

Brännbart damm och riskhantering inom processindustri

– En vägledande arbetsmetodik

Fredrik Handeland
Martin Ljunggren

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

**Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5251, Lund 2008

Brännbart damm och riskhantering inom processindustri - En vägledande arbetsmetodik

Fredrik Handeland
Martin Ljunggren

Lund 2008

Titel

Brännbart damm och riskhantering inom processindustri
En vägledande arbetsmetodik

Title

Combustible dust and risk management within Process Industry
A guiding work methodology

Författare/Authors

Fredrik Handeland
Martin Ljunggren

Civilingenjörsprogrammet i Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola

Report 5251

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5251--SE

Number of pages: 148

Keywords

Risk management, Guidance, Process facility, Dust explosion, Fire in dust layer, Coordination

Sökord

Riskhantering, Vägledning, Dammexplosion, Brand i dammlager, Samordning

Abstract

This master of thesis evaluates three methods for classification of areas where combustible dusts are or may be present. The methods have been applied to fictitious plant where chipboards are produced. Current European directives that concern combustible dusts are also evaluated. The aim of this report is to accomplish a guiding work methodology for handling of combustible dust in the process industry by using risk management. One of our conclusions is that system thinking risk management should be applied for the issue concerning combustible dusts in the process industry. Another conclusion is that the current European directives concerning combustible dusts should be revised so that regulations for gas aren't applied on combustible dusts.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet,
Lund 2008.

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

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

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

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

FÖRORD

Denna rapport är ett resultat av Fredrik Handelands och Martin Ljunggrens examensarbete som utgör avslutningen på studier vid studieprogrammet Riskhantering vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds tekniska högskola. Examensarbetet motsvarar heltidsstudier under en termin och motsvarar 30 högskolepoäng. Uppkomsten av idén till detta examensarbete kom efter diskussioner med företaget Brunicon AB i Vellinge vars verksamhet består av konsultation i brand- och explosionsfrågor.

Under arbetets fortskridande har Brunicon AB ställt upp med bra handledning, värdefull kunskap och information. Vi vill därför tacka Göran Jansson, Andreas Kråling och Ove Brunius för ett mycket bra samarbete. Vi vill också tacka vår handledare på Lunds Tekniska Högskola, Anders Jacobsson.

Vi vill tacka våra opponenter, Ivar Hamrin och Michael Strömgren, som kritiskt och tålmodigt granskat denna rapport och slutligen vill vi även tacka Emil Persson för korrekturläsning.

Skien, mars 2008

EXECUTIVE SUMMARY

Dust explosions may occur in the process industry when combustible dusts are handled. Both internationally and nationally, the statistics for dust explosions that have occurred are deficient and the estimated number of unknown cases is considered to be high. Experts claim that one dust explosion takes place every day in Europe.

At facilities within the European Union that handles combustible dusts the legislation is regulated by two directives. Directive 94/9/EC, composed 1994, treats the legislation concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres. This directive is commonly referred to as the ATEX 100a Directive. The other directive concerning explosive atmosphere, Directive 1999/92/EC, composed 1999, handles legislation considering minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres. Directive 1999/92/EC is frequently referred to Directive 137 or the "Worker Protection Directive". These two European directives are implemented in Swedish legislation by the Swedish Work Environment Authority, The Swedish National Electrical Safety Board and the Swedish Rescue Service Agency.

Standards have been generated in Europe and in the US for how explosive atmosphere due to combustible dusts should be handled. EN 61241-10 is a standard developed by the international standardization organization, IEC (International Electrotechnical Commission), and then later accommodated for European legislation by CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization). The standard comprises a work method for classifications of areas where combustible dusts are or may be present. The classification describes how frequently explosive atmosphere exists due to combustible dusts and the classification is divided into three different zones, zone 20, 21 and 22, depending on frequency. A specific areas classification is then setting demands for equipment that are going to be applied in the area.

The European legislation has received some criticism in literature concerning dust explosions. The criticism is mainly referring to that the legislation not considers the scientific facts regarding dust explosions. When comparing physical and chemical attributes between gas and dust there are several fundamental disparities and it is obvious that work methodology and ideas comes from knowledge considering gas.

Critics further find that a classification where combustible dusts are or may be present does not consider fire risks in a satisfying manner. Fire risks and not only risks for explosions should be considered in process facilities where combustible dusts are handled. Fire in dust layers could lead to severe consequences. Standard EN 61241-10 mentions fire risks in dust layers but not in an adequate magnitude. Legislations and standards do not have a corresponding classification for fire risks like the classification for explosion risks.

Current European directives and the harmonized European standard, EN 61241-10, open for subjective interpretations and different approaches. Because of that experience and knowledge are decisive for the result of classification. Differences in result can lead to undesirable consequences for a company where classification of areas where combustible dusts are or may be present is demanded by law. These consequences can be of financial art or feature themselves as lack in security.

It is important to differentiate classification of areas and risk assessment. The authors of this master's thesis believe that Standard EN 61241-10 is vague in this consideration and classifications of

areas only should be considered as a part of the risk identification phase and there for be complemented with a solid risk management work.

The purpose of this report is to evaluate current European harmonized standard (EN 61241-10), American standard (NFPA 499) and the consulting firm, Brunicon AB: s work methodology for classification of areas where combustible dusts are or may be present and then make a comparison between the methods. The purpose is also to elucidate risks that exist and what kind of problems interpretation of current legislation and European standard (EN 61241-10) could lead to.

The first aim of this master's thesis is to create a discussion which could lead to future changes considering how risk management and classification of areas is handled in the process industry where combustible dusts exist. The second aim is to develop a guiding work methodology for handling of combustible dusts.

To be able to create a guiding work methodology, literature regarding laws and standards were first studied as an introduction. Further studies considered scientific facts for dust explosions and fire in dust layers. Since classification of areas, according to the authors, is a part of the risk identification phase a fictitious plant, producing chipboards, was designed for the comparison between the three methods. The fictitious plant is designed by Göran Jansson with years of experience from the process industry where combustible dusts are handled. After application of European and American standard will Brunicon's method be applied. The authors will not obtain any information about Brunicon's method before applying European and American standard to ensure that the results from the different methods won't affect each other. The results will then be analyzed and lead up to a discussion regarding laws, standards and risk management concerning combustible dusts in the process industry.

The result of this master's thesis is a guiding work methodology for handling risk management in the process industry where combustible dusts exist. The methodology is a way for a more efficient risk management from a holistic view. The guide's purpose is to enhance and make the security work more effective for the single company. The methodology is not detailed but rather mentions what is relevant to observe when handling combustible dusts in the process industry.

The author's conclusion is that the handling of combustible dusts in the process industry is a complex and in many cases difficult to master. The knowledge about origination, dispersion and consequences of fire in dust layers and dust explosions is right now deficient. That two European directives, that today regulate the legislation in 27 European countries, do not consider the scientific facts that actually do exist is according to the authors of this master's thesis less suitable. Current directives should be revised to clarify the differences between gas and dust. Dust should be treated separately from gas so that requirements for equipment and safety rules regarding combustible dusts aren't equal with the demands and rules that are applied for gas.

SAMMANFATTNING

Inom processindustri där det förekommer explosionsfarlig atmosfär till följd av brännbart damm kan det inträffa dammexplosioner. Statistiken över inträffade dammexplosioner är bristfällig, både nationellt och internationellt, och mörkertalet antas vara stort. Experter uppskattar att det inträffar en dammexplosion dagligen i Europa.

Vid verksamheter där explosionsfarlig atmosfär kan förekomma regleras lagstiftning inom EU av två direktiv. Det första direktivet, direktiv 94/9/EG, vilket författades år 1994 behandlar lagstiftning om utrustning och säkerhetssystem som är avsedda för användning inom explosionsfarliga omgivningar. Detta direktiv går också under benämning ATEX 100a eller Produktdirektivet. Det andra direktivet, direktiv 1999/92/EG, är från år 1999 och berör minimikrav för förbättring av säkerhet och hälsa för arbetstagare som kan utsättas för fara orsakad av explosiv atmosfär. Andra benämningar för detta direktiv är ATEX 137 eller Användardirektivet. I Sverige implementeras ovanstående EU-direktiv genom föreskrifter från Arbetsmiljöverket, Elsäkerhetsverket och Räddningsverket.

I Europa och USA har det utvecklats standarder för hur explosiv atmosfär till följd av damm bör hanteras. Standard EN 61241–10 är en standard primärt utgivningen av det internationella standardiseringsorganet, IEC, som sedan vidareutvecklats av CENELEC (europeiskt standardiseringsorgan) för att anpassas till europeisk lagstiftning. Standarden omfattar tillvägagångssätt för zonklassificering av områden med möjlighet eller förekomst av explosiv dammatmosfär. En zonklassificering beskriver hur frekvent explosiv atmosfär är förekommande och delas in i tre olika zoner, zon 20, 21 och 22. Ett specifikt områdes zonklassificering ligger sedan till grund för krav på utrustning i detta område.

Den europeiska lagstiftningen har fått en del kritik i förekommande litteratur inom dammexplosionsområdet. Detta eftersom lagstiftningen inte har beaktat de vetenskapliga fakta som existerar. Vid en jämförelse av fysikaliska och kemiska egenskaper mellan gas och damm, finns det fundamentala olikheter och det framgår tydligt att rådande arbetsmetodik och idéer är hämtade från kunskap som behandlar gas.

Vidare anser kritiker att zonklassificering av brännbart eller explosivt damm inte behandlar risk för brand på ett tillfredsande sätt. Inom processindustrier där det förekommer brännbart damm borde även potentiell risk för brand beaktas och inte enbart explosionsrisk. Anledningen är att brand i dammlager utgör en risk som kan resultera i katastrofala konsekvenser. Standard EN 61241–10 nämner brandrisk i dammlager men med minimal omfattning. Lagstiftning och standarder har ingen motsvarande klassificering för områden gällande brandrisk.

Rådande EU-direktiv och den harmoniserade europeiska standarden, EN 61241–10, lämnar utrymme för subjektiva tolkningar och olika tillvägagångssätt. Detta innebär att erfarenhet och kunskap blir avgörande för resultatet av zonklassificering. Skillnader i resultat av zonklassificering kan innebära oönskade konsekvenser för den aktuella verksamheten där klassificering krävs enligt gällande lagstiftning. Konsekvenserna kan vara av både ekonomisk natur eller i form av brister i säkerheten hos företaget.

Det är viktigt att skilja på zonklassificering och riskbedömning. Författarna anser att Standard EN 61241–10 är otydlig i detta avseende och att utförd zonklassificering endast bör ses som en del av riskidentifieringen och skall därför kompletteras med ett gediget riskhanteringsarbete.

Syftet med denna rapport är att utvärdera nuvarande europeisk harmoniserad standard (EN 61241–10), amerikansk standard (NFPA 499), företagets Brunicons AB:s arbetsmetodik som behandlar zonklassificering av explosiv atmosfär till följd av brännbart damm och sedan göra en jämförelse mellan dessa tre. Syftet är också att rapporten skall försöka förtydliga risker som existerar och vilka problem som tolkning av gällande lagstiftning och europeisk standard (EN 61241–10) kan leda till.

Denna rapport har två mål. Det första målet är att skapa ett diskussionsunderlag som eventuellt kan ligga till grund för framtida förändringar när det gäller hur riskhantering och klassificering utförs inom industrin där explosionsfarlig miljö existerar till följd av damm. Det andra målet är att utveckla en generell vägledande arbetsmetodik för hantering av brännbart damm inom processindustrin.

För att uppnå målet med en generell vägledande arbetsmetodik genomförs inledningsvis en omfattande litteraturstudie av gällande lagar och standarder som omfattar zonklassificering av explosiv atmosfär till följd av brännbart damm. Vidare utförs en allmän studie av vetenskapliga fakta för dammexplosioner och bränder i damm. Eftersom zonklassificering, enligt författarna, är en del av riskhanteringsprocessens riskidentifiering konstrueras en fiktiv anläggning för att kunna jämföra standarder och Brunicon AB:s tillvägagångssätt för zonklassificering av explosiv dammatmosfär. Denna anläggning producerar spånplattor med trä som utgångsmaterial och är fullt möjlig i sitt utförande. Anläggningen är konstruerad av Göran Jansson (verksam vid Brunicon AB) med mångårig erfarenhet från processindustrin där brännbart damm hanteras. Efter det att författarna tillämpat europeisk standard (EN 61241–10) och amerikansk standard (NFPA 499) tillämpas Brunicon AB:s tillvägagångssätt för zonklassificering på den fiktiva anläggningen. Författarna erhåller inte någon information om Brunicons metodik innan amerikansk och europeisk standardmetod är tillämpad för att på det sättet inte påverka resultatet av de först utförda klassificeringarna. Efter att de olika tillvägagångssätten för zonklassificering applicerats på den fiktiva anläggningen genomförs en jämförelseanalys av erhållna resultat. Resultat av denna analys mynnar sedan ut i en diskussion om gällande lagar, standarder och riskhanteringsarbete. Författarna till detta examensarbete kommer slutligen att redogöra hur de anser att problematik med damm inom industrin bör angripas.

Resultatet av denna rapport är en generell vägledning som speglar författarnas idéer och slutsatser för en effektiv riskhantering ur ett helhetsperspektiv gällande brännbart damm inom processindustrin. Det primära syftet med vägledningen är att förbättra och effektivisera säkerhetsarbetet och höja säkerhetsnivån för den enskilda verksamheten. Vägledningen är inte detaljstyrd utan anger vad som är värt att beakta vid hantering av brännbart damm inom processindustrin.

Författarnas slutsats är att hantering av brännbart damm inom processindustrin är ett komplext och i många fall svårbemästrat förfarande. Kunskapen om uppkomst, spridning och konsekvenser av bränder och explosioner till följd av damm är i dagsläget otillräcklig. Att två EU-direktiv, som i skrivande stund styr lagstiftning i Europeiska Unionens samtliga 27 medlemsländer, ej beaktar de vetenskapliga fakta som faktiskt existerar anser författarna till denna rapport vara mindre lämpligt. Nuvarande direktiv borde revideras för att tydliggöra skillnaderna mellan gas och damm. Damm borde behandlas helt separat så utrustningskrav och säkerhetsregler för brännbart damm inte likställs med de krav och regler som gäller för gas.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<u>1</u>	<u>INLEDNING</u>	1
1.1	BAKGRUND.....	1
1.2	SYFTE	2
1.3	MÅL.....	2
1.4	MÅLGRUPP.....	2
1.5	AVGRÄNSNINGAR	2
1.6	PROBLEMSTÄLLNINGAR.....	2
1.7	DEFINITIONER	3
<u>2</u>	<u>METOD</u>	5
2.1	ÖVERGRIPANDE TILLVÄGAGÅNGSSÄTT.....	5
2.2	FÖRKLARING OCH MOTIVERING TILL DENNA RAPPORTS ENSKILDA KAPITEL	5
<u>3</u>	<u>DAMMEXPLOSION</u>	9
3.1	FENOMENET DAMMEXPLOSION.....	9
3.2	MATERIAL SOM KAN ORSAKA DAMMEXPLOSION	10
3.3	FAKTORER SOM PÅVERKAR DAMMEXPLOSION.....	10
3.4	TÄNDKÄLLOR	14
3.5	SEKUNDÄRA DAMMEXPLOSIONER	15
3.6	HISTORISKA HÄNDELSER	15
3.7	ÅTGÄRDER	17
<u>4</u>	<u>BRAND</u>	21
4.1	BRANDFÖRLOPP	21
4.2	EXPERIMENTELLA STUDIER AV TRÄDAMM	22
4.3	ÖVERTÄNDNING	23
4.4	BACKDRAFT	24
4.5	BRANDGASEXPLOSION	24
<u>5</u>	<u>KONSEKVENSER AV EXPLOSION</u>	25
<u>6</u>	<u>LAGSTIFTNING</u>	27
6.1	DIREKTIV 1999/92/EG	27
6.2	DIREKTIV 94/9/EG.....	28
6.2.1	CE-MÄRKNING.....	28
6.3	EX-KLASSIFICERAD UTRUSTNING.....	29

6.4	AFS 2003:3 ARBETE I EXPLOSIONSFARLIG MILJÖ	30
6.4.1	RISKBEDÖMNING.....	31
6.4.2	ZONKLASSIFICERING	31
6.4.3	EXPLOSIONSSKYDDSDOKUMENT	31
6.5	SRVFS 2004:7 EXPLOSIONSFARLIG MILJÖ VID HANTERING AV BRANDFARLIGA GASER OCH VÄTSKOR.....	32
6.6	ELSÄK-FS 1995:6 ELEKTRISKA UTRUSTNINGAR FÖR EXPLOSIONSFARLIG MILJÖ.....	32
6.7	AFS 1995:5 UTRUSTNINGAR FÖR EXPLOSIONSFARLIG MILJÖ.....	33
<u>7</u>	<u>STANDARDSER</u>	<u>35</u>
7.1	INTERNATIONELL STANDARD	35
7.2	EUROPEISK STANDARD.....	36
7.3	SVENSK STANDARD.....	36
<u>8</u>	<u>RISKHANTERINGSPROCESSEN.....</u>	<u>37</u>
8.1	FÖRETAG OCH RISKHANTERING	37
8.2	RISK	38
8.3	OÖNSKAD HÄNDELSE	38
8.4	MODELL FÖR RISKHANTERING	41
8.5	RISKANALYS.....	42
8.5.1	RISKANALYSMETODER.....	42
8.5.2	DEFINIERA MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR.....	43
8.5.3	RISKIDENTIFIERING.....	44
8.5.4	BEDÖMNING AV SANNOLIKHET OCH KONSEKVENSS	46
8.5.5	HANTERING AV OSÄKERHET I RISKANALYS.....	46
8.5.6	RISKANALYSERS KVALITET	47
8.6	RISKVÄRDERING	48
8.6.1	RISKKRITERIER.....	48
8.6.2	KOSTNADS-NYTTAANALYS.....	49
8.7	RISKKONTROLL/REDUKTION.....	50
8.7.1	PRESENTATION AV RISK	51
8.7.2	BESLUTFATTANDE	51
8.7.3	IMPLEMENTERING.....	52
8.7.4	ÖVERVAKNING.....	52
8.7.5	DOKUMENTATION	53
8.8	LEDNINGSSYSTEM	53
8.8.1	LÄRANDE ORGANISATION	54
<u>9</u>	<u>RISKHANTERING OCH BRÄNNBART DAMM.....</u>	<u>57</u>
9.1	DAMM OCH GAS.....	57
9.2	SANNOLIKHETSBEDÖMNING.....	58
9.3	KONSEKVENSS	58

10	ZONKLASSIFICERING – TRE OLIKA METODIKER	61
10.1	ZONKLASSIFICERING – EN DEL AV RISKIDENTIFIERINGEN	61
10.2	BESKRIVNING AV ZONKLASSIFICERING ENLIGT EUROPEISK STANDARD	61
10.2.1	AVGRÄNSNINGAR	61
10.2.2	METOD	61
10.3	ZONKLASSIFICERING AV BRÄNNBART DAMM ENLIGT AMERIKANSK STANDARD	62
10.3.1	STEG 1 – BEHOV AV KLASNING	63
10.3.2	STEG 2 – SAMLA INFORMATION	63
10.3.3	STEG 3 – VÄLJ LÄMPLIGT KLASIFICERINGSDIAGRAM	64
10.3.4	STEG 4 – BESTÄM UTSTRÄCKNING AV KLASIFICERAD ZON	64
10.4	KLASIFICERING AV BRÄNNBART DAMM ENLIGT BRUNICON AB:S TILLÄMPNINGSMETODIK	64
10.4.1	IDENTIFIERA MATERIALETS EGENSKAPER	65
10.4.2	IDENTIFIERA BRÄNNBART DAMM	65
10.4.3	KLASIFICERING AV PROCESSDELSTEG	65
10.4.4	ZONENS UTSTRÄCKNING	66
11	ÖVERGRIPANDE JÄMFÖRELSE MELLAN ZONKLASSIFICERINGSMETODIKERNA	67
11.1	SKILLNADER OCH LIKHETER	67
11.1.1	SYN PÅ DAMMLAGER	67
11.1.2	SEKUNDÄRA DAMMEXPLOSIONER	67
11.1.3	HYBRIDBLANDNINGAR	68
11.1.4	EN ZONS UTSTRÄCKNING	68
11.1.5	VÄDERFÖRHÅLLANDE	68
11.1.6	STÄDNING	68
11.1.7	DOKUMENTATION	68
11.2	RESULTATSAMMANSTÄLLNING	69
12	ANALYS AV RESULTAT FRÅN ZONKLASSIFICERINGSJÄMFÖRELSE	71
12.1	KONSEKVENSER AV ANVÄND METODIK VID ZONKLASSIFICERING	71
12.1.1	EUROPEISK STANDARD EN 61241-10	71
12.1.2	AMERIKANSK STANDARD NFPA 499	72
12.1.3	BRUNICONS TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	72
12.1.4	FÖRHÅLLET MELLAN SÄKERHET OCH KOSTNAD	72
13	DISKUSSION	77
13.1	RISKHANTERING UR ETT HELHETSPERSPEKTIV	77
13.2	BRÄNNBART DAMM OCH RISKHANTERING – ETT ORGANISATORISKT PROBLEM	77
13.2.1	VIKTEN AV STÄDNING	78
13.2.2	UTBILDNING	79
13.2.3	FELAKTIG RISKPERCEPTION	79

13.3	BRAND OCH EXPLOSION UTESLUTER INTE VARANDRA.....	80
13.4	VARFÖR GEMENSAMMA DIREKTIV FÖR GAS OCH DAMM?.....	80
13.5	ZONKLASSIFICERING AV EXPLOSIV ATMOSFÄR	81
13.6	VÄGLEDNING FÖR RISKHANTERING	82
14	<u>SLUTSATSER.....</u>	83
14.1	FRAMTIDEN	83
15	<u>REFERENSER</u>	85
15.1	LAGAR	88
15.2	INTERNET	89
	<u>BILAGA A – VÄGLEDANDE METODIK FÖR RISKHANTERING</u>	91
	<u>BILAGA B – BESKRIVNING AV FIKTIV ANLÄGGNING</u>	113
	<u>BILAGA C – ZONKLASSIFICERING AV FIKTIV ANLÄGGNING</u>	119

1 INLEDNING

Detta kapitel tar upp examensarbetets bakgrund, syfte, mål, målgrupp, avgränsningar, problemställningar samt definitioner.

1.1 Bakgrund

I Europa inträffar det uppskattningsvis en dammexplosion per dag (Øresund Safety Advisers AB, 2007). Europeiska Unionen har infört två direktiv som behandlar problematik kring explosiva miljöer. Dessa EU-direktiv som ofta benämns som ATEX-direktiven, behandlar alla former av explosiva miljöer, allt från gas till damm. När samma lagstiftning gäller för två så olika element som gas och damm, uppstår det problem vid praktisk hantering av explosiv atmosfär inom processindustri. Enligt Eckhoff (2003) har det första ATEX-direktivet, som gavs ut år 1994, till största del baserats på referenser till explosioner av gas- och ångmoln. Lite hänsyn, om någon alls, har tagits till de egenskaper som berör dammlager och dammoln.

I Europa och USA finns det standarder för hur explosiv atmosfär till följd av damm bör behandlas. Standard EN 61241–10 (Svensk Elstandard, 2004) är en standard primärt utgiven av det internationella standardiseringsorganet, IEC, som sedan vidareutvecklats av CENELEC (europeiskt standardiseringsorgan) för att anpassas till europeisk lagstiftning. Standarden omfattar tillvägagångssätt för zonklassificering av explosiv dammatmosfär. Zonklassificeringen ligger sedan till grund för krav på utrustning i dessa områden. En zonklassificering beskriver hur frekvent explosiv atmosfär förekommer och delas in tre olika zoner, zon 20, 21 och 22. Där det ständigt existerar explosiv dammatmosfär, föreligger zon 20. I zon 21 kan det existera explosiv dammatmosfär under normala förhållanden medan zon 22 innebär att explosiv atmosfär till följd av damm är än mindre troligt. Motsvarande standard i USA (NFPA 499) som berör zonklassificering av explosiv dammatmosfär är utgiven av National Fire Protection Association (NFPA).

När klassificering av brännbart eller explosivt damm genomförs behandlas inte alltid risken för brand på ett tillfredsällande sätt. Eckhoff (2003) förklarar att dammlager borde betraktas som en potentiell risk för brand och inte bara ses som en möjlig explosionsfara. Standard EN 61241–10 ser dammlager som upphov till tre olika risker, antingen en tändkälla för externa, explosiva dammoln, eller som en möjlig källa för sekundära explosioner eller ett dammlager som kan virvlas upp och därefter antändas.

Brunicon AB är ett konsultföretag inom riskhantering som bland mycket annat har specialiserat sig på dammexplosioner och problematik kring brännbart damm och anser i samklang med Eckhoff att damm bör ses ur ett helhetsperspektiv och omfatta såväl explosions- som brandrisker. Företaget har utvecklat en egen metodik för att hantera riskerna med damm som bland annat baseras på stor erfarenhet och kunskap. Brunicon har under åren fått kontakt med företag inom processindustrin där zonklassificeringar genomförts av andra konsulter på ett överdrivet konservativt sätt. Brunicon har därför haft önskemål om att ett examensarbete inom området skall titta närmare på problematiken. Beroende på vem eller vilka som genomför zonklassificeringar för explosiv dammatmosfär kan resultatet bli varierande. Skillnader i zonklassificering kan resultera i oönskade konsekvenser samt opraktiska och försvärade arbetssituationer för det aktuella företaget där klassificering krävs enligt gällande lagstiftning. Konsekvenserna kan vara av både ekonomisk natur eller i form av brister i säkerheten hos företaget.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att utvärdera nuvarande europeisk harmoniserad standard (EN 61241–10), amerikansk standard (NFPA 499), företagets Brunicons AB:s arbetsmetodik som behandlar zonklassificering av explosiv atmosfär till följd av brännbart damm och sedan göra en jämförelse mellan dessa tre. Syftet är också att rapporten skall försöka förtydliga risker som existerar och vilka problem som tolkning av gällande lagstiftning och europeisk standard (EN 61241–10) kan leda till.

1.3 Mål

Denna rapport har två mål. Det första målet är att skapa ett diskussionsunderlag som kan ligga till grund för framtida förändringar när det gäller hur riskhantering och klassificering utförs inom industrin där explosionsfarlig miljö existerar till följd av damm. Det andra målet är att utveckla en generell vägledande arbetsmetodik för hantering av brännbart damm inom processindustrin.

1.4 Målgrupp

Arbetet riktar sig framför allt till branschfolk och konsulter som kommer i kontakt med zonklassificering av explosiva dammiljöer. Ytterligare en målgrupp är studenter på Brandingenjörs- eller Civilingenjörsprogrammet för riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola.

1.5 Avgränsningar

Detta examensarbete skall motsvara 20 veckors heltidsstudier för två studenter, vilket har resulterat i vissa oönskade avgränsningar. Ingen total riskhanteringsprocess genomförs på den fiktiva anläggning som senare presenteras utan fokus ligger på den zonklassificering som är en del av riskidentifieringen. De risker med damm som beaktas berör explosion och brand samt dess konsekvenser för människa och egendom. Miljö- och hälsorisker har helt lämnats utanför detta examensarbete. Amerikansk lagstiftning beaktas ej i denna rapport trots att amerikansk standard (NFPA 499) finns med. Anledningen till detta är att rapporten riktar sig mot europeisk processindustri som faller under direktiv från Europeiska Unionen. Den generella vägledande arbetsmetodik som presenteras i denna rapport har ej, på grund begränsad tid, praktiskt tillämpats på någon verksamhet utan endast diskuterats med erfarna personer inom området.

1.6 Problemställningar

- Produktdirektivet, 94/9/EG, och Användardirektivet, 1999/92/EG, gäller för gas, ånga, dimma och damm. Är det lämpligt att ha samma regler och lagar för damm som gas när damm och gas har tydliga fysikaliska och kemiska olikheter? Vad blir konsekvensen av en sådan allians?
- Enligt gällande lagstiftning skall zonklassificering för explosiv dammatmosfär genomföras enligt harmoniserad europeisk standard (EN 61241–10) eller med metod som ger minst motsvarande skyddsnivå. Vilka skillnader och likheter har europeisk standard jämfört med företaget Brunicons zonklassificeringsmetodik och amerikansk klassificeringsstandard (NFPA 499)? Vilka fördelar respektive nackdelar erbjuder de olika metodikerna?
- Risker med brännbart damm inom processindustrin omfattar inte bara explosionsrisker utan även brandrisker. Utesluter brand explosion eller omvänt? Existerar det orsakssamband mel-

lan risker med brand och risker för explosioner när det gäller hantering av brännbart damm inom processindustrin?

- Hur bör problematik med brännbart damm hanteras inom processindustrin? Hur bör riskhanteringsarbete utformas och vilka övriga parametrar är viktiga att beakta när brännbart damm hanteras?

1.7 Definitioner

Damm – Små fasta partiklar inklusive fibrer och flingor i atmosfären som faller ut av egen tyngd, men som under viss tid kan förbli svävande i luft. (Svensk Elstandard, 2004)

Explosion – En plötslig expansion av materia till en mycket större volym än den ursprungliga (Nationalencyklopedin, 2007). Explosion brukar delas upp efter förbränningshastigheten i deflagration och detonation. (AFS 2003:3)

Deflagration – Deflagration innebär att förbränningsreaktionen sprider sig med underljudshastighet i det medium där explosionen äger rum, för luft cirka 300 m/s. Flamhastigheten och tryckstegringen fortplantar sig lika i alla riktningar vid en deflagration. (AFS 2003:3)

Detonation – Vid flamhastigheter i närheten av ljudhastigheten i gasblandningen blir gasströmningen instabil och övergår i ett seriekollisionsförlopp där hastigheten är högre än ljudhastigheten. Då har deflagrationen övergått till detonation. (AFS 2003:3)

Dammexplosion – reaktion mellan en blandning av finfördelat fast material (damm) och luftens syre. (Frantzich & Holmstedt, 2003)

Explosiv atmosfär – Blandning av gas/gaser med annan gas, ånga, aerosol eller damm i vilken en hastig exoterm kemisk reaktion med eller utan påtaglig tryckvåg efter antändning sprider sig till hela eller större delen av den oförbrända blandningen. (AFS 2003:3)

Explosionsfarlig miljö – Ett område där explosiv atmosfär kan förekomma samt intilliggande områden i vilka arbetstagare kan utsättas för fara orsakad av den explosiva atmosfären. (AFS 2003:3)

Zon 20, 21, 22 – Områden där explosiv atmosfär bestående av brännbart damm kan förekomma och klassificeras i zoner efter hur ofta explosiv atmosfär uppstår och hur länge denna varar. (AFS 2003:3)

Övertändning – "Under en rumsbrand kan det inträffa ett stadium där den termiska strålningen från branden, de varma gaserna och de varma väggarna orsakar att allting i brandrummet pyrolyseras. Detta plötsliga och sammanhängande övergångsstadium av ökande brand kallas "övertändning". (Chitty, 1994)

Backdraft – "Begränsad ventilation kan leda till att en brand producerar brandgaser som innehåller stora mängder oförbrända gaser. Om dessa samlas, kan tillförseln av luft till brandrummet, när en öppning görs, leda till en deflagration som sprider sig genom rummet och ut genom öppningen. Denna deflagration kallas "backdraft". (Chitty, 1994)

Brandgasexplosion – "När brandgaserna läcker in i utrymmen angränsande till brandrummet kan de blandas mycket väl med luften. Denna blandning kan fylla ut hela volymen och ligga inom brännbarhetsområdet. Om blandningen antänds, av t.ex. en gnista från ett lysrör, kommer tryckökningen att

bli mycket kraftig. Detta kallas brandgasexplosion. Det är sällsynt att brandgasexplosioner inträffar i brandrummet.” (Bengtsson & Karlsson, 1997)

Hantering – Tillverkning, bearbetning, behandling, förpackning, förvaring, transport, användning, omhändertagande, destruktion, konvertering eller liknande. (AFS 2003:3)

Reliabilitet – anger tillförlitlighet hos användbarhet och användbarhet av ett mätinstrument och en måttenhet. (Ejvegård, 2003)

Validitet – med validitet avses om det som verkligen mäts är det som är avsikten med mätningen. Validitetsprovning är svårare än reliabilitetsprovning. Trots en hög reliabilitet kan ändå validitet saknas. (Ejvegård, 2003)

MIT – (Minimum Ignition Temperature), lägsta temperatur (C°) som krävs för att antända en explosiv atmosfär (dammoln) eller ett dammlager.

MIE – (Minimum Ignition Energy), minsta energi som krävs för att antända en explosiv atmosfär (dammoln) eller ett dammlager.

LEL – (Lowest Explosion Level) Nedre explosionsgränsen. Minsta koncentration som krävs för att bilda en explosiv atmosfär som kan antändas. För damm varierar den kraftigt, cirka 50 till 1500 gram per kubikmeter. (Frantzich & Holmstedt, 2003).

K_{St}-värde – Experimentellt bestämd konstant, där (St = damm) och $dp/dt = K_{St}/(V)^{1/3}$. (AFS 2003:3)

ATEX – *Atmosphères Explosibles*. En blandning under atmosfäriska förhållanden av luft och brännbara ämnen i form av gas, ånga, dimma eller damm, i vilken förbränningen efter antändning sprider sig till hela den oförbrända blandningen. (ELSÄK-FS 1995:6, AFS 1995:5)

ISO – *International Organization for Standardization*. ISO utarbetar globala standarder inom alla områden förutom telekommunikation och elteknik. (International Organization for Standardization, 2007)

IEC – *International Electrotechnical Commission*. IEC utarbetar globala standarder inom elområdet. (International Electrotechnical Commission, 2007)

CEN – *Comité Européen de Normalisation*. Utarbetar europastandarder för områden som inte täcks av CENELEC eller ETSI som behandlar standarder inom telekommunikation. (European Committee for Standardization, 2007)

CENELEC – *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*. Ett europeisk standardiseringsorgan som utarbetar standarder inom elområdet. (European Committee for Electrotechnical Standardization, 2007)

SIS – *Swedish Standards Institute*. Svenskt standardiseringsorgan som behandlar standarder inom det icke-elektriska området. SIS är medlem och svensk representant i ISO och CEN. (Swedish Standards Institute, 2007)

SEK – *Svensk Elstandard*. Utarbetar och bevakar standardisering inom elområdet. SEK är svensk medlem i IEC och CENELEC. (Svensk Elstandard, 2007)

SS-EN – Europeisk standard fastställd som svensk standard. (Swedish Standards Institute, 2007)

2 METOD

I detta kapitel redogörs övergripande den arbetsmetodik som ligger till grund för denna rapport. Vidare förklaras och motiveras rapportens enskilda kapitel. Varje enskilt kapitel i denna rapport ligger till grund för den utarbetade vägledningen för hantering av risker med brännbart damm inom processindustri.

2.1 Övergripande tillvägagångssätt

Inledningsvis genomförs en omfattande litteraturstudie av gällande lagar och standarder som omfattar zonklassificering av explosiv atmosfär till följd av brännbart damm. Vidare utförs en allmän studie av dammexplosioner och bränder i damm. Zonklassificering är en del av riskidentifiering och för att kunna jämföra olika standarder, när det gäller zonklassificering av explosiv dammatmosfär, konstrueras en fiktiv anläggning. Denna anläggning producerar spånplattor med trä som utgångsmaterial och är fullt möjlig i sitt utförande. Processteg i anläggningen som inte är väsentliga för en zonklassificering kommer att utelämnas. Efter det att författarna tillämpat europeisk (EN 61241–10) och amerikansk standard (NFPA 499) tillämpas Brunicon AB:s tillvägagångssätt för zonklassificering på den fiktiva anläggningen. Författarna kommer inte att erhålla någon information om Brunicon AB:s metodik innan amerikansk och europeisk standardmetod är genomförd för att på det sättet inte påverka de först utförda klassificeringarnas resultat.

Efter att de olika tillvägagångssätten för zonklassificering applicerats på den fiktiva anläggningen genomförs en jämförelseanalys av erhållna resultat. Resultat av denna analys mynnar sedan ut i en diskussion om gällande lagar och standarder. Författarna till detta examensarbete kommer slutligen att redogöra hur de anser att problematik med damm inom industrin bör angripas.

2.2 Förklaring och motivering till denna rapports enskilda kapitel

För att tydliggöra upplägget av denna rapport förklaras och motiveras enskilda kapitel nedan.

Kapitel 3 - Dammexplosion

I det inledande kapitlet om dammexplosion förklaras grundläggande fenomenet dammexplosion och vilka parametrar som är av betydelse för att en dammexplosion skall inträffa.

Kapitel 4 - Brand

En av riskerna med dammlager inom industrin är risken för brand i dammlager. I detta kapitel ges en förklaring till olika typer av brandförlopp som kan inträffa. Explosioner kan även inträffa till följd av brand.

Kapitel 5 - Konsekvens av explosion

Beskrivning av konsekvenser på grund av tryckökning till följd av damm- eller brandgasexplosioner.

Kapitel 6 - Lagstiftning

Två EU-direktiv styr lagstiftningen när det gäller dammexplosioner. Ett direktiv vänder sig till tillverkare och behandlar krav på produkter som förekommer i explosiv atmosfär. Detta direktiv, 94/9/EG, kallas följaktligen Produktdirektivet. Det andra direktivet, direktiv 1999/92/EG eller Användardirektivet, beskriver de minimikrav arbetsgivare ställs inför när det gäller explosionsfarlig miljö. För att få en tydlig bild över gällande lagstiftning beskrivs de två EU-direktiven och svensk lagstiftning, i vilken direktiven finns implementerade.

Kapitel 7 - Standarder

För att uppfylla gällande lagstiftning har Europeiska kommissionen gett standardiseringsorgan i uppdrag att ta fram harmoniserade standarder. Europa standard EN-61241–10 är en harmoniserad standard och utgör en viktig del av denna rapport eftersom denna berör zonklassificering av explosiv dammatmosfär.

Kapitel 8 - Riskhanteringsprocessen

Riskhantering är ett viktigt verktyg för att kunna hantera problematiken med brännbart damm inom industrin. Riskhantering består av flera moment och syftet med detta kapitel är att förklara vilka bitar av riskhanteringen som är viktiga att beakta vid förekomst av brännbart damm inom industrin. Följaktligen förklaras i detta kapitel uppkomst av oönskade händelser, riskhanteringsprocessens moment, problematik som generellt existerar och vad som bör beaktas. Koppling mellan ledningssystem, lärande organisation och riskhantering samt en generell beskrivning av riskhanteringsprocessen skildras även det.

Syftet med de moment som tas upp i detta kapitel är att dessa moment skall ligga till grund för den vägledande metodik som finns beskriven i bilaga A.

Kapitel 9 - Riskhantering och brännbart damm

I detta kapitel beskrivs problematik som existerar när det gäller riskhantering av brännbart damm inom processindustri.

Kapitel 10 - Zonklassificering – tre olika metodiker

Zonklassificering är en del av riskidentifieringen, vilken utgör en grund för riskhanteringsprocessen. I detta kapitel förklaras tre olika metodiker som används för att zonklassificera områden med explosiva dammiljöer. Standard EN 61241–10 är en europeisk standard som är utgiven av CENELEC och är ett vanligt arbetsredskap inom europeisk processindustri där explosiva dammiljöer existerar. Standard NFPA 499 är gällande amerikansk standard för zonklassificering och motsvarar den europeiska standarden. Den tredje metodiken för zonklassificering är utvecklad av företaget Brunicon AB. Deras tillämpningsmetodik uppfyller, precis som standard EN 61241–10, europeisk lagstiftning gällande zonklassificering. NFPA 499 är endast med i denna rapport som en referens och något att jämföra de två övriga metodikerna med.

Kapitel 11 - Övergripande jämförelse mellan zonklassificeringsmetodikerna

När de tre olika metodikerna för zonklassificering har tillämpats på den fiktiva anläggningen följer en jämförelse av metodikernas erhållna resultat. Resultat från denna jämförelse sammanställs sedan i en tabellform.

Kapitel 12 - Analys av resultat från zonklassificeringsjämförelse

I följande kapitel analyseras de resultat som framkom i föregående kapitel, övergripande jämförelse mellan zonklassificeringsmetodikerna.

Kapitel 13 - Diskussion

I detta kapitel förs en friare diskussion angående denna rapportens problemställningar och övriga väsentligheter som framkommit under arbetets gång.

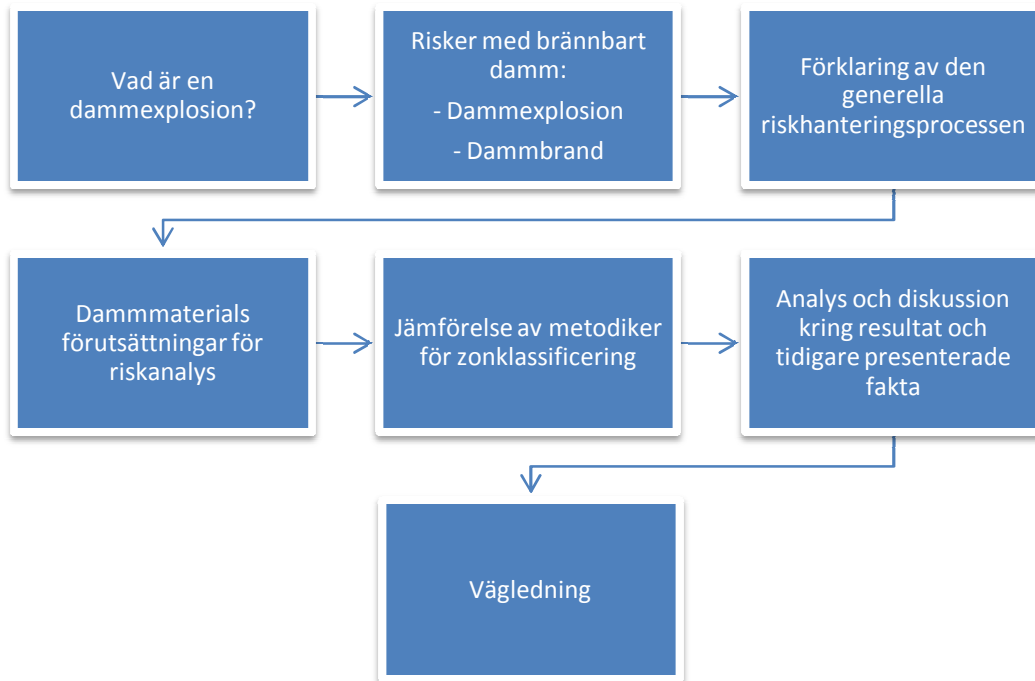
Kapitel 14 - Slutsatser

I detta kapitel följer en kortare sammanställning av denna rapports slutsatser. Det beskrivs även vad författarna till denna rapport anser vara önskvärdt i framtiden.

Bilaga A - Generell vägledande arbetsmetodik

Slutligen tar författarna till denna rapport fram en generell vägledande arbetsmetodik för att hantera problematik med brännbart damm inom processindustri ur ett helhetsperspektiv.

I Figur 2-1 illustreras en övergripande disposition för denna rapport.



Figur 2-1. Övergripande disposition för denna rapport.

3 DAMMEXPLOSION

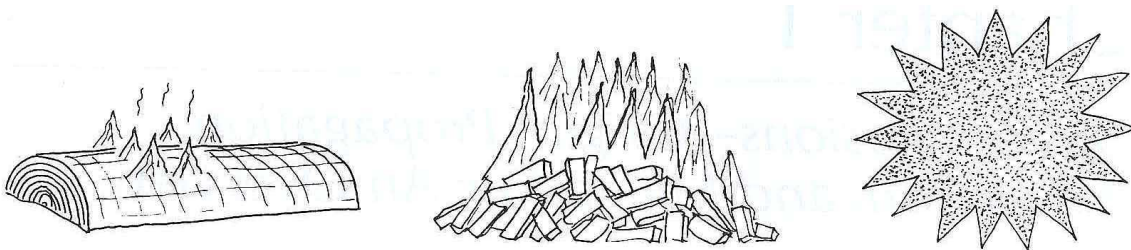
Detta kapitel förklarar vad fenomenet dammexplosion innebär, vad som krävs för att dammexplosion skall kunna inträffa och vad konsekvenser av dammexplosion kan vara samt historiska händelser där dammexplosioner inträffat. Det beskrivs även vilka åtgärder som kan vara aktuella för att förhindra en dammexplosion.

