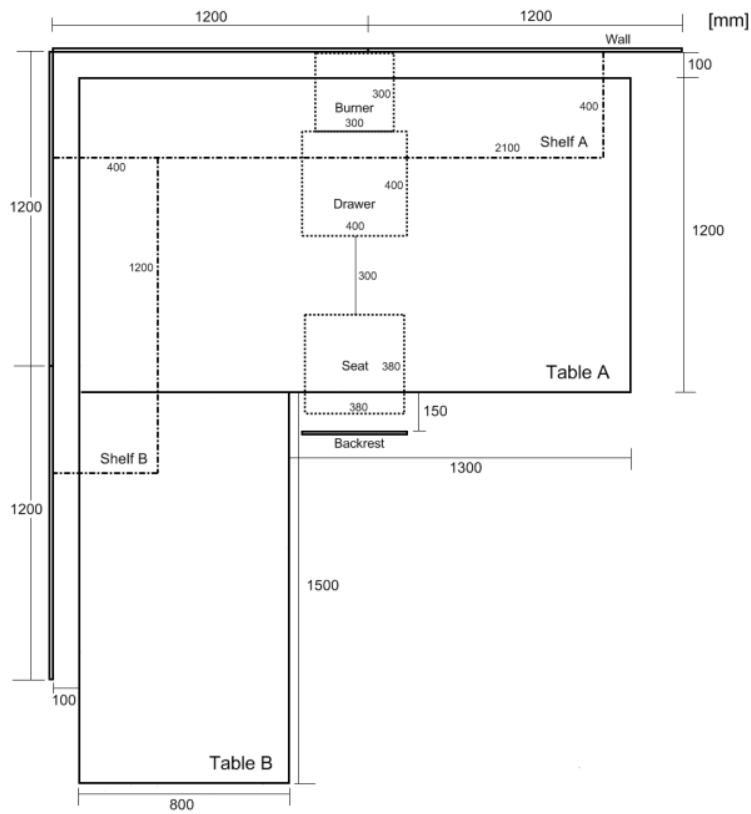


Figure A. 1: Test setup seen from above. Combustible items on the table plates and chair are not included.

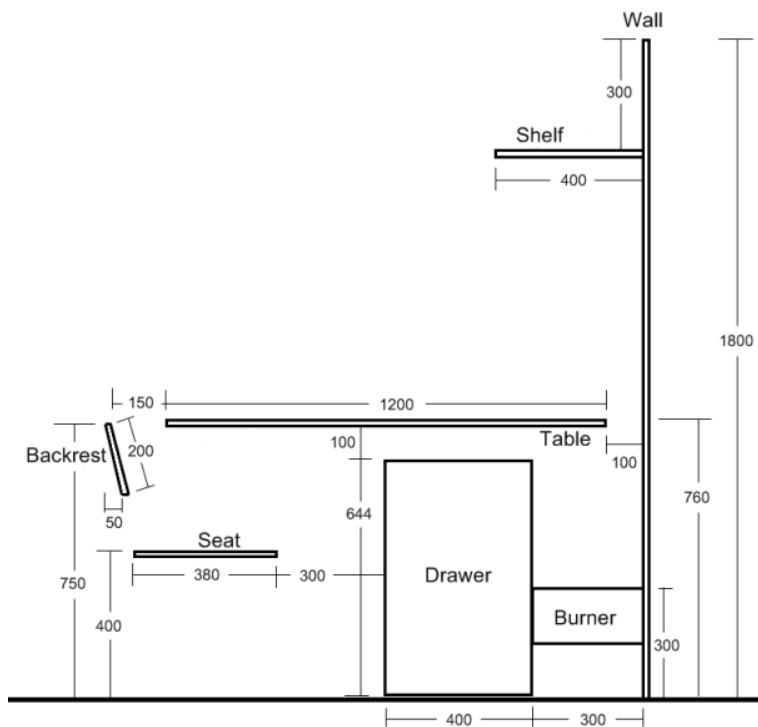


Figure A. 2: Test setup seen from the side. Combustible items on the table plates and chair are not included.



## A 3.2 Office fuel package

### A 3.2.1 General

The fuel package is intended to be a model of a realistic worst case fire load in an office. The geometry of the fuel package implies both horizontal and vertical spray shielding and substantial potential for fire growth beyond the initial sprinkler operation. The choice of well defined corrugated cardboard and chipboard as reference materials reduces the uncertainties to internal properties such as handling of the material, water content and density. It also secures access to the specific materials independent of producer. The cardboard is to be cut and mounted into cassettes to facilitate the handling of the material and to reduce uncertainties due to movements within the material.

The type of corrugated cardboard that shall be used is defined as:

- 150C, 165 Eurokraft - 127 Semi-chemical fluting- 165 Eurokraft

The type of chipboard that shall be used is defined according to the EN-standard with an added demand on density of the material.

- EN 312:2003 Type P1 with density 620-650 kg/m<sup>3</sup>

The fuel package consists of the following elements:

- A desk with metal frame including table plates made of chipboard
- One chair with metal frame
- One drawer unit made of chipboard
- Cassettes of corrugated cardboard representing files, books and office papers
- Two walls made of chipboard
- Two shelves made of chipboard

The definition of each individual component shall be as listed in table A.2. The numbers in the brackets display the number of each item that is included in one test setup.

**Table A. 1: Office fire load**

Combustible material	Item	Mass/density [kg/m <sup>3</sup> ]	Dimensions per item [mm]
Chipboard	Table plates (2)	620-650	Table A 2100x1200x22 Table B 1500x800x22
	Wall panels (4)	620-650	1800x1200x10
	Drawer unit (1)	620-650	644x400x400/22
	Bookshelves (2)	620-650	Shelf A 2100x400x22 Shelf B 1200x400x22
	Chair-seat (1)	620-650	380x380x10
	Chair- backrest (1)	620-650	400x200x10
Corrugated cardboard	Items on desk (42 cassettes)	See definition	Approx. A4 shape (300x200x100)
	Items on chair-seat (2 cassettes)	See definition	Approx. A4 shape (300x200x100)

The tolerance of the dimensions shall be in accordance with the ISO standard 6182-1:2004;

- Length 2%;
- Temperature 5% of value.

### A 3.2.2 Conditioning of the fuel load

The combustible items shall be conditioned for two weeks in a conditioning room with the following properties:

- Relative humidity  $50\pm 5\%$
- Temperature  $23\pm 2$  °C

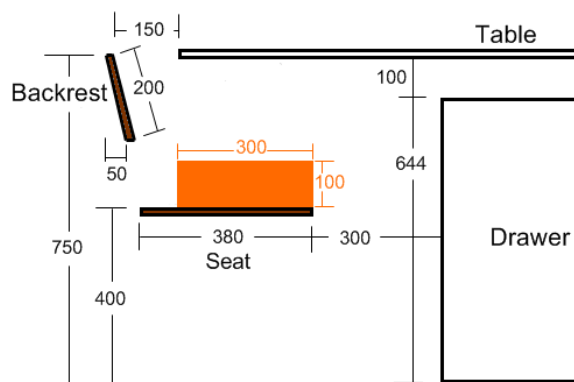
The test shall be initiated within 30 minutes after the combustible items have been extracted from the conditioning room.

### A 3.2.3 Desk

The desk shall consist of two metal frames, on which two plain uncoated 22 mm thick chipboard plates are mounted. The diameter of the metal components shall not exceed 40 mm to enhance the reproducibility in flame spread underneath the table plates. Table A measures 2100x1200x22 mm, and table B measures 1500x800x22 mm. The upper side of the desk shall be 760 mm above floor level. There shall be a 100 mm spacing between the walls and the chipboard plates, see figure A.1 and A.2, to improve vertical flame spread. The desk is not allowed to fall or severely deform within 10 minutes from ignition of burner.

### A 3.2.4 Chair

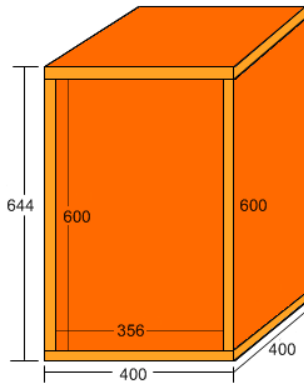
The chair shall consist of a metal frame where two pieces of chipboard are mounted, one as a horizontal seat, 380x380x10 mm, and one as a backrest 400x200x10 mm. The chair shall be centered with respect to table A and the front edge of the chair shall be positioned 300 mm from the wooden drawer, see figure A.1 and A.2. Flush with the front edge of the chair seat there shall be mounted two cassettes of corrugated cardboard, see figure A.3.



*Figure A. 3: Chair from the side. The orange represents the cassettes of corrugated cardboard. See description of these cassettes under section A 3.2.6.*

### A 3.2.5 Wooden drawer unit

The drawer unit shall be made of 22 mm chipboard and shall have the measures of 644x400x400 mm, see figure A.4. The unit shall be placed centered with respect to table A and in conjunction with the burner, see figure A.1 and A.2. Four steel supports shall be mounted to the bottom of the drawer to give the required distance of 100 mm, with respect to table A.



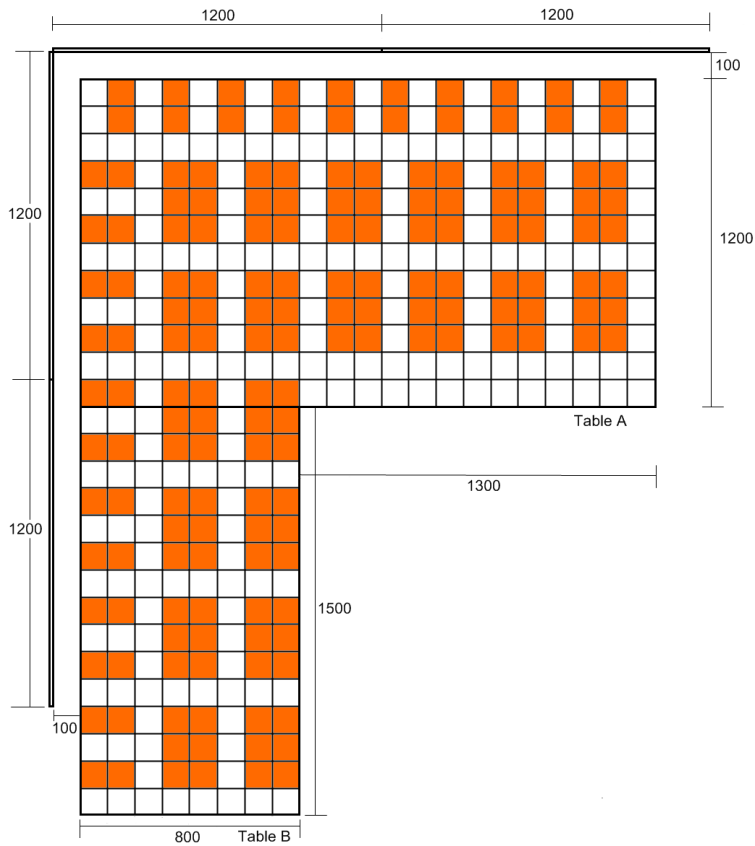
*Figure A. 4: The wooden drawer unit with measurements of all individual chipboard plates.*

### A 3.2.6 Items on the table

The combustible items on the table shall consist of corrugated cardboard mounted into cassettes with the dimensions 300x200x100 mm. The cassettes shall be fixed with wire, see picture A.1, and be symmetrically placed in accordance with figure A.5. The symmetry improves repeatability in the flame spread. The grid on the tables makes 100x100 mm squares.



*Picture A. 1: Cassettes of corrugated cardboard fixed with wire.*



**Figure A. 5: Layout of the combustible items on the table. In total 42 cassettes are placed on the table.**

### **A 3.2.7 Wooden shelves**

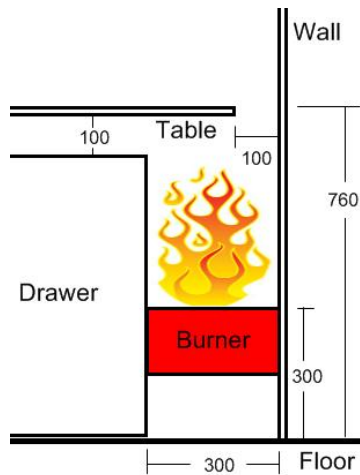
Two shelves made of chipboard shall be mounted on the walls, see figure A.1 and A.2. Shelf A measures 2100x400x22 mm and Shelf B measures 1200x400x22 mm. The units shall be placed horizontally 1500 mm above the floor and should be connected to each other. The shelves are not allowed to fall down within 10 minutes from ignition of the burner.

### **A 3.2.8 Walls**

The walls shall stand on the floor and be made of four chipboard plates measuring 1800x1200x10 mm. Each wall shall extend 2400 mm from the corner, and as given in chapter A.3.2.3 there shall be 100 mm spacing between the walls and the table plates. The wall panels shall be attached to solid non-combustible plates with equivalent measures as the wall panels. The non-combustible plates shall be of Euroclass A1 according to EN ISO 1182. The walls are not allowed to bend or twist within 10 minutes from ignition of burner.

