

# Elektriska brandrisker och deras hantering

SÄHKÖPETO® -programmet

## SÄHKÖPETO® -material och information kan du skaffa så här:

Vi förbehåller oss rätt till ändringar.

Material	Leveranssätt	Beställningar	Pris
Publikation: Grundinformation om elbränder och deras förebyggande	PDF -dokument	Hämtas från internet <a href="http://www.tukes.fi">www.tukes.fi</a> >> sähkö - ja hissit >> Sähköpeto	Gratis
Publikation: Grundinformation om elbränder och deras förebyggande	4-färgs kopieserie, 40 A4-sidor	<a href="mailto:asiakaspalvelu@saty.fi">asiakaspalvelu@saty.fi</a> eller tfn. 0400-861 978	23 €/st., moms 0 % +leveranskostnad
Publikation: Elektriska brandrisker och deras hantering (denna publikation)	PDF -dokument	Hämtas från internet <a href="http://www.tukes.fi">www.tukes.fi</a> >> sähkö - ja hissit >> Sähköpeto	Gratis
Publikation: Elektriska brandrisker och deras hantering (denna publikation)	4-färgs kopieserie, 60 A4-sidor	<a href="mailto:asiakaspalvelu@saty.fi">asiakaspalvelu@saty.fi</a> eller tfn. 0400-861 978	31 €/st. moms 0 % +leveranskostnad
Av Säkerhetsteknikcentralen uppgjorda anvisningar, presentationer, broschyrer och publikationer för förebyggande av elbrand	PDF -dokument	Hämtas från internet <a href="http://www.tukes.fi">www.tukes.fi</a> >> sähkö - ja hissit >> Sähköpeto	Gratis

### Utbildarmaterial

Innehåller ovannämnda två publikationer, utbildarens presentationer och skolningsanvisningar. <b>Levereras till dem som genomgått Sähköpeto-utbildarkursen.</b>	CD -skiva	<a href="mailto:asiakaspalvelu@saty.fi">asiakaspalvelu@saty.fi</a> eller tfn. 0400-861 978	
--	-----------	---	--

Tilläggsuppgifter om SÄHKÖPETO® -programmet och ordnande av skolningar ger

Person	Samfund	Kontaktuppgifter
Befullmäktigad besiktningsman Jorma Korkalo	Sähkötarkastusyhdistys SÄTY ry	0400-861978 jorma.korkalo@primatest.fi
Överinspektör Ari Keijonen	Säkerhetsteknikcentralen	09-61671 ari.keijonen@tukes.fi
Direktör Veli-Pekka Nurmi	Säkerhetsteknikcentralen	09-61671 veli-pekka.nurmi@tukes.fi

Ordet SÄHKÖPETO är av Sähkötarkastusyhdistys SÄTY r.y. registrerat varumärke.

Översättning: © Thomas Anderssen, Oy Tronico Ab, 2004 (www.tronico.fi)

# ***Innehållsförteckning***

1.	FÖRORD.....	4
2.	INLEDNING.....	5
3.	SÄKERHETSKULTUREN.....	6
4.	ELBRÄNDER SOM FYSIKALISKT FENOMEN.....	9
5.	ELFENOMEN SOM ORSAKAR ANTÄNDNINGSRISK OCH HUR MAN SKYDDAR SIG MOT DEM.....	10
6.	ELBRÄNDER SOM FYSIKALISKT FENOMEN.....	16
7.	ANTÄNDNINGSRISKER MED ELANLÄGGNINGAR, OCH ATT SKYDDA SIG MOT DEM.....	23
8.	TYPISKA ELBRANDRISKER I ELANLÄGGNINGENS APPARATGRUPPER.....	25
9.	ELANVÄNDNINGENS RISKHANTERING.....	28
10.	UNDERHÅLL AV ELANLÄGGNINGAR.....	32
11.	ÖVRIGA SYNPUNKTER GÄLLANDE HANTERING AV ELEKTRISKA BRANDRISKER.....	34
12.	TÄTNING AV GENOMFÖRINGAR ELLER BRANDTÄTNINGAR.....	36
13.	VAL OCH ANVÄNDNING AV KABLAR.....	39
14.	SAMMANDRAG AV KABLARS BRANDEGENSKAPER.....	44
15.	EXEMPEL PÅ BRÄNDER ORSAKADE AV ELEKTRICITET.....	46
16.	DE MEST CENTRALA ELSÄKERHETSFÖRESKRIFTERNA.....	53
17.	SKRIBENTER, KÄLLMATERIAL, BEGREPP.....	54

## **Förord**

I ett forskningsprogram som inleddes av Säkerhetsteknikcentralen (TUKES) 1996 har man under ledning av Tekn.dr. Veli-Pekka Nurmi forskat i bränder som uppstått på grund av elektricitet. Som resultat av forskningen har flera forskningsrapporter publicerats.

Med slutledningarna och åtgärdsrekommendationerna från forskningsprogrammet som grund har Sähkötarkastusyhdistys SÄTY ry. (SÄTY) producerat material för användning för användning vid skolningen och informationsspridningen angående förebyggandet av elbränder. Materialet omfattar två publikationer och skolningsmaterial baserat på dem..

Materialet bygger till stor del på TUKES' forskning, publikationer och experthjälp. Många sakkunniga inom området har dessutom verkat som skribenter och korrekturläsare.

SÄHKÖPETO -projektets namn är härlett ur de finska orden **SÄHKÖ**palojen **Ennalta Torjunta Ohjelma** (programmet för förebyggande av elbränder, ordet betyder fritt översatt "Elektriskt odjur"). Målsättningen för projektet är att med hjälp av skolning och information minska antalet bränder som beror på elektricitet, samt minimera person- och egendomsskadorna som beror på dem. Bekanta dig med materialet, delta i skolningarna och använd informationen i ditt arbete. Verka aktivt som ett "elodjur" för att förhindra elbränder.

Sähkötarkastusyhdistys Sätö (Elbesiktningsföreningen) riktar stora tack till Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry (centralen för befrämjande av elsäkerheten), vars finansiering har möjliggjort framställningen av skolningsmaterialet, samt till Säkerhetsteknikcentralen som välvilligt ställt sitt enastående forskningsmaterial angående elbränder, övrigt material samt sin sakkunskap till förfogande. Speciellt vill SÄTY tacka Tekn.dr. Veli-Pekka Nurmi, vars sakkunskap och uppmuntran har varit av avgörande vikt vid uppbyggnaden av skolningsprogrammet och dess utveckling. Tack också till varje skribent, och till de personer som med uttalanden, kommentarer eller medverkan har bidragit till olika synvinklar och mera information byggd på erfarenhet.

Sähkötarkastusyhdistys SÄTY ry.

## ***Inledning***

Publikationen i din hand innehåller fördjupande kunskap som hänför sig till elbränder och förebyggandet av dem. Informationen kan användas av personer som i sitt yrke på ett eller annat sätt arbetar med elbränder eller förebyggandet av dem. Sådana yrkesgrupper är bl.a. elplanerare, ledare av elarbeten och driftledare, fastighetsinnehavare, utbildningsväsendet inom byggande och fastighetsskötsel, brand- och räddningsväsendet, elbesiktningsmännen samt polisens specialutredare..

Elektriciteten är ju i sig sällan den grundläggande orsaken till att en brand uppstår. Den grundläggande orsaken är att energikällan elektricitet, som förekommer överallt, som resultat av fel eller ett mänskligt misstag, får ett sådant herravälde att följden blir en eldsvåda. Just de nämnda yrkesgrupperna står i pole-position när målsättningen är att förebygga elbränder och minimera skador.

Denna publikation är en fortsättning på publikationen "Grundinformation om elbränder och deras förebyggande". I den finns framställt nyttiga säkerhetstips för alla elanvändare. I den andra nämnda publikationen finns bakgrundsmaterial och grundfakta, som hänför sig till denna publikation, så att bekanta sig med den underlättar förståelsen av begreppen.

Båda publikationerna, samt de presentationer som hänför sig till dem kan fritt laddas ner från www-adresserna som nämnts på annan plats i publikationen. Båda publikationerna kan beställas som 4-färgskopior eller som CD-skiva från Sähkötarkastusyhdistys SÄTY. På CD-skivan, som främst är avsedd för utbildare, finns videoklipp från bränder, samt skolningens diapresentationer..

På TUKES', SÄTY:s och STEK:s www-sidor informerar man om ärenden som hänför sig till förebyggande av elbränder. Från de nämnda sidorna och samfunden får man också information om utbildare för de olika delområdena. Egentlig skolning och spridning av upplysning genomförs av den till branschen hörande skolningsorganisationen, räddnings-, polis-, och försäkringsbranscherna samt intresseorganisationerna enligt sina egna målsättningar och via sina egna organisationer.

I denna publikation närmar vi oss orsakerna till de bränder som orsakats av elektricitet och deras antändningsorsaker på ett djupare plan även ur teoretisk synvinkel. Publikationen ger information om elanläggningarnas centralaste brandrisker och tankemodeller om hur man kan minimera elsäkerhetsriskerna genom att följa underhållsprogram som uppgjorts enligt principerna för riskhantering.

Läsarna antas ha kännedom om elsäkerhetsföreskrifternas och elteknikens grunder. I publikationen ges inte detaljerade tekniska lösningar, och man framställer inte bestämmelser om de saker som behandlas, för det finns rikligt med litteratur och artiklar om varje ämne. I denna publikation har de facto endast huvudpunkterna för de olika delområdena inom förebyggande av elbränder framställts, vilka man önskar att läsarna och utbildarna skall tillämpa i sitt eget arbete på det sätt som de anser vara ändamålsenligt.

Författare<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Uppgifterna om författare finns i slutet av publikationen.

# 1 Säkerhetskulturen

## 1.1 Sambandet mellan säkerhetsnivån och organisationskulturen, säkerhetskulturen och individernas beteende

Tekn.dr. Veli-Pekka Nurmi, Säkerhetsteknikcentralen

Begreppet säkerhetskultur utgår i grund och botten från organisationsforskningens område, där den har använts för att beskriva sådana faktorer på arbetsplatser och övriga organisationer, som inverkar på olycksfall och som tros ha en kulturell bakgrund. Säkerhetskulturen har blivit ett mycket omtalat ämne såväl bland forskare som organisationer efter kärnkraftsolyckan på Three Mile Island år 1979.

Säkerhetskulturen kan ses som en specialform av organisationskultur. Fastän det inte finns någon standarddefinition på säkerhetskultur, så kan man anse att den som minimifaktorer innehåller: <sup>1</sup>gemensamma värden (vilket är viktigt) och <sup>2</sup>föreställningar (hur saker är och fungerar), vilka inverkar på organisationens uppbyggnad och kontrollarrangemang genom att producera <sup>3</sup>beteendenormer (sättet som vi gör saker på här). Säkerhetskulturen bildas av såväl den synliga verksamheten för att upprätthålla och utveckla säkerheten hos samfund, organisationer och enskilda, som av de värden, attityder och föreställningar som styr verksamheten. Säkerhetsledande är på så sätt ett nära begrepp till säkerhetskulturen.

Som ett enkelt exempel på betydelsen av säkerhetskultur och säkerhetsledande kan man ta skillnaderna i de olika flygbolagens olycksfrekvens. Flygbolagen på olika håll i världen använder mycket liknande materiel, och flygare, flygledare och underhållspersonal skolas och auktoriseras enligt mycket liknande standarder. Ändå varierar sannolikheten för att dö eller råka ut för en allvarlig olycka på en flygning flygbolagsvis mellan 1/260 000 och 1/11 000 000. Fast nationella förhållanden och resursskillnader har sin egen betydelse på dessa skillnader, förklaras lejonparten av skillnaderna bara via olika säkerhetskulturer.

En allmän organisationskultur antas ha en märkbar påverkan på säkerhetskulturen. Tillsvidare har dock de mekanismer med vilka säkerhetsatmosfären påverkar det säkerhetsrelaterade beteendet undersökts relativt lite. Med empiriska observationer har man kunnat finna starkt stöd för en teoretisk modell enligt vilken man, genom att påverka nivån på personalens säkerhetskunskap och motivation, kan påverka organisationens säkerhetsnivå (bild 1). Det framgår tydligt att man inte kan utveckla säkerhetskulturen separat från organisationens och samfundets övriga verksamhet.

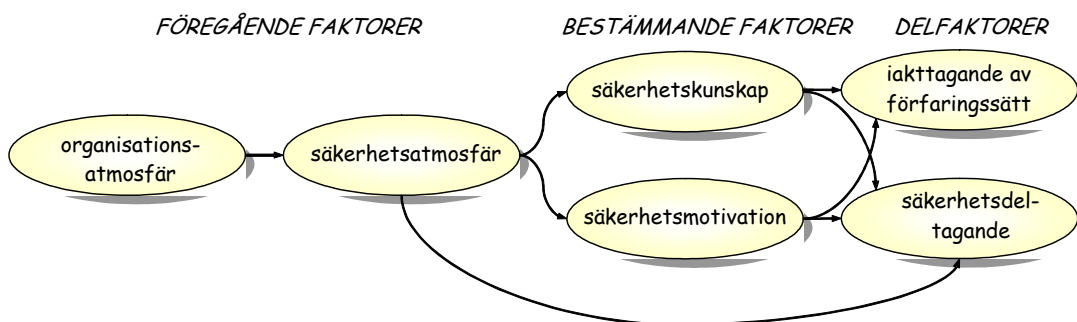


Bild 1. Uppbyggnadsmodell för de faktorer som påverkar säkerhetsnivån.

Säkerhetskulturen yttrar sig på makronivån som samhällets och medborgarnas allmänna atmosfär och förhållningssätt till säkerhetsangelägenheter. På mikronivån är det frågan om värderingarna och inställningen hos de enskilda människorna som verkar på arbetsplatser och i hemmen. Man har inte hjälmen på huvudet, tvättmaskinens kran stängs inte eller brandvarnaren uppenbarar sig inte i taket om inte individen anser att åtgärden är något värd.

All information som människorna har tillgodogjort sig har filtrerats genom deras personliga inställningar, värderingar, erfarenheter och skolning. Det som enligt vardagsförståndet är sant för den ene, är inte nödvändigtvis det för den andre. Säkerhetsreglerna följer i allmänhet vardagsförståndet hos ledningen och de övriga beslutsfattarna därför att de har utformat reglerna. För vanliga människor kan reglerna t.o.m. te sig skrattretande, för de har inte tillgång till den information som skulle krävas för att godkänna regeln. För att kunna hjälpa människorna att godkänna säkerhetsreglerna, måste man först utreda hur människorna ser på saken. Först därefter kan det finnas förutsättningar att börja ändra på deras riskuppfattningar, och på så sätt utveckla säkerhetsattityderna och förbättra säkerheten.

#### Källor:

- Glendon, A.I., Stanton, N.A. *Perspectives on safety culture. Safety Science 34 (2000). Pp. 193-214.*
- Neal, A., Griffin, M.A., Hart, P.M. *The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior. Safety Science 34 (2000). Pp. 99-109.*
- Nurmi, V-P.: *Sähköpalojen riskienhallinta. TUKES -julkaisu 3/2001, Helsinki 2001. 113 s.*
- Petersen, D. *Human Error Reduction and Safety Management. 3<sup>rd</sup> edition. Van Nostrand Reinhold. New York 1996. 397 p.*
- Reason, J. *Managing the risks of organizational accidents. Ashgate Publishing Company. Brookfield 1997. 252 p.*
- Reason, J. *Can a safety culture be engineered? Proceedings of the European Conference on Safety in the Modern Society. 15-17 September 1999. People and Work. Research Reports 33. Finnish Institute of Occupational Health. Helsinki 2000. pp. 3 - 8.*
- Ruuhilehto, K., Vilppola, K. *Turvallisuuskulttuuri ja turvallisuuden edistäminen yrityksessä. TUKES -julkaisu 1/2000. Helsinki 2000. 75 s.*
- Ruuhilehto, K., Kuusisto, A. *Turvallisuuskulttuuri - mitä se on? TUKES -julkaisu 3/1998. Helsinki 1998. 83 s.*
- Saastamoinen, M. *Turvallisuuskulttuuri kuluttajatutkimuksen näkökulmasta. TUKES -julkaisu 6/1999. Helsinki 1999. 48 s.*
- van Vuuren, W. *Cultural influences on risks and risk management: six case studies. Safety Science 34 (2000). Pp. 31-45.*

## 1.2 Det finns förbättringsmån i vår säkerhetskultur<sup>2</sup>

Författad av Jorma Korkalo.

Enligt undersökningarna finns det utrymme för förbättringar både i företagens kunskaper angående elbrandriskerna och i verksamhetssättskulturerna.

Med hjälp av kommunikationsmedel kan man sprida kunskap om trygga handlingsätt och betydelsen av dem. På så sätt torde man kunna förbättra både människornas vilja och förmåga att fungera tryggt. När man strävar till att utveckla säkerhetskulturen i elbrandsförebyggande synvinkel, bör den motiverande kommunikationen rikta sig till flera olika målgrupper.

### 1.2.1 Observerade fel och brister skall meddelas till underhållsorganisationen.

En av de mest centrala detaljerna i säkerhetskulturen som påverkar den elektriska brandsäkerheten är hur man förhåller sig till onormalt fungerande elapparater eller ovanliga elektriska fenomen. Verksamhetssätten borde innehålla klara anvisningar om apparaterna skall tas ur bruk, om de skall repareras, eller om man skall fortsätta att använda dem som om ingenting hade hänt och lämna orsakerna till de ovanliga elfenomenen outredda.

---

<sup>2</sup> Källa: TUKES publikation 3/2001 *Sähköpalojen riskien hallinta, Veli-Pekka Nurmi.*

Fel i elapparater ger typiskt symptom i god tid innan felet utvecklas till en brand. Man bör instruera användarna av elanläggningen i att känna igen avvikande elfenomen och att vidarebefordra informationen om sina observationer till fastighetens serviceorganisation. På detta sätt får man en märkbar effektivisering av observationen av elanläggningens skick, jämfört med att ansvaret för observationen skulle vila på ett fåtal personer inom underhållsorganisationen. Väsentligt är också att underhållsorganisationen reagerar raskt och med sakligt allvar på de anmälningar som den får.

Tidigare nämnda avvikande elektriska fenomen, som även kan igenkännas av en lekman är t.ex. upprepade fall av brända säkringar, ovanliga ljud i elapparater, oförklarliga funktionsstörningar, apparaternas onormala temperatur, och naturligtvis iögonfallande felaktiga elapparater.

### **1.2.2 Val av apparater, användning, underhåll, samt förberedelser för olycka**

Till en bra säkerhetskultur hör att välja apparater med hänsyn till användare och användningsförhållanden, planmässig underhålls- och reparationsverksamhet samt förberedelse för olyckssituationer. Förberedelsen täcker planering av handlingsätt, instruering och anskaffning av behövlig skydds- och övrig utrustning såsom handsläckningsredskap och service för dem.