Till att börja med är det lämpligt att dela upp ordet dammexplosion i damm och explosion. Enligt British Standards (BS2955, 1958) är stoft partiklar med en storlek på mindre än 1000 mikrometer. Damm definieras som partiklar med en diameter på mindre än 76 mikrometer. National Fire Protection Association i USA definierar damm som finfördelade fasta partiklar med en diameter på mindre än 420 mikrometer (NFPA 68, 2002). Då dessa definitioner från BS 2955 och NFPA 68 avviker relativt mycket från varandra kan det vara bättre att använda sig av en något bredare definition. Palmer specificerar sig inte lika noggrant utan beskriver damm som partiklar mindre än 1000 mikrometer (Palmer, 1973). Ytterligare en definition kommer från ISO (International Standard Organization) där damm beskrivs som små fasta partiklar inklusive fibrer och flingor i atmosfären som faller ut av egen tyngd, men som under viss tid kan förbli svävande i luft (Svensk Elstandard, 2004).

Nationalencyklopedin (Nationalencyklopedin, 2007) definierar ordet explosion som "En plötslig expansion av materia till en mycket större volym än den ursprungliga". Ordet explosion betyder snabb utströmning från en punkt. Ex på latin innebär riktning från en punkt medan plosion är grekiska och betyder snabb utströmning. Vid en explosion är det gaser som strömmar ut. När det gäller dammexplosioner är det en snabb kemisk reaktion som ligger till grund för explosion. (Stefan Lamnevik, IPS)

3.1 Fenomenet dammexplosion

Frantzich & Holmstedt (2003) definierar dammexplosion som en reaktion mellan en blandning av finfördelat fast material (damm) och luftens syre. Att förtydliga vad en dammexplosion är, görs enklast med att beskriva hur ett fast ämne som kan brinna, brinner snabbare och snabbare ju mer fördelat ämnet är.

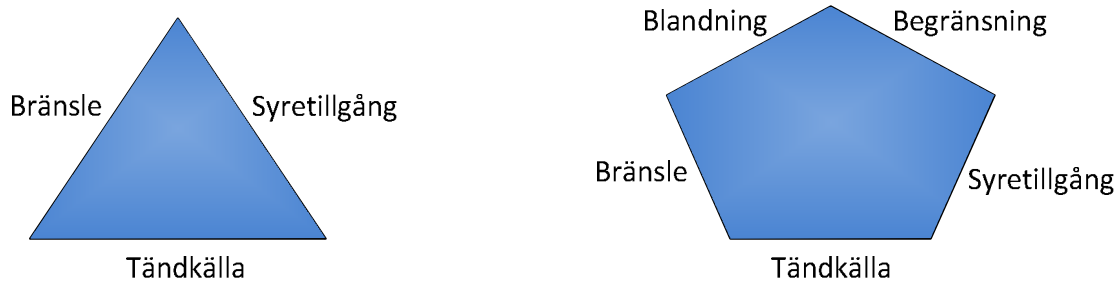


Figur 3-1. Till vänster visas ett exempel på långsamförbränning (Figur A), i mitten exemplifieras snabb förbränning (Figur B) och till höger visas ett exempel på explosion (Figur C). (Eckhoff, 2003, s. 2)

I figur A visas en träbit som brinner med långsam förbränning och värme frigörs under en längre tid. Delas träbiten upp i mindre fraktioner ökar förbränningshastigheten eftersom träbitens totala yta i kontakt med luft har blivit betydligt större. Finfördelas träbiten ytterligare så att dess partikelstorlek är 0,1 millimeter eller mindre och partiklarna rör sig i en tillräckligt stor luftvolym, kommer förbränningshastigheten bli oerhört hög. Den energi som krävs för att antända dammolnet är samtidigt låg. Ett sådant brinnande dammoln skapar en dammexplosion. (Eckhoff, 2003)

3.2 Material som kan orsaka dammexplosion

För att det skall ske en dammexplosion måste det finnas syre närvarande. I vissa specialfall kan dock metaller reagera exotermt med kväve eller koldioxid. För att brand skall uppstå krävs det att den så kallade brandtriangelns alla parametrar (se Figur 3-2) uppfylls. För dammexplosioner fordras ytterligare två parametrar. Med utgång från brandtriangel har en explosionspentagon (se Figur 3-2) konstruerats.



Figur 3-2. De parametrar som krävs för att generera en brand respektive en dammexplosion. Figuren till vänster kallas brandtriangeln och figuren till höger kallas explosionspentagonen. För att en explosion skall ske måste förutom de tre parametrarna som även krävs för brand ytterligare två parametrar uppfyllas. Blandning innebär att dammet måste virvlas upp och blanda sig med luft. Begränsning betyder att koncentrationen av damm måste befinna sig inom explosionsgränserna för att explosion skall ske. (Amyotte et al, 2003, s. 37)

Material och substanser som kan ge upphov till dammexplosioner är (Eckhoff, 2003):

- Naturliga, organiska material (exempelvis spannmål, lin, socker)
- Syntetiska, organiska material (exempelvis plaster, organiska pigment, pesticider)
- Kol och torv
- Metaller (exempelvis aluminium, magnesium, zink, järn)

3.3 Faktorer som påverkar dammexplosion

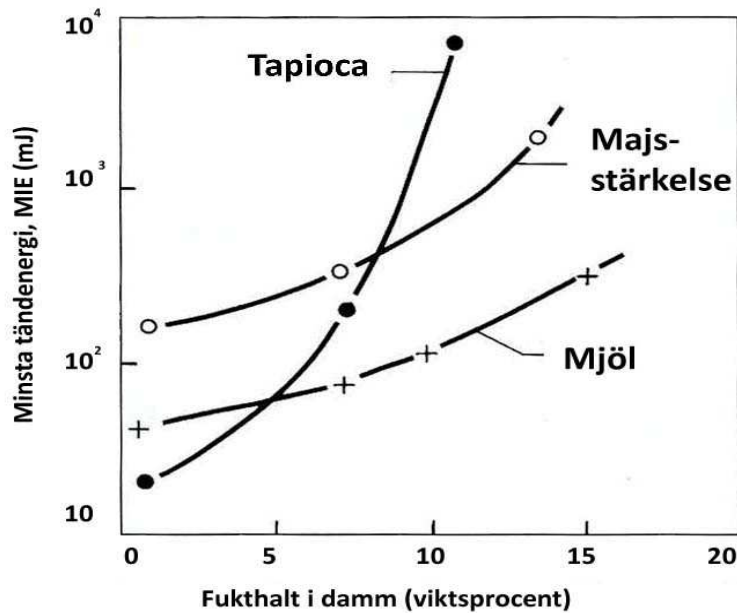
Flera faktorer påverkar ett dammolns antändlighet och explosionsintensitet. De huvudsakliga faktorerna är (Eckhoff, 2003):

- Partikelstorlek (diameter)
- Dammolnets kemiska sammansättning, inklusive dess fukthalt.
- Koncentration (gram per kubikmeter)
- Turbulens
- Initial temperatur (Celsius)
- Initialt tryck (pascal)
- Hybridblandning
- Syrenivå (procentandel)

Partikelstorlek beskrivs av den mesta litteraturen som den viktigaste faktorn när det gäller dammolnets antändlighet och explosionsintensitet. När damm blir mer finfördelat kommer ett dammolns specifika yta som är i kontakt med luft, eller rättare sagt syre, att öka. En exakt siffra på när partiklarna är tillräckligt små för att ingå i en dammexplosion är svårt att ange. Litteraturen ger olika siffror och den mest förekommande, vilket också är en av de större siffrorna, är 0,4 millimeter i diameter. För mycket finfördelat damm är den tändenergi som krävs konstant och när partikeldiametern blir

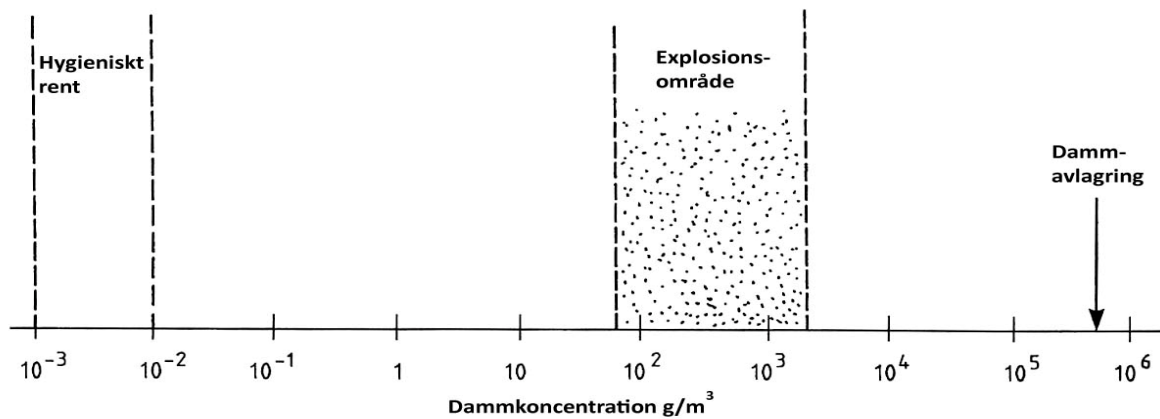
större än 30 mikrometer krävs det högre tändenergi. Tändenergin fortsätter att öka tills dammpartiklarna når en diameter där antändning inte längre är möjlig. (Cashdollar, 2000)

Damm kan utgöras av en stor mängd olika fasta ämnen. Detta innebär också att egenskaperna hos dammoln och dammlager blir annorlunda beroende på vilket ämne som damm består av. Damms egenskaper påverkas även av dess fukthalt. Fukthalten spelar en stor roll när det gäller antändlighet och explosionsintensitet. I Figur 3-3 nedan syns tydligt hur antändningsenergin ökar med fukthalten i damm. (Eckhoff, 2003)



Figur 3-3. Tre olika dammtyper där sambandet mellan fukthalt och minsta tändenergi visas. (Eckhoff, 2003, s. 28)

Ett dammoln kan bara explodera om koncentrationen av damm i luft befinner sig mellan vissa gränser. Lägsta dammkoncentration som normalt krävs för explosiv atmosfär är 50 till 100 gram per kubikmeter och dammolnet exploderar inte om koncentrationen av damm överstiger två till tre kilogram per kubikmeter. Någonstans däremellan existerar optimalt koncentrationsförhållande, vilket illustreras i Figur 3-4. (Eckhoff, 2003)

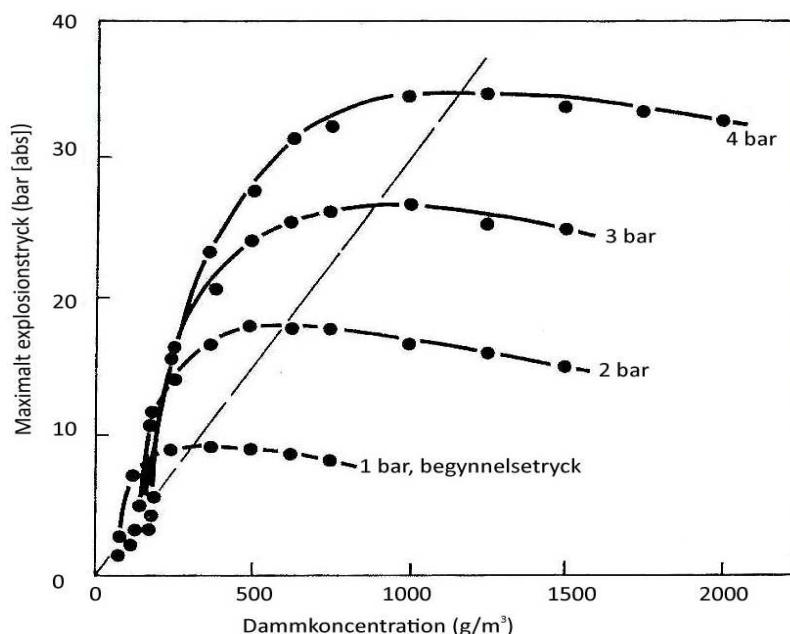


Figur 3-4. Explosionsgränser för dammkoncentration i luft. (Eckhoff, 2003, s. 8)

Turbulens påverkar dammexplosioner på två olika sätt. Om dammolnet redan är antänt kan slumpmässiga rörelser leda till spridning av dammexplosionen till oförbrända delar och resultatet blir ett större och snabbare explosionsförlopp än om molnet är helt stilla. När det gäller antändning har turbulens en motsatt effekt. Turbulensen kan hjälpa till med avkylning av heta ytor genom konvektion och därmed öka den tändenergi som krävs för att skapa en dammexplosion. (Eckhoff, 2003)

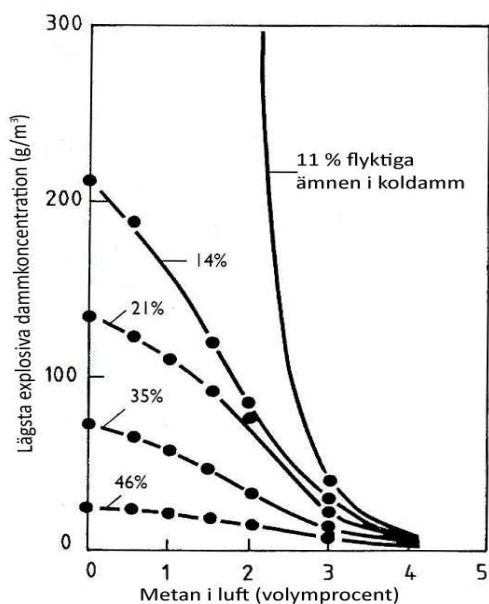
Generellt kan sägas att en högre begynnelsestemperatur resulterar i en lägre undre explosionsgräns för dammolnet. Risken för en dammexplosion ökar alltså ju högre temperatur dammolnet har initialt. (Eckhoff, 2003)

Det initiala trycket i ett slutet kärl påverkar det maximala explosionstrycket, enligt Figur 3-5. Två tydliga slutsatser kan dras. Det högsta maximala trycket är nästintill proportionellt mot begynnelsestrycket och den dammkoncentration som ger högsta maximala trycket praktiskt taget proportionellt mot begynnelsestrycket.

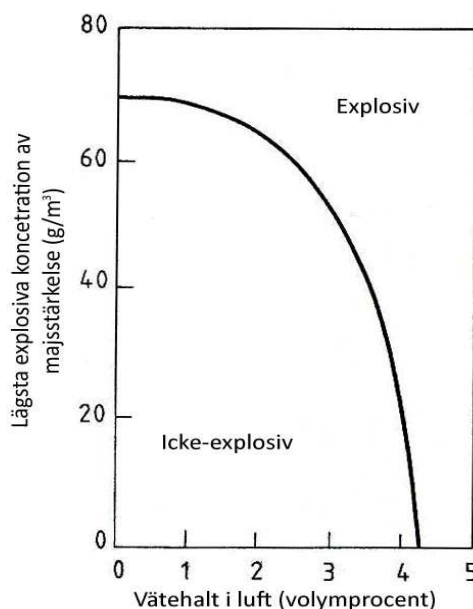


Figur 3-5. Graf över sambandet mellan maximalt explosionstryck och dammkoncentration. (Eckhoff, 2003, s. 47)

Då brännbara gaser eller ånga finns tillgänglig i samband med ett dammoln, så kallad hybridblandning, kommer dessa två resultera i att effekten av en eventuell explosion blir större än om var en av dessa skall explodera för sig. Vidare så kan ett dammoln som har för låg koncentration för att explodera uppnå explosiv atmosfär om små mängder brännbara gaser tillsätts. I Figur 3-6 och Figur 3-7 nedan visas hur förekomst av brännbara gaser minskar lägsta koncentrationen av damm som krävs för explosion. (Eckhoff, 2003)



Figur 3-6. Graf över lägsta explosiva dammkoncentration och metan i luft. Flyktiga ämnen i koldamm varierar mellan 11 och 46 procentandelar. (Eckhoff, 2003, s.51)



Figur 3-7. Graf över sambandet mellan lägsta explosiva koncentration av majstärkelse och halten väte i luft. (Eckhoff, 2003, s. 51)

Syrehalten påverkar dammexplosioner på ett relativt självklart sätt. Mindre syre i luften minskar förbränningshastigheten medan högre syrekoncentration ökar förbränningshastigheten. Nämnvärt är att vid en syrekoncentration på mindre än 10 % brinner inget material. (Eckhoff, 2003)

3.4 Tändkällor

Ett flertal mekanismer kan fungera som tändkällor för en dammexplosion, exempel på tändkällor kan vara;

- Öppna flammor (svetsning, skärning, tändstickor)
- Heta ytor (torkar, heta lager, värmeapparater)
- Glödande material
- Elektriska urladdningar
- Mekanisk påverkan (heta partiklar)

Öppna flammor är naturligtvis en tillräcklig tändkälla för att skapa en dammexplosion. En skärbrännarens risker är av extra stor fara eftersom dess flamma tillför ett överskott på syre till arbetsområdet. Rökning bör vara totalt förbjuden i situationer där brännbart damm hanteras då tändeffekten från en tändsticka (100 joule per sekund) är mer än tillräckligt för att antända damm och därmed vara en potentiell utlösare för dammexplosioner. (Eckhoff, 2003)

Heta ytor i direkt kontakt med ett explosivt dammoln kan också fungera som tändkälla. Ytan måste dock vara betydligt varmare för att antända ett dammoln än för att antända ett dammlager. Antändningstemperatur för ett dammoln är cirka 450 grader Celsius medan dammlager antänder vid cirka 260 grader Celsius. (NFPA 499, 2004)

Brännbart damm som samlas i högar eller lager kan under vissa förutsättningar utveckla en intern förbränning och höga temperaturer. På grund av dammlagrets struktur kan syre tillföras alla partikel-ytor i dammet. Strukturen leder också till försämrade värmeledningsförmåga hos dammet. Dessa två faktorer kan resultera i en glödhård, ett dammskikt innehållande ett hett reaktionsområde. Om en glödhård rörs upp och sprids med en luftström kan enkelt en dammexplosion bildas. Glödhärden kan också fungera som en tändkälla för ett extern dammoln. I fall där varma ytor blir täckta med ett dammlager, fungerar ofta dammet som en isolering. Grundläggande gäller att ju tjockare dammlager som täcker en het yta, desto högre temperatur kan genereras. (Eckhoff, 2003)

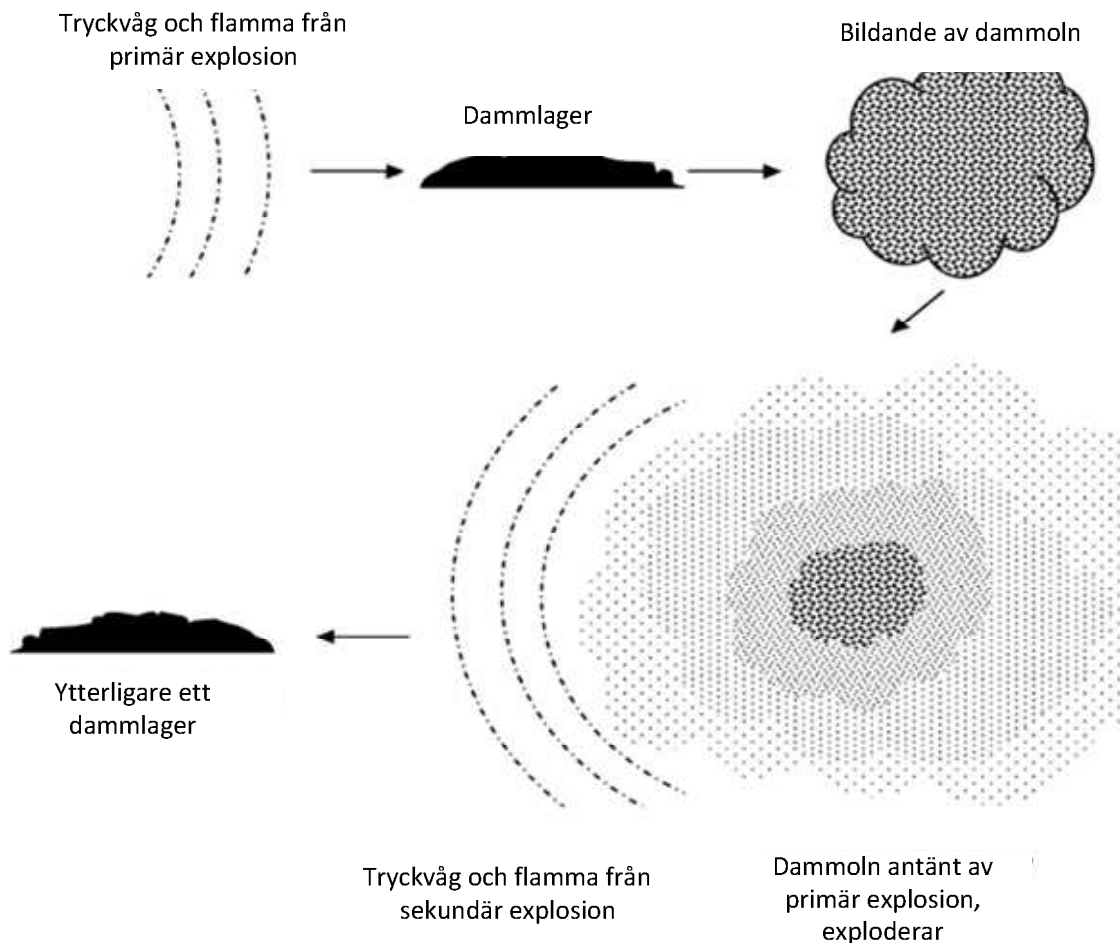
Elektrisk urladdning kan ske genom att elektrisk utrustning avger gnistor med energier tillräckligt höga för att antända ett dammoln eller genom att statisk elektricitet genereras. För utrustning som skall användas inom dammexplosiva miljöer finns det regler där endast utrustning som inte kan ge ifrån sig elektriska urladdningar får användas (Se avsnitt 6.3). Statisk elektricitet genereras när damm transporteras i viss processutrustning där dammet gnids mot utrustningens yta och en elektrisk laddning utbyts mellan dessa båda element. Nyligen utförd forskning (Eckhoff & Randeberg, 2007) gällande minsta tändenergi hos damm, visar att tändenergin hos damm kan vara så låg som 0,01 millijoule. Jämförelsevis kan en människa avge upp till 100 millijoule som elektrostatisk urladdning.

Oönskade metallföremål som kommer in i processflöden kan vid kontakt med andra solida kroppar åstadkomma gnistor. Dessa gnistor kan ge upphov till en dammexplosion vid kontakt med ett brännbart dammoln. Om flera kollisioner sker mot en bestämd plats, är det möjligt att en het punkt bildas

där anslagen skett. Denna punkt fungerar då som en het yta, vilken kan antända ett dammoln. (Eckhoff, 2003)

3.5 Sekundära dammexplosioner

Allvarligast konsekvenser med dammexplosioner inträffar vid sekundära dammexplosioner. Om exempelvis en primär dammexplosion sker inom en processutrustning händer oftast inte mer än att den aktuella utrustningen förstörs. Finns det en stor mängd damm runt förstörd utrustning kan tryckvåg från primär explosion virvla upp damm och värme från denna explosion antända uppvirvlat damm (Se Figur 3-8). Resultat av ett sådant scenario är ofta förödande. (Eckhoff, 2003)



Figur 3-8. Beskrivning över hur en sekundär dammexplosion kan ske. Fenomenet där fler dammexplosioner följer på varandra kallas dominoeffekt. (Abbasi & Abbasi, 2007, s. 19)

Förloppet som visas i Figur 3-8 är ofta så snabbt att allt uppfattas som en enda explosion eller som en "rullande åskväg". I de fall där hela fabriker har totalförstörts till följd av en dammexplosion handlar det i princip alltid om ett flertal sekundära dammexplosioner enligt dominoprincipen. (Hayden, 2004)

3.6 Historiska händelser

Den första dammexplosion som är dokumenterad ägde rum år 1785 i Turin, Italien. Trots att det är över 200 år sedan den första dammexplosionen uppmärksammades finns det inga systematiska register över dammexplosioner förrän en bit in på 1900-talet. Anmärkningsvärt är att i utvecklingsländer, som exempelvis Indien, finns det näst intill inga dokumenterade dammexplosioner. Detta trots

att damm under historiens gång visat sig kunna åstadkomma förödande konsekvenser (se Tabell 3-1). I tredje världen rapporteras explosioner utan information om vilken typ av explosion det rör sig om. I allmänhetens ögon associeras ordet explosion oftast med detonation av trycksatta kärl innehållandes vätska eller gas, knappast med damm som exploderar i exempelvis en spånsilo. (Abbasi & Abbasi, 2007)

Ett problem när det gäller statistik för dammexplosioner är att endast dammexplosioner med dödsfall eller allvarliga personskador registreras. Exempelvis finns det siffror på att mellan åren 1965 till 1980 inträffade 357 dammexplosioner i före detta Västtyskland. Detta antas motsvara 15 procent av det totala antalet dammexplosioner i landet. Antalet verkliga explosioner med damm inblandat blir då cirka 2400, vilket motsvarar 160 dammexplosioner per år. (Beck & Jeske, 1982)

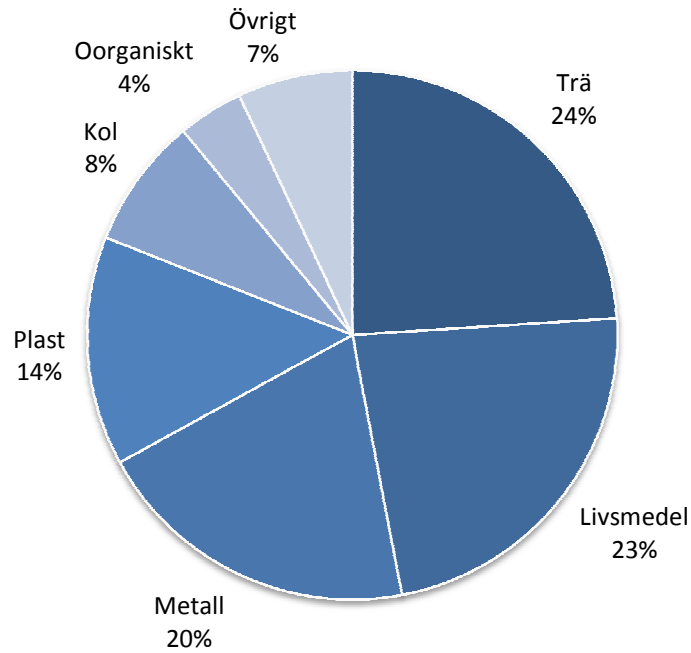
I USA har under år 1980 till 2005, 300 dammexplosioner rapporterats. Precis som i före detta Västtyskland antas det faktiska värdet vara betydligt större då endast explosioner där dödsfall eller allvarliga skador förekommit har rapporterats. Den statistik som finns från USA visar att trenden för förekomst av dammexplosioner inte är avvikande, om något så ökar snarare antal dammexplosioner i landet. (Blair, 2007)

I Tabell 3-1 visas ett axplock av några historiska dammexplosioner världen över.

Tabell 3-1. Axplock av dammexplosioner som har inträffat under historiens gång. (Abbasi & Abbasi, 2007, s. 11)

År	Plats	Material	Industri	Döda	Skadade
1785	Turin, Italien	vetemjöl	bageri	iu*	2
1911	Liverpool, England	iu*	iu*	37	100
1969	Sverige	sulfiddamm	iu*	2	1
1977	Westwego, USA	korndamm	kornsilo	36	10
1987	Kina	textildamm	textilfabrik	58	177
1994	Tokyo, Japan	gummirester	skofabrik	5	22
2003	Kinston, USA	polyetylen	läkemedel	6	38
*Ingen uppgift					

De typer av damm som exploderar finns det på senare år statistik över. I Figur 3-9 visas vilka fördelning över de material som förekommit vid dammexplosioner i USA under år 1980 till 2005 (Blair, 2007)



Figur 3-9. Procentuell fördelning av olika dammaterial som har gett upphov till 300 incidenter i USA mellan åren 1980 till 2005. (Blair, 2007, s. 525)

3.7 Åtgärder

För att en dammexplosion skall kunna inträffa måste alla fem parameterkraven i explosionspentagonen (se Figur 3-2) vara uppfyllda. Den enklaste och mest uppenbara metoden för att undvika en dammexplosion inom industrin är att undvika att minst en parameter i pentagonen inte uppfylls. Detta kan genomföras på något av följande tillvägagångssätt:

- Modifiera processen för att undvika hantering av brännbart damm
- Förhindra ansamlingar av brännbart damm
- Eliminera eller reducera antalet tändkällor
- Inertera

(Abbasi & Abbasi, 2007)

Att förändra en process så brännbart damm inte längre förekommer är ett utmärkt tillvägagångssätt för att eliminera risken för dammexplosioner. Vanligtvis är denna metodik inte möjlig eftersom det inte finns några alternativa metoder där brännbart damm inte förekommer. Industrier som hanterar brännbart damm kan helt enkelt inte ta bort det brännbara dammet eftersom dammet är en del av hela processen. Genom inneboende säkerhet (eng. Inherent Safety) kan dock en process bli säkrare. Inneboende säkerhet innebär att förändringar leder till en högre säkerhet. Dessa förändringar delas vanligtvis upp i följande fyra grupper:

- **Minimera** – förändra processen så mindre mängd farligt material hanteras på en och samma gång
- **Substituera** – byta ut farligt material mot mindre farligt material
- **Mildare betingelser** – utföra en farlig process vid mindre och mildare förhållanden
- **Robust design i övrigt** – genom att begränsa effekterna av att något fallerar eller förenkla processen så att onödiga system som kan falla inte existerar

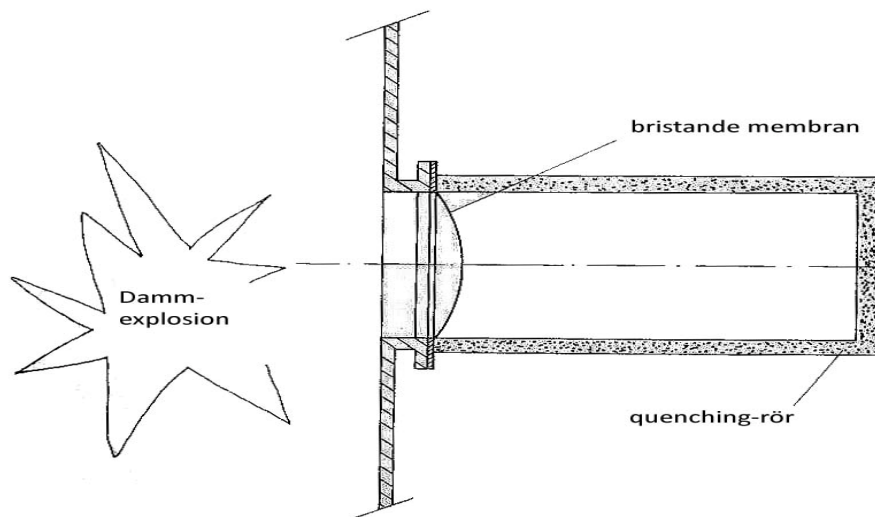
(Räddningsverket, 2001; Amyotte, et al, 2003)

I NFPA 654 finns det rekommendationer för hur städning i en industrianläggning som hanterar brännbart damm bör genomföras. NFPA rekommenderar exempelvis att vid ansamling av ett 0,8 millimeter tjockt dammlager bör städning utföras. Städning är en mycket viktig säkerhetsåtgärd när det handlar om dammexplosioner och bränder i dammlager. Den största faran ligger i att dammlager kan fungera som bränsle för en sekundär explosion. Att undvika ansamlingar av brännbart damm inuti processutrustning är oftast inte möjligt. (Abbasi & Abbasi, 2007; NFPA 654)

Eliminering av tändkällor innebär ett förträffligt skydd mot dammexplosioner och bränder i damm. Det går att dela upp tändkällor i sådana som är enkla att eliminera och tändkällor som är svåra att undvika. Tändkällor som är enkla att eliminera genereras oftast av människan och kan vara exempelvis svetslågor, öppna flammor, cigaretter eller glödlampor. Dessa tändkällor kan relativt enkelt undvikas genom utbildning och kontroll. Betydligt svårare blir det att eliminera tändkällor som uppstår under själva processen, exempelvis heta ytor, glödhärdar, mekanisk påverkan mellan fasta kroppar, elektriska gnistor eller statiska urladdningar. Åtgärder för att skydda en verksamhet mot explosion till följd av sådana tändkällor kan vara gnistdetektering, temperaturkontroll, magnetisk avskiljning av främmande metallföremål, isolering, jordning av utrustning och snabbsläckande system. (Eckhoff, 2003)

Inertering betyder att syrenivån inom en processutrustning reduceras genom att tillföra en inert gas så explosion inte längre är möjlig. Vanligt förekommande inerta gaser inom industri där explosivt damm hanteras är kvävgas, koldioxid, förbränningsgaser, ädelgaser och vattenånga. Vid inerteringen är det viktigt att säkerhetsställa att utrustning är helt tät så ingen utomstående luft innehållande syre kan tränga in i utrustningen. Enligt Wiemann (1989) finns det två primära problem med Inertering för att undvika dammexplosioner. Trots att Inertering används är det nödvändigtvis inte säkert att inerteringen skyddar mot självuppvärmning och glödande förbränning. Det finns även en risk för kvävning när inertering används. Redan vid en syrehalt på 15 procent existerar det en risk för kvävningsolyckor. (Abbasi & Abbasi 2007; Eckhoff, 2003)

Oftast går det inte säkerhetsställa att en dammexplosion inte kommer att inträffa därför införs även åtgärder för att minimera konsekvensen av en dammexplosion. Exempel på åtgärder kan vara partiell Inertering, tryckavlastning och dammborttagning. Ytterligare en metod för att minimera konsekvensen av en dammexplosion är att undvika spridning av en primär explosion mellan utrustningar. Detta kan utföras genom att använda skruvtransportörer och cellmatare. Sådan utrustning fungerar som en strypmekanism eftersom det alltid finns en viss mängd damm kvar i utrustningen, vilket verkar som en propp. Det finns dock ett antal exempel där denna typ av strypmekanism ej har fungerat som en barriär för spridning av en dammexplosion. Ytterligare metoder för att undvika spridning av en explosion mellan processteg är quenching (se Figur 3-10) eller snabbstängande spjäll. (Eckhoff, 2003)



Figur 3-10. Illustrering över hur quenching-rör fungerar. Membranet sprängs vid en dammexplosion och explosionen avlastas genom quenching-rörets stora väggyta. Väggen har utformats för att ge låg tryckminskning, men trots detta effektiv på att hålla kvar dammpartiklar och effektiv på att kyla av heta brandgaser. Detta innebär att flamman ej kastas ut ur öppningen vilket leder till en minskad explosionseffekt. (Eckhoff, 2003 s. 97)

En annan uppdelning av skyddsutrustning som kan vara praktiskt att genomföra är uppdelning i passiva och aktiva system. Ett passivt system är en skyddsåtgärd som finns inbyggd i utrustningen. Det passiva systemet löser ut då något oönskad inträffar i processen. Exempel på passiva system är, tryckavlastning och väggar. Aktiva system fungerar istället så att någon form av mekanism sänder en signal som i sin tur aktiverar skyddsåtgärden. Släckmetoder och säkerhetsventiler är exempel på aktiva skyddssystem. (Eckhoff, 2003)

4 BRAND

Då en av riskerna med damm i industrin är brand är det viktigt att ha en allmän kunskapsbild gällande brand. I detta kapitel beskrivs potentiella brandförlopp som övertändning, backdraft och brandgasexplosion samt faktorer som påverkar brandförloppet.

I viss processindustri är förekomst av damm vanligt. Nuvarande EU-standard (EN 61241–10) gällande zonklassificering av damm tar upp brand i dammlager som en potentiell antändningskälla för dammexplosion. Standarden beaktar dock inte riskerna med brand i dammlager mer utförligt. Dammbränder kan orsaka allvarliga konsekvenser för både människa och egendom. Att en dammexplosion skall inträffa beror på ett antal faktorer och kan anses vara en relativt komplex händelse medan uppkomsten av en dammbrand är mindre komplicerad. En brand i dammlager kan leda till ett exponentiellt brandförlopp eller en explosion. (Eckhoff, 2003)

En brands utveckling är avgörande för dess konsekvenser. De mest förödande konsekvenserna är om något av brandfenomenen övertändning, backdraft eller brandgasexplosion inträffar. Det finns ingen entydig definition för dessa fenomen. Författarna till detta examensarbete har valt följande definitioner;

- "Under en rumsbrand kan det inträffa ett stadium där den termiska strålningen från branden, de varma gaserna och de varma väggarna orsakar att allting i brandrummet pyrolyseras. Detta plötsliga och sammanhängande övergångsstadium av ökande brand kallas "övertändning"." (Chitty, 1994)
- "Begränsad ventilation kan leda till att en brand producerar brandgaser som innehåller stora mängder oförbrända gaser. Om dessa samlas, kan tillförseln av luft till brandrummet, när en öppning görs, leda till en deflagration som sprider sig genom rummet och ut genom öppningen. Denna deflagration kallas "backdraft"." (Chitty, 1994)
- "När brandgaserna läcker in i utrymmen angränsande till brandrummet kan de blandas mycket väl med luften. Denna blandning kan fylla ut hela volymen och ligga inom brännbarhetsområdet. Om blandningen antänds, av t.ex. en gnista från ett lysrör, kommer tryckökningen att bli mycket kraftig. Detta kallas brandgasexplosion. Det är sällsynt att brandgasexplosioner inträffar i brandrummet." (Bengtsson & Karlsson, 1997)

I en del definitioner av begreppet backdraft ingår ordet explosion. Detta är inte helt korrekt eftersom backdraft i de flesta fall sker på ett relativt stillsamt sätt. Ordet explosion skall endast användas då brandgasernas termiska expansion hindras (Bengtsson, 1998). Då explosion inträffar erhålls alltid en tryckstegring som i många fall följs av en temperaturökning. Ett normalt explosionsförlopp är ofta över inom någon enstaka sekund, vilket innebär att individer inte har någon möjlighet att sätta sig i säkerhet. (Frantzich & Holmstedt, 2003)

4.1 Brandförlopp

Antändning och flamspridning i fasta brännbara material har ett samband. Flamspridning kan ses som en serie av antändningar. För att exempelvis fasta material skall antändas krävs en ytemperatur på cirka 300 till 400 grader Celsius om en pilotlåga är närvarande och 500 till 600 grader Celsius (trä) om materialytan endast värms upp utan direkt kontakt av någon flamma. (Ondrus, 1990). Trädamm har en betydligt lägre antändningstemperatur och självantänder vid ca 260 grader Celsius (NFPA 499, 2004).

Hur snabbt flamspridningen blir över ett materials yta beror bland annat på materialets värmeupptagningsförmåga, materialets tjocklek, ytans orientering, ytans geometri och den omgivande miljön. (Bengtsson, 1998)

För fasta brännbara material gäller generellt att värmeupptagningsförmågan ökar med densiteten. Värmeupptagningsförmågan är omvänt proportionell mot flamspridningen, vilket innebär att fasta material med en hög densitet har lägre flamspridning än material med låg densitet (Bengtsson, 1998). Dammlager kan ses som ett fast och poröst material med låg densitet, vilket innebär förutsättningar för en hastig flamspridning.

En faktor som är av stor betydelse för flamspridningen är bränsleytans orientering och flammans riktning. Flamspridning är hastigast uppåt i vertikalt led medan spridningen nedåt i vertikalt led är betydligt långsammare. Skillnaden mellan flamspridning uppåt och nedåt i vertikalt led kan vara så stor som 50-100 gånger. Flamspridnings hastighet avtar ju närmare horisontalläge bränsleytan är. Flamspridning i uppåtgående led drivs av densitetsskillnader och luftflöde i flammen, vilket innebär att flammen förvärmer brännbart material ovanför det brinnande materialet. Detta leder till att det brännbara materialet slutligen pyrolyseras, antänds och därefter sprids. (Bengtsson, 1998)

Den omgivande miljön påverkar flamspridningshastigheten. Parametrar som är av större betydelse är byggnadens geometri, syretillgång och brandbelastning. Vid brand stiger varma brandgaser och ansamlas under taket. Detta brandgasskikt innehållande varma brandgaser och flammorna från branden strålar mot branden vilket ökar förbränningshastigheten. I utrymmen där det är låg takhöjd och liten golvarea är detta speciellt påtagligt eftersom ansamling av brandgas sker snabbare, vilket bidrar till ökad tjocklek på brandgaslagret. I utrymme med stor takhöjd blir temperaturen lägre eftersom brandgaserna späds ut av omgivande luft. Då flammornas höjd understiger erforderlig takhöjd och golvarean är relativt stor blir brandförloppet långsammare (Frantzich & Holmstedt, 2003). Ju varmare det är i en byggnad, lokal eller utrymme desto snabbare kan ett brännbart material uppnå pyrolystempertur och till följd därav antändning. Som tidigare nämnts kan flamspridning ses som en serie antändningar, vilket innebär att om antändning uppnås snabbare blir följderna att flamspridningens hastighet ökar. (Bengtsson, 1998)

I detta sammanhang är det viktigt att se om det finns annat brännbart material i utrymmet än damm som kan bidra till en eventuell brands tillväxt. Brännbart material omfattar även ytskikt på väggar, tak och golv. Om omslutande ytskikt i en byggnad är av brännbart material kan det bidra till ett synnerligen hastigt brandförlopp. (Frantzich & Holmstedt, 2003)

4.2 Experimentella studier av trädam

Damm kan lagras på ytan av industriell utrustning, vilket kan antändas av exempelvis flammor, gnistor, glödande partiklar eller heta ytor. Hur svårantändligt dammet är beror på partikelstorlek, tjocklek av dammlagret och tillgången till syre vid förbränningen. En flammans förmåga att sprida sig i dammlager beror på flera faktorer och de som har störst påverkan är materialets partikelstorlek och tjockleken på dammlagret. (Sweis, 2004)

Brandspridning i dammlager bestående av trä ökar måttligt då dammlagret är mellan 5 till 20 millimeter. Tjockare dammlager leder till snabbare flamspridning. Vid 20 till 50 millimeter tjockt dammlager ökar flamspridning måttligt och vid tjocklek över 50 millimeter är ökningen av flamspridningshastigheten mindre. Vidare gäller att mindre partiklar ger snabbare brandspridning. (Sweis, 2004)

Dammlager inom processindustri innehåller oftast olika partikelstorlekar. Sambandet mellan en dammblandnings sammansättning (viktprocent av stora partiklar) och flam- och glödbrands utbredningshastighet är att större andel fina partiklar ingår i dammblandningar (viktprocent) resulterar i en hastigare flamspridning. (Sweis, 2004)

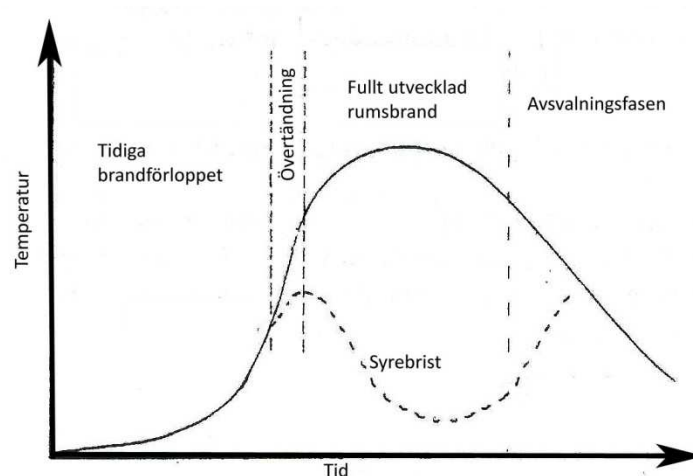
Sweis (2004) menar att det är viktigt att fastställa dammlagers partikelfördelning för att kunna bedöma oönskade händelser i form av brand. Resultat från utförda experiment med damm visade att en glödbrands utbredningshastighet motsvarar 20 procent av en flambrands utbredningshastighet.