### **A 3.2.9 The ignition source**

The ignition shall be accomplished by a porous propane gas burner measuring 300x300 mm in accordance with ISO 9705. The heat release rate of the burner shall be 50 kW. The burner shall be placed centered with respect to table A. The top of the burner shall be placed 300 mm off the floor flush with the drawer on one side and the wall on the opposite side, see figure A.6. The burner shall be ignited and operated for 180 seconds and then shut off.



*Figure A. 6: The position of the gas burner with respect to the drawer unit and the wall.*

### **A 3.3 Reference sprinkler system**

#### **A 3.3.1 General**

The sprinkler system used in the reference tests shall be characterized as follows:

*Table A. 2: Definition of reference sprinkler system*

Classification:	Ordinary Hazard 1
Water flux:	5 mm/m <sup>2</sup>
Protected area per sprinkler:	12 m <sup>2</sup>
Sprinkler arrangement:	Square grid (4,0 m spacing)
Sprinkler type:	Pendent spray sprinkler in accordance with EN 12259-1, surface mounted on the ceiling with a flat escutcheon
Thermal sensitivity:	Special response as specified in EN 12845
Nominal K-factor:	80
Temperature rating:	68°C

These values represent the minimum values specified in EN 12845. Should that European standard be modified, the specifications listed above shall be modified accordingly.

The water supply shall be capable of supplying a flow rate of at least 300 l/min at an operating pressure of 0,56 bar.

#### **A 3.3.2 Test protocol**

##### **A 3.3.2.1 General**

The test with the water mist system shall be conducted at a maximum ceiling height, maximum spacing and minimum discharge condition. The system shall be installed in accordance with the manufacturer's design and installation manual, reflecting the maximum allowed time delay of water pressure build up of the system. An evaluation test of the worst case water mist configuration shall be conducted.

#### **A 3.3.2.2 Reference sprinkler tests**

The sprinkler system shall be pressurized to be capable of supplying 0,56 bar immediately after operation of the first sprinkler. Upon activation of the first sprinkler, the flowing water pressure shall be maintained at a system operating pressure of 0,56 bar.

The water flow shall be shut off 30 minutes after the activation of the first sprinkler. Any remaining fire shall be manually extinguished and the fire damages shall be recorded.

#### **A 3.3.2.3 Water mist system tests**

The tested system shall either be:

1. Pressurized to its minimum operating pressure specified by the manufacturer. Upon activation of the first nozzle, the flowing water pressure shall be maintained at the minimum operating pressure for systems using a constant operating pressure. For systems with non constant operating pressure the pressure characteristics used in the test shall resemble the conditions of a real installation when supplying the required 72 m<sup>2</sup> and shall resemble the last 30 minutes of the operating time of the system.
2. Pressurized to the minimum stand-by pressure specified by the manufacturer. Upon activation of the first nozzle, the flowing water pressure shall be gradually increased to the minimum operating pressure, specified by the manufacturer. The delay time until the minimum operating pressure is reached shall correspond to the delay time expected in an actual installation.

The water flow shall be shut off 30 minutes after activation. Any remaining fire shall be manually extinguished and the fire damages shall be recorded.

#### **A 3.3.2.4 Test arrangement**

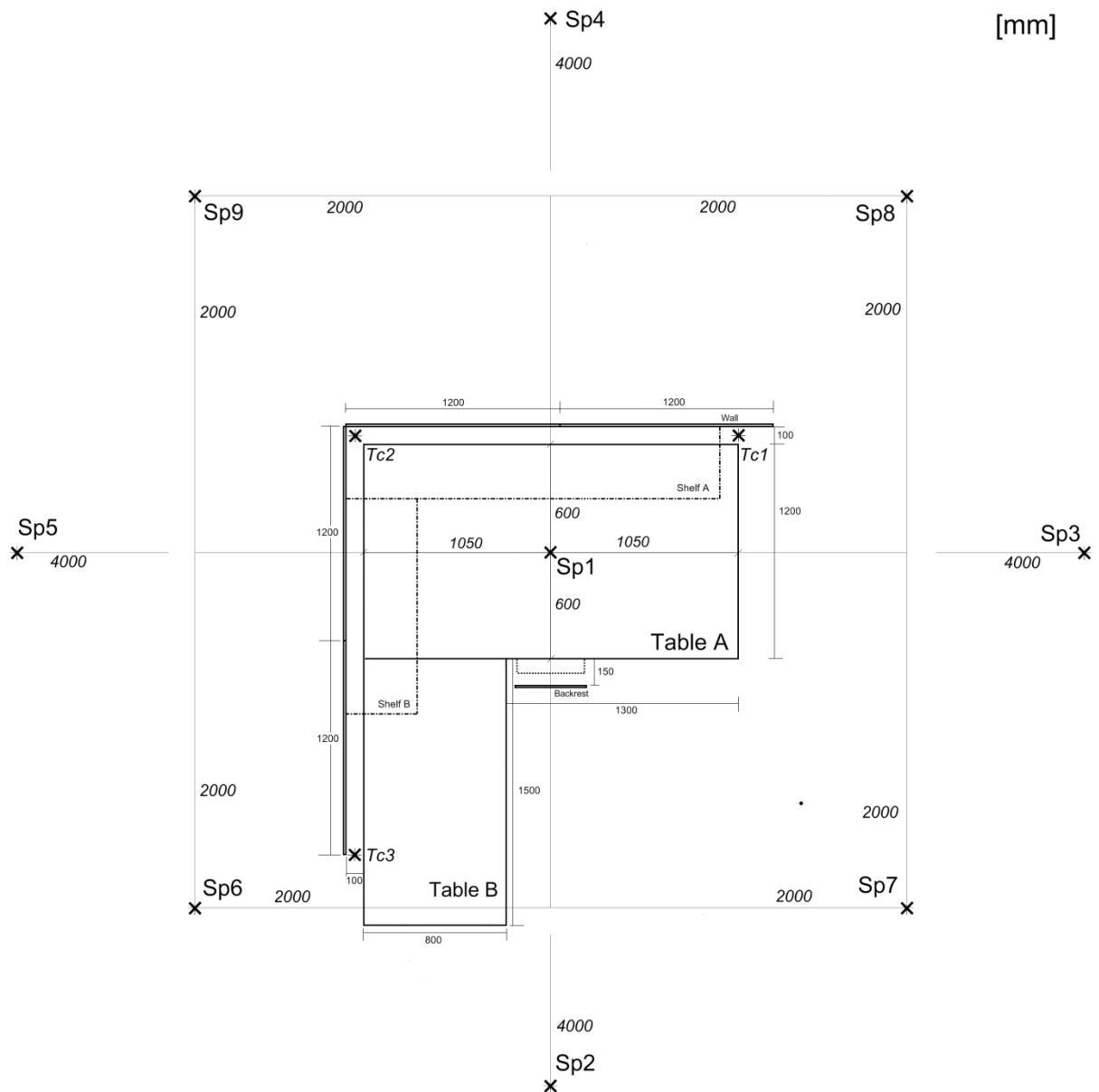
The test program shall involve tests with one nozzle positioned above the center of table A and tests with four nozzles positioned with maximum spacing with respect to the center of table A. The nozzle grids shall be installed as shown in figure A.7. Nine nozzle locations shall be used, which are denoted as Sp1 to Sp9. The location of Sp1 is fixed and it is directly above the center of table A. The other locations depend on the spacing specified by the manufacturer, but their symmetry shall be in accordance with figure A.7.

The test facility shall keep a temperature of 23± 2°C and have a maximum ventilation or airspeed at 0,5 m/s. The facility shall also have a minimum ceiling area of 80 m<sup>2</sup> that shall be positioned minimum 1 meter from ceiling rim to test facility wall.

If these conditions are not met, the water mist system shall only be installed in rooms with properties equal to the limits of the facility they are tested in.

For fire tests with nozzle directly above the center of table A, sprinklers shall be installed in locations Sp1 to Sp5. For fire tests with maximum spacing with respect to table A, sprinklers shall be installed in locations Sp6 to Sp9, see figure A.7.

The sprinklers shall be installed with their yoke arms parallel to the chair backrest.



- Sp1 to Sp5 Centered with respect to Table A, estimated to give the best performance.
- Sp6 to Sp9 Positioned with maximum spacing with respect to Table A, estimated to give the worst performance.
- Tc1 to Tc3 Thermocouple locations.

*Figure A. 7: The arrangement of the nozzle grids, the fire load and the ceiling thermocouples*

### A 3.3.2.5 Fire tests

The four fire tests as given in table A.3 shall be conducted.

**Table A. 3: Fire tests**

Test	Location with respect to the center of Table A	Suppression system
REF-1	Under 1	Reference sprinkler system
REF-2	Between 4	Reference sprinkler system
WM-1	Under 1	Tested water mist system
WM-2	Between 4	Tested water mist system

**A 3.3.2.6 Instrumentation**

The following quantities shall be measured during the tests:

- Gas temperature 75 mm below the ceiling surface at three locations (above and in line with the right side of table A, above the corner and above where the left wall ends, according to figure A.7) with 0,5mm bare K-type thermocouples. Each thermocouple shall be installed at the ceiling directly above the gap between the table plate and the wall panel. There shall be no direct impingement on the thermocouple by the nozzles.
- Water pressure at the ceiling level

The tests shall be recorded on video. The damages to the wall panels and the items on the table shall be photographed after each test, and they shall appear as part of the test report.

**A 3.3.3 Evaluation of test results**

The performance of the tested water mist system shall be evaluated against the performance of the reference sprinkler system. The evaluation shall reflect the overall performance of both systems.

Due to the complexity of the fuel package, the damages of the office fuel package shall be evaluated quantitatively. The evaluation criteria are absolute area of consumed or charred surface, number of ignited items on desk and average temperature at ceiling level. The percentages given in the brackets describe the approximate extent of damage to which the combustible items shall suffer in the REF-tests. The evaluation shall consider the following items:

- The extent of consumed or charred material in the wall panels and desk (50%)
- The number of ignited cassettes on table and chair (50%)

The total damages of the tests REF-1 and REF-2 shall be compared to the total damages of tests WM-1 and WM-2. The damage of each individual WM test shall be less than the damage in the worst of the ref tests. Critical judgment shall be exercised when evaluating the damages.

The temperature curves measured during the test shall be averaged over 30s (maximum time between measurements 1s), and the peak temperatures shall be determined from the averaged curves.

The average gas temperature shall be determined as the average over three peak temperatures.

The average gas temperatures of each individual WM test shall be less than the average gas temperature in the worst of the ref tests.



## Bilaga B. Beräkningsmodell för total brandbelastning

---

I detta kapitel presenteras ett förslag på kvantifiering av den i kapitel 4 och kapitel 7 definierade osäkerhetsparameter 7 - Total brandbelastning – möjlig variation.

Beräkningarna för den totala brandbelastningen i testet är högst teoretiska och är enbart att ses som en tankemodell att ha vid jämförelser mellan testdokumenten. I verkligheten kommer aldrig hela denna teoretiska brandbelastning att delta i brandförloppet och andra faktorer, såsom fukthalten i materialet, kommer att ha större påverkan på testets utfall.

Den totala brandbelastningen i testet beräknas genom formeln:

$$Q_{tot} = \sum(m_i \times \Delta Hc_i) \qquad \text{ekvation B.1}$$

Där  $Q_{tot}$  motsvarar brandbelastningen, eller det totala energiinnehållet i  $MJ$ ,  $m_i$  motsvarar massan av ämnet i  $kg$  och  $\Delta Hc_i$  är förbränningsenergin hos ämnet i  $MJ/kg$ . (Karlsson & Quintiere 2000)

Lägsta tänkbara brandbelastning beräknas genom att den minsta tillåtna massan hos ett ämne multipliceras med det lägsta funna värdet för förbränningsenergin hos ämnet samt slutligen addering av samtliga materials lägsta värden.

På motsvarande sätt beräknas det högsta tänkbara värdet på brandbelastningen genom att det högsta tillåtna värdet på massan och det i litteraturen högst funna värdet på förbränningsenergin för materialen används.

Slutligen beräknas medelvärdet där angiven massa samt medelvärdet, eller standardvärde för material där sådant finns definierat, av förbränningsenergin hos respektive material används.

## B.1 Möjlig variation av brandbelastning i CEN/TS 14972:2008

I CEN/TS 14972:2008 Annex A.3 lämnas stort utrymme för egen tolkning av vilka de ingående materialen ska vara. Den accepterade variansen för massa och mått för dessa material är också att anse som stor. Detta får till följd att en stor spridning i total brandbelastning skulle kunna föreligga, se tabell B.1 nedan.

Tabell B. 1: Tabell över de brännbara materialen i testet. Angivet är tillåten varians för massan för de respektive ämnena samt möjlig varians av förbränningsenergi för de respektive materialen till följd av att dessa otidigt specificeras i det befintliga testdokumentet.