## 2 Elbränder som fysikaliskt fenomen

Detta är en förkortning av överlärare Väinö Bergmans artikel, som i sin helhet är framställd i publikationens del 6.

### 2.1 Allmänt

En eldsvåda som orsakas av elektricitet kallas här för elbrand. Vid användningen av elektricitet förekommer läckströmmar, felströmmar, övertonsspänningar och -strömmar, urladdningar, gnistor och ljusbågar. Följden av dessa kan i värsta fall vara elbrand. Viktiga egenskaper hos den stationära isoleringen är bl.a. mekanisk, termisk och elektrisk hållfasthet. Som följd av uppvärmning, temperaturväxlingar, omgivningsförhållanden, vibrationer, materialets åldrande, spänningspåkänningar osv. inträffar förändringar i isolationens kemiska, mekaniska och elektriska egenskaper så att de kan leda till så stora läckströmmar, att de t.o.m. kan befrämja skadorna i isoleringen.

#### Elektriska fenomen som leder till elbrand:

- Läck-, kortslutnings- och överbelastningsströmmar
- Överttonsspänningar och -strömmar
- Elektriska urladdningar, gnistbildning
- Ljusbågar

Förutsättningarna för elbrand är: antändbart och brinnande material, syre och antändningsenergi. Lättantändligast är olika damm, pulver, gaser, ångor och brännbara vätskor. Det som har betydelse för om blandningen av luft och material antänds av hög temperatur, gnistor eller ljusbåge är den genomsnittliga partikelstorleken hos explosivt damm, den lägsta explosiva dammhalten, maximalt explosionstryck, samt brinnande gasers, ångors och vätskors sammansättning, täthet, flampunkt, självantändningstemperatur, rådande tryck samt antändnings- och explosionsgränser. (SFS-handbok 59 och SFS-handbok 60 som behandlar explosionsfara)

#### 2.1.1 Uppvärmning orsakad av elektricitet

En central orsak till elbrand är att någon strömkrets eller del i en elapparat överhettas. Detta kan bero på stor läckström och ström förorsakad av överbelastning eller kortslutning. Genom strömmens inverkan uppstår effektförluster som visar sig som uppvärmning av delen i fråga.

Uppvärmningens eltekniska process belyses djupare i den egentliga artikeln.

#### 2.1.2 $I^2t$ -värdet

Elapparater som innehåller elektronik kan vara mycket känsliga för överströmmar. Ett ämne som passar in i denna presentation är effekthalvledarkomponentens  $I^2t$ -värde. Komponentens skall väljas, och dess skydd ordnas så, att den håller för de förekommande belastnings- och felströmmarna utan att förstöras. En halvledarkomponent förstörs mycket lätt på grund av överström. Som skydd för en effekthalvledarkomponent skall man använda skydd som konstruerats för dem. Det inbördes valet av komponent och skydd skall göras så, att skyddets  $I^2t$ -värde är mindre än den skyddade komponentens  $I^2t$ -värde.

Användningen av  $I^2t$ -värdet har utvidgats att även gälla brytare. På detta sätt kan kablar skyddas mot kortslutning genom att ställa in brytarens  $I^2t$ -värde mindre än kabelns motsvarande värde. I dessa fall bestäms  $I^2t$ -värdet på ett annat sätt än hos effekthalvledarna.

### 2.1.3 Statisk elektrisk laddning

Eftersom alla kablar har kapacitans gentemot jord, så kan det samlas elektrostatisk laddning i dem. Elektrostatisk laddning orsakar mycket lätt urladdningar. Om urladdningsenergin är tillräckligt stor, kan följden bli antändning av brännbart eller explosivt material och elbrand. Elektronikkomponenter och -apparater är speciellt känsliga för urladdningar av statisk elektricitet. Förebyggande, minskning eller övriga kontrollmetoder för elektrostatisk laddning behandlas inte i denna presentation.

#### Människan som orsakare av elektrostatisk urladdning

I en människa som rör sig bildas relativt lätt en elektrostatisk laddning, vars storlek beror på luftens relativa fuktighet, golvet ytmaterial samt materialet i kläder och skor. Med elisolerande skor kan människa anses vara ett objekt som är isolerat från omgivningen. Då bildar människan ur elektrostatisk synpunkt den ena elektroden i en "kondensator". Människans kapacitans mot jord är normalt 50 ... 250 pF. Med ett isolerande golv och isolerande skor kan människans elektrostatiska laddning stiga till t.o.m. 20...30 kV. Människan uppfattar och känner typiskt elektrostatiska urladdningar över 3 kV.

## 3 Elfenomen som orsakar antändningsrisk och hur man skyddar sig mot dem

Auktoriserad besiktningsman Paavo Hakala, Suunnittelutoimisto Hakala Oy

### 3.1 Resistiv antändning

#### 3.1.1 Överbelastning

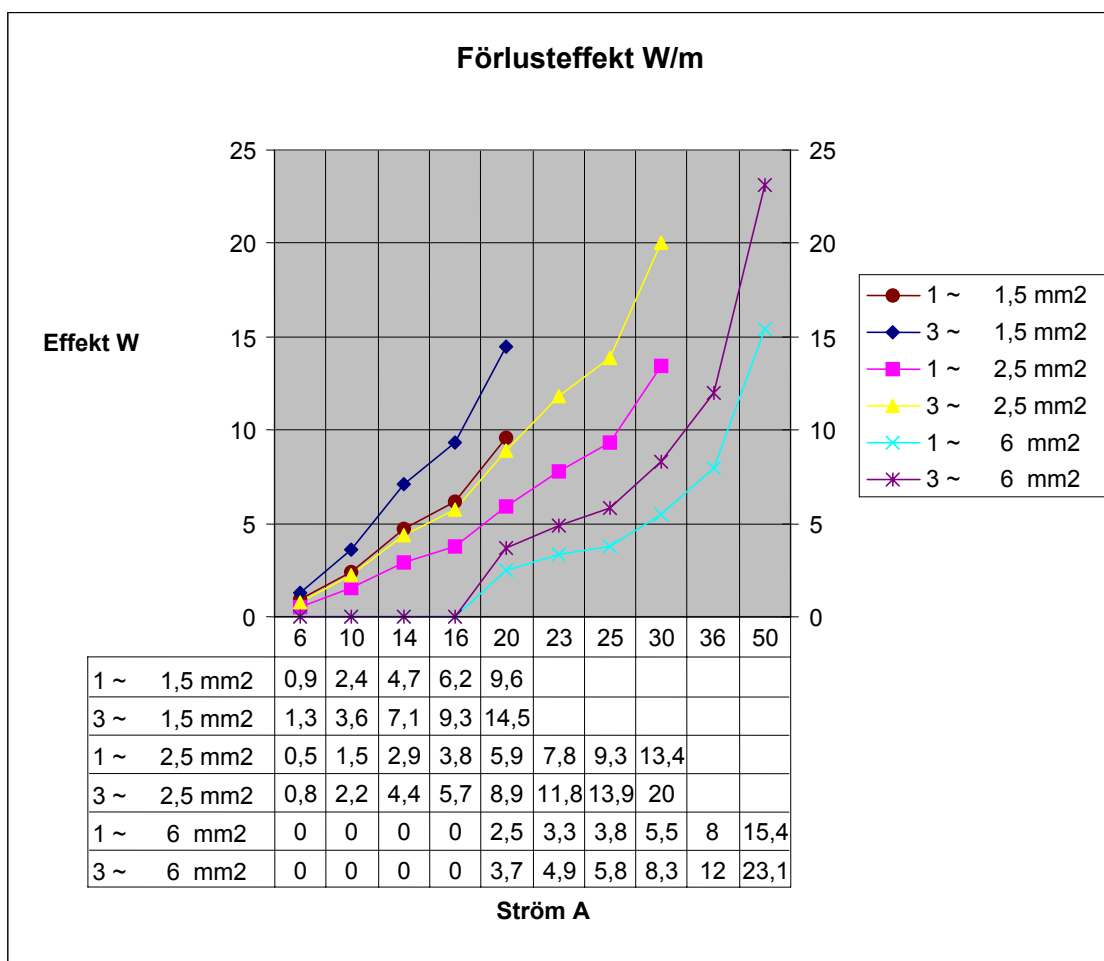
I alla ledare där ström flyter uppstår effekt enligt formeln  $I^2 \times R$ . Ifall ledaren delvis avviker från den övriga ledaren, och där orsakar större resistans, uppvärms detta ställe i ledaren mera än den övriga ledaren. Sådana ställen är t.ex. anslutningar och skarvar.

Ström A	Värmeeffekt i övergångsstället W
10	10
16	25,6
25	62,5
100	1000

Tabell 1. Exempel på uppvärmningseffekt hos en övergångsresistans på 100 mΩ (t.ex. anslutning, skarv)

Uppvärmningen av en kabel eller ledning sker exakt på samma sätt enligt ledarnas specifika resistans (likströmsresistans). Uppvärmningen beror på hur många ledare som belastas och med vilken belastningsström. Vi betraktar här vanliga 1,5 mm<sup>2</sup>, 2,5 mm<sup>2</sup> ja 6 mm<sup>2</sup> kopparledare.

Den specifika resistansen för dessa per meter är:  $1,5 \text{ mm}^2 = 12,1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ ,  $2,5 \text{ mm}^2 = 7,41 \text{ m}\Omega/\text{m}$ ,  $6 \text{ mm}^2 = 3,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$ .



**Bild 2: Värmeproduktion per meter vid olika belastningsströmmar**

### 3.2 Den tredje övertonen (150 Hz)<sup>3</sup>

*Ingenjör Jorma Korkalo, Primatest Oy*

I så gott som alla elnät uppträder övertoner i ökande omfattning beroende på den oavbrutna ökningen av olinjära elapparater. De orsakar överströmmar och överspänningar som åtminstone indirekt kan orsaka elbrand. Vågformen hos spänning och ström som innehåller övertoner är inte ren sinusform. Felaktigheterna i vågformen som orsakas av övertoner beskrivs med en distorsionsfaktor. Förutom brandfaran, är också störningarna i elapparater som innehåller elektronik, vilka förorsakas av den "orena" elektriciteten, en betydande olägenhet.

Det mest skadliga fenomenet som hänför sig till övertonerna är i alla fall resonans. Resonans uppstår när någon övertonsfrekvens ligger nära nätets resonansfrekvens. Då mångfaldigas ofta övertonsströmmarna eller -spänningarna i förhållande till den normala situationen. Resonansen uppstår mellan kapacitanserna och induktanserna i någon anläggningsdel. I artikeln behandlas närmast omständigheter som hänför sig till den tredje övertonen.

I relation till uppstående elbränder är den tredje harmoniska övertonen (150 Hz) den skadligaste, därför att dess fasvisa övertonsströmmar i ett trefasnät ligger i fas, var-

<sup>3</sup> Källa ABB Oy Tredje övertonens guide THF 80 Fi 99-9

vid de summeras i nolledaren och förorsakar en sammanlagd 150 Hz ström i nolledaren som t.o.m. överskrider strömmen i fasledarna. I ett enfasnät kan strömmen i nolledaren, som beror på övertonerna, vara t.o.m. 1.7 gånger större än strömmen i fasledaren.

Vid symmetrisk linjär trefasig belastning flyter det ingen ström i nolledaren eftersom summan av fasströmmarna är noll. Faran ökar ändå beroende på de faktum att nolledarens dimensionering, speciellt vid kraftigare trefasiga strömkretsar, sannolikt är bara hälften av fasledarnas tvärsnitt, och att nolledaren inte har skyddats mot överlast. Den tom. flerfaldiga överbelastningen av nolledaren förorsakar att den överhettas, och därefter vidare, beroende på isolations-skador, orsakar kortslutning eller jordslutning med brandfara som följd.

### 3.2.1 Övertonernas källor

Källor till övertoner förekommer i så gott som alla elanläggningar, därför att det finns olinjära nätaggregat i praktiken alla elanläggningar i ökande omfattning. Sådana är bl.a. elektroniska strömkällor, elektroniska anslutningsdon för urladdnings- och lysrörsarmaturer, datorer, hemelektronik, samt industrins ljusbågsugnar, strömriktare, thyristorswitchar, motorer, generatorer, elfilter och svetsapparater.

En vanlig kontorsdator t.ex. förorsakar 4A/kW 150 Hz ström i nätet, och en belastning av urladdningslampor 1A/kW 150 Hz ström.

### 3.2.2 Problem som orsakas av den tredje övertonen

I det följande behandlas närmast de följder som ökar brandfaran, varav de flesta just beror på de stora nollströmmar som förorsakas av den tredje övertonen.

#### För elnätet:

- Nolledaren värms > överhettning förorsakar brandfara
- Potentialskillnaderna mellan nollpunkten och jord ökar
- Effektförlusterna ökar (150 HZ)
- Förorsakar störningar i elnätet, som i sin tur kan störa funktionen hos skydds- och säkerhetssystem

#### För transformatorer:

- Ökning av effektförlusten
- Resonansrisk
- Uppvärmning > åldrandet accelererar > livslängden minskar > elsäkerhetsriskerna ökar

#### För kondensatorer:

Kondensatorbatterier är speciellt känsliga för övertoner. Man är tvungen att överdimensionera dem så att de håller för de övertoner som apparaturen förorsakar. Övertonsproblemen beror i huvudsak på parallellresonans.

- Ökning av förlusteffekterna > uppvärmning > åldrandet accelererar > livslängden minskar > riskerna för elbrand ökar
- Resonansrisk
- Resonans uppstår, när frekvensen hos någon överton är nära nätets resonansfrekvens. Då mångfaldigas ofta övertonsströmmarna eller -spänningarna jämfört med normalsituationen. Resonans uppstår mellan kapacitanserna och induktanserna i någon av nätets delar. I ett övertonshaltigt nät bör kompensera

$$f_r = f_1 * \sqrt{\frac{S_k}{Q_c}}$$

$f_1$  = Frekvensen som analyseras

$S_k$  = Nätets kortslutningseffekt

$Q_c$  = Kompenseringsbatteriets kapacitans

ringen förses med spärrspolar, ifall inte övertonsfilter används.

- Med automatiskt reglerade batterier varierar batteriets kapacitans beroende på det reaktiva effektbehovet och därför varierar också resonansfrekvensen.

#### **För kablar och ledare:**

- Ökning av förlusteffekterna > uppvärmning > åldrandet accelererar > livslängden minskar > riskerna för elbrand ökar
- Överbelastning av noll- eller PEN-ledaren
- Den tredje övertonsströmmen summeras i nolledaren trefaldigt
- Obs. I de flesta installationer är nolledarens tvärsnitt bara hälften av fasledarens!
- Brandfara, nolledaren eller PEN-ledaren kan brinna av.
- 150 Hz övertonsströmmen som flyter i fasledaren.

#### **För datorer, elektroniska apparater, signalkablar:**

- Övertoneernas spänningsdistorsion kan orsaka funktionsfel i mätutrustningar, datorer och regler- och skyddsapparater, som vidare kan orsaka funktionsstörningar t.ex. i skydds- och säkerhetssystemen och därmed i andra hand ökning av elbrandfaran.
- I TN-C -system orsakar potentialskillnaderna utjämningsströmmar där 150 Hz ofta är den dominerande. Vagabonderande strömmar flyter i rörsystem, konstruktioner, jordledare osv. och förorsakar magnetfält omkring sig, vilket resulterar i störningar i t.ex. signalkablar. Sådana vagabonderande strömmar kan orsaka funktionsstörningar i datorer.

### **3.2.3 Minimering och förebyggande av den tredje övertoneans verkningar**

Eftersom det vid planeringsskedet ofta inte är möjligt att med tillräcklig noggrannhet förutse uppkomsten av övertoner, måste man på ett eller annat sätt ta hänsyn till detta förhållande redan i planeringsskedet. Vilken metod som används för minskning av övertonsolägenheterna väljs på grund av tekniska och ekonomiska omständigheter.

Härvid är det skäl att dryfta ifall det är förmånligare att filtrera övertonerna eller förhindra deras uppkomst, och/eller hur man tar hänsyn till saken i övrigt vid konstruktion av elanläggningen.

- Grundåtgärden då är att man vid dimensioneringen av nolledaren tar hänsyn till den tredje övertonen. I standardserien SFS 6000, punkterna 524.2 och 524.3, finns anvisningar bl.a. angående dimensioneringen av nolledaren på grund av belastningen som orsakas av tredje övertonen.
- Förekomsten av övertoner skall beaktas också vid placering, installation och inkoppling av signalkablar och apparater som producerar övertoner. Åtgärderna skall utföras enligt tillverkarnas anvisningar samt med iakttagande av standarderna.
- En grundåtgärd är också utförandet av jordningar och potentialutjämning på ett sätt som minskar inverkan av störningarna. Dess åtgärder har en sekundär betydelse för brandsäkerheten genom säkerställandet av den tillförlitliga funktionen hos elektroniska skydds- och säkerhetssystem.
- Övertonsströmmar kan också begränsas genom att använda övertonsfilter, och ur brandsäkerhetssynpunkt uttryckligen tredje övertoneans filter, vilket reducerar t.o.m. 95 % av den tredje övertonen..
- Man borde följa upp övertonssituationen genom mätningar med minst ett års mellanrum. Uppföljningen borde anslutas till underhållsprogrammen. Man kommer åt ett möjligt övertonsproblem under utveckling i god tid via uppföljningen, innan det överraskande orsakar allvarligare störningar för t.ex. ett företags egentliga verksamhet.

### 3.3 Isolationsfel, läckfelströmmar

Ett isolationsfel i en apparat eller anläggning åstadkommer felströmmar från delar av strömkretsen till jord eller skyddsledaren. Vid lägliga förhållanden kan läckströmmarna orsaka farliga temperaturer redan vid en strömstyrka av storleksordningen 100 mA. I nuvarande installationsbestämmelser krävs vid bestämda driftförhållanden skydd mot felströmmar med ett 300 mA felströmsskydd, vars funktionsområde är 150 - 300 mA. Detta är i allmänhet tillräckligt för ett effektivt brandskydd.

### 3.4 Överspänningar<sup>4</sup>

*Ingenjör Jorma Korkalo, Primatest Oy*

#### 3.4.1 Uppkomst av överspänningar

Överspänningarna uppkommer vid in-/urkoppling av elektriska apparater och vid elektrostatiske urladdningar. De elektromagnetiska skadeverkningarna på el- och elektronikapparater förorsakade av åsknedslag ligger dessutom på topp i försäkringsbolagens statistik.

Övergång av överspänningar från ett system till ett annat kan ske genom galvanisk, induktiv eller kapacitiv koppling.

##### **Galvanisk koppling**

En överspänning kan kopplas galvaniskt från störningskällan till objektet via en gemensam impedans.

De höga amplituderna hos blixstens stötström orsakar en överspänning i jordningsresistansen, som via potentialutjämningskenan kopplas till ledarna som är anslutna till systemet. Dessutom uppkommer enligt induktionslagen  $U_L = L \cdot di/dt$  en överspänning i de ledare som blixströmmen passerar på grund av strömmens stora stighastighet.