4.3 Övertändning

En snabb flamspridning kan leda till övertändning av brandrummet. Övertändning är en övergångsperiod från det att den initiala branden utvecklas till en fullt utvecklad brand, vilket beror på ett flertal mekanismer. Det är först när den fullt utvecklade branden inträffat som övertändning antas ha inträffat. Ett annat sätt att uttrycka det är att en lokal brand har utvecklats till att omfatta hela rumsvolymen. En övertändning kan ibland ske inom ett par sekunder (Ondrus, 1990). Övertändning ser annorlunda ut beroende på var brännbart material existerar t.ex. väggar, tak eller golv. Precis innan övertändning inträffar sänks brandgaslagret hastigt. Efter det så suges ny luft in och brandgaslagret stiger samtidigt som det antänds (Bengtsson, 1998). Ett kännetecken för att övertändning är nära att inträffa är då flammor spridits och sticker ut genom tillgängliga öppningar i byggnaden (Hägglund, Jansson & Onnermark, 1974). I byggnader eller lokaler som är mer eller mindre stängda är övertändning mindre sannolikt. Anledning är att branden blir ventilationskontrollerad, det vill säga att tillgången till syre styr brandförloppet. Vid en ventilationskontrollerad brand kan det bildas oförbrända gaser och skulle till exempel en dörr eller ett fönster öppnas kan det leda till en så kallad backdraft, vilket i sin tur kan leda till övertändning. Övertändning kan även ske om det finns oförbrända brandgaser i brandgaslagret (Bengtsson, 1998). De två huvudsakliga mekanismerna för att övertändning skall uppstå är:

- Flamspridning och antändning (ökning av initialbrandens area)
- Att det på en bestämd bränsleyta sker en ökad intensitet av förbränningen

(Drysdale, 1996)



Figur 4-1. Beskrivning av två möjligt brandförlopp. Typ av brandförlopp beror på brandrummets tillgängliga rumsöppningar. Streckad linje beskriver ett brandförlopp där tillgängligheten av rumsöppningar är begränsad. Helderagen linje beskriver ett fullständigt brandförlopp. (Bengtsson, 1998, s. 53)

4.4 Backdraft

Om brandrummet har begränsad ventilation kan det leda till att det bildas oförbrända brandgaser som ansamlas i brandgaslagret. För att backdraft skall inträffa krävs det i normala fall 20 - 30 % oförbrända kolväten i brandgaslagret. Detta är en väldigt hög koncentration som sällan förekommer. Övre brännbarhetsgränsen är betydligt lägre men då denna koncentration blandas med inströmmande luft via någon ventilationsöppning till exempel dörr eller fönster minskar koncentrationen till brännbarhetsområdet och antändning kan ske i närvaro av tändkälla (Drysdale, 1996). Det är viktigt att skilja på övertändning och backdraft eftersom de utlöses av olika faktorer. Backdraft är en kortvarig händelse som utlöses vid tillförsel av luft (ändring av ventilationsöppning) medan övertändning utlöses av brandgasernas temperatur (strålningsnivå) och omfattar en längre tidsrymd. Att uppfatta varningssignalerna för en backdraft är svårt och kräver kunskap. Majoriteten av de back-draft's som inträffar är inte kraftiga, men det finns tyvärr många praktiska fall där backdraft har medfört konsekvens i form av dödsfall. (Bengtsson, 1998)

4.5 Brandgasexplosion

Brandgasexplosion inträffar då brandgaserna blandas mycket väl med luft innan någon antändning sker. Det normala är att brandgaser från brandrummet ansamlas i ett angränsande utrymme utan några större öppningar. Om brandgaserna förblandas och är inom brännbarhetsgränserna krävs det endast en antändningskälla för att orsaka en explosion. Detta innebär att om det inte finns tillräcklig tryckavlastning vid eventuell antändning, kan den följande deflagrationen bli kraftig. En brandgasexplosion kan inte ske som en detonation. Förekomsten av brandgasexplosion i brandrummet är mer ovanlig, men kan ske. (Bengtsson, 1998)

5 KONSEKVENSER AV EXPLOSION

Då en explosion inträffar kan det medföra förödande konsekvenser. I detta kapitel beskrivs skador till följd av de tryckökningar som explosioner kan generera.

Vid explosion finns det risk för allvarliga konsekvenser både för enskilda individer och för byggnadskonstruktioner. Explosioner inomhus får i nästan alla fall allvarligare konsekvenser än explosioner utomhus. Vid en gas- dim- eller dammexplosion är förbränningsenergin i normala fall i storleksordningen 20 till 50 megajoule per kilogram bränsle. Vid en explosion sker en volymutvidgning och då denna hindras på grund av en inneslutning, till exempel byggnad, ökar trycket tills inneslutningen brister. Vid explosion skall det skiljas på två olika typer av förbränning, deflagration och detonation. Deflagration är den vanligast förekommande förbränningen med det högsta teoretiska trycket 0,5-1 megapascal om det från början råder normalt atmosfärstryck om 0,1 megapascal. Ingen byggnad klarar av ett sådant övertryck eftersom ett sådant tryck motsvarar en belastning på 40 till 90 ton per kvadratmeter av inneslutningens area. Detonation är en mer sällsynt typ av förbränning, sällan i brandsammanhang, som kan inträffa vid en explosion. Denna typ av förbränning är väldigt snabb och utbreder sig med ljudets hastighet. Vid explosion värms även gaserna vilket kan ge ytterligare konsekvenser i form av värmeskador och antändning av annat brännbart material. (Frantzich & Holmstedt, 2003)

Konsekvenserna av tryckskador på byggnader beror till största del av vilket maximalt övertryck och hur länge övertrycket varar till följd av en explosion. Det är svårt att generellt dra slutsatser om vilket övertryck en byggnad tål eftersom det beror på byggnadsmaterialets hållfasthetsegenskaper och byggnadens konstruktion. För att visa hur explosionstryck påverkar byggnader och människor sammanställs fakta kring tryck och konsekvens i Tabell 5-1 och i Tabell 5-2. (Frantzich & Holmstedt, 2003)

Tabell 5-1. Personskador vid olika övertryck vid vistelse i normal byggnad. (Frantzich & Holmstedt, 2003, s. 293)

Övertryck [kPa]	Personskada för människor som vistas i en icke förstärkt byggnad
5,9 – 8,3	Mycket liten risk att dödas eller att få svåra skador. I huvudsak splitterskador.
16	Inga direkta dödsfall eller svårare skador förväntas. Risk för temporär förlust av hörsel och splitterskador.
24	Personskador av allvarlig natur och möjliga dödsfall förorsakade av fragment, splitter eller andra objekt. Ca tio procent risk att trumhinnan brister.
55	Dödliga eller allvarliga skador på grund av tryckverkan mot trumhinnor och lungor eller på grund av träff av fragment och block från byggnad.
69 – 76	Dödliga eller allvarliga skador på grund av tryckverkan mot trumhinnor och lungor eller på grund av att byggnaden kollapsar.
190	Dödliga skador av den direkta tryckverkan, på grund av att byggnaden kollapsar, eller genom stöt mot hårt föremål.

Tabell 5-2. Typiska tryck för skador på olika byggnadsdelar. (Frantzich & Holmstedt, 2003, s. 294)

Byggnadsdel	Typiska förstörande tryck [kPa]
Glasfönster	3 - 7
Rumsdörrar	2 - 3
Lätta mellanväggar	2 - 5
50 mm "breeze block" – väggar	4 - 5
Obelastad tegelvägg	7 - 15

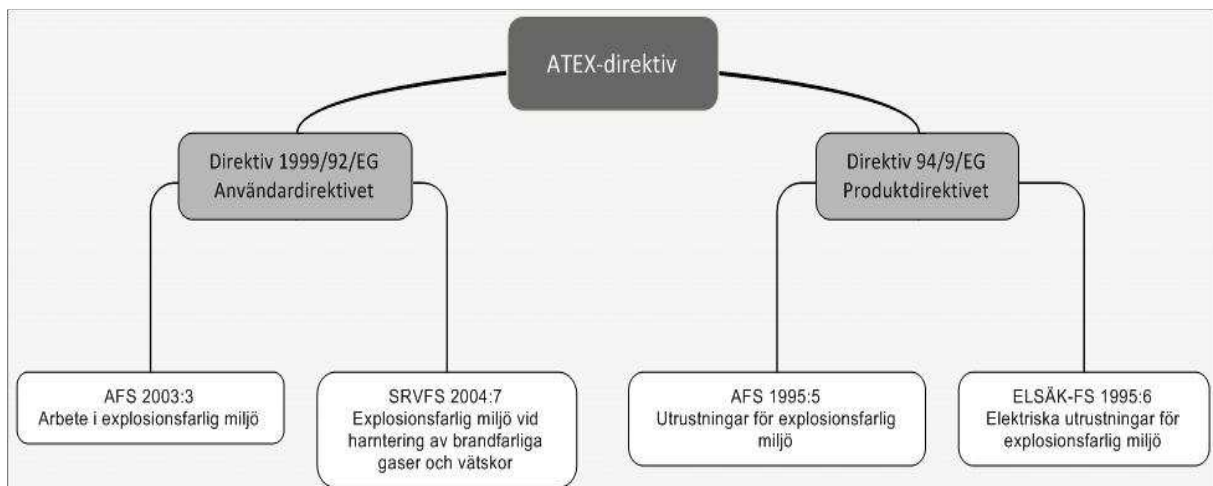
6 LAGSTIFTNING

I detta kapitel beskrivs vilka EU-direktiv och svenska lagar som behandlar explosiv atmosfär. Det redogörs även för standardiseringsorgan som berör direktiven.

Ett direktiv som upprättas inom EU gäller alla medlemsstater. Varje medlemsstat är tvungen att uppfylla de genom direktiv ställda krav inom förutbestämd tid. Ett EU-direktiv anger dock inte i detalj hur krav skall uppfyllas utan det är upp till varje medlemsstat att finna sin egen väg för att infria de av EU fastställda krav. På nationell nivå kan lagstiftning bli strängare då EU-direktiv endast ställer minimikrav på medlemsstater.

Inom verksamheter där explosionsfarlig atmosfär kan förekomma regleras lagstiftning inom EU av två direktiv. Det första direktivet, direktiv 94/9/EG, vilket författades år 1994 behandlar lagstiftning om utrustning och säkerhetssystem som är avsedda för användning inom explosionsfarliga omgivningar. Detta direktiv går också under benämning ATEX 100a eller Produktdirektivet. Det andra direktivet, direktiv 1999/92/EG, är från år 1999 och berör minimikrav för förbättring av säkerhet och hälsa för arbetstagare som kan utsättas för fara orsakad av explosiv atmosfär. Andra benämningar för detta direktiv är ATEX 137 eller Användardirektivet.

I Sverige implementeras ovanstående EU-direktiv genom föreskrifter från Arbetsmiljöverket, Elsäkerhetsverket och Räddningsverket, se Figur 6-1.



Figur 6-1. Schematisk bild över hur ATEX-direktiven implementeras i svensk lagstiftning.

6.1 Direktiv 1999/92/EG

Direktiv 1999/92/EG (Användardirektivet) anger minimikrav vilka arbetsgivare är skyldig att uppfylla gällande säkerhet och hälsa för arbetstagare som kan utsättas för fara till följd av explosiv atmosfär. Arbetsgivare är skyldiga att utarbeta explosionsskyddsdocument. Dokumentet skall innehålla fastställandet av faror, bedömning av potentiella risker och de åtgärder som skall vidtas för att säkra arbetstagares hälsa och säkerhet. Arbetsgivare är skyldiga att företrädesvis förhindra uppkomst av explosiv atmosfär. Är det inte möjligt förhindra explosiv atmosfär skall arbetsgivare istället undvika möjliga antändningskällor. Kan inte antändningskällor elimineras skall effekter av eventuell explosion begränsas i bästa möjliga utsträckning. (Direktiv 1999/92/EG)

Enligt direktiv 1999/92/EG där explosiv atmosfär kan uppstå, är arbetsgivare tvungna att klassificera zoner, säkerställa minimikrav, bedöma risker och beskriva konsekvenser samt upprätta markering av klassade zoner. Klassificering av zoner gällande damm sker enligt följande normer;

- **Zon 20**, ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm i luft förekommer ständigt, långvarigt eller ofta.
- **Zon 21**, ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm i luft förväntas förekomma tillfälligt vid normal hantering.
- **Zon 22**, ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm inte förväntas förekomma vid normal drift, och om det likväl förekommer, i så fall endast kortvarigt.

(Direktiv 1999/92/EG)

I svensk lagstiftning har direktiv 1999/92/EG implementerats genom Arbetsmiljöverkets föreskrift, AFS 2003:3, arbete i explosionsfarlig miljö och Statens räddningsverks föreskrifter, SRVFS 2004:7, om explosionsfarlig miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor.

Ett hjälpmedel för att implementera direktiv 1999/92/EG är *"Icke-bindande handbok för god praxis avseende genomförandet av direktiv 1999/92/EG "ATEX" (explosiv atmosfär)"*. Målet med handboken är att den skall användas som utgångspunkt för nationella handböcker som inriktas på att hjälpa små och medelstora företag att förbättra såväl säkerhet som lönsamhet. Då handboken endast följer direktiv 1999/92/EG är det inte säkert att handboken uppfyller de krav som kan ställas av EU:s egna medlemsstater. Då medlemsstat inom EU inför strängare lagar än den bestämd av EU, kan den icke-bindande handboken bli otillräcklig och ett mindre lämpligt hjälpmedel för att uppfylla lagkrav på nationell nivå.

6.2 Direktiv 94/9/EG

Syfte med gällande Produktdirektiv är att värna om människors hälsa och säkerhet, husdjur och egendom. Syftet är också att samla utrustning som omfattas av explosionsfarlig miljö under ett direktiv för att på så sätt ta bort tekniska handelshinder mellan medlemsstater utan att säkerhet reduceras. Detta för att undvika uppdelning på flera direktiv, vilket underlättar för verksamhetsutövare och lagstiftare. Direktivet avgör vilken säkerhetsnivå som skall gälla för skyddsutrustning och andra system i explosionsfarlig omgivning inom Europeiska Unionen. Produktdirektivet omfattar både elektrisk- och icke-elektrisk apparatur. I Sverige regleras elektrisk utrustning av Elsäkerhetsverkets föreskrift ELSÄK-FS 1995:6 medan icke-elektrisk utrustning behandlas av föreskrift AFS 1995:5 utgiven av Arbetsmiljöverket. (Direktiv 94/9/EG, ELSÄK-FS 1995:6, AFS 1995:5)

6.2.1 CE-märkning

För att säkerhetsställa att en produkt uppfyller de av EU ställda hälso- och säkerhetskrav märks en produkt med CE-emblemet, se Figur 6-2. Förkortningen CE står för *Communauté Européenne*, vilket är franska och betyder Europeiska gemenskapen. Alla produkter omfattas inte av CE-märkning, men de produktgrupper som av EU är fastställda att omfattas av CE-märkning får inte säljas inom EU utan emblemet. (Direktiv 94/9/EG)



Figur 6-2. CE-märket.

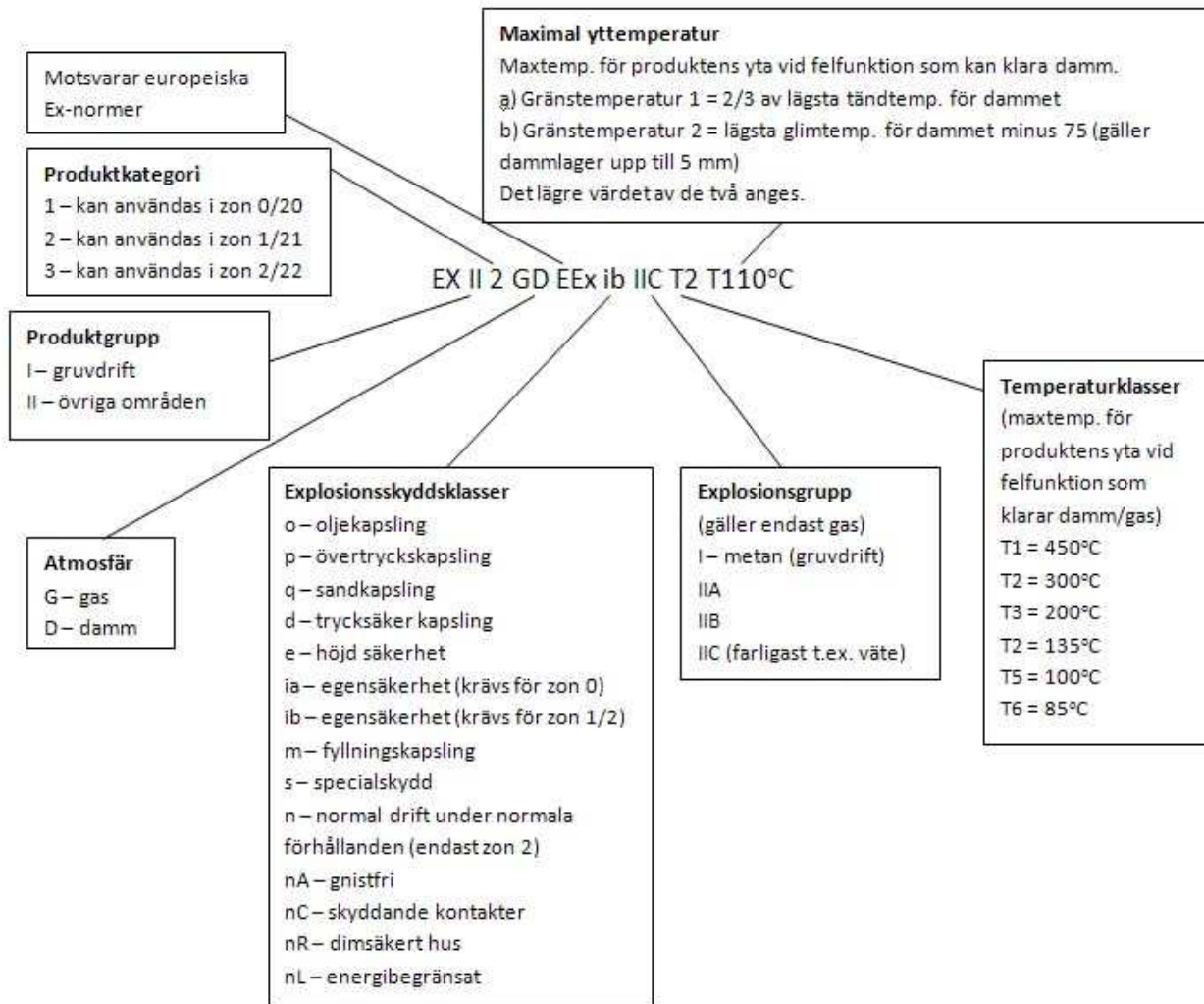
6.3 Ex-klassificerad utrustning

När det gäller att använda utrustning i explosionsfarlig miljö är kraven högre än normal CE-märkning. Utrustning för explosionsfarlig miljö delas in i två kategorier, kategori I är till för utrustning i gruvor under jord medan kategori II omfattar utrustning tänkt att användas ovan jord. Kategori I, utrustning för gruvsdrift, behandlas inte i det här examensarbetet. För att förtydliga de lagkrav som ställs i Produktdirektivet har en guide (ATEX Guidelines, 2007) utgivits av EU-kommission i samarbete med medlemsstaterna, europeisk industri och europeiska standardiseringsorgan. Guiden presenterar de krav som ställs på utrustning som skall användas i explosionsfarlig miljö. I Tabell 6-1 beskrivs dessa krav.

Tabell 6-1 Skydds nivåer för kategorigrupp II, vilken omfattar ex-klassificerad utrustning tänkt att användas i explosiva miljöer ovan jord. Anger krav på skyddsprestanda för utrustning i respektive zon. Skyddsprestandan primära syfte är att utrustningen ej skall verka som potentiell tändkälla. (ATEX Guidelines, 2007, s.29)

Skydds nivå	Kategori för grupp II	Skyddsprestanda	Driftförhållande
Mycket hög	1	Två oberoende skydds- eller säkerhetsanordningar även när två fel inträffar oberoende av varandra.	Utrustning förblir spänningssatt och fortsätter fungera i zonerna 20, 21, 22 för damm.
Hög	2	Lämplig för normal drift och ofta förekommande störningar eller utrustning där fel normalt tas med i beräkningen.	Utrustning förblir spänningssatt och fortsätter fungera i zonerna 21, 22 för damm.
Normal	3	Lämplig för normal drift.	Utrustning förblir spänningssatt och fortsätter fungera i zon 22 för damm.

En ex-klassad produkt har flera specifikationer som måste tas i beaktande beroende på damm eller gasegenskaper i den miljön produkten skall användas. För att få en bild över vilka parametrar som är aktuella vid ex-märkning illustreras ett exempel på en ex-märkning i Figur 6-3.



Figur 6-3. Ett exempel på hur märkning av ex-klassificerad utrustning kan se ut.

När det gäller kostnad för EX-klassificerad utrustning, presenteras i Tabell 6-2 exempel på priser för en elmotor.

Tabell 6-2. Prissjämförelse över elmotorer för dammzoner. Priserna är i indexformat. (Pontus Adolfsson, personlig kommunikation, 6 november, 2007)

Utrustning	Dammzon	Pris
Elmotor	Ingen zon	1,0
Elmotor	Zon 22	1,5
Elmotor	Zon 21	5,0
Elmotor	Zon 20	Finns ej

6.4 AFS 2003:3 Arbete i explosionsfarlig miljö

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbete i explosionsfarlig miljö gäller där någon i arbetet kan utsättas för fara orsakad av explosionsfarlig miljö. Enligt AFS 2003:3 skall utrustningar, installationer, skyddssystem, komponenter, anordningar, verktyg och material vara riskbedömda, lämpliga för explosiv miljö och underhållas så explosionsskydd upprätthålls. Byggnader, lokaler och arbetsplatser skall även vara utformade, så långt det är möjligt, på ett sådant sätt att ingen person kommer till skada då eventuellt en explosiv atmosfär antänds. Arbetsgivaren är enligt AFS 2003:3 skyldig att ut-

bilda personal som vistas i explosionsfarlig miljö på ett lämpligt sätt. Personal skall ha kunskap om explosionsrisker och skyddsåtgärder samt färdigheter i säkert handhavande. Enligt AFS 2003:3 skall riskbedömning, zonklassificering och explosionsskyddsdocument genomföras och upprätthållas. (AFS 2003:3)

6.4.1 Riskbedömning

I en riskbedömning skall det ingå information om följande:

- explosionsbenägenhet hos blandningen
- förekommande tändkällor
- sannolikhet för att en explosiv atmosfär uppstår samt dess varaktighet
- sannolikhet för att en explosiv atmosfär antänds och vilka konsekvenser detta kan medföra
- utrymmen, utrustningar, installationer, material eller liknande som bedöms ha signifikant betydelse för explosionsrisken

Det skall även i en riskbedömning ingå:

- rutiner för säker hantering i explosionsfarlig miljö
- erforderlig skyddsutrustning och säkerhetsåtgärder för respektive riskkälla
- områden som genom öppningar har eller som kan få förbindelse med områden där explosiv atmosfär kan uppstå
- rutiner för säkert omhändertagande av spill och läckage
- lämpligt släckmedel och släckförfarande vid brand för att förebygga explosion

Utförd riskbedömning skall dokumenteras och utföras av person med lämplig utbildning och erfarenhet av riskbedömningar i explosionsfarlig miljö. En riskbedömning skall omfatta såväl normalt arbete och drift som förväntade avvikelser och fel. (AFS 2003:3)

6.4.2 Zonklassificering

Zonklassificering skall ske enligt direktiv 1999/92/EG där de tre zonerna 20, 21 och 22 beskrivs. Zonklassificering skall utföras enligt gällande europastandard eller på något annat sätt som ger minst motsvarande skyddsnivå. Zonklassificeringen skall vara dokumenterad och ingå i ett explosionsskyddsdocument. (AFS 2003:3)

6.4.3 Explosionsskyddsdocument

På arbetsplatser där explosionsrisk förekommer skall arbetsgivare upprätta ett explosionsskyddsdocument. Detta dokument baseras på tidigare genomförd riskbedömning och skall hållas aktuellt. Arbete får ej påbörjas i en anläggning innan ett sådant dokument finns tillgängligt. I ett explosionsskyddsdocument skall det ingå uppgifter om:

- att explosionsrisker har fastställts och bedömts enligt AFS 2003:3
- förekommande explosionsrisker och till dessa hörande skyddsutrustningar och säkerhetsrutiner
- vilka områden som har zonklassificerats
- rutiner för utfärdande av arbetstillstånd, säker avställning och driftklarhetsverifiering
- förekommande samordningsansvar

- hur arbetsplats, arbetsutrustning, skyddssystem, personlig skyddsutrustning, material, varningsanordningar, utrymningsvägar används och underhålls på ett säkert sätt
- tryckavlastningszoner
- rutiner för säkert omhändertagande av spill, läckage och brand

Enligt gällande lagstiftning (AFS 2003:3) skall områden med explosionsfarlig miljö märkas med skyltar. Exempel på skyltmärkning visas i Figur 6-4.



Figur 6-4 EX-märkning. (AFS 2003:3, s.12)

6.5 SRVFS 2004:7 Explosionsfarlig miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor

Denna föreskrift som faller under direktiv 1999/92/EG behandlar endast brandfarliga gaser och vätskor och kommer därför inte att beaktas i detta examensarbete. (SRVFS 2004:7)

6.6 ELSÄK-FS 1995:6 Elektriska utrustningar för explosionsfarlig miljö

ELSÄK-FS 1995:6 gäller för elektriska utrustningar och elektriska skyddssystem avsedda för användning i explosionsfarlig miljö samt för komponenter som är avsedda att installeras i sådana utrustningar eller skyddssystem. Dessa föreskrifter gäller även för utrustning som är avsedd att användas utanför explosionsfarlig miljö men som krävs för, eller bidrar till, att utrustningar och skyddssystem skall kunna fungera på ett korrekt sätt med hänsyn till explosionsrisker.

I ELSÄK-FS 1995:6 finns detaljerad information av kriterier för kategoriindelning av utrustningsgrupper och krav för olika utrustningskategorier i enlighet med direktiv 94/9/EG. Denna indelning är överensstämmande med Tabell 6-1. (ELSÄK-FS 1995:6)

6.7 AFS 1995:5 Utrustningar för explosionsfarlig miljö

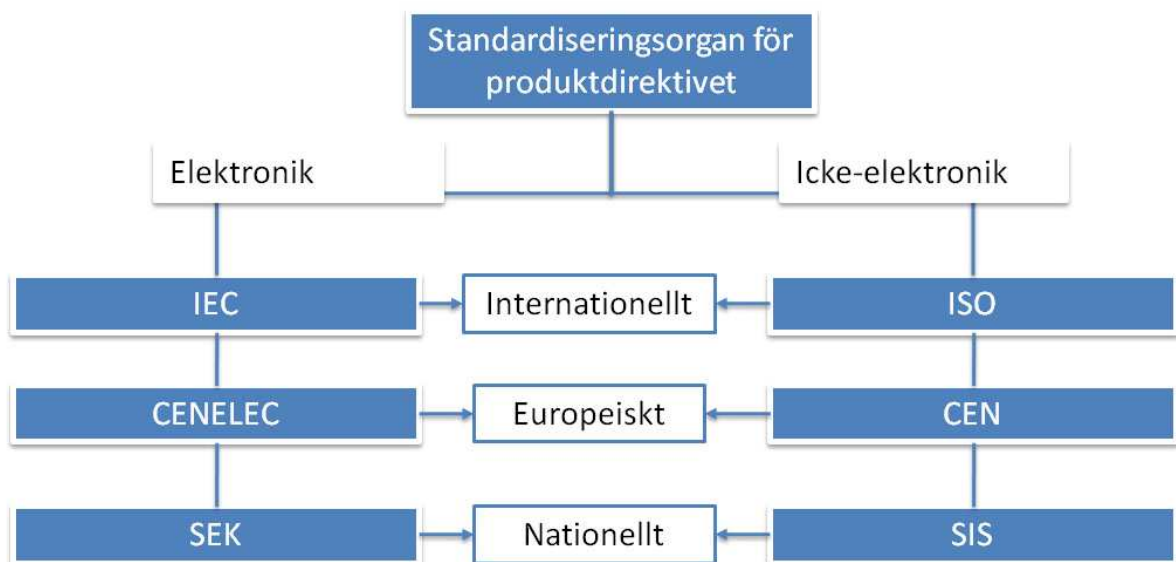
AFS 1995:5 gäller för utrustningar och skyddssystem avsedda för användning i explosionsfarlig miljö samt för komponenter som är avsedda att installeras i sådana utrustningar eller skyddssystem. Dessa föreskrifter gäller även för utrustning som är avsedd att användas utanför explosionsfarlig miljö men som krävs för, eller bidrar till, att utrustningar och skyddssystem skall kunna fungera på ett korrekt sätt med hänsyn till explosionsrisker. AFS 1995:5 gäller ej där utrustningar omfattas av ELSÄK-FS 1995:6.

I AFS 1995:5 finns detaljerad information av kriterier för kategoriindelning av utrustningsgrupper och krav för olika utrustningskategorier i enlighet med direktiv 94/9/EG. Denna indelning är överensstämmande med Tabell 6-1. (AFS 1995:5)

7 STANDARDER

För att uppfylla de lagkrav som EU-direktiv och föreskrifter ställer angående explosiv atmosfär finns det flera harmoniserade standarder som beskriver hur implementering i den egna industrin kan gå till. Standarderna är oftast av en teknisk natur och beskriver mer detaljerat hur lagkrav kan uppfyllas. En harmoniserad europeisk standard publiceras i Europeiska Gemenskapens offentliga tidning (EGT). Då en standard är publicerad innebär det att den överinstämmer med hälsa och säkerhetskrav ställda av direktiven. På så sätt kan en harmoniserad standard vara till hjälp för verksamheter när det gäller att uppfylla direktivens krav. I Sverige finns standardorganisationerna SIS (Swedish Standards Institute) och SEK (Svensk elstandard). SEK handhar kompetensområde som internationella standardorganisationen IEC (International Electrotechnical Commission) och europeiska standardorganisationen CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) är ansvariga för. SEK fastställer svensk standard på det elektriska området.

SIS har hand om kompetensområden som inte rör elektrisk utrustning, internationellt hanteras detta av ISO (International Organization for Standardization) och i Europa av CEN (Comité Européen de Normalisation). En schematisk bild över aktuella standardiseringsorgan som behandlar Produktdirektivet ges i Figur 7-1.



Figur 7-1. Beskrivning av vilka standardiseringsorgan på olika nivåer som behandlar Produktdirektivet (94/9/EG).

7.1 Internationell standard

ISO är ett internationellt standardiseringsorgan med högkvarter i Genève, Schweiz, som behandlar alla område förutom det elektriska och området telekommunikation. ISO:s primära arbetsuppgifter är att fungera som ett koordinerat organ mellan de 157 länder som är medlemmar i organisationen. Organisationen är inte bunden till styrande regeringar inom medlemsstaterna utan fungerar som en länk mellan privata och offentliga intressen. De områden som berör elektronik behandlas istället av IEC. IEC har 51 fullvärdiga medlemsländer och 17 länder som är delmedlemmar. Huvudkontoret är precis som för ISO placerat i Genève. (ISO, 2007; IEC, 2007)

7.2 Europeisk standard

CEN är europeisk motsvarighet till ISO och har i dagsläget 27 medlemsländer. CENELEC berör det elektriska området och har 30 europeiska medlemsländer. För att underlätta följandet av de lagkrav som finns har den Europeiska kommissionen gett CEN och CENELEC i uppdrag att ta fram harmoniserade standarder. EU:s syfte med detta är att de båda standardiseringsorganen som berör elektrisk och icke-elektrisk (mekanisk) utrustning skall samarbeta för att ge direktiv 94/9/EG en optimal verkan. Det är av stor vikt att CEN och CENELEC inför liknande säkerhetsnivåer för att implementering av direktiv 94/9/EG skall bli så enkel som möjligt. (CEN 2007; CENELEC 2007)

7.3 Svensk standard

SIS är svensk ideell organisation som är medlem i både ISO och CEN. Organisationen är erkänd av SSR (Sveriges standardiseringsråd) och ansvarar för de kompetensområden som inte behandlar elektronik eller telekommunikation. SIS har precis som sina internationella motsvarigheter både privata och offentliga medlemmar. Det svenska standardiseringsorganet som berör det elektriska området är SEK. (SIS, 2007; SEK 2007)

8 RISKHANTERINGSPROCESSEN

Förutom underhåll är riskhantering ett lämpligt verktyg för att hantera problematik med brännbart damm inom processindustrin. Riskhantering består av flera delar och syftet med detta kapitel är att förklara vilka bitar av riskhanteringen som är viktiga för att hantera brännbart damm inom industrin. Följaktligen förklaras i detta kapitel uppkomst av oönskade händelser, riskhanteringsprocessens moment, problematik som generellt existerar och vad som bör beaktas. Koppling mellan ledningssystem, lärande organisation och riskhantering samt en generell beskrivning av riskhanteringsprocessen skildras även det.

Riskhantering är en process som systematiserar organisationers och verksamheters risker för att uppnå fastställda mål. Begreppet risk upplevs ofta enbart som negativt men genom att känna till risker skapas även positiva möjligheter. Det finns olika metoder och modeller när det gäller riskhantering. Det innebär att begrepp, processer, organisation och mål kan variera. Inom riskhantering är begreppsförvirring ett återkommande problem. (FERMA, 2006)

8.1 Företag och riskhantering

Företag skapar värde och genom att hantera risker kan beslutsprocesser förbättras. Resultat från en genomförd global undersökning, genomförd av Serveas & Tufano (2006), bland ekonomidirektörer utanför den finansiella sektorn visade att riskhantering ofta är underfinansierad och underskattad. I undersökningen ingick totalt 334 privata och offentliga företag från 39 länder. I studien fick företag värdera 19 finansiella aktiviteter utifrån följande frågeställningar; Vilka enheter är mest värdefulla? Vilka fungerar bra? Vilka är i störst behov av extra resurser? Svaren visade sig överlag vara likvärdiga. Ekonomidirektörerna var överrens om att riskhantering skapar ett värde för företaget. Vid rangordning hamnade dock riskhantering på åttonde plats av de 19 finansiella aktiviteterna. Beträffande hur bra och nöjda de var med företagets egen riskhantering blev resultatet en tionde plats. Gällande frågan om var extra resurser mest behövs, hamnade riskhantering på första plats. Detta svar var klart och entydigt bland direktörerna.

I undersökningen framkom också att 40 procent av de tillfrågade ekonomidirektörerna inte kunde uppskatta värdet av riskhanteringsfunktionen. Detta beror, enligt författarna till artikeln, på att ekonomidirektörerna antagligen inte känner att de har kontroll på företagets risker och riskhantering. (Serveas & Tufano, 2006) uppskattar att 20 till 40 procent av de tillfrågade företagen saknar en centraliserad riskhanteringsfunktion. Ett ännu större problem var att ungefär hälften av företagen inte följde upp och värderade sin riskhantering.

När ekonomidirektörerna fick frågan om vad som skulle kunna förbättra företagets riskhantering, blev svaret att de skulle vilja kunna mäta sina kvantifierbara risker på ett bättre sätt, att utöka systemet av risker, att bättre förstå icke-kvantifierbara risker och generellt få en bättre kunskap om riskhantering. Det område som ansågs ha störst utvecklingspotential för riskhantering var den egna organisationen. Det påpekades att de anställda måste utvecklas och få en ökad förståelse för risk samt att styrelsen måste få en förbättrad kunskap och insikt för innebörden av total riskhantering. Vidare fick direktörerna frågan om risk ingick i deras strategiska planeringsprocesser. Tio procent angav att de inte tar hänsyn till risk eller kvantifierar risk medan 55 procent svarade att de beaktar risk men att risk inte medräknas i strategiska planeringsprocesser.

Slutsatsen av undersökningen var att implementering av riskanalys i beslutsprocesser hittills är undermålig. Ekonomidirektörerna anser att riskhantering är viktigt eftersom den kan ge stora finansiella vinster och minska kostnader. (Servaes & Tufano, 2006)

8.2 Risk

Begreppet risk har ingen entydig definition och kan därför variera. En risk kan vara osäkerhet gällande framtida händelser eller sannolikhet att resultatet av en process inte motsvarar uppsatta förväntningar (Knechel, 2002). I de flesta sammanhang är risk någon negativ avvikelse. Vad som är en risk eller inte beror även på inställning till risk. Vid användande av begreppet risk gäller det att definiera vad risk innebär i det aktuella sammanhanget. Inom teknologisk vetenskap definieras risk oftast, enligt ISO/IEC 73, som svar på följande tre frågor (FERMA, 2006);

- Vad kan hända?
- Med vilken sannolikhet?
- Vilka konsekvenser medför det?

Denna definition av risk beaktar alltså både sannolikhet och konsekvens för oönskad händelse. (FERMA, 2006)

Efter det att begreppet risk fastställts kan risker kategoriseras. Kategorisering underlättar genomförandet av riskanalys. Risker kan delas in i följande tre grupper utifrån deras ursprung (Shyllander, 1998):

- Teknologiska risker (industriälaggningar)
- Naturliga risker (exempelvis skred)
- Sociala risker (exempelvis sabotage)

Ytterligare ett tillvägagångssätt för kategorisering av risk, baserad på grad av osäkerhet och slumpmässighet, presenteras av Thedéen (1998):

- Deterministiska risker
- Slumpmässiga risker med stor variation
- Risker som medför katastrofer

Deterministiska risker är risker som kan uppskattas till ungefär samma nivå år efter år med en begränsad variation. Totalt antal trafikolyckor i Sverige per år är en deterministisk risk. Slumpmässiga risker med stor variation förklaras med att stora konsekvenser också är möjliga vid enstaka fall. Eftersom slumpen genererar en större variation är konsekvens och sannolikhet av intresse i detta fall. Ett exempel på slumpmässiga risker med stor variation kan vara antalet trafikolyckor i en specifik kommun. En katastrof är en mycket omfattande olycka som inträffar med låg sannolikhet. Det är svårt att uppskatta låga sannolikheter vilket leder till att konsekvens ofta får större betydelse vid katastrofer. (Davidsson, 2003)

8.3 Oönskad händelse

Murphys lag även kallad "lagen om alltings jävlighet" är ett skämtsamt uttryck med innebörden att om något kan gå fel så kommer det också att göra det. (Nationalencyklopedin, 2007)

En oönskad händelse innebär att något som inte skall eller bör inträffa ändå blir verklighet. En oönskad händelse kan klassificeras efter dess konsekvens som ett tillbud, en olycka eller en katastrof.

- Ett tillbud är en oönskad händelse, som under andra förhållanden kunde ha föranlett förluster.
- En olycka är en oönskad händelse som innebär förluster som till exempel skada eller förlust av människa, produktion, material och produktion.
- En katastrof är oönskad händelse som har betydligt mer omfattande konsekvenser än en olycka och som har liten sannolikhet att inträffa.

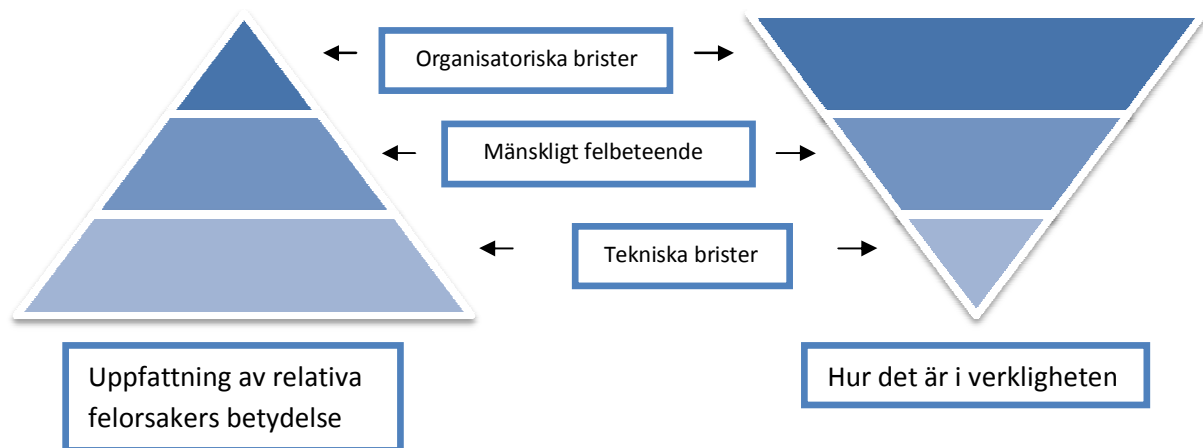
(Davidsson, 2003)

Anledning till att oönskade händelser uppstår beror i normala fall inte på avsaknad av kunskap och information. Problemet är istället att den kunskap och information som finns inte utnyttjas på ett effektivt sätt. Flertalet inträffade olyckor föregås i de flesta fall av ett antal tillbud eller varningar från till exempel anställda och skulle ha kunnat undvikas om dessa signaler registrerats och lämpliga åtgärder applicerats. Det är inte ovanligt att samma typ av oönskad händelse inträffar mer än en gång inom en organisation. Oönskade händelser kan förklaras genom situationer som uppkommer i en verksamhet, exempelvis införda förändringar, felaktigt utförda operationer vilka ej ingår i organisationens rutiner, brister vid kommunikation eller brister i instruktioner. (Wennersten, 2003)

Wennersten (2003) har sammanställt generella erfarenhetsbaserade slutsatser av varför oönskade händelser inträffar. Det som primärt är viktigt att förbättra inom säkerhetsarbete är:

- Ett fungerande ledningssystem som bland annat innehåller goda rutiner för riskhantering
- En ansvarsfull ledning som tydligt i ord och handling prioriterar säkerhet framför produktion
- Kompetent personal med kunskap om riskhantering och egen verksamhet

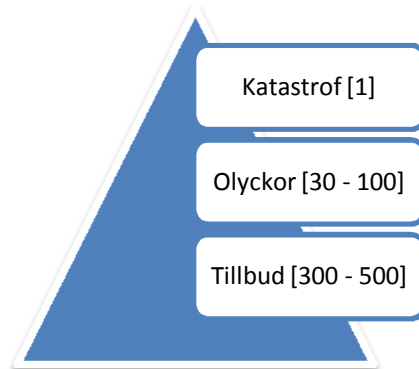
I ett företag uppskattas att 85 % av alla oönskade händelser inträffar på grund av organisatoriska brister och resterande fel orsakas av anställda (Hamilton, 1996). I Figur 8-1 illustreras hur uppfattning av relativa felorsakers betydelse förhåller sig mot verkligheten.



Figur 8-1. Hur relativa felorsaker uppfattas motsvarar inte verkligheten. (Hamilton, 1996, s. 20)

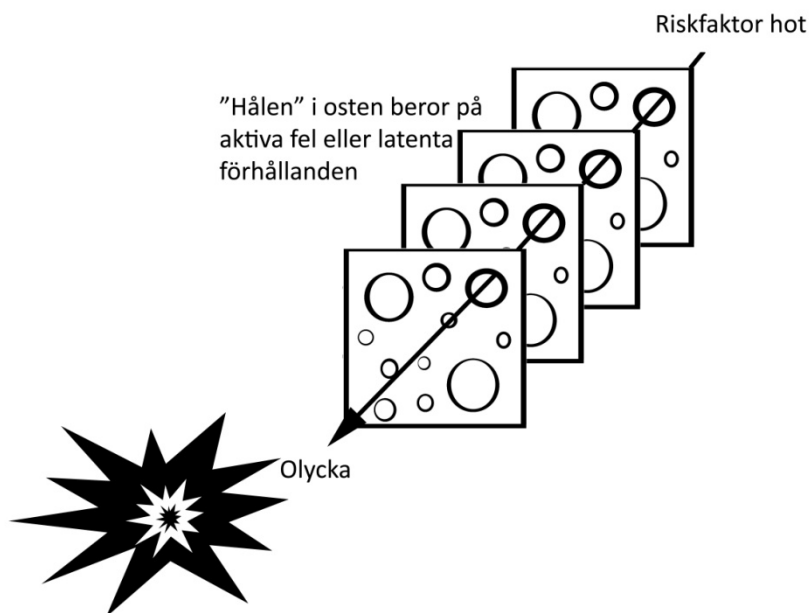
Isbergsteorin, även kallad riskpyramiden, är en modell för att beskriva förhållandet mellan tillbud, olyckor och katastrofer. Teorin går i korthet ut på att tillbud fungerar som en bas för alla olyckor (se Figur 8-2). Minimeras antalet tillbud minimeras också antalet personskadeolyckor och dödsfall. På

300 till 500 tillbud går det 30 till 100 olyckor med mindre skador och en olycka med mycket allvarlig skada eller katastrof. Förebyggande av olyckor görs bäst genom att studera de tillbud som förekommer inom den aktuella organisationen. (Akselsson, 2006; Nystedt, 2000)



Figur 8-2 Riskpyramiden eller isbergsteorin. (Nystedt, 2000, s. 4)

För att illustrera hur en oönskad händelse, exempelvis dammexplosion, kan inträffa trots att det finns skyddande barriärer installerade, ger Reasons "schweizerostmodell" en bra bild. Reason menar att trots att flera skyddande barriärer är i bruk kan ett totalt skydd aldrig erbjudas. Med andra ord kan en risk inte elimineras fullständigt. Hålen i ostskivorna representerar aktiva fel och latenta förhållanden. Aktiva fel är sådana fel som människor begår i direkt anslutning till en process. Latenta förhållanden är inbyggda fel i system som skapats av beslutsfattare och konstruktörer. Dessa fel har oftast existerat under lång tid och kan därför vara svåra att upptäcka. Exempel på latenta förhållanden kan vara brister i underhåll, ledning, eller utbildning. I Figur 8-3 visas Reasons "schweizerostmodell", där energi utgör potentiell fara och skyddsbarriärer kan vara underhåll, skyddsutrustning, utbildning, kunskapsnivå i organisationen samt diverse larmfunktioner.