Föremål	Brännbara material	Angiven massa	Intervall massa [tolerans 5 %]		$\Delta H_c$ [MJ/kg]		
			Min	Max	Min	Medel	Max
Table plates	Particle board	56	53,2	58,8	10,49 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>	21,49 <sup>a</sup>
Wall panel	Plywood	30	28,5	31,5	10,6 <sup>c</sup>	16 <sup>*</sup>	19,5 <sup>d</sup>
Drawer	Particle board	15	14,25	15,75	10,49 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>	21,49 <sup>a</sup>
Chair (frame)	Wood	6	5,7	6,3	10,6 <sup>c</sup>	16 <sup>*</sup>	19,5 <sup>d</sup>
Filed paper	Paper	90	85,5	94,5	11,2 <sup>**</sup>	14 <sup>e</sup>	16,8 <sup>**</sup>
Books	"	5	4,75	5,25	11,2 <sup>**</sup>	14 <sup>e</sup>	16,8 <sup>**</sup>
Newspaper	"	1	0,95	1,05	11,2 <sup>**</sup>	14 <sup>e</sup>	16,8 <sup>**</sup>
Chair (padding)	Polyether foam	1	0,95	1,05	25 <sup>***</sup>	28 <sup>***</sup>	31 <sup>***</sup>
Simulated files	"	1	0,95	1,05	25 <sup>***</sup>	28 <sup>***</sup>	31 <sup>***</sup>
Monitor and keyboard	Plastics	16	15,2	16,8	15,93 <sup>f</sup>	25 <sup>f</sup>	44,6 <sup>f</sup>

\*  $\Delta H_c$  för cellulosa (Drysdale 2004). Kan antas som generellt värde för trä.

\*\* Inga ytterligare värden återfanns i tillgänglig litteratur. Antar att relativt stor skillnad föreligger mellan olika typer av papper,  $\pm 20\%$  av medelvärdet.

\*\*\*Definierat i CEN/TS 14972:2008 som  $\Delta H_{eff}$ . Antagande: förbränningseffektiviteten för detta material är cirka 80 % vilket leder till att värdena i tabellen multipliceras med 1,25 (100/80) nedan, för att  $\Delta H_c$  skall erhållas.

a. Värden för *particle board* och *chipboard* testat enligt ISO 5660 (SP Fire Database 2009).

b. (Brehob et al. 2001)

c. (Harada 2001)

d. (Drysdale 2004)

e. (Ohlemiller et al. 2005)

f. (Walters et al. 2000). Medelvärdet är ungefärligt uppskattat.

### Brandbelastning, minimum

Insättning av de lägsta värdena för massan och förbränningsenergin från tabell B.1 i ekvation B.1 ger:

$$\begin{aligned}
 Q_{tot,min} &= \sum (m_i * \Delta H_{c_i}) = \\
 &= (53,2 * 10,49) + (28,5 * 10,6) + (14,25 * 10,49) + (5,7 * 10,6) + (85,5 * 11,2) + \\
 &\quad (4,75 * 11,2) + (0,95 * 11,2) + (0,95 * 25 * 1,25) + (0,95 * 25 * 1,25) + (15,2 * 15,93) = \\
 &= \mathbf{2\ 393\ MJ}
 \end{aligned}$$

### Brandbelastning, maximum

Insättning av de högsta värdena för massan och förbränningsenergin från tabell B.1 i ekvation B.1 ger:

$$\begin{aligned}
Q_{tot,max} &= \sum (m_i * \Delta Hc_i) = \\
&= (58,8 * 21,49) + (31,5 * 19,5) + (15,75 * 21,49) + (6,3 * 19,5) + (94,5 * 16,8) + \\
&(5,25 * 16,8) + (1,05 * 16,8) + (1,05 * 31 * 1,25) + (1,05 * 31 * 1,25) + (16,8 * 44,6) = \\
&= \mathbf{4\ 863\ MJ}
\end{aligned}$$

### **Brandbelastning, medel**

Insättning av de angivna värdena på massan samt medelvärdena, alternativt i litteratur angivet standardvärde, för förbränningsenergin från tabell B.1 i ekvation B.1 ger:

$$\begin{aligned}
Q_{tot,medel} &= \sum (m_i * \Delta Hc_i) = \\
&= (56 * 15) + (30 * 16) + (15 * 15) + (6 * 16) + (90 * 14) + (5 * 14) + (1 * 14) + \\
&(1 * 28 * 1,25) + (1 * 28 * 1,25) + (16 * 25) = \mathbf{3\ 455\ MJ}
\end{aligned}$$

### **B.1.1 Slutsats och diskussion total brandbelastning i det befintliga testdokumentet**

Den totala brandbelastningen i det befintliga testdokumentet skulle teoretiskt kunna variera mellan 2 400 MJ och 4 900 MJ, även om detta anses högst osannolikt, med ett medelvärde kring 3 500 MJ. Detta ger en teoretisk spridning av brandbelastningen på över 100 %.

## B.2 Möjlig variation av brandbelastning i reviderad försöksuppställning

I det reviderade testdokumentet, se bilaga A, anges endast två ingående brännbara material. Dessa material är spånskivor och wellpapp som är definierade med materialstandarder. Materialen definieras inte med angiven massa utan istället med en tolerans på måttsättningen i alla dimensioner på 2 % samt ett acceptansintervall på densiteten för spånskivorna. Vidare specificeras wellpappen rörande typ av wellpapp samt med ingående fibermaterial och ytvikt.

För att beräkna den totala brandbelastningen i det reviderade testdokumentet på motsvarande sätt som i det befintliga, se ekvation B.1, krävs först att massan för dessa ingående brännbara material beräknas.

### Massa spån

Tabell B. 2: Tabell över spånmaterial i det reviderade testet. Angivet är tillåten varians för volymen av de ingående föremålen.

Föremål	Brännbara material	Mått [mm]	Volym [mm <sup>3</sup> ]		
			Min	Medel	Max
Table plates (2)	Chipboard/ Particle board*	Table A 2100x1200x22	54 331 200	55 440 000	56 548 800
		Table B 1500x800x22	25 872 000	26 400 000	26 928 000
Wall panels (4)	"	1800x1200x10	4x21 168 000	4x21 600 000	4x22 032 000
Drawer unit (1)	"	644x400x400	26 458 432	26 998 400	27 538 368
Bookshelves (2)	"	Shelf A 2100x400x22	18 110 400	18 480 000	18 849 600
		Shelf B 1200x400x22	10 348 800	10 560 000	10 771 200
Chair-seat (1)	"	380x380x10	1 415 120	1 444 000	1 472 880
Chair- backrest (1)	"	400x200x10	784 000	800 000	816 000
			<b>Σ0,2212... m<sup>3</sup></b>	<b>Σ0,2265... m<sup>3</sup></b>	<b>Σ0,2311... m<sup>3</sup></b>

\*Spånskiva definierad enligt tidigare som Typ P1 i enlighet med standard EN 312:2003 samt med tillåtet intervall för densiteten på 620-650 kg/m<sup>3</sup>.

Den totala massan spån som används i testet fås genom formeln:

$$m = \rho * V [kg] \quad \text{ekvation B.2}$$

Insättning av det lägsta värdet för volymen samt det lägst tillåtna värdet för densiteten i *ekvation B.2* ger:

$$m_{min} = \rho_{min} * V_{min} = 620 * 0,2212 = 137,6 \text{ kg}$$

Insättning av det högsta värdet för volymen samt det högst tillåtna värdet för densiteten i *ekvation B.2* ger:

$$m_{max} = \rho_{max} * V_{max} = 650 * 0,2311 = 150,2 \text{ kg}$$

Medelvärdet fås på motsvarande sätt:

$$m_{medel} = \rho_{medel} * V_{medel} = 635 * 0,2265 = 143,8 \text{ kg}$$

Detta ger en total varians på massan av spån i testet på mindre än ±5%.

Tabell B. 3: Teoretiskt intervall för massan spån i en försöksupställning.

Massa spån [kg]		
Minimum	Medel	Maximum
137,6	143,8	150,2

### Massa wellpapp

Tabell B. 4: Tabell över wellpappsmaterialet i det reviderade testet.

Föremål	Brännbara material	Mått [mm]
Items on desk (44 cassettes)	Corrugated cardboard*	Approx. A4 shape (300× 200× 100)
Items on chair-seat (2 cassettes)	"	Approx. A4 shape (300× 200× 100)

\*Wellpapp definierad som enwell 150C: 165EK - 127HK – 165 EK.

Ark av detta material konditionerades i en månad i klimatrummet vid Brandteknik LTH, med en temperatur på 20°C och en relativ fuktighet på 60 %. Därefter vägdes arken på en brevvåg, se tabell B.5 nedan. Först vägdes 10 stycken ark var för sig. Därefter vägdes 10 andra ark gemensamt samt slutligen vägdes kassetter motsvarande 25 ark gemensamt. Detta för att kontrollera potentiella variationer i vikt.

Tabell B. 5: Vägning av ark av wellpapp.

Ark av wellpapp [300x200 mm]	Vikt [g]	10 ark av wellpapp	Vikt [g]	25 ark av wellpapp	Vikt [g]
Ark a	31,2	10 ark a	309,75	25 ark a	780,3
Ark b	31,2	10 ark b	312,3	25 ark b	806,7
Ark c	31,35	10 ark c	312	<b>Medel</b>	<b>793,5</b>
Ark d	31,35	<b>Medel</b>	<b>311,4</b>	<b>Medel/ark</b>	<b>31,7</b>
Ark e	31,2	<b>Medel/ark</b>	<b>31,1</b>		
Ark f	31,35				
Ark g	31,35				
Ark h	31,35				
Ark i	31,05				
Ark j	31,2				
<b>Medel</b>	<b>31,3</b>				

Som framgår av tabell B.5 är variationerna i vikt hos detta material mycket små och långt under ±5%. Då dessa ark ej konditionerats helt i enlighet med det reviderade testdokumentet kommer detta intervall ändå användas i följande beräkningar av total massa wellpapp. Medelvärdet sätts till 31,3 g/ark vilket innebär cirka 0,78 kg/kassett, se tabell B.6 nedan.

Tabell B. 6: Teoretiskt intervall för massan wellpapp i en försöksupställning. Massan är angiven för totalt 44 stycken kassetter.

Massa wellpapp [kg]		
Minimum	Medel	Maximum
34,2	36,0	37,8

### Brandbelastning

De två ingående materialen är fullständigt definierade utifrån befintliga materialstandarder samt med ytterligare krav på densitet med ett snävt angivet toleransintervall. Till följd av detta antas även variationen i förbränningsenergin hos de olika materialen ha reducerats. Därför görs ett antagande att förbränningsenergin varierar med högst  $\pm 10\%$  av redovisat medelvärde. Den största osäkerheten som detta antagande genererar rör bestämningen av medelvärdet. Variansen i förbränningsenergin för materialen anses utifrån materialspecificeringen som rimlig. Vidare studier i ackrediterade laboratorier bör genomföras för ytterligare specificering av nämnda material.

Tabell B. 7: Tabell över de brännbara materialen i testet. Angivet är tillåten varians för massan samt tillåten varians för förbränningsenergin.

Brännbara material	Intervall massa [kg]			$\Delta H_c$ [MJ/kg]		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Spån	137,6	143,8	150,2	14,4	16,0*	17,6
Wellpapp	34,2	36,0	37,8	14,22	15,8**	17,38

\*  $\Delta H_c$  för cellulosa (Drysdale 2004). Kan antas som generellt värde för trä.

\*\* Medelvärdet för sex stycken olika typer av C-well (Arvidson 1999).

### Brandbelastning, minimum

Insättning av de lägsta värdena för massan och förbränningsenergin från tabell B.7 i ekvation B.1 ger:

$$Q_{tot,min} = \sum(m_i \times \Delta H_{c_i}) = (137,6 \times 14,4) + (34,2 \times 14,22) = \mathbf{2\ 467\ MJ}$$

### Brandbelastning, maximum

Insättning av de högsta värdena för massan och förbränningsenergin från tabell B.7 i ekvation B.1 ger:

$$Q_{tot,max} = \sum(m_i \times \Delta H_{c_i}) = (150,2 \times 17,6) + (37,8 \times 17,38) = \mathbf{3\ 300\ MJ}$$

### Brandbelastning, medel

Insättning av de angivna värdena på massan samt medelvärdena för förbränningsenergin från tabell B.7 i ekvation B.1 ger:

$$Q_{tot,medel} = \sum(m_i \times \Delta H_{c_i}) = (143,8 \times 16,0) + (36,0 \times 15,8) = \mathbf{2\ 870\ MJ}$$

### **B.2.1 Slutsats och diskussion total brandbelastning i det reviderade testdokumentet**

Den totala brandbelastningen i det reviderade testdokumentet skulle kunna variera mellan 2 500 MJ och 3 300 MJ med ett medelvärde kring 2 900 MJ. Detta ger en teoretisk spridning av brandbelastningen på drygt 30 %.

Ett stort antal antaganden har gjorts till följd av att inga förbränningsvärden för de definierade materialen har funnits tillgängliga. Medelvärdena för förbränningsenergin är specifika för materialtyperna och härrör alltså inte direkt från de definierade materialen. Detta får till följd att relativt stora skillnader kan föreligga mellan den framräknade brandbelastningen och den faktiska. Intervallet på spridningen torde emellertid vara i samma storleksordning. Även att ett antagande görs rörande massan av wellpappen kan föranleda vissa skillnader mellan den faktiska brandbelastningen och den beräknade.





# Bilaga C. Laborationsrapport efter försök med wellpapp i konkalorimeter

## C.1 Inledning

Nedan följer en sammanfattning av försök utförda med olika sorters wellpapp och andra cellulosebaserade föremål. Försöken utfördes i konkalorimetern och i möbelkalorimetern på Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Dessa utfördes med anledning av den grundläggande idén om att förenkla den nuvarande försöksuppställningen i CEN/TS 14972:2008, annex A.3, samt att reducera osäkerheterna i denna.