##### **Induktiv koppling**

Strömmen som flyter genom ledaren orsakar på grund av magnetfältet en induktiv koppling enligt induktionsprincipen. Den direktkopplade överspänningen orsakar en stötström i ledaren, vars stighastighetsvärde  $di/dt$  är stort. Runt ledaren bildas ett magnetfält som motsvarar strömstyrkan (funktionen hos en transformators primär-lindning). I övriga ledare inom magnetfältets verkningsområde, t.ex. signalkablar, induceras en överspänning (funktionen hos en transformators sekundärlindning). Överspänningen går till apparaterna längs de ledningar som är kopplade till apparaterna.

##### **Kapacitiv koppling**

En kapacitiv koppling förorsakas av det elektriska fältet mellan två punkter som har stor potentialskillnad.

Potentialen hos en elektriskt ledande del eller apparat blir hög, t.ex. sker detta med potentialen hos en åskledare vid ett åsknedslag. Mellan den delen, och delar med lägre potential (t.ex. en el- eller signalledare inne i byggnaden) uppstår ett elektriskt fält. Spänningen mellan delar med olika potential strävar att utjämnas, och resultatet är ett genomslag. Det orsakar en överspänning i den utsatta ledaren och den apparat som är kopplad till den.

---

<sup>4</sup> Källa: Phoenix Contact Trabtech Basic

### 3.4.2 Skador som orsakas av överspänning

Överspänningarna förstör stora mängder el- och elektronikapparater, och antalet skador och omfattning har ökat väsentligt de senaste åren.

De skadade komponenterna är i allmänhet ledare, kretskort och brytare. Dessutom kan det uppstå mekaniska skador på apparater och anläggningar.

Kostnader uppstår på grund av skadornas reparation, samt naturligtvis av förluster som beror på driftavbrott.

Omedelbar brandfara förorsakas i praktiken av ett direkt blixtnedslag. Sekundär brandfara orsakas av att skydds-, säkerhets- och alarmanläggningar går sönder så att de inte fungerar t.ex. för att elektronik i en skyddsapparat gått sönder.

Skador som beror på överspänning kan förebyggas genom ett omsorgsfullt utfört överspänningsskydd.

### 3.4.3 Planering av överspänningssydd

Planeringen av skyddet bör ske heltäckande, t.o.m. så att man tar hänsyn till omgivningens konstruktioner. Effektivast är skyddet när det utförs i tre steg utgående från åskskydd kopplade till elmatningen, vidare till överspänningsskydd i t.ex. fördelningscentralen och avslutas i apparatvisa skydd. Vid ett stegvis genomfört skydd begränsas överspänningen stegvis till den nivån (1,5 kV), att de apparatskydd som utgör det sista steget klarar av att ta hand om den resterande överspänningen som hotar apparaten. Å andra sidan bör apparaten klara vissa överspänningsnivåer så som apparatstandarderna förutsätter.

En väsentlig del av överspänningsskyddet är adekvat utförd jordning och potentialutjämning. Restspänningen vid skydd mot överspänning är till stor del beroende på möjligast låga impedans hos samtliga delar av jordning och potentialutjämning, inklusive jordningselektroden.

Det finns egna speciella skyddsapparater och dimensioneringsanvisningar för skydd av elmatningens olika steg, liksom för olika teleanslutningar (in- och utgående).

Man ser ofta att överspänningsskyddet utförts endast genom att apparatskydd använts vid apparatens elanslutning. Då gäller det att minnas, att apparatskyddet ger skydd mot högst 1,5 kV överspänning, vilket sannolikt är en alldeles otillräcklig skyddsnivå. Man bör även fästa uppmärksamhet vid överspänningsskyddets kvalitet, för det visar sig troligen att ett "billigimporterat" apparatskydd är odugligt vid en verklig situation.

Känsligast för överspänningar är mikrokretsarna, vilkas spänningstålighet typiskt är dimensionerad bara till några volt. Således är redan en 500 V överspänning flerfaldig i förhållande till dimensioneringsspänningen - följderna av "bara" en 500 V överspänning för ett mikrochip är lätta att föreställa sig. Då man dessutom minns att överspänningen, som följd av stötströmmen som orsakas av blixten, kan koppla sig både induktivt och kapacitivt till ledarslingorna i dataledningar och i apparaternas kretskort, så förstår man lättare elektronikapparaternas stora disposition för skador orsakade av överspänning.

Utförandet av ett fungerande överspänningsskydd förutsätter yrkesmässig planering och installation av överspänningsskydden både för elmatningen och teleanslutningarna som kopplas till apparaterna.

## 3.5 Brand- och explosionsfarliga utrymmen

*Auktoriserad besiktningsman Paavo Hakala, Planeringsbyrå Hakala Oy*

I brand- och explosionsfarliga utrymmen hanteras eller lagras material som förorsakar brand eller explosionsfara. Brandfarliga utrymmen klassas enligt nationell praxis.

I Finland sker klassningen enligt del E av Finlands byggnadsbestämmelsesamling som Miljöministeriet publicerat. Av den har del E1 nyss publicerats.

Ändringen A1 i Standardserien SFS600, Elektriska lågspänningsinstallationer, har stramat åt kraven i punkt 482. Sektionerade utrymningsvägar, närmast trapphus, skall numera hanteras som brandfarliga utrymmen. Elapparater som höjer brandbelastningen får installeras i dem endast om de hänför sig till utrymningsvägarnas belysning eller vägguttag, och strömkretsarna är skyddade med felströmsskydd. Övriga installationer skall brandskyddas genom inbyggnad (klass EI 30) med material av klass A2-s1,d0 (Finlands byggbestämmelsesamling E1, tidigare obrännbart eller nästan obrännbart material) eller bättre. Dessutom skall yttemperaturen hos alla apparater väljas så, att de sannolikt inte kan förorsaka fara för omgivningen.

## **4 Elbränder som fysikaliskt fenomen**

*Överläraren i elteknik Väinö Bergman, Tammerfors yrkeshögskola*

### **4.1 Allmänt**

En brand som förorsakas av elektricitet benämns här elbrand. I samband med användning av elektricitet förekommer läckströmmar, felströmmar, övertonsspänningar och -strömmar, elektriska urladdningar, elektriska gnistor och ljusbågar som i värsta fall förorsakar en elbrand. Viktiga egenskaper hos stationära isolermaterial är mekanisk, termisk och elektrisk hållfasthet. I isolationen sker kemiska och mekaniska förändringar samt förändringar i de elektriska egenskaperna på grund av isolationens uppvärmning, temperaturvariationer, omgivningsförhållanden, vibration, materialets åldrande, spänningspåkänningar osv. så att de kan leda till skadligt stora läckströmmar, och t.o.m. främjar uppkomst av skador i isoleringen.

#### **Elektriska fenomen som leder till elbrand:**

- Läck-, kortslutnings- och överbelastningsströmmar
- Övertonsspänningar och -strömmar
- Elektriska urladdningar och -gnistbildningar
- Ljusbågar

#### **4.1.1 Läckströmmar**

Läckströmmar förekommer alltid när det finns potentialskillnader. När en likspänning kopplas över en isolation, flyter det en ström genom den som dämpas till en läckström och förorsakar en statisk laddning på dess ytor. Normalt är läckströmmarna så små att de inte orsakar några olägenheter. Läckströmmens täthet kan ändå på t.ex. ett punktformigt område bli så stor, att resultatet blir ett termiskt genomslag i isoleringen, eller förstöring av komponenten. Vidare om den kort- eller långverkande spänningspåkänningen som verkar över isolationen överskrider isolationens spänningshållfasthet, inträffar isolationens termiska förstöring. I ett växelströmsfält uppstår, förutom förluster på grund av läckströmmen, även dielektriska förluster (Aro m.fl., 1996, 53, 120-126).

#### **4.1.2 Felströmmar**

Över- eller kortslutningsströmmar benämns här felströmmar. Dessa strömmar kan vara så stora, att de orsakar överhettning och förstöring av en strömkrets eller del i en elapparat.



### 4.1.3 Övertonsströmmar

Övertonsströmmar och -spänningar förorsakas i huvudsak av olinjära belastningar i elnätet. Sådana är t.ex. elapparater och strömriktare som innehåller magnetkretsar som mätts. Övertonen kan orsaka överhettning av elkomponenter och -apparater, samt överspänningsfara i kondensatorer.

### 4.1.4 Elektriska urladdningar

Elurladdningar och -gnistor beror på urladdning av ansamlad elektrostatisk laddning. Elektrostatisk laddning kan uppstå genom beröring, gnidning eller influens mellan olika slag av material, ämnen eller molekyler. Storleken och polariteten hos en elektrostatisk laddning beror bl.a. på materialens inbördes placering i den triboelektriska serien<sup>5</sup> och deras ledningsförmåga. Elektriska urladdningar, gnistor och temperaturvariationer kan förorsaka dolda fel i elkomponenterna, försämring av deras spänningshållfasthet samt ledningsskador och förfall av lödningsställen. Spänningspulserna från upprepade urladdningar orsakar således småningom degradering av komponenternas egenskaper, och till slut går de sönder.

### 4.1.5 Ljusbågar

Ljusbågar uppstår mellan kontakterna i brytanordningar som över- eller genomslag orsakade av yttre eller inre överspänningar när lagrad elektrisk energi urladdas i samband med ändringar i kopplingsläget.

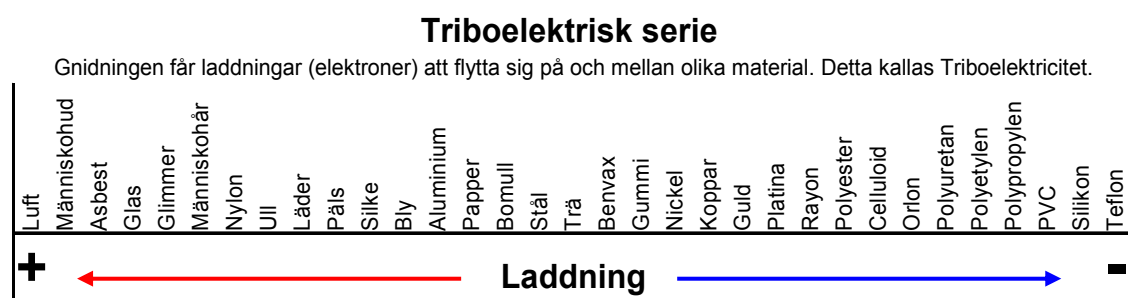
Förutsättningarna för elbrand är: Antändbart och brinnande material, syre och antändningsenergi. Damm, pulver, gaser, ångor och brännbara vätskor är de mest lättantändliga. Det som har betydelse för om blandningen av luft och material antänds av hög temperatur, gnistor eller ljusbåge är den genomsnittliga partikelstorleken hos explosivt damm, den lägsta explosiva dammhalten, maximalt explosionstryck, samt brinnande gasers, ångors och vätskors sammansättning, täthet, flampunkt, självantändningstemperatur, rådande tryck samt antändnings- och explosionsgränser. (SFS-handbok 59 och SFS-handbok 60 som behandlar explosionsfara).

## 4.2 Uppvärmning som förorsakas av elektricitet

En central orsak till elbrand är att någon strömkrets eller del i en elapparat överhettas. Detta kan bero på stor läckström och ström förorsakad av överbelastning eller kortslutning. Genom strömmens inverkan uppstår effektförluster som visar sig som uppvärmning av delen i fråga.

Uppvärmningens eltekniska bakgrund kan belysas med ett förenklat exempel på en ledare, vars längd är  $l$ , och i vilken det flyter en konstant ström  $I$  (bild 1). Ledarens

<sup>5</sup> Triboelektrisk serie



resistans  $R$  antas vara konstant oberoende av uppvärmningen. Ledarens uppvärmning betecknas med  $\vartheta$ .

Under tiden  $dt$  uppkommer i ledaren en förlusteffekt  $I^2 R dt$  så, att ledarens temperatur höjs med  $d\vartheta$ . Av denna förlustenergi lagras en del  $mcd\vartheta$  i ledningen, och en del  $a\alpha\vartheta dt$  övergår till omgivningen. Vi ett jämviktsläge är den uppstående förlusteffekten och summan av den i ledaren lagrade och den till omgivningen övergående värmemängden lika (t.ex. Paavola 1964, 199 -205):

$$I^2 R dt = mcd\vartheta + a\alpha\vartheta dt \quad (1)$$

där

- m = ledarens massa
- c = ledarens specifika värmekapacitet
- a = ledarens mantelyta
- $\alpha$  = ledarytans temperaturövergångskoefficient
- $\vartheta$  = ledarens uppvärmning

Ekvationens resultat blir en formel

$$\vartheta = \frac{I^2 R}{a\alpha} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \vartheta_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (2)$$

där

$$\tau = \frac{mc}{a\alpha} = \text{uppvärmningens tidskonstant}$$

$$\vartheta_{\infty} = \text{slutlig uppvärmning}$$

Ekvationen (2) kan också skrivas i följande form med hjälp av *strömtätheten*  $J$ , när ledningens tvärsnittsytan är  $A$  och ledarens specifika resistans är  $\rho l$ :

$$\vartheta = \frac{J^2 \rho l A}{a\alpha} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}). \quad (3)$$

Uppvärmningen av ledaren följer alltså kurvan enligt bild 2 som en funktion av tiden, där den slutliga uppvärmningen är:

$$\vartheta_{\infty} = \frac{I^2 R}{a\alpha}. \quad (4)$$

Den slutliga uppvärmningen uppnås i praktiken redan efter ca.  $5\tau$ , alltså fem uppvärmningstidskonstanter. Uppvärmningstidskonstanten t.ex. för en isolerad 1,5 mm<sup>2</sup> Cu-ledare är, beroende på installationsomgivningen, ca. fem minuter.

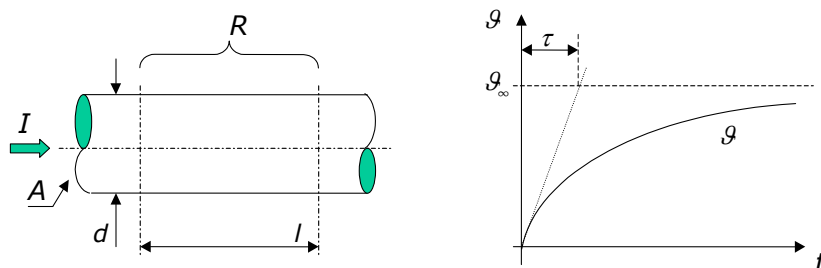


Bild 1. Ledaren som värms av elströmmen. Bild 2. Ledarens uppvärmningskurva.

Ifall strömmen i ledaren är så stor att överföringen av värmeenergi till omgivningen förblir obetydlig, kan den del av värmeenergin som berör detta i formel 1 utelämnas.

Då får man följande formel för uppvärmningen:

$$g = \frac{I^2 R}{mc} t. \quad (5)$$

Enligt ekvation (5) värms en ledare linjärt. En sådan situation förekommer t.ex. vid kortslutningsströmmar, då situationen kan vara så farlig, att den kan leda till stora skador. Här är det skäl att påminna om att ekvationerna ovan är härledda med användning av de förenklade antaganden som nämndes i början av detta kapitel.

Vidare kan man med de använda antagandena som grund ur, de tidigare ekvationerna härleda även följande ekvation (6). Ekvationen uttrycker att ledarens slutliga uppvärmning är jämförbar med strömmen i kvadrat. Med hjälp av den kan man uppskatta den slutliga uppvärmningen  $g_{\infty 2}$  med den motsvarande strömmen  $I_2$ , när man känner den slutliga uppvärmningen  $g_{\infty 1}$  med strömmen  $I_1$ . Förhållandena bör naturligtvis då vara motsvarande.

$$g_{\infty 2} = \left( \frac{I_2}{I_1} \right)^2 \cdot g_{\infty 1}. \quad (6)$$

### 4.3 $I^2t$ -värdet

Elapparater som innehåller elektronik kan vara väldigt känsliga för överströmmar. Ett lämpligt ämne för denna presentation är effekthalvledarens  $I^2t$ -värde. Komponenten måste väljas och dess skydd måste ordnas så, att den klarar de uppträdande belastnings- och felströmmarna utan att förstöras. Överström förstör en halvledarkomponent mycket fort. Som skydd för effekthalvledarkomponenter skall man använda skydd som planerats för dem. Det inbördes valet mellan skydd och komponent skall utföras så, att skyddets  $I^2t$ -värde är mindre än  $I^2t$ -värdet hos den komponent som skyddas, eller

$$(I^2 t)_{\text{skydd}} < (I^2 t)_{\text{komp}}. \quad (7)$$

Det krävs mycket korta funktionstider av skyddet för att komponenten skall hållas hel vid sådan dimensionering. Tiderna är vanligen under 10 ms. Dessutom skall man observera att  $I^2t$ -värdet beror på komponentens storlek och omgivningens temperatur.

T.ex. för en dioder eller tyristorer som är avsedda för ett 50 Hz nät bestäms  $I^2t$ -värdet som en 10 ms sinusformad felströmpuls (periodtid  $T = 20$  ms). När felströmmens amplitud är  $\hat{i}$  (dioder  $I_{\text{FSM}}$  surge forward current, tyristorer  $I_{\text{TSM}}$  surge on-state current), får man  $I^2t$ -värdet ur formeln

$$(I^2 t)_{\text{diod}} = \int_0^{\frac{T}{2}} [\hat{i} \sin(\omega t)]^2 dt = \frac{T}{4} I_{\text{FSM}}^2. \quad (8)$$

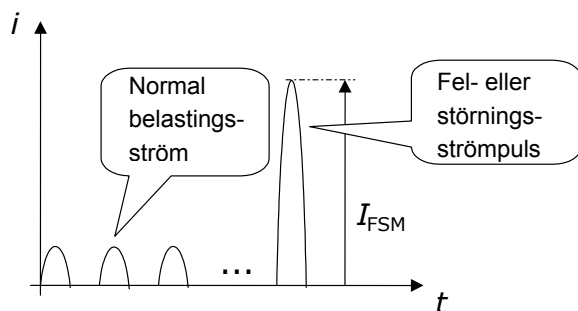


Bild 3. Fel- eller störningsströmpuls som hänför sig till kortslutningshållfastheten hos en effekthalvledare

Användning av  $I^2t$ -värdet har utvidgats att även gälla brytare. Med brytare kan man således skydda kablar mot kortslutning genom att ställa in brytarens  $I^2t$ -värde så att det är mindre än kabelns motsvarande värde. I dessa fall bestäms  $I^2t$ -värdet på ett annat sätt än för effekthalvledarna.

#### 4.4 Elektrostatisk laddning

Eftersom alla kablar har kapacitans gentemot jord kan det samlas elektrisk laddning i dem. Elektrostatisk laddning förorsakar mycket lätt elektriska urladdningar. Ifall urladdningsenergin är tillräckligt stor, kan följden bli antändning av brinnande eller explosiva ämnen och elbrand. Elektroniska komponenter och apparater är speciellt känsliga för urladdningar av statisk elektricitet. Förebyggande, minskning eller övriga kontrollmetoder för elektrostatisk laddning behandlas inte i denna presentation.