Figur 8-3. Reasons "schweizerostmodell" över latenta förhållanden och aktiva fel. (Akselsson, 2006, s. 92)

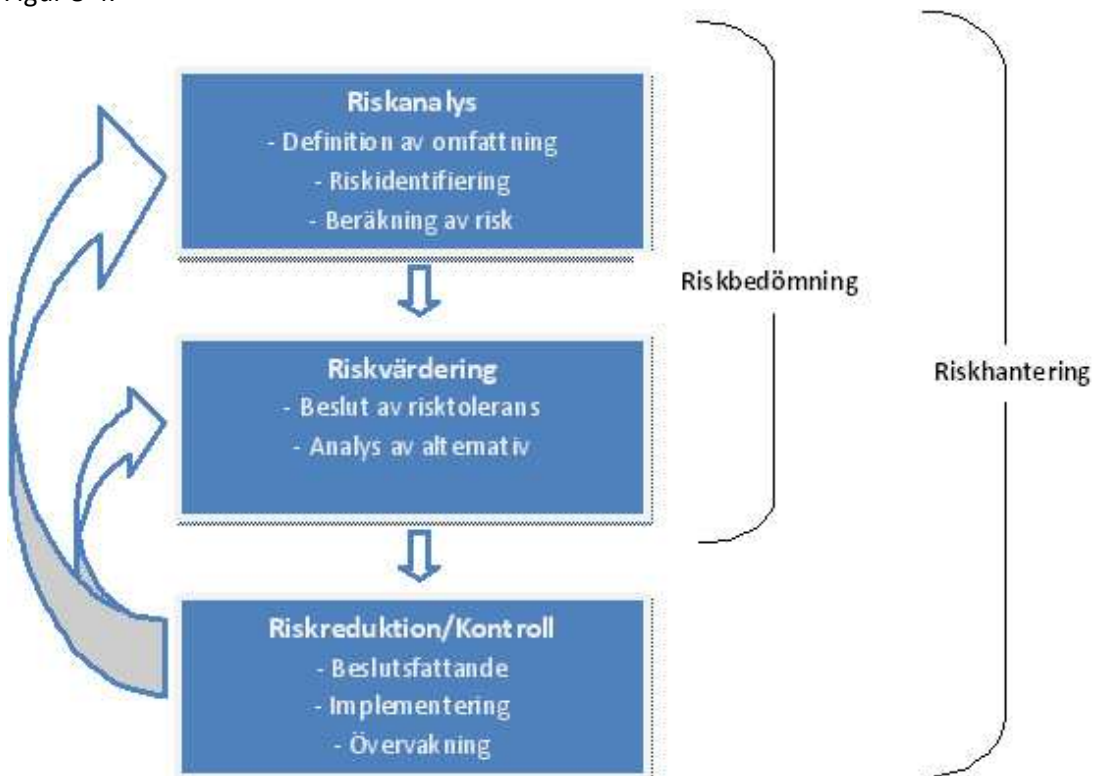
Under vissa förutsättningar kan samtliga barriärer sättas ur spel. Konsekvensen blir att en oönskad händelse inträffar. Vid konstruktion och installation av barriärer är det viktigt att förstå den mänskliga faktorns roll. Mänskliga fel kommer alltid att begås och ett system måste vara konstruerat på ett sådant sätt att konsekvensen av ett eller flera mänskliga fel inte resulterar i en allvarig olycka (Akselsson, 2006). Mer än 80 % av alla skador som drabbar oss globalt, direkt eller indirekt, beror på mänskliga faktorer. Naturkatastrofer orsakar resterande skador (Hamilton, 1996).

8.4 Modell för riskhantering

För att minska begreppsförvirring har standardiseringsorganen International Electrotechnical Commission (IEC) och Federation of European Risk Management Association (FERMA) gett ut standarder som behandlar ämnet riskhantering. I dessa standarder anges bland annat vad som bör ingå i en riskhanteringsprocess och definitioner av nödvändiga begrepp. Standardernas syfte är bland annat att ge en ökad samsyn och kommunikation. Att använda en standard kan underlätta vid exempelvis extern kvalitetsgranskning eftersom eventuella missförstånd kan minska vid revidering. (Holmgren & Thedén, 2003)

När det gäller utformning av riskhanteringsprocessen varierar den mellan olika organisationer. Detta beror bland annat på verksamhetstyp och organisationsstorlek. Gemensamt borde dock vara att ett helhetsperspektiv beaktas och omfattar finansiella, strategiska och operativa risker samt skaderisker. Genom att finna orsakssamband mellan dessa risker kan förhållandet optimeras mellan personsäkerhet, driftsäkerhet och driftkostnad. Detta medför att verksamheter kan göra besparingar samtidigt som personalens säkerhet förbättras och en högre driftsäkerhet uppnås. (FERMA, 2006)

Inom dagens riskhantering är det praxis att använda sig av den modell som IEC tagit fram. IEC-modellen delar upp riskhantering i tre moment; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se Figur 8-4.



Figur 8-4. IEC-modellen för riskhantering. (IEC 300-3-9, 1995, s. 41)

8.5 Riskanalys

Riskanalys innebär en systematisk identifiering av risker och uppskattning av aktuella risknivåer (Davidsson, 2003). Det finns många modeller och metoder att välja emellan vid genomförandet av en riskanalys och vid utvärdering av lämplig riskanalysmetod finns det flera viktiga faktorer att beakta. En riskanalys måste anpassas efter den egna verksamheten och dess målsättning, vilket innebär att utförandet av en riskanalys kan ha stora variationer. För att en riskanalysmetod skall vara lämplig måste den vara användbar, praktisk och trovärdig i sitt sammanhang. Med användbar menas att resultatet från en riskanalys måste kunna uttryckas i termer som kan begripas och tolkas av ett företags ledning. Att en analys skall vara praktisk innebär att värdet av att genomföra den är större än dess kostnad. För att en riskanalys även skall vara trovärdig krävs det att osäkerheter i analysresultat är inom acceptabla gränsvärden. (Hamilton, 1996)

8.5.1 Riskanalysmetoder

Vid val av riskanalysmetod är det viktigt att förstå vilka olika metoder av riskanalyser som existerar och deras omfattning. Nedan beskrivs kortfattat olika analysmetoder som förekommer i litteratur och vad som skiljer dem åt:

- Grov eller detaljerad analys?
- Kvalitativ eller kvantitativ analys?
- Deterministisk (konsekvensbaserad) eller probabilistisk (riskbaserad) metod?

Om en analys skall vara *grov* eller *detaljerad* beror på följande frågeställningar (Davidsson, 2003):

- Hur långt har riskanalysarbetet framskridit i riskhanteringsprocessen?
 - Inledningsvis är en grov modell att rekommendera
- I vilken fas är verksamheten som analyseras?
 - Tillgång till information ökar ofta allteftersom
- Vilket är syftet med analysen?
 - Vad skall resultatet användas till?
- Vilka resurser finns tillgängliga?
 - Resurser är ofta begränsade. I flertal fall är det bättre att översiktligt bedöma risker i verksamheten eller systemet istället för att genomföra detaljerad analys av mindre delar, vilket innebär att större risker kan förbises.

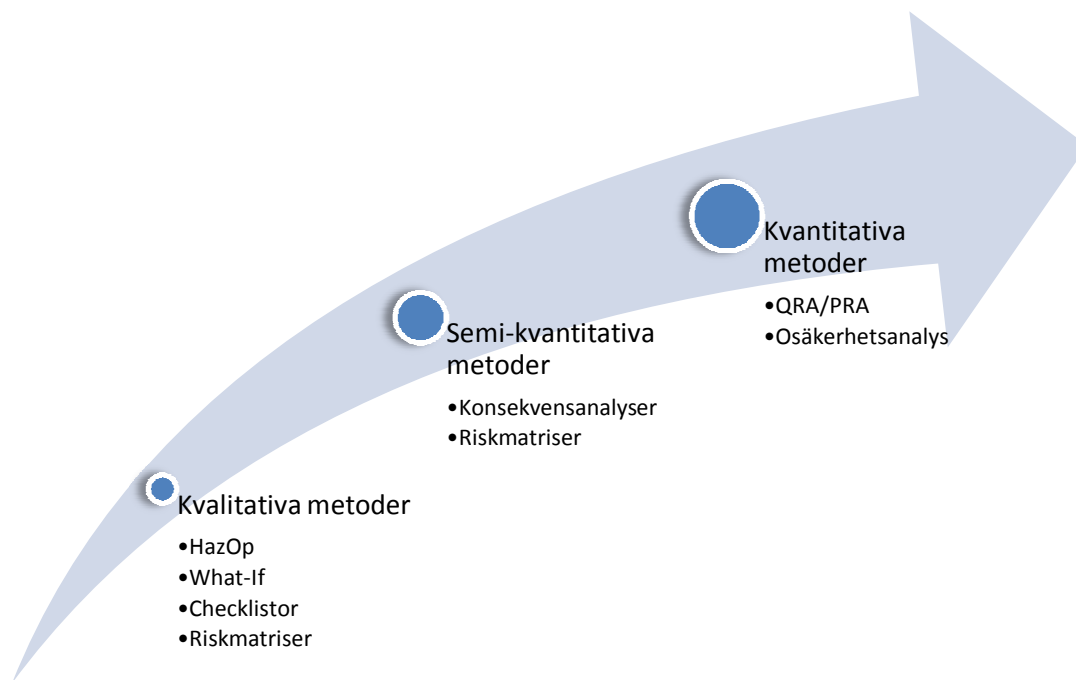
I en *kvalitativ riskanalys* beskrivs och bedöms risker utifrån ett logiskt resonemang. Ett områdes risknivå anges med olika beteckningar som liten, stor, betydande eller obetydande. Till grund för bedömning ligger erfarenhet av sannolikhet och konsekvens. Erfarenhet erhålls genom diskussion med sakkunniga, vilka kan vara ingenjörer, tekniker eller konsulter. (Räddningsverket, 1998)

Kvantitativ riskanalys innebär att risker fastställs matematiskt, vilket innebär att risker anges med ett siffervärde. Denna typ av riskanalys har sitt ursprung i processindustrin. Vid genomförande uppskattas sannolikhet och konsekvens för att en oönskad händelse skall inträffa varefter de kombineras till ett riskmått, vilket anger den oönskade händelsens risknivå. (Räddningsverket, 1998)

Ett annat sätt att dela in riskanalysmetoder är efter vilka moment som beaktas i analysen. *Deterministisk analys*, även kallad konsekvensbaserad eller händelsebaserad analys, omfattar endast oönskade händelsers konsekvenser och tar i princip ingen hänsyn till sannolikhet. Två begrepp som är vanligt förekommande är värsta tänkbara skadehändelse och dimensionerande skadehändelse. Vårs-

ta tänkbara händelse är den olycka som kan medföra störst skada medan dimensionerande skadehändelse är skada vilken kan begränsas med skadereducerande åtgärder. En fördel med denna analysmetod är att den är relativt lätt att genomföra och resultatet är enklare för icke insatta individer, exempelvis beslutsfattare, att förstå. En nackdel är dock att mindre troliga, mindre och katastrofala skadehändelser utelämnas. (Räddningsverket, 1998)

Probabilistiska metoder (riskbaserad analys) utgår från både sannolikheter och konsekvenser av oönskade händelser för att uppskatta risknivåer. En väl genomförd riskanalys som utgår från probabilistisk ansats har bra förutsättningar att fungera som ett beslutsunderlag. En nackdel är att dessa metoder kräver stora resurser, ibland orimligt stora, och att antal osäkerheter kan vara många, vilket påverkar resultatet. (Davidsson, 2003)



Figur 8-5 Kategorisering av riskanalysmetoder efter kvalitativa och kvantitativa inslag (Olsson, 1999). Valet av riskanalysmetod beror bland annat på målsättning och tillgängliga resurser, t.ex. tillgång till indata, kompetens och disponibel tid. Pilens växande tjocklek symboliserar behovet av ytterligare resurser. Under varje kategori anges exempel på riskanalysmetoder. (Nilsson, 2003, s. 20)

8.5.2 Definiera mål och avgränsningar

Målet med en riskanalys kan variera beroende på typ verksamhet och dess processer. Målet med en riskanalys bör vara att fastställa risker som kan påverka människa, miljö och egendom. Vidare bör en riskanalys fungera som ett beslutsunderlag vid fastställande av eventuella åtgärder. En riskanalys skall helst redovisa potentiella åtgärder ur ett kostnadseffektivt perspektiv, vilket underlättar kommande beslutsprocess. En förväntad och reducerad skadekostnad till följd av en åtgärd, skall ur ett ekonomiskt perspektiv vara större än kostnad för genomförandet. (Hamilton, 1996)

För att ett riskanalysarbete skall hålla hög kvalitet krävs att kvalitetskrav fastställs innan arbetet inleds. Efterlevnad av dessa krav bör kontrolleras under och vid avslutandet av ett riskanalysarbete. Krav kan exempelvis omfatta planering, genomförande, redovisning av resultat, granskning och verifikation. (Davidsson, 2003)

Något som styr avgränsning av riskanalysers omfattning är tillgängliga resurser, vilket exempelvis kan vara disponibel tid. Verkligheten består av många parametrar och att finna alla orsakssamband och hur förändringar i dessa påverkar varandra kan vara omöjligt i ett praktiskt men även teoretiskt perspektiv. Av denna anledning måste avgränsningar införas så att det som är väsentligt för att uppnå målet analyseras. (Davidsson, 2003)

8.5.3 Riskidentifiering

En korrekt utförd riskidentifiering är av yttersta betydelse för en effektiv riskhantering eftersom riskidentifiering kan ses som grund för hela riskhanteringsprocessen (FERMA, 2006). De risker som upptäcks beröra en verksamhet, internt som externt, skall dokumenteras. Med dokumentation avses i detta fall att kortfattat beskriva risker, var de existerar och hur de kategoriseras. Riskidentifiering utförs många gånger av externa konsulter men det är viktigt att riskhanteringsprocessen är utformad internt (FERMA, 2006). Vid riskidentifiering är det även viktigt att identifiera vem som är ansvarig för respektive risk, så kallad riskägare, och att dokumentera detta. Vid delegering av ansvar för risk gäller det att beakta en individs kunskap och befattning inom organisationen (Abrahamsson & Magnusson, 2004).

Vid riskidentifiering skall alla risker, interna och externa, kartläggas utan att deras sannolikhet inledningsvis beaktas. Detta för att risker som har låg sannolikhet för att inträffa kan innebära stora konsekvenser på människa, miljö eller egendom. Vidare är det viktigt att förstå att en oönskad händelse ofta beror på interaktioner mellan olika händelser. Händelser kan vara harmlösa var för sig men om de interfererar med varandra kan det leda till en eller flera oönskade händelser. Att kartlägga orsakssamband medför även en del positiva effekter i kommande moment av riskhanteringsprocessen eftersom antal osäkerheter minskar. (Davidsson, 2003; Svedung & Rasmussen, 1997)

Vid identifiering av risker, speciellt i komplexa och dynamiska system, har det visat sig att ett det är lämpligt med ett holistiskt synsätt. Ett holistiskt synsätt innebär att problem betraktas ut ett brett perspektiv. Detta synsätt finns ofta hos systemexperter men ej hos noviser. Systemexperter fokuserar på det totala systemet och ser det som ett nätverk av olika parametrar och deras interaktion medan noviser fokuserar mer på oberoende parametrar och deras inverkan på ett system (Jacobson, 2001). Ett holistiskt systemtänkande hjälper individer att bättre förstå hur systemet generellt fungerar och betydelsen av olika parametrar i systemet och deras interaktion (O'Donnell, 2005). Detta medför även att kommande beslutsprocess blir effektivare, färre fel begås och att beslut även får bättre reliabilitet gällande en organisations uppsatta mål för säkerhet och ekonomi (Choy & King, 2005).

Perrow (1984) menar att ett system kan förklaras genom ett systems interaktioner (linjära eller komplexa) och kopplingar (lösa eller täta). Ett linjärt system innebär att det är möjligt att beskriva hur ett systems komponenters beror av varandra. Utifrån detta kan tänkbara konsekvenser uppskattas eller förutsägas. I ett komplext system är det inte möjligt att uppskatta interaktioner mellan systemkomponenter och möjliga konsekvenser. Av denna anledning är ett komplext system mer sårbart än ett linjärt system. Hur komplext ett system är beror bland annat på antal sektioner och beroende mellan enheter och subsystem. En tät koppling innebär att det inte finns något mellanrum eller buffert emellan subsystem. Detta betyder att om något inträffar i ett undersystem får det direkta konsekvenser i andra subsystem. En lös koppling däremot innehåller någon form av buffert, vilket medför att en konsekvens i ett subsystem får en mindre påverkan eller ingen alls. För att identifiera risk- eller

olyckskällor ur ett systemperspektiv ger Tabell 8-1, framtagen av Räddningsverket, en översiktsbild (Svedung & Rasmussen, 1997).

Tabell 8-1. En specifik olyckskälla kan relateras till ett systems struktur och dess komponenters typ av koppling. Det går att urskilja två typer av olyckskällor, klart definierad och oklart definierad olyckskälla. För klart definierade olyckskällor kan systemstrukturer vara väl strukturerad eller mindre väl strukturerad. För en oklart definierad olyckskälla är det svårt att förklara och förstå variabler som frambringar en olyckskälla. (Svedung & Rasmussen, 1997, s. 48)

Systemstruktur Olyckskälla	Väl strukturerad och funktionellt tätt kopplad	Mindre väl strukturerad och lösare kopplad
Klart definierad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Risk i samband med en väl definierad fysisk process ➤ Olycksförloppets anatomi efter att det lösts ut bestäms av designade barriärer ➤ Kontroll genom att avbryta olycksförloppet efter att det har utlösts ➤ Riskstyrning genom att bevaka och underhålla de designade barriärernas tillstånd ➤ Förutsägande riskanalyser som grund design av barriärer 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Risk i samband med en väl definierad fysisk process ➤ Olycksförloppets anatomi efter att det har lösts ut bestäms av lokala och tillfälliga förhållanden ➤ Kontroll genom att avlägsna potentiella orsaker till att olyckor utlösts ➤ Riskstyrning genom att bevaka potentiella orsaker till att olyckor utlöses och genom allmänna räddningsinsatser ➤ Känslighetsanalys av olyckskällan används för att identifiera möjliga orsaker till att olyckor utlöses
Oklart definierad		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Många olyckskällor från olika typer av processer/aktiviteter ➤ Olycksförloppen varierar starkt ➤ Kontroll genom att avlägsna möjliga utlösande orsaker och förhållanden ➤ Riskstyrning genom att stämma av beteende mot säkra arbetsrutiner ➤ Epidemiologiska analyser av inträffade olyckor används för att definiera "säkra rutiner"

8.5.4 Bedömning av sannolikhet och konsekvens

Inledningsvis är det lämpligt att identifiera riskers sannolikheter, konsekvenser och orsakssamband kvalitativt. De risker vilka anses utgöra störst fara kan sedan vid behov utvärderas mer utförligt (FERMA, 2006). Inom industri och andra områden används ofta en teknologisk definition av risk, vilket innebär ett riskmått som inkluderar både sannolikhet och konsekvens. Förutsättning är dock att både sannolikhet och konsekvens kan kvantifieras (Davidsson, 2003).

När det gäller att uppskatta sannolikhet är det av stor vikt att källor som används har så låg osäkerhet som möjligt. Enligt Riskkollegiet (1998) kan potentiella informationskällor delas upp i empiriska skattningar, logiska system och expertbedömningar. Empiriska skattningar är den källa som har störst tillförlitlighet eftersom dessa utgår från statistiska data. Det är dock viktigt att kontrollera statistiskt dataunderlag eftersom det alltid finns osäkerheter. Många gånger går det inte direkt att avläsa sannolikhet för en viss risk. Detta eftersom sökt risk beror på flertalet parametrar (exempelvis tekniska komponenter eller mänskligt handlande) och sambandet emellan dem. Först måste orsakssamband mellan parametrar utredas och därefter kan risker beräknas med någon metod, till exempel felträdsanalys. Då statistiskt underlag inte finns tillgängligt krävs det att sannolikhet uppskattas subjektivt av experter inom området. Subjektiv uppskattning innehåller högre osäkerhet än empirisk skattning och därför är det viktigt att försöka minimera denna osäkerhet. Detta kan göras genom att flera experters subjektiva uppskattningar vägs samman. Fler experter bör leda till lägre osäkerhet. För att underlätta arbetet vid kvantitativa riskanalyser antas ofta en konstant felintensitet. Önskade händelser i samband med inkörningsproblem och utslitning av systemkomponenter är av stor betydelse för en riskanalys och dessa får i de flesta fall bedömas kvalitativt (Davidsson, 2003).

Att bedöma konsekvenser av en olycka är många gånger svårt. Ett händelseförlopp beror på ett flertal parametrar och därför krävs det stor kunskap om aktuell verksamhet, processteg, processmaterial, byggnadskonstruktion, maskiner och arbetsrutiner. Konsekvensbedömningar skall utföras av experter (FERMA, 2006). Ett vanligt angreppssätt är att dela in konsekvenser i olika huvudgrupper som människa, miljö och egendom (exempelvis ekonomi och produktion). Konsekvensbedömningar kan precis som sannolikhetsbedömningar vara svåra att beräkna och kan då istället bedömas kvalitativt. Konsekvenser kan uttryckas med värdeladdade ord som liten, stor, betydande eller obefintlig. De värdeladdade beteckningarna skall klassificeras för att möjliggöra bedömning av risker. Eftersom konsekvenser klassificeras blir det många gånger stora inslag av kvantitativ bedömning. (Räddningsverket, 1998)

8.5.5 Hantering av osäkerhet i riskanalys

Riskanalyser är ingen exakt vetenskap och innehåller alltid osäkerheter. Osäkerhet är ett komplext ämne som diskuteras flitigt inom riskhanteringsområdet. Vid all bedömning av risk existerar det någon form av osäkerhet (Klinke & Renn, 2002) och i en riskanalys finns det osäkerheter i alla ingående delmoment (Society of Fire Protection Engineers, 2005). Det är viktigt att känna till en riskanalys osäkerheter eftersom de påverkar resultatet. Vid en beslutssituation är det av stor vikt att redogöra vilka osäkerheter som existerar, hur dessa hanteras och hur dessa osäkerheter kan påverka resultatet. Tyvärr är behandling av osäkerheter något som ofta ej beaktas eller prioriteras (Davidsson, 2003).

Osäkerhet kan existera till följd eller orsakas av:

- tillgängliga resurser

- mål och syfte
- bristfällig riskidentifiering
- avgränsningar, förenklingar och antaganden
- indata (statistisk osäkerhet och kunskapsosäkerhet)
- beräkningsmodeller för sannolikhet och konsekvens (validitet och reliabilitet)
- riskers föränderlighet

Vid genomförandet av en riskanalys krävs det resurser i form av exempelvis tillgänglig personal och arbetstid. En kvantitativ analys (probabilistisk riskanalys) kräver ofta stora resurser, vilket inte alla organisationer och verksamheter har tillgängligt. Tid är många gånger en begränsad tillgång vilket leder det till att ett system behöver avgränsas och förenklas genom flertalet antaganden. (Davidsson, 2003)

Fel som begås i en riskanalys inledande moment påverkar kommande moment och en del fel är inte möjliga att rätta till i efterhand. Riskidentifiering är ett avgörande moment för en riskhanteringsarbetet eftersom risker som inte identifieras kan inte heller bedömas och åtgärdas. Antal och omfattning av osäkerheter som uppstår vid identifiering av risker beror på tillvägagångssätt, val av detaljgrad och kompetens i analysgrupp. (Davidsson, 2003)

Utförande av en riskanalys antas ske enligt god ingenjörsmässig praxis och därför inkluderas inte vanliga analytiska misstag som matematiska fel eller felaktig genomförd enhetskonvertering (Society of Fire Protection Engineers, 2005). Det moment som vanligtvis får stort utrymme vid diskussion kring osäkerhet i samband med riskanalys är sannolikhetsbedömning (Davidsson, 2003). Kvantitativa riskanalyser anger en beräknad nivå av en risk. Inom en del industrier är detta möjligt eftersom de har tillgång till statistiska data. I ett stort antal sammanhang existerar dock en överskattning av kvantitativ datas vetenskapliga noggrannhet. Det är viktigt att beakta kvaliteten av data och om eventuellt finns några tveksamheter kring datakällan (Holmgren & Thedéen, 2003). Historiska data kan vara felaktiga, ofullständiga eller helt enkelt olämpliga i det undersökta sammanhanget (Davidsson, 2003). Vid tveksamheter kring data eller datakällor är det bättre att utföra en grundlig och detaljerad kvalitativ riskanalys (Holmgren & Thedéen, 2003). Vidare gäller att alla matematiska beräkningsmodeller innehåller osäkerheter eftersom de innehåller förenklingar och antaganden. Detta eftersom verkligheten är betydligt mer komplicerad. Att ta hänsyn till alla parametrar och eventuell variation är inte praktiskt genomförbart (Davidsson, 2003).

8.5.6 Riskanalysers kvalitet

Begreppet kvalitet definieras enligt svensk standard (SS-ISO 8402) som alla sammantagna egenskaper hos ett objekt eller en företeelse vilka ger dess förmåga att tillfredsställa uttalanden och underförstådda behov. För att riskanalysarbetet skall vara av hög kvalitet krävs det att kvalitetskrav på riskanalysarbetet fastställs innan det inleds. Efterlevnad av krav skall kontrolleras under och vid avslutandet av riskanalysarbetet. Krav kan omfatta planering, genomförande, redovisning av resultat, granskning och verifikation. (Davidsson, 2003)

Morgan & Henrion's (1990) anser att det bör ställas kvalitetskrav på riskanalyser. De har kommit fram till att följande tio kriterier skall uppfyllas för att en riskanalys skall anses vara av bra kvalitet;

- studera adekvat litteratur, konsultera experter och praktiker inom ämnet
- låt analysen vara probleminriktad

- gör analysen så enkel som möjlig men inte för enkel
- identifiera alla antaganden som kan anses signifikanta
- var tydlig om den osäkerhet som gäller
- utför en systematisk känslighets- och osäkerhetsanalys
- se problemformulering och analys som en iterativ process
- gör en tydlig och fullständig dokumentation
- underkasta analysen en peer-review

8.6 Riskvärdering

Inom all processindustri gäller att ingen anläggning, utrustning, process eller operation är helt tillförlitlig. Mänsklig aktivitet innebär alltid risker, medvetna eller omedvetna. Att eliminera alla risker är i princip omöjligt och därför är det istället viktigt att försöka minimera risker till en acceptabel eller tolerabel nivå (Kemikontoret, 2001). Förluster kan anges i tid, kostnad eller kvalitet eller som en kombination av dessa då det finns orsakssamband (Mattson, 2000).

8.6.1 Riskkriterier

Varje organisation behöver fastställa acceptanskriterier för risker och säkerhet. Acceptanskriterier kan anges som nyttokostnad, lagkrav, miljökrav eller betydelse för intressenter. (FERMA, 2006)

Två vanliga mått på risknivå är individrisk och samhällsrisk. Begreppet individrisk innebär risk för att en given individ skall drabbas av en olycka, till exempel en arbetare på det egna företaget. Samhällsrisk definieras istället som risk för en eller flera individer i hela samhället att drabbas en olycka. (Räddningsverket, 1998)

Vad som är tolerabel risknivå är svårt att avgöra i avsaknad av nationella kriterier. Många länder har ingen politisk fastställd risknivå, vilket innebär att det är upp till den enskilde att avgöra vad som kan anses vara tolerabel risknivå. Nederländerna är ett av få länder som politiskt har fastställt toleransnivåer gällande risk. Risknivåerna anges som risk för att någon person skall omkomma till följd av olycka per givet tidsintervall, exempelvis en olyckshändelse med dödlig konsekvens mellan 100 000 och 1 000 000 år. Detta innebär att riskanalyser utförs probabilistiskt och att sannolikhet och konsekvens fastställs kvantitativt, men det finns undantag. Riskerna presenteras i form av individriskkurvor. Räddningsverket belyser i sin forskningsrapport "Riskhänsyn i fysisk planering" (1998) att nederländska riskkriterier kan vara lämpliga att följa till dess att Sverige finner någon form av sannolikhetsbaserade värderingsnormer. I skrivande stund har Sverige inte infört några sådana riskkriterier (författarnas anmärkning).

De riskkriterier som fastställs är av stor betydelse då resultat från en riskanalys skall presenteras för beslutsfattare. Värdering av risk kan utgå från nedan beskrivna principer:

- **Rimlighetsprincipen** går ut på att risker som kan elimineras eller reduceras till rimliga kostnader alltid skall åtgärdas.
- **Proportionalitetsprincipen** innebär att nyttan av åtgärder skall vara proportionerliga mot de totala riskerna för verksamheten.
- **Fördelningsprincipen** går ut på att enskilda och grupper inte skall vara utsatta för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- **Principen om undvikande av katastrofer** innebär att risker inte skall resultera i konsekvenser som tillgängliga beredskapsresurser inte kan hantera.

(Räddningsverket, 1997)

I samhället finns det en strävan mot ständigt förbättrad säkerhetsnivå, vilket bör beaktas i riskkriterierna. Kriterierna bör vara konstruerade så att de klarar av dynamiska förändringar med hänsyn till samhällets tekniska, ekonomiska och sociala utveckling. Vid utformning av kriterier är det viktigt att beakta vald riskanalysmetods begränsningar och dess möjligheter, eftersom de annars ej kommer att vara praktiskt tillämpbara. Vidare skall riskkriterier se till kostnadseffektivitet hos olika åtgärder som kan påverka identifierade risker. (Räddningsverket, 1997)

8.6.2 Kostnads-nyttaanalys

Kostnads-nyttaanalys eller CBA (Cost-Benefit-Analysis) har som syfte att rangordna åtgärder genom att jämföra kostnad för vald åtgärd med nytta för den samma. När nytta skall jämföras med kostnad måste detta ske i en gemensam enhet, vanligtvis görs detta i ekonomiska termer (Räddningsverket, 1997). Kostnads-nyttaanalys kan utgöra ett underlag vid beslutsfattande. Exempel på användningsområden där CBA används vid beslut är miljö, sjukvård, stadsbyggnad, trafik och brandsäkerhet. Vägverket använder sig av CBA när de bedömer hur säkerheten skall öka på valda vägsträckor runt om i Sverige. Vägverket värderar ett människoliv till en fast summa och jämför sedan denna summa med priset för att införa en riskreducerande åtgärd. Är kostnaden för att införa den riskreducerande åtgärden lägre än värderingen av ett människoliv, införs åtgärden. Skulle däremot summan av kostnaden vara högre för åtgärden än för värderingen av ett liv, införs ej den planerade åtgärden. (Mattsson, 2000)

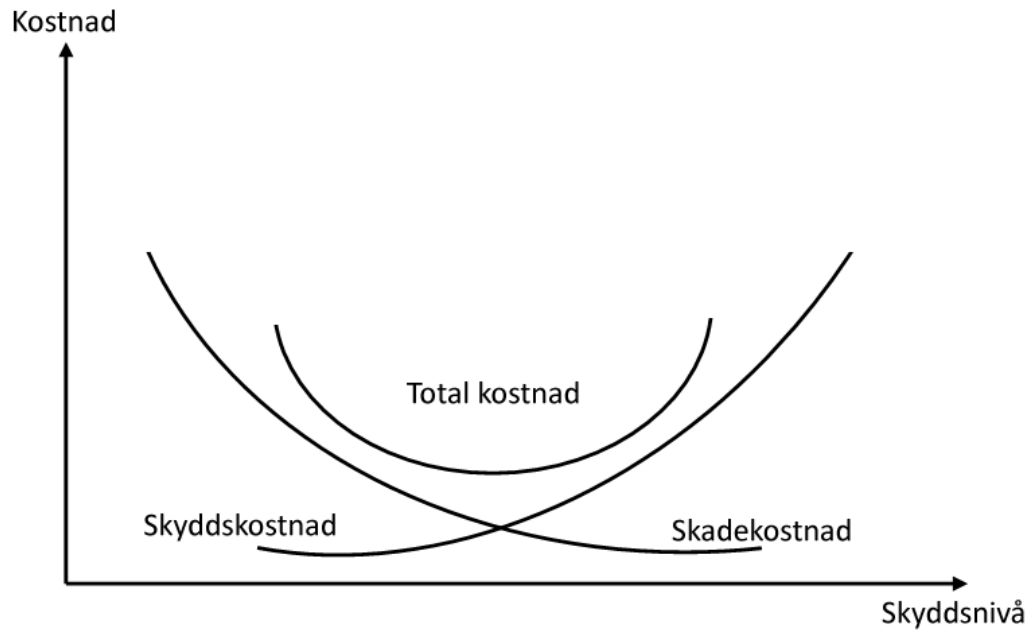
Inom industrin är det lämpligt att använda sig av CBA för att undersöka om införande av en säkerhetsåtgärd är ekonomiskt gångbart med hänsyn till risk för maskinhaveri eller produktionsförluster. För industrin kan riskreducerande resultera i följande kostnader:

- **Kapitalkostnader** för exempelvis utrustning, mark eller flyttning av utrustning.
- **Driftskostnader** för exempelvis extra personal, övningar eller extra underhållskostnader.
- **Förlorad vinst** om den riskreducerande åtgärden innebär minskad produktion eller att företaget helt måste avstå från någon del av verksamheten.

Dessa kostnader ovan måste i en CBA vägas mot vilka besparingar som den riskreducerande åtgärden innebär. Exempel på besparingar kan vara:

- **Personskador** är inte nödvändigtvis en direkt kostnad för en industri och blir därför svår att värdera.
- **Räddningskostnader** blir aktuella vid bärgning, sanering, räddning, med mera.
- **Skadad egendom.** Kostnader för skadad egendom kan både vara inom som utanför en industriell anläggning.
- **Miljöskadekostnader** kan bli väldigt stora om företaget har ett utsläpp av exempelvis kemikalier.
- **Försämrade relationer.** Indirekta kostnader kan uppstå om olyckan på anläggningen resulterar i att kontakten med leverantörer eller köpare försämras.
- **Produktionsavbrott** kan innebära kostnader för industrin. Vid längre avbrott blir kostnaderna större.
- **Övriga kostnader** kan uppenbara sig i form av exempelvis försäkringskostnader och skadestånd.

Riskkostnad är total kostnad för skador och skyddsåtgärder i en stor utsträckning. I Figur 8-6 visas en graf över förhållande mellan skydd och skadekostnader



Figur 8-6. Graf över hur förhållandet mellan skydds-, skade- och riskkostnad. Riskkostnad är summan av skydds- och skadekostnader. (Nystedt, 2000, s. 9)

Att göra en korrekt bedömning av storleken på kostnader som uppstår vid en oönskad händelse är synnerligen besvärligt. Osäkerheten blir därför i många fall hög när en kostnads-nyttaanalys genomförs. (Räddningsverket, 1997)

Vid inköp av maskinutrustning till industrin genomförs ofta en ekonomisk bedömning vid förvärvet. En sådan investeringsbedömning omfattar i de flesta fall endast finansiella aspekter. Det är viktigt att komplettera denna analys med bland annat parametrar för driftsäkerhet. Stilleståndskostnader kan vara förödande, eftersom det kan leda till förlorade marknadsandelar och i värsta fall konkurs. En verksamhets image och förtroende hos kunder kan ta lång tid att bygga upp, men raseras på en sekund. (Nilsson & Persson, 1999)

Vid genomförande av en kostnads-nyttaanalys är det orimligt att genomföra beräkningar på komponentnivå. Istället kan systemet delas in i mindre delsystem varefter delsystem med hög fastställd risknivå utvärderas. De delar i ett delsystem som är av störst betydelse modelleras. (Davidsson, 2003)

8.7 Riskkontroll/reduktion

I denna del av riskhanteringsprocessen fastställs beslut om aktuell åtgärd för känd risk. Syftet är att försöka styra, reducera eller eliminera risker. (FERMA, 2006)

Att styra risker kan ske genom risktransferering. Risktransferering innebär att någon annan part ansvarar för risken. Detta kan utträttas med försäkring eller att någon annan får ekonomisk ersättning för ansvar av risk. Störst antal risker som identifieras åtgärdas med riskreducerande åtgärder så de inte överstiger högsta fastställda acceptabla risknivå. De kvarstående risker som varken kan styras eller reduceras till acceptabel risknivå behöver elimineras. Då tillgängliga resurser är begränsade eller då kostnad är oproportionell mot den förväntad nytta av en riskåtgärd tolereras känd risk i vissa fall. (Abrahamsson & Magnusson, 2004)

8.7.1 Presentation av risk

En riskanalys skall granskas och accepteras av personer utanför riskanalysarbetet, vilket kräver att erhållet resultat från analys kan kommuniceras. Detta ställer krav på pedagogiskt och stilistiskt kunnande hos de som utfört en analys. Resultat bör presenteras på ett lättförståeligt, enkelt och trovärdigt sätt. (Davidsson, 2003)

Vid presentation av risker inom processindustri används många gånger en riskmatris. Anledning är att riskerna blir lättare att kommunicera med beslutsfattare. I Figur 8-7 visas ett exempel på hur en riskmatris kan se ut. (Davidsson, 2003)

		<i>Konsekvens [1-5]</i>				
		1	2	3	4	5
Sannolikhet [1-5]	Mycket hög [5]					
	Hög [4]				Hög risk	
	Låg [3]		Mellan risk			
	Mindre [2]					
	Försumbar [1]	Låg risk				
	Hälsa	Övergående lindriga obehag	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda eller svårt skadade	Några döda eller svårt skadade
	Egendom	< A milj. Kr	A-B milj. kr	B-C milj. kr	C-D milj. kr	>D milj. kr

Figur 8-7. Exempel på en riskmatris som tar hänsyn till hälsa och egendom. (Kemikontoret, 2001, s.42)

8.7.2 Beslutsfattande

För att beslut skall kunna fattas måste beslutsfattare känna till gällande lagar och förordningar. De flesta lagkrav är minimikrav på säkerhet. Riskåtgärder kan rangordnas efter kostnadseffektivitet och i begreppet kostnadseffektivitet jämförs kostnad för en riskreducerande åtgärd med förväntad nytta av lägre eller eliminerad risk. I detta sammanhang bör även eventuella kostnader av konsekvenser då åtgärd inte genomförs beräknas och beaktas (FERMA, 2006). Exempel på konsekvenser vid olycka är stilleståndskostnader, förlorade marknadsandelar, rykte och sämre moral och minskad lojalitet hos anställda. De två olika kostnaderna jämförs sedan av en organisations ledning varefter beslut om vilken åtgärd som skall införas fastställs (FERMA, 2006). Prioritering av åtgärder bör utföras i följande ordning: människa, miljö och egendom (Räddningsverket, 1998).

Beslutsfattande sker i princip alltid under någon form av osäkerhet. Beslutsfattande kan kategoriseras enligt följande (Mattson, 2000):

1. under säkerhet (utfall är kända)
2. under risk (det är möjligt att bedöma sannolikhet av möjliga utfall, men det går inte att fastställa vilket utfall som kommer inträffa)
3. under osäkerhet (sannolikheter kan ej fastställas för definierade utfall)
4. genuin osäkerhet (utfall okända)

De fyra ovan beskrivna situationer för beslutsfattande kan delas in fem osäkerhetsnivåer, se Tabell 8-2. Ju större osäkerhet som råder vid en beslutsituation desto större är risken att fel beslut fattas, vilket kan få konsekvenser i form av minskad säkerhet eller en kostnadsineffektivitet i riskhanteringsarbetet.

Tabell 8-2 Osäkerhetsnivåer vid beslutsfattande. (Mattson, 2000, s. 25)

Osäkerhetsnivå	Karaktäristiska	Exempel
1. Ingen (= säkerhet)	Utfallen kan fastställas	Relationen mellan cirkelns omkrets och diameter, fysiska lagar
2a. Objektivt beräknad sannolikhet	Utfallen kan definieras och sannolikheten för varje utfall är känd	Spel med tärning eller kort; t.ex. sannolikheten att få en sexa vid upprepade slag med en opreparerad tärning
2b. Subjektivt beräknad sannolikhet	Utfallen kan definieras men sannolikheten kan endast fastställas subjektivt ("grad av trolighet")	Många investeringar och olyckor
3. Osäkerhet	Utfallen kan definieras men sannolikheterna kan inte skattas utifrån något trolighetsresonemang	Många investeringar och olyckor
4. Genuin osäkerhet	Utfallen kan ej definieras	Genetisk forskning, rymdforskning

8.7.3 Implementering

Att implementera riskreducerande åtgärder kräver resurser. I detta sammanhang omfattar ordet resurs inte enbart tillgängligt kapital utan även en organisations kapacitet att genomföra åtgärder som krävs för att uppnå önskad riskpolicy. Riskhantering bör implementeras i strategi – och budgetprocesser och på så sätt blir riskhantering en naturlig del av arbetet inom en organisation. Detta leder i sin tur till en effektivare och säkrare organisation. Förståelse för riskhantering och riskpolicy bör även implementeras vid introduktionskurser och intern utbildning. (FERMA, 2006)

8.7.4 Övervakning

Organisationer är dynamiska och befinner sig i dynamiska miljöer, vilket innebär att om riskhantering skall vara effektiv krävs det att även den är dynamisk. För att ytterligare effektivisera riskhantering inom en organisation är en god rapporterings- och granskningsstruktur av stor vikt. Övervakning ser till att identifiera risker och att värdering av risker sker enligt riskkriterier och riskpolicy. Riskpolicy och riskkriterier skall kontrolleras och vid behov revideras för att uppnå de förbättringar som fodras. För att kunna efterleva fastställd riskpolicy krävs det kommunikation, ansvarsfördelning och rutiner. De anställda måste förstå sin roll i riskhanteringsarbetet och hur och med vem de skall kommunicera risker. De bör även känna till vilka risker som redan identifierats. (FERMA, 2006)

Vid granskningsprocesser är det viktigt att se om fastställda åtgärder genomförts och om förväntad effekt uppnåtts. Utifrån resultat kan värdering av policy och angreppssätt vid genomförande ge ny kunskap vilken kan användas för att uppnå ytterligare effektivisering vid hantering av risker. Utvärdering om hur tillgänglig kunskap tillämpats och huruvida den varit tillräcklig är också viktigt att beakta. (FERMA, 2006)

De individer som varit delaktiga i riskhanteringsarbetet måste få återkoppling på utfört arbete. Det krävs ett gemensamt förtroende för riskhanteringsprocessen inom en organisation. Det kan i annat fall vara svårt att motivera och skapa engagemang hos anställda. Tyvärr glöms detta moment ofta bort eller ges momentet ett mindre utrymme i det totala riskhanteringssammanhanget. Målet bör vara att sträva mot en ökad samordning av riskhanteringen inom en organisation. (Abrahamsson & Magnusson, 2004)

8.7.5 Dokumentation

En dokumentation är ett slutligt bevis på ett riskanalysarbets kvalitet. Om viktig information eller fakta saknas är det svårt för personer, exempelvis beslutsfattare eller kontrollerande myndighet, som inte deltagit i riskanalysarbetet att avgöra arbetets kvalitet (Holmgren & Thedéen, 2003). Dokumentation är viktigt ur flera avseenden. Som tidigare nämnts inträffar många oönskade händelser då förändringar införs, onormalt handlande eller vid brister i kommunikation och instruktioner. Genom att ha en ordentligt genomförd dokumentation samt att ange vem som är ansvarig för respektive risk eller riskområde blir det lättare att upprätthålla en verksamhets risknivå. Dokumentation hjälper analytiker att komma ihåg vad de gjort. Den hjälper även till om andra analytiker skall använda, modifiera eller evaluera genomförd analys. (Nilsson, 2003)

I alla av moment av en riskanalys existerar osäkerheter. Ur dokumentation skall det framgå vilka osäkerheter som existerar, hur osäkerheter hanteras och hur osäkerheter eventuellt kan påverka resultat (Lundin et al, 2005). I en dokumentation är det essentiellt att förklara riskmått styrkor och svagheter. Övriga osäkerheter som existerar i riskhanteringsarbetet, exempelvis val av riskkriterier skall även de förklaras så att utomstående läsare kan förstå (Nilsson, 2003).