### C.1.1 Syfte med försöken

Försöken syftade till att fastställa om, och i så fall vilken typ av wellpapp som skulle kunna fungera som referensmaterial och därmed ersätta samtliga föremål på skrivborden i den nuvarande försöksuppställningen. Målet var alltså att hitta ett väl definierat ersättningsmaterial med sådana egenskaper att det kan symbolisera de nuvarande materialen vid brand.

### C.1.2 Bakgrund och teori

Wellpapp är ett väldefinierat material som finns att tillgå globalt. Tillverkningen av wellpapp är styrd av internationella standarder vilket bidrar till att materialet har en hög repeterbarhet mellan nationer. De fem vanligaste welltyperna är A, B, C, E och F-well. De olika typerna är döpta i den ordningen som de är uppfunna och inte i någon storleksordning. Den absolut vanligaste är C-well. (Svenska Wellpappföreningen 2008)

Tabell C. 1: Några standardvärden för olika welltyper. Värdena är approximativa och kan variera något beroende på producent.

Vågprofil	Våghöjd [mm]		Antal våglängder [per m]	
A	4,8 <sup>1</sup>	4,8 <sup>2</sup>	110 <sup>1</sup>	108 ± 10 <sup>2</sup>
B	2,8 <sup>1</sup>	3,2 <sup>2</sup>	150 <sup>1</sup>	154 ± 10 <sup>2</sup>
C	3,6 <sup>1</sup>	4,0 <sup>2</sup>	130 <sup>1</sup>	128 ± 10 <sup>2</sup>
E	1,2 <sup>1</sup>	1,6 <sup>2</sup>	290 <sup>1</sup>	295 ± 13 <sup>2</sup>
F	0,7 <sup>1</sup>	0,8 <sup>2</sup>	350 <sup>1</sup>	420 ± 13 <sup>2</sup>

1. (Svenska Wellpappföreningen 2008)

2. (Brandt 2008)

De standarder som främst styr tillverkningen av wellpapp är *International fibreboard case code* samt *End Use Performance Standard* (EUPS). Den förstnämnda styr nomenklatur och hur olika lådor skall vikas och skäras och den sistnämnda styr vilka dimensioner och motståndskrafter de olika typerna av wellpapp skall klara. Detta innebär att exempelvis EUPS code: Board 60 är en väldefinierad wellpapp som finns att tillgå hos mer eller mindre samtliga tillverkare av wellpapp (EUPS 2008).

## C.2 Metod

Försöken delades in i två delar, del 1 refererar till försök under möbelkalorimetern och del 2 till försök i konkalorimetern. I del 1 monterades och antändes olika sorters welltyper så att brandförloppen i respektive material kunde utvärderas. Detta gjordes även för vanligt kontorspapper och böcker. Avsikten var att med dessa resultat kunna göra en första bedömning om huruvida wellpapp skulle kunna ersätta övriga material på skrivbordet. Om detta visade sig vara fallet skulle den mest lämpliga welltypen väljas ut för fortsatta jämförelser i del 2. Denna del syftade till att

ytterligare utvärdera wellpappen både jämfört med de övriga materialen men även för att utvärdera repeterbarheten avseende antändningstid och antändningstemperatur för det utvalda materialet.

### C.2.1 Försöksutrustning

#### Del 1:

Dessa försök utfördes under en möbelkalorimeter och antändningen skedde med en Primus handgasbrännare. Övrig utrustning, utöver kamera och tidtagarur, syftade till att hålla materialet på plats såsom en lång eldfast tång och ståltråd för att montera wellpappen till kassetter.



Bild C. 1: Handgasbrännaren samt försöksupställningen del 1.

#### Del 2:

Dessa försök utfördes i en konkalorimeter där strålningen ställdes in på  $20 \text{ kW/m}^2$ . Antändning skedde med en pilotlåga, och temperatur vid och tid till antändning mättes med termoelement och ett tidtagarur.



Bild C. 2: Konkalorimetern och ett monterat prov.

## C.2.2 Material

Före försöken lagrades materialen under minst en vecka i klimatrum vid Lunds Tekniska Högskola, med en temperatur på 20°C och en relativ fuktighet på 60 %.

### Wellpapp:

Wellpappen som användes bestod i samtliga försök av obehandlat naturmaterial vilka uppfyller kraven ställda i International fibreboard case code samt End Use Performance Standard (EUPS). De olika typer som testades var ensidig well, B-well, C-well, och E-well med respektive EUPS-klassning.



Bild C.3: Ensidig wellpapp

### Ensidig wellpapp:

De olika welltyperna har olika utseende och egenskaper där ensidig wellpapp är den enklaste och mjukaste eftersom den endast består av två lager, ett vågskikt och ett planskikt. Den levererades i rullar och är den minst formstabila av de testade typerna.

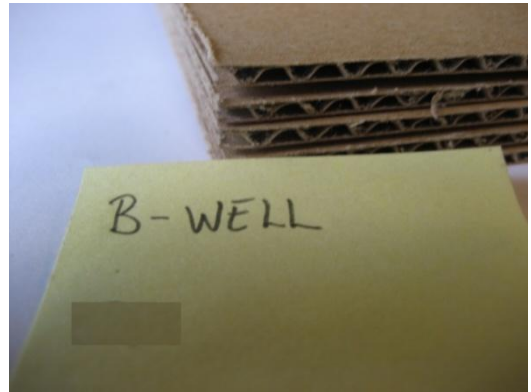


Bild C.4: B-well

### Enwell B, EUPS Board 40:

Består av ett vågskikt och två planskikt. Welltypen är styv och lätthanterlig.



Bild C.5: C-well

### Enwell C, EUPS Board 60:

Består av ett vågskikt och två planskikt. Welltypen är styv och lätthanterlig och bedöms som relativt likvärdig enwell B, dock med undantag för tjockleken.

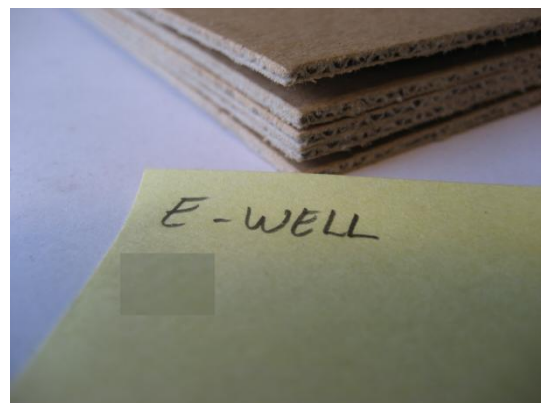


Bild C.6: E-well

### Enwell E, EUPS Board 10:

Denna är tunnare och betydligt mer kompakt än de ovanstående.

### Kontorspapper:



Kontorspappret som användes i försöken var av märket Xerox Premiere TCF (80 g/m<sup>2</sup>) och bedöms vara ett tillräckligt representativt material för kontorspapper i jämförelsestudien utan att fler typer behövde testas.

Bild C.7: Kasset med kontorspapper.

### Böcker:

Böckerna valdes inte efter några speciella parametrar eftersom inga specifikationer finns i testdokumentet. Båda hade hård pärm men med olika ytskikt och ålder. I del 1 testades en hel bok stående medan i del 2 sågades provexemplaren till för att passa konkalorimeterns form.

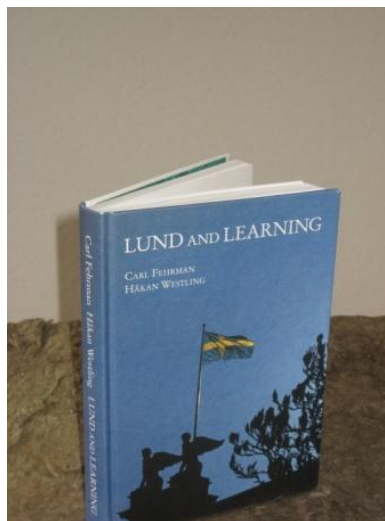
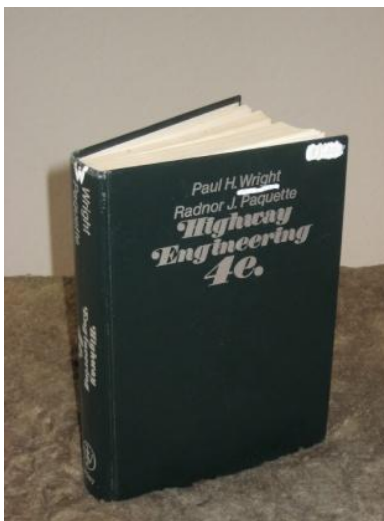


Bild C.8: Provexemplar av godtyckliga böcker.

### C.2.3 Utförande

Laborationen utfördes i två delar där den första innebar en rimlighetsbedömning av materialet genom att studera hur olika welltyper beter sig efter antändning, samt utifrån dessa studier möjligen välja ut den mest lämpliga att arbeta vidare med. Den andra delen bestod i att testa den utvalda welltypen i konkolorimetern för att utvärdera dess egenskaper avseende antändningstid och antändningstemperatur. Här testades även samma welltyp av två olika fabrikat för att få en uppfattning om definitionen enligt EUPS standard var tillräcklig eller om fler specifika krav, till exempel densitet eller fiberinnehåll, var nödvändiga. Både del ett och del två innehöll även likvärdiga försök med kontorspapper och böcker för att få referenser till wellpappens egenskaper.

#### Del 1:

Försöken inleddes genom att de fyra welltyper av olika kvalité antändes under en möbelkalorimeter. Detta för att få en första rimlighetsbedömning av materialet som sådant, samt för att uppskatta om det förelåg skillnader mellan de olika welltyperna. Ytterligare frågor som uppkom var till exempel om riktningen på kanalerna i wellpappen har betydelse samt hur de olika welltyperna beter sig vid brand avseende formstabilitet och effektutveckling.

Proverna sattes ihop till kassetter med måtten 20x20 cm och en tjocklek av 2,5 cm, med hjälp av ståltråd. Även vanligt kontorspapper och en bok med hård pärm antändes för att få en referens till wellpappen. Uppställningen, se bild C.9, placerades under en konkolorimeter och antändningen skedde med en handgasbrännare. Denna placerades centrerat längs provets underkant på 5 cm avstånd under 10 sekunder. Bilder togs innan antändning, efter 30 samt efter 60 sekunder för att kunna utvärdera brandförloppen i de olika materialen.



Bild C.9: Försökupställningen del 1 samt antändningsprocedur

#### Del 2:

Testerna med den utvalda welltypen genomfördes i konkolorimetern för att fastslå repeterbarheten med avseende på antändningstid och antändningstemperatur för två olika fabrikat. Valet av fabrikat baserades främst på grund av närheten till studieorten. Konkolorimetern ställdes in på 20 kW/m<sup>2</sup> och pilotlåga användes. Vid samtliga försök användes 9 stycken tätt packade ark av wellpapp om 20x20 cm. Antändningstid och antändningstemperaturen på ytan registrerades.

Ytterligare försök utfördes med kontorspapper och två olika böcker för att även här underbygga lämpligheten i wellpapp som referensmaterial, se bild C.2 under försöksutrustning.



### C.3 Resultat

#### Resultat del 1:

De olika materialen utvärderades grovt genom att studera brandförloppen, dels under själva brandförloppet och dels med hjälp av fotona som togs under varje försök. Dessa är som nämnts ovan tagna efter 30 respektive 60 sekunder efter antändning.

Utöver bildserierna genomfördes även försök som syftade till att utvärdera vilken effekt riktningen på kanalerna hade. Det var emellertid mycket svårt att fastställa detta visuellt.

#### Resultat ensidig well:



Före



Efter 30 s



Efter 60 s

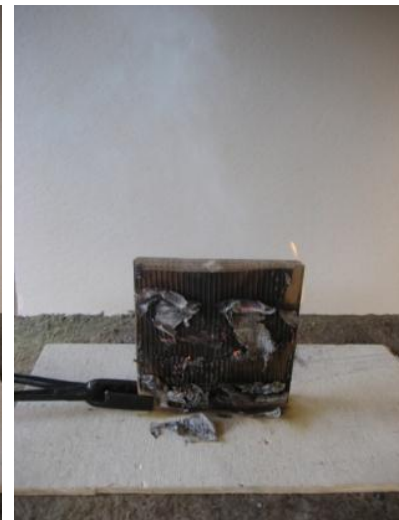
#### Resultat B-well:



Före



Efter 30 s



Efter 60 s

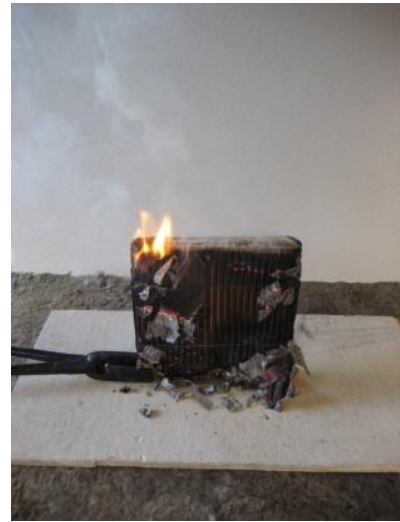
Resultat C-well:



Före



Efter 30 s



Efter 60 s

Resultat E-well:



Före



Efter 30 s



Efter 60 s

Resultat kontorspapper:



Före



Efter 30 s



Efter 60 s

Resultat bok:



Före



Efter 30 s



Efter 60 s



## Resultat del 2:

Konkalorimetertest av enwell C, EUPS nivå: Board 60

Tabell C. 2: Resultat av konkalorimetertest.