Om ett objekts kapacitans mot jord är  $C$  och spänningen (potentialen) är  $U$ , är den i objektet lagrade elektrostatiska laddningen  $Q$  och den statiska elenergin  $E$ , vilka kan beräknas ur formlerna (9) och (10).

$$Q = CU, \quad (9)$$

$$E = \frac{1}{2}CU^2. \quad (10)$$

Den elektrostatiska energin  $E$  är den största möjliga energimängd som man kan få ur en kondensator vid en fullständig urladdning. Urladdningen kan ske som en korona-, fjäder-, glid- eller gnisturladdning. Den typiska urladdningsenergin för dessa urladdningar faller motsvarande inom intervallet 0,01 ... 10000 mJ (Koivisto, 2000). Om den elektriska urladdningens energi  $E$  överskrider minimiantändningsenergin för ett antändbart och brännbart ämne  $E_{MIE}$  (Minimum Ignition Energy), leder det troligen till en elbrand.

#### 4.5 Människan som orsak till elektrostatisk urladdning

Eftersom människan har en central roll även som orsak till elektriska urladdningar, granskar vi här förhållandena ur synvinkeln att den elektrostatiska laddningen beror på människan. I en människa som rör sig uppstår relativt lätt en elektrostatisk laddning, vars storlek beror på luftens relativa fuktighet, golvet ytmaterial och klädernas och skornas material. Med isolerande skor kan människan anses vara ett objekt som är isolerat från sin omgivning. Ur den elektrostatiska laddningens synpunkt bildar människan då den ena elektroden av en "kondensator". Människans kapacitans till jord är normalt 50 ... 250 pF. Med ett isolerande golv och isolerande skor kan människans elektrostatiska laddning stiga till t.o.m. 20...30 kV. Människan uppfattar och

känner typiskt elektrostatiska urladdningar i storlek över 3 kV. (ABB, 2000, 191 - 193)

Om människans elektrostatiska spänning är t.ex. 10 kV och kapacitansen 150 pF, är den elektrostatiska laddningen 1,5  $\mu$ As och den statiska elenergin 7,5 mJ (formlerna 9 och 10). Denna elektriska energi är redan så stor, att den antändningsrisk som den förorsakar om den urladdas är mycket stor för material vilkas minimiantändningsenergi är mindre än detta värde. Dessutom är den elektrostatiska spänningen så hög att den, beroende på komponent, överskrider en halvledarkomponents spänningstålighet flerfaldt, t.o.m. tiotals eller hundratals gånger. T.ex. spänningshållfastheten hos MOSFET:ar är typiskt 100 ... 200 V och hos operationsförstärkare 190 ... 2500 V.

Strömmen som orsakas av en urladdning av elektrostatisk energi kan uppskattas med den s.k. människomodellen:(HBM = Human Body Model, bild 4). (ABB, 2000, 192)

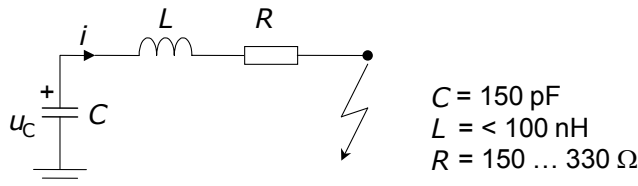


Bild 4. Människomodell (HBM) vid en elektrostatisk urladdning.

Med en modell enligt bild 4 får man urladdningsströmpulser enligt bild 5 när  $C = 150$  pF,  $L = 50$  nH,  $R = 150 \Omega$  och  $300 \Omega$  samt människans elektrostatiska spänning är 10 kV och 20 kV. Som man kan se i bild 5 kan toppströmmen nå värden på tiotals ampere. Strömmens största värde uppträder omkring tidpunkten 1...2 ns. Strömpulsen dämpas praktiskt taget till obefintlig under 100 ns. Beroende på att den kan variera inom relativt vida gränser, har resistansen hos människan ( $500 \dots 10000 \Omega$ ) stor betydelse för urladdningsströmmens toppvärde och den tidpunkt när den uppträder.

Urladdningsströmmens amplitud  $\hat{i}$  och dess tidpunkt kan bra uppskattas med de approximativa formelnerna (11) och (12). När  $R = 300 \Omega$  och  $u_{C0} = 10$  kV, blir  $\hat{i} = 33,3$  A och  $\tau = 1,67$  ns. I bild 5 är motsvarande noggrannare värden 32,8 A ja 0,94 ns.

$$\hat{i} = \frac{u_{C0}}{R}, \quad (11)$$

$$\tau = \frac{L}{R}. \quad (12)$$

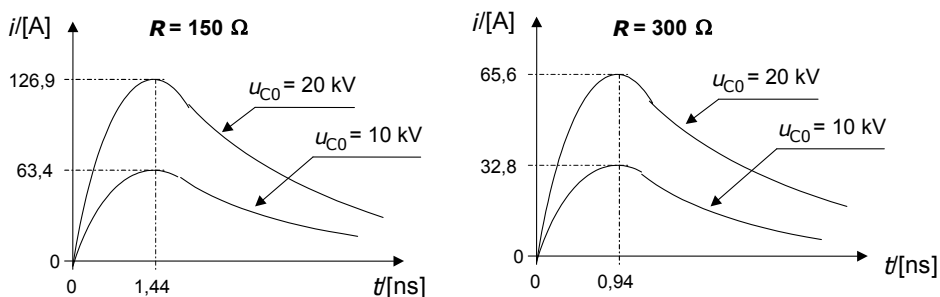


Bild 5. Den elektrostatiska urladdningsströmmen i människomodellen med två olika värden på människans elektrostatiska spänning och resistans.

#### Källor och litteratur:

Väinö Bergman, Tammerfors yrkeshögskola

ABB (2000) Teknisiä Tietoja ja Taulukoita. Ykkös-Offset Oy, Vaasa. Aro, M. - Elovaara, J. - Karttunen, M. - Nousiainen, K. - Palva, V. (1996) Suurjännite-tekniikka 568. Otatieto Oy, Jyväskylä. Jones, T. B. Capacitive

*Discharge Energy and MIE. University of Rochester.*

*wysiwyg://7/http://www.ee.rochester.edu:8080/~jones/demos/MIE.html. 2.5.2002.*

*Koivisto, R. (2000) STARA Menetelmä staattisen sähkön esiintymismahdollisuuksien tunnistamiseksi tuotannossa. STAHA Staattisen sähkön hallinta, VTT Automaatio.*

*Paavola, M. (1965) Sähköjohtojen laskeminen. WSOY, Porvoo.*

*SFS - Handbok 59 (1998). Klassificering av explosionsfarliga utrymmen. Brännbara vätskor och gaser. Finlands standardiseringsförbund SFS rf. Helsingfors.*

*SFS - Handbok 60 (1984). Explosionsfarligt damm. Säkerhetsanvisningar. Finlands standardiseringsförbund SFS rf. Helsingfors*

## **5 Antändningsrisker med elanläggningar, och att skydda sig mot dem.**

*Auktoriserad besiktningsman Paavo Hakala, Planeringsbyrå Hakala Oy*

### **5.1 Allmänt om apparaternas skyddsmetoder mot antändning**

Skyddsmetodernas centrala målsättningar är att förhindra överhettning som leder till antändning eller skada i elanläggningens alla delar, samt minimering av överhettningens värmepåverkan på den skyddade apparaten och på omgivningens antändbara delar.

Ljusbågen är en av orsakerna till elbrand. En ljusbåge kan orsakas av en överspänning som överskrider konstruktionens dimensioneringsvärden, försvagat material eller försämrade spänningstålighet beroende på konstruktionsfel, eller av mänskligt fel som orsakar ljusbåge vid elarbeten.

Antändningsrisken som beror på elapparater är speciellt stor i utrymmen där det används eller förekommer rikligt med lättantändligt damm, gaser eller vätskor. Sådana är t.ex. sågar, möbelindustri, vissa utrymmen inom livsmedelsindustrin, vissa tvätteriutrymmen, bränsledistributions- och hanteringsutrymmen, målerier, framställning och lagring av sprängämnen. Med byggande och underhåll av elanläggningar i sådana utrymmen sammanhänger i allmänhet speciella bestämmelser och tillstånd. Vikten av att följa de allmänna anvisningarna vid förebyggandet av elbrand i ifrågavarande utrymmen accentueras naturligtvis, fast de inte specifikt behandlas i publikationen.

### **5.2 Eltekniska skyddsmetoder mot antändningsrisker**

- Skydd mot läckströmmar genom tillräcklig dimensionering av isolationens och brytapparaternas elektriska hållfasthet
- Skydd mot överbelastning
- med säkring, säkringsautomat eller ställbart överlastskydd
- Skydd mot kortslutning
- med säkring, säkringsautomat eller speciellt kortslutningsskydd
- Skydd mot felströmmar
- med felströmsbrytare som bryter strömmen
- larmapparat som larmar för felström
- Skydd mot verkningarna av överspänning
- skyddssystem mot överspänningar
- jordningar och potentialutjämnningar

### **5.3 Konstruktionsmässiga skyddsmetoder mot antändningsrisker**

- Genom att sörja för tillräckliga placeringsavstånd
- installations- och bruksanvisningarna samt standardernas krav på säkerhetsavstånd
- ta i beaktande de valda materialens och apparaternas krav på bruksförhållanden
- planerarna skall ges tillräckliga planeringsanvisningar och övervaka att de förverkligas

## 5.4 Att skydda sig mot verkningarna av mänskliga faktorer

- Följ apparaternas och anläggningarnas bruks- och underhållsanvisningar och sköt kontinuerligt om att de följs och underhålls.
- Sörj för tillräcklig handledning av användning och skötsel
- Observera de mänskliga faktorernas inverkan på riskerna för säkerheten vid planering och byggande av skydds- och säkerhetssystem
- Felaktig användning är förhindrad och/eller följderna minimeras
- De mänskliga faktorerna är olika beroende på användargrupp, t.ex. barn, åldringar, människor med handikapp eller begränsat allmäntillstånd
- Observations- och bedömningsförmågan kan vara försvagad också beroende på normala arbetsförhållanden.
- Genom användning av ett tillräckligt yrkeskunnigt och för säkerheten rätt motiverat utförandesteg
- Genom att iaktta säkerhetsföreskrifterna för elarbete

## 5.5 Exempel på värmepåverkan<sup>6</sup>

- Solinstrålningens värmefflöde på jordytan är ca.  $1 \text{ kW/m}^2$ , vilket är ett tillräckligt minimivärde på ett värmefflöde som kan orsaka smärta på naken hud.
- Brännskador på naken hud kan orsakas av lägst  $4 \text{ kW/m}^2$ .
- För att antända tunna objekt som tyger behövs ca.  $10 \text{ kW/m}^2$ .
- För att antända tjocka objekt krävs ett värmefflöden på minst  $20 \text{ kW/m}^2$
- Ovannämnda verkningar kräver en lång exponering, åtminstone flera sekunder
- Objekten antänds i allmänhet när rökpelarens temperatur är ca.  $400 - 600 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Uppflamning (och övertändning) sker vid ca.  $500 - 600 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatur.

---

<sup>6</sup> Källa: V-P Nurmis bokreferat: Quintiere, J.G. Principles of Fire Behavior



## 6 Typiska elbrandrisker i elanläggningens apparatgrupper

Auktoriserad besiktningsman Paavo Hakala, Planeringsbyrå Hakala Oy

### 6.1 Belysning, armaturer

Fara förorsakas i första hand av ljuskällans höga yttemperatur, eller för stor effekt i förhållande till avkylningsförhållandena eller omgivningen. Brännbart material finns närmast i armaturens näromgivning, armaturens anslutningsapparat och i anslutningsledningen.

Endast 5 % av en glödlampas energi blir till ljus, resten blir till värme, medan ljusutbytet hos en led är 90 % av effekten.

Yttemperaturerna och ljuseffekterna är ungefär följande:

LJUSKÄLLA ELLER KOMPONENT	YTTEMPERATUR °C	EFFEKTOMRÅDE W	LJUSUTBYTE lm/W
glödlampa	150 - 300	5-1000	10 - 20
halogenlampa	250 - 700	5-2000	15 - 25
lysrör	30 - 90	4-100	25 - 100
urladdningslampa	30 - 250	50 - 2000	35 - 150
drossel	80 - 150	4-2000	
LED-lampa	+10 över omgivningen	0,1 - 10	150 - 250

### 6.2 Skyddsmetoder mot antändningsrisker

- Minimering av effekten hos ljuskällan
- Placering av armaturen på tryggt avstånd
- Skydd mot värmestrålning
- Skydd mot mekaniska skador
- Användning av ljuskällor med låg temperatur för de belysta objekten
- Användning av ljusfiber eller led-lampor
- Användning av konstruktionstekniska skyddsmetoder i armaturen
- Sätta ljuskällan bakom kupa eller skyddsglas
- Användning av en konstruktion hos ljuskällan eller armaturen som riktar värmeenergi bort från brännbart material

### 6.3 Elektriska värmeapparater

Den typiska orsaken till fara är en störning i värmeavgivningen av någon orsak, vilket får till följd att apparaten eller dess omgivning upphettas till antändningstemperaturens gräns. Typiska fel är att kylningen av apparaten hindras, eller fel uppstår i regler- eller säkerhetsanordningen eller att sådan saknas. Vid riskkartläggning bör

man observera att regler- och säkerhetsanordningar mot överhettning kan vara byggda till vidsträckta styr- och skyddssystem.

### 6.3.1 Skyddsmetoder mot antändningsrisker

- Val av värmeapparat och dess reglerutrustning som är lämpliga för förhållandena
- låga och jämna yttemperaturer
- temperaturregulatorns och säkerhetsanordningarnas lämplighet och ändamålsenlighet för driftförhållandena
- Installation och användning av värmaren enligt installations- och bruksanvisningarna samt bestämmelserna
- tillräckligt avstånd från brännbart material
- installation i konstruktionen på konstruktionens villkor (obs. värmekablar)
- Genom att sörja för att avkylningen kontinuerligt sker enligt föreskrifterna
- ingen övertäckning, oavsiktlig övertäckning förebyggs, man sköter om renhet och dammfrihet
- Regelmässig granskning av funktionen hos regler- och säkerhetsapparater samt dessas och själva värmarens sakliga användning.
- I riskfyllda utrymmen ordnas indikering som detekterar störningar i skyddssystemets funktion, eller indikerar onormal stegring av omgivningens temperatur.

### 6.4 Fördelningscentraler

I fördelningscentraler förorsakas faran typiskt av överbelastning av komponenter eller ledare, lokal överhettning beroende på löskontakter samt ljusbågar beroende på olika orsaker.

Material som underhåller brand finns i själva fördelningscentralens komponenter, kablarna som anslutits till den, samt brännbart material i tillbehör som lagrats nära centralen och damm som samlats i centralen.

Fördelningscentralerna är en av de delar i en elanläggning som orsakar flest elbränder. Fördelningscentraler finns i praktiken i alla elanläggningar. Antändningsrisken är knappast alls beroende av fördelningscentralens fysiska storlek.

### 6.5 Skyddsmetoder mot antändningsrisker

- Skyddssystemen som skyddar mot överhettning och ljusbågar byggs enligt föreskrifterna
- Regelmässigt sköta om funktion och testningar av skydds- och säkerhetssystemen
- Regelmässigt sköta om centralens tekniska skick såsom täthet, renhet, korrekt användning
- Ge akt på uppvärmning av centralen och dess delar både med sinne och genom termomätningar och termografi.
- Ge akt på belastningens nivå i centralen och dess delar genom strömmätningar.
- Hålla centralens närområde fritt från brännbara material.

### 6.6 Kompenseringsbatterier

I automatiska kompenseringsbatterier förorsakas faran av överhettning av kontakter, säkringar eller ledare. Även under normala driftförhållanden är temperaturerna hos de nämnda komponenterna högaktiga, 40 - 50 °C, vilket understöder åldrandet av ledningar och belastar kontakter och deras ledaranslutningar. Detta förorsakar lösa ledaranslutningar och försvagning av ledarisationer t.o.m. ända till söndermulning, så att följden blir interna ledarbränder och ljusbågar.

Typiska fel är också hopsvetsning av kontaktorer, lossnande typskyltar på kontaktorna och interna kortslutningar beroende på uppstående isoleringsfel i kompenseringsbatterierna.

Kompenseringsbatteriet finns vanligen i ett elcentralutrymme, där den värmeenergi som batteriet producerar orsakar temperaturstegring. Detta bör beaktas när man planerar utrymmets kylning.

Kompenseringsbatteriets kapacitans och det matande nätets impedans bildar alltid en parallellresonanskrets. Om det förekommer övertoner nära resonansfrekvensen förstärks dessa mångfaldigt. Detta orsakar försämring av elkvaliteten och ökning av sannolikheten för skador, och indirekt också brandrisk. Se också kapitel 3.2 Den tredje övertonen (150 Hz).

Vid elbesiktningarna har man konstaterat att kompenseringsbatterierna vanligen varit utan desto vidare underhåll. Allvarliga fel eller funktionsfel har ofta konstaterats först vid den reaktiva effektens fakturering eller när skadorna orsakat rök- eller brandskador.

Skötseln av kompenseringsbatteriernas funktion och skick bör ingå i elanläggningarnas underhållsprogram.

### **Skyddsmetoder mot antändningsrisker**

- Övervakning av kompenseringsutrustningens temperaturer och funktion med hjälp av sensorer kan regelbundet t.ex. utföras av fastighetsskötaren.
- Skötsel av batteriets inklusive installationsutrymmets renhet och kylning.
- Regelmässig kontroll av kompenseringsbatteriets skick och funktion samt kompenseringens tillräcklighet.
- Regelbunden mätning av förekommande skadliga övertonsströmmar i elanläggningen och minimering av dem vid behov med t.ex. spärripolar.

## **6.7 Abonnentens transformatorstationer**

Fara i abonnenttrafostationer orsakas typiskt av ljusbågar i högspänningsdelarna, överbelastning, lösa förbindningar och antändning, minskning, eller kvalitetsförsämring av transformatoroljan beroende på läckage.

För placering av transformatorstationer i byggnad, deras installation, elektriska skydd och regelmässiga underhåll finns det rikligt med byggnads- och elsäkerhetsbestämmelser och anvisningar.

Genom att följa bestämmelserna och anvisningarna minimeras riskerna för elbrand och samtidigt säkras hela den övriga elanläggningens störningsfria användning.

### **Skyddsmetoder mot antändningsrisker**

- Planering av transformatorstationens skydds- och säkerhetssystem enligt föreskrifter och driftsäkerhetskrav
- Genom att vid byggandet följa bestämmelser och anvisningar som rör transformatorstationer
- Regelmässigt sköta transformatorstationens underhåll
- Omsköta funktionen hos transformatorstationens skydds- och säkerhetssystem genom regelmässig provning.