Dokumentation skall även vara lättillgänglig för anställda. Det skall finnas en objektbeskrivning över gällande säkerhetssystem. Då det är av betydelse skall även omgivningsparametrar beskrivas exempelvis bostadsområde och population. (Davidsson, 2003)

I förekommande litteratur inom riskhanteringsområdet (Holmgren & Thedéen, 2003; Davidsson, 2003; Nilsson, 2003) och vad som tidigare nämnts i denna rapport finns förslag på vad som bör ingå i en dokumentation. Nedan följer ett urval av dessa förslag:

- Syfte och mål med riskanalys och riskhanteringsarbete
- Metoder och tillvägagångssätt vid genomförande av riskidentifiering och resterande riskhanteringsarbete
- Alla identifierade risker och identifierade riskägare
- modell skall kunna vara tillräckligt detaljerad så att alla modelleringar och beräkningar kan reproduceras
- Objektsbeskrivning och vid betydelse även en omgivningsbeskrivning
- Datakällor eller andra informationskällor som ligger till grund för sannolikhets- och konsekvensbedömning
- Behandling av osäkerheter
- En bedömning av riskanalysarbetets kvalitet
- Resultat av riskanalys
- Motivering av riskkriterier
- Eventuella åtgärder som krävs för att uppfylla riskkriterier
- Analysresultat
- Föreslagna åtgärder

8.8 Ledningssystem

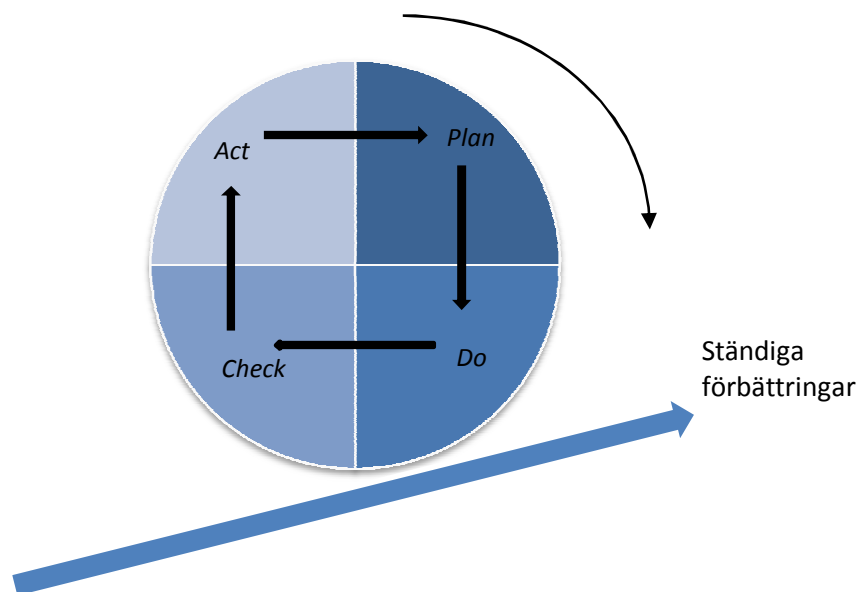
Det finns en koppling mellan ledningssystem och riskhanteringsarbete vilket är viktigt att beakta. Riskhanteringsarbetet skall ha vissa mål och ledningssystem är ett verktyg för att uppnå dessa mål på ett effektivt sätt. (Akselsson, 2006)

Ett ledningssystemens primära uppgift är att förverkliga en organisations på förhand uppsatta mål. Precis som namnet ledningssystem antyder skall ledningen inom organisationen fastställa dessa mål och styra sin organisation på ett sådant sätt att målen genomsyrar hela verksamheten. Alla delar inom företaget skall dra sitt strå till stacken för att på så sätt effektivisera organisationen. Inom dagens industrier och företag är ledningssystem ett bekant fenomen som både genererar positiva och negativa tankar hos de anställda. En del använder ledningssystem på ett praktiskt sätt medan andra ser ledningssystem som ett nödvändigt ont som endast är till för att uppfylla de certifieringskrav marknaden ställer. (Akselsson, 2006)

8.8.1 Lärande organisation

Analysen av olyckor i större industriella anläggningar indikerar att ledning och organisatoriska faktorer spelar en mycket stor roll för säkerheten i fabriker (van Vuuren, 2000). En lärande organisation innebär att företaget lär sig av sina eller andras handlingar och hela tiden utvecklas och förbättras.

Demings cirkel eller PDCA-cykeln som den också kallas är en metod för att ständigt vara en lärande organisation. Förkortningen PDCA står för Plan (planera), Do (utföra), Check (kontrollera) och Act (agera). I det första steget kontrolleras var organisationen står sig idag och mål sätts upp för vad verksamheten skall sträva efter. Det andra steget, "Do-steget", ser till så nödvändiga resurser finns för att kunna uppnå de utstakade målen, exempelvis genom utbildning. Utförande av valda åtgärder genomförs även i detta steg. I det tredje delsteget kontrolleras så att organisationen är på rätt väg för att uppfylla sina planerade mål. Det fjärde, och sista delsteget, har som funktion att genomföra de förändringar som eventuellt framkommit vid utvärderingen i det tidigare steget.



Figur 8-8. PDCA-cykeln. (Akselsson, 2006, s.67)

I Figur 8-8 visualiseras Demings cirkel i form av ett hjul som ständigt strävar uppåt mot ständiga förbättringar. Hjulet är i konstant rörelse för att påvisa att metoden skall pågå fortlöpande. (Akselsson, 2006)

En rapporterande kultur

En rapporterande kultur kräver också en klanderfri kultur, vilket innebär att även om en anställd är orsaken till en oönskad händelse skall en rapportering av detta misstag, i vanliga fall, inte följas av negativa konsekvenser eller dialoger. Det är viktigt att förstå att människan alltid kommer att begå fel men samtidigt så lär sig människan av sina misstag. En individ som rapporterar ett misstag kommer antagligen inte göra om samma misstag och vidare kan andra anställda ta lärdom av det inträffade. På så sätt kan onödiga oönskade händelser undvikas. (Akselsson, 2006)

För att kunna kontrollera ett sociotekniskt system, vilket bland annat omfattar människa, teknik och organisation, krävs det professionalism, se Figur 8-9. Begreppet omfattar i detta sammanhang de anställdas kompetens (kunskap, erfarenhet och skicklighet), engagemang och förutseende.



Figur 8-9 En del dimensioner som är förutsättningar för att en organisation skall kunna uppnå professionalism. En individs kompetens utgörs av en kombination erhållen från formell kunskap, erfarenhet och skicklighet erhållen av tidigare praktiskt arbete. Om en individ har förmågan att kombinera tillräcklig kompetens tillsammans med engagemang och förutseende innebär det att individen har förmågan att agera snabbt och effektivt inom sitt arbetsområde. (Svedung & Rasmussen, 1997, s. 33)

9 RISKHANTERING OCH BRÄNNBART DAMM

I detta kapitel beskrivs den problematik som existerar när det gäller brännbart damm och hur denna problematik förhåller sig till, inom riskhantering viktiga begrepp, sannolikhetsbedömningar och konsekvens.

År 1983 konstaterade Bardon & Fletcher att *"Det återstår mycket arbete innan förståelsen för dammexplosioner är tillräcklig"*. Nästan 25 år senare skriver Skjold (2007) att konstaterandet än idag är högst aktuellt.

På grund av att dammoln har så många parametrar som påverkar dess egenskaper, exempelvis partikelstorlek, fördelning i luft, kontaktyta med luft, fukthalt och material, är det svårt att förutse om antändning av dammoln är möjlig och vad som då kan ske. Uppkomst och utbredning av dammexplosioner är en extremt komplex företeelse. Att använda matematiska beräkningar för att förutsäga hur antändning, förbränning och utbredning av dammoln sker är idag otillgängliga. (Eckhoff, 2003)

9.1 Damm och gas

Produkt- och Användardirektivet är de två direktiv som är aktuella vid explosiva miljöer. Dessa direktiv gäller för både damm och gas. Detta kan anses något märkligt då damm och gas har skilda egenskaper. Till att börja med är gas precis som namnet beskriver, gasformigt, medan damm däremot är i fast fas. Detta resulterar i signifikanta skillnader. Gas fördelas jämnt i luft och skapar en homogen blandning. Damm som består av fasta partiklar påverkas mer av gravitation än gas gör och faller därför mot marknivå. Gasmolekyler rör sig slumpmässigt i en volym och kollisioner mellan gasmolekyler är elastiska. Kollisioner mellan dammpartiklar kan istället leda till agglomerering av partiklarna. Agglomerering innebär att små partiklar klumpas samman till större sammansättningar. När explosiva dammoln uppstår inom en anläggning, sker detta oftast i en processutrustning och är en del av den totala processen. Explosiva gasmoln uppstår däremot i regel då någon avvikelse inträffar, exempelvis ett läckage. Det är även enklare att mäta och kontrollera en gaskoncentration än en dammkoncentration eftersom gas fördelas jämnt i luft medan damm har en oregelbunden fördelning. (Eckhoff, 2006)

På grund av storleksskillnad mellan gasmolekyler och dammpartiklar transporteras gas och damm genom trånga utrymmen på olika sätt. Om gas exempelvis passerar en smal passage till en inneslutning kommer gasen att fördelas homogent i utrymmet och vid tillräcklig gasmängd genereras en explosiv atmosfär. Damm kommer troligtvis inte ens igenom den trånga passagen, utan fastnar vid öppningen och fungerar då som en propp. Skulle damm mot förmodan komma innanför inneslutningen faller dammet av tyngdkraften och blir liggande. Att en explosiv atmosfär skall uppstå inuti utrustningen är föga troligt då ingen mekanism rimligtvis kan virvla upp det liggande dammet. (Eckhoff, 2006)

Eckhoff (2006) benämner två grundläggande skillnader mellan gas och damm när det gäller explosionsrisker. Den första skillnaden är att mekanismer för att skapa, upprätthålla och förflytta dammoln respektive gasmoln är helt olika. Vid flertalet fall när ett explosivt gasmoln genereras relativt enkelt, bildar damm under samma förutsättningar inget explosivt moln. Den andra skillnaden berör flamspridning. För gas är bara flamspridning möjlig när en blandning av bränsle och luft är emellan nedre och övre brännbarhetsgräns. Beträffande damm kan däremot flamspridning ske även utanför brännbar dammkoncentration. Detta beror på att det i dammlager alltid finns viss mängd luft i ut-

rymten mellan dammpartiklarna. Detta leder jämfört med flamspridning till en långsam, men viktig att påpeka, förbränning genom dammlagret.

9.2 Sannolikhetsbedömning

Det statistiska underlag som finns för dammexplosioner är bristfälligt. Detta antas bland annat bero på att många dammexplosioner som har inträffat blir dokumenterade som explosioner utan ytterligare förklaring. (Abbasi & Abbasi, 2007) Ett exempel på bristfällig dokumentering angående dammexplosioner beskrivs i tidningen Brandsäkert. Pär Nilson, säkerhetschef på trägolvsstillverkaren Kähr i Nybro, berättar att det 1979 avled en person till följd av en dammexplosion på deras anläggning. Denna information finns inte med i någon statistik utan har troligtvis registrerats som något annat. (Wandrell, 2007)

Att kvantifiera risker för dammexplosioner är mycket svårt. Dahl Hansson (2005) gör ett försök att kvantifiera risker för dammexplosioner men kommer via beräkningar fram till att osäkerheten är så pass stor att det inte lämpar sig att använda kvantitativ riskanalysmetodik.

I Nederländerna finns det bestämda gränser, nationella riskkriterier, för hur stor en risk får vara. Voort et.al (2007) har skapat ett verktyg för att kvantifiera risker för industriella dammexplosioner. Metoden delar in en anläggning i olika delar beroende på dess storlek, form och byggnadsegenskaper. Därefter bestäms relevanta explosionsscenarier och frekvens för att dessa scenarier skall inträffa. Sedermera bedöms explosionsförlopp och hur fragment sprider sig vid explosion för varje tänkt scenario. Resultat från bedömningar fungerar som indata för explosionseffektsberäkningar och kombineras därefter med individ- och samhällsrisk, vilka sedan kan jämföras med nationella riskkriterier. Viktigt att påpeka är att dessa kriterier gäller för tredje man och alltså inte för några anställda inom anläggningen.

9.3 Konsekvens

Verktyg för konsekvensbedömningar av dammexplosioner är under utveckling. Dust Explosion Simulation Code (DESC) är ett projekt med stöd från Europeiska kommissionen. DESC är ett datorprogram som baseras på computational fluid dynamics (CFD) vars syfte är att förutsäga konsekvenser av industriella dammexplosioner i komplexa geometrier. Detta skulle vara ett betydelsefullt verktyg för konsulter och ingenjörer som arbetar i verksamheter där damm förekommer men även myndigheter för att kunna kontrollera om hälsa och säkerhetskrav i EU-direktiv, ATEX 1999/92/EG, uppfylls. (Skjold, 2007)

Vid bedömning av dammexplosioners konsekvenser är det lämpligt att använda "realistic worst case" eftersom dammexplosioner ofta inträffar vid onormala driftförhållanden. Exempelvis kan nämnas uppstart eller avstängning av anläggningar och då spridning sker av ackumulerade dammlager inuti processutrustning, vilket medför en högre dammkoncentration än normalt. Onormal drift kan även vara om det skulle ske en förändring av massflödet per volymenhet, till exempel ökad produktionshastighet. (Skjold, 2007)

Utveckling av CFD-modeller för att bedöma konsekvenser är fortfarande i en begynnelsefas och valideringsarbetet av modellen pågår. För att kunna validera CFD-modeller för dammexplosioner krävs det experimentella data med hög kvalitet. Detta är svårt eftersom tillförlitlighet hos tillgängliga mät-

tekniker inte är vad de borde vara, samtidigt som det finns begränsningar i att återskapa storskal-
försök av dammexplosioner. (Skjold, 2007)

10 ZONKLASSIFICERING – TRE OLIKA METODIKER

I detta kapitel redogörs för det tre metodikerna, europeisk standard (EN 61241–10), amerikansk standard (NFPA 499) och Brunicons tillvägagångssätt som alla behandlar zonklassificering av explosiva dammiljöer.

10.1 Zonklassificering – en del av riskidentifieringen

Fokus i det här examensarbetet ligger på zonklassning för explosivt damm enligt gällande EU-direktiv. Att urskilja faror är en del i riskhanteringsprocessen eller rättare sagt en del av riskidentifieringen när det gäller dammhantering. Zonklassningens syfte är att hitta de områden i en dammhanteringsindustri där explosiv atmosfär kan förekomma så att lämplig utrustning kan installeras i dessa sektioner. Ändamålet med att anpassa utrustning som förekommer i explosiv miljö är att undvika eller minimera risken för att en oönskad händelse inträffar.

10.2 Beskrivning av zonklassificering enligt europeisk standard

Standard EN 61241–10 "Utrustning i områden med explosiv dammatmosfär. Del 10: Klassning av riskområden med explosiv dammatmosfär" ger riktlinjer för klassning av områden enligt direktiv 1999/92/EG där risker med explosiv dammatmosfär kan uppstå. Standarden är framtagen av IEC och översatt till svenska av SEK. Med hjälp av standarden delas de områden där explosiv dammatmosfär kan förekomma in i olika zoner. Dess syfte är att verksamheter som omfattas av explosiv dammatmosfär skall kunna välja rätt utrustning till respektive zon i enlighet med gällande lagstiftning.

10.2.1 Avgränsningar

Standard EN 61241–10 är avsedd för att användas under normala atmosfäriska förhållanden och den förutsätter att det finns fungerande rutiner för städning. Standarden gäller inte för gruvor, områden med hybridblandningar (exempelvis gas plus damm), damm som inte kräver atmosfäriskt syre för förbränning, katastroffall och risker till följd av giftiga eller brandfarliga gaser som avges av damm. Standarden beaktar inte konsekvenser av sekundär skada som uppkommer till följd av brand eller explosion.

10.2.2 Metod

Enligt standard EN 61241–10 bygger klassning av zoner och riskidentifiering på tre delmoment:

1. Identifiera materialets egenskaper
2. Identifiera var damminneslutningar eller dammkällor kan existera
3. Fastställ sannolikhet att damm kommer att frigöras från dessa källor och sannolikhet för att explosiva dammluftblandningar uppträder

Identifiera dammets egenskaper

Egenskaper hos damm som kan vara aktuella att identifiera är partikelstorlek, fukthalt, dammolns och dammlagers minsta tändtemperatur och deflagrationsindex (Kst-värde). Deflagrationsindex är ett mått på hur explosionsfarligt aktuellt damm är och kommer från tabellverk eller tester i laboratorium.

Tabell 10-1. Indelning efter explosionsbenägenhet. (Lamnevik, 2002, s. 11)

Klass	K _{St} -värde	Karaktär
St 0	0	Ej explosionsfarligt
St 1	0-200	Svagt explosionsfarligt
St 2	201-300	Starkt explosionsfarligt
St 3	>300	Mycket starkt explosionsfarligt

Identifiera var damminneslutningar eller dammkällor kan existera

Identifiering av damminneslutningar går ut på att hitta utrymmen där damm ansamlas. Anläggning och utrustning bör studeras vid normal drift, onormal drift och vid uppstart och avstängning. Där damm i damminneslutningar kan frigöras bildas det en dammkälla. Dessa skall identifieras och dokumenteras. En damminneslutnings insida och utsida skall behandlas var för sig.

Fastställa sannolikhet

När lokalisering av dammkällor är färdig skall sannolikhet bedömas för om dessa källor kan ge upphov till en explosiv dammatmosfär. Sannolikhetsbedömning leder sedan till indelning i olika riskzoner i enlighet med de zoner som beskrivs i EU-direktiv 1999/92/EG.

- **Zon 20**, ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm i luft förekommer ständigt, långvarigt eller ofta.
- **Zon 21**, ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm i luft förväntas förekomma tillfälligt vid normal hantering.
- **Zon 22**, ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm inte förväntas förekomma vid normal drift, och om det likväl förekommer, i så fall endast kortvarigt.

Zonens utsträckning

Det finns i EN 61241–10 också bestämmelser för hur utsträckning av varje zon skall se ut. Det vill säga hur stor respektive zon skall vara. Där klassning ger upphov till små oklassade zoner emellan klassade zoner, bör klassade zoner utvidgas så att de täcker hela området. En zonklassning från en dammkälla sträcker sig normalt ut med en meter i varje riktning om inte avgränsningar i form av väggar finns. Klassningar skall sedan noggrant dokumenteras och uppdateras vid förändringar.

10.3 Zonklassificering av brännbart damm enligt amerikansk standard

NFPA (National Fire Protection Association) har tagit fram en standard för klassificering av brännbart damm, *Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas (NFPA 499)*. Denna standard är sedan år 2004 en amerikansk nationell standard. Syftet med standarden är att ge användare en grundläggande förståelse för vilka parametrar som påverkar grad och omfattning av zonklassificering där explosionsfarligt område, till följd av damm, existerar. NFPA 499 fungerar som en guide och skall appliceras med sunt ingenjörsmåd.

Amerikansk standard delar in explosivt material i olika klasser. Explosivt damm hamnar under klass II. Under klass I finns explosiva gaser medan klass III innefattar lättantändliga fibrer. I klass II delas explosiva dammtyper upp i ytterligare tre undergrupper:

Grupp E – Explosivt metaldamm, exempelvis aluminium och magnesium.

Grupp F – Explosivt karbonatiskt damm som har mer än åtta procent total inneboende flyktighet, exempelvis kol, kimrök och koks.

Grupp G – Övrigt explosivt damm, exempelvis mjöl, säd, trä, plast och kemikalier.

Klass II delas även in i två olika divisioner beroende på förekomsten av explosiv atmosfär. Division 1 innebär att något av följande är uppfyllt inom ett specifikt område:

1. Om koncentration av damm i luft under normala driftförhållanden är tillräcklig för att skapa explosiva eller antändningsbara blandningar, eller
2. Där mekaniskt fel eller onormal maskindrift eller utrustning kan medföra explosiv eller antändningsbara blandningar, och även kan medföra en antändningskälla genom samtidigt fel i elektrisk utrustning, genom funktion av skyddsanordningar, eller av andra anledningar, eller
3. I vilken brännbart damm med elektrisk konduktiv natur finns i farlig kvantitet, eller
4. Där dammlager inomhus i genomsnitt är tre millimeter eller tjockare.

Division 2 innebär att något av följande är uppfyllt inom ett specifikt område:

1. Där brännbart damm inte normalt är luftburet i tillräcklig kvantitet för att producera explosiv eller antändningsbar atmosfär, och dammavlagringar normalt är otillräckliga för att störa normal drift av elektrisk utrustning eller annan utrustning, men brännbart damm kan vara luftburet till följd av en infrekvent funktionsstörning eller mänskligt felhavande av processutrustning.
2. Där brännbart damm ackumulerar på, i eller i närhet av elektrisk utrustning vilket kan antändas till följd av värmeutveckling från elektrisk utrustning, onormala driftförhållanden eller tekniskt fel i elektrisk utrustning.
3. Där dammlager inomhus i genomsnitt är mindre än tre millimeter tjockt och där det inte är möjligt att se underliggande golvs färg.

NFPA 499 delar in förfarandet av klassificering i fyra steg.

10.3.1 Steg 1 – Behov av klassning

Om det finns brännbart damm som framställs, behandlas eller lagras bör området klassificeras.

10.3.2 Steg 2 – Samla information

För anläggningar som endast finns på ritning, skapas en preliminär klassning för att lämplig utrustning i explosiv miljö skall kunna anskaffas. En anläggning byggs sällan exakt så som först var tänkt enligt ritningar och därför bör en ny klassificering genomföras när anläggning är klar. För anläggningar som redan existerar anser NFPA 499 att det är av yttersta vikt att den erfarenhet som finns på aktuell anläggning nyttjas. Frågor som bör ställas till operatörer och ledning på aktuell anläggning är:

1. Är det troligt att damm existerar kontinuerligt, periodiskt eller under onormala betingelser fördelat i luft i sådan utsträckning att explosiv blandning föreligger?
2. Finns det dammansamlingar på ytor som är tjockare än tre millimeter?
3. Finns det dammansamlingar på ytor som gör så att det inte går att se ett golvs egentliga färg?
4. Vilken kvantitet har dammansamlingar efter 24 timmar?

5. Är befintlig utrustning i gott skick, tveksamt skick eller i behov av reparation? Är damminneslutningar i gott skick och förhindrar de att damm släpps ut?
 6. Resulterar underhållsarbete i skapande av explosiv dammluftblandning?
 7. Vilken utrustning används för att behandla och ansamla damm?
- Vid en befintlig anläggning skall det bestämmas om dammets specifika partikeldensitet är över eller under 640,72 kilogram per kubikmeter (40 pounds per squarefeet).
 - Kartlägg anläggningens alla processteg där brännbart damm kan tänkas förekomma.
 - Ange minsta antändningstemperatur för antingen dammlager eller dammoln beroende på vilken temperatur som är lägst. Finns angivet i tabell 4.5.2 i NFPA 499.

10.3.3 Steg 3 – Välj lämpligt klassificeringsdiagram

Lämpligt klassificeringsdiagram skall väljas beroende på följande:

- Om processutrustning är öppen eller stängd
- Om damm tillhör grupp E, F eller G
- Om specifikt område är till för lagring

10.3.4 Steg 4 – Bestäm utsträckning av klassificerad zon

Utsträckning av klassificerad zon skall fastställas med sunt ingenjörsomdöme.

- Lokalisera var det existerar potentiella läckage från utrustning.
- Varje läckage skall klassificeras genom att beakta följande:
 - Om en explosiv blandning är trolig att förekomma frekvent på grund av reparationer, underhåll eller läckage.
 - Om förutsättningar för underhåll och övervakning är sådana att läckage troligt förekommer i processutrustning, lagringssilos och rörsystem innehållande explosivt damm.
 - Om ventilation eller vind förekommer i specifikt område och det explosiva dammets dispersionshastighet.

10.4 Klassificering av brännbart damm enligt Brunicon AB:s tillämpningsmetodik

För att uppfylla gällande lagkrav (direktiv 1999/92/EG, 94/9/EG samt svensk lagstiftning) som ställs på företag när det gäller risker med brännbart damm har Brunicon AB:s utvecklat en egen metodik för zonklassificering. Zonerna 20, 21, 22 har samma definition som anges i direktiv 1999/92/EG (se kapitel 6.1). Brunicon AB:s gör dock ett tillägg för att hantera existerande brandrisker genom att även zonklassificera för brand i brännbart damm. Denna zonklassificering av brandrisker har ingen laglig förankring utan är ett tillägg för att belysa faran med brand i dammlager. Zonerna för brand delas in i:

- **Zon 30** - Klassificering enligt zon 30 berör områden som har en mycket hög brandbelastning eller brandbelastning av en sådan typ att en mycket omfattande brand har potential att inträffa. En sådan brand har ett förlopp som inte går att kontrollera eller begränsa och kommer att förstöra utrustningen i brandrummet och påverka andra delar av processen allvarligt så att ett processtopp är sannolikt. Beaktansvärt är om det förekommer stora mängder brand-

farlig vara eller gas. Förmågan till spridning bedöms utifrån om det är kort avstånd till annan processdel eller byggnad, om brandcellsgränser saknas eller av en för låg klass samt om konstruktionen är av brännbart material. För denna typ av mycket stora bränder är kollaps av byggnadskonstruktionen på grund av upphettning möjlig vilket skulle penetrera brandcellsgränserna.

- **Zon 31** - Klassificering enligt zon 31 berör områden som har en hög brandbelastning eller brandbelastning av sådan typ att en kraftig brand har potential att inträffa. En sådan brand har ett förlopp som går att kontrollera men kräver en stor insats av egen personal eller räddningstjänst och troligen kommer att förstöra utrustningen i brandrummet och sannolikt störa andra delar av processen. Beaktansvärt är om det förekommer brandfarlig vara eller gas. Förmågan till spridning bedöms utifrån om det är kort avstånd till annan processdel eller byggnad, om brandcellsgränser saknas samt om konstruktionen är av brännbart material.
- **Zon 32** - Klassificering enligt zon 32 berör områden som har en liten till medelstor brandbelastning eller brandbelastning av sådan typ att en begränsad brand har potential att inträffa. En sådan brand har ett förlopp som går att kontrollera av egen personal och undantagsvis kräver insats från räddningstjänst samt endast orsakar skador på processutrustning i brandrummet. Brandfarlig vara eller gas bör endast förekomma i begränsad mängd. Förmågan till spridning skall vara minimal och en uppkommen brand skall i normalfallet inte kunna sprida sig till annan processdel eller byggnad.

10.4.1 Identifiera materialets egenskaper

Första momentet vid zonklassificering är att identifiera befintligt dammmaterial i aktuell anläggning. En bedömning över vilka data som antas vara relevanta genomförs. Bedömningen baseras på erfarenhet och data erhålls från litteratur och experimentella tester. Finns inga tillförlitliga data att tillgå väljs ett representativt dammprov från aktuell anläggning för vidare testning. Detta testprov skickas till ett laboratorium som undersöker provet för att ta fram relevanta materialdata som beskriver explosivitet och antändlighet.

10.4.2 Identifiera brännbart damm

För att identifiera var i processen det kan finnas explosiva damm, vilket kan resultera i en dammexplosion, och var det finns dammlager som kan ligga till grund för ett brandförlopp utförs inledningsvis en grovanalys av anläggningen. Ofta delas en anläggning in i större områden beroende på förekomst av dammtyp.

10.4.3 Klassificering av processdelsteg

När områden som innehåller explosiva dammoln eller dammlager är identifierade utförs en bedömning av dessa processdelsteg och vidare följer klassificering av aktuella delsteg. Nödvändigtvis behöver inte ett identifierat dammoln eller dammlager resultera i en zonklassificering om det finns belägg för att denna risk är minimal eller dess konsekvens obetydlig. Vid dammlager görs en bedömning för hur stor risk det är att dammlagret kan virvlas upp. Finns ingen sådan risk klassificeras endast dammlagret för brand. En zonklassificering för brand utesluter dock inte att området eller dammlagret även klassificeras för explosion. Noterbart är dock att i en framtida riskbedömning beskrivs risken för sekundär dammexplosion.

10.4.4 Zonens utsträckning

När det gäller zonens utsträckning klassificerar Brunicon fram till nästa naturliga avgränsning. Ofta betyder detta att insidan av en utrustning får en och samma zonklassificering. Att formera en zons utsträckning med bestämda avstånd i rymden genomförs ej.

11 ÖVERGRIPANDE JÄMFÖRELSE MELLAN ZONKLASSIFICERINGSMETODIKERNA

I detta kapitel görs en jämförelse av zonklassificering mellan europeisk standard (EN 61241–10), amerikansk standard (NFPA 499) och Brunicon AB:s tillämpningsmetodik. Resultatet sammanställs sedan i en tabell.

11.1 Skillnader och likheter

Standard EN 61241–10 är, jämfört med Brunicon AB:s metodik som också faller under EU-direktivens (1999/92/EG, 94/9/EG) krav, konservativ. Enligt de zonklassificeringar som författarna till detta examensarbete har genomfört blir resultatet tydligt. Fler områden i den fiktiva anläggningen får en zonklassificering om standarden följs medan färre områden klassificeras med Brunicon AB:s tillvägagångssätt. Detta kan naturligtvis bero på författarnas, till denna rapport, tolkning av standarden eller att deras kunskap om dammproblematik inom processindustrin är begränsad. Det kan också bero på att Brunicon AB:s tillvägagångssätt bygger på deras egen erfarenhet inom processindustrin och att i den europastandard som är praxis att använda klassificeras fler områden än nödvändigt. Den amerikanska standarden (NFPA 499) är mest detaljstyrd av de tre modellerna och, enligt författarna till detta examensarbete, troligtvis den enklaste att använda för en person med begränsad kunskap och erfarenhet inom dammområdet. Amerikansk standard ger inte lika stort utrymme för egna tolkningar som den europeiska standarden gör. Eftersom amerikansk lagstiftning endast delar upp klassificering i två zoner, antingen division I eller division II, blir det även av den anledningen enklare att genomföra en klassificering. Skillnader mellan de båda divisionerna är också tydligt definierade, vilket simplifierar arbetsgången ytterligare.

11.1.1 Syn på dammlager

När det gäller dammlager skiljer sig de tre modellerna åt. Brunicon AB anser att sekundära dammexplosioner är en allvarlig konsekvens med dammlager. Dammlager kan även ses som tändkälla för brand och explosion. Brunicon AB gör en bedömning av risken för uppvirvling av varje dammlager. Finns det inga rimliga uppvirvlingsmekanismer klassificeras området med dammlagret endast för brand enligt Brunicon AB:s definitioner (se kapitel 10.4). Amerikansk standard (NFPA 499) klassificerar alla dammlager som är tjockare än tre millimeter som division I och dammlager med tjocklek mindre än tre millimeter där golvytans färg inte med det mänskliga ögat kan avgöras genom dammlagret som division II. Standard EN 61241–10 är mer otydlig när det gäller dammlager och blir ett mellanting av övriga två klassificeringsförfaranden. Den europeiska standarden beskriver att det finns mycket få fall där dammexplosioner har startat i ett dammoln som virvlats upp från ett dammskikt. Samtidigt finns det i standarden klassificeringsexempel där hela golvytor klassificeras enligt zon 22. Resonemanget kring dammlager i europastandarden blir därför tvetydigt och svårt att tolka.

11.1.2 Sekundära dammexplosioner

Europeisk standard, EN 61241–10, gäller ej för sekundära explosioner. NFPA 499 nämner att gott ingenjörskunnande, god städning och effektiva elimineringsystem för damm är mycket viktiga när det gäller förebyggande av sekundära dammexplosioner. Brunicon AB belyser sekundära explosioner på ett liknande sätt som den amerikanska standarden gör.

11.1.3 Hybridblandningar

Europeisk standard gäller inte för hybridblandningar. Amerikansk standard ger rekommendation att då både explosiva gasblandningar och brännbart damm existerar skall klassificering genomföras för både gas och damm. Utrustningskrav gäller då för både gas och damm. Brunicon AB behandlar hybridblandningar på ett liknande sätt som den amerikanska standarden och genomför klassificering, vid behov, för hybridblandningens båda delar.

11.1.4 En zons utsträckning

Enligt Europastandarden sträcker sig en zon normalt en meter i varje riktning från dammkällan om ingen avgränsning i form av exempelvis väggar existerar. Om zonklassificering 20 eller 21 gäller tar zon 21 respektive zon 22 över efter en meter. Den amerikanska standarden specificerar zons utbredning som 6,1 meter (20 fot) i varje riktning från en dammkälla om inga avgränsningar finns. Detta gäller dock endast inomhus, utomhus finns inga beskrivningar av zons utsträckning. Om division 1 föreligger som zonklassificering och inga avgränsningar existerar tar division 2 över efter 6,1 meter och breder ut sig i ytterligare 3,05 meter (10 fot). Brunicon AB genomför i princip aldrig en klassificering av explosiv dammatmosfär på ett sådant sätt att resultatet av zons utsträckning blir en bubbla. Istället har zonen i regel en naturlig avgränsning som väggar eller andra höljen.

11.1.5 Väderförhållande

Då delar av anläggningar är i utomhusmiljö och dammlager direktpåverkas av väderförhållanden påverkas dammaterialets egenskaper av exempelvis regn och temperatur. Europeisk standard tar hänsyn till väderförhållanden vid zonklassificering medan amerikansk standard ej nämner detta. Enligt den europeiska standarden kan en zonklassificering förändras beroende på vilket väder som är aktuellt. Brunicon AB beaktar parametrar som temperatur och fukthalt men förändrar ingen zonklassificering till följd av väderomslag.

11.1.6 Städning

Amerikansk och europeisk standard ser god städning som en förutsättning för att modellen skall kunna användas. Brunicon AB anser inte att städning är en förutsättning för att genomföra en zonklassificering men betonar vikten av ha goda städrutiner. Vidare tar Brunicon AB stor hänsyn till vilken nivå och kvalitet städningen i anläggningen håller när zonklassificering genomförs. Fokus ligger även på städrutiner för att minimera eller eliminera en zonklassificering samt minimera risken för antändning. Den Europeiska standarden definierar även olika nivåer på hur god städningen är genomförd. En sämre genomförd städning ställer högre krav på utrustningen enligt europastandarden.

11.1.7 Dokumentation

För att underlätta vid framtida förändringar och för att kunna förklara sina antaganden är dokumentation av genomfört arbete av stor vikt. Amerikansk standard (NFPA 499) nämner inget om dokumentation medan europeisk standard (EN-61241-10) anser att anteckningar bör noteras angående klassificerade zoner. I Brunicon AB:s modell motiveras alla beslut tagna gällande zonklassificering.

11.2 Resultatsammanställning

Nedan följer en överskådlig sammanställning av de tre metodikerna när det gäller ovanstående delmoment.

Tabell 11-1. Sammanställning av jämförelsen mellan europeisk standard, amerikansk standard och Brunicon AB:s tillvägagångssätt.

	Europeisk standard	Amerikansk standard	Brunicon AB:s metodik
Syn på dammlager	Otydligt. Antingen zonklassificering för dammexplosion eller endast risk för brand.	Skall zonklassificeras med risk för explosion.	Primärt skall risk för sekundära explosioner beaktas. Finns ingen tydlig risk för uppvirvling klassificeras området för brand.
Sekundära dammexplosioner	Beaktas ej.	Trycker på vikten av goda rutiner och gott kunnande för att undvika sekundära explosioner.	Ser sekundära dammexplosioner som den allvarligaste konsekvensen av en primär explosion. Betonar vikten av städning och andra skyddsåtgärder för att undvika sekundära explosioner.
Hybridblandningar	Beaktas ej.	Skall klassificeras för både gas och damm.	Skall klassificeras för både gas och damm.
En zons utsträckning	Oftast 1 m från dammkällan åt samtliga håll.	6,1 m (20 fot) i samtliga riktningar om div. 1 gäller. Vid div. 2 är avståndet 3,05 m (10 fot).	Ingen avståndsbestämd avgränsning. Endast naturliga avgränsningar som väggar och höljen.
Väderförhållande	Zonklassificering kan förändras beroende på väder.	Beaktas ej.	Beaktas. Leder dock ej till någon förändrad zonklassificering.
Städning	En förutsättning för att standarden skall användas.	En förutsättning för att standarden skall användas.	Ej en förutsättning men mycket viktigt. Hänsyn tas till aktuell nivå på städning och förbättrade städrutiner kan leda till lägre zonklassificering.
Dokumentation	Skall genomföras för att motivera beslut vid zonklassificering.	Beaktas ej.	Skall genomföras för att motivera beslut vid zonklassificering.

12 ANALYS AV RESULTAT FRÅN ZONKLASSIFICERINGSJÄMFÖRELSE

I följande kapitel analyseras de resultat som framkom i föregående kapitel, övergripande jämförelse mellan zonklassificeringsmetodikerna.

Enligt direktiv 1999/92/EG skall explosionsrisker bedömas där brännbart damm hanteras. Arbetsgivare är alltså enligt lag skyldig att se till så riskbedömning för explosionsrisker genomförs. Dessa krav är minimikrav och författarna till denna rapport anser att en total riskhantering bör genomföras så att även riskreduktion och kontroll implementeras.

De tre metodiker för zonklassificering av explosiv dammatmosfär som beaktas i denna rapport är inte på något sätt en fullständig riskbedömning utan en del av riskidentifieringen. Emellertid är riskidentifiering, beskrivet i avsnitt 7.5.3, av yttersta betydelse för en effektiv riskhantering. De standarder som behandlar zonklassificering blir därför aldrig ett tillräckligt arbetsverktyg för att hantera problematik med brännbart damm inom processindustrin. För att komma till rätta med problematiken måste zonklassificeringar kompletteras med ett gediget riskhanteringsarbete som omfattar samtliga risker med brännbart damm. Risker som aldrig identifieras kan ej heller bedömas och därmed åtgärdas.

12.1 Konsekvenser av använd metodik vid zonklassificering

För att genomföra ett gediget riskhanteringsarbete när det gäller brännbart damm är det av stor vikt att zonklassificering vid riskidentifiering är noggrann utförd med ett sunt ingenjörsomdöme. De tre metodiker för zonklassificering som presenteras i denna rapport avviker från varandra på ett flertal punkter, vilket beskrivs i Tabell 11-1. Vilken av metodikerna som används leder till diverse konsekvenser, dels för riskhanteringsarbetet men även konsekvenser för ekonomi och säkerhet uppstår.

12.1.1 Europeisk standard EN 61241–10

I standard EN 61241–10 definieras:

icke-riskområde - ”område i vilket moln av brännbart damm inte förekommer i sådan omfattning att explosiva dammluftblandningar av någon betydelse kan bildas”

riskområde - ”område i vilket moln av brännbart damm finns eller kan förväntas förekomma i sådan omfattning att särskilda åtgärder måste vidtagas för anläggningen och vid användning av utrustning, så att antändning av explosiv dammatmosfär förebyggs”

Ovanstående definitioner ställer, enligt författarna till denna rapport, några frågetecken. Ett icke-riskområde tar hänsyn till betydelse, vilket kan tolkas som konsekvens, medan ett riskområde inte beaktar konsekvens utan istället uppger att antändningsmöjligheter skall elimineras om dammoln kan uppstå. Följande exempel blir med dessa definitioner svårt att bedöma. I ett litet proppskåp kan det finnas möjlighet att damm ansamlas. Skall insidan av proppskåpet zonklassificeras eller ej? Är insidan av proppskåpet ett riskområde eller ett icke-riskområde? Antingen görs en bedömning att konsekvensen är betydelselös och området blir då ett icke-riskområde. Samtidigt finns det damm i proppskåpet så att en explosiv dammluftblandning kan uppstå och proppskåpet innehåller flertalet elektriska tändkällor som inte kan elimineras, vilket skulle betyda att området är ett riskområde. Följden av detta blir att all elektrisk utrustning i proppskåpet måste uppfylla de krav som ställs i Pro-

duktdirektivet. Författarna anser att då mindre volymer innehållande damm inte kan resultera i en märkbar konsekvens för människors hälsa, utrustning eller egendom bör dessa dammvolymer inte beröras av zonklassificering. Frågan om dammlagret i proppskåpet ens kan virvlas upp är direkt avgörande för uppkomsten av en explosiv dammluftblandning. Konsekvensen bör beaktas så långt det är möjligt för att undvika orimliga zonklassificeringar.

Riskbedömning i standard EN 61241-10?

Enligt gällande lagstiftning (AFS 2003:3) skall det genomföras en riskbedömning av anläggning där brännbart damm hanteras och möjligheter till explosiv dammatmosfär existerar. I standard EN 61241-10 står det följande:

”Denna standard beskriver en metod för klassning av områden, liknande den som används för brandfarliga gaser och ångor, för att ge en bedömning av risken för brand eller explosion i dammoln.”

Enligt IEC-modellen är riskbedömning en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för en oönskad händelse. Det är anmärkningsvärt att standard EN 61241-10 anger att en bedömning av risk sker utan att förklara något om konsekvens. Standard EN 61241-10 nämner ordet konsekvens en gång och då i sammanhanget att konsekvenser till följd av sekundär skada ej beaktas. Författarna anser att ovan nämnt citat från standarden är missvisande. Standarden bör ur ett riskhanteringsperspektiv endast ses som en del av riskidentifieringen vilket är momentet innan någon riskbedömning sker.

12.1.2 Amerikansk standard NFPA 499

Den amerikanska standarden är tydlig i sitt utförande och lämnar lite utrymme för subjektiva tolkningar. För en oerfaren person kan denna standard lämpa sig bättre än den europeiska men samtidigt är standarden konservativ då den klassificerar alla dammlager tjockare än tre millimeter som explosionsrisker. Författarna till denna rapport anser att standarden är välgjord och praktisk att använda. Standarden ersätter dock ej på något sätt ett analytiskt tänkande och bör endast användas som ett komplement till övrig riskidentifiering. Precis som vid användning av andra standarder är det av stor vikt att en lämplig person utför arbetet.

12.1.3 Brunicons tillvägagångssätt

Brunicons tillvägagångssätt bygger på flertalet års erfarenhet och kunskap från brännbart damm inom processindustrin. Då problematiken med brännbart damm är komplex och svår att kvantifiera är det ytterst lämpligt att använda kunskap och erfarenhet för att göra kvalitativa bedömningar. Denna praktiska metodik kan utesluta onödiga zonklassificeringar, vilket skapar en ekonomisk fördel för den industrin som hanterar brännbart damm. Författarna till denna rapport anser att denna metodik är mest lämplig att använda av de tre som utvärderas. Det bör betonas att erfarenhet, kunskap och analytiskt tänkande är nyckeln för arbetsgången vid Brunicons metodik. Därför bör ett arbetsförfarande liknande det som Brunicon använder inte utföras av personer utan tillräcklig kunskap och erfarenhet om brännbart damm inom processindustrin.

12.1.4 Förhållandet mellan säkerhet och kostnad

När det uppstår skillnader i resultat vid användandet av olika metodiker är det av intresse att ta reda på vad följderna av utförd klassificering innebär. När en metodik är otydlig och därmed lämnar utrymme för subjektiva tolkningar kan det leda till tankegångar där det säkra genomförs före det osäkra,

vilket ur ett säkerhetsperspektiv är vanligtvis bra. Ur ekonomiska aspekter är det inte alltid lika motiverat. En direkt uppenbar konsekvens till följd av vald metodik blir kostnaden för utrustning. En konservativ klassificering, vilket i vår jämförelse amerikansk och europeisk standard resulterade i, leder till högre krav på utrustning, dessa ökade krav kostar pengar. Exempelvis kostar en elmotor fem gånger så mycket för zon 21 som för ett oklassificerat område. Detta gynnar leverantörer av EX-klassificerad utrustning då de kan sälja apparatur med EX-märkning trots att det eventuellt ej är nödvändigt för det företag där klassificering enligt exempelvis standard EN-61241-10 är utförd. Ytterligare en aspekt på problematik med zonklassificering är att det inte alltid existerar specifik EX-märkt utrustning lämpad för zon 20.