Typ av material	Tillverkare	Antändningstid [s]	Antändningstemperatur [°C]
Enwell 140 C	Företag 1	21	353
Enwell 140 C	Företag 1	23	357
Enwell 140 C	Företag 1	20	345
<b>Medel: Enwell C</b>	<b>Företag 1</b>	<b>21</b>	<b>352</b>
Enwell 150 C	Företag 2	35	370
Enwell 150 C	Företag 2	34	365
Enwell 150 C	Företag 2	33	340
<b>Medel: Enwell C</b>	<b>Företag 2</b>	<b>34</b>	<b>358</b>
Enwell 150 C	Företag 1	22	417
Enwell 150 C	Företag 1	16	400
Enwell 150 C	Företag 1	25	405
Enwell 150 C	Företag 1	15	402
Enwell 150 C	Företag 1	14	318
Enwell 150 C	Företag 1	15	347
Enwell 150 C	Företag 1	15	354
<b>Medel: Enwell C</b>	<b>Företag 1</b>	<b>20</b>	<b>406</b>
Skrivarpapper	Xerox	27	375
Skrivarpapper	Xerox	24	405
Skrivarpapper	Xerox	17	400
<b>Medel: Papper</b>		<b>23</b>	<b>393</b>
Bok (L and L)	-	30	310
Bok (L and L)	-	29	320
Bok (Highway)	-	38	336
<b>Medel: Bok</b>		<b>32</b>	<b>322</b>

Av tabell C.2 framgår att repeterbarheten inom respektive företag är hög gällande antändningstiden och antändningstemperaturen. Däremot föreligger stora skillnader, framförallt gällande antändningstiden, mellan företagen. Skillnaderna i antändningstiden antas bero på skillnader i porositeten och de hygroskopiska egenskaperna mellan proverna. Slutsatserna som kan dras av ovanstående är att det inte är tillräckligt att definiera materialet efter tillverkningsstandard - Enwell C, EUPS nivå: Board 60 - utan det krävs ytterligare specificering i form av ett densitetskrav samt fiberinnehåll.

Efter att dessa tester genomförts fastställdes en wellpapp i samråd med Cecilia Nikolic vid SCA Packaging Sweden AB med ytterligare specificering i form av ytvikt samt tydligare definiering över ingående fibermaterial. Materialet definieras som enwell 150C: 165EK – 127HK – 165EK, se under *Diskussion* nedan för fullständig förklaring. Ett antal prover med denna wellpapp översändes och testades i konkalorimetern genom samma procedur som tidigare, se tabell C.3 nedan.

Tabell C. 3: Resultat av konkalorimetertest av rekommenderad wellpapp.

Typ av material	Tillverkare	Antändningstid [s]	Antändningstemperatur [°C]
165EK-127HK-165EK	Företag 1	15	330
165EK-127HK-165EK	Företag 1	15	320
165EK-127HK-165EK	Företag 1	19	330
165EK-127HK-165EK	Företag 1	20	330
165EK-127HK-165EK	Företag 1	20	340
<b>Medel: Enwell C</b> <i>(165EK – 127HK – 165EK)</i>	<b>Företag 1</b>	<b>18</b>	<b>330</b>

Av tabell C.3 kan utläsas att denna welltyp har en relativt konstant antändningstemperatur, omkring 330 °C, vid en strålning av 20 kW/m<sup>2</sup>. Vidare kan konstateras att antändningstiden är något kortare än den för skrivarpapper och definitivt kortare än den för böcker. Utifrån dessa egenskaper skulle wellpappen mycket väl kunna fungera som ett referensmaterial i det reviderade testet. Att ersätta samtligt material på skrivbordet med denna wellpapp medför således inte att testet förenklas utan snarare tvärtom.

## C.4 Slutsatser

### Del 1:

- Wellpapp verkar generellt bete sig ungefär likvärdigt med framförallt kontorspapper. I jämförelse med böcker, med den antändningsprocedur som användes, så brinner wellpappen betydligt bättre.
- Det finns skillnader avseende brandförloppen mellan de olika welltyperna varför en tydlig specificering av materialvalet krävs.
- Det var svårt att avgöra hur stor påverkan riktningen på kanalerna i wellpappen hade på brandförloppet. Men för att reducera antalet frihetsgrader bör riktningen på dessa definieras.
- Ensidig wellpapp väljs bort på grund av att det inte är formstabil vilket lämnar onödiga frihetsgrader i försöksupställningen.
- C-well var den welltyp, efter ensidig well, som bäst representerar ett likvärdigt brandförlopp med framförallt kontorspapper. Därför väljs C-well EUPS code: Board 60 att arbeta vidare med i del 2 för att kontrollera repeterbarheten samt för att skapa ett underlag för att kunna definiera materialet på ett tillfredställande sätt.

En annan viktig upptäckt var att brandförloppet i materialet skiljer sig stort om materialet hålls samlat eller får veckla ut sig som en bukett upptill. Även åt vilket håll vågprofilen riktas ger en viss skillnad i brandförloppet. Lösningar på denna problematik är att wellpappen hålls samman med företrädevis ståltråd samt att riktningen på vågprofilen anges.

### Del 2:

- Materialen från de två företagen ger mycket repeterbara resultat var för sig, däremot skiljer sig framförallt antändningstiden mellan företagen åt. Detta föranledde att wellpappen måste definieras ytterligare.
- Resultaten från båda företagens well jämfört med både kontorspapper och böcker ligger inom samma intervall varför det bedöms som acceptabelt att använda en väldefinierad wellpapp som referensmaterial.
- Försök med rekommenderad wellpapp, definierad som enwell 150C: 165EK – 127HK – 165EK, visade att detta material har snabbare antändningstid och lägre antändningstemperatur än både böcker och papper. Att ersätta allt material som normalt skulle kunna förekomma i en kontorsmiljö skulle således innebära ett konservativt antagande ur brandsynpunkt.

## C.5 Osäkerheter/felkällor

En stor mängd felkällor skulle kunna föreligga. Nedan listas de som förmodas ha haft störst påverkan vid dessa försök.

- Mätserierna var för korta för att definitiva slutsatser skulle kunna dras.
- Försöksproceduren i del 1 och då främst avseende antändningen var egentligen en ren visuell studie och någon högre nivå av vetenskaplighet ställdes därför inte.
- Mätfel samt avläsningsfel kan ha förekommit, inte minst gällande temperaturavläsningen i del 2.

- Konkallorimetern som användes i försöken hade inte blivit kalibrerad på senare tid. Osäkerheter som kan förknippas med detta faktum är om strålningen var exakt 20 kW/m<sup>2</sup> eller inte.

## C.6 Diskussion

En av de slutsatser som kunnat konstateras i framförallt försöken i konkallorimetern är att en standardklassificering enligt EUPS inte är tillräcklig för att garantera ett repeterbart material rörande dess brandegenskaper. För att i rimligaste mån minska osäkerheten genererad av wellpappens materialegenskaper specificeras en welltyp som skall gälla i det reviderade testdokumentet, se bilaga A. I samarbete med Cecilia Nikolic vid SCA Packaging Sweden AB, kommer föreslagen wellpapp att vara enwell 150C definierad som:

165 Eurokraft (planskikt) – 127 Halvkemisk fluting (vågskikt) – 165 Eurokraft (planskikt),

Vidare innebär C-well att våghöjden är cirka 3,6 mm, inklusive planskikt blir wellpappen omkring 4 mm tjock, samt att våglängden är cirka 7,7 mm. Eurokraft, EK, även kallat Virgin Top, innebär att ett returfiberbaserat papper används i basen med nyfiber i toppskiktet. Planskiktet är i detta fall i två lager med returfiber i det ena lagret och nyfiber i det andra.

Halvkemisk fluting, HK eller SC (Semi-chemical fluting), är vågskiktet bestående av nyfiberbaserat papper.

Siffrorna i ovanstående definiering anger ytvikten på papperet i g/m<sup>2</sup>.

I och med denna specificering av wellpappen säkerställs hög reproducerbarhet av materialet oavsett fabrikant (personlig kontakt Olle Söderström, SCA, 2009) vilket ytterligare bidrar till avsevärt minskade osäkerheter.

Att ersätta samtliga material på skrivborden med detta bedöms kunna reducera den totala osäkerheten avsevärt. Om dessutom riktning på kanalerna i wellpappen samt formen på de monterade kassetterna tydligt definieras bedöms även brandspridningen kunna homogeniseras i den slutgiltiga försöksupställningen.

Ett sätt att ytterligare specificera detta material skulle kunna vara genom en effektutvecklingskurva. Tillgång till lämplig utrustning för detta saknades vid Brandteknik så detta lämnas som en viktig punkt för vidare forskning.

## Bilaga D. Laborationsrapport efter halvstorleksförsök i Revinge

---

### D.1 Inledning

Under projektets gång har ett antal försök med en del av den i kapitel 6 föreslagna försöksuppställningen genomförts. Dessa försök har ägt rum i en container på MSB:s skola i Revinge. Då måtten på containern ej kunde rymma försöksuppställningen i sin helhet genomfördes dessa försök med vissa modifikationer. Dessa bestod i att enbart ett av skrivborden uppställdes, se nedan för utförligare beskrivning, samt att ingen sprinkler fanns installerad.

Totalt genomfördes fyra försök varav tre med identisk uppställning. Försök 1 genomfördes för att ge en första indikation på hur den nya försöksuppställningen skulle komma att bete sig. De visuella bedömningarna av resultatet från detta försök var inte helt tillfredsställande och ett antal ändringar i det nya testdokumentet genomfördes i syfte att korrigera för detta, samt för att slutgiltigt fastställa den nya försöksuppställningen. Försök 2-4 genomfördes med identisk uppställning för att en kontroll av testets repeterbarhet skulle kunna genomföras.

#### D.1.1 Syfte med försöken

Syftet med dessa försök var främst att verifiera testets repeterbarhet rörande brandspridningen. Det innebar dessutom en möjlighet att kontrollera visuellt att föreslaget test genererar en för ett kontor lämplig effektutveckling. Vidare kontrollerades möjligheterna för att försöksuppställningen skulle kunna monteras på ett sådant sätt att ett tidskrav på 10 minuter, innan den rasar eller kraftigt deformeras, är rimligt även utan aktivering av släcksystem.

#### D.1.2 Bakgrund och teori

Det befintliga testets stora problem är, som tidigare nämnts i rapporten, att repeter- och reproducerbarheten är låg. Testet är utformat för att utgöra en verifiering av ett vattendimmsystems tillämplighet i öppen kontorsmiljö i förhållande till sprinklersystem. Resultaten är således baserade på släckverkan hos systemen och det är däri problemen med repeterbarheten ligger. Enligt uppgifter från Henrik Bygbjerg, DBI, är skillnaderna i resultat mellan försök stora trots att en identisk uppställning i enlighet med CEN/TS 14972:2008 har använts. Den arbetshypotes som detta arbete bygger på är att det är skillnader i brandförloppet, eller brandspridningen, som främst ligger bakom dessa problem, se kapitel 4 för testets osäkerhetsparametrar. Detta skulle i så fall innebära att om brandförloppen beter sig på samma sätt mellan försöken kommer repeterbarheten i testet att öka även med aktivering av släcksystem.

I försöken i containern kommer ett antal förutsättningar att vara annorlunda mot det fullskaliga förslaget. Dessa är i korthet:

- Den totala mängden brännbart material i testet är mindre än i fullskala. Det används 24 kassetter med wellpapp mot 44 i det fullskaliga samt den totala volymen spån är cirka 65 % av mängden i det fullskaliga.
- Inneslutningsarean är avsevärt mindre vilket leder till ökad återstrålning från väggar och tak.
- Lägre takhöjd än vad som kan förväntas i en kontorsmiljö vilket leder till ökad återstrålning från brandgaslagret.
- Väderleken påverkar försöken då faktorer som starttemperatur och relativ fuktighet inte kan påverkas.

- Konditioneringen ägde rum i en bod med termostat satt på 20°C i minst en vecka innan försök.
- Inga skadekriterier fastställs då ingen aktivering av sprinkler eller vattendimma sker.

## D.2 Metod

### D.2.1 Försöksutrustning

Den utrustning som användes i samtliga fyra försök bestod av:

- En kamera för dokumentering av försöksupställningen.
- Två stycken videokameror för dokumentering av brandförloppet.
- Ett termoelement.
- En porös gasolbrännare med måtten 140x300x300 mm, se bild D.1, förinställd att ge en effekt motsvarande ca 45 kW.
- En handgasbrännare.
- Ett tidtagarur.



Bild D. 1: Antändningskällan vid kalibrering.

### D.2.2 Material

Det material som användes i samtliga fyra försök bestod av:

- Benställningar med ram till skrivbord och stol av metall.
- Väggar av två stycken 10 mm spånskivor med måtten 1200x1800 mm.
- Skrivbord av 22 mm spånskiva med måtten 1200x2100 mm.
- Hylla av 22 mm spånskiva med måtten 400x2100 mm.
- Hurts av 22 mm spånskivor med måtten 400x400x624 mm.
- Stolsits och ryggstöd av 10 mm spånskivor med måtten 380x380 respektive 200x400 mm.
- Tre stycken reglar av trä att fästa väggen mot.
- Ett antal vinkeljärn för att fästa hyllan mot väggen.