## 6.8 Produktionsapparater (motorer, transportörer, maskiner etc.)

Antändningsrisken förorsakas vanligen av överhettning beroende på överbelastning av elektriska apparater eller på upphettning eller gnistbildning beroende på friktion. Antändning kan också orsakas av gnistor eller ljusbåge från en motor eller dess startanordning, att motorn brinner på grund av överbelastning, att rotorn skär fast, eller också beroende på underspänning, eller att en fas till en trefasmotor saknas under drift (t.ex. brunnen säkring).

Antändningsfaran kan märkbart öka om det i driftomgivningen förekommer antändningsbart damm, småpartiklar, smuts, lättantändliga ämnen och gaser varvid en gnista orsakad av statisk elektricitet räcker som antändningskälla.

### Skyddsmetoder mot antändningsrisker

- Planering av skydds- och säkerhetssystemen enligt bestämmelser och driftsäkerhetskrav. Säkerhetsaspekterna på produktionsapparater bör oftast betraktas ur maskinsäkerhetssynpunkt, vilket här dock förbigås.
- Vid utförande av skydden bör man också observera förhindrande av överhettning orsakad av mekanisk friktion (t.ex. transportörer).
- Iakttagande av apparattillverkarens anvisningar vid byggandet
- Dimensionering av elektriska komponenter, kablage samt säkerhets- och styrsystem enligt krav ställda av drift och förhållanden så, att överhettning som kan orsaka antändning, inte kan ske under normala driftförhållanden.
- Kontinuerligt underhåll och rengörning av apparaturen
- Regelmässig provning av funktionen hos apparaturens skydds- och säkerhetssystem
- Tillsyn att det finns så lite brännbart och brandunderhållande material som möjligt i apparaternas bruksomgivning, och att brandspridning är förhindrad.

## 7 Elanvändningens riskhantering

*Ingenjör Jorma Korkalo, Primatest Oy*

Det finns relativt rikligt med krav som hänför sig till förebyggandet av elbrand i föreskrifterna, bestämmelserna, standarderna och anvisningarna som hänför sig till elsäkerheten. Parallellt med kraven angående personsäkerhet, har kraven som hänför sig till förebyggande av elbrand en ganska central position i bestämmelserna och standarderna.

Elektriciteten är en så vardaglig sak i allas liv, att man kanske därför inte kan förhålla sig tillräckligt allvarligt till de risker som ansluter till den. Likgiltigheten kan delvis också bero på att elsäkerhetsnivån i Finland är jämförelsevis hög. Många tänker att sakerna sköter sig själv utan egen insats. Elanvändningens allmänna förekomst och vardaglighet inrymmer ändå egna mänskliga och allestädes närvarande riskfaktorer i dess användning.

Farorna som ansluter sig till användningen av elektricitet kan inte skyllas på någon enskild elapparat, -anläggning eller användargrupp. Faran beror på att det finns rikligt med elapparater och -anläggningar i bruk överallt, och genom att de är invecklade är de ofta felbenägna. .

Elsäkerheten och dess upprätthållande skall uppfattas som bemästring av riskerna som ansluter sig till användningen av elektricitet. Såväl enskilda som företag har sin roll när det gäller att lyckas med riskhanteringen.

Som utgångspunkt för en i drift varande elanläggning kan man ha att anläggningen en gång i tiden byggts enligt elsäkerhetsföreskrifterna, vilket har konstaterats och dokumenterats med hjälp av sakenliga granskningar. Under livscykeln upprätthålls och utvecklas den tekniska och funktionella säkerheten med regelmässiga underhållsåtgärder. Det är ändamålsenligt när man gör upp underhållsplaner att använda

sig av principerna för riskhantering. Utom vid den tekniska säkerheten borde man under driften mera än nu fästa uppmärksamheten vid skolning och handledning av användarna från säker användning av elanläggningar och -apparater till observation av ovanliga elektriska fenomen.

## 7.1 Bedömning av riskernas acceptans och prioritering

Bedömning av vilka risker som kan accepteras utförs ur anläggningsinnehavarens (användarens) synpunkt. Vid bedömningen klarläggs och prioriteras de följder som kan uppstå om en elanvändningsrisk utlöses. När man förebygger elbrand koncentrerar man sig naturligtvis på de orsaker och följder som hänför sig till elektriska brandrisker. De är i alla fall bara en del av elsäkerhetens totala riskhantering.

Riskernas acceptanskriterier är naturligtvis olika i olika samfund och olika elanläggningar. Kriterierna värdesätts enligt ekonomiska och juridiska följder. Ekonomiska följder har i praktiken märkbart större tyngd än t.ex. juridiska sanktioner. Storleken på ekonomiska följder är å andra sidan mycket svåra att förutse. De ekonomiska följderna kan, t.ex. på grund av driftavbrott, vara oproportionerligt stora jämfört med själva elbrandens synliga (fysiska) följder.

### Exempel på följder:

- Riskerna för förlust av liv eller hälsa
- De direkta ekonomiska förluster som orsakas en själv beroende på störningar i verksamheten
- Indirekta förluster som följd av sämre tillförlitlighet och sjunkande image
- Ekonomiskt ersättningsansvar gentemot tredje part
- Ersättningsansvar för skador på miljön
- Osäkerhetsfaktorer i erhållandet av försäkringsersättningar
- Risk för förlust av verksamhetslicens eller motsvarande rätt (företag eller person)
- Sanktioner enligt lag både för företag och personer

## 7.2 Bedömning av riskernas sannolikhet

Det finns rikligt med riskfaktorer som hänför sig till användningen av elektricitet, men sannolikheten att de utlöses (felbenägenheten) beror på många saker, och de bör därför bedömas från fall till fall. När man bedömer sannolikheten, fästs uppmärksamhet vid de grundorsaker som kan utlösa risken eller som ökar sannolikheten för detta.

### Grundorsaker som leder till att elsäkerhetsrisker utlöses är:

- **Naturligt åldrande**  
Följder är t.ex. försämrade isolationsförmåga på grund av att isolermaterialet åldras, lossnande ledaranslutningar, kontaktfunktioner går sönder och inställningsvärden "kryper". Föreskrifterna kräver att elanläggningen kontinuerligt skall hållas i sådant skick att den inte förorsakar fara för någons liv, hälsa eller egendom. Således måste också en elanläggning som byggts enligt de gamla elsäkerhetsföreskrifterna tidvis förnyas för att säkerheten skall bibehållas på den nivå som förutsätts i "Väsentliga säkerhetskrav".
- **Orsaker som beror på användarna**  
Eftersom en av de största säkerhetsriskerna är de mänskliga funktionerna hos användarna av elapparaterna, bör man fästa speciell uppmärksamhet vid detta. Exempel på gruppering av användarna: barn/vuxen, känner till/känner inte till anläggningen, känner till/känner inte till elektriska faror. En användargrupp är också de personer som har nedsatt funktions- eller bedömningsförmåga i elapparaternas användningssituation på grund av ålder, skada eller sjukdom.
- **Orsaker som beror på användningssättet**  
Vid bedömning av användningssättets inverkan granskar man om anläggningens normala

användning som sådan förorsakar risker för elsäkerheten. Exempel är skaderisker på grund av mekanisk belastning eller vibrationer i vissa industri- och byggnadsomgivningar.

- **Orsaker som beror på omgivningsfaktorer (driftförhållanden)**  
I användningsomgivningen förekommande ämnen som förorsakar korrosion eller frätning, smuts och fett kan försvaga elapparaternas funktionella tillförlitlighet eller öka antändningsrisken och/eller bidra till brandspridning.
- **Orsaker som kan härledas till förändringar i användningssätt eller omgivningsfaktorer**  
Elanläggningen är från början planerad och byggd för ett visst användningsändamål och för vissa förhållanden. Det är inte alls sällsynt att man kan ändra användningsändamålet för en elanläggning eller del av den t.o.m. flera gånger under dess livstid. Vid ändringar av användningssätt och planering av underhållet bör verkningarna av förändringarna tas i beaktande. KTMP 1193/99 6 § förutsätter, att elanläggningens innehavare vid ändringar i driftförhållandena ser till att behövliga åtgärder vidtas, så att elanläggningarnas säkerhet i de ändrade förhållandena kan säkerställas.
- **Orsaker som beror på ändrings- och tillbyggnadsarbeten**  
Utgångspunkten för underhållet under drift är att elanläggningen på sin tid planerats och byggts enligt kraven, och att detta har konstaterats och dokumenterats genom besiktning. Då också ombyggnads- och tilläggsarbeten utförs, planeras och tas i drift med yrkeskunskap, och enligt kraven, så minimeras de elsäkerhetsrisker som hänför sig till dem.

Risker som hänför sig till ändringar är t.ex.: ändringarnas inverkan på belastbarheter och skydds- och säkerhetssystem tas inte i beaktande på rätt sätt, bristfälliga tester och granskningar vid idrifttagningsfasen, bristfällig dokumentation, fel som hänför sig till ihopkoppling av tidigare och nya installationer, ökning av apparater som tillför övertoner till elnätet.

### 7.3 Elbrandrisker enligt byggnadstyp<sup>7</sup>

Vid riskkarteringen kan man beakta att elsäkerhetsriskerna är olika för olika typer av byggnader. Uppgifterna kan utnyttjas i underhållsprogrammen så att innehåll i programmen riktas mot hanteringen av de riskfaktorer som mest sannolikt kan orsaka en elbrand.

**I bostadsbyggnader** skiljer sig brandorsakerna från alla andra byggnader mycket märkbart så, att den felaktiga användningens andel är förhöjd.

**I industribyggnader** orsakas elbränderna i över två tredjedelar av fallen av tekniska fel.

**I affärsbyggnader** är tekniskt fel som brandorsak speciellt accentuerad med en andel på över 80 %.

**I samlingsbyggnader** var de tekniska felen något mindre till antalet jämfört med affärsbyggnaderna, även om skillnaden kan förklaras med att andelen okända fel var större.

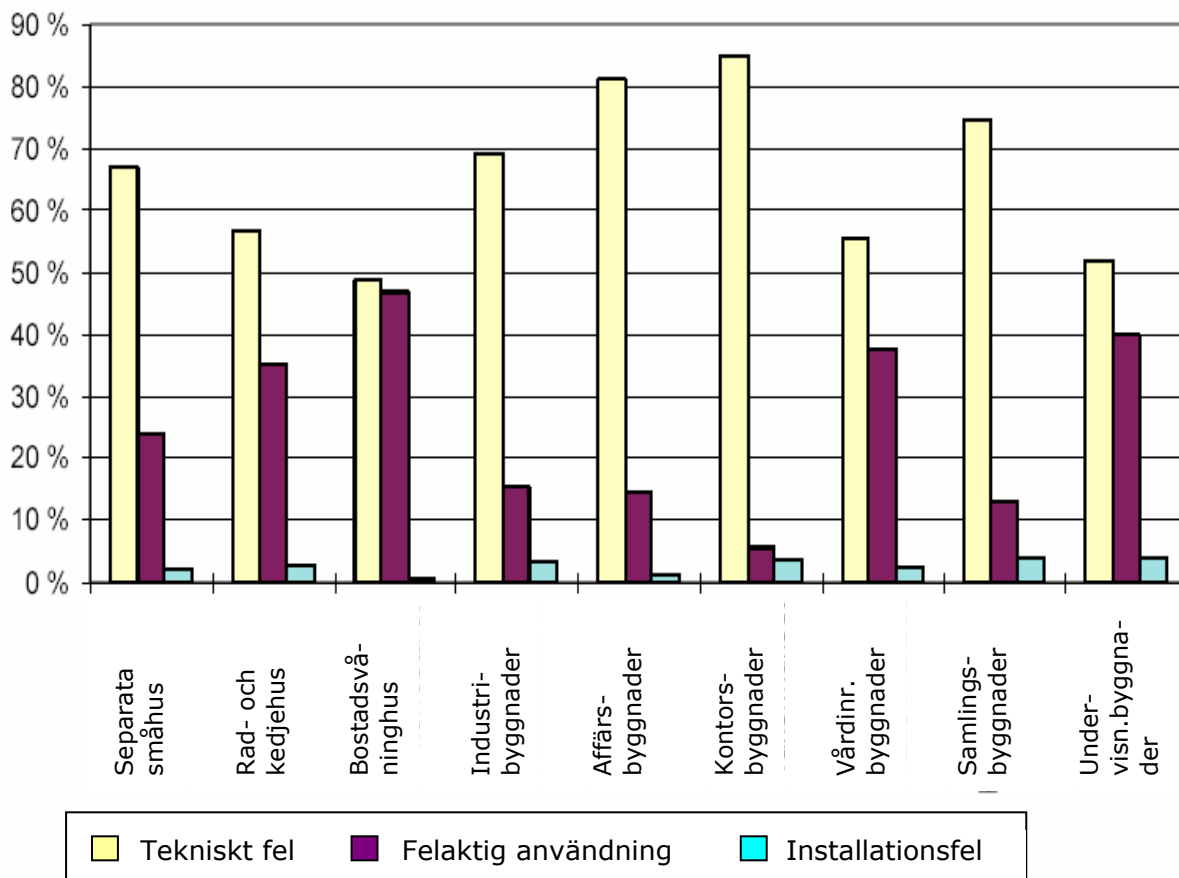
**I kontorsbyggnader** dominerade de tekniska felen klart med en andel på över 80 %, medan andelen felaktig användning var 6 %.

**I vårdinrättningsbyggnader** är de vanligaste orsakerna till elbrand olika tekniska fel, men dessutom är det skäl att observera den felaktiga användningens andel, som var 38 %.

**I undervisningsbyggnader** är situationen mycket liknande som i vårdinrättningsbyggnaderna, där den felaktiga användningens andel är förhöjd.

---

<sup>7</sup> Källa: TUKES publikation 3/2001 *Elbränders riskhantering*, Veli-Pekka Nurmi



Tabell 2: Elbrändernas orsaksgrupper i olika byggnadstyper.

## 7.4 Apparatgrupper som orsakat brand i olika byggnadstyper

Detta ämne har behandlats mera ingående i Sähköpeto®-publikationen "Grundinformation om elbränder och deras förebyggande".

## 7.5 Riskernas hanteringsåtgärder

Med riskernas hanteringsåtgärder strävar man till att förhindra att en risk utlöses och/eller att minimera dess följder. Förhindrandet görs genom att verkställa regelbundet underhåll av elanläggningen.

Vid planering och verkställande av underhållsprogrammet tas elanläggningsvis hänsyn till de tidigare nämnda synpunkterna angående riskacceptans, grundorsakerna till att riskerna utlöses, samt byggnadstypsvisa och apparatvise riskfaktorer. På så sätt kan man elanläggningsvis bygga upp ett ändamålsenligt, effektivt och ekonomiskt genomförbart underhållsprogram som samtidigt betjänar samfundet. När man på detta sätt kan rensa bort "onödiga" funktioner ur underhållsverksamheten, blir den trovärdig och motiverande för dem som utför den.

## 8 Underhåll av elanläggningar

Ingenjör Jorma Korkalo, Primatest Oy

### 8.1 Allmänt

Bränder som orsakas av elektricitet kan förhindras eller skadorna minimeras genom att på förhand planmässigt sköta elanläggningens skick, dess besiktningar och genom att använda elanläggningarna och -apparaterna enligt anvisningarna.

Bestämmelser och myndighetsanvisningar som grundar sig på elsäkerhetslagen 419/96 hänför sig till elanläggningens underhåll. Av underhållet förutsätts i dem förutseende och regelbundenhet.

Skyldigheten att sköta om en i drift varande elanläggnings skick vilar på anläggningens innehavare.

Om en fastighets skötseltjänster köps av en utomstående, borde de skyldigheter och förfaringssätt som gäller upprätthållandet av elsäkerheten inskrivas i serviceavtalen.

Beställaren av serviceavtalet borde också utföra kvalitetskontroll för att säkra att fastighetserviceorganisationen fyller de funktionella och kvalitativa mål angående fastighetsunderhållet som servicens köpare har ställt på den.

Saker som berör underhåll och elbesiktningar har behandlats mera ingående i Sähköpeto®-publikationen "*Grundinformation om elbränder och deras förebyggande*".

### 8.2 Underhållsprogrammen

Utförande av regelbundet underhåll i krävande fastigheter förutsätter ett specificerat underhållsprogram. I vanligare fastigheter räcker det ofta med att man följer de allmänna skötselråden för elanläggningar. Det väsentliga vid underhållet är att utförandet är systematiskt och regelbundet.

De mest utvecklade underhållsprogrammen uppgörs huvudsakligen med hjälp av ADB-tillämpningar som det finns många av på marknaden.

Förutom sakinnehållet bör man i underhållsprogrammen fästa uppmärksamhet bl.a. vid deras kontinuerliga utvecklande, rapporteringens lätthet, användarvänlighet samt hur man kan integrera de egentliga användarna i utförandet av underhållet.

När man bygger upp underhållsprogrammens innehåll borde uppmärksamhet också fästas vid eliminering av elektriska brandrisker.

Under 2004 kommer det att komma förändringar i stadgandena beträffande underhållet.



## Hissar, hissars maskinrum

*Branschchef Pertti Kukkonen, Elspecta Oy*

I säkerhetskraven för byggande av hissar har man alltid tagit hänsyn till risker som berör brandsäkerheten. Dessa risker har också kunnat övervakas och hanteras mera täckande än i andra elanläggningar, delvis för att hissarna under årtionden har hört till kretsen av regelbunden besiktning, och även för att underhållet av dem har varit grundat på stadganden. Bränder på grund av hissar har också inträffat mycket sällan i Finland.

Hissens innehavare har ansvaret för säkerheten hos en hiss som är i bruk. Det är innehavarens skyldighet att se till att det utarbetas ett serviceprogram för hissen och att hissen sköts enligt programmet. Hissens serviceman sköter enligt underhållsprogrammet bl.a. om att hissutrymmena bibehålls brandsäkra (skräp, damm, olja) med hjälp av tillräckliga renhållningsåtgärder. Hissens innehavare bör sköta om att de tidsbestämda besiktningarna utförs i tid, och att upptäckta brister och fel repareras tillräckligt fort.

Ifall hissens innehavare underlåter de ovan nämnda plikterna som gäller hissens driftsäkerhet, kan detta inverka direkt på brandriskens framträdande och storlek. Även oöverlagda ändringar i driftförhållandena kan orsaka risker.