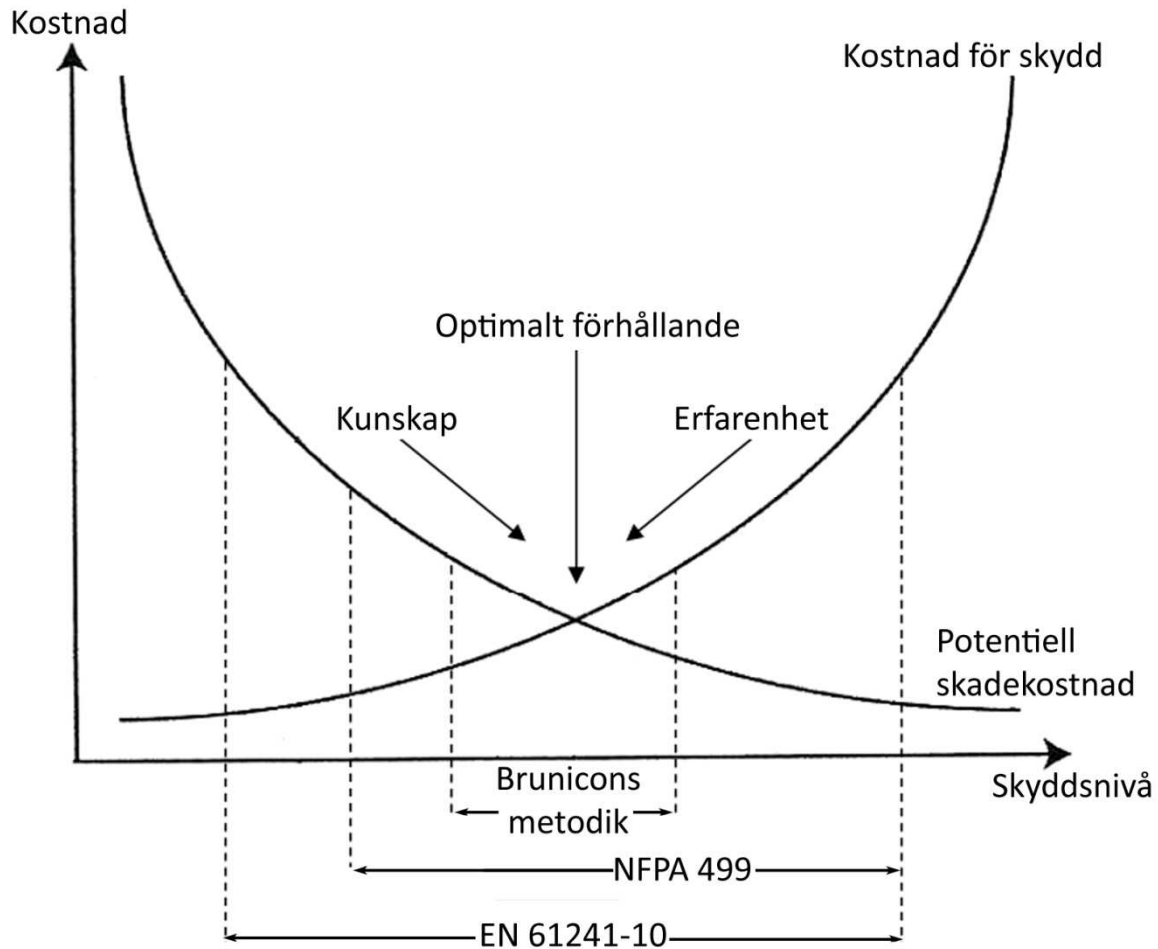
Göran Jansson (personlig kommunikation, 10 december, 2007), med lång erfarenhet från processindustrin och hantering av brännbart damm, berättar att bara ett byte av elektrisk utrustning till följd av en högre zonklassificering kan kosta ett företag hundratusentals kronor. Med sådana siffror blir det naturligtvis av stor vikt för den aktuella industrin att zonklassificeringen är korrekt utförd.

En mer konservativ klassificering påverkar riskbedömningen, vilket i sin tur leder till att riskreducerande åtgärder blir mer omfattande. Exempelvis ombyggnationer, fler säkerhetssystem, installationer, utbildning för säkerhetssystem och restriktioner för tillträde av klassificerade zoner. Detta innebär ytterligare stora kostnader för den aktuella industrin.

För att ytterligare belysa de ekonomiska aspekterna kring zonklassificering kan en jämförelse mellan de tre metodikerna göras på den fiktiva anläggningen. Europeisk och amerikansk standard zonklassificerar mer konservativt än Brunicons metodik. Vid zonklassificering enligt europeisk eller amerikansk standard på den fiktiva anläggningen skulle kostnaden för utrustning som krävs i klassificerade zoner vida överstiga den utrustningskostnad vilken Brunicons metodik resulterar i. För att optimera förhållandet mellan säkerhet och kostnad är det av stor vikt att inte endast genomföra zonklassificering och riskbedömning utan även se till den totala riskhanteringen för den aktuella industrin.

Besparingar kan göras utan att skyddsnivån minskar. Det författarna vill poängtera är att för en viss kostnad kan det förenklat uttryckt, i princip, alltid erhållas två olika skyddsnivåer, en på var sida om det optimala förhållandet mellan kostnad och erhållen skyddsnivå. Hur stor variation i skyddsnivån som erhålls beror på individens erfarenhet men även vilken zonklassificeringsmetodik som använts. En person med stor erfarenhet och kunskap om brännbart damm tolkar gällande EU-standard på ett sätt medan en mindre lämpad person kan tolka den på ett annat vis. Förutsättningarna är alltså avgörande. Förutom resurser som erfarenhet, kunskap och analytisk tänkande finns det en avgörande parameter, tillgänglig tid. Det råder att tänka på att resultatet är beroende av detta och eventuella nedskärningar på lång sikt kan medföra en större kostnad på längre sikt.

I Figur 12-1 visas förhållandet mellan skyddskostnad och potentiell skadekostnad. De tre metodikerna för zonklassificering har placerats in i figuren efter den kunskap som inhämtats under tidigare genomförd jämförelse.



Figur 12-1. Kostnadsjämförelse mellan de tre metodikerna för zonklassificering av explosiv dammatmosfär.

Nedan följer en förklaring och motivering till ovanstående figur:

Europeisk standard

Standarden uppfattas som otydlig och lämnar därför utrymme för subjektiva tolkningar. Detta resulterar i ett bredare spann i Figur 12-1. Resultatet av detta är att skyddsnivån kan variera trots att kostnaden är densamma. Vid användning av standarden finns det inget krav på vem som kan genomföra zonklassificering och det nämns vidare inget om kvalitetskontroll. Detta innebär att validiteten och reliabiliteten kan ifrågasättas. Då kunskap och erfarenhet om ett ämne är bristfällig är det enklare att ta det säkra före det osäkra. I detta fall resulterar ett sådant resonemang till en hög kostnad för en orimligt hög säkerhetsnivå.

Amerikansk standard

Upplägget på den amerikanska standarden är betydligt tydligare och lättare att genomföra än den europeiska standarden. Ett problem med denna standard är att den inte tillåter mycket analytiskt tänkande. Att följa en standard rakt av utan att "tänka" kan medföra att förhållandet inte blir optimalt för den enskilda verksamheten. Den amerikanska standarden är konservativ och även detta leder till en hög kostnad för en orimligt hög säkerhetsnivå.

Brunicon klassificering

Denna klassificeringsmetodik bygger på erfarenhet och kunskap. Till motivering för Brunicon AB:s lägre zonklassificeringar och mindre antal zonklassificeringar ligger vetenskapliga fakta och mångårig erfarenhet inom brännbart damm i processindustrin. I tidigare presenterad jämförelse av zonklassificeringsmetodiker framkommer att Brunicon behandlar fler riskområden än de två andra metodikerna. Erfarenhet och kunskap resulterar i att onödigt höga kostnader undviks samtidigt som en acceptabel skyddsnivå, enligt stiftad lag, uppnås.

13 DISKUSSION

I detta kapitel förs en friare diskussion angående denna rapports ämne, problemställningar och övriga väsentligheter som framkommit under arbetets fortskridande.

13.1 Riskhantering ur ett helhetsperspektiv

Hantering av brännbart damm inom processindustrin är ett komplext problem. Då kunskap kring risker med brännbart damm är otillräcklig är det av stor vikt att ta till vara på det kunnande och den erfarenhet som existerar. Genomförandet av zonklassificeringarna påvisar att erfarenhet och kunskap resulterar i en, för det specifika företaget, ekonomisk och mer praktisk zonklassificering utan att sänka säkerhetsnivån. För att på bästa sätt hantera risker med brännbart damm anser författarna till denna rapport att det krävs ett systematiskt riskhanteringsarbete baserat på kunskap, erfarenhet och analytiskt tänkande. Författarna till denna rapport har till följd av den presenterade problematiken kring brännbart damm skapat en vägledande metodik för hur detta kan hanteras. Vägledningen återfinns i bilaga A. Denna vägledning är generell och ger en grund för ett systematiskt riskhanteringsarbete för att hantera brännbart damm ur ett helhetsperspektiv inom processindustrin. Användandet bör anpassas till den egna verksamhetens förutsättningar och kan fungera som ett komplement till övrigt riskhanteringsarbete.

Målet vid all dimensionering av säkerhet är att erhålla så hög säkerhetsnivå som möjligt. Att uppnå det optimala förhållandet mellan kostnad och skydds nivå är väldigt svårt om inte omöjligt i vissa fall. För att uppnå ett optimalt förhållande mellan kostnad och skydds nivå inom detta komplexa område krävs det både teoretisk kunskap och i kombination med tillräcklig erfarenhet samt analytiskt tänkande. Befintlig erfarenhet måste kunna tillämpas på den faktiska situationen. Att kunna se orsaksamband och förutsäga potentiella konsekvenser kvalitativt är av stor betydelse inom detta område. Det kan till exempel vara farligt att tro att en person med stor erfarenhet av gasexplosioner är direkt kvalificerad att hantera problematiken med brännbart damm. Slutligen är det viktigt att poängtera att komplexiteten inom området och bristerna i det statistiska, även det egna statistiska underlaget, att bara för att något inte har inträffat betyder det inte att det inte kommer inträffa. Ett proaktivt riskhanteringsarbete är därför grundläggande inom industri där det förekommer brännbart damm.

13.2 Brännbart damm och riskhantering – ett organisatoriskt problem

Dammexplosioner är ett komplext fenomen vilket beror på att ett flertal faktorer inträffar samtidigt. Att bedöma konsekvenser av dammexplosioner är väldigt svårt för att inte säga omöjligt. Anledning är att en explosion kan leda till ytterligare sekundära explosioner om damm virvlas upp och antänds av den primära explosionen. En explosion behöver dock inte medföra ytterligare sekundära explosioner men då återstår risk för brand i dammlager. Vidare är flamspridning i brännbart damm hastigare än bränder i solida brännbara material, vilket innebär att det kan vara svårt att bedöma eventuellt brandförlopp. Om en brand eller explosion skulle inträffa kan det få allvarliga konsekvenser som dödsfall och allvarliga skador. Genom att minimera kvantitet av damm utanför utrustning minskar risk för sekundära dammexplosioner och dammbränder, vilket innebär att antalet potentiella, oönskade scenarier minskar. Detta innebär att konsekvensbedömningar underlättas, vilket i sin tur medför att det blir lättare att uppfylla lagkrav gällande konsekvensbedömning.

Som tidigare nämnts i denna rapport är statistiskt underlag för dammexplosioner begränsat och bristfälligt. Antalet dammexplosioner som inträffar är troligtvis betydligt fler eftersom endast dammexplosioner med allvarliga konsekvenser som dödsfall och allvarliga skador har dokumenterats. Då olycksutredningar genomförts, efter dammexplosion, är det många gånger antändningskällan inte kunnat fastställas. Vidare är kvantitet av damm en avgörande parameter för om dammexplosion skall inträffa. Eftersom en dammexplosion beror av flertalet parameter har det visat sig i princip vara omöjligt att beräkna en given risknivå med godtagbar osäkerhet i resultatet. Som tidigare nämnts i denna rapport är alternativet då att utföra en utförligare kvalitativ riskanalys. Det väsentliga med en riskanalys och riskhanteringsarbete är ändå en ökad säkerhet.

En organisation eller verksamhet är därför mer eller mindre tvungen att själv identifiera och bedöma var de största riskerna existerar i anläggningen. Sedan gäller det att utveckla ett " eget statistiskt underlag" för den egna processen. Därför är det av yttersta betydelse att anställda rapporterar då de misstänker att något är onormalt i driftprocessen det vill säga innan en oönskad händelse inträffar. När väl rapportering sker, rapporteras vanligtvis endast inträffade oönskade händelser. Ofta är det brister i denna kommunikation och det organisatoriska arbetet som föranleder oönskade händelser. En verksamhet eller organisation behöver därför ha en väl fungerande och effektiv rapporteringskultur. Rapportering skall dokumenteras och all dokumentation skall även vara tillgänglig för de anställda. Dokumenterad erfarenhet kan hjälpa de anställda att motverka uppkomst av oönskade händelser.

En rapportering kultur kräver en del förutsättningar och resurser. Alla nivåer i verksamheten skall vara involverade i säkerhetsarbetet exempelvis ledning, avdelningsansvariga och övriga anställda. Detta kräver att personal är engagerad, skicklig (följer rutiner och regler) och besitter tillräcklig kunskap, vilken erhålls från exempelvis erfarenhet, praktik och utbildning. Utbildning är som tidigare nämnts viktigt i samband med riskhanteringsarbete. Det är viktigt att de anställda inte enbart känner till enstaka risker utan får en förståelse för hur och varför oönskade händelser uppstår. Om detta ej existerar är det svårt att upptäcka oidentifierade oönskade händelser. I samband med brännbart damm krävs en hög riskmedvetenhet eftersom konsekvenserna av en explosion eller brand kan bli katastrofala. Satsning på utbildning och andra kompetenshöjande insatser kräver resurser. Ledningen i ett företag har en betydande roll i riskhanteringsarbetet. Inte det rent praktiska riskhanteringsarbetet utan ledningens roll är att skapa engagemang och se till att det finns tillgängliga resurser. Eftersom det är ledningen som tar beslut vid eventuella åtgärder är det viktigt att även de besitter viss övergripande kunskap om hur och varför oönskade olyckor uppstår. Vidare bör ledningen eller representanter från ledningen aktivt kommunicera med avdelningsledare eller andra personer som har säkerhetsansvar.

13.2.1 Vikten av städning

Kvantitet av damm och frekvens av hur ofta explosiv atmosfär uppstår är direkt avgörande för zonklassificering. Genom att reducera förekomst av damm eller möjlighet till uppkomst av explosiv atmosfär kan antalet zonklassificerade områden reduceras. Detta innebär även ett bättre brandskydd eftersom brandbelastning och risk för antändning minskar.

Effektiv städning kräver god organisation. Med effektiv städning i detta sammanhang avses städning som ökar en anläggnings säkerhet. Vid genomförande av städning är det viktigt att beakta att städning inte får sänka säkerheten. Städning med tryckluft bör därför i princip aldrig tillåtas eftersom

explosiv atmosfär då kan genereras. En anläggning bör delas in i områden och dessa bör sedan rangordnas efter risk.

De mest omfattande konsekvenserna inträffar då en primär dammexplosion genererar sekundära explosioner. Städning är en mycket viktig skyddsåtgärd för att minska risken för sekundära explosioner. Att täta utrustningen så damm inte sprids till omgivningen är också en lämplig skyddsåtgärd för sekundära dammexplosioner. Tätning bidrar dock till ökade dammkoncentrationer inom utrustningen, vilket höjer förutsättningen för primära dammexplosioner i inneslutningar. Det kan då behövas ytterligare skyddsutrustning, aktiva eller passiva system, för att undvika explosioner inom processutrustning. Författarna till denna rapport anser att undvikandet av sekundära explosioners konsekvenser är av största vikt eftersom de är svårbedömda och kan vara förödande.

13.2.2 Utbildning

För att kunna förbättra säkerheten inom en verksamhet är det en grundförutsättning att det existerar kontinuerlig utbildning av anställda. Vidare är det viktigt att det existerar en god intern kommunikation mellan anställda på alla nivåer inom verksamheten. Enligt gällande lagstiftning är det arbetsgivarens skyldighet att se till att anställd personal har erforderlig utbildning för att kunna utföra tilldelad arbetsuppgift.

För att erhålla hög säkerhet inom en verksamhet krävs det att de anställda uppfyller parametrarna i begreppet professionalism. Detta begrepp innehåller de fem parametrarna kunskap, erfarenhet, skicklighet, engagemang och förutseende. En individs kompetens utgörs av en kombination av formell kunskap, erfarenhet och skicklighet erhållna av tidigare praktiskt arbete. Om en individ har förmåga att kombinera tillräcklig kompetens tillsammans med engagemang och förutseende innebär det att individen har förmågan att agera snabbt och effektivt inom sitt arbetsområde. För att undvika missförstånd är det viktigt att verksamheten har tydliga definitioner på begrepp som förekommer inom riskhanteringsarbetet. Då kunskapen kring risker med brännbart damm generellt är bristfällig anser författarna till denna rapport att det är viktigt att förmedla den fakta och kunskap som finns i dagsläget. Alla anställda i verksamheter där brännbart damm hanteras bör genomgå en grundlig utbildning där fokus ligger på riskhanteringsarbete och säkerhet. Vad som generellt bör ingå i en utbildning beskrivs i Vägledning för riskhantering, bilaga A.

13.2.3 Felaktig riskperception

Riskkollegiet (1993) skriver att "mänskliga bedömningar förefaller vara en sammansmältning av fakta och värderingar. De kan därför antagligen inte förändras bara genom upplysning". Med detta resonemang blir det svårt att förändra en individs förhållning till en risk som den personen utsätts för dagligen. Därför är det viktigt att personen i fråga har en så korrekt riskbild som möjligt redan från början. När en uppfattning om en eventuell risk har skapats är det svårt att förändra den riskbilden.

En konsekvens till följd av konservativ klassificering kan vara att gemene man får en felaktig riskuppfattning. Låt oss ta ett exempel. Konsultföretag A har fått i uppdrag av en industri att genomföra en klassificering för explosiv dammatmosfär. Konsultfirman är inte helt säkra på uppgiften men gör ett gott arbete genom att följa gällande lagstiftning och använda sig av de standarder som är praxis. I de fall konsultfirman är osäker tar firman till extra säkerhetsmarginal, vilket ger en konservativ klassificering. Industriarbetare B, som har jobbat på industrin under flertalet år har helt plötsligt fått delar av sin arbetsplats zonklassificerad för explosiv dammatmosfär. Industriarbetare B, som känner sin

arbetsplats mycket väl, ignorerar EX-skyltar som varnar för explosiv atmosfär. Detta kan leda till att, om industriarbetare B besöker en annan arbetsplats där zonklassificering är mer korrekt genomförd, ignorerar han även där i EX-skyltarna och utsätter sig och sin omgivning för direkt fara.

13.3 Brand och explosion utesluter inte varandra

Risker med brand i dammlager är något som kommer i skymundan i de direktiv och standarder som behandlas i denna rapport. De direktiv som behandlar explosiv atmosfär tenderar att beakta endast de parametrar som är gemensamma för gas, ånga, dimma och damm. Eftersom gas ej bildar lager på ytor, vilket damm i sin tur orsakar, beaktar direktiven främst de explosionsrisker som existerar vid dammlager. Författarna till denna rapport anser att risker med dammlager primärt rör brand eftersom då endast en tändkälla och ett dammlager måste vara närvarande. För att exempelvis en het yta skall fungera som en tändkälla till ett dammoln måste oftast ett dammlager också vara närvarande. Eventuellt kan dock en dammexplosion inträffa om en het yta och en mekanism för uppvirvling existerar, antändningstemperaturen för dammoln är emellertid ca 200 grader Celsius högre än för dammlager. Det bör dock noteras att den allvarligaste konsekvensen med dammlager är sekundära explosioner.

Som nämnts åtskilliga gånger i denna rapport är standard EN-61241-10 otydlig när det gäller hur brand i dammlager skall behandlas. Upphovsmännen till detta examensarbete anser att en standard som behandlar explosiv atmosfär till följd av damm måste vara tydlig när det gäller hur dammlager skall behandlas. Vidare anser de att standarden borde göra ett tillägg där det förklaras att den primära risken med dammlager är brand och specificera en metodik för att hantera brandrisk med brännbart damm.

Enligt gällande lagstiftning skall en anläggnings risker bedömas där det förekommer explosiv atmosfär. Det anges även att risker för brand skall beaktas. Författarna anser att risker med brännbart damm skall ses ur ett helhetsperspektiv. Det krävs ett lämpligt verktyg för att skapa en väl fungerande riskhanteringsprocess som genomsyrar hela verksamheten. Författarna till denna rapport beskriver i vägledningen (Bilaga A) vidare hur brandrisker med brännbart damm bör hanteras.

13.4 Varför gemensamma direktiv för gas och damm?

ATEX-direktiven (1999/92/EG, 94/9/EG) skall appliceras på områden där explosiv atmosfär kan genereras. Eckhoff (2006) visar på ett flertal punkter hur dessa direktiv är mer anpassade för gas än för damm. Gas läcker oftast ut vid någon typ av avvikelse medan damm är en del av processen. Vidare sker en dammexplosion då något oönskat material, exempelvis metall, kommer in i processflödet medan en gasexplosion ofta inträffar utanför processdelar. Dammexplosioner är mer en del av processen medan gasexplosioner sker vid avvikelser från normala betingelser. Författarna till denna rapport instämmer i Eckhoffs åsikter och påpekanden. När gas och damm har så fundamentala olikheter finns det ingen rimlig anledning att samma regler skall gälla för de båda grupperna. Varför är då så fallet? Det går egentligen endast att spekulera i anledningar till att Produkt- och Användardirektivet gäller för både gas och damm. Först och främst är det naturligtvis praktiskt att samla olika typer av explosioner och dess uppkomst under samma direktiv. Arbetsgången hos bestämmande organ underlättas och syftet med en allians av gas och damm kan till en början tyckas vara förnuftigt. Det egentliga problemet är inte att gas och damm faller under samma direktiv utan snarare att regler för gas appliceras på dammproblematik. För att få ytterligare en aspekt på varför gas och damm faller

under samma direktiv kan det vara av vikt att titta på vilka som har intresse för en gemensam lagstiftning. Resultatet av ett unisont direktiv är att de utrustningar som krävs, enligt Produktdirektivet, i explosiv atmosfär till följd av gas även krävs då damm är den bakomliggande parametern. De leverantörer som tillverkar produkter med syfte att användas i explosiva gasmiljöer är nog inte missnöjda med att kunna sälja samma utrustning till företag där explosiv atmosfär genereras till följd av damm. Att detta skulle vara en av faktorerna till gemensamma direktiv för gas och damm vill inte författarna till denna rapport påpeka utan konstaterar endast de fakta som trots allt existerar.

Att två EU-direktiv, som i skrivande stund styr lagstiftning i Europeiska Unionens samtliga 27 medlemsländer, ej beaktar de vetenskapliga fakta som faktiskt existerar anser författarna till detta examensarbete vara mindre lämpligt. Nuvarande direktiv borde revideras för att tydliggöra skillnaderna mellan gas och damm. Damm borde behandlas helt separat så utrustningskrav och säkerhetsregler för brännbart damm inte likställs med de krav och regler som gäller för gas.

13.5 Zonklassificering av explosiv atmosfär

Som tidigare behandlats i denna rapport är standard EN-61241–10 otydlig och svårtolkad. Speciellt gäller detta för problematik kring hur dammlager skall behandlas. Författarna till detta examensarbete anser att standarden måste bli tydligare och konkret beskriva hur dammlager skall hanteras. Amerikansk standard (NFPA 499) har en mer precis beskrivning och vid eventuell framtida uppdatering av standard EN-61241–10 bör detta beaktas. I Amerikansk standard (NFPA 499) skall alla dammlager tjockare tre millimeter klassificeras med division I, vilket är den högsta graden av klassificering. Författarna till denna rapport anser som sagt att tydligheten hos amerikansk standard gällande dammlager är tilltalande, dock kan den konservativa synen på dammlager ifrågasättas. En anledning till att standard EN 61241–10 är otydligt kan bero på komplexiteten med damm som beskrivs i kapitel 9. I standard EN-61241–10 beskrivs att zonklassificerade områden utomhus kan få en förändrad klassificering beroende på vilka väderförhållanden som gäller. Egenskaper hos damm påverkas av parametrar som lufttryck, temperatur, vind och fuktighet. Ett problem kring detta är att om zonklassificering skall ändras på grund av väderförhållanden så måste det finnas klara bestämmelser för hur detta skall genomföras. Det bör då ifrågasättas om det är praktiskt genomförbart att ändra en zonklassificering så fort utomstående omständigheter blir annorlunda. Författarna till denna rapport anser att om det utomhus skall förekomma en zonklassificering måste den gälla för det väderförhållande som har störst negativ påverkan. Naturligtvis måste det också föras ett logiskt resonemang kring sannolikhet och konsekvens angående risk för eventuell explosion.

När det gäller klassificering av explosiv dammatmosfär skall, enligt både europeisk och amerikansk standard, en utsträckning av zonen ske i rummets tre dimensioner (x-, y- och z-led) med ett bestämt avstånd om inga avgränsningar (exempelvis väggar) existerar. Detta tillvägagångssätt fungerar bra när det handlar om gas. Vid gasläckage genereras ofta ett moln som sträcker sig i någon riktning beroende på förhållanden i luften. Dammoln uppför sig på ett annorlunda sätt eftersom dammpartiklar i större utsträckning påverkas av tyngdkraften och därmed förr eller senare faller ner mot marken. Damm skapar inte ett sfäriskt moln om det exempelvis skulle läcka ut från någon processutrustning. Det är förövrigt extremt ovanligt att ett dammoln vid läckage sprider sig i form av ett explosivt dammoln. Detta är ett av de primära problemen med den europeiska standarden. Därför faller det sig tämligen märkligt att klassificera sfäriska moln när det handlar om explosiva dammluftblandningar.

13.6 Vägledning för riskhantering

I den vägledning som skapats av författarna till denna rapport och som återfinns i Bilaga A, har målet varit att riskhanteringsarbete som använder vägledningen som mall skall hålla hög reliabilitet och validitet. Författarna har skapat en generell arbetsmetodik för riskhanteringsarbete i samband med brännbart damm. Den generella vägledningen belyser inte enbart gällande lagkrav utan innehåller även metoder som författarna skapat för att riskhanteringsarbetet skall uppnå en hög validitet och reliabilitet. Vägledningen har dock inte tillämpats på någon befintlig anläggning.

14 SLUTSATSER

Nedan beskrivs de slutsatser som framkommit under det här arbetets gång. Slutligen skildras författarnas tankar inför framtiden när det gäller brännbart damm.

- Kunskap inom detta område är generellt otillräcklig, vilket resulterar i att ett stort ansvar läggs hos de som utarbetar standarder.
- Kunskap är avgörande vid användning av standarder och andra lösningar. Bristfällig eller felaktig kunskap tillsammans med en "dålig" standard eller lösning kan medföra stora konsekvenser ur säkerhetssynpunkt såväl som ur ekonomiska aspekter.
- En standard ersätter inte en riskanalytikers tänkande utan kan vara en hjälp i arbetet och bör mer ses som en checklista.
- Varje anläggning är unik eftersom många parametrar påverkar uppkomsten av brand eller explosion. Kännedom om anläggningen och erhållna erfarenheter från den är ovärderlig.
- Att ta vara på erfarenheter och dokumentera oönskade händelser som inträffat leder till ett proaktivt riskhanteringsarbete som förbättrar säkerhetsnivån.
- Damm skall ses ur ett helhetsperspektiv, vilket innebär att både explosions- och brandrisker skall beaktas.
- Gällande standarder (NFPA 499 och 61241–10) ser inte till brandrisker på ett tillförlitligt sätt. En brand i dammlager kan medföra allvarliga konsekvenser för människa och aktuell anläggning.
- Genomförda jämförelse av zonklassificeringsmetodiker visar att användning av Brunicon AB:s metodik resulterar i en lägre skyddskostnad för den industri där brännbart damm hanteras.
- Det finns signifikanta skillnader vid en direkt jämförelse mellan problematik för gas och damm. Att applicera "gastänket" på damm kan medföra stora ekonomiska konsekvenser utan att någon högre säkerhet erhålls.
- Utrustningskrav och säkerhetsregler för brännbart damm skall utformas mer i enlighet med den vetenskapliga fakta som existerar.

14.1 Framtiden

Hantering av brännbart damm inom processindustrin är ett komplext och i många fall svårbemästrat förfarande. Kunskapen om uppkomst, spridning och konsekvenser av bränder och explosioner till följd av damm är i dagsläget otillräcklig. I Användar- och Produktdirektivet samt standard EN 61241–10 finns det flertal exempel på att vetenskapliga fakta kring damm ej beaktas. Vid framtida revideringar av dessa borde de vetenskapliga aspekterna få ett större utrymme. Författarna till detta examensarbete önskar att diskussionen kring eventuella revideringar av ATEX-direktiven fortsätter samt efterlyser en ökad kunskap kring brännbart damm inom processindustrin.

15 REFERENSER

- Abbasi, T. & Abbasi, S. A. (2007). Dust explosions – Cases, causes, consequences, and control. *Journal of Hazardous Materials*, 140, 7–44.
- Abrahamsson, M. & Magnusson, S.E. (2004). *Risk- och sårbarhetsanalyser. Utgångspunkter för fortsatt arbete (KBM:S FORSKNINGSSERIE NR 2)*. Stockholm: Krisberedskapsmyndigheten (KBM).
- Akselsson, R. (2006). *Människa, teknik, organisation och riskhantering*. Lund: Lunds universitet, Institutionen för Designvetenskap, 221 00 Lund.
- Amyotte, P. R., et al. (2003). Reduce Dust Explosions in the Inherently Safer Way, *CEPmagazine*, 99 (10).
- Bardon, M.F. & Fletcher, D.E. (1983). Dust explosions. *Science Progress*, 68, (272), 459-473.
- Beck, H. & Jeske, A. (1982). *Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellung*. Report No 4/82. St. Augustin, Germany: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit.
- Bengtsson, L-G. & Karlsson, B. (1997). *Fenomenen övertändning, backdraft och brandgasexplosion (FoU rapport)*. Karlstad: Statens räddningsverk (SRV).
- Bengtsson, L-G. (1998). *Övertändning, backdraft och brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv*. Karlstad: Statens räddningsverk (SRV), Räddningstjänstavdelningen.
- Blair, A. S. (2007). Dust explosion incidents and regulations in the United States. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20, 523-529.
- BS2955. (1958). *Glossary of Terms Relating to Powders*, 505. London: British Standard Institute.
- Cashdollar, K.L. (2000). Overview of dust explosibility characteristics. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 13, 183-189.
- Chitty, R. (1994). *UK Fire Research and Development Group - A survey of backdraft*. London: UK Home Office, UK Fire research Group.
- Choy, A. & King, R. (2005). An experimental investigation of approaches to audit decision making: an evaluation using systems-mediated mental models. *Contemporary Accounting Research*, 22, (2), 311 – 350.
- Dahl Hansson, T. (2005). *Risk analysis and a study of risk awareness and risk communication at LEAF Gävle concerning dust explosions (report 5174)*. Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för brandteknik.
- Davidsson, G. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Statens räddningsverket (SRV).
- Drysdale, D. D. (1996). The Flashover Phenomenon. *Fire Engineers Journal*, 56, (187), 18-23.
- Eckhoff, R. K. (2003). *Dust Explosions in the Process Industries (3rd ed.)*. Amsterdam/Boston/Heidelberg: Gulf Professional Publishing/Elsevier Science.

- Eckhoff, R.K. (2006). Differences and similarities of gas and dust explosions: A critical evaluation of the European "ATEX" directives in relation to dusts. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19, 553-560.
- Eckhoff, R. K., & Randeberg, E. (2007). Electrostatic spark ignition of sensitive dust clouds of MIE<1mJ. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20, 396-401.
- Ejvegård, R. (2003). *Vetenskaplig metod*. Lund: Studentlitteratur.
- Federation of European Risk Management Associations (FERMA). (2006). *Standard för risk management (Swedish Risk Management Association (SWERMA) övers.)* Tyresö: Swedish Risk Management Association (SWERMA) (Originalarbete publicerat 2003).
- Frantzich, H. & Holmstedt, G. (2003). Brand och explosion. I G. Grimvall, P. Jacobsson & T. Thedéen (Red.), *Risker i tekniska system* (pp. 275-299). Lund: Studentlitteratur.
- Hamilton, G. (1996). *Risk Management 2000*. Lund: Studentlitteratur.
- Hayden, D. K. (2004). Secondary Dust Explosions – Lessons from the plastics processing industry. *Professional Safety*, 49, 27-30.
- Holmgren, Å. & Thedéen, T. (2003). Riskanalys. I G. Grimvall, P. Jacobsson & T. Thedéen (Red.), *Risker i tekniska system* (pp. 235-252). Lund: Studentlitteratur.
- Hägglund, B., Jansson, R. & Onnermark, B. (1974). Fire development in residential rooms after ignition from nuclear explosions (FOA report c2006-D6 (A3)). Stockholm: Försvarets forskningsanstalt (FOA).
- IEC 300-3-9. (1995). Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems, Genève, Schweiz.
- Jacobson, M. (2001). Problem solving, cognition, and complex systems: differences between experts and novices. *Complexity*, 6, (3), 41-49.
- Kemikontoret. (2001). *Riskhantering 3: Tekniska riskanalysmetoder*. Stockholm: Industrilitteratur AB.
- Klinke, A. & Renn, O. (2002). A New Approach to Risk Evaluation and Management: Risk-Based, Precaution-Based, and Discourse-Based Strategies. *Risk Analysis*, 22, (6), 1071-1094.
- Knechel, R. (2002). The role of the independent accountant in effective risk management. *Journal of Economics and Management*, February, 65 – 86.
- Lamnevik, S. (2002). *Dammexplosioner*. IPS – Intresseföreningen för Processäkerhet. Stjärnhov.
- Lundin, J. et al (2005). Analytisk dimensionering. I S. Bengtsson, H. Frantzich & R. Jönsson (Red.) *Brandskyddshandboken* (Rapport 3134) (pp. 176-193). Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för brandteknik.
- Mattson, B. (2000). *Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande*. Karlstad: Statens räddningsverk (SRV).

- Morgan, M.G. & Henrion, M. (1990). *Uncertainty – A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. New York: Cambridge University Press.
- NFPA 68. (2002). *Guide for Venting of Deflagrations*. USA: National Fire Protection Association. Publication No. 68 from National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.
- NFPA 499. (2004). *Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas*. Publication No. 499 from National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.
- NFPA 654. (2006). *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*. Publication No. 654 from National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.
- Nilsson, J. (2003). *Introduktion till riskanalysmetoder* (Rapport 3124). Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för brandteknik.
- Nilsson, S-Å. & Persson, P. (1999). *Investeringsbedömning*. Stockholm: Liber AB
- Nystedt, F. (2000). *Riskanalysmetoder* (Rapport 7011). Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för brandteknik.
- O'Donnell, E. (2005). Enterprise risk management: A systems-thinking framework for the event identification phase, *International Journal of Accounting Information Systems*, 6, (3), 177-196.
- Olsson, F. (1999). *Riskanalysmetoder*. Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för brandteknik.
- Ondrus, J. (1990). *Brandförlopp*. Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för brandteknik.
- Palmer, K. N. (1973). *Dust explosions and fire*. London: Chapman & Hill
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. New York: Basic Books.
- Risikkollegiet. (1993). *Upplevd risk – Information från risikkollegiet*. Risikkollegiet.
- Risikkollegiet. (1998). *Beslut under säkerhet – Information från risikkollegiet*. Risikkollegiet.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Statens räddningsverk (SRV).
- Räddningsverket. (1998). *Riskhänsyn i fysisk planering*. Karlstad: Räddningsverket (SRV), Kulturgeografiska institutionen vid Handelshögskolan, Göteborgs universitet.
- Räddningsverket. (2007). *Inherent Safety*. Karlstad: Statens Räddningsverk (SRV), Risk- och miljöavdelningen.
- Schyllander, J. (1998). *Ett ramprogram för forskning och utveckling inom riskhanteringsområdet*. Karlstad: Statens räddningsverk (SRV).
- Servaes, H. & Tufano, P. (2006). Ranking Risk and Finance. *Financial Times*.

Skjold, T. (2007). Review of the DESC project. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20, 291-302.

Society of Fire Protection Engineers. (2005). *SFPE Engineering Guide to Application of Risk Assessment in Fire Protection Design*.

Svedung, I. & Rasmussen, J. (1997). *Riskhantering i ett systemperspektiv* (FoU rapport). Karlstad: Räddningsverket (SRV), Risk- och miljöavdelningen.

Svensk Elstandard (SEK). (2004). *EN 61241-10 Utrustning I områden med explosiva dammatmosfär – Del 10: Klassning av riskområden med explosiv dammatmosfär*. Kista: Svensk Elstandard (SEK).

Swedish Standards Institute (SIS). (1994). *SS-ISO 8402 Kvalitetsledning och kvalitetssäkring – Terminologi*. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).

Sweis, F.K. (2004). The effect of admixed material on the flaming and smouldering combustion of dust layers. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 17, 505-508.

Thedéén, T. (1998). *Risker i tekniska system – Riskanalys*. Utbildningsradion.

Van der Voort, M.M. et al. (2007). A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20, 375-386.

van Vuuren, W. (2000). Cultural influences on risks and risk management: Six case studies. *Safety Science*, 34, 31-45.

Wandrell, K. (2007). Från spinnrock till trägol. *Brandsäkert*, (6), 32-35.

Wennersten, R. (2003). Industriell riskhantering. I G. Grimvall, P. Jacobsson & T. Thedéen (Red.), *Risker i tekniska system* (pp. 235-252). Lund: Studentlitteratur.

Wiemann, W. (1989). *Vermeidung von Staubexplosionen durch Inertisierung*. VDI – Berichte, 701, 491-510. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH.

15.1 Lagar

Direktiv 94/9/EG, Direktiv 100a, Produktdirektivet. *Europaparlamentets och rådets direktiv om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om utrustning och säkerhetssystem som är avsedda för användning i explosionsfarliga omgivningar*

Direktiv 1999/92/EG, Direktiv 137, Användardirektivet. *Europaparlamentets och rådets direktiv om minimikrav för förbättring av säkerhet och hälsa för arbetstagare som kan utsättas för fara orsakad av explosiv atmosfär*

AFS 1995:5 *Utrustningar för explosionsfarlig miljö*

AFS 2003:3 *Arbete i explosionsfarlig miljö*

ELSÄK-FS 1995:6 *Elektriska utrustningar för explosionsfarlig miljö*

SRVFS 2004:7 *Statens räddningsverks föreskrifter om explosionsfarlig miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor*

15.2 Internet

European Committee for Electrotechnical Standardization. (2007). Datum: 2007-10-01

URL <http://www.cenelec.eu/>

European Committee for Standardization. 2007. Datum: 2007-10-01

URL <http://www.cen.eu/>

International Electrotechnical Commission. 2007. Datum: 2007-10-01

URL <http://www.iec.ch/>

International Organization for Standardization. (2007). Datum: 2007-10-01

URL <http://www.iso.org/>

Nationalencyklopedin. (2007). Sökord: Damm. Datum: 2007-10-01

URL <http://www.nationalencyklopedin.se/>

Nationalencyklopedin. (2007). Sökord: Murphy's lag. Datum: 2007-10-01

URL <http://www.nationalencyklopedin.se/>

Swedish Standards Institute. (2007). Datum: 2007-10-01

URL <http://www.sis.se/>

Svensk Elstandard. (2007). Datum: 2007-10-01

URL <http://www.sek.se/>

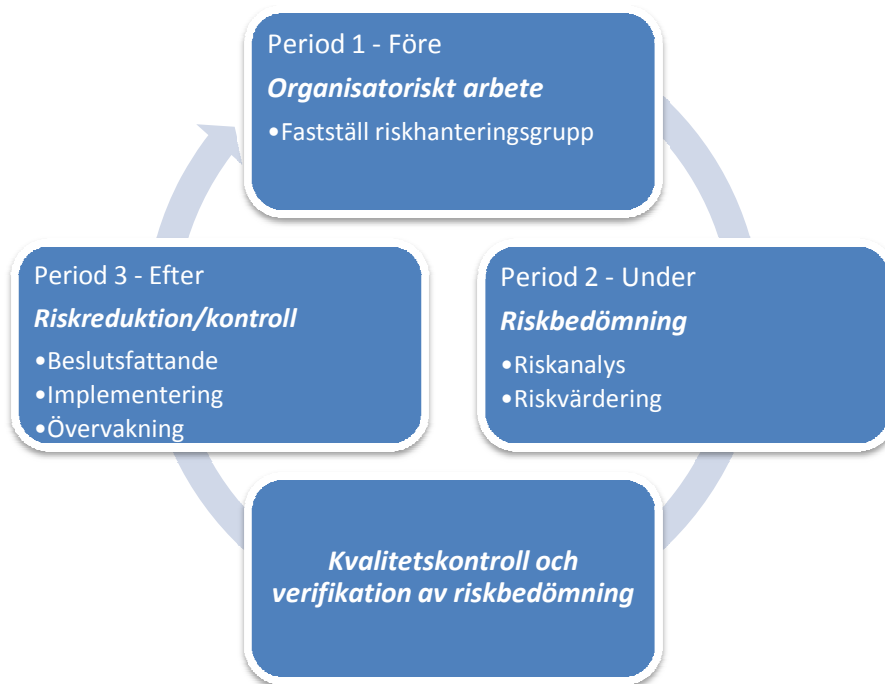
Øresund Safety Advisers AB. (2007). Datum: 2007-10-07

URL <http://www.oresundsafety.se/>

BILAGA A – VÄGLEDANDE METODIK FÖR RISKHANTERING

I detta kapitel redogör författarna till denna rapport en arbetsmetodik för riskhanteringsarbete gällande brännbart damm. Till grund för denna metodik ligger tidigare presenterat material i denna rapport. Arbetsmetodiken är inte heltäckande och kan justeras efter den egna verksamheten. Huvudsyftet med denna arbetsmetodik är att underlätta riskhanteringsarbetet för verksamheter och organisationer där brännbart damm existerar.

Vid genomförandet av en riskhanteringsprocess finns det ett flertal parametrar som påverkar det slutliga resultatet och resultatets kvalitet. I denna vägledning delas riskhanteringsarbetet in i tre tidsperioder:



Figur A-1. Översiktlig arbetsgång vid riskhanteringsarbetet för brännbart damm.

En total bild över alla ingående moment i riskhanteringsarbetet presenteras på nästkommande sida.



Figur A-2. Total bild över de moment som ingår i riskhanteringsarbetet vid hantering av brännbart damm.

A.1 Före riskhanteringsarbete påbörjas

En riskanalys och övrigt riskhanteringsarbets kvalitet avgörs av bland annat tillgängliga resurser. En avgörande resurs är lämplig disponibel personal som skall genomföra riskanalys och övrigt riskhanteringsarbete. Det är av stor vikt att ledningen av verksamheten är engagerad och införstådd med syftet av det kommande riskhanteringsarbetet. Utan ledningens involverande och engagemang kan det vara besvärligt att bedriva en effektiv riskhantering. Detta eftersom ledningen styr över disponibla resurser och fattar beslut i verksamheten. Innan något arbete börjar bör en riskhanteringsgrupp fastställas. Lämpligt tillvägagångssätt vid formation av riskhanteringsgrupp:

1. Utse en riskhanteringsgrupp bestående av personer från alla nivåer i företaget, exempelvis personer från ledning, avdelningschefer, säkerhetsansvariga och processkunnig personal
2. Kontrollera om erforderlig kunskap existerar i riskhanteringsgrupp
3. Kontrollera om extern expertis anses nödvändig för genomförandet av riskhanteringsarbetet och/eller utbildning av riskhanteringsgrupp
4. Fastställa av riskhanteringsgrupp

För att underlätta riskhanteringsarbetet är det viktigt att dokumentering sker kontinuerligt under hela arbetsprocessen. I avsnitt A 3.3.1 beskrivs vad som skall och bör dokumenteras.