#### Material försök 1:

- 18 stycken kassetter av wellpapp, specificerade som enwell 150C, med måtten 100x200x300 mm vilket innebär 25 ark/kassett.
- 9 stycken bitar av IMO madrass (av polyeterskum enligt definition i Annex A.3) med måtten 100x200x300 mm.

#### Material försök 2-4:

- 24 stycken kassetter av wellpapp, specificerade som enwell 150C, med måtten 100x200x300 mm vilket innebär 25 ark/kassett.
- Ytterligare ett par vinkeljärn för att hindra de yttersta kassetterna att falla, se bilder nedan.

#### Konditionering av materialet

Det brännbara materialet förvarades i en uppvärmd bod, termostaten var inställd på 20 °C, i minst en vecka innan försök.

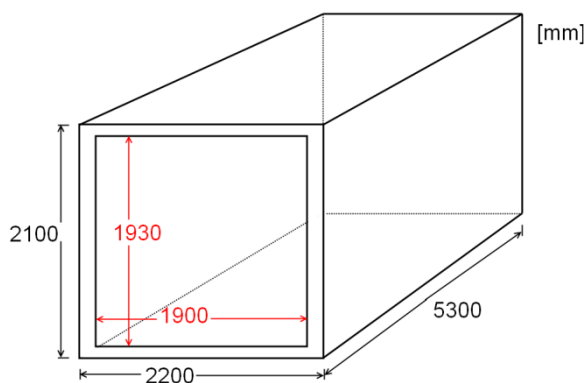
### D.2.3 Utförande

#### Montering och utformning.

Containern var av korrugerad stålplåt med de invändiga måtten 5300x2200x2100 mm. Öppningen var lokaliserad på containerns kortsida och hade måtten 1900x1930 mm, se figur B.1. Containerns golv var belagt med mineralull.



Bild D. 2: Försökscontainern sedd utifrån. Vid försök fälldes luckan ned och den ena videokameran placerades framför fönstret till vänster i bild.



Figur D. 1: Container med innermått samt måtten på öppningen. Bilden är inte skalenlig.

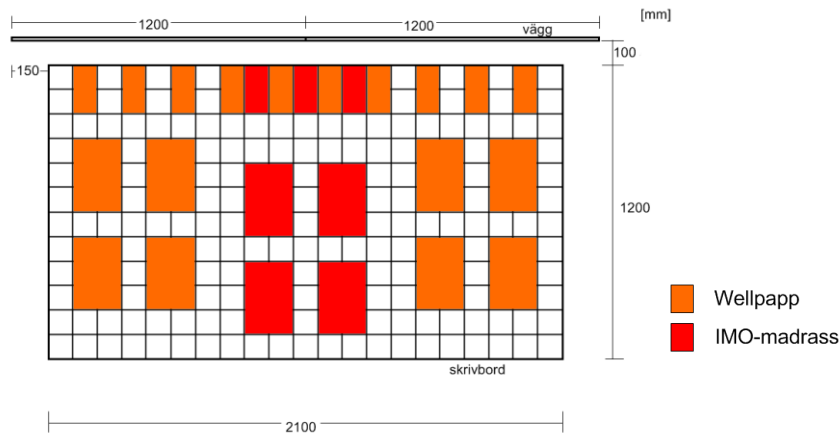
Väggarna monterades mot tre stycken regler fästade med cirka en meters mellanrum ungefär mitt på ena långsidan av containern. Mot dessa regler fästes väggarna i höjd med golvet, se bilder nedan.

På skrivbordet ritades ett rutnät där varje ruta är 100x100 mm för att underlätta utplaceringen av wellpappkassetterna samt i försök 1 även skumaterialet. Skrivbordet placerades sedan mitt för väggen med en 100 mm spalt mellan vägg och skrivbord.

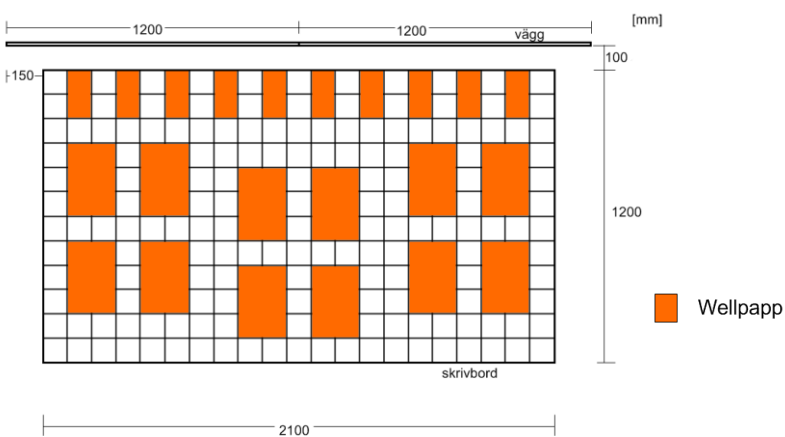
Hyllan sattes fast med ett antal vinkeljärn. Detta antal varierade mellan försöken och anpassades för att tiden innan hyllan rasade skulle förlängas. I försök 3 och 4 monterades även två regler bakom och i mitten av varje väggskiva för att ytterligare stabilisera hyllan. Hyllans överkant var placerad 1500 mm upp på väggen och med en indragning av 150 mm på varje sida. Se figurerna nedan för de respektive försöken.

Av figurerna D.2-B.5 framgår placeringen av antändningskällan, hurtsen, stolen samt hur wellpappkassetterna och skummateriallet placerades.

En av videokamerorna placerades bakom ett skyddande glas mitt framför skrivbordet och den andra kameran placerades så att försöket kunde dokumenteras från sidan genom öppningen i containerns kortsida.

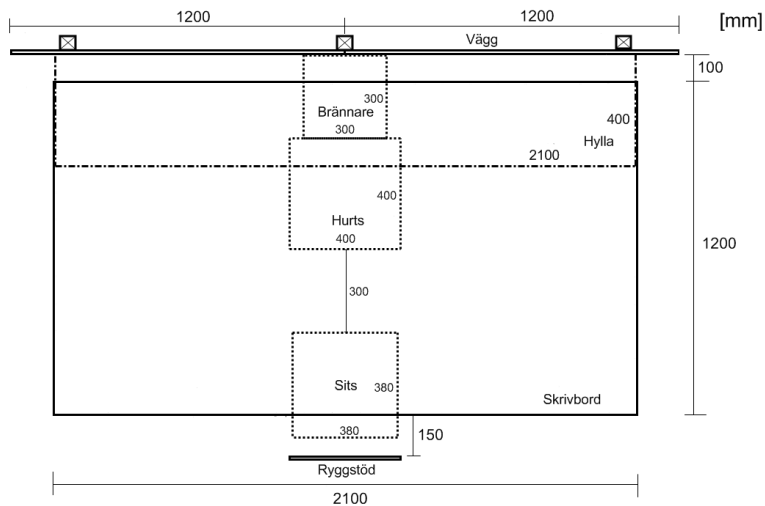


Figur D. 2: Brännbart material på skrivbordet i försök 1.

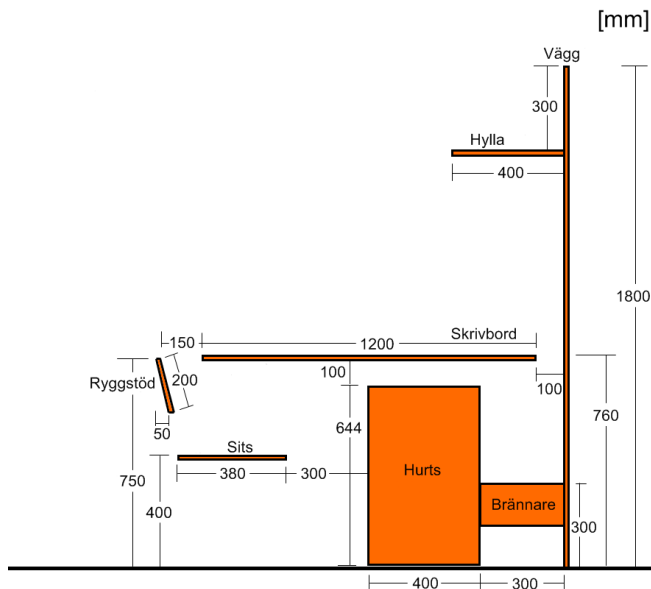


Figur D. 3: Brännbart material på skrivbordet i försök 2-4.





Figur D. 4: Försöksupställningen i försök 2-4 sett ovanifrån.



Figur D. 5: Försöksupställningen sett från sidan utan kassetterna med wellpapp.

### Försök 1 utförande.

Antändningskällan antändes med en handgasbrännare. Antändningskällan med en konstant effekt av cirka 45 kW var igång i 3 minuter innan den stängdes av. Termoelementet var i detta försök placerad 200 mm ner från taket centrerat rakt ovanför skrivbordet. Temperaturavläsning skedde med 30 sekunders intervall.

I försök 1 genomfördes ingen manuell släckinsats utan allt material tilläts brinna upp.



Bild D. 3: Del av uppställningen i försök 1.



Bild D. 4: Försöksuppställningen i sin helhet från försök 1. På bilden saknas antändningskällan. Luckan som syns på bilden stängdes under försöket.



Bild D. 5: Försök 1 sett framifrån. Notera att i detta försök var inte stolen, hurtsen och antändningskällan centrerad.

#### Försök 2-4.

Ett antal förändringspunkter framkom efter främst visuella studier av försök 1. Dessa bestod av:

- IMO-madrasserna smälte och rann ut över bordskivan samt droppade ner på golvet vilket avsevärt försämrade möjligheterna för ett repeterbart test. Detta material ersattes därför med wellpappkassetter.
- Termoelementets placering fick ändras då temperaturmätningen stördes av att lågor nådde termoelementets mätpunkt. Vidare kunde termoelementet inte placeras centrerat framför skrivbordet av praktiska skäl såsom att ställningen till termoelementet i så fall skulle ha stått i vägen för den ena videokameran. Se figur D.6 för termoelementets placering.
- Stolen, hurtsen och antändningskällan centrerades för att tydligare kunna genomföra analys av brandspridningen.
- Hyllan behövde ytterligare förstärkas med vinkeljärn och reglar för att inte rasa inom 10 min.
- De yttre stående kassetterna behövde förstärkas med vinkeljärn för att minska risken av att falla av skrivbordet.

Dessa förändringar åskådliggörs i stora drag i figurerna B.3 och B.4 ovan samt av bilderna nedan. Inga andra förändringar, förutom att branden släcktes med slang direkt från vattenpost då försöksuppställningen rasat, genomfördes så rutinerna med antändning och avläsning av temperaturen är samma som i försök 1.

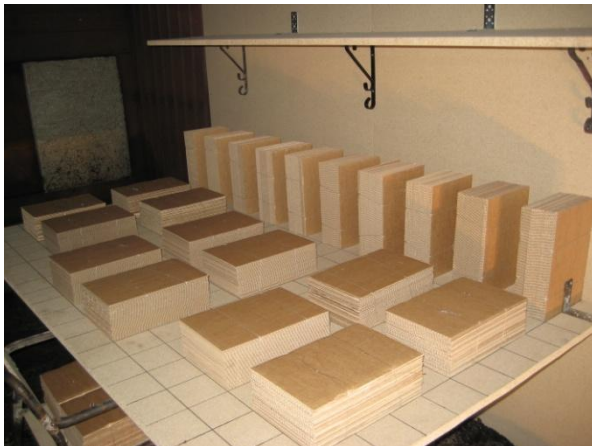


Bild D. 6: Placeringen av wellpapp på skrivbordet i försök 2-4. Notera vinkeljärn som stöttar yttre wellpappkassetten. Bild från försök 3.



Bild D. 7: Försöksuppställningen i sin helhet i försök 2-4. Bilden tagen från försök 4.

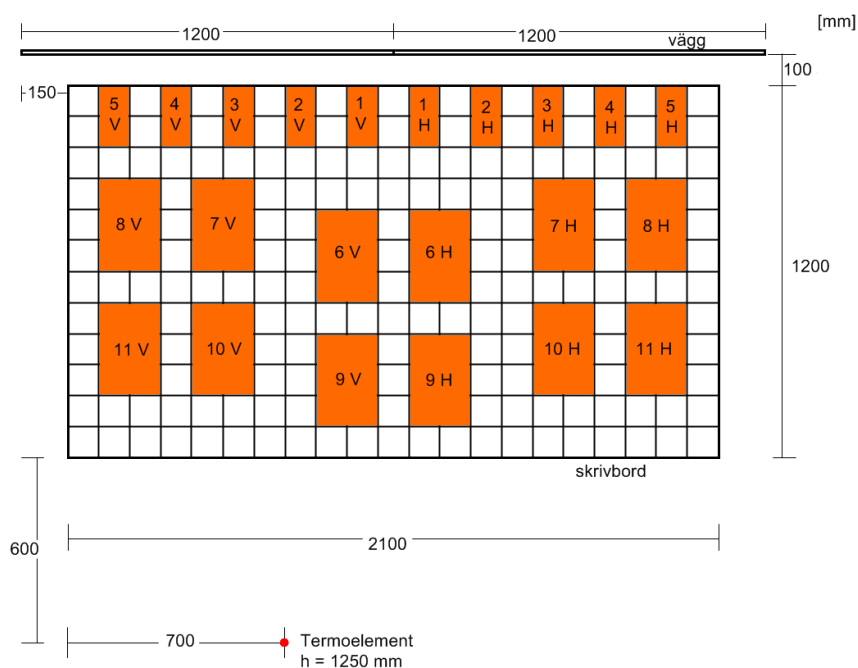


Bild D. 8: Stolens placering med wellpappskassetter i försök 2-4. Bilden tagen från försök 3.