Detaljer som, förutom de allmänna antändningsriskerna, kan öka brandriskerna i hissaneläggningen är bl.a.:

- hissutrymmenas (maskinrum, schakt, hissorg) skräpighet och dammighet
- rikliga oljeläckage i maskinerierna
- bristfälligheter i brandtätningarna (t.ex. röröppningen mellan maskinrum och schakt vid hydrauliska hissar)
- öppethållning av sektionerande schaktdörrar (t.ex. hotellens lobbyer)
- ökad brandbelastning i hissutrymmena (t.ex. tillbyggda mellanväggar av bräder i maskinrummet)
- luftkonditioneringens otillräcklighet t.ex. ifall man har monterat värmeavgivande apparater i maskinrummet

### 8.3 Observering av ändrade användningsätt av hissens maskinrum

Enligt hissarnas säkerhetsanvisningar får man inte använda hissens maskinrum för annat ändamål än för hissen. Under de senaste åren har man ändå börjat placera kraftigt värmeavgivande apparater i maskinrummen såsom teleoperatörernas basstationer. Utrymmet som apparaterna kräver har i allmänhet avskiljts från det utrymme som krävs av själva hissapparaterna med brädvägg eller metallgaller.

Hissmaskinrummet ventilation har i allmänhet inte förbättrats att svara mot de ändrade användningsförhållandena (bl.a. den ökade värmeeffekten). De nya värmealstrande apparaterna kan förorsaka temperaturstegring över det gränsvärde (för nya hissar +40 °C) som säkerhetsanvisningarna kräver speciellt under sommarens värmeböljor. Ökningen av temperaturen kan orsaka störningar i hissens funktion, och väsentligt öka brandrisken. Dessutom ökar t.ex. en brädvägg brandbelastningen i de ofta trånga hissutrymmena.

Enligt säkerhetskraven får inte reparations eller ändringsarbeten försämra den säkerhet som krävs av hissen. Ifall man utför sådana byggnadsmässiga ändringsarbeten som beskrivs ovan, skulle det förutsätta en saklig riskbedömning bl.a. av luftkonditioneringens tillräcklighet och eventuellt den ökade brandbelastningen. I de flesta fall vore det nödvändigt att effektivisera ventilationen från gravitationsberoende till maskinell för att minska brandrisken. Det är också möjligt att ändringarna inte alls kan utföras t.ex. beroende på att utrymmena är för trånga.

## **9 Övriga synpunkter gällande hantering av elektriska brandrisker**

### **9.1 Brandlarms- och släckningsanläggningar<sup>8</sup>**

*Författat av Jorma Korkalo.*

Här framförs bara en del synpunkter som framkommer i de TUKES' publikationer som använts som källor.

#### **9.1.1 Synpunkter på att överväga anskaffning av brandlarmanläggning**

Användning av automatiska brandlarms- och släckningsanläggningar borde övervägas för att minska skadorna, speciellt i de objekt som innehåller elapparater eller elanläggningar som fungerar utan övervakning, samt i områden som har långa räddningsavstånd.

Även i vårdsektorns byggnader, där invånarnas eller patienternas egna räddningsförmåga och övriga funktionsfärdighet är nedsatt, torde inte endast en brandvarnare vara tillräckligt för att uppmärksamma en begynnande brand. Brandvarnare är nyttiga förutsatt att personerna som är i fara kan uppfatta varnarens ljud och därefter fungera förnuftigt. Det vore skäl att överväga utvidgning av brandvarnarnas användning vidare än stadgarna tvingande förutsätter, t.ex. i skolor, daghem och i bostadsvåningshusens allmänna utrymmen. Det är klokt förutseende att för brandsituationer anskaffa lämpliga förstahands släckningsredskap (släckningsfilter och handbrandsläckare), att sätta sig in i deras användning, och att sköta om deras funktionsskick, förutom i andra utrymmen, även i hemomgivningen.

#### **9.1.2 Nya tekniska lösningar**

För det objektvisa skyddet av små elutrymmen, centraler och separata apparater finns det automatiska släckningsapparater, som är uppbyggda av en släckmedelsbehållare med tillkopplad specialframställd släckmedelsslång som fungerar som branddetektor. Slangen är tillverkad så, att en begynnande brand bränner hål på den vilket möjliggör att släckmedel sprutas på brandobjektet. Som släckmedel i dessa apparater kan man använda koldioxid, vatten, släckpulver eller -skum.

I USA och Sverige har man utvecklat automatiska vattensläckningssystem som är lämpliga för vanliga bostadsbyggnader. Enligt svenska erfarenheter är anläggningarna lätta att installera som en del av redan befintliga rördragningar i byggnaden. Systemet uppskattas kosta ca. 12 €/m<sup>2</sup> (år 2000).

### **9.2 Det borde vara lätt att stänga av strömmen**

Följderna av elapparatbränder torde ofta effektivt kunna minskas ifall den apparat eller elanläggning som fattat eld snabbt kan fås strömlös. I olika länder utvecklas som bäst apparatur som snabbt kopplar bort elektriciteten från apparaten vid början av en felsituation som eventuellt leder till brand. Detekteringen av fel i de apparater som håller på att utvecklas grundar sig endera på mikroprocessorbaserad övervakning av den ström som apparaten förbrukar eller upptäckt av brand med hjälp av rök- eller värmedetektorer. De första versionerna av sådana anläggningar hittas redan på marknaden.

---

<sup>8</sup> Källa: TUKES julkaisu 3/2001 Sähköpalojen riskien hallinta, Veli-Pekka Nurmi.

Nuförtiden befinner sig apparaternas stickkontakter ofta på mycket svåråtkomliga ställen, t.ex. bakom en diskmaskin, bokhylla eller köksapparatskåp. Fast man skulle upptäcka brandungen i ett mycket tidigt skede, kanske man inte får loss stickkontakten ur uttaget inom rimlig tid. I sådana fall är det enda alternativet att göra apparaten spänningslös genom att öppna huvudbrytaren i fördelnings- eller huvudcentralen. Att öppna huvudbrytaren släcker typiskt också belysningen, vilket kan försvåra utrymningen

Användning av huvudbrytaren lyckas i allmänhet inte utanför hemmiljön, eftersom centralerna ofta är låsta och människorna inte vet var elcentralerna är belägna. Den som upptäcker branden skulle ha möjlighet att snabbt koppla bort elektriciteten från uttagsgrupperna ifall det fanns separata brytare installerade för grupperna. För tillfället är det så osäkert att utreda märke och modell på en apparat som har förorsakat en brand, att det på grund av inträffade bränder inte finns förutsättningar att finna apparatmodeller som är brandfarligare än andra.

### **9.3   Obrännbara märkskyltar skulle underlätta brandundersökning**

En faktor som skulle underlätta brandorsaksutredning vore att elapparaternas märkskyltar tillverkades så att de är brandtåliga. Då skulle man mycket bättre än nu efter en brand kunna utreda vilken apparat det var frågan om. Gällande de intelligenta husen, vilka som bäst är föremål för intensivt utvecklings- och marknadsföringsarbete, borde man inte få glömma säkerhetspåverkan av fjärkontroll och automatik. Automatisk tillkoppling av fjärrstyrda och tidstyrda elapparater innebär klara risker. Man kunde sträva till att utnyttja den nya husautomationstekniken som är under utveckling och som tas i bruk, förutom för förbättring av bekvämligheten, även för att förbättra fastigheternas säkerhet, t.ex. som mera utvecklade brandlarmssystem än de nuvarande.

Gällande tekniska förbättringar lönar det sig att komma ihåg att deras verkningar syns först efter en lång tid, därför att apparatbasen förnyas långsamt. En märkbar förbättring av säkerheten hos ibrukvarande apparater och anläggningar med tekniska lösningar kan i praktiken vara mycket svårt, eftersom åtgärderna grundar sig på frivillighet. Ändringar på ibrukvarande teknik kan beordras bara i yttersta undantagsfall.

## 10 Tätning av genomföringar eller brandtätningar

Diplomingenjör Timo Salmi, Palokatkomiehet Oy

Genomföringarna och deras bristfälliga tätning är en av fastigheternas centrala brandsäkerhetsrisker.

En del av fastigheternas genomföringar lämnas otätade när man konstaterar att byggnaden är en och samma brandsektion. Ännu i denna dag tätas genomföringar med okuranta lösningar. Likaledes har sektionering av byggnaden enligt användningssätt glömts bort eller dess betydelse har fördunklats. Fastighetens ägare borde uppmärksamma sektioneringen enligt användningssättet och reparationen av bristerna i den. Enligt räddningstjänstlagen är fastighetens ägare i sista hand ansvarig för brandsäkerheten i sin byggnad.



Bild 3: Kabelmängderna bör tas i beaktande redan vid planering av brandtätningarna!

### 10.1 Myndighetsbestämmelser

Enligt byggnadsbestämmelserna skall fastigheter delas i brandtekniska sektioner. Avsikten med sektioneringen är att förhindra branden **och de skadliga rökgaserna** att spridas från en brandsektion till en annan.

De brandtekniska sektionerna separeras från varandra med hjälp av sektionerande byggnadsdelar av vilka man förutsätter en bestämd brandhållfasthetsklass i minuter, t.ex. EI30, EI60, EI120. Genomföringarnas tätning hos de installationer som går igenom de ovannämnda byggnadskonstruktionerna kallas **brandtätningar**. Av en brandtätning krävs samma brandhållfasthetsklass som av den omgivande sektionerande byggnadsdelen.

I brandbestämmelserna (E1, Byggnaders brandsäkerhet, punkterna 5 och 7) har klargjorts olika sektioneringssätt och -krav. Utrymmen som skiljer sig från varandra genom användningssätt eller brandbelastning skall utformas som skilda brandsektioner för att skydda personer och egendom. EI- automations- och ADB-utrymmen skall sektioneras enligt denna punkt. Dessutom ges anvisningar i försäkringsbolagens skyddsföreskrifter angående sektioneringen av dessa utrymmen (t.ex. Industriförsäkring, skyddsanvisningar: B2 och E-serien).

## 10.2 Testning och godkännande

Elgenomföringarnas brandhållfasthet testas genom brännprov. I provmetoden tar man i beaktande tryckskillnaden som branden orsakar, och man testar en relativt riklig och täckande kabelmängd både som golv- och väggtest. För att konstatera att sektioneringskriteriet uppfylls undersöks att isolerförmågan och tätheten bibehålls. Temperaturstegringen vid sektioneringen får inte överstiga 180°C och i brandtätningens konstruktion får det inte uppstå sådana sprickor genom vilka brandgaserna sprids från en brandsektion till en annan. Med hjälp av ett lyckat provresultat och med det sökta typgodkännandet eller ett utlåtande som grund klassificeras tätningskonstruktionens brandhållfasthet.



Bild 4: En typgodkänd brandtätning skall märkas med en etikett eller en skylt som utvisar typgodkännandet. Av etiketten eller skylten skall framgå STF-märket, godkännandets nummer, använt system, brandklass, installatör och installationens tidpunkt.

Det europeiska tekniska godkännandet (ETA) torde ligga som grund för den sameuropeiska brandklassificeringen. Tillsvidare är det ändå säkrast att hålla sig till det nationella godkännandekriteriet, m.a.o. förut-sätta typgodkännande.

Typgodkännandet är ett nationellt godkännandeförfarande som förenklar och underlättar övervakningen som utförs på fältet. I de olika produkternas godkännandebe- slut finns villkor och begränsningar som de som utför övervakning bör vara förtrogna med. Alternativt kan också den lokala byggnadsövervakningsmyndigheten utfärda ett nationellt godkännande. Härvid kan godkännandet bygga på myndighetens egna övervägande, eller också utgår man från en tillförlitlig experts utredning, testnings- deklARATION eller beräkning.

En väsentlig del av typgodkännandet är ett kvalitetsövervakningsavtal som uppgjorts med en provningsanstalt. Anstalten som utför kvalitetskontrollen granskar årligen med hjälp av stickprov utförda objekt, och rapporterar granskningarnas resultat till miljöministeriet och godkännandets innehavare. Upprepade fel och försumligheter leder till att typgodkännandet återtas.

## 10.3 Metoder för brandtätning

De brandtätningmetoder som finns på marknaden kan indelas i fyra olika grupper:

- brandtätningmassor
- ytbehandlade isolerullsskivor
- silikonskum och skumkuddar
- tätningselement

Från dessa system skall särskiljas olika former av brandkitt som bara kan användas för att täta små ( $\varnothing < 50$  mm) hål, samt brandpåsar, som kommer till användning endast vid tillfälliga lösningar.

Massorna är i huvudsak gips-, vermikulit- och cementbaserade. De cementbaserade massornas dåliga sida är att de hårdnar och krymper. Användningen av massor har ökat på grund av deras förmånlighet. Rätt installerade isolerullsskivor som ytbehand- lats med brandskyddsfärg kostar det dubbla jämfört med en massalösning. Silikon- skummen, -kuddarna och tätningselementen kostar 7...15 gånger mera än en lös-



ning med massa. Därför har användningen av massor blivit allmän såväl i Finland som i övriga Europa. Under senare tid har importörerna och tillverkarna varit aktiva, varför rikligt med olika alternativ står till buds.

## 10.4 Planering och val av brandtätningssystem

Det är rätt lätt att dimensionera brandtätningen för en elgenomföring. Brandtätningen uppfyller de ställda kraven när den krävda brandhållfasthetsklassen uppnås, och när tillräckliga reserveringar i genomföringen gjorts för ny kablering. Reserveringarna skall vara godkänt testade med brännprov, och gärna också typgodkända. Genom förnuftig användning av reserveringar underlättar man underhållet och minskar dess kostnader.

Brandtätningen skall vid en brandsituation i första hand bevara sin täthet och isoleringsförmåga. Det är också viktigt att brandtätningen fyller driftsituationens krav. Sådana är bl.a. mekanisk hållfasthet, möjlighet till nya installationer, tryckhållfasthet, fuktbeständighet, ljudisoleringsförmåga, begränsning av kablarnas temperaturstegring och dammfrihet.

Målet för fastighetens underhållsverksamhet bör vara användarvänlighet och minimering av servicekostnaderna. Detta betyder att eventuellt tilläggs-kab-lage skall kunna föras igenom tryggt och problemfritt utan att de andra kablarna skadas. Fastighetsanvändarens krav och brandsäkerheten kan då flexibelt fogas samman med undvikande av överflödiga kostnader.



Bild 5: Vanliga plaströr fyller inte kraven för reserveringar.

## 10.5 Underhåll av brandtätningar

För att förbättra fastigheternas brandsäkerhet och minska brandriskerna finns det ändamålsenliga och förmånliga lösningar. Fastigheternas befintliga genomföringar borde kartläggas och deras skick och eventuella renoveringsbehov konstateras. Som resultat av kartläggningen väljer man för ändamålet lämpliga system och gör naturligtvis upp en kostnadskalkyl för åtgärderna. Speciellt viktigt är det att skapa och komma överens om principerna för hur underhållet av brandtätningarna kommer att utföras. I



Bild 6: Reserveringar underlättar efterinstallationer och sparar servicekostnader.

nyckelposition är då en intensiv dialog med underhållsorganisationen som bör förstå betydelsen av livslängdstänkandet.

Det finns orsak att överlämna underhållet av brandtätningarna till branschens specialföretag, därför att merparten av tätningarna förutsätter gedigen yrkeskunskap som inte uppnås med en några timmars brandföreläsning. När man förebygger och hantear brandrisker har yrkesmässig och noggrann installation en mycket central betydelse. Med en oklassad installation förstörs även det bästa produktsystemet.

## 10.6 Minneslista för lyckad brandtätning

- Kräv typgodkännande (eller motsvarande utredning)
- Säkerställ krävd brandklass (t.ex. EI60 )
- Kräv identifiering av brandtätningen (etikett eller skylt)
- Att observera vid planeringen:
- Använd reserveringar för att underlätta underhållet
- Kablarnas belastningar, mekaniska påkänningar, tryckhållfasthet, ljudisolering, servicekostnaderna
- Inte för många kablar, fyllnadsgrad max 50 % av tvärsnittsytan
- Teknisk rådgivning och prisuppgifter får du från branschens specialaffärer
- Observera vid installationen:
- Använd ett yrkeskunnigt företag som är specialiserat på brandtätningar
- Granska konditionen regelbundet och kom överens om underhållsprinciperna
- Säkerställ ett noggrant arbetsutförande
- Kablarnas inverkan på elbränder

## 11 Val och användning av kablar

*Produktchef Toni Suomela, NK Cables*

*I artikeln har man granskat val och användning av kablar med ur de elektriska brandriskernas hanteringssynvinkel.*

När man väljer kablar för olika användningsobjekt bör man säkerställa att de använda kablarna och deras tillverkningsmaterial uppfyller bestämmelserna och säkerhetskraven. Kablarna skall vara säkra vid installationen, under användningen och när de tas ur bruk. Dessutom skall kabelmaterialet vara så lämpligt som möjligt med hänsyn till driftomgivningens påkänningar. De använda materialen skall belasta miljön så litet som möjligt.

Vid valet av kabel bör man ta hänsyn till kablarnas hela planerade livslängd så att de fungerar ekonomiskt, säkert och tekniskt på rätt sätt. Grundkraven på material som används i Finland i elapparater och kablar återfinns i de av CENELEC beredda europeiska EN-standarderna, vilka i huvudsak på SESKO:s försorg översätts till SFS-EN-standarder. Förebilder är i allmänhet motsvarande internationella IEC-standarder.

De vanligaste kriterierna vid val av kabel är: driftspänning, belastning, drifttemperatur, väderförhållanden, krav som ställs av kemikalier, uppförande vid brand, böjradi-er vid installation, planerad livslängd, energiförlusterna vid drift, underhållskostnader, återanvändbarhet och destruktions samt kabelns anskaffningskostnader.

### 11.1 Kabelmaterialens brandegenskaper

Kablars brandbelastning bildas i praktiken av kablarnas isolerings- och mantelmateri- al vilka typiskt är plast- eller gummibaserade. Aluminium som används som ledar- material kan brinna vid tillräckligt höga temperaturer även om detta är mycket ovan- ligt. När kablar väljs till brandkritiska objekt är det bra att ta hänsyn till den högre

smältpunkten hos koppar, ca. 1080 °C, som leder till bättre brandhärdighet jämfört med aluminiumledare, vars smältpunkt är ca. 660 °C.

Valet av plastmaterial till kablarna (vanligen PVC, PE, PP och HFFR) har traditionellt skett med de elektriska egenskaperna, driftförhållandena, installationsegenskaperna och brandegenskaperna som grund. PVC är vanligast i inomhuskablar i byggnader, därför att det som mantelmaterial är självslocknande. PE och PP åter brinner till slut när de väl en gång antänts, och kan dessutom sprida brand till omgivningen genom fallande brinnande plastdroppar.

PVC:s goda brandhindrande egenskaper är en följd av PVC:s klorinnehåll (grundämne inom gruppen halogener), som i plasten fungerar som brandskyddsmedel. När PVC brinner, frigörs i huvudsak koldioxid, vattenånga, kolmonoxid (os) och klorväte, som bildar saltsyra i kombination med luftens fuktighet. Saltsyran som frigörs är en giftig gas och orsakar korrosion i många apparater och material samt fara för människorna.