A.2 Riskbedömning

I period 2 genomförs riskbedömning av risker på anläggning. Risker med brännbart damm delas in i explosionsrisker och brandrisker. Riskbedömning omfattar två delsteg, riskanalys och riskvärdering. Enligt AFS 2003:3 och direktiv 1999/92/EG skall verksamhet där det förekommer brännbart damm så att förutsättningar existerar för explosiv atmosfär genomföra en riskbedömning.

A.2.1 Riskanalys

En riskanalys omfattar enligt ISO/IEC 73, vilken är praxis att använda inom industrin, tre delsteg:

- Definition och omfattning
- Riskidentifiering
- Fastställande av risk

Vad som är viktigt att beakta i ovan nämnda delsteg förklaras nedan mer utförligt.

A.2.1.1 Definition och omfattning

Syfte med riskhanteringsarbetet bör minst vara att erhålla en acceptabel risknivå för människa och egendom samt att uppfylla gällande lagstiftning. Målet med riskhanteringsarbetet bör vara att fastställa risker som kan påverka människa och egendom. Vidare bör en riskanalys fungera som ett beslutsunderlag vid fastställande av eventuella åtgärder. En riskanalys skall helst redovisa potentiella åtgärder ur ett kostnadseffektivt perspektiv, vilket underlättar kommande beslutsprocess.

För att ett riskanalysarbete skall hålla hög kvalitet krävs att kvalitetskrav fastställs innan arbetet inleds. Efterlevnad av dessa krav bör kontrolleras under och vid avslutande av ett riskanalysarbete. Krav kan exempelvis omfatta planering, genomförande, redovisning av resultat, granskning och verifikation. En dokumentation är ett slutligt bevis på ett riskanalysarbets kvalitet. Om viktig information eller fakta saknas är det svårt för personer, exempelvis beslutsfattare eller kontrollerande myndighet, som inte deltagit i riskanalysarbetet att avgöra arbetets kvalitet.

Något som styr avgränsning av riskanalysers omfattning är tillgängliga resurser, vilket i många fall är disponibel tid. Verkligheten består av många parametrar och att finna alla orsakssamband och hur förändringar i dessa påverkar varandra är omöjligt i ett praktiskt men även teoretiskt perspektiv. Av denna anledning måste avgränsningar införas så att det som är väsentligt för att uppnå målet analyseras.

A.2.1.2 Riskidentifiering

Riskidentifiering är grunden för en riskanalys eftersom risker som inte identifieras inte heller har någon möjlighet att bedömas. Riskidentifiering i samband med brännbart damm kan delas upp i tre steg.

Grovanalys

Syftet med en grovanalys är att skapa en uppfattning om anläggnings omfattning och funktion. Börja med en översiktlig analys av anläggning genom att kontrollera var det existerar damm, om det är möjligt dela in anläggning i lämpliga block. Identifiera var de största riskerna tros existera (både brand och explosionsrisker). Hjälpmedel utöver kunskap i riskanalysgrupp som kan vara användbara är driftböcker, flödesschema, loggar och liknande.

Zonklassificering av områden med explosiv atmosfär och områden med brandrisk

Väderförhållanden kan påverka förutsättningar för explosions- och brandrisker. Bedömningar kring väderförhållandens påverkan är svåra att genomföra. Det rekommenderas inte att zonklassificera efter vädret eftersom det då krävs flera zonklassificeringar av samma område beroende på väderförhållanden. Att vädret har en inverkan på eventuella explosions- och brandrisker bör dock noteras.

Då mindre volymer innehållande damm inte kan resultera i en märkbar konsekvens för människors hälsa, utrustning eller egendom bör dessa dammvolymer inte beröras av zonklassificering.

Fastställ identifierat dammaterials egenskaper och utför lämplig kategorisering genom att besvara följande exempel på frågor:

- Vilket är materialet?
- Partikelstorlek (millimeter)? Ange som intervall.
- Fukthalt (procent)?
- Minsta tändtemperatur, MIT (grader Celsius) och minsta tändenergi, MIE, (millijoule)?
- Dammklass, deflagrationsindex och K_{ST} – värde (barmeter per sekund)?

Fler parametrar som beskriver ett dammaterials egenskaper kan vara aktuella vid vissa särskilda typer av damm. För att underlätta fortsatt arbete kategoriseras olika identifierade dammtyper. Nedan finns ett exempel.

Tabell A-1. Exempel på kategorisering av olika typer av damm. Indelning av damm kan ske exempelvis efter partikelstorlek eller material. Kategorisering bygger på en kvalitativ bedömning om det tros existera signifikanta skillnader för explosionsrisk. Exemplet nedan visar kategorisering av trämaterial efter partikelstorlek. I industri där dammpartiklar är av varierande material kan ytterligare en indelning vara nödvändig.

Egenskap	Trädamm	Slipdamm
Kategori	A	B
Partikelstorlek (mm)	0-50	<0,1
Fukthalt (%)	0-60	0-12
Minsta tändtemperatur, MIT, dammoln (°C)	490*	490*
Minsta tändtemperatur, MIT, dammlager (°C)	260*	260*
Undre explosionsgräns, LEL (g/m³)	50	10
K_{ST}-värde (Bar·m/s)	56	78
Dammklass (St)	1	1
Förutsättning för explosion	JA	JA
Förutsättning för brand	JA	JA
Samtliga värden kommer från faktiska testresultat genomförda i laboratorier om inte annat anges. *Tabellvärden		

Zonklassificering av riskområden med explosiv atmosfär

Deflagrationsindex skall fastställas för representativt prov av blandning. För att föranleda klassificering krävs det att luftburet damm kan explodera. Deflagrationsindex hos damm kategoriseras i fyra klasser och det är endast vid klass St 0, ej explosionsfarligt, som klassificering kan uteslutas enligt gällande lagstiftning. Betydelse av deflagrationsindex återkommer som en parameter i kommande riskbedömning.

Tabell A-2. Sambandet mellan deflagrationsindex och potential för klassificering.

Deflagrationsindex	K_{St} – värde [Barmeter per sekund]	Dammklass	Potential för zonklassificering
Mycket starkt explosionsfarligt	>300	St 3	JA
Starkt explosionsfarligt	201-300	St 2	JA
Svagt explosionsfarligt	0-200	St 1	JA
Ej explosionsfarligt	0	St 0	NEJ

Riskområden med explosiv atmosfär klassificeras enligt följande:

- **Zon 20** - Ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm i luft förekommer ständigt, långvarigt eller ofta.
- **Zon 21** - Ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm i luft förväntas förekomma tillfälligt vid normal hantering.
- **Zon 22** - Ett område där explosiv atmosfär i form av ett moln av brännbart damm inte förväntas förekomma vid normal drift, och om det likväl förekommer, i så fall endast kortvarigt.

Utsträckning av en klassificerad zon bör ske till närmaste avgränsning som kan vara i form av väggar, höljen och inneslutningar.

Zonklassificering av områden där det existerar brandrisk

Vid klassificering av brandrisk beaktas brännbara dammlager, övrig brandbelastning och troligt brandförlopp. Zonklassificering utgår från brandbelastning och brandspridning. Följande definitioner av zonklassificering har modifierats utifrån företaget Brunicon AB:s definitioner.

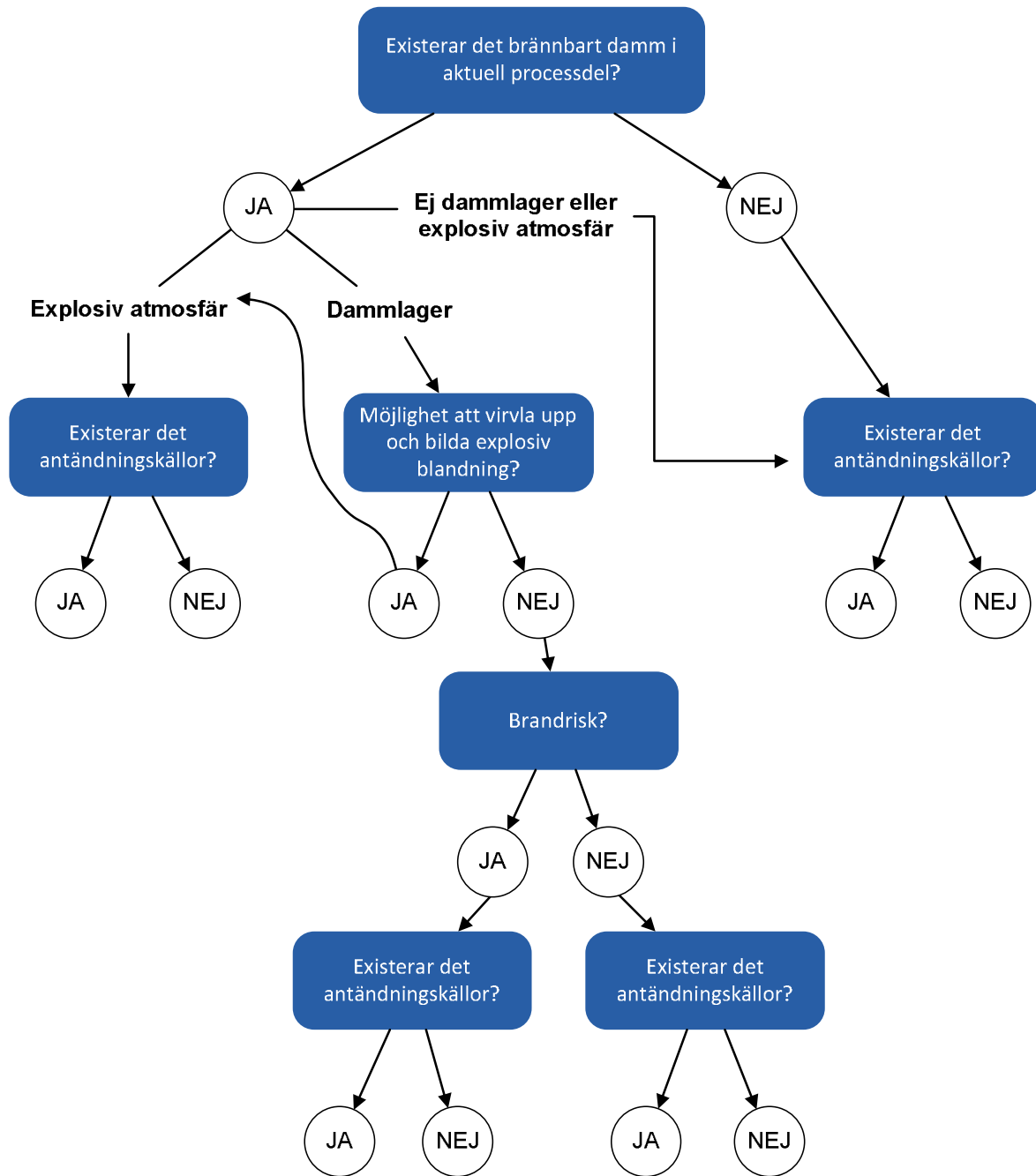
- **Zon 30** - Klassificering enligt zon 30 berör områden som har en mycket hög brandbelastning eller brandbelastning av en sådan typ att en mycket omfattande brand har potential att inträffa. Beaktansvärt är om det förekommer stora mängder brandfarlig vara eller gas. Förmågan till spridning bedöms utifrån om det är kort avstånd till annan processdel eller byggnad, om brandcellsgränser saknas eller av en för låg klass samt om konstruktionen är av brännbart material. För denna typ av mycket stora bränder är kollaps av byggnadskonstruktionen på grund av upphettning möjlig vilket skulle penetrera brandcellsgränserna.
- **Zon 31** - Klassificering enligt zon 31 berör områden som har en hög brandbelastning eller brandbelastning av sådan typ att en kraftig brand har potential att inträffa. En sådan brand har ett förlopp som går att kontrollera men kräver en stor insats av egen personal eller räddningstjänst. Beaktansvärt är om det förekommer brandfarlig vara eller gas. Förmågan till spridning bedöms utifrån om det är kort avstånd till annan processdel eller byggnad, om brandcellsgränser saknas samt om konstruktionen är av brännbart material.

- **Zon 32** - Klassificering enligt zon 32 berör områden som har en liten till medelstor brandbelastning eller brandbelastning av sådan typ att en begränsad brand har potential att inträffa. En sådan brand har ett förlopp som går att kontrollera av egen personal och undantagsvis kräver insats från räddningstjänst. Brandfarlig vara eller gas bör endast förekomma i begränsad mängd. Förmågan till spridning skall vara minimal och en uppkommen brand skall i normalfallet inte kunna sprida sig till annan processdel eller byggnad.

Utsträckning av zonklassificerat område där brandrisk föreligger fastställs efter dammlagers area.

Fördjupningsanalys av anläggningens processdelar

- Dela upp anläggningen i dess processdelar.
- Börja där de av grovanalysen största identifierade riskerna existerar.
- Följ schemat på nästkommande sida för varje processdel.



Figur A-3. Tillvägagångssätt för riskidentifiering. Om svaret är nej på första frågan, liksom frågan om brandrisk, kan det ändå vara intressant att dokumentera eventuella tändkällor för framtida förändringar av verksamheten.

Tabell A-3. Genomgång av processdelar med närliggande omgivning.

Processdel med närliggande omgivning	Dammtyp [enligt tidigare kategorisering]	Zonklassificering Explosiv atmosfär	Zonklassificering Brandrisk	Motivering för klassificering	Närvaro av potentiella antändningskällor [överstiger MIT- eller MIE- värde för dammtyp]	Beskrivning av antändningskälla
1, 2 osv.	A, B osv.	Zon 20,21 eller 22	Zon 30,31 eller 32		JA/NEJ	Exempelvis värme eller gnistor från utrustning

A.2.1.3 Fastställande av risk

Fastställandet av risk är en kombination av sannolikhet och konsekvens. Att ett dammlager skall virvla upp och bilda explosiv atmosfär och sedan antändas är mindre sannolikt än en brand i dammlager. Såvida ingen påverkan, exempelvis städning med tryckluft eller någon uppvirvlingsmekanism, existerar. Bedömning av risk sker kvalitativt, vilket innebär att sannolikhet och konsekvens beskrivs utifrån ett logiskt resonemang och beräknas inte med hjälp av några beräkningsmodeller.

Sannolikhetsbedömning grundas i denna modell på sannolikhet för uppkomst av explosion och brand i klassificerade områden i samband med antändningskälla. Att ange en frekvens, exempelvis att en dammexplosion inträffar på 10 år, i detta sammanhang anses innehålla alldeles för stor osäkerhet för att fungera som sannolikhetsmått. Det är mer väsentligt att reda ut om det finns någon sannolikhet för att explosion eller brand inträffar inom ett område och mer kvalitativt gradera risken. Denna kvalitativa bedömning skall utföras av lämplig person med kunskap och erfarenhet inom området.

Sannolikhetsbedömning av explosionsrisk

Parametrar som är av betydelse vid sannolikhetsbedömning av dammexplosion är:

- Zonklassificering och dammaterialets deflagrationsindex
- Närvaro och antal potentiella antändningskällor (överstiger MIE och MIT)
- Koncentration av luftburet damm (gram per kubikmeter) som krävs för explosion. Är det möjligt att hamna över nedre brännbarhetsgränsen?
- Antaganden:
 - Fördelning av luftburna dammpartiklar antas vara optimal.

Tabell A-4. Förutsättning för explosion. Med förutsättning för explosion ligger tidigare zonklassificering. Att dra någon generell fast gräns är inte möjligt utan kan variera.

Förutsättning för explosion [1-5]	Zon 20	Zon 21	Zon 22
Mycket hög [5]	X		
Hög [4]	X	X	
Låg [3]		X	
Minimal [2]			X
Försumbar [1]			X

Tabell A-5. Kategorisering av eventuella antändningskällor. Om troliga antändningskällor understiger dammmaterials MIT- och MIE-värden innebär det att sannolikheten för dammexplosion är försumbar, se Tabell A-7. Även om en antändningskälla understiger MIT och MIE värden för ett dammaterial är det ändå viktigt att det dokumenteras. Om exempelvis processmaterial i framtiden skulle förändras kan det innebära att en källa som i dagsläget ej utgör en antändningskälla istället måste kategoriseras som potentiell antändningskälla. Om antändningskällor överstiger dammmaterials MIT- och MIE-värde är nästa steg att fastställa deras närvarograd, se Tabell A-6.

Värden för trolig antändningskälla [temperatur eller energier]	Potentiell antändningskälla
Över [MIT eller MIE]	JA
Under [MIT och MIE]	NEJ

Tabell A-6. Närvaro av antändningskälla är en avgörande parameter vid fastställande av sannolikhet. I tabell anges kategorisering av antändningskällas närvarograd. Närvaron av tändkällor är en vidareutveckling från standard EN 1127-1. Att beskriva närvaron av tändkällor med mer specifika siffror, exempelvis hur ofta per dag, utförs ej i denna generella vägledning. Anledningen till detta är att varje enskild verksamhet eller anläggning har egna förutsättningar. Det är därför upp till var verksamhet eller anläggning att anpassa och tillämpa Tabell A.

Närvaro av antändningskälla	Kan existera vid	Frekvens [exempelvis per år]	Närvarograd
Hög [i princip alltid]	Normal drift	A	[5]
Tillfälligt förekommande [oregelbundet]	Störning	B	[4]
Minimal [endast vid sällsynta tillfällen]	Ovanlig störning	C	[3]
Ingen [i princip]	Mycket ovanlig störning	D	[2]

Tabell A-7. Bedömning av sannolikhet. Sannolikhet fastställs för klassificerade områden innehållande explosiv atmosfär genom att multiplicera värdet av förutsättning för explosion, erhållet ur Tabell A-4, och antändningskällas närvarograd, erhållet ur Tabell A-6. Resultat av multiplikation varierar mellan 2 – 25 och utifrån detta värde fastställs sannolikhet för dammexplosion.

Sannolikhet för dammexplosion	>16	12-15	9-12	6-8	<6
Mycket hög [5]	X				
Hög [4]		X			
Låg [3]			X		
Minimal [2]				X	
Försumbar [1]					X

Sannolikhetsbedömning av brandrisk

Parametrar som är av betydelse vid sannolikhetsbedömning av dammexplosion är:

- Zonklassificering och dammaterialets brännbarhet
- Närvaro och antal potentiella antändningskällor (överstiger MIE och MIT)

Tabell A-8. Förutsättning för brand. Med förutsättning för brand ligger tidigare zonklassificering. Att dra någon generell fast gräns är inte möjligt utan kan variera.

Förutsättning för brand [1-5]	Zon 30	Zon 31	Zon 32
Mycket hög [5]	X		
Hög [4]	X	X	
Låg [3]		X	
Minimal [2]			X
Försumbar [1]			X

Tabell A-9. Kategorisering av eventuella antändningskällor. Om troliga antändningskällor understiger dammaterials MIT- och MIE-värden innebär det att sannolikheten för brand är försumbar, se Tabell A-11. Även om en antändningskälla understiger MIT och MIE värden för ett dammaterial är det ändå viktigt att det dokumenteras. Om exempelvis processmaterial i framtiden skulle förändras kan det innebära att en källa som i dagsläget ej utgör en antändningskälla istället måste kategoriseras som potentiell antändningskälla. Om antändningskällor överstiger dammaterials MIT- eller MIE-värde är nästa steg att fastställa deras närvarograd, se Tabell A-10.

Värden för antändningskälla [temperatur eller energier]	Potentiell antändningskälla
Över [MIT eller MIE]	JA
Under [MIT och MIE]	NEJ

Tabell A-10. Närvaro av antändningskälla är en avgörande parameter vid fastställande av sannolikhet för brand. I tabell anges kategorisering av antändningskällans närvarograd. Närvaron av tändkällor är en vidareutveckling från standard EN 1127-1. Att beskriva närvaron av tändkällor med mer specifika siffror, exempelvis hur ofta per dag, utförs ej i denna generella vägledning. Anledningen till detta är att varje enskild verksamhet eller anläggning har egna förutsättningar. Det är därför upp till var verksamhet eller anläggning att anpassa och tillämpa Tabell A-

Närvaro av antändningskälla	Kan existera vid	Frekvens [exempelvis per år]	Närvarograd
Hög [i princip alltid]	Normal drift	A	[5]
Tillfälligt förekommande [oregelbundet]	Störning	B	[4]
Minimal [endast vid sällsynta tillfällen]	Ovanlig störning	C	[3]
Ingen [i princip aldrig]	Mycket ovanlig störning	D	[2]

Tabell A-11. Bedömning av sannolikhet. Sannolikhet fastställs för klassificerade områden med brandrisk genom att multiplicera värdet av förutsättning för brand, erhållet ur Tabell A-8, och antändningskällas närvarograd, erhållet ur Tabell A-10. Resultat av multiplikation varierar mellan 2 – 25 och utifrån detta värde fastställs sannolikhet för brand.

Sannolikhet för brand [2-25]	>16	12-15	9-12	6-8	<6
Mycket hög [5]	X				
Hög [4]		X			
Låg [3]			X		
Minimal [2]				X	
Försumbar [1]					X

I riskbedömning bör det även tas hänsyn till hur frekvent antändningskällor är närvarande, vilket får benämningen närvarograd. Detta är ett tillägg till föregående sannolikhetsbedömning. Om det vid den slutliga bedömningen av områdets risknivå finns två eller fler områden som uppskattas ha samma risk kan närvarograden avgöra vilket område som medför störst risk.

Klassificerade områden (Zon 20, 21, 22) där det inte existerar någon närvaro av antändningskälla anses sannolikhet för explosion vara minimal. Det innebär att total risk blir låg, men endast under förutsättningar att antändningskällor inte är närvarande i klassificerad zon.

Konsekvensbedömning

Konsekvensbedömning i samband med brännbart damm är komplext och det är svårt att förutse utfallet av en primär dammexplosion eller en dammbrand. Detta bör därför utföras kvalitativt av person med god kunskap och erfarenhet inom området. Vid konsekvensbedömning är det bland annat viktigt att beakta dammets deflagrationsindex för att kunna skapa en uppfattning över hur kraftig en dammexplosion kan bli.

Konsekvens av primär explosion skall beakta möjlighet till sekundär explosion och antändning av dammlager i omgivning. En primär explosion behöver inte innebära någon större konsekvens för egendom eller människa men den kan orsaka sekundär explosion eller antändning av dammlager och då ge allvarliga konsekvenser för människa och egendom. Exempel: I ett område som klassats som zon 20 och närvaro av antändningskälla existerar är sannolikheten, enligt ovan, mycket stor. Om det i anslutning till detta område finns brännbart damm, eventuellt annat zonklassificerat område finns det möjlighet till sekundär explosion eller antändning av dammlager. Osäkerheten är stor i det efterföljande händelseförloppet.

Innebörd av eventuell spridning av explosion eller brand innebär att det viktigt att beakta persontäthet i anläggning. Explosion eller brand i ett område där persontätheten är hög kan få allvarliga konsekvenser för både egendom och människa. Förutom dessa konsekvenser finns det andra för verksamheten viktiga kostnader som bör vägas in, exempelvis stilleståndskostnader och räddningstjänstkostnader. När det gäller konsekvenser för egendom är det upp till verksamheten och organisationen att avgöra hur konsekvenser i form av egendomskostnader skall värderas. Noteras bör att konsekvensen av en explosion sällan blir låg eller lindrig. När en explosion inträffar finns det ingen möjlighet för individen att förflytta sig eller kontrollera situationen på grund av det snabba och okontrollerbara händelseförloppet. Konsekvenser vid dammexplosioner är inte bara följd av flammor och tryckvågor utan även av flygande projektiler från trasig processutrustning eller andra lösa föremål.

Tabell A-12. Konsekvensbedömning av primär dammexplosion.

Konsekvens av primär explosion	Eventuella personskador eller dödsfall [antal personer]	Total skada av egendom och andra eventuella kostnader [kr]
Katastrofal [5]	Några döda eller svårt skadade	>D kr
Mycket stor [4]	Enstaka döda eller svårt skadade	C – D kr
Stor [3]	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	B – C kr
Låg [2]	Enstaka skadade, varaktiga obehag	A – B kr
Lindrig [1]	Övergående lindriga obehag	< A kr

Vid konsekvensbedömning av brand i dammlager är det viktigt att beakta kvantitet av brännbart damm, dammlagers utsträckning, lutning yta/underlag vilket dammlager vilar på, övrig brandbelastning och persontäthet. Allvarliga brandförlopp som övertändning, backdraft och brandgasexplosion kan resultera i förödande konsekvenser och bör beaktas i en konsekvensbedömning.

Tabell A-13. Konsekvensbedömning av brand i dammlager.

Konsekvens av brand i dammlager	Eventuella personskador eller dödsfall [antal personer]	Total skada av egendom och andra eventuella kostnader [kr]
Katastrofal [5]	Några döda eller svårt skadade	> D kr
Mycket stor [4]	Enstaka döda eller svårt skadade	C – D kr
Stor [3]	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	B – C kr
Låg [2]	Enstaka skadade, varaktiga obehag	A – B kr
Lindrig [1]	Övergående lindriga obehag	< A kr

Då sannolikhet och konsekvens fastställts beräknas ett mått på risk genom att multiplicera mått på sannolikhet (graderad från 1 till 5) och mått på konsekvens (graderad från 1 till 5). Detta riskmått, kommer att variera mellan 1 (minsta möjliga risknivå) och 25 (högsta möjliga risknivå). Till detta skall närvarograd av antändningskälla noteras eftersom det är av betydelse vid eventuella åtgärdsförslag.

Tabell A-14. Kategorisering av risknivåer enligt beräknat riskmått. En risk har ett riskmått mellan 1 och 25.

Riskenivå	Beräknat riskmått
Hög risk	>16
Mellan risk	6 – 16
Låg risk	<6

För att få en översikt av riskbedömning kan risker sammanställas i en riskmatris. Ett exempel på en riskmatris beskrivs i kapitlet om beslutsfattande.

A.2.2 Kvalitetskontroll av riskbedömning

Innan en riskhanteringsprocess sista delsteg, riskvärdering, bör genomförd riskbedömning kontrolleras och verifieras av lämplig person eller lämpliga personer. Denna part kan vara extern eller intern. Denna kontroll bidrar till:

- Ökad validitet av riskbedömning eftersom eventuella felaktigheter upptäcks.
- Bättre dokumentation. Eventuella otydligheter i motiveringar och resonemang upptäcks och åtgärdas.

A.2.3 Riskvärdering

Vilka risker kan anses vara acceptabla respektive oacceptabla? Det är upp till varje organisation att avgöra vilken risknivå som kan anses vara acceptabla. Enligt författarna till denna rapport bör ett riskmått ej överstiga 9. Anledning till detta fastställande är att en oönskad händelse helst inte skall inträffa och skulle det ändå bli verklighet får inte konsekvensen medföra dödlig utgång. Syftet med risknivån är inte en nollvision där alla konsekvenser av oönskade händelser är obetydliga utan en nivå som är likställd med den i samhället. Det skall inte vara farligare att vistas på arbetsplatsen än att vistas ute i samhället.

För varje risk skall det också göras en bedömning för hur stor kostnaden blir för företaget om en oönskad händelse inträffar. Kostnadsunderlag för eventuella skyddsåtgärder skall även tas fram. Detta för att skapa ett fullgott beslutsunderlag för beslutsfattarna. Följande kostnader skall tas i beaktande när det gäller riskreducerande åtgärder:

- **Kapitalkostnader** för exempelvis utrustning, mark eller flyttning av utrustning.
- **Driftskostnader** för exempelvis extra personal, övningar eller extra underhållskostnader.
- **Förlorad vinst** om den riskreducerande åtgärden innebär minskad produktion eller att företaget helt måste avstå från någon del av verksamheten.

Dessa ovanstående kostnader skall sedan jämföras med nyttan av att eliminera eller reducera specifik risk. Besparingar som skall tas i beaktande är följande:

- **Personskador** är inte nödvändigtvis en direkt kostnad för en industri och blir därför svår att värdera.
- **Räddningskostnader** blir aktuella vid bärning, sanering, räddning, med mera.
- **Skadad egendom.** Kostnader för skadad egendom kan både vara inom som utanför en industriell anläggning.
- **Miljöskadekostnader** kan bli väldigt stora om företaget har ett utsläpp av exempelvis kemikalier.
- **Försämrade relationer.** Indirekta kostnader kan uppstå om olyckan på anläggningen resulterar i att kontakten med leverantörer eller köpare försämras.
- **Produktionsavbrott** kan innebära kostnader för industrin. Vid längre avbrott blir kostnaderna större.
- **Övriga kostnader** kan uppenbara sig i form av exempelvis försäkringskostnader och skadestånd.

Av samtliga kostnader ovan kan en del vara svårare att bedöma än andra. Osäkerheten kan därför vara stor när det gäller att avgöra kostnader för exempelvis försämrade relationer. En kostnadsnyttaanalys bör inte bli för detaljerad utan dess syfte är att skapa en övergripande kostnadsbild.

A.3 Riskreduktion/kontroll

I denna del av riskhanteringsprocessen fastställs beslut om aktuell åtgärd för känd risk. Syftet är att försöka styra, reducera eller eliminera risker.

Störst antal risker som identifieras åtgärdas med riskreducerande åtgärder så de inte överstiger högsta fastställda acceptabla risknivå. De kvarstående risker som varken kan styras eller reduceras till acceptabel risknivå behöver elimineras. Då tillgängliga resurser är begränsade eller då kostnad är oproportionell mot förväntad nytta av en riskåtgärd tolereras känd risk i vissa fall.

A.3.1 Beslutsfattande

Beslutsfattande sker i princip alltid under någon form av osäkerhet. För att erhålla ett beslut med mindre osäkerhet måste beslutsfattare känna de osäkerheter som existerar i analysresultat och riskvärdering. Beslutsfattare bör beakta hur kostnadseffektiva olika åtgärder är ur säkerhetssynpunkt. Vidare är det viktigt att beslutsfattare känner till gällande lagar och förordningar som omfattar verksamheten. Vid beslutsfattande bör prioritering av åtgärder utföras i följande ordning: först människa och sedan egendom.

A.3.1.1 Presentation av risk

En riskanalys skall granskas och accepteras av personer utanför riskanalysarbetet, vilket kräver att erhållet resultat från analys kan kommuniceras. Detta ställer krav på pedagogiskt och stilistiskt kunnande hos de som utfört en analys. Resultat bör presenteras på ett lättförståeligt, enkelt och trovärdigt sätt. Vid presentation av risker inom processindustri används många gånger en riskmatris. Anledning är att riskerna blir lättare att kommunicera med beslutsfattare. I Figur A- visas ett exempel på hur en riskmatris kan se ut.

		Konsekvens [1-5]				
		1	2	3	4	5
Sannolikhet [1-5]	Mycket hög [5]				Hög risk	
	Hög [4]					
	Låg [3]		Mellan risk			
	Mindre [2]					
	Försumbar [1]	Låg risk				
	Hälsa	Övergående lindriga obehag	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda eller svårt skadade	Några döda eller svårt skadade
	Egendom	< A milj. Kr	A-B milj. kr	B-C milj. kr	C-D milj. kr	>D milj. kr

Figur A-4. Riskmatris. Anger risknivå efter sammanvägning av sannolikhet och konsekvens. Kategorisering av sannolikhet och konsekvens framgår av riskbedömning.

		<i>Konsekvens [1-5]</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Sannolikhet [1-5]</i>	Mycket hög [5]					
	Hög [4]			Icke acceptabel risknivå		
	Låg [3]					
	Mindre [2]	Acceptabel risknivå				
	Försumbar [1]					
	Hälsa	Övergående lindriga obehag	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda eller svårt skadade	Några döda eller svårt skadade
	Egendom	< A milj. kr	A-B milj. kr	B-C milj. kr	C-D milj. kr	>D milj. kr

Figur A-5. Riskmatris. I figur anges vilken risknivå som är acceptabel (<9) respektive icke-acceptabel (>9).

A.3.2 Implementering

Att implementera riskreducerande åtgärder kräver resurser. I detta sammanhang omfattar ordet resurs inte enbart tillgängligt kapital utan även en organisations kapacitet att genomföra åtgärder som krävs för att uppnå önskad riskpolicy. Riskhantering bör implementeras i strategi – och budgetprocesser och på så sätt blir riskhantering en naturlig del av arbetet inom en organisation. Detta leder i sin tur till en effektivare och säkrare organisation. Förståelse för riskhantering och riskpolicy bör även implementeras vid introduktionskurser och intern utbildning.

A.3.2.1 Generella åtgärder för att minimera eller eliminera risker

Det finns ett flertal riskreducerande åtgärder i samband med brännbart damm, såväl aktiva som passiva system. Behovet varierar beroende på anläggning och typ av industri. Innan investeringar i dessa typer av system bör fokus ligga på organisatoriska åtgärder för att förebygga uppkomst av brand eller explosion. Till grund för organisatoriska åtgärder ligger inledande zonklassificering och riskbedömning. Klassificering av zon 20, 21 och 22 grundas på förekomst av brännbart damm och hur ofta explosiv atmosfär inträffar medan riskbedömning bygger på klassificering, närvaro av antändningskälla, sannolikhet för antändning och potentiella konsekvenser. Klassificering av zon 30, 31 och 32 grundas på kvantitet av brännbart damm och potentiell spridningsrisk medan riskbedömning bygger på zonklassificering, närvaro av antändningskälla, sannolikhet för antändning och potentiella konsekvenser. Inledande organisatoriska åtgärder:

- Utbildning
- Reducera kvantitet av tillgängligt damm
- Minimera eller eliminera antalet tändkällor så långt som möjligt i klassificerade områden

Utbildning

För att kunna förbättra säkerheten inom en verksamhet är det en grundförutsättning att det existerar kontinuerlig utbildning av anställda. Vidare är det viktigt att det existerar en god intern kommunikation mellan anställda på alla nivåer inom verksamheten. Enligt gällande lagstiftning är det arbetsgivarens skyldighet att se till att anställd personal har erforderlig utbildning för att kunna utföra tilldelad arbetsuppgift.

För att säkerheten skall vara hög inom en verksamhet krävs det att de anställda uppfyller parametrarna i begreppet professionalism. Detta begrepp innehåller de fem parametrarna kunskap, erfarenhet, skicklighet, engagemang och förutseende. En individs kompetens utgörs av en kombination erhållen från formell kunskap, erfarenhet och skicklighet erhållen av tidigare praktiskt arbete. Om en individ har förmågan att kombinera tillräcklig kompetens tillsammans med engagemang och förutse-

ende innebär det att individen har förmågan att agera snabbt och effektivt inom sitt arbetsområde. För att undvika missförstånd är det viktigt att verksamheten har tydliga definitioner på begrepp som förekommer inom riskhanteringsarbetet.

Följande frågeställningar bör förklaras och diskuteras inom en verksamhet där brännbart damm existerar:

- Riskhantering
 - Vad är riskhantering?
 - Hur bedrivs verksamhetens riskhanteringsarbete?
 - Vilken riskpolicy har verksamheten?
- Risk och oönskad händelse
 - Hur definierar verksamheten begreppet risk?
 - Vad är en oönskad händelse?
 - Hur uppstår en oönskad händelse?
- Risker och oönskade händelser i samband med brännbart damm
 - Förklara att dammexplosioner inträffar
 - Förklara konsekvenser av dammexplosioner och bränder i dammlager genom att relatera och beskriva faktiska händelser
 - Förklara bakomliggande parametrar och vad som krävs för dammexplosioner
 - Potentiella konsekvenser av dammexplosioner som framkommit vid riskbedömning
- Zonklassificering
 - Förklara att zonklassificering av explosiv atmosfär är ett lagkrav
 - Förklara kategoriseringen i zonklassificering (Zon 20, 21 och 22) och dessa zoners förutsättningar
- Sambandet mellan zonklassificering och antändningskällor
- Vikten av städning
 - Hur påverkar städningen zonklassificeringen
 - Konsekvenser av dålig städning kan leda till ny zonklassificering
 - Undermålig städning ökar faran för varje individ
- Vikten av kommunikation
 - Varför det är viktigt att rapportera störningar, tillbud och olyckor?
 - Hur fungerar verksamhetens rapporteringssystem?
 - Vem är riskägare?
- Information
 - Vart finns dokumentation tillgänglig?
 - Vad innehåller dokumentationen?
 - Verksamhetens riskhanteringsarbete
 - Riskbedömning
 - Explosionsskyddsdocument
 - Rutiner för arbete i anläggning, exempelvis underhållsrutiner, rapporteringsinstruktioner och städinstruktioner

Reducera kvantitet av damm

Kvantitet av damm och frekvens av hur ofta explosiv atmosfär uppstår är direkt avgörande för zonklassificering. Genom att reducera förekomst av damm eller möjlighet till uppkomst av explosiv at-

mosfär kan antalet zonklassificerade områden reduceras. Detta innebär även ett bättre brandskydd eftersom brandbelastning minskar. Effektiv städning kräver god organisation. Med effektiv städning i detta sammanhang avses städning som ökar en anläggnings säkerhet. Genom att utnyttja information från tidigare genomförd riskbedömning kan områden med brännbart damm kategoriseras i vilken ordning de skall rengöras.

Städmodell

Följande punkter bör beaktas vid städning:

- Kartlägg var det finns brand eller explosionsrisk enligt tidigare riskbedömning
- Dela in byggnad i lämpliga städzoner (beror av tidigare riskbedömning och byggnads konfiguration)
- Bedöm om brand eller explosion skulle kunna sprida sig till närliggande klassificerade zoner (även de som inte innehåller antändningskällor)
- Vid genomförande av städning är det viktigt att beakta att städning inte får sänka säkerheten. Städning med tryckluft bör därför i princip aldrig tillåtas eftersom explosiv atmosfär då kan genereras.
- Städning av städzonerna bör utföras efter fastställda risker från riskbedömningen
 - I första hand där det existerar primär brandrisk, det vill säga där det finns dammlager och antändningskällor, exempelvis heta ytor.
 - Prioritering av städning bör vara där störst konsekvens föreligger för personsäkerhet (se riskbedömning);
 - lutande underlag där det kan ansamlas damm till exempel gångstråk
 - gångstråk med låg takhöjd och högre dammavlagrings platser, exempelvis utrustning och ventilationskanaler i takhöjd
 - Kontrollera vart störst risk existerar för sekundär brand och explosion (se riskbedömning). Bedöm om brand eller explosion skulle kunna sprida sig till närliggande klassificerade zoner, även de som inte innehåller antändningskällor.

Reducera eller eliminera antändningskällor

Antändningskällor i klassificerade områden bör elimineras. Då antändningskällor inte är möjliga att eliminera ställer det högre krav på städning och andra skyddssystem. De antändningskällor, exempelvis utrustning som kan generera värme eller gnistor, som omfattas av Produktdirektivet skall ersättas med godkänd utrustning.

A.3.3 Övervakning och granskning av riskhanteringsarbetet

Organisationer är dynamiska och befinner sig i dynamiska miljöer, vilket innebär att om riskhantering skall vara effektiv krävs det att även den är dynamisk. För att ytterligare effektivisera riskhantering inom en organisation är en god rapporterings- och granskningsstruktur av stor vikt. Övervakning ser till att identifiera risker och att värdering av risker sker enligt riskkriterier och riskpolicy. Riskpolicy och riskkriterier skall kontrolleras och vid behov revideras för att uppnå de förbättringar som fodras. För att kunna efterleva fastställd riskpolicy krävs det kommunikation, ansvarsfördelning och rutiner. De anställda måste förstå sin roll i riskhanteringsarbetet och hur och med vem de skall kommunicera risker. De bör även känna till vilka risker som redan identifierats.

Vid granskningsprocesser är det viktigt att se om fastställda åtgärder genomförts och om förväntad effekt uppnåtts. Utifrån resultat kan värdering av policy och angreppssätt vid genomförande ge ny kunskap vilken kan användas för att uppnå ytterligare effektivisering vid hantering av risker. Utvärdering om hur tillgänglig kunskap tillämpats och huruvida den varit tillräcklig är också viktig att beakta.

De individer som varit delaktiga i riskhanteringsarbetet måste få återkoppling på utfört arbete. Det krävs ett gemensamt förtroende för riskhanteringsprocessen inom en organisation. Det kan i annat fall vara svårt att motivera och skapa engagemang hos anställda. Tyvärr glöms detta moment ofta bort eller ges momentet ett mindre utrymme i det totala riskhanteringssammanhanget. Målet bör vara att sträva mot en ökad samordning av riskhanteringen inom en organisation.

För att lyckas med en god övervakning är det lämpligt att använda sig av PDCA-cykeln eller Demings cykel. Demings cykel är ett bra hjälpmedel för att skapa en kontinuerlig övervakning. En god rapportering kultur där tillbud och olyckor rapporteras och dokumenteras är av stor vikt för att utveckla och ständigt förbättra riskhanteringen.

A.3.3.1 Dokumentation

En dokumentation är ett slutligt bevis på ett riskanalysarbets kvalitet. Om viktig information eller fakta saknas är det svårt för personer, exempelvis beslutsfattare eller kontrollerande myndighet, som inte deltagit i riskanalysarbetet att avgöra arbetets kvalitet.

Många oönskade händelser inträffar då förändringar införs, onormalt handlande eller vid brister i kommunikation och instruktioner. Genom att ha en ordentligt genomförd dokumentation samt att ange vem som är ansvarig för respektive risk eller riskområde blir det lättare att upprätthålla en verksamhets risknivå. Dokumentation hjälper även analytiker att komma ihåg vad de gjort. Den hjälper även till om andra analytiker skall använda, modifiera eller evaluera genomförd analys.

Dokumentation skall även vara lättillgänglig för anställda så att dokumenterad kunskap om anläggning kan utnyttjas. Enligt lagstiftning (AFS 2003:3) skall riskbedömning, zonklassificering samt olycksfall dokumenteras. Ett explosionskyddsdocument skall även upprättas. Nedan följer vad som skall dokumenteras i respektive del.

➤ Riskbedömning

- Explosionsbenägenhet hos blandningen
- Förekommande tändkällor
- Sannolikhet för att explosiv atmosfär uppstår, samt dess varaktighet
- Sannolikhet för att en explosiv atmosfär antänds och konsekvenserna av explosionen
- Utrymmen, utrustningar, installationer, material, eller liknande som har bedömts ha betydelse för explosionsrisken
- Rutiner för säker hantering i explosionsfarlig miljö
- Erforderlig skyddsutrustning och säkerhetsåtgärder för respektive riskkälla
- Områden som genom öppningar har eller som kan få förbindelse med områden där explosiv atmosfär kan uppstå
- Rutiner för säkert omhändertagande av spill och läckage
- Lämpligt släckmedel och släckförfarande vid brand för att förebygga explosion

- **Zonklassificering**
 - Klassificeringsplan i form av en ritning eller tabell där klassificerade områden beskrivs
 - Den utrustning som befinner sig inom klassificerade områden

- **Olycksfall och tillbud**
 - Olycksfall och tillbud skall dokumenteras

- **Explosionsskyddsdocument**
 - att explosionsriskerna har fastställts och bedömts
 - förekommande explosionsrisker och till dessa hörande skyddsutrustningar och säkerhetsrutiner
 - de områden som har klassificerats och delats in i zoner
 - rutiner för utfärdande av arbetstillstånd, säker avställning och driftklarhetsverifiering
 - förekommande samordningsansvar
 - hur arbetsplatsen, arbetsutrustning, skyddssystem, personlig skyddsutrustning, material varningsanordningar, utrymningsvägar används och underhålls på säkert sätt
 - tryckavlastningszoner
 - rutiner för säkert omhändertagande av spill, läckage och brand
 - På arbetsplats eller driftställe med samordningsansvar skall omfattningen av och ansvarig person för denna samordning framgå av explosionsskyddsdocumentet

Explosionsskyddsdocumentet kan upprättas separat eller sammansättas av tidigare dokumentation eller ingå som separat del i annan säkerhetsdokumentation.

En verksamhet påverkas av flertalet omgivande faktorer och en förändring av omgivande miljö kan innebära att nya risker uppstår eller att befintliga risker förändras. För att kunna bedriva ett effektivt och proaktivt riskhanteringsarbete ställs det därför höga krav på utförandet av dokumentationen. En dokumentation skall kunna hantera den dynamiska miljöverksamheten verkar i och därför vara lätt att uppdatera vid behov. Därför bör vidare följande dokumenteras förutom de detaljer som krävs enligt AFS 2003:3.