### D.3 Resultat

Resultaten från försöken delades in i två kategorier. Dels skedde en temperaturmätning i syfte att få en fingervisning på brandens effektutveckling/förlopp, och dels genom visuella studier av det filmade materialet. I det senare fallet fastställdes ett antal kontrollpunkter, se figur D.6 nedan, vid vilken tiden då branden fått fäste noterades för att en detaljerad jämförelse mellan försöken skulle vara möjlig.

Då resultaten från försök 1 främst baseras på visuella intryck och markanta förändringar därefter genomfördes, inte minst gällande termoelementets placering samt borttagandet av madrassmaterialet, kommer resultaten från detta försök ej att presenteras i rapporten.



Figur D. 6: Kontrollpunkterna samt placeringen av termoelementet.

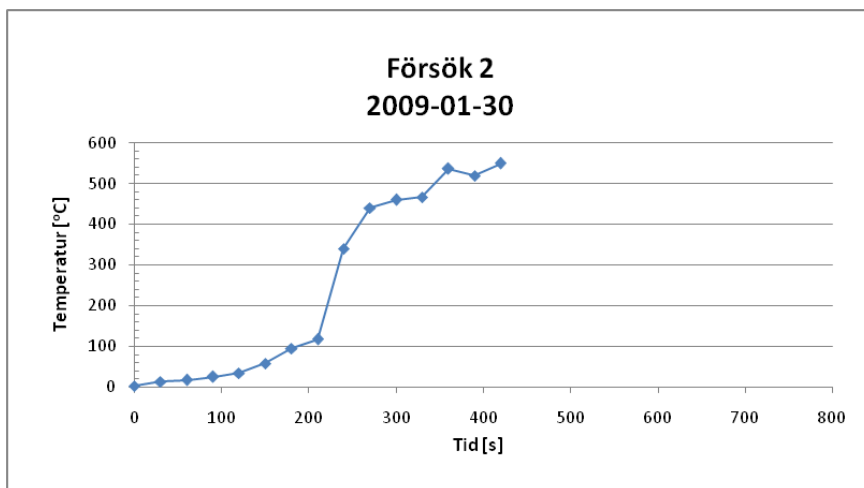
### D.3.1 Resultat temperatur

Temperaturmätningen fortgick framtill dess att försöksuppställningen rasat i sådan utsträckning att mätningen inte längre bedömdes vara relevant, se tabell D.1 nedan. I försök 2 och delvis även försök 3 var hyllan inte fullgott fastsatt och rasade således strax innan 600 sekunder efter antändning.

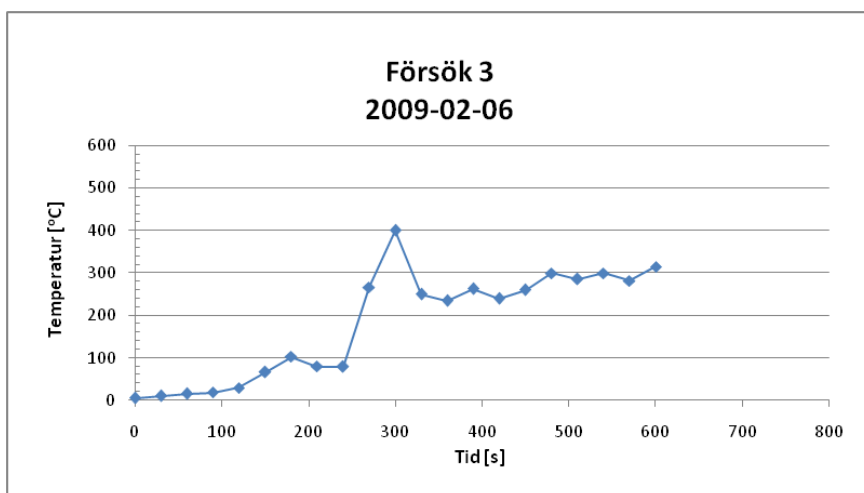
Hyllan fästes ytterligare med vinkeljärn och bakomliggande regler mellan försök 2 och 3 samt mellan försök 3 och 4 för att slutligen kunna uppfylla de tidskrav på uppställningen som ställdes.

Tabell D. 1: Temperaturavläsning.

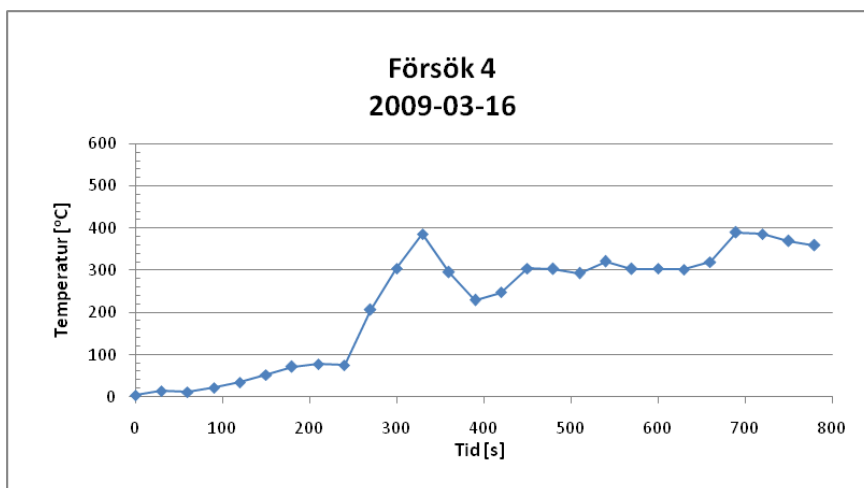
Tid [s]	Försök 2 Temperatur [°C]	Försök 3 Temperatur [°C]	Försök 4 Temperatur [°C]
0	2	6	5
30	13	11	14
60	17	16	12
90	25	19	22
120	34	30	35
150	58	67	53
180	94	103	72
210	117	80	78
240	340	79	76
270	440	267	207
300	460	400	305
330	467	250	386
360	536	235	296
390	520	263	230
420	550	240	248
450	"	260	305
480	"	300	303
510	"	286	293
540	"	300	321
570	"	282	303
600	"	315	304
630	"	"	302
660	"	"	320
690	"	"	390
720	"	"	386
750	"	"	370
780	"	"	359



Figur D. 7: Temperaturen som funktion av tiden försök 2.



Figur D. 8: Temperaturen som funktion av tiden försök 3.



Figur D. 9: Temperaturen som funktion av tiden försök 4.

Visuellt samt med hjälp av termoelementen kunde omgivningsförhållandena vid de respektive försökstillfällena uppskattas.

Tabell D. 2: Omgivningsförhållanden vid respektive försök.

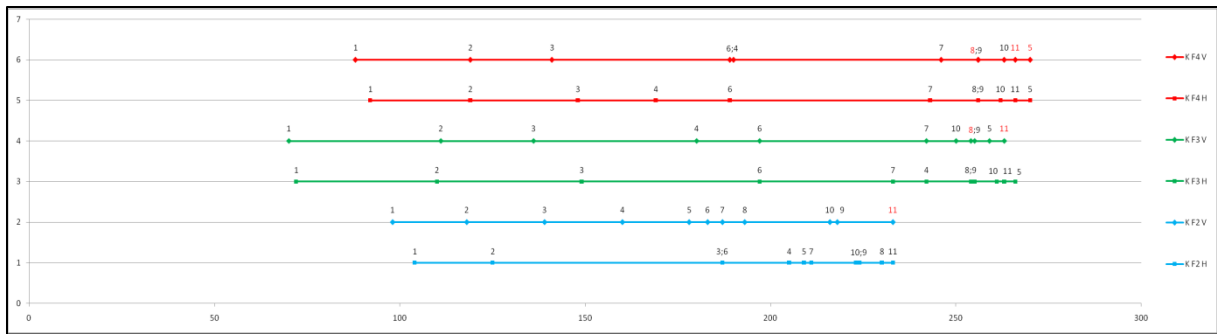
	Försök 2	Försök 3	Försök 4
Starttemperatur	2 °C	6 °C	5 °C
Relativ fuktighet	Låg	Mycket hög	Hög
Fuktighet i containern	Liten, torr mineralull	Hög, fuktig mineralull	Hög, blöt mineralull
Vindhastighet	0 m/s	0-0,5 m/s	0 m/s
Väder, övrigt	Mulet	Mulet, dimma	Mulet

### D.3.2 Resultat kontrollpunkter

Tabell D. 3: Tid till antändning för fastställda kontrollpunkter, se figur D.6.

Kontrollpunkt	Försök 2			Försök 3			Försök 4		
	V	H	[s]	V	H	[s]	V	H	[s]
1	98	104	[s]	70	72	[s]	88	92	[s]
2	118	125	[s]	111	110	[s]	119	119	[s]
3	139	187	[s]	136	149	[s]	141	148	[s]
4	160	205	[s]	180	242	[s]	190	169	[s]
5	178	209	[s]	259	266	[s]	270	270	[s]
6	183	187	[s]	197	197	[s]	189	189	[s]
7	187	211	[s]	242	233	[s]	246	243	[s]
8	193	230	[s]	254	254	[s]	256	256	[s]
9	218	224	[s]	255	255	[s]	256	256	[s]
10	216	223	[s]	250	261	[s]	263	262	[s]
11	233	233	[s]	263	263	[s]	266	266	[s]
Stol	378		[s]	576		[s]	557		[s]
Hylla	133		[s]	111		[s]	125		[s]

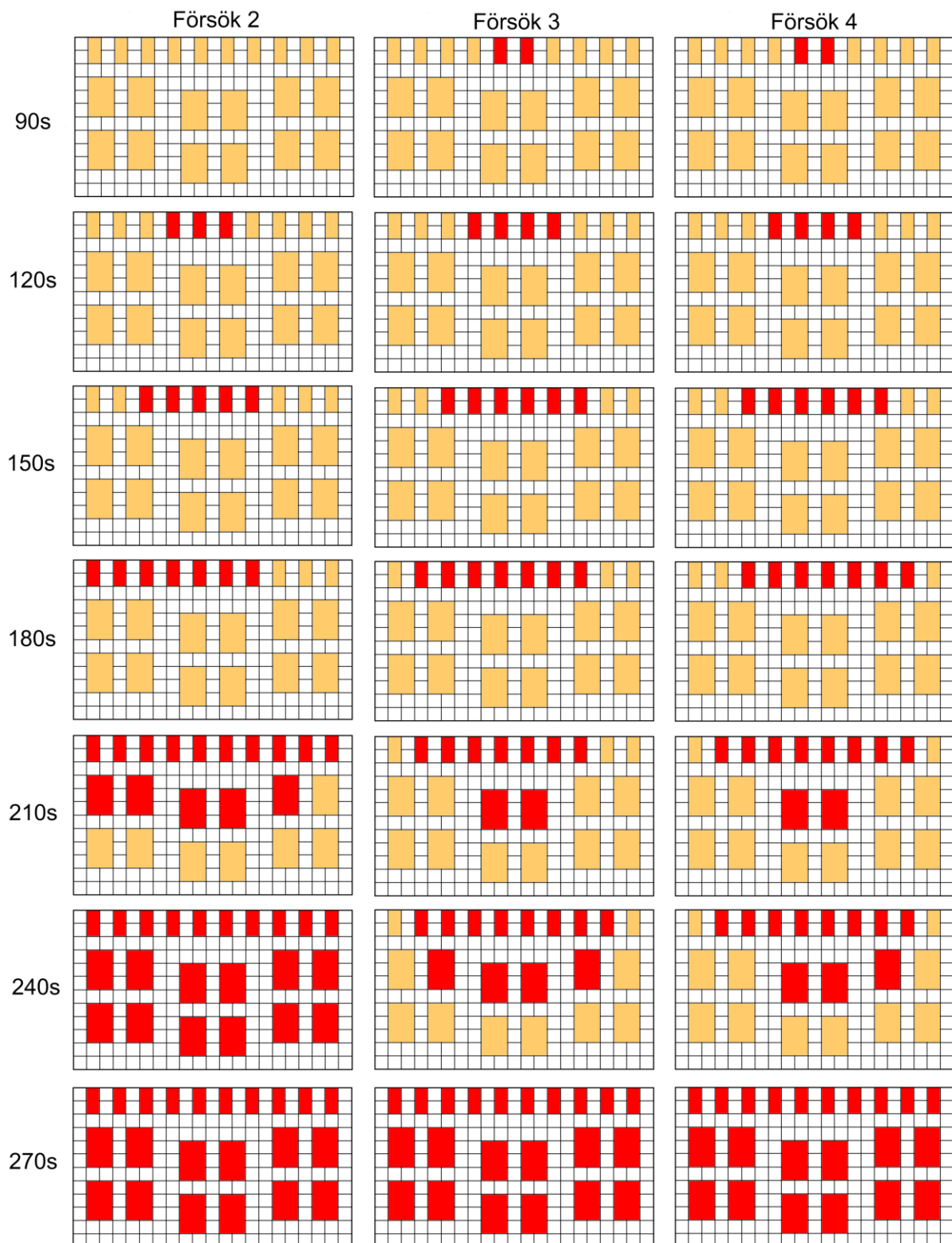
De rödmarkerade siffrorna kunde ej fastställas genom studier av filmerna. Till följd av detta görs antagandet att antändningstiden är densamma som för kontrollpunktens motsvarighet på andra sidan bordet. Antändningstiden för stolen kunde exakt fastställas genom studier av det filmade materialet. Hyllan är med som en kontrollpunkt och tiden är angiven vid vilken lågorna bedöms vara 50 % av tiden runt hyllans kant.