Det kan finnas lite gott att säga om saltsyran när man granskar den ur brandsäkerhetssynpunkt, eftersom vissa brandskyddsexperter anser att saltsyrans irriterande effekt kan fungera som ett slags förvarnande brandlarm innan syrebristen och inandningen av kolmonoxid orsakar livsfara. PE och PP åter innehåller inga brandbe-gränsande egenskaper. Därtill är värmevärdet (den i branden frigjorda värmeenergin) hos PE och PP över två gånger större än hos PVC.

I byggnadernas inomhuskablage kan man också använda självslocknande Halogenfria plastmaterial, HFFR-blandning. PE, PP och HFFR-blandningar bildar inte frätande oorganiska gaser vid förbränning, och dessutom är den frigjorda rökmängden märkbart mindre än hos de billigaste PVC-materialen. Även rökgasernas färg är ljusare. Det är i alla fall skäl att beakta att plastdelen i HFFR-blandningarna, som i allmänhet är en blandpolymer av PE och/eller PP, är fullt brännbart material, vars frigjorda energimängd vid brand är lika stor som hos brännolja. Dessutom bildas det alltid os när PE, PP och HFFR-blandningar brinner, vilken är en giftig dödande gas.

## 11.2 Orsaker till kabelbränder

Kablar orsakar i allmänhet inte som sådana någon stor brandbelastning, men som antändningskälla och som spridare av en redan antänd brand kan kablar understöda en snabb brandspridning i en brandkänslig omgivning. Spridning av en kabelbrand understöds av riklig installation av kablar på samma kabelväg samt dåligt genomförda eller obefintliga brandtätningar. På kablarnas centraliserade installationsrutter, som t.ex. på kabelhyllor, kan brandbelastningen lokalt öka och bli stor. Stora sammanhängande utrymmen är problematiska vid en kabelbrand.

Grundorsakerna till en kabelbrand kan grovt indelas i följande kategorier: planeringsfel, installationsfel, kabelfel, bristande underhåll samt felaktig användning.

Tekniskt sett kan en elbrand som orsakas av en kabel vara följden av många olika saker eller samverkan av dem:

### **Kablarnas isolationsfel, som kan bero t.ex. på följande orsaker:**

- Normalt åldrande av isolationsmaterialet
- Tillverkningsfel i kabeln
- För höga drift-/omgivningstemperaturer
- Mekanisk skada (vassa och skärande ytor, stor punktbelastning och vibrationer)
- Skada orsakad av kemikalier (speciellt vatten och olika fetter)
- Strålning (speciellt solens UV-strålning)
- Korrosion



•

### **Kabelns dåliga anslutningar och skarvar**

- För lös anslutning eller dålig kontakt av annan orsak i anslutningspunkterna
- Underdimensionerade anslutningsdon eller felaktig montering av dem
- Oxidering och nedsmutsning av kontaktytorna
- Felaktigt läge hos anslutningsdonens kontaktytor
- Kontakttrycket hos anslutningsdonets fjädrar har försämrats

Ovan nämnda problem förekommer speciellt vid flyttbara kablar.

### **Kabeln är utsatt för stor överlast, överspänning eller läckström**

#### **Harmoniska övertoner som uppträder i elnätet**

Övertoner (speciellt den tredje harmoniska) kan orsaka överbelastning av en kabels noll- eller PEN-ledare, speciellt i stora kraftkablar; det bör påpekas att nollans eller PEN-ledarens tvärsnitt vanligen i dessa dessutom är bara hälften av fasledarens tvärsnitt.

Läs också kapitel 3.2 Den tredje övertonen (150 Hz).

#### **Blixtnedslag**

Ett blixtnedslag förorsakar en överspänning som utgör en fara speciellt för friledningar och deras ändavslutningar. Av denna orsak skyddas linjerna med en separat åsklinna, som numera också kan fås utrustad med inbyggd datakabel (OPGW-kablar).

Läs också kapitel 3.4 Överspänningar.

**Bristfälliga eller utan yrkeskunskap gjorda planer och installationer** av kablar och kabelsystem orsakar en verkligt stor risk för att elbrand skall uppstå och spridas.

- Felaktigt eller icke fungerande eltekniskt skydd av kabel
- Bristfälligt eller t.o.m. helt försummat underhåll
- Mekaniska skador beroende på felaktigt eller slarvigt installationssätt
- Överhettning beroende på otillräcklig kylning (behovet av ventilation, kablarnas rengöring mm.). Ta också i beaktande att i vissa genomföringar, som t.ex. innehåller skum, kan kabelns temperatur vid normal användning stiga farligt högt.

En kabelbrand kan vara följden av ovan nämnda orsaker till kabelfel. Följden blir resistiv överhettning, kortslutning eller ljusbåge. Den elektriska effekten som verkar i felstället åstadkommer den erforderliga strömtätheten i ledaren/isolationen varvid materialets antändningstemperatur uppnås som resultat av uppvärmningen. För att branden skall antändas behövs brinnande material och naturligtvis tillräckligt med syre.

Det antändbara materialet kan vara själva kablarna, kabelboxarna, elcentralerna och kablarnas installationsomgivning.

Man bör även minnas att kabelns yttemperatur kan bli så hög att den kan antända lättantändliga konstruktioner eller apparater i sin omgivning innan själva kabeln börjar brinna.

Läs också kapitel 3, *Elfenomen som orsakar antändningsrisk och hur man skyddar sig mot dem* och kapitel 6, *Elbränder som fysikaliskt fenomen*.

## **11.3 Förebyggande av kabelbränder**

För att avvärja faror orsakade av isolationsfel och överbelastning är det av yttersta vikt att elanläggningens skydds- och säkerhetssystem planeras, byggs och sköts sak-

ligt, så att de automatiskt kopplar bort elmatningen när ett fel har uppstått innan det orsakar brandfara.

Speciella kabel- och elcentralutrymmen borde utrustas minst med brandlarmanläggning, de viktigaste utrymmena också med automatisk brandsläckningsanläggning och möjlighet att bryta matningen, bortsett från matningen till släckningsanläggningarna, vilkas matningar inte får brytas.

Spridningen av elbrand förhindras och skadorna minskas av att alla byggnadens kabelgenomföringar mellan olika brandsektioner brandtätas på godkänt sätt (typgodkännande). Detta hindrar också spridning av brandgaser via genomföringen.

Läs även kapitel 10, Tätning av genomföringar eller brandtätningar

I planerings- och installationsskedet bör man fästa uppmärksamhet vid ur brandantändningssynpunkt kritiska komponenters identifierings- och skydds krav samt materialens brandfördröjande egenskapskrav. Vid installation av kablar bör kabelns hanterings-, installations- och bruksanvisningar följas.

Vid elplaneringen ska man dessutom beakta möjliga framtida behov som:

- Verkningar beroende på ändringar i användningssätt eller miljöfaktorer
- Risker som hänför sig till genomförandet av ändrings- och utvidgningsarbeten
- Riskkartering i vilken man borde fundera på säkerhetsrisker och möjliga orsaker till elbrand

I underhållets och besiktningarnas innehåll (ibruktagnings-, verifierings-, tidsbestämda besiktningar och brandsyner) bör hänsyn ha tagits till riskerna som hänför sig till kableringarnas brandsäkerhet.

Vid underhållet av elcentraler och -system är termografi ett bra hjälpmedel för att förutseende utreda gömda objekt med övertemperatur.. Dessutom borde det i underhållet ingå utredning av de harmoniska övertonerna i elanläggningen.

Läs också kapitel 7, *Elanvändningens riskhantering* och kapitel 8 *Underhåll av elanläggningar* samt bekanta dig med Sähköpeto<sup>®</sup>-programmets andra publikation "*Grundkunskap om elbränder och deras förebyggande*"

## 11.4 Val av kabel med bandegenskaperna som grund

Som grundval bör man kräva att kablar för fast installation i byggnader bör vara självslocknande (klara brännprovet enligt IEC 60332-1, t.ex. MMJ och MCMK). För kablar utomhus kan man tillåta brandunderhållande egenskaper. I vissa fall bör även kablar utomhus vara självslocknande. Så till exempel i en situation när man mellan byggnader har kablage installerad i luft.

Då kablar installeras inne i byggnadens väggar uppnås det bästa och mest ekonomiska resultatet när man använder vanliga självslocknande kablar. I de industri- och kontorsbyggnader där kablarna installeras i innertaksutrymmets kabelrutter och man har mycket kablar, borde man använda kablar som klarar knippbrännprovet (uppfyller brännprovet enligt IEC 60332-3, t.ex. MMJ CPD/D). Då skall man ta i beaktande att användningen av kablar som klarar knippbrännprovet ökar kablagekostnaderna mer än vanligt.

I de industri- och kontorsbyggnader där det finns skäl att anta att utrymmet är mer än normalt utsatt för brandfara, och där man i innertakens kabelrutter installerar rikligt med kablar, kan man minska riskerna för kabelbrand genom att använda kablar som klarar knippbrännprovet (uppfyller brännprovet enligt IEC 60332-3, t.ex. MMJ CPD/D). Användningen av kablar som klarar knippbrännprovet ökar kablagekostnaderna mer än vanligt.

Angående kablage i utrymningsvägar finns det säkerhetskrav i SFS 6000/A1 - standardens punkt 482.4. (2002).

Å andra sidan kan det till och med vara nytta av rökutveckling vid en brand i stora utrymmen eftersom rökutveckling försnabbar upptäckten av brand och inriktningen av släckningsverksamheten.

Vid tunnelbyggnad borde man använda kablar som brinner så dåligt som möjligt, m.a.o. kablar som klarar knippbrännprov, och dessutom borde dessa kablar vara sådana som bildar lite rök.

Vid sådana objekt där kabeln måste vara funktionsduglig även under pågående brand bör man använda brandsäkra kablar (klarar brännprov enligt IEC 60331, t.ex. FRHF-MMJ och FRHF-XCCMK). Sådana funktioner är till exempel nödbelysningar och motorer avsedda för rökevakning i ventilationssystem, vattenpumpar och hissar. Vid dimensionering av dessa kablar skall man ta hänsyn till den ökande temperaturen i brandsituationen. Ledningsförmågan hos koppar avtar eftersom resistansen stiger när temperaturen stiger. Till exempel stiger ledarresistansen hos en kopparkabel med ca. fem gånger vid en brandtemperatur på ca. 900 °C jämfört med normal temperatur.

Halogenfria självslocknande kablar (t.ex. MMJ-LSZH) eller halogenfria kablar som klara knippbrännprovet borde användas i de objekt/utrymmen där t.o.m. en liten kabelbrand med normala kablar innehållande halogen orsakar stora ekonomiska skador i korrosionskänsliga utrustningar. Sådana utrymmen är t.ex. sjukhus och datacenter.

I nedanstående tabell finns några av de mest typiska tilläggsförkortningarna samlade som är i bruk som tillägg till den normala kabelbeteckningen. De används när kabelns brandbeteende avviker från det normala som till exempel normal MMJ installationskabel. Den halogenfria och röksvaga versionen har beteckningen MMJ-LSZH och den halogenfria brandsäkra MMJ-versionen har beteckningen FRHF-MMJ, som dessutom klarar knippbrännprovet.

- LS Low Smoke: IEC 61034 & IEC 60332-1 "Utvecklar lite rök, självslocknande kabel"
- LSZH Low Smoke Zero Halogen: IEC 61034 & IEC 60754 & IEC 60332-1 "Utvecklar lite rök, halogenfri självslocknande kabel"
- HF Halogen Free: IEC 61034 & IEC 60754 & IEC 60332-3 & IEC 60332-1 "Utvecklar lite rök, halogenfri, som knippe självslocknande kabel"
- FR Fire Resistant: IEC 60331 & IEC 60332-1 (& IEC 60332-3) "brandsäker kabel"
- -HF I allmänhet används förkortningen -FRHF, som är en kombination av -FR och -HF

Förkortningar som används i artikeln "Val och användning av kablar":

SESKO	<i>Finlands eltekniska standardiseringsförening</i>
SFS	<i>Finland standardiseringsförbund</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
EN	<i>European Standard</i>
PVC	<i>Polyvinylklorid, en plastsort</i>
PE	<i>Polyeten, en plastsort</i>
PP	<i>Polypropen, en plastsort</i>
HFFR	<i>HFFR (Halogen Free Flame Retardant), Halogenfri brandskyddad plast</i>
LSZH	<i>(Low Smoke Zero Halogen), LS0H</i>
CPD	<i>Construction Products Directive, byggnadsproduktdirektivet</i>

## 12 Sammandrag av kablers brandegenskaper

Källor: NK Cables och Reka-kaapeli Oy/Oy Kauko Alkila

EGENSKAP KABELTYP	RÖKBILDNING - genomskinlighet - färg	RÖKGASERNAS GIFTIGHET - os (CO) - klorväte (HCl)	RÖKGASERNAS SURHET - korrosionsrisk	BRANDSKYDD - brännprov std - kabelns beteende	BRANDBELASTNING - teoretisk max. frigöring av värmeenergi	VÄRMEHÅLLFASTHET - hållfasthet mot värme- stegring	KABELNS PRIS åt kunden
MMJ Traditionell standarden- lig installationskabel	DÅLIG Tjock mörk rök	DÅLIG CO och HCl	DÅLIG Saltsyra (HCl)	TILLFREDSSTÄLLANDE IEC 60332-1 CPD: Klass E	GOD / TILLFREDSSTÄLLANDE Något större än trä	TILLFREDSSTÄLLANDE Plasterna blir sköra och skorpaktiga	UTMÄRKT Förmånlig produkt
HALOGENFRI MMJ-LSZH (NK) HHJ (Reka)  Inte ännu standard Sjävslocknande instal- lationskabel	GOD Ljus rök	DÅLIG CO	GOD (Ev. svaga organiska syror) IEC 60754	TILLFREDSSTÄLLANDE IEC 60332-1. CPD: klass E Ev. brinnande droppar	TILLFREDSSTÄLLANDE För grundplastens del stort värmevärde (> brännolja), fyllnadsmat- erialet minskar det	DÅLIG Grundplastdelen smälter vid rel. låg temperatur	NÖJAKTIG Dyrare än vanlig MMJ
HALOGENFRI BRANDSÄKER FRHF-MMJ (NK) FLAMEREX-FRHF (Reka)  Standardenlig trad. sä- kerhetsapparatkabel	GOD Ljus rök	DÅLIG CO	GOD (Ev. svaga organiska syror) IEC 60754	GOD IEC 60331 IEC 60332-1 IEC 60332-3 CPD: C-klass	TILLFREDSSTÄLLANDE För grundplastens del stort värmevärde (> brännolja), Brandskyddsmedlen minskar det betydligt	DÅLIG Manteln smälter vid rel. låg temperatur (GOD ifall isolationen är tvärbunden, då den inte smälter lätt)	DÅLIG Betydligt dyrare än vanlig MMJ, grundor- sak brandtälighets- egenskapen

Egenskaper: DÅLIG, TILLFREDSSTÄLLANDE, GOD, UTMÄRKT  
 Brännprov-std: IEC 60332-1 sjävslocknandeprov , IEC 60332-3 knippbrännprov , IEC 60331 brandhållfasthetsprov, IEC 60754 surhetsprov  
 EU-direktiv: Euroklassificering CPD (Construction Products Directive), direktiv 89/106/EEC, beslut 2000/147/EC  
 Förkortningar: CO: Kolmonoxid , HC: kolväten (alifatiska och aromatiska) , HCl: väteklorid (saltsyra) , HF vätefluorid  
 Plastförkortn.: PVC: polyvinylklorid , PE: polyeten , PP: polypropen

EGENSKAPER KABELTYP	RÖKUTVECKLING	RÖKGASERNAS GIFTIGHET	RÖKGASERNAS SURHET	BRANDSKYDD	BRANDBELASTNING	VÄRMEHÅLLFASTHET	KABELNS PRIS
"PLENUM MMJ" (USA)  Standardenlig prod. i USA (i skysrapor)  Isolation och mantel i huvudsak fluorplast	GOD  Ljus rök  (även svag mörk rök kan förekomma)	DÅLIG  CO och HF (möjli- gen HCl)	DÅLIG  Fluorvätesyra (HF) och möjligen HCl	UTMÄRKT  UL 910  UL 1666  CPD: klass B	UTMÄRKT  I praktiken brinner kabelns plaster mycket dåligt och värmevärdet är litet	GOD  Kabelns plaster smälter inte nämnvärt, sönderfall sker vid temperaturer över 300 °C	DÅLIG  Verkligt dyr produkt
MMJ CPD/D  Kraftigt brandskyd- dad installationska- bel av PVC-plast  Tillämpbart stan- dardenlig	TILLFREDSSTÄLLANDE  Ljus rök och dessutom förekommer även svag mörk rök	DÅLIG  CO, HCl, kloraro- mater, kloralifater, klorerade kolväten	TILLFREDSSTÄLLANDE  Begränsad mängd saltsy- ra	GOD  IEC 60332-1  IEC 60332-3  CPD: klass D	GOD  Plasternas värmevärde nästminst i gruppen (> Plenum)	TILLFREDSSTÄLLANDE  Plasterna blir sköra och skorpaktiga	GOD  Bara något dyrare än vanlig MMJ
HALOGENFRI MCMK  KOISTINEN-HF (NK)  Kraftigt brandskyd- dad saneringska- bel. Standardenlig XCMK-HF (Reka)	GOD  Ljus rök	DÅLIG  CO	GOD  Möjligen svaga organiska syror  IEC 60754	GOD  IEC 60332-1  IEC 60332-3  CPD: klass C	TILLFREDSSTÄLLANDE  För grundplastens del stort värmevärde (> brännolja), Brandskyddsmedlen mins- kar det betydligt	TILLFREDSSTÄLLANDE  Tvåbundna isolationer smälter inte. Manteln där- emot smälter vid rel. låg temperatur.	TILLFREDSSTÄLLANDE  Dyrare än normal MCMK

## 13 Exempel på bränder orsakade av elektricitet

Jorma Korkalo, Primatest Oy

Exemplen är korta referat från undersökningsrapporter om bränder som orsakats av elektricitet.

### Brand i lantgårds huvudbyggnad av stock

**Brandorsaksutredare:** Säkerhetsteknikcentralen

#### Händelseuppgifter

Branden inträffade på eftermiddagen då husfolket var hemma. Lite före fyra hade husfolket observerat ett kort elavbrott. De hade inte brytt sig om avbrottet, utan fortsatt med sina vanliga göromål. Efter ca. en halv timme hade rök börjat bildas inomhus, varvid de hade avlägsnat sig ur huset och sett att ytterväggen brunnit sönder på ett område mellan huvudingången och ett fönster på övre våningen. Därefter alarmerade de brandkåren.

#### Brandens följder

Husets övre våning förstördes totalt i branden. Nedre våningen fick omfattande vattensador och delar av mellantaket hade ramlat ner i bottenvåningens rum.

#### Sannolik elektrisk brandorsak

Orsaken till branden misstänktes vara en ledning som löpte bredvid en garderob. Vid undersökning av ledningen hittades en spik som hade perforerat ledningen. Ifrågavarande perforeringsställe befann sig i entrén i skärningspunkten mellan väggen och mellantaket, vid garderobväggens övre kant. På grund av dessa utredningar kan man ganska noggrant dra slutsatsen att branden har fått sin början vid ifrågavarande perforeringsställe. På detta pekar också bestämningen av brandens startställe och elavbrottet som föregick branden.