Ytterligare dokumentation:

- Syfte och mål med riskanalys och riskhanteringsarbete
- Metoder och tillvägagångssätt vid genomförande av riskidentifiering och resterande riskhanteringsarbete
- Alla identifierade risker och identifierade riskägare
- Modell skall kunna vara tillräckligt detaljerad så att alla modelleringar och eventuella beräkningar kan reproduceras
- Objektsbeskrivning och vid betydelse även en omgivningsbeskrivning
- Datakällor eller andra informationskällor som ligger till grund för sannolikhet och konsekvensbedömning
- Behandling av osäkerheter
- En bedömning av riskanalysarbetets kvalitet
- Resultat av riskanalys
- Motivering av riskkriterier

- Eventuella åtgärder som krävs för att uppfylla riskkriterier
- Analysresultat
- Föreslagna åtgärder
- Zonklassificering av brandrisk
 - Zon 30
 - Zon 31
 - Zon 32
- Oklassificerade områden
 - Exempelvis områden innehållande tändkällor men begränsad kvantitet av brännbart damm
- Förändring av zonklassificerat område. Denna förändring skall motiveras genom att svara på frågan varför. Dessutom bör en ny konsekvensbedömning utföras och dokumenteras. Föregående zonklassificering och riskbedömning skall dock ligga kvar som historisk data.
- Förändring av risknivå av zonklassificerat område, exempelvis om närvarograd av antändningskällor minskar eller ökar.
- Områden där ingen zonklassificering föreligger men närvarograden av antändningskällor är hög kan även vara lämpligt att dokumentera för att underlätta vid framtida förändringar i anläggningen.
- Områden som ej längre är klassificerade på grund av införande av någon åtgärd, exempelvis städning. Motivering till varför zonen inte längre är klassificerad och vad som krävs för att denna zon skall förbli oklassificerad. Föregående zonklassificering och riskbedömning skall dock ligga kvar som historisk data.

BILAGA B – BESKRIVNING AV FIKTIV ANLÄGGNING

I detta kapitel följer en beskrivning av den fiktiva anläggning på vilken de tre zonklassificeringsmetoderna appliceras.

För att genomföra zonklassificeringar enligt amerikansk standard (NFPA 499), europeisk standard (EN 61241–10) och Brunicon AB:s tillvägagångssätt har en fiktiv anläggning konstruerats. Anläggningen tillverkar spånplattor och är helt möjlig i sitt utförande. Anläggningen är konstruerad utifrån ett flertal reella processanläggningar av Göran Jansson (Brunicon AB) som har lång erfarenhet och kunskap från processindustrin.

B.1 Processdelsteg

1. MOTTAGNING AV STOCKAR

Här mottages trädstockar i en pålastningszon.

2. AVBARKNING/CHIPPNING

Stockarna delas upp i mindre fragment. Fragmentens storlek varierar mellan 0 till 50 millimeter. Variationen beror på trädets osymmetriska uppbyggnad. Fem procent av de erhållna fraktionerna är mindre än en millimeter. Spill förekommer vid chippningen, vilket leder till dammlager bredvid utrustningen. Fukthalt hos virket är 30 till 60 procent.

3. CYKLON

Då fraktionerat trä transporteras med hjälp av luft från chippningen (2) används en cyklon för att avskilja trämassan från luft.

4. CELLMATARE

Från cyklonen (3) matas sedan trämassan vidare med hjälp av en cellmatare.

5. AVSIKTNING

Över stora träfraktioner skiljs av och samlas upp i en container för att sedan återgå till chippningen (2). Bitar större än 100 millimeter avskiljs.

6. BANDTRANSPORTÖR

Den uppdelade trämassan transporteras vidare. Visst spill förekommer vilket leder till dammansamlingar bredvid transportbandet.

7. ELEVATOR

Med hjälp av skopor transporteras materialet vidare i vertikalt led.

8. BANDTRANSPORTÖR

Se punkt 6.

9. STACKLAGRING

Trämassan lagras i en stack, genomsnittlig lagringstid är en vecka.

10. PARASKRUV

I en kulvert under stacken (9) plockar en skruvanordning ut materialet och släpper ner det på en bandtransportör (11).

11. BANDTRANSPORTÖR

Se punkt 6.

12. SIKT

En uppdelning av fraktionerna sker här. Fraktioner med storlek 0 till 30 millimeter accepteras. Medan större fraktioner går vidare till en kvarn.

13. KVARN

Fraktionerna större än 30 millimeter krossas för att uppnå storlekar på mindre än 30 millimeter.

14. KEDJETRANSPORTÖR

Krossat material, och material med redan accepterad storlek, faller ner i innesluten kedjetransportör och transporteras vidare.

15. FILTER

För att minska dammavlagringar och läckage vid siktningen (12) och kedjetransportören (14) skapas ett undertryck. Del av material som ansamlas i filtret förs sedan tillbaka till kedjetransportören (14).

16. CELLMATARE

Matar tillbaka material från filtret (15) till kedjetransportören (14).

17. ROTERANDE TORK

En stor roterande cylinder torkar material för uppnå en önskad fukthalt på sex till åtta procent. Temperatur i torken är 180 grader Celsius. I avslutande del av torken finns en fast utloppsdel som matar ut materialet från torken. Dammlager kan byggas upp i slutet av torken.

18. BRÄNNARE MED FLÄKT

Pulver från slippputsningen (42) bränns och varma rökgaser blåses ut för att inert torka materialet i den roterande torken (17).

19. CYKLONER

Rökgaserna från torken har med sig viss mängd fint damm. Cyklonerna avskiljer dammet från luft och transporterar vidare dammet till en kedjetransportör (20). Dammet är mycket torrt med en fukthalt på noll procent.

20. KEDJETRANSPORTÖR

Se punkt 15.

21. CELLMATARE

Mellan torken (17) och kedjetransportören (20) samt mellan kedjetransportören (20) efter cyklonerna (19) och fortsättning av kedjetransportören (20) matas materialet vidare med en cellmatare.

22. SIKT

Sikten delar upp trämassan i tre olika fraktioner. Partiklar större än 16 millimeter, partiklar mellan 1,6 till 16 millimeter och partiklar mindre än 1,6 millimeter.

23. KEDJETRANSPORTÖR

Partiklar större än 16 millimeter transporteras vidare från sikten (22) till en kvarn (24).

24. KVARN

för att uppnå önskad storlek på partiklar större än 16 millimeter mals dessa ner i en kvarn så att storleken blir mindre än 1,6 millimeter.

25. CYKLON

Från kvarnen (24) transporteras det malda materialet vidare med luft. I cyklonen avskiljs träpartiklarna från luft.

26. CELLMATARE

Från cyklonen (25) matas godset vidare till en kedjetransportör (27) med hjälp av en cellmatare.

27. KEDJETRANSPORTÖR

Den finaste trämassan från sikten (22) och det malda materialet från kvarnen (24) matas vidare med en kedjetransportör till en buffertsilo (29).

28. KEDJETRANSPORTÖR

Mellanfraktionerna (1,6 till 16 millimeter) från sikten (22) transporteras vidare till en buffertsilo (30).

29. BUFFERTSILO

Lagring av trämaterial som skall användas som ytlager. Halva silon befinner sig inomhus.

30. BUFFERTSILO

Lagring av trämaterial som skall användas som mellanlager. Halva silon befinner sig inomhus.

31. UTMATARE

En arm drar ut trämaterial från silon (29) till en kedjetransportör.

32. UTMATARE

En arm drar ut trämaterial från silon (30) till en kedjetransportör.

33. SL – SURFACE LAYER

De fina partiklarna (mindre än 1,6 millimeter) från buffertsilo (29) matas med kedjetransportörer till en utmatare där ytlagren placeras ut på en stor matta. Här blandas också lim i ytlagren för att ge en bra hållbarhet. Fukthalten höjs då något till 12 procent. Under surface layer apparaturen finns det stora ansamlingar av fint damm. Här finns också elektrisk utrustning. En luftkniv blåser av för fint damm från ytlagren därför att detta damm ger en sämre bindning.

34. CL – CORE LAYER

Partiklarna med storlek 1,6- 16 millimeter skall placeras mellan ytlagren på den framtida spånplattan. På utläggningmattan läggs därför lagret på det första ytlagret och därefter placeras det andra ytlagret ovanför centrallagret.

35. LUFTKNIVAR

Det fina dammet som blåses av med luftknivar vid skapandet av Surface Layer (33) fraktas till ett filter där en cellmatrare transporterar vidare dammet till en kedjetransportör som för dammet till CL – Core Layer (34). Blandningen av fint damm och grövre partiklar ger ett stabiltare mittlager.

36. KAPNING

Spånplattemattan kapas här till önskade storlekar. Kapspill transporteras till ett filter.

37. DUMP

Vid kapningen (36) bildas det spill då något är fel på spånplattan, dessa oönskade delar, faller ner i ett stup. Här förekommer det stora mängder damm.

38. SILO

Tillfällig lagring av spill.

39. RETUR

Det spill som ansamlas i silon (38) transporteras sedan med luft till kedjetransportören (20) innan siktningen (22) där materialet delas upp i 3 olika fraktioner.

40. PRESS

Spånplattorna pressas ihop under förhöjd värme. Dammspill förekommer utanför pressen där hydrauliska oljepumpar finns för pressning.

41. KYLNING

Plattorna kyls sedan av. Även här förekommer visst spill (damm).

42. SLIP/PUTS

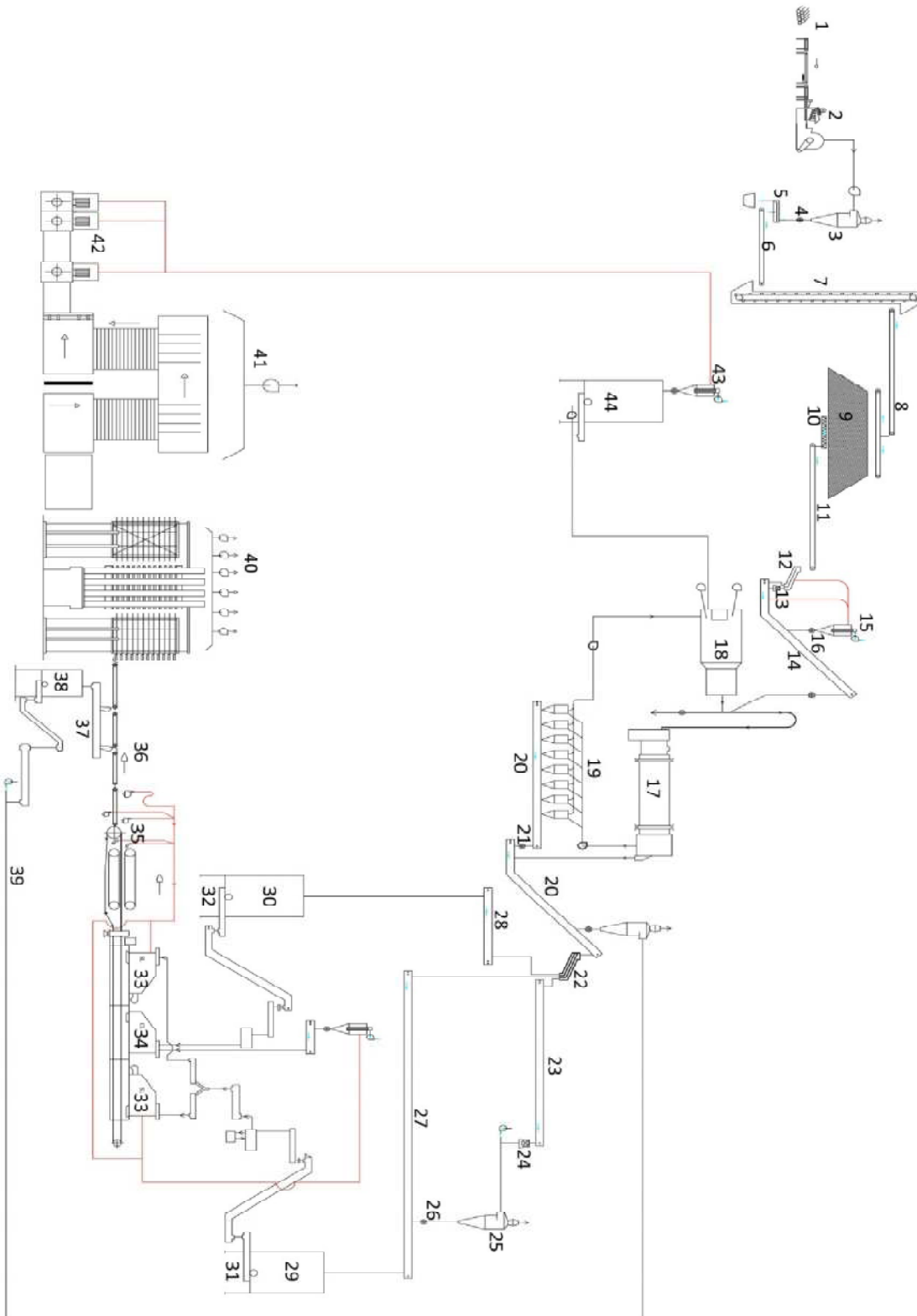
Plattorna slipas och putsas en sista gång innan de är färdigtillverkade. Damm som avlägsnas här är mycket fint (mindre än 100 mikrometer). Det fina dammet transporteras sedan till brännaren (18) och fungerar som bränsle för torken (17).

43. FILTER

Från slip/puts (42) transporteras fint damm till ett filter.

44. SILO

Efter filter (43) samlas det fina dammet i en silo innan dammet transporteras till brännaren (18).



Figur B-1. Flödesschema över den fiktiva anläggningen. Varje nummer har en förklarande text.

BILAGA C – ZONKLASSIFICERING AV FIKTIV ANLÄGGNING

I denna bilaga följer tillämpning av europeisk och amerikansk standard samt Brunicons metodik för zonklassificeringar på den fiktiva anläggningen.

C.1 Zonklassificering enligt Europeisk standard

Här följer en tillämpning av standard EN 61241–10 "Utrustning i områden med explosiv dammatmosfär. Del 10: Klassificering av riskområden med explosiv dammatmosfär." på den fiktiva anläggningen. Klassificeringen är genomförd av författarna till denna rapport och syftet har varit att följa standarden i största möjliga utsträckning.

C.1.1 Identifiera materialets egenskaper

Tabell C-1. Identifiering av materials egenskaper.

Egenskap	Trädamm	Slipdamm
Kategori	A	B
Partikelstorlek (mm)	0-50	<0,1
Fukthalt (%)	0-60	0-12
Minsta tändtemperatur, dammoln (°C)	490*	490*
Minsta tändtemperatur, dammlager (°C)	260*	260*
Nedre explosionsgräns, LEL (g/m³)	50	10
Kst-värde (Bar·m/s)	56	78
Dammklass (St)	1	1
Explosionsrisk	JA	JA
Samtliga värden kommer från faktiska testresultat genomförda i laboratorier om inte annat anges.		
* Tabellvärden		

C.1.2 Identifiering av damminneslutningar och dammkällor

Nedan beskrivs varje processteg i anläggning med avseende på existens och kvantitet av damm, samt vilken typ av damm det rör sig om.

Tabell C-2. Sammanställning av processteg och dess zonklassificering.

Nr	Process	Del av process	Typ av dammkälla	Dammtyp	Zon
1	Mottagning stockar		-	A	-
2	Avbarkning/Chippning	Utsida	Sekundär	A	22
3a	Cyklon	Inside	-	A	-
3b		Cyklonluckor	Sekundär	A	22
4	Cellmatare	Inside	-	A	-
5	Avsiktning		-	A	-
6	Bandtransportör	Utsida	Sekundär	A	22
7	Elevator	Botten	Sekundär	A	22
8	Bandtransportör	Utsida	Sekundär	A	22

9	Stacklagring	Runt om	Sekundär	A	22
10	Paraskruv		-	A	-
11	Bandtransportör	Utsida	Sekundär	A	22
12	Sikt		-	A	-
13	Kross	Runt om	Sekundär	A	22
14	Kedjetransportör		-	A	-
15	Filter	Insida	Kontinuerlig	A	20
16	Cellmatare	Insida	-	A	-
17a	Roterande tork	Insida	-	A	-
17b		Utlopp	Sekundär	A	22
18	Brännare med fläkt		-	B	-
19a	Cykloner	Insida	-	A, B	-
19b		Cyklonluckor	Sekundär	A, B	22
20	Kedjetransportör	Insida	-	A	-
21	Cellmatare	Insida	Sekundär	A	22
22a	Sikt	Insida	Kontinuerlig	A	20
22b		Utsida	Sekundär	A	22
23	Kedjetransportör	Insida	Kontinuerlig	A	20
24a	Kvarn	Insida	Kontinuerlig	A	20
24b		Utsida	Sekundär	A	22
25a	Cyklon	Insida	Kontinuerlig	A	20
25b	Cyklon	Cyklonluckor	Sekundär	A	22
26	Cellmatare	Insida	Kontinuerlig	A	22
27a	Kedjetransportör	Insida	Kontinuerlig	A	20
27b		Runt om	Sekundär	A	22
28a	Kedjetransportör	Insida	Kontinuerlig	A	20
28b		Runt om	Sekundär	A	22
29a	Buffertsilo	Insida	Kontinuerlig	A	20
29b		Lucka med omgivning	Primär, sekundär	A	21, 22
30a	Buffertsilo	Insida	Kontinuerlig	A	20
30b		Lucka med omgivning	Primär, sekundär	A	21, 22
31	Utmatare	Insida	Kontinuerlig	A	20
32	Utmatare	Insida	Kontinuerlig	A	20
33a	SL – Surface layer	Insida	Kontinuerlig	A	20
33b		Under	Primär, sekundär	A	21, 22
34a	CL – Core Layer	Insida	Kontinuerlig	A	20
34b		Under	Primär, sekundär	A	22
35	Luftknivar	Insida	Kontinuerlig	A	20
36	Kapning	Runt, under	Sekundär	A	22
37a	Dump	Insida	Primär	A	21
37b		Runt om	Sekundär	A	22
38a	Silo	Insida	Primär	A	21
38b		Runt om	Sekundär	A	22
39	Returrör	Insida	Kontinuerlig	A	20
40	Press	Runt, under	Sekundär	A	22

41	Kylning	Runt, under	Sekundär	A	22
42a	Slip/Puts	Insida	Kontinuerlig	B	20
42b		Runt, under	Sekundär	B	22
43	Filter	Insida	Kontinuerlig, sekundär	B	20, 22
44a	Silo	Insida	Kontinuerlig	B	20
44b		Runt om	Sekundär	B	22

Samtliga processteg som befinner sig utomhus (1-29 och 43-44) kan få förändrad zonklassificering beroende på väder.

C.1.2.1 Motivering

1. MOTTAGNING AV STOCKAR

Att det här skall existera någon explosiv dammatmosfär är högst osannolikt. Små dammfraktioner är sällsynta och om några sådana skulle finnas är det för små mängder för att kunna skapa en explosiv atmosfär. Stockarna har även en relativt hög fukthalt (30 till 60 procent) vilket ytterligare talar för minimal explosionsrisk.

2. AVBARKNING/CHIPPNING

Stockar chippas till mindre fragment (0 till 50 millimeter). Då cirka fem procent av dessa är under en millimeter är risken stor att dessa små partiklar hamnar utanför utrustningen. Partiklarna har initialt en fukthalt på 30 till 60 procent. Om små trädammspartiklar blir liggande utanför en längre tid, torkar partiklarna och en potentiell explosionsrisk föreligger. Därför klassificeras området runt om chippen som zon 22.

3. CYKLON

Damm som transporteras, med hjälp av luft, separeras här från luft. Dammet har en relativt hög fukthalt 30 till 60 procent, vilket leder till en låg explosionsrisk på insidan av cyklonen. Damm kan dock ansamlas på utsidan vid luckor till cyklonen. Damm på utsidan kan torka och få en lägre fukthalt om det blir liggande. Därför klassificeras området kring luckorna till cyklonen som zon 22.

4. CELLMATARE

Ingen klassificering föreligger då dammets fukthalt är relativt hög.

5. AVSIKTNING

Mindre dammpartiklar förekommer men inte i den omfattning som kan leda till en eventuell explosiv atmosfär. Ingen zonklassificering.

6. BANDTRANSPORTÖR

Dammansamlingar bildas bredvid transportbandet. Dammet blir liggande och området kring bandtransportören klassificeras som zon 22.

7. ELEVATOR

I botten på elevatorn samlas stora mängder damm. Vid upptag med skopor virvlas viss mängd damm upp. Botten av elevatorn klassificeras därför som zon 22.

8. BANDTRANSPORTÖR

Dammansamlingar bildas bredvid transportbandet som spill. Dammet blir liggande och området kring bandtransportören klassificeras som zon 22.

9. STACKLAGRING

Mindre partiklar kan samlas i grupper och bli liggandes runt om stacken. Dessa mindre grupper identifieras och klassificeras som zon 22, om de blir liggande en längre tid.

10. PARASKRUV

Skruvsnittet arbetar under stacken där fukthalten hos träpartiklarna fortfarande är hög, storleken på partiklarna är för stor för att resultera i en explosionsrisk. Ingen klassificering.

11. BANDTRANSPORTÖR

Dammansamlingar bildas bredvid transportbandet som spill. Dammet blir liggande och området runt bandtransportören klassificeras som zon 22.

12. SIKT

Undertryck skapas för att minska utsläpp av damm runt sikten. Här föreligger därför ingen zonklassificering. Insidan på sikten klassificeras inte heller på grund av dammets fukthalt.

13. KROSS

Fukthalten är fortfarande relativt hög, spill förekommer dock kring maskinen, därför klassificeras området runt maskinen som zon 22.

14. KEDJETRANSPORTÖR

Här finns ett skapat undertryck precis som i sikten, därför föreligger inte heller här någon klassificering. Insidan klassificeras ej på grund av dammets fukthalt.

15. FILTER

En större mängd damm samlas i filtret. Dammet torkar delvis och filtret klassificeras som zon 20.

16. CELLMATARE

Ingen klassificering föreligger då damminneslutningar inte existerar och det damm som transporteras i cellmataren har för hög fukthalt för att bilda explosiv dammatmosfär.

17. ROTERANDE TORK

Fukthalten på dammet minskar till runt sex till åtta procent inne i torken. Den höga värmen i torken ger en ökad explosionsrisk. Inerta rökgaser leder till att syrenivån i torken ligger under explosionsgränsen. Området i torken klassificeras därför ej. Vid utloppet från torken ansamlas ett dammlager. Området kring utloppet av torken klassificeras därför som zon 22.

18. BRÄNNARE MED FLÄKT

Precis som för torken ligger här syrenivån under explosionsgränsen. Ingen klassificering föreligger därför.

19. CYKLONER

Eftersom cyklonerna är ett slutet system tillsammans med torken ligger även syrenivån här under explosionsgränsen. Luckorna till cyklonen klassificeras dock som zon 22 eftersom de kan öppnas.

20. KEDJETRANSPORTÖR

Även kedjetransportören ingår i det slutna systemet tillsammans med cyklonerna och torken och klassificeras därför ej på grund av låg syrenivå.

21. CELLMATARE

Vid normal drift förekommer ingen explosiv atmosfär inuti cellmataren. Förändringar i flödet kan dock leda till explosiv atmosfär vilket gör att cellmatarens insida klassificeras som zon 22.

22. SIKT

Insidan på sikten klassificeras som zon 20 då stora mängder fint damm virvlar runt i sikten.

Sikten är inte helt tät utan viss mängd fint damm samlas vid de oönskade öppningar som förekommer. Området kring dessa öppningar klassificeras därför som zon 22.

23. KEDJETRANSPORTÖR

Trots att endast partiklar större än 16 millimeter önskas här, följer mindre partiklar med från sikten, dessa samlas i mindre grupper i kedjetransportören och virvlar upp. Insidan klassificeras därför som zon 20. Kedjetransportören har inget undertryck vilket gör att fint damm samlas utanför kedjetransportören då den inte är helt tät. Runt om kedjetransportören föreligger därför zon 22.

24. KVARN

Insidan av kvarnen klassificeras som zon 20. Spill förekommer och fint damm läcker ut. Dessa läckage klassificeras därför som zon 22.

25. CYKLON

Insidan av cyklonen klassificeras som zon 20 då fint torrt damm förekommer. Luckor till cyklonen tilldelas zonklassificering 22.

26. CELLMATARE

Vid normal drift förekommer ingen explosiv atmosfär inuti cellmataren då damm är kompakt packat och befinner sig över explosionsgränsen. Förändringar i flödet kan dock leda till explosiv atmosfär vilket gör att cellmatarens insida klassificeras som zon 22.

27. KEDJETRANSPORTÖR

Insidan av kedjetransportören klassificeras som zon 20 (se tidigare förklaringar av kedjetransportör). Inget undertryck föreligger inom kedjetransportören vilket ger utsidan på transportören zonklassificering 22.

28. KEDJETRANSPORTÖR

Insidan av kedjetransportören klassificeras som zon 20 (se tidigare förklaringar av kedjetransportörer). Inget undertryck föreligger inom kedjetransportören vilket ger utsidan på transportören zonklassificering 22.

29. BUFFERTSILO

Insidan klassificeras som zon 20 eftersom fint och torrt damm faller ner i silon. Då halva silon befinner sig inomhus klassificeras områden i direkt anslutning till manluckor inomhus som zon 21 och runt om zon 21 blir resultatet zon 22 i enlighet med standard EN-61241-10.

30. BUFFERTSILO

Insidan klassificeras som zon 20 eftersom fint och torrt damm faller ner i silon. Då halva silon befinner sig inomhus klassificeras områden i direkt anslutning till manluckor inomhus som zon 21 och runt om zon 21 blir resultatet zon 22 i enlighet med standard EN-61241-10.

31. UTMATARE

Utmataren skruvar ut godset vilket leder till en dammluftblandning inuti skruven som klassificeras som zon 20.

32. UTMATARE

Utmataren skruvar ut godset vilket leder till en dammluftblandning inuti skruven som klassificeras som zon 20.

33. SL – SURFACE LAYER

Området under maskinen där ytlagret placeras ut har stora dammansamlingar. Dammet är fint och torrt vilket leder till att zon 21 råder under maskinen. I enlighet med standard EN-61241-10 blir området runt zon 21 klassat som zon 22 fram till angränsande avskiljning. Inuti maskinen råder zon 20 på grund av det fina och torra dammet.

34. CL – CORE LAYER

Eftersom det även finns fint damm tillsammans med de lite grövre partiklarna i detta lager, klassificeras utrustningen i enlighet med Surface Layer, vilket betyder zon 20 inuti maskinen och zon 21 eller zon 22 under.

35. LUFTKNIVAR

Luftströmmen i avblåsningsröret som innehåller fint damm klassificeras som zon 20. Filtret klassificeras även det som zon 20. Området runt luftknivarna ingår i klassificeringszonen för SL – surface layer.

36. KAPNING

Spill förekommer vid kapningen vilket leder till dammlager under och runt om maskinen. Området runt och under kapningsapparaturen klassificeras därför som zon 22.

37. DUMP

Stora mängder damm förekommer vid dumpningen. Dumpningen sker inte kontinuerligt utan endast när oönskade trämaterial skall avlägsnas. Eftersom dammet yr kraftigt klassificeras dumpnern som zon 21. I enlighet med standard EN 61241–10 blir området runt zon 21 klassat som zon 22 fram till angränsande avskiljning.

38. SILO

Zon 21 föreligger här på grund av samma resonemang som vid föregående processteg. Trämassor faller ned i silon momentan och då yr stora mängder damm upp. En viss del damm hamnar utanför containern och bildar dammansamlingar. Området runt containern klassificeras därför som zon 22.

39. RETUR

I containern sönderdelas större träfragment till mindre. Därefter transporteras det tillbaka till en cyklon innan den första siktningen. Hela transportrörets insida klassificeras som zon 20.

40. PRESS

Utanför pressen samlas en viss mängd spilldamm. Området under och runt pressen klassificeras därför som zon 22.

41. KYLNING

Zon 22 under och runt kylapparaturen då spill förekommer.

42. SLIP/PUTS

Mycket fint damm förekommer här, vilket resulterar i zonklass 20 i slipen. Runt slipen samlas dammpulver och området klassificeras som zon 22.

43. FILTER

Transporten från slip/puts klassificeras som zon 20 eftersom fint damm förekommer i tillräckligt stora mängder för att explosiv atmosfär skall kunna uppnås. Insidan på det efterföljande filtret klassificeras som zon 20 på den dammiga sidan och som zon 22 på den rena sidan.

44. SILO

Insidan klassificeras som zon 20 på grund av de stora mängderna fint damm. Området kring silon klassificeras som zon 22 då spill förekommer.

C.1.3 Övrigt

Utbredning av de zoner som inte avgränsas av väggar eller andra hinder sträcker sig en meter i varje riktning från dammkällan i enlighet med standardens rekommendationer.

C.2 Zonklassificering enligt amerikansk standard

Här följer författarnas, till denna rapport, tillämpning av amerikansk standard (NFPA 499 - *Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas*) på den fiktiva anläggningen.

C.2.1 Steg 1 – Behov av klassificering

Behov av klassificering av fiktiv anläggning föreligger då stora mängder trädamms behandlas i processen.

C.2.2 Steg 2 – Samla information

Den fiktiva anläggningen antas vara existerande. Svar på de frågor som det rekommenderas att svara på i standarden följer nedan:

1. *Är det troligt att damm existerar kontinuerligt, periodiskt eller under onormala betingelser fördelat i luft i sådan utsträckning att explosiv blandning föreligger?*
Svar: Ja det förekommer på flertalet specifika platser i anläggningen. För mer information se tabell längre fram i denna klassificering.
2. *Finns det dammansamlingar på ytor som är tjockare än 3 mm?*
Svar: Ja.
3. *Finns det dammansamlingar på ytor som gör så att det inte går att se ett golvs egentliga färg?*
Svar: Ja.
4. *Vilken kvantitet har dammansamlingar efter 24 timmar?*
Svar: Trots att städning förekommer på anläggningen finns det platser där dammansamlingarna blir stora efter 24 timmars drift.
5. *Är befintlig utrustning i gott skick, tveksamt skick eller i behov av reparation? Är damminneslutningar i gott skick och förhindrar de att damm släpps ut?*
Svar: Utrustning antas vara i varierande skick, vilket ofta är fallet inom industrin. Damminneslutningar förhindrar att viss mängd damm inte släpps ut. Dock är inneslutningarna långt ifrån perfekta.
6. *Resulterar underhållsarbete i skapandet av explosiva blandningar?*
Svar: Nej.
7. *Vilken utrustning används för att behandla och ansamla damm?*
Svar: Vid städning används en centraldammsugare som för vidare dammet till en container där det lagras en kortare tid innan det återanvänds i processen.

Vi antar att dammets specifika partikeldensitet är större än 640,72 kilogram per kubikmeter (40 Pound per Square feet) för att på detta sätt inte förbise några risker. Dammlagrets lägsta antändningstemperatur, vilket är den temperatur som anges i NFPA 499, är 250 grader Celsius.

C.2.3 Steg 3 – Välj lämpligt klassificeringsdiagram

Det trädamms som är aktuellt i vår fiktiva anläggning tillhör grupp G inom klass II. Vilken division som föreligger för varje processteg presenteras i tabell nedan.

Tabell C-3. Sammanställning av zonklassificering för var processdel enligt amerikansk standard.

Nr	Process	Del av process	Konstruktion	Typ av dammkälla	Klass	Grupp	Division
1	Mottagning stockar		Öppen	-	II	G	-
2	Avbarkning/Chippning	Utsida	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	-
3a	Cyklon	Insida	Inkapslad	-	II	G	1
3b		Cyklonluckor	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	2
4	Cellmatare	Insida	Inkapslad	-	II	G	-
5	Avsiktning			-	II	G	-
6	Bandtransportör	Utsida	Öppen	Oregelbunden	II	G	-
7	Elevator	Botten	Inkapslad	Oregelbunden	II	G	1
8	Bandtransportör	Utsida	Öppen	Oregelbunden	II	G	-
9	Stacklagring	Runt om	Öppen	Oregelbunden	II	G	-
10	Paraskruv	Insida	Inkapslad	Oregelbunden	II	G	2
11	Bandtransportör	Utsida	Öppen	Oregelbunden	II	G	-
12	Sikt		Inkapslad	-	II	G	-
13	Kross	Runt om	Öppen	Oregelbunden	II	G	-
14	Kedjetransportör		Inkapslad	-	II	G	1
15	Filter	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
16	Cellmatare	Insida	Inkapslad	-	II	G	1
17a	Roterande tork	Insida	Inkapslad	-	II	G	-
17b		Utlopp	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	2
18	Brännare med fläkt			-	II	G	-
19a	Cykloner	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
19b		Cyklonluckor	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	2
20	Kedjetransportör	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
21	Cellmatare	Insida	Inkapslad	Oregelbunden	II	G	1
22	Sikt	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
23	Kedjetransportör	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
24a	Kvarn	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
24b		Utsida	Semiöppen	-	II	G	-
25a	Cyklon	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
25b	Cyklon	Cyklonluckor	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	2
26	Cellmatare	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
27a	Kedjetransportör	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
27b		Runt om	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	-
28a	Kedjetransportör	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
28b		Runt om	Semiöppen	Oregelbunden	II	G	-
29a	Buffertsilo	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
29b		Lucka med omgivning	Semiöppen	Periodisk, Oregelbunden	II	G	2
30a	Buffertsilo	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
30b		Lucka med omgivning	Semiöppen	Periodisk, Oregelbunden	II	G	2
31	Utmatare	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
32	Utmatare	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
33a	SL – Surface layer	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1

33b		Under	Öppen	Periodisk, Oregelbunden	II	G	1,2
34a	CL – Core Layer	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
34b		Under	Öppen	Periodisk, Oregelbunden	II	G	1,2
35	Luftknivar	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
36	Kapning	Runt, under	Öppen	Oregelbunden	II	G	2
37a	Dump	Insida	Inkapslad	Periodisk	II	G	1
37b		Runt om	Öppen	Oregelbunden	II	G	2
38a	Silo	Insida	Inkapslad	Periodisk	II	G	1
38b		Runt om	Öppen	Oregelbunden	II	G	2
39	Returrör	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
40	Press	Runt, under	Öppen	Oregelbunden	II	G	2
41	Kylning	Runt, under	Öppen	Oregelbunden	II	G	2
42a	Slip/Puts	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
42b		Runt, under	Öppen	Oregelbunden	II	G	2
43	Filter	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
44a	Silo	Insida	Inkapslad	Kontinuerlig	II	G	1
44b		Runt om	Öppen	Oregelbunden	II	G	2

C.2.4 Steg 4 – Bestäm utsträckningen av den klassade zonen

Gränserna för de bestämda divisionszonerna i tabellen ovan bestäms enligt följande premisser:

- Divisionszoner som befinner sig i inkapslingar avgränsas av just dessa.
- Väggar fungerar som barriärer och divisionszonerna sträcker sig inte utanför den aktuella väggen.
- Semiöppningar eller öppningar avgränsas och sträcker sig 6,1 meter (20 fot) i de riktningar där inga barriärer existerar. Gäller division 1 tar division 2 över efter 6,1 meter och sträcker ut sig i ytterligare 3,05 meter (10 fot) om inga barriärer i form av väggar eller dylikt existerar.

C.3 Zonklassificering enligt Brunicons metodik

Här följer en tillämpning av Brunicons modell på den fiktiva anläggningen. Klassificeringen är genomförd av författarna till denna rapport och syftet har varit att använda sig av Brunicons egna tolkning av gällande EU-direktiv vid zonklassificering.

C.3.1 Identifiera materialets egenskaper

Tabell C-4. Identifiera materialets egenskaper.

Egenskap	Trädamm	Slipdamm
Kategori	A	B
Partikelstorlek (mm)	0-50	<0,1
Fukthalt (%)	0-60	0-12
Minsta tändtemperatur, MIT, dammoln (°C)	490*	490*
Minsta tändtemperatur, MIT, dammlager (°C)	260*	260*
Nedre explosionsgräns, LEL (g/m³)	50	10
Kst-värde (Bar·m/s)	56	78
Dammklass (St)	1	1
Explosionsrisk	JA	JA
Samtliga värden kommer från faktiska testresultat genomförda i laboratorier om inte annat anges		
* Tabellvärden		

C.3.2 Identifiering av damminneslutningar och dammkällor

Inledningsvis utförs en grovanalys där anläggningen delas in i en våt del och en torr del. Den våta delen sträcker sig från processteg ett (Mottagning av stockar) fram till processteg 17 (roterande tork). Den torra delen motsvaras av resterande del av anläggningen (steg 17 till steg 42).

Nedan beskrivs varje processteg i anläggning med avseende på existens och kvantitet av damm i varje processteg, samt vilken typ av damm det rör sig om.

Tabell C-5. Sammanställning av zonklassificering av var processdel enligt Brunicons metodik.

Nr	Process	Del av process	Dammtyp	Zon
1	Mottagning stockar		A	-
2	Avbarkning/Chippning	Utsida	A	-
3a	Cyklon	Insida	A	-
3b		Cyklonluckor	A	-
4	Cellmatare	Insida	A	-
5	Avsiktning		A	-
6	Bandtransportör	Utsida	A	-
7	Elevator	Botten	A	-
8	Bandtransportör	Utsida	A	-
9	Stacklagring	Runt om	A	-

10	Paraskruv	Insida	A	-
11	Bandtransportör	Utsida	A	-
12	Sikt		A	-
13	Kross	Runt om	A	-
14	Kedjetransportör		A	-
15	Filter	Insida	A	-
16	Cellmatare	Insida	A	-
17a	Roterande tork	Insida	A	-
17b		Utlopp	A	22 (2)
18	Brännare med fläkt		B	-
19a	Cykloner	Insida	A	-
19b		Cyklonluckor	A	-
20	Kedjetransportör	Insida	A	-
21	Cellmatare	Insida	A	-
22a	Sikt	Insida	A	21
22b		Utsida	A	-
23	Kedjetransportör	Insida	A	-
24a	Kvarn	Insida	A	20
24b		Utsida	A	-
25a	Cyklon	Insida	A	20
25b	Cyklon	Cyklonluckor	A	-
26	Cellmatare	Insida	A	20
27a	Kedjetransportör	Insida	A	21
27b		Runt om	A	-
28a	Kedjetransportör	Insida	A	20
28b		Runt om	A	22
29a	Buffertsilo	Insida	A	20
29b		Lucka med omgivning	A	-
30a	Buffertsilo	Insida	A	-
30b		Lucka med omgivning	A	-
31	Utmatare	Insida	A	21, 22
32	Utmatare	Insida	A	-
33a	SL – Surface layer	Insida	A	22
33b		Under	A	-
34a	CL – Core Layer	Insida	A	-
34b		Under	A	-
35	Luftknivar	Insida	A	20
36	Kapning	Runt, under	A	-
37a	Dump	Insida	A	22
37b		Runt om	A	-
38a	Silo	Insida	A	-
38b		Runt om	A	-
39	Returrör	Insida	A	22
40	Press	Runt, under	A	-
41	Kylning	Runt, under	A	-

42a	Slip/Puts	Insida	B	-
42b		Runt, under	B	-
43	Filter	Insida	B	21, 20
44	Silo	Insida	B	20

C.3.2.1 Motivering

Den våta delen, klassificeras inte eftersom dammexplosionsrisken där antas vara låg. Däremot finns det risk för brand i dammlager. Bedömning av brandrisker följer de tidigare satta definitionerna i kapitel 9.4 och beskrivs ej i denna zonklassificering. Generella städrutiner är en förutsättning där det inte finns någon rimlig orsak att dammlager kan virvlas upp.

Nedan följer en motivering hur zonklassificering för dammexplosion genomförts på var processteg.

1. **MOTTAGNING STOCKAR**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
2. **AVBARKNING/CHIPPNING**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
3. **CYKLON**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
4. **CELLMATARE**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
5. **AVSIKTNING**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
6. **BANDTRANSPORTÖR**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
7. **ELEVATOR**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
8. **BANDTRANSPORTÖR**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
9. **STACKLAGRING**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
10. **PARASKRUV**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
11. **BANDTRANSPORTÖR**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
12. **SIKT**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
13. **KROSS**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
14. **KEDJETRANSPORTÖR**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
15. **FILTER**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.
16. **CELLMATARE**
Ingen klassificering, tillhör våta delen. Ingen rimlig orsak att damm skall virvlas upp.

17. ROTERANDE TORK

I torken finns det både rökgaser och damm. Därför existerar det egentligen risk för både gas och dammexplosion. Vid normala förhållanden är det dock ingen risk för explosion. Slitage och förändring av flöde från brännaren kan dock ge en ökad syrenivå i torken. Därför klassas hela insidan på torken som zon 22 (och även som zon 2, vilket är för gas).

18. BRÄNNARE MED FLÄKT

Ingen klassificering. Atmosfäriska förhållanden uppnås ej.

19. CYKLONER

Ingen klassificering. Mängden fint damm antas vara för liten för att nedre explosionsgränsen skall passeras. Miljön normalt inert.

20. KEDJETRANSPORTÖR

Ingen klassificering. Mängden fint damm antas vara för liten för att nedre explosionsgränsen skall passeras. Miljön normalt inert.

21. CELLMATARE

Ingen klassificering. Mängden fint damm antas vara för liten för att nedre explosionsgränsen skall passeras.

22. SIKT

Insidan klassificeras som zon 21. Ingen klassificering utanför utrustning.

23. KEDJETRANSPORTÖR

Ingen klassificering. Kedjetransportören transporterar grova fraktioner från sikten. Mängden fint damm antas vara för liten för att nedre explosionsgränsen skall passeras.

24. KVARN

Insidan av kvarnen klassificeras som zon 20 eftersom explosiv atmosfär kontinuerligt antas vara närvarande här.

25. CYKLON

Insidan av cyklonen klassificeras som zon 20. Damm kommer från kvarnen och samma motivering som för kvarnen föreligger här.

26. CELLMATARE

Cellmataren grupperas med cyklonen och klassificeras där enligt samma betingelser som i föregående punkt, zon 20.

27. KEDJETRANSPORTÖR

Insidan på kedjetransportören klassificeras som zon 21 på grund av uppvirvling vid på- och avlastning. Egentligen föreligger bara klassificering i avslutande del av kedjetransportören då det fina dammet också anslutit sig. Hela transportören ses dock som en enhet och klassificeras därför också som en enhet.

28. KEDJETRANSPORTÖR

Ingen klassificering. Partiklarna antas vara för stora för att kunna skapa en explosiv atmosfär.

29. BUFFERTSILO

Insidan klassificeras som zon 20 eftersom fint och torrt damm faller ner i silon och kan skapa explosiv atmosfär i mindre volymer.

30. BUFFERTSILO

Här antas damminnehållet vara för lågt och vidare består dammet av relativt stora fraktioner. Ingen klassificering föreligger.

31. UTMATARE

Zon 21 fram till liminblandningen. Liminblandningen leder till agglomerering och transporten efter liminblandningen klassificeras som zon 22.

32. UTMATARE

Ingen klassificering se buffertsilo (30).

33. SL – SURFACE LAYER

Insidan klassificeras som zon 22. En avvikelse i driften krävs för att uppnå explosiv atmosfär.

34. CL – CORE LAYER

Oklassificerat med anledning av partikelstorleken hos dammet.

35. LUFTKNIVAR

Rörsystemet och det efterföljande filtret klassas som zon 20 då fint damm i relativt stora mängder förekommer här.

36. KAPNING

Ingen klassificering. Mängden av fint damm antas vara för liten för att explosiv atmosfär skall kunna uppstå. Det finns heller ingen rimlig anledning till att dammlager virvlas upp.

37. DUMP

Stora dammoln förekommer vid dumpning. Dumpning sker dock endast under onormal drift vilket leder till zon 22.

38. SILO

Från dumpen transporteras dammet sedan till en silo, vilken klassas som zon 22 med samma resonemang som för dumpen.

39. RETUR

Zon 22. Luften har relativt hög hastighet vilket leder till att en högre tändenergi krävs. Explosiv atmosfär förväntas ej förekomma under normal drift.

40. PRESS

Ingen klassificering. Avsevärda dammlager, dock ingen rimlig risk för uppvirvling.

41. KYLNING

Ingen klassificering. Dammlager, dock ingen rimlig risk för uppvirvling.

42. SLIP/PUS

Ingen klassificering. Maskinen är öppen och ett utsug föregår putsningen.

43. FILTER

Rörsystemet från slip/puts fram till filtret klassificeras som zon 21, då explosiv atmosfär antas existera då och då under normal drift. Hela filtret klassificeras som zon 20 eftersom explosiv atmosfär antas vara vanligt förekommande till följd av det mycket fina dammet som ansamlas i filtret.

44. SILO

Insidan klassificeras som zon 20, då stora mängder fint brännbart damm ständigt förväntas förekomma inne i silon. Transportröret till brännaren klassificeras som zon 20.