Figur D. 10: Antändningen av kontrollpunkterna presenterade på en tidsaxel. Varje försök presenteras med två linjer representerande höger och vänster sida om en tänkt symmetriaxel i mitten av bordet. Axelbeskrivningen står för "Kontrollpunkter Försök nr X Vänster/Höger".



Nedan presenteras användningen av kontrollpunkterna för respektive försök med 30 sekunders intervall, se figur D.11. Detta för att brandförloppet i respektive försök tydligare skall åskådliggöras.



Figur D. 11: Jämförelse av antändningstiden och brandspridningen mellan kontrollpunkterna i respektive försök.

## D.4 Slutsatser

De slutsatser som kunde dras av försöken är:

- Brandspridningen sker relativt symmetriskt över bordsskivan inom de respektive försöken.
- Stora likheter i temperatur och brandspridning mellan försök 3 och 4.
- Vid noggrann montering klarar försöksuppställningen tidskravet på 10 minuter utan att rasa eller avsevärt deformeras. Hyllorna måste fästas i regelverk, det räcker ej med infästning i spånskivorna, för att tidskravet ska uppfyllas. De yttre stående wellpappskassetterna måste fästas med vinkeljärn för att säkerställa att de inte rasar ner från skrivbordet.
- Väderförhållandena, såsom temperatur, relativ fuktighet och vind, har bedömt mycket stor påverkan på resultatet av försöken.
- Konditionering av materialet har mycket stor påverkan på resultatet. Fukthalten i materialen använda i försöken bedöms variera något, främst mellan försök 2 och 3-4. Materialen i både försök 3 och 4 bedöms ha haft en högre fukthalt då branden utvecklade mer vit rök till följd av avdunstning av vattenånga än vad som skedde i försök 2.
- Bortsett försök 2 är brandspridningen symmetrisk. Detta bekräftar antagandet av att en modell med symmetrisk utformning samt med ett fåtal väl definierade material ökar möjligheterna för ett repeterbart brandförlopp.
- Madrassmaterialet som användes i försök 1, vars resultat ej presenteras, bidrog till ökad effekt i testet. Dock smälte materialet och flöt ut över bordsskivan. En viss mängd rann även ner på golvet. Detta bedöms kraftigt reducera möjligheterna att få repeterbarhet i testet, vilket föranledde beslutet att helt avlägsna detta material från testet.

Med vissa undantag bland kontrollpunkterna är brandspridningen homogen inom de respektive försöken. Att det mellan försöken finns en viss spridning antas främst bero på variationer i fukthalt hos materialet till följd av olika omgivningsförhållanden samt variation av konditionering av materialen mellan försöken. Även omgivningstemperatur och vindriktning kan ha påverkat resultaten.

Med de givna förhållanden som föreslås i det reviderade testdokumentet, se bilaga A, bedöms repeterbarheten rörande brandspridningen vara mycket hög.

## D.5 Felkällor

Följande felkällor kan i olika stor utsträckning ha påverkat resultaten av försöken:

- Väderförhållandena olika mellan försöken, främst mellan försök 2 och 3-4.
- Fukt i containern till följd av tidigare utförda försök vid försök 3 och 4.
- Monteringsrelaterade felkällor.
- Mindre mätfel i placeringen av materialen samt montering av väggar, bord och hylla kan förekomma.
- Temperaturen mättes endast med ett termoelement och inte kontinuerligt utan med 30 sekunders intervall. Detta gör att temperaturmätningen saknade precision och vissa väsentliga detaljer kan ha förbisetts.
- I vissa fall svårt att bedöma antändning av kontrollpunkterna från det videofilmade materialet. Videokamerorna placerades inte exakt på samma ställe mellan försöken vilket ledde till olika vyer över brandförloppet och avläsningsproblematik i vissa fall.

- Ingen möjlighet att konditionera materialet på lämpligt sätt.
- Tidsdifferens mellan testen från dess att materialet tagets ur ”konditioneringsrummet” till dess att testet inleddes. Variationer i fukthalt i materialen skulle härigenom kunnat uppstå mellan försöken.
- Fukt i antändningskällan i försök 3 och 4. Skulle kunna ha reducerat antändningskällans effekt initialt.

## D.6 Diskussion

Till följd av de stora skillnaderna i omgivningsförhållandena kan inga vetenskapligt säkerställda slutsatser dras angående dessa försök. Vidare anses även olikheter i konditioneringen mellan försöken vara en av de största faktorerna som resulterar i skillnader i resultaten. Fler försök under mer identiska förhållanden och i en försökshall krävs för att mer definitiva slutsatser skall kunna dras.

Trots alla dessa faktorer som påverkat resultatet negativt finns flera saker som anses bekräftade.

- Symmetrin och de likvärdiga materialen bidrar starkt till en ökad repeterbarhet i testet. Dessutom var brandspridningen och temperaturprofilerna likartade i försök 3 och 4, då skillnaderna i omgivningsförhållanden och konditionering var små, se tabell D.2, figur D.8-9 samt D.11 Detta bekräftar alltså betydelsen av likartade omgivningsförhållanden samt konditioneringen av materialen.
- Det kan konstateras att brandspridningen sker relativt symmetriskt inom de respektive försöken. Det är således högst sannolikt att brandförloppet i sin helhet med föreslagen uppställning kommer att vara både repeter- och reproducerbart vid försök i laborationshall med konditionerat material.
- Brandförloppet är snabbare i dessa försök än det kommer vara vid ett fullskaleförsök i stor laborationshall. Detta då återstrålning från väggar och tak kommer vara mindre i det senare fallet.
- En viss tendens till snabbare brandförlopp över skrivbordet i den inre delen av containern kan skönjas vid studier av det filmade materialet samt figur D.10. Orsaken kan vara att öppningen var lokaliserad på sidan (den högra) om försöksuppställningen och den inströmmande luften kan ha haft en viss avkylande effekt.
- Stolen antänds först långt in i brandförloppet trots närheten till antändningskällan. Då den inte bidrar till brandförloppet förrän i slutskedet, även utan aktivering av släcksystem, väcks frågan om relevansen i att stolen medtas i testet överhuvudtaget.

Med de givna förhållanden som föreslås i det reviderade testdokumentet, se bilaga A, bedöms repeterbarheten rörande brandspridningen vara hög.



## Bilaga E. Förslag på kaplista av spånskivor av standardmått

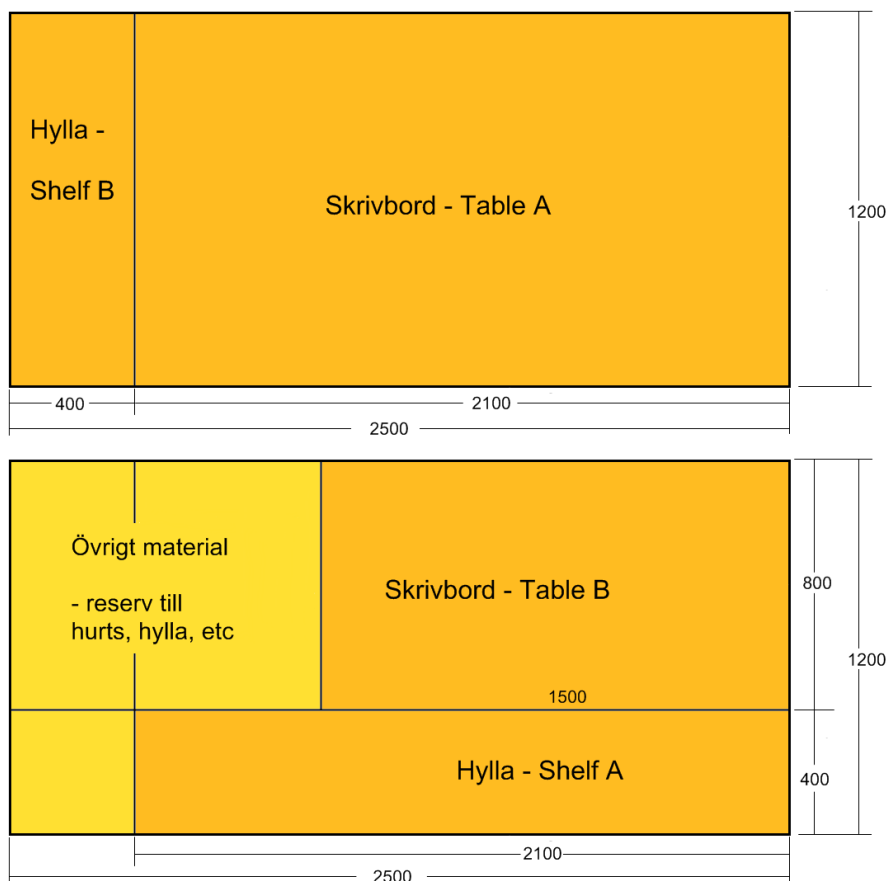
I det befintliga testet finns ett antal mått angivna som är onödigt komplicerade och som kommer leda till att en stor mängd material går till spill. Som exempel kan måtten på de två bordsskivorna nämnas återigen:

Bordskiva A	152 x 108 [cm ]x 22[mm]
Bordskiva B	304 x 76[cm] x 22 [mm]

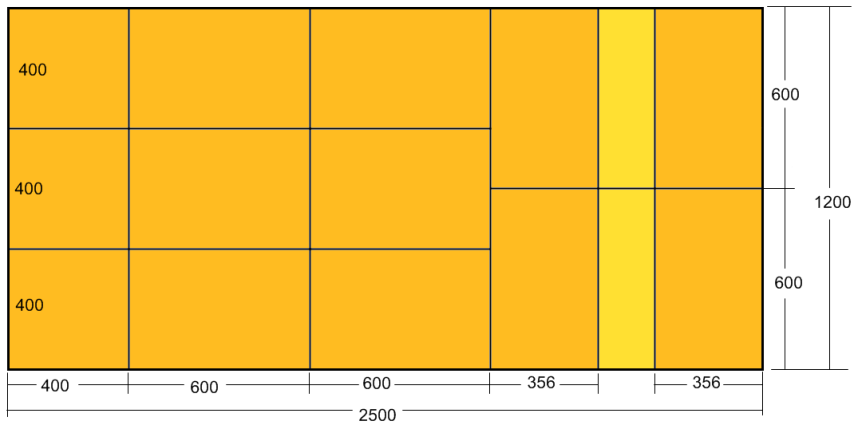
Utifrån syftet att minska komplexiteten i måttangivelserna samt minska på spillet är nästan samtliga mått i det reviderade testet i hela 10-tals centimeter. Undantagen är två av sidorna till hurtsen samt stolsitsen.

Nedan presenteras ett förslag på hur kapningen av spånskivor enligt normala standardmått (2500x1200 mm) skulle kunna se ut för att minimera materialåtgången. Exemplet baseras på ett försök enligt det reviderade testdokumentet.

### 22 mm skivor:

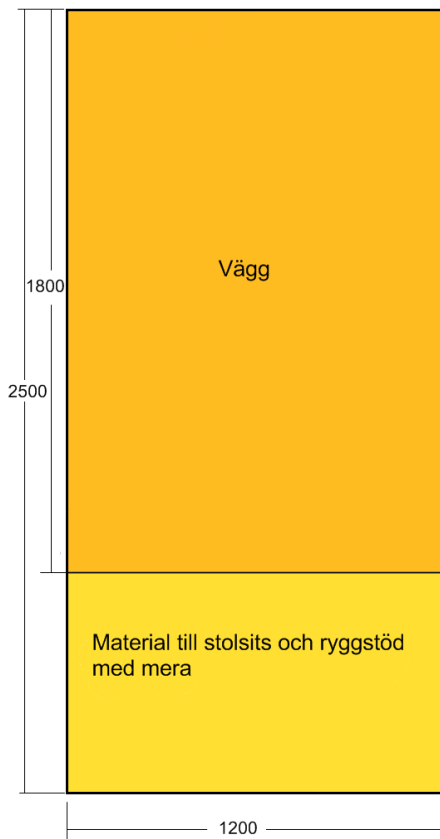


Figur E. 1: Kapning av 22 mm spånskiva till skrivborden och hyllorna i testet. Totalt två skivor per försök.



Figur E. 2: Kapning av 22 mm spånskiva till hurtsen. Totalt en skiva till cirka två försök.

**10 mm skivor:**



Figur E. 3: Kapning av 10 mm spånskiva till väggarna och stolen. Totalt fyra skivor per försök.