#### Slutledningar från undersökningsrapporten för att undvika motsvarande fall

- Orsakerna till onormala elektriska fenomen skall utredas omgående
- Installationernas skick skall skötas om regelbundet
- En yrkeskunnig person skall anlitas för att utföra elarbeten
- Krävda elbesiktningar skall utföras på gjorda elinstallationer

## Brand i en relativt stor industribyggnad i kommundätort

**Brandorsaksutredare:** Säkerhetsteknikcentralen

### Händelseuppgifter

Vakterna hade varit på rond ca. kl. 23.00 i fabriken gamla del, när den ena av dem känt röklukt från trädgårdsmatsserveringen. De hade inspekterat utrymmena, men inte kunnat fastställa orsaken till röklukten. Vakterna hade försökt få tag på fastighetsskötarna, men utan resultat.

Lite före kl. 23 på testningslinje 1 hade personalen som arbetade där observerat ett kort elavbrott på avdelningen. Avbrottet hade orsakat att branddörrarna stängdes, och att dataprogrammen stannade.

Personalen som arbetade på testningslinje 2 hade kl. 23.40 - 23.45 gått på paus till tädgårdsmatsalen. Under vägen observerade de en lapp på en branddörr med texten "Branddörren sönder, gång genom lagret". När de kom till matsalen konstaterade de att takbelysningen var tänd och det kändes röklukt i rummet. Medan de sökte orsaken till röklukten observerade de en mörk fläck på ytan av fastsättningen till en utbrunnen taklampa. Taklampan fanns i utrymmets bakre del ovanför ett bord.

I detta skede kom även testningslinje 1:s personal till matsalen. Genast efter att de kommit hördes sprakanden från lampan och därefter ett åskknallsliknande ljud. Efter knallen hade lampan exploderat. Samtidigt hade strömmen brutits vid testningslinjerna.

Kl. 00.00 ringde en av arbetstagarna till nödcentralen och meddelade vad som inträffat. Centralen sände meddelandet vidare till jourhavande brandmästare och han anlände till matsalen kl.00:09. Då hade lampan gnistrat och elden hade slagit genom väggen till terrassen alldeles bredvid dörren. Branden spred sig mycket snabbt efter antändningen. Under branden sågs också mycket kraftiga ljusbågar i mellantaket.

### Sannolik elektrisk brandorsak

Efter slutledningar koncentrerades undersökningen till matsalens område. Vid röjningen påträffades två armaturer och dessutom brända kabelbitar. I mellantaket i linje med armaturerna löpte även två kraftkabler.

På grund av förhandsiakttagelserna kunde man dra slutsatsen att det kunde vara frågan om fel i matningskablarna. Man hade kännedom om att ca. fyra år tidigare hade en kraftkabelskarv exploderat på kabelhyllan. Efter det utreddes skarvarnas lägen på kraftkablarna, och de termofotograferades. Därvid måste några skarvar förnyas.

Vid undersökningen kom man till resultatet att den armatur som fanns på den antagna antändningsplatsen råkat ut för yttre brand. på grund av skicket hos armaturens inre delar och enligt de yttre brandspåren kunde man fastslå att armaturen inte hade orsakat branden, och vidare inte orsakat skador på matarkabeln.

Enligt mätprotokoll som företaget levererat kunde man konstatera att det funnits två skarvar i antändningspunkten. Enligt termofotograferingen hade temperaturskillnaden hos den ena skarven mellan kabel och skarv varit 6,5 grader vid mätningstillfället. Enligt expertutlåtanden inbegärda från kabel- och skarvtillverkare fanns det ingen betydande temperaturskillnad mellan den hela skarven och kabeln. I detta fall indikerade temperaturskillnaden på 6,5 grader fel i skarven, då man tar hänsyn till den omgivande temperaturen som motsvarar utetemperatur. Under årens lopp har kabelns och skarvens belastning befrämjat felets utveckling och således vidare höjt skarvens temperatur. Som sammandrag kunde konstateras att brandorsaken var en felaktig skarv i kraftkabeln som hade antänt omgivande brännbara material.



### Slutledningar från undersökningsrapporten för att undvika motsvarande fall

- Orsakerna till sådana mätresultat vid elanläggningens konditionsövervakning som indikerar eventuellt fel bör utredas tillräckligt snabbt.
- Elanläggningens underhåll bör vara regelbundet och innefatta mätningar som indikerar elektriska brandrisker och testning av skyddsapparaterna.
- Man bör fästa uppmärksamhet vid att de system som skyddar mot överström och kortslutning är kravenliga och fungerande vid planering, byggande och användning.

## Brand i restaurangkök i en stad.

**Brandorsaksutredare:** Säkerhetsteknikcentralen

### Händelseuppgifter

En person som rörde sig i huset på natten efter restaurangens stängning hade känt rökluft. Efter sin observation hade han brådslande alarmerat brandkåren till platsen. Genom brandkårens snabba insats kunde branden begränsas till restaurangens hjälpkök.

### Brandens följder

Vid branden led köket ganska stora skador och hela restaurangen fick betydande rök- och sotskador.

### Sannolik elektrisk brandorsak

Vid undersökningen kunde brandens startplats bestämmas ganska noggrant eftersom branden begränsades till ett utrymme och i utrymmet fanns ett tydligt V-mönster. Antändningsplatsen bestämdes till köket nära kylanläggningarna. En anslutningsbox på sidan av kylskåpet och en lampa i skåpets överkant hade smält ganska illa. Kompressorns reläbox hade brunnit helt och plasten hade smält ner på anslutningsboxen vid skåpets nedre kant. Av detta kunde man anta att branden startat i kompressorns reläbox.



Efter noggrannare undersökning konstaterades att startreläet hade fått fel. Elden hade sannolikt spridit sig längs kablarna från kompressorns reläbox upp till ledningarna under spisen och till kylskåpslampans ledning. Samtidigt har de brännbara material som fanns på spisen antänts och möjliggjort brandens spridning till köksskåpen.

### Slutledningar från undersökningsrapporten för att undvika motsvarande fall

- Kylapparater innehåller potentiella risker för elbrand.
- Elapparaternas skick och sakligheten av driftomgivningen bör hållas under regelbunden uppsikt.
- Att objektet befann sig nära räddningsverket underlättade den lyckade släckningsinsatsen.



## Brand som startat i en ytbehandlingsfabrik

**Brandorsaksutredare:** Säkerhetsteknikcentralen

### Händelseuppgifter

Fabriken (ca 3000 m<sup>2</sup>) utförde kemisk försilvring, förnickling, förgyllning och anodisering av aluminium. Kemikalier förvarades i kar som värmdes upp med elmotstånd. Vid produktionslinjerna användes sammanlagt ca. 20 000 liter farliga ämnen.

En lastbilschaufför som var på gårdsplanen berättade att han under natten observerat några ljus från den gamla hallens hörn, men han hade inte hört några ljud av maskiner. Han hade sovit i bilen. Chauffören hade vaknat av ljuden som branden orsakade och sett lågor vid mitten och vid gaveln av den gamla hallen.

När brandkåren kom till platsen var en 1000 m<sup>2</sup> stor del av industrihallen i full brand. Branden höll på att sprida sig längs takkonstruktionerna till de andra avdelningarna. I den brinnande delen av byggnaden konstaterades att det fanns stora mängder syror, baser och andra vätskeformiga och fasta kemikalier som användes i processen. Kemikalierna försvårade märkbart släckningen och förorsakade dödande ångor när de förenades. Branden spred sig så att den hotade oljecentralen för den intilliggande hallen.

### Brandens följder

Vid branden förstördes fabriken ena flygel fullständigt och skadorna uppgick till ca. 1,7 M€.

### Trolig elektrisk brandorsak

Bland bassängerna mot varumottagningen och i dess bakre hörn fanns åtminstone kar som innehöll cyanid och vatten. I en del av karen fanns porslinskapslade elmotstånd på 2 kW. Motstånden användes för att värma vätskorna i karen. Alla motstånd var sönder. Att döma av brandspåren hade hettan varit som starkast just i detta område.

Den troligaste brandorsaken var överhettning av motstånden. Det är möjligt att ett av karen har tömts och motståndet av denna orsak överhettats och antänt karet. Orsaken till att vätskan runnit ut kan man bara spekulera i. En orsak kan t.ex. vara att karet gått sönder.



### Slutledningar från undersökningsrapporten för att undvika motsvarande fall

- Vid val av elektriska apparater och deras installationstrustning bör man ta hänsyn till de specialkrav som driftomgivningen och driften ställer på mekanisk och kemisk hållfasthet.
- Vid den riskkartering som görs för styrning av underhållet bör uppmärksamhet speciellt fästas vid de ökade felrisker som driftomgivningen och användningssättet förorsakar.
- Underhållet av elanläggningen skall vara regelbundet och i underhållet bör inrymmas funktions- och konditionskontroll av de skydds- och säkerhetssystem som hänför sig till de elektriska brandriskerna.
- Vid planering, byggande och användning av system som skyddar mot överhettning skall uppmärksamhet fästas vid deras funktion och att de fyller föreskrifternas krav.

## Brand i affärs/bostadsvåningshus i stadscentrum

**Brandorsaksutredare:** Säkerhetsteknikcentralen

### Händelseuppgifter

Brandkåren fick automatlarm ca. kl. 11.30. Till brandplatsen alarmerades tio släckningsenheter. När brandkåren kom till platsen hade branden orsakat rikligt med rök som hade spridit sig till flera närfas-tigheter.

### Brandens följder

Branden hade börjat i husets källarutrymmen. Röken hade orsakat betydande skador. I källarutrymmet vid brandhärden hade funnits en sprinkleranläggning som hade utlösts under branden och sprayat 10...15 cm vatten på garagegolvet. Det hade kommit vatten på ett några hundra kvadratmeter stort område.

### Trolig elektrisk brandorsak

Brandkåren lyckades lokalisera brandorsaken till den elektriska huvudcentralen som fanns i källarutrymmet. Brandorsaken befanns vara en lös anslutning i ett säkringsunderlag. Brandens startimpuls har sannolikt varit överlast varvid den lösa anslutningen orsakat kortslutning och brand.

### Synpunkter för att undvika motsvarande händelser

- Händelsen beskriver de brandrisker som förekommer även i de elanläggningsdelar som har små strömmar, samt det att elkretsarnas samtliga anslutningspunkt är en el-brandrisk. Risker hänvisar i sig inte till att anslutningarna i sig skulle vara opålitliga, utan risken förorsakas av anslutningarnas rikliga förekomst överallt i elanläggningen.
- Elanläggningens underhåll bör vara regelbundet och innefatta konditionsövervakning av anslutningsstäl-len. Härvid är temperaturmätningar och termofotografering samt anslutningarnas systematiska efter-dragning de bästa underhållsåtgärderna.



## Början till brand i en stor läroinrättnings konferensrum

**Brandorsaksutredare:** Primatest Oy

### Händelseuppgifter

Ett konferensrum (7,5mx12m) i en mycket stor läroinrättning hade ett vägguttag, två belysningsregulatorer och en upptaget-brytare i dörrkarmen av metall, vilka förstördes delvis till oigenkännlighet till följd av brand i dörrkarmens elapparater.

### Brandens följder

Branden hade orsakat små rök- och brandskador i utrymmet. Spår av brand fanns i väggbeklädnaden. Branden hade startat och slocknat av sig själv i oövervakade förhållanden under veckoslutet. Brandskador som uppstod: De nämnda elapparaterna förstördes, rökskador på dörrkarmen, brandspår i gardinen, sot i utrymmet.

### Trolig elektrisk brandorsak

Branden har med säkerhet fått sin början i en av ljusregulatorerna, som har skadats under några års användning. Vid antändningstidpunkten har regulatorn inte varit belastad men nog spänningssatt.

Den brinnande plasten som runnit ut från regulatorn har senare antänt plastdelarna i det uttag som funnits lägre ner.

Regulatorn har med stor sannolikhet skadats som följd av att för stort antal anslutningsdon för de reglerbara belysningsarmaturerna har varit kopplade till regulatorns brytardel i förhållande till dess belastbarhet. Reglerenheterna har funnits i armaturerna. För stor belastning har med tiden skadat (ärrbildning?) brytardelen vilket haft som följd att regulatorn har överhettats och antänts. Mera anslutningsdon än vad tillverkarens anvisningar tillåter hade kopplats till regulatorn.

Brandens spridning hindrades av att det inte fanns brännbart material i närheten av regulatorn, bl.a. var mattorna och de närliggande gardinerna i sig obrännbara.

De elektriska skyddsanordningarna var föreskriftsenliga.

### Synpunkter för att undvika motsvarande fall

- Vid val av elektriska apparater bör apparattillverkarens alla anvisningar följas, speciellt vad gäller belastbarheten.
- Att detta fall inte utvecklades under veckoslutet till en verklig storbrand förhindrades av användningen av obrännbara inredningsmaterial. Objektet har inte automatisk brandlarmanläggning.



## Brandunge i maskintekniskt etsningslaboratorium i stor läroanstalt.

**Brandorsaksutredare:** Primatest Oy

### Händelseuppgifter

Under veckoslutet hade en brand uppstått på laboratoriets arbetsbord. På bordet hade funnits små (ca. 1 l) kärl som hade innehållit 1 kl. brännbar samt en hårtorksliknande värmeblåsare ansluten till elnätet. Blåsaren var dock inte i drift. I utrymmet finns inte automatisk brandlarmanläggning. På måndagsmorgonen konstaterades att värmeblåsaren och dess omgivning hade brunnit fullständigt.

### Brandens följder

Värmeblåsaren hade brunnit fullständigt, bordsskivan hade brandskador, väggskåpet som satt på 50 cm höjd ovanför arbetsbordet hade sot- och brandskador, rummet var helt nedsmutsat av sot. Plastlocken på uttagen i en närliggande vägguttagslåda hade delvis smält men inte brunnit.

### Trolig elektrisk brandorsak

Vid undersökningen kom man med full säkerhet fram till att branden har börjat från värmeblåsaren som lämnats inkopplad till elnätet.

Blåsarens brytare och effektregrader konstaterades av okänd orsak fått fel så att felet endera har orsakat att delarna i blåsaren har överhettats eller att värmeblåsning har startat i misstag.

Apparatens överhettning eller värmeblåsning "i misstag" har sedan på ett eller annat sätt förorsakat att den plastflaska innehållande denaturerad etanol (1 kl. brännbar vätska) som befann sig i omedelbar närhet (10 cm) av apparaten har smält. Den brännbara vätska som läckt ut ur den smältande flaskan har antänts av hettan och då den spridit sig på bordet hjälpt till att bränna upp själva blåsaren. Den ifrågavarande blåsarens plast brinner inte av sig själv.

De elektriska skyddssystemen var föreskriftsenliga.

### Synpunkter för att undvika motsvarande fall

- Vid användning av elapparater bör tillverkarens anvisningar följas, och apparaterna bör vara lämpliga för användningsändamålet och driftomgivningen
- Elapparaterna bör löskopplas från elnätet när de inte används och är obevakade.



## **14 De mest centrala elsäkerhetsföreskrifterna**

Under tiden som denna anvisning har uppgjorts har de nedan nämnda mest centrala föreskrifterna som ansluter sig till drift och underhåll av elanläggningar varit i kraft. Eftersom man tidvis gör ändringar i föreskrifterna, bör man vid behov granska vilka föreskrifter som gäller.

- Elsäkerhetslagen 410/96
- Elsäkerhetsförordningen 498/96
- KTMP 517/96 Beslut om idrifttagning och användning av elanläggningar
- KTMP 516/96 + 1194/99 Beslut om arbeten inom elbranschen och elarbetssäkerheten
- KTMP 1193/99: Beslut om elanläggningarnas säkerhet, innehåller bl.a. de väsentliga säkerhetskraven
- Lågspänningsinstallationer SFS 6000/1999 + tillägg A1/2002
- Högspänningsinstallationer SFS 6001/2001
- Elarbetssäkerhet SFS 6002/2000
- TUKES-anvisningar finns i internet: [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi)

De standarder som skall följas (elsäkerhetsbestämmelserna) är angivna i anvisningen TUKES S10.

De ikraftvarande bestämmelserna, myndighetsanvisningar, standarder och publikationer, samt råd och länkar finns bl.a. på internetadressen: **[www.tukes.fi](http://www.tukes.fi)**.

Ändringar är på kommande i bestämmelserna under år 2004. Ändringarna berör bl.a. elanläggningarnas underhåll och tidsbestämda besiktningar.

## **15 Skribenter, källmaterial, begrepp**

### **15.1 Skribenter**

Överläraren i elteknik Väinö Bergman, Tammerfors yrkeshögskola

Diplomingenjör Timo Salmi, Palokatkomiehet Oy

Branschchef Pertti Kukkonen, Oy Elspecta Ab

Produktchef Toni Suomela, NK Cables

VD, auktoriserad besiktningsman Paavo Hakala, Planeringsbyrå Hakala Oy

Ingenjör, auktoriserad besiktningsman Jorma Korkalo, Primatest Oy, materialets redaktör

### **15.2 Översättning**

VD, eltekniker Thomas Anderssen, Konsultbyrå Ab TRONICO Oy

### **15.3 Projektets styrgrupp**

Direktör, Tekn. dr. Veli-Pekka Nurmi, Säkerhetsteknikcentralen

Överinspektör Ari Keijonen, Säkerhetsteknikcentralen

Kvalitetschef Teemu Määttänen, Elingenjörsbyrå Niemistö Oy, STEK:s representant,

VD, auktoriserad besiktningsman Curt-Olov Westén, Elwoc Consults Oy, SÄTY r.y.

VD, auktoriserad besiktningsman Paavo Hakala, Planeringsbyrå Hakala Oy, SÄTY ry.

## **16 Källmaterial**

TUKES publikation 3/1997	Elbrändernas person- och egendomsskador
TUKES publikation 8/1999	Elektricitet som brandorsak
TUKES publikation 1/2001	Elapparatbränders brandegenskaper och släckning av elapparatbränder
TUKES publikation 3/2001	Elbränders riskhantering, Veli-Pekka Nurmi
TUKES meddelanden och broschyrer	
Elsäkerhetslagen 410/96 och på den grundade författningar och ministeriets bestämmelser	
Dessutom skribenternas i artiklarna nämnda övriga källor	

## **17 Definitioner och begrepp**

Elbrand: " Eldsvåda, där tändenergi källan som möjliggör brand är elektricitet." 9)

Som synonym till begreppet elanläggning används i talspråket ordet "elinstallationen".

Som synonym till begreppet byggare använd i talspråket orden "elentreprenör", "elmontör" eller annan som utför en elinstallation.

---

<sup>9)</sup> TUKES -publikation 3/2001 "Sähköpalojen riskienhallinta

